

基于 mopso 算法的第三方物流服务商评价选择

孟冠军, 陶细佩, 张伟, 陈信华

(合肥工业大学机械工程学院, 合肥市 23009)

摘要: 随着物流行业的发展, 第三方物流服务商的评价选择日益受到企业管理者重视。目前对物流服务商的评价选择, 以层次分析法为主。虽然层次分析法简便易行, 但其评价过程不乏主观性的人为评价, 大大降低了结果的可靠性。针对这一问题, 首先利用灰色系统理论, 计算服务商评价指标相对各目标层的权重, 进而建立多目标评价模型; 然后选择 MOPSO 算法并针对其易收敛于局部最优的缺点, 重新定义个体极值和全局极值的选取方法, 对改进后的 MOPSO 算法进行测试, 验证其有效性, 并运用改进 MOPSO 算法求得多目标问题的最优解集, 利用逼近最优解集的思想选择最佳物流服务商; 最后, 结合企业物流服务商评价选择实例, 验证了论文建立的评价方法的有效性。

关键词: 企业管理; 第三方物流; 灰色系统理论; 多目标评价模型; MOPSO 算法

中图分类号: F274

evaluation and selection of third party based on MOPSO algorithms

Mengguanjun, Taoxipei, Zhangwei, Chenxinhua

(Mechanical Engineering School of Hefei University of Technology, Hefei 23009)

Abstract: With the development of logistics industry, the evaluation and selection of third-party logistics service providers are increasingly valued by business managers. At present, the evaluation and selection of logistics service providers are mainly based on the analytic hierarchy process (AHP). AHP is simple and easy to implement, there is no lack of subjective evaluation in its evaluation process, which greatly reduces the reliability of the results. In order to solve this problem, firstly, the weight of each index relative to each target level is calculated by using grey system theory, and then a multi-objective evaluation model is established. Then Select MOPSO algorithm and redefine the method of selecting individual and global extremes to overcome its shortcomings of easy convergence to local optimum. Test the improved MOPSO algorithm to verify its effectiveness and the improved MOPSO algorithm is used to obtain the optimal solution set of multi-objective, and the idea of approaching the optimal solution set is used to select the best logistics service provider. Finally, the validity of the evaluation system established in this paper is verified by comparing the evaluation and selection of logistics service providers in actual enterprises.

Keywords: business management; third-party logistic; grey system theory; multi-objective evaluation model; MOPSO algorithm

0 引言

随着社会经济的发展, 市场竞争在不断加剧, 为了节省成本, 集中资源于企业核心业务, 提升企业自身的核心竞争力, 抢占市场份额, 越来越多的企业选择将物流作业外包给第三方物流服务商^[1] (Third Party Logistics Service Provider, 以下简称 TLP)。企业进行物流外包的首要环节便是 TLP 的评价选择, 如何选择合适的物流服务伙伴成为企业管理者所关注的

作者简介: 孟冠军 (1979-), 男, 副教授, 硕士生导师, 博士, 主要研究方向为数字化设计、制造, 制造业信息化工程. E-mail: Mgj1997@163.com

焦点问题。

针对 TLP 的评价选择问题, 国内外专家学者纷纷投入到其研究工作中。关于服务商评价选择问题的研究, 可以追溯到 1966 年, Dickson 通过大量工作总结提出影响供应商评价选择决策的 23 项指标, 并根据各指标的重要程度其进行了排序^[2]。后续的研究者们也认识到了在评价选择服务商时应考虑多个指标。为了客观地评价服务商, 研究者们采用了不同的方法如成本分析方法、线性加权法、数学规划方法及统计分析法等^[3]。在这些方法中, 层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP)^[4]因其简单明了受到了广大学者的青睐, 然而 AHP 在指标权重分配时带有较多的主观因素, 难免导致评价结果出现偏颇, 对此学者们提出了一些改进方法, 如模糊理论与 AHP 的混合方法 (Fuzzy Analytic Hierarchy Process, FAHP)^[5]以及层次分析法与线性规划方法相结合的组合方法^[6], 这些方法均在一定程度上降低了评价选择过程中的主观性, 但仍存在继续完善的空间, 且这些方法往往包括大量的信息转换处理工作, 理解和运用起来较为复杂。

