

基于粒子群算法的供需网合作伙伴选择问题研究

胡 伟^{1,2}, 徐福缘¹

(1 上海理工大学 管理学院, 上海 200093; 2 绵阳师范学院 数学与计算机科学学院, 四川 绵阳 621000)

摘 要: 合作伙伴选择及优化是企业运营成败的一个关键问题, 针对此问题提出了基于供需网基本特征理念的企业合作伙伴选择的多目标决策模型, 通过利用理想点法使模型更加客观、准确、全面地描述和表达供需网中的合作伙伴选择问题, 同时用粒子群算法对该模型进行优化和求解。仿真实验结果验证了模型和算法的有效性。

关键词: 供需网; 伙伴选择; 粒子群算法; 多目标决策

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2013)01-0069-04

PartnerSelection for SDN Enterprises Based on Particle Swarm Optimization Algorithm Problem

HU Wei^{1,2}, XU Fu-yuan¹

(1 School of Business, University of Shanghai for Science & Technology, Shanghai 200093, China;

2 School of Mathematics and Computer Science, Mianyang Normal University, Mianyang 621000, China)

Abstract: Enterprise partner selection and optimization are a key problem in the process of business operations. Aiming at the problems of enterprise partner selection, the multi-objective decision model for enterprise partner selection for Supply and Demand Network (SDN) was presented. By using the ideal point method in the model, partner selection problem for SDN is accurately and comprehensively decrypted, and particle swarm optimization algorithm was presented for optimizing the decision model. Finally, examples and simulation results show that the decision model is practical and the algorithm is valid.

Key words: supply and demand network; partner selection; particle swarm optimization; multi-objective decision

1 引言

供需网是指以全球资源获取、全球制造、全球销售为目标, 相关企业之间由于多种“供需流”的交互作用而形成的一种多功能开放式的供需一体化的动态网络模式。供需网具有多功能性合作、充分开放性合作、包容性合作和动态网络性合作的基本特征, 这些特征从不同的角度强调了供需网企业间以合作为主(竞争为辅)的经营战略。在供需网企业构建的过程中, 合作伙伴的选择是一个非常关键的问题, 它关系到供需网企业的绩效和成败, 因此, 供需网企业合作伙伴选择问题是一项非常重要的研究内容^[1-4]。以往针对企业合作伙伴选择问题的研究, 国内外已

经有一定的从不同角度和运用不同方法的研究成果, 多数采用层次分析法、Pertri 网法、数据包络分析法、两阶段过程模型、支持向量机、定性描述法等决策方法, 而研究如何将智能优化方法应用于企业合作伙伴选择的模型方法较少, 特别是体现(或不同程度体现)供需网特征理念的合作伙伴优化的模型方法研究更为鲜见^[5-8]。

本文建立了基于供需网基本特征理念的企业合作伙伴选择的多目标决策模型, 并提出了求解供需网企业合作伙伴选择优化的粒子群算法, 给出了具体的编码方式, 最后通过算例和仿真实验证明了该方法的有效性。

收稿日期: 2012-05-29; **修回日期:** 2012-06-21

基金项目: 国家自然科学基金项目(71171135); 上海市(第三期)重点学科项目(S30504)

2 多目标决策模型

2.1 问题描述

供需网企业合作伙伴选择的难点在于既要考虑企业本身的内部决策变量,又要考虑合作伙伴组合时企业间的相容性,因此,在供需网企业合作伙伴选择的过程中,既要考虑定量因素,也要考虑大量的定性因素,如合作伙伴的可靠度、相容性和创新性等.在供需网中,企业之间的“供需流”同供应链中的“流”相比,在内涵上更为丰富,这种供需流在网路与网际之间交互流动,在更广阔的范围内满足每一个节点的需求.供需网突破了传统供应链主要围绕“产品”而进行合作的模式,而强调尽可能地将合作扩展至包括产品、信息、资金、人才、技术(知识)、设施、管理和企业文化等多个方面,以满足不同节点的不同供需合作关系.本文在供需网企业合作伙伴选择的多目标决策模型的构建中,不仅将企业反应时间、产品质量、产品成本作为要素,而且将企业的可靠性、企业与企业间的相容性、企业创新性和企业服务等要素也纳入参评体系.

