



# Designing a Supplier Assessment and Selection Network Considering Green Location-Vehicle Routing Problem Under Uncertainty

Hadi Kian, Seyed Babak Ebrahimi\* & Seyed Javad Hosseini-zhad

*Hadi Kian, Master Student of Industrial Engineering-System Analyses, K.N.Toosi University of Technology*

*Seyed Babak Ebrahimi, Department of Industrial Engineering, K.N.Toosi University of Technology*

*Seyed Javad Hosseini-zhad, Department of Industrial Engineering, K.N.Toosi University of Technology*

## Keywords

Supplier selection,  
uncertainly situation,  
green supply chain,  
green location

## ABSTRACT

*In nowadays competitive environment, green supplier selection, is as a strategic activities of organizations. This occurs because the environmental performance of organizations is influenced by its supplier's environmental performance. This paper proposes a two phase's approach to evaluate and select supplier in green supply chain containing strategic, technical and operational decisions, simultaneously. In the first phase of the approach as a strategic one, suppliers are evaluated using analytic hierarchy process and those which have sufficient authority will be selected for the second phase as a technical and operational one. In the second phase a new mathematical model considering green routing is developed to minimize costs and maximize the value of buying from green suppliers. Validity of the model is measured by using data of a consumer products distribution chain of medical equipment under uncertainty. Its results show the effectiveness of the proposed model.*

© 2017 IUST Publication, IJIEPM Vol. 28, No. 2, All Rights Reserved



## طراحی یک شبکه ارزیابی و انتخاب تأمین کنندگان با در نظر گرفتن مسأله مکان یابی-مسیریابی سبز تحت عدم قطعیت

هادی کیان، سید بابک ابراهیمی\* و سید جواد حسینی نژاد

### چکیده:

در دنیای رقابتی امروز انتخاب تأمین کنندگان سبز به عنوان یکی از فعالیت‌های استراتژیک سازمان محسوب می‌گردد. چرا که عملکرد زیست محیطی سازمان متأثر از عملکرد زیست محیطی تأمین کنندگان می‌باشد. در این مقاله یک رویکرد دو مرحله‌ای استراتژیک، تاکتیکی و عملیاتی به‌طور همزمان به منظور ارزیابی و انتخاب تأمین کنندگان در یک زنجیره تأمین سبز ارائه شده است. در مرحله اول این رویکرد که استراتژیک است تأمین کنندگان با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی ارزیابی می‌گردند و آنهایی که صلاحیت کافی را داشته باشند به عنوان تأمین کنندگان منتخب وارد مرحله دوم که یک مرحله تاکتیکی و عملیاتی است، می‌شوند. در مرحله دوم یک مدل ریاضی جدید با در نظر گرفتن مسأله مسیریابی سبز با اهداف کمینه‌سازی هزینه‌ها و بیشینه‌سازی ارزش خرید از تأمین کنندگان سبز توسعه داده می‌شود. اعتبار مدل با استفاده از داده‌های یک زنجیره توزیع محصولات مصرفی تجهیزات پزشکی تحت شرایط عدم قطعیت سنجیده شد که نتایج حاصل از آن نشان‌دهنده کارایی مدل پیشنهادی می‌باشد.

### کلمات کلیدی

انتخاب تأمین کننده،  
شرایط عدم قطعیت،  
زنجیره تأمین سبز،  
مکان یابی سبز

### ۱. مقدمه

انتخاب تأمین کننده به عنوان یک تصمیم استراتژیک موضوع مهمی است که توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده است. زیرا تأمین کنندگان اولین بخش از زنجیره هستند و هرگونه نارسایی در این بخش تا پایان زنجیره ادامه داشته و اثر آن نیز تشدید می‌شود. در دنیای رقابتی امروز، بدون داشتن تأمین کنندگان مناسب نمی‌توان محصول یا خدماتی با کیفیت عالی و هزینه‌ی پایین تولید کرد. در فرایند تصمیم‌گیری، معیارهای مختلف و متضاد باید در نظر گرفته شود که این خود باعث می‌شود تا انتخاب تأمین کننده بسیار پیچیده شود. در اقتصاد باز جهانی امروز که توسعه‌ی همزمان

تاریخ وصول: ۹۵/۰۱/۲۲

تاریخ تصویب: ۹۵/۰۸/۱۱

هادی کیان، دانشجوی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی  
سید جواد حسینی نژاد، عضو هیئت‌علمی دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی  
hosseinenezhad@kntu.ac.ir  
\*نویسنده مسئول مقاله: سید بابک ابراهیمی، عضو هیئت‌علمی دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی B\_Ebrahimi@kntu.ac.ir

محصول و تأمین کننده یک قانون است، ارزیابی و انتخاب تأمین کنندگان بسیار حائز اهمیت است. رویکردهای مختلفی در ادامه انتخاب تأمین کننده وجود دارد که تصمیم‌گیری چندشاخصه و استفاده از رویکردهای ترکیبی چندشاخصه و برنامه‌ریزی ریاضی بیش از سایر موارد در پژوهش‌های مختلف مورد توجه بوده است. هدف از این پژوهش ارائه یک رویکرد دو مرحله‌ای برای ارزیابی و انتخاب تأمین کنندگان با در نظر گرفتن معیارهای سنتی و سبز به طور همزمان است. مرحله اول که یک مرحله استراتژیک است برای بررسی صلاحیت هر یک از تأمین کنندگان با استفاده از مجموعه‌ای از معیارهای بحرانی سازمان است. تأمین کنندگان واجد شرایط منتخب وارد مرحله دوم شده و در این مرحله که استراتژیک و عملیاتی است، تصمیماتی مانند ارتباط یا عدم ارتباط با هر تأمین کننده، میزان خرید بهینه از هر تأمین کننده، مکان‌یابی جهت احداث مراکز مورد نیاز تحت عدم قطعیت گرفته خواهد شد. همچنین زنجیره تأمین که برای این منظور در نظر گرفته شده است یک زنجیره تأمین چندسطحی، چندمحصولی است. لازم به ذکر است که رویکرد مرحله اول براساس تصمیم‌گیری‌های

چندمعیاره و مرحله دوم براساس مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفه تحت عدم قطعیت خواهد بود.

