

# 第三方在线支付市场的企业进/退博弈模型与算法

帅青红<sup>1</sup> 周启海<sup>1,2</sup> 师群昌<sup>1</sup> 喻敏<sup>1</sup>

(西南财经大学信息技术应用研究所 成都 610074)<sup>1</sup> (西南财经大学经济信息工程学院 成都 610074)<sup>2</sup>

**摘要** 分析了第三方支付研究现状,提出了第三方在线支付企业市场进退问题;针对第三方在线支付企业市场进退的时机、机制、策略选择等,构建了基于博弈论的逆向剪枝模型与算法,并就企业市场进退战略提出了相应对策:1)对于市场占有率低且其提供的产品服务同质性很高的较小在线第三方支付企业,应尽早退出在线支付市场或将营业中心进行转移;2)对尚无第三方在线支付强劲实力的未到位新企业,尤应力戒盲目进入。

**关键词** 第三方在线支付,博弈树,逆向剪枝法

**中图分类号** C934 **文献标识码** A

## Enterprises Enter/Exit Game Model and Algorithm for Third-party Online Payment Market

SHUAI Qing-hong<sup>1</sup> ZHOU Qi-hai<sup>1,2</sup> SHI Qun-chang<sup>1</sup> YU Min<sup>1</sup>

(Research Institute of Information Technology Application, Southwestern University of Finance and Economics, Chengdu 610074, China)<sup>1</sup>

(School of Economic Information Engineering, Southwestern University of Finance and Economics, Chengdu 610074, China)<sup>2</sup>

**Abstract** This paper analyzed the third-party payment research current research status, pointed out the problem about enterprises to enter or exit third-party online payment market. To point against the opportunity, mechanism, tactics and so on of enterprises enter/exit the third-party payment market, the reverse pruning model and algorithm based on game theory was constructed, and some countermeasures for the third-party payment enterprises were given: 1) If the smaller enterprises are occupant only very low market share and their products & services are high homogeneity, they should exit earlier; 2) If the new enterprises without power busyness force of the third-party payment, they should avoid entry blindly.

**Keywords** Third-party online payment, Game tree, Reverse pruning algorithm

## 1 引言

电子商务作为网络时代新生产力的一支生力军,正以其特有的低成本、跨地域、随时随地以及个性化等优势,以一种前所未有的方式改变着传统商务活动的模式和格局,影响着人们的商务理念和生活方式。网上交易规模和数量的不断发展,对网上支付的安全和物流配送的保障提出了进一步的要求,从而使第三方支付获得其市场需求与发展空间,已发展并形成了一个新兴行业。随着发展,现有第三方支付企业间的竞争激烈,也产生法律和监管方面的系列棘手问题,使《支付清算组织管理办法》虽经近三年的意见征集,至今仍未出台,让决定第三方支付企业存亡的支付牌照仍悬而未决。在如此环境下,怎样借助计算机技术与管理科学相结合的方法来评判“已在其位的企业选择留还是走,未到其中的企业选择进还是退”,显然值得研究。

## 2 第三方电子支付简介

第三方支付,是在中国特殊的文化背景中产生的一种支

付方式。近几年,也有不少关于第三方支付的研究文章,它们分别从支付的模式、支付中存在的问题及法律监管等方面做了探讨。2006年,赵颖<sup>[1]</sup>提出第三方支付平台存在3种支付模式:独立的第三方网关模式、有电子交易平台且具有担保功能的第三方支付网关模式、有电子商务平台的第三方支付网关模式,并对其进行了分析和对比,提出了第三方支付发展的建议。2007年,陈浩<sup>[2]</sup>分析了第三方支付平台的优势和劣势,并指出第三方平台应从树立公信力、进行产品创新、提供增值业务和增强产品的易用性4方面进行发展。唐俊<sup>[3]</sup>对第三方支付法律问题进行探究,提出了对资金转移和归属关系进行界定和规范,并提出对第三方支付服务商应加强监管等观点。李敏<sup>[4]</sup>针对第三方支付活动中可能出现的风险进行全面的识别和分析,并依据不同的风险构建相应的风险评价指标体系和风险评价模型,提出相应的风险控制与管理措施。郭俊华<sup>[5]</sup>对第三方支付与网上银行关系进行分析,从信用角度阐述了两者之间存在的合作关系,同时从支付市场的发展变化分析了两者之间的竞争关系。

