

基于遥感和 WebGIS 的冬小麦估产支持系统

刘 扬¹, 周清波², 刘 佳², 邓 辉²

(¹中国科学院科技政策与管理科学研究所, 北京 100190; ²农业部资源遥感与数字农业重点开放实验室, 北京 100081)

摘要: 【目的】建立 Web 环境下冬小麦估产的业务化运行体系, 解决冬小麦遥感估产业务化运行不足, 运行效率低等问题。【方法】基于面向对象的编程技术, 采用 Java 语言, 结合 ESRI 的开发包 MapObject for Java 以及管理工具 ArcSDE、ArcCatalog 和 ArcIMS, 通过在 Web 上集成遥感估产和 GIS, 构建了 Web 环境下的冬小麦估产支持系统。【结果】客户端通过浏览器访问远程服务器, 可以实时地获取远程服务器发布的冬小麦生长信息, 并进行产量预测, 从而解决了遥感估产网络环境下的运行问题。【结论】本文提出了 Web 环境下的冬小麦估产研究方法和框架体系, 实现了冬小麦估产业务化运行系统, 系统运行结果良好, 是对 Web 环境下遥感估产的探索性研究。

关键词: 遥感估产; WebGIS; 业务化系统

Study on Remote Sensing and WebGIS-Based Winter Wheat Yield Estimating Supporting System

LIU Yang¹, ZHOU Qing-bo², LIU Jia², DENG Hui²

(¹Institute of Policy and Management, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190; ²Key Laboratory of Resources Remote Sensing and Digital Agriculture, Ministry of Agriculture, Beijing 100081)

Abstract: 【Objective】 To fill up the deficiency and low efficiency of winter wheat remote sensing estimation operational system, and to set up a web-based operational system to estimate winter wheat yield. 【Method】 Based on the object-oriented technology, by using Java program, combined with ESRI development kit Mapobject for Java and management tools such as ArcSDE, ArcCatalog and ArcIMS, a web-based support system for winter wheat yield estimation was set up by integrating remote sensing yield estimation and GIS based on Web. 【Result】 By accessing remote server through client browser, winter wheat growth information can be real-time acquired quickly, and forecast of crop yield can be made. Then the operation of remote sensing estimation based on Web is solved. 【Conclusion】 This paper brings forward a methodology and framework for the Web-based winter wheat yield estimation and realized operational system. The performance of the system is good. And this is an exploratory study of web-based remote sensing yield estimating system.

Key words: Remote sensing estimating yield; WebGIS; Operational system

0 引言

【研究意义】遥感监测技术的发展使得对粮食作物的生长过程进行全程监测成为可能。实时获取的粮食作物面积、长势等信息, 是管理部门进行宏观经济决策的重要依据。如何采用网络技术在 Web 环境下集成遥感技术和 GIS 技术, 使粮食作物生长信息及时、

准确、有效地获取、管理和发布, 并在此基础上进行粮食产量预测, 成为遥感估产领域的一个研究热点和难点^[1]。【前人研究进展】目前对于遥感估产的研究更多是侧重于作物生长模型^[2]、遥感和作物生长相结合的监测方法^[3]、基于空间分布的遥感估产模型^[4]和监测方法^[5]等, 主要是解决信息的获取问题。在遥感估产系统开发方面也大多是基于单机操作或是 C/S 架

收稿日期: 2006-10-30; 接受日期: 2007-04-03

基金项目: 国家“863”项目: 农村抽样调查空间化样本抽选与管理系统 (2006AA120103)

作者简介: 刘 扬 (1969-), 男, 湖南新邵人, 博士后, 研究方向为信息技术和空间分析等。Tel: 010-68919615; E-mail: yuguliu@yahoo.com。通讯作者周清波 (1965-), 男, 湖南沅江人, 研究员, 博士, 研究方向为农作物和农情遥感监测、土地资源监测与评价、灾害监测与评估等。E-mail: zhouqb@mail.caas.net.cn; Tel: 010-62130258