## ۲. پیشینه پژوهش

دیکسون (۱۹۶۶) را می‌توان از پیشگامان ارزیابی تأمین‌کنندگان به شمار آورد. وی در یک بررسی، ۲۳ معیار مختلف را برای ارزیابی عملکرد تأمین‌کنندگان در نظر گرفته است. کیفیت، تحویل به موقع و تاریخچه‌ی عملکرد به عنوان سه معیار مهم این ارزیابی معرفی گردیده است. هو (۲۰۰۴)، ۲۴ مقاله‌ی چاپ شده‌ی بعد از ۱۹۹۱ را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد و چنین اعلام کرد که معیارهای قیمت، کیفیت، ظرفیت تولید و تحویل به موقع به عنوان مهم‌ترین معیارها در انتخاب تأمین‌کنندگان مورد توجه قرار گرفته‌اند. توپکو (۲۰۰۴)، یک مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره برای انتخاب تأمین‌کنندگان در زمینه‌ی ساخت و ساز در بخش دولتی ترکیه ارائه داده است. در مدل ارائه شده توسط وی، انتخاب تأمین‌کننده بر اساس سه معیار قیمت، کیفیت و زمان در دو مرحله انجام گرفت. در مرحله‌ی اول بر اساس معیارهای کیفیت و زمان پیش‌صلاحیت تأمین‌کننده مورد بررسی قرار می‌گیرد و در مرحله‌ی دوم با استفاده از سه معیار ذکر شده تأمین‌کنندگان رتبه‌بندی می‌شوند. لین (۲۰۰۹)، یک مدل یکپارچه تحلیل فرآیند شبکه‌ی فازی ترکیب شده با یک مدل برنامه‌ریزی خطی چندهدفه توسعه داد. در گام اول از مدل پیشنهادی وی، با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه به رتبه‌بندی و تعیین اوزان فاکتورها پرداخته می‌شود و برای این‌که ابهام و عدم قطعیت نیز در مدل در نظر گرفته شود تا به دنیای واقعی نزدیک‌تر شود تئوری فازی نیز به رویکرد پیشنهادی اضافه شده است. در فاز دوم با استفاده از یک مدل ریاضی چندهدفه به انتخاب تأمین‌کنندگان و تخصیص بهینه سفارش به آن‌ها پرداخته می‌شود. در مدل ریاضی پیشنهادی آن‌ها چهار تابع هدف ارائه شده است که سه هدف از نوع کمینه‌سازی (هزینه‌ها، دیرکرد تحویل و میزان خرید محصول معیوب) و یکی از نوع بیشینه‌سازی (کل ارزش خرید) است. لین (۲۰۱۲) یک رویکرد دو مرحله‌ای برای انتخاب تأمین‌کنندگان ارائه کرده است. رویکرد ارائه شده توسط وی مبتنی بر تصمیم‌گیری‌های چندشاخصه و چندهدفه به صورت توأمان می‌باشد. در همین راستا، یک مدل چندسطحی قیمت و چندمحصولی برای انتخاب تأمین‌کنندگان و تخصیص بهینه سفارش به آن‌ها توسط نظری- شیرکوهی و همکاران (۲۰۱۳) ارائه شد. در مدل ارائه شده توسط آن‌ها برخلاف مدل لین (۲۰۱۲)، تخفیف در خرید محصولات و چندمحصولی بودن نیز در نظر گرفته شد. توسعه یک مدل یکپارچه برای انتخاب تأمین‌کنندگان با استفاده از تابع ضرر تاگوچی، تاپسیس و برنامه‌ریزی آرمانی چندمعیاره، مقاله‌ای است که توسط شارما و بالان (۲۰۱۳)، ارائه شد.

در هیچ یک از مقالات ترکیبی چندشاخصه و چندهدفه ارائه شده در زمینه انتخاب تأمین‌کنندگان و تخصیص سفارش به آن‌ها، تا سال ۲۰۱۳ به مسایل زیست‌محیطی (سبز) پرداخته نشده بود. تا این‌که کانن و همکارانش (۲۰۱۳) یک رویکرد ترکیبی مبتنی بر فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی، تاپسیس فازی و یک مدل برنامه‌ریزی خطی چندهدفه فازی برای انتخاب تأمین‌کنندگان در زنجیره تأمین سبز ارائه نمودند. در راستای رویکرد ارائه شده توسط نظری- شیرکوهی و همکارانش (۲۰۱۳)، کاظمی، احسانی، گلاک (۲۰۱۴)، مدلی چندهدفه برای انتخاب تأمین‌کنندگان و تخصیص سفارش به آن‌ها با در نظر گرفتن مقدار تخفیف ارائه کردند. شفیعا و همکاران (۱۳۹۲) چارچوبی برای انتخاب و ارزیابی تأمین‌کنندگان با در نظر گرفتن عوامل ریسک با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری و رویکرد تحلیل پوششی داده‌های دو سطحی ارائه کرده‌اند. رزازی و بانک توکلی (۱۳۹۳) به منظور انتخاب تأمین‌کنندگان با این فرض که زنجیره تأمین از دو لایه خریدار و تأمین تشکیل شده است به گونه‌ای که خریدار در هر زیر دوره زمانی تعدادی از تأمین‌کنندگان را برای تأمین اقلام مورد نیازش براساس معیارهای قیمت، هزینه تراکنش و هزینه نگهداری در انبار انتخاب می‌نماید. مدل ارائه شده بر پایه تکنیک‌های خوشه‌بندی داده‌ها استوار است. عرب زاد و همکاران (۱۳۹۴) از شبکه عصبی مصنوعی در دسته‌بندی اقلام خرید و ارزیابی تأمین‌کنندگان استفاده کرده‌اند. به گونه‌ای که تأمین‌کنندگان به سه گروه مطلوب، متوسط و نامطلوب طبقه‌بندی می‌شوند و در انتها تأمین‌کنندگان جهت تأمین اقلام دسته‌های مختلف ارزیابی و رتبه‌بندی شده‌اند. عرب‌زاد، قربانی، رزمی، شیرویه‌زاد (۲۰۱۴)، همانند سایر مقالات دو مرحله‌ای مورد بررسی، یک رویکرد ترکیبی مبتنی بر تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره و چند هدفه برای انتخاب تأمین‌کنندگان و تخصیص بهینه سفارش به آن‌ها ارائه نموده‌اند، با این تفاوت که در رویکرد ارائه شده توسط آن‌ها مدیریت استراتژی مبتنی بر قوت، ضعف، فرصت و تهدید (SWOT) نیز در نظر گرفته شده است. در همین راستا، برخی از مطالعات، دیدگاه خود را به نوع دیگری از ارائه رویکرد و مدل معطوف کردند. در نظر گرفتن فرضیات جدید جهت نزدیک‌تر کردن مسأله به دنیای واقعی، ارائه‌ی مدل‌های غیرخطی و غیره برخی از این تغییرات بودند. ویر، سینگ و بانوت (۲۰۱۴)، یک مدل غیرخطی عدد صحیح مختلط برای انتخاب تأمین‌کنندگان در حالت پویا ارائه کردند. در مطالعه‌ی دیگری که توسط سی‌یو (۲۰۱۴)، صورت گرفته است به بررسی مسأله انتخاب تأمین‌کنندگان با در نظر گرفتن برنامه‌ریزی تولید پرداخته است. در مدل آن‌ها انعطاف‌پذیری مشتری در نظر گرفته شده است و مسأله مورد بررسی توسط آن‌ها چندمحصولی می‌باشد.

کنندگان ارائه می‌دهد و در مرحله دوم از رویکرد مدلسازی ریاضی برای تخصیص بهینه سفارش به تأمین‌کنندگان استفاده شده است.

### ۳-۱-۱. مرحله اول - گام اول:

در این گام، به انتخاب و استخراج معیارهای سبز در فرایند انتخاب تأمین‌کنندگان واجد شرایط برای این سازمان پرداخته می‌شود. با کمک خبرگان سازمان، این معیارها استخراج می‌گردند سپس به منظور این‌که مجموعه‌ی کاملی از معیارهای سبز مورد بررسی قرار گیرد، از معیارهای بحث شده در ادبیات موضوع استفاده می‌گردد. اما این منبع نمی‌تواند جامعیت فاکتورهای ارزیابی را دربرگیرد. بنابراین بنابر تجربه‌ی خبرگان، برخی از معیارها نیز توسط خبرگان این سازمان تعیین می‌شود.

### ۳-۱-۲. مرحله اول - گام دوم:

در این گام به وزن‌دهی معیارهای به دست آمده از گام قبلی پرداخته می‌شود. بنا به نظر خبرگان بین فاکتورها وابستگی درونی بسیار ناچیز است، از روش فرایند سلسله مراتبی برای وزن‌دهی استفاده می‌شود. همچنین برای در نظر گرفتن ابهام و عدم قطعیت در مدل، از تئوری فازی بهره می‌گیریم. بنابراین از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی برای وزن‌دهی استفاده می‌نماییم. برای تعیین وزن محلی زیر معیارها از ماتریس مقایسات زوجی استفاده می‌کنیم. برای این منظور از پرسشنامه‌هایی که مقایسه‌ی زوجی بین فاکتورها را داشته باشد استفاده می‌کنیم و از خبرگان می‌خواهیم تا برای تعیین اهمیت در مقایسات زوجی از الفاظ زبانی جدول (۱) که کهرمان، ارتای و بویوکوزمان (۲۰۰۶) ارائه کرده‌اند، استفاده نمایند. در شکل (۱) نیز اهمیت مقیاس زبانی به صورت شماتیک نشان داده شده است.