目前的大部分研究,是对原有发展规律的总结和归纳,并

到稿日期:2008-09-21 返修日期:2008-11-10

帅青红(1966—),男,副教授,主要研究方向为电子商务、支付结算、网络金融、电子银行, E-mail: shuaiqh@swufe.edu.cn; 周启海(1947—),男,教授,博(硕)士生导师,主要研究方向为财经计算、算法研究与应用、同构化信息处理、计算几何等; 师群昌(1975—),女,硕士研究生,主要研究方向为电子支付、电子银行; 喻敏(1961—),女,讲师,主要研究方向为计算机应用。

发现问题,在现有的各方制约因素下去探讨解决问题的方法,尚未有从市场角度去研究第三方支付市场中企业的去留、进退。而第三方支付作为一个新型的行业,发展非常迅速,其发展的环境也在不断变化,从而在新的环境下,从市场角度去研究第三方支付市场中企业的去留、进退显得非常必要。

第三方电子支付是指:单位或个人通过电子终端,直接或间接向银行业金融机构发出支付指令,实现货币支付与资金转移的行为。它包括网上支付、电话支付、移动支付等。本文所研究的第三方在线支付是特指以互联网为基础,通过第三方支付平台实现的用户到银行、商家之间的在线货币支付、资金清算、查询统计等过程,不包括通过网上银行进行的转账、缴费和支付,也不包括电话支付和移动支付。

在政策鼓励及第三方电子支付企业的努力和创新下,近年来电子支付市场发展十分迅速。从行业整体规模来看,我国2006年第三方支付市场交易额规模为500亿元,2007年交易额规模迅速增长并突破1000亿元,增幅达100%,2008年预计仍将保持100%以上的增长,有望达到2100亿元;而2006年第三方在线支付交易额约为386.9亿,2007年为725亿,较2006年增长约87.4%,而2008年第1季就达417.59亿元,占第三方支付支付的91.8%<sup>[1]</sup>,数据揭示我国第三方在线支付市场将有一个更大的发展空间。从行业内部各企业的发展来看,中国当前第三方在线电子支付市场企业集中度非常的高,居于首位的是支付宝,其次是财付通、银联、快钱<sup>[2]</sup>。

### 3 竞争分析与博弈算法

目前,我国第三方支付企业的数量众多,竞争激烈,市场呈现相对集中状态,即绝大部分市场被势力较大的第三方支付企业所占据,而其余各第三方支付企业只占有市场份额的少部分。而从行业竞争形式来看,各第三方支付企业产品具有较强的同质性。各企业纷纷意识到价格战的后果,故其竞争除采用价格战外,正逐渐转向差异化竞争。

作为第三方在线支付企业,在这样的竞争中,该如何选择,可从博弈论视角予以研究。

#### 3.1 博弈模型的建立

第三方支付博弈过程,可表述为如下博弈树,并用如下四元组表示:

$$G = \langle X, A, S, U \rangle$$

其中: $X$ 为博弈树的节点; $A$ 是博弈树上每层决策点所具有的枝; $S$ 为每层决策点至其后续节点所有可能路径的集合,用 $S = \{s_i\}$ 表示第 $i$ 个参与人在博弈中所有可能选择的战略集合。博弈树如图1所示。

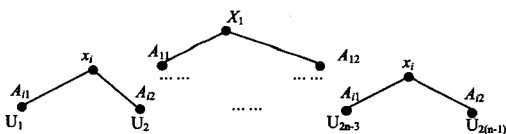


图1 博弈树

而其博弈的结果,则可表述为:

$$s_i^* \in \underset{s_i \in S_i}{\operatorname{argmax}} u_i(s_1^*, \dots, s_{i-1}^*, s_i, s_{i+1}^*, \dots, s_{n-1}^*)$$

$$(i=1, 2, \dots, n-1)$$

它表明:在非 $i$ 决策点选择最优的路径情况下,选择使 $i$

决策点对应值最大的路径。

#### 3.2 博弈模型的求解

图1所建立的第三方支付博弈树,因博弈的参与者只有两种选择,是去或是留,是竞争或是合作,所以可近似地看成一棵完全二叉树,博弈的结果则可近似看成是使每一层决策结点在终点结中其对应值呈稳态的一种路径选择。这里,稳态指:在这种情况下,每一个决策者都认为此时它对应的预期值是最优的,而不会去选择其它路径。