构^[6]，这些研究已不能满足业务化运行的需要，尤其是不能借助网络技术和 GIS 技术，及时有效地发布和利用遥感图像信息。【本研究切入点】而通过采用网络编程技术实现遥感和 GIS 的网络集成，使得在 Web 环境下利用遥感信息，开展灾害评估^[7]、环境规划^[8]、河流管理^[9]、水资源评价^[10]和可居住环境评价^[11]等，以及在 Web 上进行遥感图像处理^[12]等成为可能^[1]。因此，在遥感估产中引入计算机网络技术和 GIS 技术，实现遥感信息的快速获取、管理和发布，并对粮食生产过程进行实时监测并进行产量预测，成为本文的研究重点。【拟解决的关键问题】本文通过采用 GIS 管理工具，解决空间信息的高效管理和网络发布，然后基于面向对象技术，采用 Java 语言编程实现客户端通过浏览器访问和调用远程服务器发布的空间信息，实现粮食作物的实时监测和产量预测。

1 研究区域

遥感监测主要是获取冬小麦生长信息如面积变化、长势和单产。其中对粮食作物面积变化率的测算，主要是采用分层抽样外推技术和遥感图像解译方法计算。因此，根据分层抽样原理，在全国冬小麦主产区共设置 20 个遥感监测样区，每个样区分别用两年相同时相的 2 景 TM 覆盖，共计 32 景 TM 影像，其分布为：黄淮海平原区 10 个，黄土高原区 6 个，长江中下游区 4 个，如图 1 所示。



图 1 TM 图像样区设置示意图
Fig. 1 TM image sample area

2 系统设计

采用 B/S 架构设计，系统分为 3 层：（1）浏览器端；（2）中间数据控制服务层，由 Web 服务器和 GIS

服务器构成；（3）后台是应用管理层，包括数据库和模型库。其工作流程是：首先用户通过浏览器访问模型库服务器上发布的 Web 页面，将嵌有 Applet 小程序的页面在客户端浏览器打开，通过 Applet 向服务器端的 Servlet 发出请求；其次，服务器端 Servlet 按请求，分别完成属性数据库和空间数据库的访问，属性数据库响应的结果直接返回给客户端，而对空间数据库的访问则需要将请求传递给 ArcIMS，ArcIMS 再通过空间数据库引擎 ArcSDE 访问并获取空间数据图层和数据表，再将数据返回给客户端；最后在客户端 Applet 中进行分析，并在客户端浏览器地图图层上显示结果。如图 2 所示。

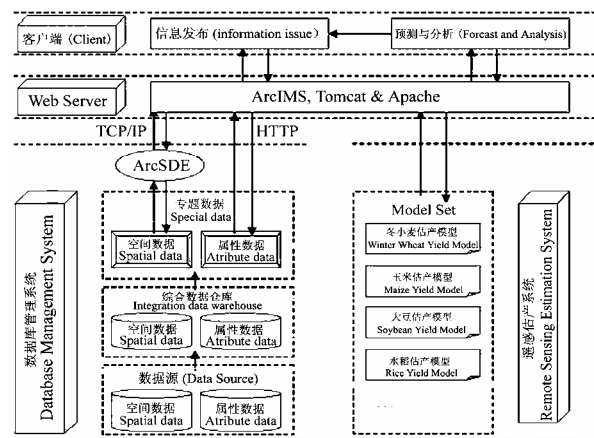


图 2 系统框架图
Fig. 2 System architecture

2.1 数据库管理系统

数据库管理系统（DBMS）用于管理空间和非空间数据。DBMS 采用数据仓库模式设计，由外部数据源、中央集成数据库、专题数据等组成。数据仓库是分布式管理模式，通过数据库管理控件和空间数据库引擎将分散的外部数据库系统存放的空间数据和非空间数据导入中央集成数据库，构建综合信息数据仓库，然后根据需要，作数据切片，提供专题数据服务。

数据库数据主要构成有国民统计数据、文本、专题图形数据、遥感影像数据、国家高程数据集等。其中，空间数据包括 1 : 25 万地形图、1 : 10 万耕地图和降水、旱情、作物区划图以及土地样方等；统计数据主要有全国历年分县作物单产、气象资料、植被指数、土壤、种植面积、产量等，其中粮食作物包括冬小麦、玉米、大豆和水稻等。

2.2 遥感估产系统

通过利用光谱学原理和热红外技术, 以及采用气象、农学等背景知识, 对遥感图像进行处理和解译, 构建遥感估产模型, 并对粮食产量进行的预测。下面以冬小麦为例, 介绍遥感估产模型的建立。

