



پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری

دوره ۹، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۳، صص ۹۷-۶۳

نوع مقاله: پژوهشی

انتخاب تأمین‌کنندگان سبز با روش نوین تصمیم‌گیری گروهی پرومته-ابری؛ مورد مطالعه: یک شرکت تولیدکننده فرآورده‌های نفتی

علی گودرزی^۱، محمدرضا غلامیان^{۲*}

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی لجستیک و زنجیره تأمین، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و

صنعت، تهران، ایران

۲. دانشیار، گروه مهندسی لجستیک و زنجیره تأمین، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۲۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۱۱

چکیده

گسترش آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از کارخانجات تولیدی محصولات و فرآورده‌های نفتی، منجر به افزایش روز افزون توجه دولت‌ها به موضوع مدیریت زنجیره تأمین سبز در این دسته از صنایع شده‌است. در همین راستا در این تحقیق به ترسیم یک ساختار تصمیم‌گیری گروهی، جهت انتخاب تأمین‌کنندگان سبز در یکی از بزرگترین پالایشگاه‌های تولیدکننده فرآورده‌های نفتی در ایران پرداخته شده‌است. بدین منظور ابتدا پس از انجام مطالعاتی دقیق روی پرکاربردترین معیارهای تصمیم‌گیری، ۸ معیار قیمت، کیفیت، حمل و نقل، مصرف انرژی، سیستم مدیریت محیط زیست، تولید سبز، کنترل انتشار گاز کربن و مدیریت پسماند به عنوان معیارهای نهایی تصمیم‌گیری انتخاب شدند. سپس، پس از بررسی انواع مختلف روش‌های تصمیم‌گیری با در نظر گرفتن شکاف تحقیقاتی موجود، روش نوینی پیشنهاد شد که مدل ابری مبتنی بر متغیرهای زبانی نامعین را با روش پرومته ادغام می‌کند. روش ابداعی پرومته-ابری در حل مسئله برون‌سپاری تولید محصول پارافین در این پالایشگاه مورد بررسی قرار گرفت و نتایج قابل توجه و مفیدی ارائه نمود. نتایج نهایی با موفقیت بصورت گراف ترجیحات ارائه گردید که دید بسیار مناسبی جهت ارزیابی تأمین‌کنندگان به مدیران شرکت ارائه می‌دهد. مدل پیشنهادی توانسته است مزیت‌های روش پرومته از جمله امکان ترکیب داده‌های کمی و کیفی، انتخاب توابع رجحان، وزن‌دهی مستقل و عدم نیاز به نرمال‌سازی معیارها را با برطرف کردن ابهامات تصمیم‌گیری بوسیله مدل ابری ترکیب کند.

کلیدواژه‌ها: انتخاب تأمین‌کنندگان سبز، تصمیم‌گیری چندمعیاره گروهی، روش پرومته، مدل ابری، متغیر زبانی نامعین



۱- مقدمه و بیان مسئله

با افزایش دغدغه‌های زیست‌محیطی در سال‌های اخیر و گستردگی مسائل محیطی که منشأ آن‌ها عمدتاً از سوی صنایع و کارخانه‌های تولیدی بزرگ است، مسئله مدیریت زنجیره تأمین در این صنایع با تمرکز بر مسائل محیط زیستی به صورت ویژه‌ای میان محققین مورد توجه قرار گرفته است. در صنایع تولیدی حدود ۶۰ درصد از درآمد کلی به خرید (از جمله خرید مواد اولیه و اجزاء تولید یا برون‌سپاری فرایندها و...) اختصاص می‌یابد که اهمیت بالایی نقش تأمین‌کنندگان در این صنایع را نمایان می‌کند [۱]. از طرفی بیش از ۴۵ درصد از انتشار گاز گلخانه‌ای از جانب کارخانه‌های تولید انرژی صورت می‌گیرد که پالایشگاه‌های نفتی از مهم‌ترین این صنایع به شمار می‌روند. لازم به ذکر است حدود ۶۰ درصد از انتشار گاز دی‌اکسیدکربن در هوا نیز از پالایشگاه‌های نفتی منتشر می‌شود [۲]. صنعت نفت به‌وجود آورنده مخاطرات بسیاری برای محیط زیست است و می‌تواند سطوح مختلف محیطی همچون هوا، آب و خاک را تحت تأثیر قرار دهد. در نتیجه، گسترده‌ترین و خطرناک‌ترین پیامد فعالیت‌های صنعت نفت و گاز، آلودگی است. آلودگی تقریباً با تمام فعالیت‌ها در مراحل تولید فرآورده‌های نفتی در پالایشگاه‌ها مرتبط است. مراحل تأمین کالا نیز از مهم‌ترین بخش‌های فعالیت‌های صنایع محسوب می‌شود، لذا تأمین‌کنندگان و مشتریان باید به‌منظور کاهش اثرات زیست‌محیطی در فرایندهای تولید به‌طور مشترک با یکدیگر همکاری کنند [۳]. به همین دلیل صنایع بزرگ در دنیا در دهه اخیر تمرکز ویژه‌ای به مسئله مدیریت سبز زنجیره تأمین^۱ داشته‌اند. فرایند تأمین کالا یا خدمات از سوی تأمین‌کنندگان، از بخش‌های مهم این زنجیره به شمار می‌رود که در مطالعات مرتبط با عنوان انتخاب تأمین‌کننده سبز^۲ از آن یاد شده است. تحقیقات صورت‌گرفته نشان می‌دهند که فرایند انتخاب تأمین‌کننده سبز، حیاتی‌ترین مؤلفه در تصمیم‌گیری موفقیت‌آمیز زنجیره تأمین سبز است، چراکه به طور مستقیم بر پایداری و عملکرد زیست‌محیطی تأثیر می‌گذارد [۴].

متداول‌ترین رویکردها در حل مسائل انتخاب تأمین‌کننده سبز، روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه^۳ هستند. روش‌های تصمیم‌گیری متعددی جهت رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان سبز توسط

¹ Green Supply Chain Management (GSCM)

² Green Supplier Selection

³ Multi Criteria Decision Making (MCDM)



محققین مورد استفاده قرار گرفته‌اند که هر یک با توجه به نوع مسئله از داده‌های کمی و کیفی یا ترکیب هر دو استفاده کرده‌اند. روش‌های تصمیم‌گیری در دسته‌بندی‌های مختلفی قابل تفکیک از یکدیگر هستند که با توجه به نوع مسئله و محیط مورد استفاده توسط کارشناسان انتخاب می‌شوند. در بسیاری از مسائل واقعی به دلیل پیچیدگی ارزیابی تأمین‌کنندگان، تصمیم‌گیرندگان ترجیح می‌دهند قضاوت‌های خود را با استفاده از توصیف‌گرهای زبانی و کیفی به جای مقادیر عددی بیان کنند [۵]. علاوه بر این، به دلیل ناکافی بودن اطلاعات یا محدودیت‌های موجود، کارشناسان ممکن است در ارائه ارزیابی خود با اصطلاحات زبانی دقیق با مشکل مواجه شوند؛ آنها اغلب در میان اصطلاحات مختلف زبانی تردید دارند یا برای ارائه دقیق نظرات خود به محدوده‌های کیفی نیاز دارند. اخیراً جهت برطرف کردن مشکل عدم قطعیت و ابهامات ارزیابی‌های تصمیم‌گیرندگان در تعریف متغیرهای زبانی، متغیرهای زبانی فاصله‌ای به‌عنوان مقادیری میان دو متغیر زبانی تعریف شده‌اند [۶]. یکی از روش‌های نوین تصمیم‌گیری که از این دسته متغیرها در حل مسائل تصمیم‌گیری استفاده می‌کند، مدل ابری یکپارچه میانی^۱ نام دارد. این روش بر پایه مدل ابری^۲ ارائه گردیده است. مدل ابری، مدلی تبدیلی است که از زبان طبیعی استفاده می‌کند تا میزان عدم قطعیت میان مفهوم کیفی و ارزش آن مفهوم را تعریف کند. این مدل در به تصویر کشیدن مفاهیم کیفی کاربرد مناسبی دارد و می‌تواند به پیشنهاد راه‌حل‌های جدید برای مشکلات زبانی مسائل تصمیم‌گیری چند شاخصه با عدم قطعیت منجر شود. این روش نه تنها میزان عدم قطعیت مفاهیم زبانی طبیعی را مشخص می‌کند، بلکه ارتباط میان تصادفی بودن آن‌ها و میزان گستردگی ابهام آن‌ها را نیز نمایان می‌کند.

هر یک از روش‌های تصمیم‌گیری مزایا و معایبی نسبت به سایر روش‌ها دارند. در بین این روش‌ها، روش‌های مبتنی بر ترجیحات^۳ از انواع مختلفی از معیارهای تصمیم‌گیری به طور همزمان استفاده می‌کنند، به ورودی‌های کمتری نیاز دارند و همچنین در مدیریت فازی با استفاده از پارامترهای بی‌تفاوتی و ترجیحی عملکرد بهتری دارند. در مقایسه با سایر رویکردها، مزیت برجسته این دسته روش‌ها در فرآیند محاسباتی و تکنیک مقایسه بدون پیچیدگی آن

¹ Interval Integrated Cloud Model

² Cloud Model

³ Outranking Methods



است. در بین روش‌های مبتنی بر ترجیحات، روش پرومته^۱ از مستدل‌ترین و پرکاربردترین روش‌ها محسوب می‌شود [۷]. برخی از مزایای قابل ذکر این روش عبارتند از: روش رتبه‌بندی مبتنی بر نرم‌افزار کاربرپسند، اثربخشی آن در پرداختن به مسائل برنامه‌ریزی عملی و دقت آن بر اساس کامل بودن رتبه‌بندی. ضمن آنکه مدل پرومته به تصمیم‌گیرندگان اجازه می‌دهد تا از روش‌های وزن دهی مختلف و قالب‌های ترجیحات متغیر به عنوان دو عامل اصلی برای پیشنهاد رویکرد یکپارچه استفاده کنند. این روش همچنین قابلیت ارائه گراف تصمیم‌گیری برای هر یک از گزینه‌های مطالعه می‌باشد که دید بهتری برای انتخاب نهایی به مدیران ارائه می‌دهد [۸]. کاربرد اصلی این تحقیق، حل چالش انتخاب تأمین‌کنندگان سبز در یکی از پالایشگاه‌های بزرگ تولید فرآورده‌های نفتی واقع در شهر تهران است. روش تحقیق این مطالعه از لحاظ هدف، کاربردی، از منظر گردآوری داده‌ها، توصیفی و از جهت بررسی و توصیف پدیده‌ها، آمیخته از ورودی‌های کمی و کیفی می‌باشد. از آنجا که این صنعت در کشور توسط تعداد معدودی شرکت بزرگ مدیریت می‌شود که دارای پالایشگاه‌های نفتی مجهز می‌باشند، فشارهای محیط زیستی از سویی و بازار رقابتی از سویی دیگر، مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان سبز را به یکی از دغدغه‌های اصلی این چند شرکت مبدل کرده است. در این پژوهش نیز پس از مطرح شدن این مسائل توسط مدیران شرکت مورد مطالعه، ضرورت انجام یک مطالعه کاربردی جهت ارزیابی فرایندهای خرید سبز شرکت عنوان گردید.

۲- ادبیات پژوهش

در مطالعات حوزه تصمیم‌گیری پژوهشگران عمدتاً روی دو مسئله انتخاب روش تصمیم‌گیری مناسب و انتخاب معیارهای تصمیم‌گیری متمرکز می‌شوند. در ادبیات این تحقیق نیز این دو مسئله به صورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفته‌اند:

۲-۱- ادبیات معیارهای تصمیم‌گیری

در انتخاب معیارهای تصمیم‌گیری، ویژگی‌های مسئله مورد مطالعه اهمیت بسیاری دارد. در میان مطالعات پیشین، محققین معدودی به انتخاب معیارهای تصمیم‌گیری در صنایع نفتی، بخصوص صنایع روغن‌سازی توجه داشته‌اند. در این مطالعه، با در نظر گرفتن ادبیات موضوع معیارهای اولیه انتخاب تأمین‌کنندگان سبز در صنایع نفتی استخراج شده و در جدول شماره

^۱ PROMETHEE



۱ نمایش داده شدند. در این میان بسیاری از معیارها با عناوین مختلف اما مفاهیم مشابه در عمده مقالات مشاهده شده است که سعی شده این موارد با هم ترکیب گردند. بطور مثال، انواع معیارهای مرتبط با گاز کربن در قالب یک معیار "کنترل انتشار گاز کربن" خلاصه شده‌اند...

