

基于免疫算法的虚拟企业伙伴选择

安徽工业大学管理学院 殷雅荣 安徽工业大学管理科学与工程学院 包菊芳
合肥工业大学计算机学院 李 援 安徽财贸职业学院国际贸易系 陈楚岚

[摘要]随着市场竞争的日益加剧,企业为了集中精力发展自身的核心竞争力而组织了虚拟企业,其中伙伴选择是虚拟企业能否组建成功的关键。已有的选择办法只为一项子任务选择一个企业,这可能导致一些问题。针对这些问题,本文提出了一种基于免疫算法的伙伴选择方法,最后举算例验证。

[关键词]虚拟企业;伙伴选择;免疫算法;抗体

1. 引言

虚拟企业是由一些相互间独立的厂商、顾客,甚至同行的竞争对手通过信息技术连接成的、用以对市场环境变化做出快速反应的企业动态联盟^[1]。它是由于某一市场机遇,在计算机网络的支持下,把地理位置分散,能力互补的企业连接起来,合作完成产品的设计制造和装配,甚至销售。正确利用企业内、外部协作伙伴的优势迅速响应客户需求是其核心内容。

某一企业在发现了市场潜在商机之后,为了实现利润最大化而发起虚拟企业的组织,这样的企业即是此虚拟企业的盟主企业。伙伴选择是盟主企业组建虚拟企业过程中的关键步骤,因为它关系到虚拟企业能否组建成功。在组建之初,为了合理选择合作伙伴,盟主企业要做的准备工作如下:首先,盟主企业进行目标分解,

三、实现知识环境中的 TQM

可见,知识环境中的 TQM 既沿袭了传统 TQM 的特点,又增添了新环境赋予的新特征。企业在新环境中实施 TQM 又应该注意哪些关键点呢?

1、以用户满意设计为切入点。用户满意设计既是 TQM 计划(Plan)阶段的工作内容,也是检查(Check)阶段的工作依据。在适当的时候,利用科学的方法,根据企业的具体情况确定顾客满意度测量的指标及指标体系,也就是基本确定了企业开展 TQM 的方向和轨道。

2、以人力资源管理为保障。为了实现最经济地满足用户需要的 TQM 目标,必须有充足的人力资源来完成企业的核心活动及主体服务,为了保证 TQM 的效果,也需要企业充分发挥工作设计、员工培训、激励等人力资源管理方面的基本职能。

3、以基于知识的组织变革为前提。TQM 关注质量,但同时涉及业务活动过程。为了实现质量经济成本,缩减耗费时间和其他资源的层级活动是必要的。有效地推行全面质量管理的组织结构必须是分权化的,具有较低程度的纵向变异、较宽的管理跨度和较少的劳动分工,同时支持跨职能团队的工作。为了降低使用知识所支付的成本,把决策权适当地向有知识的人配置也是明智的。所以,应该以基于知识的组织变革为前提,开展知识环境中的 TQM 活动。

4、以 TQM 文化为支持。TQM 文化倡导没有最好的质量,只有更好的质量;企业的使命是与客户互动,并不断地给客户带来惊喜;员工激励和团队工作能促进所有的员工设法持续改进组织所提供的产品和服务之质量。TQM 文化将质量的提高与企业的形象、员工的工作环境、以及客户的关系等无形的影响力相联系,从而导致全员从爱护自身环境、爱护企业形象和关心客户的利益角度,自发地相互教育和监督,从而使 TQM 为企业创造持续的价值。

5、以产品及过程质量的统计分析为手段。TQM 是一项管理战略,同时也是一种管理技术和方法。质量分析、质量决策应以数据事实说话,所以,在产品及过程质量控制中应用统计技术极其重要。选择合适的统计技术方法,运用概率与数理统计知识进行数据分析。在统计数据处理结果出来以后,应根据图(表)的变化趋势,及时总结出良好状况的经验,查找出现异常问题的根源,按照 PDCA 循环的要求将统计技术与纠偏措施结合使用。面对信息技术日益渗透的复杂管理系统及业务流程,充分发挥统计技术的优势,才能更好地运筹、管理质量流程。

四、结论

四十多年过去了,企业 TQM 在如今的知识环境中仍然是一种不可替代的管理方法,具有旺盛的生命力。只要企业在实施 TQM 时能够重视其新特征,就能够充分发挥它在企业管理中的重要作用。

[参考文献]

