

DOI: 10.3969/j.issn.1004-6933.2013.01.018

基于模糊数学方法的水利风景资源评价

丁阳梅¹, 徐 慧¹, 李晓红², 申艳娟²

(1. 河海大学水文及水资源学院, 江苏 南京 210098; 2. 围场满族蒙古族自治县水务局, 河北 围场 068450)

摘要:以河北省围场县为例,选取其中水利风景资源优异的 13 条支沟及水库塘坝作为评价对象,采用模糊数学方法进行水利风景资源评价,以主观感受及客观衡量相结合,综合考虑研究区内景观资源的特点,确定模糊数学评价所需要的评价指标、权重、评分标准及隶属度,通过多层次计算得到评价对象的综合得分,从而确定其级别分类。获得了研究区不同水利风景资源的景观级别,使景观评价的客观性有所提高。

关键词:水利风景;资源评价;模糊数学方法;评价指标;河北省

中图分类号:TV211.1⁺1 **文献标志码:**B **文章编号:**1004-6933(2013)01-0077-05

Water landscape resources evaluation based on fuzzy mathematical method

DING Yangmei¹, XU Hui¹, LI Xiaohong², SHEN Yanjuan²

(1. College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China;

2. Weichang Manchu and Mongolian Autonomous County Water Authority, Weichang 068450, China)

Abstract: The fuzzy mathematical method was used to evaluate the water landscape resources in 13 branch ditches and reservoirs with excellent water landscape resources, in Weichang County, Hebei Province. The evaluated water landscapes received their comprehensive scores based on the evaluation indicators, weight, scoring criteria, and membership degree, which were determined by their features, and received their landscape-level classification as a result. This method can be used to evaluate water landscapes in a more objective way.

Key words: water landscape; resources evaluation; fuzzy mathematical method; evaluation indicator; Hebei Province

水资源的开发利用越来越注重水资源的长远效益以及健康水系的塑造,在对水系进行开发利用之前对水利风景资源进行评价,有利于在以景观自然资源为基础的条件下,以不破坏自然资源为原则提升水利风景资源的资源价值。

水利风景资源是指尚未开发的原生态景观或着重考虑其原生态性开发的水利景观,它既属于风景资源,也是自然资源的重要组成部分,是人类文明的源泉之一。美国南加州大学教授 J. P. Guilford 从心理学角度认为,评价是指个人或群体依据某种标准对事物所作的价值性的判断或取舍^[1],因此水利风景资源的评价可以理解为人或群体依据某种标准

对水利风景资源价值的判断。

水利风景资源评价是水资源的开发利用工作中的关键,是水系规划建设中的一项重要的基础工作,也是保护和利用好河流资源至关重要的环节。目前全国城市水系整治工作在实操过程中,往往设计效果达不到公众的要求^[2],水利风景资源的价值得不到开发,甚至遭到破坏。

由于风景资源并不仅仅依赖于自然的景观特性和其深广的内涵,而是很大程度上取决于观赏者的主观评定,因此与其他自然资源相比,景观较难用客观、定量的方法进行评价,导致风景资源评价长久以来都是主观性的。随着统计学和计算机技术的发展

基金项目:水利部公益性行业科研专项(201001030)

作者简介:丁阳梅(1988—),女,硕士研究生,研究方向为水文学与水资源开发与利用。E-mail:228138153@qq.com

与推广,使得风景资源评价的研究和应用,也从感性到理性、从孤立性到系统性、从定性化到量化不断演进发展^[3]。现有的有关风景资源的评价方法虽有了一定的量化,但是主观性仍然很强。

笔者所采用的模糊数学法是利用模糊隶属度理论把定性指标合理地定量化,是一种定性定量相结合、综合化程度较高的评价方法,已广泛应用到资源与环境条件评价、生态评价、区域可持续发展评价等各个方面^[4]。

1 评价模型的建立

以需要进行评价的水利风景资源为评价对象,形成对象集,用 A 来表示

$$A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\} \quad (1)$$

风景资源中认为风景优美程度与各景观要素相互关联,即通过评价与景观相关范围内的所有要素得出景观的价值;因此评价过程中需先确定与景观质量相关的多要素作为指标。影响评价对象取值(得分)的各要素组成的集合称为要素集,要素集用字母 U 来表示:

$$U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\} \quad (u_m \text{ 为第 } m \text{ 个要素}) \quad (2)$$

