

ارائه یک مدل تلفیقی چندهدفه با استفاده از الگوریتم‌های AHP و TOPSIS برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان و

تخصیص سفارش

علی ناظری^۱

بهلول ابراهیمی^۲

رضا نادری کیا^۳

چکیده

یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در مدیریت زنجیره تأمین، انتخاب درست تأمین‌کنندگان و تخصیص سفارش به آن‌هاست زیرا انتخاب نادرست تأمین‌کنندگان می‌تواند موقعیت مالی و فنی یک زنجیره تأمین را دچار اختلال نماید. با توجه به این که مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان یک مسئله تصمیم‌گیری چندهدفه با معیارهای چندگانه است، در این مقاله یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفه خطی ارائه شده است که در آن برای تعیین اولویت (وزن) تأمین‌کنندگان از روش تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شده که با در نظر گرفتن معیارهای ارزیابی مناسب، ضمن تعیین تعداد مناسب تأمین‌کنندگان، میزان سفارش مواد اولیه را نیز از هر تأمین‌کننده مشخص می‌کند. یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی متشکل از پنج تابع هدف و چندین محدودیت است که روش اِپسیلون محدودیت برای حل آن استفاده شده است. مدل ارائه شده با در نظر گرفتن داده‌های مربوط به یک شرکت دارویی حل شده و نتایج مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. روش TOPSIS نیز برای تعیین بهترین جواب پارتو استفاده شده است. نتایج عددی مدل و تحلیل حساسیت انجام شده حاکی از کارایی مدل ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی: مدیریت زنجیره تأمین؛ ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان؛ تخصیص سفارش؛ برنامه‌ریزی ریاضی
چندهدفه؛ روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) TOPSIS.

1. استادیار، مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دماوند، دماوند، ایران nazeri@damavandiau.ac.ir

2. دانشجوی دکتری مهندسی صنایع، پژوهشکده توسعه تکنولوژی، جهاد دانشگاهی، تهران، ایران ebrahimi@jdsharif.ac.ir

3. کارشناس ارشد مدیریت اجرایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات دماوند، دماوند، ایران Rezanaderikia@gmail.com

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۲/۱۵؛ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۱۱/۳

مقدمه

زنجیره تأمین شامل مجموعه‌ای از فعالیت‌ها جهت جریان محصول از مواد خام تا مشتریان نهایی و همچنین جریان‌های اطلاعات و مالی مرتبط با آن است. با این نگاه می‌توان زنجیره تأمین را چون مجموعه‌ای از اعضا و اجزا دانست که بعنوان یک سیستم در جهت اهداف زنجیره مشغول فعالیت هستند. یکی از اجزای مهم این سیستم، تأمین‌کنندگان هستند. در محیط‌های رقابتی، انتخاب تأمین‌کنندگان یکی از مسائل بسیار اساسی شرکت‌ها بشمار می‌رود. در چنین محیط‌هایی قیمت نهایی محصول عمدتاً متأثر از قیمت مواد اولیه (خام) است، لذا انتخاب تأمین‌کنندگان مناسب، هزینه‌های خرید آن‌ها را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد (کانان و همکاران، ۲۰۱۳). در واقع مدیریت موفق زنجیره تأمین نیازمند یک استراتژی تأمین منابع مؤثر و کارآمد است تا عدم اطمینان را در عرضه و تقاضا به حداقل برساند.

به طور متوسط، یک شرکت تولیدی، ۶۰٪ حجم کل معاملاتش را صرف خرید مواد، کالاها یا خدمات ارائه شده توسط تأمین‌کنندگان خارجی می‌کند (دی بوئر و همکاران، ۲۰۰۱) لذا، اتخاذ استراتژی خرید مناسب، تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر کاهش هزینه‌ها و افزایش سود خواهد داشت. علاوه بر قیمت، کیفیت محصول نهایی نیز به شدت به مواد اولیه آن محصول و کارایی تأمین‌کنندگان وابسته است. بنابراین، عملکرد مناسب تأمین‌کنندگان موجب پایداری زنجیره تأمین خواهد شد (نصیری و پورمحمدضیا، ۱۳۹۴).

با توجه به اهمیت و ضرورت موضوع، تاکنون مقالات بسیار زیادی در حوزه ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان ارائه شده است که می‌توان آن‌ها را در دو حوزه تک‌منبعی^۱ و چندمنبعی^۲ طبقه‌بندی کرد. در مدل‌های تک‌منبعی هر یک از تأمین‌کنندگان می‌توانند به تنهایی نیاز خریدار را برآورده سازند. بنابراین مسئله اصلی در این نوع مدل‌ها، انتخاب یک تأمین‌کننده از میان چند تأمین‌کننده با توجه به معیارهای مشخص است. در مدل‌های چندمنبعی با توجه به سیاست‌های خریدار (مثلاً لزوم داشتن دو منبع برای کاهش ریسک

۱ Single sourcing

۲ Multiple sourcing

تأمین) یا محدودیت‌های تأمین‌کنندگان (مثلاً محدودیت ظرفیت)، از ضاء تقاضای خریدار تو سط یک تأمین‌کننده به تنهایی ممکن نیست و به همین دلیل خریدار تقاضای خود را به صورت ترکیبی و از چند تأمین‌کننده مختلف خریداری می‌کند. در این مدل‌ها برای ایجاد یک جو رقابتی پایدار، باید هم بهترین تأمین‌کنندگان انتخاب شوند و هم اندازه سفارش^۱ از هر تأمین‌کننده تعیین شود (الیانک و آرمانی، ۲۰۰۹). در ادامه به برخی از مهمترین مطالعات انجام شده در حوزه ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده می‌پردازیم.