[1]Zoe Radnor, Judith Robinson. Benchmarking Innovation: A Short Report[J]. Creativity and Innovation Management, 2000, Vol. 9, No. 1: 3 - 13

[2]Neil Jones. Competing After Radical Technological Change: The Significance of Product Line Management Strategy[J]. Strategic Management Journal, 2003(24): 1265 - 1287

[3]朱绍煜. 企业质量文化与现代企业发展[J]. 中国质量, 2004年(11): 77 - 78

[4]蒋曙东. 用户满意管理体系的提出及其实践[J]. 中国质量, 2004年(12): 10 - 12

[基金项目] 广西哲学社会科学“十五”规划 2005 研究课题《中小企业竞争力形成机理及路径研究》(编号 05FJ Y034), 项目负责人林丽萍。

把总目标分成 $n(n=1,2,3 \dots)$ 个子目标,即有待于完成的子任务。目标分解的目的是把不同的任务交给在这方面具有优势的企业。基本分解原则有:粒度分解原则、同类目标合并原则、结构分解原则、功能分解原则、地理分解原则和客户分解原则^[2]。其次,盟主企业在所需各项工作明确后,向全国甚至全世界发布招标信息。设第 1 个子任务有 $m_1(m_1=1,2,3 \dots)$ 个投标企业,盟主企业将为每项子任务在相应投标企业中选择一家企业或多家企业组合,最后形成虚拟企业。而盟主企业的伙伴选择过程则可以划分成两个阶段:

1) 定性分析:由于投标企业可能不止一家,定性分析的目的是剔除与盟主企业兼容有问题的企业,以减少运算量。Gilbert 等人指出有效的通讯网络、文化融合性、经常保持联系、信任、合作的目标与企业的远景目标等因素都会对企业兼容产生影响^[3]。由于虚拟企业可能是短期的,而且对市场响应速度要求较高,因此本文作者认为同时还要考虑最快组建时间。随着形势的发展,对产品和运输的环保性的考虑也将是必要的。

2) 定量分析:经过定性分析后,可以减少部分候选企业,接下来要进行的是综合评价向同一项子任务投标的企业的指标,以确定适合该项子任务的一家或几家投标企业。

在定量分析阶段,目前存在的一些虚拟企业伙伴选择的算法中也存在着不同方面的问题,如层次分析法和灰色系统分析法注重如何得到合理的评价指标,在建模式忽视了盟主企业规模要求和上下游企业之间的适配程度^[4]。而神经网络算法当输入层和隐含层个数的增加将导致收敛速度较慢^[4]。而且一个普遍存在的问题就是它们往往首先对各项子任务的相应的候选企业分别进行评价,对于不能满足子任务产量需求的企业进行剔除,但是这样形成的虚拟企业存在着不可避免的问题:

(1) 若同一项子任务的候选企业没有任何一家能够独立完成此子任务,那么就没有办法生成供应链,从而导致整个虚拟企业无法形成。

(2) 由多个企业共同完成一项子任务从而形成的虚拟企业,其总效益不一定比单一企业完成此子任务的供应链差,有时甚至能实现更好的经济效益。如:较远距离的一家企业可以完成此项子任务,但是距离较近的企业必须两家或多家联合才能完成此子任务的产量要求,这时,选择距离较近的多家企业或许是更加明智的选择。

(3) 最后,允许一个子任务由多家企业共同生产,使整个虚拟企业对于单个企业的依赖性降低,起到分散风险的作用。

因此,针对这些问题,本文在前人研究工作的基础上,提出一种基于免疫算法的最优企业链搜索算法。其要解决的问题就是如何为同一项子任务选择最优的多家企业联合,而不是像以往那些算法那样只为一项子任务选择一个企业,从而产生真正最优的虚拟企业。此外,本算法的计算复杂性低,收敛速度快,并对完成同一子任务的各企业之间的配合问题进行了初步的建模。文章主要分为下面几个部分:第二部分主要讨论伙伴选择的多目标决策模型;第三部分详细的讨论了基于免疫算法的虚拟企业生成算法;第四部分对给出了实际的算例并对算法的性能以及解的性质进行了评价,最后指出了今后的工作方向。

2. 伙伴选择的多目标决策模型

虚拟企业伙伴选择问题可以表述为:假设虚拟企业总任务分解为 n 项子任务,对应于某项特定的子任务存在多个企业投标,这时就需要为每项任务选择一个最佳的合作企业或企业组,从而保证虚拟企业以最高效、最经济的方式运作。该问题模型表述如下^[5]:

设 $Y = \{y_i | i = 1, n\}$ 表示虚拟企业所有 n 项任务的集合; $E = \{e_{ij} | j = 1, m_i\}$ ($m_i = 1, 2, \dots, n$) 表示任务 y_i 的投标企业集合, m_i 为任务 i 的投标企业数量。 $P_{ij} = \{t_{eij}, C_{eij}, q_{eij}, r_{eij}, \dots\}$ 表示 y_i 子任务的投标企业 e_{ij} 的指标参数集合。其中 t_{eij} 为时间指标, C_{eij} 为成本指标, q_{eij} 为质量指标, r_{eij} 为可靠性指标,各个企业根据实际情况应当选取适合自己并能够实现的参数。 T, C, Q, R 分别表示完成所有任务的总体时间、质量、成本和可靠性。因此本文问题的优化目标是要选择一组企业组 $F = \{f_1, f_2, \dots, f_n\}$, 其中 f_i 表示为第 i 项子任务选择的企业组,使得:

$$\begin{cases} \min T \\ \max Q \\ \min C \\ \max R \end{cases} \quad (1)$$

在多数情况下,不可能存在一个企业集合使上式的所有目标都得到满足,因此这是一个多目标优化问题,可以采用如下优化目标函数: $\min Z = W_1 T + W_2 C + W_3 Q + W_4 R$ (2)

其中 W_i 为权重,且,可以采用专家评分法、层次分析法、熵值法等来确定^[5]。

$$C = \prod_{i=1}^n \prod_{j=1}^{m_i} \frac{C_{eij}}{C_{max}} u_{ij} \quad (3) \quad Q' = \prod_{i=1}^n \prod_{j=1}^{m_i} \left(1 - \frac{q_{eij}}{q_{max}} \right) u_{ij} \quad (4) \quad R' = \prod_{i=1}^n \prod_{j=1}^{m_i} \left(1 - \frac{r_{eij}}{r_{max}} \right) u_{ij} \quad (5)$$

其中 $u_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{选择 } e_{ij} \text{ 参加供应链} \\ 0, & \text{否则} \end{cases}$ 。考虑到 T, C, Q, R 的决策值在数量级上可能不一致,需要进行无量纲修正, $t_{max}, q_{max}, C_{max}, r_{max}$ 表示所有候选企业完成各项任务的该种性能参数中的最大值,如 $q_{max} = \max_i \max_{j \in [1, m_i]} q_{eij}$ 。

由于整个任务执行过程可能是并行的,而且当同一子任务有多家企业完成时,各企业完成自己任务所用时间也是不同的,所以无法用解析式表示。因此以最长的时间为准: $T = \max_{i=1}^n \max_{j=1}^{m_i} (t_{eij} u_{ij}) / t_{max}$ (6)

3. 算法



虚拟企业伙伴选择属于资源组合优化问题,有很多种优化策略来搜索最优解,本文采用基于免疫算法的优化策略。算法的构造过程如下:

3.1 初始选择。初始选择主要为了保证在各个环节中的子任务一定是可以求解的,进而保证虚拟企业联盟的正确生成。判断条件如下:

$$\sum_{i=1}^{N_i} P_{cei} > P_i$$

也就是投标各个环节的企业生产能力之和大于此环节需要的产量。否则,此虚拟企业联盟无法形成。

3.2 多维整数抗体编码结构。根据多目标决策模型以及本问题的求解目标,由于需要在对同一子任务投标的多家企业中得到一个合理的子联盟,因此将抗体按照虚拟企业划分的子任务个数进行自联盟的编码,而在子联盟中包含完成相应子任务的候选企业组。这样,算法中使用的抗体编码形式如下:

[Step₁, CE₁, CE₂, CE₃, ...]为完成子任务 1 而生成的子联盟

...

[Step_i, CE₁, CE₂ ...]为完成子任务 i 而生成的子联盟

...

[Step_n, CE₁, CE₂, ...]

