

物流服务供应链绩效动态评价研究

陈 虎^{1,2}

(1. 西南交通大学 交通运输与物流学院, 成都 614202; 2. 攀枝花学院 经济与管理学院, 四川 攀枝花 617000)

摘 要: 针对动态变化的物流服务供应链状态,设计改进型 QFD 模型,利用模糊评估法对不同历史时期物流服务供应链绩效进行评价;利用前期评价结果,应用 Markov 预测方法对未来物流服务供应链进行预测,以达到更好控制绩效的目的。最后,结合算例对该动态绩效评价模型进行验证分析。

关键词: 质量功能配置(QFD)模型; 模糊评估; 马尔可夫预测; 动态绩效评价

中图分类号: TP391 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3695(2012)04-1241-04

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2012.04.011

Research on dynamic performance evaluation of logistics service supply chain

CHEN Hu^{1,2}

(1. School of Traffic & Logistics, Southwest Jiaotong University, Chengdu 614202, China; 2. College of Economics & Management, Panzhihua University, Panzhihua Sichuan 617000, China)

Abstract: According to the dynamic changes of logistics service supply chain, this paper designed an improved model. It used the fuzzy evaluation method to calculate the performance of logistics service supply chain in the different historical period. Based on the conclusion, this paper used Markov method for predicting the future development trend in logistics service supply chain performance. With the presented calculation example, this paper validated and analyzed the dynamic performance evaluation model.

Key words: QFD model; fuzzy evaluation; Markov forecast; dynamic performance evaluation

0 引言

物流服务供应链是以物流服务集成商为核心,依靠先进的信息技术整合物流服务资源,为物流需求方提供个性化、集成化和网络化的物流服务,为制造供应链提供物流服务的一种新型供应链。随着经济全球化的发展,市场竞争日益激烈,顾客需求也呈多样化发展趋势,社会需求的不确定性大大增强,现代企业的竞争已经超越了单独企业之间的竞争,如何让整条供应链上的企业新的环境中取得竞争优势成为企业和学者研究的焦点。

面对竞争日益激烈的环境,只有通过对供应链绩效进行严格的核算和有效的评价,才能为企业管理决策提供可靠的依据,使企业资源和社会资源得到合理有效的配置,帮助企业成功执行策略,以获得竞争优势。然而,传统的绩效评价方法大多属于静态评价,忽视了供应链动态发展过程中的随机性和不确定性。因此,如何选择科学合理的评价方法已经成为供应链研究亟待解决的问题。

目前,对制造供应链绩效评价的研究比较多,主要集中在构建科学的评价指标体系和选择合理的评价方法方面。在评价指标方面,叶飞等人^[1]将评价指标分为供应链内部评价指标、外部评价指标和综合评价指标;Martina 等人^[2]归纳了供应链绩效指标应具有的共同特征:广泛性、通用性、可测性和一致性;Gunasekaran^[3]提出从资源、产出和柔性三个方面对供应链进行测量和评估;Mallik 等人^[4]认为对供应链绩效评价应该从战略、战术和运作层面分析,并考虑计划、资源、制造和交货因

素;马士华等人^[5]构建集成化供应链整体绩效评价体系,认为供应链绩效应包括顾客价值和供应链价值两方面内容。在评价方法方面,郭梅等人^[6]应用模糊粗糙集对物流服务供应链绩效展开了研究;Kumara 等人^[7]利用模糊理论和层次分析法对供应链绩效评价和供应商选择进行了研究;Hanna 等人^[8]提出平衡计分卡方法从客户、流程、改进和财务四个角度对供应链绩效评价进行研究;赵丽娟等人^[9]提出利用模糊综合评价法研究绿色供应链绩效。由于物流服务供应链研究比较晚,只有少量的文献研究了物流服务供应商选择问题^[10],而对于物流服务供应链绩效研究则鲜有见到。

构建供应链绩效评价指标体系方面的研究虽然比较多,但大多数评价指标体系不够科学全面,而且指标体系只考虑了供应链自身的因素,忽略了顾客需求对评价指标的影响。在研究方法方面,主要集中在 ABC 成本法、线性规划方法、层次分析法(AHP)、模糊综合评判法、神经网络法、TOPSIS 法、数据包络分析(DEA)、主成分分析法、灰色综合评价法以及这些方法的集成应用法等,这些方法对供应链绩效只是静态评价,不能用于预测供应链预期发展趋势。

