

塔里木河上游地区土壤盐渍化信息提取研究

周小虎¹, 王政伟², 万余庆²

(1. 西北大学 地质学系/大陆动力学国家重点实验室, 陕西 西安 710069; 2. 中国煤炭地质总局 航测遥感局, 陕西 西安 710054)

摘要: 塔里木河流域气候干燥, 蒸发量远大于降雨量, 而且利用高矿化地表水资源灌溉, 引起土壤盐渍化。选取土壤盐渍化严重的塔里木河上游地区为研究对象, 在第4波段选取阈值将水体和居民地剔除, 对植被指数选取阈值将非盐渍化土壤与盐渍化土壤分开, 应用主成分分析和土壤指数对盐渍化土进行图像变换, 得到盐渍化土的图像特征, 通过判别函数值的大小对光谱特征进行信息量排序, 取信息量最丰富的前3种光谱特征。在此基础上结合地下水埋深、矿化度等地理信息对土壤盐渍化信息进行综合提取和分类, 提高了土壤盐渍化的分类精度, 可快速查明塔里木河流域土壤盐渍化的现状, 对加快塔里木河流域综合治理, 恢复塔里木河上游绿色走廊具有重要意义。

关键词: 塔里木河; 土壤盐渍化; 信息提取; ETM

中图分类号: P 237.3 文献标识码: A 文章编号: 1000-2324(2008)04-0572-05

收稿日期: 2005-10-11

基金项目: 973重大基础研究前期研究专项(2003C C01500), 世界银行贷款项目(Cr3093-CHA/Ln4341-CHA)

作者简介: 周小虎(1974-), 男, 陕西省西安人, 博士, 主要从事高光谱遥感及构造地质学研究。

THE INFORMATION EXTRACTION STUDY OF SOIL SALINIZATION IN UPPER TARIM RIVER

ZHOU Xiao-hu¹, WANG Zheng-wei², WAN Yu-qing²

(1. Department of Geology/ State Key Laboratory of Continental Dynamics, Northwest University, Xi'an 710069, China; 2. Aerophotogrammetry and Remote Sensing Center of China Coal, Xi'an 710054, China)

Abstract: The climate in Tarim river valley is dry. And the evaporation far exceeds rainfall there. And that using high salinity surface water to irrigating caused soil salinization in this area. Choosing upper Tarim river area where soil salinization is strictness as study object, setting the proper threshold on band 4 to reject water body and settlement place, choosing the right threshold for vegetation index image to separate saline-alkali land and non-saline-alkali land, applying principal component analysis and soil index to transform the image, then obtaining the image characteristics of soil salinization. Sorting the spectral characteristics according to the result of discriminant, acquiring the first 3 spectral characteristics which containing richest amount of information. On this basis, combining the groundwater depth, salinity, and other geographic information to extracting and classing the soil salinization information, increased the classification accuracy of soil salinization. It could rapidly identifying the status quo of Tarim river valley, which has great significance in speeding up the Tarim river comprehensive management and restoring the green corridor of the upper reaches of Tarim River.

Key Words: Tarim river; soil salinization; information extraction; ETM

1 引言

土壤盐渍化是一种重要的环境灾害, 是导致土壤退化的一个主要原因, 可引起土壤板结、加重土壤侵蚀[1]。全国土壤盐渍化面积约99.13万km², 新疆土壤盐渍化面积为21.81万km², 占全国22%[2], 主要分布于塔里木河流域。该区是新疆重要的优质棉粮基地, 土壤盐渍化已成为制约流域经济、社会可持续发展的重要因素。监测和调查土壤盐渍化, 对加快塔里木河流域综合治理, 恢复塔里木河上游绿色走廊具有重要意义。遥感技术可快速、高效地监测和提取土壤盐渍化信息。

在土壤盐渍化的遥感监测研究方面, 包括中巴资源卫星、ASTER、TM、雷达图像、高光谱遥感等多时相、多类型的遥感图像已应用在世界不同地区的土壤盐渍化监测和信息提取方面[3-12], 这些研究主要是利用盐渍化土壤的光谱反射特性来进行的[13]。在土壤盐渍化信息提取方面, Ben-Dor认为主成分分析的第一分量是识别盐碱化的最有效组分[14], 骆玉霞使用主成分分析和缨帽变换分量进行土壤盐渍化光谱特征信息提取[15], Taylor通过对高光谱遥感图像进行最小噪声去除、主成分分析提取土壤盐渍化纯净像元[16]。吴志芬认为植被的类型和空间分布等与土壤含盐量关系极为密切[17-18]。还有一些研究人员将遥感图像进行缨帽变换后结合相关信息对土壤盐渍化进行分析[19]。