جدول ۱. مقدار تبدیلات فازی مثلثی

درجات سختی زبانی	درجات زبانی اهمیت	درجات فازی مثلثی	مقیاس متقابل فازی مثلثی
دقیقا برابر	دقیقا برابر	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
سختی برابر	اهمیت برابر	(1/2, 1, 3/2)	(2/3, 1, 2)
ضعیف سختتر	اهمیت ضعیفتر	(1, 3/2, 2)	(1/2, 2/3, 1)
به شدت سختتر	اهمیت بیشتر	(3/2, 2, 5/2)	(2/5, 1/2, 2/3)
بسیار به شدت سختتر	اهمیت بسیار بیشتر	(2, 5/2, 3)	(1/3, 2/5, 1/2)
کاملا سختتر	قطعا مهمتر	(5/2, 3, 7/2)	(2/7, 1/3, 2/5)

$$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left( \sum_{j=1}^m a_{ij}, \sum_{j=1}^m b_{ij}, \sum_{j=1}^m c_{ij} \right), i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (1)$$

که در آن a, b و c به ترتیب نشان دهنده‌ی حدپایین، وسط و بالای اعداد فازی مثلثی هستند. میزان حد ترکیبی فازی را با  $S_i$  نمایش داده و به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

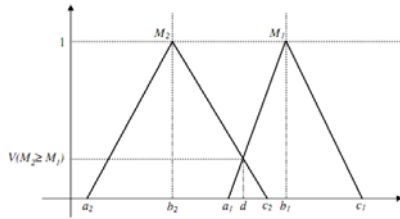
$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \otimes \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} \quad (2)$$

### ۳. روش شناسی پژوهش

در سال‌های اخیر با پررنگ‌تر شدن مسایل زیست‌محیطی و افزایش سطح آگاهی مردم، سازمان‌ها شاهد فشارهای زیادی از جانب دولت و مشتریان، برای سازگاری بیشتر با محیط‌زیست بوده‌اند. همچنین بسیاری از سهامداران سازمان‌ها نیز خواستار کاهش اثرات مخرب و منفی زیست‌محیطی شده‌اند. کشور ایران نیز از این موضوع مستثنی نبوده و گرایش جامعه و در رأس آن دولت به حفظ محیط‌زیست افزایش یافته و نگرانی‌ها در خصوص آلودگی محیط‌زیست و عواقب آن، ذهن مسئولان را مشغول کرده است. در این راستا، تلاش‌های زیادی برای نهادینه کردن و فرهنگ‌سازی مصرف محصولات سبز انجام شده است (منظور از محصولات سبز، محصولاتی است که زنجیره تأمین، تولید، توزیع و مصرف آن کمترین آلاینده‌ی و تخریب زیست‌محیطی را به همراه داشته باشد). سازمان‌ها برای این‌که بتوانند در صحنه رقابت با سایرین باقی بمانند؛ می‌بایست به دنبال استراتژی‌هایی جهت تولید محصولات با کمترین اثر مخرب زیست‌محیطی باشند. یکی از این استراتژی‌ها که بسیار موردتوجه قرار گرفته است، انتخاب تأمین‌کنندگان سبز است. با توجه به اهمیت این موضوع، این تحقیق رویکردی را ارائه خواهد داد تا مسأله انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص بهینه سفارش به آن‌ها با در نظر گرفتن مسائل زیست‌محیطی انجام شود. این تحقیق یک رویکرد دو مرحله‌ای را ارائه می‌دهد که مرحله اول مربوط به انتخاب تأمین‌کننده و امتیاز دهی به آن‌ها می‌باشد و در مرحله دوم نحوه تخصیص سفارش به تأمین‌کنندگان انجام می‌شود. مرحله اول از یک رویکرد مبتنی بر تصمیم‌گیری چند معیاره برای انتخاب و امتیاز دهی به تأمین

بعد از تکمیل پرسشنامه‌ها و استخراج ماتریس مقایسات زوجی، وزن محلی هر یک از فاکتورها را از طریق روشی که توسط چانک (۱۹۹۶) ارائه کرده‌اند برای دی فازی کردن و بدست آوردن وزن هر فاکتور استفاده می‌کنیم. روند ارائه شده توسط آن‌ها در ادامه آورده شده است:

فرض کنید  $M_{g_i}^j$  نشان دهنده‌ی اعداد فازی مثلثی واقع شده در سطر  $i$ ام و ستون  $j$ ام ماتریس مقایسات زوجی باشد و داریم:



شکل ۲. تداخل میان M1 و M2

در مرحله‌ی بعدی درجه‌ی امکان را برای اعداد فازی محدب به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = \min(M \geq M_i) \quad i = 1, 2, \dots, k$$

$$V[(M \geq M_1) \& \dots \& (M \geq M_k)] = \min(M \geq M_i) \quad (۷)$$

بنابراین فرض می‌کنیم که

$$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k) \quad (۸)$$

سپس بردار وزن را به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (۹)$$

سپس بردار وزن بدست آورده را نرمال می‌کنیم:

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (۱۰)$$

بدین ترتیب می‌توانیم وزن هریک از زیر معیارها را به دست آوریم.

### ۳-۱-۳. مرحله اول - گام سوم:

در این گام، به ارزیابی عملکرد معیارها- جهت استخراج داده‌های ارزیابی عملکرد- به ازای هر تأمین کننده می‌پردازیم. برای این منظور از خبرگان می‌خواهیم تا با استفاده از الفاظ زبانی جدول (۲) به معیارها، به ازای هر تأمین کننده امتیازدهی کنند. این کار با استفاده از پرسشنامه صورت می‌گیرد. اعداد فازی مثلثی معادل الفاظ زبانی مورد استفاده در این گام نیز در جدول (۲) آورده شده است (داگدویرن و یوکسل، ۲۰۱۰). میانگین نظرات خبرگان برای هر زیرمعیار را بدست می‌آوریم، سپس امتیاز نهایی ارزیابی عملکرد برای هر تأمین کننده، از مجموع حاصل ضرب اوزان معیارها در مقادیر عددی‌اشان (مقادیر ارزیابی شده در این گام) حاصل می‌گردد.

جدول ۲. ارزش‌های زبانی و معنای اعداد فازی مثلثی

میانگین اعداد فازی مثلثی	اعداد فازی مثلثی معادل	الفاظ زبانی نامطلوب	الفاظ زبانی مطلوب
0	(0,0,0)	خیلی خوب	خیلی ضعیف
0.167	(0,0.167,0.333)	خوب	ضعیف
0.333	(0.167,0.333,0.5)	متوسط- خوب	متوسط- ضعیف
0.5	(0.333,0.5,0.667)	متوسط	متوسط
0.667	(0.5,0.667,0.833)	متوسط- ضعیف	متوسط- خوب
0.833	(0.667,0.833,1)	ضعیف	خوب
1	(1,1,1)	خیلی ضعیف	خیلی خوب

که برای بدست آوردن  $\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1}$  به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right] = \left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij}, \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij}, \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} \right) \quad (۳)$$

$$\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left( \frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij}}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij}}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij}} \right) \quad (۴)$$

سپس باید درجه‌ی امکان را تعیین کنیم. برای مثال درجه امکان  $M_2 \geq M_1$  به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$V(M_2 \geq M_1) = \text{Sup}[\min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y)), y \geq x] \quad (۵)$$

این درجه امکان از طریق رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:

$$V(M_2 \geq M_1) = \text{hgt}(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1 & \text{if } b_2 \geq b_1 \\ 0 & \text{if } a_1 \geq c_2 \\ \frac{a_1 - c_2}{(b_2 - c_2) - (b_1 - a_1)} & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (۶)$$

که در آن d بیشترین ارتفاع موجود بین  $\mu_{M_2}$  و  $\mu_{M_1}$  است. شکل (۲) نشان دهنده‌ی این مفهوم است.

