

基于模糊综合评判的关中地区全新世黄土质地类型判定

周旗, 文彦君, 郁耀闯

(宝鸡文理学院 灾害监测与机理模拟陕西省重点实验室, 陕西 宝鸡 721013)

摘要: 土壤质地判定是一个受多种因素影响并具有模糊性的评判问题, 宜采用模糊综合评判方法。以卡钦斯基土壤分类标准为基础, 采用岭型隶属函数, 运用加权平均的模糊综合评判方法, 对关中地区 4 个剖面 30 层的全新世黄土粒度实测数据进行土壤质地的综合评判。结果表明, 在所测的 4 个剖面中, 马兰黄土(L₁)、淀积层(C_k)和全新世黄土(L₀)这 3 个土层判定的土壤质地类型是相同的, 因而不具有指示意义。存在土壤质地差异的是全新世古土壤(S₀)、风化淋滤黄土(C₁)和现代表土(T_s)这 3 个层位, 其中 S₀ 和 C₁ 层位还表现出自东向西, 土壤质地类型由重壤变为中壤和由中壤变为轻壤的方向性, 而 T_s 层位由于受人类活动影响明显, 变化方向不确定。

关键词: 模糊综合评判; 关中地区; 黄土质地分类

文献标识码: A **文章编号:** 1000-288X(2009)04-0084-04 **中图分类号:** S152.3, P934

Texture Type of Loess During the Holocene in Guanzhong Region Based on Comprehensive Fuzzy Evaluation

ZHOU Qi, WEN Yan-jun, YU Yao-chuang

(Key Laboratory of Disaster Monitoring and Mechanism Simulating of
Shaanxi Province, Baoji University of Arts and Sciences, Baoji, Shaanxi 721013, China)

Abstract: Determination of soil texture is affected by various factors and ought to adopt a method of comprehensive fuzzy evaluation. Based on Kaczynski soil classification standard and ridge-type subordinate function, texture type of 4 Holocene loess profiles with 30 layers in the Guanzhong region was determined by applying synthetically decided method of weighting average. Results indicated that texture types of Malan loess (L₁), illuvial horizon (C_k), and Holocene loess (L₀) are identical and thus, do not have the significance of instruction. However, Holocene paleosol (S₀), air-slake and leaching loess (C₁), and modern topsoil (T_s) are different. From east to west, soil texture types of S₀ and C₁ change from heavy loam soil, medium textured soil, to light textured soil. The change of topsoil (T_s) is indeterminacy because it is obviously affected by the human activities.

Keywords: comprehensive fuzzy evaluation; Guanzhong region; texture type of loess

不同的土壤质地类型表明土壤具有不同的矿质颗粒大小分布特点, 而不同的颗粒大小分布又具有不同的辐射传输、水分平衡、热量平衡等特点, 因此土壤质地类型资料可广泛应用于土壤资源评价、土壤肥力估计、大气热力学及动力学方程等。土壤颗粒组成或质地类型常作为土壤质量评价的重要物理学指标之一^[1-3]。

已有的研究成果表明^[4], 黄土是性质优良和化学元素丰富的土壤资源, 也是层次最多和种类多样的土壤资源, 整个黄土地层是由古土壤迭加构成的。因此黄土剖面的粒度分布也具有成层性, 不同层位应该对应于不同的土壤质地类型。对土壤质地的精确判定,

通常野外采样和室内测定, 然后对照相应的土壤质地分类标准进行判定。然而, 一方面, 由于土壤质地分类标准是人为制定, 分类界限具有刚性, 而现实土壤不同的质地类型之间是连续过渡变化的; 另一方面, 野外同层土壤中的颗粒粒径含量存在随机变化, 土壤采样也存在一定的经验性, 因此最终的测定结果往往不能反映土壤层中的全部颗粒粒径信息。

在实践中, 简单、机械的土壤质地判定, 有时会导致模棱两可或相互矛盾的结果。事实上, 土壤质地判定是一个受多种因素影响并具有模糊性的评判问题, 宜采用模糊综合评判方法, 以促使评判结果向定量、

收稿日期: 2008-09-26

修回日期: 2009-03-19

资助项目: 国家社会科学基金项目“区域自然灾害风险综合评估研究”(07XZZ006); 陕西省重点实验室项目“关中地区干旱化的环境响应与适应研究”(005JS41); 陕西省自然地理学重点学科、宝鸡文理学院重点科研项目“区域灾害可接受性研究”(05ZK06)

