

供应链质量绩效动态评价平衡记分卡模型 *

张根保¹, 张淑慧¹, 陈国华^{1,2}, 纪富义¹

(1. 重庆大学 机械工程学院, 重庆 400030; 2. 襄樊学院 机械与汽车工程学院, 湖北 襄樊 441000)

摘要: 为研究供应链质量绩效评价的动态性问题, 提出将传统的四维平衡记分卡扩展为五维平衡记分卡。在此基础上建立了供应链质量绩效评价的五维平衡记分卡模型, 针对此模型构建了一个衡量供应链运行质量的三层量化指标体系, 利用 FAHP 技术进行各绩效指标权重的计算, 且通过分类方法把支持向量机的输入降维, 最后, 结合加权最小二乘支持向量机的预测功能得到整体绩效评估结果, 为供应链的合理分析和决策制定提供依据。

关键词: 供应链绩效; 质量; 平衡记分卡; 最小二乘支持向量机

中图分类号: TP391; F27

文献标志码: A

文章编号: 1001-3695(2011)06-2180-04

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2011.06.049

Supply chain quality performance dynamic evaluation of balanced scorecard model

ZHANG Gen-bao¹, ZHANG Shu-hui¹, CHEN Guo-hua^{1,2}, JI Fu-yi¹

(1. College of Mechanical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China; 2. School of Mechanical & Automotive Engineering, Xiangfan University, Xiangfan Hubei 441000, China)

Abstract: For the dynamic problem of supply chain quality performance evaluation, extended the traditional four balanced scorecard dimension into five. On this basis, established the five balanced scorecard dimension of supply chain, and also established a three-layered of quantitative index system according to this model. Measured then each performance index's value by using the theory of FAHP, meanwhile reduced the number of input of the support vector machine (SVM) by using classification method, finally, got performance evaluation's result by using the weighted least squares support vector machine (WLS-SVM), which supplies evidence to supply chain's reasonable analyzing and decision-making.

Key words: supply chain performance; quality; balanced scorecard; least squares SVM

0 引言

随着市场竞争越来越激烈, 质量问题被越来越多的企业所重视, 成了企业提高核心竞争力的关键因素^[1]。质量绩效评价作为一种不断改进质量, 促进绩效提升的系统管理方法, 其相关理论研究已成为质量研究领域的热点。目前, 对于质量绩效的研究通常是以单个企业为主要研究对象, 但随着大部分零部件向配套企业的转移, 竞争的态势已从最初的产品竞争发展成供应链之间的竞争^[2]。为了提高供应链的竞争能力, 就必须研究供应链的运行质量问题。供应链的质量包括两个方面, 即供应链的运行质量和供应链中的产品质量。产品质量主要是由供应链上的成员共同保证的, 需要结合具体产品阐述; 而运行质量是从整体角度出发, 是整个供应链生存的基础, 单一形式对象研究已不能满足其市场的需要。因此, 以供应链为对象, 采用科学方法评价其运行质量绩效, 成为提高整个供应链中企业竞争力、确保其健康可持续发展的一个有效途径。

现阶段, 对于供应链运行质量绩效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) 以及 Kaplan 等人^[3,4] 的平衡记分卡 (balanced score card), Sink 和 Tuttle 模型等考核体系。其中以 1992 年提出的平衡记分卡评价体系最具代表性, 该体系融财务和非财务指标于一体, 为战略管理提供有力的支持, 其指标体系具有方位化、长期化、及时化、动态化等特点, 逐渐得到广泛的应用。Brewer 等人^[5] 最先将平衡记分卡的平衡设计思想引入到供应链绩效的评价中。史丽萍等人^[6] 提出了平衡记分卡六个方面的指标体系, 不足的是, 这些研究仅仅提出了评价供应链绩效的指标体系框架, 缺少实证数据和缺乏针对性, 而且忽略了在供应链中越来越重要的质量和供应商因素的影响。

本文在前人研究基础上, 基于平衡记分卡的设计原理, 把传统的四维平衡记分卡扩展为五维, 并结合供应链和质量管理的特点, 设计出供应链质量绩效平衡记分卡模型, 然后运用模糊综合评分法计算各绩效指标权重, 最后利用加权最小二乘支持向量机预测出整体质量绩效评价结果, 从而为供应链的合理分析和决策制定提供了依据。

收稿日期: 2010-11-10; **修回日期:** 2010-12-23 **基金项目:** 国家“863”计划资助项目 (2009AA04Z119); 国家自然科学基金资助项目 (50835008); 华中科技大学数字制造国家重点实验室开放基金资助项目

