

基于 Agent 的二级供应链企业自动谈判研究

沈珏萍, 庄亚明

(东南大学 系统工程研究所, 江苏 南京 211189)

摘 要:人工谈判需要耗费大量的时间和人力, 基于 Agent 的自动谈判极大地提高了谈判效率, 成为实际需求。将遗传算法作为二级供应链企业自动谈判模型的学习机制, 快速求得自动谈判双方的联合效用最大值。文中运用多代理技术提出一个二级供应链谈判流程, 谈判双方向对方发送 ACL 消息, 使得供应商和生产商实现自动谈判。仿真实例证明, 该模型能使自动谈判双方达到共赢, 使得生产商找到了最适合自己的供应商, 并为双方节省了大量的人力和时间, 为供应链企业实现自动谈判提供一个高效、实用的解决方案。

关键词:供应链; 自动谈判; 遗传算法; 多代理

中图分类号: N945.13

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2010)03-0121-04

A Research for Company Automatic Negotiation in Secondary Supply Chain Based on Agent

SHEN Jue-ping, ZHUANG Ya-ming

(Institute of Systems Engineering, Southeast University, Nanjing 211189, China)

Abstract: Artificial negotiations take a great deal of manpower and time. Automatic negotiation which is based on the Agent technique is efficient and meets the actual demand. As learning mechanism of secondary supply chain, Genetic Algorithm makes the negotiators' joint utility largest quickly. This article proposes a negotiation process which is based on the Agent technique makes the suppliers and makers send ACL message to each other and negotiate automatically. Results of simulation experiment indicate that this model can not only make negotiators a win-win situation and save a great deal of manpower and time, but also make maker find the most suitable supplier. This model provides an efficient and practical solution for automatic negotiation in supply chain.

Key words: supply chain; automatic negotiation; genetic algorithm; multi-agent

0 引 言

人工谈判需要耗费大量的人力资源和时间, 基于 Internet 的自动谈判极大地提高了谈判效率, 降低采购和销售成本, 已成为实际需要。Agent 基于其自治性、主动性、反应性、持续性和社会性特点, 使用 Multi-Agent 技术模拟谈判活动势在必行。

一个自动谈判系统设计的理论与方法基础上概括为三个基本方面: 谈判协议 (Negotiation protocol)、谈判策略 (Negotiation strategies)、决策模型 (Decision Mode)^[1]。谈判策略描述 Agent 在进行谈判过程中采取的序列行动。近几年越来越多的学者采用人工智能技术, 如决策树、强化学习、遗传算法和贝叶斯学习, 用

于开发基于 Agent 的谈判环境。Dajun Zeng 和 Katia Sycara 等人在自动谈判过程中应用贝叶斯学习, 以提高学习策略的推理能力^[2]。Olive 研究了遗传算法应用于自动谈判学习谈判策略中的应用^[3]。牛晓太等设计了一种基于遗传算法的解决方案, 仅仅针对供应链企业间的一对一谈判, 没有涉及到一对多的谈判^[4]。韩伟和李海晨等分别给出了一个基于模糊约束规划模型的自动协商系统和在模糊多属性决策的基础上建立了谈判方的偏好及谈判满意度数学模型, 而这两个模型从精确性上来说都不如遗传算法 (GA)^[5,6]。

文中是研究一个生产商和多个供应商多属性的一对多的谈判, 克服了一对一谈判的局限性。GA 是解决基于复杂多变的谈判协商环境和 Agent 双方利益最大化的谈判问题的一种有效、快速的方法。同时, 供应商可以设置自身的门限, 当总效用值大于这个门限时供应商愿意达成协议。生产商从中挑选使自身总效用值最大的供应商。实证表明为供应链上企业实现自动

收稿日期: 2009-07-01; 修回日期: 2009-10-24

基金项目: 国家自然科学基金 (70671025)

作者简介: 沈珏萍 (1985-), 女, 浙江湖州人, 硕士研究生, 研究方向为管理信息系统分析与设计; 庄亚明, 教授, 博士后, 研究方向为数字化管理方法研究。

