

# 基于 WebGIS 的玉米精准施肥系统的研究与设计

司秀丽, 李伟为

(吉林农业大学信息技术学院, 长春 130118)

**摘要:** WebGIS 应用于农业领域技术上已经较为成熟, 可将其应用于玉米精准施肥的实例却较少。本文通过分析实际的应用需求, 选择 Java 和 ArcGIS Server9.3 结合 JSF 框架及 AJAX 技术, 设计并实现了玉米精准施肥系统。详细介绍了系统的体系结构, 研究内容与主要功能, 列出了施肥分析的部分关键代码, 并以吉林省长春市为例给出了该系统的实际应用。

**关键词:** WebGIS; 玉米; 精准施肥; 系统

中图分类号: S513.062

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2012)01-0144-06

## Research and design of precision manure system for corn based on WebGIS

SI Xiu-li, LI Wei-wei

(School of Information Technology, Jilin Agricultural University, Changchun 130118)

**Abstract:** WebGIS technique has been widely applied into agricultural field, but its application in precision manure for corn is still rare. In this paper, we analyze requirements for the application, and design the corn precision manure system by the use of Java language based on ArcGIS Server 9.3, which combined the JSF framework with AJAX technology. We also introduce the system architecture, the research contents and the main functions in detail. Meanwhile, we list the key part codes for fertilization analysis and give the practical application of this system in Jilin city of Changchun province as an example.

**Key words:** WebGIS; corn; precision manure; system

GIS (地理信息系统) 是 20 世纪 60 年代开始迅速发展起来的集地理空间数据处理与计算机技术于一体的一门边缘技术学科。随着计算机技术, 信息技术, 空间技术的发展, GIS 技术的应用研究也是日新月异, 得到了广泛地运用。到目前为止, 已成功的应用到 100 多个领域。

GIS 应用于农业领域起源于 20 世纪 70 年代, 在随后的 80 年代发达国家率先提出精准农业的概念并于 90 年代全面兴起, 很快 GIS 在农作物病虫害, 精准施肥等领域也得到了快速的推广应用取得了重大进展。近年来伴随着国家对农业扶持力度的不断加大, 精准农业在中国正受到前所未有的关注, 对农业生产产生了巨大推动作用。同时精准施肥作为精准农业技术中的一个方向, 正悄然兴起。传统依靠经验施肥, 由农业专家现场指导的方式效率低下, 很难适应世界所倡导的精准农业的趋势, 它正

经历着前所未有的考验。而将精准施肥应用于玉米作物, 对解决长期困扰人们的玉米施肥问题具有深远的意义。

网络技术的快速发展给 GIS 注入了新的活力。现今, 由 GIS 与 Web 技术紧紧结合在一起的 WebGIS 精准施肥研究进入了一个前所未有的高度。本文从实际运用的角度, 以 WebGIS 为开发平台, 利用数据库, J2EE 等技术构建了一套基于 WebGIS 的玉米精准施肥作业系统<sup>[1]</sup>, 具有较强的应用价值。

## 1 WebGIS 简介

WebGIS 是一种基于 Internet/Intranet 标准和通信协议的网络化地理信息系统, 也称万维网地理信息系统。其基本思想是在 Internet/Intranet 上提供地理信息, 让用户通过浏览器获取地理信息系统中的数据和功能服务。同时 WebGIS 是 Web 技术与 GIS

技术相结合的产物,它利用 Web 技术来扩展与完善 GIS(地理信息系统)。

WebGIS<sup>[2]</sup>有多种开发方式,就实现方式的不同可以分为基于服务器端的 CGI 方法,Servlet API 方法,基于客户端的 Plug-in 方法,Java Applet 方法以及 ActiveX 方法;就开发层次的不同可以分为底层开发和基于 WebGIS 软件的二次开发。

目前常用的 WebGIS 开发平台有美国 MapInfo 公司的 MapXtreme, ERSI 公司的 ArcIMS 与 ArcGIS Server, 和北京超图公司的 SuperMap IS。这 3 种开发平台在实现技术和系统方案上各有优缺点。其中, ERSI 公司的 ArcGIS 优势最明显。它支持多种操作系统,如 Linux, Windows;支持多种开发语言,如 Net, Java;同时 3 种开发平台中数它支持的数据库最多,市场占有率高。另外,空间数据库 ArcSDE 效率非常高。综合考虑,本文选用 ArcGIS 做为 WebGIS 开发平台。

