

基于多源遥感的土地利用动态监测图像分类方法研究 ——以陕北黄土丘陵沟壑区为例

刘咏梅^{1,2}, 李锐², 杨勤科²

(1. 西北大学 城市与资源学系, 陕西 西安 710069; 2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 在陕北黄土丘陵沟壑区的土地利用动态监测中, 采用一种遥感影像和单纯的监督分类方法, 难以获得高精度的土地利用数据。为解决此问题, 以陕北无定河流域为研究区, 以主成分变换的方法对多源遥感影像 (TM 多光谱数据和 SPOT 全色波段数据) 进行融合处理; 同时在分类中采用监督分类与非监督分类相结合的混合分类法, 改进训练样本选取方法。先以非监督分类获得初始训练样本, 在对样本进行删除、增补、合并等调整的基础上, 再进行监督分类, 这 2 种方法的结合使用, 使土地利用信息自动提取的精度明显提高。与仅以 TM 影像为信息源, 采用单纯监督分类法的分类结果对比可知, 土地利用各类别的提取精度都有不同程度的提高, 分类总精度从 82.0% 提高到 89.2%; 水体、水田和城镇用地等面积较小类别的精度提高了 10% 以上; 坡耕地与林草地的混分现象明显减少, 精度均提高了 5% 以上, 取得了良好的分类效果。研究结果为陕北黄土丘陵沟壑区土地利用变化的动态监测, 提供了重要的技术支持和借鉴。

关键词: 影像融合; 土地利用; 分类; 陕北黄土丘陵沟壑区

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2006)06-0063-04

中图分类号: P237, S157

Image Classification Method in Landuse Dynamic Detection Based on Multi-source Remote Sensing Data

——A Case Study in the Loess Plateau of Northern Shaanxi Province

LIU Yongmei^{1,2}, LI Rui², YANG Qinke²

(1. Department of Urban and Resource Sciences, Northwest University, Xi'an, Shaanxi 710069, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The landuse classification accuracy based on single remotely sensed data and simple supervised classification is unsatisfactory to the landuse investigation in loess hill and gully area. By taking the Wuding River watershed in Northern Shaanxi Province as a test area, the TM multi-spectral data and SPOT pan data were merged by the method of Principal Components Analysis. Based on the merged image, the landuse categories were then extracted by applying an integration of supervised classification and unsupervised classification. The combination of two methods remarkably improved sampling method. Compared to the classification based on the single TM multi-spectral data and supervised classification, the total accuracy increased from 82.0% to 89.2%, especially the accuracy of city and town area, paddy field, water area increased over 10%, the mixture of sloping land and forest (grassland) decreased remarkably, and the accuracy of the two categories increased over 5%. The result is of critical significance in landuse dynamic monitoring in the area.

Keywords: image fusion; landuse classification; loess hill and gully area of Northern Shaanxi Province

陕北黄土丘陵沟壑区, 是黄土高原水土流失最严重的地区, 除了气候干旱, 黄土结构疏松及重力侵蚀非常活跃等自然因素外, 极不合理的土地利用方式是该地区土壤侵蚀加剧的主要原因之一。全区耕地中, 除了少量的塬地、川地及河谷平原地以外, 坡耕地所占比例高达 90%, 生态环境和经济生产呈恶性循环。世纪之交, 国家提出了“退耕还林(草)”的战略措施,

以调整和优化该地区传统的土地利用结构, 改善生态环境, 实现社会经济可持续发展。应用遥感图像分类技术, 快速、准确地提取土地利用信息, 并对其变化进行动态监测, 为“退耕还林(草)”措施的科学实施提供详实准确的基础数据, 对于该地区及整个黄土高原的生态环境建设与水土保持工作的开展, 具有非常重要的意义。

收稿日期: 2005-11-10

修稿日期: 2006-08-15

资助项目: 黄委会项目第四专题“区域水土流失模型试验研究”(2004SZ01-04); “十一五”国家科技支撑计划项目“水土流失动态监测与评价关键技术”(2006BA D09B05)

作者简介: 刘咏梅(1970-), 女(汉族), 陕西西安人, 副教授, 博士。主要从事区域水土流失遥感监测等研究。E-mail: liuyem@nwu.edu.cn.