谈判提供了解决方案。

1 Agent 及 ACL 消息

1995 年, Wooldridge 和 Jennings 总结前人思想, 给出的弱 Agent 和强 Agent 概念被普遍接受。

(1) 弱定义: Agent 是处在某个环境中的计算机系统, 它拥有以下特性: 自治性、社会性、反应性和预动性。

(2) 强定义: Agent 在弱定义的特性基础上, 还要包括知识、信念、意图、承诺等人类特有的情感特性, 强定义赋予了 Agent 更人性化的特点。

1995 年, 智能物理 Agent 基金会(FIPA)开始了开发 Agent 系统标准的工作。它定义了 20 种语用词(如 inform), 以规定对消息的预期解释; 它没有为消息内容指定任何特定的语言。下面是 FIPA ACL 消息的一个例子:

```
(INFORM
:sender agent1
:receiver agent2
:content ( attribute )
:language sl
:ontology hp - auction
)
```

其中比较典型的消息类型如下:

CFP(call for proposals)语用词用来启动 Agent 之间的协商。PROPOSE 这个语用词允许一个 Agent 向另一个 Agent 提出提议。ACCEPT-PROPOSAL 语用词允许 Agent 阐明它接受另一个 Agent 的 PROPOSE。REJECT-PROPOSAL 允许一个 Agent 向另一个 Agent 表明它不接受作为协商过程的一个部分的 PROPOSE。INFORM 与 REQUEST 一起, INFROM 的发送者希望接受者相信这个内容。直观上, 发送者也隐含说明它相信消息的内容^[7]。

2 数学模型

设有生产商和供应商 Agent 就某件物品 X 进行交易。物品 X 用 $X = \langle x_1, \dots, x_n \rangle$ 表示, 其中 $x_j, j = 1, 2, \dots, n$ 表示物品在属性 j 上的取值。

$D_j = [\min_j, \max_j]$ 表示在属性 j 上的取值范围, $x_j \in D_j$ 。生产商 Agent 根据自己的偏好, 给与物品的属性 j 一个权重 ω_j^0 , m 个供应商 Agent 给物品的权重为 $\omega_j^h, h = 1, 2, \dots, m$, 有 $\sum_{j=1}^n \omega_j^k = 1, k = 0, h$ 。Agent 要对具体的属性值 x_j 所有可能的取值排序并打分, 对属性 j 的效用函数 $v_j^k(x_j): D_j \rightarrow [0, 100]$ 。在交易方案 X

$= \langle x_1, \dots, x_n \rangle$ 下 Agent 的总效用函数或满意度为

$V^k(X) = \sum_{j=1}^n \omega_j^k v_j^k(x_j)$ 。如果属性 x_j 取连续的值, 例如价格, 生产商和供应商 Agent 的价格效用函数分别为

$$v_j^k(x_j) = \frac{\max_j^k - x_j}{\max_j^k - \min_j^k} \times 100$$

$$v_j^k(x_j) = \frac{x_j - \min_j^k}{\max_j^k - \min_j^k} \times 100$$

如果 x_j 只能取离散的值, 例如交货提前期、付款期限、送货方式、交货准时性(s 个属性), 生产商 Agent 和供应商 Agent 对每一个不同的取值有一个效用值, 对这些属性的效用函数为

$$v_j^k(x_j) = \begin{cases} b_1 & x_j = a_1 \\ \vdots & \vdots \\ b_s & x_j = a_s \end{cases} \quad a_1, \dots, a_s \in D_j$$

对生产商 Agent 和供应商 Agent 来说, 协商问题的求解目标和约束为联合效用函数 F 的最大化:

$$\max F(\text{fitness}(1), \text{fitness}(2))$$

$$\text{s. t. } x_j \in D_j$$

$$j \in [1, \dots, n]$$

其中 $\text{fitness}(1)$ 表示生产商的满意度, $\text{fitness}(2)$ 表示供应商 k 的满意度, 那么 $F = \frac{1}{100} \text{fitness}(1) \text{fitness}(2)$,

$$\begin{aligned} \text{fitness}(1) &= v^0(x) = \sum_{j=1}^n \omega_j^0 v_j^0(x_j), \text{fitness}(2) = v^h(x) \\ &= \sum_{j=1}^n \omega_j^h v_j^h(x_j). \text{ 即 } F = \sum_{j=1}^n \omega_j^0 v_j^0(x_j) \sum_{j=1}^n \omega_j^h v_j^h(x_j) / 100. \end{aligned}$$

