

# 基于灰色 AHP 方法的服务外包产业竞争力评价模型

边国俐

(广西科技大学 职业技术教育学院, 广西 柳州 545006)

**摘要:**文章探讨服务外包产业竞争力灰色层次评价,通过一次性权重形成两两比较矩阵权重值,以及初始值量纲进行无量纲处理,形成不同测度角度获得的两两比较测度序列的判定差。结果表明:现阶段广西国际化服务外包相对缺乏,服务外包政策成为改进灰色层次分析的两两比较测定最高值一项,市场规模与国际化程度成为改进灰色层次分析的两两比较测定的最低值。应该通过差别化的政策配套和服务于广西本土的产品策略,来促进该省服务外包产业的竞争力提升。

**关键词:**灰色;AHP;层次分析法;服务外包;产业竞争力

**中图分类号:**F224.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-6487(2017)19-0049-04

## 0 引言

随着我国市场经济的进一步发展,技术创新成为产业进步的不竭动力。然而,市场以及传统因素的不断扩张不仅在规模的集约性上逐步呈现出不足的问题,技术的进一步分化也对传统产业的进一步服务细化形成挑战。服务的外包成为解决这一问题的关键,同时也应看到,对于服务外包产业的发展应该在结合区域经济和传统产业,以及制度等因素发展现状的基础上逐步发展,才能获得相对协调的进步成果。广西作为全国以CEPA协议为基础框架,加快服务贸易的重要省份之一,该省相关部门将政策落实于跨境服务贸易、实体贸易、港口物流等制度创新,有效带动了区域制造业以及中高端服务产业链、网的形成。从微观角度而言,广西省进一步推进了金融便利对整个区域内的服务外包产业的吸引作用,由此推进相应的产业竞争力;近年来,广西省推出了诸如小额交易免审单的业务便利,大大促进了广西省服务外包产业的结汇便利,从而为广西服务外包产业竞争力提升形成推动力。关于广西省的服务外包产业发展,莫颖(2015)从广西省服务外包人才培养角度进行了探讨,并认为服务外包人才的需求与相关人才培训师资以及相关投入支持之间的矛盾,是影响广西省服务外包进一步发展的主要原因。本文针对验证对象的自身属性,结合两两比较相邻指标,构建相应的灰色模糊层次分析服务外包产业竞争力评价指标体系,并对广西服务外包产业竞争力进行应用评价。

## 1 模型构建

### 1.1 基础模型构建过程

本文逐步构建适合服务外包产业竞争力评价模型。具体步骤如下:

首先,按照描述对象服务外包产业竞争力的测度问题分解成若干个属性因子集,其中该子集包含了刻画广西省服务外包产业竞争力的基本因素和层次因素,后者主要按照一般的层递式循环渐次接近测度目标层和准侧面以及相应的最低层。

其次,按照测度样本标准进行判断矩阵的构造,针对准侧面以及相应的最低层,以其中的准侧特征形成对象待评估因素的测定值,同时以两两比较和专家鉴定形成测度标度对比,从而获得各项细目指标的逐步量化。

最后,按照两两比较结果形成的对比矩阵,再通过一次性权重形成两两比较矩阵权重值。

### 1.2 灰色层次分析改进

折算灰色层次分析关联系数可以被表述为:

$$\varepsilon_0(j) = \frac{\Delta_{\max} + \rho \Delta_{\min}}{\Delta_{0_i}(j) + \rho \Delta_{\min}} \quad (1)$$

其中,测度对象子集分布于一个自1至n的序列中,也即是说:

式(1)满足  $i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$  的测度时序设定条件。

由此获得的测度对象子集灰关联应该满足以下计算公式:

$$r_{0_i} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \varepsilon_0(i), j=1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$r_{0_j} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \varepsilon_0(j), i=1, 2, \dots, m \quad (3)$$

