

# 基于最优组合赋权的建筑业产业区域竞争力评价

何清华, 解燕平

(同济大学 经济与管理学院, 上海 200092)

**摘要:** 以产业结构要素、经济实力要素、科技能力要素、市场环境要素作为建筑业产业区域竞争力的主要评价指标, 构建建筑业产业区域竞争力的评价指标体系. 基于最优组合赋权法构建我国建筑业产业区域竞争力评价模型, 并对 2012 年我国建筑业产业区域竞争力进行实证分析.

**关键词:** 建筑产业; 区域竞争力; 最优权重; 评价模型

**中图分类号:** C913.2

**文献标志码:** A

## Evaluation of Competitiveness of Construction Industry Based on Optimal Combination Weights

HE Qinghua, XIE Yanping

(College of Economics and Management, Tongji University, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** The industry structural factor, the economic strength factor, the technological capacity factor, and the market environment factor were summarized as the competitiveness of construction industry evaluation indexes. The competitiveness of construction industry evaluation model was established based on optimal combination weight. Finally, China's competitiveness of construction industry in 2012 was analyzed.

**Key words:** construction industry; competitiveness; optimal combination weight; evaluation model

改革开放 30 多年以来, 我国建筑业取得了巨大的成就, 已经成为国民经济的支柱产业之一, 在促进城乡建设、扩大劳动就业、推动经济社会发展方面发挥了重要作用, 为我国的国民经济和社会发展做出了积极的贡献. 但与此同时, 也面临着许多亟待解决的问题, 如区域发展差距较大、发展不平衡, 部分地区建筑业产业竞争力不足等. 因此有必要构建合理

的建筑业产业区域竞争力评价体系, 对各地区建筑业产业竞争力进行科学评价, 准确判断出各区域建筑业产业的竞争优劣及相对竞争地位, 并针对各地区建筑业产业竞争力评价结果中存在的问题, 寻找提升地区建筑业产业竞争力的发展对策.

国内外学者们针对建筑业产业竞争力评价进行了深入的研究. Porter<sup>[1]</sup>提出了“钻石模型”理论, 将生产要素、需求条件、相关支持产业、企业战略结构、同行业竞争和机会与政府作用作为产业竞争力的决定因素. Öz, Dunning, Grant, Ofori 等<sup>[2-5]</sup>都运用 Porter 的钻石模型对其所在国家的建筑业产业进行了分析. Xu 等<sup>[6]</sup>认为应当从发挥政府作用、完善市场秩序、鼓励技术创新、提升人员素质、提高辅助机构服务和采用多种招标方式等 6 个方面来提高建筑业产业竞争力. 国内学者李启明等<sup>[7]</sup>提出包含社会影响力、技术能力、工程项目管理能力、市场开拓与营销能力、融资与财务能力、资源管理能力 6 个因素的建筑业产业竞争力评价模型. 王家远等<sup>[8]</sup>从地区规模竞争力、技术装备实力、产出效益水平、成长发展能力 5 个方面对建筑业产业进行了评价. 姚宽一等<sup>[9]</sup>利用投入产出模型从全要素生产率、从业人员素质、城市文化水平、产业集中度、技术推广率和政府效率 6 个方面构建建筑业产业竞争力评价综合指数.

纵观国内外相关研究, 学者们多采用单一的评价方法对指标进行赋权以构建评价模型来对建筑业产业竞争力进行评价. 本文在构建我国建筑业产业竞争力评价指标体系基础上, 鉴于主观评价方法多根据专家的主观判断, 具有随意性缺点, 客观评价方法评价结果又容易受到指标样本随机误差的影响, 采用 G1 法、G2 法、熵值法和离差最大化法进行指标赋权, 同时采用主客观相结合的最优组合赋权方法对各评价指标的权重进行合理调整, 使评价结果更

收稿日期: 2014-10-16

基金项目: 国家自然科学基金(71390523)