3 谈判流程

1) 供应商 Agent 在 DF 中注册自己的服务, 即需要出售某种物品。

2) 生产商 Agent 在 DF 中查找出售某种物品服务的生产商 Agent, 并向生产商 Agent 发送 CFP 消息。

3) 供应商 Agent 收到生产商 Agent 的 CFP 消息后, 回复生产商 Agent 类型为 PROPOSE 的消息。并将自己的对物品各属性的偏好 $\omega^h = \langle \omega_1^h, \dots, \omega_n^h \rangle$ 和门限 V_h 作为 PROPOSE 的消息的 content。

4) 生产商 Agent 收到供应商 Agent 类型为 PROPOSE 的消息, 根据自己的偏好 $\omega^0 = \langle \omega_1^0, \dots, \omega_n^0 \rangle$, 通过 GA 的数学模型, 求得使得双方效用最大的各属性值和双方的效用值。如果供应商的效用值小于其自身设定的门限值, 给该供应商 Agent 发送类型为 REJECT-PROPOSAL 的消息。生产商 Agent 找到使自己效用最大的供应商, 并给这个供应商发送 ACCEPT-PROPOSAL 消息, 将谈判最终值作为消息的

content 属性。给其余的供应商均发送 REJECT - PROPOSAL 消息。

5)收到 ACCEPT - PROPOSAL 消息的供应商给生产商 Agent 发送订货通知单,即发送 INFORM 消息,将各属性的谈判最终值作为消息的 content 属性。

谈判流程如图 1 所示。

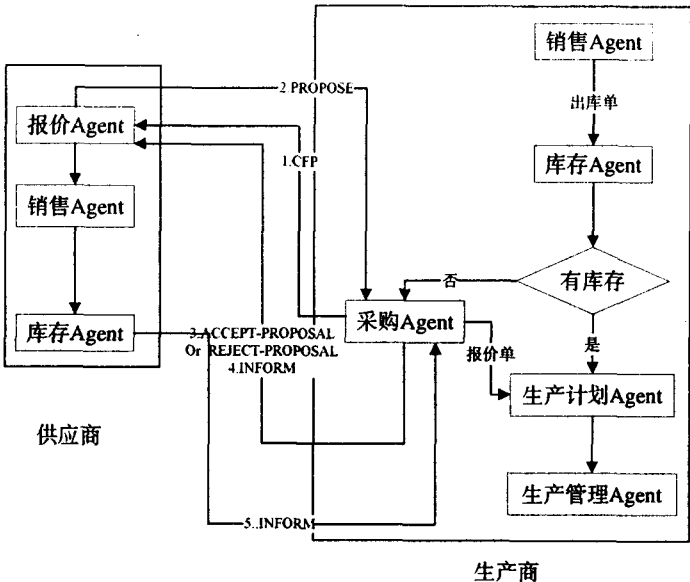


图 1 供应商生产商谈判流程图

4 仿真分析

4.1 参数设定

对于商品 $X = \langle x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 \rangle$,各个分量分别代表价格、交货提前期、付款时间、送货方式、交货准时性。对于生产商(buyer)来说,需要抢占市场先机,所以认为交货提前期和交货准时性较价格、送货方式和付款时间重要。对于不同的供应商对商品属性的偏好是不同的,如表 1 所示。对于供应商 1(seller1)来说,设备相对先进,因此能满足交货提前期和交货准时性要求比较高的供应商,所以供应商 1 对价格的要求相对要高。对于供应商 2(seller2)来说,其偏好和生产商的偏好相同,这样生产商的要求就得不到满足。对于供应商 3(seller3)来说,对资金的运转速度和价格要求比较高,和供应商 1 一样设备较先进,因此对交货提前期和交货准时性要求不会很苛刻。

