

关于城市化土壤侵蚀等级划分 综合评判模型的探讨

王志明

(深圳市东部实业股份有限公司 深圳 518031)

摘要 城市化土壤侵蚀问题是城市水土保持规划中的主要问题。在文献[1]的基础上,试图将模糊评判处理方法引入到城市化土壤侵蚀等级划分的确定。通过各评价因素的确定,以及评判结果的量化,提出了一个简单而又具有可操作性的综合评判模型,从而可作为建立城市水土保持地理信息系统的基础。

关键词 城市化 土壤侵蚀 等级划分 综合评判

The Model of Comprehensive Evaluation on Classification of Urbanized Soil Erosion in Shenzhen City

Wang Zhiming

(Shenzhen Eastern Enterprise Stock Co. Ltd 518031)

Abstract The problem of urbanized soil erosion is an important topic in the planning of urbanized soil and water conservation. On the basis of reference [1], the author tries to introduce the approach of fuzzy evaluation into the classification of urbanized soil erosion. A simplified and manipulated model of comprehensive evaluation is put forward through the determination of various evaluating factors, which can be regard as a basis of establishing GIS of urbanized soil and water conservation.

Key words urbanization soil erosion classification comprehensive evaluation

深圳地区位于广东省中部沿海,地处北回归线以南,南接香港新界,北临东莞、惠阳,属亚热带海洋性季风气候,四季宜人。雨量充沛,雨季中,多以台风暴雨为主,雨强大历时短,降雨侵蚀能力强。随着农村城市化的迅速发展,城市规模迅速膨胀,大范围、大规模的土地开发,频繁的人类活动,无可避免地会扰动土壤,破坏原有地表土层结构,降低土壤原有抗蚀能力。据调查,至1996年,深圳市全市2020km²的陆地面积中,水土流失面积占9.14%为184.99km²,而由于城市开发建设活动而引起的占80.37%(约148.68km²)。城市的水土流失,给城市的经济可持续发展构成严重威胁^[2]。为防治水土流失,编制水土保持规划,首先应研究土壤侵蚀等级划分问题。

根据《深圳市城市水土保持规划》，深圳地区土壤侵蚀强度等级分为 3 级^[1,3]：较少级（Ⅰ级）；一般级（Ⅱ级）；严重级（Ⅲ级）。各侵蚀等级的划分指标和判别标准，如表 1 和表 2 所示。

1 土壤侵蚀强度等级综合评判模型

土壤侵蚀强度等级综合评判模型，是根据侵蚀等级的划分指标和判别标准，采用模糊评判的方法，对有关评价因素进行模糊化处理，然后通过模糊变换，得出综合评定结果，由综合评定结果的分值，判定土壤侵蚀强度等级。

表 1 深圳市土壤侵蚀强度等级分级评分标准

流失原因	评价项目 (U)	分级评分标准 (V)				栏号
		0	1	2	3	
开发区(边界 相对封闭)	U ₁ 植被覆盖率(%)	>50	30~50	10~30	<10	①
	U ₂ 斜坡高差(m)	<1	1~2	2~3	>3	②
	U ₃ 平台面积(万 m ²)	<1	1~4	4~6	>6	③
开发区(边 界相对开放)	U ₁ 植被覆盖率(%)	>70	50~70	30~50	<30	④
	U ₂ 斜坡高差(m)	<1	1.0~1.5	1.5~2.0	>2	⑤
	U ₃ 平台面积(万 m ²)	<0.5	0.5~1.0	1~4	>4	⑥
建设开 挖面	U ₁ 坡度(°)		<30	30~38	>38	⑦
	U ₂ 高差(m)		<3	3~6	>6	⑧
	岩性特征	新鲜岩体	坚硬风化壳	半风化物	全风化堆积物等	⑨
自然流失	U ₁ 坡角(°)		<15	15~25	>25	⑩
	U ₂ 植被覆盖率(%)	>75	50~75	30~50	<30	⑪
	U ₃ 措施或侵蚀特征		有挖空水平沟	侵蚀不明显	明显的侵蚀沟	⑫

