

基于生态旅游功能的红树林景观评价指标体系构建

陈 燕¹, 郑松发^{1*}, 武 锋²

(1. 中国林业科学研究院 热带林业研究所, 广东 广州 510520; 2. 星湖国家湿地公园管理中心, 广东 肇庆 526040)

摘 要:为了探究影响红树林景观质量的重要因子以及红树林景观质量与各因子之间的关系,从生态旅游的角度出发,采用层次分析法(AHP)建立了一套较为全面、科学的红树林景观评价指标体系,其中包括景观美学价值、社会使用价值和自然生态价值3个准则层指标以及水质状况、空气质量、水域的空间变化等14个三级评价指标。采用专家打分法建立判断矩阵,对各指标在评价体系中所占的权重进行计算,并建立了景观质量综合评价模型。结果表明:准则层中最重要的因子是自然生态价值,其权重值为0.430;三级指标中最重要的因子是水质状况,其权重值为0.147。该研究为红树林景观的评价、优化以及生态旅游开发提供理论参考。

关键词:红树林;景观质量;评价;指标体系

中图分类号:S718.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2016)02-0275-05

Construction of Mangrove Landscape Evaluation Index System Based on Eco-tourism Function

CHEN Yan¹, ZHENG Song-fa^{1*}, WU Feng²

(1. Research Institute of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Guangzhou, Guangdong 510520, China;

2. Management of Xinghu National Wetland Park, Zhaoqing, Guangdong 526040, China)

Abstract: In order to explore the important factors affecting mangrove landscape quality and the relationship between the mangrove landscape quality and impact factors, the analytic hierarchy process (AHP) method was applied in this paper to set up a comprehensive and scientific evaluation index system which contained three criterions as aesthetic value of landscape, social use value and ecological value of nature and fourteen indexes such as water quality condition, air quality, space variation of water area based on eco-tourism. Established judgment matrix and computed the relative weightings through expert evaluating method. Then a landscape quality comprehensive evaluate model was built. The results showed that, the most important factor in the criterion layer was the ecological value of nature and its weight was 0.430. The most important factor in the three-level index layer was the water quality condition and its weight was 0.147. The results would provide theoretical references for evaluation, optimization and eco-tourism development of mangrove landscape.

Key words: mangrove; landscape quality; evaluation; index system

红树林湿地生态系统广泛分布在热带、亚热带海岸潮间带,以红树植物为建群种,可为人类提供多种既生态又经济的生态系统服务^[1]。红树林中奇根异果、虾蟹鹭鸟,呈现出神奇、幽静、秀丽的景观,是沿海地区开展森林游憩、生态旅游的重要自然资源。许多国家和地区如美国的佛罗里达、泰国的普吉岛、

新西兰的北奥克兰半岛、孟加拉的申达本、香港米埔都开展了红树林生态旅游^[2]。

目前,国内外对红树林的研究主要集中在红树植物的生理生态学研究^[3]、红树林的保护与生态恢复研究^[4]以及红树林生态系统服务功能研究^[5-6]。在红树林景观质量评价方面的研究很少,仅见叶

收稿日期:2015-05-11 修回日期:2015-07-27

基金项目:国家自然科学基金项目(41176084)。

作者简介:陈 燕,女,在读硕士,研究方向:红树林生态工程。E-mail:499841969@qq.com

* 通信作者:郑松发,男,研究员,研究方向:红树林生态工程。E-mail:zsff2002@aliyun.com

丹^[7]以广西滨海防护林为研究对象,建立了滨海防护林景观质量评价模型,得出红树林林外景观类型美学质量高低;武锋^[8]等运用美景度评价法(SBE法)对珠海淇澳岛红树林保护区林内景观进行了景观质量评价,并采用层次分析法进行了红树林声景观评价^[9]。现有的少量研究只是针对红树林景观的美学质量进行了评价,然而红树林的景观质量不仅仅取决于美学价值,社会使用价值和自然生态价值也是景观质量优劣的重要考量。鉴于红树林景观综合评价的研究较少,有必要建立一套科学合理的评价指标体系,为客观全面地评价红树林景观提供科学依据。