- پس از محاسبه امتیاز هر تأمین‌کننده، آن‌هایی که حداقل امتیاز لازم را کسب نمایند، به عنوان تأمین‌کننده واجد شرایط وارد مرحله بعدی می‌شوند.
- ۱-۲-۳. مرحله دوم: برای طراحی شبکه زنجیره تأمین مذکور مفروضات زیر را در نظر می‌گیریم:
- زنجیره تأمین موردنظر در این پژوهش دربرگیرنده سطوح تأمین و توزیع می‌باشد.
  - همچنین این زنجیره تأمین چندمحصولی و تک دوره‌ای در نظر گرفته شده است.
  - موقعیت جغرافیایی محل‌های تأمین خارج از حدود مدل تحقیق در عملیات تعیین می‌گردد.
- مکان‌یابی مراکز توزیع توسط مدل تعیین می‌گردد.
- تعداد و ظرفیت خودروهای قابل استفاده برای حمل و نقل مشخص می‌باشد.
- زمان لازم برای جابه‌جایی خودروها به شکل قطعی از پیش مشخص است.
- یک رویکرد فازی برای حل مدل ارائه می‌شود.

#### جدول ۳. اندیس‌ها

$s, \hat{s}$	تأمین‌کننده
$v$	وسیله نقلیه
$d$	مرکز توزیع
$i$	محصول

- زنجیره تأمین موردنظر در این پژوهش دربرگیرنده سطوح تأمین و توزیع می‌باشد.
- همچنین این زنجیره تأمین چندمحصولی و تک دوره‌ای در نظر گرفته شده است.
- موقعیت جغرافیایی محل‌های تأمین خارج از حدود مدل تحقیق در عملیات تعیین می‌گردد.

#### جدول ۴. پارامترها

$cost_d^{str}$	هزینه راه‌اندازی مرکز توزیع $d$
$cost^f$	هزینه سوخت
$w_s$	امتیاز تأمین‌کننده $s$
$fuel_v$	میزان مصرف سوخت خودروی $v$
$dist_{id}$	میزان تقاضای مرکز توزیع $d$ از محصول $i$
$fix_s$	هزینه ثابت سفارش‌دهی از تأمین‌کننده $s$
$tm_{vds}$	زمان جابجایی از مرکز توزیع $d$ به تأمین‌کننده $s$ با خودروی $v$
$dis_{ds}$	فاصله تأمین‌کننده $s$ از مرکز توزیع $d$
$price_{is}^{sup}$	قیمت خرید کالای $i$ از تأمین‌کننده $s$
$tm_{v\hat{s}s}^{sup}$	زمان جابجایی از تأمین‌کننده $\hat{s}$ به تأمین‌کننده $s$ با خودروی $v$
$dis_{\hat{s}s}^{sup}$	فاصله تأمین‌کننده $s$ از $\hat{s}$
$cost_v^{veh}$	هزینه تأمین خودروی $v$
$cap_v^{veh}$	ظرفیت خودروی $v$
$cap_{is}^{sup}$	ظرفیت تأمین‌کننده $s$ در تأمین کالای $i$
$bigm_{\sim\infty}$	عدد مثبت بسیار بزرگ (بی‌نهایت)

#### جدول ۵. متغیرها

$x_{ivds}$	میزان محصول $i$ تأمین شده توسط تأمین‌کننده $s$ برای مرکز توزیع $d$ توسط خودرو $v$
$at_{vs}$	زمان ورود خودروی $v$ به تأمین‌کننده $s$
$x_v^{veh} \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$	Binary اگر خودرو $v$ تأمین شود در غیر این صورت
$x_{is}^{sup} \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$	Binary اگر کالای $i$ از تأمین‌کننده $s$ تأمین شود در غیر این صورت
$\alpha_{v\hat{s}s} \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$	Binary اگر خودرو $v$ از تأمین‌کننده $\hat{s}$ به تأمین‌کننده $s$ برود در غیر این صورت

$y_{vd}$	$\begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$	Binary	اگر خودرو $v$ مرکز توزیع $d$ اختصاص یابد
			در غیر این صورت
$x_d^{str}$	$\begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$	Binary	اگر مرکز توزیع $d$ تاسیس شود
			در غیر این صورت

$$x_d^{str} \leq bigm \times y_{vd} \quad \forall v, d \quad (13)$$

$$\sum_{v,d} x_{ivds} \leq x_{is}^{sup} \times bigm \quad \forall i, s \quad (14)$$

$$\sum_d x_d^{str} = 1 \quad (15)$$

محدودیت (۱) بیان می‌کند که اگر خودرویی به یک تأمین‌کننده وارد شد باید از آن خارج شود. محدودیت (۲) تضمین می‌کند که هر خودرو هر تأمین‌کننده حداکثر یکبار ویزیت خواهد کرد. میزان کالای دریافتی از هر تأمین‌کننده نباید از ظرفیت آن تأمین‌کننده تجاوز نماید که محدودیت (۳) نشان‌دهنده‌ی این امر است. میزان کالای جایجا شده توسط خوردها، نباید از ظرفیت آن خودرو بیشتر باشد که این مهم در محدودیت (۴) آورده شده است. دو شرط مهم برای دریافت کالا این است که مشتری تأمین‌کننده را ویزیت نماید و خودرو خریداری گردد که این دو شرط به ترتیب در محدودیت‌های (۵) و (۶) ارضا شده است. هر خودرو حداکثر به یک مرکز توزیع تخصیص داده خواهد شد که محدودیت (۷) این موضوع را نشان می‌دهد. محدودیت (۸) بیانگر محدودیت ارضای تقاضاست و محدودیت (۹) بیان می‌کند که اگر خودرویی به هیچ مرکز توزیع تخصیص داده نشود، هیچ محصولی خریداری نخواهد شد. محدودیت (۱۰) بیانگر این می‌باشد که اگر از تأمین‌کننده‌ای خرید نشود آن تأمین‌کننده احداث نخواهد شد. محدودیت‌های (۱۱) و (۱۲)، جهت حذف زیرتور و زمان بازدید از هر تأمین‌کننده را نشان می‌دهند. محدودیت (۱۲) تضمین می‌کند که اگر خودرویی به مرکز توزیعی تخصیص نیافت، آن مرکز توزیع تأسیس نشود. براساس محدودیت (۱۳)، اگر با تأمین‌کننده‌ای ارتباط گرفته نشود، هیچ محصولی از او خریداری نمی‌شود. در نهایت محدودیت (۱۴) بیان می‌کند که دقیقاً یک مرکز توزیع احداث گردد.

### ۳-۲-۳. فرایند خطی‌سازی

برای خطی‌سازی، متغیرهای زیر را تعریف می‌نماییم:

$$y_{vds} \alpha_{vds} \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases} \quad \text{at } \alpha_{vss} \quad \text{صفر و یک}$$

در زیر صورت خطی تابع هدف اول آورده شده است که پنج محدودیت به مدل اضافه می‌نماید.

### ۳-۲-۲. مدل‌سازی ریاضی

در زیر مدل ما ارایه شده است که دارای ۲ تابع هدف می‌باشد که اولی شامل کمینه‌سازی هزینه‌ها که عبارتند از: هزینه مصرف سوخت توسط خوردها، هزینه تأمین خودرو، هزینه ارتباط با تأمین‌کننده، هزینه خرید محصول و هزینه انبارداری و تابع هدف دوم به بیشینه‌سازی ارزش خرید از تأمین‌کنندگان سبز می‌پردازد.

