

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

کیخسرو یاکیده^{۱*}، زهرا سروری اشلیکی^۲، طاهره پورشیخ آهندانی^۳

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 تامین کنندگان را به عنوان جزئی از شایستگی محوری خود به حساب آورند؛ بنابراین مساله انتخاب تامین کننده به عنوان یک بخش مهم از تصمیمات استراتژیک این نوع شرکت‌ها باید مورد ملاحظه قرار گیرد. انتخاب تامین کننده اغلب به صورت یک مساله تصمیم‌گیری چند معیاره بیان شده است. وقتی تامین کنندگان 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 تامین کننده 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 تامین کننده 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 تامین کننده، تخصیص مقدار سفارش خرید، برنامه‌ریزی چند هدفه، تاپسیس تعدیل شده.

۱ مقدمه

در اقتصاد 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 و کار و بهبود عملکرد کل زنجیره تامین بهره ببرند. برای بسیاری از شرکت‌ها خرید مواد اولیه از تامین کننده بسیار هزینه‌بر است [۱] و برای کسب مزیت رقابتی، توجه زیادی به انتخاب تامین کننده دارند.

* عهده‌دار مکاتبات

آدرس الکترونیکی: yakideh@guilan.ac.ir

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 تامین کنندگان دارد. در انتخاب تامین کنندگان، روش‌های متنوعی از جمله تحلیل پوششی 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 ناچینگر [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 حمل و نقل 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 تامین کنندگان 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 تامین کنندگان و تخصیص مقدار سفارش را با هم مورد بررسی قرار می‌دهد تا از بین تعدادی تامین کننده تعداد کم تری را به عنوان تامین کنندگان بهتر برگزیده و مقدار سفارش به آن‌ها تخصیص یابد. مطالعاتی نظیر مقاله لین [۷] و صناعی 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 تامین کننده 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 صرفاً به یکی از دو مساله پرداخته‌اند.

این گروه از مقالات از حیث این که مساله انتخاب تامین کننده را محور بحث قرار داده‌اند یا به مساله تخصیص سفارش پرداخته‌اند، قابل طبقه‌بندی در دو گروه هستند.

الف) مساله انتخاب تامین کننده: در انتخاب تامین کننده روش‌های نسبتاً متنوعی مورد توجه قرار گرفته است

که از این میان می‌توان به تحلیل پوششی داده‌ها، برنامه‌ریزی خطی، برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح، برنامه‌ریزی

غیرخطی عدد صحیح و انواع روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه مثل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی^۱، فرآیند تحلیل شبکه‌ای^۲، استدلال موردگرا^۳ و تکنیک ترجیحات بر مبنای مشابهت به راه حل ایده‌آل^۴ اشاره کرد.

به عنوان نمونه تالوری و همکاران [۹]، راس و همکاران [۱۰]، سیدل [۱۱]، وو و همکاران [۱۲] و تالو و نالچیکر [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]، جنسر و گورینار [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 کاو تاماچای و هاپ [۵] و یو و تسای [۶] بسنده می‌شود، 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.

۲) گروه دوم شامل مقالاتی می‌شود که مساله انتخاب تامین‌کننده و تخصیص مقدار سفارش را توأمان مورد بررسی قرار داده‌اند. این گروه از مقالات را نیز می‌توان 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 می‌توان 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 صناعی 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 به کار 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

در ایران نیز، مطالعاتی در این زمینه صورت گرفته که از آن جمله می توان 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 داده ها و برنامه ریزی آرمانی می پردازند. محمدی زاد و همکاران [۲۳] نیز برای انتخاب تامین کنندگان یک مدل تصمیم گیری چند معیاره را بر پایه گسترش کارکرد کیفیت^۱ و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و برنامه ریزی ریاضی به کار گرفته اند. خلاصه ای از مقالات مرور شده در تحقیق در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱. خلاصه ای از تحقیقات پیشین

