

# 基于J2EE与ArcIMS的城市土壤信息系统的设计与实现<sup>①</sup>

白思杰, 魏忠义\*

(沈阳农业大学土地与环境学院, 沈阳 110866)

**摘要:** 采用轻量级框架集合 SSH (Spring+Struts+Hibernate) 搭建 J2EE 平台, 结合相应的数据库技术, 以 ArcIMS 作为地图服务器, 提出了基于浏览器/服务器 (B/S, Browser/Server) 模式的城市土壤信息系统的体系结构, 设计了系统的数据库结构和功能, 并据此设计方案建立了沈阳城市土壤信息系统。结果表明, 基于 J2EE 与 ArcIMS 的城市土壤信息系统的建立为城市土壤调查、城市土壤数据的存储管理与网络分发共享、城市土壤资源的规划利用与污染防治等提供了高效便捷的工具。

**关键词:** WebGIS; J2EE; ArcIMS; 城市土壤信息

**中图分类号:** S159

城市是人类活动最为强烈的区域, 城市化背景下城市土壤质量的演变以及这种演变所带来的生态和环境效应受到了日益广泛的关注<sup>[1]</sup>。国内外专家学者选取典型城市为研究对象, 对城市土壤物理、化学及生物特性, 城市土壤污染尤其是重金属污染、城市土壤生态环境效应等进行了大量的研究<sup>[2-4]</sup>, 取得了丰富的数据资料。如何科学合理的存储、管理、分析积累的数据, 发挥数据的最大效能成为了土壤工作者后期研究的主要内容。在GIS的支持下建立土壤信息系统是进行农业土壤资源调查与数据处理的常用手段, 该类系统在农业土壤质量调查、施肥推荐等方面取得了良好的效果<sup>[5-7]</sup>。但传统单机或C/S模式的土壤信息系统一般是为土肥工作站等服务的专家系统, 在城市土壤数据处理方面稍嫌不足, 缺乏城市居民快速了解城市土壤质量、污染状况等信息的媒介。WebGIS技术的发展为城市土壤数据的处理与分发共享提供了良好的技术支持。

WebGIS是Internet技术与GIS相结合的产物, 从WWW的任意一个节点, 用户通过浏览器就可以进行地理空间信息的浏览、查询、时空分析等常规GIS操作<sup>[8]</sup>。基于WebGIS技术B/S模式的城市土壤信息系统的建立不仅可以为城市土壤数据的采集、存储与管理提供高效便捷的工具, 方便城市居民通过浏览器随时了解城市土壤质量与污染状况, 也为相关部门进行土壤资源的规划利用、污染防治与治理等提供辅助决策

服务<sup>[9]</sup>。

## 1 系统平台介绍

随着互联网的发展及GIS的大众化与社会化, WebGIS技术日渐成熟, 产品日趋多样, 实现方法也越来越多。基于Web框架结合GIS软件进行WebGIS站点的建设既可以充分利用GIS软件的空间信息处理能力, 又为非空间业务逻辑的实现提供了有效的处理手段, 是WebGIS构建的一种理想方式。通过对Microsoft.NET和J2EE 两大Web框架的比较分析及常用WebGIS软件的综合考评<sup>[10]</sup>, 本文选取了J2EE框架和ArcIMS软件搭建城市土壤信息系统的建设平台。

ArcIMS是美国ESRI公司推出的基于网络制图的WebGIS平台, 是一个由客户端组件和服务端组件组成的分布式系统。利用ArcIMS服务器端组件, 可以方便地组织所需要的空间数据, 创建并维护地图服务, 提供地图的浏览、图形属性互查、缓冲分析等功能<sup>[11]</sup>。同时, ArcIMS提供了Java、ColdFusion、ActiveX等API, 方便用户对其地图服务定制开发以建立良好的应用系统。

