ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان مواد اولیه‌ی صنعت تایر در زنجیره‌ی تأمین پایدار، با به‌کارگیری فنون FAHP، Interval TOPSIS و Interval Shanon

Evaluation and Selection of Suppliers of Raw Materials for the Tire Industry in the Sustainable Supply Chain Using FAHP, Interval TOPSIS and Interval Shanon

چکیده:

این پژوهش باهدف ارائه‌ی الگو و مدلی برای انتخاب تأمین‌کننده‌ی پایدار انجام‌گرفته است. پژوهش‌گر از راه مطالعه‌های کتابخانه‌ای و گفت‌وگو با کارشناسان و خبرگان شرکت‌های تولیدکننده‌ی تایر و تهیه‌ی پرسش‌نامه به شناسایی عامل‌های مؤثر در این رابطه پرداخته است. شاخص‌های تأثیرگذار در انتخاب تأمین‌کننده‌ی پایدار در این پژوهش عبارت‌اند از موقعیت مالی و سهم بازار، قیمت پیشنهادی، تحویل به‌موقع کالا، میزان بازیافت، استفاده از فناوری‌های پاک، آلودگی ایجادشده، میزان کارکنان آموزش‌دیده و رضایت کارکنان و مشتریان. در این پژوهش با انجام مقایسه‌های زوجی فازی بین این شاخص‌ها و با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، وزن این شاخص‌ها تعیین شد.

در ادامه به‌منظور تعیین دقیق وزن شاخص‌ها، از روش آنتروپی شانون فاصله‌ای استفاده شد و درنهایت وزن‌های به‌دست‌آمده از این دو روش، با یکدیگر ترکیب شدند و وزن نهایی به دست آمد. این وزن‌ها در روش Interval TOPSIS مورداستفاده قرار گرفتند. سپس بر اساس مقدارهای ضریب نزدیکی به‌دست‌آمده از روش تاپسیس فاصله‌ای، شرکت‌ها رتبه‌بندی شدند و شرکت برتر انتخاب شد.

واژه‌های کلیدی: انتخاب تأمین‌کننده، توسعه‌ی پایدار، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، شانون فاصله‌ای، تاپسیس فاصله‌ای.

نوع مقاله: پژوهشی

محمدرضا فتحی[1]* و الهام ابراهیمی[2]

۱- استادیار دانشکده‌ی مدیریت و حسابداری، پردیس فارابی دانشگاه تهران، قم، ایران

۲- استادیار پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، تهران، ایران

* عهده‌دار مکاتبات:

Reza.fathi@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۷/۵/۷

تاریخ پذیرش: ۹۷/۶/۱۱

مقدمه

در دهه‌ی ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ میلادی توجه به تولید، بیشتر به‌صورت انبوه بوده است تا از این راه تولیدکنندگان بتوانند هزینه‌های خود را به کمترین میزان ممکن کاهش دهند؛ بنابراین انعطاف‌پذیری و تغییر در فرایندهای تولید، بسیار مشکل و هزینه‌بر بوده است و درنتیجه تولید محصولات جدید غیرممکن بود. هم‌چنین تولیدکنندگان دیدگاه خوبی نسبت به مشتریان و تأمین‌کنندگان خود نداشته‌اند، به‌طوری‌که ارتباط و اشتراک اطلاعاتی با آن‌ها را دارای ریسک بالا می‌دانستند (مهریزی و فرزان، ۱۳۸۴).

در دهه‌ی ۱۹۷۰ میلادی، با معرفی MRP[۱] به بازار، تأثیر حجم زیاد کار در فرایند، بر هزینه و کیفیت مشخص شد و بنابراین فرایندهای تولیدی، با توجه به مفهوم‌های جدید، از نو تعریف شدند (مهریزی و فرزان، ۱۳۸۴). در دهه‌ی ۱۹۸۰ میلادی با افزایش رقابت جهانی، شرکت‌ها به رقابت شدید و لزوم کاهش هزینه، افزایش کیفیت و انعطاف‌پذیری پی بردند؛ بنابراین به JIT[۲] و ابتکارهایی ازاین‌دست رو آوردند، آن‌ها به اهمیت ارتباط نزدیک و استراتژیک تولیدکننده با تأمین‌کننده پی بردند؛ بنابراین مفهوم‌های جدیدی ازجمله مدیریت زنجیره‌ی تأمین به‌وجود آمد تا بتوانند این ارتباط را به بهترین روش ممکن شکل دهند. در دهه‌ی ۱۹۹۰ میلادی این ارتباط‌ها قوی‌تر شد، به‌طوری‌که اجزای یک زنجیره به سمت یکپارچه‌سازی فرایندهای خود رفتند و تلاش کردند با ارتباط نزدیک و منطقی، از کارهای تکراری و قابل‌حذف، مانند کنترل کیفیت و بازرسی قطعه‌ها در هر طبقه، خودداری کرده و با تعیین ضابطه‌ها و استانداردهای لازم، باهم همکاری بیش‌تری داشته باشند (مهریزی و فرزان، ۱۳۸۴).

با تغییر و تحول‌هایی که در سال‌های اخیر روی‌داده است، مقدار عرضه‌ی کالا و خدمات در بسیاری از بخش‌های تولیدی از میزان تقاضا بیشتر شده است. افزایش امکانات تولیدی و سرمایه‌ای از یک‌سو و موضوع جهانی‌سازی از سوی دیگر موجب شده است که رقابتی بسیار شدید برای دوام و رشد در بازار کسب‌وکار ایجاد شود. بدین‌خاطر بسیاری از ارائه‌دهندگان کالا و خدمات، به‌عنوان راهی برای جذب هرچه بیش‌تر مشتری نهایی، سعی در ایجاد تنوع در محصولات خود می‌کنند. مشتریان نیز با استفاده از شرایط جدید، با افزایش توقع‌های خود، خواستار محصولاتی منطبق با نیازهای شخصی خود هستند. این تنوع و شخصی‌سازی، موجب کوتاه شدن دوره‌ی عمر محصولات به میزان چشم‌گیری شده و پیش‌بینی تقاضا بسیار پیچیده شده است.

پارامتر اساسی دیگر در محیط کسب‌وکار کنونی این است که دامنه‌ی توقع‌های مشتریان از مرز هزینه و کیفیت عبور کرده و پارامترهای زمان و سرعت در ارائه‌ی محصول و خدمات، به‌عنوان یک نیاز اساسی مشتری نقش ویژه‌ای یافته است.

بدیهی‌ست با تغییرهایی بدین گستردگی در محیط کسب‌وکار نمی‌توان با همان شیوه‌های سنتی به اداره‌ی واحدهای تولیدی پرداخت. برای این‌که بتوان نیازهای شخصی‌شده و گوناگون مشتریان را در مدت‌زمان کوتاه، با هزینه و کیفیت قابل‌پذیرش ارائه کرد، چاره‌ای جز آن نیست که همه‌ی واحدهای تولیدی و خدماتی یک زنجیره، از اولین حلقه‌ی تهیه‌ی مواد اولیه و قطعه‌ها تا سازندگان و ارائه‌دهندگان خدمات پس از فروش، در یک تعامل و همکاری نزدیک و همه‌جانبه، درصدد تأمین نیازهای مشتریان نهایی باشند (جوکار، ۱۳۸۴).

هزینه‌های مربوط به تأمین مواد اولیه و قطعات، معمولاً درصد قابل‌توجهی از کل هزینه‌های یک شرکت تولیدی را به خود اختصاص داده و با توجه به حجم زیاد مواد اولیه و قطعات، انتخاب تأمین‌کنندگان مواد اولیه و قطعه‌ها از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است. مواد اولیه باید در حجم موردنیاز، در زمان موردنظر و باکیفیت مطلوب ارائه شود. توجه به سه عامل کمیت، زمان تحویل و کیفیت مواد اولیه، مبنای انتخاب تأمین‌کنندگان مواد اولیه است (متقی، ۱۳۸۳).

امروزه شرکت‌های تولیدکننده با درنظر گرفتن عامل‌های

۱- MRP مخفف عبارت Material Requirement Planning، به معنی برنامه‌ریزی مواد موردنیاز، روشی‌ست که با یک پیش‌بینی برای تقاضای محصول ساخته شده شروع می‌شود و وابستگی تقاضا را به: ۱- انواع اجزای موردنیاز؛ ۲- نیازهای کمّی دقیق؛ و ۳- زمان‌بندی سفارش‌ها برای تأمین یک برنامه‌ی تولید تعیین می‌کند. به‌بیان دیگر، یک سیستم رایانه‌ای برای تعیین زمان و مقدار نیاز به مواد که در عملیات تولید مورداستفاده قرار می‌گیرد.

۲- JIT مخفف عبارت Just In Time به مفهوم توانایی پاسخ سیستم تأمین به تقاضای خط تولید، برای مواد و قطعات اولیه، درست در زمان مورد انتظار (نه دیرتر و نه زودتر) است. انبارداری JIT در حالت کامل و ایده‌آل به مفهوم موجودی صفر کالا و مواد اولیه، برای تأمین خط تولید است و این به مفهوم کاهش هزینه‌های انبارداری قطعات و مواد اولیه و درنهایت کاهش قیمت تمام شده‌ی محصول است.

یادشده، تأمین‌کنندگان مواد اولیه را ارزیابی می‌کنند و پس از انتخاب چند عرضه‌کننده با شرکت‌های تأمین‌کننده‌ی مواد و قطعات، قراردادهای بلندمدت امضا می‌کنند و موارد سه‌گانه‌ی یادشده را تعهد می‌کنند. اگر در طول زمان، تأمین‌کننده‌ی مواد، مورد تعهد را نقض کند، بر اساس قرارداد، تأمین‌کننده‌ی دیگری جای‌گزین آن شده و همکاری با آن تأمین‌کننده پایان می‌یابد. همواره تأمین‌کنندگان مواد اولیه، کیفیت مواد اولیه را در قرارداد تضمین کرده و خود را ملزم به اجرای مدیریت کیفیت جامع و ایجاد بهبود مستمر می‌کند و به‌جای آن‌که تولیدکننده، فقط به نمونه‌گیری و سنجش کیفیت محموله‌های دریافتی بپردازد، کل سیستم تولیدی تأمین‌کننده را مطالعه و بررسی کرده و در اجرای بهبود مستمر کیفیت به تأمین‌کننده کمک می‌کند (متقی، ۱۳۸۳)؛ بنابراین موضوع اصلی این پژوهش طراحی مدلی برای ارزیابی تأمین‌کنندگان پایدار است. در ادامه پرسش‌های پژوهش به‌صورت زیر ارائه می‌شود:

- با درنظر گرفتن ابعاد توسعه‌ی پایدار، چه معیارهایی در انتخاب تأمین‌کنندگان مؤثر است؟
- کدام‌یک از شاخص‌ها در انتخاب تأمین‌کننده‌ی پایدار مهم‌تر هستند؟
- با توجه به معیارها و وزن نسبی آن‌ها، اولویت انتخاب تأمین‌کنندگان به چه صورت است؟

مبانی نظری پژوهش

توسعه‌ی پایدار

در کمیسیون جهانی توسعه و محیط‌زیست، در گزارشی با عنوان "آینده‌ی مشترک ما"، مفهوم توسعه‌ی پایدار به‌صورت شناخته‌شده و عمومی درآمده است. در این گزارش، توسعه‌ی پایدار به‌صورت زیر تعریف‌شده است:

"توسعه‌ی پایدار آن نوع از توسعه است که نیازهای نسل حاضر را تأمین می‌کند، بدون این‌که توانایی نسل‌های بعدی را در برآورده ساختن نیازهایشان تضعیف کند" (Cowell & Parkinson, 2003). در این سرفصل گسترده‌ای که برای پایداری تعیین‌شده است، موضوع‌هایی مانند درک اثرهای زیست‌محیطی- هم برای اقتصادهای درحال‌توسعه و هم اقتصادهای صنعتی (Erlich & Erlich, 1991)، تضمین امنیت غذایی در سطح جهانی (Lal, Hansen, Uphoff, & Slack, 2002)، اطمینان از تأمین نیازهای اولیه‌ی انسانی و اطمینان از حمایت از منابع تجدیدناپذیر (Whiteman & Cooper, 2000) وجود دارد.