پیشینه پژوهش

وبر و کارنت (۱۹۹۳) شاید برای اولین بار موضوع برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفه را در مسئله انتخاب تأمین‌کننده مطرح کردند. آن‌ها سه هدف حداقل کردن هزینه، حداقل کردن زمان حمل و حداقل کردن تعداد قطعات برگشتی را به عنوان اهداف مسئله انتخاب تأمین‌کننده مطرح کردند. همچنین محدودیت‌هایی مانند ثابت بودن تعداد تأمین‌کنندگانی که باید انتخاب شوند، محدود بودن ظرفیت تولید هر تأمین‌کننده و محدود بودن میزان بودجه تخصیص یافته برای خرید از هر تأمین‌کننده را به مسئله اضافه کردند.

برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان، (قدسی پور و اوبرین، ۲۰۰۱) ابتدا یک مدل تک‌هدفه مطرح کردند که هدف اصلی آن حداقل کردن هزینه‌ها بود. کیفیت محصول بعنوان یکی از محدودیت‌های مدل در نظر گرفته شده است. در مدل دوم کیفیت نیز به اهداف اضافه شده و یک تابع چندهدفه تعریف شده است. در هر دو مدل از برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح استفاده شده است.

ناراسیمهان و همکاران (۲۰۰۶)، یک برنامه‌ریزی چندهدفه برای انتخاب بهینه تأمین‌کنندگان و تعیین بهینه مقدار سفارش ارائه دادند. در این مدل ۵ معیار برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان مورد استفاده قرار گرفت. در ضمن قبل از حل مدل لازم بود تا اهمیت (وزن) معیارها مشخص شود که برای تعیین آن روش AHP را پیشنهاد دادند.

در ۷۸ مقاله که در نشریات معتبر بین‌المللی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۸ در رابطه با ارزیابی و انتخاب تأمین کنندگان در زنجیره تأمین به چاپ رسیده است روش DEA بیشترین کاربرد را در این خصوص به خود اختصاص داده است. بعد از روش DEA روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفه و AHP به ترتیب بیشترین کاربرد را در ارزیابی و انتخاب تأمین کنندگان به خود اختصاص داده‌اند (هو و همکاران، ۲۰۱۰).

آریکان (۲۰۱۳)، با ترکیب برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفه و نظریه فازی، مدلی برای ارزیابی و انتخاب تأمین کنندگان ارائه داد. او در این مدل سه تابع هدف حداقل کردن هزینه، حداکثر کردن کیفیت و حداکثر کردن تحویل به موقع^۱ را در نظر گرفت.

ویره و همکاران (۲۰۱۴) یک برنامه‌ریزی غیرخطی عدد صحیح آمیخته^۲ برای ارزیابی و انتخاب تأمین کنندگان برای دوره‌های مختلف زمانی ارائه دادند. آن‌ها تأکید کردند که مشخصات تأمین کنندگان از جمله کیفیت، زمان تحویل و ... در دوره‌های زمانی مختلف متفاوت است، لذا باید این مسئله را بصورت پویا^۳ در نظر گرفت.

ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۴) یک مدل جدید تحلیل پوششی داده‌ها^۴ برای شناسایی کاراترین واحد تصمیم‌گیری^۵ با داده‌های غیردقیق ارائه کردند. مدل فوق با در نظر گرفتن داده‌های نادقیق^۶ برای ۱۸ تأمین‌کننده اقدام به تعیین تأمین‌کنندگان کارا و رتبه‌بندی آن‌ها کرده است. ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۵)، یک مدل جامع تحلیل پوششی داده‌ها برای تعیین بهترین تأمین‌کننده با داده‌های غیردقیق و محدودیت‌های وزنی ارائه کردند. در این مدل محدودیت‌های وزنی برای در نظر گرفتن نظر تصمیم‌گیران در مورد وزن معیارها در نظر گرفته شده است. مدل ارائه شده قادر است فقط با حل یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح بهترین تأمین‌کننده را مشخص نماید.

^۱maximization of on-time delivery

^۲A mixed-integer non-linear program

^۳Dynamic

^۴Data envelopment analysis (DEA)

^۵Decision making units (DMUs)

^۶Imprecise data

رحیمی نژاد و همکاران (۲۰۱۶) با ترکیب فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی و کارت امتیازی متوازن مدلی برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان در صنعت اتومبیل ارائه کردند. پدرو و همکاران (۲۰۱۶) یک برنامه‌ریزی ریاضی عدد صحیح احتمالی برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان در صنعت غذایی ارائه کردند. هدف آن‌ها به حداکثر رساندن سود و حداقل کردن ریسک خدمت نامناسب به مشتریان بود.