## 2 系统分析与设计

### 2.1 系统体系架构

系统开发基于 ArcGIS Server9.3 Web ADF 框架,结合 JSF 框架技术,使用 Java 语言<sup>[4-5]</sup>,采用基于服务器端的开发方式,使用 B/S 模型 4 层架构,包括表现层,应用层,服务层和数据层来实现。客户端通过浏览器向 Web 服务器提交请求,Web 服务器接受到客户端请求后,与后台 GIS 服务器进行交互,再由 GIS 服务器来调用数据服务器,最后处理结构通过 HTTP 协议传回客户端<sup>[3]</sup>。系统结构如图 1, 以下是对 4 层架构的简要说明:

(1)表现层,通过 Web 浏览器连接运行在 Web Server 上 J2EE 的 Web 应用。

(2) Web 应用层,包含支持 Java Web 应用开发框架 ADF, ADF 允许用户使用允许在 GIS 服务器上的 ArcObjects 来构建和部署 Java 的 Web 应用,包含一个软件开发包,其中有软件对象, Web 控件, Web 应用模板,帮助。同时,它也包含一个用于部署 Web 应用的 Web 应用运行;这样,不需要在 Web 服务器上安装 ArcObjects,就可以运行这些 Web 应用。

(3) GIS 服务器层,主要包括一个 Server 管理及 (Server Objects Manager) 和多个 Server。

容器机 (Server Objects Container)。它是 ArcObjects 对象的宿主,供 Web 应用和企业应用使用。它包含核心的 ArcOjects 库,为其能在一个集中的,共享的服务器中运行提供一个灵活的环境。

(4)数据层,主要提供服务的数据,包括放在 SDE 库和文本文件两种数据格式。

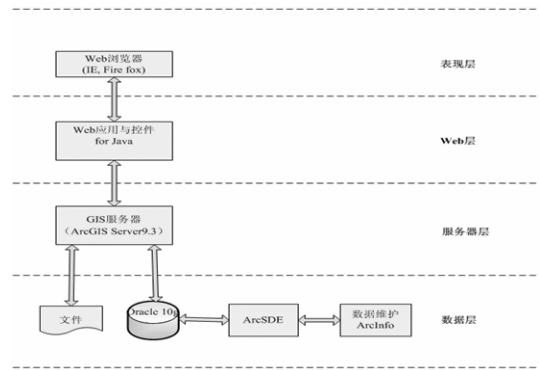


图 1 系统结构图  
Figure 1 System structure

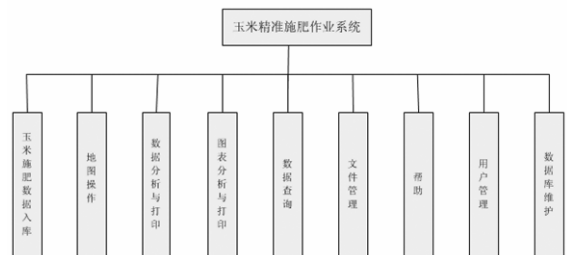


图 2 系统功能图  
Figure 2 System functions

### 2.2 系统主要功能

基于 WebGIS 的玉米精准施肥作业系统是以数据库系统为支撑,利用 WebGIS 技术开发的对玉米地施肥进行预测分析和决策支持的一套软件系统。系统的主要功能包括系统应用功能和系统维护功能。系统功能图如图 2。

**2.2.1 系统应用功能** 系统为用户提供包括玉米施肥数据入库、地图操作、数据分析、图表分析、信息查询、文件管理、帮助等多种功能<sup>[6-7]</sup>。用户对任何一种具体功能的操作,都建立在首先对操作对象进行适当悬着的基础上。这些选择包括:属性数据类别的选择,即按照实际情况指定数据库,数据表,或者字段;图层选择,即指定要加载的图层;地区范围的选择,即指定试验田地点;图表类型的选择,例如选择饼状图还是柱状图;对打印纸张的选择,等等。

(1) 玉米施肥数据入库。系统能够将用户录入的玉米施肥资料保存起来,按历史年份,地域分类,拥有特殊权限的用户如管理员可以对其进行编辑。玉米施肥的数据除了手工输入以外,还提供批量导

入的方式,即将 Excel, Word 等格式的文件通过系统提供的“导入”功能直接导入。如此以来,系统的历史数据获得及时更新,为精准施肥模型的进一步优化提供依据。

