

## Developing Combined Supplier Selection Model Considering lack of Supply Risk and Brand Effect on Demand

Ali Akbar  
Mohamadian 

M.A. Student in Management, Department of  
Management, Parand Branch, Islamic Azad  
University, Parand, Tehran, Iran.

Masoud Simkhah  \*

Assistant Professor, Department of Management,  
Parand Branch, Islamic Azad University, Parand,  
Tehran, Iran

### Abstract

Supplier selection is one of the most important problems in management and optimization which aims at optimizing cost of supply, quality of products and services, risk of non-supply etc. In the literature, lack of supply risk and brand effect on demand is not considered in the models. Inspiring of this fact, the current research develops supplier selection integer model to take lead time and lack of supply risk into account. To solve the model, LOKAD benchmark database are employed and a new adaptive variable neighborhood search will be introduced according to a scoring strategy to deal with complexity of the model and achieve optimal or appropriate near optimal solutions. According to Wilcoxon test, the obtained pareto solutions outperforms traditional results. Sensitivity analysis of the solutions on budget reveals that the final profit is more sensitive comparing to lead time. In addition, distance from ideal and diversity measures used as quantitative measures to compare the results.

**Keywords:** Supplier Selection, Multi-Objective Optimization, Neighborhood Search Algorithm, Effect of Brand on Demand, Lack of Supply Risk.

\* Corresponding Author: Simkhahmasoud@gmail.com

**How to Cite:** Mouvivand, A., Mouvivand, A., Mouvivand, A. (2023). Developing Combined Supplier Selection Model Considering lack of Supply Risk and Brand Effect on Demand, *Journal of Industrial Management Studies*, 20(67), 203-236.



## توسعه یک مدل انتخاب ترکیبی تأمین کنندگان با در نظر گرفتن ریسک عدم تأمین و اثر برند بر تقاضا

دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مدیریت، واحد پرند، دانشگاه آزاد اسلامی، پرند، ایران

علی اکبر محمدیان

استادیار گروه مدیریت، واحد پرند، دانشگاه آزاد اسلامی، پرند، ایران

مسعود سیم خواه \*

### چکیده

انتخاب تأمین کنندگان یکی از مسائل مهم در حوزه مدیریت و بهینه‌سازی است که با اهداف مختلفی از قبیل کاهش هزینه، افزایش کیفیت تولید یا خدمات، کاهش ریسک مواجهه با کمبود و غیره مورد توجه پژوهشگران بوده است. در ادبیات موضوع مدلی برای در نظر گرفتن ریسک عدم تأمین در کنار اثر برند توسعه نیافته است. با الهام از همین حقیقت، این تحقیق مدل انتخاب تأمین کنندگان را باهدف بهینه‌سازی زمان تحویل و سود به صورت یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی عدد صحیح مدل‌سازی خواهد نمود. برای حل مدل از داده‌های شرکت لوکاد استفاده شده و یک روش جدید بر مبنای الگوریتم جستجوی همسایگی توسعه یافت که در آن علاوه بر عملگرهای جستجو از یک رویکرد امتیازدهی برای هوشمندسازی انتخاب عملگرهای موجود استفاده شده است. بر اساس آزمون ویلکا کسون و نتایج محاسباتی مشخص گردیده است که جبهه‌ی پارتوی به دست آمده در مدل پیشنهادی، جواب‌های به دست آمده از مدل مرسوم در ادبیات موضوع را مغلوب می‌کند. تحلیل حساسیت انجام شده بر روی محدودیت بودجه مشخص نمود تغییرات بودجه بر روی سود نهایی تأثیر بیشتری نسبت به زمان تدارک دارد. همچنین شاخص‌های فاصله از ایده آل و تنوع جواب‌ها نیز شاخص‌های کمی بوده‌اند که در مقایسات به کارگیری شده‌اند.

**کلیدواژه‌ها:** انتخاب تأمین کنندگان، بهینه‌سازی چندهدفه، الگوریتم جستجوی همسایگی، اثر برند بر تقاضا، ریسک عدم تأمین.

\* نویسنده مسئول: Simkhahmasoud@gmail.com

## مقدمه

به صورت کلی، فرآیند انتخاب تأمین کننده عبارت است از شناسایی، ارزیابی و بستن قرارداد با تأمین کنندگان مناسب به منظور رفع نیازهای سازمان به مواد اولیه و زیرساخت‌های مرتبط با فعالیت‌های لازم (Bhattacharya et al., 2019). عملیات انتخاب تأمین کننده میزان زیادی از منابع مالی شرکت را درگیر نموده و نقش بسیار اساسی را در کیفیت نهایی محصولات و خدمات ایفا می‌کند اهداف اصلی در انتخاب تأمین کننده کاهش ریسک خرید، کاهش زمان تدارک، کاهش هزینه‌های خرید و افزایش کیفیت است (Bhattacharya et al., 2005). در یک مرور جامع توسط مشخص گردید که اکثر سازمان‌ها با بیش از یک معیار برای انتخاب تأمین کننده خود مواجه می‌باشند (Weber et al., 2019)؛ بنابراین تصمیم‌گیری برای انتخاب تأمین کننده به طور ذاتی یک مسئله چند معیاره و یک تصمیم با اهمیت استراتژیک برای سازمان است (Kahraman et al., 2003). اهداف موجود در این حوزه بر اساس کاهش ریسک تحویل، شاخص‌های سبز (ایگاراشی و همکاران، ۲۰۱۳)، حداکثرسازی کیفیت و... تعیین می‌شوند. دسترسی به جواب قابل قبول باهدف بهینه‌سازی توابع مذکور از طریق مدل‌سازی و حل یک مسئله برنامه‌ریزی ریاضی میسر است. در ادبیات موضوعی انتخاب تأمین کنندگان اثبات گردیده است که مدل ریاضی این مسئله در دسته‌ی غیرقطعی چندجمله‌ای سخت قرار می‌گیرند (Kanagaraj et al., 2016) و به همین علت عموماً از الگوریتم‌های ابتکاری و فرا ابتکاری برای حل آن‌ها استفاده می‌شود. حل به دست آمده از این الگوریتم‌ها لزوماً بهینه نیست و بر همین اساس، همچنان الگوریتم‌های کارا برای این مسائل مورد توسعه قرار می‌گیرند.

تاکنون روش‌ها و تکنیک‌های متفاوتی در رابطه با انتخاب تأمین کننده به کار برده شده است که می‌توان از روش فرآیند سلسله مراتبی تحلیلی<sup>۱</sup>، تحلیل پوششی داده‌ها<sup>۲</sup>، الگوریتم ژنتیک و شبکه‌های عصبی به عنوان روش‌های انفرادی نام برد. از روش‌های ترکیبی می‌توان به روش‌های شناخته شده از ترکیب تحلیل پوششی داده‌ها و تحلیل سلسله مراتبی، روش‌های

1. Analytic Hierarchy Process (AHP)
2. Data Envelopment Analysis (DEA)

ترکیبی فازی، تحلیل پوششی داده‌ها و برنامه‌ریزی چند هدفه و روش‌های ترکیبی چند معیاره اشاره کرد که علیرغم انجام این تحقیقات، همچنان شکاف‌هایی در حوزه مسائل انتخاب تأمین‌کنندگان وجود دارد. به‌عنوان مثال ریسک عدم تأمین کالا توسط تأمین‌کنندگان مورد توجه مقالات نبوده است؛ و یا استفاده از نرخ جایگزینی برند در بهینه‌سازی انتخاب تأمین‌کنندگان مورد بررسی قرار نگرفته است. ضرورت انجام تحقیق برگرفته از سه مقاله است که شامل مطالعه (Li et al. (2021)، Liberopoulos & Deligiannis (2021) و Luan et al. (2019) می‌باشد. این تحقیقات بیان می‌کنند که لحاظ کردن ریسک عدم تأمین در مدیریت موجودی و تأمین‌کنندگان منجر به مدیریت بهینه‌تری از انبار و موجودی می‌شود. به‌علاوه، این موضوع که پرداختن به مدل ترکیبی انتخاب تأمین‌کنندگان می‌تواند مدل‌های مرسوم را بهبود بخشد در این تحقیقات مورد بحث قرار گرفته است.

بخش بعدی دسته‌بندی جزئی‌تری از تحقیقات موجود در ادبیات موضوع ارائه نموده و در نهایت نیز خط سیر تحقیق را مشخص‌تر و واضح‌تر بیان خواهد نمود.

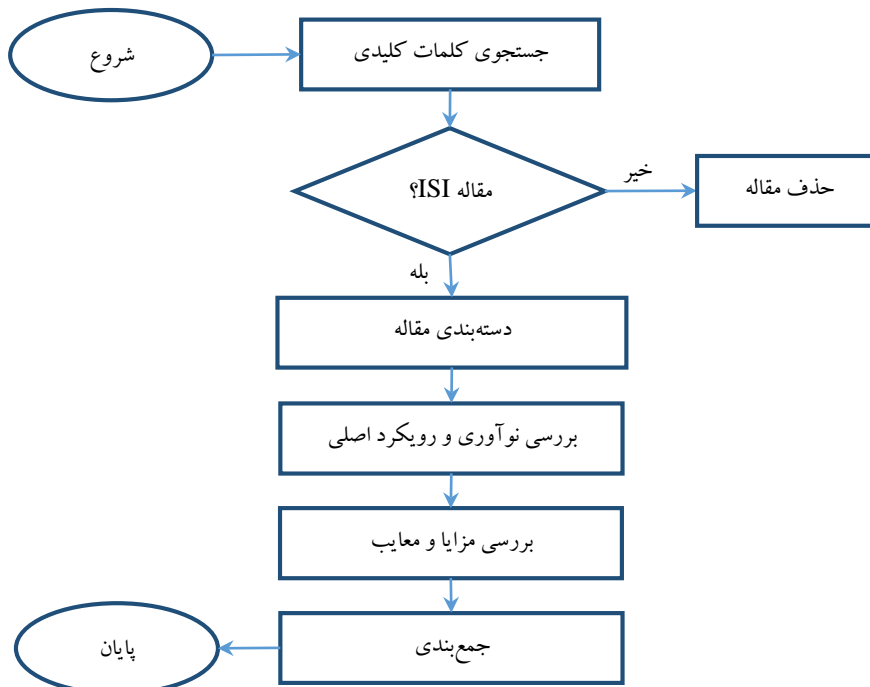
#### پیشینه پژوهش

یکی از اصلی‌ترین عوامل پایداری و بقا در محیط پر رقابت امروزی، کاهش هزینه‌های تولید محصول است. انتخاب تأمین‌کنندگان مناسب می‌تواند به شکل قابل ملاحظه‌ای هزینه‌های تولید را کاهش و قابلیت رقابت‌پذیری سازمان را افزایش دهد؛ زیرا در بیشتر صنایع، هزینه مواد خام و اجزای تشکیل‌دهنده محصول، قسمت عمده‌ای از بهای تمام‌شده محصول را در برمی‌گیرد. با توجه به اهمیت و حساسیت مسئله‌ی انتخاب تأمین‌کنندگان، تحقیقات فراوانی در این زمینه انجام شده است که فصل جاری به‌مرور و دسته‌بندی مقالات مربوطه خواهد پرداخت. به‌منظور جمع‌آوری اطلاعات مربوط به ادبیات موضوع، پایگاه داده‌های معتبر<sup>۱</sup> تحت بررسی قرار گرفته‌اند. شکل (۱) فلوچارت مربوطه را به‌صورت گرافیکی خلاصه نموده است. در یک مقاله عملی مروری، بررسی ۱۲۳ مقاله نشان می‌دهد که روش‌های انتخاب تأمین‌کنندگان به سه دسته‌ی روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره،

