

# 基于 GIS 的景观动态远程监控系统<sup>①</sup>

任晓芳<sup>1</sup>, 李桂珍<sup>2</sup>, 方霞<sup>1</sup>

<sup>1</sup>(新疆工程学院 计算机工程系, 乌鲁木齐 830052)

<sup>2</sup>(新疆农业职业技术学院 信息技术分院, 昌吉 831100)

**摘要:** 由于人类活动和地表运动使土地覆盖变化产生很大变化, 所以需要景观动态准确绘图来进行环境监测. 为此提出一种基于地理信息系统(GIS)的景观动态远程监测系统, 根据遥感图像的多时相遥感光谱和表面模型数据, 利用多时相决策树分类器和形态学图像处理技术, 实现对土地利用/覆盖变化(LUCC)的动态监测. 在 Landsat 5 TM 数据库中的本地图像上进行实验, 结果表明, 该方法能够达到 90.77% 的识别准确度, 且具有较低的计算时间, 能够很好的检测出植被分布(植物/植被恢复)、城区(城市化/拆迁)和地理形态特征(河流地貌变化/边坡失稳).

**关键词:** 景观监测; 地理信息系统; 土地利用/覆盖变化; 多时相决策树分类器; 形态学图像处理

## Dynamic Remote Monitoring System for Landscape Based on GIS

REN Xiao-Fang<sup>1</sup>, LI Gui-Zhen<sup>2</sup>, FANG Xia<sup>1</sup>

<sup>1</sup>(Xinjiang Institute of Engineering, Department of Computer Engineering, Urumqi 830052, China)

<sup>2</sup>(Xinjiang Agricultural Vocational Technical College, Changji 831100, China)

**Abstract:** Due to human activities and surface movement make a great change of land cover, it is necessary to carry out environmental monitoring of landscape dynamic and accurate mapping. A kind of landscape dynamic monitoring system based on geographic information system (GIS) is proposed. The multi-temporal decision tree classifier and morphological image processing technology are used for the system. It monitors the land use/cover change (LUCC) dynamically according to the spectrum and surface model data of remote sensing image. Experiment is conducted in local image in the Landsat 5 TM database. The results show that, this method can achieve 90.77% recognition accuracy, has lower computation time and can detect vegetation distribution (plant/Vegetation Restoration), city (city/demolition) and physical morphology (fluvial geomorphic change/slope instability).

**Key words:** environmental monitoring; geographic information system; land use/land coverage; multi-temporal decision tree classifier; morphological image processing

土地利用/覆被变化(Land Use/Land Coverage, LUCC)表示自然和人类活动对地球表面造成的影响<sup>[1]</sup>, 包括生物地球化学循环、土壤腐蚀、城镇化, 这些将成为未来影响环境的重要因素. 所以, 提供土地景观尺度 LUCC 的精确地图, 来表示自然灾害(滑坡、洪水)和社会经济(城市和自然资源规划)的潜在影响变得尤为重要<sup>[2]</sup>.

地理信息系统(Geographic Information System, GIS)

是一种融合地图学和遥感图的综合性系统, 能使广大用户能够容易地处理复杂多任务环境监控问题, 对描述 LUCC 的时空变化有巨大潜力<sup>[3]</sup>. 遥感图像变化检测方法可分成预分类和后分类技术<sup>[4]</sup>, 预分类技术侧重于使用如主成分分析和植被指数等算法, 直接针对多时相数据栈, 产生“变化”和“非变化”地图. 预分类方法能够很好的采集土地表面变化的时空轨迹, 但是不能提供有关自然变化本身的信息<sup>[5]</sup>. 后分类方法使

<sup>①</sup> 基金项目:新疆维吾尔自治区自然科学基金(2013211A031)

收稿时间:2015-07-22;收到修改稿时间:2015-09-17

用不同时间获得的图像, 并进行独立分类, 通过比较获得的单一图像分类来产生变化地图, 然而, 变化地图的准确度势必依赖于每个分类的准确度, 存在误差传播的问题<sup>[6]</sup>.

本文提出一种基于GIS的土地利用/覆被变化监测方法, 基于多时相和数字地表模型数据, 利用多时相决策树分类和形态学图像处理技术对图像进行分类和变化检测. 在Landsat 5 TM影像数据库中的本地图像上进行实验, 结果表明, 与传统后分类技术相比, 本文系统具有较高的性能和识别准确度, 且具有较低的计算时间, 能够很好的检测出植被分布(植物/植被恢复)、城区(城市化/拆迁)和地理形态特征(河流地貌变化/边坡失稳)的时空动态.