本文利用灰色系统理论 (Grey System Theory, GST)^[7]研究物流服务商评价选择中指标权重确定问题的解决途径, 在明确各评价指标的权重后, 建立服务商评价选择的多目标寻优数学模型, 运用改进的多目标粒子群算法 (Multi-objective Particle Swarm Optimization, MOPSO)^[8]找到问题的 Pareto 最优解集, 最后计算各服务商与 Pareto 最优解集的贴进度, 以贴进度作为最后的评价标准选择出最优服务商, 以此为物流服务需求企业的管理者提供决策支持。

1 评价模型

1.1 评价指标体系

如前所述, 评价选择服务商是需考虑的指标很多, 综合物流外包企业相关管理者的意见和前人研究的情况, 在保证所建立的指标体系的一般性和合理性, 本文建立 TLP 的评价指标体系如图 2-1 所示。

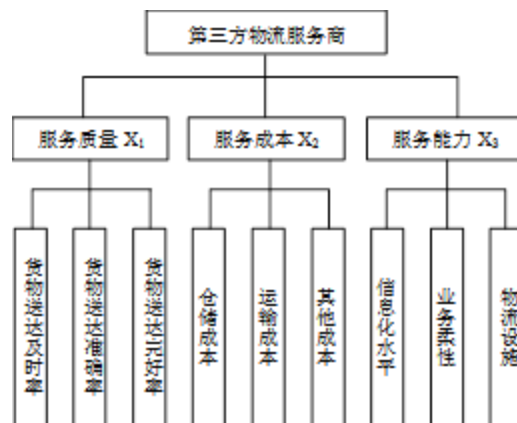


图 1-1 TLP 评价指标体系构成图

1.2 评价模型

1.2.1 基于灰色系统理论指标权重确定方法

利用 GST 确定指标权重的步骤如下:

步骤 1: 定义参考系列集 $R = \{R_i \mid i=1,2,3,\dots,n\}$, $C_{12} = \{C_{12}(1), C_{12}(2), \dots, C_{12}(k), \dots\}$ 表示 R_1 、 R_2 两系列之间差异的度量, 其中 $C_{12}(k) = \text{abs}[R_2(k) - R_1(k)]$, C_{12} 称为系列 R_2 相对于 R_1 的差异度量序列;

75 步骤 2: 求差异信息集 $D_{12} = \{C_{12}(k), \min(C_{12}), \max(C_{12}), [\min(C_{12}) + \max(C_{12})]/2\}$, 它可用来反映和计算灰关联系统内系列因子间的差异信息测度, 其中 $\min(C_{12}), \max(C_{12})$ 为差异度量序列 C_{12} 的最小值和最大值;

步骤 3: 求取灰关联系数 $e_{1j} = [\max(C_{1j}) + \min(C_{1j})t] / [C_{1j}(k) + \min(C_{1j})t]$, 它表示各参考系列 R_j 与基准参考系列 R_1 之间的关联程度, 其中 t 为调和参数;

80 步骤 4: 求 E_{1j} , E_{1j} 为参考系列 R_j 和基准参考系列 R_1 的灰关联度, 为参考系列 R_j 和基准参考系列 R_1 的灰关联度, 它体现了参考系列在差异测度水平上的整体比较, 基准参考系列 R_1 与自身的灰关联度为 1;

$$E_{1j} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m e_{1j}(k) \quad (1-1)$$

85 步骤 5: 求 G_{1j} , G_{1j} 为参考系列 R_j 相对于参考系统的权重测度, 它是参考系列 R_j 相对于整个参考系统的重要性的定量化体现。

$$G_{1j} = E_{1j} / \left(\sum_{p=2}^n E_{1p} + 1 \right) \quad (1-2)$$

1.2.2 评价模型建立

根据上述指标权重确定方法, 分别对 TLP 的服务质量、服务成本及服务能力三大综合指标进行分析。首先建立第一个综合指标服务质量 X_1 的参考系列集 $R = \{R_i \mid i=1,2,3,\dots,n\}$, 参考系列 R_1 为货物送达及时率, 并令其为基准参考系列, R_2 为货物送达准确率, R_3 为货物送达完好率。然后按上述步骤最终计算各参考系列相对于基准参考系列(可令 R_1 , R_2 , R_3 其中任意一个参考系列为基准参考系列)的权重测度。

