

## 基于自适应遗传算法的企业动态联盟伙伴选择模型

李剑<sup>1,2</sup>, 景博<sup>2</sup>, 牛少彰<sup>1</sup>, 杨义先<sup>1</sup>

(1.北京邮电大学 网络与交换技术国家重点实验室, 北京 100876; 2. 北京应用气象研究所 计算机室, 北京 100029)

**摘要:** 为了提高动态联盟中企业选择联盟伙伴和优化过程中的效率, 提出了一种基于自适应遗传算法的企业动态联盟伙伴选择模型。将自适应遗传算法 AGA 应用于这种模型当中, 以提高模型中企业选择联盟伙伴和优化过程中的效率。AGA 相对于标准遗传算法 SGA 在求解问题的时候, 可以很好地处理 SGA 中容易造成的早熟和局部收敛现象。在实验中, 分别对 2 种遗传算法即: SGA 和 AGA 各进行了 1 000 次的实验。结果表明同样找到最优解的时候, SGA 平均需要 166 次, 而 AGA 平均仅需要 145 次。这个结果说明, 在企业选择联盟伙伴和优化的时候, AGA 可以使得企业高效找到最优的联盟伙伴。

**关键词:** 动态联盟; 伙伴选择; 自适应遗传算法

中图分类号: TN301

文献标识码: A

文章编号: 1000-436X(2009)08-0078-06

## Model for virtual corporations partner selection based on adaptive genetic algorithm

LI Jian<sup>1,2</sup>, JING Bo<sup>2</sup>, NIU Shao-zhang<sup>1</sup>, YANG Yi-xian<sup>1</sup>

(1. State Key Lab of Network and Switching Technology, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China;

2. Dept. of Computer, Beijing Institute of Applied Meteorology, Beijing 100029, China)

**Abstract:** To enhance the efficiency of corporation partner selection and optimization process in virtual corporations, an partner selection process and optimizations model for virtual corporations based on adaptive genetic algorithm were presented. In the model, the adaptive genetic algorithm was used to enhance the efficiency of corporation partner selection and optimization process. The AGA could solve the problem of prematurity and local convergence more compatibly than SGA. In the experiments, two kinds of genetic algorithms were used to be compared with, which were standard genetic algorithm(SGA) and adaptive genetic algorithm(AGA). After 1 000 times of experiments to gain the optimal result, SGA averagely needed 166 runs, while the AGA averagely only needed 145 runs. The experimental results show that the AGA can gain the optimal result more efficiently than SGA in corporation partner selection and optimization process.

**Key words:** virtual corporation; partner selection; adaptive genetic algorithm

### 1 引言

随着信息技术的不断发展, 一种建立在互联网等信息技术基础之上的, 将信息技术引入企业生

产、经营、管理之中的全新竞争战略在企业中不断扩大应用。企业要占领市场只有从竞争向合作转变, 从独占市场向分享市场转变。作为企业外部资源优化整合的一种手段——动态联盟<sup>[1]</sup>(VC, virtual cor-

收稿日期: 2008-12-10; 修回日期: 2009-05-10

基金项目: 高等学校博士学科点专项科研基金资助项目 (20060013007); 北京市自然科学基金资助项目(4092029); 国家科技支撑计划(2007BAH05B02)

**Foundation Items:** The Specialized Research Found for the Doctoral Program of Higher Education(20060013007); The National Natural Science Foundation of Beijing(4092029); The National Key Technology R&D Program of China(2007BAH05B02)

porations), 正伴随着经济全球化趋势和信息技术的不断发展, 成为许多企业的现实选择<sup>[2]</sup>。

动态联盟又称“虚拟企业”, 它是一些相互独立的商业过程或企业组成的暂时联合<sup>[3]</sup>, 这些商业过程或企业称之为“伙伴(partner)”。各个伙伴在诸如研发、设计、制造、分销等领域分别为该联盟贡献出自己的核心能力, 并相互联合起来实现技能共享和成本分担, 以把握快速变化的市场机遇<sup>[4]</sup>。由于动态联盟在形成过程涉及到诸如内在成本、联接成本、风险、时间、过程等诸多因素, 如何高效快速选择动态联盟中的最优伙伴是一个关键问题。

