

文章编号:1003-207(2012)04-0095-09

# 考虑多指标模糊关联的服务制造 网络协同绩效评价方法

冯 博<sup>1</sup>,索玮岚<sup>2</sup>,樊治平<sup>3</sup>

(1. 华南理工大学工商管理学院, 广东 广州 510640;

2. 中国科学院 科技政策与管理科学研究所, 北京 100190; 3. 东北大学工商管理学院, 辽宁 沈阳 110819)

**摘 要:**本文针对服务制造网络伙伴协同绩效评价问题中指标之间具有关联性的特点,给出了一种考虑多指标模糊关联的评价方法。首先,构建了服务制造网络伙伴协同绩效评价的框架和指标体系;然后,通过将模糊语言信息转化为 Two-tuple linguistics 以及对 TAC(Two-Additive Choquet)积分算子进行扩展,对 Two-tuple linguistics 形式的指标关联信息与评价信息进行处理和集结,从而获得交互性协同和互补性协同两个维度的评价结果。最后,通过一个算例说明了给出方法的潜在应用价值。

**关键词:**服务制造;协同绩效;指标关联;Two-tuple linguistics;TAC 积分

**中图分类号:**C934 **文献标识码:**A

## 1 引言

服务制造网络(Service-manufacturing network)是一个集成制造和服务功能的协作式价值创造网络,比传统制造网络具有更强的资源整合、价值增值和集成创新等功能<sup>[1-3]</sup>。例如,苹果公司与大量的应用服务提供商合作,以 iPod 产品为载体向客户提供丰富的数字娱乐服务;中国移动公司与内容服务提供商联手打造移动信息服务平台,通过向客户赠送定制手机实现服务的价值创造。在服务制造网络中,供应商、服务商、制造商、分销商、客户等多个主体超越了传统的买卖关系,在新产品研发、生产计划制定、质量保证、设备管理、库存与能力管理、基础设施建设等领域进行更为紧密的协同与合作,形成了战略性的伙伴关系,并主要通过向客户提供创新性、个性化、低成本、高质量的服务实现价值创造<sup>[1-2]</sup>。在战略性协作、合作网络价值共创过程中,伙伴间协同绩效的动态评估和反馈至关重要。因

此,对服务制造网络伙伴协同绩效进行评价,从而实现伙伴协同绩效的有效管理和控制是一个非常有意义的研究问题。

目前国内外关于服务制造网络运营管理理论与方法的研究均处于探索阶段。其中,Weiler<sup>[1]</sup>分析了服务制造产业的发展对产业结构的影响,强调了其在社会发展中的结构调整作用;Kennedy 和 Marconi<sup>[4]</sup>探讨了服务制造的基本概念和产业特征;Bowen 等<sup>[5]</sup>研究了面向顾客的服务制造企业运营的关键策略及相关资源的配置要求;Johansson 和 Olhager<sup>[6]</sup>分析了产品制造与服务运营集成所形成的产品—过程矩阵的关联关系;Zhai 等<sup>[7]</sup>通过深度案例分析从产品、供应链和能力发展三个维度研究了电子服务制造公司的商业增长模型;Chou 和 Chung<sup>[8]</sup>探讨了一个垄断的服务制造系统的服务能力供给策略;国内学者孙林岩<sup>[2]</sup>比较系统地研究了服务制造的概念、理论体系和组织运营模式;何哲等<sup>[3]</sup>综述了服务制造概念的演化阶段,并提出了服务制造需要解决的主要理论和现实问题。综上,现有关于服务制造网络的研究主要涉及概念解析、产业发展、商业模式、运营策略与能力供给等方面,大多偏重于描述性分析,而关于服务制造网络伙伴协同绩效评价指标体系及方法的研究尚未涉及。需要进一步指出的是,服务制造网络伙伴协同绩效评价不同于一般的评价问题,具有很强的复杂性。首先,

收稿日期:2011-03-26;修订日期:2012-06-20

基金项目:国家自然科学基金资助项目(70901027, 71090403, 71090400);广东省普通高校人文社会科学研究基地重大项目

作者简介:冯博(1981—),女(汉族),山东潍坊人,华南理工大学工商管理学院副教授,硕导,研究方向:运作管理与决策分析。

服务制造网络伙伴协同绩效受到诸多存在交互作用因素的影响,这使得评价指标之间必然存在关联性;其次,若仅采用 0-1 信息来描述指标关联性,信息粒度会比较粗糙,需要由专家针对指标关联程度给出更为精确的判断;再次,协同绩效评价指标大多为主观评价指标,适合由专家给出语言评价信息。现有的决策分析方法中,ANP 方法、Choquet 积分方法可应用解决指标关联信息为数值形式的决策分析问题<sup>[9-11]</sup>。进一步的研究工作中,ANP 方法被扩展到模糊语言环境来解决指标关联信息为语言短语形式的决策分析问题<sup>[12]</sup>,该方法通过将语言短语转化为三角模糊数进行信息的处理和集结,并最终将评价结果映射为精确数值。模糊 ANP 在实际应用中存在着较强的局限性,一是语言短语被转化为三角模糊数的信息处理过程中存在着信息损失和失真<sup>[13]</sup>;二是  $m$  个专家针对  $n$  个评价指标两两比较时需要给出  $m(2n+1)$  个语言判断矩阵,所有判断矩阵的一致性检验和反复调整是一项繁杂的工作;三是评价结果被逆模糊化为清晰数,无法映射到初始语言短语集,不利于决策者对评价结果做出准确的分析与判断。因此,需要研究新的决策分析方法来解决考虑多指标模糊关联的服务制造网络伙伴协同绩效评价问题。

