

# 半干旱地区土地盐碱化预警研究

## ——以吉林省西部土地盐碱化预警为例

李凤全, 吴樟荣

(浙江师范大学, 浙江 金华 321000)

**摘要:** 选择了吉林省西部潜水位埋深与盐碱化程度的空间相关系数、土壤有机质含量、潜水钠离子含量、土壤质地、人口密度和草场载畜量作为预警因子,采用神经网络模型进行预警。预警结果表明该区无警区占 20.12%,轻警区面积占 20.92%,中警区面积占 33.22%,重警区面积占 25.74%。

**关键词:** 盐碱化预警;神经网络;地理信息系统

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2002)01-0057-03

中图分类号: S156.4

### A Study on Soil Salinization Early-warning in Semi-arid Area

#### — As a Sample in West Jilin Province

LI Feng-quan, WU Zhang-rong

(Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, Zhejiang Province, China)

**Abstract** The coupling of GIS and ANN is used to early-warning of the salinization in west Jilin plain. The spatial correlation coefficients, soil texture, the content of organic matter, the content of  $Na^+$ , the population density and the number of livestock are selected as factors for salinization early-warning. The result shows that the non-warning area covers 20.12% of the total area, the light-warning area covers 20.92%, the moderate-warning area covers 33.22%, the serious area covers 25.74%.

**Keywords** soil salinization early-warning; ANN; GIS

土地盐碱化是当今世界土地荒漠化的主要类型之一,开展区域内土地盐碱化预警研究,并及时的提出警告,对合理开发利用土地资源,抑制盐碱化的发生、发展,以及区域可持续发展具有重要的意义。

所谓预警是指对某一警素的现状和未来进行测度,预报不正常状态的时空范围和危害程度,其目的就是预报和预防某一问题或灾变发生的可能性,通过研究调控系统使其状态空间中的描述点保持在一定的许可区间内。预警研究自产生以来,就因为其深刻的内涵,在很多领域得到应用。而盐碱化预警则是对由人类活动引起的盐碱化发生可能性进行预测,并及时提出警告,采取相应的对策。以往盐碱化研究多关注成因分析,而土地盐碱化预警更加侧重于预防。

## 1 研究区概况

吉林省西部位于松嫩平原的西端,辖白城、松原两市,土地面积 47075 km<sup>2</sup>。处于暖温带半干旱、半湿润气候的过渡带上,区内气候、植被、土壤等具有明显的过渡性,由东南向西北,降水量逐渐减少,蒸发量逐

渐增大;原生自然景观为由森林草原→草甸草原→干草原过渡;土壤为由黑土→淡黑钙土→风沙土、碱土过渡。气候干旱多风,地表物质和土体结构疏松,加上人口增长及土地利用方式不合理等人为因素的破坏导致区内灾害种类多,其中以土地盐碱化的危害最为严重,灾害交叉叠置,严重阻碍了社会经济的发展,对生态、环境、经济造成了极大的破坏。

近 40 a 来,该区盐碱化土地发展迅速,面积不断增加,程度不断加重,1958 年碱质荒漠化土地面积为  $9.20 \times 10^5$  hm<sup>2</sup>,90 年代末已发展到  $1.68 \times 10^6$  hm<sup>2</sup>,40 a 内平均每年增加 1.9%,尤其是重度碱质荒漠化面积由 1958 年的  $1.80 \times 10^5$  hm<sup>2</sup> 扩大到  $6.08 \times 10^5$  hm<sup>2</sup>,40 a 内平均每年增加 1.08%。因此对土地盐碱化预警研究已成为当务之急。

## 2 土地盐碱化预警研究

### 2.1 土地盐碱化预警因子的选择

吉林西部土地盐碱化的产生和发展同许多因素有关<sup>[1-4]</sup>,主要的影响因素包括潜水位埋深、潜水中

收稿日期: 2001-12-27

资助项目: 中国科学院知识创新项目 (KZCX1-06-02-01)

作者简介: 李凤全 (1971-),男 (汉族),博士,研究方向为地理信息系统与空间信息分析,已发表 14 篇文章。电话 (0579) 2282065, E-mail: bifeorjad@263.net

化学离子的类型及含量、土壤质地、土壤有机质含量等。张殿发博士<sup>[5]</sup>的研究进一步表明该地区的土地盐碱化是人为不合理活动与自然因素共同作用的结果。因此在选择盐碱化预警因子过程中,首先选择的指标应能比较完备的包含这些对土地盐碱化发生起作用的因子,同时也要避免因子过多造成模型复杂,导致结果失真,因此在指标完备的基础上,选择那些主导因子。最后还要考虑到资料获取的可能性。

根据研究区的概况和主要因子选择的原则,本文选择了潜水位埋深与盐碱化程度的空间相关系数、土壤有机质含量、潜水钠离子含量、土壤质地、人口密度和草场载畜量等 6 项指标作为预警因子。