جدول ۱: معیارهای اولیه انتخاب تأمین‌کنندگان سبز در صنایع نفتی

معیار	نماد	منابع مورد استفاده	معیار	نماد	منابع مورد استفاده
قیمت	C۱	[۱۲]، [۱۱]، [۱۰]، [۹]، [۴]	طراحی سبز	C۱۶	[۲۱]، [۱۸]، [۱۶]
تخفیف‌ها	C۲	[۱۲]	تولید سبز	C۱۷	[۲۱]، [۱۶]، [۱۱]، [۱]
کیفیت	C۳	[۱۱]، [۱۰]، [۹]، [۴]، [۱]	گواهی‌های کیفی و محیط زیستی	C۱۸	[۲۲]، [۱۶]، [۱۳]، [۱۲]، [۴]
هزینه‌های ارسال	C۴	[۳۱]، [۱۲]	ارزش عملکردی محصول	C۱۹	[۱۷]، [۱۲]، [۴]
خرید سبز	C۵	[۱۶]، [۴]	تأمین به موقع کالا	C۱۰	[۱۲]، [۱۱]، [۱۰]، [۹]، [۴]
تکنولوژی	C۶	[۲۳]، [۱۵]، [۱۲]، [۱۰]، [۸]	مواد اولیه سبز	C۲۱	[۲۲]، [۲۱]، [۱۹]
حمل و نقل	C۷	[۱۴]، [۱۲]، [۹]، [۴]، [۱]	انبارداری	C۲۲	[۱۲]، [۹]
نوآوری‌های محیط زیستی	C۸	[۲۳]، [۱۹]، [۱]	بسته‌بندی سبز	C۲۳	[۱۸]، [۱۲]
مدیریت ریسک	C۹	[۹]، [۱]	عملکرد سبز	C۲۴	[۲۰]، [۱۹]
مصرف انرژی	C۱۰	[۲۰]، [۱۸]، [۱۳]	اعتبار و شهرت	C۲۵	[۳۱]، [۲۳]، [۱]
سیستم مدیریت محیط زیست	C۱۱	[۲۰]، [۱۳]، [۱]	برنامه‌ریزی تولید	C۲۶	[۹]، [۴]
طرح‌های توسعه	C۱۲	[۱۶]، [۱۲]	کنترل انتشار گاز کربن	C۲۷	[۲۰]، [۱۹]، [۱۸]، [۱۶]
بهره‌گیری از منابع	C۱۳	[۲۱]، [۱۹]، [۱۷]	مدیریت پسماند	C۲۸	[۱۹]
اشتراک‌گذاری و امنیت داده‌ها	C۱۴	[۲۳]، [۱]	قوانین و مقررات	C۲۹	[۱۲]، [۹]
سطح پاسخگویی	C۱۵	[۳۱]، [۲۳]، [۱۲]، [۴]	آموزش‌های محیط زیستی	C۳۰	[۲۲]، [۲۰]



۲-۲ ادبیات روش تصمیم‌گیری

در میان مطالعات مرتبط با حوزه انتخاب تأمین‌کنندگان روش‌های تصمیم‌گیری متعددی مورد استفاده محققین قرار گرفته است. انتخاب تأمین‌کنندگان در اصل موضوع تصمیم‌گیری چندمعیاره است. رویکردهای مختلفی برای پرداختن به انتخاب تأمین‌کننده با داده‌های متمایز پیشنهاد و اجرا شده‌اند.

هو و همکاران (۲۰۱۰) مطالعه مروری بر روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه انتخاب تأمین‌کننده صورت دادند که نشان داد روش‌های تصمیم‌گیری چندوجهی بهتر از مدل‌های صرفاً مبتنی بر هزینه عمل می‌کنند [۲۴]. چندی بعد، ژنگ و همکاران (۲۰۲۰) در یک بررسی سیستماتیک بر ادبیات انتخاب تأمین‌کنندگان سبز با استفاده از روش پریزما^۱ طبقه‌بندی کلیه مدل‌ها را با در نظر گرفتن روش حل آن به‌صورت روش‌های مبتنی بر فاصله، روش‌های مصالحه، روش‌های مبتنی بر ترجیحات، روش‌های مقایسه زوجی، روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی، روش‌های مبتنی بر عملگر تجمیع، روش‌های ارزش و سود، روش‌های ترکیبی، ترکیب انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سفارش و سایر روش‌های انتخاب تأمین‌کنندگان سبز انجام دادند [۲۵]. به دلیل حجم متعدد مطالعات صورت گرفته در این حوزه و پراکندگی روش‌های حل، در این تحقیق با توجه به نیازمندی‌های شرکت مورد مطالعه، روش‌های مبتنی بر ترجیحات و روش‌های برطرف‌کننده مسئله عدم قطعیت از میان دسته‌بندی مذکور مورد توجه قرار گرفته‌اند.

در بین کلیه مقالات مشابه، بیشتر محققین به ترکیب روش‌های مبتنی بر فاصله و سلسله‌مراتبی جهت انتخاب تأمین‌کنندگان سبز پرداخته‌اند. بطور مثال در بین مطالعات داخلی، عباس زاده و همکاران جهت انتخاب تأمین‌کنندگان سبز در صنعت فولاد ابتدا با روش تاپسیس^۲ به وزن‌دهی و رتبه‌بندی معیارها پرداخته و سپس از روش دیماتل^۳ جهت مشخص کردن ارتباط میان معیارها بهره‌بردند [۲۶]. یا در مطالعه‌ای دیگر، حاجی یخچالی و همکاران با ترکیب روش‌های تحلیل سلسله‌مراتبی و تاپسیس فازی به انتخاب تأمین‌کنندگان سبز پروژه‌های صنعت نفت و گاز پرداختند و شاخص نوآوری سبز را به‌عنوان اثرگذارترین معیار معرفی نمودند [۲۷].

¹ PRISMA Method

² TOPSIS

³ DEMATEL



مطالعات مشابه دیگری نیز در داخل و خارج وجود داشت که از اشاره به آن‌ها صرف نظر شده است. در میان مقالاتی که از روش‌های مبتنی بر ترجیحات استفاده نمودند؛ گویندان و همکاران، در ابتدا رویه سیموس^۱ اصلاح شده را برای استخراج وزن معیارها اعمال کرده و در مرحله بعد، از روش پرومته برای رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان بهره بردند و کارایی این روش را در صنایع غذایی هند ثابت نمودند [۲۸]. در ادامه این سیر تحقیقاتی، عبدالله و همکاران مطالعه‌ای با هدف انتخاب تابع رجحان مناسب در استفاده از روش پرومته برای حل مسائل انتخاب تأمین‌کننده سبز پس از تست انواع مختلف توابع ارجحیت روش پرومته ۱ و ۲ مشاهده نمودند که یکی از تأمین‌کنندگان با وجود در نظر گرفتن انواع مختلف توابع ارجحیت، همواره به‌عنوان بهترین گزینه انتخاب شده است [۵]. در بین مطالعات مرتبط، کریشانکومار و همکاران یک روش رتبه‌بندی جدید به نام روش پرومته مبتنی بر مجموعه فازی شهودی^۲ پیشنهاد دادند که یک چارچوب تصمیم‌گیری دو لایه جدید با اولویت‌های زبانی برای تصمیم‌گیری علمی ارائه می‌دهند [۲۹]. در رویکرد جدیدی لیو و همکاران به منظور انتخاب شرکت تأمین‌کننده خدمات لجستیک معکوس از روش الکترا و متغیرهای زبانی Z بهره برده‌اند [۳۰]. اگرال و همکاران نیز با استفاده از اعداد فازی مثلثی و مفاهیم زبانی، یک روش پرومته فازی جدید برای انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار ارائه نمودند [۳۱]. آلتوباشی و دسای در مطالعه‌ای، با استفاده از روش سنتی تجزیه و تحلیل اثر خطا (FMEA) و در نظر گرفتن ۹ معیار تصمیم‌گیری، تأمین‌کننده با کمترین ریسک را انتخاب نموده و از روش ترکیبی پرومته و بهترین-بدترین گروهی جهت وزن‌دهی و رتبه‌بندی ترجیحی استفاده نمودند [۳۲].

در این بین، ونگ و همکاران با ترکیب مدل ابری ساده و روش کوالیفلیکس^۳ که انعطاف‌پذیری بالایی برای متغیرهای کمی در مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره دارد به انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار پرداختند و نتایج را با سایر روش‌های فازی مقایسه نمودند. در نهایت با توجه به کارایی بالای این روش در برخورد با مسائل با سطح بالای عدم قطعیت، استفاده از این روش منجر به دستیابی به نتایج اقتصادی و سازگار با محیط زیست شده است [۱۵]. در مقاله‌ای دیگر، لی و همکاران ترکیبی از مدل ابری و تاپسیس جهت انتخاب تأمین‌کننده پایدار ارائه داده

¹ Simos

² IFSP: Intuitionistic fuzzy set Promethee method

³ QUALIFLEX



و پس از مقایسه روش ترکیبی با روش‌های قبلی، ثابت کردند که در مدل‌های ترکیبی به نتایج پایدارتری دست یافته‌اند [۱۱]. همچنین، لو و همکاران جهت انتخاب تأمین‌کنندگان سبز ابتدا به محاسبه وزن معیارها با روش فازی سلسله مراتبی پرداخته، سپس از مدل ابری برای مدیریت میزان ابهام و تصادفی بودن اطلاعات ارزیابی شده بهره بردند. در انتها با تحلیل حساسیت نتایج مطالعه موردی خود در صنعت بیومس کشور چین کارایی روش خود را اثبات نمودند [۳۳]. همچنین راماکریشان و چاکابورتی از تاپسیس جهت محاسبه فاصله میان مقادیر ماتریس تصمیم‌گیری و مقادیر ایده‌آل و غیرایده‌آل استفاده نمودند و مدل ابری را جهت بهره‌گیری از متغیرهای کیفی و تصمیم‌گیری گروهی بر اساس میزان تصادفی و فازی بودن به کار بردند [۱۲]. گائو و همکاران نیز از مدل ابری فاصله‌ای ترکیبی برای ارزیابی و تبدیل مقادیر کیفی ناهمگون به مقادیر عددی و از روش دیماتل جهت انتخاب تأمین‌کننده استفاده نمودند. آنها در مطالعه موردی نیز ثابت کردند که استفاده از این مدل می‌تواند مسائلی را که شامل قضاوت‌های ناهمگون می‌باشند، به‌طور موثرتر حل کرده و نتایج مطلوبی را حاصل نماید [۱۷]. در انتهای این بخش به منظور بررسی بهتر خلل تحقیقاتی، خلاصه‌ای از آن دسته مطالعات که از روش‌های مبتنی بر ترجیحات یا عدم قطعیت استفاده نموده‌اند در جدول ۲ ارائه شده‌است:

جدول ۲: ادبیات روش‌های انتخاب تأمین‌کنندگان با تمرکز بر روش‌های مبتنی بر ترجیحات و عدم قطعیت

روش عدم قطعیت		روش تصمیم‌گیری چند شاخصه		موضوع		مقاله	
سایر روش‌ها	مدل ابری	سایر روش‌های تصمیم‌گیری	روش تصمیم‌گیری مبتنی بر ترجیحات	انتخاب تأمین‌کننده سبز	انتخاب تأمین‌کننده	سال	محقق
		✓(TOPSIS, DEMATEL)		✓		۲۰۱۷	عباس زاده و همکاران [۲۶]
	✓		✓(QUALIFLEX)	✓		۲۰۱۷	ونگ و همکاران [۱۵]
		✓(FAHP, TOPSIS)		✓		۲۰۱۷	حاجی یخچالی و همکاران [۲۷]
		✓(Simos)	✓(PROMETHEE)	✓		۲۰۱۷	گوویندان و همکاران [۲۸]
✓(IFS)			✓(PROMETHEE)		✓	۲۰۱۷	کریشانکار و همکاران [۲۹]
		✓(FAHP, VIKOR)		✓		۲۰۱۸	همایون فر و همکاران [۳۴]
	✓	✓(FAHP)		✓		۲۰۱۹	لو و همکاران [۳۳]



روش عدم قطعیت		روش تصمیم‌گیری چند شاخصه		موضوع		مقاله	
سایر روش‌ها	مدل ابری	سایر روش‌های تصمیم‌گیری	روش تصمیم‌گیری مبتنی بر ترجیحات	انتخاب تأمین‌کننده سبز	انتخاب تأمین‌کننده	سال	محقق
✓ (IFS)		✓ (VIKOR)	✓ (ELECTRE)	✓		۲۰۱۹	کالی و بالامن [۳۵]
			✓ (PROMETHEE)	✓		۲۰۱۹	عبدالله و همکاران [۱۰]
	✓	✓ (TOPSIS)		✓		۲۰۱۹	لی و همکاران [۱۱]
		✓ (Q ROF-GBWM)	✓ (PROMETHEE)	✓		۲۰۲۰	لیو و همکاران [۳۶]
		✓ (FAHP)	✓ (PROMETHEE)	✓		۲۰۲۰	روی و همکاران [۹]
	✓	✓ (TOPSIS)		✓		۲۰۲۱	راماکرشان و چاکابورتی [۱۲]
	✓	✓ (DEMATEL)		✓		۲۰۲۱	گانو و همکاران [۱۷]
✓ (LZN)			✓ (ELECTRE)		✓	۲۰۲۲	لیو و همکاران [۳۰]
✓ (TFN)			✓ (Fuzzy PROMETHEE)	✓		۲۰۲۳	اگروال و همکاران [۳۱]
		✓ (FMEA, AHP)	✓ (PROMETHEE)		✓	۲۰۲۳	آلتوباشی و دسای [۳۲]
	✓		✓ (PROMETHEE)	✓		۲۰۲۴	تحقیق حاضر

همان‌طور که در جدول فوق قابل مشاهده است، در میان مطالعات مشابه عمدتاً از روش‌های سلسله مراتبی یا روش‌های مبتنی بر فاصله در بخش تصمیم‌گیری استفاده شده است که بمنظور خلاصه کردن مطالب بسیاری از روش‌های مشابه حذف شده‌اند. از بین همه مطالعات بررسی شده، تنها چند مورد به ترکیب روش‌های مبتنی بر ترجیحات و عدم قطعیت توجه نموده‌اند که در آنها هم در بخش عدم قطعیت یا از روش‌های فازی یا از روش ابری ساده استفاده شده است. این در حالی است که روش تصمیم‌گیری گروهی ابری مبتنی بر متغیرهای زبانی نامعین که قابلیت وزندهی به هریک از تصمیم‌گیرندگان را دارد، مزیت‌های متعددی نسبت به روش‌های پیشین دارد [۶]. با توجه به جدول ۲ و با در نظر گرفتن خلل تحقیقاتی در خصوص استفاده از روش تصمیم‌گیری مبتنی بر ترجیحات و عدم قطعیت به ویژه در صنایع نفتی، در این مطالعه برای اولین بار به ترکیب روش پرمته و مدل ابری با متغیرهای زبانی نامعین بوسیله یک پل ارتباطی ابداعی پرداخته شده است. در ادامه فصل به ارائه توضیحاتی در