توسعه‌ی پایدار در متن‌های علمی با تعریف‌های گوناگونی آمده است؛ گروهی آن را بهبود مستمر کیفیت زندگی بشر تعریف کرده‌اند، گروهی دیگر در تعریفی که بسیار متداول شده، توسعه‌ی پایدار را توسعه‌ای دانسته‌اند که بتواند نیازهای نسل حاضر را برآورده سازد، بدون آن‌که به توانایی نسل آینده در برآورده کردن نیازهای خود آسیب برساند. تعریف‌های دیگری از توسعه‌ی پایدار نیز مطرح است (رضایی، ۱۳۹۰): "توسعه‌ی پایدار الگویی از تحول‌های اقتصادی، ساختاری و اجتماعی‌ست که مزیت‌های اقتصادی و دیگر مزیت‌های اجتماعی زمان حاضر را بدون به‌خطر انداختن مزیت‌های بالقوه‌ی آینده، بهینه می‌سازد" (Goodman & Michacl, 1991). توسعه‌ی پایدار عبارت است از حداکثر ساختن تحقق هم‌زمان هدف‌های سیستم زیستی (تنوع ژنتیک، تجدیدشوندگی، بهره‌وری بیولوژیک)، هدف‌های سیستم اقتصادی (ارضای نیازهای اساسی، بسط و تعمیم برابری، افزایش کالاها و خدمات مفید) و هدف‌های سیستم اجتماعی (تنوع فرهنگی، پایداری نهادی، عدالت اجتماعی، مشارکت) (Barbier, 1987).

مدیریت زنجیره‌ی تأمین

یک زنجیره‌ی تأمین شامل تمامی اجزایی‌ست که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم، در برآورده کردن تقاضای یک مشتری درگیرند (Chopra & Meindl, 2007). زنجیره‌ی تأمین نه‌تنها

شامل تولیدکننده و تأمین‌کنندگان می‌شود، بلکه شامل عاملان حمل‌ونقل، انبارها، خرده‌فروشان و حتی خود مشتریان نیز می‌شود. در هر سازمانی مانند یک تولیدکننده، زنجیره‌ی تأمین شامل تمام کارکردهای درگیر در دریافت و تحویل درخواست مشتری می‌شود. این کارکردها شامل توسعه‌ی محصول جدید، بازاریابی، عملیات، توزیع، تأمین مالی و خدمت به مشتری‌ست ولی محدود به این موارد نیست. یک زنجیره‌ی تأمین پویاست و دربرگیرنده‌ی جریان مداوم داده‌ها، محصولات و منابع مالی میان مرحله‌های گوناگون است. یک زنجیره‌ی تأمین نوعاً مرحله‌های گوناگونی را در برمی‌گیرد. این بخش‌های زنجیره‌ی تأمین شامل موارد زیر است:

- مشتریان؛
- خرده‌فروشان؛
- عمده‌فروشان؛
- تولیدکنندگان؛
- تأمین‌کنندگان مواد اولیه یا قطعه.

مدیریت زنجیره‌ی تأمین پایدار

فرایندهای تولیدی اغلب در اطراف دنیا پخش‌شده‌اند. تأمین‌کنندگان کارخانه‌های اصلی و مشتریان، با استفاده از جریان‌های داده‌ها، مواد و سرمایه‌ای به‌هم پیوند خورده‌اند. در راستای ارزش محصول، فشارهای زیست‌محیطی و اجتماعی نیز طی مرحله‌های گوناگون تولید ایجاد می‌شوند. با توجه به این امر، کارخانه‌های اصلی در زنجیره‌ی تأمین مسؤول عملکرد زیست‌محیطی و اجتماعی تأمین‌کنندگانشان نیز هستند. برای نمونه، توزیع‌کننده‌های پوشاک همچون نایک، دیسنی، بنتون و آدیداس در سال‌های اخیر، درباره‌ی مشکل‌هایی که طی تولید محصولات‌شان به بار آورده‌اند، محکوم‌شده‌اند. مشکل‌هایی همچون شرایط کاری غیرانسانی و آسیب‌رسانی به محیط‌زیست، جزو اصلی‌ترین موضوع‌های این سازمان‌های بزرگ بوده است. بر این اساس، مدیران عملیات، خرید و زنجیره‌ی تأمین یکپارچه‌سازی مسائل زیست‌محیطی و اجتماعی، شامل برخی استانداردهای مرتبط را در وظیفه‌های روزانه‌شان مشاهده کرده‌اند (Beske, Koplin, & Seuring, 2008).

پیشینه‌ی پژوهش

چان و دیگران (۲۰۰۷ میلادی) یک رویکرد تصمیم‌گیری AHP محور را برای حل موضوع انتخاب تأمین‌کننده توسعه داد. تأمین‌کنندگان بالقوه با ۱۴ معیار ارزیابی می‌شدند. یک آنالیز حساسیت با استفاده از Expert Choice برای آزمایش پاسخ و واکنش گزینه‌ها هنگام تغییر رتبه‌بندی وزن نسبی هر معیار انجام داد. هو و سو (۲۰۰۷ میلادی) یک سیستم پشتیبانی تصمیم AHP محور برای موضوع انتخاب تأمین‌کننده در محیط‌های با سازگاری بالا توسعه دادند. فاکتورها از تأثیرهای داخلی و خارجی لحاظ می‌گشتند تا نیاز بازارهای با محیط پویای جهانی تأمین شود. حیدری (۱۳۸۱) در مقاله‌ای بانام "انتخاب پیمانکاران به کمک روش AHP" با استفاده از مدل AHP در تصمیم‌گیری گروهی، به شناسایی و انتخاب شاخص‌های مؤثر در انتخاب پیمانکاران، میزان اهمیت و اولویت‌بندی شاخص‌های مزبور پرداخته‌اند. نویسنده از روش AHP برای تعیین وزن نسبی شاخص‌ها و سپس انتخاب مناسب‌ترین پیمانکار بر اساس شاخص‌های اولویت‌بندی شده استفاده کرده است. بایازیت (۲۰۰۶ میلادی) یک مدل ANP برای موضوع انتخاب تأمین‌کننده به‌کار برد.

۱۰ معیار ارزیابی در مدل است که در شاخه‌های عملکرد و توانایی‌های تأمین‌کننده تقسیم‌شده است. برای فرموله کردن وابستگی بین همه‌ی معیارها، هرکدام از آن‌ها به‌عنوان یک ابزار کنترلی برای یک ماتریس مقایسه‌های زوجی لحاظ شد. جنسر و گورپینار (۲۰۰۷ میلادی) یک مدل ANP را در یک شرکت الکترونیک برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده‌ی مناسب با توجه

به معیارهای ارزیابی تأمین‌کنندگان گوناگون که در سه‌شاخه دسته‌بندی شدند، اجرا کرد. رابطه‌ی بین معیارها در فرایند انتخاب لحاظ شد.

ان جی (۲۰۰۸ میلادی) یک مدل برنامه‌ریزی خطی موزون، برای موضوع انتخاب تأمین‌کنندگان را با یک تابع هدف ماکزیمم کردن امتیاز تأمین‌کنندگان توسعه داد. در این مدل تصمیم‌گیرندگان در وزن‌دهی اهمیت نسبی معیارها دخالت دارند. سرکار و موهاپاترا (۲۰۰۶ میلادی) پیشنهاد داد که عملکرد و قابلیت دو شاخص اصلی در ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده باشد. نویسنده رویکرد مجموعه فازی را برای به‌حساب آوردن عدم دقت پیش‌آمده در مشخصات درونی بی‌شمار تأمین‌کننده به‌کار برد. یک مورد فرضی به‌کار گرفته‌شده است تا نشان دهد که چگونه دو تأمین‌کننده‌ی برتر با توجه به ۴ فاکتور عملکردی و ۱۰ فاکتور قابلیتی انتخاب‌شده‌اند.

زیدان و دیگران (۲۰۱۱ میلادی) در مقاله‌ی خود ابتدا در مرحله‌ی اول، از راه متغیرهای کیفی با استفاده از AHP فازی، به تعیین وزن نسبی معیارها پرداخته و برای رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان از TOPSIS بهره برده است. ۶ معیار به‌کاررفته شامل مدیریت محصول جدید، مدیریت تأمین‌کننده، مدیریت کیفیت، مدیریت فرایند تولید، مدیریت آزمون و بازرسی و مدیریت اقدام‌های اصلاحی و پیش‌گیرانه است. سپس در مرحله‌ی دوم با استفاده از روش DEA متغیرهای کیفی را به متغیرهای کمی تبدیل کرده است. در این مرحله، DEA با استفاده از یک ورودی مصنوعی و چهار متغیر خروجی، شامل ارزیابی سیستم مدیریت کیفیت، نسبت هزینه‌ی ضمانت، نسبت خرابی و مدیریت کیفیت اجرا می‌شود.

امره بوران و دیگران (۲۰۰۹ میلادی) با ترکیب روش TOPSIS با مجموعه‌ی فازی بینشی[1]، مدلی برای انتخاب تأمین‌کننده‌ی مناسب در محیط تصمیم‌گیری گروهی ارائه کرده‌اند. میانگین‌گیری وزنی فازی بینشی[2] برای یکپارچه‌سازی نظرهای شخصی تصمیم‌گیرندگان برای رتبه‌بندی اهمیت معیارها و گزینه‌ها کاربرد دارد. در این مقاله نیز برای ارزیابی عملکرد تأمین‌کنندگان از عبارت‌های کلامی استفاده‌شده است. معیارهای ارزیابی کیفیت محصول، نزدیکی رابطه، عملکرد تحویل و قیمت است.

ترفی و دیگران (۲۰۱۰ میلادی) نیز در مقاله‌ی خود از ترکیب AHP و TOPSIS برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان استفاده کرده است. نویسنده این دو روش را به‌صورت فازی به‌کاربرده و دلیل آن را رفع ابهام و افزایش دقت در قضاوت تصمیم‌گیرنده عنوان کرده است. نویسنده بر این باور است که نمونه‌ی تجربی ارائه‌شده، نشان‌دهنده‌ی قابلیت بالای روش فوق برای حل این‌گونه موضوع‌هاست. نویسنده ۲ معیار و ۵ زیرمعیار به‌کاربرده و از AHP فازی برای تعیین وزن نسبی معیارها و از TOPSIS برای رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها استفاده کرده است.

اونوت و دیگران (۲۰۰۹ میلادی) یک رویکرد ارزیابی تأمین‌کنندگان بر اساس ANP و TOPSIS در محیط فازی ارائه کرده است که عبارت‌های مبهم و غیرصریح با عددهای فازی مثلثی نشان داده‌شده است. بر اساس ویژگی ANP فازی، در تمام مقایسه‌های زوجی از عددهای فازی مثلثی استفاده‌شده است. وزن معیارها نیز در قالب عددهای فازی مثلثی بیان‌شده است. سپس این اوزان در روش TOPSIS فازی، برای رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان قرار داده‌شده است.

