

基于 GIS 的农村社会经济统计信息系统技术^①

张 嘉 李小娟 王彦兵 (首都师范大学 三维信息获取与应用教育部重点实验室 北京 100048)

摘要: 将 GIS 技术应用于农村统计领域, 通过制定统计行业空间信息化建设标准与规范, 实现了系统与现有统计政务系统的数据共享。提出并研究了统计数据空间化处理、空间统计分析和多维可视化表达的技术方法体系, 从农村统计业务流的角度进行系统数据库设计、框架搭建以及功能模块设计, 在此基础上构建了系统原型并在国家统计局进行示范应用。实践证明, 建立时空一体化的信息支撑平台, 对于推动我国农村统计部门的政务信息化建设起到了积极作用。

关键词: 农村社会经济统计; GIS; 数据共享; 空间分析; 可视化

Technology of Rural Socio-Economic Statistical System Based on GIS

ZHANG Jia, LI Xiao-Juan, WANG Yan-Bing

(Key Lab of 3D Information Acquisition and Application, MOE, Capital Normal University, Beijing 100048, China)

Abstract: With the rapid development of rural socio-economics in China, how to make an in-depth analysis on the volume of multi-source statistical data to enhance decision-making for the government has become a major problem. In this paper, a set of GIS spatial analysis methods of rural social-economic data are proposed and researched and spatial data and statistical data are integrated to create a comprehensive spatial database to enhance data sharing with the existent e-government system. On this basis, a GIS based rural socio-economic statistical system is constructed using COM pattern and is put into effect in the National Bureau of Statistics of China. It has been proven that GIS technology applied in rural statistics department, which provides an information platform that manages and analyzes statistical data and spatial data, is feasible and increases the efficiency proces.

Keywords: rural socio-economic statistics; GIS; data sharing; spatial analysis; visualization

在国民社会经济信息化和地理空间技术快速发展的背景下, 电子政务信息与地理空间信息的资源整合已成为数字政务建设中的重要内容^[1]。统计部门作为政府信息服务的窗口对数据的信息化提出了更高的要求——需要统计信息和空间信息资源的全面整合, 全面、深入的统计分析和更及时、更完善的统计服务。

国际上一些发达国家的统计部门非常重视将地理信息技术引入统计工作中, 作为信息标准化、自动化和社会化共享的重要手段。美国人口调查局早在八十年代就综合各种普查地图开发了 TIGER 地图服务系统, 提供统计电子地图浏览, 并可以进行自动化制图。

日本统计局在 1990 年就开始陆续进行普查地图数字化工作, 并开发了普查绘图系统(Census Mapping System), 此系统可编辑并绘制各种地域统计地图^[2]。英国国家统计局(Office for National Statistics)除了向公众提供统计数据外, 还提供打印输出统计地图的服务^[3]。我国统计信息空间化管理和分析系统研究起步较晚, 但发展比较迅速。“十五”期间, 开展了“国家社会经济统计地理信息系统建设”, 该系统采用全国 1: 100 万比例尺行政区划地图和 2004 国家统计年鉴数据建立了基础数据库, 实现了统计数据的浏览、查询、数学分析和图表制作等基本功能。国家统计局

^① 基金项目:国家高技术研究发展计划(863)(2006AA120104)

收稿时间:2010-01-14;收到修改稿时间:2010-03-04

组织研发了“中国经济监测预警系统”，重点解决中国宏观经济监测与预警及统计数据可视化等问题。

国家统计局农村社会经济调查司一直致力于农村社会经济统计数据的信息化建设，但由于传统农村统计业务中数据的采集、管理与分析所涉及的技术方法导致数据在各个部门难以共享，统计数据通过文字图表进行展现的表达方式单一，难以有效描述统计对象所包含的空间信息及其空间现象和规律。对统计数据进行深入分析、挖掘与可视化已成为当前农村统计部门面临的主要问题。通过农村社会经济统计行业空间信息系统建设标准与规范，基于GIS技术实现农村统计业务对象和内容的时空集成与整合将为解决这些问题提供有效途径。因此设计和开发统计数据与空间数据一体化的信息平台对于推动我国农村统计工作的信息化建设具有重要意义。

1 系统设计

1.1 设计原则

1.1.1 数据标准化

制定农村社会经济统计行业空间信息系统建设标准与规范，包括农村统计单元分类与编码标准、农村社会经济统计信息分类与编码标准、农村社会经济空间数据库建设标准、农村社会经济统计专题地图产品制作与发布规范四项统计行业标准，定义统一的数据接口，以实现系统与现有政务系统的无缝对接以及各级农村统计部门之间多源统计数据的整合与共享。

