

文章编号: 1005—8893 (2005) 03—0049—04

# 基于遗传算法的虚拟企业伙伴选择及优化<sup>\*</sup>

陈爱莲

(江苏工业学院 机械工程系, 江苏 常州 213016)

**摘要:** 伙伴选择是组建虚拟企业的关键, 运用遗传算法进行伙伴选择是选择优秀伙伴的一种良好的方法。主要介绍了虚拟企业的基本概念, 以及虚拟企业中伙伴选择的原则及其影响因素, 随后介绍了遗传算法及其解题步骤, 最后着重说明了基于遗传算法的虚拟企业伙伴选择的过程及优化模型, 并且用事例加以说明。

**关键词:** 虚拟企业; 伙伴选择; 遗传算法

**中图分类号:** TH 165

**文献标识码:** A

随着社会经济的进步, 企业外部环境发生了很大的变化, 如客户需求的变化, 市场的快速变化, 以及竞争态势的变化。面对企业外部环境的变化要求, 企业内部组织和管理观念也发生了很大的变化, 由原来的着眼于内部效率到外部效率, 企业经营从多样化经营到专业化经营。竞争的观念从完全竞争到协同竞争。环境的变化以及企业观念的变化使虚拟企业的产生具有很大的必要性, 且网络时代的到来与信息等技术的发展极大的促进了虚拟企业的产生, 并为虚拟企业组织和管理模式的实现推广提供了实现可能性。

虚拟企业<sup>[1~4]</sup>主要是基于企业核心的一种资源整合手段, 是一个由多个独立的伙伴或商业过程构成的, 暂时性的企业联盟。虚拟企业中的伙伴选择是一个十分重要的问题<sup>[5,6]</sup>, 它直接关系到虚拟企业的构建过程中的一个重要阶段, 在这个阶段必须全面权衡各种因素, 对潜在的候选企业进行全面考察, 并从中选择出最优化的组合。

## 1 虚拟企业伙伴选择及其影响因素

虚拟企业在把握机遇并确定产品开发设计的总体方案后, 最主要的工作就是选择合作伙伴。一般认为合作伙伴必须考虑的因素有合作伙伴的技术水

平、生产设备水平、生产规模与能力、交通运输因素、管理体制因素、商业信誉因素、生产成本因素及政治因素。可能存在的约束由生产周期因素、被选中的合作伙伴是否愿意合作、采用何种利润分成和比例合作, 合作伙伴所在国家的态度。

随着计算机网络, 特别是因特网的迅速发展, 地理位置不再成为企业间合作的障碍, 并为伙伴选择提供了先进的电子化方法<sup>[7]</sup>。虚拟企业伙伴选择的一般过程是: 首先, 盟主企业把需求描述存放在自己或虚拟企业的公共 Web 服务上, 比如利用电子邮件通知所有连接到网络上的企业。市场需求信息发布后, 盟主企业等待并接受来自其他企业的应答, 接受方式也是通过 Web 网页实现的, 并将接收到的应答信息进行转换后存储在数据库中, 而后借助伙伴选择数学模型和软件系统, 提出最优组合, 供决策者参考。常用的数学模型有最小二乘法、遗传算法等。在确定合作伙伴之后, 把信息分类存储在伙伴信息数据库中, 并订立合同。

## 2 遗传算法及其算法过程

遗传算法<sup>[8~10]</sup>是在 70 年代初期由美国密执根大学的教授发展起来的。遗传算法主要借用生物进化中的“适者生存”的规律。也就是借鉴了生物进

\* 收稿日期: 2005—06—16

基金项目: 江苏工业学院科技基金资助 (ZMF04020024)

作者简介: 陈爱莲 (1975—), 女, 安徽舒城人, 助教, 主要研究方向: CAD/CAPP/CAM。

化的一些特征,其主要特征体现为:①进化发生在解的编码上。这些编码按生物学的术语称为染色体。由于对解进行了编码,优化问题的一切性质都通过编码来研究。编码和解码是遗传算法的一个主题。②自然选择规律决定哪些染色体产生超过平均数的后代。遗传算法中,通过优化问题的目标而人为地构造适应函数已达到好的染色体产生超过平均数的后代。③当染色体结合时,双亲的遗传基因的结合使得子女保持父母的特征。④当染色体结合后,随机的变异会造成子代同父代的不同。遗传算法的主要步骤有:首先是对优化问题的解进行编码,称 1 个解的编码为 1 个染色体,组成编码的元素称为基因。第 2 是适应函数的构造和应用。第 3 是染色体的结合。最后是变异。新解产生过程中可能发生基因变异,变异使某些解的编码发生变化,世界有了更大的普遍性。遗传算法:

STEP1: 选择问题的一个编码; 给出一个有  $n$  个染色体的初始群体  $\text{pop}(1)$ ,  $t := 1$ ;

STEP2: 对群体  $\text{pop}(t)$  中的每一个染色体  $\text{pop}(t)$  计算它的适应性函数  $f_i = \text{fitness}(\text{pop}(t))$ ;

STEP3: 若停止规则满足,则算法停止; 否计算概率

$$p_i = \frac{f_i}{\sum_{j=1}^n f_j}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (*)$$

并以概率分布 (\*) 从  $\text{pop}(t)$  中随机选择一些染色体构成一个种群

$\text{new pop}(t+1) = \{\text{pop}_j(t) | j = 1, 2, \dots, n\}$ ;

STEP4: 通过交配, 交配概率位  $P_c$ , 得到一个有  $n$  个染色体

$\text{crosspop}(t+1)$ ;

STEP5: 以一个较小的概率  $p$ , 使得一个染色体的一个基因发生变异, 形成  $\text{mutpop}(t+1)$ ;

$t := t + 1$ , 一个新的群体  $\text{pop}(t) = \text{mutpop}(t)$ ; 返回 STEP2。

### 3 虚拟企业中伙伴选择的数学模型

#### 3.1 分类

首先, 需要识别出所有企业的核心能力, 据此将候选企业集合  $\Omega^{*j}$  分成诸如研发、制造、分销等不同类型, 其中第  $j$  个类型中的第  $i$  个候选伙伴可以表示为  $u_i^{(j)}$ , 且  $i = 1, 2, \dots, I$ ,  $j = 1, 2, \dots, J$ 。

#### 3.2 组合优化的多目标函数

为了选择保证伙伴选择的有效性, 所有的组合必须根据上述定性准则和标准加以评价, 即组成的虚拟企业需要满足以下目标函数。

##### 3.2.1 目标函数 1

虚拟企业总的运行成本  $C$  最小; 再次成本  $C$  包括两个部分: 一是所选择的个体内在的成本, 另一个是联结成本。一般地, 该目标函数可以表示为:

$$\min C = \min (C_{in} + C_{link}) =$$

$$\min \left( \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (C_i^{(j)} * H_i^j) + \frac{1}{2} \sum_{j \neq j'} \sum_{i \neq i'} C_{ii'}^{(jj')} * H_{i'}^{j'} * H_i^{j''} \right)$$

其中  $H_i^j = \begin{cases} 1, & \text{选择 } U_i^{(j)} \text{ 参加动态联盟} \\ 0, & \text{否则} \end{cases}$

$(C_i^{(j)})$  为候选伙伴  $U_i^{(j)}$  的内在成本;  $C_{ii'}^{(jj')}$  为候选伙伴  $H_{i'}^{j'}$  和  $H_i^{j''}$  之间的联结成本;  $I', i'' \in [1, I]$ ;  $j', j'' \in [1, J]$ 。

##### 3.2.2 目标函数 2

为了更快地把握快速变化的市场机遇, 要求虚拟企业整体对市场机会总的反应时间最小; 虚拟企业整体上的反应时间需要根据虚拟企业的结构与运作流程来具体确定。一般地, 对给予供应链式的垂直集成形势 (即研发、制造、分销等环节相互串行的运作流程) 而言, 其整体反应时间可由下式表示:

$$\min T = \min \sum_{j \in [1, J]} \max_{i \in [1, I]} (T_i^{(j)} * H_i^j)$$

(其中  $T_i^{(j)}$  为候选伙伴  $U_i^{(j)}$  的反应 (或启动) 时间。)

##### 3.2.3 目标函数 3

虚拟企业的总的运行风险最小, 一般地, 对于给予供应链式的垂直集成形式 (即研发、制造、分销等环节相互串行的运作流程) 而言, 其整体运行风险可由下式表示:

$$\min R = \min \sum_{j \in [1, J]} \max_{i \in [1, I]} (R_i^{(j)} * H_i^j)$$

(其中  $R_i^{(j)}$  为候选伙伴  $U_i^{(j)}$  的风险度量, 在此定义为各个伙伴的风险因子  $r_i^j$  可能引起的联盟总体风险损失的期望值与其可能出现概率的矩,  $R_i^{(j)} = (E(r_i^j), P(r_i^j))$ 。