1 研究方法

层次分析法(Analytic Hierarchy Process,AHP法)是由美国著名运筹学家、匹兹堡大学教授 Saaty T L 于 20 世纪 70 年代提出的,是一种定性定量相结合的运用多种因子分级处理来确定权重的方法,广泛应用于安全科学、环境科学等研究领域^[10]。其基本思路是通过每一层次中每 2 个不同元素的相对重要性给以定量表示,并在它们之间进行比较、判断和计算,得出所有相关元素的权重,同时计算一致性比率,数值<0.1 则判断具有一致性^[11-12]。AHP 法能将人们对复杂系统的评价的思维过程数学化、系统化,便于人们接受;所需定量数据信息较少,被认为是开展评价研究最合适的多准则方法^[13]。本研究采用 AHP 法构建景观评价指标体系时,在广东、海南进行了充分的红树林景观考察,以保证指标选取的全面性;并且阅读相关文献^[14-17],作为本研究的参考;同时征询热带林业研究所红树林以及风景园林学专家的意见,从生态旅游的角度出发,确保指标体系的完整性、合理性。

2 指标体系构建

2.1 准则层的确定

以开展生态旅游为目标的红树林不是一块与世隔绝的湿地生态系统,而是一个服务功能强大的生态旅游保护区,它的主要价值体现在:1)景观美学价值:随着生活品质的提高,人们越来越向往小桥流水、如诗如画的自然环境,向往碧波荡漾、鱼鸟成群的生态美观。茂密的树林,欢快的飞鸟,灵活的游鱼以及涌动的潮水,使红树林散发出独特的魅力,无论是漫步林中还是泛舟水上都令人赏心悦目、心情愉悦。2)社会使用价值:红树林要成为一个高品质的公共游览场所,除了要具备优美的自然景观,还要配备完善的基础服务设施,考虑人的需求,以人为本,

为人所用,如此才能带给游人舒适的景观体验,才是一个人性化的生态旅游场所。3)自然生态价值:红树林的生态价值主要体现在固岸护堤、促淤造陆、净化海水、维持生物多样性和海岸带生态平衡等方面。在 Costanza^[18]等对全球 16 种生态系统服务价值进行的评估中,红树林位列第 4,可见其生态价值的重要性。根据上述分析,以实现红树林的生态旅游价值为目的,确定红树林景观评价指标体系准则层为景观美学价值、社会使用价值和自然生态价值。

2.2 三级评价指标的筛选

初步确定的三级指标有 27 项,为了研究的方便和调查结果的可靠性,需筛选出重要性等级较高的指标。考虑到专业人员和普通公众的看法可能有偏差,本研究邀请 30 名风景园林专业的专家和研究生作为专业组以及 30 名普通公众作为公众组参与指标重要性评价。指标重要性等级分为极其重要、相当重要、比较重要、一般重要、不太重要 5 个等级,分别赋 5、4、3、2、1 分,参与者根据自己的知识和经验,对每一项评价指标给予重要性等级判断并赋分。调查回收专业组调查问卷 30 份,公众组 28 份,对这

表 1 红树林景观质量评价指标得分
Table 1 The score table of mangrove landscape quality evaluation indexes

项目	因素	指标	分数
景观美学价值	植物	植物材料选择 D_1	3.75
		植被覆盖率 D_2	3.18
		植物空间的营造 D_3	3.40
		植物配植方式 D_4	3.54
	动物	鱼类鸟类的观赏性 D_5	3.50
	水体	水域的空间变化 D_6	3.86
		驳岸处理方式 D_7	3.57
		水上娱乐项目的参与性 D_8	3.21
	内在美	景观空间的意境感受 D_9	3.07
		红树林精神美的感受 D_{10}	3.39
社会使用价值	实用性	外部交通便捷性 D_{11}	3.50
		内部空间通达性 D_{12}	3.61
		公共设施的布置 D_{13}	3.68
		活动空间的丰富性 D_{14}	3.82
		景观体验形式的多样性 D_{15}	3.00
		照明系统的布置 D_{16}	3.54
		基础设施的安全性 D_{17}	3.26
		治安管理状况 D_{18}	3.39
	文化	渔耕文化的传承 D_{19}	3.07
		空间归属感 D_{20}	3.04
		科普教育宣传 D_{21}	3.41
	植物	提供森林产品 D_{22}	3.21
		保护海岸安全 D_{23}	3.29
		物种丰富性 D_{24}	3.71
	系统	生态系统健康状况 D_{25}	3.50
自然生态价值	环境	空气质量 D_{26}	3.86
		水质状况 D_{27}	3.89