در مقاله حاضر یک مدل تلفیقی متشکل از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفه برای اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان بالقوه و تخصیص سفارش به آن‌ها ارائه شده است. مدل ارائه شده ضمن تعیین بهترین تأمین‌کنندگان، تخصیص سفارش به آن‌ها را نیز انجام می‌دهد. مدل ارائه شده از دو بخش کیفی و کمی تشکیل شده است. بخش کیفی با استفاده از روش AHP به ارزیابی کیفی تأمین‌کنندگان می‌پردازد و بخش کمی، میزان سفارش بهینه به هر تأمین‌کننده بر اساس فاکتورهای تعیین شده را تعیین می‌کند. در این مدل برای انتخاب بهترین جواب پارتو از TOPSIS استفاده شده است. همچنین هزینه خرید، اقلام معیوب، زمان تأخیر و اولویت سفارش‌دهی بعنوان فاکتورهای اصلی جهت تخصیص سفارش بهینه به هر تأمین‌کننده در نظر گرفته شده‌اند. از نقاط قوت این مدل، می‌توان به در نظر گرفتن همزمان فاکتورهای کیفی و کمی در غالب یک مدل ریاضی و نیز بکارگیری داده‌های شرکت دارویی برای حل مدل و تست آن اشاره کرد. ادامه مقاله به صورت زیر سازماندهی شده است، در بخش سوم روش‌شناسی پژوهش و در بخش چهارم یافته‌های پژوهش تشریح شده است. نتیجه‌گیری و پیشنهادها در بخش پنجم آورده شده‌اند.

روش‌شناسی پژوهش

ساختار مدل پیشنهادی شامل دو بخش کیفی و کمی است. در بخش کیفی با توجه به این که مدل ارائه شده در این مقاله با داده‌های شرکت دارویی حل شده، معیارهای مناسب جهت ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان صنعت دارو ارائه شده است. در این بخش از روش AHP، برای وزن‌دهی به معیارها استفاده شده است. در بخش کمی چهار تابع هدف ریاضی

با محدودیت‌هایی جهت تعیین میزان سفارشات به تأمین کنندگان ارائه شده است. همچنین از روش AHP برای تعیین اوزان تابع هدف نیز استفاده شده است. با توجه به این که مدل پیشنهادی یک مدل خطی است، روش اِپسیلون محدودیت برای حل آن پیشنهاد شده است. برای رتبه‌بندی جواب پارتو (خروجی روش اِپسیلون محدودیت) از روش TOPSIS استفاده شده است. شمای کلی تحقیق در شکل ۱ نشان داده شده است.

بخش کمی مدل

در این بخش مدل پیشنهادی برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفه مسئله تخصیص سفارش به تأمین کنندگان ارائه می‌شود. این مدل یک مدل خطی است. برای ارائه مدل، ابتدا مسئله تحقیق تشریح خواهد شد، سپس متغیرها و پارامترها معرفی خواهند شد و در نهایت توابع هدف و محدودیت‌ها فرمول‌بندی می‌شوند.

شرح مسئله و مدل پیشنهادی

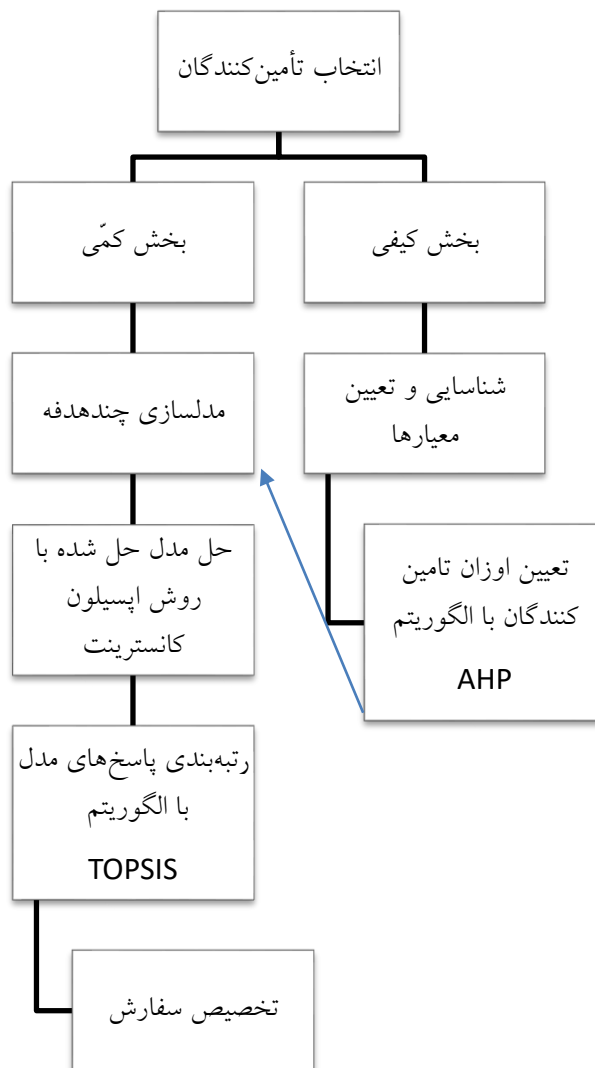
فرض می‌شود خریداری، در یک دوره از n تأمین کننده، m کالا را خریداری می‌کند که مقدار تقاضای خریدار ثابت و نوع سفارشات چند محصولی است. مجموعه‌ای از عرضه کنندگان بر پایه برخی معیارهای معین (مثل کیفیت، خدمات، تحویل، نگهداری و...) توسط خریدار از پیش انتخاب شده‌اند. همچنین فرض می‌کنیم که ظرفیت هر تأمین کننده محدود است و میزان سفارش‌های تخصیص یافته به هر تأمین کننده باید مساوی یا کمتر از ظرفیت تأمین کننده باشد. این وضعیت بیشتر با سناریوهای واقعی کسب و کار متناسب است. کاهش زمان تأخیر، اقلام معیوب و ریسک تأمین نیز جز اهداف مسئله هستند. هدف این مقاله تعیین میزان سفارش‌هایی است که به هر تأمین کننده باید تخصیص یابد تا اهداف به حداقل رساندن زمان تأخیر، درصد اقلام معیوب، قیمت و استفاده حداکثری از ظرفیت تأمین کنندگان تأمین شود.