明确各子指标在其综合指标下的权重后, 可建立 TLP 的评价模型:

(1) 服务质量评价函数

95
$$QE(X) = \sum E_{1j}X_1 - r_c[\sum E_{2j}X_2 - t_c] \quad (1-3)$$

(2) 服务成本函数

$$CE(X) = 1 / \sum E_{2j}X_2 - r_q(\sum E_{1j}X_1 - r_q) + r_e(\sum E_{3j}X_3 - r_e) \quad (1-4)$$

(3) 服务能力评价函数

$$AE(X) = \sum E_{3j}X_3 - r_c(\sum E_{2j}X_2 - t_c) \quad (1-5)$$

100 目标函数为:

$$F = \max \{QE(X), CE(X), AE(X)\} \quad (1-6)$$

上式中自变量 $X=(X_1, X_2, X_3)$, r_q, r_c 及 r_e 分别为三个评价函数的罚系数和奖励系数, t_q 为质量上阈值, t_c 为成本上阈值, t_e 为能力上阈值。

2 评价选择算法

2.1 MOPSO 算法

MOPSO 算法是 2004 年由 Carlos. A 及 Cello 等提出的一种智能寻优算法, 它克服了粒子群算法 (Particle Swarm Optimization, PSO) 只能应用于单目标寻优问题上的局限性, 继承了 PSO 算法收敛速度快, 具有一般性的特点, 且仅有少量参数需要调整, 操作简便易于实现, 因而一经提出便成为启发式算法领域里的研究热点。但 MOPSO 算法中各粒子受到最好的粒子支配, 各粒子在最好粒子的影响下快速向某一点收敛, 故直接利用 MOPSO 算法求解多目标寻优问题将可能导致最优解集收敛于局部最优区域。

2.2 算法改进

针对上述问题, 本文从算法迭代过程中最优粒子的选取这一角度出发, 对 MOPSO 算法做出改进。

(1) 将算法迭代过程中的个体历史极值及全局极值存入外部候选集 V 中;

(2) n 为外部候选集 V 中的个体数, 定义 V 的初始个体拥挤距离 $Dis(1)=1$, 对于外部集中第 2 个个体到第 $n-1$ 个个体, 其拥挤距离计算规则为:

$$Dis(k)^{(p)} = Dis(k-1)^{(p)} + [Dis_{(k-1)}^p - \max(Dis^{(p-1)})] / \sum_{j=1}^m \frac{1}{m} (f_{j,\max}^p - f_{j,\min}^p) \quad (2-1)$$

式中 $\max(Dis^{(p-1)})$ 为第 $p-1$ 次迭代的最大拥挤距离, 定义第一次迭代最大拥挤距离为 0, $f_{j,\max}^p$ 及 $f_{j,\min}^p$ 为第 p 次迭代第 j 个目标函数的最大值和最小值, m 为目标函数的个数。

2.3 算法测试

本文利用测试函数法对改进 MOPSO 算法的性能进行测试, 考虑到现实中多目标寻优问题的复杂性, 简单的测试函数并不能反映现实中复杂问题的实际情况, 用其进行测试不能够说明算法的优劣, Thiele 等研究者因而构造了 ZDT 问题^[9], 该问题中的一系列测试函数得到了广泛引用。本文采用 ZDT 问题中的 ZDT1 测试函数对改进 MOPSO 算法进行测试, 并将其测试结果与原 MOPSO 算法, 非支配排序遗传算法 (NSGA2)^[10] 算法的测试结果进行比较。算法的主要参数设置如下: 种群规模 200, 迭代次数 100, 惯性权重 0.4, 加速因子为 $C_1=C_2=2$ 。测试结果如下图表结果所示:

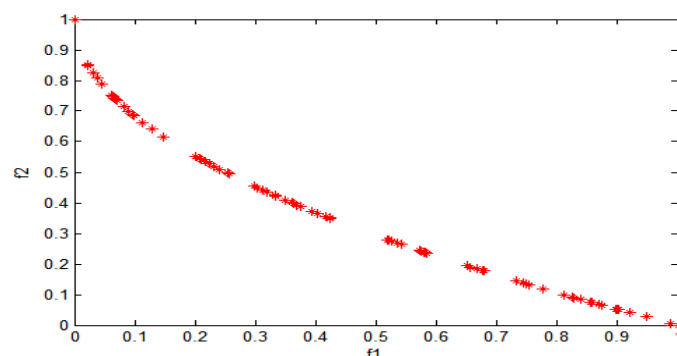


图 2-2 测试 NSGA2 算法所得 pareto 前沿图

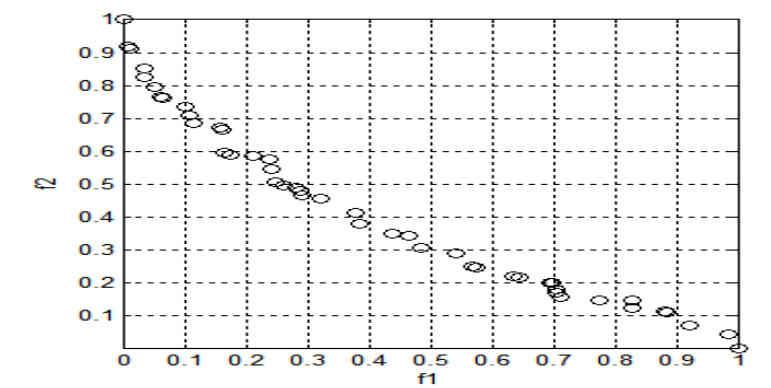


图 2-3 测试 MOPSO 算法所得 pareto 前沿图

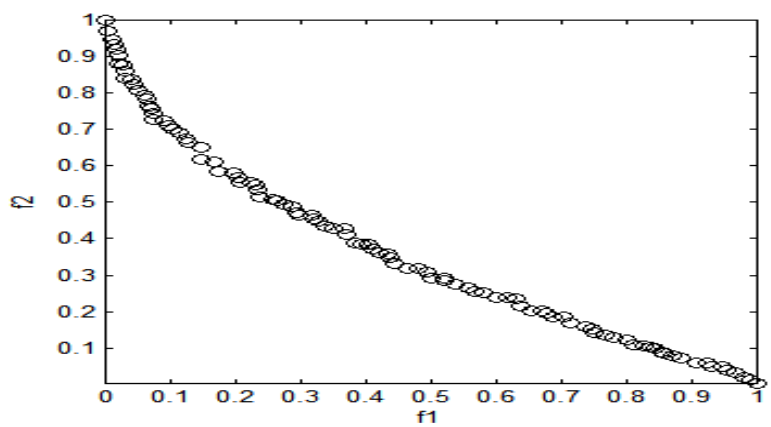


图 2-4 测试改进 MOPSO 算法所得 pareto 前沿图

表 2-1 三种算法的测试结果

智能算法	平均耗时(s)	第一代出现 pareto 解个数	pareto 解的总数
NSGA II	31.5950	2	53
MOPSO	5.6119	1	48
改进 MOPSO	8.6830	5	92

由以上图表分析可知，NSGAII 算法与原 MOPSO 算法获得的 pareto 解数较少，全局搜索性较差，且 NSGAII 算法的耗时过长。改进的 MOPSO 算法虽然在相同迭代次数条件下求解时间较原 MOPSO 算法略长，但其获得的 pareto 解数较后者由明显增多。且由上图可知，改进的 MOPSO 算法所得的 pareto 解在空间中分布更广且更均匀，具有较强的全局搜索能力。经过测试，验证了改进 MOPSO 算法的有效性。

2.4 利用逼近思想获得最优解

定义任意可行解与最优解集的贴进度如下：

$$z = \sqrt{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (f_i - p(j, i))^2} \tag{2-2}$$

