

多伦县土地利用遥感信息提取技术

吴 见，彭道黎

(北京林业大学 省部共建森林培育与保护教育部重点实验室, 北京 100083)

摘要：针对北方农牧交错地区地表异质性和破碎化强烈、地物光谱特征混杂严重、土地利用/覆被遥感信息提取对目视解译依赖程度高的特点，以内蒙古多伦县为研究区，尝试将基于知识的遥感信息提取技术应用于该地区。通过地物光谱特征的深入分析，用线性光谱混合分解模型将主要地物覆被类型分离，并建立多个专题信息模型，依据经验知识建立了各用地类型提取规则，对多伦县土地利用信息进行了计算机自动提取，并与单一的监督分类法提取的结果进行了对比。结果表明，运用遥感信息提取技术提取的面积精度达 93.8%，抽样点评价精度为 87.7%；单纯使用监督分类法提取的面积精度为 71.1%，抽样点评价精度为 59.5%。可见，遥感信息提取技术较单一的监督分类法效果好很多，实现了多伦县土地利用遥感信息高精度分层次快速提取。图 4 表 3 参 20

关键词：土地资源管理；遥感；专家知识；光谱混合分析；多伦县

中图分类号：S758 文献标志码：A 文章编号：1000-5692(2010)03-0417-07

Technology of land use remote sensing information extraction in Duolun County

WU Jian, PENG Dao-li

(The Key Laboratory for Silviculture and Conservation of Ministry of Education, Beijing Forestry University,
Beijing 100083, China)

Abstract: The heterogeneity and fragmentation of land were serious and the spectrum was complicated in northern farming-pastoral regions, so the land use and cover classification research was highly dependent on visual interpretation. Duolun County was selected as a test area and the knowledge-based remote sensing information-extracting technology was applied to this area. The main cover types were decomposed by linear spectral mixture model. And a number of thematic information models were set up by the analysis of spectrum. The extraction rules of all cover types were set up based on empirical knowledge, and then the land use information of Duolun was extracted automatically on a computer. The results showed that the area precision by this method was 93.8% and the sampling point precision was 87.7%. The corresponding results of supervised classification were 71.1% and 59.5%. It was proved that the method was more effective than supervised classification and could realize the fast extraction of remote sensing information with high precision and multiple tiers. [Ch, 4 fig. 3 tab. 20 ref.]

Key words: land resource management; remote sensing; expert knowledge; spectral mixture analysis;
Duolun County

土地利用/土地覆被是目前全球环境变化研究领域的核心研究内容之一^[1]。遥感监测具有宏观、快速、动态等特点，它在土地利用/土地覆被信息获取方面发挥着越来越重要的作用。特别是对国家或

收稿日期：2009-06-17；修回日期：2009-10-09

基金项目：“十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAD23B05)

作者简介：吴见，从事森林监测评价等研究。E-mail: xiangfeidewujian@126.com。通信作者：彭道黎，教授，博士生导师，从事森林环境监测与评价等研究。E-mail: dlpeng@bjfu.edu.cn