J2EE 全称Java 2 Platform, Enterprise Edition, 是一种基于Java技术的、适用于开发和部署多层结构企业级应用的平台, 是一整套技术、规范的总称; 它涉及多层分布式的应用模型、组件复用和灵活的事务控制等企业级应用系统建设的各个方面<sup>[12]</sup>。针对J2EE

①基金项目: 国家自然科学基金重点项目(40235054)和辽宁省自然科学基金项目(2040520)资助。

\* 通讯作者(drweizy@163.com)

作者简介: 白思杰(1985—), 男, 河南濮阳人, 硕士研究生, 主要研究方向为信息技术。E-mail: bsj\_217@163.com

规范的不同领域,许多第三方组织提供了不同的实现框架,如 Struts 等 Web 层框架,Hibernate、IBATIS 等持久层框架,PicoContainer、Spring 等控制反转容器,开发人员可以根据需要选取不同的框架构建 J2EE 应用系统实现平台。

考虑到框架间的兼容性、集成的难易及开发效率等因素,本文采用轻量级框架集合SSH(Spring + Struts + Hibernate)搭建了J2EE平台<sup>[13]</sup>,选取ArcIMS Java Connector连接ArcIMS地图服务进行城市土壤信息系统的建设。

## 2 系统设计

### 2.1 系统总体设计

为适应当前的分布式网络环境及系统的可伸缩性和灵活性,基于J2EE和ArcIMS的B/S 模式的城市土壤信息系统遵循J2EE的分层标准<sup>[14]</sup>,分为客户层、Web 层、业务逻辑层和数据层,如图 1 所示。

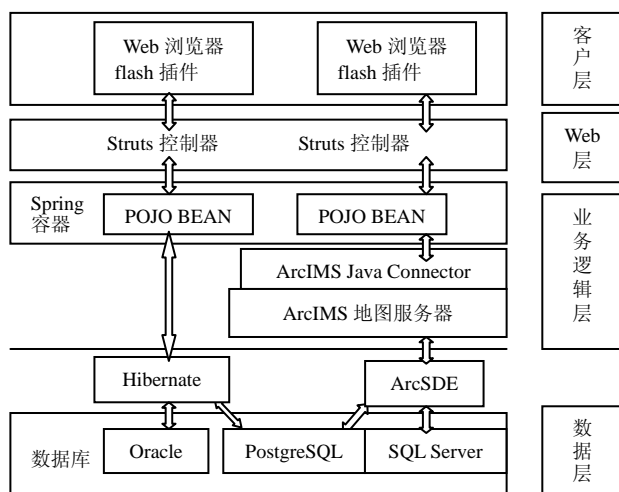


图 1 系统框架图

Fig. 1 System structure

客户层是用户与系统交互的界面,主要是 Web 浏览器,负责用户请求的接收与服务器端反馈信息的显示。

Web 层负责完成客户层请求的接收和初步处理,并将处理后的客户层请求发送给业务逻辑层。系统采用 Struts 框架负责接收和处理 JSP 页面传递的用户请求,经 Struts 控制器分配到相应的业务逻辑层组件进行处理,并将处理结果封装到 JSP 页面返回给客户层进行展示。

业务逻辑层是整个系统的核心部分,负责接受 Web 层传递的客户请求,检索数据库,进行相关数据的处理,执行相应的逻辑操作,完成相关数据在数据

层的存储,并将处理结果数据经由 Web 层返回到客户层进行展示。系统采用 Spring 框架进行业务逻辑对象的管理与控制。对于土壤空间信息和土壤非空间信息,系统采用了两种不同的运算方式,进行土壤空间信息处理的业务逻辑组件通过调用 ArcIMS Java Connector API 封装了对 ArcIMS 地图服务的操作。

数据层描述了系统中使用到的数据信息,主要用来定义、更新、管理与维护数据,可选用 Oracle、MySQL、SQL Server、PostgreSQL 等关系型数据库进行土壤空间信息和非空间数据的存储管理。

