

基于证据理论的战时军械维修器材供应链性能评价*

左振宇,江红莉,叶春华
(东南大学 经济管理学院,江苏 南京 211189)

摘要:在一般供应链性能评价指标体系的基础上,结合现代战争中军械维修器材供应链的特点,从资源、输出和柔性三个角度构建了战时军械维修器材供应链性能评价的指标体系。考虑到战争环境下信息的模糊性和不确定性,建立了战时军械维修器材供应链性能评价的证据理论模型。以某战时军械维修器材供应链为例,基于构建的战时军械维修器材供应链性能评价指标体系和模型进行案例研究。结果表明,基于证据理论构建的战时军械维修器材供应链性能评价模型是可行的,有效的。

关键词:战时军械维修器材;供应链性能;证据理论

中图分类号:TH16 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-2486(2012)01-0094-06

Performance evaluation of ordnance maintenance equipment supply chain based on evidence theory during wartime

ZUO Zhenyu, JIANG Hongli, YE Chunhua

(School of Economic & Management, Southeast University, Nanjing 211189, China)

Abstract: Based on the common index system of performance evaluation of supply chain and the characteristics of modern warfare ordnance maintenance equipment supply chain, the current study established the index system of performance evaluation of ordnance maintenance equipment supply chain during wartime from source, output and flexibility. Considering the information is fuzzy and uncertain under the environment of war, the evidence theory model was established to evaluate the performance of ordnance maintenance equipment supply chain. Finally, a wartime ordnance maintenance equipment supply chain was explored as a case study, using the index system and the evaluation model which was established earlier to study its performance. The result shows that the performance evaluation model of ordnance maintenance equipment supply chain during wartime is feasible and effective.

Key words: wartime ordnance maintenance equipment; supply chain performance; evidence theory

军械维修器材供应链,是指以军械维修器材保障系统为核心节点,依托连接一体的信息系统,将军械维修器材各级供应商与各级部队(最终用户)连成一个整体的功能网链结构。它不仅是一条连接供应商到用户的物流链、信息链和资金链,而且也是一条增值链,在获取经济效益同时,追求军事效益的最大化^[1]。战时军械维修器材供应链是战争状态下的军械维修器材供应链,具有特殊的军事目标和功能,比平时(非战时)军械维修器材供应链更为复杂,其性能直接影响作战的绩效。提出科学合理的评价指标,采用可操作的评价方法对战时军械维修器材供应链的性能进行评价,不仅对战时军械维修器材供应链的管理具有重要的意义,对平时军械维修器材供应链的管理也具有重要的借鉴作用。

1 供应链性能评价研究现状

供应链的性能管理是指根据供应链管理的目标,确定相应的性能指标,在一定管理方法的指导下,通过对性能指标进行定量和定性分析,对供应链在一定时间段内的运行状况进行有效监控,使供应链业务运作过程中的潜在问题得以及早发现、确定并快速解决。供应链性能管理是供应链的重要部分,直接影响到供应链的应用。设计一套评价供应链性能评价指标体系和方法,对提高供应链的运作效率具有举足轻重的作用。早期关于供应链性能的评价,主要是采用单一指标法,如费用、客户反映指标等,其优点是简单、易操作,缺点是缺乏包容性。鉴于此,许多学者从多方面、多角度解析供应链性能,构建供应链性能评价的

* 收稿日期:2011-07-25

基金项目:国家自然科学基金资助项目(70671025/G0115);教育部人文社科研究项目(09YJA630021)

作者简介:左振宇(1978-),男,湖南邵阳人,博士研究生,E-mail:oasishon001@126.com

多指标综合评价体系,如表1所示。

表1 供应链性能评价指标体系综述
Tab.1 Review of index system of supply chain's performance evaluation