فرضیات مسئله

- الف) از هر تأمین کننده چند کالا می‌توان خریداری نمود.
- ب) تأمین کنندگان دارای حداکثر ظرفیت تولید هستند.
- ج) تقاضا قطعی است.

متغیرها

X_{ij} - مقدار سفارش تخصیص یافته به تأمین کننده i ام از محصول j ام
 Y_i - متغیر صفر و یک، اگر به تأمین کننده i ام سفارشی تخصیص داده شود مقدار Y
برابر ۱، در غیر این صورت مقدار آن برابر صفر خواهد بود.



شکل ۱. شمای کلی تحقیق

پارامترها

I = اندیس تأمین کنندگان

J = اندیس کالاها

n = تعداد تأمین کنندگان

m = تعداد کالاها

D_j = میزان تقاضا

B = حداکثر بودجه خرید

C_{ij} = ظرفیت تأمین کننده برای تأمین زامین کالا یا محصول

W_i = وزن کلی (درجه اولویت) تأمین کننده (حاصل از روش AHP)

P_{ij} = قیمت خرید یک واحد از کالای زام از تأمین کننده

Q_j = بالاترین نسبت خرابی قابل قبول برای کالای زام (درصد)

q_{ij} = درصد متوسط خرابی کالای زام از تأمین کننده

t_{ij} = درصد زمان تاخیر تأمین کالای زام از سوی تأمین کننده

r_{ij} = درصد ریسک تأمین کالای زام از سوی تأمین کننده

M = عددی به اندازه کافی بزرگ

توابع هدف

همانطور که قبلاً توضیح داده شد، پنج تابع هدف به صورت زیر در نظر گرفته شده است.

۱- تخصیص سفارش بیشتر به تأمین کننده مناسبتر (دارای وزن بیشتر)

$$\text{MAX } Z_1 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n w_{ij} x_{ij}$$

۲- به حداقل رساندن درصد اقلام معیوب

$$\text{MIN } Z_2 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n q_{ij} x_{ij}$$

۳- به حداقل رساندن درصد زمان تاخیر

$$\text{MIN } Z_3 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n t_{ij} x_{ij}$$

۴- به حداقل رساندن هزینه خرید

$$\text{MIN } Z_4 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n p_{ij} x_{ij}$$

۵- به حداقل رساندن ریسک تأمین

$$\text{MIN } Z_5 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n r_{ij} x_{ij}$$

محدودیت‌ها

$$1 - \begin{cases} \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq MY_i, \forall i \\ Y_i \leq M \sum_{j=1}^n x_{ij}, \forall i \end{cases}$$

این محدودیت باعث می‌شود تا اگر به تأمین کننده نام سفارشی تخصیص یابد مقدار Y_i برابر یک شود و در غیر این صورت مقدار آن برابر صفر خواهد شد.

$$2 - \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n p_{ij} x_{ij} \leq B$$

این محدودیت، محدودیت مربوط به بودجه خرید را در نظر می‌گیرد.

$$3 - \sum_{i=1}^m x_{ij} = D_j, \forall j$$

محدودیت مربوط به ارضای تقاضای زام

$$4 - \sum_{i=1}^m q_{ij} x_{ij} \leq Q_j D_j, \forall j$$

محدودیت مربوط به بالاترین نسبت خرابی قابل قبول

$$5 - x_{ij} \leq c_{ij}, \forall i, j$$

محدودیت مربوط به ظرفیت تولید کنندگان برای هر محصول

بخش کیفی مدل

در این بخش معیارهای ارزیابی تأمین کنندگان تعیین و با استفاده از روش AHP، تأمین کنندگان مورد ارزیابی اولیه قرار می‌گیرند. مقادیر اوزان بدست آمده از روش AHP تحت عنوان W_i بعنوان ورودی مدل استفاده می‌شوند که در بخش بعدی ارائه خواهد شد. روش AHP یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که برای رتبه‌بندی و مقایسه گزینه‌های مختلف و انتخاب بهترین گزینه و همچنین تعیین وزن معیارها استفاده می‌شود. گام‌های روش AHP بشرح ذیل است (ساعتی، ۱۹۸۰).

تشکیل ماتریس‌های مقایسات زوجی برای سطوح مختلف با استفاده از جدول

ترجیحات (۱).

