

基于纹理的风蚀水蚀过渡区 TM 影像 土地利用信息提取

邓 锟^{1,2}, 常庆瑞¹, 蔚 霖¹, 王德彩¹

(1 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2 中煤航测遥感局 遥感应用研究院, 陕西 西安 710054)

[摘 要] **【目的】**探索在风蚀水蚀过渡区, 利用 TM 遥感影像提取土地利用信息的方法。**【方法】**以榆林市西北部风蚀水蚀过渡区为对象, 应用主成分变换与基于灰度共生矩阵纹理特征相结合的方法对 TM 影像进行分析, 选取均值作为分类指标, 采用分层分类法进行信息提取。**【结果】**不同土地利用类型之间纹理特征参数差异明显, 荒漠化土地的均值、方差值较高, 灰度分布不均匀, 相邻像元反差明显, 内部变化剧烈; 水体和灌溉耕地的均值、方差值很低, 灰度值均匀, 内部变化小; 林地和旱耕地信息介于上述两类土地之间。**【结论】**与传统分类方法相比较, 纹理分析方法可以获得更高的分类精度。

[关键词] 灰度共生矩阵; 主成分变换; 风蚀水蚀过渡区; 榆林市

[中图分类号] TP75

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2009)01-0091-07

Extracting land use information of TM image in wind-water erosion interlaced region based on Texture

DENG Kun^{1,2}, CHANG Qing-rui¹, YU Lin¹, WANG De-cai¹

(1 College of Resource and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Aerophotogrammetry and Remote Sensing Center of China Coal, Xi'an, Shaanxi 710054, China)

Abstract:**【Objective】**A method for deriving land use information of TM image in the wind-water erosion interlaced region was discussed.**【Method】**This paper employed principal component analysis combined with Gray Level Co-occurrence Matrix texture analysis to abstract the land use information from the TM image in the wind-water erosion interlaced region (Yulin). The classification indexes were selected according to mean and the land use information was abstracted by hierarchical classification.**【Result】**The results showed that there were significant differences among parameters of texture feature of the different land utilization. In the desertification, the mean and variance were comparatively high. The gray level was asymmetry, the contrasts between neighboring pixels were significant; while in water and irrigable land, the mean, variance was a little bit low, the grey level was symmetry; the mean, variance and gray level in the forest and dry land was between the above (desertification and water and irrigable land).**【Conclusion】**Compared with the traditional classification method, the classification based on the texture analysis could acquire higher classifying precision.

Key words: GLCM; PCA; wind-water erosion interlaced region; yulin

由于特殊的自然环境和人类活动的共同作用, 陕北风蚀水蚀过渡区成为我国荒漠化最严重的区域

* [收稿日期] 2008-03-10
[基金项目] 国家自然科学基金项目(30571527); 国家科技支撑计划项目(2006BAD09B0603)
[作者简介] 邓 锟(1975—), 男, 四川开江人, 在读硕士, 主要从事遥感与 GIS 应用研究。E-mail: dengkunl@163.com
[通信作者] 常庆瑞(1959—), 男, 陕西子洲人, 教授, 博士生导师, 主要从事资源环境与 3S 技术应用研究。
E-mail: Changqr@nwsuaf.edu.cn

之一,快速、准确地掌握该地区土地荒漠化的状况和相关信息,是监测和防治荒漠化必需的基础资料。通过遥感技术不仅可以方便、及时地获取地理信息,而且可以有效地掌握土地的利用变化情况。然而传统的土地利用分类方法,由于受遥感影像本身的空间分辨率以及“同物异谱”、“异物同谱”现象的影响,分类结果往往会出现较多错分、漏分的现象,导致分类精度不高。近年来有研究表明,通过纹理分析的提取方法,可以抑制“异物同谱”、“同物异谱”现象的发生,对于空间复杂、光谱混合的遥感影像,可以获得较好的分类识别和提取精度。

目前,用于定量描述纹理特征的测量参数和算法可归纳为 3 大类:统计分析法、结构分析法和频谱分析法,其中统计方法占据主导地位^[1]。在统计纹理方法中,灰度共生矩阵(Gray level Co-Occurrence matrices, GLCM)及其特征提取一直是最重要的统计纹理分析方法之一。田艳琴等^[2]利用灰度共生矩阵对多波段遥感图像进行纹理提取;姜青香^[3]等通过确定熵的最佳阈值,将 TM 图像中光谱混淆的菜地和小麦地分割开来;颜梅春^[4]利用灰度共生矩阵法成功提取了 IKONOS 影像中的竹林信息。然而,将纹理信息用于荒漠化地区土地利用分类的研究还鲜见报道。本研究以榆林市西北部风蚀水蚀过渡区为研究对象,采用主成分分析(PCA)与基于 GLCM 纹理分析相结合的方法,探讨了区域土地利用(特别是荒漠化地区)信息提取的可行性与技术方法,以期为区域性土地利用类型调查及定量提取土地利用信息提供技术手段。