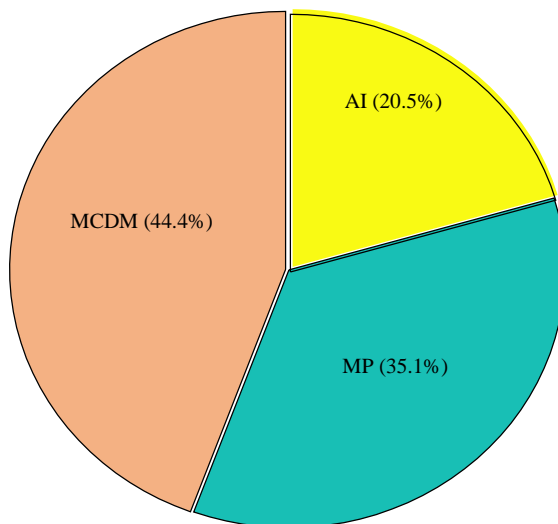
1. ELSEVIER, Springer and Taylor & Francis

توسعه یک مدل انتخاب ترکیبی تأمین کنندگان با در نظر گرفتن...؛ محمدیان و سیم خواه | ۲۰۷

برنامه‌ریزی ریاضی و هوش مصنوعی طبقه‌بندی می‌شود. شکل (۲) فراوانی مطالعات انجام‌شده و مقالات موجود را در هر یک از این سه دسته نشان می‌دهد (Chai et al., 2013). در یک تحقیق دیگر، مسئله‌ی انتخاب تأمین‌کننده به‌عنوان یک مسئله‌ی گروه‌بندی در نظر گرفته‌شده و یک الگوریتم ژنتیک چندهدفه‌ی فازی برای حل آن ارائه گردیده است (Mutinigi & Mbohwa, 2017). همچنین به‌عنوان یک تحقیق دیگر، الگوریتم ژنتیک با جستجوی همسایگی متغیر ترکیب‌شده و از این طریق عملگر جستجوی الگوریتم ژنتیک برای یافتن جواب بهینه تقویت گردیده است (Paydar & Saidi-Mehrabad, 2017). را تقویت شده است. سپس از روش پیشنهادی برای حل مسئله‌ی انتخاب تأمین‌کنندگان استفاده‌شده. یک روش مبتنی بر ویژگی در الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع مورچگان نیز وارد شده و پس از وزن‌دهی به ویژگی‌های مربوط به تأمین‌کنندگان بر اساس امتیازدهی به ویژگی‌ها ترکیب بهینه‌ی تأمین‌کنندگان انتخاب شده است (Tsai et al., 2010). یک روش جدید برای کنترل مقادیر فرمون در الگوریتم بهینه‌سازی مورچگان نیز در تحقیقی جامع ارائه‌شده و بر همین اساس مسئله‌ی انتخاب تأمین‌کنندگان مورد حل قرار گرفته است (Abdollahzadeh & Atashgar, 2010).



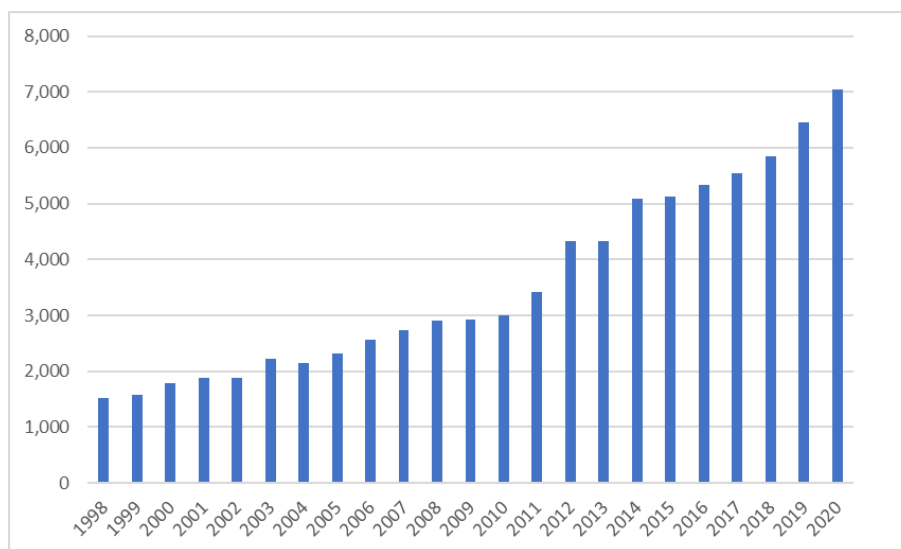
شکل ۱. متدولوژی جمع‌آوری اطلاعات و مرور ادبیات



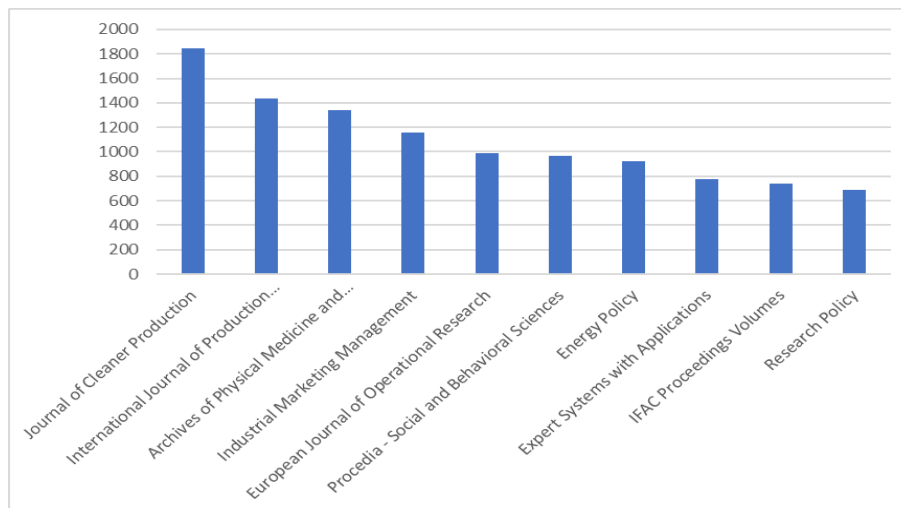
شکل ۲. سهم مقالات موجود در حوزه‌ی انتخاب تأمین‌کنندگان در دسته‌های MCDM، MP و AI

توسعه یک مدل انتخاب ترکیبی تأمین کنندگان با در نظر گرفتن...؛ محمدیان و سیم خواه | ۲۰۹

شکل (۳) و (۴) فراوانی مقالات را به تفکیک سال و همچنین برحسب محل انتشار نشان می‌دهد. روند صعودی تحقیقات در سال‌های اخیر در حوزه انتخاب تأمین کننده بر روی شکل (۳) به وضوح قابل مشاهده است. جدول (۱) نیز تحقیقات موجود در حوزه‌های مختلف را خلاصه نموده است.



شکل ۳. فراوانی مقالات منتشر شده در حوزه انتخاب تأمین کنندگان به تفکیک سال انتشار



شکل ۴. فراوانی مقالات منتشر شده در حوزه انتخاب تأمین کننده به تفکیک محل انتشار

جدول ۱. تحقیقات مرتبط با انتخاب تأمین کنندگان در دسته‌های MCDM, MP و AI

شاخص ارزیابی تأمین کنندگان	تکنیک اصلی	مؤلفین	ابزار/تکنیک	روش/رویکرد
Quality; Service; Cost; Delivery; Risk	AHP, NN	Fashoto et al. (2016)	AHP	MCDM
Product quality; Delivery compliance; Quality; Cost	Fuzzy AHP	Buyukozkan and Gocer (2017)		
Delivery conditions; Management systems; Warranties	AHP, QFD	Wang and Chen, (2021)		
Quality; Delivery; Risk; Cost; Service; Environmental collaboration	ANP, FVIKOR, DEMATEL	Sarkar et al. (2017)	ANP	
Quality; Price; Production Capacity; Technical Capacity & Facility; Service & Delivery; Reputation; Geographical Location	Fuzzy ANP	Tavana et al. (2021)		
Quality; Delivery; Reliability; Processing time; Profit margin	TOPSIS, AHP, QFD	Pramanik et al. (2017)	TOPSIS	
Quality; Parts Price; Delivery time; Geographical Location; Scientific Payoffs; Registered Capital; Channel Dependency; Batch Flexible; Production capacity	TOPSIS	Kilic and Yalcin (2020)		
Cost; Delivery Performance	Fuzzy, TOPSIS, SCOR	Lima-Junior and Carpinetti (2016)		
Total Cost of Shipment; Price; Numbers of Shipment Per Month; Eco-design Cost; Cost of Work Safety and Labor Health	DEA	Azadi et al. (2015)	DEA	
Product Volume; Delivery; Payment Method; Supply Variety; Reliability; Experience in the Sector; Earlier Business Relationship; Management; Geographical Location	DEA, QFD	Karsak and Dursun (2014)		
Price; Lead Time; Distance	DEA	Dotoli et al. (2016)		

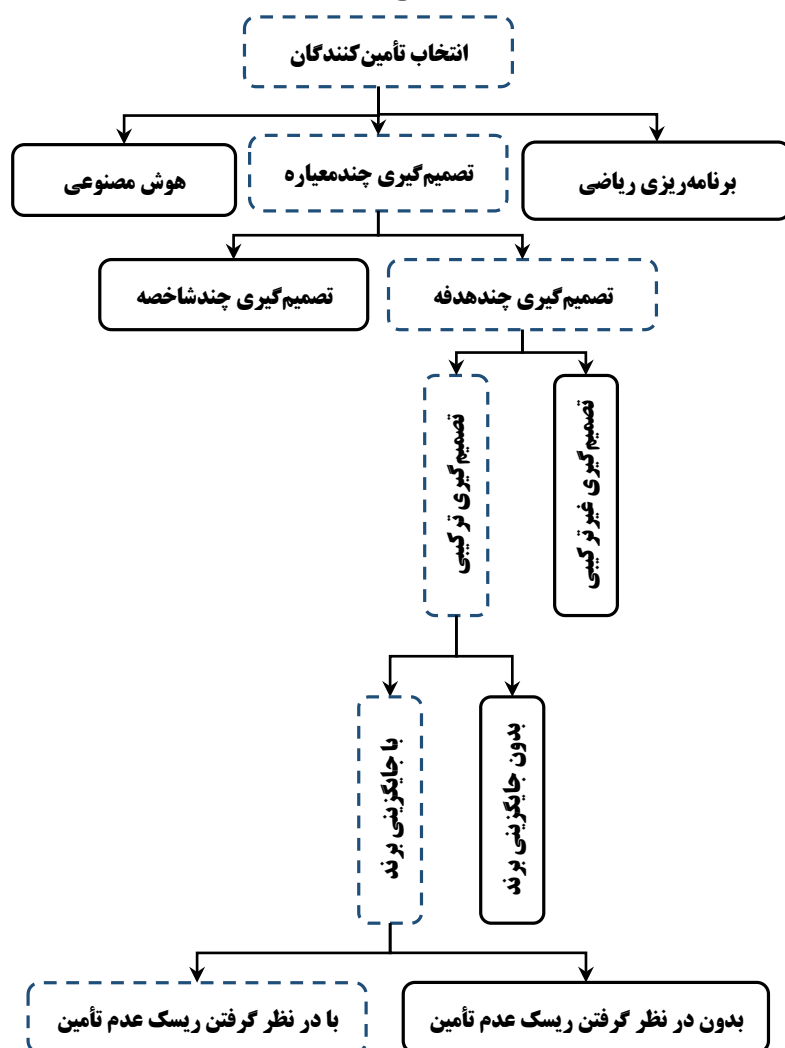
توسعه یک مدل انتخاب ترکیبی تأمین کنندگان با در نظر گرفتن...؛ محمدیان و سیم خواه | ۲۱۱