نویسندگان	تکنیک مورد استفاده
Talluri et al (۲۰۰۶) [۹], Ross et al (۲۰۰۶) [۱۰], Seydel et al (۲۰۰۶) [۱۱], Wu et al (۲۰۱۰) [۲۴], Saen (۲۰۰۸) [۲۴], Saen (۲۰۱۰) [۲۵], Toloo et al (۲۰۱۱) [۳]	تحلیل پوششی داده ها
Talluri et al (۲۰۰۸) [۲۶]	برنامه ریزی خطی
Bayazit (۲۰۰۶) [۱۷], Hou et al (۲۰۰۷) [۱۴], Chan et al (۲۰۱۰) [۱۴], Ordoobadi (۲۰۱۰) [۱۳], Bruno et al (۲۰۱۲) [۴], Choy et al (۲۰۰۲) [۱۵]	فرآیند تحلیل سلسله مراتبی
Sarkis (۲۰۰۲) [۱۶], Bayazit (۲۰۰۶) [۱۷], Gencer et al (۲۰۰۷) [۱۸]	استدلال مورد گرا
Kawtummachai et al (۲۰۰۵) [۵]	شبیه سازی
Yu et al (۲۰۰۸) [۶]	برنامه عدد صحیح
Lin (۲۰۰۹) [۷]	فرآیند تحلیل شبکه ای
Sanayei et al (۲۰۰۸) [۸]	فازی و برنامه ریزی خطی
	تئوری مطلوبیت و برنامه ریزی خطی
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

مقالاتی که صرفاً به یکی از دو مساله پرداخته اند

مساله انتخاب تامین کننده

مساله تخصیص سفارش خرید

گروهی از مقالاتی که مساله انتخاب تامین کننده و مساله تخصیص سفارش را به طور مستقل و در دو فاز فرموله کرده اند

مقالاتی که هر دو مساله را مورد توجه قرار داده اند

گروهی از مقالات که مساله انتخاب تامین کننده و مساله تخصیص سفارش را در قالب یک مدل ترکیبی مورد ملاحظه قرار داده اند

¹ QFD

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 تامین کننده 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 نمی‌شود. 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 تامین کننده یک مساله چند شاخصه است که در یک فضای تصمیم گسسته فرموله می‌شود، به طوری که از میان چند تامین کننده، یک یا چند تامین کننده 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 ارائه 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 را که 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 کم‌ترین فاصله را به بهینگی اهداف دیگر و بیش‌ترین فاصله را با بدترین نتایج، خواهد داشت. شکل عمومی این مدل به قرار زیر است.

$$\begin{aligned}
 z_1 &= \min \sum_{i=1}^n C_i x_i + D_i y_i \\
 z_2 &= \min \sum_{i=1}^n d_i x_i \\
 z_3 &= \max \sum_{i=1}^n q_i x_i \\
 \sum x_i &= Q \\
 \sum y_i &= m \\
 0 \leq x_i &\leq k_i y_i \\
 y_i &= 0 \text{ or } 1 \\
 x_i &\text{ integer}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

• **تعریف اجزای مدل**

• **پارامترها**

مقدار کل تقاضای کالا در یک دوره که می تواند براساس روش شناخته شده گسترش کارکرد	Q
کیفیت محاسبه گردد (به واحد محصول)	
حد بالای متوسط زمان تحویل کالای تامین کننده i ام (به واحد زمان)	d_i
وزن نسبی تامین کننده i ام به لحاظ کیفیت محصولات (اسکالر)	q_i
هزینه حمل هر محموله از تامین کننده i ام تا مقصد (به واحد ریال)	D_i
قیمت خرید محصول از تامین کننده i ام (به واحد ریال)	C_i
ظرفیت تامین کننده i ام (به واحد محصول)	k_i
تعداد تامین کنندگان منتخب (به واحد شرکت)	m

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

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

در این تحقیق به منظور ملاحظه زمان تحویل تامین کنندگان از شاخصی با عنوان حد بالای متوسط زمان تحویل استفاده می شود که با استفاده از مفاهیم احتمالات نمونه و با پذیرش این فرض اساسی ساخته شده که با داده های موجود از سوابق تحویل تامین کننده می توان به عنوان یک نمونه تصادفی رفتار کرد.