این مقاله ۶ معیار اصلی ارزیابی برای انتخاب تأمین‌کننده‌ی برتر دارد که شامل هزینه، منابع، کیفیت محصول، زمان تحویل، سازمان و زمان اجراست.

آذر و عالم تبریز (۱۳۸۸) ترکیب ANP فازی و TOPSIS تعدیل‌شده را برای پشتیبانی فرایند گزینش تأمین‌کننده در موقعیت‌های راهبردی پیشنهاد داده‌اند؛ بدین‌صورت که از ANP فازی برای محاسبه‌ی اوزان نسبی معیارهای چندگانه‌ی ارزیابی که

1. Intuitionistic fuzzy set
2.Intuitionistic fuzzy weighted averaging

از تکنیک گروه اسمی با وابستگی متقابل ارائه‌شده است، استفاده کرده‌اند، سپس TOPSIS تعدیل‌شده برای رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان، با توجه به کارکرد کلی‌شان مورداستفاده قرارگرفته است.

ها و کریشنان (۲۰۰۸ میلادی) یک رویکرد ترکیبی در شرکت تولیدی قطعات خودرو برای انتخاب تأمین‌کنندگان به‌کار بردند. برای موضوع انتخاب تأمین‌کننده، ۱۲ معیار ارزیابی ارائه شد. در این رویکرد AHP ابتدا برای ارزیابی عملکرد تأمین‌کنندگان، با توجه به ۵ عامل کیفی به‌کار گرفته شد. سپس ۷ معیار کمّی باقی‌مانده، همراه با امتیاز هر تأمین‌کننده که توسط AHP محاسبه‌شده است به DEA و شبکه انتقال می‌شود. هر دو نتیجه در یک شاخص کارایی با استفاده از روش وزن دهی ساده جمع می‌شوند.

عمید و دیگران (۲۰۰۹ میلادی) برای تعیین میزان دقیق تخصیص کالا به هر تأمین‌کننده، یک مدل برنامه‌ریزی چندهدفه‌ی فازی را فرموله کردند که تخفیف بر اساس حجم سفارش نیز در آن لحاظ شده است. مسأله‌ی سه تابع هدف دارد: مینیمم کردن هزینه، مینیمم کردن کالای رد شده و مینیمم کردن تأخیر در تحویل؛ ضمن این‌که میزان تقاضا و ظرفیت تأمین‌کنندگان در محدودیت‌ها درنظر گرفته‌شده است. برای حل مشکل نیز برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح را به‌صورت چندهدفه‌ی موزون فازی ارائه کرده است. ابتدا مسأله با هرکدام از تابع هدف‌ها حل می‌شود و با توجه به جواب‌های به‌دست‌آمده، تابع عضویت هر تابع تعریف شده و در مدل نهایی، تابع‌های عضویت تعریف‌شده برای هدف‌های سه‌گانه، با توجه به محدودیت‌های مسأله ماکزیمم می‌شود.

گانری و دیگران (۲۰۰۹ میلادی) در مدل ترکیبی یکپارچه که ارائه کرده‌اند، به موضوع‌های انتخاب تأمین‌کننده در زنجیره‌ی تأمین پرداخته‌اند. در این مدل ابتدا با استفاده از عددهای فازی ذوزنقه‌ای و میانگین‌گیری فازی، وزن نسبی معیار را با نظر خبرگان تعیین، سپس با استفاده از TOPSIS فازی عملکرد تأمین‌کنندگان را بررسی و رتبه‌بندی شده است. رتبه‌بندی به‌دست‌آمده به‌عنوان ارزش هر تأمین‌کننده در تابع هدف برنامه‌ریزی ریاضی به‌کاررفته است و درنهایت با لحاظ‌کردن سایر محدودیت‌ها، به حل مشکل و تعیین سهمیه‌ی هر تأمین‌کننده در تأمین کالای موردنیاز پرداخته است. برای رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان، ۵ معیار نزدیکی رابطه، موقعیت در صنعت، عملکرد گذشته، رفع تعارض و توانایی تحویل ر به‌کار گرفته شده است. مدل ریاضی نهایی نیز شامل یک تابع هدف ارزش کل خرید و چهار محدودیت تقاضا، کیفیت، بودجه و ظرفیت تأمین‌کنندگان است.

جولای و دیگران (۲۰۱۱ میلادی) نیز رویکردی ترکیبی فازی برای موضوع انتخاب تأمین‌کنندگان ارائه کرده‌اند. در این رویکرد تعیین وزن نسبی معیارها از راه AHP فازی و مقایسه‌های زوجی به‌دست آمده است. رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان با TOPSIS فازی انجام‌شده است. معیارهای ارزیابی این پژوهش شامل تحویل به‌موقع، نزدیکی رابطه با تأمین‌کننده، کیفیت محصول، توانایی‌های تکنولوژیکی و هزینه است. امتیاز کسب‌شده‌ی تأمین‌کنندگان دریکی از هدف‌های برنامه‌ریزی ریاضی لحاظ شده است. هدف دیگر مدل برنامه‌ریزی بودجه است. محدودیت نرخ خرابی محصول، تقاضای خریدار، تعادل مواد، ظرفیت تأمین‌کنندگان و کمترین میزان سفارش، محدودیت‌های این مدل را تشکیل می‌دهند. تفاوت این مدل با مدل‌های مشابه این است که تأمین کالا در دوره‌های گوناگون موردبررسی قرار می‌گیرد. برای حل مدل نیز از روش وزن‌دهی به هدف‌ها استفاده کرده است.

روش پژوهش

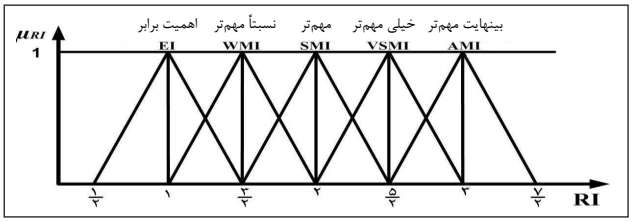
این پژوهش ازنظر هدف از نوع کاربردی‌ست و ازنظر ماهیت و روش جمع‌آوری داده‌ها، از نوع توصیفی و از شاخه‌ی مطالعه‌ی موردی‌ست. این پژوهش ازلحاظ موضوعی در قلمرو بحث‌های انتخاب تأمین‌کننده و کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه در این حوزه قرار می‌گیرد. در

این پژوهش در ابتدا شاخص‌ها و معیارهای مؤثر در انتخاب تأمین‌کننده‌ی پایدار می‌شوند؛ سپس بر اساس نظر خبرگان، ماتریس مقایسه‌ی زوجی تشکیل می‌شود. سپس با استفاده از AHP فازی وزن‌های اولیه‌ی به‌دست‌آمده می‌آید. برای بالا بردن دقت در وزن‌های ثانویه با استفاده از روش آنتروپی شانون برای داده‌های فاصله‌ای و رتبه‌ای به‌دست‌آمده و با ترکیب این دو وزن، اوزان تعدیل‌شده به‌دست می‌آید. پس از به‌دست آوردن وزن‌ها سراغ رتبه‌بندی گزینه‌های موجود با استفاده از روش TOPSIS فاصله‌ای می‌رویم و با استفاده از این روش تصمیم‌گیری گزینه‌های موجود را رتبه‌بندی می‌کنیم.

روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP)

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، یکی از معروف‌ترین فنون تصمیم‌گیری چند شاخصه است که توسط ساعتی معرفی‌شده است. هنگامی‌که در تصمیم‌گیری، با چند گزینه و شاخص روبه‌رو هستیم، این روش می‌تواند مفید باشد. اگرچه افراد خبره از شایستگی‌ها و توانایی‌های ذهنی خود برای انجام مقایسه‌ها استفاده می‌کنند، اما باید به این نکته توجه داشت که فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی سنتی، امکان انعکاس کامل سبک تفکر انسانی را ندارد. به‌عبارت بهتر، استفاده از مجموعه‌های فازی، سازگاری بیشتری با توضیح‌های زبانی و بعضاً مبهم انسانی دارد و بنابراین بهتر است با استفاده از مجموعه‌های فازی (به‌کارگیری عددهای فازی)، به پیش‌بینی بلندمدت و تصمیم‌گیری در دنیای واقعی پرداخت.

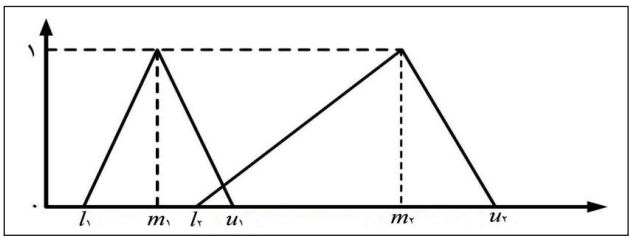
در سال ۱۹۸۳ میلادی، دو پژوهشگر هلندی به نام‌های لارهورن و پدریک، روشی را برای فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی پیشنهاد کردند که روش کمترین مجذورهای لگاریتمی بود. پیچیدگی مرحله‌های این روش باعث شد این روش چندان مورداستفاده قرار نگیرد. در سال ۱۹۹۶ میلادی، روش دیگری با عنوان "روش تحلیل توسعه‌ای" توسط چانگ ارائه شد. عددهای مورداستفاده در این روش، عددهای مثلثی فازی هستند. مقیاس‌های فازی مورداستفاده در روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی در شکل (۱) نشان داده‌شده‌اند.



شکل ۱- مقیاس‌های زبانی برای بیان درجه‌ی اهمیت

مفهوم‌ها و تعریف‌های فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، بر اساس روش تحلیل توسعه‌ای، به‌صورت زیر هستند:

دو عدد مثلثی $M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ و $M_2 = (l_2, m_2, u_2)$ را که در شکل (۲) رسم شده‌اند، درنظر بگیرید.



شکل ۲- عددهای مثلثی M_1 و M_2

عملگرهای ریاضی آن به‌صورت رابطه‌های (۱)، (۲) و (۳) تعریف‌می‌شوند:

$$M_1 + M_2 = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \quad (۱)$$

$$M_1 * M_2 = (l_1 * l_2, m_1 * m_2, u_1 * u_2) \quad (۲)$$

$$M_1^{-1} = \left(\frac{1}{u_1}, \frac{1}{m_1}, \frac{1}{l_1}\right), \quad M_2^{-1} = \left(\frac{1}{u_2}, \frac{1}{m_2}, \frac{1}{l_2}\right) \quad (۳)$$

باید توجه داشت که حاصل‌ضرب دو عدد فازی مثلثی، یا معکوس یک عدد فازی مثلثی، دیگر یک عدد فازی مثلثی نیست. این رابطه‌ها، فقط تقریبی از حاصل‌ضرب واقعی دو عدد فازی مثلثی و معکوس یک عدد فازی مثلثی را بیان

می‌کنند. در روش تحلیل توسعه‌ای، برای هریک از سطرهای ماتریس مقایسه‌های زوجی، مقدار S_k که خود یک عدد مثلثی‌ست، از راه رابطه‌ی (۴) محاسبه می‌شود:

$$S_k = \sum_{j=1}^{n} M_{kj} * \left[\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} M_{ij} \right]^{-1} \qquad (۴)$$

که در آن k بیان‌گر شماره‌ی سطر و i و j، به‌ترتیب نشان‌دهنده‌ی گزینه‌ها و شاخص‌ها هستند.