综上所述,已有研究文献在供应链绩效评价方面存在诸多不足,本文提出采用模糊评估和 Markov 预测研究物流服务供应链动态绩效。首先,通过改进产品质量功能配置(QFD)模型,考虑顾客需求对物流服务供应链绩效评价的影响,构建改进型 QFD 模型、计算评价指标权重,利用模糊评估对不同历史时期物流服务供应链绩效进行评价;其次,结合历史评价结果,基于 Markov 链预测理论预测物流服务供应链状态发展

收稿日期: 2011-07-18; 修回日期: 2011-08-23

作者简介: 陈虎(1963-),男,四川简阳人,副教授,博士研究生,主要研究方向为物流工程(schchenhu@163.com)。

趋势,并给出物流服务供应链绩效改进方向;最后,结合算例对本文的研究结论进行检验分析。

1 绩效评价指标体系构建

1.1 物流服务供应链结构

物流服务供应链是围绕核心物流企业,利用现代信息技术将传统仓储、货运、包装等简单增值服务的功能型供应商进行整合,形成包括物流采购、运输、仓储、包装、加工、配送等到最终用户的整体功能网链结构,为产品供应链提供个性化、集成化和网络化的物流服务,其结构如图 1 所示。随着社会分工的进一步发展,物流服务供应链是当今物流产业发展的重要趋势之一。

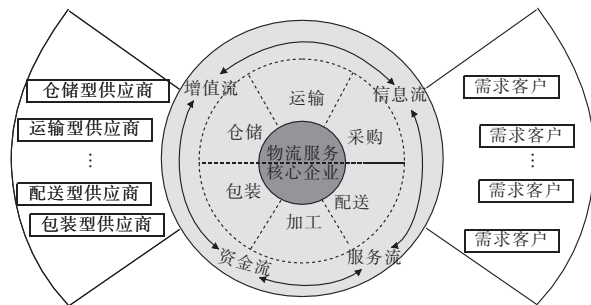


图 1 物流服务供应链结构

物流服务供应链上的核心企业,利用现代信息技术对链上的物流、信息流、资金流等进行控制,实现用户价值与服务增值的过程。这种管理模式要求链上企业协同作战、共享信息、共担风险、共同决策、互相受益、协同发展。

1.2 物流服务供应链绩效评价指标体系

物流服务供应链动态绩效评价是包含多种因果关系和层次结构的复杂评估过程,如何选取合理的绩效评价指标,构建一个科学、合理的评价体系是关键。国内外学者和研究机构对供应链绩效评价指标的设置提出了各自观点,如供应链权威研究机构 PRTM^[11]在 SCOR(supply chain operations reference)模型中提出了度量供应链绩效的 11 项指标;Gunasekaran 等人^[12]从战略、战术、运作三个方面建立了供应链绩效评价体系;霍佳震^[13]从顾客价值(顾客满意度)、集成供应链价值(集成供应链绩效财务指标、总成本、产出指标)对集成供应链绩效进行了评价。

已有供应链绩效评价指标主要是针对以制造企业为主导的供应链设置的,而物流服务供应链以核心物流供应商为主导,其绩效水平的高低取决于各个物流服务供应商之间的合作关系、物流能力的高低及其与环境之间的适应度等因素。在考虑供应链整体绩效的基础上,本文围绕物流服务能力、物流服务质量、协同发展能力和社会影响力四个方面,提出了一套适合物流服务供应链模式特性的评价指标体系,如图 2 所示。其中,功能资源运作能力主要是指物流服务供应链运输、仓储、配送、装卸、流通加工等物流运作能力;履行服务承诺能力主要是指仓储、运输、包装等事项物流服务中指标承诺的履行能力;服务响应能力主要是指物流服务订单处理能力、订单处理周期时间及处理投诉的及时性;供应链盈利能力主要是指物流服务供应链获利情况、利益分配和资金周转等;物流服务可靠性主要是指物流服务过程中的完好率、准时率和准确送达率等;物流服务柔性主要是指适应变化需求的能力;员工的专业化程度主