#### توابع هدف

$$\begin{aligned} Min Z^{ss} = & \sum_{v,d,s>1} cost^f \times fuel_v \times dist_{db} \times y_{vd} \times \alpha_{vls} + \sum_{v,s>1,s>1} cost^f \times fuel_v \times dist_{ss}^{sp} \times \alpha_{vss} + \\ & \sum_{v,d,s>1} cost^f \times fuel_v \times dist_{db} \times y_{vd} \times \alpha_{vls} + \sum_v cost_v^{veh} \times x_v^{veh} + \\ & \sum_{i,s} fix_s \times x_{is}^{sp} + \sum_{i,v,d,s} price_{is}^{sp} \times x_{vds} + \sum_d cost_d^{str} \times x_d^{str} \end{aligned}$$

$$Max Z^{set up distribution center with maximum values} = \sum_{i,s} w_s \times x_{is}^{sup}$$

Subjected to:

$$\sum_s \alpha_{vss} = \sum_s \alpha_{vss} \quad \forall v, s \quad (1)$$

$$\sum_s \alpha_{vss} \leq 1 \quad \forall v, s \quad (2)$$

$$\sum_{v,d} x_{ivds} \leq cap_{is}^{sup} \quad \forall i, s \quad (3)$$

$$\sum_{i,s} x_{ivds} \leq cap_v^{veh} \times x_v^{veh} \quad \forall v, d \quad (4)$$

$$\sum_d x_{ivds} \leq bigm \times \sum_s \alpha_{vss} \quad \forall i, v, s \quad (5)$$

$$\sum_{d,s} x_{ivds} \leq bigm \times x_v^{veh} \quad \forall i, v \quad (6)$$

$$\sum_d y_{vd} \leq 1 \quad \forall v \quad (7)$$

$$\sum_{s>1} x_{ivds} \geq dist_{id} \quad \forall i, d \quad (8)$$

$$\sum_{d,s} x_{ivds} \leq bigm \times \sum_d y_{vd} \quad \forall i, v \quad (9)$$

$$\leq bigm \times x_d^{str} \quad \forall i, v, d, s \quad \text{مثبت} \quad (10)$$

$$at_{vs} \geq \sum_s (at_{vs} + tm_{vss}^{sup}) \times \alpha_{vss} \quad \forall v, s > 1 \quad (11)$$

$$at_{vs} \geq \sum_d tm_{vds} \times y_{vd} \times \alpha_{vsl} \quad \forall v, s \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \text{Min } Z^{\text{cost}} = & \sum_{v,d,s>1} \text{cost}^f \times \text{fuel}_v \times \text{dis}_{ds} \times y_{vd1s} + \\ & \sum_{v,s>1,s>1} \text{cost}^f \times \text{fuel}_v \times \text{dis}_{ss}^{\text{sup}} \times \alpha_{v\hat{s}s} + \\ & \sum_{v,d,s>1} \text{cost}^f \times \text{fuel}_v \times \text{dis}_{ds} \times y_{vd1s} + \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} & \sum_v \text{cost}_v^{\text{veh}} \times x_v^{\text{veh}} + \sum_{i,s} \text{fix}_s \times x_{is}^{\text{sup}} + \sum_{i,v,d,s} \text{price}_{is}^{\text{sup}} \times x_{ivds} \\ & y_{vd\hat{s}s} \leq y_{vd} + (1 - \alpha_{v\hat{s}s}) \times \text{bigm} \end{aligned} \quad (17)$$

$$y_{vd\hat{s}s} \leq \alpha_{v\hat{s}s} + (1 - y_{vd}) \times \text{bigm} \quad (18)$$

$$y_{vd\hat{s}s} \geq 1 + (\alpha_{v\hat{s}s} + y_{vd} - 2) \times \text{bigm} \quad (19)$$

$$y_{vd\hat{s}s} \leq (\alpha_{v\hat{s}s} + y_{vd}) \times \text{bigm} \quad (20)$$

عبارت غیر خطی (۱۰) به صورت زیر خطی سازی شده است.

$$at_{v\hat{s}} \geq \sum_s (at_{v\hat{s}} + tm_{v\hat{s}s}^{\text{sup}} \times \alpha_{v\hat{s}s}) \quad \forall v, s > 1 \quad (21)$$

$$at_{v\hat{s}\hat{s}} \geq at_{v\hat{s}} - (1 - \alpha_{v\hat{s}s}) \times \text{bigm} \quad (22)$$

$$at_{v\hat{s}\hat{s}} \leq at_{v\hat{s}} \quad (23)$$

$$at_{v\hat{s}\hat{s}} \leq \text{bigm} \times \alpha_{v\hat{s}s} \quad (24)$$

درمانی با در نظرگیری پیشرفت علم پزشکی و درمانی، برای خدمت رسانی در بیمارستان‌ها و درمانگاه‌ها نیازمند وسایل مورد نیاز در این رابطه می‌باشند. به‌الطبع این صنعت حیاتی بوده و سود حاصل از فعالیت‌های تجاری در آن بسیار بالا می‌باشد، شرکت‌های زیادی در این زمینه وارد شده‌اند. اکنون عاملی که اخیراً باعث شده در این سیستم رقابتی عملکرد بعضی بر دیگری سود بیشتری داشته باشند استفاده از فعالیت‌های سبز در مجموعه‌ی عملیات خود می‌باشد. از این‌رو ما با از یک زنجیره‌ی لوازم مصرفی تجهیزات پزشکی در این زمینه برای اعتبار سنجی مدل پیشنهادی خود استفاده کرده‌ایم.

۴-۱-۱. مرحله اول - گام اول: با بررسی ادبیات موضوع و استفاده از تجربه خبرگان مجموعه‌ای از معیارها و زیرمعیارها استخراج گردید که در جدول (۳) آورده شده است.

جدول ۳. معیارهای سبز انتخاب شده جهت ارزیابی تأمین کنندگان

علائم اختصاری	معیارهای سبز
Green1	آلودگی هوا
Green2	میزان تخریب اکوسیستم
Green3	مدیریت هدررفت/کنترل آلودگی
Green4	مواد دوستدار محیط زیست
Green5	تاییدیه‌های محیط زیستی
Green6	بازطراحی محصولات
Green7	برنامه‌ریزی تولید سبز

به دلیل اینکه مسأله دارای دو تابع هدف غیرهمجنس هستند از روش فازی ارایه شده توسط زیمرمن (۱۹۷۸) برای فازی کردن توابع هدف استفاده خواهد شد.

Max  $\lambda$

Subject to:

$$\lambda \leq \mu_{z_k^{\text{min}}}(x)$$

$$\lambda \leq \mu_{z_k^{\text{max}}}(x)$$

این توابع عضویت به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$\mu_{z_k^{\text{min}}}(x) = \begin{cases} 1 & z_k(x) > z_k^{\text{positive}} \\ 0 & z_k(x) < z_k^{\text{negative}} \\ f_{\mu_{z_k^{\text{min}}}} = \frac{z_k^{\text{positive}} - z_k(x)}{z_k^{\text{positive}} - z_k^{\text{negative}}}, & z_k^{\text{negative}} \leq z_k(x) \leq z_k^{\text{positive}} \end{cases}$$

$$\mu_{z_l^{\text{max}}}(x) = \begin{cases} 1 & z_l(x) > z_l^{\text{positive}} \\ 0 & z_l(x) < z_l^{\text{negative}} \\ f_{\mu_{z_l^{\text{max}}}} = \frac{z_l(x) - z_l^{\text{negative}}}{z_l^{\text{positive}} - z_l^{\text{negative}}}, & z_l^{\text{negative}} \leq z_l(x) \leq z_l^{\text{positive}} \end{cases}$$

از آن‌جا که در این مدل معیارهای استفاده شده در یک مقیاس نیستند باید قبل از حل مدل روشی برای بی‌مقیاس سازی آن بکار برده شود.  $z_k^{\text{positive}}$  و  $z_k^{\text{negative}}$  به ترتیب حد بالا و پایین توابع هدف هستند که در مدل تخمین زده می‌شوند.

#### ۴. یافته‌های پژوهش

تجهیزات پزشکی یکی از مهمترین مباحث در زمینه‌ی خدمات درمانی می‌باشد زیرا با توجه به این موضوع که تمامی روش‌های



۴-۱-۲. مرحله اول- گام دوم: در این گام به وزن‌دهی زیرمعیارها پرداخته خواهد شد. برای این منظور از خبرگان خواسته می‌شود تا با استفاده از الفاظ زبانی جدول (۱) بین فاکتورها به صورت زوجی قضاوت نمایند. نتایج حاصل از این مقایسات زوجی با جایگزین کردن اعداد فازی مثلثی به جای الفاظ زبانی در جداول (۴) آورده شده است.