### 2.2 系统数据库设计

土壤信息系统所提供的信息和实现的功能很大程度上取决于土壤数据库所包含的数据以及数据的组织结构<sup>[15]</sup>。城市土壤数据分为空间数据和非空间数据两类,空间数据又有矢量和栅格之分,各种数据又同时具有空间和属性特征;同时,城市土壤受到人类社会活动、气候等多种非空间因素的影响。因此,城市土壤数据库分为城市土壤空间数据库和城市土壤非空间数据库两类。

**2.2.1 城市土壤空间数据库** 城市土壤空间数据库是土壤地理数据的存储与管理中心,土壤地理数据分为基础地理数据和土壤专题地理数据两部分。基础地理数据主要是行政区划图、交通网络图、文娱设施图、工业企业分布图、河流水系图等辅助空间数据;土壤专题地理数据包括土地利用类型图、土壤类型图、土壤重金属含量图、典型污染区域分布图等土壤专题数据。

系统通过调用ArcIMS地图服务实现空间数据的处理与分析,为便于数据的存储管理与远程调用,系统建议采用空间搜索引擎(ArcSDE)与对象-关系型数据库管理系统(Ordbms, object-relation database management system)协作的方式存储管理空间数据,其中对象-关系型数据库可以是Oracle Spatial、Postgis、SQL Server等。这样不仅提高了空间数据存取质量和效率,实现了空间数据的多用户以及版本化管理<sup>[16]</sup>,也便于ArcIMS提取发布存储在Ordbms中的多源空间数据,实现数据的远程调用及与本地数据的集成,实现数据的网络共享与相关分析。

**2.2.2 城市土壤非空间数据库** 城市土壤非空间数据库包含土壤属性数据表和业务数据表。土壤属性数据是指土壤养分表、土壤客土来源表、土壤污染因子表等。土壤业务数据主要是用户表、权限表、社会人文统计表等辅助业务数据。这些数据不包含空间信息,系统建议非空间数据以关系表的形式直接存储在

关系型数据库中,如 Oracle, SQL Server, PostgreSQL 等。一些在土壤空间数据库中有对应图层的属性表,对其通过 ID 关键字进行关联,实现土壤空间数据与土壤属性数据的融合。

### 2.3 系统功能设计

城市土壤区别于农业土壤,主要是为城市园林植物生长提供介质和养分,为城市景观设计提供场地和依据,为城市居民提供休闲娱乐的场所,是城市污染物的汇集地和净化器,关系到城市生态环境质量和人类健康<sup>[17-18]</sup>。城市土壤信息系统应根据城市土壤的这些特点有针对性地设计土壤质量查询、土壤资源规划、土壤预警等功能,以满足城市土壤监控与管理的需求。

**2.3.1 地图操作** 系统提供放大、缩小、漫游、视图回溯,鹰眼导航、图层控制等地图操作功能,用户可以根据需要选择所要显示的图层,进行土壤类型图、土地利用类型图、土壤重金属含量图等多个图层的叠加显示。系统提供地图数据采集与编辑功能,以便随时更新不断变化中的地图数据及用户兴趣点的获取。

**2.3.2 综合查询** 综合查询可方便快捷的查询土壤空间和非空间数据库,实现土壤空间数据与非空间数据之间的双向查询和定位。

**2.3.3 数据维护** 数据的更新填报是系统建立地理空间与属性数据时间序列,满足动态分析的前提。有权限的系统用户通过浏览器可以随时进行土壤空间与非空间数据库的插入、删除和更新操作,以确保数据库完整性与现势性。

**2.3.4 空间分析** 系统提供空间量算、缓冲区建立等空间分析功能。空间量算包括距离量算和面积、长度等的几何量算;用户可以根据需要选取兴趣图层中的某一记录建立缓冲区,以分析该因素的影响范围或影响因子。

**2.3.5 重金属污染分析** 系统强化了数据库中重金属污染相关数据的存储与管理,针对这些数据提供右键周边查询、专题图制作等功能。专题图制作是空间地理目标专题数据或属性数据可视化的有效工具<sup>[19]</sup>。系统使用专题图表作为土壤数据分析结果的表达形式,用户通过选择需要生成专题图的数据表的字段,选择期望专题地图的类型如饼状图、直方图及颜色、大小、图例等,便可得到该兴趣字段的统计分析图表。

