

基于 RS、GIS 的森林资源年度监测信息 系统设计与开发*

魏安世 李 伟 杨志刚 丁 胜 黄宁辉 陈 鑫

(广东省林业调查规划院 广东广州 510520)

摘要 以上年度小班数据和现势的遥感影像为主要信息源,从年度监测角度出发,综合运用 RS、GIS 技术、数据库技术、专家知识库、林分生长模型等技术,充分对各种时空信息进行数据挖掘,通过深入分析和二次开发,设计并开发了广东省森林资源年度监测信息系统。该系统除了具有基本的森林资源信息管理功能之外,最大的优点是实现了空间数据自动更新、部分属性数据的智能监测,为林业管理部门进行森林资源动态监测提供了高效的操作平台,促进了森林资源年度监测的智能化、自动化。该系统对提高我国基层林业部门的森林经营管理水平具有重要意义。

关键词 森林资源年度监测 信息系统 RS GIS 自动更新 专家知识库 生长模型

中图分类号: S757.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-4427(2010)01-0044-07

Design and Development of Annual Forest Resources Monitoring Information System Based on RS and GIS

Wei Anshi Li Wei Yang Zhigang Ding Sheng Huang Ninghui Chen Xing

(Forestry Surveying and Designing Institute of Guangdong Province, Guangzhou, 510520)

Abstract Based on current remote sensing image and subcompartment data of last year, from the angle of annual monitoring, using RS, GIS, database technology, expert knowledge base and stand growth model synthetically, combined with data mining technique on all kinds of spatio-temporal information, through in-depth analysis and secondary development, annual forest resources monitoring information system was developed. Besides basic forest resources information management function, the biggest advantage of the system is that spatial data and some attributes data can be updated automatically and intelligently, it provides efficient operation platform for forestry management department on forest resources dynamic monitoring, promote intelligent and automation of forest resources annual monitoring. This system plays an important role in intensive management of primary forestry department of China.

Key words annual forest resources monitoring, information system, RS, GIS, automatic update, expert knowledge base, growth model

信息化是当今世界和社会发展的趋势,信息化程度的高低已经成为衡量一个国家、一个城市现代化水平和综合实力的重要标志。就林业行业而言,不失时机地抓住和利用信息化所带来的成果和发展机遇,大力推进“数字林业”建设,在提高林业管理水平、促进管理科学化等方面有着现实和深远的意义^[1]。

* 基金/项目:广东省林业科技计划项目“基于 3S 的森林资源与生态状况年度监测技术研究”。

第一作者简介:魏安世(1975-),男,高级工程师,主要从事 3S 技术在森林资源监测中的应用研究工作。E-mail:weianshi@126.com。

森林是一种可再生的动态生物资源,随着林木生长、森林经营措施以及森林火灾、病虫害的影响,其数量、质量、结构、功能无时不在发生变化。因此,需要及时、准确地对森林资源进行动态监测。传统的森林资源监测方法以人工实地调查为主,而森林资源的辽阔性、再生性、动态性以及森林环境的复杂性决定了森林资源调查和监测工作的艰巨性和复杂性,从而造成了监测手段落后、耗时多、成本高、周期长、数据处理能力弱、信息利用效率低、交流速度慢、共享性差等缺点,因此也导致了目前“重视调查、忽视调查周期内的监测”现象。传统的监测方法已无法满足现代森林资源经营和管理的要求,迫切需要新方法、新技术、新手段来提高监测水平。

目前,虽然基于 3S 技术进行森林资源数据采集、信息提取与分析的研究也很多,但很多研究仅是从理论和技术角度去进行突破,没有直接针对现实的森林资源监测中存在的技术问题,其研究成果在生产性的监测中实用性较小^[2]。近年来,一些地方建立了与森林资源有关的信息系统,但这些系统大多对从信息(尤其是对空间信息)到知识的分析和挖掘不够深入,没有充分发挥空间数据的潜力。随着 3S 技术、网络技术、数据库技术、人工智能、计算机软硬件的飞速发展和普及,研究应用这些高新技术系统化、工程化、智能化、网络化地解决森林资源动态监测问题已迫在眉睫^[3-6]。

本研究综合应用 RS、GIS 技术、数据库技术、专家知识库、林分生长模型等技术,充分对各种时空信息进行数据挖掘,通过深入分析和二次开发,设计并开发了广东省森林资源年度监测信息系统。该系统通过 RS、GIS 数据空间分析,实现了森林资源空间数据的自动更新,通过 RS 和小班 GIS 历史档案信息综合分析建立监测因子的专家知识库,结合林分生长模型实现了部分森林资源属性数据的自动更新。