文献	供应链性能
Neely,等 (1995) ^[2]	质量、时间、柔性、费用
Cohen 和 Lee (1998) ^[3]	原材料库存、在制品库存、成品库存、缺货频率、提前期
Beamon (1999) ^[4]	费用、输出、柔性
Christopher (2000) ^[5]	订货周期,订单完成率,配送可靠性
Gunasekarana, 等(2001) ^[6]	计划订单规程,供应链合作者及相关流程,客户服务满意度,生产水平
Gunasekarana, 等(2004) ^[7]	配送,供应链金融及物流成本
Bhagwat 和 Sharma (2007) ^[8]	金融,客户,内部业务,创新和学习
李群明,等 (2003) ^[9]	输入类(总投资、制造成本,等);输出类(产量、销售额,等);资源类(设备利用率、能源消耗量,等);柔性类(销售柔性、付货柔性,等)
张长根,仲伟俊 (2003) ^[10]	资源(分销费用、制造费用、库存费用等);产出(利润、及时供货、客户反应时间,等);柔性(供货量的柔性、供货方式柔性等)

尽管过去的数十年,供应链管理理论和实践取得了快速发展,但是供应链性能评价方法发展却相对缓慢。如 Srinivasan 等^[11]提出了用一种复杂聚类算法把供应链中相同属性单元聚类以简化供应链性能评价的复杂度,不过只考虑了成本性能评价的聚类分析。Reutterer 等^[12]应用相关分析评价不同模式供应链的性能,其缺点是:假定各评价指标独立;当评价指标增多,其组合数将限制其应用。Brewer 和 Speh^[13]、Bhagwat 和 Sharma^[8]采用平衡得分法研究了供应链性能评价问题。考虑到现实问题的复杂性和不确定性,Chan 和 Qi^[14]提出了基于过程的系统评价方法,并将模糊集理论引入过程评价中。军械维修器材供应链是一种特殊的供应链,具备一般供应链的基本要素和特征,但也有其特殊的目标和功能。由于战时环境更为复杂性,不确定性因素更多,不少资料蕴藏的信息呈现模糊性,使得战时军械维修器材供应链性能评价具有不确定性,传统的一些方法可能不再适用。

证据理论是由 Dempster 于 1967 年首先提出的,后来由他的学生 Shafer 在 1976 年出版的专著《证据的数学理论》中正式建立,因此也称作 DS 证据理论。DS 证据理论是解决不确定性问题较为有效的方法,具有以下优点:(1)证据理论对不确定性问题的处理过程更加符合人们的思维方式,可以很好地描述决策问题中的不确定性;(2)证据理论提出比概率要求更低的不确定性度量的信度概念,信度是在客观证据基础上构造出人们对某一命题为真的信任程度;(3)证据理论对“不知性”的表示更为合理,能够对“信息的不完全”、“信息的不精确”和“信息的不肯定”进行合理描述,同时具有综合不同信度函数的 DS 合成公式,可以对决策者的意见进行有效融合^[15]。证据理论在多准则决策^[16-17]等方面得到了很好的应用。目前,尚未见将证据理论引入军械维修器材供应链性能评价研究的文献。本文将针对战时军械维修器材供应链性能评价这一问题,在已有供应链性能评价指标体系基础上,结合现代战争特征,构建军械维修器材供应链性能评价指标,同时针对军械维修器材供应链的性能有不少资料蕴藏的信息呈现模糊性,构建基于证据理论的军械维修器材供应链性能评价方法,并进行实例分析。