شاخص ارزیابی تأمین کنندگان	تکنیک اصلی	مؤلفین	ابزار/تکنیک	روش/رویکرد
Quality Defect; Delivery Delayed Rate; Capacity; Unit Price	LP, ANP, LP, TOPSIS	Lin et al. (2011)	LP	
Cost Efficiency	DEA	Toloo (2016)		
Net Price; Quality; On-time Delivery	Fuzzy MOLP	Hfeda et al. (2017)	MOP	
Purchasing and Ordering Costs; Capacity; Flexibility etc.	MOLP	Nazari-Shirkouhi et al. (2013)		
Cost (material handling, machines, inventory, production, procurement)	GA	Paydar and Saidi-Mehrabad (2017)	GA	AI
Price; Lead time; Quality	FGGA	Mutingi and Mbohwa (2017)		
Quality of Material; Service; Cost; Delivery; Resource consumption; Pollution Control	GA, DEA	Fallahpour et al. (2016)		
Quality; cost; delivery capacity and flexibility; innovation and development capacity	GA, ACO	Hfeda et al. (2017)		
Economic: Cost; Quality; Time; Social: Occupational Health and safety Management System; Rights of Stakeholders; Environmental: Pollution etc.	ANN	Guo et al. (2021)	ANN	
Quality; Cost; Delivery; Design and Development Capability etc.	ANN, DEA	Memari et al. (2019)		

در میان مقالات موجود در ادبیات موضوع روش‌های متفاوتی مورد مطالعه قرار گرفته است. حوزه‌های مختلف بررسی شده توسط پژوهشگران مطابق با شکل (۵) خلاصه شده است. مدل پیشنهادی در این تحقیق در زیرشاخه‌ی روش‌های تصمیم‌گیری چندهدفه قرار دارد که شاخص جایگزینی برند را نیز در نظر خواهد گرفت. به علاوه، انتخاب تأمین‌کنندگان به صورت ترکیبی خواهد بود. در کنار مدل پیشنهادی، مطالعه‌ی مربوط به لوآن و

همکاران نیز به‌عنوان روش مشابه با این تحقیق، عملکرد غیرترکیبی داشته و شاخص جایگزینی برند را نیز مدنظر قرار نمی‌دهد.

در یکی از جدیدترین تحقیقات، یک مدل انتخاب تأمین‌کننده باهدف حفظ کیفیت، دسترس‌پذیری و هزینه‌های تأمین ارائه شده است که در آن سه مطلب نادیده گرفته شده است که به‌عنوان شکاف‌های تحقیقاتی مطرح می‌شود (Luan et al., 2019).



شکل ۵. جایگاه مدل پیشنهادی در ادبیات موضوع و در مقایسه با مدل لوآن و همکاران

توسعه یک مدل انتخاب ترکیبی تأمین کنندگان با در نظر گرفتن...؛ محمدیان و سیم خواه | ۲۱۳

این پژوهش به دنبال پر کردن خلأ ناشی از این شکاف‌های تحقیقاتی به شرح زیر است:

- ۱- ریسک عدم تأمین در نظر گرفته نشده است؛ به عبارت دیگر فرض بر این است مقدار سفارش ارسال شده برای تأمین کننده به طور قطع و کامل تحویل خواهد شد. در فضای عملیاتی، در نظر گرفتن چنین فرضی منجر به افزایش ریسک عدم تأمین خواهد شد.
- ۲- تأثیرگذاری برند مورد توجه قرار نگرفته است؛ به عبارت دیگر فرض اصلی مسئله مطرح شده توسط Luan et al. (2019) این است که مواد اولیه و اقلام مورد نیاز بدون از دست رفتن تقاضای حساس به برند می‌توانند از هر کدام از تأمین کنندگان خریداری شود. به عبارت بهتر، ریزش مشتریان در صورت عدم تهیه مواد اولیه و یا محصولات از یک برند خاص در مدل پیشنهادی مذکور در نظر گرفته نشده است.
- ۳- انتخاب تأمین کنندگان به صورت ترکیبی نیست؛ به عبارت دیگر هر ماده‌ی خام یا کالا به طور کامل تنها از یکی از تأمین کنندگان خریداری می‌گردد و امکان تسهیم بین تأمین کنندگان وجود ندارد.

مدل پیشنهادی پس از توسعه با استفاده از داده‌های شرکت لوکاد حل خواهد شد که همین موضوع می‌تواند کاربردهای مدل را نیز شفاف‌تر نماید.

## روش

این بخش به تبیین جزئیات مربوط به مدل پیشنهادی پرداخته است. در این راستا در ابتدا روش محاسبه نرخ جایگزینی برند معرفی شده و سپس مدل اصلی مقاله نیز فرموله‌بندی خواهد شد.

از نظر فنی، مدل‌سازی انجام شده یک تحقیق کمی است که در آن با استفاده از ابزارهای کتابخانه‌ای اقدام به جمع‌آوری اطلاعات شده است. همچنین، جامعه آماری مربوط به شرکت لوکاد است که نمونه‌ای از اطلاعات آن در دسترس عموم قرار گرفته و در این تحقیق نیز در فاز محاسبات عددی به کارگیری خواهد شد.

## شاخص جایگزینی برند

شاخص جایگزینی برند توسط کاراباتی<sup>۱</sup> و همکاران به عنوان یک پارامتر مؤثر در فروش نهایی محصولات شناسایی شده و در تحقیق آن‌ها مورد مطالعه و مدل‌سازی قرار گرفته است (Karabati et al., 2009).

به طور دقیق‌تر آن‌ها در تحقیق خود بیان می‌کنند که در بسیاری از مواقع در مدل‌های مربوط به انتخاب تأمین‌کنندگان و تأمین کالاهای مورد نیاز به این پارامتر توجه نمی‌شود. به عنوان مثال بسیاری از سازمان‌ها شاخص قیمت را در مدل وارد نموده و بر اساس کاهش هزینه در مورد تأمین کالاها تصمیم‌گیری می‌کنند. در حالی که خرید مواد با قیمت پایین لزوماً به معنای افزایش سود نهایی نیست و همین مسئله ممکن است منجر به کاهش سود گردد؛ زیرا برخی از مشتریان ممکن است به دلیل عدم وجود یک برند خاص از خرید خود صرف نظر کنند. بر همین اساس درصد جایگزینی کالاها که نماد  $\alpha_{jk}$  نشان داده می‌شود. ب؛ عبارت دیگر  $\alpha_{jk}$  درصدی از فروش کالای  $k$  است که در عدم تأمین آن بر روی فروش کالای  $j$  ریخته می‌شود.

به منظور تشریح بیشتر فرض کنید یک نوع ماده اولیه یا کالای خاص توسط سه تأمین‌کننده  $A$ ،  $B$  و  $C$  تأمین می‌شود. در چنین شرایطی وضعیت انبار می‌تواند به یکی از شش صورت  $\tau = \{A, B, C, AB, AC, BC, ABC\}$  باشد. که در آن هر  $i$ ؛ که مؤلفه‌ها نشان‌دهنده تأمین‌کننده‌ای است که کالای آن در انبار موجود است. به عنوان مثال،  $BC$  به معنای وجود کالای تأمین‌کنندگان  $B$  و  $C$  است. همچنین فرض کنید  $\bar{D}_{i,t}$  میانگین فروش کالای  $i$  در شرایط  $t$  بوده ( $t \in \tau$ ) و  $\hat{\lambda}_i$  متغیر تصمیم‌نشان‌دهنده بر آورد فروش کالای  $i$  می‌باشد.

$$\min \sum_{t \in \tau} e_{i,t}^2 \quad (1)$$

$$\bar{D}_{A,ABC} = \hat{\lambda}_A + e_{A,ABC} \quad (2)$$

$$\bar{D}_{B,ABC} = \hat{\lambda}_B + e_{B,ABC} \quad (3)$$

$$\bar{D}_{C,ABC} = \hat{\lambda}_C + e_{C,ABC} \quad (4)$$

1. Karabati

توسعه یک مدل انتخاب ترکیبی تأمین کنندگان با در نظر گرفتن...؛ محمدیان و سیم خواه | ۲۱۵

$$\bar{D}_{A,AB} = \hat{\lambda}_A + \hat{\alpha}_{CA}\hat{\lambda}_C + e_{A,AB} \quad (۵)$$

$$\bar{D}_{A,AC} = \hat{\lambda}_A + \hat{\alpha}_{BA}\hat{\lambda}_B + e_{A,AC} \quad (۶)$$

$$\bar{D}_{A,A} = \hat{\lambda}_A + \hat{\alpha}_{CA}\hat{\lambda}_C + \hat{\alpha}_{BA}\hat{\lambda}_B + e_{A,A} \quad (۷)$$

$$\bar{D}_{B,AB} = \hat{\lambda}_B + \hat{\alpha}_{CB}\hat{\lambda}_C + e_{B,AB} \quad (۸)$$

$$\bar{D}_{B,BC} = \hat{\lambda}_B + \hat{\alpha}_{AB}\hat{\lambda}_A + e_{B,BC} \quad (۹)$$

$$\bar{D}_{B,B} = \hat{\lambda}_B + \hat{\alpha}_{CB}\hat{\lambda}_C + \hat{\alpha}_{AB}\hat{\lambda}_A + e_{B,B} \quad (۱۰)$$

$$\bar{D}_{C,AC} = \hat{\lambda}_C + \hat{\alpha}_{BC}\hat{\lambda}_B + e_{C,AC} \quad (۱۱)$$

$$\bar{D}_{C,BC} = \hat{\lambda}_C + \hat{\alpha}_{AC}\hat{\lambda}_A + e_{C,BC} \quad (۱۲)$$

$$\bar{D}_{C,C} = \hat{\lambda}_C + \hat{\alpha}_{BC}\hat{\lambda}_B + \hat{\alpha}_{AC}\hat{\lambda}_A + e_{C,C} \quad (۱۳)$$

$$\sum_{k \in \{A,B,C\}} \alpha_{jk} \leq 1, \quad \forall j \in \{A,B,C\} \quad (۱۴)$$

$$\alpha_{jk} \geq 0 \quad \forall j \in \{A,B,C\}, \forall k \in \{A,B,C\} \quad (۱۵)$$

$$\hat{\lambda}_j \geq 0 \quad \forall j \in \{A,B,C\} \quad (۱۶)$$

### نمادگذاری و توسعه مدل

به منظور توسعه مدل، نرخ جایگزینی برند مورد استفاده قرار خواهد گرفت و در واقع خروجی حاصل از آن به عنوان یکی از پارامترها در مدل پیشنهادی مورد استفاده خواهد بود. همچنین با افزایش مفروضات انتخاب ترکیبی تأمین کننده و ریسک عدم تأمین، مدل پایه‌ای استخراج شده است. محدودیت‌ها به گونه‌ای نوشته شده‌اند که ریسک تأمین، اثر برند و انتخاب ترکیبی در کنار سایر مفروضات سنتی مدل هم‌زمان اعمال می‌شوند.