作者简介: 周旗(1963—), 男(汉族), 重庆市荣昌县人, 博士, 教授, 主要从事地理科学与环境科学的教学与研究工作。E-mail: zhouqi@bjwlxy.cn。

精确的方向转变,从而提高其科学性^[5]。本研究根据利用 Mastersizer 2000 激光粒度仪对关中地区由西到东4个剖面的6个层位的土壤粒度分布的测量数据,采用模糊综合评判方法进行土壤质地类型判断。

1 模糊综合评判数学模型^[6-7]

所谓模糊综合评判方法是在模糊的环境中,考虑到影响事物的多种因素,基于某种目的对该事物做出的综合判断或决策,它是模糊数学中最基本的应用方法之一。

1.1 模糊综合评判数学模型的基本要素

(1) 评判因素集 $U = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_m\}$ 所有影响评判对象结果因素的集合,通常都是具有一定的模糊性。

(2) 评判等级集 $V = \{v_1, v_2, v_3, \dots, v_n\}$ 评判结果的评级集合,其最佳评级为评判结果。

(3) 模糊评判矩阵 $R = (r_{ij})_{m \times n}$ 在确定了评判因素集合和评语指标集合后,利用评判因素集与评判等级集的模糊映射,即可得出该模糊关系矩阵。

(4) 因素权重集 $A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_m\}$ 根据各因素的重要程度,给各因素分配相应的权重。

1.2 模糊综合评判方法

在建立了单因素评判矩阵 R 后,常采用加权平均型的综合评判方法,可以获得模糊综合评判结果矩

阵 B 。

$$B = A \cdot R = \{b_1, b_2, b_3, \dots, b_n\}$$

式中: b_j ——评判对象在评判等级 v_j 模糊集上的隶属度。根据最大隶属度原则,确定最终的评判结果。

2 关中地区全新世黄土质地分类的模糊综合评判

2.1 评判因素及权重

卡钦斯基土壤质地分类标准中,以物理性黏粒及砂粒的含量作为分类的依据。由于两者之和恒等于100%,具有完全相关性,因此只取其中的物理性黏粒含量作为参考的评判因素。

此外,选定地点野外土壤剖面的粒度统计分析结果(表1)表明,同一土壤层中的物理性黏粒及砂粒的含量存在较大范围的随机变动。可以认为含量均值并不能全面地反映土壤层中物理性黏粒及砂粒含量的全部信息。

基于上述因素的综合考虑,利用专家调查法确定关中地区黄土质地分类的评判因素为 $U = \{\text{物理性黏粒含量均值, 物理性黏粒含量最小值, 物理性黏粒含量最大值}\}$ 。三者的权重初步确定为 $A = \{0.5, 0.25, 0.25\}$,根据后续的研究结果与实际情况,可对其权重作进一步调整。

表1 关中地区全新世黄土剖面粒度分析结果统计^[8]

地点	层位	深度/cm	黏粒(<0.01 mm)含量/%			砂粒(>0.01 mm)含量/%		
			范围	平均值		范围	平均值	
白鹿塬安村剖面	T _s	0—22	27.38	40.65	33.35	59.35	72.62	66.65
	L ₀	24—72	30.25	42.25	38.76	57.75	69.75	61.24
	S ₀	74—168	37.16	46.88	36.55	53.12	62.84	63.45
	C ₁	170—208	35.24	41.72	34.38	58.28	64.76	65.62
	C _k	208—208	24.41	37.89	33.18	62.11	75.59	66.82
	L ₁	210—368	26.50	38.23	34.01	61.77	73.50	65.99
白鹿塬王庄剖面	T _s	0—20	42.93	46.80	44.71	53.20	57.07	55.29
	L ₀	20—60	32.65	46.79	40.50	53.21	67.35	59.50
	S ₀	60—145	37.98	54.87	46.90	45.13	62.02	53.10
	C ₁	145—425	30.72	48.02	37.83	51.98	69.28	62.17
	C _k	425—470	33.69	47.19	36.74	52.81	66.31	63.26
	L ₁	470以下	28.88	45.81	33.37	54.19	71.12	66.63
少陵塬西杨万村剖面	T _s	0—20	36.47	50.38	40.42	49.62	63.53	59.58
	L ₀	20—68	34.89	43.28	38.86	56.72	65.11	61.14
	S ₀	68—158	25.89	56.46	41.12	43.54	74.11	58.88
	C ₁	158—222	24.76	43.42	33.11	56.58	75.24	66.89
	C _k	222—280	34.60	42.15	38.62	57.85	65.40	61.38
	L ₁	280以下	36.00	44.10	39.16	55.90	64.00	60.84
岐山雍川镇剖面	T _s	0—20	30.13	43.99	36.00	56.01	69.87	64.00
	L ₀	20—50	26.06	42.26	35.04	57.74	73.94	64.96
	S ₀	50—130	26.86	42.96	36.14	57.04	73.14	63.86
	C ₁	130—190	22.81	32.49	27.50	67.51	77.19	72.50
	C _k	190—280	24.51	35.55	30.18	64.45	75.49	69.82
	L ₁	280以下	29.23	40.12	33.99	59.88	70.77	66.01