## 1 提出的方法

本文提出一种基于GIS的景观动态远程监测系统, 利用多时相/多源遥感数据和数字图像处理技术, 来监测土地利用/覆被变化. 土地利用/覆被变化(LUCC)侧重于遥感数据的时间变化, 通过辨别: 植被破坏(DV)、植被恢复(RV)、城市化(UB)、拆迁(DL)、滑坡(LS)和河床变迁(分别为ORV、NRB、新老河床). 并识别其它永久土地利用/覆被类别(LULC): 森林(FS)、灌木(SH)、草地(GS)、裸露土壤(BS)、建筑(BL)和永久水源(PW). 本文基于遥感图像处理的景观动态监测方法包括3个主要步骤:

(1) 数据预处理(DPP): 首先, 对遥感图像数据进行预处理, 对图像进行校正滤除环境干扰, 然后分别计算图像的归一化植被指数(NDVI)和归一化数字表面模型(nDSM), 以此作为基本特征, 并对此进行扩展, 派生出多种地貌特征;

(2) 多时相决策树分类(MTTDC\_CLASS): 将预处理过程获得的多项特征作为决策树分类器的输入, 并设定各种特征的分类阈值, 从而对遥感图像进行LUCC/LULC分类, 输出一个中间LUCC/LULC地图;

(3) 形态学图像分析(MTTDC\_MORPH): 为了提高分类精度, 利用形态学图像处理技术对决策树分类器获得的中间LUCC/LULC地图进一步处理, 去除孤立像素, 并对相邻近似像素进行聚合, 从而获得最终LUCC/LULC地图.

本文检测方法步骤如图1所示.

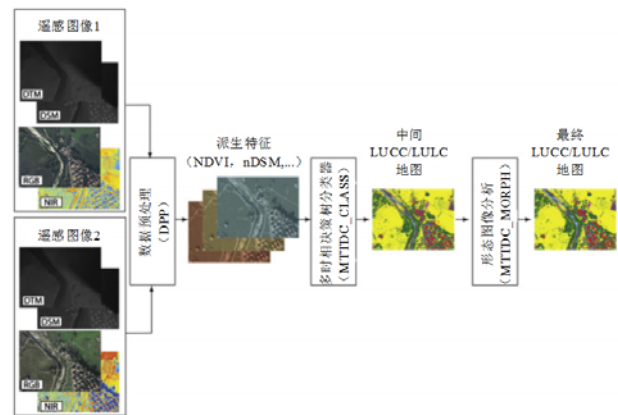


图1 本文遥感图像处理流程图

### 1.1 数据预处理(DPP)

由于地理相关的多光谱图像受到云、大气和太阳高度角等干扰, 所以, 本文先通过快速大气校正工具(ENVI QUAC)对图像进行校正<sup>[7]</sup>, 然后, 对可用多源遥感数据进行重采样, 对应到可用输入数据的常见空间分辨率. 在每个观察时间段, 根据遥感数据生成的归一化植被指数(NDVI)和归一化数字表面模型(nDSM)的结果数据集产生衍生特征, 用于分类.

NDVI能够在很大覆盖范围内相当精确地反映植被绿度、光合作用强度和植被代谢强度, 可用于监测植物生长、植被覆盖等应用, 是一种光谱波段线性组合:

$$NDVI_t = \frac{\rho_{NIR,t} - \rho_{RED,t}}{\rho_{NIR,t} + \rho_{RED,t}} \quad (1)$$

上式中,  $\rho_{NIR,t}$  和  $\rho_{RED,t}$  分别表示电磁光谱的近红外区域和红色区域,  $t$  表示采集时间( $t=1, 2$ ). 上式的输出值在-1至1范围内, 高NDVI值对应于绿色植被模式(例如, 森林、农田), 接近于零和负值的NDVI一般表示非植被特征(例如, 裸露的土壤、水、城市模式).

归一化数字表面模型(nDSM)广泛用于森林结构评估和建筑提取<sup>[8]</sup>, 并提供地平面上与物体高度相关的高度信息:

$$nDSM_t = DSM_t - DTM_t \quad (2)$$

其中数字表面模型(DSM)表示地球表面上的所有对象(如植物和建筑物之类), 而数字地形模型(DTM)表示裸露地表.