区域尺度,遥感监测已成为有效的获取土地覆被信息的技术手段^[2-3]。基于遥感技术的土地利用调查,关键技术之一是图像分类处理方法。监督和非监督分类错分现象相对比较严重^[4-5]。人工目视解译^[6-9]判识准确率虽然有所提高,但该方法解译效率相对较低。针对完全自动分类难以达到精度要求,单靠人工分类解译效率较低的局限性,很多学者对遥感图像分类方法做了大量的探索研究^[10-11],其中一个重要方向是在计算机自动分类中融入专家知识,大量研究表明该方法能有效地提高专题信息提取精度^[12-14]。多伦县位于内蒙古锡林郭勒盟东南端,是典型的农牧交错地带,土地结构类型独特。该区地物类型复杂多样,土壤沙化程度高,部分土壤盐渍化,耕地质量差,且耕地、草地、林地、沙地等交叉分布严重,各地类光谱特征混杂。程博等^[15]、邝生爱等^[16]均采用目视解译法对多伦县土地利用遥感信息进行了提取,对于计算机自动分类方法提取该区土地利用信息的研究还处于探索阶段。在半个多世纪的开发建设中,该区土地利用情况不清,更无完整科学的土地资源数据。可以看出,对于多伦县这一地物光谱特征混杂严重的地区,积极探索快速准确的土地利用/覆被遥感信息提取方法是有重要现实意义的。针对该区地物遥感信息提取的特点和难点,本研究尝试将基于知识的遥感信息提取技术应用于该地区,并建立多个专题信息模型,依据经验知识建立了各用地类型提取规则,实现了较高精度的多伦县土地利用遥感信息分层次快速提取。旨在探索快速提取多伦县土地利用遥感信息的新方法,同时为其他光谱特征混杂的农牧交错地区遥感信息提取提供参考。

1 研究区概况

多伦县位于内蒙古自治区锡林郭勒盟东南端,地理坐标为 $41^{\circ}45' \sim 42^{\circ}35'N$, $115^{\circ}50' \sim 116^{\circ}55'E$,海拔为 $1\,150 \sim 1\,800\text{ m}$,总面积为 $3\,869.94\text{ km}^2$ 。年平均气温为 $0.9 \sim 1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,无霜期为 100 d 左右,年平均降水量为 400 mm 左右,蒸发量为 $1\,748\text{ mm}$,气候主要受蒙古南下的冷高压影响,风速高,风力大,气候高寒,冬季漫长,无明显夏季,植被覆盖时间短。多伦县属农牧交错的生态脆弱区,也是潜在沙漠化的干草原。

2 数据选择及预处理

选取2000年5月23日的专题制图仪(TM)遥感数据,太阳高度角为 62.1° ,太阳方位角为 135.2° ,研究区内无云,图像质量好。在影像上均匀选取17个控制点,利用 $1:5$ 万地形图对影像进行了几何校正。校正后的图像像元均方根误差为0.3个像元,满足精度要求,并对校正好的原始图像进行反射率转换。同时收集了研究区的行政区划图、2000年土地利用现状图及同期地面调查资料等。

3 土地利用分类体系

依据全国农业区划委员会《土地利用现状调查技术规程》分类标准,结合多伦地区土地利用和遥感技术特点,建立了农牧交错带的土地利用分类体系。将多伦县土地分为2级:第1级为8类;第2级为26类。实际情况表明,天然牧草地和沙地都可再细分,因此,增加了第3级类,将2级类的天然牧草地在第3级划分为天然牧草地和退化天然牧草地,将2级类的沙地在第3级划分为现代沙地(全裸沙地)、活化沙地(原覆盖植被的沙地又被激化成沙地)和绿化沙地(沙地重新覆盖部分植被,向绿化方向转化,但还是沙地)。土地

表1 多伦县土地分类体系(部分)

Table 1 Land classification system for Duolun County

一级类	二级类	三级类	代号
耕地	旱地		14
	水浇地		13
	有林地		31
林地	灌木林地		32
	疏林地		33
		天然牧草地	411
牧草地	天然牧草地	退化天然牧草地	412
		沼泽地	83
		现代沙地	841
未利用土地	沙地	活化沙地	842
		绿化沙地	843
		裸岩地	86

分类体系见表 1。

4 土地利用遥感信息提取技术

4.1 地物光谱特征分析

本研究实地考察地物光谱特征, 进行样点定位并与遥感影像参数统计相结合, 在各典型地类选取样点进行监测, 各类别 TM 波段的样本灰度均值光谱曲线见图 1。

从地物光谱曲线可以看出, 各地类光谱特征混淆严重。在原始反射率图像上直接靠各波段组合信息及植被指数阈值区分各种地类时, 不同地类间干扰严重, 很难满足要求。但分析可知, 若能将各种主要地物覆盖类型先分离开, 再利用各波段组合信息解译低层次的小地类还是可行的。例如天然牧草地、林地和沼泽地等以植被为主的地类, 可用 $\rho_1 + \rho_2 + \rho_3$ 分离 (ρ 为反射率); 水体在 ρ_3 和 ρ_4 波段差别较其他地物大, 用归一化植被指数 (I) 可以提取研究区的水体等。