در روش تحلیل توسعه‌ای، پس از محاسبه‌ی S_kها، درجه‌ی بزرگی آن‌ها نسبت به‌هم باید به‌دست آید. به‌طورکلی، اگر M_1 و M_2 دو عدد فازی مثلثی باشند، درجه‌ی بزرگی M_1 بر M_2 که با $V(M_1 \geq M_2)$ نشان داده می‌شود، به‌صورت رابطه‌ی (۵) تعریف می‌شود:

$$\begin{cases} V(M_1 \geq M_2) = 1 & if\ m_1 \geq m_2 \\ V(M_1 \geq M_2 = hgt(M_1 \cap M_2) & otherwise \end{cases} \qquad (۵)$$

همچنین داریم: $hgt(M_1 \cap M_2) = \dfrac{u_1 - l_2}{(u_1 - l_2) + (m_2 - m_1)}$

میزان بزرگ‌تر بودن یک عدد فازی مثلثی از k، عدد فازی مثلثی دیگر نیز از رابطه‌ی (۶) به‌دست‌آمده می‌آید:

$$V(M_1 \geq M_2, ..., M_K) = V(M_1 \geq M_2), ..., V(M_1 \geq M_K) \qquad (۶)$$

برای محاسبه‌ی وزن شاخص‌ها در ماتریس مقایسه‌ی زوجی از رابطه‌ی (۷) استفاده می‌شود:

$$W'(x_i) = Min\{V(S_i \geq S_k)\}, \quad k = 1,2,...,n. \quad k \neq i \qquad (۷)$$

بنابراین، بردار وزن شاخص‌ها به‌صورت زیر خواهد بود:

$$W'(x_i) = [W'(c_1), W'(c_2), ..., W'(c_n)]^T \qquad (۸)$$

که همان بردار ضریب‌های نابهنجار فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی‌ست.

به کمک رابطه‌ی (۹)، نتیجه‌های نابهنجار به‌دست‌آمده از رابطه‌ی (۸) بهنجار می‌شود. نتیجه‌های بهنجار شده به‌دست آمده از رابطه‌ی (۹)، نامیده می‌شود.

$$W_i = \frac{w_1'}{\sum w_i'} \qquad (۹)$$

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

شاخص‌های تأثیرگذار در انتخاب تأمین‌کننده‌ی پایدار شاخص‌هایی هستند که دارای اهمیت بسیاری هستند و با جمع‌آوری داده‌ها از خبرگان و روش‌هایی مانند گفت‌وگوی آزاد، پرسش‌نامه و مطالعه‌ی ادبیات و مقاله‌های مرتبط به‌دست آمده‌اند. پس از جمع‌بندی و حذف عامل‌های تکراری، ۱۰ شاخص زیر در قالب جدول (۱) به‌دست آمده است.

جدول ۱- معیارهای انتخاب تأمین‌کنندگان بر اساس ابعاد پایداری

بعد	شاخص	منبع
اقتصادی (EC)	(EC1) موقعیت مالی و سهم بازار	Govindan et al (2013); Hsu et al (2011)
	(EC2) قیمت پیشنهادی	Govindan et al (2013)
	(EC3) تحویل به‌موقع کالا	Punniyamoorthy et al (2010); Tseng & Chiu (2010); Kuo et al (2010)
زیست‌محیطی (EN)	(EN1) میزان استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر	Carter & Easton (2011); Gri (2013)
	(EN2) میزان بازیافت	Lozano & Huisingh (2011); Hervani et al (2005); Gri (2013)
	(EN3) استفاده از فناوری‌های پاک	Bai & Sarkis (2010); Gauthier (2005); Corbett (2007)
	(EN4) آلودگی ایجادشده	Bai & Sarkis (2010); Gauthier (2005); Corbett (2007); Carter & Easton (2011)
اجتماعی (SO)	(SO1) میزان کارکنان آموزش‌دیده	Phillis & Andriantiatsaholiniaina (2001); Hsu et al (2011); Labuschange (2005); Hervni et al (2005); Lozano & Huisingh (2011); Gri (2013)
	(SO2) رضایت کارکنان و مشتریان	
	(SO3) نظم و انضباط و امنیت (امنیت نیروی انسانی، ایمنی کار)	Bai & Sarkis (2010); Gauthier (2005); Corbett (2007)

سپس به‌منظور تعیین این‌که آیا واقعاً این شاخص‌ها، مهم و تأثیرگذار هستند یا نه، پرسش‌نامه‌ای تهیه شد که در آن بااستفاده از طیف لیکرت شاخص‌ها رتبه‌بندی شدند. به‌منظور بررسی میزان پایایی پرسش‌نامه نیز بااستفاده از نرم‌افزار spss، آلفای کرونباخ را محاسبه کرده که در این پژوهش میزان آن برابر با ۰٫۸۲ است. با توجه به این‌که آلفای کرونباخ به‌دست آمده از بررسی ۱۰ شاخص برابر ۰٫۸۲ شده است، پایایی پرسش‌نامه مورد تأیید است. نتیجه‌های به‌دست آمده از امتیازدهی به ۱۰ شاخص در جدول (۲) دیده می‌شود.

جدول ۲- نتیجه‌های امتیازدهی به عامل‌های به‌دست‌آمده از پرسش‌نامه برای شناسایی شاخص‌ها

شاخص	میزان اهمیت
(EC1) موقعیت مالی و سهم بازار	۴٫۶۶
(EC2) قیمت پیشنهادی	۴٫۵۷
(EC3) تحویل به‌موقع کالا	۴٫۴۶
(EN1) میزان استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر	۲٫۹۹
(EN2) میزان بازیافت	۳٫۷۸
(EN3) استفاده از فناوری‌های پاک	۳٫۶۷
(EN4) آلودگی ایجادشده	۳٫۹۴
(SO1) میزان کارکنان آموزش‌دیده	۳٫۸۳
(SO2) رضایت کارکنان و مشتریان	۳٫۳۸
(SO3) نظم و انضباط و امنیت (امنیت نیروی انسانی، ایمنی کار)	۲٫۸۹

با توجه به این‌که امتیاز زیرِ سه، دارای اهمیت مطلوبی‌ست، ۸ معیار به‌عنوان شاخص‌های مهم و تأثیرگذار در انتخاب تأمین‌کننده‌ی پایدار انتخاب شدند.

به‌دست آوردن وزن شاخص‌ها با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی

برای به‌دست آوردن وزن‌های مربوط به شاخص‌ها، ازآنجایی‌که موضوع دارای ۸ شاخص است، باید ۲۸ مقایسه‌ی زوجی صورت بگیرد. در این پژوهش سه پرسش‌نامه برای ارزیابی، در میان ۳۲ نفر از کارشناسان و متخصصان شرکت‌های تولیدکننده‌ی تایر توزیع و سپس جمع‌آوری شد. پرسش‌نامه‌ی اول به‌منظور تعیین شاخص‌های اثرگذار بر انتخاب تأمین‌کننده است. پرسش‌نامه‌ی دوم به‌منظور به‌دست آوردن وزن شاخص‌ها مورداستفاده قرارگرفته است و شامل یک جدول است که در آن تصمیم‌گیرنده با استفاده از یک سری متغیرها، یک طیف ۵ تایی را دوبه‌دو با یکدیگر مقایسه می‌کند و برتری آن‌ها را نسبت به یکدیگر مشخص می‌کند. این متغیرها "اهمیت برابر"، "نسبتاً مهم‌تر"، "مهم‌تر"، "خیلی مهم‌تر" و "بینهایت مهم‌تر" است. در پرسش‌نامه‌ی سوم، تصمیم‌گیرنده هر بار با توجه به یک شاخص، به همه‌ی ۸ گزینه بااستفاده از داده‌های فاصله‌ای امتیاز می‌دهد. بنابراین پرسش‌نامه‌ی سوم شامل ۸ جدول (برای هر شاخص یک جدول) است. ازآنجایی‌که ۳۲ تصمیم‌گیرنده در تصمیم‌گیری دخالت دارند، میانگین نظرهای کارشناسان گوناگون درباره‌ی شاخص‌ها محاسبه شد و به‌صورت ماتریس مقایسه‌ی زوجی تجمیعی درنظر گرفته شد. این ماتریس در جدول (۳) نشان داده‌شده است.

جدول ۳- ماتریس مقایسه‌ی زوجی فازی تجمیعی

	C1			C2			C3			C4			C5			C6			C7			C8		
C1	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۰٫۳۳	۰٫۵۰	۱٫۰۰	۰٫۳۳	۰٫۵۰	۱٫۰۰	۴٫۰۰	۳٫۰۰	۲٫۰۰	۳٫۰۰	۲٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۰٫۵۰	۰٫۳۳	۱٫۰۰	۰٫۵۰	۰٫۳۳	۱٫۰۰	۰٫۵۰	۰٫۳۳
C2	۳٫۰۰	۲٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۵٫۰۰	۴٫۰۰	۳٫۰۰	۳٫۰۰	۲٫۰۰	۱٫۰۰	۴٫۰۰	۳٫۰۰	۲٫۰۰	۳٫۰۰	۲٫۰۰	۱٫۰۰	۲٫۰۰	۲٫۰۰	۱٫۰۰	۳٫۰۰	۲٫۰۰	۱٫۰۰
C3	۳٫۰۰	۲٫۰۰	۱٫۰۰	۰٫۳۳	۰٫۲۵	۰٫۲۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۵٫۰۰	۴٫۰۰	۳٫۰۰	۴٫۰۰	۳٫۰۰	۲٫۰۰	۳٫۰۰	۲٫۰۰	۱٫۰۰	۵٫۰۰	۴٫۰۰	۳٫۰۰	۵٫۰۰	۴٫۰۰	۳٫۰۰
C4	۰٫۵۰	۰٫۳۳	۰٫۲۵	۱٫۰۰	۰٫۵۰	۰٫۳۳	۰٫۳۳	۰٫۲۵	۰٫۲۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۳٫۰۰	۲٫۰۰	۱٫۰۰	۰٫۵۰	۰٫۳۳	۰٫۲۵	۰٫۵۰	۰٫۳۳	۰٫۲۵	۰٫۵۰	۰٫۳۳	۰٫۲۵
C5	۱٫۰۰	۰٫۵	۰٫۳۳	۰٫۵۰	۰٫۳۳	۰٫۲۵	۰٫۵۰	۰٫۳۳	۰٫۲۵	۱٫۰۰	۰٫۵۰	۰٫۳۳	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۲٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۲٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۲٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰
C6	۳٫۰۰	۲٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۰٫۵۰	۰٫۳۳	۱٫۰۰	۰٫۵۰	۰٫۳۳	۴٫۰۰	۳٫۰۰	۲٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۰٫۵۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰
C7	۳٫۰۳	۲٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۰٫۵۰	۰٫۳۳	۱٫۰۰	۰٫۵۰	۰٫۳۳	۴٫۰۰	۳٫۰۰	۲٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۰٫۵۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰
C8	۳٫۰۰	۲٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۰٫۵۰	۰٫۳۳	۱٫۹۲	۳٫۰۳	۲٫۰۰	۴٫۰۰	۳٫۰۰	۲٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۰٫۵۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰

در ادامه با توجه به ماتریس مقایسه‌ی زوجی فازی تجمیعی، مقدارهای ارزش ترکیبی فازی را برای هرکدام شاخص‌ها به‌دست می‌آوریم که به‌صورت زیر هستند:

$S_1 = (5{,}33, 8{,}00, 12{,}00) \otimes (0{,}0205, 0{,}0138, 0{,}0099) = (0{,}1094, 0{,}1109, 0{,}1191)$

$S_2 = (10{,}00, 16{,}0, 21{,}0) \otimes (0{,}0205, 0{,}0138, 0{,}0099) = (0{,}2054, 0{,}2218, 0{,}2084)$

$S_3 = (11{,}2, 16{,}25, 21{,}3) \otimes (0{,}0205, 0{,}0138, 0{,}0099) = (0{,}2300, 0{,}2253, 0{,}2117)$

$S_4 = (3{,}55, 4{,}75, 6{,}830) \otimes (0{,}0205, 0{,}0138, 0{,}0099) = (0{,}0729, 0{,}0658, 0{,}0678)$

$S_5 = (4{,}17, 4{,}671, 8{,}00) \otimes (0{,}0205, 0{,}0138, 0{,}0099) = (0{,}0855, 0{,}0647, 0{,}0794)$

$S_6 = (6{,}17, 9{,}00, 12{,}00) \otimes (0{,}0205, 0{,}0138, 0{,}0099) = (0{,}1266, 0{,}1247, 0{,}1191)$

$S_7 = (6{,}16, 9{,}00, 12{,}03) \otimes (0{,}0205, 0{,}0138, 0{,}0099) = (0{,}1265, 0{,}1247, 0{,}1194)$

$S_8 = (7{,}83, 11{,}53, 9{,}92) \otimes (0{,}0205, 0{,}0138, 0{,}0099) = (0{,}1608, 0{,}1598, 0{,}0984)$

سپس ماتریس درجه‌ی بزرگی را برای هرکدام از شاخص‌ها محاسبه می‌کنیم که در جدول (۴) نشان داده‌شده است.

