

绿色施工方案评价的 OWGA 和 CWGA 集成方法

晋良海, 薛晓飞, 郝 胜, 黎佛林

(三峡大学 水利与环境学院, 湖北 宜昌 443002)

摘要: 绿色施工评价走向标准化,但对绿色施工等级评价却没有统一方法.在总结已有评价方法的基础上,通过建立绿色施工方案评价的典型指标,评价绿色施工方案的节能环保性.运用有序加权几何平均算子(OWGA算子)和组合加权几何平均算子(CWGA算子)的集成评价方法,结合绿色施工影响因素和社会、生态效益发挥影响因素,通过对各指标的专家打分值进行纵向和横向集结,消除专家受个人感情等主观因素的影响,增加中间值的作用,使得方案的评价结果更加科学合理.最后,通过工程实例验证该方法的实用性、有效性和可行性.

关 键 词: 绿色施工方案;有序加权几何平均算子;组合加权几何平均算子;集成

中图分类号: TU721

文献标志码: A

文章编号: 1009-640X(2013)04-0035-05

《建筑工程绿色施工评价标准》(GB/T 50640-2010)^[1]等的颁布实施,使绿色施工评价走向标准化道路,但标准中尚未体现对绿色施工方案的评价,因而学者们对绿色施工等级评价提出了不同的方法.陈晓红^[2]将指标体系分为管理绩效类和环境负荷类,使用层次分析法对施工活动进行绿色定级;黄喜兵等^[3]建立了绿色施工二级评价指标体系,采用模糊综合评价方法进行评价,得出4个等级;LI Xing等^[4]对绿色施工评分系统进行研究,并构建了评分系统框架;陈志华等^[5]从施工技术管理和施工现场管理两方面建立火电项目的绿色施工评价模型,通过定量与定性打分来评判绿色标准.以上都是运用相关综合评价方法从不同视角对绿色施工进行评价.然而,这些评价都是在该阶段施工基本完成或者单位工程竣工交验后进行,当承包商在施工阶段,面临一些分部分项工程专项施工方案优选评价时,尚未有统一的技术指标和评价标准.

故依据绿色施工的本质,参考以上研究成果及文献[6-7]和LEED评估体系、BREEAM体系,考虑工程施工受到地域、自然资源、环境条件和技术水平等条件的限制,采用专家筛选法,对指标进行调整并优化,最终确立绿色施工方案的6个典型评价指标.为消除由于个别专家主观因素等造成的不公正,引入OWGA和CWGA集成方法,利用OWGA算子对1个专家所给定的某一施工方案各项评价指标的分值进行纵向集结,然后利用CWGA算子对不同专家得到的同一方案综合指标值进行横向集结,增加中间值的作用,最终按照得分的多少对施工方案进行排序^[8].该法能在各指标权重信息完全未知的情况下,对各绿色施工方案进行科学评价,为承包商在施工时提供参考依据.

1 OWGA & CWGA 集成评价方法

1.1 相关算子

定义1^[9]:设OWGA: $R^{+n} \rightarrow R^{+}$,若 $OWGA_w(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n) = \prod_{j=1}^n b_j^{w_j}$,则称函数OWGA是有序加权几何平均算子,也称为OWGA算子,其中 $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ 是与函数OWGA相关联的指数加权向量, $w_j \in [0, 1]$,

收稿日期: 2013-02-02

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(44300201);湖北省教育厅重点项目(D20131301);三峡大学人才启动基金资助项目(KJ2009B068)

作者简介: 晋良海(1973-),男,四川简阳人,副教授,博士,主要从事水利工程施工优化与决策研究.

E-mail: jinlianghai@tom.com

$j \in N, \sum_{j=1}^n w_j = 1$, 且 b_j 是一组数据 $(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$ 中第 j 大的元素, R^+ 为正实数集.

定义 2^[10]: 设 $CWGA: R^+ \rightarrow R^+$, 若 $CWGA_\omega(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n) = \prod_{j=1}^n a_j^{\omega_j}$, 则称函数 $CWGA$ 是加权几何平均算子, 也称为 $CWGA$ 算子. 其中 $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)$ 是数据组 $(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$ 的指数加权向量, $\omega_j \in [0, 1]$, $j \in N, \sum_{j=1}^n \omega_j = 1$.

