Archive of SID

Industrial Management Studies
Vol. 20, No.67, Winter 2023; P 203-236
jims.atu.ac.ir
DOI: 10.22054/jims.2022.66537.2766

ATU PRESS

Original Research
Accepted: 11/12/2022
Received: 11/2/2022
eISSN: 2476-602X
ISSN: 2251/8029

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: Moumivand, A., Moumivand, A., Moumivand, A. (2023). Developing Combined Supplier Selection Model Considering lack of Supply Risk and Brand Effect on Demand, *Journal of Industrial Management Studies*, 20(67), 203-۲۳۶.

www.SID.ir

Archive of SID

مقاله پژوهشی

تاریخ ارسال: ۱۴۰۰/۱۱/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۹/۲۰

ISSN: 2251/8029

eISSN: 2476-602X

مطالعات مدیریت صنعتی

سال بیستم، شماره ۶۷، زمستان ۱۴۰۱، ص ۲۰۳ تا ۲۳۶

jims.atu.ac.ir

DOI: 10.22054/jims.2022.66537.2766

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

علی‌اکبر محمدیان دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه مدیریت، واحد پرند، دانشگاه آزاد اسلامی، پرند، ایران

مسعود سیم خواه * استادیار گروه مدیریت، واحد پرند، دانشگاه آزاد اسلامی، پرند، ایران

چکیده

انتخاب تأمین‌کنندگان یکی از مسائل مهم در حوزه‌ی مدیریت و بهینه‌سازی است که با اهداف مختلفی از قبیل کاهش هزینه، افزایش کیفیت تولید یا خدمات، کاهش ریسک مواجهه با کمبود و غیره موردتوجه 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 تأمین‌کنندگان را باهدف بهینه‌سازی زمان تحویل و سود به‌صورت یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی عدد صحیح مدل‌سازی خواهد نمود. برای حل مدل از داده‌های شرکت لوکاد استفاده‌شده 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 ویلکاکسون و نتایج محاسباتی مشخص گردیده است که جبهه‌ی پارتوی به‌دست‌آمده در مدل پیشنهادی، جواب‌های به‌دست‌آمده از مدل مرسوم در ادبیات موضوع را مغلوب می‌کند. تحلیل حساسیت انجام‌شده بر روی محدودیت بودجه مشخص نمود تغییرات بودجه بر روی سود نهایی تأثیر بیشتری نسبت به زمان تدارک دارد. همچنین شاخص‌های فاصله از ایده‌آل و تنوع جواب‌ها نیز شاخص‌های کمی بوده‌اند که در مقایسات به‌کارگیری شده‌اند.

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

* نویسنده مسئول: Simkhahmasoud@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

به‌صورت کلی، فرآیند انتخاب تأمین‌کننده عبارت است از شناسایی، ارزیابی و بستن قرارداد با تأمین‌کنندگان مناسب به‌منظور رفع نیازهای سازمان به مواد اولیه و زیرساخت‌های مرتبط با فعالیت‌های لازم (Bhattacharya et al., 2019). عملیات انتخاب تأمین‌کننده 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 تأمین‌کننده 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 تأمین‌کننده خود مواجه می‌باشند (Weber et al., 2019)؛ بنابراین تصمیم‌گیری برای انتخاب تأمین‌کننده به‌طور 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 قابل‌قبول باهدف بهینه‌سازی توابع مذکور از طریق مدل‌سازی و حل یک مسئله‌ی برنامه‌ریزی ریاضی میسر است. در ادبیات موضوعی انتخاب تأمین‌کنندگان 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 به‌دست‌آمده 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 تأمین‌کننده به کار برده شده است که می‌توان از روش فرآیند سلسله مراتبی تحلیلی[1]، تحلیل پوششی داده‌ها[2]، الگوریتم ژنتیک و شبکه‌های عصبی به‌عنوان روش‌های انفرادی نام برد. از روش‌های ترکیبی می‌توان به روش‌های شناخته‌شده از ترکیب تحلیل پوششی داده‌ها و تحلیل سلسله مراتبی، روش‌های

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

www.SID.ir

Archive of SID

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. به‌عنوان‌مثال ریسک عدم تأمین کالا توسط تأمین‌کنندگان موردتوجه مقالات نبوده است؛ و یا استفاده از نرخ جایگزینی برند در بهینه‌سازی انتخاب تأمین‌کنندگان موردبررسی 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 موردبحث قرار گرفته است.

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

پیشینه پژوهش

یکی از اصلی‌ترین عوامل پایداری و بقا درمحیط پر رقابت امروزی، کاهش هزینه‌های تولید محصول است. انتخاب تامین‌کنندگان مناسب می‌تواند به شکل قابل‌ملاحظه‌ای 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[1] تحت بررسی قرارگرفته‌اند. 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