针对于这一问题, 本文提出一种基于自适应遗传算法的企业动态联盟伙伴选择模型。将自适应遗传算法 AGA(adaptive genetic algorithm)应用于这种模型当中, 来提高模型中企业选择联盟伙伴和优化过程中的效率。

## 2 问题的提出与相关工作

### 2.1 问题的提出

目前, 关于动态联盟的研究多集中在结构分析和过程建模方面<sup>[5]</sup>, 且以概念性、描述性、框架性的定性研究居多<sup>[6]</sup>, 而针对动态联盟实际运行中的问题及其解决办法的研究(尤其是定量研究) 却很少<sup>[7]</sup>。其中, 动态联盟中的伙伴选择与管理无疑是一个具有现实意义的问题。因为在动态联盟的组建过程中, 选择“正确”的伙伴是关系到整个联盟成败的关键因素。

假设动态联盟需要由  $n$  个业务过程类型组成, 对于第  $i$  种类型的业务过程有  $k_i$  个潜在的候选伙伴。考虑到动态联盟的现实意义, 各种类型至少选择一个合作伙伴, 则第  $i$  种类型的伙伴选择组合为  $k_i(k_i+1)/2$ , 整个联盟伙伴选择的可能组合数为  $\frac{1}{2^n} \prod_{i=1}^n k_i(k_i+1)$ 。考虑到联盟中业务可能非常多, 而且多个业务之间可能还有连带关系, 计算出每一种组合的工作量往往是非常大的。所以如何高效选择企业联盟就是一个关键的问题。

### 2.2 相关工作

文献[3]中提出了一些伙伴关系管理的原则, 但只限于定性的概念分析。文献[4]中提出了一种设计有效动态联盟的两阶段框架, 在第一阶段利用 DEA(数据包络分析) 辨识出“有效”业务过程, 第二阶

段在第一阶段的基础上利用(0-1)整数目标规划进行优化, 选择出有关伙伴组成动态联盟。但是第一阶段的 DEA 分析和辨识过程中, 可能失去了一些尽管个体单元有效性不足, 但也许比较适合整体联盟的有效解。第二阶段中每种类型只选择一个企业, 这种方法有一定的局限性, 因为很多时候企业往往在某种类型中选择 2 个或更多的企业加入联盟当中。

文献[1]当中, 提出了一种基于遗传算法的动态联盟伙伴选择过程及优化模型。但是这种模型当中没有考虑到联盟当中不同类型过程的权重信息。其次这种模型在构造遗传算法适应度的时候对于参数的修正采用的是正理想点法, 这种方法有一定的局限性, 因为当正理想点与负理想点之间的距离非常小而正理想点非常大的时候, 会发生“大数吃掉小数”的问题。最后这种模型采用了标准遗传算法 SGA(standard genetic algorithm)来求解联盟最优组合, 但是标准遗传算法会有早熟、局部最优等特点, 从而会影响这种模型在求解联盟最优组合时的效率。

## 3 本文的求解模型

### 3.1 本文的求解机制

动态联盟中的企业伙伴选择过程可以描述为一个多目标优化问题。

#### 1) 分类

在动态联盟形成过程中, 企业按照业务类型分为  $J$  种类型, 第  $j$  种类型当中有  $I$  个企业供选择。

#### 2) 多个目标函数

动态联盟形成当中常常有多个评价的标准。这里采用多目标函数来描述。例如一个企业动态联盟形成过程中需要考虑 3 种因素(总成本  $C$ , 反应时间  $T$ , 风险  $R$ ), 则它的目标函数可以描述为如下。

目标函数 1: 动态联盟形成后的总成本  $C$  要最小。这里的总成本包括 2 部分, 一个是企业自身的化费  $H$ , 另一个是企业与其他企业结盟时的化费  $L$ 。这样目标函数可以表示为

$$\min C = \min(H + L) = \min \left( \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I (H_i^j) + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I L_{ii}^j \right) \quad (1)$$