4.2 植被指数信息提取

对 TM 反射率图像进行植被指数变换, 得到植被指数图像, 主要用于提取水体, 并可辅助提取其他地类。转换公式为: $I = (\rho_4 - \rho_3)/(\rho_4 + \rho_3)$ 。

4.3 线性光谱混合分解模型

经多种尝试, 发现线性光谱混合分解模型(LSMM)^[17]能区分各种主要地物覆盖类型, 很好地解决了混合像元问题。本研究采用全受限的 LSMM 来进行分析, 公式为:

$$\begin{aligned} \rho_{i,j,k} &= \sum_{m=1,p} F_{i,j,m} \rho_{m,k} + e_{i,j,k}, \\ \sum_{m=1,p} F_{i,j,m} &= 1, \quad 0 \leq F_{i,j,m} \leq 1. \end{aligned}$$

其中, $\rho_{i,j,k}$ 是 i 行 j 列像元在 k 波段的反射率, $F_{i,j,m}$ 是基本组分 m 在 i 行 j 列像元中所占分量值, $\rho_{m,k}$ 是基本组分 m 在 k 波段的反射率, $e_{i,j,k}$ 为 k 波段 i 行 j 列像元的误差值。应用该模型的关键是尽可能减少模型中每个像元的误差, 即使均方根误差(R)最小化, 公式为: $R = [\sum (e_{i,j,k})^2/N]^{1/2}$ 其中, N 为像元总数。

成功进行光谱混合分析的关键是适当选取基本组分, 包括基本组分数目及相应光谱特征的确定^[18]。本研究选择从影像上直接提取基本组分。为了消除原始影像各波段之间的高相关性以及压缩数据维数, 以便进行基本组分的选取。本研究对原始 TM 影像进行了噪声白化变换(MNF)^[19-20]。另外, 为了使选取的基本组分具有代表性, 将研究区内的水体进行掩膜去除。而后本研究应用极端基本组分进行了基本组分的选择。图 2 为去除水体后的 MNF 分量 1 与 MNF 分量 2 的特征空间, 通过实地调查及影像分析可知特征空间的 4 个顶角分别对应着研究区域中同质的区域: ①耕地, 包括旱地和水浇地; ②沙地, 包括现代沙地、活化沙地和绿化沙地; ③盐碱地及裸岩地; ④植被, 包括林地、天然牧草地和沼泽地。因此, 去除水体后研究区域的地物反射率可以用耕地、沙地、植被、盐碱地等 4 个基本组分的混合模型来描述。基于对荒漠化地区的了解可知, 在荒漠化地区这 4 个基本组分具有较好的代表性, 是研究区域内多数像元的有效组成部分。因此, 基本组分类型的选取较为理想。本研究采用最小包含特征空间法, 即 MNF 分量 1 与 MNF 分量 2 特征空间中离顶点最近的少量像元(大约 100 个)