##### 3.2.4 约束条件

每种类型要求至少选择 1 个、至多选择  $P_i$  个候选伙伴参加并组成虚拟企业。

4 伙伴选择过程及优化模型

4.1 编码方式

编码见图 1 所示，1 个字段代表 1 个候选伙伴

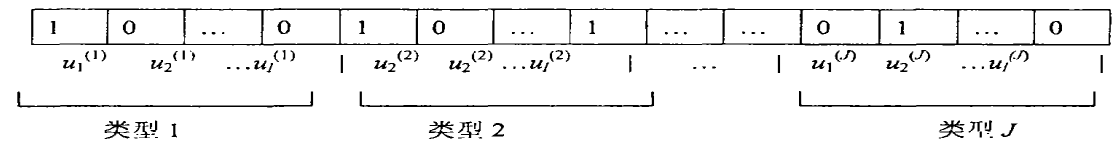


图 1 编码方式

Fig. 1 The mode of coding

4.2 适应度函数  $f(t)$  的构造

在状态空间中可以定义 1 个整理想点  $(C^+, T^+, R^+)$  和 1 个负理想点  $(C^-, T^-, R^-)$ ，从而构造适应度函数  $f(t)$  如下：

$$f(t) = \frac{d^-}{d^+ + d^-} \tag{1}$$

$$d^-(t) = \|((C(t) - C^-), (T(t) - T^-), (R(t) - R^-))\| \tag{2}$$

$$d^+(t) = \|((C(t) - C^+), (T(t) - T^+), (R(t) - R^+))\| \tag{3}$$

其中  $\| * \|$  表示范数， $t$  为遗传算法中的代数， $d^-$  为到负理想点的距离测度， $d^+$  为到正理想点的距离测度。如果取 Euclid 范数作为距离测度，则  $d^-$  和  $d^+$  可用下式表示：

$$d^-(t) = \sqrt{(C(t) - C^-)^2 + (T(t) - T^-)^2 + (R(t) - R^-)^2} \tag{4}$$

$$d^+(t) = \sqrt{(C(t) - C^+)^2 + (T(t) - T^+)^2 + (R(t) - R^+)^2} \tag{5}$$

修正后的距离测度函数如下：

$$d^-(t) = \|((C(t) - C^-)/C^+, (T(t) - T^-)/T^+, (R(t) - R^-)/R^+)\| \tag{6}$$

$$d^+(t) = \|((C(t) - C^+)/C^+, (T(t) - T^+)/T^+, (R(t) - R^+)/R^+)\| \tag{7}$$

4.3 选择（或复制）算子

本算法对中群众的个体按照适应度从小到大排序，在采用轮盘选择法<sup>[7]</sup>，即假设每 1 个个体（代码串）的适应度为  $f_k$  ( $k = 1, \dots, L$ )，群体总的适应度为  $\sum_{k=1}^L f_k$ ，则将比例  $f_k / \sum_{k=1}^L f_k$  作为第  $k$  个个体

的状态。每 1 字段  $u_i^{(j)}$  占 1 个字节， $u_i^{(j)} = 1$  表示第  $j$  类的第  $i$  个候选伙伴被选中组成虚拟企业， $u_i^{(j)} = 0$  表示未被选中。

的选择（复制）概率。

4.4 交叉和变异

本算法采用两点交叉算子来产生新一代个体，每一个经过交叉的个体进行单字段变异。典型的交叉概率  $p_c$  取值范围为 0.6 ~ 1.0 之间；鉴于本算法保留了末代的较优个体，并且在算法中增加了自定义约束，所以本算法选择了较大的变异概率  $p_m = 0.34$ 。

4.5 选择策略

本算法根据适应度大小从杂交变异后产生的新种群中选取前 10 个适应度大的个体，组成新一代新种群。

4.6 修正机制

在修正机制中，要使每 1 个代码串在进行适应度评价之前满足约束条件，每次必须根据下式作出判断：

$$u_i^j = \begin{cases} u_i^{(j)}, & \forall j \in [1, J], \exists \sum_{i=1}^L u_i^{(j)} \geq 3 \text{ or } \sum_{i=1}^L u_i^{(j)} = 0 \\ \text{修正, 否则} \end{cases} \tag{8}$$

其中  $u_i^{(j)}$  表示一个经过选择、交叉或变异后的代码串。若遗传算子产生的代码串（个体）不符合约束条件，则代码串被重置，即选择、交叉或变异过程会重新进行直至产生的个体满足约束条件。

4.7 算法终止条件

遗传算法的终止条件有两种：一种是当相邻几代已无进化表现（适应度无显著变化）时终止；另一种是固定代数。

## 5 算 例

设计 1 个需要研发 (A)、设计 (B)、制造 (C)、分销 (D)、和物流 (E) 共 5 种企业组成 1 个虚拟企业, 上述每种类型的初始候选伙伴数量均为 10, 企业总数为 50 个。要求每种类型企业至少选择 1 个, 至多选择 2 个组成虚拟企业, 其目标函数对应为:  $\min C$ 、 $\min T$  和  $\min R$ 。