خصوص هر یک از این دو روش پرداخته شده است:

۲-۲-۱- مدل پرومته

روش پرومته اولین بار در سال ۱۹۸۶ توسط گروهی از دانشمندان ابداع گردید که یکی از پر استفاده ترین روش های تصمیم گیری چندگانه تا به امروز بوده است. این روش ابتدا با ۳ نوع اصلی با رویکردهای متفاوت در رتبه بندی نهایی ارائه گردید که بعدها تعداد انواع این روش به ۶ عدد افزایش یافت که ابعاد این مدل را به انتخاب گزینه های نامحدود، گزینه ها همراه با محدودیت و الگوبرداری از مغز انسان نیز ارتقا داد [۳۷]. ابداع گران این روش به دنبال ارائه یک راه حل ساده برای بهبود ارزیابی های تصمیم گیری بوده اند که این روش کارآمد، نتیجه تحقیقات ایشان بوده است. این روش به دلیل آنکه به تغییر و نرمال سازی ماتریس تصمیم گیری نیاز ندارد و همچنین به دلیل سادگی آن، نسبت به بسیاری از روش ها برتری دارد. در ضمن امکان استفاده از نرم افزار پرومته بصری همراه با امکانات صفحه گایا^۱ و دیگر امکانات برای تحلیل حساسیت، از مزیت های این روش نسبت به سایر روش های تصمیم گیری محسوب می شود. روش پرومته در زمینه های مختلف همانند بانکداری، مناطق صنعتی، برنامه ریزی نیروی کاری، منابع آب، شیمی، مراقبت های پزشکی، تحقیق در عملیات، مدیریت پویا و مدیریت زنجیره تأمین به کار گرفته شده است و به دلیل سهولت استفاده جزء روش های پر استقبال بشمار می رود.

۲-۲-۲- مدل ابری

نظریه مدل ابری روش عدم قطعیتی مبتنی بر ترکیب نظریه مجموعه های فازی و نظریه احتمال است که می تواند عدم قطعیت (به عنوان مثال، فازی بودن و تصادفی بودن) مفاهیم موجود در ذهن انسان را منعکس کند. این مدل همچنین می تواند برای نشان دادن نتایج شناختی متفاوت در میان افراد مختلف برای یک مفهوم یکسان استفاده شود. این تفاوت ها ناشی از عدم قطعیت فرآیند شناختی و تجربه های متفاوت افراد مختلف از شناخت یک موضوع یکسان است. در مدل ابری، استفاده کردن از متغیرهای زبانی نامعین که بصورت بازه ای میان دو مفهوم کیفی شناخته می شوند، این امکان را برای تصمیم گیرندگان فراهم می کند تا تصمیماتی نزدیک تر

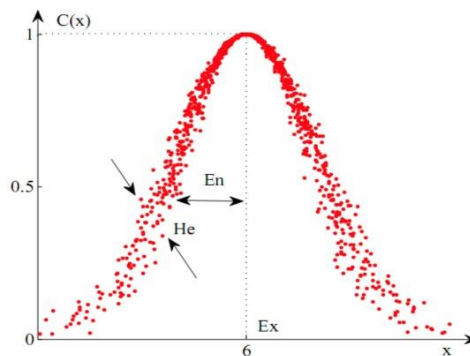
^۱ Promethee Visual

^۲ GAIA Layers



به آنچه در ذهنشان می‌گذرد ارائه دهند. این روش، از طریق اجازه دادن به یک اختلال تصادفی درجه عضویت که یک مقدار مرکزی تعیین شده را احاطه می‌کند، دقیق بودن درجه عضویت در مجموعه فازی را اداره می‌کند. مدل تصمیم‌گیری ابری بر مبنای متغیرهای زبانی نامعین، یک مدل شناختی نوین بر مبنای عدم قطعیت است که بر اساس مفاهیم احتمالات و نظریه مجموعه‌های فازی توسط ونگ و همکاران توسعه یافته است [۶].

مولفه‌های اصلی هر متغیر زبانی در انواع مدل‌های ابری شامل مقدار میانی (Ex)، آنتروپی (En) و هایپر آنتروپی (He) می‌باشند. شاخص Ex بیانگر مرکز حجم ابری نرمال، En بیانگر میزان پوشش هر مفهوم یا مقدار تصادفی بودن و ابهام آن و He میزان پراکندگی هر دانه ابری را نشان می‌دهد. شاخصه‌های فوق در توزیع یک ابر نرمال در شکل ۱ نمایش داده شده است:



شکل ۱: شاخصه‌های یک ابر ساده

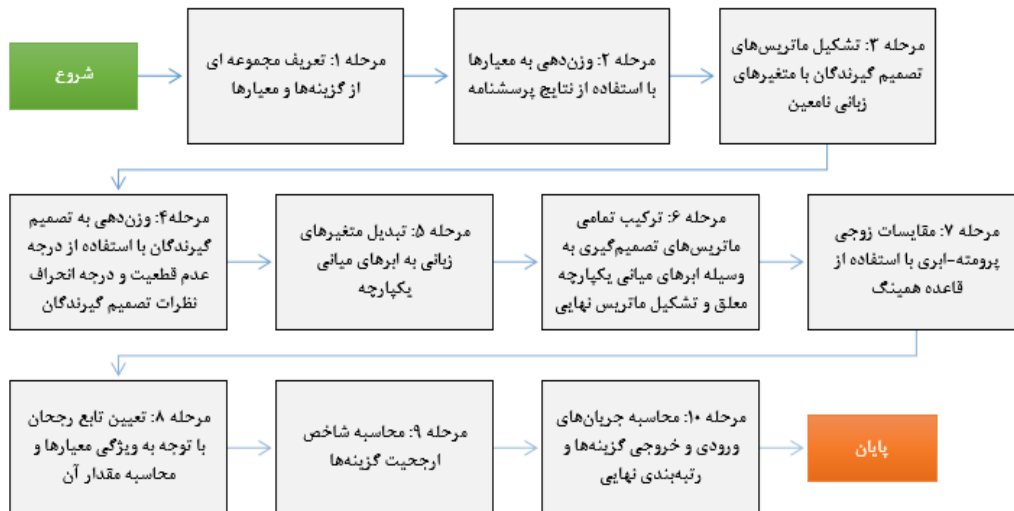
۳- مدل پیشنهادی

مدل ترکیبی نوین پرومته-ابری که در این تحقیق برای اولین بار ارائه می‌گردد، در ۱۰ مرحله تعریف شده و به سهولت با نرم‌افزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری قابل اجرا می‌باشد. مدل در ابتدا با در نظر گرفتن داده‌های ورودی بر اساس متغیرهای زبانی نامعین به دو نوع وزن‌دهی درجه انحراف و عدم قطعیت برای هریک از تصمیم‌گیرندگان می‌پردازد. این دو شاخصه که در بیان مفهوم عدم قطعیت مکمل یکدیگر هستند، موجب دستیابی به نتایج دقیق‌تری در تصمیم‌گیری‌های گروهی می‌گردند. از طرفی استفاده از متغیرهای زبانی نامعین مبتنی بر بازه‌ی مشخص زبانی، احتمال خطا در توصیف دقیق یک مفهوم کیفی را تا حد زیادی کاهش می‌دهد. علاوه بر این، در مراحل بعدی با ایجاد یک پل ارتباطی ابداعی میان مدل ابری و روش



تصمیم‌گیری پرکاربرد و سنتی پرومته، امکان رتبه بندی و ایجاد گراف ترجیحات نهایی میان تأمین‌کنندگان پس از وزندهی به معیارهای تصمیم‌گیری فراهم می‌گردد. این پل ارتباطی که برای نخستین بار ترکیب روش ابری با یک روش تصمیم‌گیری مبتنی بر ترجیحات را ممکن می‌سازد، منجر به ترکیب مزیت‌های دو روش می‌گردد. از جمله ویژگی‌هایی که روش پرومته-ابری را نسبت به سایر روش‌های تصمیم‌گیری متمایز می‌کند می‌توان به رفع مشکل عدم قطعیت، امکان ترسیم گراف نهایی ترجیحات، در نظر گرفتن توابع ارجحیت برای هر معیار، استفاده از انواع روش‌های وزندهی، عدم نیاز به نرمال‌سازی و امکان مقایسه و تجزیه تحلیل زوجی گزینه‌ها اشاره نمود. در میان تمامی مطالعات انتخاب تأمین‌کنندگان، این دو مشخصه در کنار یکدیگر فقط در روش پرومته-ابری قابل جمع می‌باشند. در ادامه این بخش، مدل ابداعی پرومته-ابری جهت انتخاب تأمین‌کنندگان سبز ارائه می‌گردد. نمایی کلی از مراحل مدل پیشنهادی در شکل ۲ نمایش داده شده است:

شکل ۲: نمای کلی مراحل روش پرومته-ابری





مرحله ۱: تعریف مجموعه‌ای از گزینه‌ها و معیارها

در مرحله اول پس از انجام گرفتن تحقیقات مربوطه و با توجه به نظرات کارشناسان، مجموعه از معیارهای با اهمیت و تأمین‌کنندگان تشکیل می‌گردد. $A_m(C_n)$ بیانگر عملکرد تأمین‌کننده A_m در خصوص معیار C_n است.

$$M = \begin{bmatrix} A_1(C_1) & \cdots & A_1(C_n) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ A_m(C_1) & \cdots & A_m(C_n) \end{bmatrix} \quad (۱)$$

مرحله ۲: وزن‌دهی به معیارها

با توجه به نتایج بدست آمده از پرسشنامه اولیه، وزن‌های هریک از معیارها به صورت درصدی از میزان آراء کسب شده توسط هر معیار نسبت به کل آراء بدست می‌آید. این وزن‌ها با توجه به ساختار مدل ترکیبی که بر پایه روش پرمته بنا شده است، نیاز به نرمال‌سازی ندارند. مجموعه وزن معیارها به حالت زیر نمایش داده می‌شوند:

$$w^* = (w_1^*, w_2^*, \dots, w_n^*) \quad (۲)$$

مرحله ۳: تشکیل ماتریس‌های تصمیم‌گیرندگان با متغیرهای زبانی

با در نظر گرفتن تعداد معیارها و گزینه‌های مسئله، ماتریس تصمیم‌گیری برای هر یک از تصمیم‌گیرندگان تشکیل می‌گردد. بدین ترتیب a_{ij}^k نمایانگر نحوه عملکرد گزینه A_i در خصوص معیار C_j با توجه به نظر تصمیم‌گیرنده a_k است. لذا با در نظر گرفتن $(i = 1, \dots, m)$ ، $(j = 1, \dots, n)$ و $(k = 1, 2, \dots, \eta)$ ماتریس تصمیم‌گیری اولیه به صورت زیر تشکیل می‌گردد:

$$M'_1 = \begin{bmatrix} a_{11}^1 & \cdots & a_{1n}^1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1}^1 & \cdots & a_{mn}^1 \end{bmatrix}, M'_2 = \begin{bmatrix} a_{11}^2 & \cdots & a_{1n}^2 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1}^2 & \cdots & a_{mn}^2 \end{bmatrix}, \dots, M'_\eta = \begin{bmatrix} a_{11}^\eta & \cdots & a_{1n}^\eta \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1}^\eta & \cdots & a_{mn}^\eta \end{bmatrix}; \quad (۳)$$

پس از دریافت نتایج پرسشنامه به وسیله متغیرهای زبانی نامعین $(a_{ij}^k = [a_{ij}^k, \bar{a}_{ij}^k])$ که در ادامه تعریف می‌شوند، ماتریس‌های اولیه تصمیم‌گیرندگان تکمیل می‌گردند.

تعریف ۱) متغیر زبانی نامعین^۱: در صورتی که مجموعه S را در نظر داشته باشیم $S = \{s_\alpha \mid \alpha = -t, \dots, t, t \in N\}$ و مقادیر این مجموعه را متناهی و مرتب در نظر بگیریم و همچنین N را به عنوان مجموعه اعداد حسابی مثبت در نظر داشته باشیم، s_α نمایانگر یک متغیر

^۱ Uncertain Linguistic Variable



زبانی است. به طور مثال یک مجموعه پنج تایی از متغیرهای زبانی مجموعه به صورت زیر قابل مشاهده است:

$S = \{S_{-2} = \text{خیلی ضعیف}, S_{-1} = \text{ضعیف}, S_0 = \text{متوسط}, S_1 = \text{خوب}, S_2 = \text{خیلی خوب}\}$
 حال اگر $\tilde{S} = [S_\alpha, S_\beta]$ به گونه ای که S_α حد پایین و S_β حد بالای متغیر و $\alpha \leq \beta$ باشد، متغیر \tilde{S} به عنوان یک متغیر زبانی نامعین تعریف می‌گردد. به طور مثال در یک مجموعه پنج تایی عملکرد متوسط مایل به ضعیف بصورت $\tilde{S} = [S_{-1}, S_0]$ یا عملکرد نسبتاً خوب تا عالی به صورت $\tilde{S} = [S_1, S_2]$ نمایش داده می‌شود.