系统在程序中封装地统计学<sup>[20]</sup>及多元统计分析的相关方法,引入城市土壤重金属污染的评价指标与模型<sup>[21-22]</sup>,为城市土壤重金属污染的来源、含量分布、化学形态、积累的生物效应及其污染的修复<sup>[23]</sup>等研究提供了有利的工具。

## 3 系统实现

### 3.1 城市土壤空间信息的处理

系统采用 ArcIMS 结合 ArcSDE 连接土壤空间数据库建立了一个 ArcIMS 影像地图服务;在业务逻辑层通过对 ArcIMS Java Connector API 的定制开发编写了大量 JavaBeans 组件<sup>[24]</sup>,封装了放大、缩小、查询、空间分析等空间地图操作。这些 JavaBeans 组件和 ArcIMS 地图服务共同作用实现城市土壤空间数据的发布与维护,如图 2 所示。

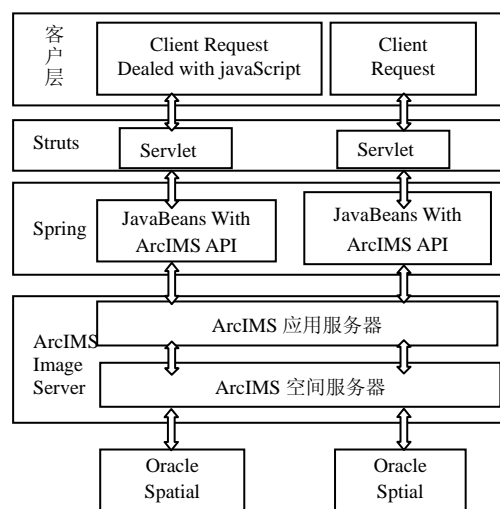


图2 土壤空间信息的处理

Fig. 2 Flowchart of the procession of the soil spatial information

客户层地图操作请求通过 JSP 页面经 Struts 控制器传递给业务逻辑层中的相关组件,这些组件通过调用 ArcIMS Java Connector API 将请求传递给 ArcIMS 应用服务器,ArcIMS 应用服务器负责将请求分发到合适的 ArcIMS 空间服务器。ArcIMS 空间服务器是 ArcIMS 的枢纽,通过 ArcSDE 与空间数据库相连,所有空间数据请求均在此进行处理,包括地图文件的生成、空间和属性数据的获取与绑定、专题图制作等。经 ArcIMS 空间服务器处理后的数据按相反的方向返回到客户端进行显示。

ArcIMS 应用服务器与 ArcIMS 空间服务器之间通过 ArcXML 通讯。ArcIMS Java Connector 是系统业务逻辑与 ArcIMS 地图服务器交互的桥梁,负责客户请求格式与 ArcXML 文件之间的转换与传递。根据 ArcXML 文件生成的位置,可将 ArcIMS 应用分为客户端处理与服务器端处理。系统通过对 Java Connector API 的定制开发,将放大、缩小等基本地图操作放置到客户端由 JavaScript 进行处理,专题图生成、统计分析等高级应用放置到服务器端由业务逻辑层组件进行

处理,实现了客户端与服务器的负载均衡,有效地减轻了网络负担。

### 3.2 城市土壤非空间业务逻辑的处理

系统在 SSH 平台下,采用 Hibernate 框架连接土壤非空间数据库, Spring 容器封装属性查询、数据录入等常用的业务逻辑, Struts 框架控制用户请求与业务逻辑之间的交互,三者合作完成城市土壤非空间数据的发布与维护,如图 3 所示。