جدول ۴. مقایسات زوجی بین معیارهای معیار سبز

زیرمعیارهای سبز	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
G1	(1,1,1)	(1,3/2,2)	(1,3/2,2)	(1/2,1,3/2)	(1/2,1,3/2)	(1,3/2,2)	(3/2,2,5/2)
G2	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(1,3/2,2)	(1/2,2/3,1)	(1,3/2,2)	(1,3/2,2)	(3/2,2,5/2)
G3	(1/2,2/3,1)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(1/2,2/3,1)	(1/2,2/3,1)	(1,3/2,2)	(3/2,2,5/2)
G4	(2/3,1,2)	(1,3/2,2)	(1,3/2,2)	(1,1,1)	(1/2,2/3,1)	(1,3/2,2)	(3/2,2,5/2)
G5	(2/3,1,2)	(1/2,2/3,1)	(1,3/2,2)	(1,3/2,2)	(1,1,1)	(1,3/2,2)	(1,3/2,2)
G6	(1/2,2/3,1)	(1/2,2/3,1)	(1/2,2/3,1)	(1/2,2/3,1)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)
G7	(2/5,1/2,2/3)	(2/5,1/2,2/3)	(2/5,1/2,2/3)	(2/5,1/2,2/3)	(1/2,2/3,1)	(2/3,1,2)	(1,1,1)

حال با استفاده از روش چانگ (۱۹۹۶) به وزن‌دهی زیرمعیارها پرداخته می‌شود. در ادامه با استفاده از جدول (۴) روند وزن‌دهی توسط این روش آورده شده است:

۱. محاسبه‌ی مجموع اعداد فازی مثلثی در هر سطر: مجموع اعداد فازی را در هر سطر محاسبه می‌نماییم.

$$1) \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = (\sum_{j=1}^m a_{ij}, \sum_{j=1}^m b_{ij}, \sum_{j=1}^m c_{ij}), i = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^7 M_{g_1}^j = (6.5, 9.5, 12.5)$$

$$\sum_{j=1}^7 M_{g_2}^j = (6.5, 8.8333, 11.5)$$

$$\sum_{j=1}^7 M_{g_3}^j = (5.5, 7.1667, 9.5)$$

$$\sum_{j=1}^7 M_{g_4}^j = (6.6667, 9.1667, 12.5)$$

$$\sum_{j=1}^7 M_{g_5}^j = (6.1667, 8.6667, 12)$$

$$\sum_{j=1}^7 M_{g_6}^j = (4, 5.3333, 7.5)$$

$$\sum_{j=1}^7 M_{g_7}^j = (3.7667, 4.6667, 6.6667)$$

۲. محاسبه مجموع اعداد فازی مثلثی تمامی سطرها و ستون‌ها: در این مرحله، مجموع تمام اعداد فازی را در سطرها و ستون‌ها محاسبه می‌کنیم.

$$2) \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right] = \left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij}, \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij}, \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} \right)$$

$$\sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^7 M_{g_i}^j = (39.1001, 53.3334, 72.1667)$$

۳. محاسبه معکوس مجموع اعداد فازی مثلثی تمامی سطرها و ستون‌ها: مجموع اعداد فازی مرحله قبل را معکوس می‌نماییم، مکان اعداد فازی مثلثی نیز تغییر می‌کند.

$$3) \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left( \frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij}}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij}}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij}} \right)$$

$$\left[ \sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^7 M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left( \frac{1}{72.1667}, \frac{1}{53.3334}, \frac{1}{39.1001} \right)$$

۴. محاسبه میزان حد ترکیبی فازی: مجموع اعداد هر سطر را (مرحله ۱) را در مجموع تمامی سطر و ستون‌ها (مرحله ۳) ضرب می‌کنیم.

$$4) S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \otimes \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1}$$

$$S_1 = (6.5, 9.5, 12.5) \otimes \left( \frac{1}{72.1667}, \frac{1}{53.3334}, \frac{1}{39.1001} \right) = (0.0901, 0.1781, 0.3197)$$

$$S_2 = (6.5, 8.8333, 11.5) \otimes \left( \frac{1}{72.1667}, \frac{1}{53.3334}, \frac{1}{39.1001} \right) = (0.0901, 0.1656, 0.2941)$$

$$S_3 = (5.5, 7.1667, 9.5) \otimes \left( \frac{1}{72.1667}, \frac{1}{53.3334}, \frac{1}{39.1001} \right) = (0.0762, 0.1344, 0.2430)$$

$$S_4 = (6.6667, 9.1667, 12.5) \otimes \left( \frac{1}{72.1667}, \frac{1}{53.3334}, \frac{1}{39.1001} \right) = (0.0924, 0.1719, 0.3197)$$

$$S_5 = (6.1667, 8.6667, 12) \otimes \left( \frac{1}{72.1667}, \frac{1}{53.3334}, \frac{1}{39.1001} \right) = (0.0855, 0.1625, 0.3069)$$

$$S_6 = (4, 5.3333, 7.5) \otimes \left( \frac{1}{72.1667}, \frac{1}{53.3334}, \frac{1}{39.1001} \right) = (0.0554, 0.1, 0.1918)$$

$$S_7 = (3.7667, 4.6667, 6.6667) \otimes \left( \frac{1}{72.1667}, \frac{1}{53.3334}, \frac{1}{39.1001} \right) = (0.0522, 0.0875, 0.1705)$$

۵. تعیین درجه امکان: اعداد حاصله از گام قبل را با استفاده از رابطه (۳-۲۵) مقایسه می‌شوند و مقادیر درجه امکان تعیین می‌گردند.

$$5) V(M_2 \geq M_1) = \text{Sup}[\min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y))], y \geq x$$

$$V(S_1 \geq S_2) = 1, \quad V(S_1 \geq S_3) = 1, \quad V(S_1 \geq S_4) = 1$$

$$V(S_1 \geq S_5) = 1, \quad V(S_1 \geq S_6) = 1, \quad V(S_1 \geq S_7) = 1$$

$$V(S_2 \geq S_1) = 0.9423, \quad V(S_2 \geq S_3) = 1, \quad V(S_2 \geq S_4) = 0.9697$$

$$V(S_2 \geq S_5) = 1, \quad V(S_2 \geq S_6) = 1, \quad V(S_2 \geq S_7) = 1$$

$$V(S_3 \geq S_1) = 0.7777, \quad V(S_3 \geq S_2) = 0.8305, \quad V(S_3 \geq S_4) = 0.8006$$

$$V(S_3 \geq S_5) = 0.8486, \quad V(S_3 \geq S_6) = 1, \quad V(S_3 \geq S_7) = 1$$

$$V(S_4 \geq S_1) = 0.9737, \quad V(S_4 \geq S_2) = 1, \quad V(S_4 \geq S_3) = 1$$

$$V(S_4 \geq S_5) = 1, \quad V(S_4 \geq S_6) = 1, \quad V(S_4 \geq S_7) = 1$$

$$V(S_5 \geq S_1) = 0.9329, \quad V(S_5 \geq S_2) = 0.9859, \quad V(S_5 \geq S_3) = 1$$

$$V(S_5 \geq S_4) = 0.9580, \quad V(S_5 \geq S_6) = 1, \quad V(S_5 \geq S_7) = 1$$

$$V(S_6 \geq S_1) = 0.5803, \quad V(S_6 \geq S_2) = 0.6221, \quad V(S_6 \geq S_3) = 0.7799$$

$$V(S_6 \geq S_4) = 0.5952, \quad V(S_6 \geq S_5) = 0.6431, \quad V(S_6 \geq S_7) = 1$$

$$V(S_7 \geq S_1) = 0.4702, \quad V(S_7 \geq S_2) = 0.5073, \quad V(S_7 \geq S_3) = 0.6678$$

$$V(S_7 \geq S_4) = 0.4806, \quad V(S_7 \geq S_5) = 0.5313, \quad V(S_7 \geq S_6) = 0.9020$$