每个观察时间段产生七个附加层, 这些层以及推导这些层的相应数学公式列于表1. 表1中的特征是土





## 2 软件实现

本文在基于 ArcMap 工具<sup>[12]</sup>的图形用户接口(GUI)上注入 GIS 平台并运行本文系统,同时链接数字图像处理(ENVI IDL 程序)到遥感数据集,提供最终 LUCC/LULC 地图.以 in.sav 格式预编译 ENVI IDL 程序,并使用 IDL 虚拟机,此实用程序允许分发 IDL.sav 文件,而不需要 IDL 运行许可证.该软件包括两个主要程序:(1)分区处理模块和(2)用于地形分析的千公里区域细分可编程接口(KASPITA),软件架构如图 3 所示.

分区处理模块中,预定义分区大小,将图像的研究区域分为若干区域.其中,在 4 个相邻分区中设置附加重叠,以此减小边界影响.通过一个专用分区文件(.shp)来执行分区程序,通过分区来加快数据分析.

KASPITA 控制着输入/输出文件的分区管理,其是由 Visual Basic.NET 编写的图形用户接口(GUI),其初始化文件(KASPITA-par.xml)用于控制数据访问系统和遥感图像处理过程.在安装 KASPITA 到 GIS 工程后, ArcMap 库会自动激活一个专用工具栏,来访问软件功能和 KASPITA 导航. KASPITA 导航允许通过使用分区文件来同时选择一个或多个分区,以获得多时相数据,并执行数字图像处理过程(DPP, MTTDC\_CLASS 和 MTTDC\_MORPH).

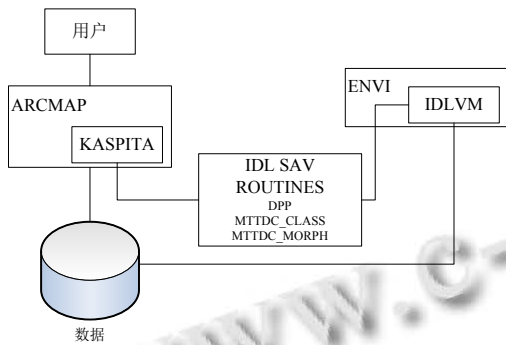


图 3 软件架构

## 3 实验结果及分析

### 3.1 数据收集

将本文系统应用到安徽省芜湖至铜陵段约 100 千米长江流域上,如图 4 所示.除了人类活动外,气候和岩性特征的巨变也会显著影响地表过程,导致覆盖模式的显著变化.土地覆盖时空变化的大量扩展和复杂性能够很好的评估 LUCC/LULC 检测方法的性能.



图 4 研究区域地图, 标签 A-H 表示采样区域

实验中,本文选用 2011 年的美国陆地卫星系列多光谱遥感影像(Landsat 5 TM)作为数据源.其中,高空间分辨率彩色红外数字图像数据有 4 个光谱波段:蓝色(430-490 纳米)、绿色(535-585 纳米)、红色(610-660 纳米)和近红外(NIR)波段(835-885 纳米).数据源中的高度传感器提供具有 1 米的空间分辨率和 0.2 米的垂直精度的数字地形模型(DTM)和数字表面模型(DSM).光谱和表面模型数据用于生成预测器特征.

本文将图像进行分区,分区大小为 1×1 千米,重叠区域为 20 米,众数过滤器内核大小为 3×3 米.通过实地调查和用于监测土地覆盖分类(LUCC/LULC)的多时相图像,来获得本文系统校准/验证所需的训练/测试区域,列于表 2.训练阶段产生的决策树和形态学操作的参数分别列于表 3 和 4.

表 2 本文系统各目标类的编码与对应的训练和测试像素数

目标	编码	训练集[#0.2-m pixel]	测试集[#0.2-m pixel]
LUCC			
城市化	UR	1742,335	1893,623
拆迁	DL	764,843	395,769
旧河床	ORB	1536,896	1791,294
新河床	NRB	274,675	235,940
植被破坏	DV	116,406	124,618
植被恢复	RV	196,523	18,526
滑坡	LS	553,478	583,529
LULC			
永久水源	PW	435,672	462,509
裸露地表	GS	305,842	274,869

草地	BS	14,579	11,458
灌木	SH	14,006	15,325
森林	FS	204,321	191,378
建筑物	BL	185,785	183,520

表3 本文多时相决策树分类器所用的阈值

阈值	值	测量单位
X1	0.45	[-]
X2	0.5	[米]
X3	2	[米]
X4	6	[米]
X5	0.25	[-]
X6	0	[-]
X7	3	[米]
X8	20	[度]
X9	40	[度]
X10	225	[米]

