Archive of SID

نشریه علمی – پژوهشی بهبود مدیریت
سال دوازدهم، شماره ۲، پیاپی ۴۰، تابستان ۱۳۹۷
صفحات ۱۳۹ - ۱۰۵

ارائه روش بهبودیافته خاکستری جهت ارزیابی قابلیت ارتجاعی شبکه تأمین سبز دفاعی

(تاریخ دریافت: ۹۶/۰۸/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۶/۱۱)

امیرمهدی ملک[۱]، سعداله ابراهیم‌نژاد[۲]*، رضا توکلی مقدم[۳]

چکیده

لزوم ارزیابی و توجه به شبکه همکاران دفاعی به‌عنوان یکی از اهداف راهبردی دکترین دفاعی کشور به‌ویژه در ابعاد فنی، کمی، کیفی و رشد و توسعه فنّاوری‌های دفاعی در سال‌های اخیر به‌واسطه سیاست‌های انقباضی دولت به‌منظور مدیریت بهینه منابع و هزینه‌ها و کاهش بهای تمام‌شده محصولات از اهمیت بالایی برخوردار شده است. استفاده از مفهوم قابلیت ارتجاعی به‌عنوان یکی از مفاهیم جدید در مدیریت زنجیره تأمین و ارزیابی قابلیت‌ها و عملکرد تأمین‌کنندگان و از سویی فشار و درخواست مشتریان، جامعه و مبادی بالادستی در خصوص رعایت مسائل زیست‌محیطی باعث شده است سازمان‌ها به بررسی اقدامات لازم جهت به‌کارگیری مدیریت زنجیره‌ی تأمین سبز، به‌منظور بهبود عملکرد زیست‌محیطی و اقتصادی بپردازند. موضوع انتخاب و ارزیابی تأمین‌کنندگان در شبکه تأمین دفاعی، اولاً مستلزم شناسایی معیارها و شاخص‌ها و نیز طراحی مدل مناسبی است که قابلیت ارتجاعی شبکه تأمین سبز را همزمان با معیارها و قابلیت‌های فنی و مدیریتی تأمین‌کنندگان در نظر بگیرد و ثانیاً نیازمند به‌کارگیری ابزار مناسبی برای این تصمیم‌گیری است. پیش‌ازاین، روش‌هایی مانند نظریه فازی و نظریه سیستم‌های خاکستری برای مواجهه با عدم‌قطعیت معیارها، ایجاد شده و مورداستفاده قرار گرفته است. مدل ارزیابی پیشنهادشده در این پژوهش، جهت ارزیابی شبکه تأمین یکی از صنایع دفاعی کشور ارائه و پیاده‌سازی شده است که هدف از آن، به‌کارگیری توأمان معیارهای کمّی و کیفی، امکان بی‌بعدسازی معیارهای مبتنی بر هدف در کنار معیارهایی از نوع سود و هزینه، استفاده از نظرات خبرگان در تخصیص اوزان به معیارها و شاخص‌ها با استفاده از اعداد خاکستری، توسعه و بهبود روش تحلیل رابطه‌ای خاکستری و معماری مجدد شبکه تأمین است.

واژگان کلیدی:

ارزیابی شبکه همکاران دفاعی؛ زنجیره تأمین سبز؛ قابلیت ارتجاعی تأمین‌کنندگان؛ شاخص‌های کمی و کیفی؛ تحلیل رابطه‌ای خاکستری.

۱- دانشجوی دکتری مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران Ammalek@srbiau.ac.ir
۲*- دانشیار، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج (نویسنده مسئول): ibrahimnejad@kiau.ac.ir
۳- استاد، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه تهران، تهران

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

وجود سیاست‌های انبساطی دولت در ادوار گذشته مبنی بر رشد و توسعه کمی و کیفی تـأمین‌کننـدگان و شبکه همکاران دفاعی و راه‌اندازی مرکز راهبری سـاماندهی، مـدیریت و توانمندسـازی شـبکه همکـاران (سمتا) و پیاده‌سازی آن در صنایع تابعه، باعث شد تا ظرف چند سال به‌یک‌بـاره حجـم بـرون‌سـپاری‌هـا به‌شدت افزایش یافته و صنایع با تأمین‌کنندگان کوچک و بزرگ قرارداد بسته و شبکه همکـاران خـود را گسترده نمایند. هرچند در آن زمان هم، تهدیدها و فرصت‌های اتخاذ این راهبـرد بـه مراجـع بالادسـتی اعلام شده بود، اما به‌مرورزمان و به‌واسطه عدم اجرای مناسب این راهبرد، معایب و تهدیدهای آن شفاف گردید؛ به‌نحوی‌که میزان بدهی‌های مالی به تأمین‌کنندگان افزایش یافته و تعدد آن‌ها نیز باعث کـاهش بهره‌وری و چابکی شبکه تأمین شده است. از سویی بواسطه محدودیت زمان در پیاده‌سازی طرح، فرصت مناسبی برای تحلیل‌های کارشناسی وجود نداشت؛ لذا معماری شبکه و سـاختار لایـه‌ای تـأمین‌کننـدگان به‌درستی ترسیم نشد. از سوی دیگر، لزوم بازنگری و بهبود شاخص‌ها و معیارها بـا توجـه بـه معیارهـای زیست‌محیطی، ارتجاعی و چابکی سازمانی احساس می‌شود.