定义 3^[10]: 设 $CWGA: R^+ \rightarrow R^+$, 若 $CWGA_{\omega, w}(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n) = \prod_{j=1}^n b_j^{w_j}$, 则称函数 $CWGA$ 为组合加权几何平均算子, 也称为 $CWGA$ 算子. 其中 $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ 是与函数 $CWGA$ 相关联的指数加权向量, $w_j \in [0, 1]$, $j \in N, \sum_{j=1}^n w_j = 1$, 且 b_j 是一组指数加权数据 $(\alpha_1^{\omega_1}, \alpha_2^{\omega_2}, \dots, \alpha_n^{\omega_n})$ 中第 j 大的元素, 这里 $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)$ 是数据组 $(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$ 的指数加权向量, $\omega_i \in [0, 1], i \in N, \sum_{i=1}^n \omega_i = 1, n$ 为平衡因子.

1.2 多指标群集成评价方法步骤

根据以上相关算子定义, 给出绿色施工方案评价的步骤如下^[11]:

(1) 步骤 1: 对于某一多指标绿色施工方案的评价问题, 设 X 和 U 分别为方案集和指标集, 指标权重信息完全未知. $D = \{d_1, d_2, \dots, d_t\}$ 为专家集, $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_t)$ 为 t 位专家的权重向量, 其中 $w_j \in [0, 1], j = 1, 2, \dots, m, \sum_{j=1}^n w_j = 1, \lambda_k \in [0, 1], k = 1, 2, \dots, t, \sum_{k=1}^t \lambda_k = 1$. 设专家 $d_k \in D$ 给出方案 $x_i \in X$ 在指标 $u_j \in U$ 下的值为 $a_{ij}^{(k)} (a_{ij}^{(k)} > 0)$, 从而构成评价矩阵 A_k . 若 A_k 中元素的物理量纲不同, 则需要对其进行规范化处理. 假设评价矩阵 A_k 经过规范化处理后, 得到规范化矩阵 $R_k = (r_{ij}^{(k)})_{n \times m}$.

(2) 步骤 2: 利用 $OWGA$ 算子对评价矩阵 R_k 中第 i 行的指标值进行纵向集结, 得到专家 d_k 所给出的方案 x_i 的综合指标值 $z_i^{(k)}(w) (i \in N, k = 1, 2, \dots, t)$:

$$z_i^{(k)}(w) = OWGA_w(r_{i1}^{(k)}, r_{i2}^{(k)}, \dots, r_{im}^{(k)}) = \prod_{j=1}^m (b_{ij}^{(k)})^{w_j}, i \in N, k = 1, 2, \dots, t.$$

其中: $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ 是 $OWGA$ 算子的指数加权向量, $w_j \geq 0, j \in N, \sum_{j=1}^m w_j = 1$, 且 $b_{ij}^{(k)}$ 是 $r_{ij}^{(k)} (l \in N)$ 中第 j 大的元素.

(3) 步骤 3: 利用 $CWGA$ 算子对 t 位专家给出的方案 x_i 的综合指标值 $z_i^{(k)}(w) (k = 1, 2, \dots, t)$ 进行集结, 得到方案 x_i 的专家群体综合指标值 $z_i(\lambda, w')$:

$$z_i(\lambda, w') = CWGA_{\lambda, w'}(z_i^{(1)}(w), z_i^{(2)}(w), \dots, z_i^{(t)}(w)) = \prod_{k=1}^t (b_i^{(k)})^{w'_k}, i \in N$$

其中: $w' = (w'_1, w'_2, \dots, w'_t)$ 是 $CWGA$ 算子的指数加权向量, $w'_k \in [0, 1], k = 1, 2, \dots, t, \sum_{k=1}^t w'_k = 1, b_i^{(k)}$ 是一组指数加权数据 $(Z_i^{(1)}(w))^{t \lambda_1}$ 中第 k 大的元素, t 是平衡因子.

(4) 步骤 4: 利用 $Z_i(\lambda, w') (i \in N)$ 对方案进行排序和择优. 各专家根据工程实际情况和施工情况, 结合给定的绿色施工方案最低得分标准值 R (低于此值的方案为非绿色施工方案), 对得分高于标准值 R 方案进行排序.

2 工程算例

济南高新区某综合楼地上 11 层, 地下 2 层, 基坑最大开挖深度为 12.4 m. 根据地质条件和周围建筑物情况, 有 4 种支护方案可供选择^[12]: x_1 , $\Phi 800$ 锚拉钻孔灌注桩+混凝土喷面; x_2 , $\Phi 1200$ 人工挖孔灌注桩+旋喷桩; x_3 , $\Phi 800$ 悬臂钻孔灌注桩+混凝土喷面; x_4 , 混凝土锚喷网.

