

文章编号:1000-6788(2008)04-0057-08

基于模糊评估和马尔可夫预测的供应链动态平衡记分卡

郑培¹, 黎建强^{1,2}

(1. 湖南大学 工商管理学院, 长沙 410082; 2. 香港城市大学 商学院, 中国 香港)

摘要: 传统的供应链绩效评价方法大多属于静态评价,而实际上供应链是一个动态系统,需要使用动态的绩效评价方法来进行考量。为了适应动态联盟整体绩效评价之需要,把传统的四维平衡计分卡扩展为五维动态平衡计分卡,然后运用层次分析法(AHP)来捕捉重要绩效驱动指标的扰动对于供应链整体绩效评价的影响,去除对绩效评价贡献较小的指标。在此基础上,利用模糊综合评估方法计算出供应链在各个时期的绩效评价结果。最后,结合 Markov 预测理论的决策支持功能,给出了动态供应链未来的绩效评价结果及发展趋势。计算实例表明本文提出的动态供应链绩效评价模型是合理、有效的,能够为供应链的合理分析和决策制定提供依据。

关键词: 绩效评价;动态平衡计分卡;层次分析法(AHP);模糊评估;马尔可夫(Markov)预测

中图分类号: C93

文献标志码: A

Research on supply chain dynamic balanced scorecard based on fuzzy evaluation and Markov forecast techniques

ZHENG Pei¹, Kin Keung LAI^{1,2}

(1.College of Business Administration, Hunan University, Changsha 410082, China;2.Faculty of Business, City University of Hong Kong, Hong Kong, China)

Abstract: Most of the traditional supply chain performance measurement is static method. However, in the real world, the supply chain is a dynamic system, which needs dynamic performance measurement methods to evaluate. For the sake of integrative performance measurement of agile virtual enterprise, the dimension of the traditional Balanced Scorecard is extended into 5. Then Analytical Hierarchy Process (AHP) is utilized to analyze the weights of key performance indice so that the indice with minor weights are abandoned. Based on it, the measure results of supply chain of all past periods are obtained by fuzzy evaluation method. Furthermore, incorporated with Markov forecast technique, the future performance measurement and development trend of dynamic supply chain is presented. Finally, a calculation example of performance measurement is illustrated which shows that the mentioned evaluation method is scientific and feasible. The evaluation result can provide the guide for effective analysis and decision-making of supply chain management.

Key words: performance measurement; dynamic balanced scorecard; analytical hierarchy process (AHP); fuzzy evaluation; Markov forecast

1 引言

当今世界企业与企业之间的个体竞争已经转向供应链与供应链之间的群体竞争。在供应链条件下,各节点企业具有动态可调性,其运作时间具有随机性。目前,对于供应链绩效评价系统的研究,主要有以财务为导向的投资回报率(ROI)考核体系、以流程为导向的供应链运作参考模型(SCOR)考核体系以及以战略为导向的平衡计分卡(Balanced Scorecard, BSC)考核体系等代表性的绩效考核体系。其中,由 Kaplan 和 Norton^[1]于 1992 年提出的平衡计分卡评价思想最有理论优势和应用前景,它强调应从财务、顾客、内部运作和学习与成长等四个角度对供应链联盟企业的绩效评价和激励进行分析,同时,它要求将管理的视角从

收稿日期:2006-12-18

作者简介:郑培(1980—),女(汉),湖南长沙人,湖南大学工商管理学院,管理科学与工程博士,研究方向:供应链与物流管理;黎建强(1950—),男(汉),香港人,香港城市大学商学院,管理科学与工程博士,博士生导师,教授,研究方向:供应链管理。
与金融工程

关注短期目标转移到兼顾战略目标, 从对结果的反思转移到对起因的监控.

自平衡计分卡理论提出以来, 业界已对其进行了大量的研究. 在 1993 年 9/10 月号的《哈佛商业评论》上, Kaplan 和 Norton^[2]发表了《Putting the Balanced Scorecard to Work》一文, 介绍了将 BSC 应用于 Rockwater、苹果和 AMD 三家公司的案例. 自 1996 年以后, BSC 逐渐演变成一个具有核心重要性的战略管理系统. 1996 年, Kaplan 和 Norton^[3]在《哈佛商业评论》撰文提出了战略地图, 标志着平衡计分卡从一种绩效管理体系跃升为一种战略管理工具. 进入 1998 年来, 人们越来越关注于以信息技术为代表的新经济条件下 BSC 是如何促进企业成长与壮大的. Lambert、Cooper 和 Pagh^[4]认为成功的供应链管理需要良好的跨功能整合, 其主要的挑战在于“如何成功整合”. 在国内研究方面, 平衡计分卡的应用起步较晚, 供应链平衡计分卡的实践环节则更薄弱. 2003 年哈尔滨工程大学的史丽萍和蔡歆^[5]提出了平衡计分卡六个方面的指标体系. 此后, 孙世敏, 赵希男^[6]等人均撰文介绍了 BSC 在供应链绩效评价中的应用特点. 东北大学的孙世敏和罗娜^[7]于 2005 年提出了以供应链管理理论为基础, 利用平衡计分卡原理构建供应链绩效评价体系的三层六维供应链平衡计分卡的思想, 在一定程度上克服了传统绩效评价方法的局限性.