1 材料与方法

1.1 研究区域

研究区地处榆林市榆阳区北部的风蚀水蚀过渡区,该区处于东经 $109^{\circ}29' \sim 109^{\circ}45'$ 、北纬 $38^{\circ}30' \sim 38^{\circ}50'$ 。研究区地势开阔平坦,沙丘、草滩交错分布,属于毛乌素沙漠东南缘地带,平均海拔 1 210 m,年平均气温 6.5°C 。遥感数据选用 Landsat5 TM 数据(成像时间为 2003-08-17,分辨率 30 m),此时正值植被生长旺盛季节,不同土地利用类型之间差异明显,图像清晰,没有云影和其他噪声,成像效果较好。以 1:5 万地形图为底图,选取 76 个控制点,采用一元二次多项式及最邻近采样法对 TM 影像进行校正,控制中误差(RMS)在半个像元以内。

研究区土地利用的总体特征是未利用土地面积很大,主要为沙地,属于沙质荒漠化土地。参考文献

[5],本研究将土地利用/覆被类型分为:耕地(包括灌溉耕地、旱耕地)、乔木林地、灌木林地、水体和未利用土地。为了更好地研究农牧交错带土地利用变化规律,根据郝成元等^[6]有关荒漠化土地利用的分类方法,本研究将未利用土地(沙地)又分为轻度荒漠化、中度荒漠化和重度荒漠化土地 3 种。

1.2 研究方法

1.2.1 灰度共生矩阵原理 GLCM 反映的是图像灰度关于方向、相邻间隔、变化幅度的综合信息,是建立在估计二阶组合条件概率密度函数基础上的纹理分析方法。数学定义为:从图像灰度为 i 的像元 (x, y) 出发,统计与其距离为 d ,灰度为 j 的像元 $(x + \Delta x, y + \Delta y)$ 同时出现的频度。数学表达式为:

$$P(x, y, d, \theta) = \{[(x, y), (x + \Delta x, y + \Delta y)] | f(x, y) = i, \\ f(x + \Delta x, y + \Delta y) = j; x = 0, 1, \dots, N_x - 1; y = 0, 1, \dots, N_y - 1\}$$

式中: $i, j = 0, 1, 2, \dots, L - 1, L$ 为图像灰度级的数目; x, y 是图像中的像素坐标; θ 为共生矩阵的生成方向,通常取 $0^{\circ}, 45^{\circ}, 90^{\circ}, 135^{\circ}$; N_x, N_y 分别为图像的行列数。

在灰度共生矩阵运算中,涉及移动窗口的大小、移动步长、移动方向 3 个重要参数。其中,移动窗口的大小最为重要,移动窗口太小,无法包含地物有效的纹理特征;移动窗口太大,又可能包含其他地物的特征。移动步长的选取取决于地物的纹理粗细程度,短移动步长适用于细纹理,长移动步长则适用于粗纹理。本研究区的纹理较为细腻,灰度共生矩阵运算参数设置为 3×3 的窗口,步长为 1,移动方向采取 4 个方向的叠加,以消除方向性差异^[7]。

1.2.2 技术路线 本研究的技术路线如下:(1)对校正后的影像进行主成分变换,选择第 1、第 2 主成分影像作为供试影像,在 Envi4.2 软件下,选用均值(Mean)、方差(Variance)、均一性(Homogeneity)、反差(Contrast)、相异性(Dissimilarity)、熵(Entropy)、角二阶距(ASM)、相关(Correlation)等 8 种常用的方法计算图像的纹理特征,生成第 1、2 主成分的纹理特征影像;(2)在第 1、2 主成分纹理特征影像上,选择典型样区,进行抽样调查,得出各种土地利用类型的纹理特征参数统计值,根据纹理特征参数的统计特性,选取最优纹理特征参数参与分类;(3)采用基于纹理信息的分层分类法和基于光谱信息的最大似然法对影像进行分类;并对分类结果进行精度评价。