现假设供需网企业承担了 n 项合作任务,供需网的动态网络特性决定了每项任务可以由一个或多个企业来完成,一个供需网节点可以同时与多个节点联结,并且根据实际需要启动企业间的供需流.设 m 为可供选择的企业个数,则优化的目标是为每个任务选择一个或多个最佳的合作伙伴.每项任务可以由多个合作伙伴共同完成,为了研究的方便性,我们假设每项任务至少都有一个最佳合作伙伴与之对应.

2.2 模型的构建

基于以上分析,该问题的模型描述如下:

设 $Y = \{y_j | j \in [1, n]\}$ 为供需网企业需要完成的任务的集合, $E_j = \{e_{jk} | k \in [1, m_j]\}$ 为完成任务 y_j 的候选企业的集合,其中 m_j 为相应的候选企业的数目,为了更加客观、准确、全面地对备选企业进行评价,特引用了 7 个参数作为供需网企业合作伙伴的性能指标,这 7 个参数的集合为 $P_{e_{jk}} = \{t_{e_{jk}}, q_{e_{jk}}, c_{e_{jk}}, r_{e_{jk}}, x_{e_{jk}}, v_{e_{jk}}, s_{e_{jk}}\}$, 其中 $t_{e_{jk}}, q_{e_{jk}}, c_{e_{jk}}, r_{e_{jk}}, x_{e_{jk}}, v_{e_{jk}}, s_{e_{jk}}$ 分别表示为企业反应时间、产品质量、产品成本、企业可靠性、企业相容性、企业创新性和企业服务.各目标函数描述如下:

$$T = f_1(x) = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{m_j} \frac{t_{e_{jk}} - t_{\min}}{t_{\max} + t_{\min}} \times u_{jk} \quad (1)$$

$$Q = f_2(x) = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{m_j} (1 - \frac{q_{e_{jk}} - q_{\min}}{q_{\max} + q_{\min}}) \times u_{jk} \quad (2)$$

$$C = f_3(x) = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{m_j} \frac{c_{e_{jk}} - c_{\min}}{c_{\max} + c_{\min}} \times u_{jk} \quad (3)$$

$$R = f_4(x) = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{m_j} (1 - \frac{r_{e_{jk}} - r_{\min}}{r_{\max} + r_{\min}}) \times u_{jk} \quad (4)$$

$$X = f_5(x) = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{m_j} \sum_{h=1}^{m_j+1} (1 - \frac{x_{e_{jk}e_{j+1,h}} - x_{\min}}{x_{\max} + x_{\min}}) \times u_{jk} \times u_{j+1,h} \quad (5)$$

$$V = f_6(x) = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{m_j} (1 - \frac{v_{e_{jk}} - v_{\min}}{v_{\max} + v_{\min}}) \times u_{jk} \quad (6)$$

$$S = f_7(x) = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{m_j} (1 - \frac{s_{e_{jk}} - s_{\min}}{s_{\max} + s_{\min}}) \times u_{jk} \quad (7)$$

式中, u_{jk} 的值取 1 或 0. 当 e_{jk} 完成任务 y_j 时, u_{jk} 为 1, 否则 u_{jk} 为 0. 供需网企业合作伙伴选择是一个多目标优化问题,各个目标之间相互制约,因此现实情况下存在一组合作伙伴使 T, Q, C, R, X, V, S 同时达到最优的情况几乎不可能.对于这种多目标优化问题,以往常见的解决方法是分别给各个目标函数赋权重系数,如下:

$$\text{Min } Z = w_1 * T + w_2 * Q + w_3 * C + w_4 * R + w_5 * X + w_6 * V + w_7 * S \quad (8)$$

其中, $w_1, w_2, w_3, w_4, w_5, w_6, w_7$ 为权重系数,且 $\sum_{i=1}^7 w_i = 1$.

