
基于 SPSS 的土壤抵抗镉污染性能分析

——以湖北省黄石市为例¹

高雅倩¹，梁贤挺²，黄广振²，郑文吉¹

(1. 西安电子科技大学 数学与统计学院，陕西 西安 710126；

2. 桂林理工大学 环境科学与工程学院，广西 桂林 541004)

【摘要】：本文基于 spss 对湖北黄石市 22 个土壤样品的 8 项指标进行了因子分析和聚类分析。结果表明，因子分析提取的两个公共因子方差贡献率 79.694%的信息量，两个公共因子分别代表了土壤综合物化性质及总镉含量对土壤抵抗镉污染性能的影响。利用主因子得分进行聚类分析，将样品分成了对镉污染抵抗性能高，对镉污染抵抗性能中等，人类活动因素导致镉污染三类。

【关键词】：spss；黄石；土壤；4 南污染；抵抗性能；因子分析；聚类

【中图分类号】：S152.7 **【文献标识码】**：A

1、研究目的及意义

湖北黄石市的金属冶炼业较发达，金属冶炼厂的废水、降雨对镉渣的淋滤都可能造成土壤的镉污染。本文基于 spss 对黄石市土壤样品的物化指标及总镉含量进行分析，探讨了研究区土壤对于镉污染的抵抗性能，对规划利用当地土地，减少土壤镉污染有重要意义。

2、研究区概况

黄石市位于湖北省东南部，长江中游南岸，是我国中部地区重要的原材料工业基地和国务院批准的沿江开放城市。黄石地形东北高，西南低，属低山丘陵与山间平地相间的地貌。本区土壤主要以碎屑岩、花岗岩、碳酸盐发育而来。潮土为境内主要分布的土壤类型，成土母质为第四系全新世冲积物及沉积物，土层深厚、结构疏松。

3、研究方法

3.1 指标选择

土壤对镉污染的抵抗性能是一项实验室难以观测的因子，已有研究表明，土壤中粘粒和粉粒与土壤对镉的吸附具有相关性，即土壤的机械组成，即砂粒、粉粒、粘粒含量与土壤对镉的吸附性有关；土壤的阳离子交换量越高，负电荷量越高，能够通过

¹[收稿日期]：2018-04-04

静电吸引的镉离子也越多。土壤的 pH 值影响镉的溶解, pH 较低, 即酸性条件下, 镉会发生溶解; 土壤的有机质主要成分为腐殖质, 腐殖质对重金属有强烈的吸附和络合作用; 土壤的含水量与土壤同外界进行物质交换的能力直接相关; 土壤中已经存在的镉降低了土壤容纳镉的能力。综上所述, 土壤对镉污染的抵抗性能与土壤的砂粒、粉粒、粘粒含量、阳离子交换量、pH、有机质含量、含水量、总镉含量相关, 可以考虑用这些可以观测的指标对土壤对镉污染的抵抗性能进行描述。本研究数据来源于硕士学位论文, 《土-水-作物系统中镉的分布特征及风险评价——以湖北黄石为例》。

3.2 分析方法

因子分析是根据相关性大小把原始变量进行分组, 使得同组内的变量之间相关性高, 而不同组的变量之间的相关性低。每组变量代表一个基本结构(即公共因子), 并用一个不可观测的综合变量来表示。对于所研究的某一具体问题, 原始变量分解为两部分之和。一部分是少数几个不可观测的公共因子的线性函数, 另一部分是与公共因子无关的特殊因子。

因子分析的另一个作用是分类。因此, 本文利用样品的公共因子的得分值进行聚类分析, 进一步分析同类样品的性质。聚类分析的实质是建立一种分类方法, 将一批样本数据按照它们在性质上的密切程度在没有先验知识的情况下自动进行分类。

4、因子分析

4.1 指标变量之间的相关性分析

从下表 1 可以看出, 本次样品指标 KMO 统计量是 0.686, 大于 0.05, 且 Bartlett 球面检验值为 314.835, 卡方统计量的显著性水平 Sig 为 0.000, 小于 0.05, 说明所选取的 8 个指标适合作因子分析。

表 1 KMO 和 Bartlett' s 测试

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		0.686
Approx. Chi-Square		314.835
Bartlett' s Test of Sphericity	df	28
	Sig.	0.000

4.2 因子分析的因子提取及碎石图

对公共因子的选择, 采用了主成分分析法, 提取特征值大于 1 的公共因子, 并按最大方差旋转法进行因子旋转, 得到的结果如下表所示。从及总方差分解表(表 2)可以看出, 使用主成分方法提取出特征值大于 1 的公因子有 2 个, 累计方差解释率为 79.694%。一般情况下, 统计学提取累计方差贡献率达到 85%的公共因子, 但是由于指标全部为实验数据, 存在一定的误差, 结合实际情况, 认为前两个公共成分已经包含了指标的绝大部分信息。因此, 提取到前两个公共因子。

表 2 总方差分解表

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	%of Variance	Cumulative %	Total	%of Variance	Cumulative %	Total	%of Variance	Cumulative %

1	5.314	66.428	66.428	5.314	66.428	66.428	5.138	64.229	64.229
2	1.061	13.266	79.694	1.061	13.266	79.694	1.237	15.464	79.694
3	0.720	9.003	88.696						
4	0.469	5.861	94.558						
5	0.217	2.715	97.273						
6	0.127	1.584	98.857						
7	0.091	1.143	100.000						
8	1.08E-06	1.35E-05	100.000						

Extraction Method: Prinripal Component Analysis.

