

松辽平原盐碱土含盐量的遥感反演研究*

王耿明¹, 李达², 王忠忠¹, 邢宇³

(1. 广东省地质调查院, 广州 510080; 2. 广东省地图出版社, 广州 510075; 3. 吉林大学 地球探测科学与技术学院, 长春 130026)

摘要:通过对 Aster 遥感影像前 9 个波段的相关系数、标准差和诊断指数的分析,发现 Aster 遥感影像 1, 2, 3 波段的土壤反射率对土壤含盐量最为敏感。利用 Aster 遥感影像 1, 2, 3 波段作为自变量, 盐碱土含盐量作为因变量进行逐步回归分析, 建立土壤反射率数据与土壤含盐量数据之间的统计模型。利用决策树分类将地物分成 5 类, 反演得到研究区盐碱土含盐量的空间分布图。研究发现, 基于统计模型的遥感反演效果较好, 具有一定的参考和应用价值。

关键词: 松辽平原; 盐碱土; 含盐量; 遥感反演

中图分类号: S156. 4; TP79

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)03-0235-03

Research on Remote Sensing Inversion of Salt Content in Saline-alkali Soil in Songliao Plain

WANG Geng-ming¹, LI Da², WANG Zhong-zhong¹, XING Yu³

(1. Guangdong Province Institute of Geological Survey, Guangzhou 510080, China; 2. Guangdong Province Atlas Publishing House, Guangzhou 510080, China; 3. College of Geo-exploration Science and Technology, Jilin University, Changchun 130026, China)

Abstract: Through analyzing the correlation coefficient, standard deviation and diagnosis index of the former nine bands in Aster remote sensing image, it finds that the soil reflectivity of b_1 , b_2 , b_3 in Aster remote sensing image is more sensitive to salt content in the soil. Stepwise regression analysis is made by using the b_1 , b_2 , b_3 in Aster remote sensing image as independent variable and salinity in soil as dependent variable, and the statistical model of the soil reflectivity data and the soil salt content data is established. The surface object is divided into five kinds by using decision tree sort, in order to obtain the spatial distribution map of salinity in saline-alkali soil. The research indicates that the effect of remote sensing inversion based on statistical model is better and the research result has a certain value of reference and application.

Key words: Songliao Plain; saline-alkali soil; salt content; remote sensing inversion

松辽平原西部是世界三大苏打盐碱土集中分布区之一。由于受自然和人为因素的影响, 该区土壤盐碱化日益严重, 生态环境急剧恶化, 严重影响区域可持续发展。遥感作为土壤盐分监测有效的技术手段, 已被广泛应用于土壤含盐量的反演和制图^[1,2]。土壤含盐量信息是科学研究盐碱土的关键, 深入挖掘遥感影像中盐碱土的含盐量信息, 对有效治理盐碱土防止其进一步退化、合理开发利用盐碱土资源和维持生态可持续发展具有重要意义^[3]。

1 研究区与数据源

松辽平原位于东北地区中部, 属于温带大陆性季风气候, 春干多风、夏热多雨、秋凉爽、冬寒干, 降水自东向西递减, 温度则由东向西递增。随着环境变迁、滥垦和过度放牧的加剧, 松辽平原土壤盐碱化面积不断扩大, 盐碱化程度日益严重, 生态环境急剧恶化。

研究中主要采用 Aster 遥感影像数据, Aster 是第一台用于制图和温度精确测量的星载高空间分辨

* 收稿日期: 2008-08-04

基金项目: 中国地质调查局“松辽平原经济区第四系基础地质遥感调查项目”项目编号(1212010510613)