第一作者: 何清华(1971—), 男, 教授, 博士生导师, 管理学博士, 主要研究方向为工程管理. E-mail: heqinghua@263.net

通讯作者: 解燕平(1985—), 男, 博士生, 主要研究方向为工程管理. E-mail: xieyanping2008@126.com

为科学合理。

## 1 建筑业产业竞争力评价指标体系构建

本文根据指标构建所要遵循的完备性、针对性、简洁性和易于获得性等原则,在综合其他学者研究的基础上,从产业结构要素、经济实力要素、科技能力要素、市场环境要素 4 个方面构建建筑业产业竞争力评价指标体系<sup>[7-9]</sup>,如表 1 所示。

表 1 建筑产业竞争力评价指标体系

Tab.1 Evaluation index system for competitiveness in construction industry

目标层	准则层	指标层
建筑业产业竞争力	产业结构要素 S	一级总承包产值比重
		一级分包产值比重
	经济实力要素 E	建筑业企业利润总额
		建筑业总产值
		建筑业产业单位数
		建筑业产业从业人数
		劳动生产率
		动力装备率
	科技能力要素 T	技术装备率
		设备净值
		房地产总产值
	市场环境要素 M	社会固定资产投资

产业结构要素 S. 建筑业产业结构是否合理是建筑业竞争力高低的决定性因素,良好的市场环境

对于产业发展至关重要。

经济实力要素 E. 包括一个区域建筑业企业的盈利能力和经营状况,直接反应了该地区建筑业企业满足市场需求的能力和争夺市场份额的能力。

科技能力要素 T. 决定该地区建筑业保持竞争优势的潜在能力,反映了运用新技术能力及企业创新和研发能力。

市场环境要素 M. 环境要素反映了该地区建筑业市场发展的前景及潜在能力。

## 2 建筑业产业竞争力评价模型构建

### 2.1 评价模型构建思路

本文采用组合赋权方法构建我国建筑业产业竞争力评价模型,步骤如下:

(1) 对获取的建筑业产业竞争力评价指标进行规范化处理。

(2) 选取不同的单一评价方法 G1 法、G2 法、熵值法和离差最大化法进行指标赋权。

(3) 计算不同评价方法的权重系数,进而组合权重。

(4) 计算各省(自治区、直辖市)产业竞争力评价得分,并按得分大小对各省市的建筑业产业竞争力进行排序。

详细步骤如图 1 所示。

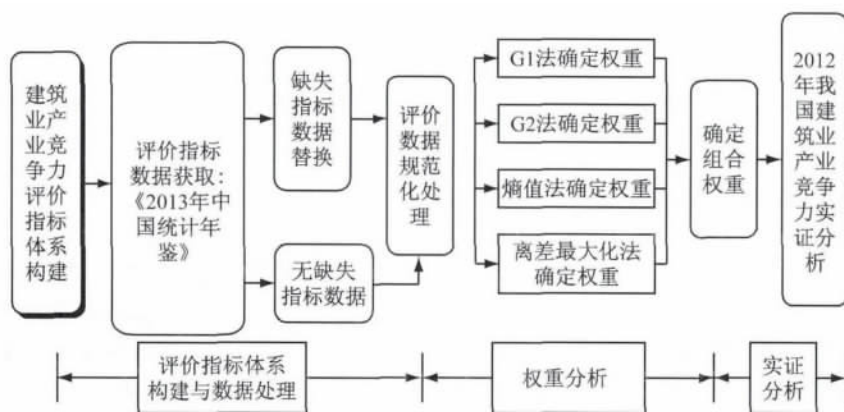


图 1 基于最优组合赋权的建筑业产业区域竞争力评价模型

Fig.1 Evaluation model of competitiveness for construction industry based on optimal combination weights

## 3 单一评价方法赋权

### 3.1 指标的规范化处理

设  $\alpha_{ij}$  为第  $i$  个对象第  $j$  个指标标准化后的值,  $w_{ij}$  为第  $i$  个对象第  $j$  个指标的值,  $n$  为评价对象的

个数. 根据以下方法对原数据进行规范处理<sup>[10]</sup>.