جدول ۴- ماتریس نتیجه‌های درجه‌ی بزرگی

(V)	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
S1		۰٫۴۳۷۵۶۴	۰٫۴۹۲۳۵۳	۱	۱	۰٫۳۵۲۹۰۳	۰٫۳۴۸۷۴۱	۰٫۷۹۷۷۴۴
S2	۱		۰٫۸۶۱۸۲۳	۱	۱	۱	۱	۱
S3	۱	۱		۱	۱	۱	۱	۱
S4	۰٫۲۰۷۰۸۲	۰٫۴۶۸۵۶۷	۰٫۵۰۴۲۳۲		۱	۰٫۴۹۹۴۳	۰٫۴۹۸۸۴۸	۰٫۶۳۵۹۷۷
S5	۰٫۹۶۴۴۳۱	۰٫۴۴۴۹۹۹	۰٫۴۸۳۹۹۲	۱٫۲۰۹۰۵		۰٫۴۴۰۲۷۵	۰٫۳۱۲۱۳۵	۰٫۳۱۲۱۳۵
S6	۱	۰٫۴۷۰۶۵۳	۰٫۵۲۴۶۳۵	۱	۱		۱	۰٫۷۹۷۷۴۴
S7	۱	۰٫۴۶۹۷۸۳	۰٫۵۲۳۹۵۸	۱	۱	۱		۰٫۹۵۹۱۴
S8	۱	۰٫۶۳۳۰۳۶	۰٫۶۶۷۸۱	۱	۱	۱	۱	

در ادامه بر اساس نتیجه‌های جدول (۴)، بردار وزن شاخص‌ها به‌دست می‌آید. ازآنجایی‌که این وزن‌ها نرمالایز شده نیستند، باید این وزن‌ها را نرمالایز کنیم که نتیجه‌های آن در جدول (۵) نشان داده‌شده است.

جدول ۵- وزن‌های نرمالایز شده شاخص‌ها با استفاده از FAHP

معیار Cj		وزن(W)
C1	موقعیت مالی و سهم بازار	۰٫۰۷۶۳
C2	قیمت پیشنهادی	۰٫۱۸۸۸
C3	تحویل به‌موقع کالا	۰٫۲۱۹۰
C4	میزان بازیافت	۰٫۱۰۲۶
C5	استفاده از فناوری‌های پاک	۰٫۰۶۸۳
C6	آلودگی ایجادشده	۰٫۱۰۳۱
C7	تعداد کارکنان آموزش‌دیده	۰٫۱۰۲۹
C8	رضایت کارکنان و مشتریان	۰٫۱۳۸۶

بر اساس نتیجه‌های به‌دست‌آمده، شاخص تحویل به‌موقع کالا دارای بیشترین اهمیت نسبت به سایر شاخص‌ها است. در ادامه پس از این‌که وزن شاخص‌ها را به‌دست آوردیم، باید شاخص سازگاری ماتریس مقایسه‌ی زوجی را محاسبه کنیم. نتیجه‌های به‌دست‌آمده از محاسبه‌های مربوط به FAHP نشان می‌دهد که ماتریس مقایسه‌ی زوجی جدول (۳) سازگاری خوبی دارد.

استفاده از روش آنتروپی شانون فاصله‌ای

پس از آن‌که وزن شاخص‌ها را با استفاده از روش FAHP به‌دست‌آمده آوردیم، به‌خاطر بالا بردن دقت در وزن‌ها، سراغ روش آنتروپی شانون فاصله‌ای می‌رویم. در این روش بر اساس گام‌های زیر درنظر داریم وزن‌های فاصله‌ای را برای هرکدام از شاخص‌ها محاسبه کنیم.

گام اول: ایجاد ماتریس تصمیم‌گیری با داده‌های فاصله‌ای

ازآنجایی‌که در این روش ۸ شرکت تأمین‌کننده‌ی مواد اولیه، به‌وسیله‌ی ۸ شاخص مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، برای به‌دست آوردن ماتریس تصمیم فاصله‌ای اولیه، باید از داده‌های مربوط

به هر گزینه، با توجه به ۸ شاخص که جمع‌آوری‌شده است استفاده شود. درنهایت ماتریس کمّی‌شده‌ی تصمیم مربوط به ۸ گزینه و ۸ شاخص به‌دست آمد و در جدول (۶) دیده می‌شود.

گام دوم: ایجاد ماتریس تصمیم فاصله‌ای نرمالایز شده

در این گام بر اساس رابطه‌های زیر هرکدام از عددهای حد بالا و پایین، مورد نرمال‌سازی قرار می‌گیرند.

$$P_{ij}{}^{L} = \frac{X_{ij}{}^{L}}{\sum_{i=1}^{m} X_{ij}{}^{U}} \quad و \quad P_{ij}{}^{U} = \frac{X_{ij}{}^{U}}{\sum_{i=1}^{m} X_{ij}{}^{U}}$$

نتیجه‌های به‌دست آمده از نرمال‌سازی در جدول (۷) ارائه‌شده است.

گام سوم: محاسبه‌ی مقدار آنتروپی j_E و مقدار عدم اطمینان j_d

در این گام همواره سعی می‌کنیم تا بر اساس رابطه‌های زیر، مقدار آنتروپی و مقدار عدم اطمینان را برای هرکدام از شاخص‌ها به‌دست آوریم؛ که نتیجه‌های به‌دست آمده از آن در جدول (۸) نشان داده‌شده است.

$$E_j{}^{L} = -1/_{Ln(m)} \sum_{i=1}^{m} [P_{ij}{}^{L} lnP_{ij}{}^{L}] \; and \; E_j{}^{U} = -1/_{Ln(m)} \sum_{i=1}^{m} [P_{ij}{}^{U} lnP_{ij}{}^{U}]$$

$$d_j{}^{L} = min\{(1 - E_j{}^{L}), (1 - E_j{}^{U})\} \; and \; d_j{}^{U} = max\{(1 - E_j{}^{L}), (1 - E_j{}^{U})\}$$

جدول ۶- ماتریس تصمیم‌گیری آنتروپی شانون با داده‌های فاصله‌ای

	C1		C2		C3		C4		C5		C6		C7		C8	
A1	۲۲۰	۲۲۰	۸۰۰۰	۶۵۰۰	۱۱	۱۱	۱۰۱۶	۱۰۱۶	۶۱۰	۶۱۰	۵۰۸	۵۰۸	۴۰	۴۰	۹۶۰	۷۵۰
A2	۱۵۳	۱۵۳	۵۰۰۰	۳۰۰۰	۵	۵	۵۸۰	۵۸۰	۴۳۰	۴۳۰	۴۶۰	۴۶۰	۱۶	۱۶	۷۵۰	۵۴۰
A3	۱۵۴	۱۵۴	۶۰۰۰	۴۰۰۰	۵	۵	۵۲۰	۵۲۰	۳۸۰	۳۸۰	۴۰۰	۴۰۰	۲۲	۲۲	۷۰۰	۵۸۰
A4	۱۸۵	۱۸۵	۵۰۰۰	۳۵۰۰	۱۱	۱۱	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۶۰۰	۶۰۰	۵۴۰	۵۴۰	۱	۱	۹۰۰	۷۵۰
A5	۲۱۵	۲۱۵	۵۰۰۰	۳۳۰۰	۸	۸	۸۰۰	۸۰۰	۵۵۰	۵۵۰	۵۰۰	۵۰۰	۲۱	۲۱	۸۶۰	۶۵۰
A6	۲۴۰	۲۴۰	۶۰۰۰	۴۱۰۰	۸	۸	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۶۰۰	۶۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۲۴	۲۴	۹۵۰	۸۰۰
A7	۲۱۰	۲۱۰	۶۰۰۰	۴۵۰۰	۲۲	۲۲	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۳۲	۳۲	۹۶۰	۸۰۰
A8	۱۷۵	۱۷۵	۵۰۰۰	۳۱۰۰	۵	۵	۵۱۰	۵۱۰	۴۱۰	۴۱۰	۴۶۰	۴۶۰	۱۶	۱۶	۸۰۰	۶۲۰