作者简介: 张根保 (1953-), 男, 山西新绛人, 教授、博导, 博士, 主要研究方向为质量管理、企业信息化、零传动机床、先进制造技术等; 张淑慧 (1986-), 女, 河北邢台人, 硕士研究生, 主要研究方向为供应链质量管理 (zhangshuhui11@163.com); 陈国华 (1976-), 男, 湖北黄冈人, 讲师, 博士研究生, 主要研究方向为工业工程、现代质量工程以及供应管理等; 纪富义 (1982-), 男, 山东日照人, 硕士研究生, 主要研究方向为制造质量。

1 平衡记分卡模型设计

1.1 五维平衡记分卡模型框架

平衡记分卡是 Kaplan 等人总结了 12 家大型企业绩效评价体系成功经验的基础上提出的一种新的绩效评价框架。它是从战略角度进行目标分解,在保留传统财务度量方法的同时,引入对未来绩效的驱动因素,强调了对短期和长期目标、财务与非财务目标、滞后和先行目标以及内部与外部等诸方面的统筹兼顾,通过财务、客户、内部业务流程、学习与发展四个各有侧重又相互影响的维度综合评价企业的绩效^[4]。其主要特征是将企业的使命和战略目标转换成一系列的绩效考核标准,指标体系量化。但是,BSC 在内容上还存在一些不足,它更多的是关注企业自身的情况,没有提及最终用户、供应商等对整体绩效有重大影响的利益相关方,而且目标的多元化也使得综合评价存在一定的困难。

平衡记分卡的产生为供应链绩效评价提供了新的思路。但是除了它在内容上的不足外,在应用战略执行和控制中大多数全面质量管理概念在某种程度上是模糊的,而卓越绩效模式作为质量管理中的绩效评价的一种重要工具,两者之间存在着一定的有机联系。卓越绩效模式^[7]是基于大质量的概念,其内涵已由符合标准转变为让顾客满意、顾客忠诚,质量领域扩展到过程、工作和体系的质量,进而是整个运营质量,将质量作为顾客创造价值的核心,而该模式引导企业不仅是在企业自身的效益而且要考虑企业利益相关方及长短期利益的平衡,在一定程度上弥补了平衡记分卡内容上的不足。而且《卓越绩效评价准则》的全面性为 BSC 目标选择量化奠定了基础。但是卓越绩效模式评价实质上是一个专家诊断的过程,对评价人员要求较高,可操作性差。这两种评价模式仅用于单个企业为研究对象,在新的环境下特别是供应链条件下显然不能适应社会的发展。供应链绩效评价不同于一般单个企业之处在于:不仅需要评价供应链节点企业的质量绩效,而且还要考虑该节点企业对于其上层节点企业或对整个供应链的影响。因此,考虑供应链运行特点,结合卓越绩效和 BSC 之间的有机联系,以平衡记分卡为基础,增加供应链上最重要的供应商因素,从客户满意度、供应链内部流程、供应商、经营结果、持续改进五个维度进行阐述,形成适用于动态联盟的质量绩效评价的五维平衡记分卡结构,如图 1 所示。

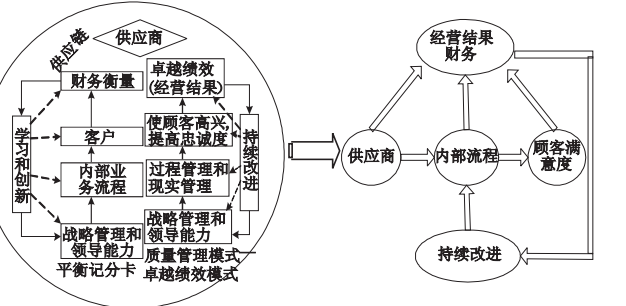


图1 供应链质量绩效五维平衡记分卡模型

供应链质量绩效五维平衡记分卡模型是根据传统 BSC 模型^[8]原理设计而成的,与传统模型相比,主要增加供应商维度,内容上考虑质量因素,并将其应用到供应链环境中。增加供应商维度,使评价模型不仅达到了经营结果(财务)与非经营结果(非财务)间的平衡,更达到了内部与外部的平衡,将其

与供应链上各企业紧密衔接起来。供应商维度考量上游供应商,而顾客维度考量下游销售商或客户,使五维 BSC 模型在供应链的每个组成部分(供应商、核心企业、销售商、客户)都有对应的评价指标。五维平衡记分卡模型使传统 BSC 模型与卓越绩效模式有机结合在一起,全面考虑质量因素,使得评价模型更加全面完整,弥补了传统模型内容上的不足。而且评价过程中对评价人员要求程度不高也改善了传统模型可操作性差的问题。