黄土丘陵沟壑地貌,造成了该地区特殊的土地利用结构,各类用地的面积相差悬殊,坡耕地、林草地各占土地总面积的 40% 以上,平地、水域、城镇用地等的面积仅各在 3% 以下。在 TM 影像上,坡耕地和林草地的光谱特征复杂多样;而平地、城镇用地等的斑块小而分散,光谱和纹理信息相对较弱。目前在该地区的土地利用遥感影像自动分类中,仅采用一种影像(如常用的 TM 影像)和单纯的监督分类方法,分类结果的精度较低,可识别的土地利用类型少。坡耕地和林草地的混分现象较严重,有相当比例的平地被分入坡耕地,次一级的河流支流和规模较小的城镇用地难以提取。

针对上述问题,本文在分类前的预处理中,引入影像融合技术,即以主成分变换的方法对多源遥感影像(TM 多光谱数据和 SPOT 全色波段数据)进行融合处理;同时在分类中,采用监督分类与非监督分类相结合的混合分类法。以陕北无定河流域为研究区的分类结果表明,由于 2 种方法的结合使用,使土地利用信息自动提取的精确度得到明显的提高。本文的研究对于解决目前陕北黄土丘陵沟壑区土地利用自动分类中存在的难题,建立黄土高原地形复杂地区成熟的遥感影像分类方法进行了有益的探索,同时,为陕北黄土丘陵沟壑区的土地利用变化动态监测提供了关键技术。

1 研究区域与数据基础

1.1 研究区概况

研究区位于陕北无定河流域内,地理范围大致介于东经 $109^{\circ}40'00'' \sim 110^{\circ}10'00''$,北纬 $37^{\circ}06'00'' \sim 38^{\circ}10'00''$ 之间,面积为 3701 km^2 。该区属典型的黄土丘陵沟壑地貌,沟蚀及重力侵蚀活跃,地面切割破碎,沟深坡陡。沟壑密度为 $5 \sim 6 \text{ km/km}^2$,地面平均坡度 28.7° ,大于 25° 的陡坡占 60% 以上,陡坡耕地多,土壤侵蚀极为强烈,水土流失严重。

1.2 数据基础

本次研究采用的数据主要包括:(1) 1997 年 6 月 13 日的 Landsat TM 影像(7 个波段,空间分辨率 30 m),已经做过几何精校正;(2) 1998 年 9 月 3 日的 SPOT pan 全色波段影像(空间分辨率 10 m),未做几何精校正;(3) 1997 年 1:100 000 土地资源分布图。

2 影像融合处理

多源遥感影像融合,是指采用某种算法模型,将覆盖同一地区(或对象)的 2 幅或多幅空间配准的影像,进行信息组合匹配,以获取高质量的影像信息,同

时消除多传感器信息间的冗余和矛盾,降低其不确定性,减少模糊度,增强影像清晰度的技术^[1,3]。在遥感应应用领域,通常采用低分辨率的遥感多波段数据和高分辨率的全色波段数据进行融合处理,得到的新影像既具有高的空间分辨率,又保持较丰富的光谱信息,使不同遥感数据源优势互补,提高了遥感数据的综合应用能力。

根据各种遥感影像的分辨率和波段光谱特征,研究区土地利用分类的要求和特点,以及数据获取的条件,在本研究中,采用了 Landsat 的 TM 多波段数据和 SPOT 全色波段数据进行融合。

2.1 影像配准

多源影像数据的高精度配准是影像融合的前提条件。若配准精度低,即使采用高质量影像和良好的算法,融合效果也很差。本研究中,以已校正的 TM 影像为参考影像,对 SPOT 影像进行配准。配准采用几何精校正方法中的多项式校正模型:多项式阶数=2,重采样方法为双线性内插法,共选取控制点 22 个,校正精度 $\text{RMS} = 0.32$ 像元,即地面上的 3.2 m。

2.2 影像融合

TM 影像的 7 个波段中, TM6 是热红外波段,主要用于探测地物自身的热辐射特征,且该波段的分辨率很低,为 120 m。因此,在融合前剔除 TM6,以 TM1—5,7 共 6 个波段和 SPOT 全色波段作为融合的信息源。

目前,有很多的算法模型可用于影像融合。在土地利用自动分类领域,常用的方法有 Lab 变换、IHS 变换、Brovey 变换、主成分变换、乘积运算、小波变换等^[2-6]。鉴于黄土丘陵沟壑地区地类光谱特征的复杂性,融合时尽可能减少源信息的损失对于保证各类用地,特别是小面积地类的分类精度至关重要。在众多的融合算法中,主成分变换法和乘积运算法选取多波段影像的所有波段参与融合变换,在提高空间分辨率的同时保持了源数据的光谱分辨率,信息量损失最小,适用于该地区的土地利用动态监测。通过对 2 种融合方法的比较研究表明,主成分变换融合从光谱质量、纹理信息及目视效果等方面均优于乘积运算法,是陕北黄土丘陵沟壑区土地利用动态监测中较理想的融合方法。

主成分变换的具体方法为:对 TM 影像的 6 个波段进行主成分变换(PCA 变换),用 SPOT 全色波段代换主成分变换后的第一主成分,对代换后的所有波段,再作一次主成分逆变换,生成融合影像(6 个波段)。新影像的空间分辨率达到 10 m,并尽可能保持了 TM 源数据的影像光谱特征,信息量损失最小。