جدول ۷- ماتریس تصمیم نرمالایز شده‌ی فاصله‌ای

	C1		C2		C3		C4		C5		C6		C7		C8	
A1	۰/۰۴۳۶۹۴	۰/۰۴۳۶۹۴	۰/۰۴۶۷۸۴	۰/۰۳۸۰۱۲	۰/۰۴۴۴	۰/۰۴۴۴	۰/۰۴۵۰۴۳	۰/۰۴۵۰۴۳	۰/۰۴۸۱۶	۰/۰۴۸۱۶	۰/۰۴۰۲۹	۰/۰۴۰۲۹	۰/۰۸۳۳۳	۰/۰۸۳۳۳	۰/۰۴۵۰۷	۰/۰۳۵۲
A2	۰/۰۳۰۳۸۷	۰/۰۳۰۳۸۷	۰/۰۲۹۲۴	۰/۰۱۷۵۴۴	۰/۰۲۰۱۸۲	۰/۰۲۰۱۸۲	۰/۰۲۵۷۱۴	۰/۰۲۵۷۱۴	۰/۰۳۳۹۵	۰/۰۳۳۹۵	۰/۰۳۶۴۸	۰/۰۳۶۴۸	۰/۰۳۳۳۳	۰/۰۳۳۳۳	۰/۰۳۵۲۱	۰/۰۲۵۳
A3	۰/۰۳۰۵۸۶	۰/۰۳۰۵۸۶	۰/۰۳۵۰۸۸	۰/۰۲۳۳۹۲	۰/۰۲۰۱۸۲	۰/۰۲۰۱۸۲	۰/۰۲۳۰۵۴	۰/۰۲۳۰۵۴	۰/۰۳۰۰۰	۰/۰۳۰۰۰	۰/۰۳۱۷۲	۰/۰۳۱۷۲	۰/۰۴۵۸۳	۰/۰۴۵۸۳	۰/۰۳۲۸۶	۰/۰۲۷۲
A4	۰/۰۳۶۷۴۳	۰/۰۳۶۷۴۳	۰/۰۲۹۲۴	۰/۰۲۰۴۶۸	۰/۰۴۴۴	۰/۰۴۴۴	۰/۰۴۴۳۳۴	۰/۰۴۴۳۳۴	۰/۰۴۷۳۷	۰/۰۴۷۳۷	۰/۰۴۲۸۳	۰/۰۴۲۸۳	۰/۰۰۲۰۸	۰/۰۰۲۰۸	۰/۰۴۲۲۵	۰/۰۳۵۲
A5	۰/۰۴۲۷۰۱	۰/۰۴۲۷۰۱	۰/۰۲۹۲۴	۰/۰۱۹۲۹۸	۰/۰۳۲۲۹۱	۰/۰۳۲۲۹۱	۰/۰۳۵۴۶۷	۰/۰۳۵۴۶۷	۰/۰۴۳۴۲	۰/۰۴۳۴۲	۰/۰۳۹۶۵	۰/۰۳۹۶۵	۰/۰۴۳۷۵	۰/۰۴۳۷۵	۰/۰۴۰۳۷	۰/۰۳۰۵
A6	۰/۰۴۷۶۶۶	۰/۰۴۷۶۶۶	۰/۰۳۵۰۸۸	۰/۰۲۳۹۷۷	۰/۰۳۲۲۹۱	۰/۰۳۲۲۹۱	۰/۰۴۴۳۳۴	۰/۰۴۴۳۳۴	۰/۰۴۷۳۷	۰/۰۴۷۳۷	۰/۰۳۹۶۵	۰/۰۳۹۶۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۴۴۶۰	۰/۰۳۷۵
A7	۰/۰۴۱۷۰۸	۰/۰۴۱۷۰۸	۰/۰۳۵۰۸۸	۰/۰۲۶۳۱۶	۰/۰۸۸۷۹۹	۰/۰۸۸۷۹۹	۰/۰۴۴۳۳۴	۰/۰۴۴۳۳۴	۰/۰۳۹۴۷	۰/۰۳۹۴۷	۰/۰۳۹۶۵	۰/۰۳۹۶۵	۰/۰۶۶۶۶	۰/۰۶۶۶۶	۰/۰۴۵۰۷	۰/۰۳۷۵
A8	۰/۰۳۴۷۵۷	۰/۰۳۴۷۵۷	۰/۰۲۹۲۴	۰/۰۱۸۱۲۹	۰/۰۲۰۱۸۲	۰/۰۲۰۱۸۲	۰/۰۲۲۶۱	۰/۰۲۲۶۱	۰/۰۳۲۳۷	۰/۰۳۲۳۷	۰/۰۳۶۴۸	۰/۰۳۶۴۸	۰/۰۳۳۳۳	۰/۰۳۳۳۳	۰/۰۳۷۵۵	۰/۰۲۹۱

جدول ۸- مقدارهای آنتروپی و عدم اطمینان هرکدام از شاخص‌ها

شاخص	مقدارهای عدم اطمینان فاصله‌ای		مقدارهای آنتروپی فاصله‌ای	
موقعیت مالی و سهم بازار	۰٫۰۰۷۴۳۲	۰٫۰۰۷۴۳۲	۰٫۹۹۲۵۶۸	۰٫۹۹۲۵۶۸
قیمت پیشنهادی	۰٫۰۱۳۸۰۴	۰٫۱۹۵۷۵۸	۰٫۹۸۶۱۹۶	۰٫۸۰۴۲۴۲
تحویل به‌موقع کالا	۰٫۰۳۴۲۰۵	۰٫۰۳۴۲۰۵	۰٫۹۶۵۷۹۵	۰٫۹۶۵۷۹۵
میزان بازیافت	۰٫۰۱۵۴۹۲	۰٫۰۱۵۴۹۲	۰٫۹۸۴۵۰۸	۰٫۹۸۴۵۰۸
استفاده از فناوری‌های پاک	۰٫۰۰۷۵۲۵	۰٫۰۰۷۵۲۵	۰٫۹۹۲۴۷۵	۰٫۹۹۲۴۷۵
آلودگی ایجادشده	۰٫۰۰۳۹۴	۰٫۰۰۳۹۴	۰٫۹۹۶۰۶	۰٫۹۹۶۰۶
میزان کارکنان آموزش‌دیده	۰٫۰۲۱۷۹۷	۰٫۰۲۱۷۹۷	۰٫۹۷۸۲۰۳	۰٫۹۷۸۲۰۳
رضایت کارکنان و مشتریان	۰٫۰۰۲۹۱۴	۰٫۱۷۰۲۷۳	۰٫۸۲۹۷۲۷	۰٫۹۹۷۰۸۶

گام چهارم: محاسبه‌ی اوزان w_j

پس از محاسبه‌ی مقدارهای آنتروپی فاصله‌ای و هم‌چنین مقدارهای عدم اطمینان فاصله‌ای، بر اساس رابطه‌های زیر وزن‌های فاصله‌ای را برای هرکدام از شاخص‌ها محاسبه می‌کنیم که نتیجه‌های آن در جدول (۹) نشان داده‌شده است:

$$w_j{}^L = \frac{{d_j}^L}{\sum_{j=1}^{n} {d_j}^U} \quad and \quad w_j{}^U = \frac{{d_j}^U}{\sum_{j=1}^{n} {d_j}^U};\ \forall j;\ \forall j$$

جدول ۹- وزن‌های شانون فاصله‌ای هرکدام از شاخص‌ها

شاخص	وزن شانون فاصله‌ای	
موقعیت مالی و سهم بازار	۰٫۰۱۶۲۸۴	۰٫۰۱۶۲۸۴
قیمت پیشنهادی	۰٫۰۳۰۲۴۵	۰٫۴۲۸۸۹۸
تحویل به‌موقع کالا	۰٫۰۷۴۹۴۲	۰٫۰۷۴۹۴۲
میزان بازیافت	۰٫۰۳۳۹۴۲	۰٫۰۳۳۹۴۲
استفاده از فناوری‌های پاک	۰٫۰۱۶۴۸۶	۰٫۰۱۶۴۸۶
آلودگی ایجادشده	۰٫۰۰۸۶۳۲	۰٫۰۰۸۶۳۲
میزان کارکنان آموزش‌دیده	۰٫۰۴۷۷۵۶	۰٫۰۴۷۷۵۶
رضایت کارکنان و مشتریان	۰٫۰۰۶۳۸۵	۰٫۳۷۳۰۶۱

در ادامه به‌منظور به‌دست‌آوردن وزن‌های دقیق‌تر، وزن‌های به‌دست‌آمده از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی و آنتروپی شانون فاصله‌ای با یکدیگر ترکیب می‌شوند و وزن‌های نهایی فاصله‌ای شاخص‌ها به‌دست می‌آید. این وزن‌ها در جدول (۱۰) نشان داده‌شده است.

استفاده از روش Interval TOPSIS

گام اول: ایجاد ماتریس تصمیم Interval TOPSIS

ماتریس تصمیم روش تاپسیس فاصله‌ای، دقیقاً همانند ماتریس تصمیم روش شانون فاصله‌ای‌ست.

گام دوم: ایجاد ماتریس تصمیم نرمالایز شده‌ی تاپسیس

در این مرحله ماتریس تصمیم روش Interval TOPSIS بر اساس نرم اقلیدسی مورد نرمال‌سازی قرارگرفته است که نتیجه‌های آن در جدول (۱۱) نشان داده‌شده است.

جدول ۱۰- وزن‌های نهایی فاصله‌ای شاخص‌ها

شاخص	وزن به‌دست‌آمده از FAHP		وزن به‌دست‌آمده از Interval Shanon		وزن نهایی ترکیبی	
موقعیت مالی و سهم بازار	۰٫۲۱۹۰۷۱	۰٫۲۱۹۰۷۱	۰٫۰۱۶۲۸۴	۰٫۰۱۶۲۸۴	۰٫۰۲۵۹۰۶	۰٫۰۲۵۹۰۶
قیمت پیشنهادی	۰٫۱۸۸۸	۰٫۱۸۸۸	۰٫۰۳۰۲۴۵	۰٫۴۲۸۸۹۸	۰٫۰۴۱۴۶۸	۰٫۵۸۸۰۶
تحویل به‌موقع کالا	۰٫۰۶۸۳۸	۰٫۰۶۸۳۸	۰٫۰۷۴۹۴۲	۰٫۰۷۴۹۴۲	۰٫۰۳۷۲۱۵	۰٫۰۳۷۲۱۵
میزان بازیافت	۰٫۱۰۳۱۰۶	۰٫۱۰۳۱۰۶	۰٫۰۳۳۹۴۲	۰٫۰۳۳۹۴۲	۰٫۰۲۵۴۱۵	۰٫۰۲۵۴۱۵
استفاده از فناوری‌های پاک	۰٫۱۰۳۱۰۶	۰٫۱۰۳۱۰۶	۰٫۰۱۶۴۸۶	۰٫۰۱۶۴۸۶	۰٫۰۱۲۳۴۵	۰٫۰۱۲۳۴۵
آلودگی ایجادشده	۰٫۱۰۳۱۰۶	۰٫۱۰۳۱۰۶	۰٫۰۰۸۶۳۲	۰٫۰۰۸۶۳۲	۰٫۰۰۶۴۶۳	۰٫۰۰۶۴۶۳
میزان کارکنان آموزش‌دیده	۰٫۰۷۶۳۹۹	۰٫۰۷۶۳۹۹	۰٫۰۴۷۷۵۶	۰٫۰۴۷۷۵۶	۰٫۰۲۶۴۹۶	۰٫۰۲۶۴۹۶
رضایت کارکنان و مشتریان	۰٫۱۰۲۶۴۹	۰٫۱۰۲۶۴۹	۰٫۰۰۶۳۸۵	۰٫۳۷۳۰۶۱	۰٫۰۰۴۷۵۹	۰٫۲۷۸۱۰۱

گام سوم: ایجاد ماتریس تصمیم نرمالایز شده‌ی موزون

در این گام ماتریس نرمالایز شده‌ی فاصله‌ای را در وزن‌های نهایی فاصله‌ای ضرب می‌کنیم تا درنهایت ماتریس نرمالایز شده‌ی موزن به‌دست آید که نتیجه‌های آن در جدول (۱۲) نشان داده شده است.

گام چهارم: مشخص کردن ایده‌آل‌های مثبت و منفی

در این قسمت بر اساس رابطه‌های زیر، ایده‌آل‌های مثبت و منفی را برای هرکدام از شاخص‌ها محاسبه می‌کنیم که در جدول (۱۳) نشان داده‌شده‌اند.

$$\bar{A}^{+} = \{\bar{u}_1^{+}, \dots, \bar{u}_n^{+}\} = \left\{\left(\max_j \bar{u}_{ij}^{U} \middle| i\epsilon I\right), \left(\min_j \bar{u}_{ij}^{L} \middle| i\epsilon J\right)\right\}$$

$$\bar{A}^{-} = \{\bar{u}_1^{-}, \dots, \bar{u}_n^{-}\} = \left\{\left(\min_j \bar{u}_{ij}^{L}\, i\epsilon I\right), \left(\max_j \bar{u}_{ij}^{U} \middle| i\epsilon J\right)\right\}$$

گام پنجم: محاسبه‌ی فاصله‌ی هریک از گزینه‌ها از ایده‌آل‌های مثبت و منفی

در ادامه با توجه به رابطه‌های زیر، فاصله‌ی هرکدام از گزینه‌ها را از ایده‌آل‌های مثبت و منفی محاسبه می‌کنیم که نتیجه‌های آن در جدول (۱۴) نشان داده‌شده است.

$$\bar{d}_j^{+} = \left\{\sum_{i\epsilon I}\left(\bar{u}_{ij}^{L} - \bar{u}_i^{+}\right)^2 + \sum_{i\epsilon J}\left(\bar{u}_{ij}^{U} - \bar{u}_i^{+}\right)^2\right\}^{\frac{1}{2}}, j = 1, \dots, m$$

$$\bar{d}_j^{-} = \left\{\sum_{i\epsilon I}\left(\bar{u}_{ij}^{U} - \bar{u}_i^{-}\right)^2 + \sum_{i\epsilon J}\left(\bar{u}_{ij}^{L} - \bar{u}_i^{-}\right)^2\right\}^{\frac{1}{2}}, j = 1, \dots, m$$