نمادگذاری مربوط به مدل پیشنهادی به صورت زیر خواهد بود:

$$N = \{1, 2, \dots, n\} : \text{محصولات شامل } n \text{ کالا}$$

$$S_j = \{1, 2, \dots, s_k\} : \text{مجموعه تأمین کنندگان کالای } j \text{م}$$

$\alpha_{jk}$ : درصدی از فروش کالای  $j$  که در صورت نبودن تأمین کننده‌ی  $k$  از دست می‌

رود.

$C_{jk}$ : هزینه خرید هر واحد کالای  $j$  از تأمین کننده  $k$ .

$U_{jk}$ : قیمت فروش هر واحد کالای  $j$  از تأمین کننده  $k$ .

$l_{jk}$ : زمان تحویل کالای  $j$  در صورت خرید از تأمین کننده  $k$ .

$x_{jk}$ : درصدی از کالای  $z$  که از تأمین کننده  $k$  خریداری می شود.

$y_{jk}$ : اگر کالای  $z$  از تأمین کننده  $k$  خریداری شود برابر با ۱ و در غیر این صورت برابر با صفر است.

$D_j$ : آورد کل تقاضا از کالای  $z$ .

$d_{jk}$ : تعداد کالای  $z$  که از تأمین کننده  $k$  خریداری می شود.

$O_{jk}$ : مقدار سفارش کالای  $z$  از تأمین کننده  $k$

$T_{jk}$ : مقدار تحویل کالای  $z$  از تأمین کننده  $k$

$SL_{jk}$ : سطح سرویس کالای  $z$  که از تأمین کننده  $k$  خریداری می شود.

$RD_j$ : تقاضای واقعی کالای  $z$  که در صورت حذف تأمین کنندگان مختلف با  $D_j$  متفاوت است.

بر همین اساس، مدل پیشنهادی با در نظر گرفتن ۲ هدف به صورت زیر قابل ارائه می باشد:

$$(17) \min \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{S_k} l_{jk} y_{jk}$$

$$(18) \max \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{S_k} (v_{jk} - c_{jk}) d_{jk} y_{jk}$$

$$(19) \sum_{k=1}^{S_k} x_{jk} = 1, \forall j \in N$$

$$(20) \sum_{k=1}^{S_k} \sum_{j=1}^n c_{jk} d_{jk} \leq B$$

$$(21) \sum_{k=1}^{S_k} D_j x_{jk} \geq RD_j, \forall j \in N$$

$$(22) RD_j = D_j (1 - \sum_{k=1}^{S_k} \alpha_{jk} (1 - y_{jk})), \forall j \in N$$

$$(23) d_{jk} \leq SL_{jk} RD_j x_{jk}, \forall j \in N$$

$$(24) x_{jk} \leq y_{jk}, \forall j \in N, \forall k \in S_j$$

$$(25) x_{jk} \geq 0, \forall j \in N, \forall k \in S_j$$

$$(26) y_{jk} \in \{0,1\}, \forall j \in N, \forall k \in S_j$$

رابطه‌ی (۱۷) زمان تدارک (زمان تحویل) کالاها را کمینه می نماید. رابطه‌ی (۱۸) نیز به عنوان توابع هدف دوم مسئله به دنبال حداکثرسازی سود است. محدودیت (۱۹) تضمین

توسعه یک مدل انتخاب ترکیبی تأمین کنندگان با در نظر گرفتن...؛ محمدیان و سیم خواه | ۲۱۷

می‌کند که هر کالا حداقل از یکی از تأمین کنندگان خریداری شود. محدودیت (۲۰) تضمین می‌کند که مجموع خرید کمتر از بودجه‌ی در دسترس باشد. محدودیت (۲۱) شرط تأمین تقاضا را برقرار می‌سازد که از این طریق مجموع خرید انجام شده، کل تقاضا را پوشش دهد. محدودیت (۲۲) تقاضای واقعی مشتریان را بر اساس تأمین کنندگان انتخاب شده برآورد می‌کند. محدودیت (۲۳) مقدار تقاضا از هر یک از تأمین کنندگان را با توجه به مقدار سهم آن‌ها مشخص می‌کند. محدودیت‌های (۲۴) الی (۲۶) نیز مربوط به متغیرهای صفر و یک و کران مربوط به آن‌ها می‌باشد. به این صورت که اگر از یک تأمین کننده خرید انجام نشود سهم خرید از آن برابر صفر است؛ و در غیر این صورت سهم خرید مقداری بین ۰ تا ۱۰۰ درصد خواهد بود. نکته حائز اهمیت این است که سطح سرویس تأمین کننده در یک کالای خاص در واقع ریسک عدم تأمین را وارد مدل خواهد نمود. لی و همکاران (۲۰۲۱) و لیبروپولوس و دلجیانیس (۲۰۲۱) عنوان می‌کنند که استفاده از این شاخص بر اساس داده‌های تاریخی می‌تواند در حد قابل قبولی ریسک عدم تأمین را مدل‌سازی نماید. رابطه‌ی پارامتر سطح سرویس به صورت  $SL_{jk} = T_{jk} / O_{jk}$  محاسبه می‌گردد.

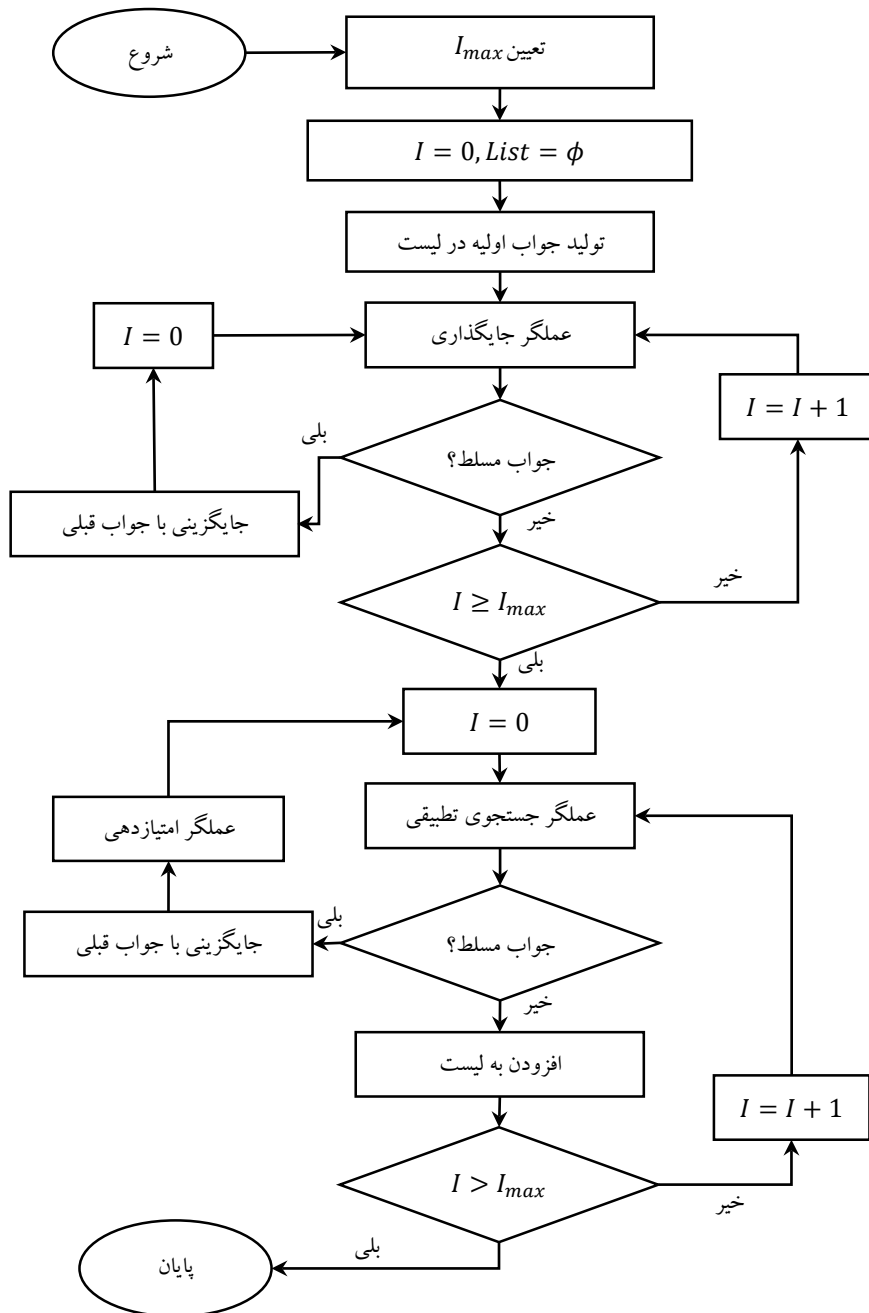
### الگوریتم پیشنهادی جستجوی همسایگی تطبیقی (AVNS)

برای حل مدل پیشنهادی، یک الگوریتم جستجوی همسایگی تطبیقی ارائه می‌شود. اساس توسعه الگوریتم استفاده از روش جستجوی همسایگی مرسوم است که در ادبیات موضوع وجود داشته و با استفاده از تعدادی عملگر مشخص و معلوم جانمایی، جابجایی و تعویض جواب‌های شدنی تولید کرده و در هر تکرار سعی در بهبود آن دارد. روش پیشنهادی در این تحقیق الگوریتم جستجوی همسایگی متغیر را به دو فاز تقسیم خواهد نمود که در فاز اول عملگر جایگذاری حل مسئله را شروع کرده و تا حد امکان جواب را بهبود می‌دهد. در فاز دوم نیز با استفاده از خروجی فاز قبل حل مسئله با تعدادی عملگر جستجو ادامه می‌یابد تا شرط توقف برقرار شده و الگوریتم متوقف گردد. یک عملگر امتیازدهی نیز طراحی شده است که انتخاب عملگرهای جستجو را هوشمندتر نماید.