فرض می شود زمان های تحویل مشاهده شده نمونه ای به حجم n از مجموعه بزرگ تری از زمان های تحویل است که زمان های تحویل آتی تامین کننده 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 \bar{t}_i

نشان دهیم آنگاه \bar{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.

$$d_i = \bar{t}_i + z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma_i}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

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_i ، 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_i ؛ یعنی انحراف معیار زمان‌های تحویل در نمونه‌ای 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.

$$d_i = \bar{t}_i + t_{\frac{\alpha}{2}, n-1} \frac{s_i}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

به هر حال در هر دو 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 کم تر 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 استیودنت محاسبه کرد. برای چنین شرایطی به کارگیری قضیه چیبی‌شف بر روی توزیع نمونه‌گیری میانگین می‌تواند راهگشا باشد. به این منظور کافی است از رابطه (۴) استفاده شود.

$$d_i = \bar{x}_i + \sqrt{\frac{1}{a}}, \frac{s_i}{\sqrt{n}} \quad (4)$$

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 بیش تر این است که به احتمال کم تر 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

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

• **متغیرها**

- x_i مقدار خرید تامین کننده i ام با واحد قطعه.
- y_i متغیر صفر و یک (انتخاب شدن و یا انتخاب نشدن تامین کننده 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.

$$z_1 = \min \sum_{i=1}^n C_i x_i + D_i y_i \quad (5)$$

• **تابع هدف زمان تحویل (z_2)**

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

$$z_2 = \min \sum_{i=1}^n d_i x_i \quad (6)$$

• **تابع هدف کیفیت (z_3)**

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

$$z_3 = \max \sum_{i=1}^n q_i x_i \quad (7)$$

• **محدودیت‌ها**

• **محدودیت مقدار تقاضا**

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

$$\sum x_i = Q \quad (8)$$

• **محدودیت تعداد تامین کنندگان**

این محدودیت که در رابطه (۹) باز نمایش داده شده است تضمین می کند که مدل از میان تامین کنندگان معرفی شده تعداد مشخصی از آن ها را بر می گزیند. m تعداد مجاز تامین کنندگان است.

$$\sum y_i = m \quad (9)$$

• محدودیت ظرفیت تامین کننده منتخب

این محدودیت که در رابطه (۱۰) باز نمایش داده شده است، تضمین می کند که از تامین کننده i ام یا خرید انجام نمی شود یا خریدی به مقدار x_i کم تر از حداکثر ظرفیت تامین کننده، سفارش داده می شود. x_i در این مدل عدد صحیح در نظر گرفته شده و مدل برای خرید کالاهایی با واحد اندازه گیری گسسته قابل کاربرد است.

$$0 \leq x_i \leq k_i y_i \quad (10)$$

• محدودیت انتخاب یا عدم انتخاب تامین کننده

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

$$y_i = 0 \text{ or } 1 \quad (11)$$

• محدودیت واحد تقاضا

این محدودیت که در رابطه (۱۲) نمایش داده شده است، تضمین می کند مقدار خرید از هر تامین کننده عدد صحیح باشد چون واحد تقاضا از تامین کنندگان قطعه است.

$$x_i \text{ integer} \quad (12)$$

۴ روش حل

هر یک از اهداف z_1 و z_2 و z_3 با توجه به محدودیت های مساله به صورت یک مدل برنامه ریزی خطی صفر و یک عدد صحیح قابل حل است. برای حل این مدل نرم افزار لیندو^۱ از قابلیت محاسباتی کافی برخوردار است. با حل هر یک از توابع هدف، مقدار خرید از هر یک از تامین کنندگان مشخص می شود. به بیان دیگر به تعداد توابع هدف جواب بهینه وجود دارد و هر جواب بهینه مقادیر خرید از تعداد مجاز تامین کنندگان را مشخص می کند، به این ترتیب پاسخ های مدل در جدولی به مشابه جدول ۲ قابل ارایه خواهند بود. در جدول ۲، منظور از oz_1 و oz_2 و oz_3 ، به ترتیب جواب های بهینه بر اساس توابع هدف z_1 و z_2 و z_3 هستند و مقادیر داخل جدول مقدار هر تابع هدف را به ازای جواب بهینه متناظر با سطر نشان می دهد. به طور مثال z_{13} مقدار تابع هدف z_3 به ازای جواب بهینه oz_1 است.