基于上述分析,本文建立了服务制造网络伙伴协同绩效评价的框架和指标体系,并给出了一种考虑多指标模糊关联的服务制造网络伙伴协同绩效评价方法。该方法利用二元语义表示模型将语言短语形式的指标关联信息与评价信息转化为 Two-tuple linguistics 形式,并通过对 Two-Additive Choquet

(TAC) 积分算子进行扩展,实现对 Two-tuple linguistics 形式指标关联信息与评价信息的集结和处理,并将评价结果映射到初始语言短语集,便于决策者进行分析和判断。本文所提出的决策分析方法不仅能有效克服现有考虑多指标模糊关联的决策分析方法的局限性,而且能够扩展应用于解决新能源汽车服务网络规划方案评价、考虑能源效率的生产方案评价等众多现实问题。

## 2 评价框架和指标体系

服务制造网络在全球范围内优化资源配置,协同伙伴借助网络平台进行优势整合和资源集成,在供应链各环节追求生产性服务和消费性服务的价值创造,从而最大化网络收益(Network-wide profit)<sup>[2]</sup>。服务制造网络伙伴的协同交互过程如图 1 所示。该过程包括网络主体之间的相似性、互补性等“静态”协同作用,以及信息与知识共享、相互信任、技术转移、协同创新等“动态”交互性协同作用,故可以将伙伴协同绩效分为互补性协同和交互性协同两个维度。需要指出的是,只有两个维度的表现水平都较高时,服务制造网络伙伴协同的整体绩效才高。基于此,本文给出一个服务制造网络伙伴协同绩效评价的矩阵分析模型(见图 2)。图 2 中,伙伴的协同绩效水平被划分为 I、II、III、IV 四个区域,其中,区域 I 表示伙伴的协同绩效水平较高,区域 II、IV 次之,区域 III 表示伙伴的协同绩效水平较低。

在维度划分的基础上,本文构建了服务制造网络伙伴协同绩效评价的指标体系,具体过程如下:首

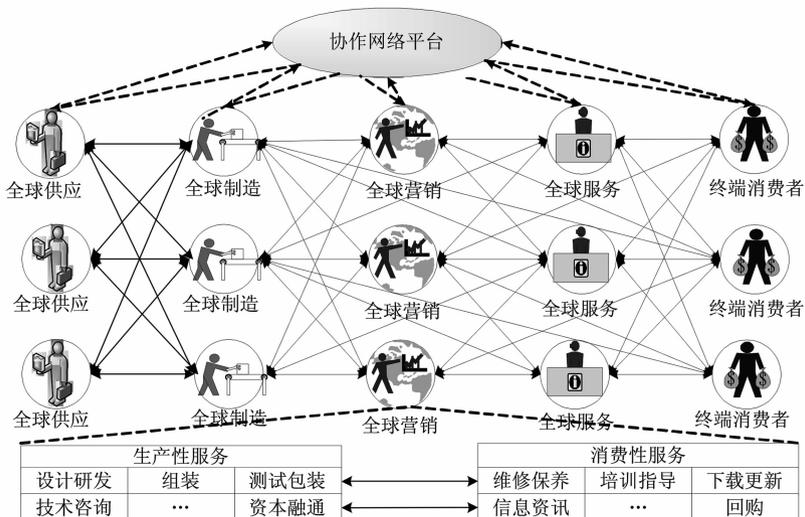


图 1 服务制造网络伙伴协同交互过程

先,采用文献分析方法对协同网络绩效相关研究文献<sup>[5-8, 14-22]</sup>进行了分析,提炼可用于测量两个维度的指标,形成备选指标集合;然后,采用问卷调查方法,向服务型制造方面具有行业经验和研究专长的 10 位专家发放调查问卷,获得专家对备选指标集合的意见;依据专家意见,对备选指标集合进行筛选与修正,建立服务制造网络伙伴协同绩效评价的指标体系(见表 1)。经分析可知,服务制造网络伙伴协同绩效评价问题具有两个较为明显的特性:第一,评价指标均为定性指标,适合专家给出语言评价信息;第二,互补性协同和交互性协同维度内指标并非完全独立而是存在着关联,而两个维度间的指标相对独立。例如,在互补性协同维度下,服务制造网络伙伴之间人力资源、技术资源、知识资源的互补与融合将会为其发展创造更多的市场机会;而在交互性协同维度下,服务制造网络伙伴之间的资源共享是其进行协同创新的基础和保障,同时企业信任将影响服务制造网络伙伴之间的界面管理等等。本文所考

虑的指标之间的关联效应包括三种类型:(1)互补效应,即两个指标呈现相辅相成的状态;(2)冗余效应,即两个指标呈现重复交叠的状态;(3)零效应,即两个指标呈现独立状态。基于上述分析,本文给出了服务制造网络伙伴协同绩效评价的评价框架,如图 3 所示,并且鉴于评价问题的特殊性,下面将给出一种考虑多指标模糊关联的协同绩效评价方法。