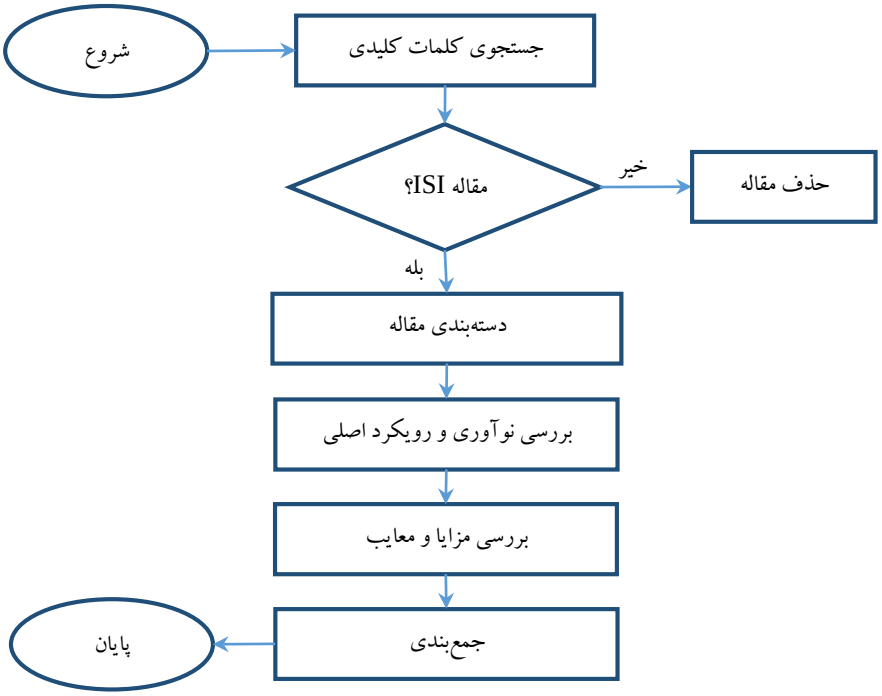
www.SID.ir

Archive of SID

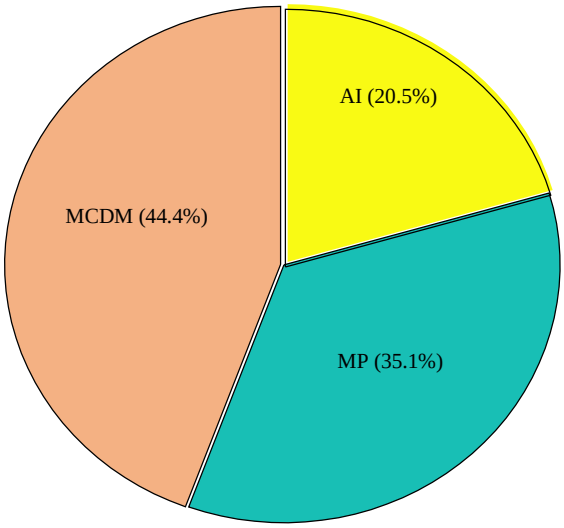
برنامه‌ریزی ریاضی و هوش مصنوعی طبقه‌بندی می‌شود. شکل (۲) فراوانی مطالعات انجام‌شده و مقالات موجود را در هر یک از این سه دسته نشان می‌دهد (Chai et al., 2013). در یک تحقیق دیگر، مسئله‌ی انتخاب تأمین‌کننده به‌عنوان یک مسئله‌ی گروه‌بندی در نظر گرفته‌شده و یک الگوریتم ژنتیک چندهدفه‌ی فازی برای حل آن ارائه 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 تأمین-کنندگان استفاده‌شده. یک روش مبتنی بر ویژگی در الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع مورچگان نیز واردشده 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 فرومون در الگوریتم بهینه‌سازی مورچگان نیز در تحقیقی جامع ارائه‌شده و بر همین اساس مسئله‌ی انتخاب تأمین‌کنندگان مورد حل قرار گرفته است (Abdollahzadeh & Atashgar, 2010).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. متدولوژی جمع‌آوری اطلاعات و مرور ادبیات

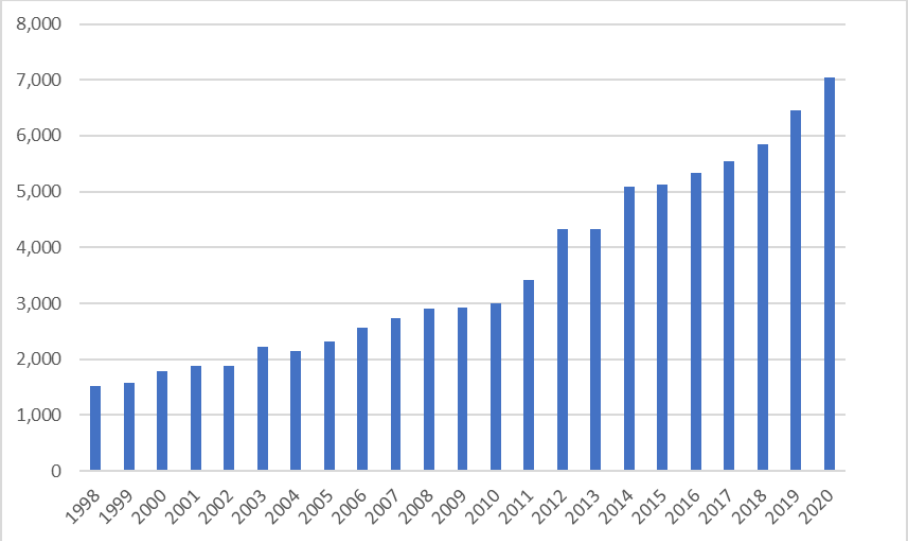


شکل ۲. سهم مقالات موجود در حوزه‌ی انتخاب تأمین‌کنندگان در دسته‌های MCDM، MP و AI

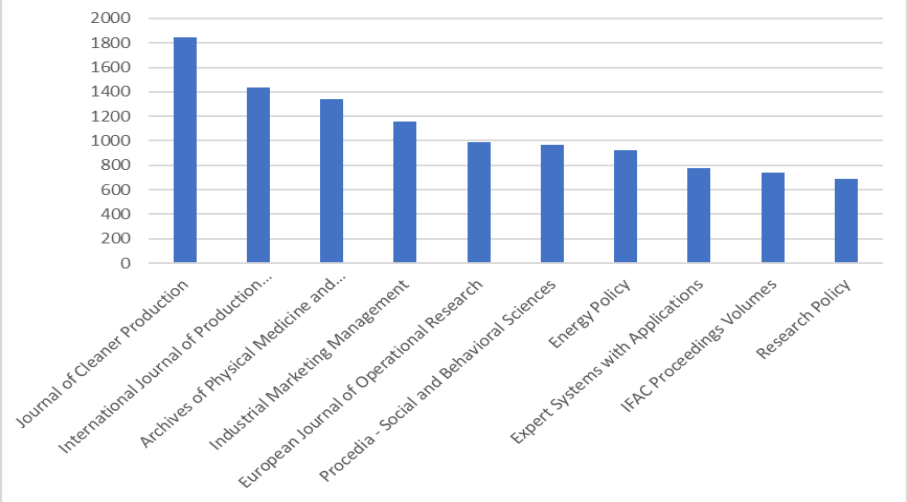
www.SID.ir

Archive of SID

شکل (۳) و (۴) فراوانی مقالات را به تفکیک سال و همچنین برحسب محل انتشار نشان می‌دهد. روند صعودی تحقیقات در سال‌های اخیر در حوزه‌ی انتخاب تأمین‌کننده 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 منتشرشده در حوزه انتخاب تأمین‌کنندگان به تفکیک سال انتشار



شکل ۴. فراوانی مقالات منتشرشده در حوزه انتخاب تأمین‌کننده به تفکیک محل انتشار

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. تحقیقات مرتبط با انتخاب تأمین‌کنندگان در دسته‌های **MCDM**، **MP** و **AI**

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

www.SID.ir

Archive of SID

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

در میان مقالات موجود در ادبیات موضوع روش‌های متفاوتی موردمطالعه قرار گرفته است. حوزه‌های مختلف بررسی‌شده توسط پژوهشگران مطابق با شکل (۵) خلاصه شده است.

