مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال پانزددهم ، شماره دوم (پیاپی۵۷)، تابستان ۹۷ ، ص ص ۱۲۳-۱۰۹
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱

ارایه مدلی تلفیقی برای انتخاب تامین‌کننده و تخصیص سفارش با استفاده از برنامه‌ریزی چندهدفه و تاپسیس تعدیل شده

کیخسرو یاکیده [1*]، زهرا سروری اشلیکی [2]، طاهره پورشیخ آهندانی [3]

۱- استادیار، دانشگاه گیلان، گروه مدیریت صنعتی، رشت، ایران

۲- دانشجوی دکتری، دانشگاه علامه طباطبایی، گروه مدیریت صنعتی، تهران، ایران

۳-کارشناس ارشد، دانشگاه گیلان، گروه مدیریت صنعتی، رشت، ایران

رسید مقاله: ۲۰ مهر ۱۳۹۵

پذیرش مقاله: ۱۰ اسفند ۱۳۹۵

چکیده

شرکت‌ها با هدف توسعه پایدار و بهبود مزیت رقابتی ناگزیرند تامین‌کنندگان را به عنوان جزیی از شایستگی محوری خود به حساب آورند؛ بنابراین مساله انتخاب تامین‌کننده به عنوان یک بخش مهم از تصمیمات استراتژیک این نوع شرکت‌ها باید مورد ملاحظه قرار گیرد. انتخاب تامین‌کننده اغلب به صورت یک مساله تصمیم‌گیری چند معیاره بیان شده است. وقتی تامین‌کنندگان انتخاب شدند، حل مساله تخصیص مقدار سفارش ضرورت می‌یابد که به معنی تعیین مقدار سفارش برای هر یک از تامین کنندگان است. بر این اساس حل مساله انتخاب تامین‌کننده و مساله تخصیص مقدار سفارش در قالب یک مدل جامع، به عنوان یک حوزه تحقیق، توجهات زیادی را به خود جلب کرده است. بر اساس تجربه تحقیقات پیشین بیان ریاضی یک مدل جامع برای حل این دو مساله، به شکل یک برنامه عدد صحیح مختلط چند هدفه ممکن می‌شود. این مقاله با فرض اینکه داده‌های دردسترس در مورد زمان تحویل نمونه‌ای از رفتار واقعی تامین‌کننده هستند، مفهوم توزیع نمونه‌گیری را برای بهبود جنبه‌ای عملی از مدل‌سازی مساله به کار می‌گیرد. یک روش حل ساده؛ اما نسبتاً متفاوت که بهینگی در حداقل یک هدف را تضمین می‌کند، نیز به کار رفته است.

کلمات کلیدی: انتخاب تامین‌کننده، تخصیص مقدار سفارش خرید ، برنامه‌ریزی چند هدفه ، تاپسیس تعدیل شده.

۱ مقدمه

دراقتصاد جهانی امروزه، شرکت‌ها با چالش‌های زیادی برای کاهش هزینه‌های عملیاتی، افزایش سود و حفظ مزیت رقابتی مواجه شده‌اند؛ لذا مجبورند از هرفرصتی برای بهینه‌سازی فرآیندهای کسب وکار و بهبود عملکرد کل زنجیره تامین بهره ببرند. برای بسیاری از شرکت‌ها خرید مواد اولیه از تامین‌کننده بسیار هزینه‌بر است [۱] و برای کسب مزیت رقابتی، توجه زیادی به انتخاب تامین‌کننده دارند.

* عهده‌دار مکاتبات

آدرس الکترونیکی: yakideh@guilan.ac.ir:

www.SID.ir

Archive of SID

اساساً دو نوع مساله انتخاب تامین کننده وجود دارد. در نوع اول، تامین کننده قادر است تمامی نیازهای خریدار را برآورده کند، در این مواقع مدیریت تنها باید یک تصمیم بگیرد: که کدام تامین کننده بهترین گزینه است؟ در نوع دوم، هیچ تامین کننده‌ای به تنهایی قادر به برآورده کردن تمامی نیازهای خریدار نمی‌باشد، در چنین شرایطی مدیریت به دلایلی همچون محیط با ثبات رقابتی تمایل به تقسیم سفارش ها بین تامین‌کنندگان دارد. در انتخاب تامین‌کنندگان، روش‌های متنوعی از جمله تحلیل‌پوششی داده‌ها، برنامه‌ریزی خطی، برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح، برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح و انواع روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه مورد توجه قرار گرفته‌اند که می‌توان به برخی از پژوهش‌های اخیر صورت گرفته در این حوزه، نظیر مطالعه چن و چن [۲]، ، تالو و ناچیگر [۳]، برانو [۴]، اشاره کرد.

از سوی دیگر، مساله تخصیص مقدار سفارش خرید به طور سنتی از مسایل تحقیق و عملیات بوده که در مدل‌های حمل‌ونقل مشاهده می‌شود. به عنوان نمونه می‌توان به تحقیقات کاوتاماچای و هاپ [۵] و یو و تسای [۶] اشاره کرد، که در اولی از طریق شبیه‌سازی و با تغییر درصد خرید از هر یک از تامین‌کنندگان به تخصیص بهینه دست یافته شد و در دومی از یک برنامه عدد صحیح برای تعیین مقدار خرید استفاده شده است.

رویکرد جدیدی نیز در حل این گونه مسایل وجود دارد، که مساله انتخاب تامین‌کنندگان و تخصیص مقدار سفارش را با هم مورد بررسی قرار می‌دهد تا از بین تعدادی تامین‌کننده تعداد کم تری را به عنوان تامین‌کنندگان بهتر برگزیده و مقدار سفارش به آن‌ها تخصیص یابد. مطالعاتی نظیر مقاله لین [۷] و صنایعی و همکاران [۸]، این دو مساله را با هم و البته در دوفاز جداگانه مورد توجه قرار داده‌اند.

در این مقاله هم، استفاده از یک مدل ترکیبی چند هدفه که قادر باشد به طور همزمان مساله انتخاب تامین کننده و تخصیص مقدار سفارش را حل کند، مورد توجه بوده است. تعریف حدبالای متوسط زمان تحویل بر مبنای مفاهیم احتمالات نمونه،که در یکی از توابع هدف نقش محوری دارد، از جمله ویژگی منحصر به فرد این مقاله است. تلاش شده در حل مدل از نوآوری‌های محققان در حوزه‌های متفاوت استفاده شود.