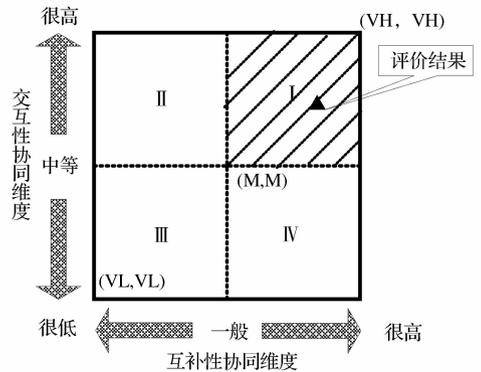


图 2 伙伴协同绩效评价的矩阵分析模型

表 1 服务制造网络伙伴协同绩效评价的指标体系

维度	评价指标	评价指标的描述
互补性协同	人力资源 ( $C_1$ )	伙伴企业的人力资源结构是否具有互补性,是否可以获得其他伙伴企业的指导与帮助
	技术资源 ( $C_2$ )	伙伴企业在核心产品和服务提供方面的核心技术是否互补,能够实现协同创新
	知识资源 ( $C_3$ )	伙伴企业在知识产权、市场知识、管理知识等方面是否优势互补,且有共同的知识基
	文化背景 ( $C_4$ )	伙伴企业在愿景、目标及跨国界文化管理方面是否具有的一致性和融合性
	市场机会 ( $C_5$ )	伙伴企业能否借助多方的渠道和资源快速进入新市场
交互性协同	资源共享 ( $C_6$ )	伙伴企业能否通过集成运作将信息和知识进行有效传递和分享
	企业信任 ( $C_7$ )	伙伴企业相互之间的信任状况
	协同创新 ( $C_8$ )	响应顾客需求进行的合作研发和技术创新的深度和范围
	资本融合 ( $C_9$ )	伙伴企业在运营过程中的相互投融资及拆借情况
	界面管理 ( $C_{10}$ )	不同环节的伙伴企业的界面对接及管理情况

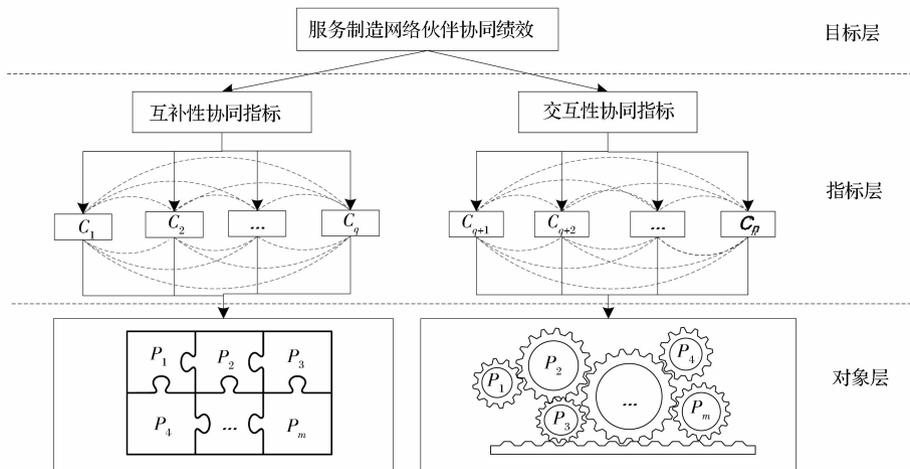


图 3 服务制造网络伙伴协同绩效评价的评价框架

### 3 考虑多指标模糊关联的协同绩效评价方法

假设服务制造网络伙伴集为  $P = \{P_1, P_2, \dots, P_m\}$ , 其中,  $P_l$  表示第  $l$  个伙伴; 设评价指标集为  $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ , 不失一般性, 假设  $C_1, C_2, \dots, C_q$  为互补性协同维度的指标,  $C_{q+1}, C_{q+2}, \dots, C_n$  为交互性协同维度的指标,  $1 \leq q \leq n$ . 由评价活动的组织者给出的评价指标权重向量为  $W = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)$ , 其中,  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_q$  表示互补性协同维度的指标的权重,  $\omega_{q+1}, \omega_{q+2}, \dots, \omega_n$  表示交互性协同维度的指标权重,  $1 \leq q \leq n$ ; 设参与评价活动的专家集为  $E = \{E_1, E_2, \dots, E_g\}$ , 其中,  $E_k$  表示第  $k$  个专家,  $k = 1, 2, \dots, g$ , 这里假设专家的权重相同; 设用来描述指标权重及伙伴绩效的语言短语集为  $S = \{S_0, S_1, \dots, S_t\}$ , 其中,  $S_i$  表示第  $i$  个语言短语; 用来描述指标关联强弱的语言短语集为  $L = \{L_0, L_1, \dots, L_t\}$ . 一般要求语言短语集  $S$  和  $L$  满足如下性质, 这里以  $S$  为例进行说明:

- (1) 有序性. 当  $i \geq j$  时, 有  $S_i \geq S_j$ , 其中,  $\geq$  表示好于或等于;
- (2) 存在逆运算算子  $Neg$ . 当  $j = t - i$  时, 有  $neg(S_i) = S_j$ , 这里,  $t + 1$  表示集合  $S$  中元素的个数;
- (3) 存在极大化运算和极小化运算, 当  $S_i \geq S_j$  时, 有  $\max\{S_i, S_j\} = S_i$  和  $\min\{S_i, S_j\} = S_j$ .

基于上述的符号说明, 下面将给出考虑多指标模糊关联的协同绩效评价方法, 具体地, 将分别给出交互性协同和互补性协同两个维度绩效的计算过程.

#### 3.1 互补性协同绩效评价

针对互补性协同维度指标, 假设专家  $E_k$  给出语言短语形式的指标关联矩阵为  $A_k = [a_{kij}]_{q \times q}$ , 其中,  $a_{kij}$  表示专家  $E_k$  从预先定义好的语言短语集  $L$  中选择一个语言短语作为指标  $C_i$  与  $C_j$  之间关联效应强弱的评价,  $a_{kij} \in L, k = 1, 2, \dots, g, i, j = 1, 2, \dots, q$ . 这里, 不考虑指标自身的关联, 故将矩阵  $A_k$  的主对角元素记为 '—'. 假设专家  $E_k$  给出语言短语形式的评价矩阵为  $X_k = [x_{kli}]_{m \times q}$ , 其中,  $x_{kli}$  表示

专家  $E_k$  从预先定义好的语言短语集  $S$  中选择一个语言短语作为伙伴  $P_l$  在指标  $C_i$  下表现的评价,  $x_{kli} \in S, k = 1, 2, \dots, g, l = 1, 2, \dots, m, i = 1, 2, \dots, q$ .