式(2)和式(3)分别代表了按照不同测度角度获得的两两比较测度序列的判定差,再通过若干个竞争力样本构建的分析样本团,形成新的影响因素分析指标向量集,从而简化通过上述两两比较形成的样本所在区域的特征向量集,从而简化几个特征值构成的参数向量集,并从中获得基本向量集对应的参数特征向量,按照每个特征向量形

**基金项目:**国家社会科学基金资助项目(13CJY062);广西高教科研项目(2017KY0325)

**作者简介:**边国俐(1983—),女,辽宁沈阳人,硕士,讲师,研究方向:服务贸易、现代服务业。

成新的特征矩阵:

$$[X_R] = \begin{bmatrix} x_{r1} \\ x_{r2} \\ \vdots \\ x_{rm} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{r1}(1) & x_{r1}(2) & \cdots & x_{r1}(n) \\ x_{r2}(1) & x_{r2}(2) & \cdots & x_{r2}(n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{rm}(1) & x_{rm}(2) & \cdots & x_{rm}(n) \end{bmatrix} \quad (4)$$

本文按照确定一个变量获得一个因变量的方式,获得面向前述两两比较的自变量序列,以及对应的参考序列数据矩阵:

$$(x'_0, x'_1, \dots, x'_n) \quad (5)$$

由此可以获得对应的两两比较参数矩阵的灰色层次分析解:

$$\begin{bmatrix} x'_0(1) & x'_1(1) & \cdots & x'_n(1) \\ x'_0(2) & x'_1(2) & \cdots & x'_n(2) \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x'_0(n) & x'_1(n) & \cdots & x'_n(n) \end{bmatrix}_{N \times (n+1)} \quad (6)$$

### 1.3 灰色层次分析的无量纲化

根据上述分析,不同测度对象在两两比较的灰色层次分析过程中的不同量纲及数量级问题,本文在确保测度分量集的精确性的同时,对测度变量在向量子集的分层过程中形成的无量纲化矩阵转化如下:

$$\begin{bmatrix} x_0(1) & x_1(1) & \cdots & x_n(1) \\ x_0(2) & x_1(2) & \cdots & x_n(2) \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_0(n) & x_1(n) & \cdots & x_n(n) \end{bmatrix}_{N \times (n+1)} \quad (7)$$

其对应的基础矩阵在层次分析法对应的灰色子集对应如下:

$$(x_0, x_1, \dots, x_n) \quad (8)$$

结合式(6)和式(8),本文利用初值无量纲进行无量纲处理,接着利用灰色层次分析进行两两比较的序列绝对差值的无量纲化,从而获得绝对差值,即:

$$\begin{bmatrix} \Delta x_{01}(1) & \Delta x_{02}(1) & \cdots & \Delta x_{0n}(1) \\ \Delta x_{01}(2) & \Delta x_{02}(2) & \cdots & \Delta x_{0n}(2) \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \Delta x_{01}(N) & \Delta x_{02}(N) & \cdots & \Delta x_{0n}(N) \end{bmatrix}_{N \times n} \quad (9)$$

其对应的基础矩阵在层次分析法对应的灰色子集对应如下:

$$\Delta_{0i}(k) = |x_0(k) - x_i(k)| (i=1, 2, \dots, n; k=1, 2, \dots, N) \quad (10)$$

按照上述两两比较的灰色层次分析获得参数矩阵中的最大和最小数作为测度比较的最大与最小差,从而形成对应的关系矩阵,形成的变化矩阵如下:

$$\begin{bmatrix} \delta_{01}(1) & \delta_{02}(1) & \cdots & \delta_{0n}(1) \\ \delta_{01}(2) & \delta_{02}(2) & \cdots & \delta_{0n}(2) \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \delta_{01}(N) & \delta_{02}(N) & \cdots & \delta_{0n}(N) \end{bmatrix}_{N \times n} \quad (11)$$