۲ پیشینه تحقیق

در یک نگاه کلی می‌توان مقالات مرتبط با انتخاب تامین‌کننده و تخصیص سفارش را در دو گروه اصلی و چهار گروه فرعی طبقه‌بندی کرد. این دو گروه اصلی عبارتند از :

۱) مقالاتی که صرفاً به یکی از دو مساله پرداخته‌اند. ۲) مقالاتی که هر دو مساله را مورد توجه قرار داده‌اند.

۱) مقالاتی که صرفا به یکی از دو مساله پرداخته اند.

این گروه از مقالات از حیث این‌که مساله انتخاب تامین‌کننده را محور بحث قرار داده‌اند یا به مساله تخصیص سفارش پرداخته اند، قابل طبقه بندی در دو گروه هستند.

الف) مساله انتخاب تامین‌کننده: در انتخاب تامین‌کننده روش‌های نسبتاً متنوعی مورد توجه قرار گرفته است که از این میان می‌توان به تحلیل‌پوششی داده‌ها، برنامه‌ریزی خطی، برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح، برنامه‌ریزی

www.SID.ir

غیرخطی عدد صحیح و انواع روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه مثل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی[1]، فرآیند تحلیل شبکه‌ای[2]، استدلال موردگرا[3] و تکنیک ترجیحات بر مبنای مشابهت به راه حل ایده‌آل[4] اشاره کرد.

به عنوان نمونه تالوری و همکاران [۹]، راس و همکاران [۱۰]، سیدل [۱۱]، وو و همکاران [۱۲] و تالو و نالچیگر [۳] به شیوه‌های مختلف مساله انتخاب تامین‌کننده را در قالب مدل تحلیل پوششی داده‌ها فرموله کرده‌اند. فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی به وفور برای انتخاب تامین‌کنندگان پیشنهاد شده است. از جمله هو و سو [۱۳]، اوردبادی [۱۴]، چن و چن [۲] و برانو و همکاران [۴] از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی برای انتخاب تامین‌کننده استفاده کردند و چوی و همکاران [۱۵]، از استدلال موردگرا استقبال کرده‌اند، حال آن‌که سارکیس و تالوری [۱۶]، بایازیت[۱۷]، جِنسر و گوربینار[۱۸]، فرآیند تحلیل شبکه‌ای را ترجیح داده‌اند.

ب) گروه دوم از مقالاتی که یکی از دو مساله انتخاب تامین‌کننده و تخصیص سفارش خرید را مورد بحث قرار داده‌اند، شامل مقالاتی می‌شود که به مساله تخصیص مقدار سفارش خرید پرداخته‌اند. مساله تخصیص مقدار سفارش خرید به طور سنتی از مسایل تحقیق و عملیات بوده که در مدل‌های حمل‌ونقل مشاهده می‌شود و در اینجا به ذکر یکی دو نمونه نظیر کاوتاماچای و هاپ [۵] و یو و تسای [۶] بسنده می‌شود، که در اولی از طریق شبیه-سازی و با تغییر درصد خرید از هر یک از تامین‌کنندگان به تخصیص بهینه دست یافته شد و در دومی از یک برنامه عدد صحیح برای تعیین مقدار خرید استفاده شده است.

۲) گروه دوم شامل مقالاتی می‌شود که مساله انتخاب تامین‌کننده و تخصیص مقدار سفارش را توامان مورد بررسی قرار داده‌اند. این گروه از مقالات را نیز می توان به دو گروه تقسیم کرد.

الف) مقالاتی که مساله انتخاب تامین‌کننده و مساله تخصیص سفارش را به طور مستقل و در دو فاز فرموله کرده‌اند:

از این نمونه می توان به مقاله لین [۷]که ترکیبی از فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی و برنامه‌ریزی خطی را در دو فاز به کار می‌گیرد اشاره کرد و یا صنایعی و همکاران [۸] را که ترکیبی از تئوری مطلوبیت و برنامه‌ریزی خطی مساله انتخاب تامین‌کننده و تخصیص سفارش را در دو فاز به انجام رسانده‌اند، مثال زد.

ب) گروهی از مقالات، مساله انتخاب تامین‌کننده و مساله تخصیص سفارش را در قالب یک مدل ترکیبی مورد ملاحظه قرار داده‌اند، از میان این مقالات می‌توان به مقاله هونگ و همکاران [۱۹] که یک برنامه خطی مختلط را به کار گرفتند و قدسی پور و اوبرین [۲۰] که یک برنامه غیرخطی مختلط را به‌کار گرفتند اشاره نمود. برخی از این مقالات در چارچوب یک مدل چندهدفه فرموله شده‌اند که قابلیت کاربردی بیش تری دارند. به عنوان نمونه وادهاو و راویندران [۲۱]، پس از ارایه یک مدل چند هدفه، روش‌های مختلف حل مدل چند هدفه را مورد مقایسه قرار دادند.

[1] AHP
[2] ANP
[3] CBR
[4] TOPSIS

www.SID.ir

در ایران نیز، مطالعاتی در این زمینه صورت گرفته که از آن‌جمله می‌توان به پژوهش باستانی و همکاران [۲۲] اشاره کرد که به ارایه یک مدل تلفیقی برای تخصیص محصولات به توزیع کنندگان در زنجیره تامین با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها و برنامه‌ریزی آرمانی می‌پردازند. محمدی‌زاد و همکاران [۲۳] نیز برای انتخاب تامین‌کنندگان یک مدل تصمیم‌گیری چند معیاره را بر پایه گسترش کارکرد کیفیت[1] و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و برنامه‌ریزی ریاضی به‌کار گرفته‌اند. خلاصه‌ای از مقالات مرور شده در تحقیق در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱. خلاصه ای از تحقیقات پیشین

