

土壤盐渍化量化的遥感与 GIS 实验*

彭 望 球

(北京师范大学资源与环境科学系 北京 100875)

摘 要 为对土壤盐渍化程度做更为科学的定量分析, 该文重点研究地下水埋深、地下水矿化度和地貌因子对土壤盐渍化影响以及这种影响的定量化, 研究区为吉林省长岭县实验区。利用地理信息系统作为支持工具, 结合遥感数据和专家经验, 建立数学模型, 进行综合分析, 获得了较好的结果, 这种方法为分析土壤盐渍化问题的有效途径之一。

关键词 水文, 地貌, 盐渍化, 地理信息系统, 模型, 遥感

盐碱土一方面制约着农业的发展, 另一方面又是可进行改良的土地资源之一。因此, 对盐碱土的研究一直受到人们的重视, 特别是定量化的研究更是如此。

在众多的研究手段中, 利用遥感信息对盐碱土进行定量调查和监测, 并进一步建立区域性水盐动态监测和预报系统, 具有宏观性强、省时省经费等优点。遥感图象是地表土壤类型、土壤组合及成土等因素光谱特征的综合反映¹⁾, 用单一遥感数据进行盐碱土定量分析, 尚觉不足。因为盐碱土的发生和分布与区域气候、地形地貌、水文状况、土壤质地等因素都有直接关系。在这一系列影响因子中, 地貌类型、地下水埋深和地下水矿化度是3种主要的影响因子, 研究它们对盐碱土影响的量化关系, 有助于定量研究盐碱土的类型划分及分布规律。

该文以地理信息系统为工具, 以遥感与非遥感数据综合分析的数学模型为手段, 研究3种因子对盐碱土的影响程度, 寻找合理的量化关系, 从而提高盐碱土的分析精度。

1 实验区选择及影响因子确定和量化

1.1 实验区的环境背景

实验区选在中国吉林省白城地区南端的长岭县内。地处北纬44°至44°10', 东经123°06'至124°

45', 东西长140km, 南北41km的狭长县区²⁾。该区自然条件属北温带季风气候, 年平均温度4.9℃, 年平均降水量471mm, 且集中于夏季, 具有自东向西降水量依次减少的空间变化规律。年平均蒸发量为1600mm, 全年平均蒸降比为3.4。从盐碱土发生学的角度, 降水造成土表的盐分下移而出现脱盐过程; 地表水分蒸发则使得地下水盐上移产生积盐过程。从实验区内蒸发与降水比率可知, 其气候特征有利于盐分动态平衡过程向积盐方向发展, 这样一种环境背景有利于盐碱土发生。

1.2 影响因子分析

由于实验区内气候特征比较一致, 研究该区盐碱土发生和分布的差异和规律要考虑其它的影响因子。土壤的盐碱化必须有适宜的地下水条件。地下水矿化度和地下水埋深是影响盐碱土发生的两个重要因子。地下水矿化度越高, 提供的盐分越多, 地表积盐速度快, 盐碱化重, 反之则轻, 地下水埋深的深浅则决定了地下水是否能够到达地表产生盐分累积, 地下水埋深浅, 地表蒸发供水充足, 蒸发量大, 积盐强度大。从长岭县实验区水文统计资料分析, 其地下水矿化度除个别地方外, 数值并不高, 大都在1g/L以下, 影响差异不太明显。但从地下水埋深的分析看, 除东部地区外, 长岭县中部和西部大部分地区的地下水埋深小于2m或在2—4m之

* 本文工作曾得到中国科学院长春净月潭遥感实验站资助。在研究过程中, 王昌佐做了大量工作, 在此致谢。

收稿日期: 1996年2月9日, 收到修改稿日期: 1996年4月14日

1) 李天杰. 应用卫星遥感图象编制兴安盟土壤图的研究. 内蒙古草场资源遥感应用研究之二. 1987, 35—45.

2) 长岭县农业局. 长岭县土壤志. 1983.

