

基于多源数据的干旱区盐渍地信息提取

何祺胜^{1,2}, 曹春香¹, 塔西甫拉提·特依拜³

(1. 中国科学院遥感应用研究所遥感科学国家重点实验室, 北京 100101;

2. 中国科学院研究生院, 北京 100049;

3. 新疆大学资源与环境科学学院绿洲生态教育部重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830046)

摘要:土壤盐渍化严重威胁着干旱区绿洲的稳定与可持续发展,因此借助遥感手段快速提取盐渍地信息并及时掌握其空间分布有着重要的现实意义。以塔里木盆地北缘盐渍地普遍发育区域库车绿洲为例,探讨了干旱区以盐生植被红柳为主要覆盖的盐渍地信息的提取方法。综合利用 TM 卫星图像数据以及 Radarsat 雷达数据,分析了研究区主要地物的光谱特征及其波段间的相互运算,从而分析盐渍地与其它地物之间的可分性。着重分析了雷达波段作为一个波段加入 ETM 的 6 波段中一起参与主成分变换后对盐渍地信息的提取。研究表明:K-L-5(第五主成分)是提取重度盐渍地信息的最佳波段, TM1 是区分红柳覆盖区(轻、中度)盐渍地信息的最佳波段,提取盐渍地信息时混分的水体信息可以通过 MNDWI(改进归一化差异水体指数)设定一定的阈值予以剔除,混分的植被信息可以通过 NDVI 设定一定的阈值予以剔除。根据以上分析,建立决策树模型进行盐渍地信息的提取。结果表明,该方法的总体提取效果较好,是干旱区监测盐渍地变化的有效手段。同时也说明由于雷达波段的参与增加了盐渍地与其它地物之间的可分性,为雷达影像在提取盐渍地信息方面提供了一条有效途径。

关键词: ETM; Radarsat; 决策树; 盐渍地信息提取; NDVI MNDWI K-L 变换

中图分类号: TP 79 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-0323(2010)02-0209-07

1 引言

土壤盐渍化是由于表土层易溶盐含量过高而造成绝大多数植物难以生长和土地贫瘠的土地资源退化。盐渍化土壤多分布在气候干旱、半干旱的平原地区^[1],严重影响生态环境和社会经济的发展。

利用遥感技术和 GIS 手段快速获得区域土壤普查资料取得了显著成效,在数据源方面主要是基于可见光波段^[2-6]。随着微波遥感的发展,不少学者也对用微波遥感技术进行土壤盐碱化监测做了探讨和研究。微波遥感具有全天候、全天时的特点,对地表有一定的穿透性,能探测一定深度的地下信息。并认为 L 和 C 波段传感器的结合使用可用来进行土壤盐碱化的监测^[7-10]。

本文综合利用 ETM 影像和雷达影像,结合地

面野外考察数据,通过波段之间的运算以及主成分分析,详细分析了典型地物的光谱特征,采用决策树法研究了以盐生植被红柳为主要覆盖的盐渍地信息的提取,选取库车绿洲这一典型区域作为研究区。

2 研究区概况及数据源

库车绿洲位于天山南麓,塔里木盆地北缘,地处南疆腹地渭干河—库车河三角洲地带,是南疆具有一定代表性的典型绿洲^[11]。库车绿洲属大陆性暖温带极端干旱气候,多年年平均降水量 51.6 mm,多年平均蒸发量 2 123.7 mm,蒸降比约 40:1。本区地下水位高,土壤下层构成物颗粒轻细,透水性差,因而造成土壤的盐渍化比较普遍,在古河道、河漫滩、泉水溢出带等地下水浅埋区,分布着大面积的盐渍化土和盐土。盐渍地分区在中国土壤盐渍分区

收稿日期:2009-02-1;修订日期:2010-03-17

基金项目:国家自然科学基金项目(40261006),国家自然科学基金项目(40871173),自治区高校科研计划项目(XJEDU2004I06),青海省重大科技攻关计划(2006-G-160-01)资助。

