

应用混合编程实现植被遥感信息提取与安全评价模型

李攀^{①,②,③}, 胡卓玮^{①,②,③}, 刘洪岐^{①,②,③}, 赵晓丽^{①,③}, 张明明^①

(^① 首都师范大学资源环境与旅游学院, 北京 100048;

^② 三维信息获取与地学应用教育部重点实验室, 北京 100048;

^③ 资源环境与地理信息系统北京市重点实验室, 北京 100048)

摘要: 针对区域植被覆盖及其变化情况, 利用遥感技术获取植被信息的方法, 构建植被监测指标体系, 建立植被信息提取和安全评价模型, 实现区域植被遥感信息获取、变化监测和安全评价; 并利用 ENVI/IDL 结合 C# 语言, 在 VS2005 环境下调用 ArcEngine9.3 工具包部分功能, 充分利用各个语言的优势建立植被信息提取与评价软件包, 为区域植被生长状况调查提供服务。

关键词: 植被信息提取; 遥感; 变化监测; 安全评价; 混合语言编程

doi: 10.3969/j.issn.1000-3177.2011.03.010

中图分类号: TP751 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3177(2011)115-0055-06

Building the Vegetation Remote Sensing Information Extraction and Safety Evaluation Model with Mixed language Programming

LI Pan^{①,②,③}, HU Zhuo wei^{①,②,③}, LIU Hong qi^{①,②,③}, ZHAO Xiao li^{①,③}, ZHANG Ming ming^①

(^① College of Resource Environment and Tourism, Capital Normal University, Beijing 100048;

^② Key Lab of 3D Information Acquisition and application of Ministry of Education Capital Normal University,

Beijing 100048; ^③ Resources, Environment & GIS Key Lab of Beijing, Beijing 100048)

Abstract: Considering the situation of regional vegetation cover and change, RS technology is used to extract vegetation information. By establishing the vegetation monitoring index system and information extraction and safety assessment model, the certain related objectives such as extraction of RS information of regional vegetation, change monitoring and safety assessment are achieved. Besides, ENVI/IDL, C# and certain specified functions of ArcEngine 9.3 are integrated together under the Net environments to build up a vegetation information extraction and safety assessment software package in order to offer the services to investigation of regional vegetation growth.

Key words: vegetation information extraction; remote sensing; change monitoring; safety evaluation; mixed language programming

1 引言

植被是地球表面重要的生态因素之一, 对维持

地表生态环境平衡具有十分重要的作用, 是全球变化的“指示器”^[1]。作为生态系统存在的基础, 其覆盖状况是评价生态环境好坏的重要因素之一, 同时

收稿日期: 2010-04-29 修订日期: 2010-08-12

基金项目: 国家科技支撑计划项目 2007BAH15B02、2006BA C08B02 联合资助。

作者简介: 李攀, 男, 研究方向为遥感与地理信息系统应用。

E mail: braveli@foxmail.com

通讯作者: 刘洪岐。

E mail: liuhongqi1981@163.com

其生长状态也受到周边自然因素和人为因素的双重影响。因此,获取植被生长状况信息对研究区域生态环境具有重要意义。

相对于传统的地表信息获取手段,遥感具有直观、快速、综合等优势,不同分辨率的遥感影像在时间和空间上优势互补,可以更加全面地提取信息。目前,利用遥感影像获取地表植被信息已成为了解地表植被情况的重要手段之一。针对区域植被生态环境变化情况,可以利用遥感数据快速获取植被覆盖及其变化信息,并综合相关统计数据对区域内的植被生态安全进行综合评价,为植被生长状况调查服务。

植被信息提取与安全综合评价不仅需要对大数据量遥感影像进行快速运算,而且还要实现一定的空间分析功能。由于通用的遥感影像处理软件平台对结合专业模型的信息提取功能较弱,结合GIS专业软件又增加了操作流程的复杂化,给实际操作带来不便,而遥感与GIS的一体化集成逐渐成为一种趋势和发展潮流。鉴于此,本文结合环北京区域植被研究实际情况,基于遥感影像信息提取技术构建植被监测指标体系,进行区域植被变化监测,并结合相关统计数据,建立植被安全评价模型。在此基础上,进行植被信息提取与评价的软件包开发。由于多语言混合编程可以综合各语言的优势提高软件开发的效率,本文利用IDL语言和ENVI部分功能函数进行遥感影像的运算,利用微软.NET平台的C#语言进行程序界面设计,利用ArcGIS Engine 9.3工具包完成图像的显示分析功能,基于COM技术进行多语言混合编程,实现植被信息提取与评价软件包的快速高效开发。