مشتری همواره بهترین محصول، ارزان‌ترین و سریع‌ترین آن را می‌خواهد. این نگـرش مـی‌توانـد باعـث آلودگی محیط‌زیست و تولید محصولات و فرآیندهایی شود که مغایر با الزامات زیسـت‌محیطـی و ایمنـی باشد. در همین راستا، سازمان‌ها بقای خود را در مسـئولیت‌پـذیری در سـه حـوزه اقتصـادی، اجتمـاعی و زیست‌محیطی یافته‌اند. نگرش سبز در سازمان و ایجاد سـاختارهای سـازمانی بـا عنـوان تضـمین سـبز، جایگزین واحدهای سازمانی از قبیل تضمین کیفیت شده‌اند. سبز کردن زنجیـره تـأمین، فرآینـد در نظـر گرفتن معیارها یا ملاحظات زیست‌محیطی در سرتاسر زنجیره تأمین است.

عوامل مخاطره‌آمیزی همچون گرم شدن زمین، انواع آلودگی‌ها، افـزایش مقـدار گازهـای گلخانـه‌ای و... باعث شده است تا حفظ محیط‌زیست و استراتژی‌های مربـوط بـه آن، خیلـی زود در اولویـت برنامـه‌هـا به‌عنوان یک نوآوری مهم سازمانی قرار گیرد. سازمان ازیک‌طرف باید به سوددهی و مزیـت رقـابتی و از طـرف دیگـر بـه از بـین بـردن یـا بـه حـداقل رسـاندن ضـایعات (انـرژی، تولیـد گازهـای گلخانـه‌ای، شیمیایی/خطرناک، مواد زائد جامد) توجه نماید.

فشار مقررات دولتی برای اخذ استانداردهای زیست‌محیطی ازیک‌طرف و رشد فزاینده تقاضـای جامعـه و مشتریان برای عرضه محصولات سبز (بدون اثر مخرب بر محیط‌زیست)، توجه به مفهوم زنجیره تـأمین سبز و مدیریت آن را ایجاب می‌کند. امروزه مدیران زنجیره تأمین سبز در شرکت‌های پیشـرو، از طریـق ایجاد مطلوبیت و رضایتمندی از منظر زیست‌محیطی در سراسر زنجیره تأمین، می‌کوشند تا از آماد[۱] سبز و بهبود عملکرد محیطی خود در کل زنجیره تأمین به‌عنوان یک سلاح اسـتراتژیک جهـت کسـب مزیـت رقابتی پایدار سود ببرند [۱]. زنجیره تأمین سبز به‌عنوان یک رویکرد نوین برای دستیابی شـرکت‌هـا بـه