可行解的最优贴进度越大，则说明该可行解越优，式中 f_i 为评价选择模型的评价函数值， $p(j, i)$ 为最优解集的第 j 个解向量的第 i 个分量。

3 应用案例

150 企业 K 由于发展良好，准备拓展业务，开拓更广阔的市场，现需招标 TLP 为其提供物流服务。

155 表 3-1 为企业 k 现保持合作关系的最佳物流服务商在企业 k 近年来利润增长率最快的五个季度的相关统计数据，货物送达及时率 x_1 、货物送达准确率 x_2 及货物送达完好率 x_3 均是每季度的统计数据，仓储成本 x_4 单位为千元每立方米，运输成本 x_5 和其他成本 x_6 为千元每月，信息化水平 x_7 、业务柔性 x_8 及物流设施 x_9 则是由专家评分获得，分值为 70 到 100。表 4-2 中为各备选服务商现今的相关数据。

表 3-1 企业 k 的某物流服务商评价指标参考数据

	x_{i1}	x_{i2}	x_{i3}	x_{i4}	x_{i5}
x_1	0.937	0.943	0.956	0.979	0.987
x_2	0.879	0.895	0.932	0.913	0.927
x_3	0.914	0.919	0.926	0.925	0.931
x_4	0.850	0.880	0.800	0.900	0. 860
x_5	1.235	1.548	1.271	1.353	1.414
x_6	2.323	2.472	2.865	2.173	2.569
x_7	86	81	90	87	85
x_8	90	84	79	83	81
x_9	75	79	84	82	76

表 3-2 待选物流服务商评价指标参考数据

	服务商1	服务商2	服务商3	服务商4	服务商5
x_1	0.976	0.958	0.982	0.979	0.967
x_2	0.943	0.947	0.949	0.965	0.978
x_3	0.961	0.973	0.985	0.989	0.971
x_4	0.850	0.870	0.880	0.870	0. 860
x_5	1.276	1.532	1.264	1.359	1.436
x_6	2.365	2.471	2.764	2.196	2.556
x_7	85	82	88	90	85
x_8	88	83	79	81	82
x_9	78	75	80	78	82

160 首先建立第一个综合指标服务质量的参考系列集 $R = \{R_j | j = 1,2,3\}$ ，然后按上述步骤最终计算各参考系列相对于基准参考系列的权重测度。给定相关数据如下：

表 3-3 服务质量系统各参考系列相关数据表

	R_{i2}	R_{i2}	R_{i3}	R_{i4}	R_{i5}
R_1	0.937	0.943	0.956	0.979	0.987
R_2	0.879	0.895	0.932	0.913	0.927
R_3	0.914	0.919	0.926	0.925	0.931

表 3-4 各参考系列相关参数计算结果

参数	计算结果
----	------

$C_{12}(k)$	0.058	0.048	0.024	0.066	0.060
$C_{13}(k)$	0.023	0.024	0.030	0.054	0.056
$D_{12}(k)$	0.8571	0.9630	1.3684	0.7879	0.8387
$D_{13}(k)$	1.3235	1.2981	1.1638	0.8232	0.8036
e	(0.9650, 1.0824)				
E	(0.3281, 0.3167, 0.3552)				

表 3-3 中参考系列 R_1 为货物送达及时率,并令其为基准参考系列, R_2 为货物送达准确率, R_3 为货物送达完好率。表 3-4 为按上节步骤 2 至步骤 5 计算服务质量系统各参考系列相关参数的计算结果,表中 $C_{12}(k)$ 和 $C_{13}(k)$ 分别为 R_2 , R_3 相对于 R_1 的异度量系列, $D_{12}(k)$ 和 $D_{13}(k)$ 分别为 R_2 , R_3 相对于 R_1 的灰关联系数, e 为灰关联度, E 为权重测度。

依上述方法同样可确定第二个综合指标服务成本及第三个综合指标服务成本各子指标权重测度。对表 3-1 中指 x_4 , x_5 , x_6 , x_7 , x_8 , x_9 分别进行归一化处理,如指标 x_4 有 x_{42} , x_{41} , x_{43} , x_{44} , x_{45} 五个数值,归一化规则为 $r_{4j} = x_{4j} / \sum_{j=1}^5 x_{4j}$,

$$r_{4j} = x_{4j} / \sum_{j=1}^5 x_{4j} \quad (3-1)$$

据此可计算各指标归一化结果:

$$(r_{ij})_{6 \times 5} = \begin{bmatrix} 0.217 & 0.196 & 0.183 & 0.206 & 0.198 \\ 0.211 & 0.193 & 0.199 & 0.195 & 0.202 \\ 0.213 & 0.195 & 0.189 & 0.203 & 0.198 \\ 0.216 & 0.195 & 0.192 & 0.206 & 0.197 \\ 0.213 & 0.199 & 0.197 & 0.199 & 0.201 \\ 0.208 & 0.194 & 0.195 & 0.201 & 0.199 \end{bmatrix}$$