纵观目前国内外基于平衡记分卡的绩效评价研究现状, 可以看到传统的平衡计分卡理论在兼顾供应链系统内部与外部的平衡时忽略了供应商因素, 这是其不足之处. 尤其是在对基于动态联盟的供应链的绩效评价中, 往往需要通过对供应商价值链的分析以帮助企业采取战略改进行动来促进供应商价值链的再造, 以节约产品的生产成本和降低企业的采购成本.

鉴于传统平衡计分卡理论在动态联盟绩效评价体系上的不足, 本文把传统的四维平衡计分卡扩展为五维动态平衡计分卡, 即动态联盟下游成员满意度、供应链内部业务流程、供应商满意度、供应链经济效益、供应链创新与发展能力. 然后以某动态联盟的供应链绩效评价为例, 运用层次分析法(AHP)来捕捉重要绩效指标的扰动对于供应链整体绩效评价的影响, 去除对绩效评价贡献较小的指标. 在此基础上, 利用模糊综合评估方法计算出了供应链在各个历史时期的绩效评价结果. 最后, 结合 Markov 预测理论的决策支持功能, 给出了动态供应链未来的绩效评价结果及发展趋势, 从而为供应链的合理分析和决策制定提供了依据.

2 动态联盟中供应链绩效指标体系的架构设计

2.1 五维动态平衡计分卡模型框架

平衡计分卡最初被定义成企业的业绩衡量工具. 20 世纪 90 年代初, Kaplan 和 Norton^[8]研究了在绩效测评方面处于领先地位的 12 家大型企业, 从财务层面、客户层面、内部经营过程层面、学习和成长层面四个方面构建了一个完整的评价考核体系-平衡计分卡. 进入 1998 年来, 人们越来越关注于以信息技术为代表的新经济条件下 BSC 是如何促进企业成长与壮大的. Brewer 和 Speh^[9]率先做出了应用 BSC 进行供应链绩效评价的探索, 并以此为基础提出了一种新的供应链绩效评价工具-供应链平衡计分卡, 从而为 SCM 与 BSC 之间的联系建立一个框架. 供应链平衡计分卡以供应链业务流程为基础, 以企业战略目标为出发点, 将绩效指标与公司战略联系起来, 全方位评价企业经营业绩、培植企业核心竞争能力.

然而, 传统的供应链平衡计分卡方法在考虑供应链系统内部与外部的平衡时, 却忽略了供应商的因素. 实际上, 供应商作为价值链中的一个重要环节, 在企业生产经营中扮演着非常重要的角色. 特别地, 在对基于动态联盟的供应链的绩效评价中, 通过对供应商价值链的分析, 可以帮助企业采取战略改进行动, 促进供应商价值链的再造, 以节约产品的生产成本和降低企业的采购成本. 另一方面, 动态联盟的绩效评价不同于一般单个企业测评的独特之处在于: 评价整个联盟供应链运行绩效的指标不仅需要评价该节点企业(或供应商)的运营绩效, 而且还要考虑该节点企业(或供应商)的运营绩效对其上层节点企业或对整个动态联盟的影响. 因此, 对企业业务流程进行合理的评价, 科学客观地评价整个供应链的运营情况, 需要考虑其实时性、动态性的特点. 据此, 我们认为在建立动态联盟绩效评价体系的平衡记分卡框架时, 应综合考虑动态联盟下游成员满意度、供应链内部业务流程、供应商满意度、供应链经济效益、供应链创新与发展能力等五方面的内容, 即在 BSC 四个经典维度的基础上再添加供应商维度, 形成适用于供应链动态联盟的五维平衡计分卡结构, 如图 1 所示.

2.2 供应链绩效评价指标的选取和度量

供应链动态联盟绩效评价指标的选取是目前绩效评价研究中的热点和难点,不同的研究机构和人员对指标体系的架构有不同的看法^[10,11].我们认为,指标的选择应该在多个方面实现均衡,这样才能架构一个良好的绩效评价体系.一个良好的绩效指标体系不仅包括反映短期与长期目标、内部与外部层次的指标,也包括了先行指标与滞后指标、定量指标与定性指标之间的均衡.