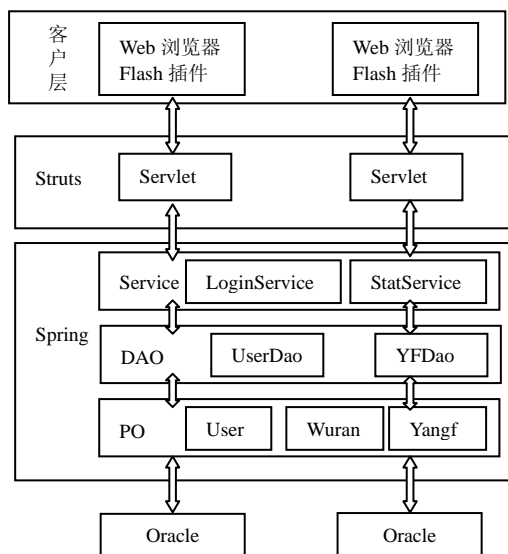


图 3 非空间信息的处理

Fig. 3 Flowchart of the procession of the non-soil spatial information

业务逻辑层是土壤非空间事务处理的重要层次,由 Spring 框架和 Hibernate 框架共同管理与控制,细分为以下几个层次:服务层(Service 层)、数据连接层(DAO 层)、持久化对象(PO)。系统采用 Hibernate 框架将关系型数据库中的非空间数据映射成持久化对象 PO,实现以面向对象的方式操作数据库。土壤业务数据库中用户表、土壤养分表等和 PO 层的 User、Yangfen 等对象形成一一映射,对非空间数据访问操作都由这些 PO 完成。DAO 层负责与 PO 对象的交互,该层封装了对数据的增、删、改、查的操作,系统为每一个 PO 对象都设置了一个 DAO 层组件。Service 层以 DAO 层为基础,通过对 DAO 组件的正面模式包装,完成系统所要求的业务逻辑。针对系统的功能,主要 Service 组件有登陆组件 LoginService,土壤查询组件 QuarryService,土壤数据统计组件 StatService 等。

当客户层进行土壤非空间数据操作时,例如,土壤状况综合查询,Struts 控制器接受并验证 JSP 页面传递的客户层查询请求,将请求条件传递给 Service 层中

QuarryService 组件。QuarryService 组件通过对查询条件的分析,调用 YFDao、WRDao 等 DAO 层相关组件连接 PO 完成对数据库的查询操作,并将查询结果按照设定的格式拼接到 JSP 页面返回给用户。

## 4 沈阳城市土壤信息系统的建立

沈阳是辽宁省省会,我国重要的重工业基地,其城市化及重工业发展过程中对城市土壤环境产生了深刻影响,土壤污染尤其是土壤重金属污染较为严重,迫切需要建立沈阳城市土壤信息系统。本文依托于自 2007 年开展国家自然科学基金项目“沈阳城市土壤调查”的过程中积累的数据资料<sup>[25-28]</sup>,选取大型关系型数据库 Oracle 建立了沈阳城市土壤非空间数据库;以 ArcSDE 与 Oracle Spatial 协作的方式建立了沈阳城市土壤空间数据库。其中,土壤非空间数据库主要包括自主建立的用户表、权限表,参考 2008 年《沈阳统计年鉴》建立的社会经济附属表等业务表以及项目积累的土壤有机质、速效 P、速效 K、全 N、全 P 等土壤属性数据表。以 2001 年 1:2 万沈阳市遥感影像图作为基础图件,经扫描、配准、屏幕数字化得到行政区划图、交通网络图、文娱设施图、工业企业分布图、河流水系图等辅助空间数据的 shapfile 文件,同项目积累的 1:2 万沈阳市土壤类型图、土壤养分图、土地利用分区图、土壤重金属分布图、土壤重金属含量图等 shapfile 文件共同导入 Oracle Spatial,交由 ArcSDE 与 Oracle Spatial 共同管理,建立了沈阳城市土壤空间数据库。