2 植被信息提取与评价业务流程

植被信息提取与评价具有技术综合性强、遥感数据与统计数据结合使用的特点,同时具有大尺度区域植被信息快速提取的业务应用要求。对于经过预处理的遥感影像,首先计算植被监测指标数据,然后进行变化信息提取,最后结合统计数据和DEM数据进行安全指数计算。整个业务过程需要快速处理大数据量遥感影像,可编辑的计算结果显示,包括多波段的彩色合成和图层属性信息的查询和修改,以及数据的空间分析。

2.1 植被信息提取与评价数据源

环北京区域主要包括北京、天津以及围绕北京周边的河北部分地区,范围在E113°~118°、N38°~

42°。由于不同的遥感影像在时间分辨率和空间分辨率上存在差异,高空间分辨率影像和高时间分辨率影像相互结合可以充分利用二者的优势获取更多信息。为了提高植被信息提取与评价模型应用的广泛性,采用包括TM数据和HJ-1卫星数据在内的多源遥感影像结合统计数据 and DEM数据进行实验研究,遥感数据主要有1998年9月、2003年9月、2007年9月和2008年9月4期TM影像以及2009年7月的HJ-1卫星影像,影像的覆盖范围均为河北省坝上地区的沽源县及其周边部分地区;统计数据主要为1998年~2008年间沽源县统计年鉴,从中计算该县的年人口密度、年降雨量、空间绿化指标和人均植被面积;DEM数据为1:25万比例的沽源县区域数据。利用高空间分辨率影像得到的结果可以对利用低空间分辨率影像计算得到的结果进行验证,以研究不同分辨率遥感影像在区域尺度植被研究中的应用。多源遥感影像需要经过严格的几何校正和大气校正,统计数据需要经过空间化(栅格格式),保证与遥感数据具有相同的空间分辨率和投影坐标。

2.2 植被信息提取与评价功能框架

植被信息提取与评价功能主要包括植被监测指标体系建立、植被覆盖变化监测和植被生态安全评价,功能框架如图1:

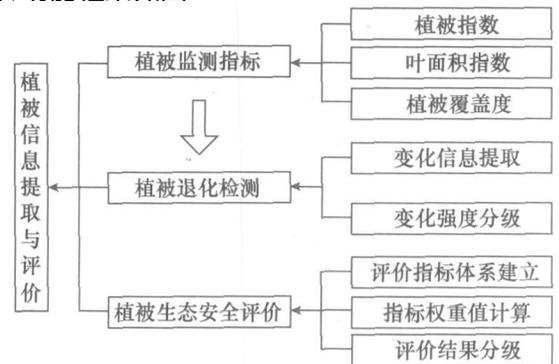


图1 植被信息提取与评价功能框架图

2.3 植被监测指标体系建立

针对不同类型植被指数,根据其土壤背景敏感程度,确定表征环北京地区植被信息的植被指数,以及相应的叶面积指数和植被覆盖度反演方法。

利用遥感影像进行植被信息的提取,多是基于影像的近红外波段和红光波段构建的植被指数数据进行。在众多的植被指数中,NDVI能够增强对植被的响应能力,植被得到有效的突出,被认为是监测大尺度植被和生态环境变化的有效指标。