2.3 理想点法

采用权重系数的方法的优点是操作简单、易于实现,但是权重系数的大小不好确定,一般是通过经验来获得,存在许多不确定的因素.为此,本文采用理想点法来消除这种影响.

设每个目标函数 $f_i(x)$ 的最优值和最差值分别为 $f_i^+ = \max_{i \in [1, 7]} f_i(x)$ 和 $f_i^- = \min_{i \in [1, 7]} f_i(x)$, 向量 $F^+ = [f_1^+, f_2^+, \dots, f_7^+]$ 为向量函数 $F(x) = [f_1(x), f_2(x), \dots, f_7(x)]$ 的正理想点, 向量 $F^- = [f_1^-, f_2^-, \dots, f_7^-]$ 为向量函数 $F(x) = [f_1(x), f_2(x), \dots, f_7(x)]$ 的负理想点. 当 $F(x)$ 与 F^+ 的偏差越小, 目标函数的最优值越靠近理想点, 此时的解就越优; 同理, 当 $F(x)$ 与 F^- 的偏差越小, 目标函数的最优值就越偏离理想点, 此时的解就越差. 模型如下:

$$f(x) = \frac{f^-(x)}{f^+(x) + f^-(x)} \quad (9)$$

$$f^-(x) = \|F(x) - F^-\| = \left\{ \sum_{i=1}^7 \lambda_i [f_i(x) - f_i^-]^p \right\}^{\frac{1}{p}} \quad (10)$$

$$f^+(x) = \|F(x) - F^+\| = \left\{ \sum_{i=1}^7 \lambda_i [f_i(x) - f_i^+]^p \right\}^{\frac{1}{p}} \quad (11)$$

式中, $p \in (1, \infty)$, λ_i 为权重.

3 基于粒子群算法的供需网合作伙伴选择

3.1 标准粒子群算法

粒子群优化算法是 Kennedy 和 Eberhart 于 1995 年提出的^[9-10], 它源自群体行为理论, 受鸟群或鱼群行为的启发, 通过个体间的信息传递方式, 使整个团体朝同一方向和目标而去. 设 X_i 表示群体中的第 i 个微粒, $X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iD})$, P_i 表示第 i 个微粒所经历过的最好位置, $P_i = (p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{iD})$. 群体中所有微粒所经历过的最好位置用 P_g 表示, $V_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{iD})$ 用来表示微粒的速度. 对于第 i 代, 其第 d 维 ($1 \leq d \leq D$) 根据如下公式进行迭代:

$$v_{id}(t+1) = \omega * v_{id}(t) + c_1 * r_1 * (p_{id}(t) - x_{id}(t)) + c_2 * r_2 * (p_{gd}(t) - x_{id}(t)) \quad (12)$$

$$x_{id}(t+1) = x_{id}(t) + v_{id}(t+1) \quad (13)$$

式中 ω 为惯性权重, c_1 和 c_2 为加速因子, r_1 和 r_2 为介于 0 至 1 之间的随机数, $p_{id}(t)$ 表示粒子 i 到目前为止所出现的个体最优位置, $p_{gd}(t)$ 表示所有粒子到目前为止所出现的群体最优位置, 粒子群中的每个粒子根据个体最优位置和群体最优位置来平衡自身的当前位置.