作者简介:何祺胜(1981—),男,博士研究生,主要从事资源环境、定量遥感以及地理信息系统应用研究。E-mail:hqsf999@163.com。

图上为:青、新极端干旱漠境盐渍区。

本文采用的图像数据为 2001 年 8 月 6 日成像的 Landsat-7 ETM+ 影像,已经经过几何和辐射校正、坐标转换等技术处理,空间分辨率为 28.5 m。以及 2001 年 3 月 21 日成像的加拿大 Radarsat 数据,其参数为:标准模式(S4),C 波段,入射角度为 36.714°,HH 极化方式,分辨率为 12.5 m,图像的地表覆盖范围为 100 km×100 km。本次研究选取一块有代表性的、盐渍土壤面积较大的区域进行研究,首先通过目视,去除绿洲上部的砾石及部分戈壁区,由于雷达图像的范围与 ETM 图像不同,为便于分析,选取如下的典型范围:边界范围为:左上角:41°41′45.73″N,82°54′50.12″E,右下角:41°24′34.55″N,83°50′35.24″E。

3 盐渍地专题信息提取

3.1 野外实地调查

2005 年 8 月 1~12 日和 2006 年 3 月 7~15 日,在庫车新沙绿洲进行了两次野外实地考察,考察该绿洲不同区域的盐渍地分布状况,重点考察在遥感影像上表现不同的盐渍地的情况,包括植被覆盖类型及其覆盖度、盐渍化程度、地表状况等。在遥感影像上通过目视解译选取有代表性的盐渍地,利用 GPS 进行准确定位,在采样点采集土样,对每个土壤样品测定了其 PH 值、矿化度、含盐量、电导率等,定量确定盐渍化的程度。

3.2 影像预处理

对 Landsat-7 ETM+ 影像,主要是进行几何和辐射校正。对 Radarsat 影像存在大量的斑点噪声,斑点噪声表现为图像灰度的剧烈变化,即在同一片均匀区域,有的分辨单元呈亮点,而有的单元呈暗点,降低了图像的空间分辨率,隐藏了图像的精细结构,严重影响图像的判读性和可解译性,甚至可能导致地物特征的消失。因此,对 SAR 图像首先要进行斑点噪声的消除。

针对本研究区,应用 Lee 滤波、增强 Lee 滤波、Frost 滤波、增强 Frost 滤波、Gamma 滤波、Kuan 滤波、Local Sigma 滤波、Bit Errors 滤波等滤波器对雷达影像进行处理,分析了不同窗口下图像变换后的标准差的变化,然后以平滑指数(FI)、边缘保持指数(ESI)为指标分析了不同窗口下典型地类区域重度盐渍地、中轻度盐渍地、农田、水体、粘土的变化。结果表明:增强 Lee 滤波和增强 Frost 滤波的去除斑点噪声的效果较为满意,本文采用增强 Frost 滤波

作为去除斑点噪声的方法,在此基础上对雷达影像进行校正。

3.3 提取方法

决策树分类法(Decision Tree Classifier)是以各像元的特征值为设定的基准位,分层逐次进行比较的分类方法。比较中所采用的特征的种类及基准值是按照地面实况数据及与目标物有关的知识等做成的。决策树分类法中,通过一次比较总能分割成两个组的叫双决策树法(Binary Decision Tree, BDT)。在决策树分类法中经常采用的特征有:光谱值,通过光谱值算出的指标(如 NDVI),光谱的算术运算(如和、差、比值等)和主成分等^[12]。合理选取特征量是运用决策树分类法进行专题信息提取的关键所在。本文综合利用 ETM 影像和雷达影像,在分析研究区主要地物光谱特征的基础上,提出了适合本研究区盐渍地信息提取的特征量。

3.3.1 盐渍地信息提取特征量选取

(1) NDVI(归一化植被指数)

