

# 逼近于理想解的排序法在输变电工程 土壤侵蚀等级划分中的应用

黎志键, 方崇

(广西水利电力职业技术学院, 广西 南宁 530023)

**摘要:** 在分析土壤侵蚀影响因子的基础上, 采用植被覆盖率、地面坡度、沟谷面积占坡面面积比、沟谷密度、崩塌面积占坡面面积比 5 个因素作为评价特征指标, 建立了基于逼近于理想解的排序法 (TOPSIS 法) 的土壤侵蚀等级划分的综合评判模型, 并根据评判结果确定了土壤侵蚀等级。以某输变电工程建设开发项目为案例对该模型进行了实证研究。结果表明, 该方法原理简单, 计算简便, 评价结果合理, 可为相关部门制定水土保持规划和治理措施提供依据。

**关键词:** TOPSIS 模型; 输变电工程; 土壤侵蚀; 等级划分; 综合评判

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2012)03-0156-04

中图分类号: S157.1

## Application of Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution Method to Grade Division of Soil Erosion in Construction Projects of Power Transmission

LI Zhi-jian, FANG Chong

(Guangxi Technology College of Water Conservancy and Electric Power, Nanning, Guangxi 530023, China)

**Abstract:** Through the analysis of soil erosion factors, a comprehensive evaluation model for grade division of soil erosion based on the technique for order preference by similarity to ideal solution (TOPSIS) was established by selecting vegetation coverage, surface slope, area ratio of valley to slope, gully density, and area ratio of collapse to slope as evaluation indexes. The grade division of soil erosion was then made according to the evaluation. An empirical study was conducted by taking the development and construction projects of power transmission for an example. Results show that the TOPSIS model is simple and convenient, and the result is reasonable. It provides a basis for the relevant departments to develop soil and water conservation planning and its control measures.

**Keywords:** TOPSIS model; projects of power transmission; soil erosion; grade division; comprehensive evaluation

“西电东送”为西部省区把电力资源优势转化为经济优势提供了新的历史机遇, 对加快我国能源结构调整和社会经济发展, 起到了重要作用<sup>[1]</sup>。输变电工程是电网建设中的重要组成部分, 此类建设项目人为造成的水土流失已经成为我国新增水土流失的主要原因<sup>[2]</sup>。

输变电工程土壤侵蚀属典型的人为加速侵蚀, 其侵蚀类型、程度和强度与主体工程有着直接的关系, 土壤侵蚀以水力、重力侵蚀为主。其突出特征是建设时间较短, 水土流失主要集中在工程基础开挖和架线阶段, 发生时间与主体工程建设进展密切相

关<sup>[3]</sup>。由于工程线长面窄, 空间跨度大, 穿越多种地形地貌、气候和水土流失类型区, 因此, 在整个工程区域内的水土流失分布不均衡, 它由连续或不连续的点(段)构成线性分布侵蚀带。

为了准确掌握输变电项目建设的水土流失状况, 及时采取相应的水土保持措施, 进行工程建设项目土壤侵蚀的评价是必不可少的基础性工作。由于这类工程引起的土壤侵蚀受多种因素的影响和制约, 各因子随时间和空间发生变化, 且因子间也相互作用, 相互影响。这类开发建设项目的特殊性决定了它造成的水土流失危害有其自身的特点和规律, 使输变电工

收稿日期: 2012-02-07

修回日期: 2012-04-05

资助项目: 广西水利科技专项基金“桂东南崩岗侵蚀机理及山地生态恢复与重建措施的研究”(201210)

作者简介: 黎志键(1954—), 男(汉族), 广西壮族自治区梧州市人, 副教授, 研究方向为土壤侵蚀与水土保持。E-mail: lizj028@163.com。

通信作者: 方崇(1965—), 男(壮族), 广西壮族自治区横县人, 博士, 教授, 研究方向为水土流失与生态修复。E-mail: fangchong2009@163.com。