表 1 生产商和供应商的偏好

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	门限
buyer	0.2	0.3	0.1	0.1	0.3	
seller1	0.4	0.1	0.2	0.2	0.1	60
seller2	0.2	0.3	0.1	0.1	0.3	60
seller3	0.3	0.1	0.4	0.1	0.1	60

表 2 是生产商和 m 个供应商的对每个属性 j 的效

用函数。对于属性价格来说,在市场上交易的最大值和最小值之间取值,是一个连续的属性。对于交货提前期、付款时间、送货方式和送货准时性来说,对应有有限个取值生产商和 m 个供应商都有自己的评分即效用函数。对某一组谈判组合来说,如果某个属性值对生产商来说效用值很大,那么对供应商来说就相对较低。

表 2 生产商和供应商的效用函数

取值	各属性取值的含义	生产商 $v_j^0(x)$	供应商 $v_j^h(x)$
$X_1 \in [50, 60]$	价格在交易最低和最高价格之间	$100(60 - X_1) / (60 - 50)$	$100(X_1 - 50) / (60 - 50)$
$X_2 = 1$	交货提前期提前平均交货提前期 10%	100	0
$X_2 = 2$	交货提前期等于平均交货提前期	200/3	100/3
$X_2 = 3$	交货提前期迟于平均交货提前期 10%	100/3	200/3
$X_2 = 4$	交货提前期迟于平均交货提前期	0	100
$X_3 = 1$	买方取到货后 30 天再付款	100	0
$X_3 = 2$	买方取到货后 10 天再付款	200/3	100/3
$X_3 = 3$	买方取到货后立即付款	100/3	200/3
$X_3 = 4$	买方取货之前先付款	0	100
$X_4 = 1$	卖方免费送货上门	100	0
$X_4 = 2$	卖方收费送货上门	200/3	100/3
$X_4 = 3$	卖方邮寄	100/3	200/3
$X_4 = 4$	买方亲自取货	0	100
$X_5 = 1$	卖方提前交货	100	0
$X_5 = 2$	卖方准时交货	200/3	100/3
$X_5 = 3$	卖方推迟 10 天内交货	100/3	200/3
$X_5 = 4$	卖方推迟 1 月内交货	0	100

4.2 基于 GA 参数设定

1)编码。

对连续变量价格来说,要使得精确度更高,可保留小数点后面四位小数,那么二进制编码的位数是 20。对于离散变量交货提前期、付款时间、交货方式、交货准时性只有四个取值,所以对应的二进制编码位数是 2。对应一次交易 $X = \langle x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 \rangle$,二进制编码的位数是 28 位。

2)设定的参数。

设置串长 $l = 28$,群体大小 $M = 20$,交叉概率 $P_c = 0.9$,变异概率 $P_m = 0.05$,生产商和供应商对商品属性的权重向量 ω^0, ω^h 及对每个属性的效用函数 $v_j^0(x), v_j^h(x)$,还有联合效用函数 F 。

3)终止条件。

设置迭代次数 MAXGEN=60。

4.3 实验结果

经过 60 次迭代后,产生了谈判的最优解(见表 3)。和供应商 1,2,3 的谈判结果分别为 $\langle 59.9996, 1,4,4,1 \rangle, \langle 51.6666, 4,2,2,2 \rangle, \langle 59.9956, 1,4,1, 1 \rangle$ 。可见和供应商 1 和 3 谈判时,生产商对交货提前期和交货准时性的要求得到了满足,效用都为 100。