而每个要素对景观的整体影响效果不一,即各要素对景观影响的重要程度不同。为此对各要素确定与要素相对应的不同权重值 W 。

$$W = \{w_1, w_2, \dots, w_m\}$$

其中
$$\sum_{i=1}^m w_i = 1 \quad w_i > 0 \quad (3)$$

在模糊数学方法中,权重的作用在于比较权衡不同评价指标之间的差异程度。若每个评价要素的重要程度一样,那么权重集中的各权数 w_i 值均相同。通过如此加权综合之后,不同评价指标间的内在联系才能真正显现,从而评价结果也更接近或符合实际结果。

从评价对象出发进行评价,确定其对各评价指标的隶属度。设对第 i 个评价对象 a_i 进行评价,对要素集中第 j 个要素 u_j 的隶属度为 r_{ij} ,其结果可表示成模糊矩阵 R :

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & \dots & r_{1m} \\ \vdots & & \vdots \\ r_{n1} & \dots & r_{nm} \end{pmatrix} \quad (4)$$

最终的评价结果用矩阵 B 表示:

$$B = RW^T \quad (5)$$

2 研究案例

水利风景资源评价技术路线如图 1 所示。

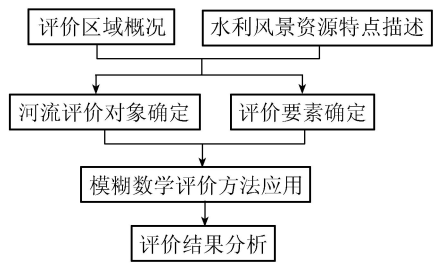


图 1 水利风景资源评价技术路线

2.1 研究区概况

围场满族蒙古族自治县地处河北省最北部,位于东经 $116^{\circ}32' \sim 118^{\circ}14'$,北纬 $41^{\circ}35' \sim 42^{\circ}40'$,地处内蒙古高原和冀北山地的过渡带,为阴山山脉、大兴安岭山脉的尾部和燕山山脉的结合部。围场县水景观资源丰富,具有如下主要特点:①独特的水系骨架,开阔的滨水空间;水景观、自然植被景观类型多样,原生生态环境优良,受人类活动影响小,具有较强的可塑性;②穿越世界上最大的皇家猎苑,历史文化悠久,能够提升全县的滨水景观文化内涵;③林地动植物分布多样,其中不乏国家保护动植物,具有较高的科研教学价值;④历史文化遗迹分布广,保存较好;燕赵文化、清朝皇家文化、满蒙文化、庙宇文化等在围场县内与景观相互交融。

2.2 评价过程

2.2.1 评价对象选择

考虑挖掘研究区内具有开发潜力的景源,促进当地旅游业发展的目的,评价对象选取围场县内自然条件较优异的 13 个河流景源。它们分别是伊逊河流域的翠花宫沟 a_1 、母子沟 a_2 、们都阿鲁沟 a_3 、莫里莫沟 a_4 、对亭沟 a_5 、得胜沟 a_6 、大唤起沟 a_7 、黑山口水库 a_8 、钓鱼台水库 a_9 ;阴河流域的热水汤片山湾子川 a_{10} ;小滦河流域御道口西塘坝 a_{11} 、梯级电站 a_{12} ;蚂蚁吐河流域燕格柏沟 a_{13} ,其空间分布见图 2。



图 2 评价对象空间布局

2.2.2 评价要素的选择

评价指标是水利风景资源综合评价的基础。评

价指标的选取原则为:

a. 目标指向性原则。评价指标与评价目标保持一致,通过选取指标能充分反映得出评价的目的^[5]。

b. 突出重点性原则。山区性河流均以自然风光为特点,评价指标需突出对象间的异质性,将河流及水利工程的特色部分展现出来。

c. 指标兼容性原则。指标的选择兼顾 13 个河流的尺度,既能满足对整体河流的评价要求,又能满足对每一个评价对象的评价要求。

依据以上原则将评价要素分为自然要素、生态环境要素、游憩要素 3 个部分,根据所选取的围场县评价对象的景观特点,参照影响旅游者旅游活动满意度的相关因素^[1, 6-9],并参考有关文献资料^[4]和咨询水景观、水环境、水文等专业的专家,确定各评价指标。评价要素的权重值采用层次分析法(AHP法)中 1-9 标度“两两比较法”进行分析,构造比较矩阵,通过和积法求解^[10-14]。评价指标及权重求解结果见表 1,各评价指标的评分标准见表 2。