上文中提出了五个维度的平衡记分卡,因此,绩效评价指标的选取应从上述五个方面入手.测量动态联盟上游供应商方面的指标包括准时交货率、生产柔性等指标.准时交货率是联盟遴选供应商最看重的一个指标,它的数值高低反映了供应商的交货表现,可以很好的考量供应商的绩效;对于柔性指标,供应链委员会(SCC)将柔性定义为生产柔性和供应链的反应能力.对于需方而言,供应链柔性代表了对未来变化的预期;对于供方而言,它是对自身所能承受的需求波动的估计.同样地,对应于其它四个绩效测量维度,可以参考以内部流程运作为基础的 SCOR 模型所提出的标准化指标,以及 Kaplan^[8]、Beamon^[12]等人在文献回顾中所使用的经典供应链绩效测量指标,如资产周转率、供应链响应时间、客户满意度等作为绩效评价指标.

另一方面,Kaplan 和 Norton^[8]也指出,一份平衡记分卡的总体指标数量最好保持在 15 至 25 个,以免过多的业绩指标引起信息过载,从而导致忽略关键业绩指标的重要性并使绩效评价系统过于复杂而失调.因此,本文根据供应链动态联盟的特性,选取了 15 个经典样本指标来架构绩效评价体系,它们分别是盈利能力 F1、资产周转率 F2、现金周转时间 F3、客户满意度 C1、市场份额 C2、市场扩大率 C3、响应时间 P1、存活周转率 P2、次品率 P3、技术先进性 P4、利润增长率 L1、员工满意度 L2、新产品研发周期 L3、准时交货率 S1 和柔性 S2,同时给出了在一个评价周期内,各个评价指标的度量方法,如表 1 所示.

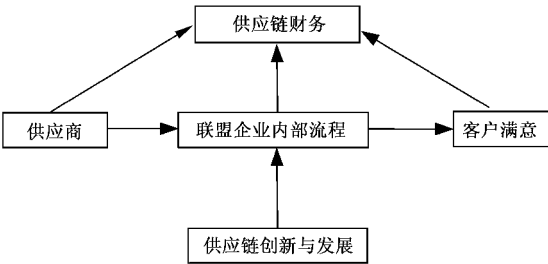


图 1 动态多维平衡记分卡模型

表 1 供应链平衡记分卡绩效评价指标及度量方法

评价维度	KPIs	指标说明	度量方法	性质
财务	盈利能力 F1	供应链获利情况	净利润/总收入(%)	定量
	资产周转率 F2	供应链净资产流动情况	销售总额/净资产总值(%)	定量
	现金周转时间 F3	供应链现金流动速度	库存供应天数+应收款帐龄-应付款帐龄	定量
顾客	客户满意度 C1	客户对产品服务的认知	模糊评价	定性
	市场份额 C2	产品所占客户群体大小	产品销售数量/行业总销量(%)	定量
	市场扩大率 C3	市场占有率比上期增长情况	(本期市场占有率-上期市场占有率)/上期市场占有率	定量
业务流程	响应时间 P1	供应链对需求变化的柔性响应	满足突发需求所需要的时间	定量
	存活周转率 P2	库存资金占用情况	销货成本/存货平均占用额	定量
	次品率 P3	质量	次品数量/总产量	定量
	技术先进性 P4	技术上的竞争力	模糊评价	定性
学习与成长	利润增长率 L1	反应企业的发展潜力	(本期利润-上期利润)/上期利润	定量
	员工满意度 L2	员工自身感知	模糊评价	定性
	新产品研发周期 L3	供应链响应速度	统计平均值	定量
供应商	准时交货率 S1	供应商的交货表现	准时交货次数/总交货次数(%)	定量
	柔性 S2	生产柔性	模糊评价	定性

3 基于模糊评估和 Markov 预测理论的供应链绩效动态评价模型

3.1 模型构建

前文已述及,本文应用 BSC 方法选取了 15 个经典样本指标来架构绩效评价体系,显然,各指标对于动态联盟整体绩效评价的贡献各不相同,为此,需要对这些 15 个绩效指标进行重要性排序,同时排除相对次要

的指标以简化运算. 另外, 所构建的供应链绩效评价体系的测量指标之间存在着复杂的因果关系, 这使得动态联盟的绩效评价具有不确定性的特点, 模糊综合评估方法为处理这种不确定性提供了有力的工具. 在此基础上, 进一步运用 Markov 预测方法对供应链未来的绩效进行预测和分析, 从而为决策者进行供应链管理提供理论依据.