1.2 平衡记分卡中评价指标的选取

评价指标的选取对于绩效评价有着决定性的影响,它的选择应该达到多面实现均衡,这样才能算得上构建了一个良好的评价指标体系。根据上文的五维平衡记分卡模型,结合《卓越绩效评价准则》,本文从五个方面着手指标选取工作。

供应商方面主要选取准时交货率、产品合格率和供应链柔性等指标来考量供应商的质量绩效。顾客是企业生存的根本,明确如何满足客户的需求才能有效实现整个供应链动态联盟的质量目标,因此,从客户满意度、客户忠诚度及服务水平三方面来体现顾客方面的重要性。业务流程方面主要选取对最终质量绩效目标影响最大的那些业务流程。持续改进方面指标主要来源于人员、组织、系统方面,这些方面的目标揭示了供应链联盟在寻求突破新的质量绩效所需能力与现有能力之间存在的差距。经营结果方面除一些传统指标外主要着重整个供应链的财务状况指标。本文结合实际,遵循科学性、重要性、可比性、可操作性和行业特征性这五个原则,选取 19 个关键指标来构架供应链质量绩效评价体系,如图 2 所示。

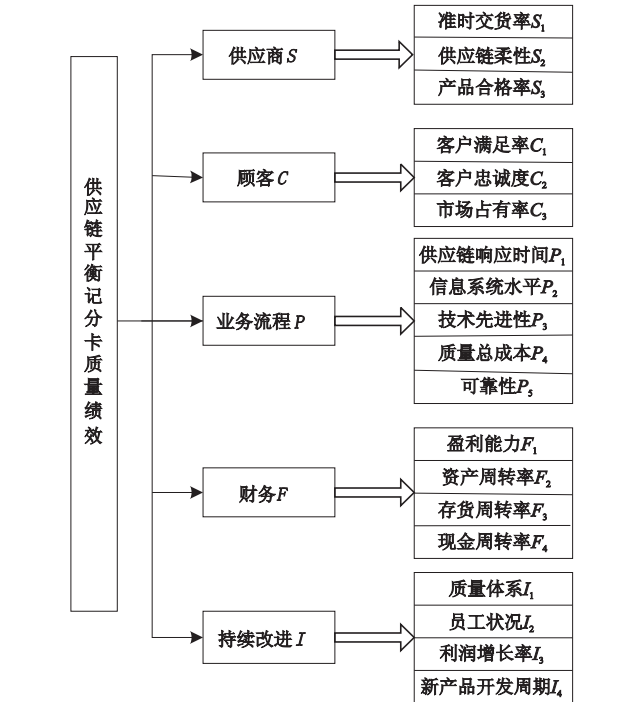


图2 供应链平衡记分卡质量绩效评价指标体系

2 基于模糊评估和 LS-SVM 预测的动态评价方法

2.1 模糊层次分析法

模糊层次分析法(FAHP)是在层次分析法的基础上,鉴于复杂事物判断的模糊性,引入模糊数学中模糊一致矩阵的决策分析方法。

1) 权重的确定

在模糊层次分析中,关键在于建立判断矩阵,即对因素间进行两两比较判断,采用一个因素比另一个因素的重要程度来定量表示,则得到模糊互补判断矩阵 $A = (a_{ij})_{n \times n}$ 。通常采用表 1 中所示的 0.1~0.9 标度法对其相对重要程度进行数量标度,然后由模糊互补判断矩阵 A 求 a_i 的权重值 w_i 为

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} + \frac{n}{2} - 1}{n(n-1)} \quad i = 1, 2, \dots, n \tag{1}$$

式(1)充分包含了模糊一致性判断矩阵的优良特性及其判断信息,计算量小且便于计算机编程实现。

表 1 0.1~0.9 标度法及其含义

标度	定义
0.5	两因素相比较,同等重要
0.6	两因素相比较,一因素比另一因素稍微重要
0.7	两因素相比较,一因素比另一因素明显重要
0.8	两因素相比较,一因素比另一因素重要得多
0.9	两因素相比较,一因素比另一因素极端重要
0.1, 0.2, 0.3, 0.4	若因素 a_i 与 a_j 相比较得到判断 a_{ij} , 则因素 a_j, a_i 相比较得到判断 $a_{ji} = 1 - a_{ij}$

