

文章编号: 1001-2092(2008)02-015-06

# 基于风险和稳健决策的产品设计链伙伴选择

王有远<sup>1,2</sup>, 徐新卫<sup>1</sup>, 施化吉<sup>3</sup>, 丁秋林<sup>1</sup>

(1. 南京航空航天大学 机电学院, 南京 210016; 2. 南昌航空大学 航空与机械工程学院, 南昌 330063; 3. 江苏大学 计算机科学与通讯工程学院, 江苏 镇江 212013)

**摘要:** 在产品研发过程中存在不确定性因素, 导致产品研发存在一定的风险. 在时间和成本约束下, 提出了基于风险和稳健决策的设计链伙伴选择模型. 对产品研发过程中存在的风险进行量化和集总, 在不同的决策态度下实现了产品研发对时间、成本和风险的控制要求. 最后通过算例对模型进行了仿真.

**关键词:** 设计链; 伙伴选择; 风险; 稳健性; 模糊集

**中图分类号:** O159      **文献标识码:** A

## Risk and robust decision for selecting partners in product design chain

WANG Youyuan<sup>1,2</sup>, XUXinwei<sup>1</sup>, SHIHua2ji<sup>3</sup>, DING Qiu2lin<sup>1</sup>

(1. College of Mechanical and Electrical Engineering, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China; 2. School of Aeronautics and Mechanical Engineering, Nanchang University of Aeronautics, Nanchang 330063, China; 3. School of Computer Science and Telecommunication Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China. Correspondent: WANG Youyuan, E2mail: yywn@sina.com)

**Abstract:** Many uncertainty factors exist in product development process, which lead to the risk existing in product development. A risk and robust decision model is proposed under the constraints of target development time and cost at the same time. Fuzzy sets theory is used to represent imprecise and uncertain information, and the potential risks are measured and aggregated. Even under worst condition, the partners that are chosen by using the method can satisfy the demand of development time and cost. Finally, a simulation with an example is given.

**Key words:** Design chain; Partners selection; Risk; Robustness; Fuzzy set

### 1 引言

随着市场对产品要求的提高, 市场竞争已从单一企业转向价值链. 当人们主要关注供应链管理时, 制造商已经意识到, 整个设计链的过程决定了上市产品的竞争力和成本.

产品设计链(以下简称设计链)是由一群组织(制造商、供应商和客户等)合作开发产品或服务, 以满足用户需要的系统. 一个有效和优化的设计链可开发出具有创新性的产品, 缩短产品上市时间, 减少产品和作业成本, 提高产品质量, 最终提升企业的核心竞争力<sup>[1,2]</sup>. 合作伙伴的选择是设计链构建的重要环节, 不合理的设计伙伴组合最终将使产品失去市场<sup>[3]</sup>. 因此, 选择合适的设计伙伴成为设计链能否

成功的关键.

### 2 设计链伙伴选择

设计链是通过契约形式明确各自任务的开放和动态的网络化组织<sup>[4]</sup>. 对于供应商参与产品开发的伙伴选择问题, 已有学者对其进行研究.

Huang 等<sup>[5]</sup>开发出一种基于 Web 的客户 2 供应商选择投标系统; Nassimbeni 等<sup>[6]</sup>采用神经模糊方法评价供应商在新产品开发中的绩效. 以上两种方法的缺陷是需要掌握丰富可靠的供应商数据. Cao 等<sup>[7]</sup>采用遗传算法选择满足产品开发时间和成本约束的合作伙伴, 但其模型没有考虑设计链伙伴选择中的不确定信息和定性因素.

产品的上市时间和成本决定产品的市场占有率

收稿日期: 2006-11-22; 修回日期: 2007-04-05.

基金项目: 国防科工委基础研究基金项目(S0500A001).

作者简介: 王有远(1965), 男, 南昌人, 博士生, 从事设计链管理、企业信息化的研究; 丁秋林(1945), 男, 江西抚州人, 教授, 博士生导师, 从事企业信息化、计算机应用等研究.