表 2 深圳市土壤侵蚀强度等级判别标准

土壤侵蚀强度等级	主要判别指标		参考判别指标 (综合分值 F)
	侵蚀模数(t/km ² ·a)	侵蚀厚度(mm/a)	
较少级(Ⅰ)	1800~8000	1.0~5.9	0.5~1.5
一般级(Ⅱ)	8000~20000	5.9~14.8	1.5~2.5
严重级(Ⅲ)	20000~100000	14.8~74.7	>2.5

设两个有限域 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$; $V = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$, U 代表综合评判因素所组成的集合, V 代表对评判因素所作的评语所组成的集合。模糊综合评判则表示模糊变换:

$$B = A \cdot R$$

式中: A —— U 上的模糊子集, $A = (a_1, a_2, \dots, a_n)$, $0 \leq a_i \leq 1$ 。 a_i —— u_i 对 A 的隶属度, 表示单因素 u_i 在总评价因素中所起作用大小的变量, 在一定程度上也代表根据单因素 u_i 评定等级的能力; B —— V 上的模糊子集, $B = (b_1, b_2, \dots, b_m)$, b_j —— v_j 对综合评价所得模糊子集 B 的隶属度, 表

示综合评判的结果; R 为评判矩阵, $R = \begin{Bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nm} \end{Bmatrix}$, r_{ij} 表示因素 u_i 的评价对等级 v_j 的隶

属度, 矩阵 R 中第 i 行 $R_i = (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{im})$ 为对第 i 个因素(u_i) 的单因素评判结果。

根据深圳市土壤侵蚀强度等级划分标准[2], 引起土壤侵蚀原因的不同, 其评价因素也不同,

为此必须按其原因的不同,分别进行评判。具体评价因素如表1中评价项目(U)所示。各评判因素在评判时均分为4级(如表1中分级评分标准 V 项所示),并且各评价因素在综合评定时均取等权平均,即认为各因素对综合评定结果的贡献都是基本相同, $A = \{0.35, 0.35, 0.3\}$ 。

2 模型的计算与结果分析

2.1 评判矩阵 R 的推求与计算

评判因素集 $U = \{u_1, u_2, u_3\}$ 对应着评语集 $V = \{v_1, v_2, v_3, v_4\}$, 而评判矩阵 (R) 中 r_{ij} , 即为某因素 u_i 对应等及 v_j 的隶属函数, 其值的推求可根据各评价因素的实际数值或状况, 对照分级指标来分析推求。具体运作时, 为了消除各等级间数值相差不大, 或状况区别不明显, 而评价等级可能相差一级的跳跃现象, 使隶属函数在各级之间能平滑过渡, 对其可进行如下的模糊化处理:

(1) 能用定量指标描述评价因素等级的: 对于 v_2, v_3 级(中间区间), 令其落在区间中点的隶属度为 1, 两侧边缘点的隶属度为 0.5, 中点向两侧按线性递减处理; 对于 v_1, v_4 级(两侧区间), 令距临界值远, 属两侧区间的隶属度越大, 临界点属两侧等级的隶属度为 0.5。为了便于标识, 令评价因素在 v_1 和 v_2 等级上的临界值为 k_1 , v_2 与 v_3 的临界值为 k_3 , v_3 与 v_4 的临界值为 k_5 , 等级 v_2 区间的中点值为 k_2 , 等级 v_3 区间中点值为 k_4 , 且 $k_2 = \frac{1}{2}(k_1 + k_3)$, $k_4 = \frac{1}{2}(k_3 + k_5)$ 。如表1中第1栏 u_1 的 $k_1 = 50\%$, $k_3 = 30\%$, $k_5 = 10\%$, $k_2 = 40\%$, $k_4 = 20\%$ 。对于评价因素 u_1 , 各评价等级的隶属函数可按下式计算:

$$r_{11}(u_1) = \begin{cases} 0.5(1 + \frac{u_1 - k_1}{u_1 - k_2}) & u > k_1 \\ 0.5(1 - \frac{k_1 - u_1}{k_1 - k_2}) & k_2 < u_1 \leq k_1 \\ 0 & u_1 \leq k_2 \end{cases}$$

$$r_{12}(u_1) = \begin{cases} 0.5(1 - \frac{u_1 - k_1}{u_1 - k_2}) & u_1 > k_1 \\ 0.5(1 + \frac{k_1 - u_1}{k_1 - k_2}) & k_2 < u_1 \leq k_1 \\ 0.5(1 + \frac{u_1 - k_3}{k_2 - k_3}) & k_3 < u_1 \leq k_2 \\ 0.5(1 - \frac{k_3 - u_1}{k_3 - k_4}) & k_4 < u_1 \leq k_3 \\ 0 & u_1 \leq k_4 \end{cases}$$