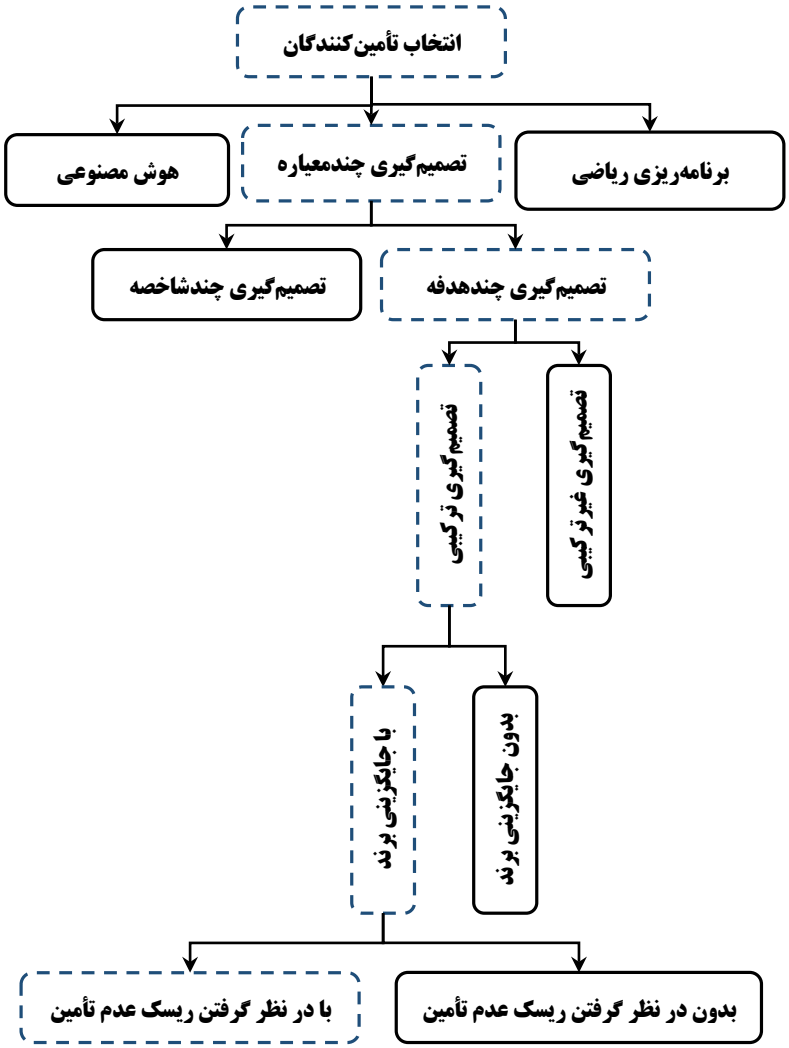
مدل پیشنهادی در این تحقیق در زیرشاخه‌ی روش‌های تصمیم‌گیری چندهدفه قرار دارد که شاخص جایگزینی برند را نیز در نظر خواهد گرفت. به‌علاوه، انتخاب تأمین-کنندگان به‌صورت ترکیبی خواهد بود. در کنار مدل پیشنهادی، مطالعه‌ی مربوط به لوآن و

www.SID.ir

Archive of SID

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

www.SID.ir

Archive of SID

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؛ به‌عبارت‌دیگر فرض بر این است مقدار سفارش ارسال‌شده برای تأمین‌کننده به‌طورقطع و کامل تحویل خواهد شد. در فضای عملیاتی، در نظر گرفتن چنین فرضی منجر به افزایش ریسک عدم تأمین خواهد شد.

۲- تأثیرگذاری برند موردتوجه قرار نگرفته است؛ به‌عبارت‌دیگر فرض اصلی مسئله مطرح‌شده توسط Luan et al. (2019) این است که مواد اولیه و اقلام موردنیاز بدون از دست رفتن تقاضای حساس به برند می‌توانند از هرکدام از تأمین‌کنندگان 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 تأمین‌کنندگان به‌صورت ترکیبی نیست؛ به‌عبارت‌دیگر هر ماده‌ی خام یا کالا به‌طور کامل تنها از یکی از تأمین‌کنندگان خریداری می‌گردد و امکان تسهیم بین تأمین‌کنندگان 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 معرفی‌شده و سپس مدل اصلی مقاله نیز فرموله‌بندی خواهد شد.

ازنظر فنی، مدل‌سازی انجام‌شده 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 قرارگرفته و در این تحقیق نیز در فاز محاسبات عددی به‌کارگیری خواهد شد.

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص جایگزینی برند

شاخص جایگزینی برند توسط کاراباتی[1] و همکاران به‌عنوان یک پارامتر مؤثر در فروش نهایی محصولات شناسایی‌شده و در تحقیق آن‌ها موردمطالعه و مدل‌سازی قرار گرفته است (Karabati et al., 2009).

به‌طور دقیق‌تر آن‌ها در تحقیق خود بیان می‌کنند که در بسیاری از مواقع در مدل‌های مربوط به انتخاب تأمین‌کنندگان و تأمین کالاهای موردنیاز به این پارامتر توجه نمی‌شود. به‌عنوان‌مثال بسیاری از سازمان‌ها شاخص قیمت را در مدل وارد نموده و بر اساس کاهش هزینه در مورد تأمین کالاها تصمیم‌گیری می‌کنند. درحالی‌که 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 صرف‌نظر کنند. بر همین اساس درصد جایگزینی کالاها که نماد α_{jk} نشان داده می‌شود. ب؛ عبارت دیگر α_{jk} درصدی از فروش کالای k است که در عدم تأمین آن بر روی فروش کالای i ریخته می‌شود.

به‌منظور تشریح بیشتر فرض کنید یک نوع ماده اولیه یا کالای خاص توسط سه تأمین‌کننده‌ی 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 ی؛ که مؤلفه‌ها نشان‌دهنده‌ی تأمین‌کننده‌ای است که کالای آن در انبار موجود است. به‌عنوان‌مثال، BC به معنای وجود کالای تأمین‌کنندگان B و C است. همچنین فرض کنید $\overline{D}_{i,t}$ میانگین فروش کالای i در شرایط t بوده $(t \in \tau)$و $\hat{\lambda}_i$ متغیر تصمیم نشان‌دهنده‌ی برآورد فروش کالای i می‌باشد.

$$min \sum_{t\in\tau} e_{i,t}^2 \quad (۱)$$

$$\overline{D}_{A,ABC} = \hat{\lambda}_A + e_{A,ABC} \quad (۲)$$

$$\overline{D}_{B,ABC} = \hat{\lambda}_B + e_{B,ABC} \quad (۳)$$

$$\overline{D}_{C,ABC} = \hat{\lambda}_C + e_{C,ABC} \quad (۴)$$

1. Karabati

www.SID.ir

Archive of SID

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

نمادگذاری و توسعه مدل

به‌منظور توسعه مدل، نرخ جایگزینی برند مورداستفاده قرار خواهد گرفت و درواقع خروجی حاصل از آن به‌عنوان یکی از پارامترها در مدل پیشنهادی مورداستفاده خواهد بود. همچنین با افزایش مفروضات انتخاب ترکیبی تأمین‌کننده و ریسک عدم تأمین، مدل پایه‌ای استخراج‌شده است. محدودیت‌ها به‌گونه‌ای نوشته‌شده‌اند که ریسک تأمین، اثر برند و انتخاب ترکیبی در کنار سایر مفروضات سنتی مدل هم‌زمان اعمال می‌شوند.