1.1.2 融合政务工作流

系统功能设计要符合统计部门的政务工作流程，将系统逻辑与业务逻辑有机的结合在一起，实现复杂统计业务流程的自动化，简单化。

1.1.3 良好的扩展性

组件技术实现了软件的复用和健壮的版本更新^[4]。利用组件技术将系统功能封装为GIS组件对象和业务逻辑组件对象，通过组件对象的连接实现系统的集成，使系统具有良好的扩展性。

1.1.4 数据的安全性

农村社会经济统计数据作为国家重要的信息资源，在信息发布前数据的保密性和安全性非常重要。系统必须建立严密的密匙管理体系和授权管理体系，针对不同权限的用户开放对应的功能，保证数据库的安全性。

1.2 总体设计

农村社会经济统计空间管理与分析系统在逻辑上分为数据层、应用层和表现层三部分。数据层负责多源异构统计数据及空间数据的采集、存储和检索，数据统一存储于Oracle数据库中，通过ArcSDE空间数据引擎实现对空间数据（矢量数据与遥感影像数据）的访问和管理。应用层将数据层与表现层连接起来，实现了统计数据与空间数据的查询、分析与可视化等功能。表现层将应用层分析得到的可视化统计信息展现给用户，并与用户进行交互。系统框架结构如图1。

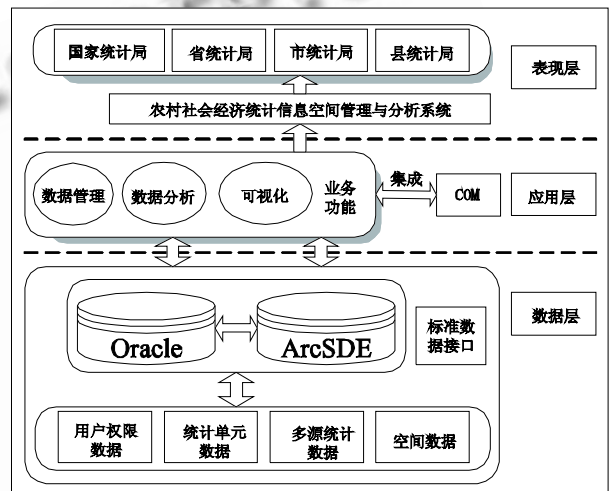


图1 系统框架结构

1.3 数据库构建

系统数据库包括统计数据库、统计单元代码数据库、空间数据库和权限数据库四部分。统计数据库存储农业统计普查数据，农村抽样调查数据，农村统计报表数据和重点调查数据。由于统计标准和方法频繁变动，在统计数据的组织上引入了“元数据”的概念。元数据是抽象出的对数据的描述性数据^[5]。将统计数据独立存储，使用元数据描述统计数据的时间、名称、单位等指标体系信息，当统计标准变化时只需维护元数据即可实现数据库的更新^[6]，有效提升了数据库的灵活性和扩展性。统计单元代码数据库存储分年全国各级统计单元代码以及分年统计单元变更信息，统计单元发生变化时可通过统计单元变更信息表查看变更情况。空间数据库分年存储全国省、市、县、乡、村5级统计单元矢量数据和遥感影像数据。空间数据和统计数据通过统计单元代码进行关联。用户权限数据库定义了不同用户类型的数据权限和应用权限，控制

和分配不同用户对系统功能和数据的使用权限, 实现对系统的安全管理。

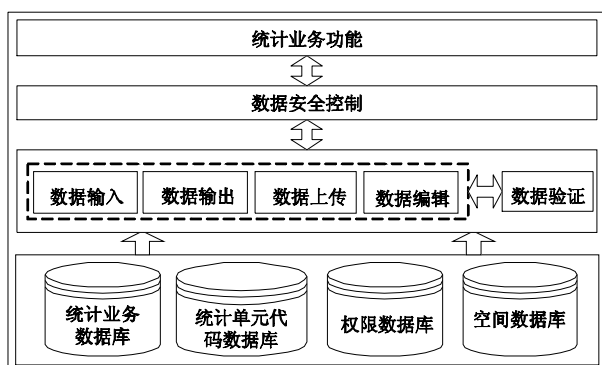


图 2 数据库构成及数据交换

2 系统实现

2.1 统功能模块

系统在功能设置上充分考虑了统计部门的业务需求。突出对统计数据的时空一体化查询、分析及可视化。系统在逻辑上分为数据管理、系统管理、数据分析和多维可视化四部分。运用组件技术对模块功能进行封装, 模块之间通过开放的数据接口建立通信机制。

2.1.1 数据管理

数据管理模块是系统后台数据的控制器, 包含行政区划代码管理、统计数据管理、空间数据管理和时空数据查询四部分。基于标准的统计数据与空间数据编码规范, 数据管理完成了统计数据库和空间数据库的数据交换、数据编辑和数据验证; 时空数据查询包含同期统计数据查询、历史统计数据查询、统计单元变更查询与空间数据查询, 实现了时空序列上的高效数据检索。