2.2.1 面积变化提取子系统 采用分层抽样外推技术与遥感图形解译方法相结合, 提取当年冬小麦种植面积变化率。首先利用统计抽样方法, 在冬小麦主产区设一定数量的 TM 样区, 对每样区的相邻两年同类冬小麦高分辨率遥感图像, 采用分区自动解译加后期人工修正方式, 提取遥感样区 (Site) 内冬小麦面积的年际变化 (率); 然后利用抽样外推模型, 推算全国主产区冬小麦种植面积变化率。其中分层抽样所需抽取的最小样本数由下式决定:

$$n = \sum_{h=1}^L \frac{N_h^2 s_h^2}{w_h} / V + \sum_{h=1}^L N_h s_h \quad (1)$$

其中, L 为分层数, 取 $h=1, 3, \dots, L$, V 为估计方差, N_h 为各层中冬小麦种植县数, n_h 为各层抽样县数, s_h 为各层样本方差, w_h 为各层的权重。

2.2.2 产量预测子系统

2.2.2.1 长势监测 以光谱理论为基础, 根据小麦对不同波长光谱的吸收、散射、发射特征, 结合其生物节律, 以 EOS/MODIS 数据为主要信息, 结合背景数据库、地面监测信息等, 建立基于归一化差值植被指数 (NDVI) 的长势遥感监测模式:

$$NDVI = (IR - R) / (IR + R) \quad (2)$$

式 (2) 中, IR , R 分别为近红外、红外波段值。

2.2.2.2 墒情监测 利用热红外遥感在植被和非植被条件下都对水分反应敏感的特性, 监测土壤和作物水分。以 EOS/MODIS 数据为主要信息, 利用其可见光和热红外通道, 采用植被供水指数法, 在 GIS 背景数据库支持下, 建立土壤墒情的植被供水指数遥感监测模型。其中植被供水指数 (VSWI) 为:

$$VSWI = \frac{NDVI}{T_s} \quad (3)$$

式 (3) 中, T_s 为冠层温度。

2.2.2.3 单产预测 采用气象、遥感、农学等多种模型计算冬小麦单产变化。单产预测模型是基于历史, 应用多元统计回归方法模拟冬小麦单产随气候条件变化, 建立县级单产预测模型族, 进而建立全国单产预报模型, 可在不同生长期动态预报冬小麦单产, 再用长势和旱情监测结果订正。最后根据冬小麦面积监测和单产预测结果, 预测当年全国冬小麦总产量变化率。

同理, 其它粮食作物水稻、大豆和玉米等均可采用相同方法建立遥感估产模型。

3 技术实现

系统采用 ESRI 的 MapObject for Java 和 Java Applet 编程技术以及 ArcGIS 数据管理技术构建网络集成计算环境, 通过 ODBC 和 JDBC 等数据库中间件技术, 实现 Web 环境下分布式异构数据和分布式计算资源调用。

3.1 空间数据管理和访问

空间数据库系统采用 ArcSDE 结合 Arcinfo 的 ArcCatalog, 对外部分散的空间数据进行存储管理, 采用 ArcIMS 通过 ArcSDE 访问数据库并提取数据, 再采用 Java 编程以及 MapObject for Java 技术将空间图层数据添加到地图上, 相应的代码如下:

```
// 创建与 ArcIms 之间的连接
```

```
Connection connection = new ArcIms4Connection
(getUrl());
```

```
...// 获取服务
```

```
Content services[] = source.getRoots();
```

```
for(int i = 0; i < services.length; i++) {
```

```
Content service = services[i];
```

```
...// 获取图层数据并添加到 Map 上
```

```
Layer layer = (Layer)content.getData(Layer.class.
getName());
```

```
map.addLayer(layer);
```

```
在获取空间图层数据后即可开展空间分析。
```

3.2 属性数据访问

对属性数据库的访问是由客户端 Applet 发出 HTTP POST 请求, 服务器端 Servlet 响应并查询数据库, 然后将结果返回给客户端。客户端数据获取过程为: 采用 URLConnection 与服务器建立连接; 通过 DataOutputStream 请求打包, 以流的形式输出; 然后以 InputStreamReader 获取服务器返回的响应流。客户端相应代码如下:

```
...//客户端建立与 Servlet 通讯的连接
```

```
URL url=new URL(serverURL);
```

```
URLConnection uc=url.openConnection();
```

```
...//输出数据流
```

```
DataOutputStream dos=new
```

```
DataOutputStream(uc.getOutputStream());
```

```
dos.writeBytes(querystring);
```

```
...//获取数据流
```

```

InputStreamReader in=new
InputStreamReader(uc.getInputStream());
...