4.3 旋转前后的因子载荷

旋转后因子载荷绝对值更加趋于 1 或 0，更能清晰地反映出公共因子的含义。由旋转后的因子载荷可以看出，公共因子 f1 为反映土壤的物化性质的因子，它反映了土壤物化性质对于其抵抗镉污染的影响。X2、X5 的 f1 载荷为负，砂粒含量越大，pH 越大土壤越不容易受到镉污染，因此可以推断出 f1 越小，土壤对镉污染的抵抗能力越强。公共因子 f2 在 X1、X2、X3、X4、X5、X6、X7 上的载荷绝对值都较小，而在 X8 上的载荷绝对值特别大，为 0.931，f2 为反映土壤本底的总镉含量的因子，f2 反映了土壤本底的总镉含量对其抵抗镉污染的影响，总镉含量越小，0 越小，土壤还能容纳镉污染物的量就越大，抵抗镉污染的能力就越强。

表 3 旋转前后的因子载荷

		砂粒 (X1)	阳离子 交换量 (X2)	粉粒 (X3)	粘粒 (X4)	pH (X5)	有机质 含量 (X6)	含水量 (X7)	总镉 (X8)
旋转前	f1	-0.935	0.936	0.839	0.920	-0.871	0.886	0.645	0.229
	f2	0.197	-0.158	-0.318	0.086	0.052	0.137	0.229	0.903
旋转后	f1	-0.956	0.949	0.887	0.883	-0.842	0.839	0.585	0.041
	f2	0.003	0.035	-0.141	0.271	-0.228	0.314	0.355	0.931

4.4 因子得分

根据因子得分矩阵可建立因子得分函数：

$$f1=-0.151\times 5+0.075\times 7+0.216\times 3+0.153\times 4+0.203\times 2+0.137\times 6-0.21\times 1-0.131\times 8$$

$$f2=-0.081\times 5+0.236\times 7-0.261\times 3+0.114\times 4-0.11\times 2+0.16\times 6+0.146\times 1+0.842\times 8$$

根据因子得分函数计算各样品的因子得分如表 4 所示。

表 4 因子得分矩阵

砂粒 (X1)	阳离子 交换量 (X2)	粉粒 (X3)	粘粒 (X4)	pH (X5)	有机质 含量 (X6)	含水量 (X7)	总镉 (X8)
------------	-----------------	------------	------------	------------	----------------	-------------	------------

1	-0.210	0.203	0.216	0.153	-0.151	0.137	0.075	-0.131
2	0.146	-0.110	-0.261	0.114	-0.081	0.160	0.236	0.842

5、系统聚类

因子 f1, f2 分别从不同的角度反映了土壤的特征对于其抵抗镉污染的性能, 利用 f2, f1 的得分进行聚类分析, 将具有共性的土壤进行归类, 有助于合理分配土地利用类型, 同时也可以为城市的规划提供科学的依据。

本次聚类采用系统聚类法, 距离选用欧式距离, 聚类方法选用最远距离法。聚类结果如表 5 所示。

表 5 因子得分及聚类表

样品编号	f1	f2	聚类结果	样品编号	f1	f2	聚类结果
1	0.50816	0.09880	1	12	0.42838	0.02611	1
2	1.28408	-0.17930	1	13	-0.83661	0.69626	3
3	-0.01676	2.46527	2	14	0.61726	-1.35982	1
4	-2.01486	0.29871	3	15	0.21938	-0.69731	1
5	1.00236	-1.34157	1	16	0.87066	-0.75763	1
6	0.56623	-0.19271	1	17	-1.37283	-1.43747	3
7	-1.62728	1.19382	3	18	1.15508	1.03851	1
8	-0.40584	0.25435	3	19	1.03452	0.81369	1
9	0.20723	-0.49940	1	20	-0.49832	0.21326	3
10	-1.80358	-1.19677	3	21	0.94891	0.88998	1
11	0.03292	-1.08267	1	22	-0.29908	0.75588	3

聚类分析表明, 第 1 类样品的 f1 得分均较高, 而 f2 得分均较低, 这类土壤容易受到镉污染, 但对镉污染还有一定的缓冲能力。因此这类土壤上, 若进行农业生产不能用含镉的污水灌溉, 也不宜成为金属冶炼厂选址。

第 2 类样品 f1 得分较低, 但是 f2 得分较高, 表明其虽不易受到镉污染, 但目前其镉含量背景值较高, 已经受到一定程度的污染。为了食品安全, 保证农作物中镉含量不超标, 不宜在这类土壤上种植农作物。

第 3 类样品 f1, f2 得分都较低, 表明这类土壤的物化性质决定其不易受到镉污染, 同时目前镉含量背景值较低, 可以容纳镉污染的量较大, 这类土壤对镉污染的抵抗性能较强如果考虑建设冶炼厂, 可以在这类土壤上选址。

6、结 论

本文采用因子分析和系统聚类法分析了湖北黄石市 22 个土壤样品的 8 项指标, 表征了研究区土壤对镉污染的抵抗性能。通过因子分析, 提取了两个公共因子分别代表了土壤综合物化性质及总镉含量对土壤抵抗镉污染性能的影响。利用主因子得分对样品进行聚类分析, 将样品分成了对镉污染抵抗性能高, 对镉污染抵抗性能中等, 人类活动因素导致镉污染三类。本研究为研究区土壤环境保护与治理提供了科学依据。

[参考文献]:

[1]李秀娟. 土-水-作物系统中镉的分析特征及风险评价——以湖北黄石为例[D]. 中国地质大学, 2010.

[2]许春雪, 潘小飞, 等. 北京城近郊区土壤对镉的吸附特征研究[J]. 岩矿测试, 2005 (03) .

[3]宗良纲, 徐晓炎. 土壤中镉的解吸研究进展[J]. 生态环境, 2003 (f) 3) .

[4]向东进, 李宏伟, 等. 实用多元统计方法[D]. 中国地质大学, 2004.