

# 基于光谱特征的决策树分类方法研究

——以昆明市东北部地区为例

单 捷,岳彩荣\*

(西南林学院 云南省高校林业 3S 技术工程研究中心,云南 昆明 650224)

**摘 要:**以昆明市东北部地区的 TM 影像为材料,通过分析主要地物的光谱特征,进行波段间的相互运算,建立相应的决策树模型,对地物进行分类,并对分类结果进行精度评价。结果表明:决策树分类法的总体精度为 77.0%,比传统的分类方法如最大似然法提高了 6.3%,能有效地提高影像的分类精度。

**关键词:**遥感;决策树;光谱特征;土地利用/覆盖;分类

**中图分类号:**TP 79      **文献标志码:**A      **文章编号:**1001-7461(2010)06-0222-05

## Spectral Feature Based Classification of Decision Tree ——A Case Study in the Northeast of Kunming

SHAN Jie, YUE Cai-rong

(Technology Engineering Forestry Research Center of 3S Forestry in Yunnan Higher Education Institutions,  
Southwest Forestry University, Kunming, Yunnan 650224, China)

**Abstract:** Decision tree classification is simple, flexible, clear and effective. It has tremendous advantages in the filed of remote sensing classification. Taking the northeast of Kunming as a study area, the decision tree model for classifying land use/land covers based on TM was established by analyzing the spectral feature of the major landover types and exploring spectral unique character with constructing several indices from original TM bands. The results of classification were checked by statistical confusion matrix accuracy assessment. The study showed that overall accuracy of decision tree classification was 77.0%, about 6.3% higher than that by maximum likelihood classification. Decision tree classification can effectively improve accuracy of land cover classification.

**Key words:** remote sensing; decision tree; spectrum feature; land use/cover; classification

在遥感技术的研究中,通过遥感影像识别各种目标是遥感技术发展的重要环节<sup>[1]</sup>,随着计算机技术的发展,计算机识别自动分类已经成为遥感应用的重要组成部分,也是当前遥感发展的前沿<sup>[2]</sup>。

20 世纪 80 年代,数据挖掘与知识发现(Data mining and knowledge discovery)技术的出现为分类提供了一种新的手段。空间数据挖掘的方法较多,其中决策树分类法是数据挖掘中获取分类规则的主要方法之一<sup>[3]</sup>。

决策树分类法具有非参数的特点,采用以实例为基础的归纳算法,在确定训练集之后,完全依赖数

据本身来学习,以类似于流程图的树状结构表示数据挖掘结果,揭示了各类别之间的非线性关系和等级关系,结构明确且容易解释<sup>[4]</sup>。决策树分类法还可以处理噪声数据,尤其能自动选取特征,故用于遥感分类具有很大的优势<sup>[5]</sup>,是目前分类精度相对较高的一种遥感影像分类算法<sup>[6]</sup>。

近年来,国内外的研究人员利用决策树分类法对遥感影像分类进行了大量的研究。Hanson 等<sup>[7]</sup>利用 NOAA /AVHRR 全球数据进行了决策树法与最大似然法的土地覆盖分类,结果表明决策树法的分类精度高于最大似然法;Muchoney 等<sup>[8]</sup>分别

收稿日期:2009-12-22 修回日期:2010-03-02

基金项目:西南林学院重点基金项目(200503Z);西南林学院森林经理学国家林业局重点学科(XKZ200901)

作者简介:单捷,女,硕士研究生,主要从事资源环境遥感研究。

\* 通讯作者:岳彩荣,男,博士,教授,主要从事遥感与地理信息系统的教学与应用研究。

利用决策树、神经网络、最大似然法对美国中部地区进行了土地覆盖分类研究,结果显示决策树法的分类精度最高;Franklin 等<sup>[9]</sup>利用遥感数据、DEM 和 GIS 数据,采用决策树法对 Alberta 地区的灰熊栖息地进行分类制图,得到了 80% 的分类精度。