1 需求分析

1.1 功能需求

根据目前一些地方森林资源信息管理与监测系统存在的问题、当前森林资源管理与监测的业务需要,以及 RS、GIS、数据库等信息技术现状和发展趋势,本系统功能需求有三个方面。

1.1.1 需具有基本的森林资源信息管理功能 如数据管理(包括矢量数据、栅格数据、表格数据、多媒体数据的查看、编辑等)、图层管理(包括图层加载、删除、符号化设置、透明化设置、显示控制、属性控制、图层注记等)、视图管理(包括放大、缩小、漫游、全屏浏览、视图书签管理、要素选择及反选等)、查询分析(包括坐标定位查询、地名查询、图幅号查询、小班地籍号查询、多条件组合查询、空间分析等)、统计报表(包括统计报表、逐级汇总等)、专题制图(包括图幅整饰、对象嵌入、打印输出等)、系统维护(包括权限管理、日志管理、数据备份与恢复等)^[7]。

1.1.2 需具有森林资源空间变化信息检测及空间数据自动更新的能力 即:以小班为单位,对小班内的遥感信息和小班历史档案信息进行综合分析,检测出空间信息发生变化的小班,并自动提取其变化界线,生成新一年度小班空间数据。

1.1.3 需具有对相关属性因子进行智能监测的能力 即:集成应用统计分析、生长模型、RS、GIS 综合分析技术,建立专家知识库,对相关属性因子进行智能更新。

1.2 数据库需求

数据在一个地理信息系统中起着举足轻重的作用。本系统数据包括遥感数据、地形图(DLG 或 DRG)、小班矢量数据、档案数据、样地照片、统计报表数据、系统辅助数据(林业数表模型、行政区划代码等)等,数据量庞大,按表现形式分为图、表、卡、文等,按性质分为矢量数据、栅格数据、属性数据、多媒体数据等。如此巨大、种类繁多的数据仅以文件形式存储不符合当前 GIS 的设计理念,建立具有海量数据存储和管理的森林资源数据库是系统实施的必然需要。

1.3 性能需求

1.3.1 可靠性要求 系统应具备较强的容错性和可恢复性,能够对输入信息进行检查,对非法输入有出错提示,保证数据的完整性,并能对数据进行备份和恢复操作。

1.3.2 易用性要求 系统应有较好的易学性和易操作性,操作应尽可能自动化、智能化、傻瓜化。

1.3.3 效率要求 在满足功能的前提下,应尽可能提高系统运行和操作的效率。

1.3.4 可移植性要求 在 Windows 系列平台上,系统应具有好的可移植性。

1.3.5 安全性要求 由于有地形图等涉密信息,因此,除了在系统权限上进行控制外,还应考虑数据加密,以保证系统安全。

2 系统设计

2.1 系统目标

综合运用 RS、GIS 技术、数据库技术、专家知识库、林分生长模型等技术,充分对各种时空信息进行数据挖掘,通过深入分析和二次开发,设计并开发森林资源年度监测信息系统,实现对森林资源空间数据及部分属性数据的智能监测、自动更新、查询分析、统计报表、自动制图等,为林业管理部门进行森林资源动态监测提供智能化、自动化的操作平台。

2.2 系统设计原则

从系统建设及推广应用角度考虑,系统设计应遵循技术先进、实用可靠、功能完善、节约投资的原则。

2.2.1 实用性 紧紧围绕森林资源年度监测功能需求,功能明确,执行效率高,同时考虑用户操作方便、易于使用、维护简单、界面友好、符合日常工作习惯。

2.2.2 可靠性 在正常情况下,系统持续长时间稳健运行,在非正常情况下,系统具有一定的容错性及恢复功能。

2.2.3 先进性 在深入研究当今信息技术发展状况的基础上,采用相对先进和成熟的技术方案。

2.2.4 开放性 采用大型通用的数据库管理平台,标准的空间数据模型,能提供良好的数据交换能力,利于数据共享与系统集成。

2.2.5 可扩展性 充分考虑系统可扩展性,为数据库的内容扩充、功能增强和技术更新换代预留足够的发展空间。

2.2.6 标准化 参照已有标准和系统具体情况,对系统内部各个环节制定相应的标准化原则和要求并贯彻实施,实现系统建设和数据资源的标准化。

2.3 系统总体设计

2.3.1 系统架构 Client/Server 架构面向相对固定的用户群,对信息安全的控制能力很强,是应用较为成熟的软件体系架构,被广泛应用于专用网络环境中。本系统中,森林资源数据管理及信息维护安全性要求较高、数据流量大,尤其是空间数据涉及到较频繁的编辑操作,需要强大的 GIS 功能的支持,因此采用三层 C/S 架构。图 1 为本系统架构。