(2)地图操作。系统实现对地图放大(如图 3),地图缩小,地图漫游,对象选取,图层控制等操作。地图放大与缩小即点击要放大地图的中心然后点选“放大”或者“缩小”功能,但是地图放大还可通过选中要放大的区域这种方式来实现。地图漫游指鼠标在地图窗口拖动时,窗口的地方随之移动,使之从当前窗口范围外的内容进入屏幕视野范围。对象选取用来在地图窗口中选择范围内的所有对象。图层控制用来添加或删除图层。

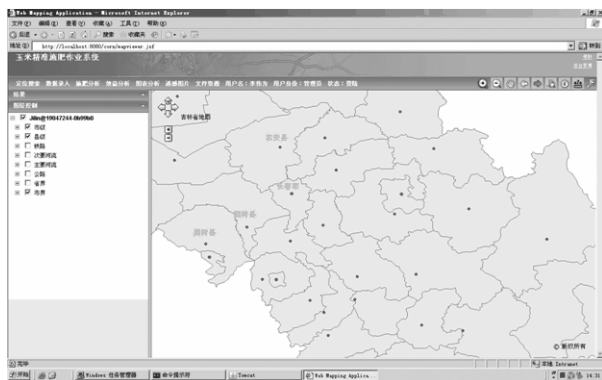


图 3 地图放大  
Figure 3 Zoom in



图 4 施肥分析  
Figure 4 Fertilization analysis

(3)数据分析与打印。系统提供施肥分析(图 4)与效益分析。施肥分析指用户输入目标产量,种植面积,速效氮,速效磷,速效钾, pH 值,有机质,土壤肥力等指标,系统通过内建的玉米精准施肥模型计算<sup>[7]</sup>,给出专家建议<sup>[8]</sup>(图 5),用户按照需求可选择打印(图 6)。例如,该每亩地应该施多少千

克尿素或者复合肥,并给出了追肥建议。效益分析,通过显示部分推理和计算数玉米产量和施肥量等数据,只需按实际情况填写种子单价等信息或修改信息,点选“结论”功能按钮由系统自动产生效益分析结果提供给用户查看并可打印。



图 5 专家建议  
Figure 5 Expert suggestions



图 6 打印  
Figure 6 Print

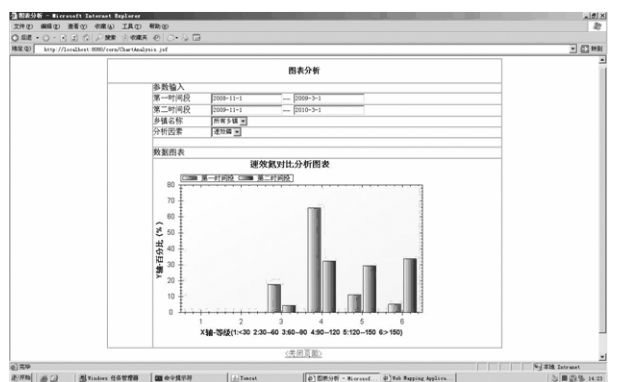


图 7 图表分析  
Figure 7 Graphic analysis

(4)图表分析与打印。在系统中,用户可以在数据库系统范围内指定地域、年份及图表种类,向系统提交,由系统在用户端显示对应的图表,有柱

状图(如图7), 饼图两种图表形式。用户可以根据实际需要, 进一步去选择纸张类型, 打印方向(横排或竖排)等排版选项, 预览并打印输出定制的数据表。另外, 系统还可根据用户选择年份, 提供最近几年的遥感图片(如图8)给用户参考。



图 8 遥感图片

Figure 8 Remote sensing image

(5) 数据查询。系统提供点击查询和定位查询二种方式。点击查询指用户点击地图, 系统将查询要数发送至后台数据库, 经过数据库系统处理, 刷新系统用户端的地图, 同时在结果栏中显示出对应的数据。定位查询比定位点击查询缺乏灵活性, 它提供用户输入具体查询条件的接口, 用户可以指定查询条件向系统提交, 系统判断条件是否合理, 刷新地图并将选框定位至该区域, 同时在结果栏中显示对应的数据。

(6) 文件管理。系统提供文件上传下载功能, 用户可上传自己在玉米施肥现场所拍摄的图片, 如玉米的生长情况等, 也可上传自己写的部分文章(包括感想和技术类); 其他用户可以通过该功能下载所需的文件与图片, 供用户参考与分析。