2.1.2 系统管理

系统管理模块主要包含用户管理、地图管理和界面管理功能。用户管理考虑到统计数据的保密性和安全性, 对不同用户给与不同的操作权限; 地图管理提供图层的导入和删除、图层的显示控制、图层的顺序控制等操作; 界面管理包含系统界面工具栏与显示窗口控制、专题地图模板与统计图表模板的加载与删除等功能。

2.1.3 数据分析

数据分析是系统的核心功能, 包含统计分析、空间分析、ESDA 分析和统计模型库四部分。统计分析功能可以对同期和历史统计数据进行多种数学运算,

提供运算结果输出并完成与空间数据的地图关联。空间分析功能提供数据的空间量算、缓冲区分析、叠加分析等操作, 并且可以对分析结果制图输出。ESDA 分析封装了空间相关性分析、空间聚类分析、空间趋势面分析、空间插值等功能, 通过 COM 接口可以讲分析结果与统计地图进行有效交互。统计模型库对多种数学模型、统计业务模型和空间分析模型进行封装, 用户可以对模型进行组装形成新的业务模型以满足复杂的统计应用需求, 模型可以保存、修改、输出以便重复使用。

2.1.4 多维可视化

多维可视化模块包括专题制图、统计图表、三维地图和可视化集成功能。专题地图功能将统计数据与空间数据进行关联, 制作各种统计专题地图, 并可对专题地图进行输出打印。统计图表功能对统计数据从空间和时间两个维度制作多种图表数据, 并支持图表的输出与打印。三维地图通过对统计数据构建数字表面模型实现数据的三维可视化, 进一步分析统计数据的空间分布规律, 更好的为宏观规划进行辅助决策。可视化集成功能将系统与遥感影像数据进行集成, 体现在两个方面, 一是与统计数据与数据库中影像数据的集成展示, 二是与系统与 Google Earth 的集成, 实现系统数据在 Google Earth 中的可视化。

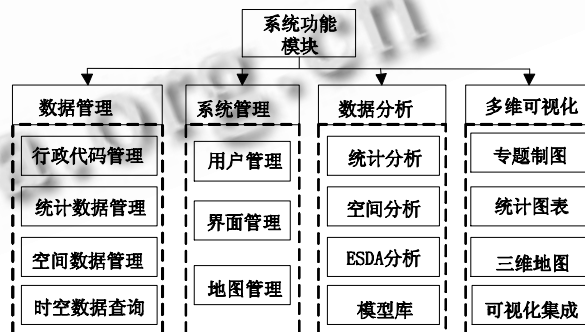


图 3 系统功能模块结构

2.2 系统界面

农村社会经济统计信息空间管理与分析系统采用 ESRI 公司 ArcEngine9.2 组件平台结合 Oracle10g 数据库在 VC++6.0 平台下进行开发, 并在国家统计局农村社会经济调查司进行示范应用。系统界面设计遵循美观规范、风格统一、操作简便的原则, 主界面由六部分组成: 菜单栏, 状态栏, 统计专题, 统计报表, 统计分析, 空间分析, 如图 4。



图4 系统用户界面

3 关键技术

3.1 变更单元时空数据查询

对统计数据进行准确、高效的检索是统计部门的重要工作，由于农村统计行政单元频繁发生合并、拆分、划拨、代码变更等变化，导致难以将一定尺度上的农村统计数据进行时间维和空间维上的对比分析。针对这一问题，对统计行政单元和空间数据引入“版本”的概念，依照年份对统计行政单元代码和空间数据进行管理。同时采用双向链表存储结构设计统计单元变更信息表，利用多叉树搜索算法可以追溯农村统计单元在时间序列上的变化情况。这种存储和查询方式简化了数据入库操作同时可以进行高效的数据检索，有效的解决了农村统计业务中统计行政单元频繁变动带来的数据变更问题，如图5。

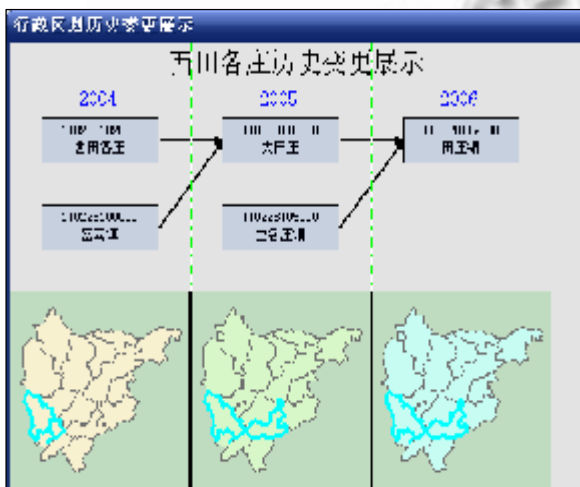


图5 农村统计单元时序变化情况

3.2 空间探索性数据分析

统计部门不仅是原始数据的提供者，更应提供数据的分析、挖掘、预测等服务。空间探索性数据分析将 GIS 技术、空间统计学方法和统计数据相结合，克服了经典统计学中数据相互独立带来的局限性，深入挖掘统计对象间的空间关系和统计现象的变化规律。系统运用组件技术将空间相关性分析、空间聚类分析、空间趋势面分析等多种数据分析方法封装为 ActiveX 控件，与系统进行集成可以实现区域农村社会经济发展在时空维度上的整体性、差异性和关联性分析。