2 战时军械维修器材供应链性能评价指标体系的构建

战时军械维修器材供应链管理,就是对军械维修器材从流程上实施供应链管理,其最根本目的就是提高军械维修器材的供应保障能力,目标是圆满完成部队作战任务,即做到将正确的军械维修器材,按照合适的状态与包装,以准确的数量和合理的成本费用,在恰当的时间送到在指定地方确定的作战部队。战时军械维修器材供应链性能关系到供应链管理目标、军事战争目标能否实现。现代战争特别是高技术条件下的局部战争,具有突发性强、目的明确、高强度和作战样式多样性的特点,对装备器材应急保障提出了许多新要求。军械维修器材是装备器材的一种,与非战时供应链(物流)相比,战时军械维修器材供应链(物流)具有以下特征:一是由于战争是军事行动,随着军事行动的开展,作战态势变化对军械维修器材物流的要求提出更高的要求,迫使军械维修器材物流不断进行调整以与之相适应,这就意味着战时军械维修器材供应链必须具有良好的柔性;二是现代战争的时效性,决定了军械维修器材应急保障必须具有很高的快速反应能力,同时,现

代战争的破坏性大、毁灭性强,要求装备器材应急保障必须快速高效^[18],这就意味着战时军械维修器材的输出必须快速、充足;三是战时军械维修器材物流追求的目标是军事效益的最大化,在此基础上再兼顾经济效益。

文献[4]从资源(R)(一般是指费用)、输出(O)(主要是指客户反应)和柔性(F)(供应链对不确定性的反应能力)三个方面构建了一般供应链性能评价的指标体系(ROF),并且这三个方面相互影响。资源指标分为费用和投资回报两类,其中费用指标又分为总费用、分销费用、制造费用和库存。输出指标包括:销售收入、利润、供货率、准时交付(包括:订货产品延迟,订货平均延迟,

订货平均提前,准时交付的百分比)、缺货/延期交货(包括:缺货概率,延期交货数,缺货数,平均延期交货水平)、时间(包括:制造时间,客户响应时间)、投诉(包括:客户投诉率,发货错误数)。柔性指标包括销售柔性、交付柔性、生产柔性和设计柔性等。根据建立供应链性能评价指标体系应满足“广泛性、普遍性、可度量性和一致性”4个基本要求^[9]的原则,借鉴文献[4]的供应链性能评价指标体系,结合战时军械维修器材供应链的特征,从资源、输出和柔性三个方面分别构建战时军械维修器材供应链性能评价的指标体系,如表2所示。

表 2 战时军械维修器材供应链性能评价指标体系

Tab. 2 The index system of performance evaluation of ordnance maintenance equipment supply chain during wartime

一级指标	二级指标	指标说明
资源 P_1 (0.182)	制造费用(0.473) p_{11}	用于军械维修器材制造的费用,包括人力成本、设备成本等与生产制造相关的各种费用
	库存(0.236) p_{12}	军械维修器材库存量
	运输费用(0.187) p_{13}	用于军械维修器材运输的费用
	供应链维持费用(0.104) p_{14}	用于维持一个完整的军械维修器材供应链,用于信息沟通等方面的不属于某个具体生产组织的费用
输出 P_2 (0.467)	器材的立即供给率(0.178) p_{21}	订货被立即交付的比率(反映了库存的多少)
	器材的质量(0.148) p_{22}	作战使用期内的完好率
	客户响应时间(0.251) p_{23}	从接到订单到相应交货的时间
	准时交付的百分比(0.231) p_{24}	订单准时交付或提前交付的百分比
柔性 P_3 (0.351)	供货满足率(0.193) p_{25}	一定时间内,供货数量与订单要求的数量之比
	满足消耗柔性(0.128) p_{31}	对消耗变化时的反应和调整能力
	交付柔性(0.302) p_{32}	对需求变化时产品交付时的反应和调整能力
	协调柔性(0.211) p_{33}	各级供应商之间的协作能力
	制造柔性(0.359) p_{34}	对制造能力变化时的反应和调整能力

注:括号里的数据代表指标的权重。

战时军事效益比经济效益更重要,因此,本文的“资源”子指标,去掉了文献[4]中的“投资回报”,并对文献[4]“费用”的其他子指标也进行了调整。时效性是战时军械维修器材物流的首要要求,因此在文献[4]的“输出”指标中,删去了与经济效益相关的指标,重点保留了与质量、时间和数量相关的指标。由于军械维修器材一般是特定特供产品,因此不存在销售柔性和设计柔性的问题,取而代之的是满足消耗柔性和协调柔性,消耗柔性强调的是对消耗变化时的反应和调整能力,协调柔性反映的是各级供应商之间的协作能力。