因在第三方在线支付企业进退市场的博弈中,博弈的参与主体通常不多,而其采取的博弈行动亦较简单,使其博弈二叉树的深度不会太大。故在求解第三方支付博弈模型之前,为了求解第三方支付博弈模型之算法的设计简便与效率适度,可先采用双向链表形式来作为储存博弈二叉树的储存结构。其储存结构,可表述为:

```
typedef enum PointerTag{unreview, review};
// unreview=0,该结点未裁枝,review=1,该结点已裁枝
typedef struct GameTree{
float PayValue[n-1]; // 结点值(n-1维数据),此数组下标
                      起始值为1-(n-1);
struct GameTree * Lchild, * Rchild, * Parent;
// 结点左右子结点和父结点
PointerTag Tag;
int num; // 结点在博弈树中的深度
}
```

在求解前,作如下研究假设:博弈中每一个参与人在某一特定阶段的选择不同,其获取的效用值是有差异的,即:在同一层决策点经过不同枝后,对应的终结点中值是不等的。

第三方支付博弈模型的路径选择,可采用逆向剪枝法进行。其具体算法思想,可简要描述如下:

步骤1 根据博弈的参与人及其博弈的效用值,初始化博弈二叉树,其中决策结点 PayValue 初始化为0,终点结点 PayValue 为每一种路径选择下各决策结点对应值;Tag 为 unreview,num 为结点所在树中的深度。同时将第三方支付博弈二叉树的根结点赋值给  $p$ (其中  $p$  为 struct GameTree 结构);

步骤2 判断  $p > \text{Tag}$  的取值,若  $p > \text{Tag}$  取值为0,转至步骤3;否则,转至步骤7;

步骤3 判断  $p$  左右子树的取值,若取值同时为空,则转至步骤4;否则,将  $p > \text{Lchild}$  赋值给  $p$ ,并转至步骤2;

步骤4 判断  $p$  的父结点是否为空,若为空,则返回  $p$  的地址,程序结束,以  $p$  为根结点的二叉树即为最终选择的博弈稳态路径;否则,将  $p$  结点、 $p$  结点父结点、 $p$  结点父结点的右子树 Tag 赋值为1,并转至步骤5;

步骤5 保存  $p$  结点的 num 值至临时变量  $i$  中( $i$  为 int 型变量),并比较  $i$  结点的 data[ $i$ ] 与  $p$  的父结点的右子树的 data[ $i$ ],若  $p$  结点的 data[ $i$ ] 大于父结点的右子树的 data[ $i$ ],则将  $p$  结点父结点右子树赋值为空,同时将  $p$  结点的 data 值赋值给  $p$  的父结点;否则,将  $p$  结点父结点左子树赋值为空,同时将  $p$  父结点右子树的 data 值赋值给  $p$  的父结点;

步骤6 判断  $p$  父结点的父结点是否为空,若为空,则返回父结点的地址,程序结束,以  $p$  的父结点为根结点的二叉树即位最终选择的博弈稳态路径;否则,将  $p$  父结点的父结点赋值给  $p$ ,转至步骤2;

步骤7 判断  $p$  的父结点是否为空,若为空,返回  $p$  的地址,程序结束,以  $p$  为根结点的二叉树即为最终选择的博弈稳态路径;否则,转至步骤8;

步骤8 判断以  $p$  父结点的右子树是否已被剪枝(即 Tag 取值是否为 0),若未被剪枝,则将  $p$  父结点右子树赋值给  $p$ ,转至步骤2;否则,将  $p$  父结点的 Tag 赋值为 1,转至步骤5。

### 3.3 已在位第三方在线支付企业去留的博弈分析

在第三方位的第三方市场中的企业可以大概分为:市场领导者(所占市场份额比较大的企业)、市场创新者(市场份额比较小,但产品难于替代)、市场追随者(所占市场份额比较小的企业而产品易于替代的)。因为市场创新者很少,所以本文主要讨论市场追随者去留问题,并针对采取留在市场的市场追随者进一步分析企业竞争策略问题。

现实中,第三方支付市场上同时存在几个市场领导者(例如:支付宝、银联)和许多市场追随者。无论是在资本实力,还是支付安全、交易成功率、交易等待时间等技术上,相对于市场追随者,市场领导者都有明显优势(由于信用优势与消费惯性,消费者也都偏好市场领导者的产品,即使均在同样价格下),因此市场领导者和市场追随者的产品具有垂直产品差异性(即所以消费者对不同种类产品有一致的偏好分类,如质量)。以下首先分析在具有垂直产品差异的市场中消费者的消费特点,再进一步分析企业的竞争策略。