要是员工的学历和人才层次;服务过程控制能力主要是指物流服务的突发应急能力及服务的监控、跟踪等能力;企业合作信任度主要是指物流服务供应链上企业间相互的信任合作程度;物流资源整合能力主要是指核心物流企业对物流资源的整合能力;服务市场占有率主要是指物流服务的范围和网络;核心企业的影响力主要是指核心企业塑造能力、品牌影响和企业社会信誉等。

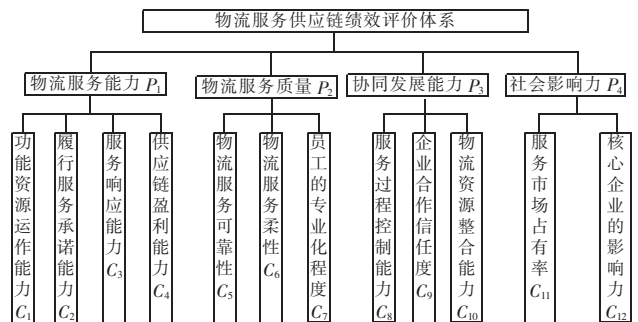


图 2 物流服务供应链评价指标体系

2 建立物流服务供应链动态评价模型

2.1 改进型 QFD 模型

质量功能配置(quality function deployment, QFD)最初作为测量顾客需求的产品开发工具,通过矩阵的形式表达顾客需求和产品设计指标间的关系,并对关联关系进行量化,确定顾客需求的关键指标,从而设计满足顾客需求的产品。本文用物流服务供应链评价指标替换质量功能配置中技术需求,根据物流服务供应链绩效评价的需要,对质量功能配置进行重构,从而得到改进型 QFD 评价模型,如图 3 所示。

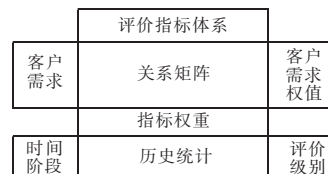


图 3 改进型 QFD 模型

关系矩阵中元素表示评价指标与客户需求之间的关系,其值大小代表关系的强和弱。本文采取对比评分的方式(10 分制),由专门的评价小组对供应链按评价指标体系进行评分。

客户需求指标的获取是构建 QFD 模型的关键,本文在深入分析文献和实地调查的基础上,整理归纳常用的制造企业物流需求展开表,如图 4 所示。

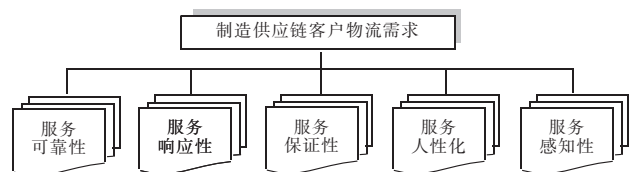


图 4 客户物流需求展开表

其中,服务可靠性是指准确履行物流服务承诺的能力;服务响应性是指为顾客提供方便快捷的服务;服务保证性是指顾客对所提供服务的信赖程度;服务人性化是指提供人性化服务,关心顾客心理感受;服务感知性是指物流服务对顾客留下的印象。

a) 构建关系矩阵。根据客户需求与物流服务供应链绩效评价的关系构建关系矩阵。在此采用 10 分制对评价指标

与客户需求之间的相关关系进行打分,记为 $L = (l_{ij})$, 其中, l_{ij} 表示评价指标 j 与客户需求 i 之间关系的量化值。

b) 计算客户需求指标权重。由专家对客户需求指标进行评分,利用 AHP 方法计算各指标的权重,并作归一化处理,记为 θ_i 。

c) 计算供应链绩效评价指标权重。利用 QFD 建立的关系矩阵,将客户需求权重与关系矩阵中的关系数值相乘,计算各个指标的权重:

$$p_j' = \sum_i \theta_i l_{ij} \quad (1)$$

并作归一化处理:

$$p_j = \frac{p_j'}{\sum_j p_j'} \quad (2)$$

2.2 模糊评估法

模糊评估法是在不确定环境下,利用模糊理论进行多种因素作综合评价和决策的方法,其数学模型如下:记 $C = \{C_1, C_2, \dots, C_l\}$ 为 l 个评估项的集合, $E = (e_1, e_2, \dots, e_m)$ 为每个评估项的所有可能评估结果,则对于每个评估项 C_i 可建立一个模糊子集 e_i 。记 $d_{ki} = e_i | C_k$ 表示 C_k 对于 e_i 的隶属度。由此,计算每个评估项的隶属度,建立模糊关系矩阵:

$$D = \begin{pmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1m} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ d_{l1} & d_{l2} & \dots & d_{lm} \end{pmatrix} \quad (3)$$