表4 本文中形态图像处理相关的参数集

目标	最小对象区域(过滤)[平方米]	连接内核(聚合)[米]
LUCC		
城市化	30	5
拆迁	30	5
旧河床	10	5
新河床	10	5
植被破坏	-	-
植被恢复	-	-
滑坡	-	-
LULC		
永久水源	10	5
裸露地表	-	-
草地	-	-
灌木	-	-
森林	-	3
建筑物	30	3

### 3.2 检测结果

本文在整体准确度(OA)方面评估本文系统的绘图性能,即正确分类的图像面积百分比,计算如下:

$$OA = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{n_{LC}} M_{ii} \quad (4)$$

上式中,  $M$  为一个混淆矩阵,行列分别为分类的LUCC/LULC和地面真实覆盖,  $n_{LC}$  为目标分类数,  $N$  为测试像素总数。

通过实验表明,本文系统中,由多时相决策树分类器产生的中间LUCC/LULC分类的图像具有87.34%

的分类精度,而经过形态学图像操作之后,最终LUCC/LULC结果能够达到90.77%的整体分类精度。其中,对于森林( $M(FS,FS)=99.55\%$ )、建筑物( $M(BL,BL)=100\%$ )、植被恢复( $M(RV,RV)=99.27\%$ )、植被破坏( $M(DV,DV)=96.98\%$ )、滑坡( $M(LS,LS)=99.97\%$ )、新河床( $M(NRB,NRB)=97.41\%$ )、城市化( $M(UB,UB)=100\%$ )和拆迁( $M(DL,DL)=100\%$ )表现出了非常高的准确度。针对灌木( $M(SH,SH)=72.94\%$ )、裸露地表( $M(BS,BS)=79.02\%$ )、永久水源( $M(PW,PW)=87.30\%$ )和老河床( $M(ORB,ORB)=62.04\%$ )表现出较低的准确度,针对特定土地覆盖(如  $M(SH,GS)=6.92$ 、 $M(GS,SH)=10.95$ 、 $M(BS,NRB)=12.13\%$ 、 $M(ORB,NRB)=6.51\%$ 、 $M(ORB,PW)=30.03$ )的分类精度较低。

将本文系统和标准分类技术进行对比,在Landsat 5 TM数据集上执行最大似然分类器<sup>[13]</sup>,鉴别六种不同类,包括:水、裸土、草、灌木、森林和建筑。这种方法没有考虑滑坡类,获得的LUCC/LULC地图具有85.12%的整体精度,比本文系统低。此外,本文多时相决策树分类器(MTTDC\_CLASS)比基于最大似然分类器的单图像分类技术具有较低的计算时间(CT)。

获得的由自然和人为引起地表变化相关的LUCC/LULC地图如图5-8所示:城市规划(A, B)、农业和森林(C, D)、河流动力(E, F)和边坡失稳(G, H)。

城市规划。本文系统显示了采集建筑物和道路的良好性能,即便在具有阴影区域和花园的复杂市区中。图5显示了城市化的两个示例,图5A中识别出了新建的建筑,图5B中可以容易地识别出由于拆迁导致的地表变化,其中植被破坏现场的工作区域清晰可见。所以本文系统可以应用于城市规划和发现违章建筑。

农业和森林。图6中,本文系统正确的识别出了草地、混合林模式,包括阔叶和针叶植被类型,以及孤立单一树木,如橄榄。所以,本文系统能够良好的采集植被破坏和植被恢复情况,可用作耕地管理。

河流动力。图7显示了具有沉积和侵蚀过程的河床演变。河流动力的可靠快速监测可以为河岸稳定性、水面和河岸植被之间相互作用提供有用信息。

边坡失稳。图8显示了岩层边坡发生了大量移动。本文系统能够显示存在潜在风险的初步滑坡映射,给出了不稳定区域,并可触发其它监测,如干涉测量技术或地面调查,重点危险地区。