植物叶片组织对蓝光(470 nm)和红光(650 nm)有强烈的吸收,对绿光尤其是近红外有强烈反射。这样可见光只有绿光被反射,植物呈现绿色。叶片中心海绵组织细胞和叶片背面细胞对近红外辐射(700~1 000 nm, NIR)有强烈反射。从红光到红外,裸地反射率基数较高但增幅很小。植被覆盖越高,红光反射越小,近红外反射越大。由于对红光的吸收很快饱和,只有 NIR 反射的增加才能反映植被增加。归一化植被指数被定义为近红外波段与可见光波段数值之差和这两个波段之和的比值。

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red) \quad (1)$$

本文选取归一化植被指数作为区分植被区与其它地物的特征变量,在庫车绿洲只有农田的值大于 0,其它地物的值均小于 0,因此通过对 NDVI 设定一定的阈值可以较好区分植被与非植被区。

(2) MNDWI(改进归一化差异水体指数)

Mcfeeters^[13]提出了归一化差异水体指数 NDWI(Normalized Difference Water Index),其公式如下:

$$NDWI = (Green - NIR) / (Green + NIR) \quad (2)$$

其中:Green 代表绿光波段, NIR 代表近红外波段。在 Landsat TM 影像中,分别为 2、4 波段。

由于水体的反射从可见光到中红外波段逐渐减弱,在近红外和中红外波长范围内吸收性最强,几乎无反射,因此用可见光波段和近红外波段的反差构成的 NDWI 可以突出影像中的水体信息。另外由于植被在近红外波段的反射率一般最强,因此采用

绿光波段与近红外波段的比值可以最大程度地抑制植被的信息,从而达到突出水体信息的目的。

然而,Mcfeeters 在构建 NDWI 指数时,只考虑到了植被因素,却忽略了地表的另一个重要地类——土壤/建筑物。由于后者在绿光和近红外波段的波谱特征与水体几乎一致,即在绿光(TM2)的反射率高于近红外波段(TM4),且有的还具有较大的反差。因此徐涵秋^[14]将 NDWI 指数作了修改,提出了以下的 MNDWI 指数:

MNDWI=(Green-MIR)/(Green+MIR) (3)

其中: MIR 为中红外波段,如 TM/ETM+ 的 5 波段。MNDWI 即为 Modified NDWI,意为改进归一化差异水体指数,以下简称为改进水体指数。

对库车绿洲进行分析表明,利用 NDWI 提取水体信息,与沙质土混淆严重,且水域提取不明显,但是 MNDWI 能较好提取水体信息,因此本文采用 MNDWI 作为区分水体与其它地物的特征变量。

(3) K—L 变换

K—L(Karhunen—Loeve)变换又称为主成分变换(Principal Component Transform,PCT),是在统计特征基础上的多维正交线性变换。K—L 变换的主要目的,就是要把原来多波段图像中的有用信息集中到数目尽可能少的新的主成分图像中,并使这些主成分图像之间互不相关。也就是说,各个主

成分包含的信息内容彼此不重叠,从而大大减少总数据量,消除冗余信息,突出有效信息。

然而即使第一主成分包含了 90% 以上的总方差,也不能用它来代替多波段信息,而且在很多情况下,不能一概用主成分的顺序(即方差或贡献率的大小)确定其在图像处理中的价值。因为第一主成分虽然包含了绝大部分信息,不一定是用户最感兴趣的有用信息,反过来说,在方差小的主成分图像上,虽然总的信息量少,但有可能恰好包含了所需要的某些地物信息^[15]。因此在对主成分进行取舍时应根据具体的应用目标而做具体分析。

本文将雷达波段作为一个波段加入 ETM 的 6 波段中,一起参与主成分变换。首先将雷达波段采用最近邻法重采样为分辨率为 28.5 m,与 ETM 的 6 波段有统一的分辨率,然后进行主成分变换。

由表 1 可以看出,雷达波段与 ETM 其它波段之间的相关性很小。可以看出,ETM1、2、3 波段之间的相关性较大,为可见光波段。ETM4 波段与其它波段之间的相关性较小,为近红外波段。ETM5、7 波段为中红外波段,与可见光波段有较大的相关性,而与其它波段相关性较小。雷达波段与其它波段为负相关,且相关性最小,说明雷达波段反映的信息与其它波段反映的信息差异较大,同时也说明雷达波段反映的信息与其它波段反映的信息具有较大的互补性。