评价者以了解围场县这 13 条支沟或水利工程的人群作为调查对象的选择范畴,选择的评价者年龄覆盖范围从 20~80 岁。综合评价者打分的算术平均后得到 13 个研究对象在评价指标中的得分情况,得分作为评价的隶属度,即矩阵 R_{ij} (第 i 个评价对象的第 j 个评价指标)。

$$R = \begin{pmatrix} 9 & 5 & 9 & 8 & 8 & 9 & 8 & 6 & 8 & 8 & 6 & 9 & 5 \\ 9 & 5 & 9 & 8 & 8 & 8 & 8 & 6 & 8 & 6 & 6 & 9 & 5 \\ 8 & 5 & 9 & 8 & 8 & 9 & 9 & 9 & 6 & 9 & 9 & 8 & 5 \\ 7 & 5 & 9 & 8 & 7 & 6 & 6 & 6 & 6 & 8 & 6 & 7 & 5 \\ 7 & 5 & 9 & 8 & 8 & 8 & 8 & 6 & 8 & 6 & 6 & 7 & 5 \\ 6 & 5 & 9 & 5 & 7 & 5 & 7 & 6 & 5 & 4 & 5 & 6 & 5 \\ 7 & 7 & 9 & 5 & 7 & 6 & 8 & 6 & 5 & 4 & 5 & 7 & 7 \\ 7 & 6 & 9 & 5 & 7 & 8 & 8 & 7 & 8 & 6 & 5 & 7 & 6 \\ 7 & 8 & 8 & 5 & 7 & 6 & 8 & 7 & 6 & 6 & 7 & 7 & 8 \\ 7 & 7 & 8 & 7 & 7 & 6 & 5 & 8 & 8 & 7 & 6 & 7 & 7 \\ 7 & 7 & 8 & 5 & 7 & 6 & 5 & 6 & 7 & 7 & 8 & 7 & 7 \\ 6 & 5 & 7 & 7 & 5 & 6 & 8 & 6 & 8 & 8 & 7 & 6 & 5 \\ 5 & 6 & 5 & 4 & 5 & 4 & 5 & 6 & 5 & 4 & 5 & 5 & 6 \end{pmatrix}$$

表 1 评价指标及其权重的确定

一级因子		二级因子		权重赋给说明
类型	权重	类型	权重	
水文要素	0.25	水位变化	0.28	研究区水水源短流急,年内分配不均,水位差异影响景观效果
		流量	0.19	达到一定流量后与地势形成千姿百态的水利风景资源
		水质清晰度	0.31	研究区水流含沙量较大,水质较好,水体的清晰对河岸景观乃至整体景观质量都至关重要
		水流变化	0.22	研究区不同地点感受到水流的蜿蜒或起伏,给水体带来无限的变幻
生态环境要素	0.27	抗干扰性	0.24	景观区域的独立性、私密性使景观如世外桃源、僻静不受干扰
		沿岸植被	0.37	乔灌木、草地错落有致地分布增强景观的层次感
		水岸坡度	0.39	合理的水岸坡度使水体可达性加强,从而增加水体的亲水性
游憩要素	0.48	景观珍稀度	0.20	较珍稀的景观对游客的吸引度较大,优势明显
		景观色彩度	0.10	色彩的变化增添了景观的美感
		人文价值	0.19	赋予景观以人文要素,使得景观具备文化内涵,增加其探索性
		度假性	0.15	开发景观配套设施的潜力大,则游客在此处停留的时间延长
		参与性	0.15	通过游客与景观的互动使其乐在其中
		交通可达性	0.21	便捷的交通为景观的开发提高了可能性