مرحله ۴: وزن‌دهی به تصمیم گیرندگان

وزن‌دهی نهایی به تصمیم‌گیرندگان با در نظر گرفتن دو مولفه درجه عدم قطعیت^۱ و درجه انحراف^۲ بدست می‌آید. هرچه میزان درجه انحراف و عدم قطعیت تصمیم‌گیرندگان در نظرات خود پایین‌تر باشد، دقت بالاتری داشته و در نتیجه وزن بیشتری به آن‌ها اختصاص داده می‌شود.

درجه عدم قطعیت تصمیم‌گیرنده d_k نسبت به گزینه a_i به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$\psi(M_k^i) = \sum_{j=1}^n \frac{\text{len}(a_{ij}^k)}{2t+1} \quad (4)$$

درجه عدم قطعیت تصمیم‌گیرنده d_k نسبت به همه گزینه‌ها به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$\psi(M_k^i) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \frac{\text{len}(a_{ij}^k)}{2t+1} \quad (5)$$

در نتیجه، وزن عدم قطعیت تصمیم‌گیرنده d_k به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$\lambda_k^1 = \left(\frac{1}{\psi(M_k^i)} \right) / \sum_{t=1}^l \left(\frac{1}{\psi(M_k^i)} \right) \quad (6)$$

درجه انحراف تصمیم‌گیرنده d_k نسبت به سایر تصمیم‌گیرندگان بصورت زیر تعریف می‌گردد:

$$f_k = \sum_{t \neq k} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n DS(a_{ij}^k, a_{ij}^t) \quad (7)$$

¹ Uncertainty Degree

² Deviation Degree



که در این عبارت $DS(a_{ij}^k, a_{ij}^t) = \sqrt{(a_{ij}^k - a_{ij}^t)^2 + (\bar{a}_{ij}^k - \bar{a}_{ij}^t)^2}$ به عنوان میزان انحراف میان دو متغیر زبانی تعریف می‌شود.

در ادامه، وزن میزان انحراف تصمیم گیرنده d_k به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$\lambda_k^2 = \frac{1}{f_k} / \sum_{t=1}^l \left(\frac{1}{f_k} \right) \quad (8)$$

در نهایت، وزن نهایی تصمیم گیرنده d_k به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$\lambda_k = \alpha \lambda_k^1 + \beta \lambda_k^2 \quad (9)$$

که در این رابطه مقادیر α و β با در نظر گرفتن $0 \leq \alpha, \beta \leq 1$ و $\alpha + \beta = 1$ و با توجه به نظرات متخصصین در خصوص ارزش هر یک از وزن‌ها تعیین می‌گردد.

در انتها مجموعه وزن نهایی تصمیم‌گیرندگان بصورت $\{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n\}$ نمایش داده می‌شود.

مرحله ۵: تبدیل متغیرهای زبانی به ابرهای میانی یکپارچه

پس از اینکه تمامی درایه‌های ماتریس تصمیم‌گیرندگان با متغیرهای زبانی نامعین تکمیل گردید، با استفاده از مدل ابری و با در نظر گرفتن تعریف ۲ و ۳ که در ادامه ارائه می‌گردد، هر یک از متغیرهای زبانی نامعلوم به ابرهای یکپارچه میانی تبدیل می‌گردد. لذا مجموعه‌ای از ماتریس‌های تصمیم‌گیری ثانویه با ابرهای میانی یکپارچه $([Ex, \bar{Ex}], En, He)$ به \tilde{y}_{ij}^k به صورت زیر بدست می‌آید:

$$M_1'' = \begin{bmatrix} \tilde{y}_{11}^1 & \dots & \tilde{y}_{1n}^1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{y}_{m1}^1 & \dots & \tilde{y}_{mn}^1 \end{bmatrix}, M_2'' = \begin{bmatrix} \tilde{y}_{11}^2 & \dots & \tilde{y}_{1n}^2 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{y}_{m1}^2 & \dots & \tilde{y}_{mn}^2 \end{bmatrix}, \dots, M_k'' = \begin{bmatrix} \tilde{y}_{11}^k & \dots & \tilde{y}_{1n}^k \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{y}_{m1}^k & \dots & \tilde{y}_{mn}^k \end{bmatrix}; \quad (10)$$

تعریف ۲) تبدیل متغیر زبانی نامعین به شکل ابری: همانطور که اشاره شد، یک ابر ساده با سه مؤلفه اصلی به صورت (Ex, En, He) نمایش داده می‌شود. با در نظر گرفتن x_i ($i = 1, 2, \dots, N$) به عنوان جایگاه کمی n دانه ابری و درجه قطعیت هر دانه ابری y_i ($i = 1, 2, \dots, N$) که نمایانگر یک مفهوم زبانی است؛ مؤلفه‌های عددی یک ابر به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

$$E_x \text{ (میانگین مجموعه } (x_i \text{ (} i = 1, 2, \dots, N \text{)) :}$$



$$E_x = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (11)$$

En_i (میزان ابهام مفهوم کیفی برای هر جفت (x_i, y_i)):

$$En_i = \sqrt{-\frac{(x_i - E_x)}{2 \ln y_i}} \quad (12)$$

En (میانگین مقادیر ابهام کیفی En_i):

$$En = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N En_i \quad (13)$$

He (انحراف استاندارد):

$$He = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (En_i - En)^2} \quad (14)$$

نکته: با فرض n به عنوان تعداد مقیاس‌های ارزیابی زبانی که تصمیم‌گیرندگان می‌توانند بر اساس موقعیت واقعی انتخاب شود و $X = [X_{min}, X_{max}]$ به عنوان دامنه قابل اجرا که توسط افراد متخصص تعریف می‌گردد؛ تعداد n ابر می‌توانند نمایانگر ارزش‌های زبانی باشند. در صورتی که n عددی فرد باشد و $Y_0(Ex_0, En_0, He_0)$ را به عنوان یک ابر میانی در این مجموعه در نظر بگیریم، ابرهای مجاور به شکل زیر قابل محاسبه هستند:

$$Y_{-(n-1)/2}(Ex_{-(n-1)/2}, En_{-(n-1)/2}, He_{-(n-1)/2}) \quad (15)$$

$$Y_{+(n-1)/2}(Ex_{+(n-1)/2}, En_{+(n-1)/2}, He_{+(n-1)/2}) \quad (16)$$

مثال ۱) با در نظر گرفتن دامنه $X = [0, 100]$ ، میزان $He_0 = 0/1$ ، می‌توان مجموعه هگانه زبانی S را بصورت زیر ارائه نمود:

$$S = \{S_{-2} = \text{خیلی ضعیف}, S_{-1} = \text{ضعیف}, S_0 = \text{متوسط}, S_1 = \text{خوب}, S_2 = \text{خیلی خوب}\}$$

$$Y_{-2} = (0, 10/31, 0/26), Y_{-1} = (30/9, 6/37, 0/16), Y_0 = (50, 3/93, 0/1), Y_1 = (69/1, 6/37, 0/16), Y_2 = (100, 10/31, 0/26)$$

تعریف ۳) ابر میانی یکپارچه^۱: با در نظر گرفتن متغیر زبانی نامعین $[S_i, S_j]$ ، در صورتی که هر یک از متغیرهای زبانی S_i و S_j را به شکل ابری تبدیل نماییم، دو ابر $y_i = (Ex_i, En_i, He_i)$ و $y_j = (Ex_j, En_j, He_j)$ خواهیم داشت. در این صورت \tilde{y} به عنوان

¹ Interval Integrated Cloud



ابر میانی یکپارچه و به شکل $\tilde{y} = ([Ex, \overline{Ex}], En, He)$ شناخته می‌شود. نحوه محاسبه این مؤلفه‌ها به صورت زیر است:

$[Ex, \overline{Ex}]$ (محدوده قابل پیش بینی):

$$\underline{Ex} = \min\{Ex_i, Ex_j\}, \overline{Ex} = \max\{Ex_i, Ex_j\} \quad (17)$$

En (آنتروپی):

$$En = \sqrt{En_i^2 + En_j^2} \quad (18)$$

He (آنتروپی فوق العاده):

$$He = \sqrt{He_i^2 + He_j^2} \quad (19)$$

مثال ۲) با در نظر گرفتن دامنه $X = [0, 100]$ ، به منظور تبدیل متغیر زبانی میانی $[S_{-2}, S_{-1}]$ به ابر میانی یکپارچه خواهیم داشت:

$$y_{-2} = (0, 10/31, 0/26), y_{-1} = (30/9, 6/37, 0/16)$$

$$\underline{Ex} = \min\{0, 30/9\} = 0, \overline{Ex} = \max\{0, 30/9\} = 30/9$$

$$En = \sqrt{10/31^2 + 6/37^2} = 12/12, He = \sqrt{0/26^2 + 0/16^2} = 0/31$$

$$\tilde{y} = ([0, 30/9], 12/12, 0/31)$$

مرحله ۶: ترکیب تمامی ماتریس‌های تصمیم‌گیری به وسیله ابرهای میانی یکپارچه معلق پس از اینکه وزن هر یک از تصمیم گیرندگان مشخص گردید، با استفاده از مفهوم ابرهای میانی یکپارچه معلق - که در تعریف ۴ شرح می‌گردد - تمامی درایه‌های ماتریس‌های تصمیم‌گیری به یک درایه تبدیل می‌شوند. لذا در نهایت یک ماتریس تصمیم‌گیری نهایی با ابرهای میانی یکپارچه معلق $\gamma_{ij} = ([Ex, \overline{Ex}], En, He)$ بدست می‌آید:

$$M = \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \cdots & \gamma_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \gamma_{m1} & \cdots & \gamma_{mn} \end{bmatrix} \quad (20)$$

تعریف ۴) ابر میانی یکپارچه معلق^۱: در صورتی که داشته باشیم $i = (1, 2, \dots, n)$ و $\tilde{y}_i = ([Ex_i, \overline{Ex}_i], En_i, He_i)$ به عنوان n ابر یکپارچه میانی مجاور شناخته شده و همچنین مجموعه وزن‌ها به صورت $w_k (k = 1, 2, \dots, n)$ تعیین گردد، ابر میانی یکپارچه معلق به شکل $\gamma = ([Ex, \overline{Ex}], En, He)$ و با مؤلفه‌های عددی زیر شناخته می‌شود:

¹ Floating Interval Integrated Cloud



$$[Ex_j, \bar{Ex}_j] = w_1 [Ex_1, \bar{Ex}_1] + w_2 [Ex_2, \bar{Ex}_2] + \dots + w_n [Ex_n, \bar{Ex}_n] \quad (21)$$

$$Ex_1 = \frac{Ex_1 + \bar{Ex}_1}{2}, Ex_2 = \frac{Ex_2 + \bar{Ex}_2}{2}, \dots, Ex_n = \frac{Ex_n + \bar{Ex}_n}{2} \quad (22)$$

$$En = \frac{w_1 Ex_1 En_1 + w_2 Ex_2 En_2 + \dots + w_n Ex_n En_n}{w_1 Ex_1 + w_2 Ex_2 + \dots + w_n Ex_n} \quad (23)$$

$$He = \sqrt{He_1^2 + He_2^2 + \dots + He_n^2} \quad (24)$$

مثال ۳) با در نظر گرفتن دامنه $X = [0, 100]$ و $X = ([50, 69/1], 7/48, 0/19)$ و $\tilde{y}_2 =$ به عنوان سه ابر یکپارچه میانی و همچنین در نظر گرفتن مجموعه وزن $w = \{0/2, 0/5, 0/3\}$ برای محاسبه ابر معلق یکپارچه میانی خواهیم داشت:

$$[Ex_j, \bar{Ex}_j] = 0/2[50, 69/1] + 0/5[50, 100] + 0/3[69/1, 100] = [55/73, 93/82]$$

$$Ex_1 = \frac{50+69/1}{2} = 59/55, Ex_2 = \frac{50+100}{2} = 75, Ex_3 = \frac{69/1+100}{2} = 84/55$$

$$En = \frac{0/2*59/55*7/48 + 0/5*75*11/03 + 0/3*84/55*12/12}{0/2*59/55 + 0/5*75 + 0/3*84/55} = 10/82$$

$$He = \sqrt{0/19^2 + 0/28^2 + 0/31^2} = 0/46$$

$$\gamma = ([55/73, 93/82], 10/82, 0/46)$$

مرحله ۷: مقایسات زوجی پرومته-ابری

پس از اینکه ماتریس نهایی تصمیم‌گیری با ابرهای میانی یکپارچه معلق تکمیل گردید، با بهره بردن از قاعده فاصله همینگ و مکانیسم‌های روش پرومته، مقایسات زوجی میان گزینه‌ها صورت می‌گیرد. این بخش ابداعی از روش ترکیبی، یک پل ارتباطی میان روش پرومته و مدل ابری ایجاد می‌کند که قابلیت تبدیل تمامی متغیرهای کیفی زبانی را به متغیرهای کمی فراهم می‌کند. در واقع با استفاده از این مرحله، ضعف مدل ابری در بسیاری از تصمیم‌گیری‌های کمی با ضعف مدل پرومته در بسیاری از تصمیم‌گیری‌های کیفی از بین می‌رود. به عبارتی دیگر، از طریق این پل ارتباطی مفاهیم مدل ابری شامل برطرف کردن ابهام، عدم قطعیت و تصادفی بودن متغیرها در روش پرومته قابل اجرا می‌گردد.

$$d_j(A_i, A_{i'}) = \gamma_{ij} - \gamma_{i'j}; i, i' \in \{1, \dots, m\}, j = 1, \dots, n \quad (25)$$