作者简介: 王耿明(1983-), 男, 广东梅州人, 助理工程师, 主要从事遥感与 GIS 技术的应用研究。E-mail: tiezi@126.com

率多通道热红外成像仪,是惟一涵盖可见光到热红外波段,集空间、光谱和辐射高分辨率为一身的光谱传感器^[4]。

2 松辽平原盐碱土光谱特征分析

2.1 Aster 数据光谱特征分析

为了得到盐碱土光谱特征信息,在 Aster 遥感影像中选取采样点光谱反射率,通过分析盐碱土光谱曲线特征,获取土壤含盐量的诊断光谱(图 1)。

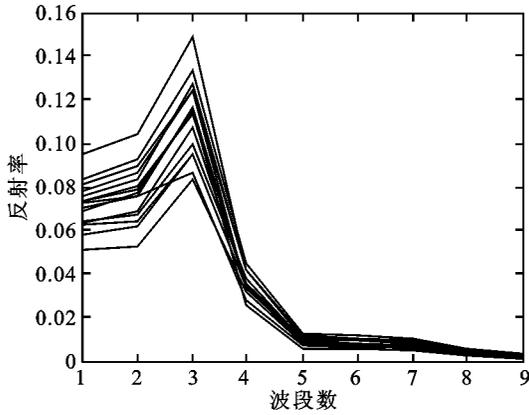


图 1 Aster 遥感影像中盐碱土光谱曲线

表 1 Aster 遥感影像 1-9 波段的相关系数、标准差、诊断指数

波段数	1	2	3	4	5	6	7	8	9
波长	0.556	0.661	0.807	1.656	2.167	2.209	2.262	2.336	2.400
R_i	0.440	0.439	0.335	0.201	0.093	0.121	0.139	0.098	0.010
σ_i	11.14	10.11	7.80	2.09	0.75	0.74	0.67	0.52	0.43
P_i	4.902	4.438	2.613	0.420	0.069	0.089	0.093	0.051	0.004

由表 1 可以看出, Aster 遥感影像 1, 2, 3 波段的相关系数、标准差和诊断指数都比其它波段的大,说明 1, 2, 3 波段的土壤反射率对盐分信息最为敏感,因此,该波段范围最适合于反演研究区的盐碱土含盐量^[6]。

3 遥感反演模型的建立与分析

3.1 建立回归方程

用 SPSS 13.0 软件相关分析和多元逐步回归分析方法对盐碱土含盐量和遥感影像光谱值及其数学变换形式进行分析,建立盐碱土含盐量遥感反演模型。利用 Aster 遥感影像 1, 2, 3 波段(b_1, b_2, b_3)作为自变量,盐碱土含盐量(Salt Content, Sc)作为因变量进行逐步回归分析。方程为:

$$Sc = - 8.735 + 69.433 \ln [(3.142 \times 0.676 \times (b_1 - 1)) / (1847 \times 0.745) + 136.134 \ln [(3.142 \times 0.708 \times (b_2 - 1)) / (1553 \times 0.745) + 13.974 \ln [(3.142 \times 0.862 \times (b_3 - 1)) / (1118 \times 0.745)]]]$$

式中:调整的判定系数 R^2 为 0.818, RMSE 为

图 1 可以看出虽然曲线形态各不相同,但总体形态和趋势是一致的。盐碱土光谱反射率在可见光部分比较高,基本平行。波段间具有良好的正相关性,较短波段反射率高时,在较长波段也较高。特征吸收带的出现位置相同,差别主要是光谱反射率强度不同。这个独特的光谱曲线特征,可以在 Aster 遥感影像分类时用于区分盐碱土与其它地物^[5]。

2.2 盐碱土光谱诊断指数

本文所用的诊断指数,主要表示盐碱土实测光谱的各个波段对土壤含盐量的敏感程度。诊断指数(P_i)的计算公式如下:

$$P_i = \sigma_i \cdot R_i$$

式中: σ_i ——样本光谱曲线在波段 i 上反射率数值的均方差; R_i ——波段 i 上的反射率值与土壤含盐量之间的相关系数。

计算出 Aster 遥感影像 1-9 波段的诊断指数,将诊断指数按顺序排列,诊断指数最大时所指的波段即为土壤含盐量的诊断和反演波段。研究分别计算了 Aster 遥感影像 1-9 波段的 R_i, σ_i, P_i , 具体结果如下:

0.162。可以看出,模型的稳定性和预报能力两个方面都较高。

3.2 决策树分类

研究对每一种地物选取样本,找出各种地物的典型光谱特征和区分其它地物的诊断波段,将诊断波段的光谱值作为判断条件输入到二叉树中,对遥感影像中各种地物和土壤含盐量分类,形成决策二叉树分类结构图(图 2)。