جدول (۱) ترجیحات مقایسات زوجی

مقدار عددی	ترجیحات
۹	کاملاً مرجح یا کاملاً مهم تر و یا کاملاً مطلوب تر
۷	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی
۵	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت قوی
۳	کمی مرجح یا کمی مهمتر یا کمی مطلوبتر
۱	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان
۲ و ۴ و ۸ و ۶	ترجیحات بین فواصل فوق

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad \text{۲- نرمال سازی (تشکیل ماتریس بی مقیاس)}$$

$$CI = (\lambda_{max} - n) / (n - 1) \quad \text{۳- آزمون سازگاری}$$

$$CR = CI / RI$$

جدول (۲) مقادیر RI نسبت به تعداد عناصر

N	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
RI	۰	۰/۵۸	۰/۹۰	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲	۱/۴۱	۱/۴۵	۱/۴۹

$$w_j = \frac{\sum_{i=1}^n r_{ij}}{n} \quad \text{۴- محاسبه وزن نسبی}$$

$$\text{۵- محاسبه وزن نهایی}$$

تعیین معیارهای انتخاب تأمین کنندگان صنعت دارویی

با توجه به این که هدف اصلی این مقاله ارائه مدل است، لذا از معیارهای تعیین شده توسط اینیدا و جانل (۲۰۱۰) استفاده شده است. این معیارها در جدول (۳) ارائه شده اند. شایان ذکر است که برای مطالعه در خصوص معیارهای ارزیابی و انتخاب تأمین کنندگان می توان به (هو و همکاران، ۲۰۱۰) مراجعه نمود.

جدول (۳) معیارهای انتخاب تأمین کنندگان بر اساس تحقیق اینیدا و جانل (۲۰۱۰)

معیار
کیفیت (C1)
هزینه (C2)
پیروی از مقررات (C3)
خدمات (C4)
مدیریت ریسک (C5)
پروفایل تأمین کنندگان (C6)

ایجاد ماتریس های مقایسه زوجی

داده‌های مورد استفاده در این بخش مربوط به یکی از شرکت‌های تولید داروی ایران است که از پایان نامه کارشناسی ارشد امید خراسانی (۱۳۸۹) استخراج شده است. ابتدا وزن معیارهای مورد استفاده در تحقیق با استفاده از ماتریس مقایسه زوجی محاسبه می‌شود.

جدول (۴) ماتریس مقایسه زوجی معیارها

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
C ₁	۱	۱	۱	۲	۱	۳
C ₂	۱	۱	۲	۱	۱	۱
C ₃	۱	۰/۵	۱	۵	۱	۵
C ₄	۰/۵	۱	۰/۲	۱	۳	۲
C ₅	۰/۳۳	۱	۱	۰/۳۳	۱	۵
C ₆	۰/۳۳	۱	۰/۲	۰/۵	۰/۲	۱

پس از نرمال سازی ماتریس به روش ستونی، از طریق روش میانگین هندسی، وزن هر یک از معیارها به شرح ذیل بدست آمد.

WC ₁	WC ₂	WC ₃	WC ₄	WC ₅	WC ₆
۰/۲۱	۰/۱۸	۰/۲۷	۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۰۷

مقدار شاخص CR برابر با ۰/۰۴ و حاکی از سازگاری ماتریس مقایسه زوجی است. اکنون به مقایسه گزینه‌ها (۴ تأمین کننده) نسبت به ۶ معیار مورد استفاده بصورت زوجی می‌پردازیم.

جدول (۵) ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار کیفیت

C ₁	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	W _j
A ₁	۱	۰/۵	۰/۲۵	۰/۵	۰/۱۱۰
A ₂	۲	۱	۰/۵	۰/۵	۰/۱۸۷
A ₃	۴	۲	۱	۲	۰/۴۳۹
A ₄	۲	۲	۰/۵	۱	۰/۲۶۵

جدول (۶) ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار هزینه

C ₂	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	W _j
A ₁	۱	۲	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۱۴۳
A ₂	۰/۵	۱	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۰۹۳
A ₃	۳	۳	۱	۲	۰/۴۵۹
A ₄	۳	۳	۰/۵	۱	۰/۳۰۵

جدول (۷) ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار پیروی از مقررات

C ₃	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	W _j
A ₁	۱	۳	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۱۵۶
A ₂	۰/۳۳	۱	۰/۲	۰/۳۳	۰/۰۷۸
A ₃	۱	۵	۱	۲	۰/۴۶۶
A ₄	۳	۳	۰/۵	۱	۰/۲۹۹

جدول (۸) ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار خدمات

C ₄	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	W _j
A ₁	۱	۲	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۱۲۷
A ₂	۰/۵	۱	۰/۱۴۳	۰/۱۴۳	۰/۰۵۲
A ₃	۳	۷	۱	۰/۵	۰/۳۲۴
A ₄	۴	۷	۲	۱	۰/۴۹۷

جدول (۹) ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار مدیریت ریسک

C ₅	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	W _j
A ₁	۱	۲	۰/۲	۰/۳۳	۰/۱۱۳
A ₂	۰/۵	۱	۰/۱۴۳	۰/۲	۰/۰۶۴
A ₃	۵	۷	۱	۰/۵	۰/۴۵۵
A ₄	۳	۵	۲	۱	۰/۳۶۸

جدول (۱۰) ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار پروفایل تأمین کنندگان

C ₆	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	W _j
A ₁	۱	۲	۰/۵	۰/۲۵	۰/۱۲۹
A ₂	۰/۵	۱	۰/۲۵	۰/۱۲۵	۰/۰۴۷
A ₃	۲	۴	۱	۰/۵	۰/۲۸۳
A ₄	۴	۸	۲	۲	۰/۵۴۰