表 1 ETM 图像和雷达图像相关系数表
Table 1 Correlation coefficient of ETM and SAR images

	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM7	SAR
TM1	1.0000	0.9693	0.9244	0.1630	0.7769	0.8108	-0.1986
TM2	0.9693	1.0000	0.9723	0.2192	0.8254	0.8642	-0.2260
TM3	0.9244	0.9723	1.0000	0.0915	0.7951	0.8683	-0.2407
TM4	0.1630	0.2192	0.0915	1.0000	0.4030	0.2128	-0.0142
TM5	0.7769	0.8254	0.7951	0.4030	1.0000	0.9683	-0.1661
TM7	0.8108	0.8642	0.8683	0.2128	0.9683	1.0000	-0.1823
SAR	-0.1986	-0.2260	-0.2407	-0.0142	-0.1661	-0.1823	1.0000

结合表 2 可以看出,由于雷达波段与其它波段为负相关,第一主成分雷达波段为正值,其它波段为负值,除 ETM4 和 SAR 波段外,基本与各波段的标准差成正比,可以认为第一主成分反映了光学波段和雷达波段的综合信息。从反映的地物之间的可分性来说,基本反映了重度盐渍地信息和沙质土信息,其亮度值较其它地物较小,易于与其它地物相区分,这两种地物的共同特点是基本无植被覆盖,为裸土信息。第二主成分只有雷达波段的值较高,其它波段的信息量基

本为 0,对应地物不明显。第三主成分 TM3、TM4 的值较大,反映的主要是植被信息。第四主成分主要为 TM5、TM7 与 TM1、TM2、TM3、TM4 之间的线性关系。反映的主要是水体信息和重度盐渍地信息。第五主成分极好地分离了重度盐渍地信息和水体信息,是提取重度盐渍地信息的最佳主成分。第六和第七主成分对应地物不明显,为噪声信息。虽然第五主成分所占的方差贡献率很小,仅为 0.63,却是提取重度盐渍地的最佳波段。

表 2 研究区 ETM 图像和雷达图像主成分特征值和特征向量矩阵

Table 2 Principal component eigenvalue and eigenvector matrix of TM and SAR images in research area

主成分	通道							特征值	方差	累积方差
	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM7	SAR		贡献率/%	贡献率/%
K—L-1	−0.2661	−0.3267	−0.5040	−0.0994	−0.4600	−0.5313	0.2545	1 750.34	59.96	59.96
K—L-2	−0.0614	−0.0671	−0.0851	−0.0721	−0.1553	−0.1610	−0.9640	755.28	25.88	85.84
K—L-3	0.1155	0.0940	0.3150	−0.8990	−0.2568	0.0075	0.0656	276.87	9.49	95.33
K—L-4	−0.3376	−0.3628	−0.4463	−0.3566	0.4211	0.4992	−0.0384	112.66	3.86	99.19
K—L-5	−0.7546	−0.1910	0.5575	0.1416	−0.2136	0.1316	0.0140	18.27	0.63	99.82
K—L-6	0.0933	0.1863	−0.2567	0.1402	−0.6783	0.6410	−0.0045	3.52	0.12	99.94
K—L-7	−0.4690	0.8229	−0.2523	−0.0988	0.1238	−0.1194	0.0023	1.67	0.06	100.00