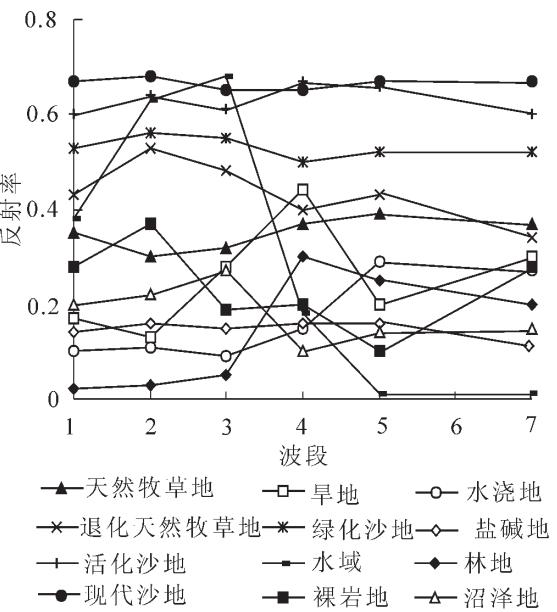


图 1 各典型地类的光谱曲线

Figure 1 Spectral curves of all typical types

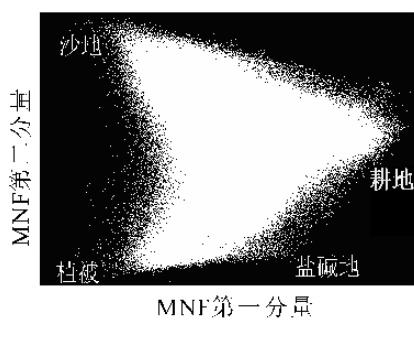


图2 去除水体后噪声白化交换前2个分量的特征空间

Figure 2 Feature space of water-masked MNF first two bands

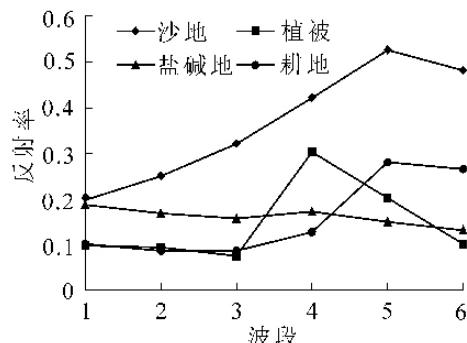
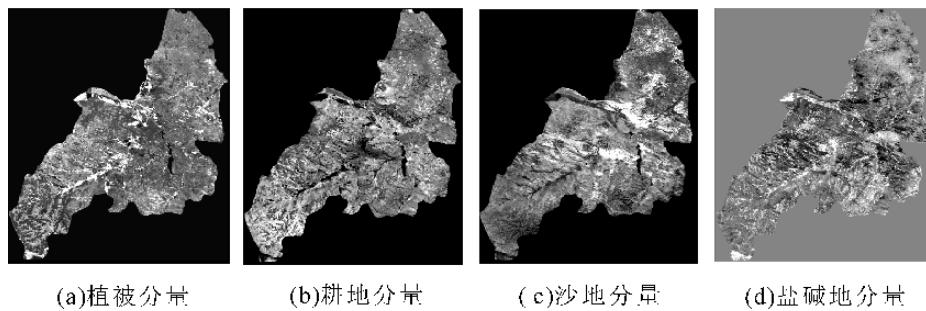


图3 基本组分光谱

Figure 3 Endmember spectra

的平均反射率，进行基本组分光谱特征的确定，如图3所示。

利用已知的基本组分光谱对原始TM反射率图像进行了分解，得到耕地、植被、盐碱地与沙地4个分量的图像(图4)，均方根误差平均值为0.006，方差为0.002，这表明混合像元分解是较为成功的。



(a)植被分量 (b)耕地分量 (c)沙地分量 (d)盐碱地分量

图4 线性光谱混合分解分量图

Figure 4 Four component images of linear spectral mixture model

4.4 分类规则构建及图像分类

在耕地、植被、盐碱地和沙地分量图像上，像元亮度越高表明地物类型在该像元所占比例越大，选取大量像元进行统计分析，确定了耕地、植被、沙地和盐碱地的提取阈值(耕地分量值 >0.55 ，植被分量值 >0.40 ，沙地分量值 >0.50 ，盐碱地分量值 >0.20)，并在I图像上确定水体的提取阈值($I<0$)，建立耕地、植被、盐碱地、沙地与水体的掩膜图像。