### 3.2 G1 法确定权重

(1) 根据 G1 法确定同一层次指标的序关系。

(2) 确定相邻指标  $\alpha_j$  与  $\alpha_{j-1}$  之间的相对重要性程度比值  $r_j$ 。

$$r_j = \frac{w_{ij} - \min_{1 \leq i \leq n} w_{ij}}{\max_{1 \leq i \leq n} w_{ij} - \min_{1 \leq i \leq n} w_{ij}} \quad (1)$$

(3) 计算第  $n$  个指标的 G1 法权重<sup>[11]</sup>.

$$\lambda_n = (1 + \sum_{j=2}^n \prod r_j)^{-1} \quad (2)$$

(4) 根据  $\lambda_n$  得出  $\lambda_{n-1}, \lambda_{n-2}, \dots, \lambda_1$  的值<sup>[10]</sup>.

$$\lambda_{n-1} = r_j \lambda_n \quad (3)$$

### 3.3 G2 法确定权重

(1) 通过专家得出最不重要的一个指标  $\alpha_j$ .

(2) 确定其余指标与  $\alpha_j$  之比的重要程度值  $r_j$ .

(3) 确定准则层下第  $j$  个指标对该准则层的 G2 法权重<sup>[11]</sup>.

$$\lambda_n = r_j / \sum_{j=1}^m r_j \quad (4)$$

### 3.4 熵值法确定权重

熵值法通过计算同一指标的数值差来客观反映指标的重要性程度,差值越大,赋予的权重越大.

(1) 根据熵值法对第  $i$  个评价指标  $\alpha_j$  的熵值  $E_i$  定义为<sup>[12]</sup>

$$E_i = -k \sum_{j=1}^n \beta_{ij} \ln \beta_{ij} \quad (5)$$

$$i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$$

式中:  $k = \frac{1}{\ln n}$ ;  $\beta_{ij} = \frac{\alpha_{ij}}{\sum_{j=1}^n \alpha_{ij}}$ ,  $\alpha_{ij}$  为第  $i$  个评价指标  $\alpha_j$

的原始值,并假设当  $\beta_{ij} = 0$  时,  $\beta_{ij} \ln \beta_{ij} = 0$ .

(2) 计算熵权值<sup>[12]</sup>.

$$\lambda_{ij} = \frac{1 - E_i}{m - \sum_{j=1}^m E_i} \quad (6)$$

### 3.5 离差最大化权重

离差最大化法原理:如果第  $i$  个指标的离散程度越大,那么该指标对评价结果的影响也越大,那么该指标的权重就应更大<sup>[13]</sup>.

设  $\sigma_{ij}$  ( $i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$ ) 为第  $j$  个评价对象第  $i$  项指标规范化后得到的值. 那么对于指标  $i$ , 用  $\varphi_{ij}(\omega)$  表示评价对象  $j$  与其他所有评价指标值的离差, 则  $\varphi_{ij}(\omega) = \sum_{i=1}^n |\sigma_{ij}\lambda_i - \sigma_{ik}\lambda_i|$ , 其中  $\lambda_i \geq 0$  为第  $i$  个指标的权重. 进而得出对于指标  $i$ , 所有评价对象与其他评价对象的总离差<sup>[13]</sup> 为

$$\varphi_i(\omega) = \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^n |\sigma_{ij} - \sigma_{ik}\lambda_i| \lambda_i \quad (7)$$

构造最优化模型

$$\max \varphi_i(\omega) = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^n |\sigma_{ij} - \sigma_{ik}\lambda_i| \lambda_i \quad (8)$$

式中:  $\lambda_i \geq 0$ , 且  $\sum_{i=1}^m \lambda_i = 1$ . 解此模型, 并进行归一化, 得离差法权重<sup>[13]</sup> 为

$$\lambda_i = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n |\sigma_{ij} - \sigma_{ik}|}{\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^n |\sigma_{ij} - \sigma_{ik}|} \quad (9)$$

式中:  $\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n |\sigma_{ij} - \sigma_{ik}|$  表示所有  $n$  个被评价对象第  $i$  个指标规范化后的值两两相减取绝对值, 再求和得到的离差;  $\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^n |\sigma_{ij} - \sigma_{ik}|$  表示所有  $m$  个指标的离差之和.