3.3 统计模型库

模型就是将系统的各个要素通过适当的筛选，用一定的表现方式描述出的简明映象^[7]。统计模型库提炼了系统业务逻辑，采用开放的模型接口构建，利用 COM 技术将统计业务中的传统数学模型与 GIS 空间分析模型进行组合封装，可以将传统统计数学模型与 GIS 模型进行综合运用创建新的统计模型,并允许在系统运行过程中对模型进行编辑，实现模型与业务系统之间的无缝、自动化集成。这种开放的结构使系统的灵活性有很大的提高，简化了复杂统计任务的操作流程，实现了统计数据从空间分析到地图可视化表达的“一键化”操作。

3.4 可视化集成

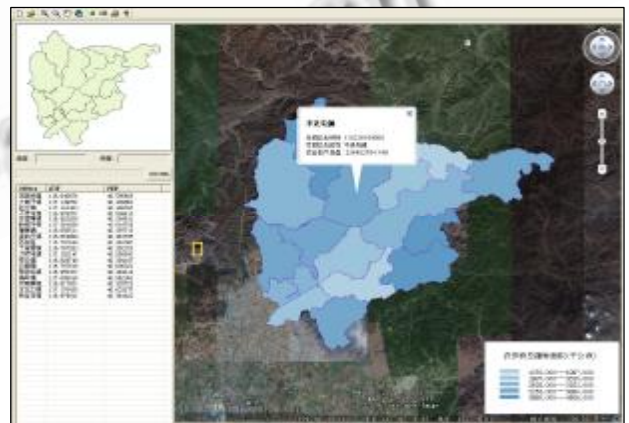


图6 空间数据与 Google Earth 集成

统计指标具有时空性，因此将统计数据加入地理维度和时间维度进行可视化可以形象直观的展现统计数据的时空分布、变化情况。Google Earth 实现了多源多尺度海量高分辨率遥感影像数据的无缝显示，具有开放性、易

(下转第 30 页)

用性、共享性等特点。因此 GIS 与 Google Earth 的可视化集成为统计数据表达提供了很好的技术手段。将统计数据与矢量数据进行空间关联,然后通过数据转换算法将系统空间数据转换为 KML 数据流,在 Google Earth 中加载显示,用来监测较大尺度下的贫困地区、经济热点地区、指标异常地区等具有较好的效果,如图 6。

4 结论

农村社会经济统计信息反映了农村社会经济现象,必然要考虑统计对象的空间位置、空间状态以及统计对象在空间上的相互作用与影响^[8]。将 GIS 技术运用于农村统计业务,实现对海量统计数据的时空分析挖掘,可以向统计部门提供深层的信息从而快速有效的形成对农业经济发展情况的准确把握。通过制定统计数据与空间数据标准与规范,不仅实现了国家统计局农村社会经济调查司下属各部门统计数据的集成和共享,而且可以解决统计业务中因行政单元频繁变动带来的统计数据时空查询以及空间数据更新和维护问题。系统模型库对统计业务流程进行提炼,使系统操作简单化、智能化,在实际应用中取得了很好的效果。

参考文献

- 1 李军,曾兰.地理空间信息及技术在电子政务中的应用.北京:电子工业出版社,2005.2-10.
- 2 梁艳平.基于 GIS 的统计信息分析与辅助决策研究[博士学位论文].长沙:中南大学,2003.
- 3 刘若梅,王鹏.地理信息在社会经济统计和普查中的作用.测绘通报,2007,(10):61-63.
- 4 Mary Kirtland. 基于组件的应用程序设计.北京:北京大学出版社,1999.6-22.
- 5 Gordon SN. Software reused by specialization of generic procedures through views. IEEE Trans. On Software Engineering, 1997,23(7):401-417.
- 6 张富,张丽娟,梁军,张书亮.社会经济统计地理信息系统元数据库的设计及应用.测绘科学,2007,32(2):143-144.
- 7 Stein A, Meer VD, Gorte B. Spatial Statistics for Remote Sensing. Dordrecht: Kluwer Academic Publishes, 1999.41-54.
- 8 林娜.基于 GIS 的统计信息分析初探.重庆工商大学学报(自然科学版),2007,24(5):499-501.