2 结果与分析

2.1 纹理特征的计算与分析

采用基于灰度共生矩阵的纹理分析方法,对研

究区的遥感影像进行分析,得到如图 1、2 所示的纹理特征影像,共计 16 幅。通过样本统计,得出各种土地利用类型的纹理特征参数统计值,见表 1 和表 2。

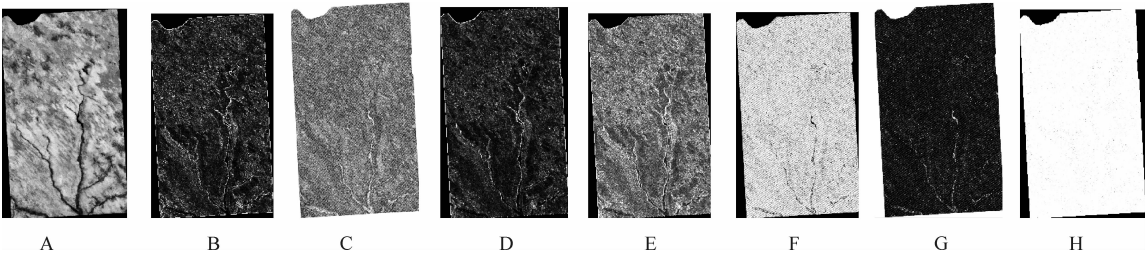


图 1 第 1 主成分的纹理特征影像图
A. 均值;B. 方差;C. 均一性;D. 反差;E. 相异性;F. 熵;G. 角二阶距;H. 相关;图 2 同

Fig. 1 Image of texture PCA1

A. Mean; B. variance; C. Homogeneity; D. Contrast; E. Dissimilarity; F. Entropy; G. ASM; H. Correlation; Fig. 2 is same

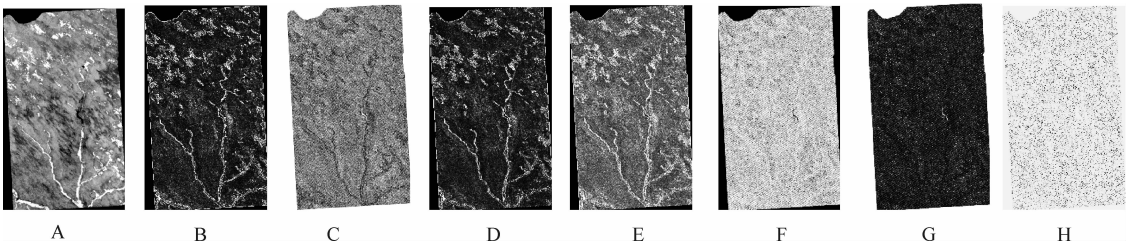


图 2 第 2 主成分的纹理特征影像图

Fig. 2 Image of texture PCA2

表 1 第 1 主成分纹理特征的均值($\bar{X}$)与标准方差(σ_x)

Table 1 Mean and Standard deviation of texture PCA1

纹理特征 Texture feature	指标 Index	重度荒漠化 Serious desertification	中度荒漠化 Moderate desertification	轻度荒漠化 Weak desertification	灌木林 Bush	灌溉耕地 Irrigable land	旱耕地 Dry land	乔木林地 Forest	水体 Water
均值	$\bar{X}$	53. 41	46. 62	38. 48	32. 49	22. 05	32. 71	25. 51	11. 57
Mean	σ_x	1. 58	1. 81	1. 56	0. 85	1. 45	1. 03	1. 81	1. 37
方差	$\bar{X}$	5. 00	4. 31	4. 25	2. 43	1. 01	3. 94	2. 21	0. 34
Variance	σ_x	3. 65	2. 76	3. 31	1. 23	1. 01	3. 22	1. 86	0. 96
均一性	$\bar{X}$	0. 37	0. 40	0. 39	0. 43	0. 64	0. 40	0. 50	0. 86
Homogeneity	σ_x	0. 08	0. 08	0. 08	0. 09	0. 10	0. 07	0. 08	0. 08
反差	$\bar{X}$	9. 10	7. 89	8. 33	5. 33	1. 86	8. 76	4. 13	0. 93
Contrast	σ_x	6. 00	4. 15	4. 45	2. 30	1. 48	6. 68	2. 29	2. 08
相异性	$\bar{X}$	2. 27	2. 08	2. 14	1. 74	0. 89	2. 10	1. 44	0. 34
Dissimilarity	σ_x	0. 67	0. 53	0. 55	0. 43	0. 44	0. 75	0. 40	0. 29
熵	$\bar{X}$	2. 02	1. 99	2. 00	1. 92	1. 53	1. 93	1. 88	0. 70
Entropy	σ_x	0. 13	0. 12	0. 12	0. 16	0. 38	0. 12	0. 17	0. 34
角二阶距	$\bar{X}$	0. 142	0. 147	0. 145	0. 160	0. 270	0. 160	0. 167	0. 605
ASM	σ_x	0. 028	0. 026	0. 024	0. 033	0. 130	0. 025	0. 034	0. 175
相关	$\bar{X}$	-628. 9	-359. 8	-230. 1	-229. 5	-56. 8	-81. 1	-255. 4	0. 3
Correlation	σ_x	970. 1	593. 2	274. 2	318. 6	170. 5	122. 8	396. 4	0. 6