因此, 模型构建的基本思路如下: 首先利用层次分析法(AHP), 即通过求重要性判断矩阵的最大特征根和进行指标一致性检验得出各供应链绩效评价指标的权重, 根据重要性常数去除相对不重要的指标以简化计算. 其次, 建立各个历史时期供应链绩效评价的模糊关系矩阵, 利用模糊评估法求出供应链在以往各个历史时期的绩效综合评价等级. 然后, 根据上述结果构建供应链绩效一步转移概率矩阵, 同时利用 Markov 链进行绩效预测, 并给出供应链趋于稳态时的综合绩效.

3.1.1 层次分析法

层次分析法^[13, 14] (Analytical Hierarchy Process, AHP) 由美国运筹学家 T.L.Satty 于 20 世纪 70 年代提出, 它是一种定性与定量分析相结合的多目标决策分析方法. 其主要思想是通过分析复杂系统的有关要素及其相互关系, 简化为有序的递阶层次结构, 使这些要素归并为不同的层次, 在每一层上建立判断矩阵, 得出该层要素的相对权重, 最后计算出多层要素对于总体目标的组合权重, 为决策和评选提供依据.

3.1.2 模糊综合评估法

所谓模糊综合评估是在不确定性环境下, 考虑多种因素的影响, 为了某种目的对某一事物作出综合评价和决策的方法^[15, 16].

模糊综合评价的数学模型如下:

假设 $I = \{I_1, I_2, \dots, I_n\}$ 是全体评估项的集合, $I_k (k = 1, 2, \dots, n)$ 表示第 k 个评估项. $L = \{L_1, L_2, \dots, L_m\}$ 表示每个评估项 $I_k (k = 1, 2, \dots, n)$ 的各种可能的定性评估结果, 则对每一个 $L_i (i = 1, 2, \dots, m)$ 可建立一个模糊子集 l_i .

设 $d_{ki} = l_i | I_k$ 表示 I_k 对 l_i 的隶属度, 即第 k 个评估项可以被指定评估结果 L_i 的程度. 当所有 $d_{ki} (i = 1, 2, \dots, n$ 和 $k = 1, 2, \dots, m)$ 经评估确定后, 可以建立模糊关系矩阵:

$$R = (d_{ki}) = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \cdots & d_{1m} \\ d_{21} & d_{22} & \cdots & d_{2m} \\ & & \vdots & \\ d_{n1} & d_{n2} & \cdots & d_{nm} \end{bmatrix} \tag{1}$$

一般而言, n 个评估项 I_1, I_2, \dots, I_n 并非同等重要, 所以在进行综合评价前, 必须先确定模糊权向量. 设 $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ 表示模糊权向量, 便可得到模糊综合评估结果 E :

$$E = W \cdot R = (w_1, w_2, \dots, w_n) \cdot \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \cdots & d_{1m} \\ d_{21} & d_{22} & \cdots & d_{2m} \\ & & \vdots & \\ d_{n1} & d_{n2} & \cdots & d_{nm} \end{bmatrix} = (a_1, a_2, \dots, a_m) \tag{2}$$

其中“ \cdot ”是模糊综合运算符. 模糊评价的结果是一个向量 E , 为了能够比较多个系统的总的评估结果, 可以采用最大隶属度原则或加权平均的办法进行单值化处理.

3.1.3 Markov 链绩效预测

在供应链条件下, 各节点企业运作策略具有动态可调节性, 其运作行为具有随机性, 并且其变化态势只与现在某一状态有关. 因此, 可以利用 Markov 链理论来研究供应链绩效变化趋势, 并预测在未来某一时刻供应链整体绩效的优劣^[17~19].

假设对于有限状态空间 $E = \{1, 2, \dots, m\}$ 的 Markov 链 $X_0, X_1, \dots, X_n \dots$, 有下列一步状态转移概率矩阵:

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1m} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2m} \\ & & \vdots & \\ p_{m1} & p_{m2} & \cdots & p_{mm} \end{bmatrix}$$

(3)

其中, $p_{ij} = n_{ij} / n_i$, n_{ij} 表示 n 时刻到 $n+1$ 时刻状态 i 转换到状态 j 的样本数; n_i 表示状态 i 的样本总数, $n_i = \sum_{j=1}^m n_{ij}$.

设 $P(0) = (p_1(0), p_2(0), \dots, p_m(0))$ 为初始状态概率, 经一步转移后, 处于状态 j 的概率 $p_j(1)$, $p_j(1) = \sum_i p_i(0) p_{ij}$, 矩阵表示为:

$$P(1) = P(0) P$$

(4)

这样, 经过 n 步转移后, 系统状态概率为

$$P(n) = P(n-1) P = P(n-2) P P = \dots = P(0) P^n$$

(5)

式中 P 为一步概率转移矩阵, 式(15)即为 Markov 绩效预测模型, 根据上述模型, 就可以预测在未来某一时刻供应链的整体绩效.