تعریف ۵) قاعده فاصله همینگ^۱: در صورتی که دو ابر میانی یکپارچه $\tilde{y}_1 = ([Ex_1, \overline{Ex}_1], En_1, He_1)$ و $\tilde{y}_2 = ([Ex_2, \overline{Ex}_2], En_2, He_2)$ را در نظر بگیریم، برای محاسبه فاصله میان دو ابر از قاعده همینگ استفاده می‌شود که شیوه محاسبه آن در ادامه آمده است:

$$d(\tilde{y}_1, \tilde{y}_2) = \frac{1}{2} \left(\left| \left(1 - \frac{En_1 + He_1}{Ex_1}\right) Ex_1 - \left(1 - \frac{En_2 + He_2}{Ex_2}\right) Ex_2 \right| + \left| \left(1 - \frac{En_1 + He_1}{Ex_1}\right) \overline{Ex}_1 - \left(1 - \frac{En_2 + He_2}{Ex_2}\right) \overline{Ex}_2 \right| \right) \quad (26)$$

مثال ۴) فاصله میان دو ابر میانی یکپارچه $\tilde{y}_1 = ([0, 36.63], 11.67, 0.52)$ و $\tilde{y}_2 = ([40, 68.82], 9.79, 0.43)$ با استفاده از قاعده همینگ برابر است با:

$$d(\tilde{y}_1, \tilde{y}_2) = \frac{1}{2} \left(\left| \left(1 - \frac{11.67 + 0.52}{11.67}\right) 0 - \left(1 - \frac{9.79 + 0.43}{9.79}\right) 40 \right| + \left| \left(1 - \frac{11.67 + 0.52}{11.67}\right) 36.63 - \left(1 - \frac{9.79 + 0.43}{9.79}\right) 68.82 \right| \right) = 4.082$$

مرحله ۸: تعیین تابع رجحان و محاسبه مقدار آن

پس از اینکه تمامی مقادیر ماتریس تصمیم‌گیری از حالت ابری خارج شده و به حالت عددی مبدل گشتند، توابع رجحان به هریک از معیارها تخصیص داده شده و مقادیر آن محاسبه می‌گردد.

$$P_j(A_i, A_{i'}) = f_j[d_j(A_i, A_{i'})]; 0 \leq P_j(A_i, A_{i'}) \leq 1 \quad (27)$$

مرحله ۹: محاسبه شاخص ارجحیت گزینه‌ها

همانطور که در مراحل روش پرومته در فصل سوم اشاره شده، پس از تعیین توابع و مقادیر توابع رجحان، میزان شاخص ارجحیت معیارها نسبت به یکدیگر محاسبه می‌گردد.

$$\pi(A_i, A_{i'}) = \sum_{j=1}^n P_j(A_i, A_{i'}) \cdot w_j; i, i' \in \{1, \dots, m\} \quad (28)$$

مرحله ۱۰: رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها

¹ Hamming Distance



پس از محاسبه مقادیر شاخص ارجحیت، ابتدا جریان های ورودی و خروجی برای هر یک از گزینه ها محاسبه شده و با توجه به عبارت زیر جریان خالص هر یک از گزینه ها محاسبه می گردد. گزینه های با جریان خالص بالاتر، رتبه بالاتری در رتبه بندی نهایی خواهند داشت.

$$\varphi(A_i) = \varphi^+(A_i) - \varphi^-(A_i) \quad (29)$$

$$= \frac{1}{m-1} \left(\sum_{A_i \in A} \pi(A_i, A_{i'}) - \sum_{A_i \in A} \pi(A_{i'}, A_i) \right); \quad i, i' \in \{1, \dots, m\}$$

۴- مطالعه موردی

در این تحقیق جهت تست و ارزیابی مدل پیشنهادی، یک مطالعه با اعداد واقعی در یکی از پالایشگاه های بزرگ تولید کننده فرآورده های نفتی در شهر تهران صورت گرفته است که در ادامه تشریح می گردد.

پالایشگاهی واقع در محله باقرشهر تهران، تولید کننده انواع محصولات و فرآورده های نفتی است که از جمله آن می توان به انواع محصولات روغن فرایندی، روغن های پایه، روغن های صنعتی، روغن های موتوری و محصولات اسلاک و کس اشاره کرد. تیم تحقیقات و توسعه شرکت در طرح جدیدی نسبت به فروش محصولات پارافین اقداماتی صورت داده اند. پارافین از کاربردیترین مواد اولیه در دنیای صنعت محسوب می شود و بسته به نوع آن کاربردهای گوناگونی در صنایع غذایی، دارویی، شمع سازی، آرایشی و بهداشتی، ریخته گری، تولید چسب، تولید رنگ و رزین، چرم سازی، لاستیک سازی و غیره دارد. پارافین در واقع از اسلاک و کس تولید می شود که مخلوطی از موم پارافین و روغن است و از نفت خام به دست می آید. از این محصول برای تولید تمام رده های پارافین و کس بوسیله فرآیندهای روغن زدایی و سفید کردن یا بلیچینگ استفاده می شود. فرآیند روغن زدایی یا کاهش روغن اسلک و کس به روش های مختلف صورت می پذیرد و فرآیند بلیچینگ، نیز همان تغییر رنگ اسلک و کس از زرد یا قهوه ای به سفید می باشد. با این نوع پالایش، می توان پارافین و کس را از اسلک و کس تولید کرد. پالایشگاه مورد مطالعه تکنولوژی بلیچینگ را دارا نمی باشد، لذا قابلیت تولید پارافین از اسلاک و کس را ندارد. به همین علت از تأمین کنندگان این محصول دعوت به عمل آورده تا پروژه تولید محصول پارافین را برون سپاری کند. ۴ تأمین کننده اصلی با در نظر گرفتن مسائل محیط زیستی در ارزیابی شرکت مد نظر قرار گرفته اند. در ادامه به حل مسئله انتخاب و رتبه بندی تأمین کنندگان سبز محصول پارافین در این پالایشگاه نفتی پرداخته شده است:



۴-۱- حل مسئله

مرحله ۱: تعریف مجموعه‌ای از گزینه‌ها و معیارها

ابتدا با بهره‌گیری از ۳۰ معیار تصمیم‌گیری استخراج شده از ادبیات موضوع که در بخش دوم (جدول شماره ۱) مطرح شد، یک پرسشنامه میان متخصصین مرتبط با حوزه‌ی تصمیم‌گیری این مسئله تهیه و به اشتراک گذاشته شد که تعداد ۳۰ نفر پاسخ‌های خود را درخصوص انتخاب مهم‌ترین معیارهای انتخاب تأمین‌کنندگان سبز ارائه کردند. لازم به ذکر است تمامی افراد پاسخ دهنده تجربه کاری در یکی از حوزه‌های مدیریت، تدارکات، بازرگانی، برنامه‌ریزی و تحقیق و توسعه در شرکت‌های زیر مجموعه نفتی را داشته‌اند. در این میان آن‌دسته از معیارهایی که توسط بیش از ۵۰ درصد پاسخ دهندگان انتخاب شده بودند به عنوان معیارهای نهایی تصمیم‌گیری مد نظر قرار گرفتند که شامل ۸ معیار قیمت، کیفیت، حمل و نقل، مصرف انرژی، سیستم مدیریت محیط زیست، تولید سبز، کنترل انتشار گاز کربن و مدیریت پسماند می‌باشند. بدین ترتیب با توجه به ۴ تأمین‌کننده موجود، مجموعه‌ی معیارها و گزینه‌ها به صورت جدول ۳ نشان داده می‌شود:

جدول ۳: مجموعه معیارها و گزینه‌ها

معیارها گزینه‌ها	قیمت (C_1)	کیفیت (C_2)	حمل و نقل (C_3)	مصرف انرژی (C_4)	سیستم مدیریت محیط زیست (C_5)	تولید سبز (C_6)	کنترل انتشار گاز کربن (C_7)	مدیریت پسماند (C_8)
تأمین‌کننده ۱ (A_1)	$A_1(C_1)$	$A_1(C_2)$	$A_1(C_3)$	$A_1(C_4)$	$A_1(C_5)$	$A_1(C_6)$	$A_1(C_7)$	$A_1(C_8)$
تأمین‌کننده ۲ (A_2)	$A_2(C_1)$	$A_2(C_2)$	$A_2(C_3)$	$A_2(C_4)$	$A_2(C_5)$	$A_2(C_6)$	$A_2(C_7)$	$A_2(C_8)$
تأمین‌کننده ۳ (A_3)	$A_3(C_1)$	$A_3(C_2)$	$A_3(C_3)$	$A_3(C_4)$	$A_3(C_5)$	$A_3(C_6)$	$A_3(C_7)$	$A_3(C_8)$
تأمین‌کننده ۴ (A_4)	$A_4(C_1)$	$A_4(C_2)$	$A_4(C_3)$	$A_4(C_4)$	$A_4(C_5)$	$A_4(C_6)$	$A_4(C_7)$	$A_4(C_8)$

مرحله ۲: وزن‌دهی به معیارها



با توجه به نتایج بدست آمده در پرسشنامه، وزن هریک از معیارهای تصمیم‌گیری محاسبه گردید که در جدول ۴ نمایش داده شده است:

جدول ۴: معیارهای تصمیم‌گیری نهایی و وزن معیارها

وزن معیار	معیار	نماد
۰/۸۳	قیمت	C_1
۰/۷۷	کیفیت	C_2
۰/۸	حمل و نقل	C_3
۰/۵۷	مصرف انرژی	C_4
۰/۵۷	سیستم مدیریت محیط زیست	C_5
۰/۷	تولید سبز	C_6
۰/۶۳	کنترل انتشار گاز کربن	C_7
۰/۵۷	مدیریت پسماند	C_8

مرحله ۳: تشکیل ماتریس‌های تصمیم‌گیرندگان با متغیرهای زبانی

در این مرحله، سه نفر از خبرگان شرکت مورد مطالعه به عنوان تصمیم‌گیرندگان اصلی انتخاب شدند که به ترتیب شامل مدیر عامل (d_1)، مدیر بازرگانی (d_2) و رئیس تحقیق و توسعه (d_3) می‌باشند. علت این انتخاب آن است که در شرکت تاکنون این افراد بیشترین تجربه و مواجهه با موضوعات و چالش‌ها را با طرح برون‌سپاری تولید محصول پارافین داشته‌اند. تصمیم‌گیرندگان با در نظر گرفتن داده‌های موجود و تجربه‌های قبلی، به ارزیابی ۴ تأمین‌کننده بر اساس معیارهای مسئله و با استفاده از متغیرهای زبانی نامعین پرداخته اند که در سه جدول مستقل (جدول ۵ الی ۷) قابل مشاهده است.

جدول ۵: ماتریس اولیه تصمیم‌گیرنده ۱ با متغیرهای زبانی نامعین

معیارها گزینه‌ها	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8
A_1	{S, S ₁ }	{S, S ₁ }	{S _r , S ₋₁ }	{S, S ₁ }	{S ₋₁ , S ₁ }	{S ₋₁ , S ₁ }	{S, S ₁ }	{S _{-r} , S ₋₁ }
A_2	{S ₁ , S ₁ }	{S ₁ , S _r }	{S ₁ , S ₁ }	{S _{-r} , S ₋₁ }	{S _{-r} , S _{-r} }	{S, S ₁ }	{S ₋₁ , S ₋₁ }	{S _{-r} , S ₋₁ }
A_3	{S ₋₁ , S ₁ }	{S ₋₁ , S ₋₁ }	{S _r , S _r }	{S _{-r} , S ₁ }	{S ₁ , S ₁ }	{S ₁ , S _r }	{S ₋₁ , S ₁ }	{S, S ₁ }
A_4	{S ₁ , S _r }	{S _{-r} , S ₋₁ }	{S, S ₁ }	{S _{-r} , S _{-r} }	{S, S ₁ }	{S ₋₁ , S ₁ }	{S ₋₁ , S ₁ }	{S ₁ , S ₁ }



جدول ۶: ماتریس اولیه تصمیم‌گیرنده ۲ با متغیرهای زبانی نامعین

معیارها گزینه‌ها	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8
A_1	$\{S_1, S_1\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$
A_2	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$
A_3	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$
A_4	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$

جدول ۷: ماتریس اولیه تصمیم‌گیرنده ۳ با متغیرهای زبانی نامعین

معیارها گزینه‌ها	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8
A_1	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$
A_2	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$
A_3	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$
A_4	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$	$\{S_{-r}, S_{-r}\}$

مرحله ۴: وزندهی به تصمیم‌گیرندگان

در این مرحله با توجه به نظرات تصمیم‌گیرندگان با استفاده از متغیرهای زبانی نامعین، به محاسبه وزن هریک از تصمیم‌گیرندگان پرداخته شده است. ابتدا میزان عدم قطعیت نظرات هریک از تصمیم‌گیرندگان ($len(a_{ij}^k)$) محاسبه می‌گردد. در اینجا جهت تخلیص مطلب تنها محاسبات مرتبط با وزندهی تصمیم‌گیرنده ۱ آورده شده است.

جدول ۸: محاسبه مقدار عدم قطعیت در نظرات تصمیم‌گیرنده ۱ ($len(a_{ij}^1)$)

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8
A_1	۱	۰	۱	۰	۱	۲	۱	۱
A_2	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۱
A_3	۱	۰	۰	۲	۰	۱	۲	۱
A_4	۲	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۰



در ادامه مقایسه میزان عدم انحراف نظرات تصمیم‌گیرندگان با یکدیگر $(DS(a_{ij}^k, a_{ij}^t))$ محاسبه می‌گردد. در جدول شماره ۹ میزان انحراف نظرات تصمیم‌گیرنده ۱ و ۲ قابل مشاهده است که به همین صورت میان تمامی تصمیم‌گیرندگان محاسبه می‌گردد.