مقالاتی که صرفاً به یکی از دو مساله پرداخته‌اند	مساله انتخاب تامین‌کننده	Talluri et al (۲۰۰۶) [۹], Ross et al (۲۰۰۶) [۱۰], Seydel et al (۲۰۰۶) [۱۱], Wu et al (۲۰۰۶) [۱۲], Saen (۲۰۰۸) [۲۴], Saen (۲۰۱۰) [۲۵], Toloo et al (۲۰۱۱) [۳]	تحلیل پوششی داده‌ها
		Talluri et al (۲۰۰۸) [۲۶]	برنامه‌ریزی خطی
		Bayazit (۲۰۰۶) [۱۷], Hou et al (۲۰۰۷) [۱۳], Ordoobadi (۲۰۱۰) [۱۴], Chan et al (۲۰۱۰) [۲], Bruno et al (۲۰۱۲) [۴]	فرآیند تحلیل سلسله مراتبی
		Choy et al (۲۰۰۲) [۱۵]	استدلال مورد گرا
		Sarkis (۲۰۰۲) [۱۶], Bayazit (۲۰۰۶) [۱۷], Gencer et al (۲۰۰۷) [۱۸]	فرآیند تحلیل شبکه‌ای
	مساله تخصیص سفارش خرید	Kawtummachai et al (۲۰۰۵) [۵]	شبیه‌سازی
		Yu et al (۲۰۰۸) [۶]	برنامه عدد صحیح
	گروهی از مقالاتی که مساله انتخاب تامین‌کننده و مساله تخصیص سفارش را به طور مستقل و در دو فاز فرموله کرده‌اند	Lin (۲۰۰۹) [۷]	فرآیند تحلیل شبکه ای فازی و برنامه‌ریزی خطی
		Sanayei et al (۲۰۰۸) [۸]	تئوری مطلوبیت و برنامه‌ریزی خطی
مقالاتی که هر دو مساله را مورد توجه قرار داده‌اند	گروهی از مقالات که مساله انتخاب تامین‌کننده و مساله تخصیص سفارش را در قالب یک مدل ترکیبی مورد ملاحظه قرار داده‌اند	Hong et al (۲۰۰۵) [۱۹]	برنامه خطی مختلط
		Ghodsypour et al (۲۰۰۱) [۲۰]	برنامه غیر خطی مختلط
		Wadhwa et al (۲۰۰۷) [۲۱]	مدل چند هدفه

[1] QFD

Archive of SID

www.SID.ir

در این مقاله از مرور مقالاتی که از مفاهیم فازی استفاده کردند صرف نظر شده است. به هر حال روشن است که استفاده از یک مدل ترکیبی چند هدفه که قادر باشد به طور همزمان مساله انتخاب تامین‌کننده و تخصیص مقدار سفارش را حل کند مورد توجه بوده است.

اما گرایش کلی به حل یک چنین مدل چند هدفه‌ای استفاده از روش‌های کلاسیک مثل برنامه‌ریزی خطی آرمانی است. به علاوه اینکه روش‌های متنوعی برای فرموله کردن اهداف نسبتاً مشابه به کار گرفته شده است. در این مقاله ضمن افزودن به تنوع این مدل‌ها روش حل مبتکرانه‌ای به کار گرفته می‌شود که از ویژگی تئوریک قابل دفاعی برخوردار است و در ادبیات این موضوع سابقه‌ای از آن مشاهده نمی شود. سابقه استفاده از این روش را می‌توان در مقاله تسو [۲۷] پیدا کرد که در زمینه‌ای متفاوت ؛ اما نزدیک به موضوع یعنی کنترل موجودی فرموله شده است.

۳ مدل ریاضی

همان طور که اشاره شد مساله انتخاب تامین‌کننده یک مساله چند شاخصه است که در یک فضای تصمیم گسسته فرموله می‌شود، به طوری که از میان چند تامین‌کننده، یک یا چند تامین‌کننده انتخاب می‌گردند که در مجموع شاخص‌های ارزیابی، بهتر باشند. از سوی دیگر مساله تخصیص سفارش‌ها نیازمند تعیین مقدار سفارش است که اغلب به عنوان مساله برنامه‌ریزی خطی فرموله شده است. با توجه به سوابق ذکر شده در قسمت ادبیات در این مقاله مدلی چند هدفه ارایه می‌گردد. در اینجا ضمن ارتقای سطح کاربردی مدل‌های پیشین از طریق تبدیل فضای گسسته به پیوسته [۲۸]، از روش حل نسبتاً متفاوتی برای حل مساله استفاده می‌شود که دستیابی به جوابی را امکان پذیر می‌سازد که حداقل از حیث یکی از اهداف بهینه باشد.

به بیان دیگر تصمیم‌گیرنده که با تخصیص وزن به اهداف، ترجیحات خود را در مساله اعمال کرده، نهایتاً بهینگی یکی از اهداف راکه ممکن است هدف ارجح خود نباشد ، می‌پذیرد. در این مدل از آن‌جا که از مفهوم نزدیک‌ترین فاصله به ایده‌آل مثبت و دورترین فاصله از ایده‌آل منفی استفاده می‌شود، ضمن دستیابی به جواب بهینه براساس یک هدف، جواب مساله کم ترین فاصله را به بهینگی اهداف دیگر و بیش ترین فاصله را با بدترین نتایج، خواهد داشت. شکل عمومی این مدل به قرار زیر است.

www.SID.ir

$$
\begin{aligned}
& z_1 = \min \sum_{i=1}^{n} C_i x_i + D_i y_i \\
& z_2 = \min \sum_{i=1}^{n} d_i x_i \\
& z_3 = \max \sum_{i=1}^{n} q_i x_i \\
& \sum x_i = Q \\
& \sum y_i = m \\
& 0 \le x_i \le k_i y_i \\
& y_i = 0 \; or \; 1 \\
& x_i \;\; \text{int} eger
\end{aligned}
\qquad (1)
$$

- **تعریف اجزای مدل**
- **پارامترها**

Q مقدار کل تقاضای کالا در یک دوره که می‌تواند براساس روش شناخته شده گسترش کارکرد کیفیت محاسبه گردد (به واحد محصول)

d_i حد بالای متوسط زمان تحویل کالای تامین‌کننده i ام (به واحد زمان)

q_i وزن نسبی تامین کننده i ام به لحاظ کیفیت محصولات (اسکالر)

D_i هزینه حمل هر محموله از تامین کننده i ام تا مقصد (به واحدریال)

C_i قیمت خرید محصول از تامین کننده i ام (به واحد ریال)

k_i ظرفیت تامین کننده i ام (به واحد محصول)

m تعداد تامین‌کنندگان منتخب (به واحد شرکت)

از مجموعه پارامترها، دو پارامتر d_i و q_i نیاز به محاسبه دارند، بقیه پارامترها بر حسب شرایط مساله مشخص می‌شوند. در ذیل در مورد نحوه محاسبه این دو پارامترها توضیح داده می‌شود.