表 3 典型地物光谱亮度值统计

Table 3 Statistics of typical things spectrum lightness value

	地物	光板地	红柳-1	红柳-2	红柳-3	沙质土-1	沙质土-2	水体-1	水体-2	农田-1	农田-2
TM1	均值	125.56	68.89	74.36	62.67	115.75	86.61	69.86	55.68	58.80	54.48
	均方差	15.97	3.23	3.22	1.92	4.38	2.78	1.52	1.13	1.84	3.39
TM2	均值	117.03	66.18	72.22	55.87	124.24	90.04	72.63	53.68	52.67	46.52
	均方差	16.92	3.72	3.76	1.96	4.83	3.61	1.59	1.94	1.99	4.62
TM3	均值	135.90	83.52	88.16	64.67	160.15	115.17	96.06	52.05	46.72	44.04
	均方差	20.98	4.13	5.03	2.32	6.45	5.39	3.15	2.38	1.39	7.51
TM4	均值	95.54	62.93	69.95	50.46	117.83	85.99	75.15	26.27	128.17	86.86
	均方差	13.26	3.20	1.59	3.30	3.77	3.75	1.24	1.23	6.85	4.77
TM5	均值	98.31	77.23	80.22	50.27	142.66	109.27	34.02	15.90	66.70	54.62
	均方差	14.25	4.20	2.82	2.90	4.46	5.06	5.98	1.50	3.01	6.29
TM7	均值	79.56	70.52	70.30	39.68	132.44	102.27	23.78	12.66	34.46	32.79
	均方差	10.87	5.19	3.49	2.72	4.58	5.19	4.55	1.22	3.15	6.43
雷达	均值	71.08	91.16	87.18	66.70	25.78	59.61	61.81	12.20	85.27	104.03
	均方差	24.00	30.71	31.58	27.06	12.24	18.10	17.77	13.17	35.27	32.28
MNDWI	均值	0.09	−0.08	−0.05	0.05	−0.07	−0.10	0.37	0.54	−0.12	−0.08
	均方差	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01	0.01	0.08	0.04	0.02	0.04
NDVI	均值	−0.17	−0.14	−0.11	−0.12	−0.15	−0.14	−0.12	−0.33	0.47	0.33
	均方差	0.01	0.01	0.03	0.03	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.08
K—L—1	均值	−76.03	4.91	−3.83	43.23	−150.24	−65.48	32.25	70.86	46.57	66.40
	均方差	34.75	13.33	8.68	8.13	11.68	10.94	6.79	3.79	11.02	15.88
K—L—2	均值	−24.17	−25.10	−23.33	11.21	0.54	−11.81	14.99	76.83	−12.03	−24.08
	均方差	22.91	28.96	30.98	26.19	11.13	17.47	17.31	12.77	33.80	30.55
K—L—3	均值	2.97	11.13	6.44	19.80	−23.84	−5.41	13.64	41.61	−59.51	−19.96
	均方差	6.17	3.29	3.82	3.26	2.31	2.94	2.83	1.82	6.97	5.53
K—L—4	均值	−45.51	12.93	5.61	5.81	−16.76	6.50	−40.10	−2.64	−7.82	5.16
	均方差	15.92	2.30	3.75	2.06	4.09	2.17	5.20	2.20	3.22	3.51
K—L—5	均值	−19.02	3.22	−0.80	1.04	0.54	3.10	12.65	−2.78	−0.44	−0.73
	均方差	4.20	1.95	1.76	1.32	1.77	1.75	1.96	1.19	1.41	1.50
K—L—6	均值	−1.59	0.94	0.21	0.16	−0.24	0.90	0.20	5.17	0.13	0.51
	均方差	3.21	1.39	1.46	1.30	1.31	1.31	1.62	0.97	1.47	1.62
K—L—7	均值	−0.28	−0.60	0.33	0.11	0.99	0.56	0.05	6.01	−1.16	−0.69
	均方差	1.51	1.09	1.18	1.05	1.31	1.24	1.07	1.21	1.25	1.28

(4) TM1

Landsat-7 TM1 波段为蓝色可见光波段,对水体有透射能力,能够反射浅水水下特征,可区分土壤和植被、编制森林类型图、区分人造地物类型^[16]。从表中分析可得,在 TM1 波段,重度盐渍地、沙质土的亮度值较大,而红柳覆盖区的盐渍地的亮度值在 60~76 之间,而与部分农田和水体相混淆。如前所述,利用 MNDWI 很容易将水体信息去除出去,利用 NDVI 将植被信息剔除,从而实现红柳覆盖区的盐渍地信息的提取。因此本文选取 TM1 波段作为提取红柳覆盖区的盐渍地的特征波段。