企业自身的联接成本为 0。

目标函数 2: 动态联盟对于市场的反应时间  $T$  最小。这个过程可以表示为

$$\min T = \min \sum_{j=1}^J T(j) \quad (2)$$

目标函数3: 动态联盟运行的风险  $R$  最小。

这个过程可以表示为

$$\min R = \min \prod_{j=1}^J R(j) \quad (3)$$

### 3) 约束条件

每种类型的企业最少选择一个, 也可以选择多个企业加入到动态联盟当中。

## 3.2 本文的求解方法

本文采用自适应遗传算法 AGA 来求解企业选择联盟伙伴的最优解。由于标准遗传算法 SGA 在求解问题的时候容易造成早熟和局部收敛现象<sup>[8]</sup>。针对于这一问题, 本文在求解竞争环境下多边多议题协商问题遗传算法的时候, 采用了自适应遗传算法来对问题进行求解。

在标准遗传算法中, 采用固定的交叉和变异概率, 容易造成早熟和局部收敛。为了避免陷于局部最优, 种群中的个体在整个遗传过程中, 要保持解的多样性。这里对  $P_c$  和  $P_m$  采用自适应的选择策略。

### 1) 自适应选择交叉概率和变异概率

交叉概率  $P_c$  和变异概率  $P_m$  选择不当会造成早熟,  $P_c$  和  $P_m$  越大, 则算法的搜索能力越强, 个体适应度波动越大; 反之,  $P_c$  和  $P_m$  越小, 个体适应度比较平稳。SGA 采用固定的  $P_c$  和  $P_m$ , 易造成早熟和局部收敛。而 AGA 对  $P_c$  和  $P_m$  采用自适应选择的策略, 具体描述如下。

设  $f_{\max}$  和  $\bar{f}$  分别为群体的最大适应度和平均适应度,  $f'$  为 2 个交叉个体适应度的较大值,  $f$  为变异个体的适应度。自适应遗传算法的遗传概率  $P_c$  (也称交叉概率) 如下:

$$P_c = \begin{cases} p_{c1} - \frac{(P_{c1} - P_{c2})(f' - \bar{f})}{f_{\max} - \bar{f}}, & f' \geq \bar{f} \\ P_{c1}, & f' < \bar{f} \end{cases} \quad (4)$$

变异概率  $P_m$  如下:

$$P_m = \begin{cases} p_{m1} - \frac{(P_{m1} - P_{m2})(f_{\max} - f)}{f_{\max} - \bar{f}}, & f \geq \bar{f} \\ p_{m1}, & f < \bar{f} \end{cases} \quad (5)$$

其中,  $p_{c1}, p_{c2}, p_{m1}, p_{m2}$  为小于 1 且大于零的参数。

在同一代中, 对于不同的个体赋予不同的  $P_c$

和  $P_m$ , 适应度高的个体应给予保护,  $P_c$  和  $P_m$  相应减少, 而适应度低的个体应该增大  $P_c$  和  $P_m$ 。这样在每一代群体以及群体中的每个个体都有不同的  $P_c$  和  $P_m$ , 实现了参数的自适应选取。这种遗传算法的改进称为自适应遗传算法。

### 2) 适应度函数的构造

适应度  $f(x)$  的构造选择理想点法。因为多目标问题求解的时候, 通常很难给出各个目标的具体、准确的值, 更何况目标之间通常还有连带关系, 但是协商参与者通常能够给出各个目标的正理想点(最期望达到的值)和负理想点(最不希望达到的值)。在这种情况下, 选择理想点法来构造遗传算法中的适应度函数往往是比较合适的。

设有  $J$  个目标或者说企业形成动态联盟伙伴关系的时候有  $J$  个业务过程  $f_1(x), f_2(x), \dots, f_J(x)$ 。对于每个目标函数分别有其最优值为  $f_j^+ = \max_{j \in J} f_j(x)$  和最差值为  $f_j^- = \min_{j \in J} f_j(x)$ 。

如果  $x^+$  是所有这些目标的最优解, 即在  $x=x^+$  时, 所有的目标都同时达到各自的最优值, 但这种情况发生的可能性较小。因此只能把向量  $F^+ = [f_1^+, f_2^+, \dots, f_J^+]$  看作向量函数  $F(x) = [f_1(x), f_2(x), \dots, f_J(x)]$  的一个正理想点。 $F(x)$  与  $F^+$  的偏差越小时, 目标的最优值就离理想点越近, 解就越优。