为简化分析,便于进行理论抽象,设置以下假设条件:

假设1 市场只有一个领导者和一个追随者,各自都是追求利润最大化。

$S$  表示产品质量,领导者产品质量为  $S_1$ ,追随者产品质量为  $S_2$ ,并且  $S_1 > S_2$ ;

假设2 市场上有  $N$  个消费者,每个消费者消费一单位产品或不消费产品, $\theta$  表示每个消费者对质量的偏好, $\theta \sim f(\theta)$  ( $\theta$  服从密度函数为  $f(\theta)$  的分布),累积分布函数为  $F(\theta)$ , $F(0)=0, F(\infty)=1$ ;  $P$  表示商品价格;

假设3 消费者效用函数形式为:如果购买一单位产品, $U = \theta S - P$ ;如果不购买产品, $U = 0$ 。由于效用函数是序数效用函数,所以效用函数也可以表示成:如果购买一单位产品, $U = S - (1/\theta)P$ ;如果不购买产品, $U = 0$ 。

那么,质量为  $S$  的产品的需求函数为  $D(P) = N * [1 - F(p/s)]$  (因为只有  $\theta S > P$  时,消费者才会购买,所以购买概率为  $[1 - F(p/s)]$ ,消费者数量为  $N$ ,所以质量为  $S$  的产品的需求函数为  $D(P) = N * [1 - F(p/s)]$ 。

因为  $S_1 > S_2$ ,所以  $P_1 > P_2$ ,假设  $(S_1/P_1) > (S_2/P_2)$  (即企业1产品性价比高于企业2产品性价比)。如果  $\theta S_2 \geq P_2$ ,则:

$$(\theta S_1 - P_1) - (\theta S_2 - P_2) = P_1 (\theta \frac{S_1}{P_1} - 1) - P_2 (\theta \frac{S_2}{P_2} - 1)$$

$$P_1 (\theta \frac{S_1}{P_1} - 1) - P_2 (\theta \frac{S_2}{P_2} - 1) \geq (P_1 - P_2) (\theta \frac{S_2}{P_2} - 1) \geq 0$$

$$\Rightarrow (\theta S_1 - P_1) - (\theta S_2 - P_2) \geq 0$$

从以上可以看出,在消费者的预算约束可以满足其消费任一种产品的情况下,因为性价比高的产品(产品1)的效用比性价比低的产品(产品2)的效用高,所以消费者会选择性价比高的产品,即产品1。因此,在市场领导者采取合作策略时,对于只能提供低质量服务的市场追随者可以留在市场中,

并通过提供相对低的价格来赢得市场,即采取性价比高的竞争策略。但在市场领导者采取竞争策略时(比如降低价格以期望可以把市场追随者挤出市场),则此时市场参与者要保持市场份额并保持高的性价比,只有跟着降价,直至利润为零甚至为负。这时,市场追随者显然只有退出市场是最优选择。以下再以博弈树形式详细分析。

此博弈可以表示为参与者集{市场领导者,市场追随者},策略集{(竞争,合作),(退出,留下)},支付函数  $\{(u_{11}, u_{21}), (u_{12}, u_{22}), (u_{13}, u_{23}), (u_{14}, u_{24})\}$ ,其中:  $u_i = R(\alpha_i) - C_i$ ,其中:  $\alpha_i$  为参与人的市场占有率,  $C_i$  为企业需要付出的成本,  $u_i$  为参与人获得的利润,并且因为追随者在选择退出后始终能够找到商机并能获得正的利润,所以  $u_{22}, u_{24} > 0$ 。

在此博弈中有两个子博弈,首先是领导者选择竞争或合作策略,追随者根据领导者的决策选择留下或退出。博弈树如图2所示,本文采取逆向剪枝法。

如上分析,在领导者选择竞争策略时,追随者最优策略是退出;在领导者选择合作策略时,追随者最优策略是留下并采取高性价比竞争策略,即  $u_{21} > u_{22}, u_{24} > u_{23}$ ,而其博弈树变成如图3所示。

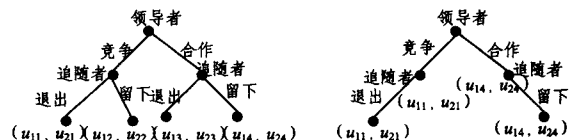


图2 市场领导者和市场追随者博弈图

图3 追随者去留博弈剪枝图1

领导者预期到追随者的选择,如果  $u_{11} > u_{14}$ ,则领导者会选择竞争;如果  $u_{11} < u_{14}$ ,则领导者会选择合作,从而市场出现领导者和追随者共存的状态。