### 3.6 组合赋权

#### 3.6.1 组合权重的计算

分别用 G1 法、G2 法、熵值法和离差法计算所得权重, 则组合权重为

$$\beta = \sum_{i=1}^4 \xi_i \lambda_i \quad (10)$$

式中:  $\xi_i$  为组合系数, 满足  $\sum_{i=1}^4 \xi_i = 1, \xi_i \geq 0$

#### 3.6.2 组合系数 $\xi_i$ 的计算

(1) 构造函数<sup>[14]</sup>

$$\min \varphi \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^l \sum_{j=1}^n \xi_i \gamma_j^k (1 - \sigma_{ij}) + (1 - \xi_i) \sum_{k=1}^l \xi_i \ln \xi_i \quad (11)$$

式中:  $\min \varphi \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^l \sum_{j=1}^n \xi_i \gamma_j^k (1 - \sigma_{ij})$  为各评价对象加权得分与理想点广义距离的最小值,  $\gamma_j^k$  为第  $k$  种方法  $j$  指标所得到的权重,  $\sigma_{ij}$  为第  $i$  评价对象第  $j$  个指标规范化后的值;  $\sum_{k=1}^l \xi_i \ln \xi_i$  表示根据 Jaynes 最大熵原理得出的各赋权差异最小结果的最小值. 参数  $0 < \varphi < 1$  为两目标之间的平衡系数, 根据实际情况预先给予. 同时, 该目标函数满足  $\sum_{i=1}^5 \xi_i = 1, \xi_i \geq 0$ .

(2) 构造 Lagrange 函数, 得出组合系数<sup>[14]</sup>

$$\xi_i = \frac{\exp \left\{ -1 + \varphi \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \gamma_j^k (1 - \sigma_{ij}) / (1 - \varphi) \right\}}{\sum_{k=1}^l \exp \left\{ -1 + \varphi \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \gamma_j^k (1 - \sigma_{ij}) / (1 - \varphi) \right\}} \quad (12)$$

(3) 最终评价结果运算

将根据式(10)求得的权重矩阵转置与通过式

(1)求得的标准化数据矩阵相乘,获得建筑业产业竞争力评价得分,按照得分的大小排序,得到建筑业产业竞争力强弱的排序。

## 4 实证分析

### 4.1 样本选取及数据规范化处理

本文选取 2012 年我国 31 个省份的建筑业产业竞争力各指标的相关数据作为分析基础,对各个省份的建筑业产业竞争力进行分析.数据来源于《2013 年中国统计年鉴》.获得所需数据后,首先根据式(1)对数据进行规范化处理。

### 4.2 权重计算

表 2 建筑业产业竞争力评价指标权重赋值

Tab. 2 Wight of evaluation indexes of competitiveness for construction industry

准则层	指标层	G1 法权重赋值	G2 法权重赋值	熵值法权重赋值	离差最大化法权重赋值	组合赋权值
产业结构要素	一级总承包产值比重	0.545 5	0.545 5	0.013 2	0.089 4	0.437 3
	一级分包产值比重	0.454 5	0.454 5	0.021 5	0.102 6	0.368 5
经济实力要素	建筑业企业利润总额	0.246 9	0.233 3	0.076 5	0.089 2	0.205 7
	建筑业总产值	0.224 4	0.216 7	0.073 0	0.091 6	0.190 3
	建筑产业单位数	0.154 6	0.166 6	0.060 0	0.101 0	0.142 9
	建筑产业从业人数	0.170 1	0.183 3	0.096 6	0.082 4	0.157 8
	劳动生产率	0.204 0	0.200 1	0.073 7	0.068 8	0.173 6
科技能力要素	动力装备率	0.365 5	0.349 2	0.110 4	0.078 0	0.300 2
	技术装备率	0.332 3	0.333 3	0.133 4	0.047 1	0.280 5
	设备净值	0.302 1	0.317 4	0.123 4	0.054 1	0.262 0
市场环境要素	房地产总产值	0.593 4	0.593 4	0.049 4	0.114 7	0.481 6
	社会固定资产投资	0.416 6	0.416 6	0.168 9	0.081 2	0.353 6

### 4.2.2 G2 法确定权重的计算

(1) 由专家给出准则层中最不重要的指标  $M$ .