表 2 评价指标体系的评分标准

目标层 A	一级因子 U_i	二级因子 U_{ij}	评分标准			
			优(9~10分)	良(7~8.9分)	中(5~6.9分)	一般(4.9分以下)
围场县水利风景资源评价	水文要素 U_1	水位变化 U_{11}	0.1 m 以内	0.1~0.3 m	0.3~0.5 m	0.5 m 以上
		流量 U_{12}	有瀑布跌水	有一定流速	缓流	无流速
		水质清晰度 U_{13}	清澈见底	能见度>0.8 m	能见度>0.5 m	浑浊
		水流变化 U_{14}	变幻万千	有一定变化	较少变化	没有变化
	生态环境要素 U_2	抗干扰性 U_{21}	幽静	有一定干扰	干扰较大	嘈杂
		沿岸植被 U_{22}	有层次覆盖	覆盖稍杂乱	有泥土裸露	裸露面积大
		水岸坡度 U_{23}	有亲水平台	缓坡易靠近	坡岸难以接近	垂直河岸不能接近
	游憩要素 U_3	景观珍稀度 U_{31}	国内稀有	省际罕见	省内可见	一般可见
		景观色彩度 U_{32}	具层次性	含多色彩	色彩区分度低	色彩单一
		人文价值 U_{33}	以人文闻名	包含人文色彩	无人文色彩	—
		度假性 U_{34}	开发潜力大	有一定潜力	开发难度大	无法利用
		参与性 U_{35}	互动性强	有一定互动性	可参与	不可参与
	交通可达性 U_{36}	旅游车易达	旅游车可达	自驾车易达	自驾车可达	

2.3 评价结果

由权重 W_i 和评价决策矩阵 R_i 其中 W_i 为第 i 个一级因子下的二级因子的权重矩阵, R_i 为二级因子的隶属度矩阵, 根据合成运算法则 $B_i = W_i R_i$ 进行矩阵计算得出围场县水利风景资源评价第 i 个子集的综合评判结果分别为:

基于单要素模糊综合评判结果 B , 可以得到 U 中各子集的综合评判决策矩阵 R :

$$R = \begin{pmatrix} 8.02 & 8.02 & 7.74 & 7.46 & 7.46 & 6.52 & 7.18 & 6.99 & 7.06 & 7.31 & 6.87 & 6.34 & 4.97 \\ 8.37 & 8.00 & 8.76 & 6.24 & 8.00 & 6.26 & 7.02 & 7.76 & 7.02 & 5.85 & 5.85 & 6.54 & 4.63 \\ 6.82 & 6.44 & 7.71 & 6.32 & 6.14 & 5.16 & 5.73 & 6.40 & 6.92 & 7.15 & 6.95 & 6.52 & 5.22 \end{pmatrix}$$

根据一级因子的权重矩阵 W 和综合评价决策矩阵 R 的值进行模糊变换合成运算 $B = \sum W_i R$, 得出围场县水利风景资源综合评价结果:

$$B = (7.54 \quad 7.26 \quad 7.99 \quad 6.58 \quad 6.97 \quad 5.80 \quad 6.44 \quad 6.91 \quad 6.98 \quad 6.84 \quad 6.63 \quad 6.48 \quad 4.99)$$

对象集 $A = (\text{翠花宫沟 } a_1, \text{母子沟 } a_2, \text{们都阿鲁沟 } a_3, \text{莫里莫沟 } a_4, \text{对亭沟 } a_5, \text{得胜沟 } a_6, \text{大唤起沟 } a_7, \text{黑山口水库 } a_8, \text{钓鱼台水库 } a_9, \text{热水汤 } a_{10}, \text{御道口乡西塘坝 } a_{11}, \text{梯级电站 } a_{12}, \text{燕格柏沟 } a_{13})$

根据 GB 50298—1999《风景名胜区规划规范》第 3.2.8 条, 风景资源分级标准的规定, 结合评分的分级标准, 按以下标准进行分级以明确其最终质量优劣:

- a. 特级景源, 具有珍贵、独特、世界遗产价值和意义, 有世界奇迹般的吸引力, 得分应在 9 分以上;
- b. 一级景源, 应具有名贵、罕见、国家重点保护价值和国家级代表性作用, 在国内外著名和有省际吸引力, 得分应在 8~8.99 分;
- c. 二级景源, 应具有重要、特殊、省级重点保护价值和地方代表性作用, 在省内外闻名和有省际吸引力, 得分应在 7~7.99 分;
- d. 三级景源, 应具有一定价值和游线辅助作用, 有市县级保护价值和相关地区的吸引力, 得分应在 6~6.99 分;
- e. 四级景源, 应具有一般价值和构景作用, 有本风景区或当地的吸引力, 得分应在 5~5.99 分。