الگوریتم مذکور، حل مسئله را با دو جواب اولیه شروع کرده و در هر تکرار با اجرای عملگر جستجوی همسایگی تطبیقی، سعی در بهبود جواب و تولید جواب‌های نامسلط دارد. به‌طور کلی الگوریتم پیشنهادی، وظیفه خود را در دو فاز انجام می‌دهد:

- در فاز اول، حل مسئله با دو جواب اولیه شروع شده و پس از مقداردهی اولیه به پارامترهای ورودی مسئله، تکرارهای الگوریتم آغاز می‌گردد. در هر بار تکرار الگوریتم، عملکرد جستجوی تطبیقی جواب‌های جدید تولید کرده و در صورتی که جواب‌های به‌دست آمده نسبت به جواب‌های اولیه مسلط باشند، جایگزین آن‌ها خواهند شد. در صورتی که الگوریتم در  $I$  تکرار متوالی موفق به یافتن جواب مسلط نشود، فاز اول خاتمه خواهد یافت. در نهایت، دو جواب در فاز اول به دست می‌آید.

- فاز دوم، با دو جواب حاصل شده از فاز اول آغاز می‌گردد. در این فاز، عملگر جستجوی تطبیقی در صورت یافتن جواب مسلط، آن را با جواب مغلوب شده جایگزین می‌کند و در صورتی که حل به‌دست آمده نامسلط باشد، به لیست جواب افزوده خواهد شد. فاز دوم نیز در صورتی که الگوریتم در  $I$  تکرار متوالی موفق به یافتن جواب مسلط نشود خاتمه خواهد یافت و در نهایت لیست نهایی که شامل جواب‌های نامسلط است با استفاده از شاخص‌های سنجش عملکرد مورد بررسی قرار می‌گیرد.



شکل ۶. فلوجارت مربوط به روش پیشنهادی را نشان می‌دهد.

### کدگذاری جواب و تولید جواب‌های اولیه

در رابطه با کدگذاری جواب، فرض کنید مسئله مورد بررسی دارای  $n$  فعالیت باشد و هر کالای  $i$  دارای  $s_i$  تأمین کننده می‌باشد. بر همین اساس، الگوریتم پیشنهادی برای هر یک از کالاها دو بردار تصادفی با طول  $s_i$  تولید می‌کند. بردار اول شامل مقادیر صفر و یک بوده و با نام  $Y$  نام‌گذاری شده و بر پایه‌ی توزیع یکنواخت گسسته به صورت  $Y_{s_i \times 1} \sim U\{0,1\}$  تولید می‌شود. بردار دوم نیز شامل مقادیر تصادفی بین صفر تا یک می‌باشد که مطابق با رابطه‌ی زیر تولید خواهد شد:

$$(۲۷) X_i = \begin{cases} 0, & Y_i = 0 \\ U[0 - 1], & Y_i = 1 \end{cases}$$

که در آن،  $U[0 - 1]$  به معنای توزیع یکنواخت پیوسته در فاصله ۰ تا ۱ است. به ازای هر یک از محصولات، یک بردار  $X_i$  با ابعاد  $1 \times s_i$  تولید شده و سپس با استفاده از رابطه‌ی (۲۸) استانداردسازی می‌شود.

$$(۲۸) X_i = \left\{ \frac{X_{ij}}{\sum_{t=1}^{s_i} X_{it}} \right\}_{1 \times s_i}, \quad j = 1, 2, \dots, s_i$$

بنابراین الگوریتم در هر تکرار برای کلیه‌ی کالاها دو بردار با ابعاد  $1 \times ns_i$  تشکیل می‌دهد که یکی از آنها شامل مقادیر صفر و یک بوده و دیگری شامل اعداد پیوسته در بازه صفر تا یک می‌باشد. شکل (۷) نشان‌دهنده‌ی یک حل تولید شده در نظر گرفته شود که در آن هر یک از مؤلفه‌ها بین صفر و یک هستند.

$Y_1$	$Y_2$	...	$Y_{s_1}$	$Y_{s_1+1}$	$Y_{s_1+2}$	...	$Y_{s_1+s_2}$	...	$Y_{\sum_{i=1}^{n-1} s_i+1}$	...	$Y_{\sum_{i=1}^n s_i}$
$X_1$	$X_2$	...	$X_{s_1}$	$X_{s_1+1}$	$X_{s_1+2}$	...	$X_{s_1+s_2}$	...	$X_{\sum_{i=1}^{n-1} s_i+1}$	...	$X_{\sum_{i=1}^n s_i}$

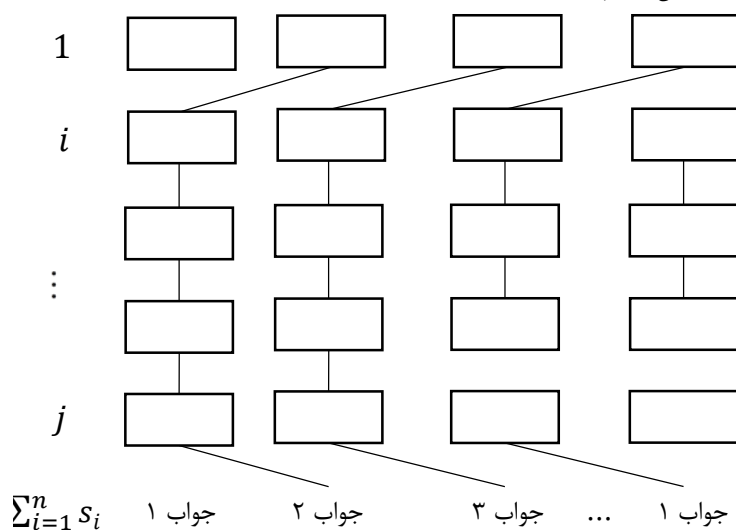
Product 1
Product 2
Product n

شکل ۷. کدگذاری جواب در الگوریتم جستجوی تطبیقی

### الگوریتم جستجوی همسایگی تطبیقی

به منظور جستجوی فضای جواب و دسترسی با جواب‌های بهتر محتمل، الگوریتم جستجوی همسایگی با ایجاد تغییرات، فضاهای مجاور جواب‌های به دست آمده را مورد کاوش قرار می‌دهد. این الگوریتم، در دو فاز جداگانه اجرا می‌شود:

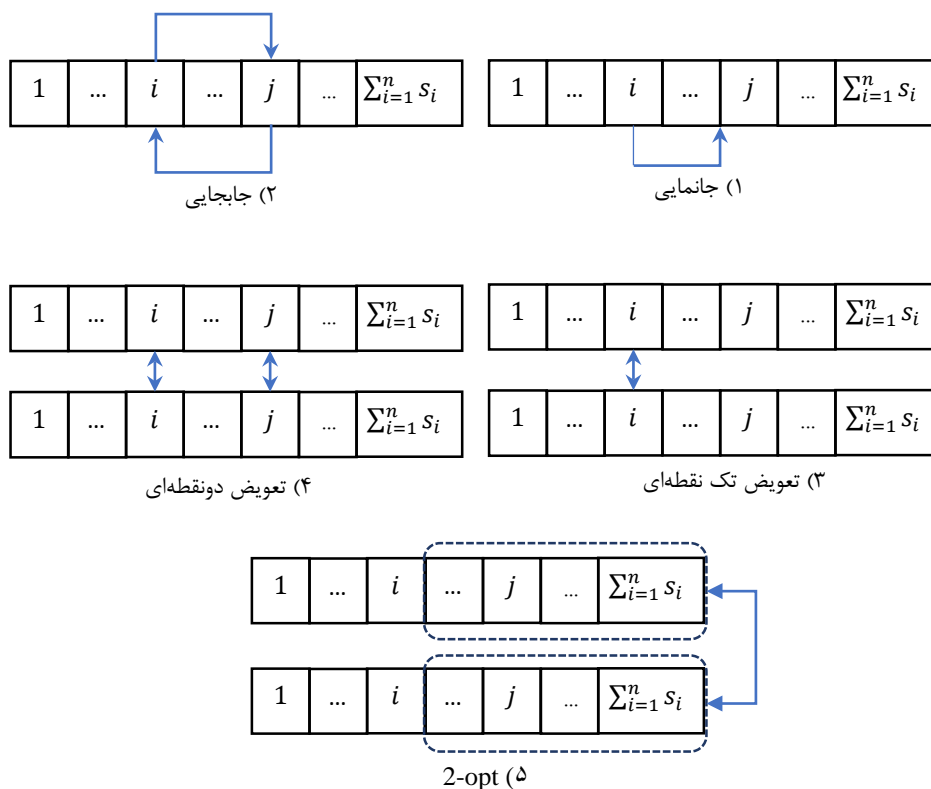
۱- فاز جایگذاری: در این فاز، تعداد  $G$  جواب موجود به تصادف انتخاب شده و سپس برای هر کدام از جواب‌ها ۲ نقطه‌ی برش به تصادف یافته می‌شود. سپس، عملگر جایگذاری مؤلفه‌های موجود در بین نقاط برش را در جواب مجاور جایگذاری می‌کند. شکل (۸) نشان‌دهنده‌ی نحوه‌ی عملکرد تابع جایگذاری برای ۳ جواب است. به محض اینکه یک جواب غیرمسلط یافت شود، عملگر جایگذاری متوقف شده و سایر گام‌های الگوریتم مطابق با شکل (۶) پیاده‌سازی خواهد شد.



شکل ۸. ساختار عملگر جایگذاری

۲- فاز جستجوی محلی: این فاز، پس از اجرای عملگر جایگذاری آغاز شده و ۵ عملگر جستجو را به ترتیب امتیاز آن‌ها (که عملگر امتیازدهی مشخص می‌کند) بر روی

جواب‌های غیرمسلط موجود در لیست جواب پیاده‌سازی می‌کند. الگوریتم‌های جستجوی محلی مطابق با شکل (۹) خواهند بود. به‌محض اینکه یک جواب مسلط کشف شود، الگوریتم جستجوی محلی متوقف شده و امتیاز عملگرهای موجود توسط عملگر امتیازدهی اصلاح می‌شود.



شکل ۹. عملگرهای مربوط به فاز جستجوی محلی

### عملگر امتیازدهی

عملگر امتیازدهی باهدف هوشمندسازی انتخاب عملگرها پیشنهاد شده است. در ابتدای شروع الگوریتم، امتیاز هر یک از عملگرها برابر ۱ است. بدین معنی که هرکدام از عملگرها با شانس مساوی برای اجرا در فاز جستجوی محلی انتخاب می‌شوند و ترتیب اجرا به‌صورت کاملاً تصادفی خواهد بود؛ ولیکن، در صورتی که الگوریتم جستجوی محلی یک

توسعه یک مدل انتخاب ترکیبی تأمین کنندگان با در نظر گرفتن...؛ محمدیان و سیم خواه | ۲۲۳

جواب مسلط پیدا کند، عملگری که توانسته جواب جدید را کشف نماید ۳ امتیاز دریافت خواهد کرد و بنابراین در تکرار بعدی الگوریتم، برای تعیین ترتیب اجرای عملگرها دارای اولویت بیشتری خواهد بود.