结合物流服务供应链绩效评价指标权重,计算模糊综合评估结果:

$$R = P \times D = (p_1, p_2, \dots, p_l) \times \begin{pmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1m} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ d_{l1} & d_{l2} & \dots & d_{lm} \end{pmatrix} = (\partial_1, \partial_2, \dots, \partial_m) \quad (4)$$

在此,采用最大隶属度原则进行单值化处理。

2.3 Markov 绩效预测模型

物流服务供应链的发展并不是稳定不变的,其链上企业的稳定性和外部环境的扰动都会影响供应链的状态,而这种状态的变化具有随机性行为,其变化趋势与现在的状态有关^[14]。因此,可以运用 Markov 链理论来研究物流服务供应链发展变化趋势,并对未来的物流服务供应链运作绩效进行预测,用于为供应链管理决策提供参考。假设 Markov 链 $X_0, X_1, \dots, X_n$, $\dots$ 在有限状态空间 $E = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$ 下,则状态转移概率矩阵为

$$W = \begin{pmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1m} \\ w_{21} & w_{22} & \dots & w_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ w_{m1} & w_{m2} & \dots & w_{mm} \end{pmatrix} \quad (5)$$

其中: $w_{ij} = t_{ij}/t_i$, t_{ij} 表示在 t 时间阶段到 $t+1$ 时间阶段 Markov 链由状态 i 转换到状态 j 的样本数, $t_i = \sum_{j=1}^m t_{ij}$ 。

假设初始状态为 $W(0) = (w_{e_1}(0), w_{e_2}(0), \dots, w_{e_m}(0))$, 经状态转移矩阵 W 转移一步,其状态转移的矩阵表示为

$$W(1) = W(0)W \quad (6)$$

其处于状态 e_j 的概率为

$$w_{e_j}(1) = \sum_i w_{e_i}(0)w_{ij} \quad (7)$$

这样经过 n 步转移后,系统状态概率为

$$W(n) = W(n-1)W = W(n-2)WW = \dots = W(0)W^n \quad (8)$$

式(8)即为 Markov 预测模型。

3 算例分析

本文以成都市某第三方物流公司为核心的汽车物流服务供应链为例,根据构建的评价指标体系和动态绩效评价模型,对其预期物流服务绩效进行评价和预测分析。

1) 计算评价指标权重

采用调查和专家打分的方式以服务可靠性、服务响应性、服务保证性、服务人性化和服务感知性对制造供应链中客户需求的重要性进行打分,利用 AHP 法计算其权重,得 $\theta = (0.22, 0.25, 0.17, 0.17, 0.19)$ 。

由于立场不同对关系矩阵的构建会产生差异,在此分别在顾客领域、专家领域和核心企业物流部选取决策者,对顾客需求和评价指标关系进行打分,并分别赋予 0.3、0.5 和 0.2 的权重,构建关系矩阵,处理后的关系矩阵如表 1 所示。

表 1 客户需求与评价指标的关系矩阵

评价指标	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}
服务可靠性	9	9.5	8	5	10	6	3	8	7	6.5	8	7
服务响应性	8.5	7.5	10	4	9	9	3	6	5	5	6	6.5
服务保证性	9.5	9.5	8	5	8	7	2	6.5	8	5	5	6
服务人性化	4	5	2	2	4	2	4	3	3	2	7	5
服务感知性	5	5	2	1	3	3	5	2	4	3	6	7

由式(1)计算评价指标权重:

$$p' = (7.350, 7.380, 6.34, 3.48, 7.06, 5.67, 3.38, 5.255, 5.42, 4.440, 7.16, 7.065)$$