最后进行比较判断的一致性检验。设 $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ 为模糊互补判断矩阵 $A = (a_{ij})_{n \times n}$ 的排序向量,若 $a_{ij} = w_i - w_j + 0.5$, 则 $A = (a_{ij})_{n \times n}$ 为其模糊一致性判断矩阵。由此,可得 w_i 为完全一致判断矩阵的排序向量,即各指标的权重值。

2) 数据处理及计算

由于质量绩效指标既包括定量的也包括定性的,其量纲也各不相同,应该对各个指标进行无量纲化,将其转换为区间为 $[0,1]$ 中的数,使其具有可比性。定性指标值一般由模糊评估方法得到,然后与定量指标一样分两种情况进行归一化处理:

对于正向指标(越大越好,如市场占有率)的归一化,可按照式(2)进行:

$$v_{\text{大}} = (x - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min}) \tag{2}$$

对于逆向指标(越小越好,如响应时间)的归一化处理,可按照式(3)进行:

$$v_{\text{小}} = (x_{\max} - x) / (x_{\max} - x_{\min}) \tag{3}$$

最后通过公式 $R_i = \sum_{k=1}^n w_{ik} \times X_{ik}$, 可得到供应链平衡记分卡质量绩效五个维度的综合评价价值,从而达到降维简化计算的目的。其中 n 为每个一级指标下二级指标个数, X_{ik} 为各指标经过预处理后得到的数值。

2.2 加权最小二乘支持向量机绩效预测

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,变化趋势是对时间的非线性模型。支持向量机(SVM)能很好地解决供应链质量绩效中非线性规律及样本不足的问题,能够预测未来某一时刻供应链整体质量绩效的优劣^[10]。

SVM 的实现是通过某种事先选择的非线性映射(核函数)将输入向量映射到高维特征空间,在这个空间中构造最优分类超平面。最小二乘支持向量机(LS-SVM)继承了 SVM 中结构风险最小化准则和利用核函数将问题转换到高维特征空间来解决等思想,且将 SVM 求解二次规划问题转换成求解线性方程组,避免了不敏感损失函数,大大降低了计算的复杂性。而加权最小二乘支持向量机(WLS-SVM)根据不同样本的重要程度对其进行加权处理,消除样本不同的影响,对预测效果具有

重要的意义。因此,本文采用文献[10]中的 WLS-SVM 对供应链绩效进行预测分析,其整个流程如图 3 所示。

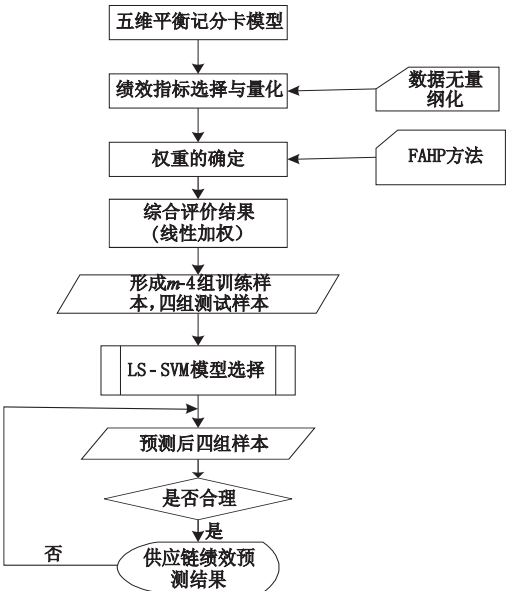


图3 供应链质量绩效预测流程图

2.3 实例

本文以某动态供应链绩效评价为例,供应链质量绩效五维平衡记分卡包括财务、顾客、业务流程、持续改进和供应商五个方面。根据历史经验及模糊互补判断矩阵的建立规则,得到如下判断矩阵:

$$A = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.6 & 0.6 & 0.8 & 0.9 \\ 0.4 & 0.5 & 0.6 & 0.6 & 0.7 \\ 0.4 & 0.4 & 0.5 & 0.6 & 0.7 \\ 0.2 & 0.4 & 0.4 & 0.5 & 0.6 \\ 0.1 & 0.3 & 0.3 & 0.4 & 0.5 \end{bmatrix}$$

运用式(1)可以计算得到质量绩效平衡记分卡五方面的权重: $W_F = 0.30, W_C = 0.22, W_P = 0.21, W_I = 0.16, W_S = 0.11$ 。