间。根据有关资料长岭县产生盐碱化的地下水“临界埋深”为 2.5m，这也正是长岭县盐碱土分布广泛以及地势低洼处盐碱化重的原因。

长岭县地貌格局大体自东向西呈现 3 种不同形式，东部主要为台地区，中部为平原区，西部为沙垄和沙垄间洼地组成的条带状起伏地形为主。受此地貌格局的影响，东部台地区，地势较高，降水较丰，盐分主要是以淋洗和向外迁移为主；东部的谷地，中部平原区的低洼地，西部沙垄间洼地等则为水盐的汇集中心，加上地形封闭排水不畅，地下水埋深浅，由于常年蒸发，形成比较重的积盐中心。

由以上分析可知，在对小范围样区的研究过程中，气候等因素变化基本一致，因而地貌、地下水埋深和地下水矿化度是影响盐碱土发生和分布规律的主要因素。

1.3 量化关系

在大量实地考察、分析比较的基础上，将不同类型的因子对土壤盐渍度的影响，由专家进行概率评估。最初制定的概率数值有 10% 的幅度，在计算时取中间值，并在实验中反复调试，直到分析结果验证为最优。

2 工作系统

为了便于处理和易于推广，采用的系统工作流程如图 1 所示。数据输入部分主要为遥感数据、非遥感数据和参数量化表。例如，陆地卫星 TM 数据磁带读入后，选择子区并以栅格形式存贮；地

下水埋深、地下水矿化度和地貌类型图的数字化，并从矢量转变成栅格；图斑上色、显示及由专家确定的参数输入等。预处理有一系列的功能，根据分析的需要而加以选择。例如：遥感数据的特征选择、几何校正、层面叠置、对部分已知区域的统计分析等等。模型分析可将各种数据及预处理后的数据根据需要代入模型进行运算，并将运算后的结果分别从图象或统计表格形式显示出来。在对结果分析以后，如结果不够理想，重新研究输入参数并修改参数量化表，再次进行模型运算，直到得到合理的结果，最后硬拷贝输出结果图象或表格结果。

这一流程可将分析过程系统化，便于快速处理，并可以及时更新数据，实现动态监测。

整个流程在 VAXII / 750 计算机和图象图形外围设备上完成。

3 方法和过程

3.1 常规工作

为了评价综合分析的准确性，在计算机工作开始以前，即在收集资料阶段，在实验区分别以常规手段完成地面数据的收集，野外考察。在此基础上，进而完成遥感影像的解译，得到比较精确的盐渍化分级图，并按实验区量算各种盐渍度的类别面积。分级标准按表层含盐量大于 1% 和 0.6%—1% 分别为盐土和重度盐化土；含盐量 0.4%—0.6% 为中度盐化土；含盐量 0.1%—0.4% 为轻度盐化土；含盐量小于 0.1% 为非盐化土。必要时要分析土样，确定含盐量和盐渍化类型，为计算机处理打下良好基础。

3.2 特征选择

为了减少遥感影像的信息量，同时又分清植被与土壤的影响，突出盐渍土特征，试验了常用的 K-L 变换，K-T 变换，假彩色合成等多种特征选择方案。由于轻度盐化土和重度盐化土常呈交错分布，不易分开，经过比较和分类实验，发现采用 K-T 变换后得到的土壤特征图象最突出，分析结果最好。数据量由原 TM 7 个波段减少到 3 个波段，即：亮度分量、绿度分量和湿度分量^[1]。绿度分量较好地分离了植被覆盖的影响，便于利用植被与盐渍度之间的关系；亮度与湿度分量组成的土壤面，明显突出了土壤盐渍化信息，使各种等级的盐渍土在此二维空间内占据不同位置，易于分析，特别是对区

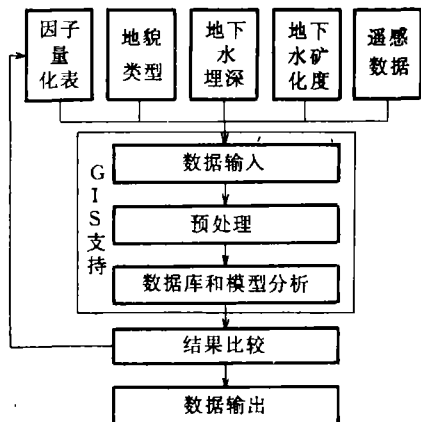


图 1 工作流程

Fig. 1 Working framework

别很小的中、轻不同程度的盐化区,改善较大。处理后 3 个特征的合成影响明显优于 TM4, 3, 2 假彩色合成影象和 K-L 变换后 3 个主分量的彩色影象。

3.3 分析模型

模型分析以多种信息复合分类为基础,加入专家经验,一次完成,简便易行。

土壤盐渍化模型是运用土壤发生学原理对盐渍土进行定量分析的手段。该模型仍以卫星遥感信息作为主要信息源,结合地貌和地下水等非遥感信息综合分析,从而达到提高模型分析结果可信度的目的。