一般而言,其对应的多比较灰色分层参数在0~1区间活动;相应地,假如检测区间对应的两两比较差值分布于0~0.5的区间,可以获得一个 $\rho$ 变动值与测度程度呈负向变动的关联系数;通过其对应的无量纲化修正后参数与 $\rho$ 变动值的正向变动关系,确立两两比较的服务外包产业竞争力评价关联模式,从而有两类关系确立最终的参数序列

中的关联程度。最后,经无量纲化的相邻指标确立两两比较参数值域,简化多指标体系的服务外包产业竞争力。

## 2 模型验证与评价

### 2.1 量化指标的两两比较

根据上述分析,本文逐步将前述关联指标进行面向改进灰色AHP的两两比较相邻指标比对,其中基于式(11)的对应关系矩阵如表1所示。

表1 基于改进灰色AHP的两两比较相邻指标

指标	参考指标	比较项目权重	权重均值	归一化处理权重
$x_1$	$x_{11}$	1( $g_1$ )	1	$w_1$
$x_2$	$x_{2i}$	1.2( $g_2$ )	1.2	$w_2$
$x_3$	$x_{3i}$	1.3( $g_3$ )	...	$w_3$
$x_4$	$x_{4i}$	1.4( $g_4$ )	...	$w_4$
$x_5$	$x_{5i}$	1.5( $g_5$ )	...	...
...	...	...	$w_k$	...
$x_{15}$	$x_{15i}$	1.15( $g_{15}$ )	$\sum w_k$	1

选取比对指标下获得一个改进灰关联矩阵,即选取待检模式的向量组,其中的向量按照 $\{X_{T_j}\}$ ,其对应的表1两两比较指标按照不同的测度向量对应特征组,形成关联向量组,数据源自2009—2015年《广西统计年鉴》。

即 $\{X_{T_j}\} (i=1, 2, \dots, n)$ ,其对应的两两比较关联度序列可以表示为: $\{rT_i R_j\} = \{rT_i R_1, rT_i R_2, rT_i R_3, \dots, rT_i R_n\}$ 。

当关联序列获得代建模型的稳定排序,即 $rT_i R_1 < rT_i R_2 < rT_i R_3 < \dots < rT_i R_n$ 时,获得与式(6)和式(9)的协整向量集

改进灰色的AHP两两比较,具体过程如下:

首先,按照相邻测度指标 $x_2$ 、 $x_1$ 比对测度向量集的精准程度进行排序,类似地向 $x_3$ 、 $x_2$ 、 $x_4$ 、 $x_3$ 、 $x_5$ 、 $x_4$ 、 $\dots$ 、 $x_n$ 、 $x_{n-1}$ 进行两两比较,对应前述的一个向量组无量纲序列,同时,按照无量纲化序列获得一个基于第 $i$ 个权重向量的测度值 $w_i$ ,接着与该权重分向量形成权重值比对,确保每一个分量 $x_i$ 都对应一个相较于前一个权重分量的参数分量 $x_{i-1}$ ,由此可以获得权重的两两比较测定重要性,即:

$$w_i = \prod_{j=1}^i g_j = g_i g_{i-1} \cdots g_2 \quad (12)$$

式(12)中权重分量满足一个参数分量的基本设定条件,参数分量服从权重分量的最大设定两两比较次数,即:

$$i=1, 2, 3, \dots, j$$

此时,向测度值 $w_i$ 进行参数向量两两比较的归一化处理,即:

$$w_i = \frac{w_i}{\sum_{j=1}^k w_j}, i=1, 2, \dots, k \quad (13)$$

其对应的关联度为:

$$r = \sum_i x_i w_i \quad (14)$$

### 2.2 评价指标体系构建

根据上文所示,本文选取了刻画广西服务外包产业竞争力评价的指标体系,具体如表2所示,其中服务外包资源主要从《广西统计年鉴》服务业总量数据获得;人力资源相关数据由相应年度的广西人力资源和社会保障事业发展统计公报获得;教育与科研、培训机构以及服务外包政策主要从广西壮族自治区人民政府门户网站网站获取数据;服务外包区位优势主要从《广西统计年鉴》及广西壮族自治区统计信息网处获取相对物流、金融等服务外包行业信息。基本因素主要包含了资源类要素和设施方面的要素,借助《广西统计年鉴》中科教文卫统计数据,选取了区域内的服务外包产业相关人力资源、相关产业的教育与科研以及培训机构,而从基本因素中选取了服务外包政策和区位优势作为相应的设施因素;同时,按照相应年份《广西进出口贸易分类统计表》服务外包供应商数量、服务外包行会建设、服务外包供应商协作进行了相应的供应商方面因素的选择,与产业的战略与架构形成了相关因素,并按照本土市场以及市场外部性因素构建了市场性因素。

表2 服务外包产业竞争力评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	样本均值	样本均值权重	单因素权重值
基本因素 I	资源	HR、服务外包资源	7.83	0.68	7.19
		教育与科研、培训机构	8.21	0.37	
	设施	服务外包政策	8.39	0.39	8.31
		服务外包区位优势	8.74	0.41	
产业因素 II	服务外包 供应商	服务外包供应商数量	7.15	0.25	7.54
		服务外包行会建设	7.16	0.37	
		服务外包供应商协作	7.21	0.49	
	架构与战略	外包企业规模	6.31	0.11	7.16
		外包产业集聚程度	7.35	0.49	
		服务外包品牌效应	8.39	0.28	
市场因素 III	本土市场	外包企业规模	7.25	0.5	6.69
	市场外部性	市场规模与国际化程度	6.15	0.5	7.24

表2主要报告了结合改进灰色AHP方法的样本均值测算,根据表2所示结果,服务外包区位优势以8.74的权重高分值占据服务外包产业竞争力评价指标体系首位,说明这一指标对于整个服务外包产业竞争力评价具有重要的测度意义;同时,市场规模、国际化程度尚未上升到对于服务外包产业竞争力评价的重要参数权重指标的地位,本文按照以《广西统计年鉴》中各产业产值折算市场规模、以贸易总值的产业占比折算广西国际化程度折算相应的比例,以细化这一测算指标。再者,从样本均值角度来看,外包企业规模成为最低的均值参数权重指标,说明对于广西而言,现阶段的国际化服务外包相对缺乏;而相比之下,HR、服务外包资源这一类要素不仅仅在资源类参数指标中获得了较高的样本均值权重,而且在整个参数指标的均值测算评估中也占到了重要地位,这就说明对于广西而言,服务外包产业竞争力主要依托于人力资源以及服务外包资源获得进一步的发展。

根据表2参数指标以及对应的样本均值测算结果,结合式(12)进行相应的改进层次分析法的灰关联测算,即:

$$2.1(\prod_{i=1,2,3}(D_{2i-1}+D_{2i}))^{2/3}=2.1\times\{(7.51+6.15)\times$$

$$(8.39+8.39)\times(6.15+6.15)\} \quad (15)$$

其中,8.39为参数指标中的最高值一项服务外包政策,6.15为参数指标中的最低值一项市场规模与国际化程度,将最高、最低参数指标求和后积项交叉,获得累积权重。本文通过累积权重与我国总体的服务外包产业竞争力645分进行比较。

### 2.3 参数指标等级评分

根据上述分析,本文针对具备最高值外包政策、最低值市场规模与国际化程度两项指标进行分级差因素的关联权重量化,具体过程如下:

首先,赋值两个比参数指数以相同权重,然后按照两因素平均值进行因素对分值取值,即:

$$ps=\frac{(L_{2i-1}+L_{2i})}{2} \quad (16)$$

其中,  $L_{2i-1}$ 、 $L_{2i}$  分别表示了两个因素得分,而  $i$  负责刻画的是不同参数指数在向量集指数中的对应时序。

其次,本文针对广西省服务外包具有最高值 and 市场规模即国际化程度最低的检验结果,进行总得分换算,这一转换过程主要包括线形分值的相乘转化和总分值千分比例转化,用以精确化上述两类指标为例的服务外包产业竞争力测算,其他指标的测算转换过程以此类似,不再赘述。第一类转化按照下式进行:

$$LCS=\prod_{i=1,2,3}(ps)=\prod_{i=1,2,3}(L_{2i-1}+L_{2i})/2 \quad (17)$$

第二类转化按照下式进行:

$$2.5(\prod_{j=1,2,3}(L_{2j-1}+L_{2j}))^{1/3}+2.1(\prod_{i=1,2,3}(L_{2i-1}+L_{2i}))^{2/3} \quad (18)$$

由式(17)和式(18)可得,广西服务外包产业竞争力达到全国平均水平的参数测度指标均值应该在275左右,且其对应的12个三级分层指标均值应该在400以上,而相比之下,广西省服务外包产业竞争力的改进灰色AHP方法的总体测度参数指标均化水平仅为198,因此对于广西的服务外包产业竞争力而言,存在较大的进步空间。本文面向所选指标进行灰色关联系数进行基于式(8)至式(10)的标准量纲化处理,获得如下结果:

$$\begin{aligned} X_{II} &= \begin{Bmatrix} 0.0977 & 0.4078 & 0.2632 & 0.1551 & 0.0171 & 0.0402 \\ 0.4078 & 0.4067 & 0.4078 & 0.4078 & 0.4078 & 0.4078 \end{Bmatrix} \\ &= 0.2354 \quad 1 \quad 0.0667 \quad 0.3817 \quad 0.1444 \quad 0.0917 \\ Tk1 &= \{0.6671 \quad 0.7017 \quad 0.7891 \quad 0.6476 \quad 0.5571 \quad 0.6871\} \\ Tk2 &= \{0.2555 \quad 0.2198 \quad 0.1667 \quad 0.2278 \quad 0.3111 \quad 0.1887\} \\ Tk3 &= \{0.0957 \quad 0.0878 \quad 0.0912 \quad 0.1227 \quad 0.1227 \quad 0.1167\} \end{aligned}$$

由此可以获得其对应的两两比较均化差序列,即:

$$\begin{aligned} \Delta \prod Tk1(k) &= |X \prod(k) - Tk_i(k)| \quad i=1,2,3 \quad k=1,2,3,...j \\ \Delta \prod Tk1(k) &= \{0.3453 \quad 0.2773 \quad 0.1877 \quad 0.2661 \quad 0.4078 \quad 0.5817\} \\ \Delta \prod Tk2(k) &= \{0.1083 \quad 0.7873 \quad 0.4367 \quad 0.1671 \quad 0.1778 \quad 0.1005\} \\ \Delta \prod Tk3(k) &= \{0.1367 \quad 0.9162 \quad 0.5087 \quad 0.2617 \quad 0.0277 \quad 0.0119\} \end{aligned}$$

由此可以获得广西服务外包产业竞争力基于改进灰色AHP的级差,即:

$$\max_k = |X \prod(k) - Tk_i(k)| = 0.5877$$



$$\max_k = |X \prod (k) - Tk_2(k)| = 0.7817$$

$$\max_k = |X \prod (k) - Tk_3(k)| = 0.9178$$

此时,经调整后的广西服务外包产业竞争力测度指标获得了一个改进后灰色 AHP 的区间[0.0.9178]。同时,利用式(12)至式(14)进行相应的改进灰色 AHP 关联测度,按照下式对应的关联系数进行。

$$\varepsilon \prod R_i(j) = \frac{\Delta_{\max} + \rho \Delta_{\min}}{\Delta_{o_j}(j) + \rho \Delta_{\max}}; \varepsilon \prod R_j(i) = \frac{\Delta_{\min} + \rho \Delta_{\min}}{\Delta_{o_i}(i) + \rho \Delta_{\min}}$$