(7) 帮助。对系统各部分功能的详细使用以及常见问题给出以文字与图片相结合的方式提示, 用户在使用的时候可以立刻找出解决方法, 提高使用效率。

**2.2.2 系统维护功能** 系统的管理维护主要体现在用户管理和数据库维护两个方面。

(1) 用户管理。系统根据应用需求将用户分为管理员, 高级用户, 普通用户等 3 种级别, 分配以不同的使用权限, 保障系统的安全性与便捷性。例如在玉米施肥数据录入功能中, 只允许高级用户或管理员直接或间接录入数据, 普通用户无权使用该功能。但普通用户可以使用图表分析, 数据分析等其他功能, 用户通过系统可以发表自己的看法和上传

资料。

(2) 数据库维护。系统通过配套开发的数据库维护平台, 实现对成批数据的导入, 导出, 修改等功能, 支持系统的远程维护。

## 2.3 系统关键技术

**2.3.1 系统的知识表示** 系统采用了基于规则的知识表示<sup>[9]</sup>, 知识采用产生式表示: IF(前提 1)&(前提 2) &…… THEN (结论 1), 其中 IF 子句部分为前件, THEN 子句部分为后件。规则以产生式的形式存储在知识库中, 例如:

规则: 如果地块 5-9 月常年降雨量大于 400 mm, 则地块无障碍性因素。

产生式: IF  $J=2$  THEN  $Z=0$

式中,  $J$  表示地块 5~9 月常年降雨量, 0 代表小于 350 mm, 1 代表小于 400 mm 并且大于等于 350 mm, 2 代表大于 400 mm; 同理  $Z$  表示地块障碍性因素 0 代表无, 1 代表有。

**2.3.2 玉米精准施肥数据库** 玉米施肥数据来源于调查数据, 化验数据, 检测数据。但是数据的存储存在异构性, 有的存储于 EXCEL 表格或文本文件中, 有的存储在关系数据库中, 不便于建立联系和进行深层次的分析。出于解决玉米精准施肥数据存在的分散, 不规范, 不便于管理的情况, 需建立玉米精准施肥数据库。玉米精准施肥量的确定和土壤养分, 品种喜肥特性以及使用的肥料种类密切相关。精准肥模型有养分丰缺指标法, 品种喜肥特性法和养分平衡法<sup>[7]</sup>。

**2.3.3 施肥分析 Java 实现** 现将部分 Java 代码展出并给出了注释:

```
package com;
public class shifei {
private double chanliang;
//P 施肥量
private double P_hl, P_yfly; //含量, 养分利用
private double P_kbqcl, P_flyl; //空白区产量, 肥料利用率
//N 施肥量
private double N_hl, N_yfly; //含量, 养分利用
private double N_kbqcl, N_flyl; //空白区产量, 肥料利用率
//K 施肥量
double K_hl;
//目标产量
private double N_mbclsfl, P_mbclsfl, K_mbclsfl;
//肥力
private int feili;
private int m_ANNyl, m_NSYl, m_KYl;
private String jielun;
private String jielunstr;
public double GetTargetYield() //目标产量
{
```

```

return chanliang;
}
public void SetTargetYield(double chanliang) //目标产量
{
this.chanliang=chanliang;
}
.....
.....
public double N_tryfly(int i, double N_hanliang)//N 土壤养分
利用
{
if (i=1)
return (1385.6 * Math.pow(N_hanliang, -0.873)) / 100;
if (i=2)
return (720 * Math.pow(N_hanliang, -0.661)) / 100;
if (i=3)
return (1418.3 * Math.pow(N_hanliang, -0.75)) / 100;
return 0;
}
.....
.....
public double P_tryfly(int i, double P_hanliang)//P 土壤有效
养分换算系数, (土壤养分利用)
{
if (i=1)
return (732 * Math.pow(P_hanliang, -0.749)) / 100;
if (i=2)
return (1068 * Math.pow(P_hanliang, -0.832)) / 100;
if (i=3)
return (1578.8 * Math.pow(P_hanliang, -0.98)) / 100;
return 0;
}
public double P_fly(int i, double P_hanliang) //P 肥料利用率
{
if (i=1)
return (40.6 - 0.035 * P_hanliang) / 100;
if (i=2)
return (36.6 - 0.025 * P_hanliang) / 100;
if (i=3)
return (43.4 - 0.024 * P_hanliang) / 100;
return 0;
}
public double N_sfl(double tryfly, double fflyl, double
tryfhl)//N 目标产量施肥量
{//土壤养分利用, 肥料利用率, 土壤养分含量
double mbcl = chanliang * 10000; //单位为“万斤”, 所以
*10000
return (mbcl * 0.021 / 15 - 0.3 * tryfhl * tryfly) / (0.46 * fflyl);
}
public double P_sfl(double tryfly, double fflyl, double
tryfhl)//P 目标产量施肥量
{//土壤养分利用, 肥料利用率, 土壤养分含量
double mbcl = chanliang * 10000; //单位为“万斤”, 所以
*10000
return (mbcl * 0.007 / 15 - 0.3 * tryfhl * tryfly) / (0.46 * fflyl);
}
public void JieLun() //测土施肥