¹ Lindo

جدول ۲. 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 می شود 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 ایده آل ابتدا ماتریس تصمیم با استفاده از رابطه (۱۳) به نرم اقلیدسی تبدیل می یابد.

$$r_{ij} = \frac{z_{ij}}{\sqrt{\sum z_{ij}^2}} \quad (13)$$

پس از این مرحله وزن هر شاخص در مؤلفه ها مطابق رابطه (۱۴) اثر داده می شود.

$$v_{ij} = w_j r_{ij} \quad (14)$$

پس از موزون شدن ماتریس تصمیم، این بار مقادیر متناظر با هرگزین، مؤلفه های برداری یک نقطه تلفی می گردند و فاصله برداری این نقطه از نقاط فرضی ایده آل مثبت و منفی به عنوان معیارهای مشابهت در نظر گرفته می شوند. مجموعه های ایده آل مثبت و منفی به ترتیب مطابق روابط (۱۵) و (۱۶) تعریف می شود.

$$v^+ = \{v_1^+, \dots, v_n^+\} = \{(\max v_{ij} | j \in J), (\min v_{ij} | j \in J)\} \quad (15)$$

$$v^- = \{v_1^-, \dots, v_n^-\} = \{(\min v_{ij} | j \in J), (\max v_{ij} | j \in J)\} \quad (16)$$

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

$$s_i^+ = \sqrt{\sum (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad (17)$$

$$s_i^- = \sqrt{\sum (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (18)$$

اما دنگ و همکاران [۳۳]، برخلاف شیوه حل معمول تاپسیس، کاربرد فاصله اقلیدسی موزون به جای موزون کردن ماتریس تصمیم را پیشنهاد کردند. آن ها استدلال می کردند در تکنیک ترجیحات بر مبنای مشابهت به راه حل ایده آل همه گزینه ها با ایده آل مثبت و منفی مقایسه می شوند و مستقیماً با هم مقایسه نمی شوند؛ لذا منطقی است که اوزان در اندازه فواصل جذب شوند. شایور [۳۴]، که از این روش استقبال کرده اشاره می کند که با استفاده از ماتریس تصمیم موزون به روش هوانگ و یون، اوزان که اعدادی بین صفر و یک هستند به توان دوم می رسند و اثر ناچیزی خواهند داشت؛ ولی در روش دنگ و همکاران اوزان اثر بیش تری پیدا می کنند؛ بنابراین

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.

$$s_i^+ = \sqrt{\sum w_j (r_{ij} - r_j^+)^2} \quad (19)$$

$$s_i^- = \sqrt{\sum w_j (r_{ij} - r_j^-)^2} \quad (20)$$

$$CI = \frac{s_i^-}{s_i^+ + s_i^-} \quad (21)$$

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.

$$\begin{aligned} \text{Min } Z_1 &= 1800x_1 + 1780x_2 + 1790x_3 + 1800x_4 + 5000y_1 + 6300y_2 + 6000y_3 + 5700y_4 \\ \text{Min } Z_2 &= 13706x_1 + 13765x_2 + 13795x_3 + 12795x_4 \\ \text{Max } Z_3 &= 0.132x_1 + 0.208x_2 + 0.528x_3 + 0.132x_4 \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 &= 1200 \\ x_1 &\leq 350y_1 \\ x_2 &\leq 450y_2 \\ x_3 &\leq 550y_3 \\ x_4 &\leq 400y_4 \\ y_1 + y_2 + y_3 + y_4 &= 3 \\ y_i &= 0 \vee 1 \\ x_i &\text{ integer} \end{aligned} \quad (22)$$

در تابع هدف Z_1 ، ضرایب متغیرهای x_1 تا x_4 قیمت (به ریال) خرید هر قطعه از تامین‌کننده i ام و ضرایب متغیرهای y_1 تا y_4 ، هزینه حمل (به ریال) هر بار حمل محموله از تامین‌کننده i ام 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 آن‌ها، 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 $CR = 0.029$ و برداروزن‌های حاصل از آن در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳. قضاوت زوجی در مورد کیفیت محصول تامین کنندگان و وزن های حاصل

	۱	۲	۳	۴	وزن ها
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 می کند. ضرایب y_i در محدودیت- های دیگر حداکثر ظرفیت چهار تامین کننده است. محدودیت آخر خرید حداکثر از سه تامین کننده را بر اساس تصمیمات مدیریت بر مدل تحمیل می کند. جواب بهینه هر یک از توابع سه گانه در سه سطر جدول ۴ قابل مشاهده است.