首先, 根据文献[23], 通过转换函数  $\theta$  将互补性协同维度的指标权重  $\omega_i$ 、指标关联信息  $a_{kij}$  以及指标评价信息  $x_{kli}$  分别转化为 Two-tuple linguistics 形式的  $\tilde{\omega}_i$ 、 $\tilde{a}_{kij}$  和  $\tilde{x}_{kli}$ , 即

$$\theta: S \rightarrow S \times [-0.5, 0.5) \tag{1}$$

$$\theta: L \rightarrow L \times [-0.5, 0.5) \tag{2}$$

$$\tilde{\omega}_i = \theta(\omega_i) = (\omega_i, 0), \omega_i \in S; i = 1, 2, \dots, q \tag{3}$$

$$\tilde{a}_{kij} = \theta(a_{kij}) = (a_{kij}, 0), a_{kij} \in L; k = 1, 2, \dots, g; i, j = 1, 2, \dots, q \tag{4}$$

$$\tilde{x}_{kli} = \theta(x_{kli}) = (x_{kli}, 0), x_{kli} \in S; k = 1, 2, \dots, g; l = 1, 2, \dots, m; i = 1, 2, \dots, q \tag{5}$$

其次, 定义互补性协同维度指标关联信息的指示变量  $a_{kij}^+$  和  $a_{kij}^-$ , 令:

$$a_{kij}^+ = \begin{cases} \frac{\Delta^{-1}(a_{kij}, 0) - \Delta^{-1}(L_{t/2}, 0)}{\Delta^{-1}(L_{t/2}, 0)}, & a_{kij}' > L_{t/2}, \\ 0, & a_{kij}' \leq L_{t/2}, \\ 0, & a_{kij} = \text{'—'}, \end{cases} \tag{6}$$

$k = 1, 2, \dots, g; i, j = 1, 2, \dots, q$

$$a_{kij}^- = \begin{cases} 0, & a_{kij}' \geq L_{t/2}, \\ \frac{\Delta^{-1}(a_{kij}, 0) - \Delta^{-1}(L_{t/2}, 0)}{\Delta^{-1}(L_{t/2}, 0)}, & a_{kij}' < L_{t/2}, \\ 0, & a_{kij} = \text{'—'}, \end{cases} \tag{7}$$

$k = 1, 2, \dots, g; i, j = 1, 2, \dots, q$

然后, 将文献[24]的研究扩展到模糊语言环境, 依据 Two-tuple linguistics 转换算子, 加权平均算子和 TAC 积分算子的原理和方法, 对各指标的评价信息与权重信息及关联信息进行集结, 得到每个专家关于服务制造网络伙伴  $P_l$  在互补性协同维度的评价值  $(x_{kl}, \alpha_{kl}), x_{kl} \in S, \alpha_{kl} \in [-0.5, 0.5)$ , 具体计算公式为:

$$(x_{kl}, \alpha_{kl}) = \Delta \left( \frac{\sum_{i=1}^q \left[ \Delta^{-1}(\omega_i, 0) - \frac{1}{2} \sum_{j=1}^q (a_{kij}^+ + |a_{kij}^-|) \right] \Delta^{-1}(x_{kli}, 0) + \sum_{i=1}^q \sum_{j=i+1}^q a_{kij}^+ \mu_{kij} + \sum_{i=1}^q \sum_{j=1}^{i-1} |a_{kij}^-| \lambda_{klij}}{\sum_{i=1}^q \Delta^{-1}(\omega_i, 0)} \right), \tag{8}$$

其中,

$$\mu_{klj} = \Delta^{-1}(\min\{x_{kli}, x_{klj}\}, 0), k = 1, 2, \dots, g; l = 1, 2, \dots, m; i, j = 1, 2, \dots, q \quad (9)$$

$$\lambda_{klj} = \Delta^{-1}(\max\{x_{kli}, x_{klj}\}, 0), k = 1, 2, \dots, g; l = 1, 2, \dots, m; i, j = 1, 2, \dots, q \quad (10)$$

进一步地,利用 Two-tuple linguistics 算数平均算子<sup>[23]</sup>对各专家意见进行集结,得到服务制造网络伙伴  $P_l$  在互补性协同维度的综合评价结果  $(x_l, \alpha_l)$ , 其计算公式为:

$$(x_l, \alpha_l) = \Delta\left(\frac{1}{g} \sum_{k=1}^g [\Delta^{-1}(x_{kl}, \alpha_{kl})]\right), x_l \in S; \alpha_l \in [-0.5, 0.5]; l = 1, 2, \dots, m \quad (11)$$

### 3.2 交互性协同绩效评价

针对交互性协同维度的指标,假设专家  $E_k$  给出语言短语形式的指标关联矩阵为  $B_k = [b_{kij}]_{(n-q) \times (n-q)}$ , 其中,  $b_{kij}$  表示专家  $E_k$  从预先定义好的语言评价短语集  $L$  中选择一个语言短语作为指标  $C_i$  与  $C_j$  之间关联效应强弱的评价,  $b_{kij} \in L, k = 1, 2, \dots, g, i, j = q+1, q+2, \dots, n$ 。这里,不考虑指标自身的关联,故将矩阵  $B_k$  的主对角元素记为 ‘-’。假设专家  $E_k$  给出语言短语形式的评价矩阵为  $Y_k = [y_{kli}]_{m \times (n-q)}$ , 其中,  $y_{kli}$  表示专家  $E_k$  从预先定义好的语言短语集  $S$  中选择一个语言短语作为伙伴  $P_l$  在指标  $C_i$  下表现的评价,  $y_{kli} \in S, k = 1, 2, \dots, g, l = 1, 2, \dots, m, i = q+1, q+2, \dots, n$ 。