3.2 编码方案

当供需网企业的任务数量和每个任务的候选企业数量比较大时, 在合作伙伴选择的过程中若采用穷举法来确定最优方案是不切实际的. 例如若第 j 个任务有 m_j 个候选伙伴, 各个任务可以选择一个或多个合作伙伴, 且至少有一个最佳合作伙伴, 则第 j 个任务的合作伙伴选择组合为 $m_j * (m_j + 1) / 2$, 整个供需网企业合作伙伴选择的可能组合数为 $\frac{1}{2^n}$

$\prod_{j=1}^n m_j(m_j + 1)$. 显然, 用穷举法来确定最优方案是一件工作量巨大且耗时的事情, 因此必须采用一种有效的优化方法对所提出的模型进行优化.

粒子群算法在解决组合优化问题时具有收敛速度快、求解精度高的优点, 因此本文采用粒子群算法来求解供需网企业合作伙伴选择问题^[11]. 在供需网企业合作伙伴选择的多目标决策模型中, 用 X_i 来表示一种最优方案, $X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ij})$, 其中 i 表示可供选择的方案的个数, $j \in [1, n]$ 表示供需网企

业任务的个数, X_i 的分量 x_{ij} 表示供需网企业每个任务的候选企业的编号, 且 $x_{ij} \in [1, m_j]$, 这样就可以利用粒子群算法来确定最佳的合作伙伴组合.

3.3 求解的具体步骤

用改进的粒子群算法对供需网合作伙伴选择的多目标决策模型进行优化的具体步骤如下:

Step 1: 初始化种群, 包括粒子群的规模、随机位置、粒子速度、惯性权重 ω 、最大迭代次数, 粒子的位置区间为 $[0, m_j]$, 粒子的速度区间为 $[0, m_j]$, 其中 m_j 为供需网企业每个子任务候选企业的数目.

Step 2: 利用式(9)~(11)计算每个粒子的适应度值, 确定个体最优值 $P_{id}(t)$ 和群体最优值 $P_{gd}(t)$.

Step 3: 将每个粒子的个体最优值 $P_{id}(t)$ 和群体最优值 $P_{gd}(t)$, 分别与当前的适应值进行比较, 若较好, 则将其作为当前的个体最优值和群体最优值.

Step 4: 利用式(12)和(13)更新粒子的位置和速度.

Step 5: 判断是否满足寻优结束条件, 若满足则终止寻优, 输出最优结果, 即最最佳的合作伙伴组合. 若不满足条件, 则转到 Step 2.

4 实验结果与分析

现假设供需网企业承担了 5 项任务, 它们分别是设计(D)、采购(P)、制造(M)、分销(S)和物流(L), 各个任务的合作伙伴的数量为 3、3、5、4 和 5. 用改进的粒子群算法对上述问题进行求解, 粒子群的规模为 100, 最大迭代次数为 100, ω 为 0.63, $c_1 = c_2 = 1.5$, 粒子的位置和速度区间为 $[0, 5]$, 每项任务至少都有一个最佳伙伴与之对应(由于篇幅有限, 各候选企业的性能参数和企业间的相容性不便列出), 现需要确定一组最佳的合作伙伴组合.

将标准粒子群算法和遗传算法分别对供需网企业合作伙伴选择的多目标决策模型进行优化, 在仿真实验中, 为了减小误差, 最终的数据取程序运行 100 次后的平均结果. 图 1 为表示两种算法的寻优结果对比图.

从图 1 中可以看出, 标准粒子群算法对供需网企业合作伙伴选择的多目标决策模型进行优化时, 平均迭代次数为 21 次, 而遗传算法需要 36 次, 标准粒子群算法比遗传算法的寻优时间要少, 速度明显要优于遗传算法. 计算得到该供需网企业合作伙伴最佳组合为 D-1、P-2、M-5、S-4 和 L-1. 表 1 为两种算法在解决供需网合作伙伴选择问题时的性能.