率<sup>[8]</sup>. 在产品开发过程中, 设计任务的执行可能是并行的, 使产品开发时间无法用解析式表示. 在产品开发的每一阶段, 都存在信息不完备和不确定性因素. 以上设计伙伴的选择方法均未考虑产品设计时间和成本的不确定性因素.

Wang 等<sup>[9]</sup>在设计链伙伴选择中, 采用模糊集合理论处理研发时间和成本的不确定性. 实际上, 除了研发时间和成本以外, 产品的研发风险也是伙伴选择中需要考虑的重要因素.

设计链是一个网络化的动态组织, 受各种不确定性的影响, 存在一定的脆弱性, 即存在相应的风险. 如何度量、转移和管理设计链风险, 成为设计链管理研究的一个重要课题. 参考 Cranfield<sup>[10]</sup>的供应链风险管理框架, 设计链的风险管理模型如图 1 所示. 在设计链构建阶段就考虑风险分析和管理, 对于降低设计链管理的风险, 构建健壮和有竞争力的设计链具有重要意义.

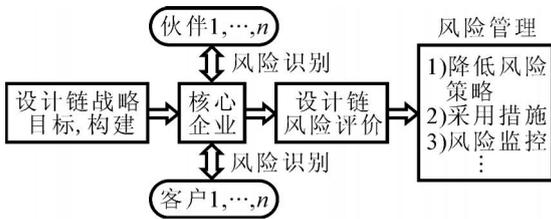


图 1 设计链风险管理模型

基于以上思想, 本文在时间和成本的约束下, 提出了基于风险和稳健决策的设计链伙伴选择模型, 对产品设计过程中存在的风险进行分析和量化, 采用蚁群算法与遗传算法融合的优化算法, 得到优化的设计链伙伴组合.

### 3 基于风险和稳健决策的设计链合作伙伴选择

#### 3.1 问题描述

存在一组具有一定时序依赖关系的设计任务, 为了实现最短的上市时间、最低成本和最小风险等产品研发目标, 需要为每个任务从诸多潜在的合作伙伴中选择最佳的合作伙伴.

将设计任务分解为  $n$  个子任务  $\text{Task} = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$ , 如果子任务  $k$  只能在子任务  $i$  之后进行, 则称任务  $i$  和  $k$  为相关任务对,  $(i, k) \in H$ ,  $H$  为所有相关任务对的集合. 每个子任务在设计链网络中以节点表示, 子任务的设计外包给合作伙伴来完成. 设全部候选伙伴的集合为  $E$ , 则

$$E = \{e_{ij} \mid j \in [1, m_i], i \in [1, n]\}. \quad (1)$$

其中: 当任务  $i$  由候选伙伴  $j$  完成时,  $e_{ij} = 1$ ; 在其他情况下,  $e_{ij} = 0$ .

每个节点有  $m_i$  个候选伙伴, 每个候选伙伴完成某一任务有不同的时间  $t_{ij}$  和成本  $c_{ij}$  等. 在产品研发过程中存在诸多的不确定因素, 使候选伙伴能否完成任务存在一定的风险. 以  $p_{ij}$  表示候选伙伴可能失败的概率, 则完成任务的成功率  $s_{ij} = 1 - p_{ij}$ .

设计链伙伴选择的目的是: 在时间和成本指标的约束下, 从候选厂商  $m_i$  中选出  $n$  个节点中的合作伙伴最佳组合, 使产品研发所需时间最短、成本最低和风险最小.

#### 3.2 设计链伙伴选择模型

设计链伙伴选择的目标函数是在满足时间和成本约束下, 完成任务成功率分数最高的伙伴组合.