在国内,研究人员对决策树分类法也进行了大量研究。如通过对居民地及其背景地物的光谱特征分析,建立了基于光谱特征和形状特征的简单决策树模型来自动提取居民地,分类精度高于最大似然法<sup>[10]</sup>;以 TM 的 7 个波段影像为数据源,采用决策树分类法对北京市土地覆盖现状进行研究,分类精度达 93.3%<sup>[11]</sup>;利用 CART 算法与 C4.5 算法对 MODIS 影像进行了土地覆盖决策树分类试验与分析,并引入了 boosting 和 bagging 2 种分类新技术,使分类精度明显提高<sup>[12]</sup>;利用 CART 算法集成光谱特征、纹理特征和地学辅助数据建立提取湿地信息的决策树模型,分类精度较最大似然法明显提高<sup>[3]</sup>。

## 1 数据来源与预处理

采用 2005 年 12 月的 TM 影像为数据源,空间分辨率为 30 m,在经过几何校正与辐射校正之后,从中切取大小为 719(列)×711(行)的图像为研究区域,将 TM 影像的 5、4、3 波段分别赋予红、绿、蓝色,以获得近似自然彩色的合成图像,便于提高图像的直观目视效果,以提高解译精度。

## 2 决策树算法原理

决策树分类法是多元统计分类中的一种方法,是一个类似于流程图的树状结构。利用树结构原则,按一定的分割原则把数据分为特征更为均质的子集,这些子集在数据结构中称为节点(图 1)。其基本思想是利用一组自变量来预测每个样本最可能对应的类型即因变量<sup>[11]</sup>。比较成熟的决策树构建方法是 Quinlan 提出的 ID3、C4.5、C5.0 系列, CART、SLIQ、SPRINT 和 CHAID 等。

图 1 决策树示意图  
Fig. 1 Sketch map of decision tree

通过分析研究区内主要地物的光谱特征及进行波段间的相互运算,建立决策树模型,从而对地物进行分类。

## 3 决策树分类试验

根据中华人民共和国质量监督检验检疫总局和中国国家标准化管理委员会于 2007 年 8 月联合发布《土地利用现状分类》以及昆明市东北部地区特有的情况,将该地区的土地类型划分为水体、植被、裸地、城镇用地、工矿用地和阴影等,共 6 类。

### 3.1 光谱特征分析

TM 图像中不同波段反映了不同地物在该波段内的反射辐射特性,由于 TM6 是热红外波段且空间分辨率与另外 6 个波段不同,所以采用 TM1、TM2、TM3、TM4、TM5 和 TM7 波段作为分析数据。

在对土地利用先验知识的基础上,确定 6 种地物的目视判读标志,先根据目视判读标志和样本选取原则对各类地物选择样本,然后对每一类地物样本在各个波段上的光谱亮度值进行统计,最后用地物样本的各波段光谱均值做出光谱响应曲线(图 2)。

图 2 典型地物光谱响应曲线

Fig. 2 Spectrum response curves of typical objects

由图 2 看出,典型地物间亮度值关系如下:

在 TM1 上,工矿用地>城镇用地>裸地>水体>植被>阴影,裸地、植被和水体三者容易混淆。

在 TM2 上,工矿用地>城镇用地>裸地>植被>水体>阴影,裸地、植被和水体三者,容易混淆。

在 TM3,工矿用地>城镇用地>裸地>植被>水体>阴影,植被、水体和阴影三者容易混淆。

在 TM4 上,工矿用地>植被>裸地>城镇用地>水体>阴影,裸地与城镇用地、水体与阴影容易混淆。

在 TM5 上,工矿用地>裸地>城镇用地>植被>阴影>水体,城镇用地与植被、水体与阴影容易混淆。

在 TM7 上,工矿用地>裸地>城镇用地>植被>阴影>水体,裸地与城镇用地、水体与阴影容易混淆。

因此,仅仅依靠地物在各波段的光谱值无法区分每类地物,还要对地物的光谱值进行波段间的运

算,才能准确地进行分类。

### 3.2 植被的提取

NDVI 指数是用来反映绿色植物生长状况和分布的特征指数,它利用植被在近红外波段的光谱亮度值大于红光波段的特点,从而较为容易地把植被提取出来,公式如下:

$$NDVI=(NIR-R)/(NIR+R) \tag{1}$$

其中: $NIR$  为近红外波段,即  $TM$  的第四波段; $R$  为红光波段,即  $TM$  的第三波段。应用公式(1) 在 ENVI4.7 中进行归一化植被指数计算,运用最大类间方差法确定阈值提取植被。由图 2 看出,裸地在近红外波段的光谱亮度值也大于红光波段,所以经过反复试验,最后确定阈值为 0.1,即  $NDVI>0.1$  的像元被归属为植被,经过与原始影像对比可以看出,植被基本上都被提取,同时排除了裸地的干扰。