### شرط توقف الگوریتم

الگوریتم جستجوی همسایگی پیشنهادی در هر یک از فازهای جایگذاری و جستجوی محلی با رسیدن به حداکثر  $I$  تکرار متوالی بدون ایجاد تغییر در لیست جواب‌های غیرمسلط متوقف خواهد شد. در این الگوریتم مقدار  $I$  برابر با ۲۰۰ در نظر گرفته خواهد شد.

### شاخص‌های سنجش کیفیت جواب

به منظور بررسی کیفیت عملکرد جواب‌های به دست آمده، از شاخص‌های میانگین فاصله ایده آل<sup>۱</sup> و شاخص تنوع<sup>۲</sup> استفاده خواهد شد. روابط مربوطه به صورت زیر است:

$$(۲۹) MID = \frac{\sum_{i=1}^L \sqrt{\left(\frac{f_i^{(1)} - f_{best}^{(1)}}{f_{max}^{(1)} - f_{min}^{(1)}}\right)^2 + \dots + \left(\frac{f_i^{(F)} - f_{best}^{(F)}}{f_{max}^{(F)} - f_{min}^{(F)}}\right)^2}}{L}$$

$$(۳۰) DM = \sqrt{\sum_{i=1}^F \left( \max_{j=1, \dots, L} \{f_j^{(i)}\} - \min_{j=1, \dots, L} \{f_j^{(i)}\} \right)^2}$$

که در روابط فوق،  $L$  نشان دهنده تعداد جواب‌های نامسلط موجود در لیست نهایی الگوریتم است و  $F$  نیز تعداد توابع هدف مسئله را نشان می‌دهد.

### یافته‌ها

#### مجموعه داده

مدل توسعه یافته با استفاده از داده‌های مربوط به شرکت LOKAD در طی یک سال که در سال ۲۰۱۸ در این شرکت جمع‌آوری شده است مورد حل قرار خواهد گرفت. این مجموعه

1. Mean Ideal Distance (MID)
2. Diversification Metric (DM)

داده‌ها شامل اطلاعات فروش و خرید کالاهای مربوط به شرکت لوکاد است که جزئیاتی را در رابطه با تأمین‌کنندگان کالاها و برندها نیز در بر می‌گیرد. استفاده از این مجموعه داده به این علت است که مقالات بسیاری به دلیل جزئیات ارائه‌شده در داده‌های شرکت لوکاد از آن استفاده نموده‌اند. لی و همکاران (۲۰۱۹) و حائری و همکاران (۲۰۱۷) نمونه‌ای از مقالات مربوط به زنجیره تأمین هستند که از این داده‌ها در تحقیقات خود استفاده نموده‌اند. این مجموعه داده از طریق تارنمای شرکت LOKAD<sup>۱</sup> در دسترس است. این مجموعه داده شامل ۵ دسته اطلاعات است که شرح مختصری از هر یک از متغیرهای موجود در جدول (۲) ارائه شده است. شرکت لوکاد عرضه‌کننده تجهیزات مرتبط با حوزه انفورماتیک است که کلیه تأمین‌کنندگان آن تولیدکنندگان قطعات کامپیوتری می‌باشد.

جدول ۲. مجموعه داده‌های شرکت لوکاد در بخش زنجیره تأمین

نام مجموعه داده	نام متغیر	شرح
Lokad_Items	Id	کد شناسه کالا شامل یک عدد ۶ رقمی (بارکد)
	Name	نام و شرح کالا
	Category	بالاترین سلسله‌مراتب کالا نشان‌دهنده دسته کالا
	Subcategory	سلسله‌مراتب سطح دوم نشان‌دهنده دسته کالا
	Brand	نام برند کالا
	ColorCode	کد ۶ رقمی نشان‌دهنده رنگ کالا
	Supplier	نام تأمین‌کننده
	BuyPrice	قیمت خرید هر واحد از کالا
	SellPrice	قیمت فروش هر واحد کالا
	SellCurrency	واحد پولی خرید و فروش کالا
	SupplierLeadTime	زمان تدارک تأمین‌کننده
	StockOnHand	موجودی در دست

1. <https://docs.lokad.com/legacy/getting-started/the-sample-dataset/>

توسعه یک مدل انتخاب ترکیبی تأمین کنندگان با در نظر گرفتن...؛ محمدیان و سیم خواه | ۲۲۵

نام مجموعه داده	نام متغیر	شرح
	StockOnOrder	موجودی در راه
Lokad_Orders	Id	کد شناسه کالا شامل یک عدد ۶ رقمی (بارکد)
	Date	تاریخ ثبت سفارش
	Quantity	تعداد سفارش ثبت شده
	Currency	واحد پول
	NetAmount	مبلغ پرداخت شده برای سفارش بدون محاسبه مالیات
Lokad_PurchaseOrders	Id	کد شناسه کالا شامل یک عدد ۶ رقمی (بارکد)
	Date	تاریخ ثبت سفارش مشتری
	DeliverDate	تاریخ تحویل به مشتری
	Quantity	تعداد فروش
	Currency	واحد پول
	Supplier	نام تأمین کننده
Supplier	NetAmount	مبلغ پرداخت شده برای سفارش بدون محاسبه مالیات
	Supplier	نام تأمین کننده
	SupplierCode	کد تأمین کننده
Lokad_BOM	MOQ	حداقل تعداد سفارش قابل قبول برای تأمین کننده (حد ارسال)
	Bundle	کد شناسایی مشخص کننده ی بسته ی نرم افزاری
	Part	کد شناسایی مشخص کننده ی اجزای بسته
	Quantity	تعداد قطعات در هر بسته

### حل مدل

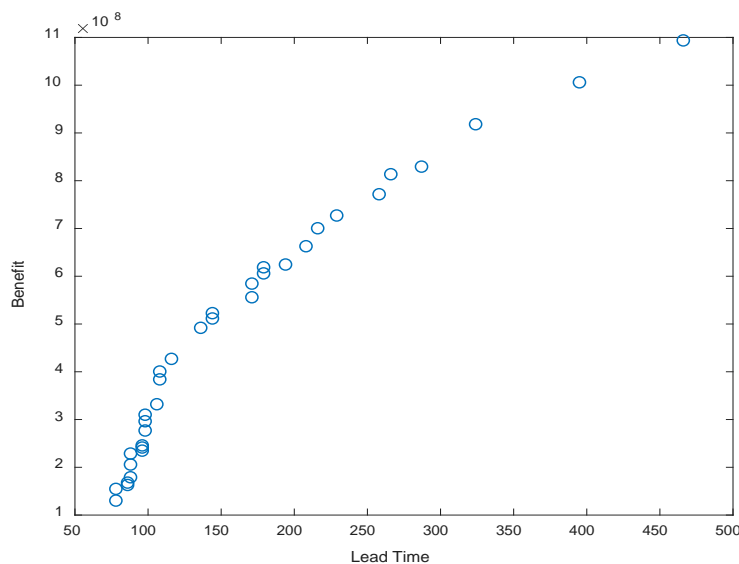
به منظور حل مدل پیشنهادی نرخ جایگزینی برند با استفاده از مدل تشریح شده کاراباتی و همکاران (۲۰۰۹) محاسبه گردیده است. جدول (۳) به عنوان نمونه شاخص جایگزینی برند

را برای کالاهای آداپتور<sup>۱</sup> نشان می‌دهد. بر اساس داده‌های نشان داده‌شده در صورت عدم وجود برند کلیک، ۱۳٪ از فروش از دست خواهد رفت. برای سایر مقادیر نیز تفسیر مشابه صحیح است.

جدول ۳. شاخص نرخ جایگزینی برند برای کالاهای آداپتور

نام برند	شاخص جایگزینی
کلیک	٪۱۳
دلیتی	٪۱۱
فاسترز	٪۱۷
های‌وودز	٪۲۱
مگنیتو	٪۲۲
مارول	٪۱۱
پلوگی	٪۴

پس از اجرای الگوریتم، جبهه‌ی پارتوی بدست آمده مطابق با شکل (۱۰) است. جبهه‌ی پارتو شامل ۳۸ جواب بوده است که هیچ یک بر دیگری غلبه ندارد.

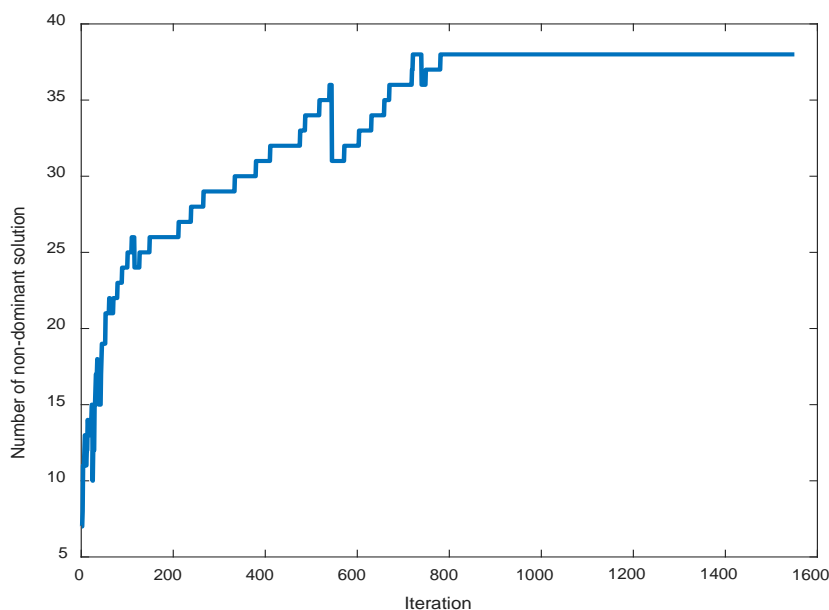


شکل ۱۰. جبهه‌ی پارتوی حاصل از حل مدل

1. Adapter

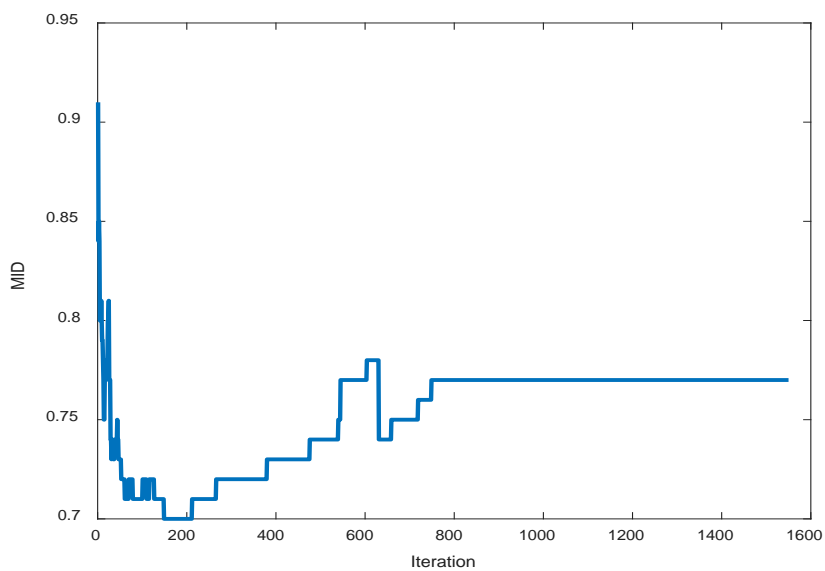
توسعه یک مدل انتخاب ترکیبی تأمین کنندگان با در نظر گرفتن...؛ محمدیان و سیم خواه | ۲۲۷

تعداد جواب‌های نامسلط که در پایان هر تکرار به دست آمده است مطابق با شکل (۱۱) می-باشد. نکته مورد توجه این است که تعداد جواب‌های نامسلط در انتهای هر تکرار به صورت غیر یکنوا تغییر می‌کند؛ زیرا ممکن است با یافتن یک جواب مسلط جدید تعدادی از جواب‌های پیشین تحت تسلط قرار گرفته و حذف شوند. در شکل (۱۱) نیز به عنوان مثال در تکرار ۵۸۱ با یافتن جواب‌های جدید، تعدادی از جواب‌های پیشین حذف شده و تعداد جواب‌های موجود در لیست کاهش یافته است.