首先，利用水体掩膜图像对原始反射率图像进行掩膜，得到水体，同时，得到去除水体的原始反射率图像；再利用耕地掩膜图像对去除水体的图像进行掩膜，得到耕地，同时得到去除水体和耕地的图像；同理，运用植被、沙地和盐碱地的掩膜图像进行掩膜，分别得到植被、沙地、盐碱地，同时得到去除水体、耕地、植被、沙地和盐碱地的图像(在本文中称为结果图)。

线性光谱混合分解的各分量图不能区分低层次的小地类，但各分量图上的小地类已可以采用波段组合信息提取。耕地分量图上有旱地和水浇地，水浇地部分已经浇水，部分则没有，其光谱特征不易确定，因此借助土地利用现状图辅助提取；植被分量图上有天然牧草地、林地和沼泽地，根据光谱特征分析，采用 $V_1 = \rho_1 + \rho_2 + \rho_3$ 可以进行区分， V_1 大于0.7为天然牧草地， V_1 值0.7~0.5为沼泽地，小于0.3为林地，在林地的2级类分离中，采用I效果最好，有林地的 $I>0.45$ 且 $\rho_4>0.6$ ，疏林地的I值为0.43~0.30，且 $\rho_4<0.4$ ，灌木林地I值为0.52~0.40，且 ρ_4 值为0.45~0.57；沙地分量图上可分为现代沙地、活化沙地和绿化沙地，由于绿化沙地上已有了部分植被，其总体反射率明显低于其他沙地，采用 $V_2 = (\rho_1 + \rho_2 + \rho_3 + \rho_4 + \rho_5 + \rho_7) < 4.2$ 可将其提取出来，现代沙地和活化沙地从光谱上很难区分，但现代沙地影像纹理特征呈明显的新月形，活化沙地呈斑块状，可根据此特征区分；盐碱地分量

图上有裸岩地和盐碱地, 裸岩地只有第 5 波段反射率低于盐碱地, 盐碱地的提取规则为 $\rho_5 > 0.12$, 且 $V_3 = (\rho_1 + \rho_2 + \rho_3 + \rho_4 + \rho_7) < 1$, 反之则为裸岩地; 由于退化天然牧草地植被稀疏, 且生长质量差, 因此与其他植被覆盖地类差异较大, 有其独特的光谱特征, 原始反射率图像被各分量的掩膜图像掩膜处理后, 得到的剩余图像是退化天然牧草地。

由于水体颜色在图像上是一致的, 无法用光谱特征区分其 2 级类, 因此, 在水体图上根据其形状进行裁剪分类, 得到水体的 2 级类。由于公路、城镇及农村居民点色彩混杂、分布零散且分类时受沙地和牧草地光谱影响较大, 再加上其面积不大, 采用手工提取效果最好。将已分类好的水体、耕地、植被、沙地、盐碱地图及结果图等复合, 得到整个多伦县的土地利用分类图像。

5 精度评价

已有研究采用目视解译提取了 2000 年的多伦县土地利用信息^[15-16], 本研究引用已有的目视解译结果进行面积精度检验, 如表 2 所示。采用同期实地调查的全球定位系统(GPS)样点进一步对提取结果进行精度检验, 每个地类调查了 60 个样点, 以正确分类的点数占总调查点数的百分比计算精度, 如表 3 所示。作为比较, 本研究同时采用了最大似然法对遥感影像进行了监督分类。

从表 2 可以看出, 运用该方法提取的面积精度, 除水浇地(70.6%)外, 都在 90.0% 以上, 平均精度达 93.8%。由于水浇地光谱特征与草地、坑塘和沼泽地均有混淆, 导致其提取精度较低。单纯使用监督分类法提取的精度仅 71.1%, 尤其是