现对文中符号说明如下:

$s_{ij}$ : 任务  $i$  由候选伙伴  $j$  完成的成功概率, 其中  $i \in \{1, 2, \dots, n\}, j \in \{1, 2, \dots, m_i\}$ ;

$s_i(E)$ : 被选择伙伴集  $E$  执行任务  $i$  的开始模糊时间;

$q_i(E)$ : 被选择伙伴集  $E$  完成任务  $i$  的模糊时间;

$d_{ij}$ : 任务  $i$  由伙伴  $j$  完成所需的模糊时间;

$c_{ij}$ : 任务  $i$  由伙伴  $j$  完成所需的模糊成本;

$t_n(E)$ : 以模糊集合表示的合作伙伴组合完成设计任务所需的时间;

$c_n(E)$ : 以模糊集合表示的合作伙伴组合完成项目所需的成本;

$T$ : 以模糊集合表示的理想的任务完成时间;

$C$ : 以模糊集合表示的理想的项目完成成本;

$D$ : 完成设计任务的时间目标满意度;

$E$ : 完成设计任务的成本目标满意度.

$$\max R_s = \prod_{i=1}^n \prod_{j=1}^{m_i} s_{ij} e_{ij} + \prod_{i=1}^n s_{im_i} (1 - [ [D - R_T(t_n(E), T)]^+ ] ) + \prod_{i=1}^n s_{im_i} (1 - [ [E - R_C(c_n(E), C)]^+ ] ), \quad (2)$$

满足

$$s_i(E) + d_{im_i} = q_i(E), \quad i \in \{1, 2, \dots, n\}, j \in \{1, 2, \dots, m_i\}; \quad (3)$$

$$q_i(E) \in [s_k(E), P(i, k) \in H]; \quad (4)$$

$$\prod_{i=1}^n c_{im_i} = c_n(E), \quad i \in \{1, 2, \dots, n\}; \quad (5)$$

$$R_T(t_n(E), T) \setminus D \in [0, D] \in [1; \quad (6)$$

$$R_C(c_n(E), C) \setminus E \in [0, E] \in [1. \quad (7)$$

其中:  $[w]^+$  表示  $\max\{0, w\}$ ,  $[z]^-$  表示  $\min\{1, 1 - 000z\}$ . 如果  $D - R_T(t_n(E), T) > 0$ , 则

$$1 - [ [D - R_T(t_n(E), T)]^+ ]^- = 0.$$

式(3)表示,对于某一候选伙伴集E,任务i的完成时间 $q_i(E)$ 等于其开始时间( $s_i(E)$ )加持续时间( $d_{m_i}$ );式(4)表示任务对(i,k)中任务k的开始时间应大于或等于任务i的完成时间;式(5)表示所选伙伴完成任务所需的总成本;式(6)表示完成任务的时间稳健度应大于或等于项目的目标满意度,函数 $R_T(t_n(E), T)$ 为完成任务的时间稳健度,采用式(15)计算;式(7)表示成本稳健度应大于或等于成本的目标满意度,函数 $R_C(c_n(E), C)$ 为成本稳健度,采用式(16)计算。

目标函数是非凸、不连续和不可微的,不能用一般的数学方法求解.本文采用蚁群算法与遗传算法融合的方法求其最优解。

### 3.3 产品设计链伙伴选择风险分析及量化

#### 3.3.1 风险分析

风险分析是分析、识别威胁和弱点,采取相应的风险规避策略或措施,以减少风险的过程<sup>[11]</sup>.设计链伙伴选择的风险来源有:技术、管理、财务和文化等方面.技术风险主要包括:候选伙伴是否拥有所需的技术和创新能力,是否有能力支持产品的开发,对开发过程中发生的变故是否有应变能力等风险;管理风险主要包括:候选伙伴是否有管理项目的能力和经验,是否有能力保证研发项目的进度要求,获取所需知识的能力,合作伙伴间的通讯和沟通能力,研发流程的适应性,组织结构的可调性等风险;财务风险主要包括:资源的获取能力(人和设备等),生产成本,市场营销,财务状况等风险;企业文化风险包括:企业的使命、愿景和价值观是否相似,企业文化是否具有适应性等风险。

从以上分析中归纳出风险评估的6项指标:技术需求,研发能力,设计流程的适应性,组织结构的适应性,财务状况,企业文化的适应性。

#### 3.3.2 风险量化与集总

由于风险因素的复杂性和不确定性,本文采用模糊语意变量的尺度来表示风险指标的评估结果.模糊语意变量有7个语意值: {extra high, very high, high, medium, low, very low, extra low}.其隶属度函数如图2表示。