由式(2)作归一化处理:

$$p = (0.1050, 0.1054, 0.0906, 0.0497, 0.1009, 0.0810, 0.0483, 0.0751, 0.0774, 0.0634, 0.1023, 0.1009)$$

2) 物流服务供应链绩效评价等级

在本文构建的物流服务供应链评价指标体系下,统计某汽车物流服务供应链在 2011 年 1~7 月的历史数据,如表 2 所示。

表 2 某汽车物流服务供应链 2011 年 1~7 月份指标绩效数据

时间	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}
1月	66	89	6	14	86	61	17	59	59	59	15	52
2月	78	80	2	14	94	68	45	66	74	74	14	64
3月	86	92	5	16	93	84	18	63	71	71	16	60
4月	75	71	2	13	84	57	25	61	64	64	13	63
5月	83	94	3	9	95	80	30	72	63	63	15	65
6月	67	90	3	16	96	85	24	64	71	71	18	67
7月	80	85	4	15	92	78	21	68	62	61	16	63

其中,功能资源运作能力 C_1 、物流服务柔性 C_6 、服务过程控制能力 C_8 、企业合作信任度 C_9 、物流资源整合能力 C_{10} 、核心企业的影响力 C_{12} 采取百分制的评分标准进行数据统计;服务响应能力 C_3 是根据物流服务响应时间进行数据统计,以天为单位;履行服务承诺能力 C_2 、供应链盈利能力 C_4 、物流服务可靠性 C_5 、员工的专业化程度 C_7 、服务市场占有率 C_{11} 以百分比进行数据统计。

根据物流服务供应链运作管理水平,把评价指标划分为四个等级,分别记为 A、B、C、D,对应物流服务供应链绩效运作的优、良、中、差,具体划分依据如表 3 所示。

表 3 供应链绩效分级标准

评价指标	A	B	C	D
C_1	[80,100]	[70,79]	[60,69]	[0,59]
C_2	[90,100]	[80,89]	[70,79]	[0,69]
C_3	[0,2]	[3,4]	[5,6]	[7,30]
C_4	[16,100]	[14,15]	[12,13]	[0,11]
C_5	[90,100]	[85,89]	[80,84]	[0,79]
C_6	[80,100]	[70,79]	[60,69]	[0,59]
C_7	[40,100]	[30,39]	[20,29]	[0,19]
C_8	[70,100]	[65,69]	[60,64]	[0,59]
C_9	[80,100]	[70,79]	[60,69]	[0,59]
C_{10}	[80,100]	[70,79]	[60,69]	[0,59]
C_{11}	[20,100]	[15,19]	[10,15]	[0,9]
C_{12}	[70,100]	[65,69]	[60,64]	[0,59]

单因素评价取决于评价集上的隶属度,下面根据表 3 的分类标准,建立评价指标 C_1 的各类隶属度函数。

$$f_A^{C_1} = \begin{cases} 1 & x \geq 80 \\ (x-70)/10 & 70 \leq x \leq 79 \\ 0 & x \leq 69 \end{cases} \quad f_B^{C_1} = \begin{cases} 0 & x \geq 80 \\ 1 & 70 \leq x \leq 79 \\ (x-60)/10 & 60 \leq x \leq 69 \\ 0 & x \leq 59 \end{cases}$$

$$f_C^{C_1} = \begin{cases} 0 & x \geq 70 \\ 1 & 60 \leq x \leq 69 \\ x/60 & 0 \leq x \leq 59 \\ 0 & x < 0 \end{cases} \quad f_D^{C_1} = \begin{cases} 0 & x \geq 60 \\ 1 & 0 \leq x \leq 59 \\ (x+59)/60 & -59 \leq x < 0 \end{cases}$$

其他指标隶属度函数依此类推。把表 2 中各评价指标统计数据代入相应的隶属度函数中,计算评价指标对各类绩效分类的隶属度。现建立 2011 年 1 月份的模糊关系矩阵为

$$D_1 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 14/29 & 15/29 \\ 0 & 0 & 32/67 & 35/67 \\ 1/3 & 2/3 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 3/8 & 5/8 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 19/39 & 20/39 \\ 0 & 0 & 17/37 & 20/37 \\ 0 & 0 & 59/119 & 60/119 \\ 0 & 0 & 11/23 & 12/23 \\ 0 & 0 & 4/9 & 5/9 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 13/28 & 15/28 \end{pmatrix}$$