同样道理, 如果  $x^-$  是所有这些目标的最差解, 即在  $x=x^-$  时, 所有的目标都同时达到各自的最差值, 但这种情况发生的可能性也比较小。因此只能把向量  $F^- = [f_1^-, f_2^-, \dots, f_J^-]$  看作向量函数  $F(x) = [f_1(x), f_2(x), \dots, f_J(x)]$  的一个负理想点。 $F(x)$  与  $F^-$  的偏差越小时, 目标的最优值就离理想点越远, 解就越差。构造适应度函数如下:

$$f(x) = f^-(x) / (f^+(x) + f^-(x)) \quad (6)$$

$$f^-(x) = \|F(x) - F^-\| = \left\{ \sum_{j=1}^J \lambda_j [f_j(x) - f_j^-]^p \right\}^{\frac{1}{p}}, \quad p \in (1, +\infty) \quad (7)$$

$$f^+(x) = \|F(x) - F^+\| = \left\{ \sum_{j=1}^J \lambda_j [f_j(x) - f_j^+]^p \right\}^{\frac{1}{p}}, \quad p \in (1, +\infty) \quad (8)$$

式(7)和式(8)称为闵可夫斯基距离公式, 是理想点法最常用的公式。式中  $\lambda_j$  为权重。当  $p=1$  时为海

明距离或绝对距离； $p=2$  时为欧式距离； $p=\infty$  时称切比雪夫距离。

## 4 实验

### 4.1 实验数据

在实验中设置一个企业动态联盟由研究(R)、设计(D)、制造(M)、销售(S)、信息集成(I) 共 5 种业务类型组成。上述每种类型的业务候选伙伴数目分别为 3,3,5,5,5。要求联盟中选择 2 个销售伙伴，其余各选择一个合作伙伴。联盟中企业内在成本  $C$ ，反应时间  $T$ ，风险测度  $R$  如表 1 所示。联盟中各个企业之间的联接成本如表 2 和表 3 所示。

表 1 联盟基本信息

(内在成本  $C$ (万)，反应时间  $T$ (月)，风险测度  $R$ )

企业	$C$	$T$	$R$	企业	$C$	$T$	$R$
R1	82	9.3	0.15	S1	89	8.5	0.28
R2	89	5.2	0.37	S2	83	5.3	0.25
R3	92	5.5	0.49	S3	72	8.2	0.41
D1	52	10	0.52	S4	93	6.1	0.18
D2	50	6.2	0.39	S5	68	6.2	0.24
D3	92	8.4	0.36	I1	69	7.2	0.22
M1	71	9.5	0.26	I2	71	9.1	0.24
M2	100	7.3	0.43	I3	52	7.4	0.36
M3	58	6.3	0.34	I4	70	5.0	0.46
M4	58	7.5	0.24	I5	72	5.3	0.55
M5	65	7.3	0.27				

联盟对于企业内在成本  $C$ ，反应时间  $T$ ，风险测度  $R$  的权重信息分别为  $\lambda_1=0.32$ ， $\lambda_2=0.25$ ， $\lambda_3=0.43$ 。