(2) 确定其余指标与  $M$  之比的重要程度值  $r_j$ ,  $r_1 = E/M = 1.4$ ,  $r_2 = T/M = 1.3$ ,  $r_3 = S/M = 1.2$ ,  $r_4 = M/M = 1$

(3) 将  $r_j$  带入式(4)中得到经济实力要素、科技能力要素、产业结构要素、市场环境要素指标的 G2 法指标权重分别为 0.285 7, 0.265 3, 0.244 9, 0.204 1.同理可得各指标层的 G1 法权重,如表 2 第 4 列所示。

### 4.2.3 熵值法确定权重的计算

(1) 将规范化后的数据带入式(5)中,得到各个指标的熵值  $E_i$ .

(2) 根据式(6)计算各指标权重的熵值权重  $\lambda_{ij}$ ,如表 2 第 5 列所示。

### 4.2.4 离差最大化法确定权重的计算

将规范化后的数据带入式(9)中,计算得到各指标的权重,如表 2 第 6 列所示。

### 4.2.1 G1 法确定权重的计算

(1) 根据专家意见,对 4 个准则层进行顺序排序: $E > T > S > M$ .

(2) 确定相邻指标  $\alpha_j$  与  $\alpha_{j-1}$  相对重要性程度比值  $r_j$ ,其中  $r_2 = E/T = 1.2$ ,  $r_3 = T/S = 1.1$ ,  $r_4 = S/M = 1.1$ .

(3) 将  $r_2, r_3, r_4$  带入式(2),(3)中,得到经济实力要素、科技能力要素、产业结构要素、市场环境要素指标的 G1 法指标权重分别为 0.294 9, 0.245 7, 0.235 9, 0.223 4.

同理,可得到各指标层的 G1 法权重,如表 2 第 3 列所示。

### 4.2.5 组合系数的计算

(1) 将指标化后的数据带入式(12)中进行计算,得到  $\xi_1 = 0.391 0$ ,  $\xi_2 = 0.391 1$ ,  $\xi_3 = 0.115 0$ ,  $\xi_4 = 0.102 8$ .

(2) 将  $\xi_1, \xi_2, \xi_3, \xi_4$  带入公式(10)得到最优组合权重值,如表 2 第 7 列所示。

### 4.3 评价得分获取

将表 2 第 7 列中的组合权重组合成矩阵进行转置,并和各指标规范化值进行相乘,得到各评价对象建筑业产业竞争力综合评价得分和各准则层得分及其排序,如表 3 所示。

### 4.4 实证结果分析

从实证结果中的综合得分排名来看,江苏、浙江、广东、北京、山东建筑业产业竞争力综合排名位于我国前五,属于东部地区的有 4 个省份.而西藏、宁夏、吉林、青海和新疆则位列后五名,其中 4 个省份属于西部.由此可以明显看出我国东部建筑业竞争力整体上要优于西部地区的建筑业竞争力.在东

部地区中,江苏和浙江的建筑业产业综合竞争力排名第一和第二,其得分值远高于中西部地区省份,表现出极强的竞争优势。从产业结构要素看,北京、广东、海南三个省市位于前三,一级总包、分包总收入的比重很高。从经济实力要素来看,江苏、北京、浙江位于前三,其在生产规模、产业盈利及生产力能力方面具有绝对优势。从科技能力要素来看,天津、江苏、四川等三省在新技术和新机械设备等方面的投入位于领先地位。从市场环境要素来看,山东、辽宁、江苏