遥感图像经图像处理直接提取土壤盐渍化信息方法简便实用, 但主要是从遥感图像本身进行监测和信息提取, 没有考虑地理因素对土壤盐渍化的影响。本文选取土壤盐渍化严重的塔里木河上游地区为研究对象, 在对ETM遥感图像进行信息提取的基础上结合地下水埋深、矿化度等地理信息对土壤盐渍化信息进行综合提取和分类, 提高土壤盐渍化的分类精度, 可快速查明塔里木河流域土壤盐渍化的现状与成因, 为综合区划、土壤改良和区域农业可持续发展提供科学依据。

2 研究区概况

塔里木河位于新疆塔里木盆地北缘, 是我国最长的内陆河。地理坐标为东经73° 10' ~94° 05', 北纬34° 55' ~43° 08', 全长2 437 km。英巴扎以上为塔里木河上游, 长369 km。塔里木河流域属暖温带极干旱大陆性气候, 年降水量18.1~76.0 mm, 蒸发量1 890.1~3 229.3 mm, 由于蒸发强烈, 极易生成盐渍化土壤, 尤以塔里木河上游地区表现最为突出。

在旱季泛盐季节, 盐渍化土壤表层结盐壳或盐皮, 地表光滑, 坚实而发白, 其光谱反射率要比其它土壤高, 在可见光谱段和近红外谱段, 盐渍化土壤在遥感图像上的色调都比其它土壤淡。盐分含量越高, 光谱反射能力越强。由于土壤中的主要盐分为白色晶体, 土壤中盐分的含量能影响土壤光谱的总亮度。所以在影像图上, 可根据影像白色色调的含量来区分不同程度的盐渍化土壤。但在一些排水不畅或土质较粘地段, 会发生盐分聚积使光谱反射率降低, 在遥感图像上出现较暗阴影。

3 土壤盐渍化信息提取

3.1 ETM影像特征分析



图1 塔里木河上游土壤盐渍化 ETM 图像

Fig. 1 Salt - affected ETM image of upper tarim river

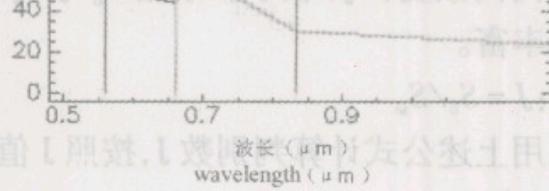


图2 ETM2、3、4 波段对典型地物的光谱曲线

Fig. 2 Typical spectral curves of ETM band 2, 3, 4

选取2004年10月29日塔里木河上游的ETM图像，经对比采用432波段组合的图像对盐渍化土壤反映较好，对图像进行全色波段融合、色彩调整、控制点校正等前期预处理后生成假彩色图像（图1）。从其光谱曲线可看出盐渍化土壤的光谱曲线高出平均曲线，其它地物低于或围绕平均曲线起伏（图2）。曲线走向上，盐渍化土壤、植被、居民地、水基本一致，但变化幅度不同。盐渍化土壤在红光波段（0.63~0.69 μm）具强反射率，水体在绿光波段（0.52~0.60 μm）具强反射率，植被在红外波段具强分辨率，居民地在这三个波段的反射率都不高。

3.2 特征信息提取

根据研究区典型地物光谱曲线，由于ETM第4波段为水的强吸收区和居民地的低反射区，选取一定阈值将水体和居民地剔除。

土壤含盐量越高，越不利于植物的生长发育。土壤的盐渍化对植被和作物的盖层来说，会显出近红外反射率的降低。受到盐渍化影响的植物，其植被指数比非盐渍化要低，影像色调较暗。对植被指数选取一定阈值可将非盐渍化土壤与盐渍化土壤分开。

应用K-L变换和土壤指数对盐渍化土壤进行图像变换，从中得到盐渍化土壤的图像特征。

土壤指数为经验指数，其计算公式为：

$$SI = (B_3 - (255 - B_4)) / (B_3 + (255 - B_4))$$

K-L变换是正交线性变化，变换后得到一组新变量，依次为第1主成分、第2主成分、...第n主成分。新变量第i分量是原始图像矩阵分量以第i个特征向量的各分量为权的加权和，新变量均是原始图像矩阵分量的线性组合，它综合了原有各特征信息，因此新的n维随机矢量能很好地反映原有事物的特征。

K-L变换后第1主成分包含了大部分总方差，而方差与信息量一致，其余主成分所包含的信息依次迅速减小（表1）。在原空间中各分量是相互斜交的，具有较大相关性，K-L变换后在新空间中各分量是直交并相互独立的，相关系数为零（表2），且信息集中于前几个分量上，所以在信息损失最小前提下，可用较少的分量代替原高维数据，达到降维效果。