### 4.2 实验过程

#### step1 编码与解码

针对于本文企业动态联盟的实际情况，本文采用二进制编码的方法，对于实验中的 5 种类型的企业具体编码和解码如下。

1) 第 1 种企业：研究(R)。

有 3 种类型的研究企业，选择 2 位二进制。其中 00 表示 R1，01 表示 R2，10 表示 R3。

2) 第 2 种企业：设计(D)。

有 3 种类型的设计企业，选择 2 位二进制。

3) 第 3 种企业：制造(M)。

有 5 种类型的设计企业，选择 3 位二进制。

4) 第 4 种企业：销售(S1)。

有 5 种类型的设计企业，选择 3 位二进制。

5) 第 4 种企业：销售(S2)。

有 5 种类型的设计企业，选择 3 位二进制。

注：由于联盟中在销售这一环节需要选择 2 个后选企业，所以这里用 S1 和 S2 分别表示。

6) 第 5 种企业：信息集成(I)。

有 5 种类型的设计企业，选择 3 位二进制。

总体上来说，需要 16 位二进制来形成一个染色体，表示一个种类的联盟。

#### step2 形成初始群体

采用随机的方法产生初始群体，即随机生成一组任意排列的字符串。群体中的个体数目是固定的，种群规模一般在  $L \sim 2L$  之间 ( $L$  为编码长度)。因为本实验染色体的长为 16，所以选择种群的数量为 20。但是这里所选择的 20 个初始群体都必需满足后面的约束条件。

#### step3 计算适应度

适应度函数采用式(6)作为适应度函数，其中  $p$  取值为 2。针对于本文联盟形成的具体情况，考虑到企业成本  $C$  相对于反应时间  $T$  和风险测度  $R$  的数量级偏大，容易出现“大数吃掉小数”的现象。所以对式(7)和式(8)加以修正。

$$f^-(x) = \|(F(x) - F^-) / \Delta F\| = \left\{ \sum_{j=1}^J \lambda_j [(f_j(x) - f_j^-) / \Delta f]^p \right\}^{\frac{1}{p}}, \quad p \in (1, +\infty) \quad (9)$$

$$f^+(x) = \|(F(x) - F^+) / \Delta F\| = \left\{ \sum_{j=1}^J \lambda_j [(f_j(x) - f_j^+) / \Delta f]^p \right\}^{\frac{1}{p}}, \quad p \in (1, +\infty) \quad (10)$$

其中， $\Delta f = f^+ - f^-$ 。

#### step4 父个体的选取

采用轮盘赌的方法进行父个体的选取，个体被选中的概率与其在群体中相应适应函数值成正比，算法以此概率分布从群体中随机选取 2 个不同的染色体作为 2 个父个体。

#### step5 交叉

交叉规则采用双亲双子法，交配位为随机取位。该方法在双亲个体确定后，以一个随机位进行位之后的所有基因对换，对换后形成 2 个孩子后代，交叉概率  $P_c$  如式(4)所示。

#### step6 变异

表 2

联接成本(1) (单位: 万元)

企业	R1	R2	R3	D1	D2	D3	M1	M2	M3	M4	M5
R1	0	0.5	1.92	5.11	3.92	0.95	5.12	0.75	4.02	0.88	5.5
R2	0.5	0	2.48	0.88	0.33	1.23	1.38	4.92	1.39	1.28	1.93
R3	1.92	2.48	0	4.22	3.51	2.83	4.08	3.75	3.65	3.72	2.93
D1	5.11	0.88	4.22	0	4.72	2.94	3.47	2.49	5.12	1.93	2.74
D2	3.92	0.33	3.51	4.72	0	5.39	2.90	3.74	2.89	3.82	1.83
D3	0.95	1.23	2.94	2.94	5.39	0	3.68	2.79	2.85	4.90	4.24
M1	5.12	1.38	3.47	3.47	2.90	3.68	0	4.62	4.02	2.73	4.28
M2	0.75	4.92	2.49	2.49	3.74	2.79	4.62	0	4.92	5.42	2.53
M3	4.02	1.39	5.12	5.12	2.89	2.85	4.02	4.92	0	1.97	3.75
M4	0.88	1.28	1.93	1.93	3.82	4.90	2.73	5.42	1.97	0	4.82
M5	5.5	1.93	2.74	2.74	1.83	4.24	4.28	2.53	3.75	4.82	0
S1	0.53	3.25	2.93	2.93	1.48	4.24	3.82	0.94	3.52	3.58	4.92
S2	1.45	2.59	1.94	1.94	1.52	3.59	1.49	2.33	2.59	4.83	4.82
S3	1.92	1.39	3.83	3.83	2.47	3.29	2.55	0.83	4.92	1.32	0.53
S4	4.92	1.48	0.62	0.62	3.59	1.33	2.84	2.74	5.43	1.39	1.94
S5	2.91	1.58	1.39	1.39	2.59	2.59	3.73	4.92	3.39	3.72	3.59
I1	3.58	2.50	1.83	1.83	3.95	2.59	4.60	0.79	1.49	0.88	0.79
I2	1.59	3.52	3.92	3.92	4.69	3.59	1.85	1.84	4.93	3.02	0.93
I3	2.53	5.42	4.29	4.29	3.59	3.82	2.59	1.73	5.42	5.19	2.58
I4	1.83	0.74	5.12	5.12	4.82	4.92	2.58	5.02	3.32	1.48	4.73
I5	1.33	5.08	2.93	2.93	0.71	4.92	3.82	3.95	2.75	4.92	0.89