3 省市场潜力相对较强,建筑业拥有较大的发展空间。而西部地区,青海、宁夏、西藏等地区在产业结构要素、经济实力要素、科技能力要素和市场环境要素 4 个方面都位于后列。进一步证明我国地区建筑业产业综合竞争力表现出了极大的不平衡,我国各地区建筑业产业竞争力存在着明显的地域差异,政府与建筑企业要共同努力,以避免、遏制差异的不断扩大进而切实提高我国建筑业产业的整体竞争力。

表 3 2012 年建筑业产业区域竞争力准则层和综合评价得分表

Tab. 3 Result of comprehensive evaluation competitiveness of construction industry in China in 2012

地区	综合评价		产业结构要素 S		经济实力要素 E		科技能力要素 T		市场环境要素 M	
	得分	排名	得分	排名	得分	排名	得分	排名	得分	排名
江苏	2.092 2	1	0.525 4	10	0.711 5	1	0.338 9	2	0.516 4	3
浙江	1.692 4	2	0.658 3	4	0.591 0	2	0.104 1	10	0.339 0	7
广东	1.533 0	3	0.685 4	2	0.293 0	6	0.098 2	13	0.456 4	4
北京	1.433 8	4	0.726 5	1	0.345 3	3	0.066 0	22	0.296 0	8
山东	1.433 7	5	0.443 6	17	0.342 0	4	0.098 8	12	0.549 3	1
天津	1.270 2	6	0.580 6	7	0.182 9	12	0.342 4	1	0.164 3	18
四川	1.229 5	7	0.437 4	20	0.252 9	9	0.336 4	3	0.202 7	14
陕西	1.206 1	8	0.544 8	9	0.155 1	17	0.115 2	9	0.391 0	5
辽宁	1.194 2	9	0.312 1	26	0.286 8	7	0.065 5	23	0.529 8	2
湖北	1.182 6	10	0.567 5	8	0.300 6	5	0.145 5	7	0.169 1	17
上海	1.181 5	11	0.633 0	5	0.214 9	10	0.083 9	16	0.249 7	9
甘肃	1.022 9	12	0.404 0	22	0.071 5	25	0.162 4	6	0.385 0	6
河南	0.996 2	13	0.438 8	19	0.265 7	8	0.094 0	14	0.197 6	16
重庆	0.984 2	14	0.484 0	12	0.171 6	16	0.118 4	8	0.210 2	13
安徽	0.976 1	15	0.484 0	13	0.181 7	13	0.067 9	21	0.242 5	10
福建	0.975 6	16	0.503 3	11	0.173 6	15	0.077 9	19	0.220 8	12
贵州	0.959 6	17	0.616 1	6	0.064 1	26	0.189 3	5	0.090 1	26
河北	0.951 1	18	0.478 0	15	0.212 6	11	0.062 7	26	0.197 9	15
湖南	0.922 0	19	0.436 6	21	0.178 5	14	0.078 5	18	0.228 4	11
海南	0.875 3	20	0.667 0	3	0.063 4	27	0.048 2	29	0.096 7	24
云南	0.814 4	21	0.383 7	23	0.116 6	19	0.204 1	4	0.110 1	23
江西	0.777 8	22	0.482 1	14	0.132 3	18	0.049 8	28	0.113 6	22
山西	0.717 3	23	0.452 5	16	0.110 5	20	0.083 7	17	0.070 6	28
广西	0.712 8	24	0.440 4	18	0.086 3	23	0.057 9	27	0.128 3	20
黑龙江	0.615 0	25	0.299 9	28	0.099 5	22	0.065 4	24	0.150 3	19
内蒙古	0.583 2	26	0.313 3	25	0.077 5	24	0.065 3	25	0.127 1	21
新疆	0.518 4	27	0.304 5	27	0.062 6	28	0.075 5	20	0.075 8	27
青海	0.506 1	28	0.342 0	24	0.022 7	30	0.101 4	11	0.039 9	30
吉林	0.486 9	29	0.238 7	30	0.104 9	21	0.048 0	30	0.095 3	25
宁夏	0.357 8	30	0.247 7	29	0.025 9	29	0.043 2	31	0.041 0	29
西藏	0.125 1	31	0.000 0	31	0.016 2	31	0.092 2	15	0.016 7	31