根据以上对特征变量的分析,对研究区主要地物的光谱特性进行统计分析,统计结果见表 3。

3.3.2 建立提取盐渍地的决策树模型

在分析研究区的主要地物的光谱特性的基础上,建立基于多源信息的盐渍地信息提取的决策树模型,见图 1。

3.3.3 分类后处理

由于遥感图像计算机自动提取信息是针对每个

像素单独进行的,结果在提取图像中会出现一大片同类地物中夹杂着散点分布的异类地物的不一致现象,这些杂类地物常称为“类别噪声”。为了消除类别噪声的影响,本文选用 3×3 的窗口,用众数函数 (Majority) 对提取结果作了上下文分析。由此得到盐渍地提取结果(图 2)。

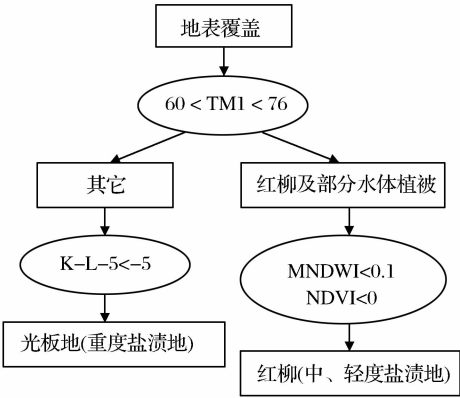


图 1 盐渍地信息自动提取流程
Fig. 1 The flow chart of automatic extraction of saline soil information

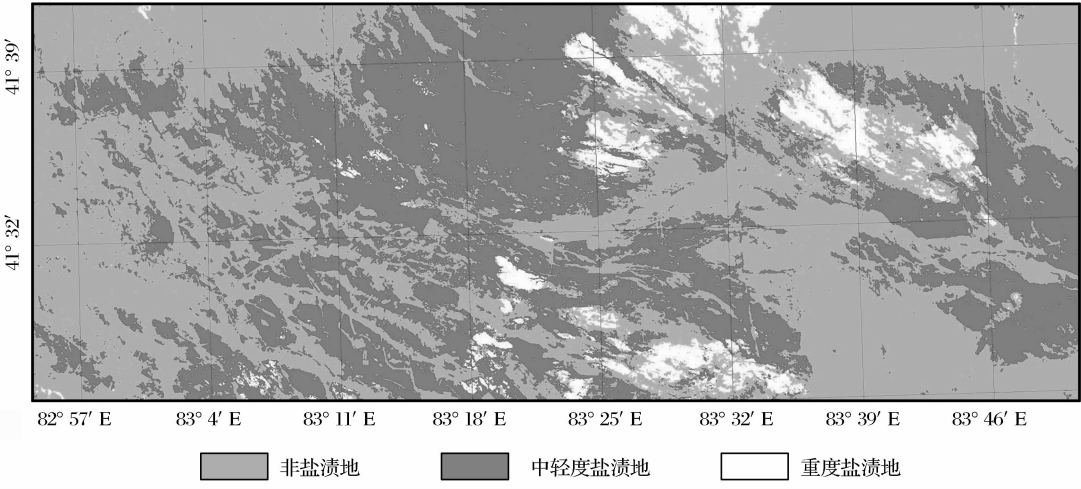


图 2 盐渍地信息提取结果
Fig. 2 The result of extraction of saline soil information

3.3.4 精度检验

生产者精度表明地面采样点被正确分类的概率,与漏分误差互补;用户精度是采样分类点表示实际地面真实情况的概率,与错分误差互补;总体精度则是对每一个随机样本,所分类的结果与地面对应区域实际类型相一致的概率^[17]。本文运用决策树方法提取盐渍地的精度评价见表 4。

4 结 语

(1) 将雷达波段作为一个波段加入 ETM+ 的 6

表 4 盐渍地信息提取精度验证		
Table 4 Precision validation of extraction of saline soil information		
类型	生产者精度/%	用户精度/%
红柳(中、轻度盐渍地)	93.66	98.33
光板地(重度盐渍地)	95.31	94.46
非盐渍地	93.56	92.16
总体精度	94.8126	
Kappa 系数	0.9301	