- **محاسبه حد بالای متوسط زمان تحویل کالا (d_i)**

در این تحقیق به منظور ملاحظه زمان تحویل تامین‌کنندگان از شاخصی با عنوان حدبالای متوسط زمان تحویل استفاده می شود که با استفاده از مفاهیم احتمالات نمونه و با پذیرش این فرض اساسی ساخته شده که با داده‌های موجود از سوابق تحویل تامین‌کننده می‌توان به عنوان یک نمونه تصادفی رفتار کرد.

فرض می‌شود زمان‌های تحویل مشاهده شده نمونه‌ای به حجم n از مجموعه بزرگ تری از زمان‌های تحویل است که زمان‌های تحویل آتی تامین‌کننده هم عضو آن مجموعه است. هدف این است حداکثر متوسط زمان تحویل در هر n تحویل محتمل آتی محاسبه شود. اگر میانگین زمان تحویل کالا در گذشته را با نماد $\overline{t_i}$

www.SID.ir

Archive of SID

نشان دهیم آنگاه $\overline{t_i}$ چون میانگین یک نمونه تصادفی فرض شده، داده‌ای از توزیع نمونه‌گیری میانگین زمان تحویل است. با فرض نرمال بودن توزیع احتمال زمان تحویل و یا وجود بیش تر از ۳۰ مورد سوابق براساس قضیه حد مرکزی توزیع نمونه‌گیری میانگین نرمال و حد بالای آن از رابطه (۲) قابل محاسبه است.

$$d_i = \bar{t}_i + z_{\frac{\alpha}{2}}, \frac{\sigma_t}{\sqrt{n}} \qquad (۲)$$

$z_{\frac{\alpha}{2}}$ در رابطه(۲) مقداری از توزیع نرمال است که سطح زیر منحنی در سمت مقادیر بزرگ تر از آن برابر آلفا دوم باشد و منظور از σ_t، انحراف معیار مجموعه داده‌های مربوط به زمان تحویل است که فرض شد زمان‌های آتی هم عضو آن است. روشن است که این مقدار در دسترس نیست و به جای آن باید از تخمین نقطه‌ای آن s_t ؛ یعنی انحراف معیار زمان‌های تحویل در نمونه ای به حجم n استفاده کرد. در این صورت لازم است توزیع نرمال را با توزیع تی استیودنت جایگزین کرد و از رابطه (۳) استفاده کرد.

$$d_i = \bar{t}_i + t_{\frac{\alpha}{2},n-1}, \frac{s_t}{\sqrt{n}} \qquad (۳)$$

به هر حال در هر رو رابطه (۲) و (۳) منظور از d_i یا همان حد بالای متوسط زمان تحویل، مقداری است که انتظار می‌رود میانگین n زمان تحویل آتی با احتمال بسیار زیاد، یک آلفا دوم از آن کم‌تر باشد ؛ اما در صورت عدم وجود داده‌های کافی و عدم شرایط پذیرش فرض نرمال برای زمان تحویل، مقدار d_i را نمی‌توان از روی توزیع نرمال یا تی اسیودنت محاسبه کرد. برای چنین شرایطی به کارگیری قضیه چی‌بی‌شف بر روی توزیع نمونه‌گیری میانگین می تواند راهگشا باشد. به این منظور کافی است از رابطه (۴) استفاده شود.

$$d_i = \bar{x}_i + \sqrt{\frac{1}{a}}, \frac{s_t}{\sqrt{n}} \qquad (۴)$$

در روابط (۲) و(۳) و (۴) برای حصول اطمینان بیش تر می‌توان مقدار آلفا را تا حد امکان کم در نظر گرفت. منظور از حصول اطمینان بیش‌تر این است که به احتمال کم‌تر بودن میانگین n زمان تحویل آتی از حد بالای d_i افزایش یابد. برای مطالعه مبانی آماری استدلال‌های فوق می‌توان به منابع آمار استنباطی [۲۹] مراجعه کرد.

- **محاسبه وزن کیفیت محصول (q_i)**

برای تخصیص وزن‌هایی که کیفیت محصول تامین‌کنندگان را مشخص کند به سادگی می‌توان از مقایسات زوجی تامین‌کنندگان استفاده کرد. مقایسات زوجی مطابق آنچه در تحلیل سلسله مراتبی انجام می‌شود در مقیاس ۱ تا ۹ ساعتی انجام و در صورت مشارکت بیش از یک تصمیم‌گیرنده میانگین هندسی آن محاسبه شده در قالب

www.SID.ir

یک ماتریس مربع ارایه می شود. بردار ویژه این ماتریس مربع اهمیت گزینه‌هایی راکه دو به دو مقایسه شده‌اند نشان می‌دهد. شرط اساسی این است که مقایسات زوجی انجام شده به اندازه کافی سازگار باشند. برای درک جزییات روش و نحوه محاسبه نرخ ناسازگاری می‌توان به منبع [۳۰] مراجعه کرد.

- **متغیرها**

x_i مقدار خرید تامین‌کننده i ام با واحد قطعه.

y_i متغیر صفر و یک (انتخاب شدن و یا انتخاب نشدن تامین‌کننده i ام).

- **توابع هدف**
- **تابع هدف هزینه (z_1)**

این تابع که در رابطه (۵) باز نمایش داده شده است، هزینه حمل و بهای کالای خریداری شده را حداقل می‌کند. بدیهی است که هزینه حمل به انجام و عدم انجام عملیات حمل بستگی دارد و متغیر صفر و یک این امکان را فراهم می‌کند که در صورت عدم خرید از تامین کننده i ام این هزینه محاسبه نشود.

$$z_1 = \min \sum_{i=1}^{n} C_i x_i + D_i y_i \qquad (۵)$$

- **تابع هدف زمان تحویل (z_2)**

این تابع که در رابطه (۶) باز نمایش داده شده است، هدف حداقل کردن زمان تحویل تامین‌کنندگان منتخب را بر عهده دارد و تلاش طبیعی تصمیم‌گیرنده برای حداکثر میزان خرید از تامین‌کنندگان با زمان تحویل کم تر را مدل کرده است.