2.2 评判等级

考虑选定地点黄土土壤层的粒度资料及我国土壤质地分类的研究现状,以简化的卡钦斯基土壤质地标准(表 2)为依据^[3],确定关中地区黄土质地分类的评判等级为 $V = \{ \text{松砂土, 紧砂土, 砂壤土, 轻壤土, 中壤土, 重壤土, 轻黏土, 中黏土, 重黏土} \}$ 。

表 2 卡钦斯基土壤分类标准简表^[3]

土壤质地	黏粒 (< 0.01 mm) 含量/ %	砂粒 (> 0.01 mm) 含量/ %
松砂土	0 ~ 5	100 ~ 95
砂土 紧砂土	5 ~ 10	95 ~ 90
砂壤土	10 ~ 20	90 ~ 80
轻壤土	20 ~ 30	80 ~ 70
壤土 中壤土	30 ~ 40	70 ~ 60
重壤土	40 ~ 50	60 ~ 50
轻黏土	50 ~ 65	50 ~ 35
黏土 中黏土	65 ~ 80	35 ~ 20
重黏土	> 80	< 20

注:本标准适用于草原土及红黄壤类。

2.3 隶属函数

卡钦斯基土壤质地分类标准中,同一质地类别对应的物理性黏粒含量标准为区间值,相邻质地类别的物理性黏粒含量上下限相互重合。对于由此造成的土壤质地分类的模糊性,可认为在某一质地类别标准范围内物理性黏粒含量包含一定的相邻质地类别的属性。

基于此,构造分布范围包括相邻区间的菱形分布隶属函数,为确定模糊评判矩阵中的隶属度提供客观依据,以使评判结果充分反映实际情况。具体形式如下式所示^[6]:

$$\begin{cases} 0 & (x < a_1) \\ \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \sin \frac{\pi}{(a_2 - a_1)} \left(x - \frac{a_1 + a_2}{2} \right) & (a_1 \leq x < a_2) \\ 1 & (a_2 \leq x < b_1) \\ \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \sin \frac{\pi}{(b_2 - b_1)} \left(x - \frac{b_1 + b_2}{2} \right) & (b_1 \leq x < b_2) \\ 0 & (x > b_2) \end{cases}$$

式中: x ——样品物理性黏粒含量百分比; a_1, a_2 ——给定质地类别前一类别的物理性黏粒含量百分比下限及上限; b_1, b_2 ——后一类别的物理性黏粒含量百分比下限及上限;而 a_2, b_1 则为给定质地类别的下限及上限。而松砂土和重黏土只存在一个相邻质地类别,因此其对应评判等级的隶属函数分别确定为降岭型和升岭型分布,即分别不包括公式 1 中的前两行与后两行。以松砂土、重壤土和重黏土为例,其隶属函数曲线如图 1 所示。