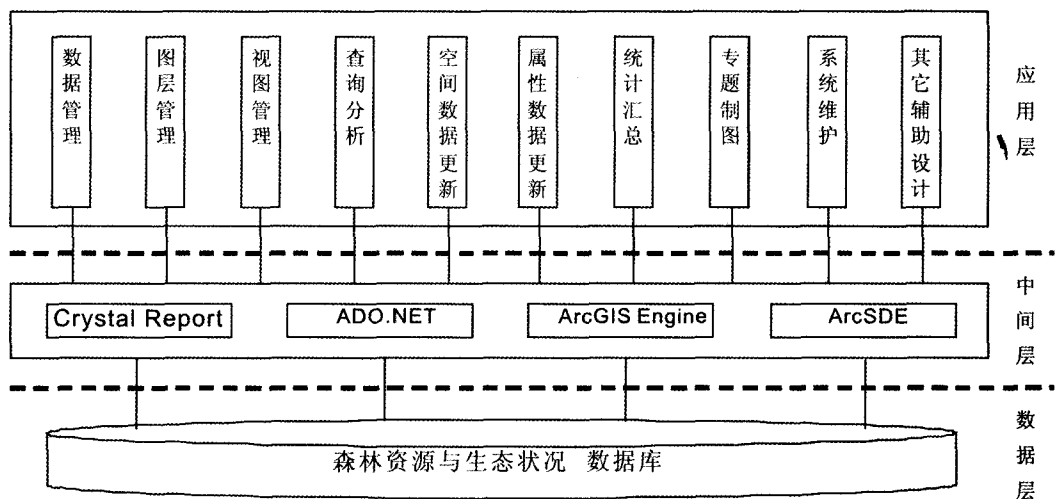


图1 系统架构

2.3.2 系统运行环境 (1)网络环境需一个快速以太网交换机、网线若干、100 M 带宽。(2)硬件环境包括服务器、客户端、打印机等设备,服务器配置为 120 G 以上硬盘,客户端配置为 1 G 以上内存,独立显卡。(3)软件环境要求:服务器操作系统为 Windows 2000 Server;客户端操作系统为 WindowsXP/2000;数据库管理系统为 SQL Server;其他组件有 ArcGIS Engine Runtime、ArcSDE、Crystal Report、Microsoft . NET Framework 2.0 可

再发行组件包。

2.4 数据库设计

2.4.1 数据库结构设计 本系统中数据来源多样(空间、非空间数据),数据格式各异(结构化表格数据、非结构化文档数据、影像数据、图片等),数据量较大。数据库设计遵循规范化、安全性、可扩展性等设计原则,以保证数据库内容完整、结构合理、逻辑清晰。数据库、表、图层等的命名应统一标准。表1是以惠城区为例的数据库结构设计。

表1 数据库结构设计

矢量数据集、栅格目录、属性数据	数据或图层(文件) Feature Class Raster Datasats	数据或图层文件别名(Alias)
EL0801	ELXB08012006 ELTZ08012007 ELJX08012006 ⋮	惠城区档案小班 2006 惠城区台帐小班 2007 惠城区小班界线 2006 ⋮
RD0801	RG0801 DG0801 RS08012005 ⋮	惠城区 1 万地形图 惠城区 1 万三维地形 惠城区 2005 年遥感影像 ⋮
VG0801	VGZJ0801 VGMJ0801 VGXZJT0801 VGMZJT0801 VGMZSY0801 VGXZSY0801 VGGX0801 VGLWT0801 VGJQX0801 VGSQX0801 VGGCD0801	惠城区 1 万注记 惠城区 1 万民居 惠城区 1 万线状交通 惠城区 1 万面状交通 惠城区 1 万面状水域 惠城区 1 万线状水域 惠城区 1 万管线 惠城区 1 万了望台 惠城区 1 万计曲线 惠城区 1 万首曲线 惠城区 1 万高程点
表格数据·二类调查	ELSW08012004 ELSP08012004 ELJG08012004 ELDM08012004 ELD	生物量表 四旁树表 角规表 地名表 二类数据字典
表格数据·自定义数据	RSPDBZ ForestryModel ZJZS	判读标志数据库 数表模型 专家知识库