表 2 提取结果面积精度分析

Table 2 Area precision analysis of the results of extraction

类别	目视解译 面积/hm ²	模型提取 面积/hm ²	精度/%	监督分类 面积/hm ²	精度/ %
水浇地	4 525	3 196	70.6	2 846	62.9
旱地	94 173	93 360	99.1	82 537	87.6
有林地	5 309	4 842	91.2	3 721	70.1
灌木林地	7 201	6 510	90.4	4 858	67.5
疏林地	285	264	92.5	192	67.2
退化天然 牧草地	138 106	143 516	96.1	182 544	67.8
天然牧草地	23 007	23 065	99.8	14 613	63.5
盐碱地	823	771	93.7	538	65.3
沼泽地	8 896	8 416	94.6	5 373	60.4
现代沙地	28 103	27 345	97.3	9 670	34.4
活化沙地	32 024	31 851	99.5	31 985	99.9
绿化沙地	18 050	18 231	99.0	16 808	93.1
裸岩地	21 171	20 282	95.8	24 455	84.4
平均精度			93.8		71.1

表 3 提取结果抽样点精度分析

Table 3 Sampling point precision analysis of the results of extraction

类别	模型分类精度/%	主要误分地类	监督分类精度/%	主要误分地类
水浇地	83.3	坑塘	50.0	草地, 坑塘, 沼泽地
旱地	95.0	盐碱地	83.3	盐碱地或退化草地
有林地	93.3	灌木林	63.3	与其他部分有植被覆盖的地类误分
灌木林地	86.7	有林地、疏林地	56.7	与其他有植被覆盖的地类均有误分
疏林地	85.0	灌木林和草地	46.7	与其他有植被覆盖的地类均有误分
退化天然牧草地	96.7	现代沙地	70.0	盐碱地, 现代沙地
天然牧草地	90.0	疏林地和灌木林地	60.0	退化天然牧草地, 疏林地, 灌木林地
盐碱地	78.3	裸岩地和坑塘	56.7	盐碱地, 坑塘, 沙地
沼泽地	80.0	林地	46.7	林地, 草地
现代沙地	96.7	盐碱地	60.0	盐碱地, 活化沙地, 公路
活化沙地	90.0	现代沙地	66.7	现代沙地, 盐碱地
绿化沙地	76.7	退化草地	50.0	活化沙地, 退化草地, 裸岩地
裸岩地	88.3	盐碱地	63.3	沙地, 盐碱地, 退化草地
总分类精度	87.7		59.5	

现代沙地仅34.4%。

从表3可以看出,采用调查样点进行精度评价时,除盐碱地和绿化沙地外,都达到了80.0%以上,部分地类达90.0%,总分类精度为87.7%。监督分类法提取的总体精度不到60.0%,尤其是疏林地、沼泽地的精度仅46.7%,只有旱地达83.3%。可见,遥感信息提取技术对多伦县土地利用信息提取较单一的最大似然法效果好很多,提高解译效率的同时保证了提取精度。

6 结论与讨论

多伦县地物光谱特征混淆严重,单靠传统的计算机自动分类方法是很难把所有地类信息都准确提取出来的。目前已有的研究中,应用于该区的土地利用分类方法仅限于目视解译,本研究根据多伦县地物遥感信息的特点,充分挖掘遥感资料信息,综合运用研究人员的经验,将依赖于专家经验的目视解译和计算机自动分类有机融合,实现了该区土地利用遥感信息高精度快速提取。该方法可以为其他光谱特征混杂地区遥感信息提取提供参考。

需要注意的是,在对遥感影像进行线性光谱混合分解时,要求基本组分的选取要尽量地“纯”,并有代表性,否则会导致分解失败或分类精度降低。地物光谱特征混杂的地区存在较多的“同物异谱”和“同谱异物”现象,对遥感数据的深入挖掘极其重要。本研究所建立的 V_1 , V_2 和 V_3 指数以及 I 指数对于2级地类和3级地类的提取发挥了重要作用,具有很好的效果。随着中国基础数据库的不断完善,在今后的研究中还可以将更多的非遥感资料应用于分类中,分类精度有望进一步提高。