其中: Step_i:子任务编号;CE_i:为完成此子任务的子联盟中候选企业编号;Step_i和 CE_i都采用整数编码方式。

3.3 初始种群生成。对于免疫算法来说,初始生成的解集应当尽量覆盖全部解集,这样才能扩大算法搜索空间,避免早熟现象,提高算法解的质量。因此,解空间生成方法如下:

(1) 确定各子任务的企业数量:使用随机数模候选企业数的方法确定每一项子任务应当选择的企业数量。

(2) 为各子任务选择企业:由于初始选择过程保证此环节任务一定可解,因此随机地选择相应数量的候选企业加入到每项子任务中,并保证产生的子联盟能够完成相应的任务。否则返回步骤 1,重新计算此环节企业数量,并选择相应的子联盟。

按照上面的方法,对所有环节的子任务进行处理得到初始种群。

3.4 解的适应度评价。解的适应度评价用于评价解的性能,以选择性能优良的解,继而进行交叉、变异。此方法中必须对子任务中形成的多个候选企业组成的子联盟企业组的性能进行评价。当由两个以上企业共同完成此项子任务的情况下,每增加一个企业,必然会使承担下游子任务的企业增加一部分额外开销,而且这些企业之间必须进行相互协调,这些都导致产品成本的增加。因此,我们根据子任务中企业间交换信息的次数增加相应的惩罚因子(一般取 0.9~1 之间),企业之间进行信息协调次数按照 k*(k-1)/2 计算。罚因子取值由盟主企业确定。

这样多个企业联合的候选企业组产品的代价就是:

$$\text{produce - cost} = \text{produce - cost}' / (\text{Punish - Factor})^{k * (k - 1) / 2}$$

其中,k 是此子任务中随机形成的企业组包含的企业数量。

将评价结果为性能优良且满足一定多样性条件的前 s 个解(s 根据初始群体数量确定,本文取按照初始种群数量乘 5%确定)保存到抗体库中。

3.5 抗体交叉策略。由于任务的最终解决是基于环节的,因此,抗体的交叉也采用基于环节的交叉策略,将性能优良的新一代子体与免疫记忆库中的解按照交叉概率进行交叉,首先随机选择交叉位置,然后将抗体 1 前部与抗体 2 的后部结合,抗体 2 的前部与抗体 1 的后部结合,由于每个子联盟都可以完成相应的子任务,因此交叉后产生的新解也可以完成相应的子任务。其具体方式如下图所示:



3.6 抗体变异策略。抗体的变异是按照变异概率从交叉后产生的解中选择相应数量的解进行变异操作。本文使用的方法是:首先根据变异概率选择需要进行变异的解,然后随机选择需要进行变异的子任务环节,并产生能够完成此项子任务的候选企业组来替换原来候选企业组。按照此方法,依次完成子代个体的变异。

3.7 解的多样性评价。解的多样性平均化是为了避免过多相似的解进入免疫选择过程,导致搜索过早收敛,陷入局部最优而提出的;通过引入多样性评价,可以使交叉、变异产生的子代个体覆盖整个求解空间,并行的寻找最优解。多样性评价按照下面的方法进行:

$$P = \frac{\sum_{i=1}^{\text{subTask num}} \left(\frac{\sum_{j=1}^{\text{ag1 G-scale}} \sum_{k=1}^{\text{ag2 G-scale}} \text{Equal}(E_{(\text{ag1})}(G_i)(E_j)}, E_{(\text{ag2})}(G_i)(E_k)})}{\text{ag1 G-scale} + \text{ag2 G-scale}} \right)}{\sum_{j=1}^{\text{ag1 G-scale}} \sum_{k=1}^{\text{ag2 G-scale}} \text{Equal}(E_{(\text{ag1})}(G_i)(E_j)}, E_{(\text{ag2})}(G_i)(E_k))}$$

其中,ag₁ G-scale:代表抗体 1 的完成第 i 任务的子联盟中的企业数量;Equal(E_(ag₁)(G_i)(E_j), E_(ag₂)(G_i)(E_k)):代表测试完成相应的第 i 项任务中第 j 和第 k 个企业是否为同一企业。相同则记为 1 否则为 0。

4. 算例

由于文献[5]中的测试算例是本文的特殊情况,因此,首先对其进行计算。算例中有 D、P、M、S、L 五个子任务,各子任务候选企业的完成任务的性能参数如表 1 所示,式(2)种的权重分别取为:0.28、0.24、0.3、0.18^[5]。

表 1 各候选企业完成任务的性能参数

	任务 D			任务 P			任务 M				
	D1	D1	D1	P1	P2	P3	M1	M2	M3	M4	M5
t_{ej}	7.1	7.5	6.9	4.8	4.3	3.7	5.3	5.5	4.5	5.1	4.9
q_{ej}	0.45	0.41	0.38	0.41	0.46	0.39	0.37	0.41	0.35	0.33	0.39
c_{ej}	93	90	96	80	83	87	59	67	63	54	60
r_{ej}	0.28	0.23	0.25	0.36	0.41	0.34	0.47	0.52	0.45	0.49	0.43