۶. تعیین حداقل مقدار درجه امکان به ازای هر میزان حد ترکیبی فازی: در گام قبل به ازای هر دسته درجه امکان، حداقل آن دسته تعیین می‌گردد.

$$6) d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k)$$

$$d'(A_1) = \min V(S_1 \geq S_k) = 1, k = 2, 3, 4, 5, 6, 7$$

$$d'(A_2) = \min V(S_2 \geq S_k) = 0.9423, k = 1, 3, 4, 5, 6, 7$$

$$d'(A_3) = \min V(S_3 \geq S_k) = 0.7777, k = 1, 2, 4, 5, 6, 7$$

$$d'(A_4) = \min V(S_4 \geq S_k) = 0.9737, k = 1, 2, 3, 5, 6, 7$$

$$d'(A_5) = \min V(S_5 \geq S_k) = 0.9329, k = 1, 2, 3, 4, 6, 7$$

$$d'(A_6) = \min V(S_6 \geq S_k) = 0.5803, k = 1, 2, 3, 4, 5, 7$$

$$d'(A_7) = \min V(S_7 \geq S_k) = 0.4702, k = 1, 2, 3, 4, 5, 6$$

۷. وزن‌های نرمال نشده: اعداد حاصل از مرحله قبل به عنوان وزن‌های نرمال نشده در نظر گرفته می‌شوند.

$$7) W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T$$

$$W' = (1, 0.9423, 0.7777, 0.9737, 0.9329, 0.5803, 0.4702)^T$$

۸. وزن‌های نرمال شده: هر کدام از وزن‌های مرحله‌ی قبل را بر مجموع اوزان تقسیم می‌نماییم.

$$W = (0.1761, 0.1661, 0.1370, 0.1715, 0.1643, 0.1022, 0.0828)^T$$

نشان دهنده اوزان معیارهای سبز می‌باشد.

#### جدول ۶. وزن معیارهای سبز

وزن	زیرمعیار
0.1761	الودگی هوا
0.1661	میزان تخریب اکوسیستم
0.137	خرید مواد اولیه‌ی سازگار با محیط زیست
0.1715	شرکای سازگار با محیط زیست
0.1643	بسته بندی سبز
0.1022	بازیافت (بازفرآوری ضایعات به مواد قابل استفاده مجدد)
0.0828	دسترسی به تکنولوژی پاک برای لجستیک معکوس

(۲) به تأمین‌کنندگان به ازای هر معیار امتیازدهی کنند. نتایج

حاصل از میانگین نظرات خبرگان در مورد ارزیابی تأمین‌کنندگان به ازای هر معیار در جدول (۷) آورده شده است.

۴-۳-۱- مرحله اول - گام سوم: در این گام به اندازه‌گیری

عملکرد هر تأمین‌کننده به ازای هر معیار پرداخته خواهد شد. برای

این منظور از خبرگان می‌خواهیم تا با استفاده از الفاظ زبانی جدول

#### جدول ۷. میانگین پرسشنامه‌های ارزیابی عملکرد برای هر تأمین‌کننده

زیرمعیارها	تأمین‌کننده ۱	تأمین‌کننده ۲	تأمین‌کننده ۳	تأمین‌کننده ۴	تأمین‌کننده ۵	تأمین‌کننده ۶
Green1	0.5668	0.2002	0.5332	0.4332	0.6002	0.6336
Green2	0.6002	0.3668	0.6002	0.4332	0.6668	0.7334
Green3	0.5334	0.2336	0.6002	0.3	0.4666	0.8
Green4	0.5668	0.1336	0.8	0.7002	0.8664	0.6336
Green5	0.7668	0.5332	0.6668	0.4332	0.6002	0.6002
Green6	0.4666	0.2668	0.7002	0.5002	0.8	0.6668
Green7	0.5332	0.1668	0.5	0.2334	0.6668	0.7668

حال برای به دست آوردن امتیاز هر تأمین‌کننده، باید مجموع وزن معیارها در مقادیر ارزیابی شده‌اشان را محاسبه نماییم. در جدول (۸) امتیاز هر تأمین‌کننده محاسبه گردیده است.

جدول ۸. امتیاز هر تأمین‌کننده

معیار	تأمین‌کننده ۱	تأمین‌کننده ۲	تأمین‌کننده ۳	تأمین‌کننده ۴	تأمین‌کننده ۵	تأمین‌کننده ۶
امتیاز سبز	0.587609	0.279779	0.635533	0.451046	0.664546	0.681908

جدول ۹. مقادیر بهینه حاصل از حل مدل

معیار	$\lambda$	$Z_1$	$Z_2$
مقدار بهینه	۰/۶۱۳	۲۸۴۵۷۸۰۰۰	۸۳۴/۳

تحلیل حساسیت

جهت تحلیل حساسیت تعدادی سناریو مبتنی بر تقاضا تعریف می‌گردد. برای این منظور تقاضا را کاهش داده و انتظار داریم که میزان هزینه‌ها افزایش نیابد (تابع هدف هزینه بدتر نشود) و تابع هدف دوم بهتر نشود. همچنین تقاضا را افزایش داده و انتظار داریم که مقدار تابع هدف اول بهتر نشود و مقدار تابع هدف دوم بدتر نشود. در نتایج حاصل از تحلیل حساسیت در جدول (۱۰) است که مطابق با انتظارات می‌باشد.

جدول ۱۰. نتایج حاصل از تحلیل حساسیت

سناریو	تابع هدف اول	تابع هدف دوم
(۱) $0.7 \times dis_{id}$	۲۶۴۸۷۵۸۰۰	۶۴۷/۷
(۲) $0.8 \times dis_{id}$	۲۷۰۴۵۶۰۰۰	۷۰۸/۹
(۳) $0.9 \times dis_{id}$	۲۷۹۷۶۵۳۰۰	۷۹۴/۵
(۴) $dis_{id}$	۲۸۴۵۷۸۰۰۰	۸۳۴/۳
(۵) $1.1 \times dis_{id}$	۲۸۷۴۰۹۹۰۰	۸۴۹/۹
(۶) $1.2 \times dis_{id}$	۲۸۹۶۲۴۰۰۰	۸۸۲/۲
(۷) $1.3 \times dis_{id}$	۲۹۳۹۶۴۷۰۰	۹۴۳/۱

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

مسأله انتخاب تأمین‌کننده با در نظر گرفتن منابع چندگانه شامل مسأله انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص بهینه سفارش به آنها به طور همزمان است. مطابق با ادبیات موضوع تعداد کمی از مقالات به کاربرد ترکیب مسأله انتخاب تأمین‌کننده در زنجیره تأمین سبز و تخصیص بهینه سفارش به آنها با استفاده از ترکیب MCDM و مدل ریاضی پرداختند. همچنین تعداد مقالاتی که مسأله مسیریابی را در این حوزه مورد بررسی قرار دادند بسیار نادر است. از این رو در این تحقیق یک رویکرد ترکیبی جدید برای انتخاب تأمین‌کنندگان و تخصیص سفارش به آنها در زنجیره تأمین سبز ارائه شد که در آن به مسأله مسیریابی در کنار سایر مفروضات کاربردی پرداخته شد. در نهایت برای اعتبار سنجی مدل پیشنهادی آنرا در یک زنجیره توزیع محصولات مصرفی تجهیزات پزشکی در ایران پیاده‌سازی کردیم که نتایج به‌دست آمده از آن

بر اساس نظر خبرگان، تأمین‌کنندگانی که حداقل امتیاز ۰/۵ کسب کنند، به عنوان تأمین‌کنندگان واجد شرایط وارد مرحله دوم می‌شوند. براساس جدول (۷) تأمین‌کنندگان ۱، ۳، ۵ و ۶ تأمین‌کنندگان واجد شرایط هستند.