在上述基于 Markov 链的绩效分析中, 如果供应链绩效变化趋势的概率转移矩阵保持不变, 则此供应链的长期绩效将趋于稳定. 所谓稳定绩效就是指供应链达到稳定状态(平衡状态)时的整体绩效. 此时, 存在该 Markov 链的极限分布 $\{\pi_k, k \geq 0\}$, 满足:

$$\pi = \pi \cdot P$$

(6)

其中 $\pi = (\pi_0, \pi_1, \pi_2, \dots)$, 称式(6)为平稳方程.

3.2 算例

3.2.1 利用 AHP 计算供应链关键绩效指标的权重

供应链动态联盟的五维平衡记分卡, 包括学习与成长、供应商、内部流程、客户、财务等 5 个维度, 共由 15 个关键绩效指标组成, 它们构成了供应链的绩效评价指标集 C , $C = \{F1, F2, F3, C1, C2, C3, P1, P2, P3, P4, L1, L2, L3, S1, S2\}$. 这 15 个绩效指标对绩效评价的贡献各不相同, 为此有必要对各个指标的重要性进行计算, 同时去除相对不太重要的绩效指标以简化运算. 在计算过程中, 首先根据专家打分结果建立重要性判断矩阵, 然后通过求判断矩阵最大特征根, 并进行一致性检验得出各权重, 整个计算过程可以用 Matlab 或其它 AHP 专用软件完成. 对于某供应链, 通过计算去掉了 5 个相对不重要的绩效指标 $\{F3, C1, P4, L2, S2\}$, 剩下的 10 个绩效指标的权重分别为: $w_{F1} = 0.30, w_{F2} = 0.05, w_{C2} = 0.08, w_{C3} = 0.12, w_{P1} = 0.07, w_{P2} = 0.02, w_{P3} = 0.11, w_{L1} = 0.12, w_{L3} = 0.03, w_{S1} = 0.10$.

3.2.2 供应链绩效的模糊综合评估

表 2 某供应链在 2006 年 1~10 月的绩效指标表

	F1(%)	F2(%)	C2(%)	C3(%)	P1(天)	P2(%)	P3(%)	L1(%)	L3(天)	S1(%)
1 月	14	12	21	12	1	10	1	11	35	97
2 月	3	8	15	10	6	7	8.5	4	142	96
3 月	8.6	13.2	17	7.8	2	7	2.5	12	41	94
4 月	-8.1	3.5	6.6	2.3	3	4	9.4	1.5	246	87
5 月	3.5	13	11.3	12.8	3	8.5	8	3.7	169	92
6 月	7	12	16.4	7.5	2	6.8	5	8.2	48	89
7 月	1.2	4.4	11.7	6.3	1	4.2	4.2	5.7	382	88
8 月	2.9	7.1	16.6	6.8	9	11	4.1	5.8	297	87
9 月	1.5	11.2	9.4	4.6	7	8.7	4.5	4.9	86	82
10 月	2.7	6.9	7.7	7.5	1	9.2	4.1	6.8	77	85

经过上述基于 AHP 的指标集简化方法,得到了 10 个用于供应链绩效评价的关键指标{F1,F2,C2,C3,P1,P2,P3,L1,L3,S1},这 10 个指标皆为定量指标.假设这 10 个供应链绩效指标在过去 10 个月内的取值如表 2 所示.

假设根据历史经验或供应链行规,把供应链的绩效评价结果划分为 G1、G2、G3、G4 四个等级,分别对应供应链绩效评价为优、良、中、差的状态,其划分的依据如表 3 所示.

表 3 供应链绩效分级标准

	F1(%)	F2(%)	C2(%)	C3(%)	P1(天)	P2(%)	P3(%)	L1(%)	L3(天)	S1(%)
G1	≥14	≥12	≥20	≥12	≤1	≥12	≤1.5	≥12	≤45	≥94
G2	[5,14)	[8,12)	[15,20)	[8,12)	(1,5]	[8,12)	(1.5,3]	[8,12)	(45,135]	[89,94)
G3	[0,5)	[4,8)	[8,15)	[4,8)	(5,8]	[4,8)	(3,5]	[4,8)	(135,240]	[80,89)
G4	<0	[0,4)	[0,8)	[0,4)	>8	[0,4)	>5	[0,4)	>240	<80

表 3 的含义是显然的,比如,表 3 的第一行表示:若某供应链动态联盟的盈利能力不小于 14%、资金周转率大于 12%、市场份额超过 20%、市场扩大率超过 12%、响应时间小于 1 天、存活周转率大于 12%、次品率 1.5% 以下、利润增长率超过 12%、新产品研发周期少于 45 天并且供应商准时交货率达到了 94%,则认为该动态联盟的综合绩效为优秀.