$$z_2 = \min \sum_{i=1}^{n} d_i x_i \qquad (۶)$$

- **تابع هدف کیفیت (z_3)**

این تابع که در رابطه (۷) بازنمایش داده شده است، با تخصیص مقادیر بیش‌تر x_i به تامین‌کنندگانی با وزن ترجیحی q_i بیش‌تر، خرید از تامین‌کنندگان با وزن کیفی بیش‌تر را مدل می‌کند. x_i در این مدل عدد صحیح در نظر گرفته شده است [۳۱] و [۳۲].

$$z_3 = \max \sum_{i=1}^{n} q_i x_i \qquad (۷)$$

- **محدودیت‌ها**
- **محدودیت مقدار تقاضا**

این محدودیت که در رابطه (۸) باز نمایش داده شده است مجموع کالای مورد نیاز را در مدل مشخص می‌کند.

$$\sum x_i = Q \qquad (۸)$$

- **محدودیت تعداد تامین کنندگان**

www.SID.ir

Archive of SID

این محدودیت که در رابطه(۹) باز نمایش داده شده است تضمین می‌کند که مدل از میان تامین‌کنندگان معرفی شده تعداد مشخصی از آن ها را بر می‌گزیند. m تعداد مجاز تامین‌کنندگان است.

$$\sum y_i = m \qquad (۹)$$

- **محدودیت ظرفیت تامین‌کننده منتخب**

این محدودیت که در رابطه (۱۰) باز نمایش داده شده است، تضمین می‌کند که از تامین کننده iام یا خرید انجام نمی‌شود یا خریدی به مقدار x_i کم‌تر از حداکثر ظرفیت تامین‌کننده، سفارش داده می‌شود. x_i در این مدل عدد صحیح در نظر گرفته شده و مدل برای خرید کالاهایی با واحد اندازه‌گیری گسسته قابل کاربرد است.

$$\circ \le x_i \le k_i y_i \qquad (۱۰)$$

- **محدودیت انتخاب یا عدم انتخاب تامین‌کننده**

این محدودیت که در رابطه (۱۱) باز نمایش داده شده است، طبیعت صفر یا یک بودن متغیر انتخاب تامین‌کننده را نشان می‌دهد.

$$y_i = \circ or ۱ \qquad (۱۱)$$

- **محدودیت واحد تقاضا**

این محدودیت که در رابطه (۱۲) نمایش داده شده است، تضمین می‌کند مقدار خرید از هر تامین‌کننده عدد صحیح باشد چون واحد تقاضا از تامین‌کنندگان قطعه است.

$$x_i \quad \text{int}eger \qquad (۱۲)$$

۴ روش حل

هر یک از اهداف $z_۱$ و $z_۲$ و $z_۳$ با توجه به محدودیت‌های مساله به صورت یک مدل برنامه‌ریزی خطی صفر و یک عدد صحیح قابل حل است. برای حل این مدل نرم افزار لیندو[1] از قابلیت محاسباتی کافی برخوردار است.

با حل هر یک از توابع هدف، مقدار خرید از هر یک از تامین‌کنندگان مشخص می‌شود. به بیان دیگر به تعداد توابع هدف جواب بهینه وجود دارد و هر جواب بهینه مقادیر خرید از تعداد مجاز تامین‌کنندگان را مشخص می‌کند، به این ترتیب پاسخ های مدل در جدولی به مشابه جدول ۲ قابل ارایه خواهند بود. در جدول۲، منظور از $oz_۱$ و $oz_۲$ و $oz_۳$، به ترتیب جواب‌های بهینه بر اساس توابع هدف $z_۱$ و $z_۲$ و $z_۳$ هستند و مقادیر داخل جدول مقدار هر تابع هدف را به ازای جواب بهینه متناظر با سطر نشان می‌دهد. به طور مثال $z_{۱۲}$ مقدار تابع هدف $z_۲$ به ازای جواب بهینه $oz_۱$ است.

[1] Lindo

www.SID.ir

جدول۲. فرم کلی جواب حاصل از تک تک مدل ها

	Z_1	Z_2	Z_3
OZ_1	Z_{11}	Z_{12}	Z_{13}
OZ_2	Z_{21}	Z_{22}	Z_{23}
OZ_3	Z_{31}	Z_{32}	Z_{33}

در اینجا برای انتخاب یک جواب بهینه از مفاهیم تاپسیس تعدیل شده استفاده می‌شود که حداقل یک تابع هدف را بهینه کند و از بهینگی توابع هدف دیگر فاصله کم تری داشته باشد، بر اساس روش تکنیک ترجیحات بر مبنای مشابهت به راه حل ایده‌آل ابتدا ماتریس تصمیم با استفاده ازرابطه (۱۳) به نرم اقلیدسی تبدیل می‌یابد.

$$r_{ij} = \frac{z_{ij}}{\sqrt{\sum z_{ij}^2}} \qquad (۱۳)$$

پس از این مرحله وزن هر شاخص در مؤلفه‌ها مطابق رابطه (۱۴) اثر داده می‌شود.

$$v_{ij} = w_j r_{ij} \qquad (۱۴)$$

پس از موزون شدن ماتریس تصمیم، این بار مقادیر متناظر با هرگزینه، مؤلفه‌های برداری یک نقطه تلقی می‌گردند و فاصله برداری این نقطه از نقاط فرضی ایده‌آل مثبت و منفی به عنوان معیارهای مشابهت در نظر گرفته می‌شوند. مجموعه‌های ایده‌آل مثبت و منفی به ترتیب مطابق روابط (۱۵) و(۱۶) تعریف می‌شود.

$$v^+ = \left\{v_1^+, ..., v_n^+\right\} = \left\{\left(\max v_{ij} \,|\, j \in J\right), \left(\min v_{ij} \,|\, j \in J\right)\right\} \qquad (۱۵)$$

$$v^- = \left\{v_1^-, ..., v_n^-\right\} = \left\{\left(\min v_{ij} \,|\, j \in J\right), \left(\max v_{ij} \,|\, j \in J\right)\right\} \qquad (۱۶)$$

در روابط فوق منظور از J شاخص‌های سود و منظور از j شاخص‌های هزینه است. معیارهای مشابهت به ایده آل مثبت و منفی درشیوه حل معمول تاپسیس به ترتیب مطابق روابط (۱۷) و (۱۸) هستند.