جدول ۹: محاسبه میزان انحراف میان در نظرات تصمیم‌گیرنده ۱ و ۲ $(DS(a_{ij}^1, a_{ij}^2))$

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8
A_1	۱	۲	۱	۲	۱/۴۱	۲/۲۴	۱	۱
A_2	۱	۱/۴۱	۱/۴۱	۲/۲۴	۱	۱	۱/۴۱	۳/۶۱
A_3	۱	۰	۱/۴۱	۱/۴۱	۱	۱	۲	۲/۲۴
A_4	۱/۴۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱/۴۱	۳/۶۱

در نهایت با توجه به نظرات مدیران در خصوص اثرگذاری یکسان وزن‌های عدم قطعیت و انحراف $(\alpha = 0/5$ و $\beta = 0/5)$ وزن‌های نهایی هر یک از تصمیم‌گیرندگان مطابق جدول ۱۰ بدست می‌آید.

جدول ۱۰: محاسبه وزن‌های میزان انحراف، عدم قطعیت و وزن نهایی تصمیم‌گیرندگان

	$\psi(M'_k)$	λ_k^1	f_k	λ_k^2	λ_k
d_1	۴/۸	۰/۳۵	۸۷/۰۲	۰/۳۲	۰/۳۳۵
d_2	۴/۶	۰/۳۷	۸۲/۸۲	۰/۳۳	۰/۳۵
d_3	۶	۰/۲۸	۷۹/۳۸	۰/۳۵	۰/۳۱۵

مرحله ۵: تبدیل متغیرهای زبانی به ابرهای میانی یکپارچه

پس از دریافت نظرات تصمیم‌گیرندگان و محاسبه وزن آن‌ها، ماتریس‌های ثانویه تصمیم‌گیری با ابرهای میانی یکپارچه تشکیل می‌گردد. ماتریس تصمیم‌گیرنده اول در جدول ۱۱ وارد شده است:

جدول ۱۱: ماتریس ثانویه تصمیم‌گیرنده ۱ با استفاده از ابرهای میانی یکپارچه

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8
A_1	$[0.69/1, 7/48.0/19]$	$[0.50, 5/6.0/14]$	$[0.39, 12/12.0/31]$	$[0.69/1, 7/48.0/19]$	$[0.39, 5.0/48.0/19]$	$[0.39, 69/1, 7/48.0/19]$	$[0.69/1, 7/48.0/19]$	$[0.39, 12/12.0/31]$



A_2	$[\frac{69}{1,69/1}, \frac{9}{-1,0/23}]$	$[\frac{69}{1,100}, \frac{12}{12,0/31}]$	$[\frac{69}{1,69/1}, \frac{9}{-1,0/23}]$	$[\frac{0}{0,39}, \frac{1}{2/12,0/31}]$	$[\frac{0}{0}, \frac{14}{0/37}, \frac{58}{0/37}]$	$[\frac{0}{0,50}, \frac{5}{6,0/14}, \frac{5}{0/37}]$	$[\frac{0}{-39}, \frac{0}{9,0/1,0/23}, \frac{39}{0/37}]$	$[\frac{0}{0,39}, \frac{12}{12,0/31}]$
A_3	$[\frac{-39}{0,50}, \frac{0}{48,0/19}, \frac{0}{0/39}]$	$[\frac{-39}{9,0/1,0/23}, \frac{0}{9,0/1,0/23}, \frac{39}{0/39}]$	$[\frac{100}{0,100}, \frac{1}{4/58,0/37}, \frac{1}{0/39}]$	$[\frac{0}{0,50}, \frac{1}{0,30/28}, \frac{1}{0/39}]$	$[\frac{69}{1,69/1}, \frac{9}{-1,0/23}, \frac{1}{0/39}]$	$[\frac{69}{1,100}, \frac{12}{12,0/31}, \frac{1}{0/39}]$	$[\frac{0}{-39}, \frac{0}{9,0/1,0/23}, \frac{39}{0/37}]$	$[\frac{0}{0,69/1}, \frac{7}{48,0/19}, \frac{7}{0/39}]$
A_4	$[\frac{69}{1,100}, \frac{12}{12,0/31}, \frac{1}{0/39}]$	$[\frac{0}{0,39}, \frac{12}{12,0/31}, \frac{1}{0/39}]$	$[\frac{0}{0,69/1}, \frac{7}{48,0/19}, \frac{7}{0/39}]$	$[\frac{0}{0}, \frac{14}{8,0/37}, \frac{58}{0/37}]$	$[\frac{0}{0,69/1}, \frac{7}{48,0/19}, \frac{7}{0/39}]$	$[\frac{0}{-39}, \frac{0}{9,0/1,0/23}, \frac{39}{0/37}]$	$[\frac{0}{-39}, \frac{0}{9,0/1,0/23}, \frac{39}{0/37}]$	$[\frac{69}{1,69/1}, \frac{9}{-1,0/23}, \frac{1}{0/39}]$

مرحله ۶: ترکیب تمامی ماتریس‌های تصمیم‌گیری به وسیله ابرهای میانی یکپارچه معلق در نهایت، ماتریس‌های تصمیم‌گیرنده با استفاده از مفهوم ابرهای میانی یکپارچه معلق به یک ماتریس نهایی جهت تصمیم‌گیری تبدیل می‌گردد که در جدول ۱۲ قابل مشاهده است:

جدول ۱۲: ماتریس نهایی تصمیم‌گیری با ابرهای میانی یکپارچه معلق

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8
A_1	$[\frac{62}{1,71,77}, \frac{82}{9,75,0/}, \frac{42}{42}]$	$[\frac{16}{1,86,0}, \frac{7}{45,0/36}]$	$[\frac{0}{-12,21/89}, \frac{9}{9,0,3,0/52}]$	$[\frac{57}{0,1,79/}, \frac{92}{9,44,0/}, \frac{41}{41}]$	$[\frac{32}{4,0,55/}, \frac{69}{6,1,0/}, \frac{3}{3}]$	$[\frac{40}{-1,9,79/9}, \frac{3}{1,0/7,0/}, \frac{42}{42}]$	$[\frac{24}{4,28,56/3}, \frac{9}{6,7,4,0/3}]$	$[\frac{0}{0,39}, \frac{12}{12,0/31}, \frac{1}{0/39}]$
A_2	$[\frac{56}{2,39,69/}, \frac{1}{1,1,0,50/3}, \frac{0}{0}]$	$[\frac{72}{1,4,89/1}, \frac{7}{1,1,88,0/}, \frac{0}{0}]$	$[\frac{79}{9,92,89/6}, \frac{6}{1,2,29,0/}, \frac{0}{0}]$	$[\frac{39}{9,28,49/}, \frac{14}{9,52,0/}, \frac{0}{0}]$	$[\frac{0}{0,26/}, \frac{12}{12,0/57}, \frac{12}{12,0/57}]$	$[\frac{32}{2,11,56/0}, \frac{1}{6,7,7,0/3}, \frac{0}{0}]$	$[\frac{11}{7,88,17/7}, \frac{8}{5,6,1,0/3}, \frac{0}{0}]$	$[\frac{32}{2,36,66/}, \frac{66}{1,11,0,4,0/5}, \frac{0}{0}]$
A_3	$[\frac{23}{3,40,56/}, \frac{0}{-1,6,73,0/}, \frac{3}{3}]$	$[\frac{16}{-1,1,16/0}, \frac{1}{5,6,2,0/3}, \frac{0}{0}]$	$[\frac{79}{9,44,89/1}, \frac{7}{1,2,29,0/5}, \frac{0}{0}]$	$[\frac{-36}{-3,32/6}, \frac{1}{9,3,0/4}, \frac{1}{1}]$	$[\frac{56}{2,39,69/}, \frac{1}{1,1,0,50/3}, \frac{0}{0}]$	$[\frac{62}{2,41,100/}, \frac{0}{1,1,77,0/51}, \frac{0}{0}]$	$[\frac{22}{-2,54/7}, \frac{0}{1,11/1,9,0/}, \frac{44}{44}]$	$[\frac{16}{1,9,23/}, \frac{39}{7,5,0/3}, \frac{7}{7}]$
A_4	$[\frac{69}{1,89/1}, \frac{12}{1,11,17,0/}, \frac{1}{0/39}]$	$[\frac{0}{-36,0/39}, \frac{9}{6,3,0/44}, \frac{0}{0}]$	$[\frac{0}{0,69/1}, \frac{7}{48,0/19}, \frac{7}{0/39}]$	$[\frac{0}{-12,21/8}, \frac{9}{9,0,3,0/5}, \frac{3}{3}]$	$[\frac{16}{6,9,45/}, \frac{0}{-2,1,0,3,0/}, \frac{37}{37}]$	$[\frac{39}{4,41,65/7}, \frac{4}{9,1,9,0/3}, \frac{9}{9}]$	$[\frac{0}{-2,5,32/61}, \frac{7}{7,5,0/41}, \frac{0}{0}]$	$[\frac{32}{1,87,45/}, \frac{0}{2,1,33,0/}, \frac{42}{42}]$

مرحله ۷: مقایسات زوجی پرموته-ابری

با در نظر گرفتن قاعده همینگ، پل ارتباطی میان روش‌های پرموته و ابری ایجاد می‌گردد و مقایسات زوجی میان گزینه‌ها صورت می‌گیرد. این مرحله که از ابداعات مدل پیشنهادی می‌باشد، نقش اصلی در بدست آوردن نتایج نهایی با استفاده از روش ترکیبی پرموته-ابری را ایفا می‌کند. مقایسات زوجی که از اصلیت‌ترین رویکردهای ارزیابی گزینه‌های می باشد پیش از این توسط داده‌های زبانی نامعین انجام نگرفته بود که در این مرحله، این مورد با موفقیت مورد آزمایش و بهره‌برداری قرار گرفت. مقادیر بدست آمده در جدول ۱۳ قابل مشاهده است:

جدول ۱۳: نتایج مقایسات زوجی پرموته-ابری میان گزینه‌ها



	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8
$D(A_1, A_2)$	۶/۲۴	-۴۲/۶۴	-۷۰/۵۳	۲۳/۹۹	۵۰/۴۹	۱۲/۲۶	-۴۱/۱۰	-۴۱/۱۰
$D(A_2, A_1)$	-۶/۲۴	۴۲/۶۴	۷۰/۵۳	-۲۳/۹۹	-۵۰/۴۹	-۱۲/۲۶	۴۱/۱۰	-۳/۰۱
$D(A_1, A_3)$	۲۲/۹۲	۱۵/۵۷	-۷۰/۱۳	۵۱/۴۹	-۱۶/۴۲	-۱۹/۴۱	-۱۴/۹۹	-۳۰/۶۰
$D(A_3, A_1)$	-	-۱۵/۵۷	۷۰/۱۳	-۵۱/۴۹	۱۶/۴۲	۱۹/۴۱	۱۴/۹۹	۳۰/۶۰
$D(A_1, A_4)$	-۶/۸۹	۳۵/۳۷	-۲۱/۵۱	۵۶/۷۷	۱۵/۳۲	۶/۵۲	-۳۵/۸۶	-۱۲/۵۸
$D(A_4, A_1)$	۶/۸۹	-۳۵/۳۷	۲۱/۵۱	-۵۶/۷۷	-۱۵/۳۲	-۶/۵۲	۳۵/۸۶	۱۲/۵۸
$D(A_2, A_3)$	۱۶/۶۸	۵۸/۲۱	۰/۴۰	۲۷/۵۱	-۶۶/۹۱	۲/۷۸	۲۶/۱۱	-۳۳/۶۲
$D(A_3, A_2)$	-	-۵۸/۲۱	-۰/۴۰	-۲۷/۵۱	۶۶/۹۱	-۲/۷۸	-۲۶/۱۱	۳۳/۶۲
$D(A_2, A_4)$	-	۷۸/۰۱	۲۰/۲۴	۳۲/۷۸	-۳۵/۱۶	-۵/۷۵	۵/۲۴	-۱۵/۵۹
$D(A_4, A_2)$	۱۳/۱۳	-۷۸/۰۱	-۲۰/۲۴	-۳۲/۷۸	۳۵/۱۶	۵/۷۵	-۵/۲۴	۱۵/۵۹
$D(A_3, A_4)$	-	۱۹/۸۰	۱۹/۸۴	۵/۲۸	۳۱/۷۴	۲۵/۹۲	-۲۰/۸۷	۱۸/۰۲
$D(A_4, A_3)$	۲۹/۸۱	-۱۹/۸۰	-۱۹/۸۴	-۵/۲۸	-۳۱/۷۴	-۲۵/۹۲	۲۰/۸۷	-۱۸/۰۲

مرحله ۸: تعیین تابع رجحان و محاسبه مقدار آن

با بهره‌گیری از نظرات تصمیم‌گیرندگان، توابع رجحان برای هر یک از معیارها در نظر گرفته شده و مقادیر آن محاسبه شده اند که در جدول ۱۴ قابل مشاهده است. در این جدول با توجه به خصوصیات منحصر به فرد هر معیار و نوع اثرگذاری اختلاف میان گزینه‌ها، توابع رجحان توسط خبرگان انتخاب شدند. بطور مثال، برای معیارهای محیطی (همچون $C_۵$) معمولاً از تابع عادی ($f_۱$) و برای معیار کیفی (همچون $C_۳$) از تابع خطی ($f_۵$) استفاده شده است.