## 2.2 土地盐碱化预警工作流程

本文采用地理信息系统与人工神经网络集成技术进行盐碱化预警研究<sup>[6]</sup>。研究将涉及到预警单元的获得和网络模型的训练,以及预警结果的显示和输出。这里采用地理信息系统对地貌图、潜水埋深图、土壤图、地下水钠离子含量图、盐碱化程度分布图、吉林省西部行政区划图进行数字化,并通过空间知识挖掘技术计算潜水埋深和盐碱化程度之间的空间相关系数,利用空间叠加分析,得到盐碱化数字预警单元。然后通过训练神经网络,并进行神经网络处理,得到预警结果。下面对地理信息系统与神经网络集成进行盐碱化预警研究的技术流程进行详细说明。

**2.2.1 建立预警图形库和属性库** 采用扫描量化的方式数字化土壤图,地下水水位埋深图,地下水水化学图,盐碱化状况分布图、行政区图并配准。建立相应的属性数据库,利用地理信息系统把空间数据和属性数据统一,建成空间数据库。对地理实体进行量化,通过分类系统的特征编码,以识别地理要素。其中土壤状况空间数据库,主要包含成土母质和有机质含量及其类型标志码;地下水状况数据库,主要包含水化学、潜水埋深两项;盐碱化类型空间数据库,主要包含盐碱化程度,以及类型标志码等。

### 2.2.2 潜水埋深与盐碱化程度空间相关系数的计算

在以往对吉林省西部潜水埋深同盐碱化关系研究中,大多采用野外观测和定性描述的方法,探讨潜水埋深同盐碱化的关系。土地盐碱化同地下水位埋深都是空间变化的,而且由于受多种因素的影响,二者之间的关系也随空间变化。但以往的研究并没有真正地给出地下水位埋深同土地盐碱化程度之间关系的空间变化。本文采用空间知识挖掘技术对二者关系空间变化规律进行研究,并把其作为一个预警因子以进一步明确潜水埋深同盐碱化关系。

对任意两个随机变量,根据其两组对应的观测

值,可以计算出它们的空间相关系数。显然这一关系是与观测点分布有关的,所计算的相关系数描述的是观测点分布范围内的相关。环境因素一般都具有空间连续分布特征,要充分研究两个环境因素之间的整体相关,就要研究两者相关程度的空间变化,这一变化仍是呈空间连续分布的,它的观测值反映了给定位置上两个因素的相关程度,因此连续变化的空间变量之间的相关表现为一个连续变化的空间相关场,可以用一个空间曲面来描述。

为描述空间相关场,须对其进行抽样计算,这里有两个问题必须考虑:(1) 抽样点的分布;(2) 抽样值的计算。对一般空间连续变化的变量,在地理信息系统中常用离散点阵表示,点阵可是规则网,也可是不规则网,但对于空间相关场,因其计算涉及 2 个分布变量,为便于对 2 个变量观测对应点值,一般宜采用规则网点阵。关于抽样值的计算,可采取空间域相关的方法。下面给出空间域上相关系数的算法。

设有观测点  $u_i (i=1 \cdots n)$ ,  $v_i (i=1 \cdots n)$ , 则二者的相关系数可以用如下的公式计算:

$$\bar{u} = \sum_D u_i \sum l \quad \bar{v} = \sum_D v_i \sum l$$

式中:  $D$ ——第  $i$  点的邻域,通常采用  $3 \times 3$  或者  $5 \times 5$  的窗口。其表示如图 1 所示:

$$r = \frac{\sum_D (u_i v_i - \bar{u} \bar{v} \sum l)}{\sum_D (u_i^2 - \bar{u}^2 \sum l) (\sum_D (v_i^2 - \bar{v}^2 \sum l))^{1/2}}$$

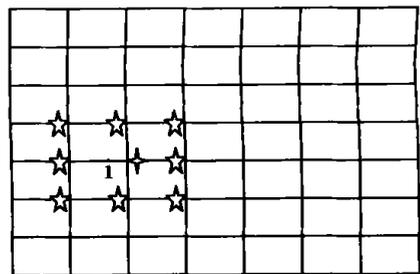


图 1 空间相关系数计算示意图

上面是空间相关系数的算法,本文把土地盐碱化程度和地下水位埋深作为两个随机变量,并采用上述算法计算二者相关系数。对吉林西部地区按规则格网进行采样,采样点的格网布置是  $10 \times 93$ 。这里在每一采样点上都观测水位和盐碱化程度。由于二者受多种因素影响,可以看作是两个随机变量。因此可以用空间相关系数的计算方法来计算二者在空间上的相关程度。按上述的公式和方法,计算水位埋深和盐碱化程度之间的空间相关系数。