```

服务器端通过 Servlet 的 `getParameter` 获取客户端请求, 通过 `ServletOutputStream` 将服务器响应流输出, 服务器端相应代码如下:

```

...//获取请求
String SQL = req.getParameter("param");
...//响应并输出数据流
try{ Statement s=dbCon.createStatement();
ResultSet rs=s.executeQuery(SQL);
ResultSetMetaData rsmd = rs.getMetaData();
int count = rsmd.getColumnCount();
while(rs.next())
{String response1= "";
for (int i = 1; i <= count; i++) {
response1+= rs.getString(i)+" ";}
servletout.println(response1);
}}...

```

通过将访问数据库获取的数据返回给相应 Applet 进行计算分析。

Java 通过在 Web 页面中嵌入具有计算功能的 Applet 小程序, 随 Web 页面下载到客户端, 实现对分布式异构数据的调用和计算。

4 系统应用

遥感估产是一个复杂的过程。需要对遥感图像进行处理、分析、以及解译, 来获取粮食作物的播种面积、长势、墒情等信息, 然后结合历史数据、背景知识和遥感地形图以及遥感模型进行计算得到数据, 采用数据库系统和 GIS 应用系统对数据进行管理和发布, 然后通过网络调用。图 3 为全国粮食主产区冬小麦的长势监控图。显示了 2006 年 4 月 4 日至 17 日间监测的全国冬小麦的长势情况。

采用气象数据计算分析和插值, 可以得到粮食作物的单产, 然后用长势和墒情对结果进行修正, 图 4 为 2005 年 5 月监测的全国冬小麦单产分析图。

通过将粮食作物生长过程遥感监控数据进行发布, 客户端用户就可以直接通过 Web 进行调用、查询和分析, 从而可以实时对粮食作物进行监测。

5 讨论

本项目仅仅是对 Web 环境下冬小麦估产系统的

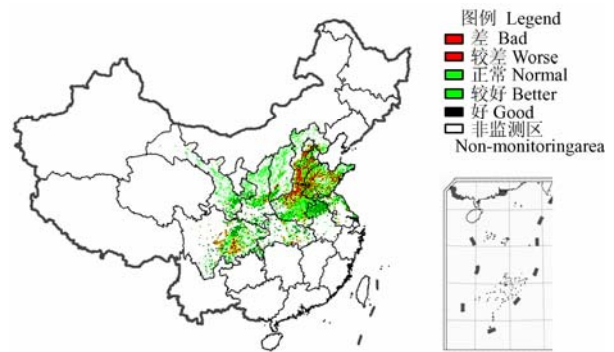


图 3 2006 年 4 月全国冬小麦长势监控图

Fig. 3 The monitoring of growth of winter wheat on April, 2006 in China

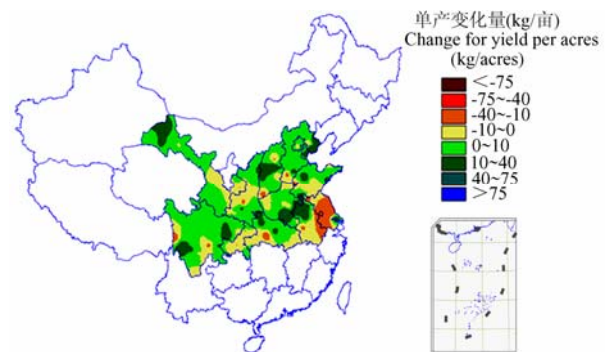


图 4 2005 年 5 月监测的全国冬小麦单产预测图

Fig. 4 The prediction of winter wheat yield per hectare in May, 2005 in China

探索性研究, 在系统的研发和应用方面, 还存在许多问题亟待解决, 因此还需要作进一步的深入研究和完善。

首先, 遥感估产主要还集中在通过对大尺度的遥感图像进行解译和处理来获取空间信息, 而采用空间统计学对遥感图像进行抽样统计的研究尚未成熟, 这就导致了遥感估产模型的空间表达不够。