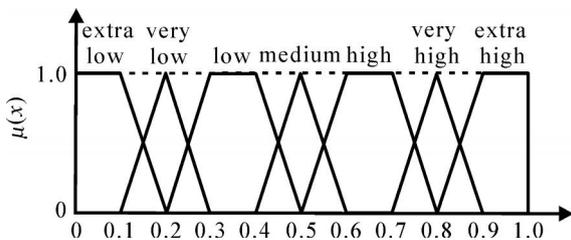


图2 语意变量模糊集合的表示

假如专家对第k风险指标的语意评估用梯形模糊数表示为 $M_k^i = (l_k^i, m_k^i, n_k^i, r_k^i)$ ,且 $k \in C, i = 1, 2, \dots, n$ ,则总的评估结果的隶属度函数可由以下方程得到:

$$m_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n m_k^i, \tag{8}$$

$$n_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n n_k^i, \tag{9}$$

$$l_k = \min_{i=1, \dots, n} \{l_k^i\}, \tag{10}$$

$$r_k = \max_{i=1, \dots, n} \{r_k^i\}. \tag{11}$$

假如有4位专家对某一风险指标进行评估,评估结果为(extra high, very high, medium, medium).根据式(8)~(11),可计算出该评估结果的梯形模糊数为(0.4, 0.68, 0.7, 1.0)。

采用有序加权平均算子(OWA)<sup>[12]</sup>和组合加权算术平均算子(CWAA)<sup>[13]</sup>,对风险进行量化和集总。

**定义1** 一个n维OWA算子是一个映射 $F: I^n \rightarrow I$ ,其中 $I = [0, 1]$ ,w是与函数OWA相关联的加权向量 $[w_1, w_2, \dots, w_n]$ ,且 $w_i \in [0, 1], i \in N, \sum_{i=1}^n w_i = 1$ .如果

$$F(a_1, a_2, \dots, a_n) = w_1 b_1 + w_2 b_2 + \dots + w_n b_n, \tag{12}$$

其中 $b_i$ 为集成元素 $a_1, a_2, \dots, a_n$ 中第i个最大的元素( $i = 1, 2, \dots, n$ ),则称函数OWA是有序加权平均算子,也称OWA算子。

OWA算子对数据 $(a_1, a_2, \dots, a_n)$ 按从大到小的顺序重新排序并加权集总,它提供了一种从pure and到pure or的连续性转换.OWA算子的3种特殊状态如下:

1) 最大状态:当 $w^* = (1, 0, \dots, 0)$ 时, $F^*(a_1, a_2, \dots, a_n) = \max\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ ;

2) 最小状态:当 $w^* = (0, 0, \dots, 1)$ 时, $F^*(a_1, a_2, \dots, a_n) = \min\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ ;

3) 平均状态:当 $w_{avg} = (1/n, 1/n, \dots, 1/n)$ 时, $F_{avg}(a_1, a_2, \dots, a_n) = (a_1 + a_2 + \dots + a_n) / n$ .

**定义2** 如果F是一个OWA集总算子,w为权重向量 $[w_1, w_2, \dots, w_n]$ ,则与该算子相关的orness定义如下:

$$orness(w) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n ((n-i)w_i). \tag{13}$$

从式(13)可以看出,orness的大小由权重向量w决定,orness(w) > 0.5,称为or2like算子;

orness(w) < 0.5, 称为 andlike 算子.

权重向量 w 由量化集总函数 Q(r) = r^A 计算得到

w\_i = Q(i/n) - Q((i-1)/n), i = 1, 2, ..., n. (14)

可通过 A 值表示决策的态度: 当 A= 1 时, orness(w) = 0.5, 为平均决策; 当 0 [ A < 1 时, 0.5 < orness(w) [ 1, 为乐观决策; 当 A > 1 时, 0 [ orness(w) < 0.5, 为保守决策. 当 A= 1 时, w\_1 = w\_2 = w\_3 = w\_4 = 0.25, 则 F(0.4, 0.68, 0.7, 1.0) = 0.695.