从表 1 和表 2 可以看出,第 1 主成分的纹理特征均值在不同土地利用类型之间差异明显,其均值由高到低依次为:重度荒漠化>中度荒漠化>轻度荒漠化>旱耕地和灌木林>灌溉耕地和乔木林地>水体,其中灌木林与旱耕地及灌溉耕地与乔木林地

数值差异较小,不易区分;在第 2 主成分纹理特征均值中,各种土地利用类型均值的大小为:灌溉耕地>旱耕地>重度荒漠化>中度荒漠化>轻度荒漠化>灌木林>乔木林地>水体。特别是第 1 主成分纹理特征均值差异较小的 2 组土地利用类型(旱耕地和

灌木林及灌溉耕地和乔木林地),在第 2 主成分中相互之间差异明显。方差值的大小变化规律与均值基本相同,第 1 主成分的荒漠化土地较高,林地次之,水体和灌溉耕地最小;第 2 主成分中灌溉耕地明显大于其他类型。由反映图像灰度分布均匀性、对比度和复杂性的均一性、反差、相异性、角二阶距和熵等可知,水体的灰度值非常均匀,内部变化很小;其

次是灌溉耕地;乔木林地、灌木林地和旱耕地基本相同,灰度分布不太一致,反差和变化较大;荒漠化土地灰度分布非常不均匀,相邻像元反差明显,内部变化剧烈,3 种荒漠化程度不同的土地之间差异很小,纹理的均匀性非常相似。除水体外,其他土地利用类型的相关值均值较小,并且变异系数很高,表明研究区影像相邻像元之间的灰度相关性极小。

表 2 第 2 主成分纹理特征的均值($\bar{X}$)与标准方差(σ_x)
Table 2 Mean and Standard deviation of texture of PCA2

纹理特征 Texture feature	指标 index	重度荒漠化 Serious desertification	中度荒漠化 Moderate desertification	轻度荒漠化 Weak desertification	灌木林 Bush	灌溉耕地 Irrigable land	旱耕地 Dry land	乔木林地 Forest	水体 Water
均值	$\bar{X}$	32.05	28.54	25.03	20.10	43.81	35.19	19.46	10.40
Mean	σ_x	0.98	1.42	1.63	1.06	2.84	2.40	1.52	1.32
方差	$\bar{X}$	2.21	2.98	2.93	1.54	6.00	4.17	1.03	0.18
Variance	σ_x	1.52	1.80	2.15	0.85	5.15	1.70	0.62	0.11
均一性	$\bar{X}$	0.484	0.432	0.428	0.504	0.387	0.386	0.568	0.846
Homogeneity	σ_x	0.092	0.08	0.08	0.060	0.105	0.057	0.080	0.057
反差	$\bar{X}$	4.15	5.66	5.74	3.28	12.77	7.02	2.55	0.54
Contrast	σ_x	2.56	2.76	2.97	1.44	10.40	2.12	1.48	1.08
相异性	$\bar{X}$	1.486	1.777	1.788	1.341	2.506	2.039	1.119	0.331
Dissimilarity	σ_x	0.451	0.455	0.449	0.279	0.982	0.313	0.306	0.142
熵	$\bar{X}$	1.89	1.98	1.94	1.89	1.97	2.04	1.70	0.85
Entropy	σ_x	0.19	0.14	0.14	0.13	0.16	0.07	0.22	0.32
角二阶距	$\bar{X}$	0.17	0.149	0.158	0.164	0.152	0.137	0.213	0.513
ASM	σ_x	0.046	0.028	0.03	0.026	0.034	0.011	0.062	0.164
相关	$\bar{X}$	-291.6	-272.9	-195.8	-162.8	-234.6	-317	-47.6	0.8
Correlation	σ_x	454.8	594.8	709.3	283.5	498.0	226.7	105.6	0.8