由此可见,对于追随者来说,要根据其现有的市场份额和市场追随者数量判断领导者是否会采取竞争策略而选择留下还是退出,即权衡  $u_{11}$  与  $u_{14}$  的大小关系。若  $u_{11} > u_{14}$ ,领导者会选择竞争以保持市场份额,这时追随者的最优策略是退出,故其子博弈精炼纳什均衡结果为{(竞争,退出)},如图4所示;若  $u_{11} < u_{14}$ ,领导者会选择合作(因为合作仍能继续扩大企业市场份额,保持增长),追随者的最优策略是留下,并实行高性价比竞争策略,此时子博弈精炼纳什均衡结果为{(合作,留下)},如图5所示。

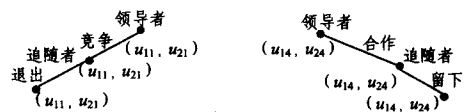


图4 追随者去留博弈剪枝图2

图5 追随者去留博弈剪枝图3

### 3.4 未到位第三方在线支付企业进退的博弈分析

按照同样的思路,我们可以分析未到位第三方在线支付企业的情况,此时博弈的参与者集为{在位第三方在线支付企业,未到位第三方在线支付企业},策略集为{(竞争和合作),(进入和不进入)},即:  $A_1 = \{竞争,合作\}, A_2 = \{进入,不进入\}$ ,支付集为  $\{(u_{11}, u_{21}), (u_{12}, u_{22}), (u_{13}, u_{23}), (u_{14}, u_{24})\}$ 。博弈树中  $X_1$  为博弈树的根结点,即市场未到位者,  $X_2$  为博弈树中深度为2的结点,即市场的在位者。

假设:如果未到位者在选择不进入时始终能够找到商机并能获得正的利润,即  $u_{31}, u_{41} > 0$ ,并且在给定市场参与主体

的情况下,  $u_i = R(\alpha_i) - C_i$ , 其中:  $\alpha_i$  为参与人的市场占有率,  $C_i$  为企业需要付出的成本,  $u_i$  为参与人获得的利润, 即在博弈树终结点上特定路径下第  $i$  层决策点对应的值。

此时博弈树, 如图 6 所示。

首先, 由于在线支付行业需要很大的固定成本, 而生产的边际成本几乎接近零, 所以支付行业有很强的规模经济效应, 因此在线支付市场趋于相对集中化。其次, 支付行业有显著的网络外部性(消费者效用随着市场消费者或卖方人数的增加而增加)和双边市场特性[买方(或卖方)效用会受到卖方(或买方)数量的影响], 这些因素都会导致马太效应产生(即强者越来越强, 弱者越来越弱)。因此市场领导者和市场追随者、市场创新者并存的市场上, 领导者市场份额会越来越大, 追随者市场份额会日益萎缩, 创新者的发展取决于其产品创新能力。而现在由于市场参与主体众多, 竞争非常激烈, 故而在位者会选择竞争策略, 即会有  $u_{21} > u_{22}$ ,  $u_{23} > u_{24}$ 。根据逆向剪枝法算法, 将剪掉第二层决策节点的合作枝。二叉树变为如图 7 所示。

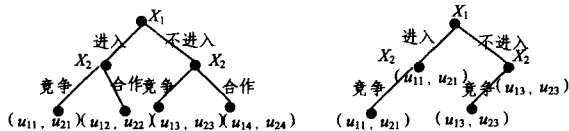


图 6 未到位第三方在线支付企业进退的博弈树 图 7 未到位企业进退的博弈树枝图 1

在这种情况下, 加之在线支付市场消费者所特有的粘性特点, 新进入的企业将很难打开市场, 如果潜在进入者是市场追随者, 则其如果选择进入, 取得的支付很大程度上将为负值, 故而将会有很大概率存在  $u_{11} < 0$ , 剪掉第一层决策节点的进入枝, 则二叉树变为如图 8 所示; 如果潜在进入者是市场创新者,  $u_{11}$  与  $u_{13}$  的大小取决于企业产品在技术、服务等方面与市场参与者产品的差异大小, 并且企业这种创新能力是否可以继续提高等, 因此对于市场创新者应该充分分析现在市场的竞争程度以及企业的竞争优势, 对  $u_{11}$  与  $u_{13}$  作出准确判断, 从而作出决策。