$$r_{13}(u_1) = \begin{cases} 0 & u_1 > k_2 \\ 0.5(1 - \frac{k_2 - u_1}{k_2 - k_3}) & k_3 < u_1 \leq k_2 \\ 0.5(1 + \frac{k_3 - u_1}{k_3 - k_4}) & k_4 < u_1 \leq k_3 \\ 0.5(1 + \frac{u_1 - k_5}{k_4 - k_5}) & k_5 < u_1 \leq k_4 \\ 0.5(1 - \frac{k_5 - u_1}{k_4 - u_1}) & u_1 \leq k_5 \end{cases}$$

$$r_{14}(u_1) = \begin{cases} 0 & u_1 > k_4 \\ 0.5(1 - \frac{u_1 - k_5}{k_4 - k_5}) & k_5 < u_1 \leq k_4 \\ 0.5(1 + \frac{k_5 - u_1}{k_4 - u_1}) & u_1 \leq k_5 \end{cases}$$

其它评价因素 (v_i) 的隶属函数可由此类推。

(2) 只能用定性指标描述的因素处理方法是, 首先将定性指标赋予一个评语代码, 如 10 栏, 新鲜岩体(v_1) 用评语代码 0 表示, 坚硬风化壳(v_2) 用 1 表示, 裂隙发育的半风化物(v_3) 用 2 表示, 全风化破碎带、堆积物、残积物或松散土(v_4) 用 3 表示; 其次是确定各评语的隶属度。

表 3 各评价因素的隶属度矩阵

评语代码	v_{i1}	v_{i2}	v_{i3}	v_{i4}
0	0.7	0.3	0	0
1	0.25	0.5	0.25	0
2	0	0.25	0.5	0.25
3	0	0	0.3	0.7

2.2 综合评分与强度等级判定

《深圳市城市水土保持规划》将各评价因素的评价结果用分值 F 表示, 即 v_1 评价等级对应的分值为 $F_1 = 0.01$ (注:《规划》中原为 0, 但考虑到方便模糊变换中的具体计算, 故选用这个相对值很小的数 0.01); v_2 对应的 $F_2 = 1$; v_3 对应的 $F_3 = 2$; v_4 对应的 $F_4 = 3$ 。这样就可以清楚地反映各因素对土壤侵蚀强度等级的定量描述。分值越高, 侵蚀强度越大, 等级也越高。综合评定时可按下式算出综合评判分值:

$$F = \sum_{j=1}^4 b_j \cdot F_j / \sum_{j=1}^4 b_j$$

由综合评判分值 (F) 即可判定土壤侵蚀强度等级。

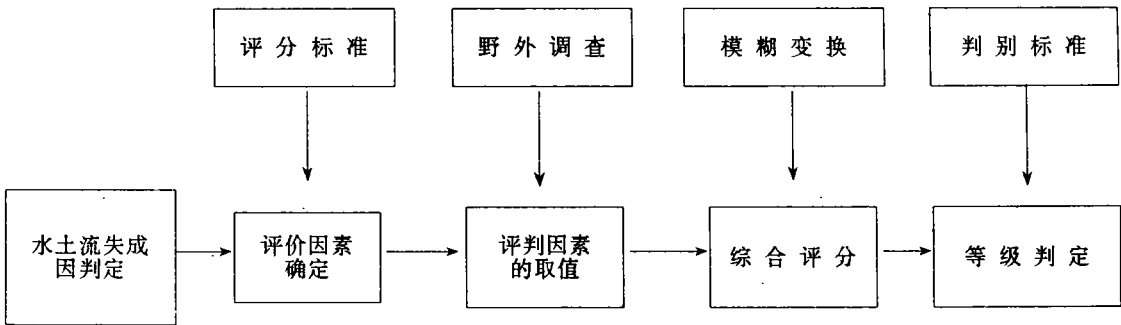


图1 土壤侵蚀强度等级综合评判流程图

3 综合评判模型的应用

(1) 对已形成侵蚀区的侵蚀强度等级的评判。对于深圳地区任意一块土壤侵蚀区, 只须掌握反映侵蚀特征的有关资料, 就可利用综合评判模型来判定其土壤侵蚀强度等级。现有香港城、育马城、新围村三个闲置开发区的有关资料(如表 4)。根据表 4 资料, 可算出它们的 K 值方矩分别为