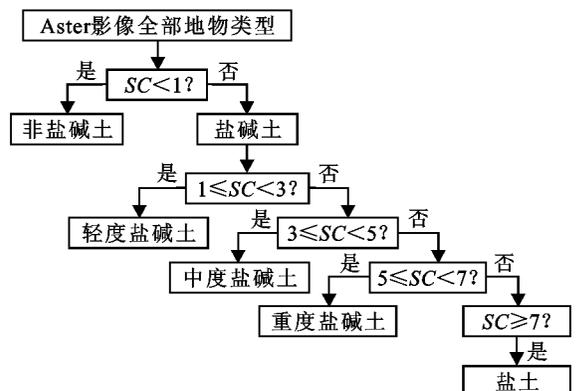


图 2 决策二叉树分类结构图

3.3 统计模型反演结果分析

利用 Aster 遥感影像数据和所建统计模型, 对研究区土壤含盐量进行反演, 其中 15 个样点的反演结果见表 2。

表 2 盐碱土含盐量反演结果

样点 编号	实测值/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	预测值/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	误差/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	相对 误差/%
1	14.418	14.415	-0.003	-0.02
2	13.157	12.008	-1.149	-8.73
3	12.172	10.240	-1.932	-15.87
4	11.513	10.970	-0.543	-4.72
5	11.236	9.545	-1.691	-15.05
6	10.893	10.145	-0.748	-6.87
7	10.605	9.618	-0.987	-9.31
8	9.854	8.481	-1.373	-13.93
9	9.041	9.703	0.662	7.32
10	7.647	9.071	1.424	18.62
11	6.944	7.832	0.888	12.79
12	6.437	7.048	0.611	9.49
13	5.137	6.196	1.059	20.62
14	4.020	4.647	0.627	15.60
15	2.887	3.404	0.517	17.91

由表 2 可以看出, 大部分样点的误差和相对误差都较小, 说明利用统计模型反演盐碱土含盐量的精度较高。

利用遥感反演模型将研究区盐碱土含盐量空间分布现状直观地显示出来。参照决策二叉树分类标准进行分类, 结果如图 3 所示。

由图 3 可见, 绥化市西部和松原市东部的盐碱土含盐量以 1~3 g/kg 为主; 大庆市南部和白城市西部的盐碱土含盐量以 3~5 g/kg 为主; 白城市东部、松原市西部和大庆市中部的盐碱土含盐量以 5~7 g/kg 为主; 而查干湖、月亮泡和连环湖附近的盐碱土含盐量一般大于 7 g/kg。不同等级的盐碱土区分明显, 说明分类效果较好, 能够用于定量估算研究区不同区域的土壤含盐量。

4 结论

(1) 通过对 Aster 遥感影像前 9 个波段的相关系数、标准差和诊断指数的分析, 发现 1, 2, 3 波段的

土壤反射率对土壤含盐量最为敏感, 因此, 该波段范围最适合于反演研究区盐碱土含盐量。

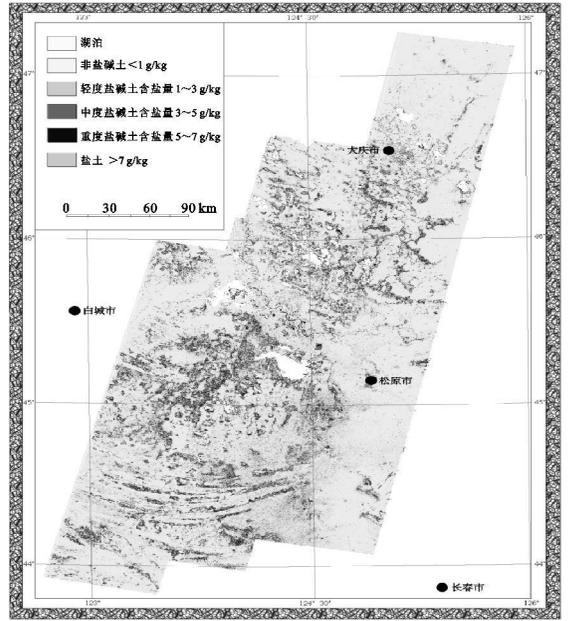


图 3 研究区盐碱土含盐量空间分布图

(2) 建立土壤反射率数据与土壤含盐量数据的统计模型, 结果发现反演精度较为理想。利用决策树分类将地物分成五类, 通过回归方程反演研究区盐碱土含盐量。研究表明, 研究区盐碱土含盐量的分类效果较好, 具有一定的参考和应用价值。

参考文献:

- [1] 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: 406-418.
- [2] Metternicht G I, Zinck J A. Remote sensing of soil salinity: potentials and constraints[J]. Remote Sensing of Environment, 2003, 85: 1-20.
- [3] 李秀军. 松嫩平原西部土地盐碱化与农业可持续发展[J]. 地理科学, 2000, 20(1): 51-55.
- [4] 王耿明, 姜琦刚, 李远华, 等. 松辽平原黑土区 Aster 数据光谱特征及自动分类研究[J]. 世界地质, 2007, 26(3): 313-318.
- [5] 程彬. 松辽平原黑土有机质及相关元素遥感定量反演研究[D]. 长春: 吉林大学, 2007.
- [6] 扶卿华, 倪绍祥, 王世新, 等. 土壤盐分含量的遥感反演研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(1): 48-54.