叶面积指数(LAI)是对地球生态系统中能量交换进行定量分析的一个重要变量,是植被定量遥感的重要参数,它通常被定义为单位面积上总叶面积的一半^[3]。利用植被指数和实测叶面积指数之间的关系建立拟合方程,进而反演整个区域的叶面积指数。根据对研究区部分植被进行叶面积指数实地测量,将其与相应的植被指数进行多次拟合,最终采用一元线性回归模型反演研究区叶面积指数。反演模型如下:

$$LAI = k * VI + b \quad (1)$$

公式中 k 、 b 分别为需经过拟合后的待确定系数。植被覆盖度是反映地表植被覆盖度高低的指标数据,通常指单位面积上的植被覆盖面积^[4]。通过研究环北京地区的遥感影像发现,该区域的裸土像元很易找到。因此植被覆盖度的计算采用比较常用的像元二分模型。该模型的前提是假设遥感影像中的信息是绿色植被部分的信息和非植被覆盖部分的信息混合而成^[5]。该模型的计算公式为:

$$FC = (NDVI - NDVI_{soil}) / (NDVI_{veg} - NDVI_{soil}) \quad (2)$$

公式中 $NDVI_{soil}$ 和 $NDVI_{veg}$ 分别是纯土壤像元的 NDVI 值和纯植被像元的 NDVI 值。计算得到的植被覆盖度取值范围在 0 到 1 之间,值越大表示覆盖度越高。

2.4 植被覆盖变化监测实现

2.4.1 植被覆盖变化区域提取

植被覆盖变化监测是采用遥感影像变化检测技术,对同一研究区域不同时相的遥感影像进行植被

覆盖的变化信息提取,主要包括变化区域的提取和变化程度的计算。已有众多学者进行遥感影像变化检测技术的研究^[6-9],都取得了不错的变化检测效果。根据该研究区的实际情况以及对监测精度的要求,在考虑功能流程化的前提下,采取植被覆盖度差值算法进行植被覆盖信息变化检测。将植被监测指标体系模块中得到的不同时相植被覆盖度数据,按照后期与早期的时序进行差值运算,得到植被覆盖度变化数据。正值表示植被覆盖度提高,负值表示植被覆盖度降低。该数据可以作为研究该区域植被变化程度和变化分布范围的依据。

2.4.2 植被覆盖变化分级

对于整个研究区的植被变化情况,需要能够在宏观上进行植被变化程度的空间分布分析。因此,需要依据不同的变化等级阈值对研究区进行变化强度分级。刘亚玲^[10]等人利用 NDVI 来表征地表植被覆盖情况,将阴山北麓地区 1998 年~2001 年、2001 年~2003 年和 1998 年~2003 年间植被覆盖变化情况分为 6 个等级,对该地区的植被覆盖变化情况进行了很好的评价分析。李琳^[11]将北京怀柔区 1992 年~2004 年间植被覆盖变化程度分为 7 个等级,对该区植被覆盖的时间和空间变化趋势进行研究。根据环北京研究区植被覆盖的总体情况,考虑到该区域的半干旱气候特点以及总体植被覆盖不高的情况,将植被覆盖变化强度分为 7 个等级,分级情况如表 1。分级后的数据需要用不同的颜色来表征相应的变化等级,以便直观显示各植被覆盖变化类型在空间上的分布情况。

表 1 植被覆盖度变化强度分级表

变化等级	高度提高	中度提高	轻微提高	稳定	轻微下降	中度下降	严重下降
变化区间	[30%, 100%]	[15%, 30%)	[5%, 15%)	[- 5%, 5%)	[- 15%, - 5%)	[- 30%, - 15%)	[- 100%, - 30%)

2.5 植被生态安全评价

2.5.1 植被安全评价指标体系及其权重的确定

植被生态安全评价是研究以植被为主体的区域生态安全状况,以植被安全评价指标体系为基础构建评价模型,运用该模型计算植被生态安全指数,并进行评价。以河北坝上地区沽源县植被生态安全综合评价为例,以“压力—状态—响应(P-S-R)”模型^[12]为基础,研究分析该县植被生态状况。影响植被生态安全的因素可分为自然因素和人为因素,相应的植被安全评价指标可分为自然因素指标和人文社会因素指标。评价因子的选取是指标体系建立的