根据所确定的评价结果及分级标准可知, 在评价的 13 个水利风景资源中, 最高级别为二级景源, 如翠花宫沟、母子沟、们都阿鲁沟; 莫里莫沟、对亭沟、大唤起沟、黑山口水库、钓鱼台水库、热水汤、御道口西塘坝、梯级电站为三级景源, 得胜沟为四级景源, 燕格柏沟无等级。级别较高的河流景点具备自然资源优势, 在景观开发的同时尤其需要注重对其的保护。

如图 3 所示, 二级景源分布在伊逊河上段, 三级景源主要分布于大唤起段、山湾子川热水汤段及小

$$B_1 = (8.02 \quad 8.02 \quad 7.74 \quad 7.46 \quad 7.46 \quad 6.52 \quad 7.18 \quad 6.99 \quad 7.06 \quad 7.31 \quad 6.87 \quad 6.34 \quad 4.97)$$

$$B_2 = (8.37 \quad 8.00 \quad 8.76 \quad 6.24 \quad 8.00 \quad 6.26 \quad 7.02 \quad 7.76 \quad 7.02 \quad 5.85 \quad 5.85 \quad 6.54 \quad 4.63)$$

$$B_3 = (6.82 \quad 6.44 \quad 7.71 \quad 6.32 \quad 6.14 \quad 5.16 \quad 5.73 \quad 6.40 \quad 6.92 \quad 7.15 \quad 6.95 \quad 6.52 \quad 5.22)$$

滦河下段。



图 3 评价景源等级图

将景观区划分成了几个片区①哈里哈片区自然景观价值很高, 涵盖涓涓细流、汨汨流水、大自然花草植被景观要素, 为围场县核心自然景观资源区。翠花宫沟、母子沟以自然要素为突出, 们都阿鲁沟缘于其凄美的爱情故事以游憩要素为亮点, 莫里莫沟、对亭沟以环境要素为优。②大唤起沟片区环境要素较优, 自然条件相对于哈里哈片区略显逊色。秋季植被色彩丰富, 具有较高的摄影景观价值, 得胜沟自然植被覆盖好, 处于林业保护带。③热水汤片区具有天然温泉泉眼, 水温 82.6°C , 流量 $50 \text{ m}^3/\text{h}$, 水中含硫及多种矿物质, 具药用及美容价值, 并可用于取暖; 山体冰雪资源丰富, 使得山湾子川热水汤段景观资源独具魅力。④御道口片区植被景色与其他流域不同, 山体以草甸覆盖为主, 西塘坝生态湿地分布较广, 水流常年不断, 为围场县别样风光。⑤水库景观中黑山口水库视野开阔, 山体景观囊括眼界之内, 周边山体植被色彩较有层次, 景观价值高; 而钓鱼台水库交通便利, 湖面开阔, 种类众多的动植物资源, 科研教育价值高; 梯级电站部分尚未建成, 5 个电站选址景观各有特色, 可形成缤纷多彩的水库景观带。⑥燕格柏沟无等级, 各指标影响下相较于其他景源来说稍显平庸, 可不考虑作为景观的开发。

评价结果直观地体现了各水利风景资源的吸引点之所在, 在景观规划过程中以其吸引点作为开发

的景观核心,指导水利风景资源开发及保护的方向。

3 结 论

水资源的开发利用越来越注重水资源的长远效益以及健康水系的塑造,在对水系进行开发利用之前对水利风景资源进行评价,有利于在以景观自然资源为基础的条件下,以不破坏自然资源为原则提升水利风景资源的资源价值。通过采用模糊数学方法将水利风景资源评价的过程量化,获得了研究区不同水利风景资源资源的景源级别,使景观评价的客观性提高。由于模糊数学方法的应用还存在参与人较大的主观性,受参与人本身的文化美学素养和学术水平制约性较大^[13],还需要进一步研究探索,以期更深层次地揭示景观量化评价中的内在规律。

参考文献:

[1] 秦晴. 城市街道景观的视觉评价应用研究[D]. 西安: 长安大学, 2008.