再分析一下生产商和各供应商的效用值^[8]。

表 3 60 次迭代后的谈判组合

	供应商 1	供应商 2	供应商 3
1	<58.2023,1,4,3,1>	<51.6678,4,2,2,2>	<59.3680,1,4,1,1>
2	<59.3696,1,4,3,1>	<51.6666,4,2,2,2>	<59.9955,1,4,1,1>
3	<59.3640,1,4,4,1>	<51.6434,4,2,2,2>	<59.9929,1,4,1,1>
4	<59.9996,1,4,3,1>	<54.0854,4,4,2,2>	<59.9907,1,4,1,1>
5	<59.9994,1,3,4,1>	<51.6672,4,2,2,2>	<57.0192,1,4,1,1>
6	<59.7623,1,4,3,1>	<51.5848,4,2,4,1>	<59.9854,1,4,1,1>
7	<59.1371,1,4,4,1>	<51.7018,4,2,2,1>	<56.2454,1,4,1,1>
8	<59.9967,1,4,4,1>	<56.6777,4,1,2,2>	<58.0678,4,4,4,4>
9	<58.7464,1,4,4,1>	<50.3983,4,2,2,2>	<57.4967,1,2,1,1>
10	<59.3640,3,4,4,1>	<50.4353,1,4,2,1>	<57.3350,3,4,1,3>
11	<59.3640,1,4,4,1>	<51.3541,4,2,2,2>	<59.9956,3,4,2,1>
12	<59.9971,4,3,3,4>	<58.5951,4,2,2,4>	<59.9878,1,4,3,1>
13	<59.9916,4,2,3,4>	<51.6602,4,2,2,2>	<50.2338,4,1,1,1>
14	<59.3438,2,2,4,1>	<51.5885,4,2,2,2>	<54.9468,1,4,1,1>
15	<59.9994,1,4,4,2>	<51.7087,4,2,2,2>	<59.9854,1,3,1,1>
16	<59.9929,3,4,4,1>	<54.1691,4,2,2,2>	<59.9956,1,4,1,3>
17	<59.3720,2,4,3,1>	<57.2684,4,2,2,2>	<59.9956,1,4,1,1>
18	<59.9996,1,4,4,1>	<51.6764,4,2,2,2>	<59.9572,1,4,2,1>
19	<54.99351,4,4,1>	<51.6666,4,2,2,2>	<54.9568,1,4,1,1>
20	<59.7621,1,4,2,1>	<58.5390,4,2,2,2>	<59.9907,2,4,1,1>
结果	<59.9996,1,4,4,1>	<51.6666,4,2,2,2>	<59.9956,1,4,1,1>

下面三个图是联合效用值 F 和生产商的效用值 $\text{fitness}(1)$ 和供应商 1,2,3 的效用值 $\text{fitness}(2)$ 的仿真图。图 2 中联合效用值 F 最大为 48,此时生产商的效用值为 $\text{fitness}(1) = 60$, 供应商 1 的效用值 $\text{fitness}(2) = 80$ 。图 3 中联合效用值 F 最大为 25,此时生产商的效用值为 $\text{fitness}(1) = 50$, 供应商 2 的效用值 $\text{fitness}(2) = 50$ 。图 4 中联合效用值 F 最大为 49,此时生产商的效用值为 $\text{fitness}(1) = 70$, 供应商 3 的效用值 $\text{fitness}(2) = 70$ 。