2.2 纹理特征的选取

为了有效地提取各种土地利用类型,本研究选取平均值之间差异明显、方差和离散系数较小的纹理特征参数作为分类的阈值,进行分类。由表 1、表 2 及上述分析可知,各土地利用类型的相关、方差和反差 3 个纹理特征参数的均方差和离散系数均较大,说明数据的变异幅度大,整齐性较差,不利于分

类,予以剔除;重度荒漠化、中度荒漠化和轻度荒漠化的纹理特征相似,除均值纹理特征参数外,其他纹理特征参数间的差异不明显,无法进行分类,可见只有纹理特征参数均值符合选取的条件。统计分析得到置信度为 99%的均值纹理特征参数值的置信区间,如图 3 所示。

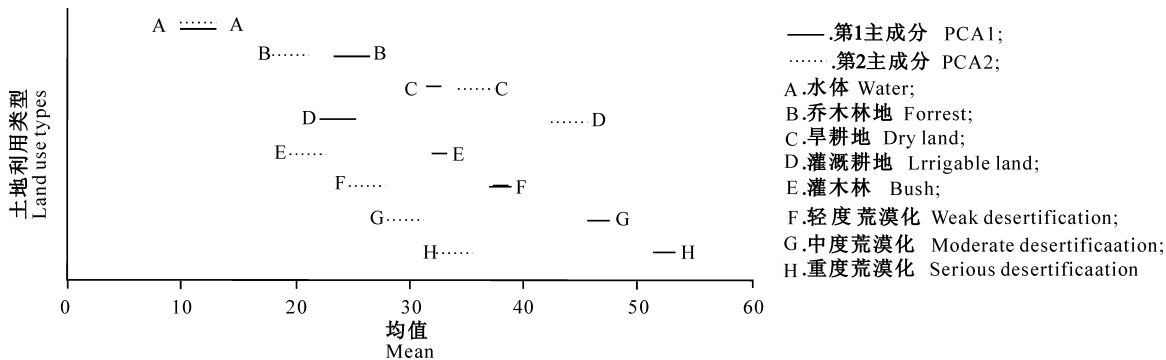


图 3 第 1 主成分和第 2 主成分均值纹理特征的置信区间

Fig. 3 Confidence interval of Mean of PCA1 and PCA2 in the test area

由图 3 可见,第 1 主成分中,均值由高到低的地类依次为:重度荒漠化、中度荒漠化、轻度荒漠化、旱

耕地和灌木林、灌溉耕地和乔木林地、水体;重度荒漠化、中度荒漠化、轻度荒漠化的置信区间与其他土

地利用类型的置信区间没有重叠;旱耕地和灌木林、灌溉耕地和乔木林地之间置信区间有重叠,无法区分;第 2 主成分中,旱耕地和灌木林、灌溉耕地和乔木林地之间的置信区间差异非常明显,易于区分。