جدول (۱۱) ماتریس اوزان نهایی گزینه‌ها (تأمین کنندگان)

	C ₁ =۰/۲۱	C ₂ =۰/۱۸	C ₃ =۰/۲۷	C ₄ =۰/۱۳	C ₅ =۰/۱۴	C ₆ =۰/۰۷	W _j
A ₁	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۱۳	۰/۱۳۱
A ₂	۰/۱۸	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۱۰۶
A ₃	۰/۴۴	۰/۴۶	۰/۴۶	۰/۳۲	۰/۴۵	۰/۳۰	۰/۴۲۵
A ₄	۰/۲۶	۰/۳۰	۰/۲۹	۰/۴۹	۰/۳۶	۰/۵۲	۰/۳۳۷

بدین ترتیب تأمین کنندگان مورد نظر اولویت‌بندی شدند که وزن نهایی آن‌ها که در ستون W_j نمایش داده شده است. این وزن‌ها بعنوان ورودی مدل چند هدفه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

یافته‌های پژوهش

حل مدل پیشنهادی با استفاده از الگوریتم اپسیلون کانسترنیت

روش‌های متنوعی برای حل مسائل برنامه‌ریزی چندهدفه ارائه شده است که از آن جمله می‌توان به روش ورتر تصحیح شده (MW)، max-min و اپسیلون محدودیت اشاره کرد. در این پژوهش جهت بدست آوردن جواب پارتو از روش اپسیلون کانسترنیت برای حل مدل استفاده شده است که گام‌های اصلی آن به شرح زیر است (قدسی‌پور، ۱۳۹۲):

- ۱- یکی از توابع هدف را بعنوان تابع هدف اصلی انتخاب کنید.
- ۲- هر بار با توجه به یکی از توابع هدف مسئله حل می‌شود و مقادیر بهینه هر تابع هدف بدست می‌آید.
- ۳- بازه بین دو مقدار بهینه توابع هدف فرعی به تعداد از قبل مشخص تعیین می‌شود و یک جدول برای مقادیر اپسیلون بدست می‌آید.
- ۴- هر بار مسئله با تابع هدف اصلی با هر یک از مقادیر اپسیلون حل می‌شود.
- ۵- جواب‌های پارتو یافت شده گزارش می‌شود.

تنظیم پارامتر و مشخصات مسئله نمونه

داده‌های مورد نظر شرکت داروسازی در بخش تخصیص سفارش در دسترس نبود، لذا برای اجرای مدل، مقادیر پارامترها بر اساس توزیع یکنواخت تولید شدند. بازه‌های این توابع توزیع در جدول ۱۲ آورده شده است.

جدول (۱۲) توابع توزیع یکنواخت برای تولید پارامترها

متغیر	دامنه تغییرات
w_{ij}	$U(0,3,1)$
q_{ij}	$U(0,0,2,0,0,7)$
p_{ij}	$U(150,350)$
t_{ij}	$U(0,10,0,15)$
r_{ij}	$U(0,10,0,25)$
D_j	$U(50000,70000)$
Q_j	$U(0,0,7,0,0,9)$
C_{ij}	$U(40000,50000)$

مسئله نمونه برای ۱۰ تأمین کننده و ۳ محصول در نرم افزار لینگو کدنویسی شده و تعداد ۳۰ جواب پارتو یافت شد سپس با استفاده از روش تاپسیس جواب‌های پارتوی بدست آمده رتبه‌بندی شدند. گام‌های روش تاپسیس، به شرح ذیل است (چن و همکاران، ۲۰۰۶):

۱- تشکیل ماتریس نرمال به روش نورم اقلیدسی

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}$$

۲- تشکیل ماتریس نرمال وزن‌دار

۳- تعیین راه‌حل ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی

$$A^+ = \{V_1^+, V_2^+ \dots V_j^+ \dots V_n^+\}$$

$$A^- = \{V_1^-, V_2^- \dots V_j^- \dots V_n^-\}$$

۴- محاسبه جدایی (فاصله) به ازاء راه‌حل مثبت و منفی

$$d_{i+} = \left\{ \sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^+)^2 \right\}^{0.5} ; i = 1.2 \dots m$$

$$d_{i-} = \left\{ \sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2 \right\}^{0.5} ; i = 1.2 \dots m$$

۵- محاسبه نزدیکی نسبی از راه‌حل ایده‌آل برای هر گزینه

$$cl_{i+} = \frac{d_{i-}}{(d_{i+} + d_{i-})} ; 0 \leq cl_{i+} \leq 1. i = 1.2 \dots m$$

معیارهای در نظر گرفته شده برای ارزیابی جواب‌های پارتو توابع هدف هستند که در بخش مدل کمی ارائه شدند. نتایج به دو صورت یعنی ۱- تمام معیارها بدون وزن و ۲- دارای وزن ارائه شده‌اند. وزن معیارها پس از مشورت با خبرگان بصورت زیر در نظر گرفته شده است.