表1 图像变换前后各通道统计参数

Table 1 The statistical parameters of all channels before and after image transforming

原始图像数据各通道的统计参数					变换后数据各通道的统计参数				
Statistical parameters of each original image channels K-L					Statistical parameters of the each original image channels after K-L transform				
波段	最小值	最大值	均值	均方差	波段	最小值	最大值	均值	均方差
Band	Minimum	Maximum	Average	Standard deviation	Band	Minimum	Maximum	Average	Standard deviation
1	0	125	62.96	40.95	1	-175.63	168.99	0	91.12
2	0	130	60.33	40.14	2	-115.09	43.24	0	13.67
3	0	165	72.48	49.57	3	-70.90	113.88	0	8.98
4	0	123	62.26	40.57	4	-66.81	34.09	0	3.12
5	0	211	69.65	47.95	5	-14.31	70.92	0	2.13
7	0	255	58.60	42.27	7	-7.98	10.58	0	0.83

通过特征提取得到的图像特征有时并不能很好地表达其类别特征，需进行特征选择，即根据众多特征经过一定的变换形成一组能够有效地描述地物类别特征的模式量度。特征选择的原则为：使各类地物类间离散度（ S_b ）较大而类内离散度（ S_w ）较小。采用 S_b/S_w 的比值作为判别函数J进行特征选择，判别数J越大则包含的信息量越丰富。

判别数J表达式为： $J = S_b / S_w$

对提取的光谱特征用上述公式计算判别数J，按照J值大小对光谱特征进行信息量排序。取信息量最丰富的前3种光谱特征（表3）。

3.3 遥感信息与地理影响因素综合分析

土壤盐渍化是一定气候、地形、水文地质等条件共同对水盐运动产生影响的结果。在遥感图像信息处理和提取的基础上还需考虑其它地理因素对土壤盐渍化的影响，影响较大的因素包括地下水埋深、地下水矿化度和土体构造等。利用栅格化盐渍化

程度等级类型分布与栅格化土体构造、地下水埋深和地下水矿化度进行叠加分析。因地下水矿化度、地下水埋深、土体构造三个因素对盐渍化程度的影响是相互作用、相互影响的复杂过程，将单因子独立地用于判别盐渍化程度是不准确的。因此，在最终复合信息中，加入一个地学信息波段，是上述三种地学数据图像综合后以单波段形式反映背景条件状况。在生成综合地学图像后，对影响盐渍化程度的背景因子进行权重分析。

表2 图像变换前后各通道相关系数矩阵

Table 2 The correlation coefficient matrix of all channels before and after image transforming

原始图像数据相关系数矩阵							K-L变换后数据相关系数矩阵						
Correlation coefficient matrix of each original image data channels							Correlation coefficient matrix after K-L transform						
波段Band	1	2	3	4	5	7	波段Band	1	2	3	4	5	7
1	1.00	0.99	0.98	0.98	0.97	0.95	1	1.0	0	0	0	0	0
2	0.99	1.00	0.99	0.98	0.98	0.97	2	0	1.0	0	0	0	0
3	0.98	0.99	1.00	0.97	0.98	0.98	3	0	0	1.0	0	0	0
4	0.98	0.98	0.97	1.00	0.97	0.94	4	0	0	0	1.0	0	0
5	0.97	0.98	0.98	0.97	1.00	0.98	5	0	0	0	0	1.0	0
7	0.95	0.97	0.98	0.94	0.98	1.00	7	0	0	0	0	0	1.0

表3 特征选择结果

Table 3 Characteristic choosing result

信息量排序	光谱特征	J值
Information sorting	Spectral characteristics	J value
1	六个波段1次K-L变换第四主成分the fourth PCA band after once K-L transform of six-band	100
2	第1、4、5、7波段2次K-L变换band 1,4,5,7 after twice K-L transform	83.96
3	土壤指数Soil index	62.93

采用回归系数法评定因子权重，在盐渍化程度等级与影响因子之间建立回归方程，将影响因子的回归系数作为其权重。将盐渍化程度作为因变量（y），影响因子为地下水矿化度（ x_1 ）、地下水埋深（ x_2 ）、土体构造（ x_3 ），建立多元回归方程：