```

### 3 系统实现

以吉林省长春市榆树县, 公主岭市和农安县三处精准农业示范基地获取的数据为基础数据实现的玉米精准施肥作业系统, 拥有 3.2 节所介绍的全部功能。

#### 3.1 系统开发环境

软件配置中, 操作系统采用 Windows 2003 Server (支持服务器群集技术), GIS 服务器采用 ERSI 公司的 ArcGIS Server9.3 (由于它集成了 ADF 开发框架并且支持 Java 开发语言, 因此在 Eclipse3.2 的环境下开发); GIS 地图制作采用 ArcMap(ArcGIS Desktop9.3), 数据库系统使用微软公司的 SQL Server 2000<sup>[10]</sup> (从易操作性考虑), 以 Java 作为开发语言, JDK1.6 虚拟机, 采用 Eclipse3.2 开发环境; 使用 Tomcat6.0 作为后台 Web 服务器。硬件配置方面, 采用奔腾 E5300 处理器, 2 G 内存, 250 G 硬盘, 根据实际需要可建立多台服务器使用群集技术。网络接入方面, 既可以使用 Intranet, 也可直接接入 Internet。

#### 3.2 数据获取

试验地选取吉林省长春市榆树市, 公主岭市和农安县三处精准农业示范基地, 土壤类型为厚层黑钙土, 土壤肥力较高。土壤养分数据为 2006 年采样分析结果。以榆树市弓棚镇十三号村 415 公顷耕地为例, 采样时按网格法 (80 m×80 m) 定点采集耕层 (0-20 cm) 土样 (每个土样均为采样点内 8~10 个小样混合成的大样), 共采集 719 个样本, 进行速效氮磷钾、有机质及水分测定, 测定方法为:

有机质的测定—电砂浴加热— $K_2Cr_2O_7$  容量法,  
碱解氮的测定—碱解扩散法,

速效磷的测定— $0.5 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NaHCO}_3$  浸提—钼锑抗比色法,

速效钾的测定— $1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NH}_4\text{OAC}$  浸提—火焰光度法,

水分测定—酒精燃烧法。

其养分状况见表 1(数据来源于“十五”国家科技攻关计划子课题: 精准施肥技术应用与示范, 编号: 2004BA520A09-4-7)。

#### 3.3 地图发布

地图采用 ArcGIS Desktop 9.3 之 ArcMAP 制作, 最后保存为 mxd 文件, 命名 Jilin.mxd; 于浏览器地址栏输入 <http://localhost:8099> 以管理员身份登陆 GIS 服务器 (ArcGIS Server 9.3); 发布 Map 服务

Jilin.mxd, 如图 9 所示。

表 1 榆树市弓棚镇十三号村 415 hm<sup>2</sup>耕地土壤养分分布情况  
Table 1 Distribution of 415 hm<sup>2</sup> arable soil nutrient in Gongpeng town in Yushu city

项目 Item	分布 Distribution					
速效氮/mg·kg <sup>-1</sup> Rapid available N	100~109.9	110~119.9	120~129.9	130~139.9	140~149.9	≥150
所占比例/% Proportion	0.67	4.68	16.07	28.57	31.03	18.97
速效磷/mg·kg <sup>-1</sup> Rapid available P	<10	10~19.9	20~29.9	30~34.5	≥50	
所占比例/% Proportion	27.32	55.85	12.93	1.22	2.68	
速效钾/mg·kg <sup>-1</sup> Rapid available K	120~139.9	140~159.9	160~179.9	180~199.9	≥200	
所占比例/% Proportion	12.31	33.97	44.37	8.70	0.64	0.17