地理信息系统方法,即把所有数据——遥感与非遥感数据,均以相同坐标投影叠置存贮在地学数据库中^[2]:图象数据以栅格形式按波段分层存贮,地图数据以矢量形式按图幅分层存贮,并在模型分析前将矢量形式转化成栅格形式与其它数据层叠置,所有层面均作到位置配准。

设所有层面对应的栅格单元记作

$$X = [x_1, x_2, \dots, x_s, \dots, x_n]^T \quad (1)$$

其中: s 为 $1, 2, \dots, n$, n 为独立的数据源个数。按照广义的统计模式识别理论,设 w_j 为盐渍化百分比等级, j 为 $1, 2, \dots, m$, m 为需要分析的百分比级别数。设 r_s 是第 s 数据源的权重。这样,可以建立一个函数关系,即所谓从属关系函数^[3],其简化形式为

$$F_j(X) = (1 - n) \ln[P(w_j)] + \sum_{s=1}^n \{\ln[r_s \cdot P(w_j / x_s)]\} \quad (2)$$

只要满足

$$F^* = \max[F_j(X)] \quad (j = 1, 2, \dots, m) \quad (3)$$

则 X 的级别定为 w^* 。

由于遥感信息一般采用统计方法加以识别,因此,在模型分析的预处理过程,找到每一级别的统计均值向量和协方差矩阵。显然,函数 F 可以进一步简化为:

$$F_j(X) = P^s + \sum_{s=1}^{n-k} \{\ln[r_s \cdot P(w_j / x_s)]\} \quad (4)$$

这里, k 代表模型中所用遥感信息源个数; r_s 只考虑非遥感信息的权重, P^s 为所有遥感信息的后验概率。这一公式不仅用于盐渍化分析,还可普遍用于遥感与非遥感信息复合的模型分析。

3.4 概率参数量化表的确定

根据上述分析,由野外考察找到了不同地区对

盐渍化影响最主要的因素。这些因素的作用总是有一个范围,例如:长岭地区地下水埋深小于 0.5m 多为重度盐渍化和盐碱土,而埋深在 1.5—2.5m 范围内则最可能形成轻度盐渍化地,埋深大于 2.5m

表1 地下水埋深概率量化参数

埋深 (m)	水域 (%)	非盐渍化 (%)	轻度盐渍化 (%)	中度盐渍化 (%)	重度盐渍化 (%)	盐碱地 (%)
0	100					
<0.5				10	40	50
0.5—1				10	70	20
1—0.5			5	50	20	25
1.5—2.0		10	80	10		
>2.5		90	10			

表2 地貌类型概率量化参数

地貌类型	水域 (%)	非盐渍化 (%)	轻度盐渍化 (%)	中度盐渍化 (%)	重度盐渍化 (%)	盐碱地 (%)
水体	100					
洼地	5		5	15	70	5
低平原				10	20	70
缓倾斜平原			70	15	10	5
平原		65	35			
沙丘		100				

表3 地下水矿化度概率量化参数

矿化度 (mg/L)	水域 (%)	非盐渍化 (%)	轻度盐渍化 (%)	中度盐渍化 (%)	重度盐渍化 (%)	盐碱地 (%)
<500		70	25	5		
500—1000		35	30	15	10	10

一般成为非盐渍化的良好农田等等。这种影响随区域不同而有所不同。表 1—3 列出了影响因子的概率参数量化表。

3.5 计算与结果

将输入的各种数据代入模型运算,所得结果必须经过检查,与土壤盐渍化分级图比较。如果差别大,则多次调整概率表,从而得到较精确的值。地理信息系统的工作流程为调整模型参数提供了方便有利的条件。