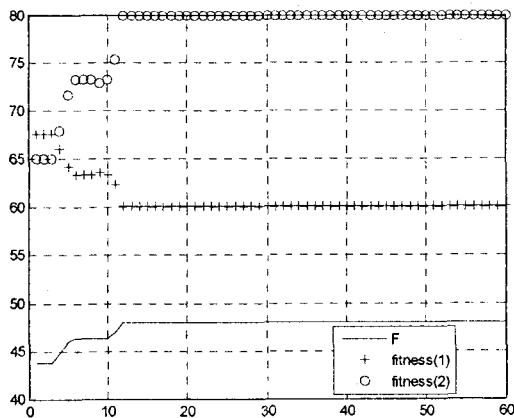


图 2 生产商和供应商 1 的满意度

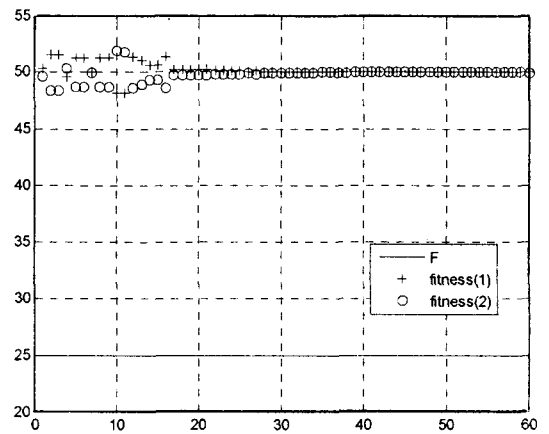


图 3 生产商和供应商 2 的满意度

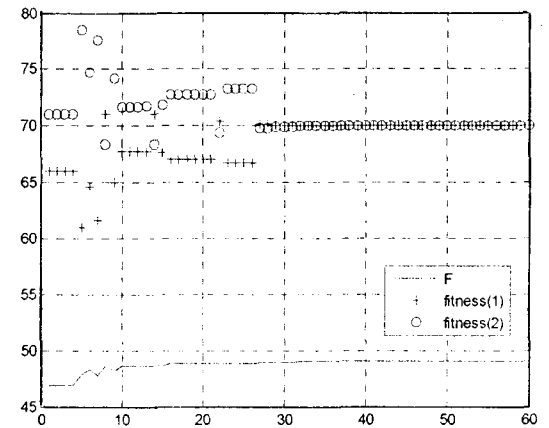


图 4 生产商和供应商 3 的满意度

可见, 供应商 1,3 的总效用值大于门限, 被生产商保留了下来。如果供应商 2 改动门限为 50, 那么供应商 2 也被保留了下来。生产商选择供应商 3 使得自己的总效用值为最大。最后生产商和供应商 3 的交易方案为价格 60, 交货提前期提前平均交货提前期 10%, 买方取货之前先付款, 卖方免费送货上门, 卖方提前交货。

5 结束语

通过实验可以看出, 用 GA 方法求解自动谈判问题, 谈判组合不断优化, 使得生产商和供应商的联合满意度达到最大。通过文中提出基于 Agent 的流程, 生产商找到了最能满足自身偏好的供应商, 实现了供应链上企业利益的最大化。本模型极大地提高了谈判的效率, 降低了成本, 在一定程度上为供应链上企业实现自动谈判提供了一个合理的解决方案。

参考文献:

- [1] 王海, 李一军, 侯新培. 基于 Agent 的电子商务自动谈判系统研究[J]. 系统工程理论与实践, 2005(11): 14-19.
- [2] Zeng D, Sycara K. Bayesian learning in negotiation[J]. Int.

叉的步骤是在群体中随机选择两个染色体,然后随机再选择这两个染色体的某一位置,二者互换从该位置起的末尾部分基因,因此长度为 N 的码串,可以有的交叉点是 $N-1$ 个,单点交叉可以实现 $N-1$ 个不同的结果。由于单点交叉的交叉点是随机的,当参数个数增多,位串长度加长时,仅使用单点交叉技术,有可能会造成搜索概率的降低。在此我们对单点交叉技术进行改进:在随机得到交叉点时,也随机得到一个从编码起始点到交叉点长度的一个随机屏蔽字 P_i ,在交叉点之后位串依然是尾部互换,在两个染色体交叉点之前的两个等长的位串各位进行比较,如果两染色体某位编码相同,则与相应位的屏蔽字相交换,依次操作直到交叉点处。在我们的测试方法中这样做的目的在于使得种群的多样化,因为是对业务流程进行测试,要尽可能多地对业务的流程路径进行最大可能的覆盖。交叉操作的随机概率选择也有着重要的作用,如果概率较大,交叉的能力越强,但是对优秀种群的破坏也越大。交叉操作的概率越小,搜索可能陷入停滞状态,所以一般建议选择 P_c 是在 $0.5 \sim 0.99$ 之间。