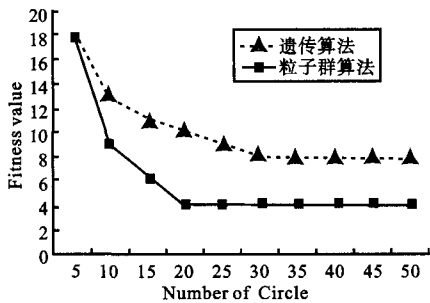


图 1 两种算法寻优结果对比图
表 1 二种算法比较

算法	平均目标值	寻优时间/s	迭代次数
遗传算法	7.8042	18	36
粒子群算法	4.2013	7	21

为了验证标准粒子群算法在解决此类问题的有效性,改变了供需网承担的任务数以及各任务的合作伙伴数量,且分别对不同的初始数据进行仿真实验,实验结果表明,当任务数和合作伙伴的数量很大时,粒子群算法的优越性更加明显.

5 结束语

供需网的思想弥补了传统企业管理模式的诸多缺陷,有力地帮助企业走向成功,合作伙伴选择及优化是供需网企业运营成败的一个关键问题. 针对这一问题,本文建立了基于供需网基本特征理念的企业合作伙伴选择的多目标决策模型,并将理想点法引入到模型的构建之中,强调供需网企业合作伙伴的选择不仅要看候选企业的反应时间、产品质量、产品成本,而且还要看候选企业的可靠性、企业与企业间的相容性、企业创新性和企业服务要素. 基于此,本文将智能优化方法应用于供需网企业合作伙伴选择的多目标决策模型中. 实验结果表明,相比于遗传算法,粒子群算法用于求解供需网合作伙伴选择优化问题具有更加良好的效果,该算法可以快速、精确地为供需网企业找到最佳的合作伙伴,并且可以扩展到任何数量级上的企业合作伙伴选择问题.

参考文献:

[1] 徐福缘,何静. 多功能开放型企业供需网初探[J]. 预

测, 2002,21(6):19-22.
[2] 徐福缘. 大批量定制生产的理论与应用[M]. 上海:上海科学技术出版社,2008:101-108.
[3] 徐福缘,何静,林凤,等. 多功能开放型企业供需网及其支持系统研究——国家自然科学基金项目(70072020)回溯[J]. 管理学报,2007,4(4):379-383.
[4] 刘彩虹,刘小晶,徐福缘. 供应链企业向供需网转变的目标行为仿真建模[J]. 计算机集成制造系统,2009,15(11):2124-2146.
[5] Wann Yih Wu, Hsi-An Shih, Hui-Chun Chan. The analytic network process for partner selection criteria in strategic alliances[J]. Expert Systems with Applications, 2009,36(3):4646-4653.
[6] Jafar Razmi, Hamed Rafiei, Mahdi Hashemi. Designing a decision support system to evaluate and select suppliers using fuzzy analytic network process[J]. Computers & Industrial Engineering, 2009,57(4):1282-1290.
[7] Anne Marie Doherty. Market and partner selection processes in international retail franchising[J]. Journal of Business Research, 2009,62(5):528-534.
[8] Yang Hongjuan, Zhang Jing. The strategies of advancing the cooperation satisfaction among enterprises based on low carbon supply chain management[J]. Energy Procedia, 2011,5(1):1225-1229.
[9] Kennedy J, Eberhart R C. Particle swarm optimization [C]//Proc. of IEEE Int. Conf. on Neural Networks. Perth, 1995:1942-1948.
[10] Eberhart R C, Kennedy J. A new optimizer using particle swarm[C]//Proceedings of the Sixth International Symposium on Micro Machine and Human Science. Nagoya: IEEE Press, 1995:39-43.
[11] 胡伟,徐福缘. 基于改进粒子群算法的PID控制器参数自整定[J]. 计算机应用研究,2012,29(5):1791-1794.

作者简介:

胡伟男,(1979—),博士研究生,讲师. 研究方向为系统工程、企业供需网及其管理、智能优化算法.
徐福缘男,(1948—),教授,博士生导师. 研究方向为系统工程、企业供需网及其管理、超网络等.