定义 3 设 CWAA: I^n y I, 如果

CWAA(a\_1, a\_2, ..., a\_n) = sum\_{j=1}^n w\_j b\_j.

其中: w = [w\_1, w\_2, ..., w\_n] 是与 CWAA 相关联的加权向量, w\_j I [0, 1], j I N, sum\_{j=1}^n w\_j = 1; b 是一组加权数据 (nw\_1 a\_1, nw\_2 a\_2, ..., nw\_n a\_n) 中第 j 个最大元素, X = (X\_1, X\_2, ..., X\_n) 是数据组 (a\_1, a\_2, ..., a\_n) 的加权向量, X\_i I [0, 1], i I N, sum\_{i=1}^n X\_i = 1, n 是平衡因子. 则称函数 CWAA 是组合加权算术平均算子, 即 CWAA 算子.

风险量化与集总策略为: 首先利用 OWA 算子进行纵向集总量化(即对专家的风险评估值进行集总); 然后采用 CWAA 算子对纵向集总的结果进行横向的风险集总(即对每个候选伙伴的 6 个风险指标值进行风险集总, 6 个风险评价指标的权重采用 AHP 方法确定, 具体参阅文献[14]). CWAA 算子不仅考虑了指标的重要性程度, 而且尽可能地消除了主观因素的影响, 所以采用 CWAA 算子得到的风险量化值更具合理性. 量化与集总后的数据在时间和成本的约束下, 采用蚁群算法与遗传算法融合的方法求最优合作伙伴组合.

3.4 时间和成本的决策稳健度

本文采用稳健排程方法[15], 用稳健度表示产品研发时间和成本的可能性.

设 U 表示状态集合, X 表示可能结果的集合, P 表示在状态 U 的可能概率, L 表示在可能结果 X 的可能概率, 决策效用 g 由可能性 P(u) 和效用 u(x) 评估得到 (u I U). 在不确定信息条件下, Dubois 等[16] 提出了悲观和乐观两条定量准则, 用于评估 g 值.

悲观准则为

U\*(g) = inf\_{u I U} max[1 - P(u), L(g(u))].

利用悲观准则决定研发时间和成本的稳健度. 设有

一组研发设计任务, t\_n(E) 为完成该组任务的不确定时间, L\_n(E) 表示其概率, 则产品研发时间的稳健度 R\_T 可表示为

R\_T(t\_n(E), T) = inf\_x [1 - L\_n(E)(x), L\_{[-1, T]}(x)]. (15)

同理, 产品成本的稳健度 R\_C 可表示为

R\_C(c\_n(E), C) = inf\_x [1 - L\_n(E), L\_{[-1, C]}(x)]. (16)

在式(15)中, 1 - L\_n(E)(x) 为 t\_n(E) 的反函数, L\_{[-1, T]}(x) 为决策者能接受的时间范围 T, 研发时间的稳健度 R\_T 为 1 - L\_n(E)(x) 与 L\_{[-1, T]}(x) 的交点, 如图 3 所示.

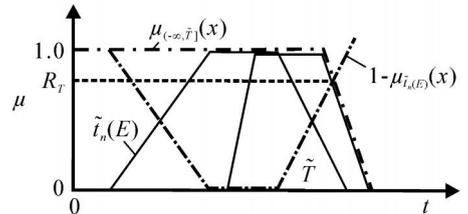


图 3 产品研发时间的稳健度

如果理想的产品研发时间为(64, 68, 72, 95), 某一候选伙伴组合的研发时间为(50, 56, 62, 78), 则研发时间的稳健度为 0.846. 当候选伙伴提供的完成时间模糊数 t\_n(E) 较大时, 图 3 中 t\_n(E) 的位置会向右平移, 1 - L\_n(E)(x) 与 L\_{[-1, T]}(x) 的交点则下移, R\_T 的值将减少.