从而可以根据式(4)计算 1 月份综合评估向量为

$$R_1 = P \times D_1 = (0.068, 0.2755, 0.3119, 0.3446)$$

根据最大隶属度原则,可以得出 2011 年 1 月份某汽车物流服务供应链绩效为 D 级,即综合评价为差。依此类推 $R_2 = P \times D_2 = (0.1598, 0.4203, 0.3688, 0.0512)$, $R_3 = P \times D_3 = (0.4719, 0.2415, 0.2613, 0.0254)$, $R_4 = P \times D_4 = (0.1514, 0.1216, 0.3392, 0.3878)$, $R_5 = P \times D_5 = (0.2942, 0.3213, 0.3575, 0.0271)$, $R_6 = P \times D_6 = (0.6234, 0.1449, 0.1932, 0.0385)$, $R_7 = P \times D_7 = (0.3689, 0.3889, 0.2027, 0.0395)$ 。

2011 年 1~7 月份物流服务供应链绩效评价等级结果如表 4 所示。

表 4 2011 年 1~7 月供应链绩效评价等级

月份	1	2	3	4	5	6	7
评价级别	D	B	A	D	C	A	B

3) 物流服务供应链绩效评价预测

由于物流服务供应链的运作具有随机性,其变化趋势与现在的状态有关。下面利用 Markov 链来预测 2011 年 8~12 月供应链的绩效评价。

根据表 4 中 2011 年 1~7 月份某汽车物流服务供应链绩效评价等级,可以得出供应链状态的转移概率矩阵为

$$W = \begin{pmatrix} 0 & 1/2 & 0 & 1/2 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/2 & 1/2 & 0 \end{pmatrix}$$

由于供应链运作具有连续性,在此基于 2011 年 7 月份的绩效综合评价结果,应用 Markov 链状态转移法预测 2011 年 8 月份的绩效评价结果:

$$R_8 = R_7 \times W = (0.5916, 0.2042, 0.0197, 0.1845)$$

由最大隶属度原则可以确定 2011 年 8 月份某汽车物流服务供应链绩效评价为 A 级。同理,可预测 2011 年 9~12 月份某汽车物流服务供应链绩效评价等级,如表 5 所示。

表 5 2011 年 8~12 月供应链绩效评价等级

月份	8	9	10	11	12
评价级别	A	B	A	A	B

结合绩效综合评价预测结果,物流服务供应链决策者可以针对不同绩效级别制定物流服务供应链的整改措施,为物流服务供应链的稳定发展提供帮助,如表 6 所示。

表 6 物流服务供应链不同绩效等级别的改进措施

等级	运行状态	改善措施
A	优	继续保持原有供应链,但要随着市场变化而变化
B	良	学习借鉴优秀物流服务供应链,改进不足部分
C	中	进行市场调查,选择关键环节对物流服务供应链进行整改
D	差	全面检查企业实施供应链管理的过程,咨询有关专家,整改供应链

4 结束语

供应链绩效评价是衡量供应链目标的实现程度,为决策者提供经营决策支持,具有重要的意义。本文对物流服务供应链动态绩效评价进行了研究,得出如下结论:

- 利用改进型 QFD 模型研究物流服务供应链绩效评价指标权重的计算方法,改进了 AHP 方法单纯依靠专家打分的主观影响,在权重计算中充分考虑客户需求对物流服务供应链绩效评价的重要性。
- 结合物流服务供应链的运作水平,制定合理的评价指标评估分级标准,设计不同指标的隶属度函数,建立各历史时期物流服务供应链绩效评价的模糊关系矩阵,利用模糊评估法计算物流服务供应链在不同历史时期的绩效综合评价等级。
- 利用 Markov 链预测理论对物流服务供应链预期绩效进行评价,并给出不同绩效级别物流服务供应链的改进措施,为决策提供理论支持。

参考文献:

- 叶飞,徐学军. 动态联盟的绩效评价指标体系及其评价方法[J]. 系统工程理论与实践,2000(9):117-119.
- MARTINA J H, GRBAC B. Using supply chain management to leverage a firm's market orientation[J]. Industrial Marketing Management,2003,32(1):25-38.
- GUNASEKARAN A. Supply chain management: theory and applications[J]. European Journal of Operational Research,2004,159(2):265-268.
- MALLIK S, HARKER P T. Coordinating supply chains with competition: capacity allocation in semiconductor manufacturing[J]. European Journal of Operational Research,2004,159(2):330-347.
- 马士华,陈铁巍. 基于供应链的物流服务能力构成要素及评价方法研究[J]. 计算机集成制造系统,2007,15(4):744-750.

(下转第 1278 页)

$O(n^3)$, 因此该算法训练效率最低。

b) FVI-SVM 和 VI-SVM 训练时间较低, 这主要是因为仅将增量训练集中违反 KKT 条件的文本特征向量加入当前训练集。虽然可能损失部分支持向量, 但绝大多数非支持向量没有被加入当前训练集, 因此算法分类效率比 I-SVM 高。

c) VI-SVM 的训练效率低于 FVI-SVM, 这主要是因为冗余支持向量的存在, 导致增量学习训练效率下降。

图 3 比较了 I-SVM、VI-SVM 和 FVI-SVM 之间的支持向量数目, 从图中可以看出:

a) I-SVM 的支持向量数目高于 VI-SVM 和 FVI-SVM, 这主要是因为后者在增量学习过程中, 仅把违反 KKT 条件的文本特征向量加入当前训练集, 损失掉了部分支持向量。

b) FVI-SVM 在后续增量学习过程中, 支持向量数目保持在平稳状态, 这主要是因为该算法修剪支持向量, 控制了支持向量规模。

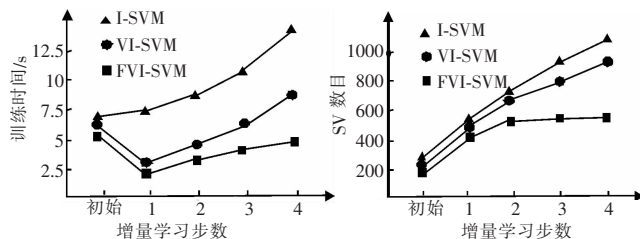


图 2 I-SVM、VI-SVM 和 FVI-SVM 训练效率比较

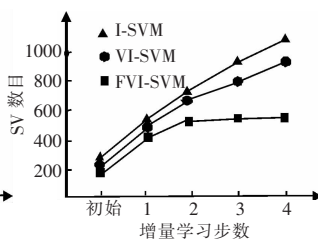


图 3 I-SVM、VI-SVM 和 FVI-SVM 中支持向量数目比较

5.2.2 分类性能比较

图 4 比较了 I-SVM、VI-SVM 和 FVI-SVM 之间的分类效率比较。从图中可以看出:

a) 随着增量学习的进行, I-SVM 和 VI-SVM 的分类时间持续增加, 这主要是因为 SVM 分类过程中, 每个测试文本特征向量都需要与全部支持向量进行点积运算。随着增量学习的进行, 支持向量规模越来越大, 因此分类效率越来越低。

b) FVI-SVM 可以保持平稳的分类效率, 这主要是因为该算法修剪支持向量, 控制了支持向量规模。

图 5 比较了 I-SVM、VI-SVM 和 FVI-SVM 之间的分类精度。从图中可以看出:

a) I-SVM 的分类精度高于 VI-SVM 和 FVI-SVM, 这主要是因为 I-SVM 在增量学习过程中基本没有支持向量损失, 而 VI-SVM 和 FVI-SVM 仅将违反 KKT 条件的特征向量加入当前训练集, 有支持向量损失。