نمادگذاری مربوط به مدل پیشنهادی به‌صورت زیر خواهد بود:

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

$S_j = \{1,2,\dots,s_k\}$: مجموعه تأمین‌کنندگان کالای jاُم.

α_{jk}: درصدی از فروش کالای jکه در صورت نبودن تأمین‌کننده‌ی k از دست می‌رود.

C_{jk}: هزینه‌ی خرید هر واحد کالای jاز تأمین‌کننده k.

v_{jk}: قیمت فروش هر واحد کالای jاز تأمین‌کننده k.

l_{jk}: زمان تحویل کالای jدر صورت خرید از تأمین‌کننده k.

www.SID.ir

Archive of SID

x_{jk}: درصدی از کالای j که از تأمین‌کننده‌ی k خریداری می‌شود.

y_{jk}: اگر کالای j از تأمین‌کننده‌ی k خریداری شود برابر با ۱ و در غیر این صورت برابر با صفر است.

D_j :آورد کل تقاضا از کالای j.

d_{jk}: تعداد کالای j که از تأمین‌کننده‌ی k خریداری می‌شود.

O_{jk}: مقدار سفارش کالای j از تأمین‌کننده‌ی k

T_{jk}: مقدار تحویل کالای j از تأمین‌کننده‌ی k

SL_{jk}: سطح سرویس کالای j که از تأمین‌کننده‌ی k خریداری می‌شود.

RD_j: تقاضای واقعی کالای j که در صورت حذف تأمین‌کنندگان مختلف با D_j متفاوت است.

بر همین اساس، مدل پیشنهادی با در نظر گرفتن ۲ هدف به‌صورت زیر قابل‌ارائه می‌باشد:

$$(۱۷)\ min\ \sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{s_k} l_{jk}y_{jk}$$

$$(۱۸)\ max\ \sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{s_k}(v_{jk}-C_{jk})d_{jk}y_{jk}$$

$$(۱۹)\ \sum_{k=1}^{s_k} x_{jk}=1\ ,\ \ \forall j\in N$$

$$(۲۰)\ \sum_{k=1}^{s_k}\sum_{j=1}^{n} C_{jk}d_{jk}\le B$$

$$(۲۱)\ \sum_{k=1}^{s_k} D_j x_{jk}\ge RD_j\ \ ,\ \ \forall j\in N$$

$$(۲۲)\ RD_j = D_j\left(1-\sum_{k=1}^{s_k}\alpha_{jk}\left(1-y_{jk}\right)\right)\ \ ,\ \ \forall j\in N$$

$$(۲۳)\ d_{jk}\le SL_{jk}RD_j x_{jk}\ \ ,\ \ \forall j\in N$$

$$(۲۴)\ x_{jk}\le y_{jk},\ \ \forall j\in N\ ,\forall k\in S_j$$

$$(۲۵)\ x_{jk}\ge 0,\forall j\in N\ ,\forall k\in S_j$$

$$(۲۶)\ y_{jk}\in\{0,1\},\forall j\in N\ ,\forall k\in S_j$$

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

www.SID.ir

Archive of SID

می‌کند که هر کالا حداقل از یکی از تأمین‌کنندگان 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 انجام‌شده، کل تقاضا را پوشش دهد. محدودیت (۲۲) تقاضای واقعی مشتریان را بر اساس تأمین‌کنندگان انتخاب‌شده برآورد می‌کند. محدودیت (۲۳) مقدار تقاضا از هر یک از تأمین‌کنندگان 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 تأمین‌کننده 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 تأمین‌کننده در یک کالای خاص درواقع ریسک عدم تأمین را وارد مدل خواهد نمود. لی و همکاران (۲۰۲۱) و لیبروپپولوس و دلیجیانیس (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 به‌صورت $SL_{jk} = {T_{jk}}/{O_{jk}}$ محاسبه می گردد.

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 برقرارشده و الگوریتم متوقف گردد. یک عملگر امتیازدهی نیز طراحی‌شده است که انتخاب عملگرهای جستجو را هوشمندتر نماید.