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3$$

将各回归因子的标准回归系数值按下列公式算出：

$$r_s = \frac{b_s}{\sum_{s=1}^3 b_s} \times 100\%$$

即可求的影响因子的权重 r_s 。

若地理信息波段在坐标（x，y）处的值为B（x，y），地下水矿化度、地下水埋深、土体构造在坐标（x，y）处的值分别为 $A_1(x, y)$ 、 $A_2(x, y)$ 、 $A_3(x, y)$ ，则其关系式为：

$$B(x, y) = r_1 \times A_1(x, y) + r_2 \times A_2(x, y) + r_3 \times A_3(x, y)$$

通过上式求得复合地理信息波段。

把非遥感数据的地理信息波段看作多光谱或多时相数据中的一个波段，将光谱信息和地理信息重叠，通过参考地物样方库和解译标志库，在特征图像上选择其相对应的感兴趣区，通过距离分离器对图像进行分类提取（图3）。

4 结论

本文综合运用了遥感图像分类方法和地理影响因素提取土壤盐渍化信息，提高了盐渍化土壤提取精度。但更精确地获取定量监测结果还存在相当难度，主要是由于光谱混合、图像的光谱分辨率较低，且盐渍化土壤中物质组成的复杂性和不稳定性也增大了研究难度。若要综合遥感数据的光谱信息和其它地理因素，掌握土壤盐渍化的变化规律并有效地进行预测，完善遥感信息反演方法，保证遥感信息反演精度，还需加强遥感技术的基础研究，建立土壤盐渍化标准光谱信息库，以提高遥感信息提取和分类的精度。



图3 土壤盐渍化分类结果

Fig.3 Classification result of soil salinization

参考文献

- [1] 亢庆, 于嵘, 张增祥, 等. 土壤盐渍化遥感应用研究进展[J]. 遥感技术与应用, 2005, 20 (4): 447-454
- [2] 赵思峰. 新疆盐碱地的综合治理研究[J]. 农机化研究, 2006, (9): 33-34
- [3] 杨英莲, 伏洋. 中巴资源卫星在青海省土地利用遥感监测中的应用[J]. 青海气象, 2002, (2): 40-42
- [4] 于嵘, 亢庆. 中国西北盐碱区植被盖度遥感方法分析[J]. 干旱区资源与环境, 2006, 20 (2): 154-158
- [5] McGowen I, Mallyon S. Detection of dryland salinity using single and multi-temporal landsat imagery[A]. Proceedings of the 8th Australasian Remote Sensing Conference [C]. Canberra, 1996. 26-34
- [6] Golovina N N, Minsky D, Pankova Y, et al. Automated air photo interpretation in the mapping of soil salinization in cotton-growing zones[J]. Mapping Sciences and Remote Sensing, 1992, 29: 262-268
- [7] Evans F, Caccetta P. Broad-scale spatial prediction areas at risk from dryland salinity[J]. Cartography, 2000, 29: 33-40
- [8] 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
- [9] 霍东民, 张景雄, 孙家柄. 利用CBERS-1卫星数据进行盐碱地专题信息提取研究[J]. 国土资源遥感, 2001, 48 (2): 48-52
- [10] Metternicht G I, Zink J A. Remote sensing of soil salinity: potentials and constraints[J]. Remote Sensing of Environment, 2003, 85: 1-20
- [11] Everitt J, Escobar D, Gerbermann A. Detecting saline soils with video imagery[J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1998, 54: 1283-1287
- [12] Wiegand D L, Everitt J H, Richardson A J. Comparison of multispectral video and SPOT-1 HRV observations for cotton affected by soil Salinity[J]. International Journal of Remote Sensing, 1992, 13: 1511-1525
- [13] 邹兆平. 遥感与农业[M]. 北京: 农业出版社, 1983
- [14] Ben-Dor E, Patkin K, Banin A. Mapping of several soil properties using DAIS-7915 hyperspectral scanner data, a case study over soils in israel[J]. International Journal of Remote Sensing, 2002, 23: 1043-1062
- [15] 骆玉霞, 陈焕伟. GIS支持下的TM图像土壤盐渍化分级[J]. 遥感信息, 2001, (4): 12-15
- [16] Dehaan R L, Taylor G R. Field-derived spectra of salinized soils and vegetation as indicators of irrigation-induced soil salinization[J]. Remote Sensing of Environment, 2002, 80: 406-417
- [17] 吴志芬, 赵善伦, 张学雷. 黄河三角洲盐生植被与土壤盐分的相关性研究[J]. 植物生态学报, 1994, 18 (2): 184-193
- [18] 刘玉新, 张立宾, 崔宏伟. 中亚滨藜的耐盐性及其对滨海盐渍土的改良效果研究[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2006, 37 (2): 167-171
- [19] 彭望. 土壤盐渍化量化的遥感与GIS实验[J]. 遥感学报, 1997, 1 (3): 237-240

[返回](#)