下面来建立模糊关系矩阵.单因素评价矩阵取各因素在评价集上的隶属度,为此,需要确定各单因素在评价集上的隶属度.为计算方便起见,各函数均取为线性函数.根据分类标准表 3,建立 F1 属于各类的隶属度函数为:

$$\mu_{G_1}^{F_1}(x) = \begin{cases} 1 & x \geq 14 \\ (x-5)/9 & 5 \leq x < 14 \\ 0 & x < 5 \end{cases}; \mu_{G_2}^{F_1}(x) = \begin{cases} 0 & x \geq 14, x \leq 0 \\ x/5 & 0 < x \leq 5 \\ (14-x)/9 & 5 < x < 14 \end{cases};$$
$$\mu_{G_3}^{F_1}(x) = \begin{cases} 0 & x \geq 5, x \leq -5 \\ (x+5)/5 & -5 < x \leq 0 \\ (5-x)/5 & 0 < x \leq 5 \end{cases}; \mu_{G_4}^{F_1}(x) = \begin{cases} 1 & x \leq -5 \\ -x/5 & -5 < x \leq 0 \\ 0 & x > 0 \end{cases}$$

同理,可分别建立其它绩效指标属于各类的隶属度函数.把表 2 中的各绩效指标度量值代入到各相应的隶属函数中,就可以求出这些指标对各类绩效分类的隶属度,从而得到 2006 年过去各个月份的模糊关系矩阵,比如 2006 年 1 月的模糊关系矩阵为:

$$R_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{3}{4} & \frac{1}{4} & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \tag{7}$$

由于权向量为 $W=(0.30,0.05,0.08,0.12,0.07,0.02,0.11,0.12,0.03,0.10)$,从而根据模糊综合评估法,计算得:

$$W \cdot R_1 = (0.96,0.04,0,0) \tag{8}$$

于是,根据最大隶属度原则,判定 2006 年 1 月该供应链的绩效为 G1 级,即 1 月的绩效综合评价为优

秀.

同理,对于 2006 年 2~10 月的模糊关系矩阵和运算结果也可以分别求出:

$$W \cdot R_2 = (0.1600, 0.4597, 0.2703, 0.1100)$$

(9)

$$W \cdot R_3 = (0.5412, 0.4478, 0.0110, 0)$$

(10)

$$W \cdot R_4 = (0.0350, 0.1128, 0.2942, 0.5580)$$

(11)

$$W \cdot R_5 = (0.2675, 0.3605, 0.2530, 0.1190)$$

(12)

$$W \cdot R_6 = (0.2266, 0.6424, 0.1310, 0)$$

(13)

$$W \cdot R_7 = (0.0740, 0.3309, 0.4901, 0.1050)$$

(14)

$$W \cdot R_8 = (0.0406, 0.5374, 0.3815, 0.0405)$$

(15)

$$W \cdot R_9 = (0.0598, 0.2643, 0.6759, 0)$$

(16)

$$W \cdot R_{10} = (0.0953, 0.5170, 0.3847, 0.0030)$$

(17)

把绩效模糊综合评估结果列成表的形式,如表 4 所示.

3.2.3 供应链绩效评价结果的 Markov 链预测

在文献[18, 19]中已经说明,供应链动态联盟的运作行为具有随机性,并且其变化态势只与现在某一状态有关,可以用 Markov 链来进行建模和评估,下面利用 Markov 链预测方法来对供应链绩效结果进行预测和分析.

对于表 2 表征的供应链,其状态空间 $E = \{G1, G2, G3, G4\}$,根据表 4 给出的 2006 年 1~10 月间的绩效整体评估结果,可以求出该供应链的状态一步转移概率矩阵 P :

表 4 2006 年 1~10 月某供应链的模糊综合评估结果

月份	类别	月份	类别
1	G1	6	G2
2	G2	7	G3
3	G1	8	G2
4	G4	9	G3
5	G2	10	G2

$$P = \begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{2} & 0 & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

(18)

如果把该供应链动态联盟在 2006 年 10 月的绩效评价结果作为预测基准 $P(0)$,令 $P(0) = (0, 1, 0, 0)$,则应用 Markov 链状态转移法可以预测 2006 年 11 月的绩效评价结果:

$$P(1) = P(0) \cdot P = (0.25, 0.25, 0.50, 0)$$

由此可以预计该供应链 11 月的绩效评价为 G3,即中等.同理,由

$$P(2) = P(1) \cdot P = P(1) \cdot P^2 = (0.0625, 0.6875, 0.1250, 0.1250)$$

可知,该供应链 12 月的绩效评价为 G2,即良好.