b) 随着增量学习的进行, I-SVM、VI-SVM 和 FVI-SVM 的分类精度不断提高, 这主要是因为增量学习过程中, 随着增

量训练集的不断加入, 分类信息不断得到完善。

c) FVI-SVM 的分类精度低于 VI-SVM, 这主要是因为采用修剪冗余支持向量会导致最优分类超平面发生微量偏移。

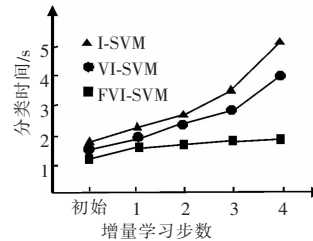


图 4 I-SVM、VI-SVM 和 FVI-SVM 中分类效率比较

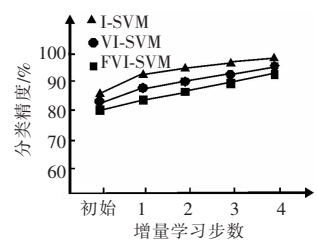


图 5 I-SVM、VI-SVM 和 FVI-SVM 之间的分类精度比较

6 结束语

FVI-SVM 将不违反 KKT 条件的增量文本特征向量剔除并通过 SNN 相似度剪除冗余支持向量, 降低了历史训练集和当前训练集的规模, 提高了增量学习的训练和分类效率, 解决了由于 I-SVM 中缺乏增量训练集淘汰机制和冗余支持向量存在而导致训练效率以及分类效率下降的问题。实验表明 FVI-SVM 的训练效率和分类效率高于 I-SVM, 并且随着增量学习的进行保持相对稳定。然而随着增量学习的进行, 可能会产生不平衡分类问题, 这是需要进一步解决的问题。

参考文献:

- [1] PRONOBIS A, LUO Jie, CAPUTO B. The more you learn, the less you store: memory-controlled incremental SVM for visual place recognition [J]. *Image and Vision Computing*, 2010, 28(7): 1080-1097.
- [2] DUAN Hua, SHAO Xiao-jian, HOU Wei-zhen, et al. An incremental learning algorithm for Lagrangian support vector machines [J]. *Pattern Recognition Letters*, 2009, 30(15): 1384-1391.
- [3] 吴崇明, 王晓丹, 白冬婴, 等. 基于类边界壳向量的快速 SVM 增量学习算法 [J]. *计算机工程与应用*, 2010, 46(23): 185-187, 248.
- [4] YI Yang, WU Jian-sheng, XU Wei. Incremental SVM based on reserved set for network intrusion detection [J]. *Experts Systems with Applications*, 2011, 38(6): 7698-7707.
- [5] SALTON G, WONG A, YANG C S. A vector space model for automatic indexing [J]. *Communication of the ACM*, 1975, 18(11): 613-620.
- [6] NGUYEN D, HO T B. A bottom-up method for simplifying support vector solutions [J]. *IEEE Trans on Neural Networks*, 2006, 17(3): 792-796.

(上接第 1244 页)

- [6] 郭梅, 朱金福. 基于模糊粗糙集的物流服务供应链绩效评价 [J]. *系统工程*, 2007(7): 48-52.
- [7] KUMARA M, VRATB P, SHANKAR R. A fuzzy goal programming approach for vendor selection problem in a supply chain [J]. *Computers & Industrial Engineering*, 2004, 46(3): 69-85.
- [8] HANNE N. The balanced scorecard: what is the score? A rhetorical analysis of the balanced scorecard [J]. *Organizations and Society*, 2003, 28(6): 591-619.
- [9] 赵丽娟, 罗兵. 绿色供应链中环境管理绩效模糊综合评价 [J]. *重庆大学学报*, 2003, 26(11): 155-158.
- [10] 吴隽, 王兰义, 李一军. 基于模糊质量功能展开的物流服务供应商

选择研究 [J]. *中国软科学*, 2010(3): 145-151.

- [11] PRTM. SCOR model [EB/OL]. (2002-09-10). <http://www.ie.utoronto.ca/EIL/profiles/rune>.
- [12] GUNASEKARAN A, PATEL C, McCRAUGHEY R E. A framework for supply chain performance measurement [J]. *International Journal of Production Economics*, 2004, 87(3): 333-347.
- [13] 霍佳震. 企业评价创新——集成化供应链绩效及其评价 [M]. 石家庄: 河北人民出版社, 2001.
- [14] BOLCH G, GREINER S, MEE H D, et al. *Queueing networks and Markov chains: modeling and performance evaluation with computer science applications* [M]. 2nd ed. New York: Wiley-Interscience, 2006.