www.SID.ir

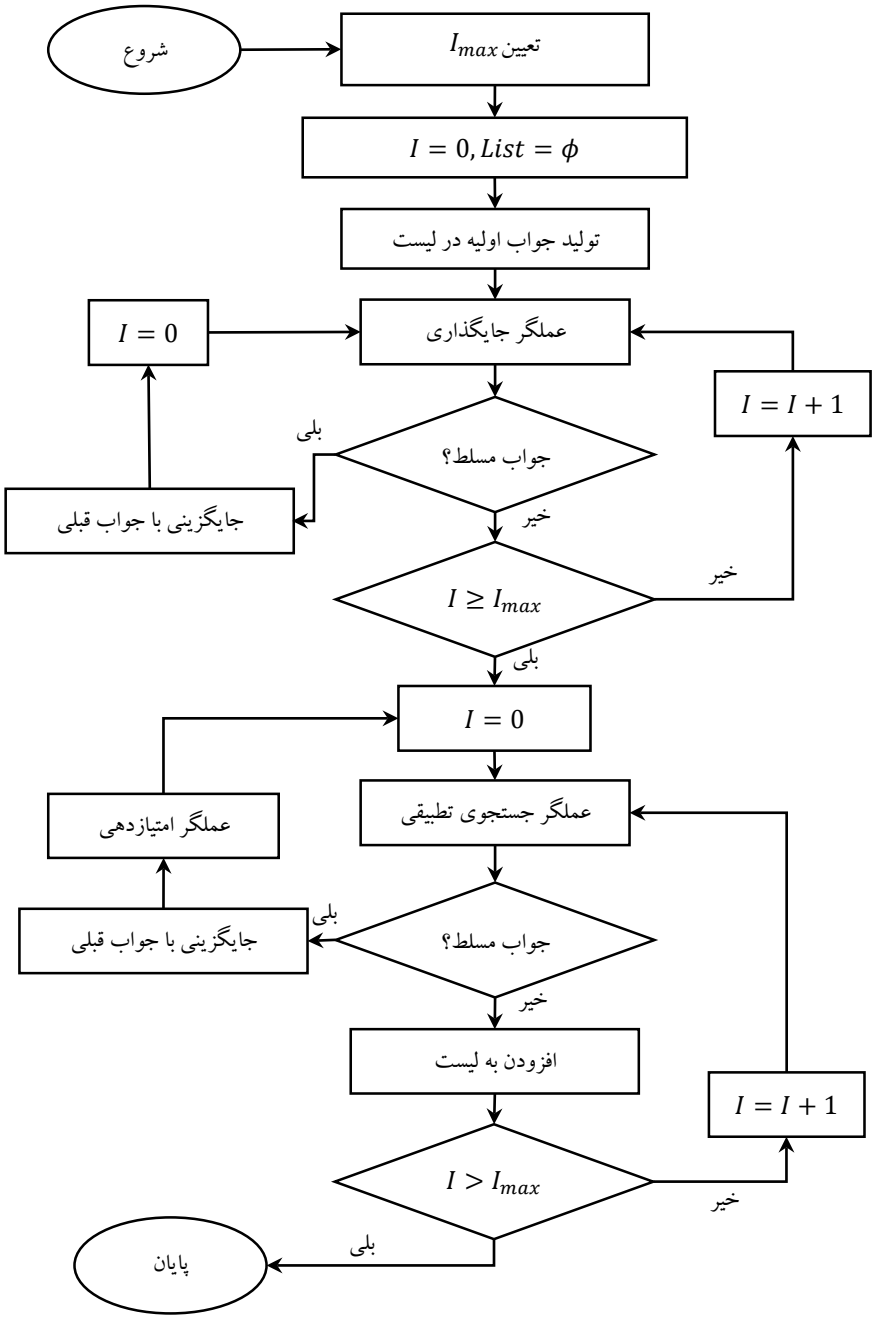
Archive of SID

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. به‌طورکلی الگوریتم پیشنهادی، وظیفه خود را در دو فاز انجام می‌دهد:

- در فاز اول، حل مسئله با دو جواب اولیه شروع‌شده 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 درصورتی‌که جواب‌های به‌دست‌آمده نسبت به جواب‌های اولیه مسلط باشند، جایگزین آن‌ها خواهند شد. درصورتی‌که الگوریتم در I تکرار متوالی موفق به یافتن جواب مسلط نشود، فاز اول خاتمه خواهد یافت. درنهایت، دو جواب در فاز اول به دست می‌آید.
- فاز دوم، با دو جواب حاصل‌شده 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 درصورتی‌که حل به‌دست‌آمده نامسلط باشد، به لیست جواب افزوده خواهد شد. فاز دوم نیز درصورتی‌که الگوریتم در I تکرار متوالی موفق به یافتن جواب مسلط نشود خاتمه خواهد یافت و درنهایت لیست نهایی که شامل جواب‌های نامسلط است با استفاده از شاخص‌های سنجش عملکرد موردبررسی قرار می‌گیرد.

www.SID.ir

Archive of SID



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

www.SID.ir

Archive of SID

کدگذاری جواب و تولید جواب‌های اولیه

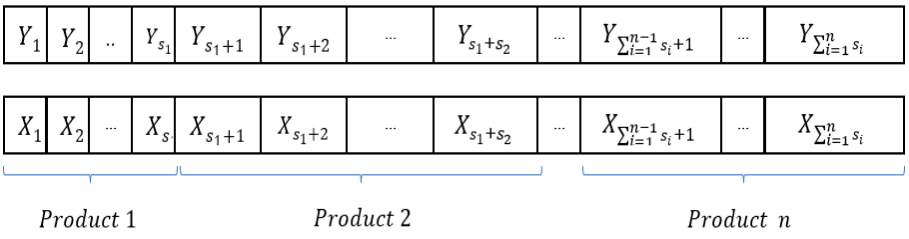
در رابطه با کدگذاری جواب، فرض کنید مسئله موردبررسی دارای n فعالیت باشد و هر کالای i دارای s_i تأمین‌کننده می‌باشد. بر همین اساس، الگوریتم پیشنهادی برای هر یک از کالاها دو بردار تصادفی با طول s_i تولید می‌کند. بردار اول شامل مقادیر صفر و یک بوده و با نام Y نام‌گذاری شده و بر پایه‌ی توزیع یکنواخت گسسته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

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

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 $1\times s_i$ تولیدشده و سپس با استفاده از رابطه‌ی (۲۸) استانداردسازی می‌شود.

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

بنابراین الگوریتم در هر تکرار برای کلیه‌ی کالاها دو بردار با ابعاد $ns_i\times 1$ 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 تولیدشده در نظر گرفته شود که در آن هر یک از مؤلفه‌ها بین صفر و یک هستند.



شکل ۷. کدگذاری جواب در الگوریتم جستجوی تطبیقی

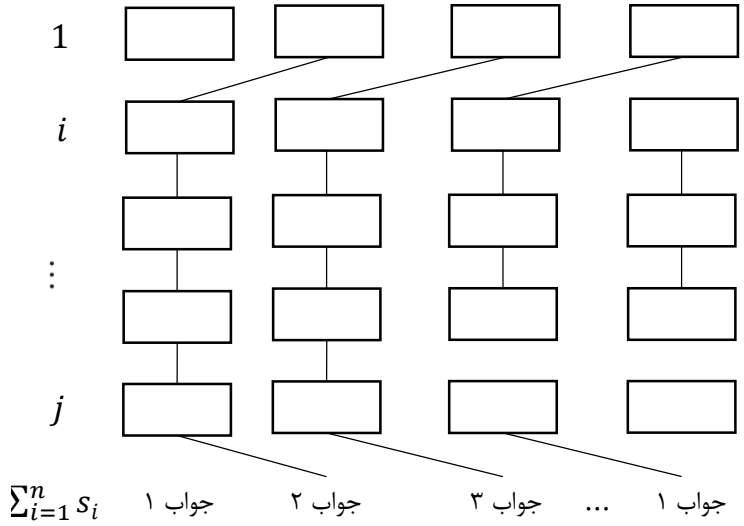
www.SID.ir

Archive of SID

الگوریتم جستجوی همسایگی تطبیقی

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

۱- فاز جایگذاری[1]: در این فاز، تعداد G جواب موجود به‌تصادف انتخاب‌شده و سپس برای هرکدام از جواب‌ها ۲ نقطه‌ی برش به نصادف 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. به‌محض اینکه یک جواب غیرمسلط یافت شود، عملگر جایگذاری متوقف‌شده و سایر گام‌های الگوریتم مطابق با شکل (۶) پیاده‌سازی خواهد شد.