同理,可得到各二级指标的权重: $W_{F_1} = (0.37, 0.28, 0.16, 0.19)$; $W_{C_1} = (0.43, 0.21, 0.43)$; $W_{P_1} = (0.22, 0.19, 0.17, 0.15, 0.27)$; $W_{I_1} = (0.17, 0.23, 0.28, 0.32)$; $W_{S_1} = (0.48, 0.18, 0.34)$ 。

动态供应链近两年每月的绩效指标值进行预处理后可以得到支持向量机的预测样本值,其中前 20 组数据为训练样本,后四组为测试样本,输出 Y 为供应链每月实际绩效情况,结果分成四个等级 G_1, G_2, G_3, G_4 分别对应绩效的优、良、中、差状态,而对应数值为 0.9、0.8、0.7、0.6,如表 2 所示。

表 2 某供应链绩效指标量表

序号	F 财务	C 顾客	P (业务流程)	I (持续改进)	S 供应商	Y 绩效
1	0.18536	0.07198	0.132046	0.10717	0.08488	0.7(G_3)
2	0.11157	0.10603	0.167788	0.062632	0.09525	0.7(G_3)
3	0.21811	0.13151	0.19098	0.104013	0.10169	0.9(G_1)
4	0.24763	0.11370	0.200817	0.112482	0.10186	0.9(G_1)
5	0.17414	0.10056	0.127493	0.129426	0.09302	0.8(G_2)
6	0.11267	0.17448	0.109887	0.108408	0.07466	0.7(G_3)
7	0.12658	0.15665	0.111623	0.050166	0.05531	0.7(G_3)
8	0.07966	0.04425	0.066068	0.067395	0.07864	0.6(G_4)
...	...	...	...	...	...	...

加权支持向量机中选用的核函数为精度较高的 RBF 径向基,径向基参数为 $\delta = 0.45$,取平衡因子 $C = 500$,拟合精度 $\varepsilon = 0.01$,调节常数 $\gamma = 500$ 。加权为通过 FAHP 计算得到的质量

绩效平衡记分卡五方面的权值。最后给出四组预测值和实际值如表 3 所示。

表 3 供应链绩效预测值与实际情况对比

序号	F	C	P	I	S	预测值	实际情况
21	0.14785	0.18301	0.12511	0.07844	0.06153	0.78312	$G_3(0.7)$
22	0.20092	0.09513	0.18428	0.11728	0.10045	0.86805	$G_2(0.8)$
23	0.20390	0.12331	0.16737	0.08530	0.09011	0.81998	$G_2(0.8)$
24	0.13506	0.15622	0.12731	0.16181	0.0665	0.71378	$G_3(0.7)$

由表 3 可以看出,后四组测试数据结果为 0.78313,0.86805,0.81998,0.71378。其中,第 21 组和 24 组数据属于区间[0.7,0.8],绩效等级为中等,另两组数据属于区间[0.7,0.9]绩效等级为良好,与实际情况完全相符。由此证明了加权最小二乘支持向量机模型对动态供应链质量绩效预测的有效性。

最后,输入经过处理的绩效评估的五个方面的数值(0.19876,0.14254,0.16734,0.09242,0.08194),调用模型得到预测值 0.87392,绩效等级为 G2,即预测得到下个月综合评估质量绩效为良好。因此,可以通过输入平衡记分卡五个方面的数值,调用动态评价模型预测供应链质量绩效未来的评估结果及发展趋势,为供应链的合理分析和决策制定提供了依据,也为质量绩效评估提供了新思路。

3 结束语

利用量化的指标体系评估动态供应链质量绩效在供应链的日常运营和管理中起着核心作用。本文考虑了动态供应链的实时性、动态性,结合卓越绩效模式,扩展平衡记分卡为五维供应链质量绩效平衡记分卡,构建了三层评价指标体系;然后利用 FAHP 理论得到各绩效指标的权重,并且通过分类方法把支持向量机的输入降维,从而减少了计算量,增加预测的精

确性;最后利用加权最小二乘支持向量机预测方法得到未来评估结果,为供应链的合理分析和决策制定提供了依据。

参考文献:

[1] 唐晓青.现代制造模式下的质量管理[M].北京:科学出版社,2004:1-10.

[2] 马士华.新编供应链管理[M].北京:中国人民大学出版社,2008:341-352.

[3] KAPLAN R S, NORTON D P. The balanced Scorecard measures that drive performance[J]. *Harvard Business Review*, 1992, 70(1): 71-79.

[4] KAPLAN R S, NORTON D P. The strategy-focused organization: how balanced scorecard companies thrive in the new business environment [M]. Boston: Harvard Business Review, 2000: 335-365.