3.5 蚁群算法与遗传算法融合的优化算法[17]

算法的基本原理为: 将每个候选伙伴看作是蚂蚁爬过的一段路径, 则设计链伙伴选择问题的求解就是如何按照任务 r\_1, r\_2, ..., r\_n 的顺序选择一组路径, 所有蚂蚁爬完全程, 经过若干次循环, 信息素浓度最高的路径即为最优的合作伙伴组合. 利用遗传算法生成信息素分布, 采用蚁群算法求精确解.

遗传算法的染色体采用二进制编码, 每一候选伙伴组合采用编码串表示, 编码串中的每一位 e\_ij 代表一个候选伙伴的状态, e\_ij = 1 表示任务 r\_i 的第 j 个候选伙伴被选中, e\_ij = 0 表示该候选伙伴未被选中.

适应度函数

f(x) = R\_s. (17)

选择算子采用轮盘式选择方法, 交叉算子采用一致交叉方法, 变异算子采用均匀变异方法.

蚁群算法采用 Ant2cycle 模型的信息素更新策略, 路径 d\_ij 信息素的初值设置为

S\_i = S\_ons + S\_genetic.

其中: S\_ons 为信息素常数, S\_genetic 为遗传算法结果转换的信息素值. 取遗传算法求解结果中种群适应值最

好的前 10% 的个体作为遗传优化解集合. 对于优化解中的每个解, 被选中的合作伙伴对应于路径  $d_{ij}$ ,  $S_{genetic}$  自加 2.

### 4 算例仿真

某产品设计链中有 7 个子任务  $r_1, r_2, \dots, r_7$ , 子任务的网络结构如图 4 所示.

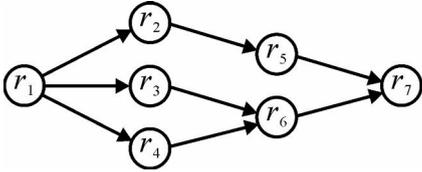


图 4 子任务的网络结构

图中每个节点代表一个子任务, 箭头表示子任务的执行顺序关系, 每项子任务的候选伙伴的数量依次为 4, 5, 4, 4, 5, 5, 4. 采用关键路径法求完成任务的总时间, 设时间单位为周, 成本单位为万元, 产品研发时间目标满意度为 0.9, 研发成本目标满意度为 0.6. 技术需求、研发能力、设计流程的适应性、财务状况、组织结构的适应性、企业文化的适应性风险指标的权重分别为: 0.41, 0.212, 0.142, 0.117, 0.065, 0.054. 每个候选伙伴的各项风险评价指标通过 4 个专家评定, 指标经量化与二次集总后, 采用蚁群算法与遗传算法相结合来求最优解. 程序流程如图 5 所示.

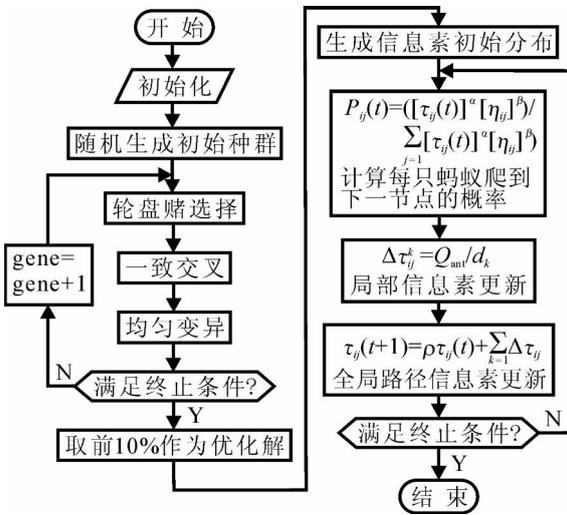


图 5 程序流程

采用 Matlab 6.5 实现以上算法. 初始化设置如下: 遗传算法: 种群规模  $p_0 = 50$ , 交叉率  $p_c = 0.8$ , 变异率  $p_m = 0.2$ , 最大进化代数  $\max\_gene = 30$ ,  $gene = 0$ ; 蚁群算法: 蚂蚁数目  $m_{ant} = 40$ , 迭代次数  $ant\_gen = 50$ ,  $S_{ons} = 60$ ,  $A = B = 1$ ,  $Q = 0.8$ , 常数  $Q_{ant} = 1000$ . 实验结果如表 1 ~ 表 3 所示.