首先,根据文献<sup>[23]</sup>,通过转换函数  $\theta$  将交互性协同维度的指标权重  $\omega_i$ 、指标关联信息  $b_{kij}$  以及指标评价信息  $y_{kli}$  分别转化为 Two-tuple linguistics 形式的  $\tilde{\omega}_i, \tilde{b}_{kij}$  和  $\tilde{y}_{kli}$ , 即:

$$\theta: S \rightarrow S \times [-0.5, 0.5] \quad (12)$$

$$\theta: L \rightarrow L \times [-0.5, 0.5] \quad (13)$$

$$\tilde{\omega}_i = \theta(\omega_i) = (\omega_i, 0), \omega_i \in S; i = q+1, q+2, \dots, n \quad (14)$$

$$\tilde{b}_{kij} = \theta(b_{kij}) = (b_{kij}, 0), b_{kij} \in L; k = 1, 2, \dots, g; i, j = q+1, q+2, \dots, n \quad (15)$$

$$\tilde{y}_{kli} = \theta(y_{kli}) = (y_{kli}, 0), y_{kli} \in S; k = 1, 2, \dots, g; l = 1, 2, \dots, m; i, j = q+1, q+2, \dots, n \quad (16)$$

其次,定义交互性协同维度指标关联信息的指示变量  $b_{kij}^+$  和  $b_{kij}^-$ , 令:

$$b_{kij}^+ = \begin{cases} \frac{\Delta^{-1}(b_{kij}, 0) - \Delta^{-1}(L_{t/2}, 0)}{\Delta^{-1}(L_{t/2}, 0)}, & b_{kij} > L_{t/2}, \\ 0, & b_{kij} \leq L_{t/2}, \\ 0, & b_{kij} = \text{'-'}; \end{cases} k = 1, 2, \dots, g; i, j = q+1, q+2, \dots, n \quad (17)$$

$$b_{kij}^- = \begin{cases} 0, & b_{kij} \geq L_{t/2}, \\ \frac{\Delta^{-1}(b_{kij}, 0) - \Delta^{-1}(L_{t/2}, 0)}{\Delta^{-1}(L_{t/2}, 0)}, & b_{kij} < L_{t/2}, \\ 0, & b_{kij} = \text{'-'}; \end{cases} k = 1, 2, \dots, g; i, j = q+1, q+2, \dots, n \quad (18)$$

然后,使用与公式(3)相同的原理与方法,将各指标的评价信息与权重信息及关联信息进行集结,得到每位专家关于服务制造网络伙伴  $P_l$  在交互性协同维度的评价信息  $(y_{kl}, \alpha'_{kl})$ ,  $y_{kl} \in S, \alpha'_{kl} \in [-0.5, 0.5]$ , 其计算公式为

$$(y_{kl}, \alpha'_{kl}) = \Delta\left(\frac{\sum_{i=q+1}^n [\Delta^{-1}(\omega_i, 0) - \frac{1}{2} \sum_{j=q+1}^n (b_{kij}^+ + |b_{kij}^-|)] \Delta^{-1}(y_{kli}, 0) + \sum_{i=q+1}^n \sum_{l=j+1}^n b_{kij}^+ \mu'_{klj} + \sum_{i=q+1}^n \sum_{l=j+1}^n |b_{kij}^-| \lambda'_{klj}}{\sum_{i=q+1}^n \Delta^{-1}(\omega_i, 0)}\right), \quad (19)$$

其中,

$$\mu'_{klj} = \Delta^{-1}(\min\{y_{kli}, y_{klj}\}, 0), k = 1, 2, \dots, g; l = 1, 2, \dots, m; i, j = q+1, q+2, \dots, n \quad (20)$$

$$\lambda'_{klj} = \Delta^{-1}(\max\{y_{kli}, y_{klj}\}, 0), k = 1, 2, \dots, g; l = 1, 2, \dots, m; i, j = q+1, q+2, \dots, n \quad (21)$$

在此基础上,利用 Two-tuple linguistics 算数平均算子<sup>[23]</sup>对各专家意见进行集结,得到服务制造网络伙伴  $P_l$  在交互性协同维度的综合评价结果  $(y_l, \alpha'_l)$ , 其计算公式为

$$(y_l, \alpha'_l) = \Delta\left(\frac{1}{g} \sum_{k=1}^g [\Delta^{-1}(y_{kl}, \alpha'_{kl})]\right), y_l \in S; \alpha'_l \in [-0.5, 0.5]; l = 1, 2, \dots, m \quad (22)$$

综上,通过计算得到的互补性协同和交互性协同两个维度的综合评价信息,可进一步借助图 2 中所示的矩阵分析模型对每个伙伴的协同绩效进行识别与判断。根据评价结果在矩阵模型中所处的区域,决策者可以识别其协同绩效水平的高低,并采取相应的提升和控制策略。