程土壤侵蚀的评价变得更加困难<sup>[4]</sup>。传统的定性评价法和单一指标评价方法多通过调查、选取地面特征指标进行划分,给输变电工程土壤侵蚀的正确划分带来了极大困难,无法满足水土保持工作和生态环境建设的需要<sup>[5]</sup>。

TOPSIS法(technique for order preference by similarity to ideal solution)是一种逼近于理想解的排序法,它根据有限个评价对象与理想化目标的接近程度进行排序,对现有对象进行相对优劣评价<sup>[6]</sup>。TOPSIS法是多目标决策分析中一种常用的有效方法,该法在一定程度上克服了人为评价的主观性,具有比较直观,计算简单,结果合理,应用灵活等特点,被广泛应用于水利、经济、管理和军事等诸多领域中。针对目前土壤侵蚀等级划分方法存在的弊端,笔者提出了一种基于TOPSIS综合评价模型对土壤侵蚀进行等级划分的方法,该方法从大量评价因素中筛选出评价的主要因素,通过求解评价项目的欧氏贴近度最终确定土壤侵蚀强度等级。本文以某输变电工程建设开发项目为实例进行应用和验证,表明该模型具有良好的准确性、可靠性和通用性。

## 1 TOPSIS模型的基本原理

TOPSIS法是一种有效的多指标、多目标决策分析法,它的基本思想是<sup>[6]</sup>:首先定义决策问题的最优解和最劣解,其中最优解的各指标值都达到各评价指标的最优值;最劣解的各指标值都达到各评价指标的最差值。然后通过检测评价对象与最优解、最劣解的距离来进行排序,若评价对象最靠近最优解同时又最远离最劣解,则为最好;否则为最差。在实际目标决策中,通过计算某一方案与最好方案和最劣方案间的欧氏距离,得出该方案与最好方案的接近程度,以此作为评价各方案优劣的依据。该法思路清晰,分析结果较合理,应用灵活,因此被广泛地应用,其建模步骤如下<sup>[7]</sup>:

(1) 建立决策矩阵。设多指标决策问题的方案集、指标集分别为: $M=(M_1, M_2, \dots, M_m)$ ;  $C=(C_1, C_2, \dots, C_m)$ 。方案 $M_j$ 对指标 $C_i$ 的值记为 $z_{ij}$  ( $i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m$ ),则可形成多目标决策矩阵:

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} & M_1 & M_2 & \cdots & M_m \\ C_1 & x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \\ C_2 & x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ C_n & x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad (1)$$

(2) 决策矩阵无量纲化。将判断矩阵归一化处理,得到归一化判断矩阵:

$$\text{对于越大越优型指标: } x_{ij}^* = \frac{x_{ij} - x_{j\min}}{x_{j\max} - x_{j\min}} \quad (2)$$

$$\text{对于越小越优型指标: } x_{ij}^* = \frac{x_{j\max} - x_{ij}}{x_{j\max} - x_{j\min}} \quad (3)$$

式中: $x_{j\max}, x_{j\min}$ ——分别为同指标下不同方案中第 $j$ 个指标值的最大值和最小值,

(3) 构建无量纲化决策矩阵。将形成的无量纲化指标值集成无量纲化决策矩阵:

$$\mathbf{Z} = (x_{ij}^*)_{m \times n} \quad (4)$$

(4) 确定矩阵 $\mathbf{Z}$ 的正理想解向量 $Z^+$ 和负理想解向量 $Z^-$ :

$$Z^+ = (z_1^+, z_2^+, \dots, z_m^+) \quad (5)$$

$$Z^- = (z_1^-, z_2^-, \dots, z_m^-) \quad (6)$$

其中,  $z_j^+ = \max(z_{1j}, z_{2j}, \dots, z_{nj})$ ,  $z_j^- =$

$$\min\{z_{1j}, z_{2j}, \dots, z_{nj}\} \quad (j=1, 2, \dots, m)$$

(5) 计算各评价单元与理想解和负理想解的距离。一般采用欧氏距离,其计算公式如下:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (z_{ij} - z_j^+)^2} \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (7)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (z_{ij} - z_j^-)^2} \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (8)$$