目标满意度, 参数 A 的不同将影响对伙伴的选择, 随着 A 的减小, 风险将增大, 成功率将减少. 通过对 A 的不同取值可反映决策者对风险的态度: 当  $0.1 \leq A$

表 1 各节点任务成功率

任务	伙 伴				
	$E_{i1}$	$E_{i2}$	$E_{i3}$	$E_{i4}$	$E_{i5}$
$r_1$	0.412	0.815*	0.652	0.705	)
$r_2$	0.633	0.721	0.820*	0.645	0.752
$r_3$	0.432	0.786*	0.758	0.637	)
$r_4$	0.717	0.708	0.680	0.859*	)
$r_5$	0.608	0.650	0.763*	0.559	0.408
$r_6$	0.806	0.889*	0.560	0.781	0.738
$r_7$	0.828*	0.561	0.710	0.664	)

表 2 实验结果(A= 1)

最优组合	$R_s$	时间	成本	时间目标	成本目标
		稳健度	稳健度	稳健度	稳健度
$e_{12}, e_{23}, e_{32}, e_{44}, e_{53}, e_{62}, e_{71}$	0.76	0.935	0.68	0.9	0.6

表 3 参数 A 的影响分析

A	伙伴组合	$R_s$	时间	成本	$R_T$	$R_C$
0.1	4, 5, 2, 1,	0.554	(61, 70,	(35, 37,	0.93	0.68
	3, 4, 3		75, 82)	40, 50)		
0.2	4, 5, 2, 1,	0.573	(61, 70,	(35, 37,	0.93	0.68
	3, 4, 3		75, 82)	40, 50)		
0.3	4, 5, 2, 1,	0.597	(61, 70,	(35, 37,	0.93	0.68
	3, 4, 3		75, 82)	40, 50)		
0.4	4, 5, 2, 1,	0.628	(61, 70,	(35, 37,	0.93	0.68
	3, 4, 3		75, 82)	40, 50)		
0.5	4, 5, 2, 1,	0.652	(61, 70,	(35, 37,	0.93	0.68
	3, 4, 3		75, 82)	40, 50)		
0.6	2, 3, 2, 4,	0.676	(61, 70,	(35, 37,	0.93	0.68
	3, 2, 1		75, 82)	40, 50)		
0.7	2, 3, 2, 4,	0.690	(61, 70,	(35, 37,	0.93	0.68
	3, 2, 1		75, 82)	40, 50)		
0.8	2, 3, 2, 4,	0.712	(61, 70,	(35, 37,	0.93	0.68
	3, 2, 1		75, 82)	40, 50)		
0.9	2, 3, 2, 4,	0.738	(61, 70,	(35, 37,	0.93	0.68
	3, 2, 1		75, 82)	40, 50)		
1.0	2, 3, 2, 4,	0.760	(61, 70,	(35, 37,	0.93	0.68
	3, 2, 1		75, 82)	40, 50)		
1.1	2, 3, 2, 4,	0.792	(61, 70,	(35, 37,	0.93	0.68
	3, 2, 1		75, 82)	40, 50)		
1.2	2, 3, 2, 4,	0.821	(61, 70,	(35, 37,	0.93	0.68
	3, 2, 1		75, 82)	40, 50)		

从表 3 可以看出, 时间和成本的稳健度均大于

[ 0.5 时, 为积极的决策态度, 伙伴选择为( $e_{14}, e_{25}, e_{32}, e_{41}, e_{53}, e_{64}, e_{73}$ ); 当  $A \setminus 0.5$  时, 为稳健的决策态度, 伙伴选择结果为( $e_{12}, e_{23}, e_{32}, e_{44}, e_{53}, e_{62}, e_{71}$ ).