جدول ۱۱- ماتریس تصمیم نرمالایز شده تأسیس فاصله‌ای

	C1		C2		C3		C4		C5		C6		C7		C8	
A1	۰٫۱۴۴۵۳	۰٫۱۴۴۵۳	۰٫۱۳۸۲۵۲	۰٫۱۷۰۱۵۷	۰٫۱۳۶۱۹۶	۰٫۱۳۶۱۹۶	۰٫۱۴۵۴۲۸	۰٫۱۴۵۴۲۸	۰٫۱۵۹۴۸۸	۰٫۱۵۹۴۸۸	۰٫۱۳۴۹۶۱	۰٫۱۳۴۹۶۱	۰٫۲۶۷۵۷	۰٫۲۶۷۵۷	۰٫۱۳۲۸۷۶	۰٫۱۷۰۰۸۲
A2	۰٫۱۰۰۵۱۴	۰٫۱۰۰۵۱۴	۰٫۰۶۳۸۰۹	۰٫۱۰۶۳۴۸	۰٫۰۶۱۹۰۷	۰٫۰۶۱۹۰۷	۰٫۰۸۳۰۲	۰٫۰۸۳۰۲	۰٫۱۱۲۴۲۶	۰٫۱۱۲۴۲۶	۰٫۱۲۲۲۰۹	۰٫۱۲۲۲۰۹	۰٫۱۰۷۰۲	۰٫۱۰۷۰۲	۰٫۰۹۵۶۷۱	۰٫۱۳۲۸۷۶
A3	۰٫۱۰۱۱۷۱	۰٫۱۰۱۱۷۱	۰٫۰۸۵۰۷۸	۰٫۱۲۷۶۱۷	۰٫۰۶۱۹۰۷	۰٫۰۶۱۹۰۷	۰٫۰۷۴۴۳۲	۰٫۰۷۴۴۳۲	۰٫۰۹۹۳۵۳	۰٫۰۹۹۳۵۳	۰٫۱۰۶۲۶۸	۰٫۱۰۶۲۶۸	۰٫۱۴۷۱۶	۰٫۱۴۷۱۶	۰٫۱۰۲۷۵۸	۰٫۱۲۴۰۱۸
A4	۰٫۱۲۱۵۳۷	۰٫۱۲۱۵۳۷	۰٫۰۷۴۴۴۳	۰٫۱۰۶۳۴۸	۰٫۱۳۶۱۹۶	۰٫۱۳۶۱۹۶	۰٫۱۴۳۱۳۸	۰٫۱۴۳۱۳۸	۰٫۱۵۶۸۷۳	۰٫۱۵۶۸۷۳	۰٫۱۴۳۴۶۲	۰٫۱۴۳۴۶۲	۰٫۰۰۶۶۸	۰٫۰۰۶۶۸	۰٫۱۳۲۸۷۶	۰٫۱۵۹۴۵۲
A5	۰٫۱۴۱۲۴۵	۰٫۱۴۱۲۴۵	۰٫۰۷۰۱۹	۰٫۱۰۶۳۴۸	۰٫۰۹۹۰۵۲	۰٫۰۹۹۰۵۲	۰٫۱۱۴۵۱	۰٫۱۱۴۵۱	۰٫۱۴۳۸۰۱	۰٫۱۴۳۸۰۱	۰٫۱۳۲۸۳۵	۰٫۱۳۲۸۳۵	۰٫۱۴۰۴۷	۰٫۱۴۰۴۷	۰٫۱۱۵۱۵۹	۰٫۱۵۲۳۶۵
A6	۰٫۱۵۷۶۶۹	۰٫۱۵۷۶۶۹	۰٫۰۸۷۲۰۵	۰٫۱۲۷۶۱۷	۰٫۰۹۹۰۵۲	۰٫۰۹۹۰۵۲	۰٫۱۴۳۱۳۸	۰٫۱۴۳۱۳۸	۰٫۱۵۶۸۷۳	۰٫۱۵۶۸۷۳	۰٫۱۳۲۸۳۵	۰٫۱۳۲۸۳۵	۰٫۱۶۰۵۴	۰٫۱۶۰۵۴	۰٫۱۴۱۷۳۵	۰٫۱۶۸۳۱
A7	۰٫۱۳۷۹۶	۰٫۱۳۷۹۶	۰٫۰۹۵۷۱۳	۰٫۱۲۷۶۱۷	۰٫۲۷۲۳۹۲	۰٫۲۷۲۳۹۲	۰٫۱۴۳۱۳۸	۰٫۱۴۳۱۳۸	۰٫۱۳۰۷۲۸	۰٫۱۳۰۷۲۸	۰٫۱۳۲۸۳۵	۰٫۱۳۲۸۳۵	۰٫۲۱۴۰۵	۰٫۲۱۴۰۵	۰٫۱۴۱۷۳۵	۰٫۱۷۰۰۸۲
A8	۰٫۱۱۴۹۶۷	۰٫۱۱۴۹۶۷	۰٫۰۶۵۹۳۶	۰٫۱۰۶۳۴۸	۰٫۰۶۱۹۰۷	۰٫۰۶۱۹۰۷	۰٫۰۷۳	۰٫۰۷۳	۰٫۱۰۷۱۹۷	۰٫۱۰۷۱۹۷	۰٫۱۲۲۲۰۹	۰٫۱۲۲۲۰۹	۰٫۱۰۷۰۲	۰٫۱۰۷۰۲	۰٫۱۰۹۸۴۴	۰٫۱۴۱۷۳۵

جدول ۱۲- ماتریس تصمیم نرمالایز شده‌ی موزون

	C1		C2		C3		C4		C5		C6		C7		C8	
A1	۰٫۰۰۳۷۴۴	۰٫۰۰۳۷۴۴	۰٫۰۰۵۷۳۳	۰٫۱۰۰۰۶۲	۰٫۰۰۵۰۶۹	۰٫۰۰۵۰۶۹	۰٫۰۰۳۶۹۶	۰٫۰۰۳۶۹۶	۰٫۰۰۱۹۶۹	۰٫۰۰۱۹۶۹	۰٫۰۰۰۸۷۲	۰٫۰۰۰۸۷۲	۰٫۰۰۷۰۹	۰٫۰۰۷۰۹	۰٫۰۰۰۶۳۲	۰٫۰۴۷۳
A2	۰٫۰۰۲۶۰۴	۰٫۰۰۲۶۰۴	۰٫۰۰۲۶۴۶	۰٫۰۶۲۵۳۹	۰٫۰۰۲۳۰۴	۰٫۰۰۲۳۰۴	۰٫۰۰۲۱۱	۰٫۰۰۲۱۱	۰٫۰۰۱۳۸۸	۰٫۰۰۱۳۸۸	۰٫۰۰۰۷۹	۰٫۰۰۰۷۹	۰٫۰۰۲۸۳۶	۰٫۰۰۲۸۳۶	۰٫۰۰۰۴۵۵	۰٫۰۳۶۹۵۳
A3	۰٫۰۰۲۶۲۱	۰٫۰۰۲۶۲۱	۰٫۰۰۳۵۲۸	۰٫۰۷۵۰۴۷	۰٫۰۰۲۳۰۴	۰٫۰۰۲۳۰۴	۰٫۰۰۱۸۹۲	۰٫۰۰۱۸۹۲	۰٫۰۰۱۲۲۶	۰٫۰۰۱۲۲۶	۰٫۰۰۰۶۸۷	۰٫۰۰۰۶۸۷	۰٫۰۰۳۸۹۹	۰٫۰۰۳۸۹۹	۰٫۰۰۰۴۸۹	۰٫۰۳۴۴۸۹
A4	۰٫۰۰۳۱۴۹	۰٫۰۰۳۱۴۹	۰٫۰۰۳۰۸۷	۰٫۰۶۲۵۳۹	۰٫۰۰۵۰۶۹	۰٫۰۰۵۰۶۹	۰٫۰۰۳۶۳۸	۰٫۰۰۳۶۳۸	۰٫۰۰۱۹۳۷	۰٫۰۰۱۹۳۷	۰٫۰۰۰۹۲۷	۰٫۰۰۰۹۲۷	۰٫۰۰۱۱۷۷	۰٫۰۰۱۱۷۷	۰٫۰۰۰۶۳۲	۰٫۰۴۳۳۴۴
A5	۰٫۰۰۳۶۵۹	۰٫۰۰۳۶۵۹	۰٫۰۰۲۹۱۱	۰٫۰۶۲۵۳۹	۰٫۰۰۳۶۸۶	۰٫۰۰۳۶۸۶	۰٫۰۰۲۹۱	۰٫۰۰۲۹۱	۰٫۰۰۱۷۷۵	۰٫۰۰۱۷۷۵	۰٫۰۰۰۸۵۹	۰٫۰۰۰۸۵۹	۰٫۰۰۳۷۲۲	۰٫۰۰۳۷۲۲	۰٫۰۰۰۵۴۸	۰٫۰۴۲۳۷۳
A6	۰٫۰۰۴۰۸۵	۰٫۰۰۴۰۸۵	۰٫۰۰۳۶۱۶	۰٫۰۷۵۰۴۷	۰٫۰۰۳۶۸۶	۰٫۰۰۳۶۸۶	۰٫۰۰۳۶۳۸	۰٫۰۰۳۶۳۸	۰٫۰۰۱۹۳۷	۰٫۰۰۱۹۳۷	۰٫۰۰۰۸۵۹	۰٫۰۰۰۸۵۹	۰٫۰۰۴۲۵۴	۰٫۰۰۴۲۵۴	۰٫۰۰۰۶۷۵	۰٫۰۴۶۸۰۷
A7	۰٫۰۰۳۵۷۴	۰٫۰۰۳۵۷۴	۰٫۰۰۳۹۶۹	۰٫۰۷۵۰۴۷	۰٫۰۱۰۱۳۷	۰٫۰۱۰۱۳۷	۰٫۰۰۳۶۳۸	۰٫۰۰۳۶۳۸	۰٫۰۰۱۶۱۴	۰٫۰۰۱۶۱۴	۰٫۰۰۰۸۵۹	۰٫۰۰۰۸۵۹	۰٫۰۰۵۶۷۲	۰٫۰۰۵۶۷۲	۰٫۰۰۰۶۷۵	۰٫۰۴۷۳
A8	۰٫۰۰۲۹۷۸	۰٫۰۰۲۹۷۸	۰٫۰۰۲۷۳۴	۰٫۰۶۲۵۳۹	۰٫۰۰۲۳۰۴	۰٫۰۰۲۳۰۴	۰٫۰۰۱۸۵۵	۰٫۰۰۱۸۵۵	۰٫۰۰۱۳۲۳	۰٫۰۰۱۳۲۳	۰٫۰۰۰۷۹	۰٫۰۰۰۷۹	۰٫۰۰۲۸۳۶	۰٫۰۰۲۸۳۶	۰٫۰۰۰۵۲۳	۰٫۰۳۹۴۱۷