معیار	هدف ۱	هدف ۲	هدف ۳	هدف ۴	هدف ۵
وزن	۰/۳۰	۰/۱۵	۰/۲۵	۰/۲۰	۰/۱۰

ارائه یک مدل تلفیقی چندهدفه با استفاده از الگوریتم‌های AHP و TOPSIS برای ارزیابی و انتخاب تأمین کنندگان و تخصیص سفارش // ۱۰۳

در حالت تساوی وزن‌ها معیارها جواب پارتو ۲۴، بعنوان بهترین جواب با ضریب مطلوبیت ۰/۶۰۳ و بعد از آن جواب‌های ۱۸ و ۱۶ به ترتیب با ضریب مطلوبیت ۰/۶۰۲ و ۰/۵۸۳ انتخاب شده‌اند. همانطور که مشاهده می‌شود مقدار ضریب مطلوبیت دو جواب ۲۴ و ۱۸ بسیار به هم نزدیک هستند. جواب پارتو ۲۴ بصورت زیر است.

تأمین کننده	محصول اول	محصول دوم	محصول سوم
تأمین کننده ۱	۰	۰	۴۹۱۰۰
تأمین کننده ۲	۰	۳۱۶۲۹	۰
تأمین کننده ۳	۰	۴۴۰۷	۰
تأمین کننده ۴	۶۷۸۲	۰	۱۲۲۲۵
تأمین کننده ۵	۲۶۸۹۰	۳۱۶۵۰	۸۰۰۴
تأمین کننده ۶	۰	۴۱۷	۰
تأمین کننده ۷	۰	۰	۱۶۷۱
تأمین کننده ۸	۰	۱۲۶۱	۰
تأمین کننده ۹	۲۳۱۲	۰	۰
تأمین کننده ۱۰	۳۱۰۱۶	۶۳۶	۰

در حالت وزن‌دار بودن معیارها جواب پارتو ۴ بعنوان بهترین جواب با ضریب مطلوبیت ۰/۶۴۷ و بعد از آن جواب‌های ۲۵ و ۶ به ترتیب با ضریب مطلوبیت ۰/۶۳۷ و ۰/۶۳۵ انتخاب شده‌اند. جواب پارتو ۴ بصورت زیر است.

تأمین کننده	محصول اول	محصول دوم	محصول سوم
تأمین کننده ۱	۰	۰	۰
تأمین کننده ۲	۰	۰	۰
تأمین کننده ۳	۰	۰	۰
تأمین کننده ۴	۰	۰	۳۶۷۱۰
تأمین کننده ۵	۳۸۱۶۵	۴۶۴۴۰	۳۴۲۹۰
تأمین کننده ۶	۲۸۸۳۵	۰	۰
تأمین کننده ۷	۰	۰	۰
تأمین کننده ۸	۰	۲۳۵۶۰	۰
تأمین کننده ۹	۰	۰	۰
تأمین کننده ۱۰	۰	۰	۰

تحلیل حساسیت

تحلیل حساسیت هر مدل در شرایط خاص و مقایسه آن با دیگر شرایط، راهی مطمئن برای تعیین کارایی مدل و پی بردن به شرایط حساسی است که در مدل نامطمئن عمل می کنند و نوعی واسنجی مدل با شرایط واقعی است (ملکی نژاد و کوثری، ۱۳۸۷).

همانطور که در بخش قبل بررسی شد، با تغییر اوزان توابع هدف، جواب پارتو انتخابی توسط روش تاپسیس تغییر می کند. از این رو برای انجام تحلیل حساسیت، مقدار وزن یک تابع هدف را برابر ۰/۶ قرار داده و وزن سایر توابع هدف را برابر ۰/۱ قرار می دهیم. سپس تعداد تأمین کنندگان انتخابی در جواب پارتو انتخابی را مورد بررسی قرار می دهیم. اوزان در پنج حالت بصورت زیر می باشند:

معیار	هدف ۱	هدف ۲	هدف ۳	هدف ۴	هدف ۵
حالت ۱	۰/۶	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱
حالت ۲	۰/۱	۰/۶	۰/۱	۰/۱	۰/۱
حالت ۳	۰/۱	۰/۱	۰/۶	۰/۱	۰/۱
حالت ۴	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۶	۰/۱
حالت ۵	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۶

معیار	ظرفیت کابینه	شماره جوار	محصول ۱	محصول ۲	محصول ۳
حالت ۱	تعداد انتخابی	۱۷	۲	۳	۲
	شماره		۸و۵	۸و۷و۱	۵و۱
حالت ۲	تعداد انتخابی	۱۳	۴	۵	۶
	شماره		۱۰و۷و۳و۲	۱۰و۸و۷و۲و۱	۸و۳و۵و۶و۸
حالت ۳	تعداد انتخابی	۱۴	۲	۲	۲
	شماره		۹و۵	۸و۳	۹و۱
حالت ۴	تعداد انتخابی	۳	۲	۲	۲
	شماره		۷و۳	۱۰و۱	۸و۱
حالت ۵	تعداد انتخابی	۱۶	۳	۴	۲
	شماره		۷و۵	۸و۷و۳و۱	۵و۱

همانطور که مشاهده می‌شود، با بالا بردن اهمیت (وزن) تابع هدف ۲ یعنی اقلام معیوب جهت افزایش کیفیت محصول، مدل سعی در افزایش تعداد تأمین‌کنندگان دارد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

تأمین‌کنندگان نقش مهمی در ایجاد یک زنجیره تأمین کارا ایفا می‌کنند لذا ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان مناسب یکی از موضوعات اصلی و کلیدی در فرآیند مدیریت زنجیره تأمین یک سازمان است و در اکثر سازمان‌ها بخش مهمی از زنجیره تأمین به حساب می‌آید. به همین منظور، تاکنون مدل‌ها و روش‌های بسیار زیادی در این خصوص ارائه شده است.