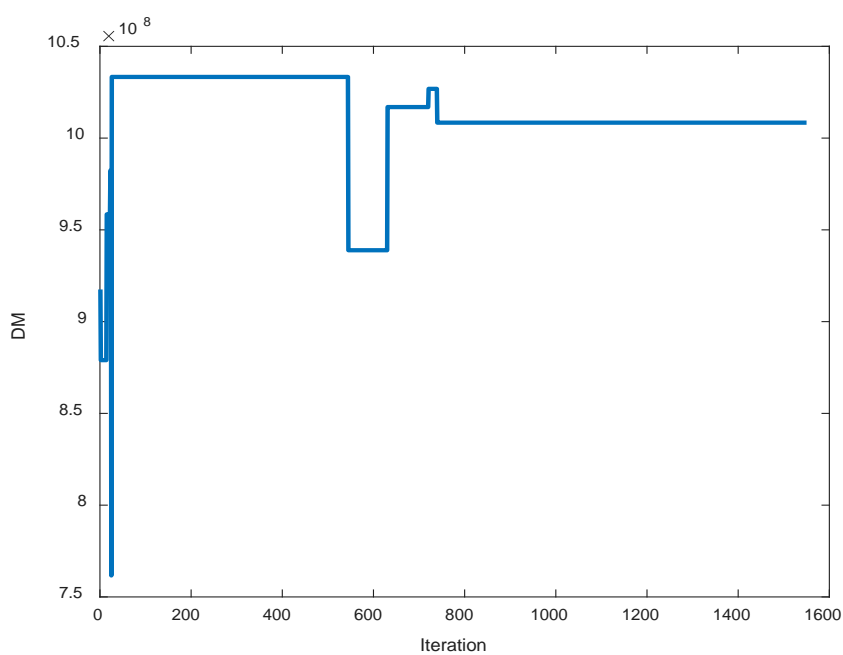


شکل ۱۱. تعداد جواب‌های موجود در لیست جواب‌های نامسلط

با توجه به تغییرات مربوط به لیست جواب‌ها در هر تکرار، شاخص‌های میانگین فاصله از ایده آل و شاخص تنوع نیز تغییر می‌کند. شکل‌های (۱۲) و (۱۳) نشان‌دهنده تغییرات مربوط به این شاخص‌ها در هر تکرار می‌باشد. مشخص است که شاخص‌ها از تکرار ۸۰۰ به بعد همگرا شده و مقدار میانگین فاصله از ایده آل برابر با  $0/783$  و شاخص تنوع برابر با  $10/1 \times 10^8$  بوده است.



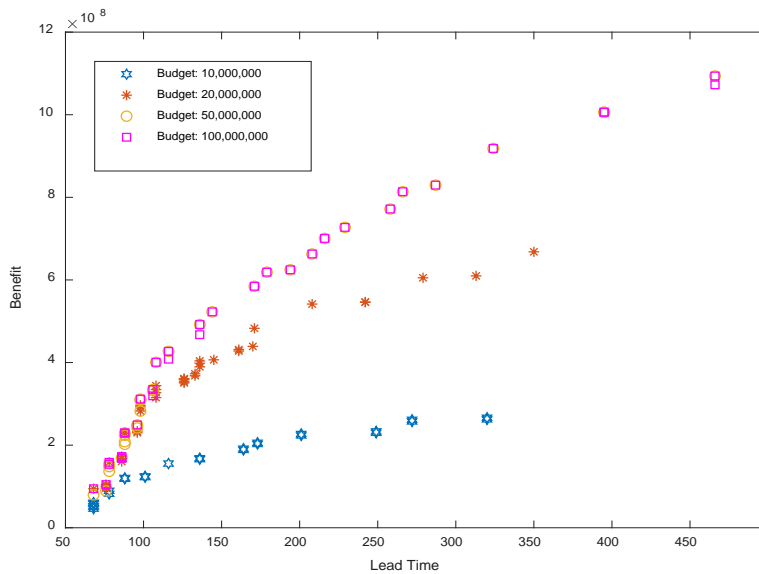
شکل ۱۲. تغییرات شاخص میانگین فاصله از ایده آل لیست جواب‌های نامسلط در هر تکرار



شکل ۱۳. تغییرات شاخص تنوع لیست جواب‌های نامسلط در هر تکرار

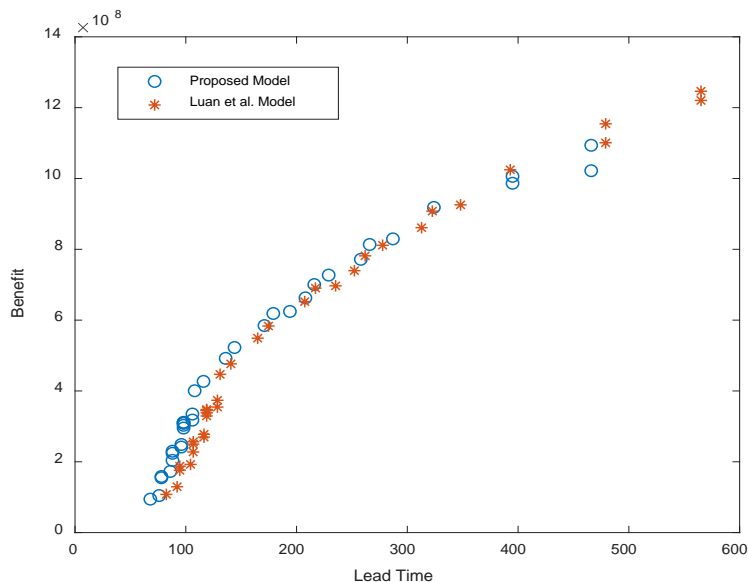
توسعه یک مدل انتخاب ترکیبی تأمین کنندگان با در نظر گرفتن...؛ محمدیان و سیم خواه | ۲۲۹

در ادامه و به منظور بررسی بیشتر مدل پیشنهادی، تأثیر مقدار بودجه در دسترس بر روی جواب‌های نهایی ارزیابی خواهد شد. از منظر تئوری و با توجه به محدودیت مربوط به رابطه‌ی محدودیت بودجه که به صورت  $\sum_{k=1}^{S_k} \sum_{j=1}^n C_{jk} d_{jk} \leq B$  معرفی گردید مشخص است که با افزایش مقدار بودجه، فضای جواب بزرگ‌تر شده و بنابراین جواب‌های به دست آمده تحت تسلط جواب‌هایی با بودجه کمتر قرار نخواهند گرفت. بر همین اساس، مدل پیشنهادی به ازای مقادیر مختلف بودجه حل شده و نتایج بر اساس شکل (۱۴) نمایش داده شده است. مشخص است که با افزایش بودجه، تنوع جواب بیشتر شده و همچنین جواب‌های پیشین با بودجه‌های کمتر مغلوب می‌گردند.



شکل ۱۴. جبهه‌ی پارتو به دست آمده به ازای مقادیر مختلف بودجه

به منظور انجام مقایسه، مدل لوآن و همکاران (۲۰۱۹) که در آن عمل انتخاب تأمین کنندگان به صورت ترکیبی انجام نمی‌گیرد در نظر گرفته شده و نتایج حاصل از آن با مدل پیشنهادی مقایسه گردیده است. شکل (۱۵) نشان‌دهنده‌ی نتیجه‌ی مقایسه است که در آن مدل پیشنهادی جبهه‌ی پارتوی مدل لوآن و همکاران را مغلوب می‌کند و به همین دلیل نتایج بهتری را نشان می‌دهد.



شکل ۱۵. مقایسه مدل پیشنهادی با مدل لوآن و همکاران

جدول (۴) بخشی از جواب‌های به‌دست‌آمده را برای هر یک از روش پیشنهادی و مدل لوآن و همکاران (۲۰۱۹) مشخص نموده است. مقایسه میان جواب‌های دو روش مشخص می‌کند حل پارتوی مربوط به مدل پیشنهادی، حل مدل لوآن و همکاران را مغلوب می‌نماید.

جدول ۴. مقایسه جواب‌های پارتو مدل پیشنهادی و مدل لوآن و همکاران

مدل پیشنهادی		مدل لوآن و همکاران (۲۰۱۹)		ردیف
تابع سود ( $\times 10^8$ )	تابع زمان تدارک	تابع سود ( $\times 10^8$ )	تابع زمان تدارک	
۱۰/۹	۴۵۸	۱۰/۷	۴۶۶	۱
۹/۷	۳۰۸	۹/۶	۳۲۴	۲
۷/۰	۲۰۶	۶/۹	۲۱۶	۳
۶/۶	۱۹۸	۶/۵	۲۰۸	۴
۳/۰	۱۰۸	۲/۵	۱۰۸	۵
۶/۷	۲۴۳	۶/۸	۲۵۸	۶

توسعه یک مدل انتخاب ترکیبی تأمین کنندگان با در نظر گرفتن...؛ محمدیان و سیم خواه | ۲۳۱

ردیف	مدل لوآن و همکاران (۲۰۱۹)		مدل پیشنهادی	
	تابع سود ( $\times 10^8$ )	تابع زمان تدارک	تابع سود ( $\times 10^8$ )	تابع زمان تدارک
۷	۲۸۷	۷/۳	۲۹۶	۷/۳
۸	۱۳۶	۴/۳	۱۲۸	۴/۴
۹	۱۹۴	۶/۲	۱۸۵	۶/۴
۱۰	۹۸	۱/۰	۹۶	۱/۲
۱۱	۱۰۶	۲/۱	۱۰۶	۲/۱
۱۲	۱۱۶	۳/۲	۱۱۴	۳/۳
۱۳	۱۴۴	۴/۹	۱۴۳	۴/۹
۱۴	۹۶	۱/۳	۹۶	۱/۸

به منظور مقایسه‌ی روش، از آزمون ویلکاکسون برای مقایسه‌ی دو گروه از متغیرها استفاده می‌شود که می‌تواند وجود تفاوت بین آن‌ها را تعیین نماید. با انجام این آزمون، مقدار آماره در مقایسه زمان تدارک برابر با  $2/3561$  - و با  $0/0914$   $P\_Value =$  بوده و همچنین برای مقایسه تابع سود برابر با  $2/6229$  و با  $0/0044$   $P\_Value =$  خواهد بود که هر دو به معنی برتر بودن رو پیشنهادی نسبت به مدل لوآن و همکاران (۲۰۱۹) است.