与原 TM 多光谱影像相比, 融合影像的纹理细节明显增强, 色调突出, 植被覆盖清晰; 水域与其它地类的光谱差异增大, 轮廓明显; 城镇内部结构信息增强, 形状清楚, 小城镇的可辨度明显提高; 川道中不同农田地块的色调对比增强, 边界变得明显; 沟壑细节增强, 冲沟清晰可辨; 林草地、坡耕地的色调信息增强(附图 2)。

以融合影像(6 个波段) 作为研究区土地利用分类的信息源。

3 土地利用分类

根据研究区土地资源调查分类系统和各类用地的影像分辨力, 确定土地利用为 7 个类别: 水田、平旱地、坡耕地、林草地、水域、城镇用地、沙地。

3.1 分类方法

在黄土丘陵沟壑地区, 影像上同物异谱和异物同谱现象大量存在, 特别是坡耕地和林草地, 光谱类型均在 30~40 种以上, 且两类的某些光谱类型差异很小。采用单纯的监督分类方法, 人工选取各类用地的训练样本, 不仅工作量很大, 而且很难获取足够的样本数目, 坡耕地和林草地存在一定的混分现象, 从而影响分类精度。在本研究中, 采用了混合分类方法^[7-8], 混合分类方法是监督分类法与非监督分类法的集成, 它博采两者的优点, Congalton R G 证明该方法比常规的监督分类法明显提高分类精度^[7], 关元秀等采用此种方法, 在平原地区提取盐碱地信息, 取得了很高的精度^[9]。而在黄土高原地区, 该方法的研究与应用工作很少。研究证明, 混合分类方法改进了训练样本的选取方法, 可较好地处理该地区分类中的同物异谱问题, 特别是明显提高了坡耕地与林草地训练样本的选取精度, 减少了类别间的混分现象。

首先, 对分类影像进行非监督分类, 获得分类结果的同时, 生成分类的模板文件。在本研究中, 生成的模板文件为 60 类。然后, 将此模板作为监督分类的初始模板, 通过实地调查并以分类影像、实地调查结果、土地资源分布图作为参考, 确定模板中每一光谱类的实际类别, 删除不能正确反映地物光谱特征的样本, 增补遗漏的样本, 并对属于同一类的样本进行合并。经过反复调整, 使模板能够准确地反映土地利用类别的光谱信息。最后以调整好的模板为基础, 采用监督分类中的最大似然判别法则进行分类, 对分类结果进行重新编码、合并同类, 去除细小图斑等后处理, 得到该地区的土地利用分类图。对土地利用各个类别的面积统计见表 1, 土地利用分类的具体步骤如图 1 所示。

表 1 土地利用类别面积统计

类别	面积/hm ²	百分比/%
水田	1 464.64	0.40
平旱地	9 742.16	2.63
坡耕地	167 114.90	45.16
林草地	181 994.70	49.18
水域	5 510.67	1.49
城镇用地	3 337.02	0.90
沙地	889.45	0.24
合计	370 053.55	100.00

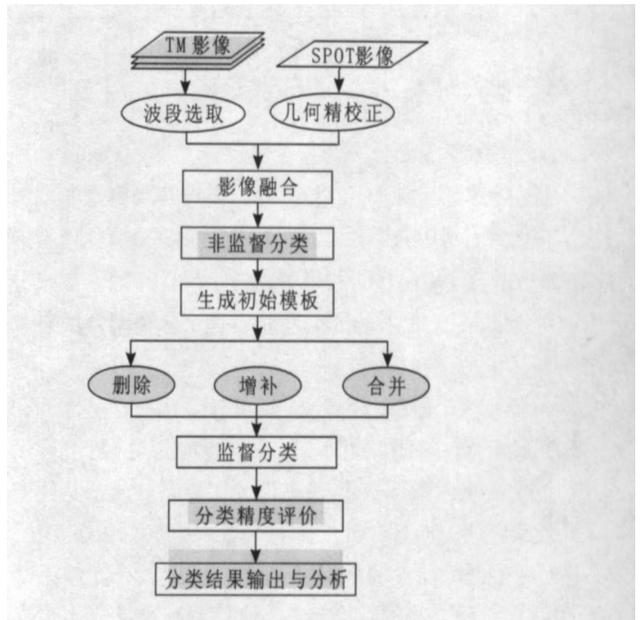


图 1 分类步骤

3.2 分类精度评价

分类之后, 将分类结果与实际地面调查数据进行对比, 计算分类精度, 对分类的错误率进行评估。

在本研究中, 采用计算机随机评价的方法, 产生随机点的分布参数为 Stratified Random^[10-13], 即各类中产生的随机点与分类结果图中各类的像元数基本成比例, 且保证每类的随机点不少于 20 个, 以保证面积小的类别也有足够的分析点。在研究区内, 选取 250 个随机样点, 以实际地面调查数据为依据, 并以土地资源图作为参考, 确定每个样点的实际类别, 计算精度。为了进行精度对比, 仅以 TM 影像 6 个波段(1—5, 7) 为分类影像, 采用监督分类法, 对同一区域再进行土地利用分类, 两次分类的精度报告见表 2。