3 战时军械维修器材供应链性能评价模型的构建

证据理论的基本思想为:对一个判决问题,所能认识到的可能结果用集合 H 表示, H 称为识别框架。如果有一批针对该框架的证据,就可以在框架 H 上产生一个信度函数。信度函数是该批证据作用的结果,它反映了根据该批证据对框架 H 可识别的各个命题所赋予的真值。如果有多批证据同时作用于框架 H ,可以用 Dempster 合成法,则合成依据每批证据所得到的信度函数,该信度函数可以表示以上各批证据的联合作用,反映

真值在某集合中的可能性大小。

基于证据理论的战时军械维修器材供应链性能评价的步骤如下。

步骤 1 评语集和初始信任度

对于战时军械维修器材供应链的性能,假设其评价等级为 $H_q (q = 1, 2, \dots, z)$ 。从实际工作出发,对供应链管理学者和军事专家进行问卷调查,得到战时军械维修器材供应链性能判断的初始信任度 $M''_i(A_i)$ 。

步骤 2 评价指标权重及基本信任度分配

根据前文构建的战时军械维修器材供应链性能评价指标体系可知,供应链性能评价指标体系含有一级指标和二级指标两个层次。由于各个指标对供应链性能所起作用不同,应该首先确定每个指标的权重,本节采用 AHP 确定评价指标的权重,并用 λ_i 表示一级指标 P_i 的权重, λ_{ij} 表示二级指标 p_{ij} 的权重。

通过对各层权重值进行归一化运算,并根据专家对关键指标(称指标中权重最大的指标为关键指标,其他的为非关键指标)的偏好系数 α (一般而言, $0.9 \leq \alpha \leq 1$, 反映了关键指标的重要程度, α 越大,关键指标越重要),则调整后的基本信任度分配函数为

$$M'_i(A_i) = \frac{\lambda_i}{\max(\lambda_i)} \cdot \alpha \cdot M''_i(A_i)$$

或
$$M'_i(A_i) = \frac{\lambda_{ij}}{\max(\lambda_{ij})} \cdot \alpha \cdot M''_i(A_i) \quad (1)$$

步骤 3 子系统因素 DS 合成

假设子系统因素(一级指标) $P_i (i = 1, 2, \dots, r)$ 中包含有因素集 $I(n) = \{ p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{in} \}$, 则用证据理论的结合准则产生综合的集函数,记为 $M^q_{I(n)} = M(H|I(n))$ 和 $M^\theta_{I(n)} = M(H|I(n))$ 。其中, $M^q_{I(n)}$ 表示因素集 $I(n)$ 中所有关于 H_q 的基本概率值, $M^\theta_{I(n)}$ 表示因素集 $I(n)$ 中所有因素完全不确知的基本概率赋值。当 $n = 2$ 时, $I(2) = \{ p_{i1}, p_{i2} \}$ 的综合,由证据理论的结合准则可以得到以下公式:

$$M^q_{I(2)} = K_{I(2)} (M^q_1 M^q_2 + M^q_1 M^q_2 + M^q_1 M^q_2), \quad (q = 1, 2, \dots, z) \quad (2)$$

$$M^\theta_{I(2)} = K_{I(2)} M^\theta_1 M^\theta_2 \quad (3)$$

$$K_{I(2)} = (1 - \sum_{i=1}^z \sum_{q \neq i} M^q_1 M^q_2)^{-1} \quad (4)$$

由于 $M^q_{I(1)} = M^q_1 (q = 1, 2, \dots, z)$, $M^\theta_{I(1)} = M^\theta_1$, 因此,利用与式(2) ~ (4)类似的方法综合可得 $I(m+1) = \{ p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{im}, p_{i(m+1)} \} (m = 1, 2, \dots, z)$ 的递归公式:

$$M^q_{I(m+1)} = K_{I(m+1)} (M^q_{I(m)} M^q_{m+1} + M^q_{I(m)} M^q_{m+1} + M^q_{I(m)} M^q_{m+1}), (q = 1, 2, \dots, z) \quad (5)$$

$$M^\theta_{I(m+1)} = K_{I(m+1)} M^\theta_{I(m)} M^\theta_{m+1} \quad (6)$$

$$K_{I(m+1)} = (1 - \sum_{i=1}^z \sum_{q \neq i} M^q_{I(m)} M^q_{m+1})^{-1} \quad (7)$$

在式(7)中当 $m = n - 1$ 时就得到子系统因素 $P_i (i = 1, 2, \dots, r)$ 中所有底层因素集函数的综合集函数,记此集函数为 M ,则有

$$M(\{ H_q \}) = M^q_{I(n)}, (q = 1, 2, \dots, z) \quad (8)$$

$$M(H) = M^\theta_{I(n)} \quad (9)$$

且 $M(A) = 0, \forall A \neq \{ H_q \}, q = 1, 2, \dots, z, A \neq H$

步骤 4 整个系统 DS 合成

由步骤3的公式综合子系统因素 $P_i (i = 1, 2, \dots, r)$ 的集函数,得到整个系统的集函数,即整个系统在评价集 $H = \{ H_1, H_2, \dots, H_z \} (q = 1, 2, \dots, z)$ 上的可信度分配为 $M^q (q = 1, 2, \dots, z)$ 。

步骤 5 综合评价结果

由公式 $S = \sum_{q=1}^z M^q p(H_q)$ 得出综合可信度(评价值),这个值即为证据推理模型的输出。

4 实例分析

根据 AHP 方法,可得各指标的权重,如表 2 所示。

选取的模糊评语集为 $H = \{ \text{优}(H_1)、\text{良}(H_2)、\text{中}(H_3)、\text{差}(H_4) \}$,其模糊评价值为 $p(H) = \{ p(H_1), p(H_2), p(H_3), p(H_4) \} = \{ 1, 0.8, 0.5, 0.2 \}$ 。

假设决策者的偏好系数 $\alpha = 0.9$,对表中各层指标进行归一化,计算结果为:

第一层指标权重规范化值为 $\lambda = \{ 0.351, 0.9, 0.676 \}$,第二层指标权重规范化值分别为 $\lambda_1 = \{ 0.9, 0.449, 0.356, 0.198 \}$, $\lambda_2 = \{ 0.638, 0.531, 0.9, 0.828, 0.692 \}$, $\lambda_3 = \{ 0.321, 0.757, 0.529, 0.9 \}$ 。

以某军队军械维修器材供应链为例,经过专家讨论后,给出了反映战时军械维修器材供应链性能的二级指标的初始证据可信度,表 3 为二级指标初始证据可信度分配结果。

将表 3 中每行元素乘以每个二级指标所对应的权重,即得基本可信度 $M''_i(A_i)$ 计算结果,如表 4 所示。

依次对表 4 中第二层指标的基本可信度 $M''_i(A_i)$ 进行数据合成,可得到第一层指标的可信度 $M'_i(A_i)$,结果见表 5。

表 3 初始证据可信度 $M'''_i(A_i)$

Tab. 3 Original evidence belief degree $M'''_i(A_i)$

一级指标	P_1				P_2					P_3				
二级指标	p_{11}	p_{12}	p_{13}	p_{14}	p_{21}	p_{22}	p_{23}	p_{24}	p_{25}	p_{31}	p_{32}	p_{33}	p_{34}	
初始证据 可信度 $M'''_i(A_i)$	H_1	0.100	0.250	0.200	0.000	0.100	0.200	0.100	0.000	0.000	0.100	0.150	0.300	0.200
	H_2	0.450	0.500	0.400	0.650	0.600	0.700	0.700	0.500	0.550	0.800	0.650	0.400	0.500
	H_3	0.350	0.250	0.400	0.300	0.300	0.100	0.100	0.400	0.450	0.100	0.200	0.250	0.300
	H_4	0.100	0.000	0.000	0.050	0.000	0.000	0.100	0.100	0.000	0.000	0.000	0.050	0.000