综上所述, 潜在进入者可以分为潜在市场追随者和潜在

市场创新者, 对于市场追随者, 子博弈精炼纳什均衡结果为{(不进入, 竞争)}; 对于潜在市场创新者, 对于不同创新程度的企业,  $u_{11}$  与  $u_{13}$  的大小关系不同, 企业应该采取不同的策略, 但总体可以有两种子博弈精炼纳什均衡结果{(不进入, 竞争)}, {(进入, 竞争)}, 如图 8、图 9 所示。



图 8 未到位企业进退的博弈树枝图 2 图 9 未到位企业进退的博弈树枝图 3

**结束语** 本文首先对第三方在线支付企业现状进行了介绍, 然后对第三方支付企业面对市场竞争时的策略选择作出具体分析。因为市场创新者较少, 所以本文主要分析在面对市场领导者不同竞争策略时, 市场追随者采取的最优策略。认为对于追随者, 当领导者采取竞争策略时, 最优策略是退出, 当领导者采取合作策略时, 最优策略是留在市场, 并且采取高性价比竞争策略, 以通过扩大市场份额来盈利。对于潜在进入者, 应该对潜在市场追随者和潜在市场创新者分开讨论, 对于潜在市场追随者, 最优策略是不进入; 对于潜在市场创新者, 应该认真分析企业的竞争优势, 即企业产品与在位企业产品差异化程度, 以及企业进一步创新的可能性, 从而作出进入或不进入决策。

## 参考文献

- [1] <http://www.iresearch.com.cn>
- [2] <http://www.analysis.com.cn>
- [3] 张维迎. 博弈论与信息经济学[M]. 上海: 上海三联书店上海人民出版社, 2002
- [4] 严蔚民, 等. 数据结构[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004
- [5] 邓向阳, 等. 算法分析与设计[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2006
- [6] 刘晓昱. C语言与算法分析[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2006
- [7] Xing K Y, Hu B S, Chen H X. Deadlock avoidance policy for Petri-net modelling of flexible manufacturing systems with shared resources[J]. IEEE Trans. Automatic Control, 1996, 41(2): 289-295
- [8] Park J, Reveliotis S A. Deadlock avoidance in sequential resource allocation systems with multiple resource acquisitions and flexible routings[J]. IEEE Trans. Robot. and Automat., 2001, 46(10): 1572-1583
- [9] Kumaran T, Chang W, Cho H. A structured approach to deadlock detection, avoidance, and resolution in flexible manufacturing systems[J]. Int. J. Prod. Res., 1994, 32(10): 2361-2379
- [10] 李志武, 丁伟, 朱荣明. 考虑 FMS 资源故障的一种死锁预防策略[J]. 西安电子科技大学学报, 2005, 32(6): 833-838
- [11] 李志武, 马雄. 一种利用基本信标的柔性制造系统死锁控制器设计方法[J]. 西安电子科技大学学报, 2006, 33(2): 262-267
- [12] 赵咪, 李志武. 一类离散事件系统的非阻塞监督控制器设计[J]. 西安电子科技大学学报, 2006, 33(5): 735-738

(上接第 253 页)

- [2] Huang Y S, Jeng M D, Xie X L, et al. Siphon-based deadlock prevention policy for flexible manufacturing systems[J]. IEEE Trans. Syst., Man, Cybern. A, 2006, 36(6): 1248-1256
- [3] Li Z W, Zhou M C. Elementary siphons of Petri nets and their application to deadlock prevention in flexible manufacturing systems[J]. IEEE Trans. Syst., Man, Cybern. Part A: Systems and Humans, 2004, 34(1): 38-51
- [4] Tricas T, Garcia-Valles F, Colom J M, et al. A Petri net structure-based deadlock prevention solution for sequential resource allocation systems[C]// IEEE Int. Conf. Robot. Autom. Spain, 2005: 271-277
- [5] Ezpeleta J, Recalde L. A deadlock avoidance approach for non-sequential resource allocation systems[J]. IEEE Trans. Syst., Man, Cybern. A, 2004, 34(1): 93-101
- [6] Li Z W, Zhou M C. Clarifications on the definitions of elementary siphons in Petri nets[J]. IEEE Trans. Syst., Man, Cybern., 2006, 36(6): 1227-1229