表 3

联接成本(2) (单位: 万元)

企业	S1	S2	S3	S4	S5	I1	I2	I3	I4	I5
R1	0.53	1.45	1.92	4.92	2.91	3.58	1.59	2.53	1.83	1.33
R2	3.25	2.59	1.39	1.48	1.58	2.50	3.52	5.42	0.74	5.08
R3	1.93	3.84	1.19	4.29	4.56	0.73	2.82	3.59	4.92	4.62
D1	2.93	1.94	3.83	0.62	1.39	1.83	3.92	4.29	5.12	2.93
D2	1.48	1.52	2.47	3.59	2.59	3.95	4.69	3.59	4.82	0.71
D3	4.24	3.59	3.29	1.33	2.59	2.59	3.59	3.82	4.92	4.92
M1	3.82	1.49	2.55	2.84	3.73	4.60	1.85	2.59	2.58	3.82
M2	0.94	2.33	0.83	2.74	4.92	0.79	1.84	1.73	5.02	3.95
M3	3.52	2.59	4.92	5.43	3.39	1.49	4.93	5.42	3.32	2.75
M4	3.58	4.83	1.32	1.39	3.72	0.88	3.02	5.19	1.48	4.92
M5	4.92	4.82	0.53	1.94	3.59	0.79	0.93	2.58	4.73	0.89
S1	0	3.59	5.07	4.06	4.73	1.09	1.93	2.63	1.93	1.84
S2	3.59	0	0.5	3.95	2.59	1.48	3.94	4.83	5.01	3.03
S3	5.07	0.5	0	4.92	5.01	3.82	2.95	3.92	2.44	1.58
S4	4.06	3.95	4.92	0	4.90	2.93	4.82	1.40	4.92	1.95
S5	4.73	2.59	5.01	4.90	0	4.82	1.82	2.59	2.75	1.48
I1	1.09	1.48	3.82	2.93	4.82	0	2.59	3.72	0.93	3.92
I2	1.93	3.94	2.95	4.82	1.82	2.59	0	2.83	3.92	0.71
I3	2.63	4.83	3.92	1.40	2.59	3.72	2.83	0	1.73	2.58
I4	1.93	5.01	2.44	4.92	2.75	0.93	3.92	1.73	0	1.91
I5	1.84	3.03	1.58	1.95	1.48	3.92	0.71	2.58	1.91	0

在算法中设置变异。变异位取反, 由 0 变为 1, 或由 1 变为 0, 变异概率如式(5)所示。

#### step7 种群进化方法

群体进化采用稳定进化策略, 每次进化替代掉适应值差的个体。

#### step8 终止

重复以上 3~7 步, 当发现算法在  $K=100$  次算法

迭代后再也无法改进性能, 也就是适应值没有变化时, 则停止计算, 算法结束。这时认为算法达到了满意的结果。

#### 4.3 约束条件

在以上自适应遗传算法当中, 所有选择的个体都必需要满足以下约束条件:  $S1$  与  $S2$  不能相等。因为要选择 2 个不同的销售企业。

#### 4.4 实验结果与分析

在实验中, 分别对于标准遗传算法 SGA 和自适应遗传算法 AGA 各进行了 1 000 次的实验, 结果表明 SGA 平均需要 166 次才能达到协商的满意解, 而 AGA 平均需要 145 次就可以达到协商的满意解。这说明本文算法的优越性。图 1 是 1 000 次实验的平均实验结果。