جدول ۱۳- ماتریس ایده‌آل‌های مثبت و منفی شاخص‌ها

شاخص	A^-		A^+	
موقعیت مالی و سهم بازار	۰٫۰۰۶۶۳۷	۰٫۰۰۶۶۳۷	۰٫۰۰۲۶۰۴	۰٫۰۰۲۶۰۴
قیمت پیشنهادی	۰٫۰۰۲۱۱۷	۰٫۰۰۲۱۱۷	۰٫۱۵۰۰۹۳	۰٫۱۵۰۰۹۳
تحویل به‌موقع کالا	۰٫۰۱۰۱۳۷	۰٫۰۱۰۱۳۷	۰٫۰۱۰۱۳۷	۰٫۰۱۰۱۳۷
میزان بازیافت	۰٫۰۰۱۸۵۵	۰٫۰۰۱۸۵۵	۰٫۰۰۷۲۷۶	۰٫۰۰۷۲۷۶
استفاده از فناوری‌های پاک	۰٫۰۰۱۱۶۲	۰٫۰۰۱۱۶۲	۰٫۰۰۲۹۰۵	۰٫۰۰۲۹۰۵
آلودگی ایجادشده	۰٫۰۰۰۶۵۲	۰٫۰۰۰۶۵۲	۰٫۰۰۱۳۷۴	۰٫۰۰۱۳۷۴
میزان کارکنان آموزش‌دیده	۰٫۰۰۰۱۷۷	۰٫۰۰۰۱۷۷	۰٫۰۰۷۰۹	۰٫۰۰۷۰۹
رضایت کارکنان و مشتریان	۰٫۰۰۰۴۵۵	۰٫۰۰۰۴۵۵	۰٫۰۵۹۱۲۵	۰٫۰۵۹۱۲۵

جدول ۱۴- ماتریس فاصله‌ی گزینه‌ها از ایده‌آل‌های مثبت و منفی

	$\bar{d}_j^-$	$\bar{d}_j^+$
A1	۰٫۱۰۸۹۶۶۲	۰٫۱۵۹۰۳۳۲۷۶
A2	۰٫۰۷۱۱۸۸۰۱۵	۰٫۱۵۸۱۸۷۶۶۳
A3	۰٫۰۸۱۰۴۵۸۶۲	۰٫۱۵۸۴۹۳۹۷
A4	۰٫۰۷۴۹۵۸۱۱۱	۰٫۱۵۸۶۴۶۲۵۲
A5	۰٫۰۷۳۹۷۶۱۸۴	۰٫۱۵۷۹۱۸۴۶۳
A6	۰٫۰۸۶۸۰۹۰۷۸	۰٫۱۵۷۴۳۸۳۷۸
A7	۰٫۰۸۶۹۲۶۱۹۷	۰٫۱۵۸۹۳۶۱۶۸
A8	۰٫۰۷۲۴۶۱۴۳	۰٫۱۵۴۵۲۱۱۸۴

گام ششم: محاسبه‌ی ضریب نزدیکی و رتبه‌بندی گزینه‌ها

در مرحله‌ی آخر با توجه به رابطه‌ی زیر به محاسبه‌ی ضریب نزدیکی هرکدام از گزینه‌ها می‌پردازیم و با توجه به مقدارهای آن، گزینه‌ها را رتبه‌بندی می‌کنیم. نتیجه‌های به‌دست‌آمده از این مرحله در جدول (۱۵) نشان داده‌شده است:

$$\bar{R}_j = \bar{d}_j^- / (\bar{d}_j^- + \bar{d}_j^+), \quad j = 1, \dots, m$$

همان‌گونه که در نتیجه‌های جدول (۱۵) می‌بینیم، شرکت‌های تولیدکننده‌ی تایر، با درنظرگرفتن ۸ شاخص و ۸ تأمین‌کننده‌ی مواد اولیه، بهتر است که "گزینه‌ی شماره‌ی ۱" را انتخاب کند. به‌عبارتی‌دیگر بهترین تأمین‌کننده‌ی پایدار برای این شرکت، A1 است.

جدول ۱۵- ماتریس ضریب نزدیکی گزینه‌ها و رتبه‌بندی آن‌ها

شرکت‌های تأمین‌کننده‌ی مواد اولیه	R_j	Rank
A1	۰٫۴۱۱۴۱۴	۱
A2	۰٫۳۰۹۲۱۶	۸
A3	۰٫۳۳۸۷۷۳	۴
A4	۰٫۳۲۱۰۸۶	۵
A5	۰٫۳۱۸۰۱	۶
A6	۰٫۳۵۴۷۱۷	۳
A7	۰٫۳۵۵۷۲۳	۲
A8	۰٫۳۱۳۱۴۷	۷

نتیجه‌گیری

در این پژوهش همواره سعی شده‌است از دو مدل FAHP- Interval Shanon و Interval TOPSIS برای ارزیابی گزینه‌ها استفاده شود؛ بدین‌صورت که در ابتدا شاخص‌ها و معیارهای مؤثر در انتخاب تأمین‌کننده‌ی پایدار مشخص شدند. سپس بر اساس نظر خبرگان، ماتریس مقایسه‌ی زوجی تشکیل شد. در ادامه با استفاده از AHP فازی وزن‌های اولیه به‌دست آورده شد. برای بالا بردن دقت در وزن‌های ثانویه با استفاده از روش آنتروپی شانون برای داده‌های فاصله‌ای و رتبه‌ای به‌دست‌آمده و با ترکیب این دو وزن، وزن‌های تعدیل‌شده به‌دست آمدند. پس از به‌دست آوردن وزن‌ها، رتبه‌بندی گزینه‌های موجود با استفاده از روش TOPSIS فاصله‌ای انجام گرفت و با استفاده از این روش تصمیم‌گیری، گزینه‌های موجود رتبه‌بندی شدند. با توجه به جدید بودن بحث پایداری در ادبیات پژوهش، مدت‌زمان نسبتاً زیادی صرف شناسایی عامل‌ها و معیارهای مؤثر بر انتخاب تأمین‌کننده‌ی پایدار شد. از طرف دیگر به‌علت آشنا نبودن کارشناسان شرکت با بحث‌های روش‌های تصمیم‌گیری فازی و فاصله‌ای، وقت زیادی صرف شرح و توجیه درباره‌ی این مدل‌ها شد. در ادامه پیشنهادهای پژوهش به‌صورت زیر ارائه می‌شود:

- انتخاب صحیح تأمین‌کننده‌ی پایدار، مستلزم ارزیابی جامع تمامی عامل‌های مؤثر است؛ بنابراین انجام مطالعه‌های علمی، به‌منظور ارائه‌ی فهرست جامعی از عامل‌هایی در جهت تدوین روش مناسب مطالعه‌های انتخاب تأمین‌کننده ضروری‌ست.
- به‌جای استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، برای به‌دست آوردن وزن شاخص‌ها، می‌توان از روش‌های وزن‌دهی جدیدتری ازجمله "روش اولویت‌بندی فازی" یا "برنامه‌ریزی آرمانی خطی" استفاده کرد.
- می‌توان بجای استفاده از تنها یک روش تصمیم‌گیری، از چند روش مشابه دیگر که در انتها ارزش هر شاخص مشخص می‌شود، استفاده و درنهایت نتیجه‌ها را با یکدیگر مقایسه کرد.

IRM

مراجع

۱- جعفرنژاد احمد، ۱۳۸۵، "مدیریت تولید و عملیات نوین"، انتشارات دانشگاه تهران.

۲- زندی امید، ۱۳۸۹، "ارائه‌ی مدلی برای فرمول‌بندی استراتژی تکنولوژی با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP).

۳- ساروخانی، باقر، روش‌های پژوهش در علوم اجتماعی (جلد دوم بینش‌ها و فنون)، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، چاپ اول، ۱۳۸۷.

4. Agarwal, A., Shankar, R., & Tiwari, M. K. (2007). Modeling agility of supply chain. Industrial Marketing Management, 36(4), 443–457. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.indmarman.2005.12.004
5. Ahi, P., & Searcy, C. (2013). A comparative literature analysis of definitions for green and sustainable supply chain management. Journal of Cleaner Production, 52(0), 329–341. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.02.018
6. Anderson, L. M., & Bateman, T. S. (2000). Individual environmental initiative: Championing natural environmental issues in US business organizations. Academy of Management Journal, 43(4), 548–570.
7. Andiç, E., Yurt, Ö., & Baltacıoğlu, T. (2012). Green supply chains: Efforts and potential applications for the Turkish market. Resources, Conservation and Recycling, 58(0), 50–68. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.10.008
8. Azapagic, A. (2003). Systems Approach to Corporate Sustainability: A General Management Framework. Process Safety and Environmental Protection, 81(5), 303–316. doi:http://dx.doi.org/10.1205/095758203770224342
9. Badurdeen, F., Iyengar, D., Goldsby, T. J., Metta, H., Gupta, S., & Jawahir, I. S. (2009). Extending total life-cycle thinking to sustainable supply chain design. International Journal of Product Lifecycle Management, 4(1/2/3), 49–67.
10. Banerjee, S. B., Iyer, E. S., & Kashyap, R. K. (2003). Corporate Environmentalism: Antecedents and Influence of Industry Type. Journal of Marketing Journal of Marketing, 67(2), 106–122.
11. Bansal, P., & Roth, K. (2000). Why companies go green: A model of ecological responsiveness. The Academy of Management Journal, 43, 717–736.
12. Bansal, T. (2010). Network for Business Sustainability.
13. Barbier, E. B. (1987). The concept of sustainable economic development (Vol. 14).
14. Bayazit, O. (2006). Use of analytic network process in vendor selection decisions. Benchmarking: An International Journal, 13(5), 566–579.
15. Beamon, B. M. (1999). Designing the green supply chain. Logistics Information Management Logistics Information Management, 12(4), 332–342.
16. Berns, M., Townend, A., Khayat, Z., Balagopal, B., Reeves, M., Hopkins, M., & Kruschwitz, N. (2009). The business of sustainability. MIT Sloan Management Review, 1–82.
17. Berry, M. A., & Rondinelli, D. A. (1998). Proactive corporate environmental management: a new industrial revolution. The Academy of Management Executive, 12(2), 38–50.
18. Beske, P., Koplin, J., & Seuring, S. (2008). The use of environmental and social standards by German first-tier suppliers of the Volkswagen AG. Corporate Social Responsibility and Environmental Management, 15(2), 63–75. doi:10.1002/csr.136
19. Bloor, M., & Wood, F. (2006). Keywords in qualitative methods: A vocabulary of research concepts. Sage.

Evaluation and Selection of Suppliers of Raw Materials for the Tire Industry in the Sustainable Supply Chain Using FAHP, Interval TOPSIS and Interval Shanon

M.R. Fathi[1,*] and E. Ebrahimi[2]

1. Assistant Prof., Faculty of Management and Accounting, Farabi Campus, Tehran University, Qom, Iran
2. Assistant Prof., Institute of Humanities and Cultural Studies, Tehran, Iran

∗**Corresponding author Email:** Reza.fathi@ut.ac.ir

Recieved: August 2018, Accepted: September 2018

Abstract: The purpose of this research is to provide a model and model for selecting a sustainable supplier. The researcher, through library studies, interviews with experts and experts in tire producing companies, and preparing a questionnaire to identify the factors that affect this relationship. Indicators that influence the selection of sustainable supplier selection in this research are financial position and market share, proposed price, timely delivery of goods, recycling rates, the use of clean technologies, contamination, the number of trained staff and employee satisfaction, and Customers In this research, weighing these indices was determined by comparing the fuzzy pair between these indices and using the fuzzy hierarchical process analysis method. In order to accurately determine the weight of the indices, Shannon Entropy method was used. Finally, the weights obtained from these two methods were combined and the final weight was obtained. These weights were used in the Interval TOPSIS method. Then the companies were ranked according to the coefficient of closeness obtained by the distance tops method, and the top company was selected.

Keywords: Supplier Selection, Sustainable Development, Fuzzy Hierarchical Analysis Process, Interval Shanon, Interval Topsis.