从绿色施工角度,基于上文所述参考文献和依据 LEED 评估体系和 BREEAM 体系确定影响工程方案比选的6项主要评价指标(指标具有普遍适用性):工程质量(μ_1);施工工期(μ_2);资源消耗(μ_3);环境污染(μ_4);环保技术(μ_5);资源再利用(μ_6).

指标权重信息完全未知,现邀请从事绿色建筑、房地产经济等领域的4位专家 $d_k(k=1,2,3,4)$,分别记取权重向量为 $\lambda=(0.27,0.23,0.24,0.26)$,依据上述6项评判指标首先邀请专家对该工程4种支护方案进行打分(范围从0分到100分),结果如表1.

表1 专家给出的方案比选矩阵

Tab.1 Scheme comparison matrixes given by experts

方 案	专家 d_1 的比选矩阵 R_1						专家 d_2 的比选矩阵 R_2					
	μ_1	μ_2	μ_3	μ_4	μ_5	μ_6	μ_1	μ_2	μ_3	μ_4	μ_5	μ_6
x_1	90	95	80	70	90	85	75	85	95	80	90	70
x_2	80	90	80	80	85	90	80	90	75	75	85	95
x_3	75	75	90	95	80	90	80	85	80	90	95	75
x_4	90	80	80	75	95	70	80	75	90	80	85	90

方 案	专家 d_3 的比选矩阵 R_3						专家 d_4 的比选矩阵 R_4					
	μ_1	μ_2	μ_3	μ_4	μ_5	μ_6	μ_1	μ_2	μ_3	μ_4	μ_5	μ_6
x_1	75	80	85	80	95	85	70	90	95	75	80	95
x_2	80	75	70	95	85	90	80	75	70	85	95	90
x_3	90	80	80	85	95	95	95	80	85	80	90	85
x_4	75	75	95	75	90	85	75	80	75	80	95	85

根据绿色施工的评价标准及规定,结合工程施工中积累的经验,给定绿色施工方案最低得分标准值 $R=80$,由于指标中既有成本型指标,也有效益型指标,所以在打分时已将指标全部转化为效益型,使量纲一致,故不用对方案比选矩阵进行规范化处理,其求解步骤如下:

步骤1:利用 OWGA 算子,首先根据专家评分法中的04评分法对指标权重进行确定,得出它的加权向量为 $w=(0.15,0.17,0.18,0.18,0.17,0.15)$,再对方案比选矩阵 R_k 中第 i 行的各指标得分进行纵向集结,得到专家 d_k 所给出的绿色施工方案 x_i 综合指标值 $z_i^{(k)}(w)(i,k=1,2,3,4)$:

$$z_1^{(1)}(w) = OWGA_w(r_{11}^{(1)}, r_{12}^{(1)}, \dots, r_{16}^{(1)}) = 95^{0.15} \times 90^{0.17} \times 90^{0.18} \times 85^{0.18} \times 80^{0.17} \times 70^{0.15} = 84.767$$

同理可得: $z_2^{(1)}(w) = 83.984, z_3^{(1)}(w) = 83.795, z_4^{(1)}(w) = 81.193, z_1^{(2)}(w) = 82.084, z_2^{(2)}(w) = 82.938,$

$$z_3^{(2)}(w) = 83.852, z_4^{(2)}(w) = 83.175, z_1^{(3)}(w) = 83.041, z_2^{(3)}(w) = 82.084, z_3^{(3)}(w) = 83.281,$$

$$z_4^{(3)}(w) = 81.980, z_1^{(4)}(w) = 83.698, z_2^{(4)}(w) = 82.084, z_3^{(4)}(w) = 85.597, z_4^{(4)}(w) = 81.244.$$