其次, 遥感估产的一个重要指标是精度高, 一般在 95% 以上, 而通过计算机自动读取遥感图像信息技术上难以满足其精度要求。因此, 目前遥感图像的分析还需要人工进行标识和目视解译以确保精度要求。

再次, 通过利用 Java 的 2DI 接口开发图像处理工具, 直接在 Web 上分析处理遥感图像, 是一项新的技术, 这将成为以后的研究重点。

最后, 本项目以冬小麦为例, 对 Web 环境下冬小麦估产系统开展了研究, 其中的技术方法和手段均可应用于其他粮食作物如大豆、玉米和水稻等, 因此, 本项目还需要作进一步的完善和深入。

6 结论

本文提出了 Web 环境下的冬小麦估产研究方法和框架体系, 然后采用网络编程解决了 Web 环境下遥感和 GIS 的集成问题, 实现了冬小麦估产业务化运行系统, 并使之业务化运行, 系统运行结果良好, 是对 Web 环境下遥感估产的探索性研究。

References

- [1] 孙 宁, 冯利平. 利用冬小麦作物生长模型对产量气候风险的评估. 农业工程学报, 2005, 21(2): 106-110.
Sun N, Feng L P. Assessing the climate risk to crop yield of winter wheat using crop growth models. *Transactions of the CSAE*, 2005, 21(2): 106-110. (in Chinese)
- [2] 王纯枝, 宇振荣, 辛景峰, Driessen P M, 刘云慧. 基于遥感和作物生长模型的作物产量差估测. 农业工程学报, 2005, 21(7): 84-89.
Wang C Z, Yu Z R, Xin J F, Driessen P M, Liu Y H. Yield gap estimation by combining remote sensing and crop growth model. *Transactions of the CSAE*, 2005, 21(7): 84-89. (in Chinese)
- [3] 陈仲新, 刘海启, 周清波, 杨桂霞, 刘 佳. 全国冬小麦面积变化遥感监测抽样外推方法的研究. 农业工程学报, 2000, 16(5): 126-129.
Chen Z X, Liu H Q, Zhou Q B, Yang G X, Liu J. Sampling and scaling scheme for monitoring the change of winter wheat acreage in China. *Transactions of the CSAE*, 2000, 16(5): 126-129. (in Chinese)
- [4] 吴炳方. 全国农情监测与估产的运行化遥感方法. 地理学报, 2000, 25(1): 25-35.
Wu B F. Operational remote sensing methods for agricultural statistics. *Acta Geographica Sinica*, 2000, 25(1): 25-35. (in Chinese)
- [5] 周清波. 国内外农情遥感现状与发展趋势. 中国农业资源与区划, 2004, 25(5): 9-14.
Zhou Q B. Status and tendency for development in remote sensing of agriculture situation. *Journal of China Agricultural Resources and Regional Planning*, 2004, 25(5): 9-14. (in Chinese)
- [6] Mcbratney A, Whelan B, Ancev T, Bouma J. Future directions of precision agriculture. *Precision Agriculture*, 2005, 6: 7-23.
- [7] Zerger A, Smith D I. Impediments to using GIS for real-time disaster decision support. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2003, 27: 123-141.
- [8] Sugumaran R, Meyer J C, Davis J. A Web-based environmental decision support system (WEDSS) for environmental planning and watershed management. *Journal of Geographical Systems*, 2004, 6: 307-322.
- [9] Salewicz K A, Nakayama M. Development of a Web-based decision support system (DSS) for managing large international rivers. *Global Environment Change*, 2004, 14: 25-37.
- [10] Ganapathy C, Ernest A N S. Water quality assessment using Web based GIS and distributed database management systems. *Environmental Informatics Archives*, 2004, 2: 938-945.
- [11] Sakamoto A, Fukui H. Development and application of a livable environment evaluation support system using Web GIS. *Journal of Geographical Systems*, 2004, 6: 175-195.
- [12] Tsou M H. Integration Web-based GIS and image processing tools for environmental monitoring and natural resource management. *Journal of Geographical Systems*, 2004, 6: 155-174.

(责任编辑 吴晓丽, 郭银巧)