(6) 计算各评价项目与最优值的相对贴近度:

$$C_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (9)$$

(7) 按相对贴近度大小排序, $C_i$ 越大越接近1,表示第 $i$ 个评价单元越接近最优水平, $C_i$ 值越小,表示第 $i$ 个评价单元水平越差。

## 2 应用实例

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TOPSIS评价方法,对有关评价因素进行量化处理,分别计算土壤侵蚀强度分级评价基准的贴近度和各评价项目的相对贴近度,以相对贴近度作为待评对象的综合价值,将各待评价项目相对贴近度与土壤侵蚀强度分级评价基准的贴近度进行比较,相对贴近度越接近评价基准贴近度的项目即为该评价基准相应侵蚀强度的等级。由此即可判定土壤侵蚀强度等级。

### 2.1 土壤侵蚀评价指标与等级划分标准

要科学、客观地进行土壤侵蚀等级划分,其前提是建立合理的评价指标体系。只有建立起一个科学和完善的指标体系,才能够对土壤侵蚀进行合理判定与分级<sup>[8]</sup>。为建立综合评判模型,首先根据中华人民共和国水利部发布的《土壤侵蚀分类分级标准(SL 190—2007)》<sup>[9]</sup>及有关资料确定土壤侵蚀强度的分级评价基准。该标准根据区内相似性和区间差异性原则,将全国分为水力侵蚀类型区、风力侵蚀类型

区、冻融侵蚀类型区 3 个一级类型区和 9 个二级类型区,并从地貌、气候、水土流失等方面描述各区的特

点,将土壤侵蚀强度划分为轻度、中度、强烈、极强烈、剧烈等 5 个类别,其分级指标见表 1。

表 1 土壤侵蚀强度分级评价基准

评价指标	轻度	中度	强烈	极强烈	剧烈
植被覆盖率/%	> 75	75~60	60~45	45~30	<30
地面坡度/(°)	5~8	8~15	15~25	25~35	>35
沟谷面积占坡面面积比/%	< 10	10~25	25~35	35~50	>50
沟谷密度/(km·km <sup>-2</sup> )	1~2	2~3	3~5	5~7	>7
崩塌面积占坡面面积比/%	<10	10~15	15~20	20~30	>30

## 2.2 TOPSIS 模型应用实例分析

四川省西昌地区 500 kV 输变电工程是巩固和优化国家电网建设的骨干电网工程,项目总投资 9.62×10<sup>8</sup> 元,包括西昌市 500 kV 变电站和西昌市—昭觉县城北乡普提村 500 kV 线路工程,西昌市—德昌县永郎镇等配套线路工程,途经西昌市佑君镇、河西乡、西溪乡、洛古坡乡、安哈镇、大箐乡等乡镇。该工程的建设竣工后,可将西昌市电网并入四川省主网,对于解决凉山州地区电力外送,满足地方负荷增长,缓解电力紧缺矛盾具有重要意义,同时也是促进民族地区经济发展和满足远景电网规划的需要。

评价地点选自拟建的西昌市 500 kV 输变电工程沿线,河西乡以项目 1 表示,S212 边坡以项目 2 表示,飞播林区以项目 3 表示,解放沟以项目 4 表示<sup>[10]</sup>。本文运用 TOPSIS 评价法对土壤侵蚀等级进行划分与分析。

(1) 数据标准化。评价指标值均属于越大越优型,故可分别按式(2)进行归一化处理,得到评价矩阵:

$$B = \begin{bmatrix} 0.000 & 0.050 & 0.091 & 0.083 & 0.200 \\ 0.136 & 0.217 & 0.261 & 0.333 & 0.300 \\ 0.409 & 0.500 & 0.545 & 0.500 & 0.500 \\ 0.682 & 0.833 & 0.830 & 0.833 & 0.800 \\ 0.818 & 1.000 & 1.000 & 1.000 & 1.000 \\ 0.273 & 0.167 & 0.045 & 0.167 & 0.280 \\ 0.909 & 0.767 & 0.659 & 0.667 & 0.800 \\ 0.055 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\ 1.000 & 0.000 & 0.091 & 0.167 & 0.480 \end{bmatrix}$$