步骤2:利用 CWGA 算子(假设它的加权向量为 $w'=(0.20,0.30,0.30,0.20)$)对4位专家给出的方案 x_i 的综合指标值 $z_i^k(w)$ 进行横向集结.首先利用 λ, t 以及 $z_i^{(k)}(w)(i,k=1,2,3,4)$,求解 $(z_i^{(k)}(w))^{t\lambda_k}(i,k=1,2,3,4)$ 得

$$(z_1^{(1)}(w))^{4\lambda_1} = 117.989, (z_2^{(1)}(w))^{4\lambda_1} = 119.711, (z_3^{(1)}(w))^{4\lambda_1} = 119.420, (z_4^{(1)}(w))^{4\lambda_1} = 120.926,$$

$$(z_1^{(2)}(w))^{4\lambda_2} = 57.692, (z_2^{(2)}(w))^{4\lambda_2} = 58.244, (z_3^{(2)}(w))^{4\lambda_2} = 58.835, (z_4^{(2)}(w))^{4\lambda_2} = 58.397,$$

$$(z_1^{(3)}(w))^{4\lambda_3} = 69.586, (z_2^{(3)}(w))^{4\lambda_3} = 68.816, (z_3^{(3)}(w))^{4\lambda_3} = 72.993, (z_4^{(3)}(w))^{4\lambda_3} = 68.732,$$

$$(z_1^{(4)}(w))^{4\lambda_4} = 99.913, (z_2^{(4)}(w))^{4\lambda_4} = 97.910, (z_3^{(4)}(w))^{4\lambda_4} = 102.272, (z_4^{(4)}(w))^{4\lambda_4} = 96.869.$$

因此可求施工方案 x_i 的群体综合指标值为 $z_i(\lambda, w')(i=1,2,3,4)$:

$$z_1(\lambda, w') = 120.916^{0.2} \times 99.913^{0.3} \times 69.586^{0.3} \times 57.692^{0.3} = 83.438$$

同理, $z_2(\lambda, w') = 82.648, z_3(\lambda, w') = 85.360, z_4(\lambda, w') = 81.797.$

从综合指标值可知,每一项数值都大于 $R=80$,证明各项施工方案都是绿色施工方案.如果最后综合指标值有小于80的,则说明要达到绿色施工方案目标,还需要进行优化处理.

步骤 3: 利用 $z_i(\lambda, w')$ ($i = 1, 2, 3, 4$) 对 4 个施工方案进行排序得 $x_3 > x_1 > x_2 > x_4$, 即选用方案 3 为最佳方案。

本文所用方法评价结果与文献[12]的结果相同, 说明此方法的有效性和可行性, 然而对其余 3 个方案存在的不足, 哪些指标需要优化, 该集成方法未能进行评估说明, 故仍需进行深入研究。由于施工阶段既是项目全生命周期内的一个重要阶段, 又是突发性的改变自然生态环境, 大量的消耗自然资源的过程^[13]。因此, 对施工方案进行排序, 选择经济效益好, 资源消耗低, 环境污染少的方案, 既能为绿色施工技术标准的制定提供一定的参考依据, 也对推行建筑业的可持续发展战略, 实现绿色建筑有着良好的促进作用。

3 结 语

(1) OWGA 算子和 CWGA 算子的集成评价方法, 使用方便, 降低了专家受个人情感等主观因素的影响, 方案的实施也能最大程度减少对环境的影响。

(2) 方案优选结果的可靠性比仅考虑单因素的评价结果要高, 但其可靠性主要取决于专家打分的客观性和指标权重设置的合理性。

参 考 文 献:

- [1] GB/T 50640-2010, 建筑工程绿色施工评价标准[S]. (GB/T 50640-2010, Evaluation standard for green construction of building[S]. (in Chinese))
- [2] 陈晓红. 基于层次分析法的绿色施工评价[J]. 施工技术, 2006, 35(11): 85-89. (CHEN Xiao-hong. Green construction assessment based on AHP method[J]. Construction Technology, 2006, 35(11): 85-89. (in Chinese))
- [3] 黄喜兵, 黄庆, 武小菲. 绿色施工的模糊综合评价[J]. 西南交通大学学报, 2008, 43(2): 292-296. (HUANG Xi-bing, HUANG Qing, WU Xiao-fei. Fuzzy comprehensive evaluation for green construction [J]. Journal of Southwest Jiaotong University, 2008, 43(2): 292-296. (in Chinese))
- [4] LI Xing, LUO Fu-zhou. A research on rating system of green construction[J]. Advanced Materials Research, 2011, 323: 186-191.
- [5] 陈志华, 樊丽君. 火电项目绿色施工评价体系研究[J]. 科技导报, 2011, 29(33): 30-35. (CHEN Zhi-hua, FAN Li-jun. Green construction evaluation system of thermal power projects[J]. Science & Technology Review, 2011, 29(33): 30-35. (in Chinese))
- [6] 段春伟. 建筑项目绿色施工评价体系的建立与研究[J]. 建筑科学, 2009, 25(10): 35-39. (DUAN Chun-wei. Establishment and investigation on green construction evaluation system for building projects[J]. Building Science, 2009, 25(10): 35-39. (in Chinese))
- [7] 闫志刚, 杜立峰, 王雪丽. 绿色施工评价指标体系与方法研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2012, 8(7): 103-107. (YAN Zhi-gang, DU Li-feng, WANG Xue-li. Study on evaluation criterion system and method of green construction[J]. Journal of Safety Science and Technology, 2012, 8(7): 103-107. (in Chinese))
- [8] LI Xun, SHENG Bing, XIE Jian-cang, et al. Hydrological forecasting preferred and combination based on multi-attribute group decision[J]. System Engineering Theory and Practice, 2010, 30(12): 2315-2320.
- [9] XU Ze-shui, DA Qing-li. The ordered weighted geometric averaging operators[J]. International Journal of Intelligent Systems, 2002, 17(7): 709-716.
- [10] XU Ze-shui, DA Qing-li. Combined weighted geometric averaging operator and its application[J]. Journal of Southeast University (Natural Science Edition), 2002, 32(3): 506-509.
- [11] 徐泽水. 不确定多指标决策方法及应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004. (XU Ze-shui. Uncertain multiple attribute decision making: methods and applications[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2004. (in Chinese))
- [12] 王广月. 土建工程综合评价技术及应用[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2011. (WANG Guang-yue. Civil engineering comprehensive evaluation technology and application[M]. Beijing: China WaterPower Press, 2011. (in Chinese))

- [13] 郭庆军, 赛云秀, 姚科权. 工程项目施工模式分析[J]. 施工技术, 2011, 40(4): 54-56. (GUO Qing-jun, SAI Yun-xiu, YAO Ke-quan. Analysis of construction mode on engineering project[J]. Construction Technology, 2011, 40(4): 54-56. (in Chinese))

OWGA & CWGA integration method for green construction scheme evaluation

JIN Liang-hai, XUE Xiao-fei, HAO Sheng, LI Fo-lin

(College of Hydraulic and Environmental Engineering, China Three Gorges University, Yichang 443002, China)

Abstract: The green construction evaluation tends to be standardized, but the green construction level evaluation has no unified approach. By establishing the typical index of the green construction scheme evaluation in evaluating its characteristics of energy saving and environmental protection, this paper proposes the ordered weighted geometric averaging operator (OWGA operator) and combined weighted geometric averaging operator (CWGA operator) integration method. The method combines the influence factors of green construction with social and ecological benefit exertion to eliminate the influence of subjective factors caused by expert personal feelings and raise the effect of intermediate value, through assembling expert estimations for indexes from both horizontal and vertical sides, so as to make the scheme optimization results more scientific, reasonable and efficient. Finally, a numerical example is used to prove the practicability, effectiveness and feasibility of the method.

Key words: green construction scheme; ordered weighted geometric averaging operator; combined weighted geometric averaging operator; integration

水利部公益性行业科研专项“西部中小河流及其岸坡生态防治成套技术研究” 项目启动会在南京召开

2013年4月23日,由我院牵头承担,新疆水利水电科学研究院和四川大学参加的水利部公益性行业科研专项“西部中小河流及其岸坡生态防治成套技术研究”项目启动会在南京召开。项目将以新疆等西部典型中小河流为研究对象,深入研究典型流域内水土流失与河岸劣化规律及致灾过程,开展西部地区盐渍土、冻土、碎石土等特殊土岸坡的生态防护技术研究,研发适合于西部地区的中小河流岸坡生态整治技术,为我国西部地区中小河流岸坡生态防治提供重要技术支撑。

项目组首先汇报了项目的立项背景、研究意义、总体目标、主要研究内容和预期成果等总体情况,与会专家和代表分别就项目任务分工、年度实施计划、项目管理、经费预算执行与管理、研究组织与协调等进行了深入讨论,并达成一致意见。启动会后项目各单位将建立定期联系与协调机制,按任务书要求和各自的职责与分工,抓紧全面开展研究工作。

我院科研管理处、财务与资产处、岩土工程研究所等部门负责人,新疆水科院、四川大学等项目组有关人员参加了启动会。

摘自南京水利科学研究院网站