جدول ۱۴: توابع رجحان و محاسبه مقادیر آن

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8
وزن معیارها	۰/۸۳	۰/۷۷	۰/۸	۰/۵۷	۰/۵۷	۰/۷	۰/۶۳	۰/۵۷
تابع رجحان	f_3 ($p = 20$)	f_6 ($s = 40$)	f_5 ($q = 30,$ $p = 60$)	f_3 ($p = 30$)	f_1	f_3 ($p = 10$)	f_6 ($s = 20$)	f_6 ($s = 50$)
$P(A_1, A_2)$	۰/۳۱	۰	۰	۰/۸۰	۱	۰/۳۱	۰	۰
$P(A_2, A_1)$	۰	۰/۴۳	۱	۰	۰	۰	۰/۸۸	۰



	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8
$P(A_1, A_3)$	۱	۰/۰۷	۰	۱	۰	۰	۰	۰
$P(A_3, A_1)$	۰	۰	۱	۰	۱	۰/۴۹	۰/۲۴	۰/۱۷
$P(A_1, A_4)$	۰	۰/۳۲	۰	۱	۱	۰/۱۶	۰	۰
$P(A_4, A_1)$	۰/۳۴	۰	۰/۱۹	۰	۰	۰	۰/۸۰	۰/۰۳
$P(A_2, A_3)$	۰/۸۳	۰/۶۵	۰	۰/۹۲	۰	۰/۰۷	۰/۵۷	۰
$P(A_3, A_2)$	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰/۲۰
$P(A_2, A_4)$	۰	۰/۸۵	۰/۱۷	۱	۰	۰	۰/۰۳	۰
$P(A_4, A_2)$	۰/۶۶	۰	۰	۰	۱	۰/۱۴	۰	۰/۰۵
$P(A_3, A_4)$	۰	۰/۱۲	۰/۱۶	۰/۱۸	۱	۰/۶۵	۰	۰/۰۶
$P(A_4, A_3)$	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۴۲	۰

مرحله ۹: محاسبه شاخص ارجحیت گزینه‌ها

با توجه به مقادیر بدست آمده در مرحله قبل، شاخص ارجحیت محاسبه شده و در جدول ۱۵ نمایش داده شده است. در این جدول، میزان ارجحیت هریک از تأمین‌کنندگان نسبت به دیگری با در نظر گرفتن معیارهای تصمیم‌گیری قابل مشاهده می‌باشد.

جدول ۱۵: محاسبه شاخص ارجحیت

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	
$\pi(A_1, A_2)$	۰/۲۶	۰	۰	۰/۴۶	۰/۵۷	۰/۲۱	۰	۰	$\frac{\pi}{(A_1, A_2)=1/499}$
$\pi(A_2, A_1)$	۰	۰/۳۳	۰/۸۰	۰	۰	۰	۰/۵۵	۰	$\frac{\pi}{(A_2, A_1)=1/688}$
$\pi(A_1, A_3)$	۰/۸۳	۰/۰۶	۰	۰/۵۷	۰	۰	۰	۰	$\frac{\pi}{(A_1, A_3)=1/456}$
$\pi(A_3, A_1)$	۰	۰	۰/۸۰	۰	۰/۵۷	۰/۳۴	۰/۱۵	۰/۱۰	$\frac{\pi}{(A_3, A_1)=1/961}$
$\pi(A_1, A_4)$	۰	۰/۲۵	۰	۰/۵۷	۰/۵۷	۰/۱۱	۰	۰	$\frac{\pi}{(A_1, A_4)=1/502}$
$\pi(A_4, A_1)$	۰/۲۹	۰	۰/۱۵	۰	۰	۰	۰/۵۰	۰/۰۲	$\frac{\pi}{(A_4, A_1)=0/961}$
$\pi(A_2, A_3)$	۰/۶۹	۰/۵۰	۰	۰/۵۲	۰	۰/۰۵	۰/۳۶	۰	$\frac{\pi}{(A_2, A_3)=2/128}$



	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	
$\pi(A_3, A_2)$	۰	۰	۰	۰	۰/۵۷	۰	۰	۰/۱۲	$\pi(A_3, A_2) = ۰/۶۸۵$
$\pi(A_2, A_4)$	۰	۰/۶۶	۰/۱۴	۰/۵۷	۰	۰	۰/۰۲	۰	$\pi(A_2, A_4) = ۱/۳۸۳$
$\pi(A_4, A_2)$	۰/۵۴	۰	۰	۰	۰/۵۷	۰/۱۰	۰	۰/۰۳	$\pi(A_4, A_2) = ۱/۲۴۳$
$\pi(A_3, A_4)$	۰	۰/۰۹	۰/۱۳	۰/۱۰	۰/۵۷	۰/۴۵	۰	۰/۰۴	$\pi(A_3, A_4) = ۱/۳۸۰$
$\pi(A_4, A_3)$	۰/۸۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۲۶	۰	$\pi(A_4, A_3) = ۱/۰۹۵$

مرحله ۱۰: رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها

در انتها با توجه به شاخص ارجحیت بدست آمده در مرحله قبل، جریان‌های ورودی و خروجی گزینه‌ها محاسبه شده و رتبه‌بندی نهایی بر اساس جریان خالص صورت گرفته است. طبق جدول ۱۶ رتبه‌بندی نهایی تأمین‌کنندگان بصورت $A_2 > A_1 > A_3 > A_4$ است.

جدول ۱۶: محاسبه جریان خالص و رتبه‌بندی نهایی تأمین‌کنندگان

رتبه نهایی	جریان خالص $(\varphi(A_i))$	$\varphi^-(A_i)$	$\varphi^+(A_i)$	تأمین‌کننده (A_i)
۲	-۰/۰۵۰	۱/۵۳۷	۱/۴۸۶	تأمین‌کننده ۱ (A_1)
۱	-۰/۵۹۰	۱/۱۴۲	۱/۷۳۳	تأمین‌کننده ۲ (A_2)
۳	-۰/۲۱۷	۱/۵۵۹	۱/۳۴۲	تأمین‌کننده ۳ (A_3)
۴	-۰/۳۲۳	۱/۴۲۲	۱/۰۹۹	تأمین‌کننده ۴ (A_4)

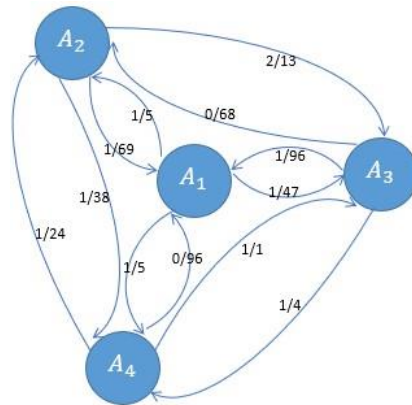
۲-۴- بینش مدیریتی

۱-۲-۴- نتایج روش‌شناسی

نتایج بدست آمده توسط روش ترکیبی پرومته-ابری بخوبی توانست گراف ترجیحات نهایی میان ۴ تأمین‌کننده اصلی را تشکیل داده و بینش مناسبی برای تصمیم‌گیری‌های آتی در اختیار مدیران شرکت قرار دهد. بطور مثال، طبق نتایج بدست آمده مشخص می‌گردد آن دسته از تأمین‌کنندگانی که در مجموع معیارهای قیمت و حمل و نقل -که بیشترین وزن را دارند- آراء بهتری کسب کرده‌اند، در رتبه‌بندی نهایی ارجحیت بیشتری نسبت به سایرین دارند و معیار قیمت به تنهایی تعیین‌کننده نیست. مدل پیشنهادی به مدیران شرکت کمک می‌کند که تعیین



نماید جهت انتخاب تأمین‌کنندگان مناسب، چه ترکیبی از معیارهای تصمیم‌گیری با چه میزان ارزش‌گذاری را مد نظر قرار دهند. ارزیابی تصمیم‌گیرندگان بر اساس میزان شاخص ارجحیت هریک نسبت به دیگری در شرکت مورد مطالعه استفاده شده و بازخورد بسیار خوبی به همراه داشته است که نتایج آن در شکل ۳ ارائه شده است.



شکل ۳: گراف ترجیحات نهایی میان تأمین‌کنندگان

۴-۲-۲- نتایج کاربردی

استفاده از روش پیشنهادی پرومته-ابری و نتایج مثبتی که به همراه دارد، شناخت دقیق‌تری در ارزیابی تأمین‌کنندگان در اختیار تصمیم‌گیرندگان قرار می‌دهد. رتبه بندی نهایی بدست آمده می‌تواند در تعیین میزان تخصیص سفارشات و خریدهای شرکت نیز مورد استفاده قرار گیرد. این روش همچنین در تمامی صنایع مشابه نیازمند به تصمیم‌گیری ترجیحی مبتنی بر عدم قطعیت، تنها با یک بازنگری روی معیارهای تصمیم‌گیری قابل بهره‌برداری است. بطور کلی این روش می‌تواند در هر نوع انتخاب مبتنی بر داده‌های زبانی نامعین مورد استفاده قرار گیرد.

۵- نتیجه‌گیری

امروزه تضمین توسعه پایدار هر کشور منوط به حفظ و استفاده بهینه از منابع محدود و غیر قابل جایگزین در آن کشور است و با توجه به نقش اساسی زنجیره تأمین در فعالیت‌های اقتصادی یک سازمان، انتخاب صحیح تأمین‌کنندگان مسیر سازمان را در جهت دستیابی به اهداف استراتژیک هموار می‌سازد. بدین منظور تصمیم‌گیرندگان به طور فزاینده‌ای به بهبود فعالیت‌های زنجیره تأمین همسو با اهداف توسعه پایدار ترغیب می‌شوند. علاوه بر این دستیابی



به اهداف زنجیره تأمین سبز بدون مشارکت فعال و همیشگی تأمین کنندگان امکان پذیر نیست. از این رو سازمان‌ها باید برای دستیابی به اهداف زیست‌محیطی‌شان به فرایند انتخاب تأمین کنندگان توجه ویژه‌ای داشته باشند. ارزیابی و انتخاب صحیح تأمین کنندگان نقش کلیدی را در هر سازمانی بازی می‌کند؛ به این دلیل که قیمت واحد محصول را به صورت قابل توجهی کاهش داده و رقابت بر سر قیمت‌ها را آسان‌تر می‌کند. تأکید بر کیفیت، زمان تحویل و سایر معیارها با در نظر گرفتن قیمت در بازار رقابت جهان امروز نیز سطح جدیدی از پیچیدگی‌ها را در این قبیل تصمیمات ایجاد می‌کند. در دنیای رقابتی امروز، هر سازمانی بمنظور ارزیابی تأمین کنندگان خود نیازمند تعیین معیارهای مناسب و انتخاب روش‌های تصمیم‌گیری دقیق است. در این میان زنجیره‌های تأمین شرکت‌های نفتی از جنبه اقتصادی و زیست محیطی جزو پیچیده‌ترین و کلیدی‌ترین صنایع به شمار می‌روند و نیازمند تحقیقات جدی در حوزه تصمیم‌گیری و انتخاب تأمین کنندگان هستند. تحقیق حاضر با توجه به اعلام نیاز یکی از بزرگترین شرکت‌های صنعت نفتی کشور با اهداف ذکر شده صورت گرفت. مبنا قرار دادن شرایط عدم قطعیت در تصمیم‌گیری گروهی و دستیابی به نتایج رتبه‌بندی بصورت نموداری (ترجیحی) میان تأمین کنندگان با در نظر گرفتن رویکرد محیط زیستی توسط تیم تحقیقاتی شرکت مورد مطالعه به عنوان اهداف اصلی این مطالعه مطرح گردید.

در همین راستا پس از بررسی ادبیات موضوع مشاهده گردید که در عمده مطالعات خارجی و داخلی توجه شایسته‌ای به مدل ابری در حوزه انتخاب تأمین کنندگان نشده است. حال آنکه مدل ابری مبتنی بر متغیرهای زبانی نامعین که اخیراً در حوزه‌های مختلف مورد توجه محققین قرار گرفته است، جهت پر کردن شکاف عدم قطعیت و پایداری داده‌های موجود در تصمیم‌گیری، روش بسیار پر بازدهی است. همچنین بمنظور رتبه‌بندی تأمین کنندگان، روش پرومته بدلیل مزیت‌هایی از قبیل امکان ترسیم گراف ترجیحات نهایی، امکان ترکیب داده‌های کمی و کیفی، امکان انتخاب توابع رجحان برای هریک از معیارها با توجه به ویژگی‌های هر معیار، کاربر پسند بودن روش و قابلیت پیاده‌سازی آن در نرم‌افزارهای پشتیبانی تصمیم‌گیری، مورد استفاده قرار گرفته است. لازم به ذکر است ترکیب دو روش فوق تاکنون در مطالعات پیشین بدین صورت انجام نگرفته است، چرا که محققین پیشین همگی از مدل ابری با متغیرهای عادی



(که اصطلاحاً تشکیل تکه ابر ساده^۱ را می‌دهند) استفاده کرده‌اند که مزیت‌های برطرف کردن ابهامات تصمیم‌گیری با استفاده از متغیرهای زبانی نامعین را شامل نمی‌شود و متغیرهای زبانی نامعین که به‌عنوان داده‌های ورودی مسئله پرومته-ابری بکار گرفته شده‌اند تا حد زیادی تردید کارشناسان هنگام قضاوت عملکرد تأمین‌کنندگان را کاهش می‌دهند. لذا در این تحقیق با ابداع یک مفهوم جدید با عنوان مقایسات زوجی پرومته-ابری، پلی میان این دو روش کاربردی ایجاد گردید که شامل ترکیب مزیت‌های مدل پرومته و مدل ابری می‌شود. ترکیب این دو روش با وجود تفاوت‌های ساختاری‌شان موجب تمایز این رویکرد نسبت به سایر روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه مبتنی بر عدم قطعیت شده است؛ چراکه با توجه به دشواری مقایسات زوجی میان متغیرهای کیفی و زبانی، اغلب محققین پیشین از داده‌های کمی بهره می‌بردند. از طرفی این رویکرد با واکاوی نظرات تصمیم‌گیرندگان جهت دستیابی به نتایج نهایی مناسب، نظرات هریک از خبرگان را وزن‌دهی کند.