关键,指标体系不仅要反映出植被生态环境状态,还要充分考虑对植被生态环境有影响作用的自然、经济、社会等多种因素。因此根据评价指标体系的理论依据^[13-14],在充分考虑该县植被现状和主要特点的前提下,以层次分析法^[15]建立植被安全评价的多层次指标体系,如表 2。目标层反映植被生态安全总体情况,准则层是影响植被生态安全的一级因素,指标层包括了影响植被生态安全的 9 个指标数据,分别来自于遥感数据、统计数据 and DEM 数据,涵盖了对植被生态环境有影响作用的自然、经济和社会等因素,统计数据需要通过数据转换功能使其与遥感数据和 DEM 数据具有统一的数据格式。

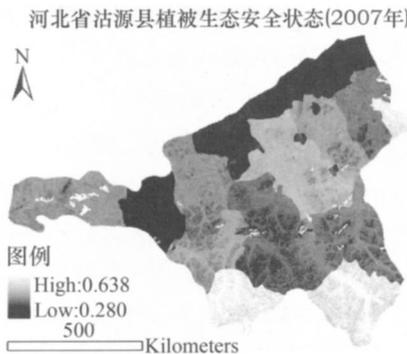
表 2 植被安全评价指标体系

目标层	准则层	指标层	数据来源
植被生态安全评价	自然人文压力指数	土地退化程度	遥感数据
		人口密度	统计数据
		地形因子(高程)	DEM 数据
	植被生态安全状态	植被类型	遥感数据
		植被覆盖度	遥感数据
		景观多样性指数	遥感数据
		斑块数目	遥感数据
	人文社会响应	人均植被面积	统计数据
		经济实力(农业 GDP)	统计数据

不同的指标因子对植被生态安全的影响程度各不相同, 指标权重的确定是要计算各个指标在综合评价中的影响值。权重值的确定主要采用层次分析法结合专家法实现。依据专家意见将指标数据分为不同的层次, 根据不同层次间的关系构造判断矩阵, 并对矩阵进行一致性检验, 满足检验条件的, 利用德尔斐法^[16]对专家咨询结果进行分析计算, 每个指标会得到一组权重值, 然后求其均值作为每个指标的最终权重值。

2.5.2 植被安全综合评价结果及分析

将各个指标数据与其权重的乘积相加求和, 得到植被生态安全综合评价指数数据, 如图 2, 将计算结果平均分为 5 个等级, 依次为安全、较安全、预警、较不安全和不安全, 从图中可以看出, 该县 2007 年植被处于较不安全与较安全之间三个等级, 南部地区植被生态状况较好, 北部地区植被生态状况存在问题, 这与实地调查的结果相符, 也与该县南部高山林地和北部高原草地的地形地貌特征相符。



河北省沽源县植被生态安全状态(2007年)
 注释: 植被生态安全综合指数 0- 1 可平均分为五个等级, 沽源县不同区域分别处于较不安全、预警和较安全状态, 该县南部地区植被生态安全状态总体较好。

图 2 沽源县 2007 年植被生态安全综合评价结果示意图

3 模型实现总体设计

3.1 混合语言编程介绍

植被信息提取与评价模型既要求能够快速处理大数据量的遥感影像, 又能对栅格数据和矢量数据进行快速方便的浏览, 同时保证软件开发过程的灵活性和软件较好的可移植性。因此采用在 Visual Studio 2005 环境下利用 C# 和 ENVI/IDL 语言结合 ArcGIS Engine 9.3 部分控件共同完成。IDL 语言是面向矩阵的计算机语言, 语法简单而且拥有丰富的分析工具包^[17], 由其开发的专业遥感图像处理软件 ENVI 具有强大的遥感数据处理功能, 也提供了大量的影像处理函数供外部程序调用以进行集成开发。同时, IDL 语言可以在 NET 环境下结合其他高级语言进行混合编程^[18-20]。ArcGIS Engine 9.3 是一套完备的嵌入式 GIS 组件库和工具库, 具有专业级的 GIS 分析功能, 可以灵活、方便地定制化地图及 GIS 解决方案。利用 ArcGIS Engine 9.3 可以实现数据的浏览、栅格矢量叠加、矢量编辑、渲染、专题图制作以及空间分析等功能。