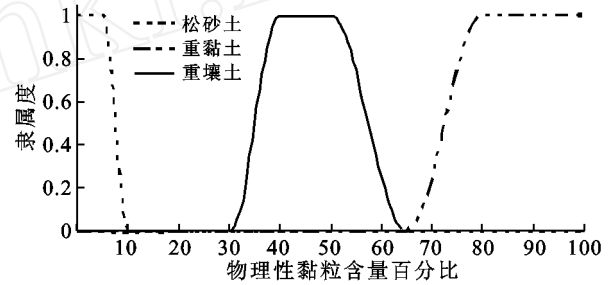


图 1 土壤质地分类的隶属函数

2.4 单因素评判结果

根据给定地点的黄土、土壤剖面的粒度统计资料(表 1),参考物理性黏粒含量均值、最小值及最大值三个评判因素,利用岭型隶属函数进行实际资料到各评判等级(即土壤质地类型)的模糊映射,可得到土壤质地分类的单因素评判结果。以白鹿塬安村剖面 T_s 层为例,其单因素评判结果矩阵 R 如表 3 所示。

2.5 模糊综合评判结果

对给定地点的黄土、土壤质地单因素评判结果,运用加权平均的综合评判方法,进行合成运算可得,白鹿塬安村剖面 T_s 的模糊综合评判矩阵

$$B = A \cdot R = \{ b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7, b_8, b_9 \} = \{ 0.000, 0.000, 0.040, 0.624, 0.957, 0.376, 0.003, 0.000, 0.000 \}$$

根据最大隶属度原则,可综合判定该剖面层黄土质地属于中壤土,同时也较接近轻壤土的性质。对于表 1 中其他黄土剖面层的质地分类,可以采用相同的评判因素及权重,选用相同的评判等级及相应的岭型隶属函数,建立其单因素评判结果矩阵。运用加权平均的综合评判方法,可得其模糊综合评判结果如表 4 所示。

表 3 白鹿塬安村剖面 T_s 层土壤质地的单因素评判结果

U	a	v_1 松砂土	v_2 紧砂土	v_3 砂壤土	v_4 轻壤土	v_5 中壤土	v_6 重壤土	v_7 轻黏土	v_8 中黏土	v_9 重黏土
u_1	0.50	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.747 7	1.000 0	0.252 3	0.000 0	0.000 0	0.000 0
u_2	0.25	0.000 0	0.000 0	0.160 0	1.000 0	0.840 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
u_3	0.25	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.989 6	1.000 0	0.010 4	0.000 0	0.000 0

表4 关中地区4个全新世黄土剖面土壤质地分类的模糊综合评判结果

地点	层位	砂土		壤土				黏土			评判结果
		松砂土	紧砂土	砂壤土	轻壤土	中壤土	重壤土	轻黏土	中黏土	重黏土	
白鹿塬 安村剖面	T _s	0.000 0	0.000 0	0.040 0	0.623 9	0.957 4	0.376 1	0.002 6	0.000 0	0.000 0	中壤土
	L ₀	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.268 3	0.970 1	0.731 7	0.029 9	0.000 0	0.000 0	中壤土
	S ₀	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.179 6	0.805 4	0.820 4	0.194 6	0.000 0	0.000 0	重壤土
	C ₁	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.414 0	0.982 2	0.586 0	0.017 8	0.000 0	0.000 0	中壤土
	C _k	0.000 0	0.000 0	0.148 0	0.661 8	0.852 0	0.338 2	0.000 0	0.000 0	0.000 0	中壤土
	L ₁	0.000 0	0.000 0	0.068 3	0.595 3	0.931 7	0.404 7	0.000 0	0.000 0	0.000 0	中壤土
白鹿塬王 庄剖面	T _s	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.531 4	1.000 0	0.468 6	0.000 0	0.000 0	重壤土
	L ₀	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.209 1	0.805 3	0.790 9	0.1947	0.000 0	0.000 0	中壤土
	S ₀	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.024 3	0.359 5	0.916 1	0.640 5	0.059 6	0.000 0	重壤土
	C ₁	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.302 7	0.773 4	0.697 3	0.226 6	0.000 0	0.000 0	中壤土
	C _k	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.295 0	0.795 6	0.705 0	0.204 4	0.000 0	0.000 0	中壤土
	L ₁	0.000 0	0.000 0	0.007 7	0.622 5	0.835 9	0.377 5	0.156 5	0.000 0	0.000 0	中壤土
少陵塬西 杨万村剖面	T _s	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.069 3	0.747 8	0.930 3	0.252 2	0.000 4	0.000 0	重壤土
	L ₀	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.145 2	0.939 3	0.8548	0.060 7	0.000 0	0.000 0	中壤土
	S ₀	0.000 0	0.000 0	0.090 5	0.250 0	0.644 2	0.652 0	0.265 3	0.098 0	0.000 0	重壤土
	C ₁	0.000 0	0.000 0	0.134 4	0.639 9	0.800 1	0.360 1	0.065 5	0.000 0	0.000 0	中壤土
	C _k	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.163 8	0.972 6	0.836 2	0.027 4	0.000 0	0.000 0	中壤土
	L ₁	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.095 0	0.909 9	0.905 0	0.090 1	0.000 0	0.000 0	中壤土
岐山雍川 镇剖面	T _s	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.422 6	0.914 0	0.577 4	0.086 0	0.000 0	0.000 0	中壤土
	L ₀	0.000 0	0.000 0	0.084 1	0.496 9	0.885 7	0.503 1	0.030 2	0.000 0	0.000 0	中壤土
	S ₀	0.000 0	0.000 0	0.056 0	0.412 4	0.893 7	0.587 6	0.050 3	0.000 0	0.000 0	中壤土
	C ₁	0.000 0	0.000 0	0.277 6	0.963 7	0.722 4	0.036 3	0.000 0	0.000 0	0.000 0	轻壤土
	C _k	0.000 0	0.000 0	0.144 2	0.853 1	0.855 8	0.146 9	0.000 0	0.000 0	0.000 0	中壤土
	L ₁	0.000 0	0.000 0	0.003 6	0.578 0	0.996 3	0.422 0	0.000 1	0.000 0	0.000 0	中壤土