شکل ۸. ساختار عملگر جایگذاری

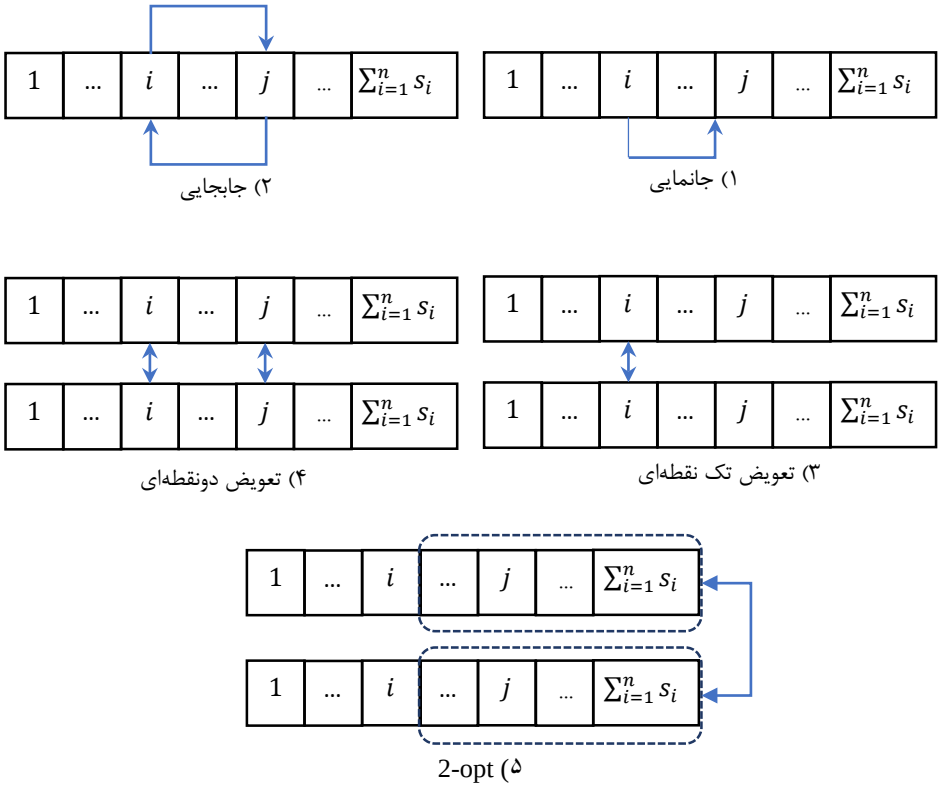
۲- فاز جستجوی محلی: این فاز، پس از اجرای عملگر جایگذاری آغازشده و ۵ عملگر جستجو را به ترتیب امتیاز آن‌ها (که عملگر امتیازدهی مشخص می‌کند) بر روی

1. Insertion Operator

www.SID.ir

Archive of SID

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 متوقف‌شده 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 پیشنهادشده 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 صورتی‌که الگوریتم جستجوی محلی یک

www.SID.ir

Archive of SID

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

به‌منظور بررسی کیفیت عملکرد جواب‌های به‌دست‌آمده، از شاخص‌های میانگین فاصله ایده‌آل[1] و شاخص تنوع[2] استفاده خواهد شد. روابط مربوطه به‌صورت زیر است:

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

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

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

یافته‌ها

مجموعه داده

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

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

www.SID.ir

Archive of SID

داده‌ها شامل اطلاعات فروش و خرید کالاهای مربوط به شرکت لوکاد است که جزئیاتی را در رابطه با تأمین‌کنندگان کالاها و برند آن‌ها نیز در بر می‌گیرد. استفاده از این مجموعه داده به‌این‌علت 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) نمونه-ای از مقالات مربوط به زنجیره تأمین هستند که از این داده‌ها در تحقیقات خود استفاده نموده‌اند. این مجموعه داده از طریق تارنمای شرکت LOKAD[1] 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 حوزه‌ی انفورماتیک است که کلیه‌ی تأمین‌کنندگان آن تولیدکنندگان قطعات کامپیوتری می‌باشد.

جدول ۲. مجموعه داده‌های شرکت لوکاد در بخش زنجیره‌ی 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 نشان‌دهنده‌ی دسته‌ی کالا
	Subcategory	سلسله‌مراتب سطح دوم نشان‌دهنده‌ی دسته‌ی کالا
	Brand	نام برند کالا
	ColorCode	کد ۶ رقمی نشان‌دهنده‌ی رنگ کالا
	Supplier	نام تأمین‌کننده
	BuyPrice	قیمت خرید هر واحد از کالا
	SellPrice	قیمت فروش هر واحد کالا
	SellCurrency	واحد پولی خریدوفروش کالا
	SupplierLeadTime	زمان تدارک تأمین‌کننده
	StockOnHand	موجودی در دست

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

www.SID.ir

Archive of SID

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 ثبت‌شده
	Currency	واحد پول
	NetAmount	مبلغ پرداخت‌شده 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 تأمین‌کننده
	NetAmount	مبلغ پرداخت‌شده برای سفارش بدون محاسبه مالیات
Supplier	Supplier	نام تأمین‌کننده
	SupplierCode	کد تأمین‌کننده
	MOQ	حداقل تعداد سفارش قابل‌قبول برای تأمین‌کننده (حد ارسال)
Lokad_BOM	Bundle	کد شناسایی مشخص‌کننده‌ی بسته‌ی نرم‌افزاری
	Part	کد شناسایی مشخص‌کننده‌ی اجزای بسته
	Quantity	تعداد قطعات در هر بسته

حل مدل

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

www.SID.ir

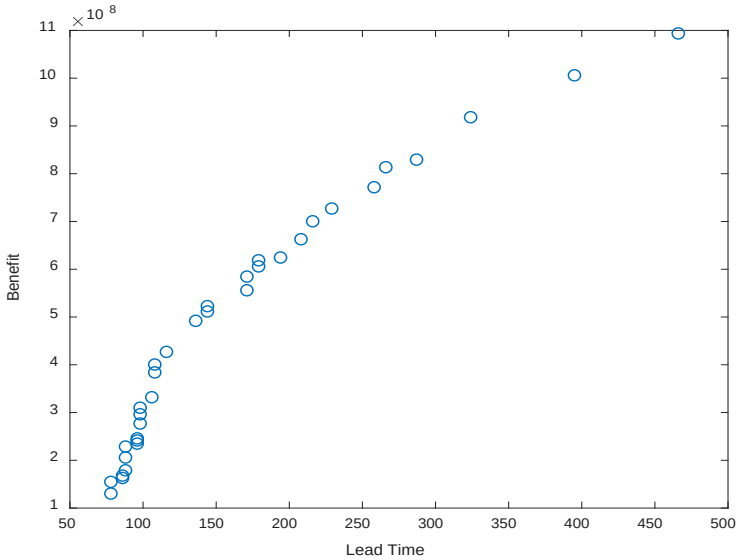
Archive of SID

را برای کالاهای آداپتور[1] 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
های‌ودز	٪۲۱
مَگنیتو	٪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.