参考文献:

- [1] 黄方, 刘湘南, 刘权, 等. 辽河中下游流域土地利用变化及其生态环境效应[J]. 水土保持通报, 2004, 24(6): 18–21.
HUANG Fang, LIU Xiangnan, LIU Quan, et al. Land use changes and its effects on eco-environment in middle and lower reaches of the Liaohe River [J]. *Bull Soil Water Conserv*, 2004, 24(6): 18–21.
- [2] 韦锐, 张佩芳. 云南省屏边县土地利用/土地覆盖时空动态研究[J]. 中国农业气象, 2008, 29(1): 100–103.
WEI Rui, ZHANG Peifang. Temporal and spatial dynamic study on land use change and cover(LUCC) in Pingbian County of Yunnan Province [J]. *Chin J Agrometeorol*, 2008, 29(1): 100–103.
- [3] 赵庚星, 李玉环, 徐春达. 遥感和GIS支持的土地利用动态监测研究——以黄河三角洲垦利县为例[J]. 应用生态学报, 2000, 11(4): 573–576.
ZHAO Gengxing, LI Yuhuan, XU Chunda. Land use dynamic monitoring supported by remote sensing and GIS: a case study in Kenli County of Yellow River Delta [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2000, 11(4): 573–576.
- [4] FRIEDL M A, BRODLEY C E. Decision tree classification from remotely sensed data [J]. *Remote Sens Environ*, 1997, 61: 399–409.
- [5] MAS J F. Mapping land use/cover in a tropical coastal area using satellite sensor data, GIS and artificial neural networks, Estuarine [J]. *Coast Shelf Sci*, 2004, 59: 219–230.
- [6] JOSHI P K, RAWAT G S, PADILYA H, et al. Biodiversity characterization in Nubra Valley, Ladakh with special reference to plant resource conservation and bioprospecting [J]. *Biodiversity Conserv*, 2006, 15(13): 4253–4270.
- [7] CIHLAR J, XIAO Qinghan, CHEN J, et al. Classification by progressive generalization: a new automated methodology for remote sensing multichannel data [J]. *Int J Remote Sens*, 1998, 19(14): 2685–2704.
- [8] WILSON E H, SADER S A. Detection of forest harvest type using multiple dates of landsat TM imagery [J]. *Remote Sens Environ*, 2002, 80: 385–396.
- [9] 周萍. 卫星遥感技术在内蒙多伦土地利用调查中的应用[J]. 资源科学, 2002, 24(6): 29–34.
ZHOU Ping. Application of satellite remote sensing technique in the survey of land use in Duolun area of Inner Mongolia [J]. *Resour Sci*, 2002, 24(6): 29–34.
- [10] JIANG Hong, STRITTHOLT J R, FROST P A, et al. The classification of late seral forests in the Pacific Northwest, USA using Landsat ETM + imagery [J]. *Remote Sens Environ*, 2004, 91: 320–331.
- [11] SHRESTHA D P, ZINCK J A. Land use classification in mountainous areas: integration of image processing, digital el-