## 5 结论

本文在查阅国内外相关的文献资料的基础上,结合我国实际情况,从产业结构要素、经济实力要素、科技能力要素、市场环境要素 4 个方面构建建筑业产业竞争力评价指标体系,基于各赋权结果一致

性最大的思想确定组合系数,在多种单一指标赋权方法的基础上确定综合权重,并结合具体统计数据,实证测度了我国 2012 年建筑业产业区域竞争力。该方法既体现了评价对象之间的差异,又克服了单一评价方法的不足,为我国建筑业产业区域竞争力评价提供了新的思路。

## 参考文献:

- [1] Porter M E. Competitive strategies: techniques for analyzing industries and competitors [M]. New York: Free Press, 1980.
- [2] özö. Sources of competitive advantage of Turkish construction companies in international markets [J]. Construction Management & Economics, 2001, 19(2): 135.
- [3] Dunning J H. The competitive advantage of countries and the activities of transnational corporations [J]. Transnational Corporations, 1992, 1(1): 135.
- [4] Grant R M. Porter's "competitive advantage of nations": an assessment [J]. Strategic Management Journal, 1991, 12(7): 535.
- [5] Ofori G. Formulating a long-term strategy for developing the construction industry of Singapore [J]. Construction Management and Economics, 1994, 12(3): 219.
- [6] Xu T, Tiong R L, Chew D A, *et al.* Development model for competitive construction industry in the People's Republic of China [J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2005, 131(7): 844.
- [7] 李启明, 谭永涛, 张二伟. 建筑企业竞争力评价指标体系实证研究[J]. 东南大学学报: 自然科学版, 2003, 33(5): 652.  
LI Qiming, TAN Yongtao, ZHANG Erwei. Practice of competitive indicator system for construction enterprises [J]. Journal of South East University: Natural Science, 2003, 33(5): 652.
- [8] 王家远, 叶银川. 主成分分析法评价地区建筑业竞争力[J]. 深圳大学学报: 理工版, 2009(1): 92.  
WANG Jiayuan, YE Yinchuan. Competitiveness assessment of regional construction industry based on principal components analysis[J]. Journal of Shenzhen University: Science & Engineering, 2009(1): 92.
- [9] 姚宽一, 金维兴, 王战宏. 中国建筑业产业竞争力关键影响因素分析[J]. 建筑经济, 2007(4): 1.  
YAO Kuanyi, JIN Weixing, WANG Zhanhong. Analysis on the influencing factors of competitive power of construction industry in China [J]. Construction Economy, 2007(4): 1.
- [10] 王学军, 郭亚军. 基于 G1 法的判断矩阵的一致性分析 [J]. 中国管理科学, 2006, 14(3): 65.  
WANG Xuejun, GUO Yajun. Analyzing the consistency of comparison matrix based on G1 method [J]. Chinese Journal of Management Science, 2006, 14(3): 65.
- [11] 闫达文, 迟国泰, 何悦. 基于改进群组 G2 的指标赋权方法的研究[J]. 系统工程学报, 2010(4): 540.  
YAN Dawen, CHI Guotai, HE Yue. Study on index weighting method based on improved group-G2[J]. Journal of System Engineering, 2010(4): 540.
- [12] 郭显光. 改进的熵值法及其在经济效益评价中的应用[J]. 系统工程理论与实践, 1998, 18(12): 98.  
GUO Xianguang. Application of improved entropy method in evaluation of economic result[J]. Journal of Systems Science and Information, 1998, 18(12): 98.
- [13] 马永红, 周荣喜, 李振光. 基于离差最大化的决策者权重的确定方法[J]. 北京化工大学学报, 2007, 34(2): 177.  
MA Yonghong, ZHOU Rongxi, LI Zhenguang. The method of determining the weights of decision-makers based on the maximizing deviation [J]. Journal of Beijing University of Chemical Technology, 2007, 34(2): 177.
- [14] 郭亚军. 综合评价理论、方法及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2007.  
GUO Yajun. Comprehensive evaluation theory, method and application [M]. Beijing: Science Press, 2007.