58 份问卷结果进行统计,计算平均值得到各指标得分(表 1)。

标,最终入选的是水质状况、空气质量、水域的空间变化等 14 项评价指标(表 2)。

从上述 27 项指标中筛选出得分 3.5 以上的指

表 2 红树林景观质量评价指标体系

Table 2 Mangrove landscape quality evaluation indexes system

目标层	准则层	指标层	指标描述
红树林景观质量 A	景观美学价值 B ₁	植物材料的选择 C ₁	植物选择是否恰当,能否适应立地环境,生长是否健壮
		植物配植方式 C ₂	群落树种搭配所呈现的丰富或单一的景观效果
		鱼类鸟类的观赏性 C ₃	鱼虾蟹、水禽以及林中的鸟类活动带给人们的视觉美
		水域的空间变化 C ₄	水景空间的营造,是否收放自然,开合有度
		驳岸处理方式 C ₅	驳岸处理形式以及亲水性
	社会使用价值 B ₂	外部交通便捷性 C ₆	外地游客来红树林景区是否方便快捷
		内部空间通达性 C ₇	红树林内部景观空间的可达性
		公共设施的布置 C ₈	提供基础服务的公厕、商店等设施
		活动空间的丰富性 C ₉	满足人群不同活动需求的广场、亭台等场所
		照明系统的布置 C ₁₀	夜间灯光效果的美观与实用性
	自然生态价值 B ₃	水质状况 C ₁₁	水体清澈程度,污染情况,以人们的视觉感受为准
		空气质量 C ₁₂	空气的清新程度,以人体感觉舒适度为准
		物种丰富性 C ₁₃	动植物的丰富性,以人的观察体会为准
		生态系统健康状况 C ₁₄	红树林湿地服务功能大小,以人的主观感受为准

2.3 指标权重的计算

准则层指标采用重要性比重分配的方式,3 个准则重要性比重之和为 1,邀请 10 位风景园林研究领域同等资质的专家对各准则的重要性进行独立判断,求取每个准则重要性比重的平均值即为其权重值。

三级指标通过设计指标重要性评判调查问卷,采用 1-9 标度法,进行指标相对重要性评判^[19],同样邀请 10 位风景园林研究领域同等资质的专家对评价指标的重要性进行独立判断,根据群组 AHP 理论,取每位专家的权重系数为 1/10^[20],得到三级指标重要性判断矩阵(表 3~表 5)。实际得到的判断矩阵与理论上的判断矩阵可能存在误差,为了减少误差,需要进行一致性检验,检验指标 CI 的计算公式为:

$$CI=(\lambda_{\max}-n)/n-1$$
 (1)

式中: λ_{\max} 为判断矩阵的最大特征根, n 为判断矩阵的维数。当 $CI=0$ 时,判断矩阵具有完全一致性, CI 的值越大,矩阵的一致性越差。

由于对问题认识不同,可能引起随机性误差,因此需引入判断矩阵的平均随机一致性指标 RI , RI 的值可查相关资料得到:当 $n=5$ 时, $RI=1.12$;当 $n=4$ 时, $RI=0.89$ 。相对一致性检验指标 CR 的计算公式为:

$$CR=CI/RI$$
 (2)

当 $CR<0.1$ 时,则认为判断矩阵具有满意的一致性。借助 Excel2010 软件计算权重并进行一致性检验^[21],结果表明 3 个判断矩阵均通过一致性检

验,结果合理有效。

2.4 计算结果与分析

评价指标重要性比较矩阵均通过一致性检验

表 3 景观美学价值评价指标重要性判断矩阵

Table 3 Significance judgment matrix of landscape aesthetic value estimation indexes

B ₁	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
C ₁	1	2.28	3.47	1.95	2.71
C ₂	0.44	1	3.1	2.06	2.65
C ₃	0.29	0.32	1	1.23	1.38
C ₄	0.51	0.49	0.81	1	2.12
C ₅	0.37	0.38	0.72	0.47	1