$$s_i^+ = \sqrt{\sum \left(v_{ij} - v_j^+\right)^2} \qquad (۱۷)$$

$$s_i^- = \sqrt{\sum \left(v_{ij} - v_j^-\right)^2} \qquad (۱۸)$$

اما دنگ و همکاران [۳۳]، برخلاف شیوه حل معمول تاپسیس، کاربرد فاصله اقلیدسی موزون به جای موزون کردن ماتریس تصمیم را پیشنهاد کردند. آن‌ها استدلال می‌کردند در تکنیک ترجیحات بر مبنای مشابهت به راه حل ایده‌آل همه گزینه‌ها با ایده‌آل مثبت و منفی مقایسه می‌شوند و مستقیماً با هم مقایسه نمی‌شوند؛ لذا منطقی است که اوزان در اندازه فواصل جذب شوند. شایور [۳۴]، که از این روش استقبال کرده اشاره می‌کند که با استفاده از ماتریس تصمیم موزون به روش هوانگ و یون، اوزان که اعدادی بین صفر و یک هستند به توان دوم می‌رسند و اثر ناچیزی خواهند داشت؛ ولی در روش دنگ و همکاران اوزان اثر بیش‌تری پیدا می‌کنند؛ بنابراین

www.SID.ir

اگر شیوه حل دنگ و همکاران [۳۳]، که با نام تاپسیس تعدیل شده شناخته می‌شود، مبنا قرار گیرد معیارهای مشابهت به ایده آل مثبت و منفی به ترتیب مطابق روابط (۱۹) و (۲۰) و معیار اصلی تصمیم‌گیری درباره گزینه‌ها که شاخص نزدیکی نسبی نامیده می‌شود مطابق رابطه (۲۱) محاسبه می‌شود.

$$s_i^+ = \sqrt{\sum w_j \left(r_{ij} - r_j^+\right)^2} \quad (۱۹)$$

$$s_i^- = \sqrt{\sum w_j \left(r_{ij} - r_j^-\right)^2} \quad (۲۰)$$

$$Cl = \frac{s_i^-}{s_i^+ + s_i^-} \quad (۲۱)$$

۵ مطالعه موردی

برنامه‌ریزی برای انتخاب تامین‌کننده و تخصیص مقدار سفارش یک قطعه الکترونیکی برای اندازه‌گیری فشار در فیلترهای گاز خشک به عنوان مطالعه موردی در این مقاله مد نظر بوده است. بر این اساس مدل زیر از مجموعه اطلاعات لازم ساخته شده است.

$$\begin{aligned}
&Min\ Z_1 = ۱۸۰۰x_1 + ۱۷۸۰x_2 + ۱۷۹۰x_3 + ۱۸۰۰x_4 + ۵۰۰۰۰y_1 + ۶۳۰۰۰y_2 + ۶۰۰۰۰y_3 + ۵۷۰۰۰y_4 \\
&Min\ Z_2 = ۱۳/۰۶x_1 + ۱۳/۶۵x_2 + ۱۳/۹۵x_3 + ۱۲/۹۵x_4 \\
&Max\ Z_3 = ۰/۱۳۲x_1 + ۰/۲۰۸x_2 + ۰/۵۲۸x_3 + ۰/۱۳۲x_4 \\
&x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = ۱۲۰۰ \\
&x_1 \le ۳۵۰y_1 \\
&x_2 \le ۴۵۰y_2 \\
&x_3 \le ۵۵۰y_3 \\
&x_4 \le ۴۰۰y_4 \\
&y_1 + y_2 + y_3 + y_4 = ۳ \\
&y_i = ۰ \vee ۱ \\
&x_i \ \ integer
\end{aligned} \quad (۲۲)$$

در تابع هدف z_1، ضرایب متغیرهای x_1 تا x_4 قیمت (به ریال) خرید هر قطعه از تامین کننده iام و ضرایب متغیرهای y_1 تا y_4 ، هزینه حمل (به ریال) هر بارحمل محموله از تامین‌کننده iام است. ضرایب در تابع هدف z_2 از طریق سوابق زمان تحویل چهار تامین‌کننده، با توجه به رد فرض نرمال بودن توزیع نمونه‌گیری به دلیل کم بودن مقادیر در دسترس و نرمال نبودن آن ها، با در نظر گرفتن آلفای یک صدم مطابق رابطه (۳) که منطبق بر قاعده چی بی‌شف است، به دست آمده است. ضرایب تابع هدف z_3 از طریق مقایسه زوجی کیفیت محصولات چهار تامین‌کننده با استفاده از مقیاس ۱ تا ۹ ساعتی ساخته شده است. میانگین هندسی قضاوت‌های تصمیم‌گیرنده با نسبت سازگاری $CR = ۰/۰۲۹$ و بردار وزن‌های حاصل از آن در جدول ۳ آمده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۳. قضاوت زوجی در مورد کیفیت محصول تامین کنندگان و وزن های حاصل

	۱	۲	۳	۴	وزن‌ها
۱	۱	۰/۱۶۷	۰/۱۱۱	۱	۰/۱۳۲
۲	۶	۱	۰/۲	۰/۵	۰/۲۰۸
۳	۹	۵	۱	۰/۲۵	۰/۵۲۸
۴	۱	۰/۱۶۷	۰/۱۱۱	۱	۰/۱۳۲

محدودیت اول در مدل، مجموع تقاضای خرید برابر با مقدار ۱۲۰۰ را تضمین می‌کند. ضرایب y_i در محدودیت-های دیگر حداکثر ظرفیت چهار تامین‌کننده است. محدودیت آخر خرید حداکثر از سه تامین‌کننده را بر اساس تصمیمات مدیریت بر مدل تحمیل می‌کند. جواب بهینه هر یک از توابع سه‌گانه در سه سطر جدول ۴ قابل مشاهده است.

جدول۴. جواب های بهینه اهداف مدل

	$X_۱$	$X_۲$	$X_۳$	$X_۴$
$OZ_۱$	۲۰۰	۴۵۰	۵۵۰	۰
$OZ_۲$	۳۵۰	۴۵۰	۰	۴۰۰
$OZ_۳$	۰	۴۵۰	۵۵۰	۲۰۰

در جدول ۵ که در واقع جدول تصمیم برای روش تکنیک ترجیحات بر مبنای مشابهت به راه حل ایده‌آل است، مقدار هر یک از توابع بر حسب جواب بهینه یک تابع هدف نوشته شده است.