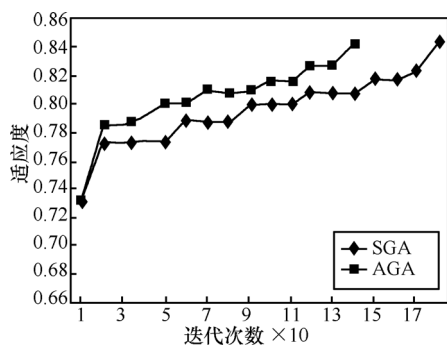


图1 SGA 与 AGA 的实验结果比较

在实验中, 当 2 种实验方法达到协商的最优解的时候, 最终的协商解为: R2, D2, M3, S2, S5, I3, 它们的内在成本为 400 万元, 联接成本为 43.31 万元, 反应时间为 36.60 月, 风险测度为 0.00106。最终的算法最大适应度为 0.842723。

#### 5 结束语

在多个企业形成动态联盟当中, 如何提高选择联盟伙伴和优化过程中的效率是一个关键问题。针对于这一问题, 提出了一种将自适应遗传算法 AGA 应用于企业选择联盟伙伴和优化过程中, 来提高企业选择的效率。实验证明, 这种方法可以快速、精确地为企业动态联盟找到最优的合作伙伴。

另外, 本文的方法还对于不同的类型企业加上了权重信息; 为了防止“大数吃掉小数”的现象, 对于遗传算法的适应度也进行了修正。

在进一步的工作当中, 将研究带约束条件的企业动态联盟求解问题。

#### 参考文献:

- [1] 冯蔚东, 陈剑, 赵纯均. 基于遗传算法的动态联盟伙伴选择过程及优化模型[J]. 清华大学学报, 2000, 40(10): 120-124.  
FENG W D, CHEN J, ZHAO C J. Partners selection process and optimization model for virtual corporations based on genetic algorithms[J].

Journal of Tsinghua University, 2000, 40(10): 120-124.

- [2] 宋倩, 周镭. 信息化背景下的企业动态联盟特征研究[J]. 中国管理信息化, 2008, 11(1):78-81.  
SONG Q, ZHOU L. Research of corporation dynamic alliance partners characteristics[J]. China Management Informationization, 2008, 11(1): 78-81.
- [3] ZHAN S, POULIN D. Partnership management within the virtual enterprise in a network[A]. International Conference on Engineering Management and Control[C]. 1996. 645-650.
- [4] TALLURI S, BAKER R C. A quantitative framework for designing efficient business process alliances[A]. International Conference on Engineering Management and Control[C]. 1996.656-661.
- [5] CHRISTOPH L, SOREN K. The strategic virtual corporation: bridging the experience gap[J]. International Journal of Web Based Communities, 2007, 3(1):4-15.
- [6] LUDMILA S, THIERRY R. The role of social capital in virtual teams and organisations: corporate value creation[J]. International Journal of Networking and Virtual Organisations, 2008,5(1): 103-119.
- [7] UDUPI Y B, SINGH, M P. Multiagent policy architecture for virtual business organizations[A]. Proceedings-2006 IEEE International Conference on Services Computing[C]. 2006. 44-51.
- [8] BALAMURUGAN R, RAMAKRISHNAN C V, NIDUR S. Performance evaluation of a two stage adaptive genetic algorithm (TSAGA) in structural topology optimization[J]. Applied Soft Computing Journal, 2008, 8(4): 1607-1624.

#### 作者简介:



李剑(1976-), 男, 陕西西安人, 博士, 北京邮电大学副教授、硕士生导师, 主要研究方向为信息安全、电子商务、人工智能。

景博(1980-), 女, 四川绵阳人, 北京邮电大学硕士生, 工程师, 主要研究方向为电子商务、人工智能、信息安全、软件测试。

牛少彰(1964-), 男, 北京人, 博士, 北京邮电大学教授、博士生导师, 主要研究方向为密码学、网络安全、数字水印等。

杨义先(1961-), 男, 四川盐厅人, 北京邮电大学教授、博士生导师, 北京邮电大学计算机学院院长, 北京邮电大学信息安全中心主任, 长江学者特聘教授, 主要研究方向为密码学、计算机网络与信息安全。