波段中一起参与主成分变换,实现了两种互补信息的融合,能够将重度盐渍地信息进行较好的分离。本文的方法对雷达影像应用于盐渍地信息的提取提供了一条有效的途径。

(2) 运用决策树方法成功提取了本区域的盐渍地信息,决策树方法提取信息的关键是特征量的选取,本文根据光谱特征选取了 NDVI、MNDWI、K—L-5、TM1 作为特征变量,通过实验证明了这 4 个变量在本区域的可行性。其中 NDVI 较好地分离了植被信息,MNDWI 较好地分离了水体信息,K—L-5 对提取重度盐渍地效果较好,TM1 易于分离中轻度盐渍地。

(3) 本文利用雷达影像参与盐渍地信息的提取,从机理上未加详细阐述,在今后的研究中这部分工作应该加强。

参考文献:

- [1] Lu Chunxia, Yu Yunjiang, Guan Youzhi. Soil Salinization in Gansu Province and Its Economic Loss Evaluation of Eco-environmental Damages[J]. Journal of Natural Disasters, 2001, 10(1): 99-102. [鲁春霞, 于云江, 关有志. 甘肃省土壤盐渍化及其对生态环境的损害评估[J]. 自然灾害学报, 2001, 10(1): 99-102.]
- [2] He Qisheng, Tashpolat Tiyp, Ding Jianli. The Extraction of Saline Soil Information in Arid Area Based on Decision Tree Algorithm[J]. Resources Science, 2006, 28(6): 135-142. [何祺胜, 塔西甫拉提·特依拜, 丁建丽. 基于决策树方法的干旱区盐渍地信息提取[J]. 资源科学, 2006, 28(6): 134-140.]
- [3] Dwivedi R S, Sreenivas K. Image Transforms as a Tool for the Study of Soil Salinity and Alkalinity Dynamics[J]. International Journal of Remote Sensing, 1998, 19(4): 605-619.
- [4] Liu Zhiming, Yan Ming, He Yanfen. Research on Land Saline-Alkalized in the West of Jilin Province[J]. Resource Science, 2004, 26(5): 111-116. [刘志明, 晏明, 何艳芬. 吉林省西部土地盐碱化研究[J]. 资源科学, 2004, 26(5): 111-116.]
- [5] Li Xiaoyan, Zhang Shuwen. Tempo-spatial Dynamics and Driving Factors of Saline-alkali Land in Daan City of Jilin Province[J]. Resource Science, 2005, 27(3): 92-97. [李晓燕, 张树文. 吉林省大庆市近 50 年土地盐碱化时空动态及成因分析[J]. 资源科学, 2005, 27(3): 92-97.]
- [6] Chen Jianjun, Zhang Shuwen, Chen Jing, *et al.* Soil Salinization Detection with Remote Sensing and Dynamic Analysis in Daqing City[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2003, 17(4): 101-107. [陈建军, 张树文, 陈静, 等. 大庆市土地盐碱化遥感监测与动态分析[J]. 干旱区资源与环境, 2003, 17(4): 101-107.]
- [7] Lv Yuan, Shao Yun. Study on Soil Microwave Dielectric Characteristic as Salinity and Water Content[J]. Remote Sensing Information, 2001, (3): 19-23. [吕远, 邵芸. 含水含盐土壤的微波介电常数特性研究[J]. 遥感信息, 2001, (3): 19-23.]
- [8] Shao Yun, Lv Yuan, Dong Qing, *et al.* Study on Soil Microwave Dielectric Characteristic as Salinity and Water Content[J]. Journal of Remote Sensing, 2002, 6(6): 416-423. [邵芸, 吕远, 董庆, 等. 含水含盐土壤的微波介电特性分析研究[J]. 遥感学报, 2002, 6(6): 416-423.]
- [9] Xiong Wencheng, Shao Yun. Applying Multi-temporal Synthetic Aperture Radar (SAR) to Evaluating Soil-water and Salt Content Based on IEM in Arid Areas[J]. Journal of Remote Sensing, 2006, 10(1): 111-117. [熊文成, 邵芸. 基于 IEM 模拟的干旱区多时相数据含水含盐量反演模型及分析[J]. 遥感学报, 2006, 10(1): 111-117.]
- [10] Geoffrey R T, Abdullah H M. Characterization of Saline Soils Using Airborne Radar Imagery[J]. Remote Sensing of Environment, 1996, 57: 127-142.
- [11] Mansur, Ablajan, Anwar. Population Bearing Capacity of Land in Kuqa County of Xinjiang[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2002, 16(3): 28-32. [满苏尔, 阿布拉江, 艾尼瓦尔. 新疆库车县耕地人口承载能力研究[J]. 干旱区资源与环境, 2002, 16(3): 28-32.]
- [12] Qian Lexiang. Remote Sensing Digital Image Processing and Geographic Characters Extraction[M]. Beijing: Science Press, 2004, 168-169. [钱乐祥. 遥感数字影像处理与地理特征提取[M]. 北京: 科学出版社, 2004, 168-169.]
- [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] Xu Hanqiu. 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. [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.]
- [15] Dai Changda, Jiang Xiaoguang, Tang Lingli. Remote Sensing Images Application Processing and Analysis[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2004, 107-110. [戴昌达, 姜小光, 唐伶俐. 遥感图像应用处理与分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004, 107-110.]
- [16] Mei Anxin, Peng Wanglu, Qin Qiming, *et al.* An Introduction to Remote Sensing[M]. Beijing: High Education Press, 2001, 155-156. [梅安新, 彭望录, 秦其明, 等. 遥感导论[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001, 155-156.]
- [17] Wang Xiaohui, Li Zengyuan, Gao Zhihai, *et al.* Information Extraction of Sandy Land[J]. Science Sinicae, 2005, 41(3): 82-87. [王晓慧, 李增元, 高志海, 等. 沙化土地信息提取研究[J]. 林业科学, 2005, 41(3): 82-87.]