3.2 模型实现

遥感影像数据的计算是由 IDL7.0 语言以及 ENVI 4.7 的部分功能函数完成, 界面是利用 C# 语言实现, 影像的浏览、渲染等功能则是调用 ArcGIS Engine 9.3 工具包实现。软件设计框架如图 3:

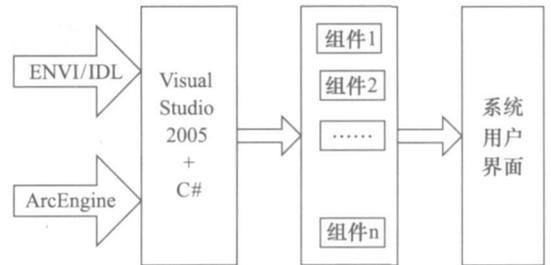


图 3 软件包设计框架

混合编程实现的关键是不同语言之间通信机制的建立。Visual C# 和 IDL 语言之间通过 IDL 提供的 IDLDrawWidget 控件进行交互^[16]。首先在程序窗体界面加载名为 axIDLDrawWidget 的 IDL 控件, 通过编写代码设置控件的各种属性, 完成 IDL 在 .NET 环境中的初始化。主要程序如下:

```
string idlPath= @" ~ \ITT\IDL708\ bin\ bin. x86\ idl.dll"; //得到 idl.dll 文件路径
axIDLDrawWidget. IdlPath= idlPath; //设置路径 IdlPath
if( axIDLDrawWidget. InitIDL( ( int) this. Handle) == 0) //初始化 IDL
```

```
{MessageBox.Show("IDL 控件初始化失败");}
```

要实现利用 IDL 语言编写的程序进行遥感影像的运算,必须先获取所要进行运算的遥感影像的数据路径。软件中利用 C# 语言编写影像数据输入输出设置界面,由用户进行数据路径设置,然后通过自定义变量将输入输出的路径参数传递给执行计算的 IDL 过程,由 axIDLDrawWidget 控件的 ExecuteStr 执行 IDL 过程。主要程序如下:

```
this.idlCmd="ndvi;" + lbeInFile.Text + "," + lbeOutFile.Text + "," + cmbNir.SelectedIndex.ToString() + "," + cmbRed.SelectedIndex.ToString();//将路径参数传递给变量 idlCmd
```

```
axIDLDrawWidget.ExecuteStr("cd," + Application.StartupPath + "\\IDLSources");
```

axIDLDrawWidget.ExecuteStr(". compile ndvi.pro");//编译自定义的 NDVI 过程

axIDLDrawWidget.ExecuteStr(ndvifrm.IdlCmd);//传递路径参数并执行 NDVI 过程

软件中影像信息的界面显示和放大缩小平移等功能是调用 ArcGIS Engine 9.3 相应的控件实现的。在 VS.NET 平台下将所需的控件加载入工具箱列表,然后在窗体容器中嵌入 ArcGIS 控件,实现用户界面的图形化。用到的控件主要包括 AxMapControl 和 AxTOCControl 等,可以在软件界面显示输入影像的波段信息、图层信息以及相应的图像信息,并可以根据需要完成不同波段的假彩色合成显示。功能界面如图 4:

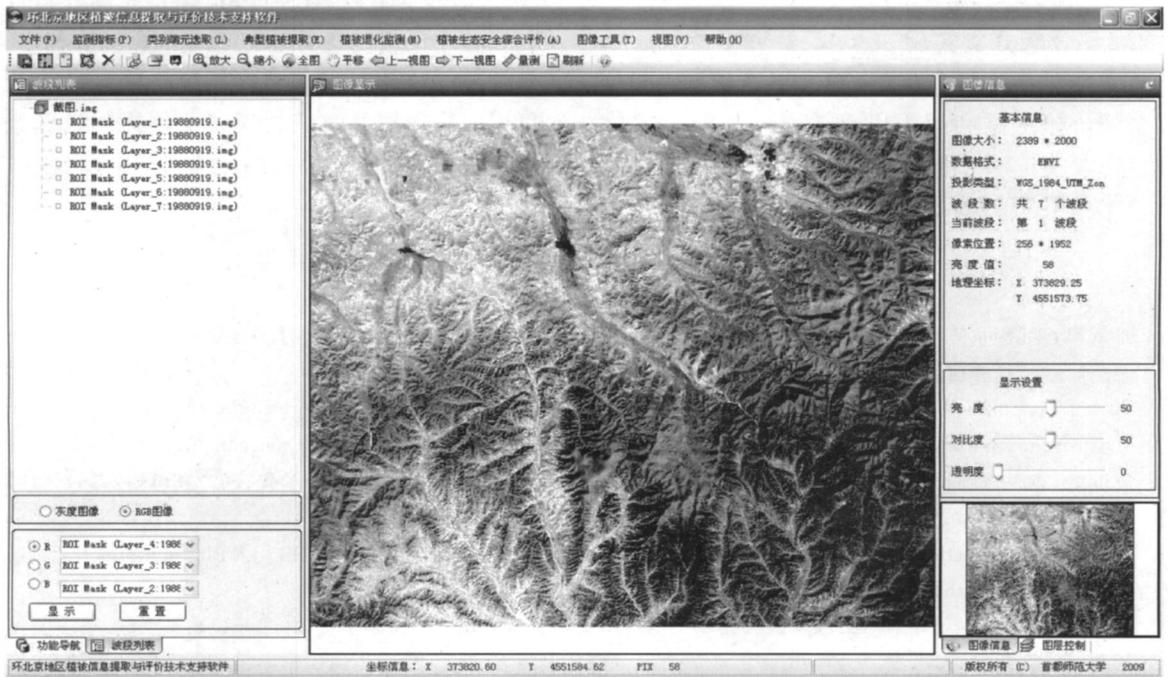


图 4 植被信息提取与评价软件包界面示意图

4 核心功能实现及关键技术

4.1 数据读取与显示

数据的读取包括影像界面显示时的读取和对数据进行处理时的读取,前者采用 C# 语言实现,后者调用 ENVI 的函数实现。影像显示时的数据读取首先在影像输入输出设置界面中设置相应的文件路径,根据路径读取数据波段信息并生成波段列表树,然后在 AxMapControl 控件上绘制图像进行显示。同时还要进行波段统计和数据金字塔建立,以及根据波段树按照需要选择波段进行彩色合成。数据运算时对数据的读取通过调用 ENVI 的库函数

实现,利用 envi_open_file 根据 C# 程序获取的数据路径打开数据,再由 envi_file_query 获取数据的维数和波段等数据信息,用 envi_get_map_info 获取数据的地图信息,然后按照数据处理的主程序进行运算。

4.2 统计数据栅格化

在植被安全评价功能模块中,需要将统计数据空间化后转化为栅格格式。首先将实验区的矢量数据加载入软件窗口,利用 add field 功能根据不同的评价指标类型为相应区域添加属性信息,如人均植被面积、人口密度和经济实力指数等,然后编写 Polygon To Raster 代码将矢量数据栅格化,数据路径

和像元大小等相关参数通过软件界面由用户进行设置。

4.3 波段运算实现

利用 IDL 语言进行遥感影像波段运算是实现影像数据计算的重要步骤, 软件中的植被指数、叶面积指数、植被覆盖度、变化差异数据和植被生态安全结果数据的计算均是依据波段运算实现的。以 NDVI 的计算为例, 在执行波段运算的 IDL 过程获取进行处理的波段数据路径之后, 针对数据量较大的情况, 为确保运算的稳定性和准确性, 利用“ENVI_INIT_TILE”和“ENVI_GET_TILE”对数据进行分块, 进行分块逐步运算以减少处理时的运算数据量, 然后根据 NDVI 计算模型进行计算。

4.4 分级分类实现

软件中对植被覆盖度变化强度的分级和植被生态安全评价分级是利用 IDL 语言的 where 函数来实现。在对 where 函数设定阈值的情况下根据相应的关系运算符对像元归属做出决定, 满足阈值条

件的像元被归为该类别, 以此对各个数据进行运算。程序模式如下:

```
a1= where( (file ge cz1) and(file lt cz2) )
if a1(0) ne- 1) then begin
  classedData(a1) = 1
endif
.....
```