2.3 基于纹理信息的图像分类

根据上述分析,本研究采用均值纹理特征值作为分类指标,运用分层分类^[8]的方法(图 4)确定阈值,依次提取不同土地利用类型,结果见图 5。

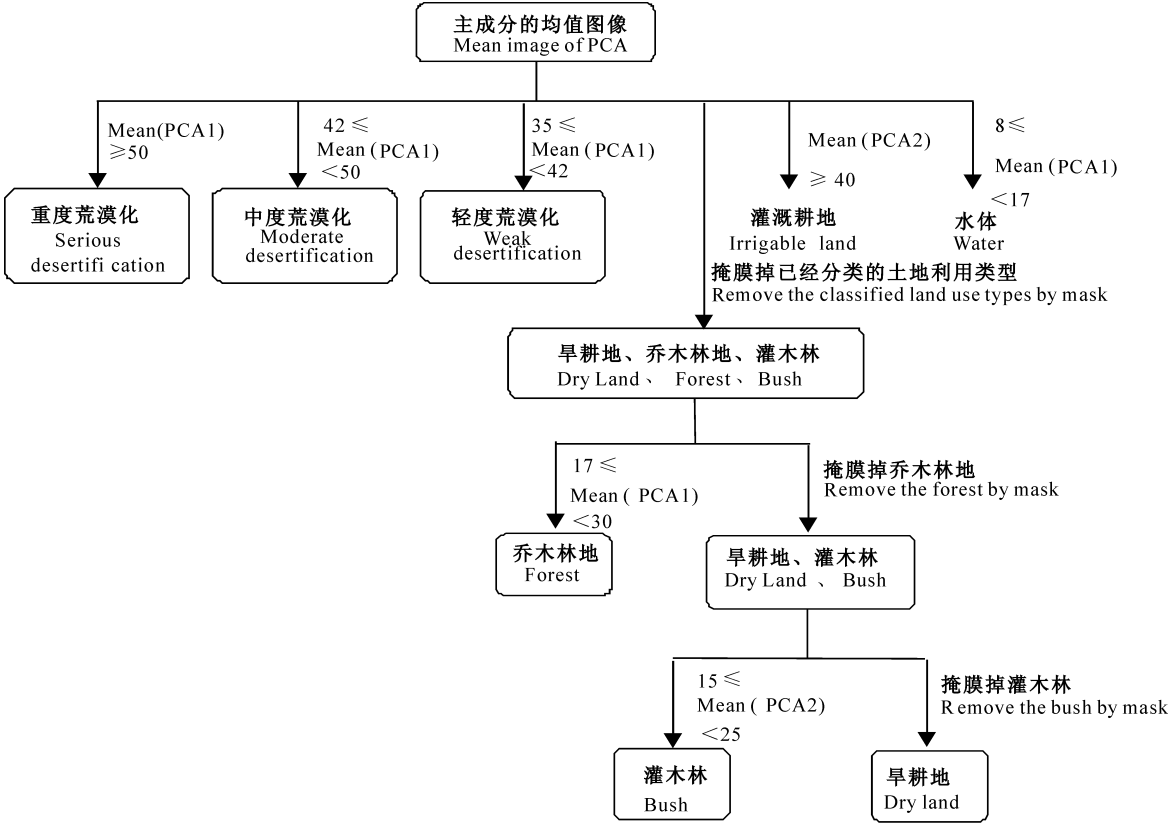


图 4 不同土地利用类型分层提取的方案

Fig. 4 Multi-layer information extraction different land use types

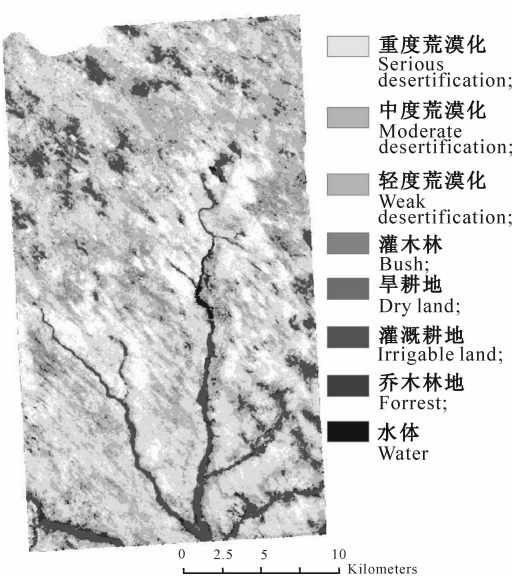


图 5 基于均值纹理特征的不同土地利用类型分类结果

Fig. 5 Classification result of different land use types based on Mean of texture feature

从图 5 中随机选取 256 个点进行精度分析,得

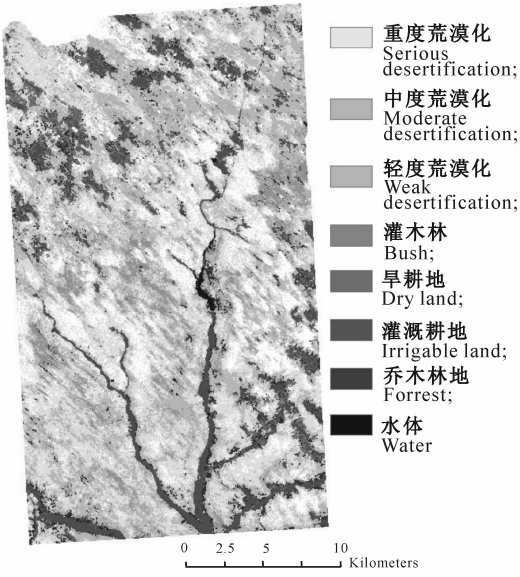


图 6 不同土地利用类型最大似然法分类结果

Fig. 6 Classification result of different land use types based on spectrum

到精度混淆矩阵(表 3)。从表 3 可以看出,重度荒

漠化和水体的分类精度均较高,旱耕地和灌木林精度较低。分析其原因,旱耕地和灌木林的光谱及纹理相近,界限不好掌握,容易与林地混分。各种土地利用类型的 Kappa 指数均达到了最低允许的判别精度 0. 7^[9-10],总体精度达到 91. 80%,Kappa 指数平均值为 0. 896 9,符合分类要求。