由于非周期不可约正常返 Markov 链存在唯一的平稳分布^[18],即极限分布 $\pi, \pi = (\pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4)$,下面来求该 Markov 链的极限分布.

$$(\pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4) = (\pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4) \cdot P$$

(19)

由式(19)可得:

$$\begin{cases} \pi_2 = 4\pi_1 \\ \pi_2 = 2\pi_3 \\ \pi_1 = 2\pi_4 \\ \pi_1 + \pi_2 + \pi_3 + \pi_4 = 1 \end{cases}$$

解上述线性方程组,得到该 Markov 链的均衡状态分布 π^* :

$$(\pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4) = (2/15, 8/15, 4/15, 1/15) = (0.1333, 0.5333, 0.2667, 0.0667)$$

由上述结果可知,该供应链动态联盟的“最终”稳定的绩效评价结果为 G2,即该供应链的长期趋势将

趋向于良好. 若以 2006 年 10 月的绩效评价结果作为基准, 则由 $P(13) = P(0) \cdot P^{13} = P(0) \cdot P^{14} = \dots$ 可知, 系统到达稳定状态的首达时间为 13 个月. 也就是说, 该供应链的综合绩效将在 2007 年 11 月达到极限状态, 从而为决策者供应链管理提供依据.

4 结论及后续研究建议

供应链绩效评价系统利用一个量化的指标体系来度量和评价供应链动态联盟的绩效, 在供应链的日常运营活动和管理中起着核心的作用. 然而, 传统的供应链平衡计分卡方法在考虑供应链系统内部与外部的平衡时, 却忽略了供应商的因素, 同时也没有考虑动态联盟的绩效评价具有的实时性、动态性的特点. 为此, 本文把传统的四维平衡计分卡扩展为五维动态平衡计分卡, 然后运用了层次分析法来分析各绩效指标对于供应链整体绩效评价的权重. 接着, 以某动态联盟的供应链绩效评价为例, 利用模糊综合评估方法计算出供应链在各个历史时期的整体绩效评价结果. 在此基础上, 基于 Markov 链预测理论, 给出了动态供应链未来的绩效评价结果及发展趋势, 为供应链绩效的合理分析和科学决策提供了理论依据. 计算实例表明本文阐述的动态供应链绩效评价模型是合理、有效的. 进一步值得研究的问题有:

1) 供应链动态联盟绩效评价指标体系的构造是绩效评价的基础. 目前, 对于绩效指标的选取还存在一定的争议, 指标的量化或预处理也有待于进一步的研究和深入.

2) 在对供应链绩效进行模糊综合评价时, 构建合理的模糊关系矩阵是关键. 隶属度函数的构造有多种方法, 隶属度函数选取的不同可能导致绩效整体评价结果有所差异, 在使用时应根据实际情况灵活选择.

3) 在利用 Markov 链进行绩效评价预测时, 系统状态一步转移概率矩阵往往用状态转移频率来代替, 为了准确估算一步转移概率矩阵, 需要足够多的历史数据, 也可以通过数理统计分析方法进行参数估计和校验.

参考文献:

- [1] Kaplan R S, Norton D P. The balanced scorecard-measures that drive performance[J]. Harvard Business Review, Jan. — Feb., 1992, 71—79.
- [2] Kaplan R S, Norton D P. Putting the Balanced Scorecard to Work[M]. Harvard Business Review, 1993 (9/10).
- [3] Kaplan R S, Norton D P. Using the Balanced Scorecard as a Strategic Management System[M]. Boston Harvard Business Review, 1996 (3/4).
- [4] Lambert D M, Cooper M C, Pagh J D. Supply chain management: Implementation issues and research opportunities[J]. International Journal of Logistics Management, 1998, 9(2): 1—19.
- [5] 史丽萍, 蔡歆. 平衡计分卡在供应链管理中的应用[J]. 哈尔滨商业大学学报(社会科学版), 2003, (2): 69—70.
Shi L P, Cai X. The application of balanced scorecard measures that drive performance based on the supply chain enterprise[J]. Journal of Harbin University of Commerce (Social Science Edition), 2003, (2): 69—70.
- [6] 孙世敏, 赵希男, 冯淼. 可持续发展的战略绩效评价体系设计[J]. 管理评论, 2004, (6): 59—62.
Sun S M, Zhao X N, Feng M. Strategic performance measurement design of sustainable development[J]. Management Review, 2004, (6): 59—62.
- [7] 孙世敏, 罗娜. 三层六维供应链平衡记分卡体系构建[J]. 东北大学学报, 2005, 7(5): 350—353.
Sun S M, Luo N. Design of supply chain based on balanced scorecard system at three levels in six perspectives[J]. Journal of Northeastern University (Social Science), 2005, 7(5): 350—353.
- [8] Kaplan R S, Norton D P. The Strategy Focused Organization: How Balanced Scorecard Companies Thrive in the New Competitive Environment[M]. Boston, Harvard Business School Press, 2001.
- [9] Brewer P C, Speh T W. Using the balanced scorecard to measure supply chain performance[J]. Journal of Business Logistics, 2000, 21(1).