### 4 说明例子

MOS 是由从事电子产品制造、商务智能开发、信息服务、数组娱乐和资讯时尚方面的 5 家公司合作形成的一个集成平板电脑研发、生产与销售、增值服务于一体的服务制造网络。为了解服务制造网络伙伴协同绩效的状况, MOS 开展了伙伴协同绩效评价工作, 以实现和服务制造网络伙伴间协作的有效管理和控制。评价工作组织者采用了表 1 所示的评价指标体系, 所采用的语言评价短语集分别为  $S = \{S_0 = VL \text{ (很低/很差)}, S_1 = L \text{ (低/差)}, S_2 = M \text{ (一般)}, S_3 = H \text{ (高/好)}, S_4 = VH \text{ (很高/很好)}\}$ ,  $L = \{L_0 = VSR \text{ (很强的冗余效应)}, L_1 = SR \text{ (较强的互补效应)}, L_2 = N \text{ (零效应)}, L_3 = SC \text{ (较强的互补效应)}, L_4 = VSC \text{ (很强的互补效应)}\}$ 。组织者给出了指标的权重向量为  $W = (H, VH, H, M, M, VH, H, M, M, VH)$ 。

评价工作组织者邀请了组织内部的 5 位专家参与评价活动。5 位专家针对互补性协同维度的指标关联情况给出的指标关联矩阵为:

$$A_1 = \begin{bmatrix} - & VSC & VSC & SC & SC \\ VSC & - & SC & N & VSC \\ VSC & SC & - & SC & SC \\ SC & N & SC & - & N \\ SC & VSC & SC & N & - \end{bmatrix}$$

$$A_2 = \begin{bmatrix} - & VSC & SC & VSC & SC \\ VSC & - & SC & N & SC \\ SC & SC & - & VSC & SC \\ VSC & N & VSC & - & N \\ SC & SC & SC & N & - \end{bmatrix}$$

$$A_3 = \begin{bmatrix} - & SC & VSC & SC & SC \\ SC & - & SC & N & SC \\ VSC & SC & - & SC & SC \\ SC & N & SC & - & SC \\ SC & SC & SC & SC & - \end{bmatrix}$$

$$A_4 = \begin{bmatrix} - & VSC & SC & SC & SC \\ SC & - & SC & N & VSC \\ VSC & SC & - & SC & SC \\ SC & N & SC & - & N \\ SC & VSC & SC & N & - \end{bmatrix}$$

$$A_5 = \begin{bmatrix} - & SC & SC & SC & SC \\ SC & - & SC & N & SC \\ SC & SC & - & SC & SC \\ SC & N & SC & - & SC \\ SC & SC & SC & SC & - \end{bmatrix}$$

5 位专家针对 5 个伙伴在互补性协同维度指标的表现给出的评价矩阵为:

$$X_1 = \begin{bmatrix} M & L & M & M & M \\ M & H & M & M & L \\ M & H & VH & H & M \\ M & VH & H & M & M \\ H & H & M & H & H \end{bmatrix}$$

$$X_2 = \begin{bmatrix} H & L & H & M & H \\ M & H & M & H & L \\ VH & H & H & L & M \\ M & VH & H & M & M \\ H & H & M & H & H \end{bmatrix}$$

$$X_3 = \begin{bmatrix} M & L & VH & H & M \\ M & M & L & M & L \\ M & M & H & M & L \\ VH & H & H & M & M \\ H & H & VH & M & H \end{bmatrix}$$

$$X_4 = \begin{bmatrix} M & L & M & M & M \\ M & L & M & M & M \\ M & H & VH & H & M \\ M & VH & H & M & M \\ H & H & M & H & H \end{bmatrix}$$

$$X_5 = \begin{bmatrix} M & L & VH & H & M \\ M & M & H & M & L \\ M & M & L & M & L \\ VH & H & H & M & M \\ H & H & VH & M & H \end{bmatrix}$$

5 位专家针对 5 个伙伴在交互性协同维度的指标关联情况给出的指标关联矩阵为:

$$B_1 = \begin{bmatrix} - & SC & VSC & SC & VSC \\ SC & - & SC & VSC & N \\ VSC & SC & - & N & SC \\ SC & VSC & N & - & N \\ VSC & N & SC & N & - \end{bmatrix}$$

$$B_2 = \begin{bmatrix} - & VSC & VSC & SC & SC \\ VSC & - & SC & SC & SC \\ VSC & SC & - & N & SC \\ SC & SC & N & - & N \\ SC & SC & SC & N & - \end{bmatrix}$$

$$B_3 = \begin{bmatrix} - & SC & VSC & SC & VSC \\ SC & - & SC & SC & N \\ VSC & SC & - & N & SC \\ SC & SC & N & - & N \\ VSC & N & SC & N & - \end{bmatrix}$$

$$B_4 = \begin{bmatrix} - & SC & SC & SC & VSC \\ SC & - & SC & VSC & N \\ SC & SC & - & N & SC \\ SC & VSC & N & - & N \\ VSC & N & SC & N & - \end{bmatrix}$$

$$B_5 = \begin{bmatrix} - & SC & VSC & SC & SC \\ SC & - & SC & SC & N \\ VSC & SC & - & N & SC \\ SC & SC & N & - & N \\ SC & N & SC & N & - \end{bmatrix}$$

5 个专家针对 5 个伙伴在交互性协同维度指标的表现给出的评价矩阵为:

$$Y_1 = \begin{bmatrix} M & H & M & M & H \\ L & M & M & H & L \\ M & L & H & M & M \\ H & M & VL & M & M \\ M & H & M & VH & H \end{bmatrix}$$

$$Y_2 = \begin{bmatrix} M & VH & H & M & M \\ H & H & M & VL & L \\ M & H & L & H & M \\ M & L & H & M & M \\ H & H & M & M & H \end{bmatrix}$$

$$Y_3 = \begin{bmatrix} H & M & H & H & M \\ M & L & M & H & L \\ M & H & H & M & H \\ M & M & H & L & M \\ H & M & VH & H & H \end{bmatrix}$$

$$Y_4 = \begin{bmatrix} M & H & M & M & H \\ H & M & VL & M & M \\ M & L & H & M & M \\ L & M & M & H & L \\ M & H & M & VH & H \end{bmatrix}$$

$$Y_5 = \begin{bmatrix} H & M & H & H & M \\ M & M & H & L & M \\ M & H & H & M & H \\ M & L & M & H & L \\ H & M & VH & H & H \end{bmatrix}$$