به‌منظور بررسی میزان کارایی مدل نوین پیشنهادی، ابتدا با تکیه بر دغدغه‌های محیط زیستی و با در نظرگیری پیشینه تحقیق، ۳۰ شاخص پرتکرار در حوزه‌های مرتبط به‌عنوان معیارهای اولیه استخراج گردید ولی نهایتاً ۸ معیار نهایی شامل قیمت، کیفیت، حمل و نقل، مصرف انرژی، سیستم مدیریت محیط زیست، تولید سبز، کنترل انتشار گاز کربن و مدیریت پسماند پس از غربال‌گری شاخصها انتخاب شدند. در ادامه، روش نوین پرومته-ابری با استفاده از نظرات تصمیم‌گیرندگان در ۱۰ مرحله انجام و رتبه‌بندی نهایی با موفقیت میان تأمین‌کنندگان منتخب صورت گرفت. نتایج رتبه‌بندی میان تأمین‌کنندگان بصورت گراف ترجیحات ارائه گردید که دید مناسبی برای تحلیل و ارزیابی تأمین‌کنندگان به مدیران شرکت ارائه می‌دهد. از اصلی‌ترین دستاوردهای استفاده از روش نوین پرومته-ابری در شرکت مورد مطالعه می‌توان به کاهش هزینه‌های ناشی از خرید، تأمین سبز کالا و خدمات، بهبود عملکرد تیم تدارکات و مبنا قرار گرفتن روش پیشنهادی در تصمیم‌گیری‌های آتی شرکت اشاره نمود. در انتها، به منظور زمینه‌سازی برای صورت گرفتن پژوهش‌های آتی توسط محققین موارد زیر پیشنهاد می‌گردد:

¹ Normal Cloud drop



- به منظور دسته بندی دقیق تر و جامع معیارهای مسئله می توان در مطالعات آتی از روش های دسته بندی همچون روش تحلیل مولفه های اصلی^۱، تحلیل ممیزی گاوسی^۲ و ... استفاده نمود.
- در ارزیابی برخی از معیارها همچون قیمت، بهتر است از داده های کمی استفاده نمود. لذا ترکیب دو نوع داده ورودی کمی و کیفی در مطالعات آتی می تواند مؤثر واقع گردد.
- در این مطالعه بعلت اجتناب از پیچیدگی مسئله نتایج پرسشنامه اولیه جهت وزندهی به معیارها مورد استفاده قرار گرفته است؛ در حالی که روش های متعدد وزندهی وجود دارد که می تواند در مطالعات آتی مورد استفاده پژوهشگران قرار گیرد.
- با توجه به ویژگی های مدل ابری با متغیرهای زبانی نامعین، امکان مقایسه مدل پیشنهادی با سایر شاخه های عدم قطعیت همچون مدل فازی وجود ندارد، که میتوان با در نظر گرفتن دو نوع داده ورودی مقایسه مذکور را در مطالعات آتی مد نظر قرارداد.
- ترکیب سایر روش های مبتنی بر ترجیحات (همچون روش الکترا) با مدل ابری و مقایسه آنها با یکدیگر با استفاده از روش های تحلیلی و آماری می تواند تصویر مناسبی برای مطالعات سایر محققین ایجاد کند.
- یکی از روش های تصمیم گیری چندهدفه به منظور تخصیص سفارش میان تأمین کنندگان می تواند با این روش ترکیب گردد.

۶- منابع:

- [1] Lo, H. W., Liou, J. J., Wang, H. S., & Tsai, Y. S. (2018). An integrated model for solving problems in green supplier selection and order allocation. *Journal of cleaner production*, 190, 339-352. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.105>
- [2] Chang, M. H., Liou, J. J., & Lo, H. W. (2019). A hybrid MCDM model for evaluating strategic alliance partners in the green biopharmaceutical industry. *Sustainability*, 11(15), 4065. <https://doi.org/10.3390/su11154065>
- [3] Ahmadi, E., Maleki, M. H., Sanavi Fard, R., & Fathi, M. R. (2021). Presenting a model for future study of supply chain in oil industry with soft approach. *Management Research in Iran*, 24(1), 59-79. [in Persian]
- [4] Gurel, O., Acar, A. Z., Onden, I., & Gumus, I. (2015). Determinants of the green supplier selection. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 181, 131-139. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.874>

¹ Principal Component Analysis (PDA)

² Gaussian Discriminant Analysis (GDA)



- [5] Uygun, Ö., & Dede, A. (2016). Performance evaluation of green supply chain management using integrated fuzzy multi-criteria decision making techniques. *Computers & Industrial Engineering*, 102, 502-511. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.02.020>
- [6] Wang, J. Q., Peng, J. J., Zhang, H. Y., Liu, T., & Chen, X. H. (2015). An uncertain linguistic multi-criteria group decision-making method based on a cloud model. *Group Decision and Negotiation*, 24(1), 171-192. <https://doi.org/10.1007/s10726-014-9385-7>
- [7] Olfat, L., & Esmailii, M. (2019). Evaluation, Selection and Performance Management of Logistics Services Providers (Case study: Sapco). *Modern Researches in Decision Making*, 4(3), 181-203. SID. <https://sid.ir/paper/372368/en> [in Persian]
- [8] Ghorbanpoor, A., Pooya, A., Nazemi, S., & Azimi, N. (2017). Assessing Green Supply Chain Management Practices in the Field of Iran's Oil Industries (FISM_FANP Hybrid Approach). *Modern Research in Decision Making*, 2(3), 267-288. https://journal.saim.ir/article_28687_en.html [in Persian]
- [9] Roy, S. A., Ali, S. M., Kabir, G., Enayet, R., Suhi, S. A., Haque, T., & Hasan, R. (2020). A framework for sustainable supplier selection with transportation criteria. *International Journal of Sustainable Engineering*, 13(2), 77-92. <https://doi.org/10.1080/19397038.2019.1625983>
- [10] Abdullah, L., Chan, W., & Afshari, A. (2019). Application of PROMETHEE method for green supplier selection: a comparative result based on preference functions. *Journal of Industrial Engineering International*, 15(2), 271-285. <https://doi.org/10.1007/s40092-018-0289-z>
- [11] Li, J., Fang, H., & Song, W. (2019). Sustainable supplier selection based on SSCM practices: A rough cloud TOPSIS approach. *Journal of cleaner production*, 222, 606-621. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.070>
- [12] Ramakrishnan, K. R., & Chakraborty, S. (2020). A cloud TOPSIS model for green supplier selection. *Facta Universitatis, Series: Mechanical Engineering*, 18(3), 375-397. <https://doi.org/10.22190/FUME200307036R>
- [13] Chen, Y. J., Wu, Y. J., & Wu, T. (2015). Moderating effect of environmental supply chain collaboration: Evidence from Taiwan. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 45(9/10), 959-978. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-08-2014-0183>
- [14] Galankashi, M. R., Chegeni, A., Soleimanyanadegany, A., Memari, A., Anjomshoae, A., Helmi, S. A., & Dargi, A. (2015). Prioritizing green supplier selection criteria using fuzzy analytical network process. *Procedia Cirp*, 26, 689-694. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.07.044>
- [15] Wang, K. Q., Liu, H. C., Liu, L., & Huang, J. (2017). Green supplier evaluation and selection using cloud model theory and the QUALIFLEX method. *Sustainability*, 9(5), 688. <https://doi.org/10.3390/su9050688>



- [16] Chen, C. C., Tseng, M.L., Lin, Y.H. & Lin, Z. S. (2010) Implementation of green supply chain management in uncertainty. In: IEEE international conference on IEEM 7–10 Dec, pp 260–264. doi: 10.1109/IEEM.2010.5674461
- [17] Gao, H., Ju, Y., Gonzalez, E. D. S., Zeng, X. J., Dong, P., & Wang, A. (2021). Identifying critical causal criteria of green supplier evaluation using heterogeneous judgements: An integrated approach based on cloud model and DEMATEL. *Applied Soft Computing*, 113, 107882. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2021.107882>
- [18] Dos Santos, B. M., Godoy, L. P., & Campos, L. M. (2019). Performance evaluation of green suppliers using entropy-TOPSIS-F. *Journal of cleaner production*, 207, 498-509. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.235>
- [19] Chiou, T-Y., Chan, H. K., Lettice, F. & Chung, S. H. (2011) The influence of greening the suppliers and green innovation on environmental performance and competitive advantage in Taiwan. *Transp Res Part E* 47: 822–836. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2011.05.016>
- [20] Govindan, K., Khodaverdi, R., & Jafarian, A. (2013). A fuzzy multi criteria approach for measuring sustainability performance of a supplier based on triple bottom line approach. *Journal of Cleaner production*, 47, 345-354. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.04.014>
- [21] Sun, J. & Zhu, Q. (2018) Organizational green supply chain management capability assessment: a hybrid group decision making model application. *IEEE Eng Manag Rev* 46(1):117–127. doi: 10.1109/EMR.2018.2809907
- [22] Sahu A. K., Datta, S. & Mahapatra, S.S. (2016) Evaluation and selection of suppliers considering green perspectives: comparative analysis on application of FMLMCDM and fuzzy-TOPSIS. *Benchmarking Int J* 23(6):1579–1604. <https://doi.org/10.1108/BIJ-12-2014-0111>
- [23] Bagherzadeh Azar, M., & Dori, B. (2011). Applying ANP in selecting the best supplier in supply chain. *Journal of Management Research in Iran*, 14(4), 27-47. [in Persian]
- [24] Ho, W. Xu, X. & Dey, P. K., (2010). Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. *Eur. J. Oper. Res.* 202, 16–24. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.05.009>
- [25] Zhang, L.J., Liu, R., Liu, H. C. & Shi, H. (2020). Green supplier evaluation and selections: a state-of-the-art literature review of models, methods, and applications. *Mathematical Problems in Engineering*, 1-25. <https://doi.org/10.1155/2020/4912978>
- [26] AbbasZadeh, S., Darestani, S. & AbbasZadeh, M. (2017). Green Supplier Selection using DEMATEL & TOPSIS (Case study: Foolad Gilan interprise). *Journal of Strategic Management in Industrial Systems*, 12(39), 15-28. [in Persian] https://journals.iau.ir/article_536674.html
- [27] Hajiyakhchali, S., Parchami Jalal, M., & Asadi, M. (2017). Selection of Suppliers in the Green Supply Chain High-tech Oil Industry by Combining Fuzzy Multi-criteria Decision-



- making Methods. *Environmental Management Hazards*, 4(3), 231-246. doi: 10.22059/jhsci.2018.248134.308
- [28] Govindan, K., Kadziński, M., & Sivakumar, R. (2017). Application of a novel PROMETHEE-based method for construction of a group compromise ranking to prioritization of green suppliers in food supply chain. *Omega*, 71, 129-145. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2016.10.004>
- [29] Krishankumar, R., Ravichandran, K. S., & Saeid, A. B. (2017). A new extension to PROMETHEE under intuitionistic fuzzy environment for solving supplier selection problem with linguistic preferences. *Applied Soft Computing*, 60, 564-576. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2017.07.028>
- [30] Agarwal, R., Agrawal, A., Kumar, N., Ray, S., & Voumik, L. C. (2023). Selection of a Sustainable Supplier by Using a Fuzzy MCDM Mathematical Modelling. Preprint in Research Square, DOI: 10.21203/rs.3.rs-2517685/v1.
- [31] Altubaishe, B., & Desai, S. (2023). Multicriteria decision making in supply chain management using FMEA and hybrid AHP-PROMETHEE algorithms. *Sensors*, 23(8), 4041.
- [32] Liu, Z., Wang, W., Wang, D., & Liu, P. (2022). A modified ELECTRE II method with double attitude parameters based on linguistic Z-number and its application for third-party reverse logistics provider selection. *Applied Intelligence*, 52(13), 14964-14987.
- [33] Lu, Z., Sun, X., Wang, Y., & Xu, C. (2019). Green supplier selection in straw biomass industry based on cloud model and possibility degree. *Journal of cleaner production*, 209, 995-1005. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.130>
- [34] Homayounfar, M., & Daneshvar, A. (2018). Prioritization of green supply chain suppliers using a hybrid fuzzy multi-criteria decision making approach. *Journal of operational research in its applications (applied mathematics)-Lahijan Azad University*, 15(2), 41-61. [in Persian] <http://jamlu.liau.ac.ir/article-1-1544-en.html>
- [35] Çalı, S., & Balaman, Ş. Y. (2019). A novel outranking based multi criteria group decision making methodology integrating ELECTRE and VIKOR under intuitionistic fuzzy environment. *Expert Systems with Applications*, 119, 36-50. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.10.039>
- [36] Liu, Z., Li, L., Zhao, X., Sha, L., Wang, D., Wang, X., & Liu, P. (2020). Selecting the optimal green agricultural products supplier: A novel approach based on GBWM and PROMETHEE II. *Sustainability*, 12(17), 6703. <https://doi.org/10.3390/su12176703>
- [37] Brans, J. P., De Smet, Y. (2016). PROMETHEE methods. In *Multiple criteria decision analysis* (pp. 187-219). Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3094-4_6