### 3.3 水体和阴影的提取

Mcfeeters<sup>[13]</sup> 提出了归一化差异水体指数( $NDWI$ ),其公式如下:

$$NDWI=(Green-NIR)/(Green+NIR) \tag{2}$$

式中: $Green$  为绿光波段, $NIR$  为近红外波段, $TM$  影像中,分别为第二波段和第四波段。

然而,Mcfeeter 在构建  $NDWI$  指数时,只考虑了植被因素,却忽略了建筑物的影响。由图 2 可以看出,如果用  $NDWI$  来提取水体时,城镇用地也会被提取出来。通过对图 2 分析发现,水体在中红外波段的光谱亮度值继续走低,而城镇用地则相反,所以用改进归一化差异水体指数—— $MNDWI$ ,即 Modified  $NDWI$  指数<sup>[14]</sup> 来提取水体,公式如下:

$$MNDWI=(Green-MIR)/(Green+MIR) \tag{3}$$

式中: $MIR$  为中红外波段,即  $TM$  的第五波段。运用  $MNDWI$  指数可以使水体和建筑物的反差明显增强,降低二者的混淆度,有利于水体的准确提取。

由于研究区域大部分都是山体,存在阴影现象,而阴影在影像上呈现出和水体相似的暗色调,造成提取的水体中含有大量的阴影。所以,在提取植被的基础上,采用  $MNDWI$  先将水体和阴影一同提取出,之后再对二者分别进行提取。经过试验,阈值设为 0.05,即  $MNDWI>0.05$  的像元为水体和阴影。通过与原始影像的比较,水体基本上都被提取,阴影还有一部分没有被提取。

### 3.4 区分提取水体和阴影

水体在  $TM3$  和  $TM4$  的光谱差值明显大于阴影在这 2 个波段上的差值,根据这一特点可以将水体与阴影区分开。通过对比样本中水体和阴影在  $TM3$  和  $TM4$  上各自光谱的最大值和最小值,经过

试验,将  $(TM3-TM4)>5$  像元归属为水体,通过对比原始影像可以看出区分出的阴影是正确的。

### 3.5 丢失阴影的提取

查勇等<sup>[15]</sup> 根据  $NDVI$  的特点,提出归一化建筑指数法,提取城镇建筑覆盖区专题信息,公式如下:

$$NDBI=(MIR-NIR)/(MIR+NIR) \tag{4}$$

式中: $MIR$ 、 $NIR$  分别指  $TM$  的第五和第四波段, $NDBI$  取值为  $-1\sim1$ 。

在  $TM4$  与  $TM5$  波段之间,除了城镇光谱值较高外,其他变小,因此  $NDBI>0$  的像元为城镇。

由图 2 可知,除了城镇用地像元的亮度值符合  $TM5>TM4$ ,工矿用地、裸地也符合该特征,即城镇、工矿用地和裸地三者颜色都较浅,无法区分,所以在本研究中  $NDBI$  不能用来提取城镇用地。

在用  $MNDWI$  同时提取水体和阴影时,有部分阴影没有被提取出,于是这部分阴影便与工矿用地、裸地混在一起,而阴影的光谱值并不符合  $TM5>TM4$ ,所以可以利用这一区别提取剩余的阴影,即  $NDBI<0$  的像元归属为阴影。

### 3.6 工矿用地的提取

工矿用地的光谱值在各个波段上较其他地物都高出很多,尤其是  $TM5$  和  $TM7$ ,所以可以利用这一特点区分该地类。通过反复试验,确定的阈值为  $TM2>30$ , $TM5>90$ , $TM7>50$ 。