以沈阳城市土壤空间与非空间数据库为基础,基于上述设计方案,采用 Spring 2.5、Struts 2.2、Hibernate 3.3 搭建 J2EE 平台,以 ArcIMS 9.2 作为地图服务器,通过对 ArcIMS Java Connector API 的定制开发及常用业务逻辑的封装建立了沈阳城市土壤信息系统,系统主界面如图 4 所示。



图 4 沈阳城市土壤信息系统主界面

Fig. 4 The main interface of Shenyang urban soil information system

作为城市土壤信息共享与服务的应用平台,沈阳

城市土壤信息系统实现了沈阳城市土壤空间与非空间数据的网络发布与统计分析, 提供了综合查询、快速定位、空间分析与重金属分析等功能, 用户通过浏览器便可及时准确地了解沈阳城市土壤质量、土壤环境等信息, 为相关部门进行沈阳市土壤环境功能区划与规划<sup>[29]</sup>、土壤污染防治与治理提供了依据。

## 5 结语

本文提出了一种基于 J2EE 与 ArcIMS 体系结构集成开发 B/S 模式城市土壤信息系统的方法, 为城市土壤调查、数据存储管理与信息分发共享提供了一整套的解决方案。系统选取空间搜索引擎 ArcSDE 与关系数据库协作的方式建立城市土壤数据库, 采用 SSH (Spring+Struts+Hibernate) 搭建 J2EE 平台, 通过 ArcIMS Java Connector 嵌入 ArcIMS 地图服务, 由 Struts 框架解决界面显示、请求控制部分, Spring 框架负责业务逻辑组件的管理与维护, Hibernate 框架完成业务数据库的连接与维护, ArcIMS 进行空间数据请求的响应与处理, 实现了城市土壤空间与非空间数据的综合处理与网络分发共享。

基于此设计方案建立了沈阳城市土壤信息系统, 实践表明, 基于 J2EE 与 ArcIMS 的城市土壤信息系统安全可靠, 操作简单、响应快、交互性好, 适应当前的分布式网络环境, 且可维护性好、可扩展性强、可跨平台使用, 为其他类型城市土壤系统的建立提供了参考和依据。