### نتایج تحقیق

در این تحقیق مدل انتخاب تأمین کنندگان باهدف بهینه‌سازی زمان تحویل و سود به صورت یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی عدد صحیح مدل‌سازی گردید. مدل مذکور با در نظر گرفتن نرخ جایگزینی برنند و ریسک عدم تأمین امکان انتخاب تأمین کنندگان را به صورت ترکیبی ایجاد می‌نماید. برای مدل‌سازی اثر جایگزینی برنند بر تقاضا از روش پیشنهادی کاراباتی و همکاران (۲۰۰۹) استفاده شد و ریسک عدم تأمین نیز بر اساس نسبت تحویل به درخواست در مدل نهایی وارد شد. برای حل مدل یک روش جدید بر مبنای الگوریتم جستجوی همسایگی توسعه یافت که در آن علاوه بر عملگرهای جستجو از یک رویکرد امتیازدهی برای هوشمندسازی انتخاب عملگرهای موجود استفاده شده است. در مرحله‌ی حل مدل در ابتدا نرخ جایگزینی برنند برآورد شده و سپس مدل انتخاب تأمین کنندگان حل شد.

نتایج اولیه از حل مدل با دو شاخص میانگین فاصله از ایده آل و تنوع جواب‌ها مورد بررسی قرار گرفتند. در مرحله‌ی بعدی تحلیل حساسیت مقدار بودجه در دسترس بر روی مدل انجام شد و مشخص گردید که با افزایش بودجه، تنوع جواب‌های نهایی بهتر شده و سود نیز افزایش می‌یابد. به منظور بررسی نتایج به دست آمده، مقایسه با تحقیق لوآن و همکاران (۲۰۱۹) با روش آزمون ویلکاکسون انجام شده است که بر همین اساس، جبهه‌ی پارتو به دست آمده در مدل پیشنهادی از منظر شاخص‌های میانگین فاصله از ایده آل و تنوع، جواب‌های بهتری را در بر می‌گیرد. تحلیل حساسیت انجام شده بر روی محدودیت بودجه مشخص نمود تغییرات بودجه بر روی سود نهایی تأثیر بیشتری نسبت به زمان تدارک دارد. مدل پیشنهادی، در واقع سهم خرید از هر یک از تأمین کنندگان را باهدف بهبود سود نهایی تعیین می‌کند. در این رابطه برآورد اولیه تقاضای آتی به صورت قطعی در نظر گرفته شده است که همین پارامتر در صورت تبدیل به حالت احتمالی می‌تواند مدل استوارتری ایجاد کند.

### تعارض منافع

در این تحقیق تعارض منافع وجود ندارد.

### ORCID

Ali Akbar Mohamadian  
Masoud Simkhah



<http://orcid.org/>



<http://orcid.org/0000-0002-7198-7602>

## References

- Bhattacharya, A., Sarkar, B., & Mukherjee, S. K. (2005). Integrating AHP with QFD for robot selection under requirement perspective. *International journal of production research*, 43(17), 3671-3685.
- Bhattacharya, A., Geraghty, J., & Young, P. (2019). Supplier selection paradigm: An integrated hierarchical QFD methodology under multiple-criteria environment. *Applied Soft Computing*, 10(4), 1013-1027.
- Weber, C. A., Current, J. R., & Benton, W. C. (2019). Vendor selection criteria and methods. *European journal of operational research*, 50(1), 2-18.
- Kahraman, C., Ruan, D., & Doğan, I. (2003). Fuzzy group decision-making for facility location selection. *Information sciences*, 157, 135-153.
- Igarashi, M., de Boer, L., & Fet, A. M. (2013). What is required for greener supplier selection? A literature review and conceptual model development. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 19(4), 247-263.
- Kanagaraj, G., Ponnambalam, S. G., & Jawahar, N. (2016). Reliability-based total cost of ownership approach for supplier selection using cuckoo-inspired hybrid algorithm. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 84(5-8), 801-816.
- Chai, J., Liu, J. N., & Ngai, E. W. (2013). Application of decision-making techniques in supplier selection: A systematic review of literature. *Expert systems with applications*, 40(10), 3872-3885.
- Mutingi, M., & Mbohwa, C. (2017). Modeling Supplier Selection Using Multi-Criterion Fuzzy Grouping Genetic Algorithm. *Grouping Genetic Algorithms*, 11(3), 213-228
- Paydar, M., & Saidi-Mehrabad, M. (2017). A hybrid genetic algorithm for dynamic virtual cellular manufacturing with supplier selection, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 19(4), 247-263.
- Tsai, Y. L., Yang, Y. J., & Lin, C. H. (2010). A dynamic decision approach for supplier selection using ant colony system. *Expert systems with applications*, 37(12), 8313-8321.
- Abdollahzadeh, H., & Atashgar, K. (2017). Optimal design of a multi-state system with uncertainty in supplier selection. *Computers & Industrial Engineering*, 105(1), 411-424.
- Fashoto, S. G., Akinnuwesi, B., Owolabi, O., & Adelekan, D. (2016). Decision support model for supplier selection in healthcare service delivery using analytical hierarchy process and artificial neural network. *African journal of business Management*, 10(9), 209-232.

- Büyüközkan, G., & Göçer, F. (2017). Application of a new combined intuitionistic fuzzy MCDM approach based on axiomatic design methodology for the supplier selection problem. *Applied Soft Computing*, 52(3), 1222-1238.
- Wang, Y. C., & Chen, T. (2021). A Bi-objective AHP-MINLP-GA approach for Flexible Alternative Supplier Selection amid the COVID-19 pandemic. *Soft Computing Letters*, 3(1), 100016.
- Sarkar, S., Lakha, V., Ansari, I., & Maiti, J. (2017). *Supplier selection in uncertain environment: a fuzzy MCDM approach*. In Proceedings of the First International Conference on Intelligent Computing and Communication, pp. 257-266.
- Tavana, M., Shaabani, A., Di Caprio, D., & Bonyani, A. (2021). An integrated group fuzzy best-worst method and combined compromise solution with Bonferroni functions for supplier selection in reverse supply chains. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 2(2), 100-109.
- Nazari-Shirkouhi, S., Shakouri, H., Javadi, B., & Keramati, A. (2013). Supplier selection and order allocation problem using a two-phase fuzzy multi-objective linear programming. *Applied Mathematical Modelling*, 37(22), 9308-9323.
- Fallahpour, A., Olugu, E. U., Musa, S. N., Khezrimotlagh, D., & Wong, K. Y. (2016). An integrated model for green supplier selection under fuzzy environment: application of data envelopment analysis and genetic programming approach. *Neural Computing and Applications*, 27(3), 707-725.
- Pramanik, D., Haldar, A., Mondal, S. C., Naskar, S. K., & Ray, A. (2017). Resilient supplier selection using AHP-TOPSIS-QFD under a fuzzy environment. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 12(1), 45-54.
- Kilic, H. S., & Yalcin, A. S. (2020). Modified two-phase fuzzy goal programming integrated with IF-TOPSIS for green supplier selection. *Applied Soft Computing*, 93, 106371.
- Lima-Junior, F. R., & Carpinetti, L. C. R. (2016). Combining SCOR® model and fuzzy TOPSIS for supplier evaluation and management. *International Journal of Production Economics*, 174, 128-141.
- Azadi, M., Jafarian, M., Saen, R. F., & Mirhedayatian, S. M. (2015). A new fuzzy DEA model for evaluation of efficiency and effectiveness of suppliers in sustainable supply chain management context. *Computers & Operations Research*, 54, 274-285.
- Karsak, E. E., & Dursun, M. (2014). An integrated supplier selection methodology incorporating QFD and DEA with imprecise data. *Expert Systems with Applications*, 41(16), 6995-7004.

- Dotoli, M., Epicoco, N., Falagario, M., & Sciancalepore, F. (2016). A stochastic cross-efficiency data envelopment analysis approach for supplier selection under uncertainty. *International Transactions in Operational Research*, 23(4), 725-748.
- Lin, C. T., Chen, C. B., & Ting, Y. C. (2011). An ERP model for supplier selection in electronics industry. *Expert Systems with Applications*, 38(3), 1760-1765.
- Toloo, M. (2016). A cost efficiency approach for strategic vendor selection problem under certain input prices assumption. *Measurement*, 85, 175-183.
- Hfeda, M., Marchand, F., & Dao, T. M. (2017). Optimization of Milk-Run Delivery Issue in Lean Supply Chain Management by Genetic Algorithm and Hybridization of Genetic Algorithm with Ant Colony Optimization: An Automobile Industry Case Study. *Journal of Management & Engineering Integration*, 10(2), 90-99.
- Guo, X., Zhou, L., Guo, Q., & Rouyendegh, B. D. (2021). An optimal size selection of hybrid renewable energy system based on Fractional-Order Neural Network Algorithm: A case study. *Energy Reports*, 7, 7261-7272.
- Karabati, S., Tan, B., & Öztürk, Ö. C. (2009). A method for estimating stock-out-based substitution rates by using point-of-sale data. *IIE Transactions*, 41(5), 408-420.
- Luan, J., Yao, Z., Zhao, F., & Song, X. (2019). A novel method to solve supplier selection problem: Hybrid algorithm of genetic algorithm and ant colony optimization. *Mathematics and Computers in Simulation*, 156, 294-309.
- Memari, A., Dargi, A., Jokar, M. R. A., Ahmad, R., & Rahim, A. R. A. (2019). Sustainable supplier selection: A multi-criteria intuitionistic fuzzy TOPSIS method. *Journal of Manufacturing Systems*, 50, 9-24.
- Li, J., Fang, H., & Song, W. (2019). Sustainable supplier selection based on SSCM practices: A rough cloud TOPSIS approach. *Journal of Cleaner Production*, 222(1), 606-621.
- Haeri, S. A. S., & Rezaei, J. (2019). A grey-based green supplier selection model for uncertain environments. *Journal of Cleaner Production*, 221(2), 768-784.
- Li, H., Wang, F., Zhang, C., Wang, L., An, X., & Dong, G. (2021). Sustainable supplier selection for water environment treatment public-private partnership projects. *Journal of Cleaner Production*, 324(1), 210-225.

Liberopoulos, G., Deligiannis, M. (2021). Optimal supplier inventory control policies when buyer purchase incidence is driven by past service, *European Journal of Operational Research*, 307(1), 189-207.

**استناد به این مقاله:** محمدیان، علی‌اکبر، سیم‌خواه، مسعود. (۱۴۰۱). توسعه یک مدل انتخاب ترکیبی تأمین‌کنندگان با در نظر گرفتن ریسک عدم تأمین و اثر برند بر تقاضا، فصلنامه مطالعات مدیریت صنعتی، ۲۰(۶۷)، ۲۰۳-۲۳۶.

DOI: 10.22054/jims.2022.66537.2766



Industrial Management Studies is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.