Study on the Extraction of Saline Soil Information in Arid Area Based on Multiple Source Data

HE Qi-sheng^{1,2}, CAO Chun-xiang¹, Tashpolat • Tiyp³

(1. *State Key Laboratory of Remote Sensing Science, Jointly Sponsored by the Institute of Remote Sensing Applications of Chinese Academy of Sciences and Beijing Normal University, Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;*

2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

3. Key Laboratory of Oasis Ecology Ministry of Education, College of Resource and Environment Sciences, Xinjiang University, Urumqi 830046, China)

Abstract: Soil salinization has severely threatened the inner stability and the sustainable development of oasis in arid areas, so extracting the saline soil information rapidly based on remote sensing and mastering its spatial distribution are of important practical significance. In this article, taking the Kuqa oasis as the example, TM image collected on August 2001 and Radarsat image collected on Mar 2001 were used. The approach of effective remote-sensing information extraction for saline soil was discussed. The mechanism and characteristics of saline soil and other objects was analyzed to find the possibility of extracting saline soil from the background. The analysis was focused that the radar-band as a band to join the six bands of ETM together was taken to perform the principal component transformation to extract the saline soil information. The research shows that K-L-5 is the best band to extract severe saline soil information, TM1 is the best band to differentiate saline soil information with the salt-tolerant vegetation of Hongliu and the mixed water body and vegetation information can be separated by the index of MNDWI and NDVI. Then, based on the analysis, a simple model of decision tree was applied to extracting saline soil information. Finally, the results were checked by statistical accuracy assessment. The results suggest that the model of decision tree was simple and effective and the precision of this approach was very high, so it was an effective method for monitoring saline soil changes in arid area. It also showed that the separability between the saline soils and other classes was increased due to the participation of radar band, and an effective way was provided to extract saline soils information using radar images.

Key words: ETM; Radarsat; Decision tree algorithm; Extraction of saline soil information; NDVI; MNDWI; K-L transformation