جدول ۴. جواب های بهینه اهداف مدل

	x_1	x_2	x_3	x_4
OZ_1	۲۰۰	۴۵۰	۵۵۰	۰
OZ_2	۳۵۰	۴۵۰	۰	۴۰۰
OZ_3	۰	۴۵۰	۵۵۰	۲۰۰

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

جدول ۵. جدول مقدار توابع هدف به ازای جواب های بهینه

	Z_1	Z_2	Z_3
OZ_1	۲۳۱۸۵۰۰	۱۶۴۲۷	۴۱۰/۴
OZ_2	۲۳۲۱۰۰۰	۱۵۸۹۳/۵	۱۹۲/۶
OZ_3	۲۳۲۵۵۰۰	۱۶۴۰۵	۴۱۰/۴

لازم است ترجیحات تصمیم گیرنده نسبت به اهداف سه گانه را در قالب اوزان با مجموع صفر اخذ شود تا به عنوان وزن شاخص ها در تکنیک ترجیحات بر مبنای مشابهت به راه حل ایده آل به کار رود. به این منظور مقایسات زوجی از تصمیم گیرندگان در مقیاس ۱ تا ۹ ساعتی اخذ شده که میانگین هندسی مقایسات با نسبت سازگاری $CR = 0/071$ به همراه وزن های حاصل در جدول ۶ نمایش داده شده است. این اوزان در تکنیک ترجیحات بر مبنای مشابهت به راه حل ایده آل تعدیل شده برای محاسبه معیار مشابهت با ایده آل های مثبت و منفی به کار می رود.

جدول ۶. 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 می شود. در جدول ۷ ایده آل های مثبت و منفی نیز با عناوین PI و NI نشان داده شده اند.

جدول ۷. ماتریس تصمیم تبدیل یافته به نرم اقلیدسی

وزن ها	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 ایده آل های مثبت و منفی و معیار نزدیکی نسبی با استفاده از روابط (۱۹) و (۲۰) و (۲۱) محاسبه می شوند. بیشینه و یا کمینه بودن تابع هدف، هزینه یا سود بودن معیار را مشخص می کند. نتیجه محاسبات در جدول ۸ نشان داده شده است.

جدول ۸. مشابهت به ایده آل 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 می شود 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 می گردد.

جدول ۹. جواب بهینه منتخب

	x_1	x_2	x_3	x_4
OZ_2	۳۵۰	۴۵۰	۰	۴۰۰

۶ نتیجه‌گیری و پیشنهادها

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

از آنجا که در انتخاب تامین کننده 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 تامین کننده و تخصیص مقدار سفارش خرید را می‌توان در قالب یک مدل چندهدفه فرموله کرد. علی‌رغم تنوع تلاش محققان در حوزه انتخاب تامین کننده و تخصیص مقدار سفارش خرید، تلاش محققان در فرموله کردن این مساله در قالب مدل‌های چند هدفه هنوز گسترده‌گی 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 تجمع 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 سابقاً در موضوع کنترل موجودی استفاده شده، ولی درحوزه مطالعاتی انتخاب تامین کننده و تخصیص مقدار سفارش، یک روش جدید می‌باشد. 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، (۱)۱۱، ۱۳۱-۱۱۹.
- [۲۳] محمدی‌زاد، ف.، مصدق‌خواه، م.، حسن‌پور، ح.، (۱۳۹۱). مدل تلفیقی AHP، QFD، و برنامه‌ریزی آرمانی، جهت انتخاب بهترین تامین کننده و تخصیص اندازه سفارش در صنعت پوشاک. مدیریت زنجیره تامین، ۱۴(۳)، ۶۱-۵۰.
- [۲۸] مهرگان؛ م.، (۱۳۸۶). تصمیم‌گیری 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.

- [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., & Gürpınar, 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.