## 参考文献:

- [1] 卢瑛, 龚子同, 张甘霖. 城市土壤的特性及其管理. 土壤与环境, 2002, 11(2): 206-209
- [2] 张甘霖, 吴运金, 龚子同. 城市土壤-城市环境保护的生态屏障. 自然杂志, 2007, 28(4): 205-209
- [3] 张甘霖, 赵玉国, 杨金玲, 赵文君, 龚子同. 城市土壤环境问题及其研究进展. 土壤通报, 2007, 44(5): 925-933
- [4] 和莉莉, 李冬梅, 吴刚. 我国城市土壤重金属污染研究现状和展望. 土壤通报, 2008, 39(5): 1 200-1 216
- [5] 吕成文, 张甘霖, 沈德福. 美国土壤信息系统的发展及其启示. 土壤通报, 2004, 35(1): 4-7
- [6] 王伟明, 张黎明, 郑良永. 土壤信息系统的研究现状与应用. 华南热带农业大学学报, 2005, 11(2): 28-31
- [7] 魏永胜, 常庆瑞, 刘京. 土壤信息系统的形成与建立. 西北农林科技大学学报 (社会科学版), 2002, 2(3): 32-36
- [8] 周娟, 沈润平, 孙波. 基于 WebGIS 中国农田养分平衡与环境风险评价系统的构建. 土壤, 2008, 40(6): 883-889
- [9] 吕晓东. 甘肃省土壤信息系统建设中存在的问题与对策. 甘肃农业科技, 2007(5): 22-24
- [10] 张俊岭, 夏斌, 熊卫东. 基于 J2EE 和 ArcIMS 的广东土壤信息发布系统设计与实现. 土壤, 2007, 39(4): 652-657
- [11] ESRI 中国 (北京) 培训中心. ArcIMS 轻松入门. 北京: ESRI 中国(北京)培训中心, 2008: 10-13
- [12] 杨明, 李全. 基于 J2EE 和 ArcIMS 的地籍管理 WebGIS. 计算机工程, 2007, 33(15): 267-271
- [13] 李刚. 轻量级 J2EE 企业应用实战—Struts+Spring+Hibernate 整合开发. 北京: 电子工业出版社, 2007: 765-778
- [14] 刘晓华. J2EE 企业级应用开发. 北京: 电子工业出版社, 2003: 25-28
- [15] 史学正, 于东升, 高鹏, 王洪杰, 孙维侠, 赵永存, 龚子同. 中国土壤信息系统 (SISChina) 及其应用基础研究. 土壤, 2007, 39(3): 329-333
- [16] 王广杰, 何政伟, 许辉熙, 张新海, 汪宙峰. 基于 ArcSDE 与 ArcIMS 的海量空间数据存储管理与网络发布—以三峡库区为例. 测绘科学, 2007(5): 173-176
- [17] 卢瑛, 龚子同, 张甘霖. 南京城市土壤特性及其分类的初步研究. 土壤, 2001, 33(1): 47-51
- [18] 卢瑛, 龚子同, 张甘霖. 城市土壤磷素特征及其与地下水磷浓度的关系. 应用生态学报, 2001, 12(5): 735-738
- [19] 马金锋, 潘瑜春, 郭占军, 王纪华. 应用 ArcIMS Java Connector 制作动态专题图. 计算机应用研究, 2008, 25(5): 1 485-1 488
- [20] 李亮亮, 依艳丽, 凌国鑫, 王魁. 地统计学在土壤空间变异中的应用. 土壤通报, 2005, 36(2): 265-268
- [21] 楚纯洁, 朱玉涛. 城市土壤重金属污染研究现状及问题. 环境研究与检测, 2008, 21(3): 7-11
- [22] 严加永, 吕庆田, 葛晓立. 基于空间分析技术的城市土壤污染评价. 地球科学与环境学报, 2007, 29(3): 321-325
- [23] Kimple CR, Morel JL. Urban soil management: A growing concern. Soil Science, 2000, 165(1): 31-40
- [24] ESRI INC. ArcIMS9: Customizing ArcIMS Using the Java Connector. Redlands, USA: GIS by ESRI, 2003: 37-39
- [25] 冯琦丽, 魏忠义, 王晶. 沈阳城市土壤铅的污染状况及其化学形态研究. 江西农业学报, 2008, 20(2): 97-99
- [26] 田佳昕, 魏忠义. 沈阳市土壤重金属的空间变异规律分析. 江西农业学报, 2008, 20(4): 54-56
- [27] 张宏伟, 魏忠义, 王秋兵. 沈阳城市土壤全钾和碱解氮的空间变异性. 应用生态学报, 2008, 19(7): 1 517-1 521
- [28] 张宏伟, 魏忠义, 王秋兵. 沈阳城市土壤 pH 和养分的空间变异性研究. 江西农业学报, 2008, 20(5): 102-105
- [29] 沈阳市土壤环境功能区划与规划通过专家论. <http://www.lnepb.gov.cn/hbj/web/html/100225/20081218/1229565929828.shtml>. 2009-10-31

## Design and Utilization of Urban Soil Information System Based on J2EE and ArcIMS

BAI Si-jie, WEI Zhong-yi

*(College of Land and Environment, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China)*

**Abstract:** Coupled with relevant database technologies, B/S model-based urban soil information system was established by combining of J2EE and ArcIMS in this paper. The J2EE platform was built by a collection of lightweight frameworks SSH (Spring, Struts, Hibernate), it taked ArcIMS map service by customizing the ArcIMS Java API. In order to testify the system's effect, developed urban soil information system and built database in Shenyang city. The result showed that the system is an effective tool for urban soil data management and share, for the planning of urban soil resources, for the prevention and abatement of urban soil's pollution.

**Key words:** WebGIS, J2EE, ArcIMS, Urban soil information