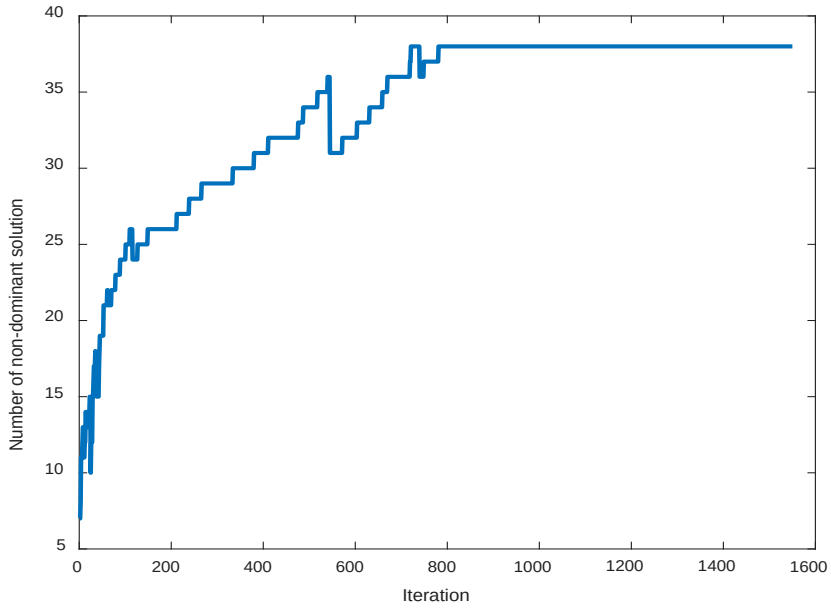
شکل ۱۰. جبهه‌ی پارتوی حاصل از حل مدل

1. Adapter

www.SID.ir

Archive of SID

تعداد جواب‌های نامسلط که در پایان هر تکرار به‌دست‌آمده است مطابق با شکل (۱۱) می‌باشد. نکته موردتوجه این است که تعداد جواب‌های نامسلط در انتهای هر تکرار به‌صورت غیر یکنوا تغییر می‌کند؛ زیرا ممکن است با یافتن یک جواب مسلط جدید تعدادی از جواب‌های پیشین تحت تسلط قرارگرفته و حذف شوند. در شکل (۱۱) نیز به‌عنوان‌مثال در تکرار ۵۸۱ با یافتن جواب‌های جدید، تعدادی از جواب‌های پیشین حذف‌شده و تعداد جواب‌های موجود در لیست کاهش یافته است.

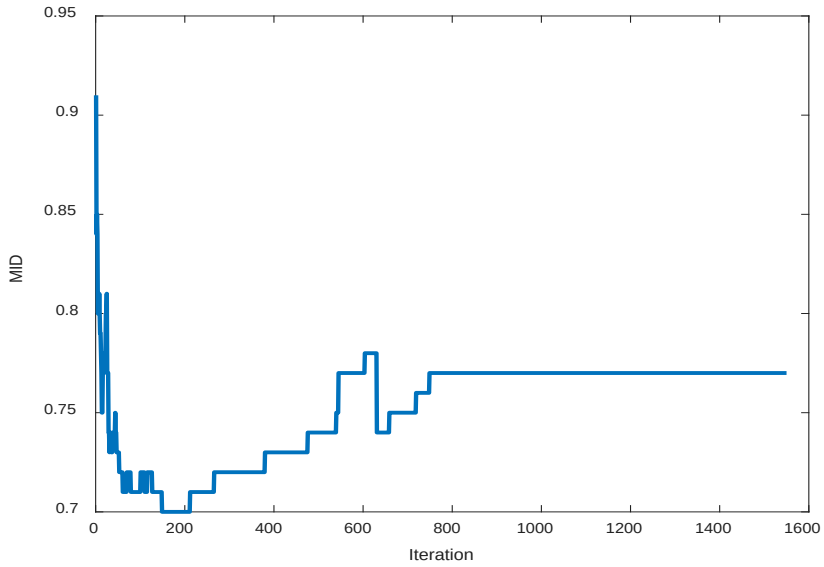


شکل ۱۱. تعداد جواب‌های موجود در لیست جواب‌های نامسلط

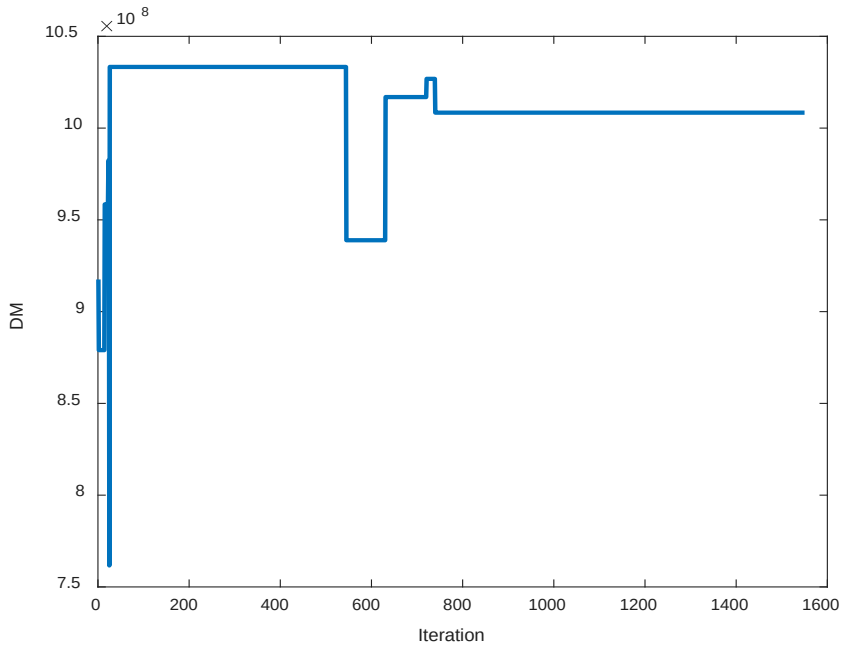
با توجه به تغییرات مربوط به لیست جواب‌ها در هر تکرار، شاخص‌های میانگین فاصله از ایده‌آل و شاخص تنوع نیز تغییر می‌کند. شکل‌های (۱۲) و (۱۳) نشان‌دهنده‌ی تغییرات مربوط به این شاخص‌ها در هر تکرار می‌باشد. مشخص است که شاخص‌ها از تکرار ۸۰۰ به بعد همگرا شده و مقدار میانگین فاصله از ایده‌آل برابر با ۰/۷۸۳ و شاخص تنوع برابر با $۱۰/۱\times۱۰^{۸}$ بوده است.