表 4 基本可信度 $M''_i(A_i)$ 的计算结果

Tab. 4 The Calculation results of basic evidence belief degree $M''_i(A_i)$

一级指标	P_1				P_2					P_3				
二级指标	p_{11}	p_{12}	p_{13}	p_{14}	p_{21}	p_{22}	p_{23}	p_{24}	p_{25}	p_{31}	p_{32}	p_{33}	p_{34}	
基本 可信度 $M''_i(A_i)$	H_1	0.090	0.112	0.071	0.000	0.064	0.106	0.090	0.000	0.000	0.032	0.114	0.159	0.180
	H_2	0.405	0.225	0.142	0.129	0.383	0.372	0.630	0.414	0.381	0.257	0.492	0.212	0.450
	H_3	0.315	0.112	0.142	0.059	0.191	0.053	0.090	0.331	0.311	0.032	0.151	0.132	0.270
	H_4	0.090	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000	0.090	0.083	0.000	0.000	0.000	0.026	0.000

表 5 第一层指标的可信度 $M'_i(A_i)$

Tab. 5 The first layer index's belief degree $M'_i(A_i)$

一级指标	基本可信度 $M'_i(A_i)$			
	H_1	H_2	H_3	H_4
P_1	0.085	0.502	0.307	0.051
P_2	0.008	0.901	0.079	0.008
P_3	0.106	0.715	0.156	0.001

将表 5 中每行元素乘以每个一级指标所对应的归一化权重,即得基本可信度 $M_i(A_i)$ 计算结果,如表 6 所示。

表 6 第一层指标的基本可信度 $M_i(A_i)$

Tab. 6 The first layer index's basic belief degree $M_i(A_i)$

一级指标	基本可信度 $M_i(A_i)$			
	H_1	H_2	H_3	H_4
P_1	0.030	0.176	0.108	0.018
P_2	0.007	0.811	0.071	0.007
P_3	0.072	0.483	0.105	0.001

将第一层指标基本可信度的结果进行合成运算,可得到军械维修器材供应链性能等级的可信度,如表 7 所示。

表 7 各等级的可信度 $M(A)$

Tab. 7 The belief degree $M(A)$ for every grade

	H_1	H_2	H_3	H_4
$M(A)$	0.012	0.896	0.054	0.003

综合评价结果为

$$S = 0.012 \times 1 + 0.896 \times 0.8 + 0.054 \times 0.5 + 0.003 \times 0.2 = 0.756$$

因为 $0.5 < 0.756 < 0.8$,所以,该军械维修器材供应链在战时的性能等级介于“中”和“良”之间,偏向于“良”。

5 结 论

现代战争特别是高技术条件下的局部战争,具有突发性强、目的明确、高强度和作战样式多样性的特点,对装备器材应急保障提出了许多新要求,尤其是对军械维修器材供应链的性能提出了更高的要求。本文结合现代战争中军械维修器材供应链的特点,借鉴文献[4]的供应链性能评价指标体系,从资源、输出和柔性三个方面构建了战时军械维修器材供应链性能评价的指标体系。以某战时军械维修器材供应链为例,利用证据理论方法进行了评价,评价结果显示该战时军械维修器材供应链的性能等级介于“中”和“良”之间,偏向于“良”。通过该案例研究说明,将证据理论方法应用到战时军械维修器材供应链性能评价中是可行的、有效的。