以 1:10 万比例尺的土壤盐渍化遥感解译分级图作为参考数据。由于遥感解译分级图已与地方资料核准,并经过抽样验证,是已知的最好数据。以此与模型分析结果比较,长岭地区 n 取 4,结果的正确率可达 94.1%。(表 4 和图 2)

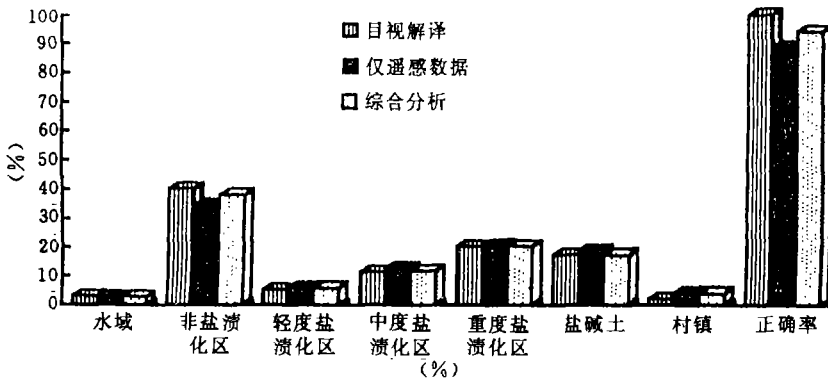


图 2 与表 4 对应的统计柱状图

Fig.2 Bar chart of table 4

表4 不同分析结果比较

Table 4 Results of different analysis

方法	水域 (%)	非盐渍化区 (%)	轻度盐渍化区 (%)	中度盐渍化区 (%)	重度盐渍化区 (%)	盐碱土 (%)	村镇 (%)	正确率 (%)
遥感解译分级图	2.95	40.4	5.33	11.43	20.32	17.53	2.03	100
仅遥感数据分类结果	2.6	34.7	6.1	12.8	20.8	18.8	4.3	87.8
综合分析结果	2.6	38.1	5.8	11.9	20.4	17.3	4.0	94.1

4 结 论

结果表明，地下水埋深、地貌类型和地下水矿化度对盐渍土的影响能够在应用综合分析方法时进行量化估计。

该文所述实验利用了 GIS 方法,在完成资料收

集和常规考察的基础上，实现计算机对土壤盐渍化的综合分析，不仅进行遥感数据的特征抽取和统计分析，还充分考虑地理环境条件，进行 TM 影象与水文、地貌等专题图叠置和模型运算，并根据不同地区特点适当调整模型参数，充分提高分析结果的可信度。

这种分析方法不仅适用于盐渍化土壤的监测，也可以推广到其它专题，实现多种因素的综合分析，提高精确度，应用 GIS 方法有利于数据的更新和修改，以及模型的调整。

参 考 文 献

[1] 彭望球, 李天杰. TM 数据的 Kauth-Thomes 变换在盐渍土分析中的作用——以阳高盆地为例. 环境遥感. 1989, 4(3): 183—190.

[2] Marble, Duane. F., Calkins, Hugh., Peuquer, Donna. J. Basic Readings in Geographic Information System. SPAN System. Ltd. 1984.

[3] Swain, P. H., Richards, J. A. and Lee, T Machine Processing of Remotely Sensed Data Symposium 1985, 211—218

作 者 简 介

彭望球, 女, 1945 年 2 月生, 副教授, 北京师范大学毕业, 现从事遥感与地理信息系统教学与科研工作, 编著 2 本, 主编 2 本, 发表论文近 30 篇, 获图书、科研、教学等省部级以上一、二等奖 4 项。

An Experiment of Remote Sensing and GIS Based on Quantity of Soil Salinity

Peng Wanglu

(Dept. of Geography Beijing Normal University Beijing, 100875)

Abstract The focus of this paper is the impact of ground water depth, ground water mineralization rate and geomorphology on soil salinity. The quantitative relationship of this impact was analyzed using a numerical model. The results on soil salinization are provided for the Chang Ling experimental region, in Jilin province, China. A GIS support tool was used to combine remotely sensed data and expert advice, with a mathematical model. Good results were achieved from the synthetic analysis. This quantitative method is an effective research tool for analysing salinity problem in soils.

Key words Hydrology, Geomorphology, Salinity, GIS, Models, Remote sensing