变异:变异是按一定的变异概率 P_b 将位串的某一位或某几位的 1 变成 0,将 0 变成 1。由于我们的编码属于是动态型编码,所以变异概率也采用一种动态确定变异率的方法如下:先将软件的业务流程图画出,将整个软件的所有业务流程数(对应于流程图的边)设为 A ,将业务流程模块(对应于流程图的结点)设为 B ,变异率 $= A/(A+B)$;

流程图中如果边的个数较多,则说明流程越复杂和难以完全覆盖,采用此变异率可以在流程过多时显著地提高位串上发生突变的机会,这种动态的突变率的确定,可以比较好地针对于我们的业务流程测试系统的尽可能完全覆盖的目的以及动态编码的特性。

3 结束语

文中主要介绍了遗传算法在大型软件的业务流程方面的测试,采用了一种基于路径覆盖的方法,尽可能地生成所有的业务流程路径,动态地产生和更新工作

流。遗传算法所具有的传统方法不具备的强壮性和高效性等特点,使得在解决此问题时显示了其独有的优势。

经过实验证明,采用此改进的遗传算法对业务流程进行测试时,可以使我们在集成测试时,尽最大可能地自动生成和选取各个模块之间的所有的组合流程,不再需要测试人员进行人工的记录以及大量繁琐的工作。但是也存在着一定的问题,就是在整个的软件系统中,不是每个模块和每个模块都有一种直接的联系和信息交互的,当面临不同模块的间接交互或依赖关系时,如果对算法进行改进?为了保证自动化产生的业务流程为有效流程,在具体的实际操作中可能还有一些细节需要进行考虑和研究,期望通过此文与有关方向的专家学者共同的探讨,力图使此方法尽快地实用化。

参考文献:

- [1] 许向阳. 遗传算法与结构自动测试[J]. 计算机工程与应用, 1998(4): 34-36.
- [2] 朱良学. 基于遗传算法的软件测试用例研究[J]. 软件导刊, 2008, 7(5): 37-38.
- [3] 姚尧. 一种基于遗传算法的软件测试用例生成新方法[J]. 计算机与数字工程, 2009, 37(1): 18-21.
- [4] 易云辉, 汪闰六. 基于遗传算法的软件测试用例生成系统模型[J]. 科技广场, 2005(6): 18-20.
- [5] 英伟, 谢军, 奚红宇, 等. 遗传算法在软件测试数据生成中的应用[J]. 北京航空航天大学学报, 1998, 24(4): 434-437.
- [6] 毛颖, 罗蕾. 基于遗传算法和爬山算法的测试用例生成研究[C]//2006年全国第六届嵌入式系统学术年会. 西安: 计算机技术与发展编辑部, 2006.
- [7] Rajappa D V, Biradar A, Panda S. Efficient Software Test Case Generation Using Genetic Algorithm Based Graph Theory [C]//First International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology. [s. l.]: [s. n.], 2008: 298-303.
- [8] 赵明, 张毅坤, 沈建雄, 等. 基于遗传算法的测试用例生成工具的研究[J]. 计算机工程, 2005, 31: 13-15.
- [9] 应用, 2008, 44(3): 94-97.
- [6] 李海晨, 冯玉强. 面向 Agent 的供应链谈判模型研究[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2007, 39(8): 1305-1308.
- [7] FIPA Communicative Act Library Specification. Foundation for Intelligent Physical Agents [EB/OL]. 2003. <http://www.fipa.org/specs/fipa00037/index.html>.
- [8] 邓方安, 周涛, 徐扬. 软计算方法[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 153-154.

(上接第 124 页)

Journal of Human-Computer Studies, 1998, 48: 125-141.

- [3] Oliver J R. A machine learning approach to automated negotiation and prospects for electronic commerce[J]. Journal of Management Information Systems, 1996, 13(3): 83-112.
- [4] 牛晓太, 王洋, 邓其军. 一种基于 GA 的自动谈判问题解决方案[J]. 计算机工程与应用, 2005, 41(24): 197-200.
- [5] 韩伟. 基于模糊约束规划的自动协商[J]. 计算机工程与