参考文献 (References)

[1] 何海宁,舒正平. 基于 SCM 的装备维修器材保障模式构想[J]. 装备指挥技术学院学报,2007,18(10):13-18.
HE Haining, SHU Zhengping. Ideas to support mode of

- equipment maintenance apparatus based on SCM [J]. *Journal of the Academy of Equipment Command & Technology*, 2007, 18(10):13-18.
- [2] Neely A, Gregory M, Platts K. Performance measurement system design: a literature review and research agenda [J]. *International Journal of Operations & Production Management*, 1995, 15(4):80-116.
- [3] Cohen M A, Lee H L. Strategic analysis of integrated production-distribution Systems: models and methods [J]. *Operations Research*, 1998, 36(2): 216-244.
- [4] Beamon B M. Measuring supply chain performance [J]. *International Journal of Operations & Production Management*, 1999, 19(3): 275-292.
- [5] Christopher M. The agile supply chain-competing in volatile markets [J]. *Industrial Marketing Management*, 2000, 29(1):37-44.
- [6] Gunasekarana A, Patel C, McGaughey R E. A framework for supply chain performance measurement [J]. *International Journal of Production Economics*, 2004, 87(3): 333-347.
- [7] Gunasekaran A, Patel C, Tirtiroglu E. Performance measures and metrics in a supply chain environment [J]. *International Journal of Production and Operations Management*, 2001, 21(1/2), 71-87.
- [8] Bhagwat R, Sharma M K. Performance measurement of supply chain management: A balanced scorecard approach [J]. *Computers & Industrial Engineering*, 2007, 53(1):43-62.
- [9] 李群明,宋国宁,张士廉. 供应链性能评价指标体系的研究[J]. *中国机械工程*, 2003, 14(10):881-885.
LI Qunming, SONG Guoning, ZHANG Shilian. Performance measuring indicators of supply chains [J]. *China Mechanical Engineering*, 2003, 14(10):881-885.
- [10] 张长根,仲伟俊. 建筑材料供应链性能评估研究[J]. *建筑经济*, 2003(3):29-31.
ZHANG Changgen, ZHONG Weijun. The study of the performance measure for supply chain of construction materials [J]. *Construction Economy*, 2003(3):29-31.
- [11] Srinivasan M, Moon Y B. A comprehensive clustering algorithm for strategic analysis of supply chain networks [J]. *Computers & Industrial Engineering*, 1999, 36(4): 615-633.
- [12] Reutterer T, Herbert W K. The use of conjoint-analysis for measuring preferences in supply chain design [J]. *Industrial Marketing Management*, 2000, 29(1):27-35.
- [13] Brewer P C, Speh T W. Using the balanced scorecard to measure supply chain performance [J]. *Journal of Business Logistics*, 2000, 21(1):75-93.
- [14] Chan F T S, Qi H J. An innovative performance measurement method for supply chain management [J]. *Supply Chain Management: An International Journal*, 2003, 8(3):209-223.
- [15] 王侃. 基于证据理论的移动商务交易风险评估与控制决策研究[D]. 武汉:华中科技大学, 2009.
WANG Kan. Evidence theory based evaluating and controlling mobile commerce transactions Risk [D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2009.
- [16] Hu F H, Jiang J, Liu L, et al. A new multi-perspective framework for multi-attribute decision making [J]. *Expert Systems with Applications*, 2010, 37(12):8575-8582.
- [17] Xu W H, Zhang X Y, Zhong J M, et al. Attribute reduction in ordered information systems based on evidence theory [J]. *Knowledge and Information Systems*, 2010, 25(1): 169-184.
- [18] 唐晋,王云涛,毕晟. 战时装备器材应急保障探析[J]. *物流科技*, 2004(4):80-82.
TANG Jin, WANG Yuntao, BI Cheng. Discussion about wartime arming equipment emergency support [J]. *Logistics Management*, 2004(4):80-82.