5 结束语

综合多源数据建立区域植被信息提取和安全评价模型, 实现了植被监测指标体系的构建、植被覆盖信息的变化监测和植被生态安全综合评价, 可以有效地为区域植被环境状况调查服务。利用 IDL 语言和 ENVI 提供的部分函数, 结合 C# 语言, 在 VS. 2005 环境下集成 ArcEngine 9.3 的部分控件, 充分利用各个语言的优势建立植被信息提取与安全评价软件包。该软件包能够支持栅格数据和矢量数据, 可以实现数据的快速处理以及便捷的浏览查询, 互操作性强, 可移植性好, 能够应用于不同的研究区域。

参考文献

- [1] 张云霄, 李晓兵, 陈云浩. 草地植被盖度的多尺度遥感与实地测量方法综述[J]. 地球科学进展, 2003, 18(1): 85- 93.
- [2] 赵英时, 等. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 374- 378.
- [3] Chen J M, Pavlic G, Brown L, et al. Derivation and validation of Canada wide coarse resolution leaf area index maps using high resolution satellite imagery and ground measurements[J]. Remote Sensing of Environment, 2002(80): 165- 184.
- [4] 唐世浩, 等. 一种简单的估算植被覆盖度和恢复背景信息的方法[J]. 中国图像图形学报, 2003, 8(11): 1304- 1309.
- [5] 程红芳, 章文波, 陈锋. 植被覆盖度遥感估算方法研究进展[J]. 国土资源遥感, 2008, 75(1): 13- 18.
- [6] Nelson R F. Detecting forest canopy change due to insect activity using Landsat MSS [J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1983(49): 1303- 1314.
- [7] 范海生, 马蔼乃, 李京. 采用图像差值法提取土地利用变化信息方法[J]. 遥感学报, 2001, 5(1): 75- 80.
- [8] 杨胜, 李敏, 彭振国, 冯春. 一种新的多波段遥感影像变化检测方法[J]. 中国图象图形学报, 2009, 14(4): 572- 578.
- [9] 王桂婷, 王幼亮, 焦李成. 自适应空间邻域分析和瑞利- 高斯分布的多时相遥感影像变化检测[J]. 遥感学报, 2009, 13(4): 639- 646.
- [10] 刘亚玲, 潘志华, 范锦龙, 等. 阴山北麓地区植被覆盖动态时空分析[J]. 资源科学, 2005, 27(4): 168- 174.
- [11] 李琳. 北京郊区植被覆盖度变化动态遥感监测[D]. 北京林业大学, 2008.
- [12] 左伟, 王桥, 王文杰, 等. 区域生态安全评价指标与标准研究[J]. 地理学与国土研究, 2002, 18(1): 67- 71.
- [13] 左伟, 周慧珍, 王桥, 等. 区域生态安全综合评价与制图—以重庆市忠县为例[J]. 土壤学报, 2004, 4(2): 203- 209.
- [14] 马克明, 傅伯杰, 黎晓亚, 等. 区域生态安全格局: 概念与理论基础[J]. 生态学报, 2004, 24(4): 761- 768.
- [15] 李红鹰. 层次分析法在农业生态环境质量评价中的应用[J]. 环境保护, 2000(7): 30- 31.
- [16] 熊鹰. 湖南省生态安全综合评价研究[D]. 湖南: 湖南大学, 2008.
- [17] 韩培友. IDL 可视化分析与应用[M]. 西安: 西北工业大学出版社, 2006: 3.
- [18] 盖迎春, 冯敏, 郭建文, 等. IDL 与 .NET 环境通信机制研究[J]. 遥感技术与应用, 2005, 20(3): 350- 354.
- [19] 郭建文, 冯敏, 尚庆生, 等. IDL 在分布式 GIS 系统中的应用研究[J]. 计算机应用研究, 2007, 24(5): 220- 222.
- [20] 何川, 张友静, 余远见, 等. 基于 Web 和 IDL 的遥感信息提取系统开发[J]. 遥感技术与应用, 2009, 24(3): 405- 408.