$\lambda_{\max}=5.175,CI=0.0437,RI=1.12,CR=0.039<0.10$

表 4 社会使用功能评价指标重要性判断矩阵

Table 4 Significance judgment matrix of society use function estimation indexes

B ₂	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀
C ₆	1	1.2	1.82	0.79	2.22
C ₇	0.83	1	1.35	0.59	2.78
C ₈	0.55	0.74	1	1.2	2.43
C ₉	1.27	1.69	0.83	1	3.78
C ₁₀	0.45	0.36	0.41	0.26	1

$\lambda_{\max}=5.128,CI=0.0319,RI=1.12,CR=0.028<0.10$

表 5 自然生态价值指标重要性判断矩阵

Table 5 Significance judgment matrix of ecological value of nature indexes

B ₃	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄
C ₁₁	1	1.85	2.7	0.82
C ₁₂	0.54	1	0.89	0.53
C ₁₃	0.37	1.12	1	0.94
C ₁₄	1.22	1.89	1.06	1

$\lambda_{\max}=4.11,CI=0.0367,RI=0.89,CR=0.041<0.10$

($CR<0.1$),结果合理有效,借助 Excel2010 软件计算,最终确定景观评价指标的权重(表 6)。结果表明,准则层的权重值从高到低依次是:自然生态价值(0.43)、景观美学价值(0.30)、社会使用价值

(0.27),说明红树林景观建设要以实现更大的生态效益为基础并注重美丽景观的营造,同时兼顾使用功能的完善。

表 6 评价指标权重分配
Table 6 Weights of the evaluation indexes

目标层	准则层	权重	指标层	权重	归一化权重
红树林景观质量 A	景观美学价值 B ₁	0.3	植物材料的选择 C ₁	0.371	0.111
			植物配植方式 C ₂	0.263	0.079
			鱼类鸟类的观赏性 C ₃	0.122	0.037
			水域的空间变化 C ₄	0.149	0.045
			驳岸处理方式 C ₅	0.096	0.029
	社会使用价值 B ₂	0.27	外部交通便捷性 C ₆	0.243	0.066
			内部空间通达性 C ₇	0.210	0.057
			公共设施的布置 C ₈	0.192	0.052
			活动空间的丰富性 C ₉	0.272	0.074
			照明系统的布置 C ₁₀	0.083	0.022
	自然生态价值 B ₃	0.43	水质状况 C ₁₁	0.341	0.147
			空气质量 C ₁₂	0.170	0.073
			物种丰富性 C ₁₃	0.189	0.081
			生态系统健康状况 C ₁₄	0.300	0.129

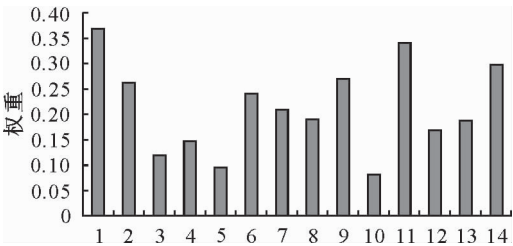


图 1 指标权重值
Fig. 1 Weights of the indexes

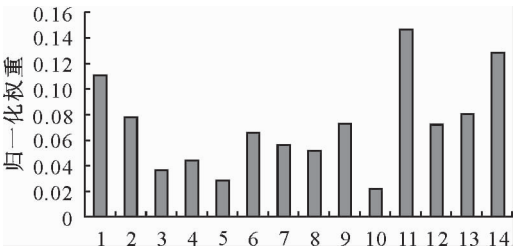


图 2 指标归一化权重值
Fig. 2 Normalization weights of the indexes

指标层中,在景观美学价值方面权重最高的植物材料的选择和植物配植方式(>0.25),其他 3 项指标权重均较低(<0.15);社会使用功能方面除照明系统的布置权重较低(<0.1)外,其他 4 项指标权重值均较高且相差不大(0.2 左右);自然生态价值中指标权重最高的是水质状况和生态系统健康状况(≥ 0.3),空气质量和物种丰富性的权重值亦不低(0.15~0.2)(图 1)。权重归一化处理后的数据表明,归一化权重值最低的是照明系统的布置、驳岸处理方式以及鱼类鸟类的观赏性(<0.04);最高的是