	任务 S				任务 L				
	S1	S2	S3	S4	L1	L2	L3	L4	L5
t_{ej}	3.9	3.5	3.7	4.3	3.1	3.9	3.3	3.7	3.5
q_{ej}	0.44	0.35	0.38	0.39	0.25	0.28	0.35	0.31	0.30
c_{ej}	80	84	88	79	74	77	82	79	83
r_{ej}	0.64	0.57	0.61	0.53	0.43	0.49	0.45	0.41	0.47

运算结果为 :D1、P2、M5、S1、L3,与原文一致。

本文对此算例进行了改动,使其更具有一般性:

1. 增加了绿色性指标。
2. 增加了子任务环节。
3. 添加各子任务能力需求的向量以及各个企业能力的向量,分别如表 2、3 所示:

任务 D	任务 P	任务 M	任务 S	任务 L	任务 G
400	420	300	440	470	700

表 2 各环节能力需求

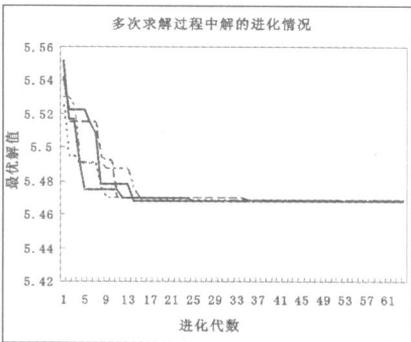
任务 D			任务 P			任务 M			
300	150	275	210	450	227	240	170	325	195

任务 S			任务 L			任务 G				
427	523	176	372	434	290	500	450	500	780	454

表 3 各候选企业产量表

从表中可以看出,某些环节生产仅依靠其中一家企业是不能完成的,如:任务 D。通过计算得到了最优解:{(D1,D2)(P2)(M4)(S3,S1)(L4)(G2)}。此解与遍历搜索求得的最优解相同。

5. 关于解性能的讨论



上图显示了算例中算法求解过程中解的进化情况。从图中可以看出,对于不同的求解初始值我们的算法都最终都得到了最优解:5.468171,以及同样的联盟组合:{(D1,D2)(P2)(M4)(S3,S1)(L4)(G2)}。另外,从图中可以看出,最慢一次求解也在 40 代以前就收敛到问题的最优解,这些都说明了本算法的是快速,有效的。另外,从上面的算法以及解的形式可知,联盟中的解倾向于选择较小的组合,这是由于联合企业必然需要增加相应的费用以维护这个联盟,也就是算法中惩罚因子的作用,同时惩罚因子不能太小,否则将导致联合企业形成时成本过高,从而无法生成有效的企业供应链。最后,算法基于免疫原理提出,其结构简单,实现方便。

6. 结束语

针对目前虚拟企业伙伴选择方法中存在的一些问题,如某项子任务的候选企业规模都达不到要求或达到要求的企业其他指标值不理想等,本文提出了一种改进的基于免疫算法的伙伴选择方法,使搜索范围更大,解更具有一般性。最后通过算例进行演算,实验表明此算法是高效率的,是一种实用的虚拟企业伙伴选择方法。今后我们将进一步考虑在虚拟企业的分解原则基础上对虚拟企业联盟形成的建模,并考虑联盟中多环节以及各环节企业之间的相互合作关系的表示。

[参考文献]

[1] 向鑫、宋旭琴. 虚拟企业:21 世纪新型企业模式初探. 经济师[J],2001,12:151.
 [2] 李瑜、黄必清、刘文煌、吴澄. 虚拟企业伙伴选择问题领域的目标本体论. 计算机集成制造系统—CIMS[J], 2002, 8(2): 86.
 [3] Gilbert FW, Young JA, O, Neal C R. Buyer - seller relationships in JIT purchasing environment [J]. Journal of Business Research, 1994, 29:111 - 120.
 [4] 王国华. 中国现代物流大全(B)[M]. 北京:中国铁道出版社,2004. 60 - 64
 [5] 马祖军. 基于遗传算法的供应链联盟伙伴选择. 系统工程理论与实践[J],2003,9:81 - 84.