(2) 确定理想解与负理想解。分别按照式(5),式(6),求解决策矩阵的正理想解和负理想解:

$$Z^+ = (0.591, 0.581, 0.596, 0.579, 0.533)$$

$$Z^- = (0.158, 0.083, 0.072, 0.083, 0.089)$$

(3) 欧氏距离的计算。由式(7)可得,各项目与理想解的欧氏距离为:

$$D^+ = (0.986, 0.825, 0.603, 0.325, 0.197, 0.923, 0.308, 1.072, 0.836)$$

由式(8)可得,各项目与负理想解的欧氏距离为:

$$D^- = (0.112, 0.275, 0.509, 0.827, 1.011, 0.177, 0.775, 0.007, 0.492)$$

(4) 贴近度的计算。根据式(9)计算土壤侵蚀强度的分级评价基准的贴近度:

$$C = (0.102, 0.250, 0.458, 0.718, 0.837)$$

计算各项目的贴近度:

$$C_1 = (0.161, 0.716, 0.006, 0.371)$$

(5) 土壤侵蚀强度划分的综合评价。根据计算得出的贴近度,从大到小排序,得出各地区土壤侵蚀强度由轻至重依次为:项目 3,项目 1,项目 4,项目 2。项目 1 的贴近度为 0.161,与评价基准“轻度”的贴近度 0.102 最为接近,故可以判定项目 1 的侵蚀强度属于轻度级别。同理可得到项目 2,项目 3,项目 4 的侵蚀强度分别属于极强烈、轻度、强烈。上述结果与实际调查结果基本一致(表 2)。结果表明, TOPSIS 评价模型应用在土壤侵蚀等级划分中是合理可行的,计算简便。

表 2 土壤侵蚀强度分级指标数据与评价结果

评价指标	轻度	中度	强烈	极强烈	剧烈	项目 1	项目 2	项目 3	项目 4
植被覆盖率/%	75.0	67.5	52.5	37.5	30	60	25	72	20
地面坡度/(°)	6.5	11.5	20.0	30.0	35	10	28	5	5
沟谷面积占坡面面积比/%	10.0	17.5	30.0	42.5	50	8	35	6	10
沟谷密度/(km·km <sup>-2</sup> )	1.5	3.0	4.0	6.0	7	2	5	1	2
崩塌面积占坡面面积比/%	10.0	12.5	17.5	25.0	30	12	25	5	17
贴近度	0.102	0.250	0.458	0.718	0.837	0.161	0.716	0.006	0.371
土壤侵蚀强度等级						轻度	极强烈	轻度	强烈

### 3 结论

(1) 利用 TOPSIS 评价模型综合判定某一土壤侵蚀区的侵蚀强度等级,只需掌握其侵蚀特征的相关资料即可进行评价。本方法计算简便,结果客观合理,可以较好地解决土壤侵蚀强度等级划分问题,为水利及国土等部门提供决策依据,对探求我国土壤侵蚀的发生规律和进行水土流失综合防治,具有一定的指导意义。

(2) 土壤侵蚀范围及强度是一个动态变化过程,对土壤侵蚀类型区具体进行定性定量的划分,应收集规划范围内土壤侵蚀动态监测的相应图件及资料,尤其是最新的遥感技术影像资料,做好系统分析及系统集成。

(3) 西昌 500 kV 输变电工程线路长,建设点分散,在项目的实施过程中,在沿线扰动地表将会产生一定的土壤侵蚀,发生水土流失。只要在项目规划设计阶段,对其可能引发的水土流失情况进行等级划分和评价;在工程建设过程中,建设单位全面实行科学的水土保持措施,认真履行水土保持监测和监理职责,就能够实现项目建设区生态环境的恢复和改善,使工程建设与环境相协调。

(上接第 135 页)