[5] BREWER P C, SPEH T W. Using the balanced scorecard to measure supply chain performance[J]. *Journal of Business Logistics*, 2000, 21(1): 79-93.

[6] 史丽萍,蔡歆.平衡记分卡在供应链企业绩效评价中的应用[J].哈尔滨商业大学学报:社会科学版,2003(2):69-70.

[7] 中国质量协会,卓越国际质量研究中心.卓越绩效模式理解与实施指南[M].北京:中国标准出版社,2005:10-30.

[8] 马士华,李华焰,林勇.平衡记分卡在供应链绩效评估中的应用研究[J].工业工程与管理,2002(4):5-10.

[9] 郑培,黎建强.动态条件下基于粗糙集的平衡记分卡模型及算法研究[J].运筹与管理,2008,17(10):6-15.

[10] 范玉刚,李平,宋执环.动态加权最小二乘支持向量机[J].控制与决策,2006,21(10):1129-1133.

[11] 杜树新,吴铁军.回归型加权支持向量机方法及其应用[J].浙江大学学报:工学版,2004,38(3):302-306.

[12] 李方方,赵英凯,颜昕.基于 MATLAB 的最小二乘支持向量机的工具箱及其应用[J].计算机应用,2006,26(12):358-360.

(上接第 2167 页)

[3] SISTLA P A, GODEFROID P. Symmetry and reduced symmetry in model checking[J]. *ACM Trans on Programming Languages and Systems*, 2004, 26(4): 91-103.

[4] CLARKE E M, GRUMBERG O, LONG D E. Model checking and abstraction[J]. *ACM Trans on Programming Languages and Systems*, 1993, 16(5): 1512-1542.

[5] KRIMM J P, MOUNIER L. Compositional state space generation from Lotos programs[C]//Proc of Tools and Algorithms for the Construction and Analysis of Systems. [S.l.]: Springer, 1997: 239-258.

[6] BIERE A. Efficient μ -calculus model checking[C]//Proc of the 9th International Conference on Computer Aided Verification. London: Springer, 1997: 468-471.

[7] BURCH J R, CLARKE E M, MCMILLAN K L. Symbolic model checking: 10^{20} states and beyond[J]. *Information and Computation*, 1998, 12(2): 142-170.

[8] RAIMONDI F, LOMUSICO A. Automatic verification of multi-agent systems by model checking via OBDDs[J]. *Journal of Applied Logic*, 2005, 12(3): 50-60.

[9] SU Kai-le. Model checking temporal logics of knowledge in distributed systems[C]//Proc of the 19th National Conference on Artificial Intelligence. 2004: 130-142.

[10] JARD C, JERON T. Bounded-memory algorithms for verification on-the-fly[C]//Proc of the 3rd Workshop on Computer-Aided Verification. [S.l.]: Springer, 1991: 140-146.

[11] GERTH R, PELED D, VARDI M Y, et al. Simple on-the-fly automatic verification of linear temporal logic[C]//Proc of the 15th IFIP WG6.1 International Symposium on Protocol Specification, Testing and Verification XV. London: Chapman & Hall, Ltd., 1995: 3-18.

[12] TARJAN R. Depth-first search and linear graph algorithms[J]. *SIAM Journal on Computing*, 1972, 1(2): 146-160.

[13] HOLZMANN G J, PELED D, YANNAKIS M. On nested depth first search[C]//Proc of the 2nd SPIN Workshop. 1996: 23-32.

[14] COURCOUBETIS C, VARDI M Y, WOLPER P, et al. Memory efficient algorithms for verification of temporal properties[J]. *Formal Methods in System Design*, 1990, 5(1): 275-288.

[15] WU Li-jun, SU Jin-shu, CHEN Qing-liang. Model checking of temporal logics of knowledge and its application in security[C]//Proc of International Conference on Computational Intelligence and Security. 2006: 532-535.

[16] CLARKE E M, GRUMBERG O, PELED D A. Model checking[M]. Cambridge: MIT Press, 1999: 121-140.

[17] FERNANDEZ J C, JARD C, JERON T, et al. Using on-the-fly verification techniques for the generation of test suites[C]//Lecture Notes in Computer Science, vol 1102. 2000: 348-359.

[18] CLARKE E M, BEREZIN S. Model checking: historical perspective and example[C]//Proc of International Conference on Automated Reasoning with Analytic Tableaux and Related Methods. London: Springer, 1998: 18-24.