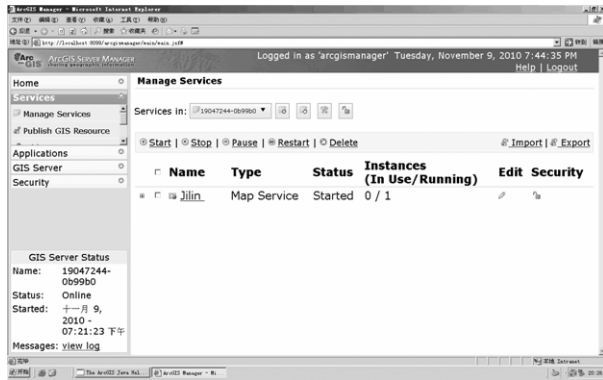


图 9 地图服务发布  
Figure 9 Release of map service

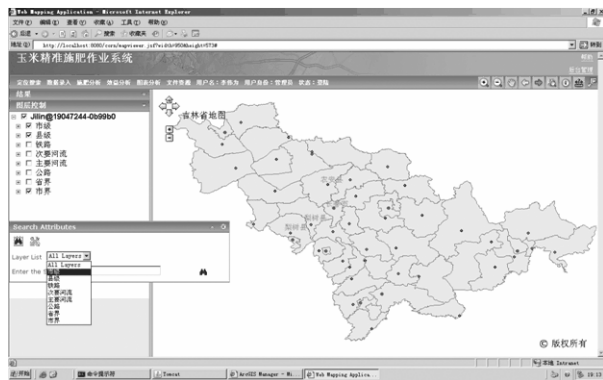


图 10 系统界面  
Figure 10 Systematic main page

### 3.4 系统界面

在 Web 浏览器中输入 <http://localhost:8080/corn/>, 系统运行主界面如图 10 所示。地图分为 8 个图层: 市级, 县级, 铁路, 主要河流, 次要河流, 公路, 省界, 市界。点击“定位搜索”弹出如下图所示对话框, 要求用户输入查询关键字, 最后将查询结果显示在“结果”栏内。

## 4 结论

在认真对比分析目前 WebGIS 的常用开发方法

和软件平台的特点基础上, 结合实际需要使用 ArcGIS 作为开发平台, 对玉米精准施肥作业系统进行了深入的研究, 实现了玉米施肥专家建议, 施肥分析, 效益分析等功能。显然, 对于玉米精准施肥这样数据量较大的系统, 利用 WebGIS 技术能较好的实现地理空间信息的 Web 发布, 方便各用户获取信息。但是系统功能还存在可扩展之处, 例如玉米施肥三维模拟生长, 玉米生长情况 GPS 实时监控等等。相信未来随着对玉米精准施肥模型研究的不断深入, 其功能实现和深层次的应用挖掘将进一步得到完善。

### 参考文献:

- [1] 赵月玲, 陈桂芬, 王越. 吉林省玉米推荐施肥专家系统研究与设计[J]. 玉米科学, 2006, 14(3): 170-172.
- [2] 于海龙, 郭伦, 刘瑜. 基于 Web Services 的 GIS 与应用模型集成研究[J]. 测绘学报, 2006, 35(2): 153-159.
- [3] 吴秀芹, 张洪岩. ArcGIS 9 地理信息系统应用与实践[M]. 北京: 清华大学出版社, 2009.
- [4] 刘其成, 肖明. 基于 Web 的配方施肥辅助决策系统及其 Java 技术实现[J]. 计算机工程与应用, 2004, 9: 216-218.
- [5] 郭婧, 张立朝, 王科伟. 基于 ArcGIS Server 构建地理信息服务[J]. 测绘科学, 2007, 32(3): 91-93.
- [6] 侯彦林, 陈守伦. 施肥模型研究综述[J]. 土壤通报, 2002, 25: 493-501.
- [7] 于合龙, 陈桂芬, 毕春光. 玉米精准施肥数据库建模研究[J]. 玉米科学, 2008, 16(4): 184-188.
- [8] 陈云坪, 赵春江, 王秀. 基于知识模型与 WebGIS 的精准农业处方智能生成系统研究[J]. 中国农业科学, 2007, 40(6): 1190-1197.
- [9] 于合龙, 陈桂芬, 赵兰坡, 等. 吉林省黑土区玉米精准施肥技术研究与应[J]. 吉林农业大学学报, 2008, 30(5): 753-759,768.
- [10] 邹健. 深入浅出—SQL Server 2000 开发管理与应用实例[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2008.