2.2.3 空间叠加生成预警数字化图 地理信息系统的空间叠置分析实质上是把两层或多层要素(面状要素)进行叠加产生一个新要素层的空间合成操作,其结果是把原来的要素分割成新要素,新要素综合了原来两层或多层要素所具有的属性。叠加分析生成了新的空间关系和生成新的属性关系,叠加分析是为了对新要素的属性按一定的数学模型进行计算分析,进而产生研究人员需要的结果。采用地理信息系统的空间叠置分析功能,通过对上述的图件进行叠置分析,产生了最终的图层,这个图层的每个单元包含了地质、水位、水化学、盐碱、空间相关系数等属性特征。

2.2.4 模型选择 由于这些因素对碱质荒漠化的影响很复杂,呈非线性,因此采用人工神经网络模型进行碱质荒漠化发生预警研究<sup>[7]</sup>。神经网络的网络结构见图 6-15-4 其中输入层结点个数为 6,中间层结点个数为 15,输出层结点个数为 4(详见图 2)。

2.2.5 共享文件生成 在预警数字化图中,随机选

取 60 个样本,并通过地理信息系统属性导出功能,将这些数据生成 yang.dbf 文件(见表 1)。

随机选取 20 个样本,输入模型进行检验,其精度可达 92%,这证明了可以运用该模型进行土壤盐碱化发生预警研究。

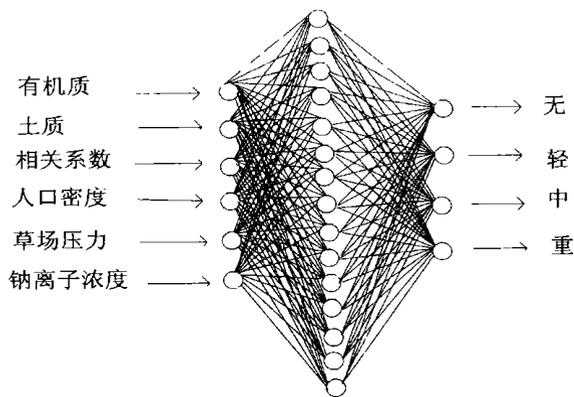


图 2 神经网络结构图

表 1 部分神经网络训练样本

编号	土壤有机质含量 %	土质代码	相关系数	潜水 $\text{Na}^+$ / ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	人口密度 / ( $\text{人} \cdot \text{km}^{-2}$ )	草场压力 / ( $\text{羊单位} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	碱质荒漠化程度级别
1	1.20	5	0.83	100	56	0.20	3
2	1.60	5	0.79	80	67	0.60	2
3	1.10	3	0.86	120	89	0.10	3
4	0.80	2	0.92	123	78	0.24	3
5	0.76	2	0.87	100	32	0.31	3
6	1.40	4	0.78	100	76	0.40	2
7	0.87	4	0.85	100	56	0.27	3
8	1.89	5	0.77	58	87	1.10	1
9	1.87	5	0.84	64	84	0.54	2
10	1.79	5	0.75	70	45	1.30	1

注: 土质编码: 1—沙土; 2—壤土; 3—黏壤土; 4—壤质黏土; 5—黏土。

### 3 预警结果分析

碱质荒漠化发生综合预警研究表明,吉林西部无警区占 20.12%,主要分布在通榆、长岭的沙丘、沙垄顶部,地下潜水埋藏深,地表径流通畅。轻警区主要在洮儿河沿岸、嫩江、松花江沿岸阶地等地段,以及低山丘陵的洮南市、白城市西北部、前郭县的东南部、扶余的南部,面积占 20.92%,环境特征为地势较高,水径流条件较好。中警区主要在洮南市的南部、前郭县的东部以及长岭县的北部地区,面积占 33.22%,地势低平,径流不畅。重警区面积占 25.74%,主要在镇赉县的中西部、大安市、乾安县和通榆县、长岭县的沙丘沙垄间洼地。通过预警研究可指出荒漠化发生的地段及可能警度,为合理开发利用土地资源,保护生态环境提供科学依据。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 李取生. 松嫩平原土地次生盐碱化研究 [J]. 地理科学, 1998, 18(3): 268-272.
- [2] 王晶. 松嫩平原盐碱土的发展演化与影响因素 [M]. 吉林农业科学, 1995, (2): 66-71.
- [3] 李秀军. 松嫩平原盐碱地的成因、性质及生态开发 [M]. 见: 松嫩平原盐碱地与风沙地农业发展研究. 北京: 科学出版社, 1997. 44-53.
- [4] 吕宪国. 松嫩平原西部景观生态结构与生态建设 [J]. 环境科学杂志, 1990(12): 4-7.
- [5] 张殿发. GIS支持下的吉林西部平原土地盐碱化 [D]. 吉林大学博士论文, 2000. 4-10.
- [6] 李凤全. 地理信息系统与神经网络耦合在水质评价中的应用 [J]. 长春科技大学学报, 2001(1): 50-54.
- [7] 张立明. 人工神经网络的模型及其应用 [M]. 厦门: 复旦大学出版社, 1993. 15-30.