表 3 基于纹理分类的混淆矩阵和精度评价

Table 3 Error matrix and accuracy assessment based on texture classification

土地利用类型 Land use type	重度荒漠化 Serious desertification	中度荒漠化 Moderate desertification	轻度荒漠化 Weak desertification	灌木林 Bush	旱耕地 Dry land	灌溉耕地 Irrigable land	乔木林地 Forest	水体 Water	用户精度/% Users accuracy	指数 Kappa
重度荒漠化 Serious desertification	25	0	0	0	0	0	0	0	100	1. 000 0
中度荒漠化 Moderate desertification	1	78	6	0	0	0	0	0	91. 76	0. 880 2
轻度荒漠化 Weak desertification	0	2	61	3	1	0	0	0	91. 04	0. 878 7
灌木林 Bush	0	0	0	19	1	0	2	0	86. 36	0. 848 2
旱耕地 Dry land	0	0	0	3	11	0	0	0	78. 57	0. 774 3
灌溉耕地 Irrigable land	0	0	0	0	0	21	1	0	95. 45	0. 950 5
乔木林地 Forrest	0	0	0	1	0	0	10	0	90. 91	0. 904 2
水体 Water	0	0	0	0	0	0	0	10	100	1. 000 0
生产精度/% Producer's accuracy	96. 15	97. 50	91. 04	73. 08	84. 62	100	76. 92	100		

2. 4 基于纹理与基于光谱信息的最大似然法图像分类结果比较

最大似然法是传统计算机分类法中最常用且精度较高的一种监督分类方法^[11],有严密的理论基础。本研究在 Envi4. 2 下,利用最大似然法对研究对象进行分类,结果见图 6,精度评价结果见表 4。

表 4 基于最大似然法分类的混淆矩阵和精度评价

Table 4 Error matrix and accuracy assessment based on MLC classification

土地利用类型 Land use types	重度荒漠化 Serious desertification	中度荒漠化 Moderate desertification	轻度荒漠化 Weak desertification	灌木林 Bush	旱耕地 Dry land	灌溉耕地 Irrigable land	乔木林地 Forest	水体 Water	用户精度/% Users accuracy	指数 Kappa
重度荒漠化 Serious desertification	32	7	1	0	0	0	0	0	80	0. 768 3
中度荒漠化 Moderate desertification	7	70	6	0	0	0	0	0	84. 34	0. 776 8
轻度荒漠化 Weak desertification	0	8	73	6	1	0	0	0	83. 91	0. 755 9
灌木林 Bush	0	0	3	17	0	0	1	0	80. 95	0. 790 4
旱耕地 Dry land	0	0	3	2	10	1	0	0	62. 5	0. 608 5
灌溉耕地 Irrigable land	0	0	0	0	1	13	1	0	86. 67	0. 859 8
乔木林地 Forrest	0	0	0	1	0	0	11	0	91. 67	0. 912 7
水体 Water	0	0	0	0	0	0	0	10	100	1. 000 0
生产精度% Producer's accuracy	82. 05	82. 35	84. 88	65. 38	83. 33	92. 86	84. 62	100		

将基于光谱信息的最大似然法分类结果与基于纹理的分类结果进行比较可知,基于光谱信息的最大似然法分类精度偏低,尤其灌木林和旱耕地的分类精度较低。而基于纹理的分层分类法分类精度有

一定的提高(分别达到 91.80%和 0.896 9),特别是灌木林和旱耕地的 Kappa 系数分别提高了 0.057 8 和 0.165 8,说明纹理信息对分类精度有一定的改善。

3 结论与讨论

在 TM 影像分类中,基于光谱的分类方法是常用的分类方法之一,但该法 TM 影像的分辨率较低,无法准确地提取出光谱特征混淆的土地利用类型信息。本研究引用纹理特征,通过纹理分析来弥补基于光谱的分类方法的不足。如果条件允许,为了获得更好的纹理特征,可以考虑使用更高分辨率的遥感影像,将 TM 影像丰富的光谱信息与高分辨率遥感影像的纹理信息相结合进行分类。本研究在阈值选取时,通过分析特征值置信区间,确定阈值范围,取得了较好的分类结果,因而未对阈值的选取方法做进一步的探索。本研究区为风沙草滩区,地势平缓,利用纹理特征中的均值取得较好的分类效果,但该方法 and 统计指标的选取是否适用于黄土丘陵沟壑区,甚至更大范围的其他地区,还有待于进一步研究。