对两次分类的精度进行对比可知, 影像融合后, 土地利用各类别的提取精度都有不同程度提高; 水体、水田和城镇用地等面积较小的类别分类正确率提高可达 10% 以上; 坡耕地与林草地的混分明显减少, 分类精度均提高了 5% 以上; 分类总精度从 82.0% 提高到 89.2%。

表 2 分类精度报告

类别	分类精度/%	
	融合影像、混合分类法	TM 影像、监督分类法
水田	95.00	85.00
平旱地	81.82	76.19
坡耕地	92.42	85.96
林草地	88.88	83.52
水域	90.48	80.95
城镇用地	85.00	70.00
沙地	85.00	80.00
总精度	89.20	82.00

4 结 论

(1) 在黄土丘陵沟壑地形复杂地区,仅采用一种遥感影像和单纯的监督分类法,很难获取满足实践需求的土地利用数据。因此,综合利用多源、多时相的影像数据,引入 GIS 技术作为辅助手段,改进常规分类方法,是提高该地区土地利用自动分类精度的有效途径。

(2) 在无定河流域研究区的分类中,以主成分变换方法,对 TM 和 SPOT 影像进行融合处理,改善了分类影像的解译质量,使土地利用类型的光谱特征突出,细节增强;混合分类法的应用,改进了采样方法,提高了训练样本的选取正确率和速度。分类结果显示,这 2 种方法的综合运用,较好地解决了分类中存在的同物异谱问题,各类别的提取精度都有明显提高,分类总精度从 82.0% 提高到 89.2%,取得了良好的分类结果。

(3) 本研究仅对 TM 和 SPOT 影像的融合应用进行了探讨,后续的工作应当加强对其它遥感影像,以及遥感与非遥感信息融合的研究与应用,将遥感数据与地形、土壤、水文等地理数据进行有机结合,对于扩大遥感数据的应用面,提高土地利用遥感动态监测的精度、满足退耕还林还草工程措施具体实施的需求,具有重要的实际意义。

[参 考 文 献]

- [1] 贾永红. 计算机图像处理与分析[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2001.
- [2] 张炳智, 张继贤, 张丽, 等. 土地利用动态遥感监测中多源遥感影像融合方法比较[J]. 测绘科学, 2000, 25(3): 46—50.
- [3] 孙丹峰. IKONOS 全色与多光谱数据融合方法的比较研究. 遥感技术与应用, 2002, 17(1): 41—45.
- [4] Pohl C, Van Genderen J L. Multisensor image fusion in remote sensing: concepts, methods and applications [J]. INT J Remote Sensing, 1998, 19(5): 823—854.
- [5] Zhang Y. A new merging method and its spectral and spatial effects[J]. INT J Remote Sensing, 1999, 20(10): 2003—2014.
- [6] Franklin S E, Bloggett C F. An example of satellite multi-sensor data fusion[J]. Computer & Geosciences, 1993, 19(4): 577—583.
- [7] Congatton R G. A review of assessing the accuracy of classification of remotely sensed data[J]. Remote Sensing of Environment, 1991, 37: 35—46.
- [8] 彭望. 遥感数据的计算机处理与地理信息系统[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 1991.
- [9] 关元秀, 刘高焕, 刘庆生, 等. 黄河三角洲盐碱地遥感调查研究[J]. 遥感学报, 2001, 5(1): 46—52.
- [10] ERDAS IMAGINE Field Guides[M]. Fifth Edition. ERDAS Inc, Atlanta, Georgia, 1999. 160—161.
- [11] Ediriwickrema J, Khorram S. Hierarchical maximum-likelihood classification for improved accuracy[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1997, 35(4): 810—816.
- [12] Godert W J, Van Lynden, Stephan Mantel. The role of GIS and remote sensing in land degradation assessment and conservation mapping: some user experiences and expectations[J]. ISPRS, 2001, 3(1): 61—68.
- [13] LIU Yong-mei, TANG Guo-an, LI Tian-wen, et al. An applied research on remote sensing classification in the Loess Plateau[J]. Journal of Geographical Sciences, 2003, 13(4): 395—399.