本系统采用 GeoDatabase 数据模型来管理数据库,GeoDatabase 中引入地理空间要素的行为、规则 and 关系,这使开发人员不需再编写程序代码即可实现数据对象的主要操作行为。

2.4.2 数据库逻辑组织 在数据库逻辑设计中,矢量数据和栅格数据组织如图2、图3所示,表格数据直接存储到数据库中。

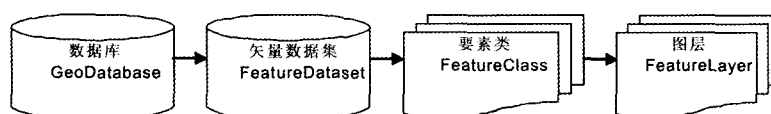


图2 矢量数据的逻辑组织

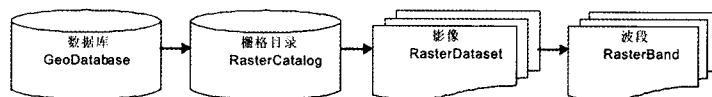


图3 栅格数据的逻辑组织

2.5 系统功能设计

2.5.1 数据管理 包括矢量数据、栅格数据、表格数据、多媒体数据的调显、删除,林业专题矢量数据及表格数据的编辑等。

2.5.2 视图管理 主要包括视图放大、缩小、全屏浏览、视图书签管理(书签创建、删除、切换等)、漫游、要素选择及反选、距离、面积量测等。

2.5.3 图层管理 包括图层加载、删除、各图层的叠放次序、图层显示控制和隐藏(可定义在一定比例尺范围内显示图层)、图层属性数据浏览、图层要素符号化设置、透明化设置、图层属性显示、图层注记等。图层管理与制图输出紧密相关。

2.5.4 查询分析 提供坐标(平面坐标或经纬度坐标)查询、地名查询、图幅号查询、小班地籍号查询等多种空间定位查询方式,实现用户对空间位置快速定位的需求。支持属性查询、多条件组合查询、空间分析功能,为用户感兴趣的目标区域提供直观的空间表达。

2.5.5 空间数据自动更新 以小(细)班为单位,提取小班内遥感特征定量指标(如两年度 NDVI 之差、当年 NDVI、两年度影像第2主成分差值等,可以事先进行图像处理,生成这些派生波段,存储到系统数据库中)到其属性数据表中,并对小班内遥感特征定量指标与其历史档案信息集成分析,检测出空间信息发生变化的小班,利用 GIS 及遥感图像分割技术自动提取变化界线,使森林资源空间数据更新工作智能化、自动化。系统也提供对小班空间数据的手工编辑、更新功能,以应对自动更新不理想的状况。

2.5.6 属性数据智能更新 对于因人工措施或自然灾害影响的小班,根据小班内遥感特征定量指标和历史档案信息,进行综合分析,建立变化后小班因子的专家知识库,并对相应因子(如地类、部分树种等)进行更新。对于自然生长的林分,在立地分级的基础上,利用林业生态数学模型更新这些因子(如蓄积量、生物量等)。对一些定性的、需要综合其它因子进行评定的派生因子(如生态功能等级、自然度、景观等级等),通过综合分析,建立这些监测因子的专家知识库进行监测与更新。另外,系统提供数据逻辑检查功能。有错误时,系统提示错误信息,并进入属性数据修改界面,在此界面下,系统提供属性数据查询、编辑等功能。逻辑条件是开放式的,系统管理员可以定义、修改逻辑条件,以适应规程变化带来的逻辑规则的变动。

2.5.7 统计汇总 可按县或乡镇进行统计报表,可设置 A3、A4 幅面打印,可进行县、市、省逐级汇总统计数据。

2.5.8 专题制图 对于常用的专题图(如森林分布图、林种分布图、树种分布图、生态功能等级分布图等),系统提供相应的菜单功能,按色标进行渲染和符号化。对于复杂的专题图(如点密度专题图、分级专题图、图表专题图等),提供对应的窗口界面,允许用户进行细致的参数设置。另外,系统提供图幅整饰功能(添加公里格网、指北针、比例尺、图框、图例、标题、分子式注记等)。在进行专题制图时,可结合图层管理,整理好各图层的顺序并进行符号化和透明化设置,以制作精美的专题图件。