使用公式(1)–(12),分别计算出 TS 各伙伴在互补性协同维度和交互性协同维度的综合评价价值,计算结果如表 2 所示。依据图 2 中给出的服务制造网络伙伴协同绩效评价的矩阵分析模型,对评价结果进行识别与分析,如图 4 所示。从图 4 中可以看出,伙伴  $P_3$  和  $P_5$  落在区域 I,说明它们的协同绩效水平较高,伙伴  $P_5$  在互补性协同和交互性协同两个维度均表现出较高的水平,且伙伴  $P_3$  的表现弱于  $P_5$ ;伙伴  $P_1$  落在区域 II,说明其在互补性协同维度的表现较差;伙伴  $P_4$  落在区域 IV,说明它在交互性协同维度的表现较差,没有与其他伙伴形成良好的合作;伙伴  $P_2$  落在区域 III,说明其总体情况较差。

依据图 4 中伙伴协同绩效评价的结果,对于评价结果位于区域 II 的伙伴  $P_1$ ,可以采取竞争优势集成策略,如建立技术合作研发中心、开展联合物流、进行服务产品集成等促进伙伴之间互补性资源的整合;对于评价结果位于区域 IV 的伙伴  $P_4$ ,可采取运营策略来提升其核心优势,例如借助大众生产加速应用内容的创新、通过呼叫中心外包扩大服务网络、建立在线商店提高应用内容的下载与销售等。对于评价结果位于区域 III 的伙伴  $P_2$ ,其在互补性协同及交互性协同维度的综合评价价值都很低,一般发生这种情况时则需要寻找新的代替伙伴,否则可能会给服务制造网络的整体运营带来极大的风险。

特别地,由于专家给出的指标关联信息不是互反判断矩阵的形式,所以不能进行本文提出方法与模糊 ANP 方法的比较。但为了进一步说明考虑多指标模糊关联信息的必要性,这里对考虑多指标模糊关联与不考虑多指标模糊关联的计算结果进行了比较。在不考虑多指标模糊关联的情况下,使用文献[23]的方法对语言评价信息进行集结,得到了如表 2 所示的评价结果。进而,对两种方法的计算结果进行了矩阵模型对比分析(见图 4)。通过图 4 可以发现:当忽略指标关联信息时,在互补性协同维度

表 2 伙伴协同绩效评价结果

TS 伙伴	考虑指标模糊关联得到的伙伴协同绩效评价结果		不考虑指标模糊关联得到的伙伴协同绩效评价结果	
	互补性协同维度评价价值	交互性协同维度评价价值	互补性协同维度评价价值	交互性协同维度评价价值
$P_1$	(M, -0.08)	(M, 0.39)	(M, 0.06)	(M, 0.40)
$P_2$	(M, -0.15)	(M, -0.32)	(M, -0.06)	(M, -0.04)
$P_3$	(M, 0.24)	(M, 0.13)	(M, 0.44)	(M, 0.07)
$P_4$	(H, -0.36)	(M, -0.31)	(H, -0.16)	(M, 0.09)
$P_5$	(H, -0.21)	(H, -0.31)	(H, -0.10)	(M, 0.23)

表现较差的  $P_1$  和在交互性协同维度表现不佳的  $P_4$  反而都落在了区域 I 中。由此可见指标关联信息对评价结果具有显著影响,如果忽略指标关联信息可能会导致评价结果的偏差甚至错误。

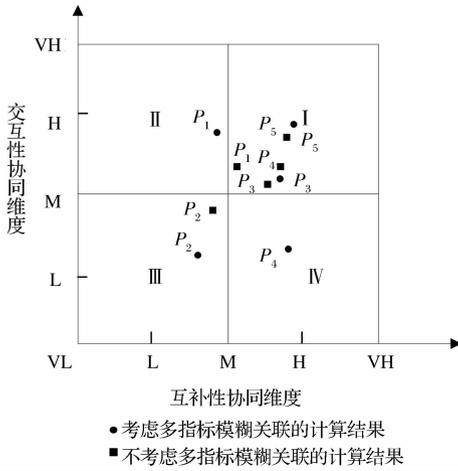


图 4 TS 伙伴协同绩效评价结果分析及相关对比分析

### 5 结语

本文针对服务制造网络伙伴协同绩效评价问题,构建了一个评价框架,并依据文献分析和专家问卷调查的结果,构建了服务制造网络伙伴协同绩效评价的指标体系。进一步地,针对评价问题的具体特点,给出了一种考虑多指标模糊关联的服务制造网络伙伴协同绩效评价方法。该方法通过对 Two-Additive Choquet (TAC) 积分算子进行扩展,能够实现对 Two-tuple linguistics 形式指标关联信息与评价信息的集结和处理,并获得协同伙伴在互补性协同和交互性协同两个维度的绩效评价结果,还可以借助矩阵分析模型对协同绩效评价结果进行识别与判断。本文给出的方法可以有效地解决多指标关联信息及评价信息均为语言短语形式的决策分析问题。通过采用二元语义表示模型进行语言信息处理,可有效避免信息处理过程中的信息损失和失真,而且评价结果可映射到初始语言短语集,便于决策者进行分析和判断。该方法简单易用、实用性强,可以有效地支持服务制造网络伙伴协同绩效评价与管理工作。同时,给出的方法具有较好的扩展应用价值,能够解决考虑多指标模糊关联的服务外包商选择、服务网络规划方案选择、能源效率评价等问题。

### 参考文献:

[1] Weiler J E. The impact of the increasing service-manufacturing industries ratio on income: the Dayton experi-

ence [J]. Ohio Journal of Science, 1983, 83(2): 82-85.