www.SID.ir

Archive of SID



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

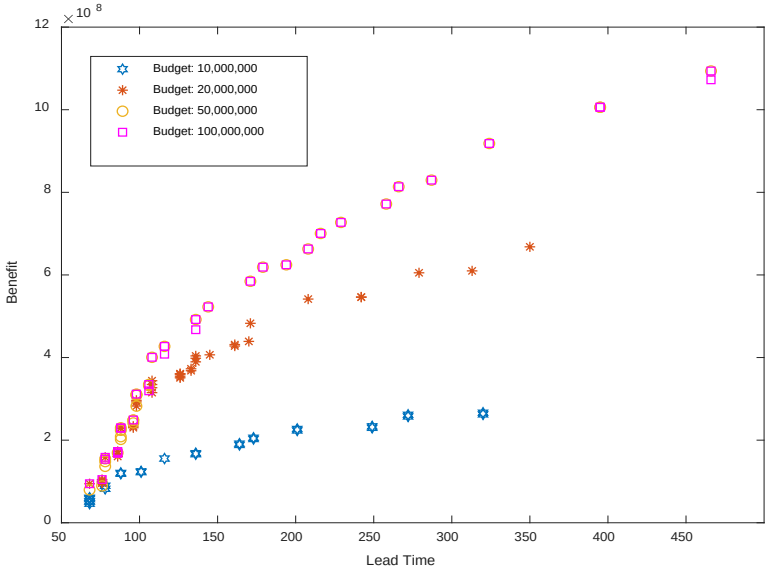


شکل ۱۳. تغییرات شاخص تنوع لیست جواب‌های نامسلط در هر تکرار

www.SID.ir

Archive of SID

در ادامه و به‌منظور 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 به‌صورت $\sum_{k=1}^{s_k}\sum_{j=1}^{n} C_{jk}d_{jk} \leq B$ معرفی گردید مشخص است که با افزایش مقدار بودجه، فضای جواب بزرگ‌تر شده و بنابراین جواب‌های به‌دست‌آمده تحت تسلط جواب‌هایی با بودجه کمتر قرار نخواهند گرفت. بر همین اساس، مدل پیشنهادی به ازای مقادیر مختلف بودجه حل‌شده و نتایج بر اساس شکل (۱۴) نمایش داده‌شده است. مشخص است که با افزایش بودجه، تنوع جواب بیشتر شده و همچنین جواب‌های پیشین با بودجه‌های کمتر مغلوب می‌گردند.

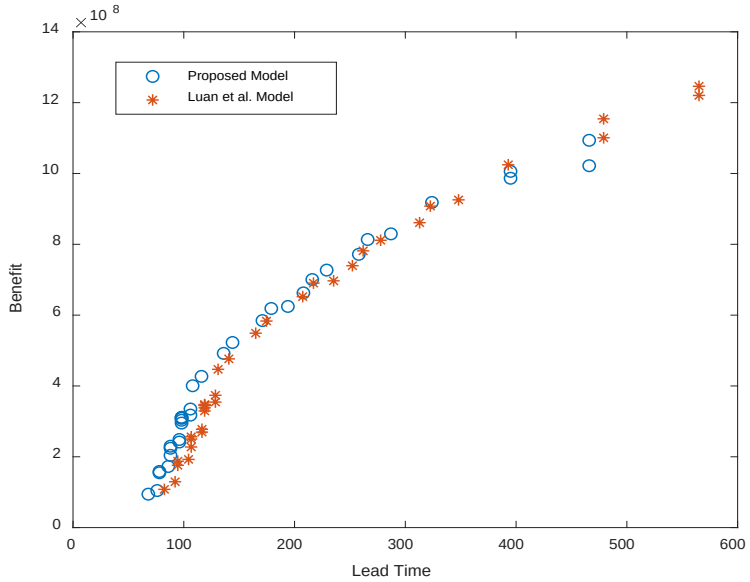


شکل ۱۴. جبهه‌ی پارتو به‌دست‌آمده به ازای مقادیر مختلف بودجه

به‌منظور انجام مقایسه، مدل لوآن و همکاران (۲۰۱۹) که در آن عمل انتخاب تأمین‌کنندگان به‌صورت ترکیبی انجام نمی‌گیرد در نظر گرفته‌شده 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.

www.SID.ir

Archive of SID



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

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

www.SID.ir

Archive of SID

ردیف	مدل لوآن و همکاران (۲۰۱۹)		مدل پیشنهادی	
	تابع زمان تدارک	تابع سود ($\times 10^8$)	تابع زمان تدارک	تابع سود ($\times 10^8$)
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

به‌منظور 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 ۲/۳۵۶۱- با و P_Value = ۰/۰۰۹۱۴ بوده و همچنین برای مقایسه تابع سود برابر با ۲/۶۲۲۹ با و P_Value = ۰/۰۰۴۴ 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 تأمین‌کنندگان باهدف بهینه‌سازی زمان تحویل و سود به‌صورت یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی عدد صحیح مدل‌سازی گردید. مدل مذکور با در نظر گرفتن نرخ جایگزینی برند و ریسک عدم تأمین امکان انتخاب تأمین‌کنندگان را به‌صورت ترکیبی ایجاد می‌نماید. برای مدل‌سازی اثر جایگزینی برند 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 برند برآورد شده و سپس مدل انتخاب تأمین‌کنندگان حل شد.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج اولیه از حل مدل با دو شاخص میانگین فاصله از ایده‌آل و تنوع جواب‌ها موردبررسی 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. به‌منظور بررسی نتایج به‌دست‌آمده، 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 ایده‌آل و تنوع، جواب‌های بهتری را در بر می‌گیرد. تحلیل حساسیت انجام‌شده بر روی محدودیت بودجه مشخص نمود تغییرات بودجه بر روی سود نهایی تأثیر بیشتری نسبت به زمان تدارک دارد. مدل پیشنهادی، درواقع سهم خرید از هر یک از تأمین‌کنندگان را باهدف بهبود سود نهایی تعیین می‌کند. در این رابطه برآورد اولیه تقاضای آتی به‌صورت قطعی در نظر گرفته‌شده است که همین پارامتر در صورت تبدیل به حالت احتمالی می‌تواند مدل استوارتری ایجاد کند.

تعارض منافع

در این تحقیق تعارض منافعی وجود ندارد.

ORCID

Ali Akbar Mohamadian **http://orcid.org/**

Masoud Simkhah **http://orcid.org/0000-0002-7198-7602**

www.SID.ir

Archive of SID

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.

www.SID.ir

Archive of SID

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.

www.SID.ir

Archive of SID

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.

www.SID.ir

Archive of SID

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.، سیم خواه، 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.

www.SID.ir