$\begin{bmatrix} 50 & 40 & 30 & 20 & 10 \\ 1 & 1.5 & 2 & 2.5 & 3 \\ 1 & 2.5 & 4 & 5 & 6 \end{bmatrix}$; $\begin{bmatrix} 70 & 60 & 50 & 40 & 30 \\ 1 & 1.25 & 1.5 & 1.75 & 2.0 \\ 0.5 & 0.75 & 1.0 & 2.5 & 4 \end{bmatrix}$; $\begin{bmatrix} 70 & 60 & 50 & 40 & 30 \\ 1 & 1.25 & 1.50 & 1.75 & 2.0 \\ 0.5 & 0.75 & 1.0 & 2.5 & 4 \end{bmatrix}$; R 矩阵分别为 $\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.25 & 0.75 \\ 0 & 0 & 0.75 & 0.25 \\ 0 & 0 & 0.10 & 0.9 \end{bmatrix}$; $\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.13 & 0.87 \\ 0 & 0 & 0.25 & 0.75 \\ 0 & 0 & 0.1 & 0.9 \end{bmatrix}$; $\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.13 & 0.87 \\ 0 & 0 & 0.05 & 0.95 \\ 0 & 0 & 0.10 & 0.90 \end{bmatrix}$, 由 $B = A \cdot R$ 可算出各区的 B 值分

别为: (0, 0, 0.38, 0.62), (0, 0, 0.16, 0.84), (0, 0, 0.09, 0.91); 再由 $F = \sum F_j b_j / \sum b_j$ 可得各区的综合分值为: 2.62、2.84、2.91。各区评判结果如 5 所示。

表 4 评判因素资料一览表

序号	开发区名称	开发区类型	相对高差(m)	植被覆盖率(%)	面积(万 m ²)
1	香港城	相对封闭	2.5	0	10
2	育马城	相对开放	2.5	0	10
3	新围村	相对开放	5	0	10

表 5 综合评判结果与实际调查结果比较表

序 号	开发区名称	综合评分(F)	综合评判结果	实际调查结果
1	香港城	2.62	Ⅱ	Ⅱ
2	育马城	2.84	Ⅱ	Ⅱ
3	新围村	2.91	Ⅱ	Ⅱ

(2)对规划开发区可能发生的土壤侵蚀强度等级的预测:对于任何一个开发区,项目实施过程中,特别是土地开发时,肯定会发生水土流失。为了采取相应的对策和措施,在项目规划设计阶段,就必须对其可能引起的水土流失情况进行预测。利用该模型即可对其可能发生的土壤侵蚀强度等级进行预测。并为估算可能的泥沙量提出依据。

3 结 语

(1)在对隶属度的模糊化处理过程中,只是将其简单地考虑为线性关系。但是事实上,可能有些是线性关系,而有些都远比线性关系要复杂。因此,这一方面仍值得进一步研究和探索。

(2)认为各评价因素对评判结果的贡献是基本上相同的,即 $A = (0.35, 0.35, 0.3)$ 。但是,事实上各评价因素对综合评价结果的影响程度是不可能相同的。而且即使是同一评价因素,在不同的侵蚀区,其影响程度也不会相同。因此,对 A 的准确取值,仍有利于进一步探索。

(3)本模型是建立在《深圳市城市水土保持规划》中“土壤侵蚀强度等级的划分标准和判别标准”的基础上,如此的等级划分和判别标准是否科学,还须待实践进一步检验。

致谢:本文得到吴长文博士的悉心修改,特致谢。

参考文献

- 1 吴长文. 开发建设平土区的水土流失等级划分. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1996, 2(3)
- 2 刘伟常. 深圳市水土流失现状及防治对策. 水土保持研究, 1997, 4(1)
- 3 吴长文, 杨耕. 城市化开发的侵蚀模数及流域淤积量研究. 南昌大学学报(工科), 1997, 19(1)

作者简介 王志明,男,工程师,1963年2月生,1985年毕业于河海大学农田水利工程系,现在深圳市东部实业股份有限公司工作。发表有关专业论文5篇。