[2] 孙林岩. 服务型制造:理论与实践 [M]. 北京:清华大学出版社, 2009.

[3] 何哲, 孙林岩, 朱春燕. 服务型制造的概念、问题和前瞻 [J]. 科学学研究, 2010, 28(1): 53-60.

[4] Kenndey P S, Marconi R C. Service manufacturing [J]. Die Casting Engineer, 1989, 33(2): 4-4.

[5] Bowen D E, Siehl C, Schneider B. A framework for analyzing customer service orientations in manufacturing [J]. The Academy of Management Review, 1989, 14(1): 75-95.

[6] Johansson P, Olhager J. Linking product - process matrices for manufacturing and industrial service operations [J]. International Journal of Production Economics, 2006, 104(2): 615-624.

[7] Zhai Endong, Shi Yongjiang, Gregory M. The growth and capability development of electronics manufacturing service (EMS) companies [J]. International Journal of Production Economics, 2007, 107(1): 1-19.

[8] Chou Y C, Chung H J. Service-based capacity strategy for manufacturing service duopoly of differentiated prices and lognormal random demand [J]. International Journal of Production Economics, 2009, 121(1): 162-175.

[9] 孙宏才, 徐关尧, 田平. 用网络层次分析法 (ANP) 评估应急桥梁设计方案 [J]. 系统工程理论与实践, 2007, 27(3): 63-70.

[10] 李春好, 孙永河, 段万春. 基于 DEA 理论的 ANP/BOCR 方案评价价值综合集成新方法 [J]. 中国管理科学, 2010, 18(2): 55-61.

[11] Büyükoçkan G, Ruan D. Choquet interal based aggregation approach to software development risk assessment [J]. Information Sciences, 2010, 180(3): 441-451.

[12] Dağdeviren M, Yüksel I. A fuzzy analytic network process (ANP) model for measurement of the sectoral competition level (SCL) [J]. Expert Systems with Applications, 2010, 37(2): 1005-1014.

[13] 丁勇, 梁昌勇, 朱俊红, 陆文星. 群决策中基于二元语义的主客观权重集成方法 [J]. 中国管理科学, 2010, 18(5): 165-170.

[14] Camarinhanatos L M, Afsarmanesh H. Collaborative networks: new scientific discipline [J]. Journal of Intelligent Manufacturing, 2005, 16(4-5): 439-452.

[15] Cowan R, Jonard N, Zimmermann J B. Bilateral collaboration and the emergence of innovation networks [J]. Management Science, 2007, 53(7): 1051-1067.

[16] Schilling M A, Phelps C C. Interfirm collaboration networks: The impact of large-scale network structure on firm innovation [J]. Management Science, 2007, 53(7): 1113-1126.

- [17] Kaihara T, Fujii S. Game theoretic enterprise management in industrial collaborative networks with multi-agent systems [J]. *International Journal of Product Research*, 2008, 46(5): 1297–1313.
- [18] Huang C Y, Huang C C, Liu C Y. Order confirmation mechanism for collaborative production networks [J]. *International Journal of Product Research*, 2008, 46(3): 595–620.
- [19] Perks H. Marketing information exchange mechanisms in collaborative new product development [J]. *Industrial Marketing Management*, 2000, 29(2): 179–189.
- [20] Hacklin F, Marx C, Fahrmi F. Strategic venture partner selection for collaborative innovation in production systems: A decision support system-based approach [J]. *International Journal of Production Economics*, 2006, 104(1): 100–112.
- [21] Gloor P A, Passivaara M, Schoder D, Willems P. Finding collaborative innovation networks through correlating performance with social network structure [J]. *International Journal of Product Research*, 2008, 46(5): 1357–1371.
- [22] Fan Z P, Feng B. A multiple attributes decision making method using individual and collaborative attribute data in a fuzzy environment [J]. *Information Sciences*, 2009, 179(20): 3603–3618.
- [23] Herrera F, Martinez L. A 2-tuple fuzzy linguistic representation model for computing with words [J]. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 2000, 8(6): 746–752.
- [24] Grabisch M. K-order additive discrete fuzzy measures and their representation [J]. *Fuzzy Sets and Systems*, 1997, 92(2): 167–189.

### Evaluation on Collaborative Performances of a Service-Manufacturing Network Considering the Fuzzy Correlations of Multicriteria

FENG Bo<sup>1</sup>, SUO Wei-lan<sup>2</sup>, FAN Zhi-ping<sup>3</sup>

(1. School of Business Administration, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China;

2. Institute of Policy and Management, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;

3. School of Business Administration, Northeastern University, Shenyang 110819, China)

**Abstract:** An evaluation method considering the fuzzy correlations among multicriteria is proposed for solving the problem of collaborative performance evaluation of partners in a service-manufacturing network. In the proposed method, firstly, the framework and criteria are constructed for evaluating the collaborative performances of partners in a service-manufacturing network. And then, fuzzy linguistic information is transformed into the form of two-tuple linguistics. A two-additive Choquet (TAC) integral operator is then extended to 2-tuple linguistics scenario to process and aggregate linguistic correlation information and evaluation information, and further to obtain the bi-dimensional results, i. e., complementary collaboration and interactive collaboration performances. Finally, a numerical example is used to illustrate the applicability of the proposed method.

**Key words:** service manufacturing; collaborative performance; criteria correlation; two-tuple linguistics; TAC (Two-additive Choquet) integral