水质状况、生态系统健康状况和植物材料的选择(>0.1),因此这 3 个因子是影响红树林景观质量的主要因子,其中水质状况是最主要的因子(图 2)。

3 建立综合评价模型

通过征询红树林以及风景园林学专家的意见,确定红树林景观质量评价指标的评分标准,设计景观质量评价调查问卷。

通过向普通游客随机发放景观质量评价调查问卷,得到游人对某红树林景区各项指标的评分,计算每个指标的得分平均值即为该指标的分数。

各准则的分数为其下层指标平均分与对应权重的乘积之和,公式为:

$$B_1=c_1C_1+c_2C_2+c_3C_3+c_4C_4+c_5C_5$$
$$B_2=c_6C_6+c_7C_7+c_8C_8+c_9C_9+c_{10}C_{10}$$
$$B_3=c_{11}C_{11}+c_{12}C_{12}+c_{13}C_{13}+c_{14}C_{14}$$

(3)

红树林景观质量综合得分为各准则分数与对应权重的乘积之和,公式为:

$$A=b_1B_1+b_2B_2+b_3B_3$$

(4)

式中:A 代表景观质量综合得分; b_1 代表准则“景观美学价值”的权重值,以此类推; B_1 代表准则“景观美学价值”的分数,以此类推; c_1 代表评价指标“植物材料的选择 C_1 ”的权重值,以此类推; C_1 代表评价指标“植物材料的选择 C_1 ”的分数,以此类推。

根据式(3)、式(4)即可计算出红树林景观质量综合得分。

4 结 论

参考景观生态学、景观美学理论,采用层次分析法,以突出生态旅游功能为导向,建立了一套红树林景观质量评价指标体系,并通过构造指标重要性判断矩阵得到各指标的权重,最后建立了红树林景观质量综合评价模型。结果表明,营造生态旅游功能强大的红树林景观,应首先从自然生态价值出发,保证红树林优良的水质和丰富的物种组成,保持生态系统的健康性,创造生态环境良好的湿地景观;其次要重视景观美学价值的开发,选择观赏价值高并且适应立地环境的树种进行合理配植;在社会使用功能方面,要着重完善景区基础服务设施,规划合理的内部空间游览路线,为游人创造丰富的活动空间。

目前我国对于红树林湿地景观评价的研究较少,评价体系还不成熟,红树林生态旅游开发也相对滞后,本研究在红树林景观的探索中又向前迈进了一步,研究方法对各地红树林景观评价有一定的借鉴意义,研究结果对红树林景观的优化提升以及生态旅游开发提供了参考。

参考文献:

[1] ZHANG X H, TIAN Q J. A mangrove recognition index for remote sensing of mangrove forest from space[J]. *Current Science*, 2013, 105(8): 1149-1155.

[2] 刘怀如,袁怡圃,梁美霞,等. 泉州湾红树林生态旅游价值及其开发探讨[J]. *福建林业科技*, 2010, 37(3): 136-138, 161.

[3] 郑春芳,刘伟成,陈少波,等. 短期夜间低温胁迫对秋茄幼苗碳氮代谢及其相关酶活性的影响[J]. *生态学报*, 2013, 33(21): 6853-6862.

LIU C F, LIU W C, CHEN S B, *et al.* Effects of short-term dark chilling on leaves carbon and nitrogen metabolism and involved activities of enzymes in mangrove *Kandelia obovata* seedling[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2013, 33(21): 6853-6862. (in Chinese)

[4] 彭辉武,郑松发,朱宏伟,等. 珠海市淇澳岛红树林恢复的实践[J]. *湿地科学*, 2011, 9(1): 97-100.

PENG H W, ZHENG S F, ZHU H W, *et al.* The practice of mangrove restoration in Qi'ao Island, Zhuhai[J]. *Wetland Science*, 2011, 9(1): 97-100. (in Chinese)

[5] 陈欢欢,刘晓东,林伟山,等. 福建漳江口红树林湿地生态系统服务功能价值评价[J]. *湿地科学与管理*, 2013(2): 30-34.