جدول۵. جدول مقدار توابع هدف به ازای جواب های بهینه

	$Z_۱$	$Z_۲$	$Z_۳$
$OZ_۱$	۲۳۱۸۵۰۰	۱۶۴۲۷	۴۱۰/۴
$OZ_۲$	۲۳۲۱۰۰۰	۱۵۸۹۳/۵	۱۹۲/۶
$OZ_۳$	۲۳۲۵۵۰۰	۱۶۴۰۵	۴۱۰/۴

لازم است ترجیحات تصمیم‌گیرنده نسبت به اهداف سه‌گانه را در قالب اوزان با مجموع صفر اخذ شود تا به عنوان وزن شاخص‌ها در تکنیک ترجیحات بر مبنای مشابهت به راه حل ایده‌آل به کار رود. به این منظور مقایسات زوجی از تصمیم‌گیرندگان در مقیاس ۱ تا ۹ ساعتی اخذ شده که میانگین هندسی مقایسات با نسبت سازگاری $CR = ۰/۰۷۱$ به همراه وزن‌های حاصل درجدول ۶ نمایش داده شده است. این اوزان در تکنیک ترجیحات بر مبنای مشابهت به راه حل ایده‌آل تعدیل‌شده برای محاسبه معیار مشابهت با ایده‌آل‌های مثبت و منفی به کار می‌رود.

www.SID.ir

جدول۶. قضاوت زوجی در مورد اهمیت اهداف و وزن های حاصل از آن

	z_1	z_2	z_3	اوزان
z_1	۱	۷	۶	۰/۷۵۱
z_2	۰/۱۴۳	۱	۲	۰/۱۵۰
z_3	۰/۱۶۷	۰/۵	۱	۰/۰۹۹

با به کارگیری نرم اقلیدسی ماتریس تصمیم که در جدول ۵ نمایش داده شده به جدول ۶ تبدیل می‌شود. در جدول ۷ ایده‌آل‌های مثبت و منفی نیز با عناوین PI و NI نشان داده شده‌اند.

جدول۷. ماتریس تصمیم تبدیل یافته به نرم اقلیدسی

وزن‌ها	۰/۷۵۱	۰/۱۵۰	۰/۰۹۹
	z_1	z_2	z_3
oz_1	۰/۵۷۷	۰/۵۸۴	۰/۶۷۱
oz_2	۰/۵۷۷	۰/۵۶۵	۰/۳۱۵
oz_3	۰/۵۷۸	۰/۵۸۳	۰/۶۷۱
PI	۰/۵۷۷	۰/۵۶۵	۰/۶۷۱
NI	۰/۵۷۸	۰/۵۸۴	۰/۳۱۵

معیار مشابهت با ایده‌آل های مثبت و منفی و معیار نزدیکی نسبی با استفاده از روابط(۱۹) و(۲۰) و (۲۱) محاسبه می‌شوند. بیشینه و یا کمینه بودن تابع هدف، هزینه یا سود بودن معیار را مشخص می‌کند. نتیجه محاسبات در جدول ۸ نشان داده شده است.

جدول۸. مشابهت به ایده‌آل مثبت و منفی و نزدیکی نسبی

	S^+	S^-	Cl
oz_1	۰/۰۰۷	۰/۱۱۲	۰/۹۳۹
oz_2	۰ /۱۱۲	۰/۰۰۷	۰/۰۶۲
oz_3	۰/۰۰۷	۰/۱۱۲	۰/۹۴۰

مشاهده می‌شود که معیار نزدیکی برای جواب بهینه تابع هدف z_2 از مقدار کم تری برخوردار است؛ بنابراین جواب oz_2 که در جدول ۹ مشخص شده، انتخاب می‌گردد.

جدول۹. جواب بهینه منتخب

	x_1	x_2	x_3	x_4
oz_2	۳۵۰	۴۵۰	۰	۴۰۰

www.SID.ir

۶ نتیجه‌گیری و پیشنهادها

مدل‌سازی ریاضی برای انتخاب تامین‌کننده و تخصیص مقدار سفارش خرید در قالب یک فاز تصمیم گیری، موضوعی است که به مرور مورد توجه محققان قرار گرفته است.

از آنجا که در انتخاب تامین‌کننده همواره معیارهای چندگانه مدنظر بوده است و تخصیص میزان سفارش خرید را نیز می‌توان از شکل سنتی آن ؛ یعنی با هدف کاهش هزینه با انتقال به محیطی چند معیاره توسعه و بهبود داد، انتخاب تامین‌کننده و تخصیص مقدار سفارش خرید را می‌توان در قالب یک مدل چندهدفه فرموله کرد. علی‌رغم تنوع تلاش محققان در حوزه انتخاب تامین‌کننده و تخصیص مقدار سفارش خرید، تلاش محققان در فرموله کردن این مساله در قالب مدل‌های چند هدفه هنوز گستردگی و تنوع زیادی ندارد.

در این مقاله یک مدل چند معیاره ارایه شده که دست کم از حیث احتساب هزینه حمل در تابع هدف و نوع استفاده از مفاهیم آماری برای حداقل‌سازی حداکثر زمان تحویل از مدل‌های پیشین متمایز است. نکته حایز اهمیت در این مقاله تلاش انجام شده برای تجمیع نوآوری‌های محققان از حوزه‌های متفاوت است. به عنوان مثال، روش برگزیده برای حل مدل؛ یعنی استفاده از تاپسیس برای حل مساله برنامه چند هدفه، اگرچه سابقا در موضوع کنترل موجودی استفاده شده، ولی درحوزه مطالعاتی انتخاب تامین کننده و تخصیص مقدار سفارش، یک روش جدید می باشد. تاپسیس اگرچه روشی شناخته شده است؛ اما ویرایش تعدیل شده آن کم‌تر مورد توجه محققان قرار گرفته است. ایده بهبود مدل و ارایه روش‌های حل بدیع‌تر مبنای خوبی برای تحقیقات آتی می‌تواند باشد.

منابع

[۲۲] باستانی، م.، کتابی، س.، قندهاری، م.، (۱۳۹۳). ارایه یک مدل تلفیقی برای تخصیص محصولات به توزیع‌کنندگان در زنجیره تامین با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها و برنامه‌ریزی آرمانی، مطالعه موردی صنعت خودرو، تحقیق در عملیات و کاربردهای آن، ۱۱(۱) ، ۱۳۱-۱۱۹.