(下转第 80 页)

- Systems, 2003, 6(3): 235—263.
- [9] Maheswaran R, Basar T. Nash equilibrium and decentralized negotiation in auctioning divisible resources[J]. Group Decision and Negotiation, 2003, 12(5): 361—395.
- [10] 李春林. 基于投标模型的计算网格资源分配的研究[J]. 武汉理工大学学报, 2005, 29(5): 654—658.
Li C L. Bid model-based computational grid resource allocation[J]. Journal of Wuhan University of Technology, 2005, 29(5): 654—658.
- [11] Buyya R, Abramson D, Giddy J, et al. Economic models for resource management and scheduling in grid computing, concurrency and computation[J]. Practice and Experience, 2002, 14(13—15): 1507—1542.
- [12] Wolski R, Plank J, Brevik J, et al. Analyzing market-based resource allocation strategies for the computational grid[J]. International Journal of High-performance Computing Applications, 2001, 15(3): 258—281.
- [13] Zou H B, Jin H, Han Z F, et al. A virtual-service-domain based bidding algorithm for resource discovery in computational grid [C]//Proceedings on the 2005 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence, 2005: 50—53.
- [14] Kakarontzas G, Lalis S. A market-based protocol with leasing support for globally distributed computing[C]//Proceedings of the First IEEE/ACM International Symposium on Cluster Computing and the Grid, 2001: 562—567.
- [15] Buyya R, Murshed M. GridSim: A toolkit for modeling and simulation of grid resource management and scheduling[J]. Journal of Concurrency and Computation: Practice and Experience, 2002, 14(13—15): 1175—1220.
- [16] Sulistio A, Poduval G, Buyya R, et al. Constructing a grid simulation with differentiated network service using gridSim [C]//Proceedings of the 6th International Conference on Internet Computing, 2005: 437—444.

(上接第 64 页)

- [10] 霍佳震, 隋明刚, 刘仲英. 集成化供应链整体绩效评价体系构建[J]. 同济大学学报, 2002, 30(4): 495—499.
Huo J Z, Sui M G, Liu Z Y. Construction of integrated supply chain performance measurement system[J]. Journal of Tongji University (Natural Science), 2002, 30(4): 495—499.
- [11] Gijderdrum J, Shah N. A combined optimization and agent²based approach to supply chain modeling and performance assessment [J]. Production Planning and Control, 2001, 12: 81—88.
- [12] Beamon B M. Measuring supply chain performance[J]. International Journal of Operations & Production Management, 1999, 19: 275—292.
- [13] 汪浩, 马达. 层次分析法标度评价与新标度方法[J]. 系统工程理论与实践, 1993, 13(5): 24—26.
Wang H, Ma D. Scale evaluation and new scale methods[J]. Systems Engineering — Theory & Practice, 1993, 13(5): 24—26.
- [14] Satty T L. How to make a decision: The analytic hierarchy process[J]. European Journal of Operational Research, 1990.
- [15] 刘普寅, 吴孟达. 模糊理论及其应用[M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 2000.
Liu P Y, Wu M D. Fuzzy Theory and Its Application[M]. Changsha: National University of Defense Technology Press, 2000.
- [16] Nola A D, Sessa S, Pedrycz W, et al. Fuzzy Relation Equations and Their Applications to Knowledge Engineering[M]. Kluwer Academic Publishers, 1989.
- [17] Bolch G, Greiner S, Meer H D, et al. Queuing Networks and Markov Chains — Modeling and Performance Evaluation with Computer Science Applications (2nd Edition)[M]. A John Wiley & Sons, Inc. Publication, 2006.
- [18] Nagatani, Helbing D. Stability analysis and stabilization strategies for linear supply chains[J]. Physica A, 2004, 35(3—4): 644—660.
- [19] 张炜, 林杰. 动态条件下的供应链平稳性分析[J]. 计算机集成制造系统, 2006, 12(1): 123—126.
Zhang W, Lin J. Analysis on stability of dynamic supply chain[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2006, 12(1): 123—126.