2.5.9 系统维护 对于不同的登陆用户,可赋予不同的权限,系统管理员拥有全部权限,并且有权给其它登陆用户分配权限。系统提供数据的备份与恢复功能及相关系统数据(如专家知识库、地名库、行政代码表、生长模型参数表等)的维护(删除、增加、修改等)。

3 关键技术与开发方法

3.1 关键技术

3.1.1 基于 RS 和 GIS 空间分析对空间数据自动更新 (1)小班内遥感特征信息提取。以小班为单位,计算其范围内多时相遥感特征因子(如两年度 NDVI 之差、本年 NDVI)的平均值。可利用 ArcEngine 中的 IZonalOp 接口,在小班属性表中添加相应的字段,计算每个小班的遥感特征因子,并写入小班属性表中。(2)森林资源空间变化信息自动检测。对小班的遥感特征因子及历史档案信息进行综合分析,建立小班是否发生

变化的判别规则,并对空间信息发生变化的小班进行标记。建立判别规则时,可先通过目视判读对每种变化类型找出一些训练样本,然后用统计学方法对这些样本进行统计和分析,总结判别规则和相关阈值。除此之外,建立好的判别规则也离不开林业基础知识和实际工作经验。判别规则和相关阈值的适宜性直接影响到小班空间变化信息的检测及界线提取精度,因此,在建立判别规则和设置相关阈值时要多次反复试验,直至合适。(3)森林资源空间数据自动更新。首先对上一步标记小班内的图像进行分割,然后进行分割后处理,去除小班内细碎的图斑,再进行栅格到矢量的转换及分割线平滑处理,确定分割线,最后用这条分割线来切割小班。在 ArcEngine 中主要通过 IExtractionOp、IReclassOp、IGeneralizeOp、IConversionOp、ITopologicalOperator、IPximityOperator、IRelationalOperator 等接口实现。

3.1.2 基于专家知识库和生长模型对属性数据智能更新 (1)建立专家知识库。集成应用统计分析、RS、GIS 综合分析技术,建立相关属性因子(如地类、部分速生树种、生态功能等级、自然度、景观等级等)的专家知识库。例如:前期地类为乔木林,本期经人工采伐变为采伐迹地。先选择同类型的小班,分析这些小班多时相遥感特征因子的普遍规律,如这一类型小班的本年植被指数基本都小于 0.38、两年度植被指数之差基本都小于 0.1,再根据前期小班相关数据,建立其专家知识为:If “前期地类”=‘乔木林’And “两年度植被指数差值”<0.1 And “本年植被指数”<0.38;Then “本期地类”=‘采伐迹地’。不同变化类型小班,其专家知识是不同的。(2)建立生长模型。对于自然生长的林分,在立地分级的基础上,建立立地分级模型、平均胸径生长模型、平均高生长模型、公顷株数生长模型、林分公顷蓄积量生长模型、主要树种形高模型等林业生态数学模型监测森林资源相关属性因子(如胸径、树高、蓄积量等)。(3)森林资源属性数据智能更新。建立专家知识和生长模型的数据库(表),在空间数据更新完毕后,调用专家知识库和模型库对小班属性数据相关因子进行更新。

3.2 开发方法

本文采用 Visual C#.NET + ArcGIS Engine + SQL Server 为开发工具进行开发。ArcGIS Engine 是基于 ArcObjects 构建的嵌入式 GIS 组件库,它几乎封装了 ArcGIS 的全部功能,采用 ArcGIS Engine 具有开发周期短、效率高、稳定性强、可移植性好的优势。SQL Server 作为微软在 Windows 系列平台上开发的数据库管理系统,以其易用性、良好的兼容性、可伸缩性、与相关软件集成程度高等优点得到了众多用户的认可。图 4 为系统界面。