本研究通过主成分变换,基于纹理信息,采用分层分类的方法,使分类结果的总体精度达到 91.80%,Kappa 值为 0.896 9,比刘文娟^[12]、王锐^[13]、贾科利^[14]应用同一 TM 影像,采用基于光谱信息的最大似然法所得到的分类精度(总体分类精度分别为 89.06%,85.36%和 89.57%,Kappa 指数为 0.882 2,0.842 和 0.799 8)有一定程度的提高。主成分变换能够使不同土地利用类型之间的差异明显,有助于对地物的分类识别和信息提取。纹理特征分析方法能够获得各类地物更详细的灰度分布和变化信息,提高分类精度。分层分类法每次针对特定目标提取^[15],然后将该目标从原图像中剔除,避免其对其他信息提取的影响,最大限度地降低了混分的概率,提高了影像的分类精度。

参考文献

- [1] 王 辉,王克奇,白雪冰. 噪声环境下木材纹理分类的研究[J]. 林业机械与木工设备,2006,34(10):13-15.
Wang H, Wang K Q, Bai X B. The research on wood texture classification in noise environment [J]. Forestry Machinery & Woodworking Equipment, 2006, 34(10): 13-15. (in Chinese)
- [2] 田艳琴,郭 平,卢汉清. 基于灰度共生矩阵的多波段遥感图像纹理特征的提取 [J]. 计算机科学,2004,31(12):162-164.
Tian Y Q, Guo P, Lu H Q. Texture feature extraction of multi-

- band remote sensing image based on gray level co-occurrence matrix [J]. Computer Science, 2004, 31(12): 162-164. (in Chinese)
- [3] 姜青香,刘慧平. 利用纹理分析方法提取 TM 图像信息 [J]. 遥感学报,2004,8(5):458-464.
Jiang Q X, Liu H P. Extracting TM image information using texture analysis [J]. Journal of remote sensing, 2004, 8(5): 458-464. (in Chinese)
- [4] 颜梅春,张友静,鲍艳松. 基于灰度共生矩阵法的 IKONOS 影像中竹林信息提取 [J]. 遥感信息,2004(2):31-35.
Yan M C, Zhang Y J, Bao Y S. Deriving bamboos from IKONOS image by texture information [J]. Remote sensing information, 2004(2): 31-35. (in Chinese)
- [5] 刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究 [M]. 北京:中国科学技术出版社,1996:7-10.
Liu J Y. Macroscopic survey and dynamic research for resources & environment remote sensing survey in China [M]. Beijing: China Scientific and Technologic Press, 1996: 7-10. (in Chinese)
- [6] 郝成元,吴少红,杨勤业. 毛乌素地区沙漠化与土地利用研究 [J]. 中国沙漠, 2006, 25(1): 33-39.
Hao C Y, Wu S H, Yang Q Y. Research on relationship between sandy desertification and land-use in Mu Us Region [J]. Journal of desert research, 2006, 25(1): 33-39. (in Chinese)
- [7] 崔林丽. 遥感影像解译特征的综合分析与评价 [D]. 北京:中国科学院遥感应用研究所,2005.
Cui L L. Integrative analysis and evaluation of the interpretation features in remote sensing image [D]. Beijing: Institute of Remote Sensing Applications Chinese Academy of Sciences, 2005. (in Chinese)
- [8] 赵英时. 遥感应用分析原理与方法 [M]. 北京:科学出版社,2003:222-226.
Zhao Y S. The principle analysis and methodology of remote sensing application [M]. Beijing: Science Press, 2003: 222-226. (in Chinese)
- [9] 梁 继,王 建,王建华. 基于光谱角分类器遥感影像的自动分类和精度分析研究 [J]. 遥感技术与应用,2002,17(6):299-303.
Liang J, Wang J, Wang J H. Study on automatic classification and accuracy analysis of remote sensing image based on SAM [J]. Remote Sensing Technology and Application, 2002, 17(6): 299-303. (in Chinese)
- [10] Lucas I F J, Frans J M, Wel V D. Accuracy assessment of satellite derived land-cover data: a review [J]. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 1994, 60(4): 410-432.
- [11] 李 静,刘钦火,刘 强,等. 基于波谱知识的 CBERS-02 卫星遥感图像棉花像元识别方法研究 [J]. 中国科学: E 辑, 信息科学, 2005, 35(增刊 I): 141-155.
Li j, Liu Q H, Liu Q. The research on recognition of cotton pixel of CBERS-02 satellite remote sensing image based on spectrum knowledge [J]. Science in China: Ser E, Information Science, 2005, 35(S D): 141-155. (in Chinese)