در این مقاله یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفه برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان و تخصیص سفارش چندمحصولی در زنجیره تأمین ارائه شد. با توجه به این که وزن تابع هدف‌ها برای سازمان‌های مختلف ممکن است متفاوت باشد از روش AHP، برای وزندهی به آن‌ها استفاده شد. به عبارت دیگر، ممکن است برای یک سازمان وزن تابع هدف هزینه نسبت به کیفیت بیشتر باشد ولی در شرکتی دیگر برعکس این مسئله برقرار باشد.

با توجه به این که مدل ارائه شده، یک مدل خطی است، از روش اسپیلون محدودیت برای حل آن استفاده شد و جواب‌های پارتو بدست آمدند. تحلیل حساسیت انجام شده نشان داد که با افزایش وزن یک تابع هدف میزان تخصیص سفارش به تأمین‌کنندگانی که در آن تابع هدف نسبت به بقیه کارآمد هستند افزایش می‌یابد. این امر نشان از کارآمدی بالای مدل ارائه شده و عملکرد صحیح آن دارد. شایان ذکر است که از روش TOPSIS برای رتبه‌بندی جواب‌های پارتو استفاده شد.

غیرقطعی در نظر گرفتن پارامترهای مدل، افزودن توابع هدف و محدودیت‌های جدید (خطی یا غیرخطی) می‌تواند بعنوان پژوهش‌های جدید انجام شود که در این صورت می‌توان از روش‌های حل نادقیق مانند متاهیوریستیک‌ها بهره برد.

منابع

- Ebrahimi B, Rahmani M, Khakzar Bafouei M (2015), New data envelopment analysis to determine the most efficient model of decision-making with regard to inaccurate data. *Journal of industrial engineering* 49(2) :139-148 (In persian).
- Ebrahimi B, Rahmani M, Khakzar Bafouei M (2015), Development of a comprehensive model of data envelopment analysis to determine the best supplier with inaccurate data and weight limits. *Journal of production and operations management* (Under-press In Persian)
- Malekinejad H, Kousari MR(2008), Sensitivity analysis and the importance of factors influencing the peak in the curve number method. *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering* 2(5):31-40.(In Persian)
- Qodsipour H (2013)Discussions on multi-criteria decision making, multi- objective programming weighting methods of solving Amirkabir university of technology.(In Persian).
- Nasirith MM, Pourmohammadzia N(2005) Integrated Model for selecting suppliers and allocating orders in the supply chain *Journal of industrial engineering Tehran university* 49(1):117-128.
- Korasani A(2010) Evaluation and selection of suppliers in supply chain management in an environment of uncertainty case study Iran's pharmaceutical industry, Master's Thesis, Faculty of Engineering, PNU Tehran (In Persian).
- Chen, C.T., Lin, C.T., Huang, S.F., 2006. A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *International Journal of Production Economics* 102, 289-301.
- Enyinda, C., Janel, B., 2010. A model for quantifying strategic supplier selection: Evidence from a generic pharmaceutical firm supply chain. *International Journal of Business, Marketing, and Decision Sciences*. 3 (2), 1-20.
- De Boer, L., Labro, E., Morlacchi, P., 2001. A review of methods supporting supplier selection. *European Journal of Purchasing & Supply Management* 7, 75-89.
- Kannan, G., 2013. An integrated approach for selecting a vendor using grey relational analysis. *International Journal of Information Technology & Decision Making* 5 (2), 277-295.
- Weber C.A., Current J.R., 1993 "A multi-objective approach to vendor selection", *European Journal of Operational Research*, 173-184.
- Ghodsypour S.H., O'Brien C.O., 2001 "The total cost of logistics in supplier selection, under conditions of multiple sourcing, multiple criteria and capacity constraint", *International Journal of Production Economics*, 15-27.
- Narasimhan R., Talluri S., Mahapatra S.K., 2006 "Multiproduct, multi-criteria model for supplier selection with product life-cycle considerations", *Decision Sciences* 37 (4), 577-603.
- Ho W., Xu X., Dey P. K., 2010 "Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review", *European Journal of Operational Research*, 16-24.,
- Arikan F., 2013 "A fuzzy solution approach for multi objective supplier selection", *Expert Systems with Applications*, 947-952.
- Ware N.R, Singh S.P., Banwet D.K., 2014 "A mixed-integer non-linear program to model dynamic suppliersselection problem", *Expert Systems with Applications*, 41, 671-678
- Masoud Rahiminezhad Galankashi, Syed Ahmad Helmi, Pooria Hashemzahi, 2016 "Supplier selection in automobile industry: A mixed balanced scorecard-fuzzy AHP approach", *Alexandria Engineering Journal*, Volume 55, Issue 1, 93-100.
- Pedro Amorim, Eduardo Curcio, Bernardo Almada-Lobo , Ana P.F.D. Barbosa-Póvoa, Ignacio E. Grossmann. 2016. "Supplier selection in the processed food industry under uncertainty" *European Journal of Operational Research*, Volume 252, Issue 3, 1, Pages 801-814.