[۲۳] محمدی‌زاد، ف.، مصدق‌خواه، م.، حسن‌پور، ح.، (۱۳۹۱). مدل تلفیقی QFD، AHP و برنامه‌ریزی آرمانی، جهت انتخاب بهترین تامین‌کننده و تخصیص اندازه سفارش در صنعت پوشاک. مدیریت زنجیره تامین، ۱۴(۳)، ۶۱ – ۵۰.

[۲۸] مهرگان؛ م.،(۱۳۸۶). تصمیم گیری با چندین هدف، انتشارات دانشگاه تهران.

[۲۹] آذر،ع، مومنی، م.، (۱۳۹۵). آمار و کاربرد آن در مدیریت، انتشارات سمت.

[۳۰] قدسی‌پور،ح.، (۱۳۹۵). فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

[1] Guo, C., & Li, X. (2014). A multi-echelon inventory system with supplier selection and order allocation under stochastic demand. International Journal of Production Economics, 151, 37-47.

[2] Chan, F. T., & Chan, H. K. (2010). An AHP model for selection of suppliers in the fast-changing fashion market. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 51(9-12), 1195-1207.

[3] Toloo, M., & Nalchigar, S. (2011). A new DEA method for supplier selection in presence of both cardinal and ordinal data. Expert Systems with Applications, 38(12), 14726-14731.

[4] Bruno, G., Esposito, E., Genovese, A., & Passaro, R. (2012). AHP-based approaches for supplier evaluation: Problems and perspectives. Journal of Purchasing and Supply Management, 18(3), 159-172.

[5] Kawtummachai, R., & Van Hop, N. (2005). Order allocation in a multiple-supplier environment. International Journal of Production Economics, 93, 231-238.

Archive of SID

www.SID.ir

[6] Yu, J. R., & Tsai, C. C. (2008). A decision framework for supplier rating and purchase allocation: A case in the semiconductor industry. Computers & Industrial Engineering, 55(3), 634-646.
[7] Lin, R. H. (2009). An integrated FANP–MOLP for supplier evaluation and order allocation. Applied Mathematical Modelling, 33(6), 2730-2736.
[8] Sanayei, A., Farid Mousavi, S., Abdi, M. R., & Mohaghar, A. (2008). An integrated group decision-making process for supplier selection and order allocation using multi-attribute utility theory and linear programming. Journal of the Franklin Institute, 345(7), 731-747.
[9] Talluri, S., Narasimhan, R., & Nair, A. (2006). Vendor performance with supply risk: a chance-constrained DEA approach. International Journal of Production Economics, 100(2), 212-222.
[10] Ross, A., Buffa, F. P., Dröge, C., & Carrington, D. (2006). Supplier evaluation in a dyadic relationship: An action research approach. Journal of Business Logistics, 27(2), 75-101.
[11] Seydel, J. (2006). Data envelopment analysis for decision support. Industrial Management & Data Systems, 106(1), 81-95.
[12] Wu, T., Shunk, D., Blackhurst, J., & Appalla, R. (2007). AIDEA: a methodology for supplier evaluation and selection in a supplier-based manufacturing environment. International Journal of Manufacturing Technology and Management, 11(2), 174-192.
[13] Hou, J., & Su, D. (2007). EJB-MVC oriented supplier selection system for mass customization. Journal of Manufacturing Technology Management, 18(1), 54-71.
[14] Ordoobadi, S. M. (2010). Application of AHP and Taguchi loss functions in supply chain. Industrial Management & Data Systems, 110(8), 1251-1269.
[15] Choy, K. L., Lee, W. B., & Lo, V. (2002). Development of a case based intelligent customer–supplier relationship management system. Expert systems with Applications, 23(3), 281-297.
[16] Sarkis, J., & Talluri, S. (2002). A model for strategic supplier selection.Journal of supply chain management, 38(4), 18-28.
[17] Bayazit, O. (2006). Use of analytic network process in vendor selection decisions. Benchmarking: An International Journal, 13(5), 566-579.
[18] Gencer, C., & Gürpinar, D. (2007). Analytic network process in supplier selection: A case study in an electronic firm. Applied Mathematical Modelling, 31(11), 2475-2486.
[19] Hong, G. H., Park, S. C., Jang, D. S., & Rho, H. M. (2005). An effective supplier selection method for constructing a competitive supply-relationship.Expert Systems with Applications, 28(4), 629-639.
[20] Ghodsypour, S. H., & O'brien, C. (2001). The total cost of logistics in supplier selection, under conditions of multiple sourcing, multiple criteria and capacity constraint. International Journal of Production Economics, 73(1), 15-27.
[21] Wadhwa, V., & Ravindran, A. R. (2007). Vendor selection in outsourcing. Computers & operations research, 34(12), 3725-3737.
[24] Saen, R. F. (2008). Supplier selection by the new AR-IDEA model. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 39(11-12), 1061-1070.
[25] Saen, R. F. (2010). Developing a new data envelopment analysis methodology for supplier selection in the presence of both undesirable outputs and imprecise data. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 51(9-12), 1243-1250.
[26] Talluri, S., & Narasimhan, R. (2005). A note on" A methodology for supply base optimization". Engineering Management, IEEE Transactions on, 52(1), 130-139, 2005.
[27] Tsou, C. S. Multi-objective inventory planning using MOPSO and TOPSIS.Expert systems with applications, 35(1), 136-142, 2008.
[31] Jadidi, O. M. I. D., Zolfaghari, S., & Cavalieri, S. (2014). A new normalized goal programming model for multi-objective problems: A case of supplier selection and order allocation. International Journal of Production Economics, 148, 158-165.
[32] Amid, A., Ghodsypour, S. H., & O'Brien, C. (2011). A weighted max–min model for fuzzy multi-objective supplier selection in a supply chain.International Journal of Production Economics, 131(1), 139-145.
[33] Deng, H., Yeh, C. H., & Willis, R. J. (2000). Inter-company comparison using modified TOPSIS with objective weights. Computers & Operations Research, 27(10), 963-973.
[34] Shyur, H. J. (2006). COTS evaluation using modified TOPSIS and ANP. Applied Mathematics and Computation, 177(1), 251-259.

Archive of SID

www.SID.ir