## 5 结 语

产品研发的诸多不确定因素, 导致研发过程中存在一定的风险. 本文提出的基于风险和稳健决策的设计链伙伴选择模型, 在稳健的决策态度下, 所选合作伙伴即使是最差的情况, 也能满足对产品上市时间、成本和风险控制的要求. 下一步将研究对模型进行改进, 考虑研发时间较短却不是最优解的情况.

## 参考文献(References)

- [1] Peter O Grady, Wen2chieh Chuang. Research issues in E2commerce and product development [J]. Int J of Cybernetics and Systems, 2001, 32(7): 772796.
- [2] 艾习. Ray Bingham 先生谈设计链优化[J]. 电子产品世界, 2002, 11(22): 14.  
(Ai Xi. Mr Ray Bingham talk design chain optimum[J]. Electronic & Computer Design World, 2002, 11(22): 14.)
- [3] Michael E Mcgrath. How to select design chain partners [J]. Electronics Design Chain, 2002, 1(3): 1011.
- [4] 王有远, 宗文军, 丁秋林. 基于设计链管理的产品开发组织创新[J]. 工业技术经济, 2006, 25(2): 112117.  
(Wang You2yuan, Zong Wen2jun, Ding Qi2lin. Organization innovation of product development based on design chain management[J]. Industrial Technology & Economy, 2006, 25(2): 112117.)
- [5] Huang G Q, Mak K L. Brokering the custome2supplier partnership in product design and realisation over the world wide web[J]. IIE T rans, 2003, 35(4): 362378.
- [6] Nassimbeni G, Battain F. Evaluation of supplier contribution to product development: Fuzzy and neur2fuzzy based approaches [J]. Int J of Production Research, 2003, 41(13): 29322956.
- [7] Cao H, Wang D. A simulation based genetic algorithm for risk2based partner selection in new product development[J]. Int J of Industrial Engineering, 2003, 10(1): 16225.
- [8] Brealey Richard A, Myers Stewart C. Principles of corporate finance [M]. 5th ed. New York: McGraw2Hill Book Companies, 1996.
- [9] Wang J, Lin H Y. A fuzzy hybrid decision2aid model for selecting partners in the design chain [J]. Int J of Production Research, 2006, 44(10): 204722069.
- [10] Cranfield Management School. Supply chain vulnerability [R]. Bedfordshire: Cranfield University, 2002.
- [11] Defense Systems Management College. Risk management concepts and guidance [M]. Collingdale: Diane Publishing Company, 1997.
- [12] Ronald R Yager. On ordered weighted averaging aggregation operators in multicriteria decisionmaking [J]. IEEE Trans on Systems, Man and Cybernetics, 1988, 18(1): 182190.
- [13] 徐泽水. 几类多属性决策方法研究 [D]. 南京: 东南大学, 2002.  
(Xu Ze2shui. Study on methods for multiple attribute decision making under some situations [D]. Nanjing: Southeast University, 2002.)
- [14] 王莲芬, 许树柏. 层次分析法引论 [M]. 北京: 中国人民大学出版社, 1990.  
(Wang Lian2fen, Xu Shu2bai. Introduction to analytic hierarchy process [M]. Beijing: China Renmin University Press, 1990.)
- [15] Wang J. A fuzzy robust scheduling approach for product development project [J]. European J of Operational Research, 2004, 152(1): 1802194.
- [16] Dubois D, Prade H. Qualitative possibility theory and its applications to constraint satisfaction and decision under uncertainty [J]. Int J of Intelligent Systems, 1999, 14(1): 45261.
- [17] 王有远, 徐新卫, 周日贵. 基于蚂蚁算法的协同产品设计链合作伙伴选择研究 [J]. 现代图书情报技术, 2006, 143(11): 81284.  
(Wang You2yuan, Xu Xin2wei, Zhou Ri2gui. Research on partners selection of collaborative product design chain based on ant algorithm [J]. New Technology of Library and Information Service, 2006, 143(11): 81284.)