在对上述六个指标进行归一化处理后,运用第二章的灰色系统理论确定各指标集 $\{x_4$, x_5 , $x_6\}$ 及 $\{x_7$, x_8 , $x_9\}$ 子指标在各指标系统下的权重,计算结果如下:

成本评价函数指标权重: $E_{24}=0.3398$, $E_{25}=0.3351$, $E_{26}=0.3251$

能力评价函数指标权重: $E_{37}=0.3311$, $E_{38}=0.3472$, $E_{39}=0.3217$

将上述指标权重代入前述已建立的评价模型,取系数 $r_q, r_c = r_e = 0.5$,质量上阈值 $t_q = 0.95$,成本上阈值 $t_c = 0.8$,能力上阈值 $t_e = 0.8$,分别运用第三章改进的 MOPSO 算法对上述建立的评价目标函数进行寻优,可得最优解集,选取其中具有代表性最优解构成目标解集: $\{[0.9932, 0.9664, 0.932], [0.9752, 0.9864, 0.906], [0.9783, 0.9767, 0.977]\}$ 。

最后计算各服务商的最优贴进度,可得 $z_1=0.7453$, $z_2=0.7632$, $z_3=0.8325$, $z_4=0.7673$, $z_5=0.7934$,其中 z_3 最大,故选择最佳物流服务商 3。

4 结论

本文给出了企业在物流外包时选择第三方物流服务商的一种新方法,针对传统常用评价模型主观因素带来的不足,充分利用灰色系统理论和 MOPSO 智能寻优算法的优点,并对 MOPSO

算法进行改进, 构建了选择 TLP 的三阶段模型, 在保证方法的有效性的前提下, 为物流外包企业决策者提供了客观的决策依据。

190 [参考文献] (References)

- 195 [1] Xiaojian, Hu Guanxiong, Wang, Xiaozheng. Joint decision model of supplier selection and order allocation for the mass customization of logistics services[J]. Transportation Research Part E, 2018, 120.
- [2] Dickson, DW. An analysis of vendor selection systems and decisions [J]. Journal of Purchasing, 1966, 2(1): 5-17.
- 200 [3] Zenger Degrease, Era labor. An Evaluation of Vendor Selection Models from a Total Cost of Ownership Perspective[J]. European Journal of Operational Research, 2002, (125): 34-58.
- [4] 杨怀珍, 熊炜. 基于网络层次分析法的农产品第三方物流服务商评价 [J]. 统计与信息论坛, 2011, 26(02): 107-111.
- [5] 宋书强, 叶春明. 基于模糊层次分析法(FAHP)的第三方物流服务提供商选择评价研究[J]. 物流技术, 2008(07): 69-71.
- 205 [6] Ghodspour S H, O'Brien C. A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming[J]. International Journal of Production Economics, 1998, 199-212.
- [7] 方春明, 孔繁森, 隗志才. 基于模糊综合评判与灰色关联分析的汽车工业 TLP 评价指标体系[J]. 吉林大学学报(工学版), 2009, 39(S1): 133-137.
- 210 [8] 李笠. 基于排序策略的多目标粒子群优化: 研究与应用[D]. 浙江工业大学, 2017.
- [9] Knowles JD, Corne DW. The Pareto archived evolution strategy: A new baseline algorithm for Pareto multiobjective optimization[C]. Proceedings of the 1999 Congress on evolutionary Computation, IEEE Service Center, Piscataway, New Jersey, 1999, 98-105.
- [10] Deb K, Pratab A, Agrawal S. A Fast and elitist Nondominated Sorting Genetic Algorithm for Multi-objective Optimization: NSGA-II[J]. IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 2002, 6(2): 182-197.