图 5 城市规划检测示例

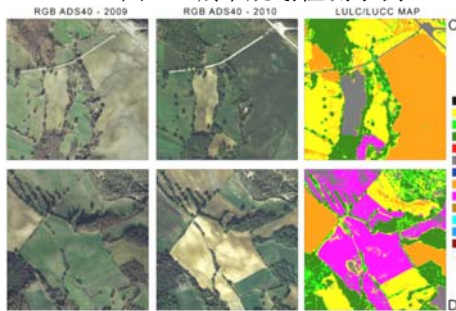


图 6 农业和森林检测示例

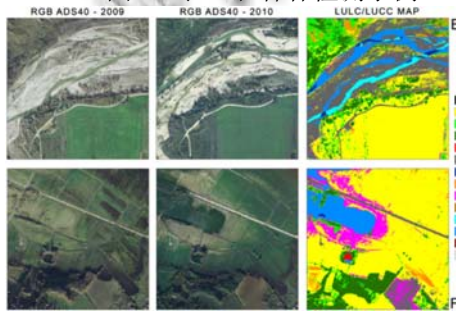


图 7 河流动力检测示例

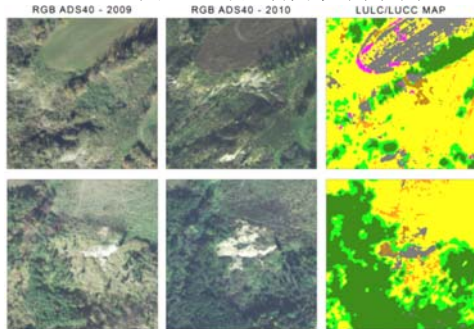


图 8 滑坡的检测示例

#### 4 结语

本文提出了一种基于 GIS 的动态监控系统, 通过量化多时相和数字表面模型数据的时间变化, 来检测 LULC/LUCC, 生成自然和人类引起的土地景观变化的 GIS 地图。与传统用于变化检测分析的后分类技术相比, 本文系统具有较高的性能和识别准确度, 且具有较低的计算时间。使用 Landsat 5 TM 数据库进行测试, 实验结果表明, 提出的方法适用于采集植被分布(植物/植被恢复)、城区(城市化/拆迁)和地理形态特征(河流地貌变化/边坡失稳)的时空动态, 还能够鉴别永

久覆盖, 如草、灌木、森林、裸土、建筑和水。

由于本文监控系统的分类性能依赖于输入图像的质量和决策树阈值的选择。其中, 输入图像的质量取决于卫星设备, 暂时无法改变。所以在未来工作中, 从决策阈值的选择着手, 实现更灵活的训练程序, 使其能够选择出最优的阈值, 并尝试减少特征维数, 进一步简化训练和决策过程。

#### 参考文献

- 周杨,周廷刚,冯冲.基于 RS 和 GIS 的 LUCC 研究—以重庆市万州区为例.长江科学院院报,2012,29(5):67-71.
- 许珊,邹滨,蒲强,等.土地利用/覆盖的空气污染效应分析.地球信息科学学报,2015,17(3):290-299.
- 杨静,庄家尧,张金池.基于 RS 和 GIS 的徐州市 20 年间土地利用变化研究.南京林业大学学报:自然科学版,2013, 37(2): 85-91.
- Zhao L, Ren X, Liu J. Land use change in Tianjin from 2000 to 2010 based on GIS. ICCREM 2014@Smart Construction and Management in the Context of New Technology. ASCE. 2014.
- Bose ASC, Giridhar MVSS, Viswanadh GK. GIS-based fully distributed rainfall-runoff model for suggesting alternate land use patterns. World Environmental and Water Resources Congress 2013@Showcasing the Future. ASCE. 2014.
- Yuan L, Gong W, Dang Y, et al. Study on ecological risk of land use in Urbanization watershed based on RS and GIS: A case study of Songhua river watershed in Harbin section. Asian Agricultural Research, 2013, 28(20): 255-261.
- 吴岩真,闻建光,王佐成,等.遥感影像地形与大气校正系统设计及实现.遥感技术与应用,2015,30(1):135-139.
- Sailo RL, Lallianthanga RK. A remote sensing & GIS approach for land use planning in Champhai district, Mizoram, India. International Journal of Engineering Sciences & Research Technology, 2013, 1(11): 54-62.
- 刘建光,李红,孙丹峰,等.MODIS 土地利用/覆被多时相多光谱决策树分类.农业工程学报,2010,26(10):312-318.
- 田苗,王鹏新,严泰来,等.Kappa 系数的修正及在干旱预测精度及一致性评价中的应用.农业工程学报,2012, 28(24): 1-7.
- 王瀛,梁楠,郭雷.一种基于修正扩展形态学算子的高光谱遥感图像端元提取算法.光子学报,2012,41(6):672-676.
- Feng L, Du P. Dynamic change analysis of urban sprawl based on remote sensing and GIS — A case study of Jiangning, Nanjing, China. 2013 Joint Urban Remote Sensing Event (JURSE). IEEE. 2013. 194 - 197.
- Wang H, Zhao H, Li W. Land-use classification of Zhanghe river basin using the maximum likelihood and decision tree method. 2014 11th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD). IEEE. 2014. 322 - 327.