3 结论

(1) 模糊综合评判方法是一种以模糊推理为主的定性与定量相结合、精确与非精确相统一的分析评判方法,适用于多因素、且具有模糊性的问题的分析。与传统的基于分类标准进行刚性判断方法相比较,采用模糊综合评判方法,可提高评判结果的科学性、准确性。

(2) 利用关中地区4个剖面30层的黄土粒度含量资料,考虑物理性黏粒含量均值、最小值及最大值3个因素,并以我国常用的卡钦斯基土壤分类标准为基础,建立相应的评判等级及其隶属函数。运用加权平均的综合评判方法,获得的相应剖面土壤质地的模糊综合评判结果。判定结果表明,马兰黄土(L₁)、淀积层(C_k)和全新世黄土(L₀)3个土层在4个剖面中的土壤质地类型判定是相同的,因而不具有指示意义。存在土壤质地差异的是全新世古土壤(S₀)、风化淋滤黄土(C₁)和现代表土(T_s)3个层位,其中S₀和C₁层位还表现出自东向西,土壤质地类型由重壤变为中壤和由中壤变为轻壤的方向性,而T_s层位由于受人类活动影响明显,区域变化方向不确定。

(3) 土壤质地分类的模糊综合评判,涉及到评判

因素的选取及其权重的确定,评判等级的确定,实际资料各因素与评判等级隶属度的确定等问题。在土壤质地分类的模糊综合评判中上述部分问题有待进一步解决,综合评判体系有待于进一步完善。

[参 考 文 献]

- [1] 张时煌,彭公炳,黄玫.基于地理信息系统技术的土壤质地分类特征提取与数据融合[J].气候与环境研究,2004,9(1):65-79.
- [2] 张丽萍,张镜铨,王英安.基于计算机图形学的土壤质地自动分类系统[J].地理科学进展,2006,25(3):86-95.
- [3] 朱鹤健,何宜庚.土壤地理学[M].北京:高等教育出版社,1992:50-60.
- [4] 赵景波.淀积理论与黄土高原环境演变[M].北京:科学出版社,2002:1-3.
- [5] 邱向荣,袁仁茂,许伟文.公路边坡灾害危险性预测模糊综合评判法[J].水土保持研究,2003,10(3):26-28.
- [6] 陈伟,任光明,左三胜.泥石流危险度的模糊综合评判[J].水土保持研究,2006,13(2):138-139.
- [7] 谢季坚,刘承平.模糊数学方法及其应用[M].2版.武汉:华中科技大学出版社,2000:1-60.
- [8] 李艳花.关中平原全新世土壤和土壤水环境研究[D].西安:陕西师范大学,2006:95-101.