### 3.7 裸地和城镇用地的提取

通过对归一化植被指数图的分析发现, $NDVI$  不仅可以很好的提取植被,也可以提取裸地和城镇。

在归一化植被指数图上,裸地的颜色为灰色或暗灰色,而城镇用地的颜色更深。经反复试验,将阈值定为  $-0.035<NDVI\leq0.1$  来提取裸地,剩下的像元即为城镇用地。

图 3 和图 4 为最终形成的决策树模型和分类结果。

## 4 分类精度评价

混淆矩阵方法是目前普遍采用的遥感影像分类精度的定量评价方法。为了对决策树分类法的分类结果进行精度评价,分别从分类结果中的各类地物中等量随机选取了 50 个样本,共 300 个样本。通过野外实地调查对样本进行验证,在无法到达的地区则采用同时期的高分辨影像进行检验,建立混淆矩阵,计算总体精度、Kappa 系数、制图精度、用户精度、漏分误差和错分误差,并与最大似然法的分类结果(图 5)进行比较(表 1、表 2)。决策树分类法的总体精度为 77.00%,Kappa 系数为 0.742;最大似然法的总体精度为 70.67%,Kappa 系数为 0.648,决

策树分类法比最大似然法的总体精度提高了 6.33%,Kappa 系数提高了 0.086。



图 3  决策树模型  
Fig. 3  Decision tree model



图 4  基于决策树法的土地利用/土地覆盖分类图  
Fig. 4  Classification map of landuse/land covers based on decision tree classification

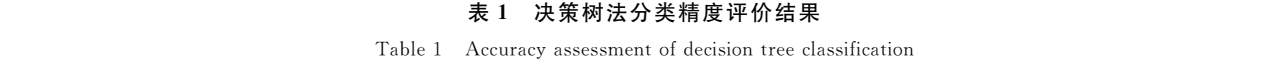


图 5  基于最大似然法的土地利用/土地覆盖分类图  
Fig. 5  Classification map of landuse/land covers based on maximum likelihood classification

表 1  决策树法分类精度评价结果									
Table 1  Accuracy assessment of decision tree classification									
参考图	分类图							制图精度/%	漏分误差/%
	植被	水体	阴影	工矿用地	裸地	城镇用地	总和		
植被	47	0	3	0	9	0	59	79.66	22.10
水体	0	42	8	0	0	0	50	84.00	16.00
阴影	0	8	38	0	2	2	70	54.29	45.71
工矿用地	0	0	0	38	0	5	43	88.37	11.63
裸地	3	0	0	3	30	7	43	69.77	30.23
城镇用地	0	0	1	9	9	36	55	65.45	34.55
总和	50	50	50	50	50	50	300		
用户精度/%	94	84	76	74	60	72			
错分误差/%	6	16	24	26	40	28			

5  结论与讨论

决策树分类法可以较好地提取目标信息,其总体精度和 Kappa 系数皆高于最大似然法。

由于所采用的决策树分类法仅是基于影像的光谱特征及其波段间的相互运算,并没有加入其他的

分类特征,所以导致决策树分类法在部分地物上的提取精度低于最大似然法,如阴影。阴坡在近红外和中红外波段的反射能量特别低,使它们在影像上呈现出和水体相似的明显的暗色调,导致用决策树分类法提取阴影时的错分误差明显高于最大似然法。

若在以后的决策树分类模型中加入如纹理特征、形状指数、高程、坡度等更多的分类特征,则决策树分类法的优势将会更加明显,分类精度会更高。

表 2 最大似然法分类精度评价结果

Table 2 Accuracy assessment of maximum likelihood classification

参考图	分类图								
	植被	水体	阴影	工矿用地	裸地	城镇用地	总和	制图精度/%	漏分误差/%
植被	45	0	0	2	12	0	59	76.27	23.73
水体	0	47	6	0	0	10	63	74.60	25.40
阴影	4	3	43	0	2	0	50	86.00	14.00
工矿用地	0	0	0	22	2	6	30	73.33	26.67
裸地	1	0	0	10	25	4	39	64.10	35.90
城镇用地	0	0	1	16	11	30	58	57.12	42.88
总和	50	50	50	50	50	50	300		
用户精度/%	90	94	86	44	50	60			
错分误差/%	10	6	14	56	50	28			

参考文献:

[1] 汤国安,张顺友,刘咏梅,等. 遥感数字图像处理[M]. 北京:科学出版社,2004.