[6] BARBIER E B, HACKER S D, KENNEDY C *et al.* The value of estuarine and coastal ecosystem services [J]. *Ecological Monographs*; Official Publication of the Ecological Society of America, 2011, 81(2): 169-193.

[7] 叶丹. 广西滨海防护林景观美学评价与建设[D]. 南宁: 广西大学, 2010.

[8] 武锋,郑松发,陆钊华. 珠海淇澳岛红树林景观质量评价[J]. *东北林业大学学报*, 2014, 42(9): 48-51.

WU F, ZHENG S F, LU Z H. Evaluation of mangrove landscape quality on Qi'ao Island, Zhuhai[J]. *Journal of Northeast*

Forestry University, 2014, 42(9): 48-51. (in Chinese)

[9] 武锋,郑松发,陆钊华,等. 珠海淇澳岛红树林声景观评价[J]. *西北林学院学报*, 2014, 29(6): 234-239.

WU F, ZHENG S F, LU Z H, *et al.* Evaluation on soundscape of mangrove on Qi'ao Island, Zhuhai[J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2014, 29(6): 234-239. (in Chinese)

[10] 郭金玉,张忠彬,孙庆云. 层次分析法的研究与应用[J]. *中国安全科学学报*, 2008, 18(5): 148-153.

GUO J Y, ZHANG Z B, SUN Q Y. Study and applications of analytic hierarchy process[J]. *China Safety Science Journal*, 2008, 18(5): 148-153. (in Chinese)

[11] REZAEI-MOGHADDAM K, KARAMI E. A multiple criteria evaluation of sustainable agricultural development models using AHP[J]. *Environment, Development and Sustainability*, 2008, 10(4): 407-426.

[12] SAATY T L, PENIWATI K. Group decision making: drawing out and reconciling differences [M]. Pittsburgh, PA: RWS Publications, 2007.

[13] AYLIN ÇİĞDEM KÖNE, TAYFUN BÜKE. The evaluation of the air pollution index in Turkey[J]. *Ecological Indicators*, 2014 (45): 350-354.

[14] 郑秋露,廖景平. 基于层次分析法的园林景观评价—以华南植物园龙洞琪林为例[J]. *西北林学院学报*, 2013, 28(6): 210-216.

ZHENG Q L, LIAO J P. Landscape evaluation based on AHP: a case study of longdongqilin at South China Botanical Garden[J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2013, 28(6): 210-216. (in Chinese)

[15] 董冬,周志翔,何云核,等. 安徽省九华山风景区古树群落景观美学评价[J]. *生态学杂志*, 2011, 30(8): 1786-1792.

DONG D, ZHOU Z X, HE Y H, *et al.* Landscape aesthetic assessment of old-tree communities in Jiuhua Mountain Scenic Area of Anhui Province [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2011, 30(8): 1786-1792. (in Chinese)

[16] 王竞红. 园林植物景观评价体系的研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2008.

[17] 宁惠娟,邵锋,孙茜茜,等. 基于 AHP 法的杭州花港观鱼公园植物景观评价[J]. *浙江农业学报*, 2011, 23(4): 717-724.

NING H J, SHAO F, SUN Q Q, *et al.* AHP-based evaluation on plant landscape of Huaganguanyu Park in Hangzhou[J]. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2011, 23 (4): 717-724. (in Chinese)

[18] COSTANZA R, D' ARGE R, GROOT R. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. *Ecological Economics*, 1998, 25(1): 3-15.

[19] 骆正清,杨善林. 层次分析法中几种标度的比较[J]. *系统工程理论与实践*, 2004, 24(9): 51-60.

LUO Z Q, YANG S L. Comparative study on several scales in AHP[J]. *Systems Engineering Theory & Practice*, 2004, 24 (9): 51-60. (in Chinese)

[20] 郭文明,相景丽,肖凯生,等. 群组 AHP 权重系数的确定[J]. *华北工学院学报*, 2000, 21(2): 110-113.

GUO W M, XIANG J L, XIAO K S, *et al.* Determination of weight coefficients in group AHP[J]. *Journal of North China Institute of Technology*, 2000, 21(2): 110-113. (in Chinese)

[21] 曹茂林. 层次分析法确定评价指标权重及 Excel 计算[J]. *江苏科技信息*, 2012(2): 39-40.