优化选择的过程是个分步不断优化过程, 假设经过第一阶段的优化, 有 20 个企业进入了第二阶段优化。分别编号为 A1~4、B1~4、C1~4、D1~4、E1~4。这 20 个企业的运行成本、反应时间都对应相应的数值 (由于数据量大而省略)。

根据相应的数据, 选择的相应的适应度函数系数  $\alpha$ , 经过多次迭代计算后可以得到表 1 中的伙伴优化组合结果。

表 1 遗传算法运行结果—伙伴优化组合

Table 1 The comparison of different results by running the algorithm

Unit	Fitness	Compounding	Running cost/ ten thousands yuan	Processing time/ week
1	1 231.50	A3B4C1D1E5	901.00	125.0
2	1 275.50	A4B3C4D1E2	903.00	149.0
3	1 285.00	A4B4C1D1E2	1 020.00	106.0
4	1 312.00	A3B3C4D1E2	892.00	168.0
5	1 430.50	A3B1C1D1E1	1 093.00	135.0

运行结果中包含 5 种不同的伙伴选择结果, 决策者可以根据自身的偏好并考虑其他因素从中进行选择。比如, 单纯从适应度判断, 目前得到较好的虚拟企业的伙伴组合为 A3B4C1D1E5, 单纯从运行成本来看, 较好的组合则为 A3B3C4D1E2。

## 6 结 论

作为 1 个由多个相互独立的伙伴或商业过程构成的、暂时性的企业联盟, 虚拟企业中的伙伴选择

关系到虚拟企业成败的关键因素之一。基于遗传算法的虚拟企业伙伴选择及优化, 不仅能为虚拟企业选择最优的伙伴组合, 而且在选择过程中加了修正机制, 这就更保证了选择的可靠性, 利用遗传算法来解决虚拟企业中伙伴选择问题是一种可靠的方法, 对构建优秀的虚拟企业提供了可靠的保证。

## 参考文献:

- [1] Mo J P T, Zhou M. Tools and Methods for Managing Intangible Assets of Virtual Enterprise [J]. Computers in Industry, 2003, 51 (2): 197—210.
- [2] Chalmeta Ricardo, Grangel Reyes. ARDIN Extension for Virtual Enterprise Integration [J]. Journal of Systems and Software, 2003, 67 (3): 141—152.
- [3] Lin Jyhjong, Lin Tsui—e. Object—Oriented Conceptual Modeling for Commitment—Based Collaboration Management in Virtual Enterprises [J]. Information and Software Technology, 2004, 46 (4): 209—217.
- [4] Perrin Olivier, Godart Claude. A Model to Support Collaborative Work in Virtual Enterprises [J]. Data and Knowledge Engineering, 2004, 50 (1): 63—86.
- [5] 罗永远, 王坚, 戴毅茹. 基于模型的虚拟企业伙伴选择研究与应用 [J]. 计算机应用, 2004, 24 (1): 152—154.
- [6] 李帅, 郭亚军, 易平涛, 等. 基于模糊群决策的虚拟企业合作伙伴选择 [J]. 东北大学学报 (自然科学版), 2004, 25 (3): 295—298.
- [7] Ip W H, Huang Min, Yung K L, et al. Genetic Algorithm Solution for a Risk—Based Partner Selection Problem in a Virtual Enterprise [J]. Computers and Operations Research, 2003, 30 (2): 213—231.
- [8] Schmitt, Lothar M. Theory of Genetic Algorithms [J]. Theoretical Computer Science, 2001, 259 (1—2): 1—61.
- [9] 吉林根. 遗传算法研究综述 [J]. 计算机应用与软件, 2004, 21 (2): 69—73.
- [10] 肖伟, 全惠云, 史滋福. 改进的遗传算法 [J]. 计算机工程与应用, 2004, 4: 53—55.

# Genetic Algorithm Solution for Partner Selection and Optimization in Virtual Enterprise

CHEN Ai—lian

(Department of Mechanical Engineering, Jiangsu Polytechnic University, Changzhou 213016, China)

**Abstract:** Partner selection is a key step in the process of founding virtual enterprise, it is a good way that we use genetic algorithms solution for partner selection. In the paper, the concept of virtual enterprise was introduced, and the principle of partner selection was introduced. And then, the concept of genetic algorithms and the way to use it to solve problems were introduced. Finally, the process and model of partner selection in virtual enterprise by genetic algorithm were explained in detail with an example.

**Key words:** virtual enterprise; partner selection; genetic algorithm