[2] 张仁华. 实验遥感模型及地面基础[M]. 北京:科学出版社,1996.

[3] 那晓东,张树清,孔 博,等. 基于决策树方法的淡水沼泽湿地信息提取——以三江平原东北部为例[J]. 遥感技术与应用, 2008,23(4):366-372.  
NA X D, ZHANG S Q, KONG B, *et al.* The extraction of freshwater marsh wetland information based on decision tree algorithm——A case study in the northeast of the Sanjiang Plain [J]. Remote Sensing Technology and Application, 2008, 23(4):366-372.

[4] YOAV F, ROBERT E S. A decision-theoretic generalization of on-line learning and an application to boosting [J]. Journal of Computer and System Sciences, 1997, 55 (1): 119-139.

[5] CLARK L A, PREGIBON D. Tree-based models [A]// HASTIE T J. Statistical models [M]. Wadsworth, Pacific Grove, California, USA. 1992.

[6] 霍艾迪,王国梁,李 倩,等. 基于 MODIS 影像数据的陕北黄土高原植被区划研究[J]. 西北林学院学报,2009,24(4):32-36.  
HUO A D, WANG G L, LI Q, *et al.* Vegetation division of Loess Plateau in northern Shaanxi [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2009, 24(4):32-36.

[7] HANSON M C, DUBAYAH R, DEFRIES R S. Classification trees: an alternative to traditional land cover classifiers [J]. INT. J. Remote Sensing, 1996, 17: 1075-1081.

[8] MUCHONEY D, BORAK J, BORAK H C, *et al.* Application of the modis global supervised classification to vegetation and land cover mapping of central America [ J ]. IN T. J. Remote Sensing, 2000, 21: 1115-11381.

[9] FRANKLIN S E, STENHOUSE G B, HANSEN M J, *et al.* An integrated decision tree approach (IDTA) to mapping land-cover using satellite remote sensing in support of grizzly bear habitat analysis in the Alberta yellow head ecosystem [J]. Canadian Journal of Remote Sensing, 2001,27:579-592.

[10] 赵 萍,冯学智,林广发. SPOT 卫星影像居民地信息自动提取的决策树方法研究[J]. 遥感学报,2003,7 (4):309-315.  
ZHAO P, FENG X Z, LIN G F. The decision tree algorithm of automatically extracting residential information from SPOT images [J]. Journal of Remote Sensing, 2003, 7 (4):309-315.

[11] 李 彤,吴 骅. 采用决策树分类技术对北京市土地覆盖现状进行研究[J]. 遥感技术与应用,2004,19(6):486-487.  
LI T, WU H. Application of decision tree classification to Peking land cover [J]. Journal of Remote Sensing, 2004, 19 (6):486-487.

[12] 刘勇洪,牛 铮,王长耀. 基于 MODIS 数据的决策树分类方法研究与应用[J]. 遥感学报,2005,9(7):405-412.  
LIU Y H, NIU Z, WANG C Y. Research and application of the decision tree classification using modis data [J]. Journal of Remote Sensing, 2005, 9(7):405-412.

[13] MCFEETERS S K. The use of normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features [J]. International Journal of Remote Sensing, 1996, 17 (7):1425-1432.

[14] 徐涵秋. 利用改进的归一化差异水体指数(MNDWI)提取水体信息的研究[J]. 遥感学报,2005,9(5):590-595.  
XU H Q. A study on information extraction of water body with the modified normalized difference water index (MNDWI) [J]. Journal of Remote Sensing, 2005, 9(5):590-595.

[15] 查 勇,倪绍祥,杨 山. 一种利用 TM 图像自动提取城镇用地信息的有效方法[J]. 遥感学报,2003,7(1):37-40.  
ZHA Y, NI S X, YANG S. An effective approach to automatically extract urban land-use from TM imagery [J]. Journal of Remote Sensing, 2003, 7(1):37-40.