考虑到长沙市东郊和江西省余江县自然条件存在一定的差异,土地利用类型不完全一致以及采样年限不同,都可能导致相对误差增大。假定相对误差 < 10% 能被接受,在长沙市东郊第四纪红土和花岗岩红壤的  $K$  值估算工作中,选择 Torri 模型和几何平均粒径模型估算第四纪红土红壤的可蚀性  $K$  值是比较合适的,选择 Torri 模型、几何平均粒径模型和 EPIC 模型估算花岗岩红壤的可蚀性因子  $K$  值是比较适合的。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 刘宝元,谢云,张科利. 土壤侵蚀预报模型[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2001.
- [2] Wischmeier W H, Smith D D. Predicting rainfall erosion losses from Cropland East of the Rocky Mountains[M]. USDA Agric. Handb: No 282, 1965.
- [3] 张科利,彭文英,杨红丽. 国土壤可蚀性值及其估算[J]. 土壤学报, 2007, 44(1): 7-13.
- [4] Zhang K, Li S, Peng W, et al. Erodibility of agricultural soils on the Loess Plateau of China[J]. Soil and Tillage Research, 2004, 76(2): 157-165.
- [5] 张文太,于东升,史学正,等. 中国亚热带土壤可蚀性  $K$  值预测的不确定性研究[J]. 土壤学报, 2009, 46(2): 185-191.

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 曾培炎. 西电东送: 开创中国电力新格局[J]. 中共党史研究, 2010(3): 5-13.
- [2] 杨光俊. 输变电工程水土流失规律研究及防治对策[J]. 北方环境, 2011(11): 56-57.
- [3] 贺亮,刘国东,张新宁,等. 西南地区输变电工程建设中的土壤侵蚀及其防治[J]. 中国水土保持, 2007(12): 46-48.
- [4] 管新建,张文鹤,李勉,等. 模拟降雨侵蚀产沙量与其影响因子的灰关联分析[J]. 水土保持通报, 2011, 31(2): 168-171.
- [5] 张绒君,王晓,段菊卿. 线形开发建设项目的土壤侵蚀与工程防治[J]. 水土保持学报, 2009, 13(5): 139-141.
- [6] 付巧峰. 关于 TOPSIS 法的研究[J]. 西安科技大学学报, 2008, 28(1): 190-193.
- [7] 夏勇其,吴祈宗. 一种混合型多属性决策问题的 TOPSIS 方法[J]. 系统工程学报, 2005, 19(6): 630-634.
- [8] 王春梅,杨勤科,王琦,等. 区域土壤侵蚀强度评价方法研究[J]. 中国水土保持科学, 2010(3): 1-7.
- [9] 中华人民共和国水利部. 土壤侵蚀分类分级标准(SL190-2007)[S]. 2007.
- [10] 付静,刘国东,张贞,等. 模糊物元模型在土壤侵蚀等级划分中的应用[J]. 水土保持通报, 2008, 28(3): 138-140.
- [6] 史学正,于东升,邢廷炎,等. 用田间实测法研究我国亚热带土壤的可蚀性  $K$  值[J]. 土壤学报, 1997, 34(4): 399-405.
- [7] 邢廷炎,史学正,于东升. 我国亚热带土壤可蚀性的对比研究[J]. 土壤学报, 1998, 35(3): 296-302.
- [8] Wischmeier W H, Johnson C B, Cross B V. A soil erodibility monograph for farmland construction sites [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1971(26): 189-193.
- [9] Foster K G, Renard G R, Weesies G A, et al. Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)[M]: USDA Agriculture Handbook: N0. 703, 1997.
- [10] Sharply A N, Williams J R. EPIC—Erosion/productivity impact calculator 1: Model documentation[M]. U. S. Department of Agriculture, Technical Bulletin: No. 1768, Washington, D. C., 1990.
- [11] Torri D, Poessen J, Borselli L. Corrigendum to "Predictability and uncertainty of the soil erodibility factor using a global data set" [Catena 31 (1997): 1-22] and to "Erratum to Predictability and uncertainty of the soil erodibility factor using a global data set" [Catena 32 (1998:307-308)] [J]. Catena, 2002, 46(4): 309-310.