۴-۲. مرحله دوم:

در این مرحله با استفاده از داده‌های مطالعه موردی که در پیوست آورده شده است، به بهینه‌سازی و اعتبارسنجی مدل ریاضی پیشنهادی ارایه شده در فصل سوم پرداخته می‌شود. مدل به ازای اطلاعات ۴ تأمین‌کننده منتخب از مرحله اول، ۴ کالا، ۶ خودرو در دسترس و ۳ مکان بالقوه‌ی توزیع اجرا شد. بنابراین با اعمال روند فازی زیمرمن (۱۹۷۸) در مدل، خواهیم داشت:

$$\mu_{z^{cost}} = \frac{354603000 - z^{cost}}{354603000}$$

$$\mu_{z^{total\ value\ purchasin\ g}} = \frac{z^{green}}{1240.5}$$

بنابراین مدل به صورت زیر تغییر خواهد کرد:

$$Max\ \lambda$$

Subjected to:

$$Min\ Z^{cost} = \sum_{v,d,s>1} cost^f \times fuel_v \times dis_{db} \times y_{id} \times \alpha_{vs} + \sum_{v,s>1,s>1} cost^f \times fuel_v \times dis_{ss}^{sup} \times \alpha_{vs}$$

$$\sum_{v,d,s>1} cost^f \times fuel_v \times dis_{db} \times y_{id} \times \alpha_{vs1} + \sum_v cost_v^{veh} \times x_v^{veh} +$$

$$\sum_{i,s} fix_s \times x_{is}^{sp} + \sum_{i,v,d,s} price_{is}^{sp} \times x_{inv} + \sum_d cost_d^{sr} \times x_d^{sr}$$

$$Max\ Z^{set\ up\ distribution\ center\ with\ maximum\ values} = \sum_{i,s} w_s \times x_{is}^{sup}$$

$$\mu_{z^{cost}} = \frac{354603000 - z^{cost}}{354603000} \geq \lambda$$

$$\mu_{z^{set\ up\ distribution\ center\ with\ maximum\ values}} = \frac{z^{green}}{1240.5} \geq \lambda$$

سایر محدودیت‌ها، بدون تغییر آورده می‌شوند.

در ادامه نتایج حاصل از حل مدل با اوزان در نرم افزار GAMS Cplex/ 23.6 در جدول (۹) آورده شده است.

برای خرید کالای ۱ و ۲ با ۳ تأمین‌کننده ۱ ارتباط گرفته شد و کالای ۴ از تأمین‌کننده ۲ تهیه می‌شود. وسیله شماره ۳ خریداری گردید و مکان شماره ۱ احداث گردید.

- [6] Dağdeviren, M., & Yüksel, İ. (2010). A fuzzy analytic network process (ANP) model for measurement of the sectoral competition level (SCL). *Expert Systems with Applications*, 37(2), 1005-1014.
- [7] Cui, L. X. (2014). Joint optimization of production planning and supplier selection incorporating customer flexibility: an improved genetic approach. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 13(4), 1-19.
- [8] Dickson, G. (1966). An analysis of vendor selections systems and decisions.
- [9] Hu, J. (2004). Supplier selection determination and centralized purchasing decisions.
- [10] Kahraman, C., Ertay, T., & Büyüközkan, G. (2006). A fuzzy optimization model for QFD planning process using analytic network approach. *European Journal of Operational Research*, 171(2), 390-411.
- [11] Kannan, D., Khodaverdi, R., Olfat, L., Jafarian, A., & Diabat, A. (2013). Integrated fuzzy multi criteria decision making method and multi-objective programming approach for supplier selection and order allocation in a green supply chain. *Journal of Cleaner Production*, 47(1), 355-367.
- [12] Kazemi, N., Ehsani, E., & Glock, C. H. (2014). Multi-objective supplier selection and order allocation under quantity discounts with fuzzy goals and fuzzy constraints. *International Journal of Applied Decision Sciences*, 7(1), 66-96.
- [13] Lin, R. H. (2012). An integrated model for supplier selection under a fuzzy situation. *International Journal of Production Economics*, 138(1), 55-61.
- [14] Lin, R. H. (2009). An integrated FANP-MOLP for supplier evaluation and order allocation. *Applied Mathematical Modelling*, 33(6), 2730-2736.
- [15] Nazari-Shirkouhi, S., Shakouri, H., Javadi, B., & Keramati, A. (2013). Supplier selection and order allocation problem using a two-phase fuzzy multi-objective linear
- مورد تأیید خبرگان سازمان مورد مطالعه بود. همچنین برای نشان دادن اعتبار مدل ارائه شده بر روی تقاضا نیز تحلیل حساسیت انجام شده است که نتایج حاصله نشان دهنده این است که مدل از منطق مسأله پیروی می‌کند که این امر نیز نشان دهنده اعتبار مدل ارائه شده می‌باشد. برای تحقیقات آتی می‌توان در مدل مصرف سوخت و دیگر موارد مضر را در بسط مدل با ضریب اهمیت بالا برای کاهش آلودگی در نظر گرفت. همچنین در تحقیقات آتی می‌توان سطوح دیگر زنجیره‌تأمین را نیز در نظر گرفت. مدل ارائه شده در مرحله دوم دارای پیچیدگی بالایی است که برای مسائل با ابعاد بزرگتر، نرم افزارهای حل دقیق قادر به پاسخگویی در زمان معقول نیستند. بری مسائل با ابعاد بزرگتر، در تحقیقات آتی می‌توان روش‌های حل مسائل پیچیده مانند الگوریتم‌های فرا ابتکاری و ابتکاری نیز ارائه داد.
- منابع**
- [۱] شفیعا م. ع، مهدوی مزده م، پورنادر م، باقرپور م، ارائه مدل تحلیل پوششی داده‌های دو سطحی در مدیریت ریسک زنجیره تأمین به منظور انتخاب تأمین‌کننده، نشریه بین‌المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید، شماره ۳، جلد ۲۴، پاییز ۱۳۹۲، صفحه ۳۲۲-۳۱۶.
- [۲] رزازی م. ر، بانک توکلی م، انتخاب تأمین‌کنندگان و تخصیص سفارش به آنها تحت شرایط پویا در زنجیره‌های تأمین، نشریه بین‌المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید، شماره ۴، جلد ۲۵، آذر ۱۳۹۳، صفحه ۴۳۰-۴۱۸.
- [۳] عرب زاد س. م، رزمی ج، توکلی مقدم ر. قربانی م، بکارگیری شبکه عصبی مصنوعی در دسته بندی اقلام خرید و ارزیابی تأمین‌کنندگان، نشریه بین‌المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید، شماره ۱، جلد ۲۶، بهار ۱۳۹۴، صفحه ۹۲-۸۷.
- [4] Arabzad, S. M., Ghorbani, M., Razmi, J., & Shirouyehzad, H. (2015). Employing fuzzy TOPSIS and SWOT for supplier selection and order allocation problem. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 76(5-8), 803-818.
- [5] Chang, D. Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European journal of operational research*, 95(3), 649-655.

programming. *Applied Mathematical Modelling*, 37(22), 9308-9323.

- [16] Sharma, S., & Balan, S. (2013). An integrative supplier selection model using Taguchi loss function, TOPSIS and multi criteria goal programming. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 24(6), 1123-1130.
- [17] Topcu, Y. I. (2004). A decision model proposal for construction contractor selection in Turkey, *Building and Environment*, 39(4), 469-481.
- [18] Ware, N. R., Singh, S. P., & Banwet, D. K. (2014). A mixed-integer non-linear program to model dynamic supplier selection problem. *Expert Systems with Applications*, 41(2), 671-678.
- [19] Zimmermann, H. J. (1978). Fuzzy programming and linear programming with several objective functions. *Fuzzy sets and systems*, 1(1), 45-55.

Arhive of SID