表3 改进后灰色 AHP 关联系数

i	K=1	K=2	K=3	K=4	K=5	K=6
1	0.5265	0.6078	0.7189	0.6555	0.5255	0.4212
2	0.6078	0.3767	0.5611	0.7552	0.7287	0.8166
3	0.7861	0.3371	0.5767	0.6451	0.9446	0.9667

从表3可以看出,从第一时序到第六次两两比较的过程,是一个参数量自第一递变向第三递变逐次演变的过程,以第一次两两比较来看,各参数的指标稳定性上扬,说明广西服务外包产业竞争力基础指标服从从低权重向高权重递增的规律,但从二次两两比较的减趋势来看,经过一次递变和无量纲化操作后,部分因素逐步开始影响广西省服务外包产业的竞争力,剩余四次的两两比较则充分说明,广西服务外包产业竞争力呈现出相对稳定的振荡过程,同时,这也进一步说明广西服务外包产业竞争力在更精确的参数指标区间情景下获得的参数指标越接近其现实值。

### 3 总结

随着市场经济的进一步发展,我国服务外包产业逐步增长,与其相关的产业配套、政策环境、政策都逐步增长,而同时也应该看到我国现阶段的服务外包产业总体上仍处于相对低缓的增长期。本文选取广西作为研究分析样本,结合不同测度角度获得的两两比较测度序列的判定差,并从资源设施、服务外包、供应商、架构与战略、本土市场、市场外部性等角度构建改进灰色层次分析模型,结合

样本均值分析、参数指标等级评分评价了广西服务外包产业竞争力。

### 参考文献:

- [1]Corbett C J, Pan J N. Evaluating Environmental Performance Using Statistical Process Control Techniques[J]. European Journal of Operational Research, 2002, 139(1).
- [2]Gupta S M. Book Review: "Green Electronics/Green Bottom Line: Environmentally Responsible Engineering", Lee H. Goldberg (Editor), Wendy Middleton (Assistant Editor)[J]. Journal of Electronics Manufacturing, 2012,(9).
- [3]Tang C S. Perspectives in Supply Chain Risk Management: A Review [J]. Social Science Electronic Publishing, 2005, 103(2).
- [4]Beck J D. Secondary neoplasms in 5-year Survivors of Cancer in Childhood: Results of the Childhood Cancer Survivor Study[J]. Strahlentherapie Und Onkologie, 2002,178(3).
- [5]莫颖. 广西服务外包人才培养研究[J]. 科学与财富, 2015, (6).
- [6]武春友,陈兴红,匡海波.基于 AHP-标准离差的企业绿色度可拓学评价模型及实证研究[J]. 科研管理, 2014, 35(11).
- [7]杨志安,宁宇之.中国财政风险预警系统的构建——基于 AHP 评价法的实证研究[J]. 中国经济问题, 2014, (4).
- [8]李亚娜.基于 Fuzzy-AHP 的灰色模糊综合评判法在工程监理评标中的应用[J]. 公路与汽运, 2014, (6).
- [9]姜慧,王建平,梁化强.建筑企业保证性安全成本的构成与灰色关联度[J]. 扬州大学学报:自然科学版, 2014, (1).
- [10]耿涌,王珺.基于灰色层次分析法的城市复合产业生态系统综合评价[J]. 中国人口·资源与环境, 2010,20(1).
- [11]韩建飞,宗刚.基于网络层次分析的工业产业脆弱性研究[J]. 现代管理科学, 2013,(11).
- [12]叶智峰.基于灰色 AHP 的水利工程项目投资风险分析[J]. 河北工程大学学报:自然科学版, 2014,31(4).
- [13]徐光瑞.中国高技术产业集聚与产业竞争力——基于 5 大行业的灰色关联分析[J]. 中国科技论坛,2010, (8).
- [14]邢晓柳.区域科技资源配置对高技术产业竞争力影响的灰色关联分析——以河南省为例[J]. 资源开发与市场, 2015,31(5).

(责任编辑/浩 天)