[2] 黄国平, 马廷, 王念. 城市水系景观评价的模糊数学方法[J]. 中国园林, 2002(3): 16-18. (HUANG Guoping, MA Ting, WANG Nian. Landscape assessment of urban river system with fuzzy mathematics approach[J]. Journal of Chinese Landscape Architecture, 2002(3): 16-18. (in Chinese))

[3] 朱琼. 风景资源量化评价体系实用方法[J]. 规划师, 1994(4): 24-26. (ZHU Qiong. Practical method of quantitative evaluation system on landscape resources[J]. Planners, 1994(4): 24-26. (in Chinese))

[4] 曹新向. 基于模糊数学的城市旅游环境质量综合评判及其优化研究: 以开封市为例[J]. 南开管理评论, 2005, 8(4): 22-27. (CAO Xinxiang. Quality evaluation and optimizing countermeasures based on fuzzy mathematics of tourism environment of cities: a case study of kaifeng city in henan province[J]. Nankai Business Review, 2005, 8(4): 22-27. (in Chinese))

[5] 李学年. 城市滨水景观规划研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2007.

[6] 王湘. 论旅游地的旅游环境质量评价[J]. 北京联合大学学报, 2001, 15(2): 35-38. (WANG Xiang. Assess of the quality of tourism environments[J]. Journal of Beijing Union University, 2001, 15(2): 35-38. (in Chinese))

[7] 朱建宏, 唐献力, 郭宗楼. 基于模糊数学的城市滨水景观环境评价[J]. 农机化研究, 2008(3): 197-200. (ZHU Jianhong, TANG Xianli, GUO Zonglou. Appraisal of the urban waterfront landscape environment on the basis of fuzzy mathematic [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2008(3): 197-200. (in Chinese))

[8] 万绪才, 张安, 李刚, 等. 基于旅游者的城市旅游环境质

量综合评价研究: 南京与苏州两市实例分析[J]. 经济地理, 2003, 23(1): 113-116. (WAN Xucai, ZHANG An, LI Gang, et al. Study on synthetical evaluation for tourism environmental quality of city in view of tourists: a case study of Nanjing and Suzhou [J]. Economic Geography, 2003, 23(1): 113-116. (in Chinese))

[9] 李庆哲. 城市河流景观评价研究: 以伊通河长春市段为例[D]. 长春: 东北师范大学, 2010.

[10] 李春好, 孙永河, 贾艳辉, 等. 变权层次分析法[J]. 系统工程理论与实践, 2010, 30(4): 723-731. (LI Chunhao, SUN Yonghe, JIA Yanhui, et al. Analytic hierarchy process based on variable weights[J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2010, 30(4): 723-731. (in Chinese))

[11] 樊皓, 葛慧, 雷少平, 等. 模糊数学方法在生态系统服务价值评估中的应用[J]. 水资源保护, 2011, 27(2): 34-36. (FAN Hao, GE Hui, LEI Shaoping, et al. Estimation of ecosystem services value based on fuzzy mathematic method [J]. Water Resources Protection, 2011, 27(2): 34-36. (in Chinese))

[12] 陈攀, 李兰, 周文财. 水资源脆弱性及评价方法国内外研究进展[J]. 水资源保护, 2011, 27(5): 32-38. (CHEN Pan, LI Lan, ZHOU Wencai. Research progress on vulnerability of water resources and assessment methods at home and abroad [J]. Water Resources Protection, 2011, 27(5): 32-38. (in Chinese))

[13] 孙高峰. 浅谈城市水系景观与人文资源的共融: 以邵阳市资江风光带规划为例[J]. 湖南城建高等专科学校学报, 2002, 11(1): 54-56. (SUN Gaofeng. On mixture of city landscape of water system and humanistic resources: take the plan of zijiang scenic zone as an example [J]. Journal of Hunan Urban Constructin College, 2002, 11(1): 54-56. (in Chinese))

[14] 叶文虎, 栾胜基. 景观质量评价学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1994.

[15] 陈伟. 正确认识层次分析法(AHP法)[J]. 人类工效学, 2000, 6(2): 32-35. (CHEN Wei. Correct understanding of AHP method[J]. Chinese Ergonomics, 2000, 6(2): 32-35. (in Chinese))

(收稿日期: 2011-12-05 编辑: 高渭文)