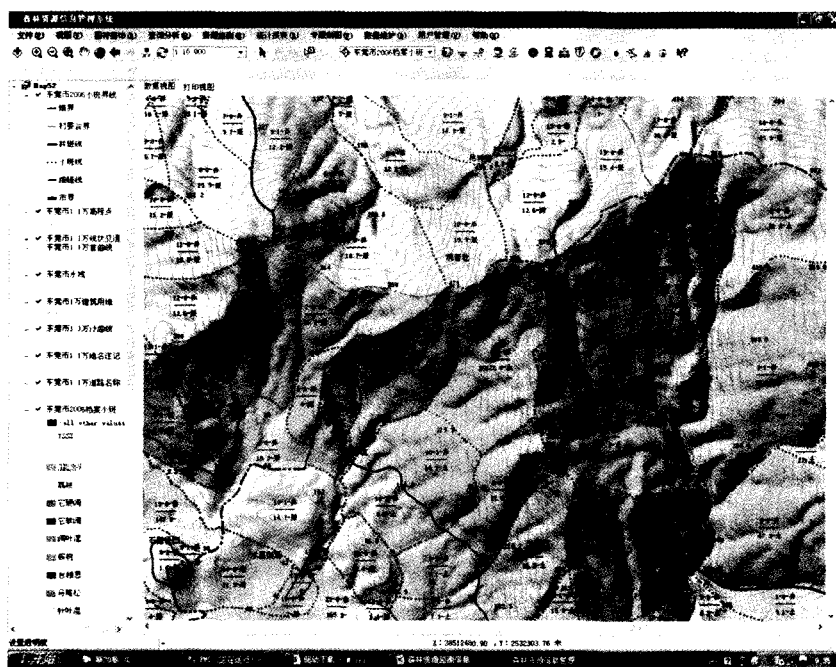


图4 系统界面

4 结论与讨论

森林资源与生态状况监测与管理是长期动态行为,利用本项目设计开发的年度监测信息系统,促进了森林资源与生态状况监测与管理的自动化、智能化,与以往的森林资源信息管理系统相比,本系统具有以下特点:

(1)本系统集成森林资源信息管理与监测于一体,为森林资源动态监测与管理提供高效的平台,可全面提升森林资源管理水平。系统具有在较大区域内推广的极大可能性。

(2)基于 RS、GIS 综合分析,实现了森林资源空间数据自动更新,改变了传统的以手工勾绘为主的森林资源空间数据更新方法。

(3)集成应用统计分析、生长模型、RS、GIS 综合分析技术,建立专家知识库,实现了相关属性因子的智能更新,提高了森林资源数据更新的工作效率。

从推广应用及未来信息技术发展趋势来看,还应从以下几个方面加强建设与研究:

(1)加强基础数据库建设、共享与整合应用,主要包括基础地理数据、相关专题辅助数据(如气象、水文、土壤等数据)的建设与共享。由于保密及其它原因,目前,国内基础地理数据的共享非常困难,林业部门在进行基础地理数据采集与建库(其实很多行业也在做重复工作)中耗费了大量的人力、物力、财力,然而,采集的数据却不规范、不精确,影响了高新技术在林业工作中的推广应用。因此,应加强基础地理数据的共享,为高新技术在林业中的深入应用奠定基础。此外,还应加强相关专题辅助数据(如气象、水文、土壤等数据)的建设与共享,利用信息化技术手段,对这些数据和林业专题数据进行综合分析和整合应用,将会对更多的森林资源与生态因子进行监测,产出更翔实、更充分、更丰富的监测成果数据和分析报告,对于林业生态建设将具有重要价值。

(2)深入研发 B/S 结构下的森林资源信息管理与监测系统。目前,一些地方也构建了基于 B/S 结构的森林资源信息管理系统,但是,由于现阶段技术、经济条件所限,这些系统只起到信息发布的作用,还不能做到在线实时更新与监测。虽然,从技术角度来看,也出现了 ArcGIS Server 这样的平台,可以实现空间数据及属性数据的在线实时编辑,也有一些系统是基于该平台开发的,但还基本处于试验阶段,因此,要加强 B/S 结构下的森林资源信息管理与监测系统的研发,为用户提供轻量级的、实时的、易维护的森林资源与生态状况动态监测系统。

参考文献

- [1] 辛峰,刘常玲.“数字林业”研究概述及前景展望[J]. 河北林业科技,2005(6):39-40.
- [2] 王忠仁,韩爱惠. 德国奥地利森林资源监测与经营管理的特点及启示[J]. 林业资源管理,2007(3):103-108.
- [3] 马文乔. 森林资源档案管理系统的研建与数据更新方法研究[D]. 北京:北京林业大学,2006.
- [4] 方陆明,唐丽华,徐爱俊. 县级林业资源管理信息系统的结构研究与应用[J]. 浙江林学院学报,2005,22(3):249-254.
- [5] 吕宏利,游先祥. 数字林场建设中的信息管理系统研制[J]. 北京林业大学学报,2003,25(S1):5-8.
- [6] 洪玲霞,陆元昌,雷相东,等. 县级森林资源信息管理系统设计[J]. 林业科学研究,2005,18(3):284-291.
- [7] 魏安世,李伟,陈鑫,等. 基于 ArcGIS Engine 的森林资源管理信息系统设计与开发[J]. 广东林业科技,2006,22(2):31-36.