- elevation data and field knowledge(application to Nepal)[J]. *Int J Appl Earth Observ Geoinform*, 2001, **3** (1): 78 – 85.
- [12] COHEN Y, SHOSHANY M. Analysis of convergent evidence in an evidential reasoning knowledge-based classification [J]. *Remote Sens Environ*, 2005, **96**: 518–528.
- [13] GAD S, KUSKY T. Lithological mapping in the eastern desert of Egypt, the barramiya area, using landsat thematic mapper(TM)[J]. *J African Earth Sci*, 2006, **44**: 196 – 202.
- [14] KHAN N M, RASTOSKUEV V V, SATO Y, et al. Assessment of hydrosaline land degradation by using a simple approach of remote sensing indicators [J]. *Agric Water Manage*, 2005, **77**: 96 – 109.
- [15] 程博, 田淑芳, 杨巍然. 内蒙古多伦县土地利用动态遥感监测应用研究[J]. 资源调查与环境, 2003, **24** (1): 45 – 50.
- CHENG Bo, TIAN Shufang, YANG Weiran. Dynamic monitoring of land use by remote sensing in Duolun County, Inner Mongolia [J]. *Resour Surv Environ*, 2003, **24** (1): 45 – 50.
- [16] 邝生爱, 田淑芳, 程博. 农牧交错带土地沙化遥感监测[J]. 国土资源遥感, 2002 (2): 10 – 14.
- KUANG Sheng'ai, TIAN Shufang, CHENG Bo. Remote sensing monitoring of land desertification in the agriculture and grazing mixed area [J]. *Remote Sens Land Resour*, 2002 (2): 10 – 14.
- [17] 李晓松, 李增元, 吴波. 基于光谱混合分析的毛乌素沙地油蒿群落覆盖度提取[J]. 遥感学报, 2007, **11** (6): 923 – 930.
- LI Xiaosong, LI Zengyuan, WU Bo. Retrieval of the coverage of artemisia ordosica community in Muus Sandland based on spectral mixture analysis (SMA)[J]. *J Remote Sens*, 2007, **11** (6): 923 – 930.
- [18] ANDREW J E, JOHN F M. Quantifying vegetation change in semiarid environments: precision and accuracy of spectral mixture analysis and the normalized difference vegetation index [J]. *Remote Sens Environ*, 2000, **73**: 87–102.
- [19] WU C, MURRAY A T. Estimating impervious surface distribution by spectral mixture analysis [J]. *Remote Sens Environ*, 2003, **84** (4): 493 – 505.
- [20] SMALL C. Estimation of urban vegetation abundance by spectral mixture analysis [J]. *Int J Remote Sens*, 2001, **22** (7): 1305 – 1334.

“建设森林浙江，发展低碳社会”林业科技下乡活动启动

2010年3月5日，由浙江省林业厅、杭州市人民政府、浙江林学院和临安市人民政府共同主办的2010年林业科技下乡“建设森林浙江，发展低碳社会”启动仪式在临安市人民广场隆重举行。校长周国模、副校长张立钦出席仪式，周国模在仪式上讲话，张立钦代表浙江林学院和临安市人民政府签订了共建全国碳汇林业示范区科技合作协议。

随着城市化进程的日益加快，经济社会的快速发展，人口规模的不断扩大，林业生态承载压力也越来越大。此次“建设森林浙江，发展低碳社会”为主题的送科技下乡活动，是响应党中央号召，大力开展碳汇林业，共同应对气候变化，全面推进“森林浙江”建设的具体活动。

周国模在讲话中介绍，近年来，浙江林学院积极开展了有关低碳经济和林业发展关系的研究，充分利用了“浙江省森林碳汇研究重点实验室”这一研究平台，密切结合国家应对气候变化和节能减排要求和浙江省经济社会发展的需求，在科学上突出减缓全球气候变暖和增强森林生态系统碳汇能力的国际热点问题，设置了森林生态系统固碳机制、碳汇计量系统开发、碳汇提升技术和森林产品碳平衡等4个研究方向，针对浙江省阔叶林、针叶林、竹林等主要森林类型开展研究；并在竹林固碳方面已经取得了一些较好的研究成果。

浙江省人大常委会主任程渭山，杭州市副市长何关新，浙江省林业厅副厅长叶胜荣，临安市市长王宏，以及有关单位领导出席了启动仪式，并为临安市6个碳汇林业示范乡镇授牌，向临安市10个碳汇林业示范村赠送了“兴林富民”实用技术丛书。