۱ logestic

www.SID.ir

Archive of SID

سود و سهم بازار هدف به‌وسیله کاهش ریسک و اثرات وارد بر محیط، به وجود آمده است.
عواملی نظیر مسائل سیاسی، نوسانات تقاضا، تغییرات فنّاورانه، ناپایداری‌های مالی و حوادث طبیعی موجب افزایش عدم‌قطعیت و بروز ریسک‌هایی در زنجیره تأمین شده است. قابلیت ارتجاعی با مدیریت چنین ریسک‌هایی می‌تواند آسیب‌پذیری شبکه تأمین را کاهش دهد.
طراحی الگوی مفهومی ارزیابی تأمین‌کنندگان در شبکه تأمین که به‌عنوان موضوع اصلی این پژوهش نیز در نظر گرفته شده است، اولاً مستلزم شناسایی معیارهای ارزیابی شبکه تأمین‌کنندگان است، به‌گونه‌ای که معیارهای قابلیت ارتجاعی را همزمان با معیارهای زیست‌محیطی، سبز، محصولی و قابلیت‌های فنی و مدیریتی تأمین‌کنندگان در نظر بگیرد؛ ثانیاً می‌بایست ابزار مناسبی برای این تصمیم‌گیری به کار گرفته شود. مروری بر مبانی نظری موضوع نشان می‌دهد که از ابزارهای تصمیم‌گیری چندشاخصه برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده در زنجیره تأمین سبز قابل ارتجاع استفاده نشده است؛ این در حالی است که همواره درخصوص آسیب‌پذیری زنجیره تأمین و درنتیجه، قابلیت ارتجاعی تأمین‌کنندگان و رعایت معیارها و الزامات سبز بودن زنجیره تأمین، عدم‌قطعیت وجود دارد [۲].
به همین منظور، این پژوهش در نظر دارد تا مدلی جهت ارزیابی، رتبه‌بندی و انتخاب تأمین‌کنندگان با قابلیت ارتجاعی و سبز و درنتیجه، معماری مطلوب شبکه همکاران طراحی نماید. در این راستا، شاخص‌ها و معیارهای کمّی و کیفی بکار گرفته‌شده در مبانی نظری تحقیق و سیاست‌ها و راهبردهای کلان تیم مدیریت ایجاب می‌کند تا مدل تصمیم‌گیری چندشاخصه در شرایط عدم‌قطعیت بکار گفته شود. لذا برای آنکه بتوان شاخص‌های کمی و کیفی موجود در مدل را به‌صورت تلفیقی در نظر گرفت، از نظریه سیستم‌های خاکستری (به‌عنوان یکی از روش‌های نوین در مواجهه با عدم‌قطعیت)، و فنون تصمیم‌گیری چندشاخصه در شرایط عدم‌قطعیت استفاده و روابط ریاضیاتی آن گام‌به‌گام تشریح شده است. در بخش دوم این مقاله، مبانی نظری و پیشینه پژوهش شامل مدل‌های انتخاب تأمین‌کننده، معیارها و مدل‌های ارزیابی تأمین‌کنندگان سبز و ارتجاعی مرور شده است. ضمن آنکه نظریه سیستم‌های خاکستری، روش تحلیل رابطه‌ای خاکستری، روش‌ها و کاربردهای آن در مدیریت و تصمیم‌گیری بیان شده و شکاف پژوهش تبیین گردیده است. در بخش سوم، روش‌شناسی، مدل پژوهش و تشریح روابط و اجزای مدل ارائه شده است. بخش چهارم دربرگیرنده مطالعه موردی صورت گرفته و چگونگی به‌کارگیری و پیاده‌سازی مدل پژوهش در این صنعت بوده و مراحل آن به‌صورت گام‌به‌گام آورده شده است. در بخش پنجم، نتایج پژوهش و در بخش ششم، بحث و نتیجه‌گیری و پیشنهادهای آتی ارائه شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

۲- مرور مبانی نظری و پیشینه پژوهش

در پژوهش‌های اخیر، روش‌های مختلفی برای تصمیم‌گیری در خصوص ارزیابی و انتخاب تـأمین‌کننـده بکار گرفته شده است. لی و همکاران [۳] از تحلیل رابطه‌ای خاکستری و پژوهش [۴] از ترکیـب نظریـه خاکستری با روش‌های تصمیم‌گیری استفاده نموده‌اند. همچنین راجش و راوی [۵] از نظریه سیستم‌های خاکستری برای انتخاب تأمین‌کننده در زنجیره تأمین با قابلیت ارتجاعی استفاده کردند.

۲-۱- ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان

تأمین‌کننده‌ای که مواد با کیفیت را با قیمتی مناسب و با انعطاف‌پذیری لازم در تقاضاهای مختلف تأمین می‌کند، از ارجحیـت بـالاتری در انتخـاب برخـوردار اسـت. انعطـاف‌پـذیری عبـارت اسـت از توانمنـدی تأمین‌کننده در مدیریت تهدید قطـع ارتبـاط و پاسـخ‌دهـی بـه تغییـرات تقاضـا کـه بـا افزونگـی بـالا، سازگارپذیری و استانداردکردن فرآیندها تقویت می‌شود [۶ ۷].

علاوه بر این موارد، پک [۸] و کریستوفر [۶] معتقدند که تأمین‌کننده باید آن‌قدر توانا باشد که بتوانـد بـا تغییرات تقاضا کنار بیاید. با جستجو در مفـاهیم زنجیـره تـأمین انعطـاف‌پـذیر، مشـخص مـی‌شـود کـه تأمین‌کننده باید با آگاهی کامل از ریسک‌های احتمالی، کمترین آسیب‌پذیری را در برابر تهدیدات داشـته باشد و از روش‌های اجرایی و دستورالعمل‌های مطلوب برای مدیریت یکپارچـه زنجیـره تـأمین برخـوردار باشد. همچنین بهتر است تا تأمین‌کنندگان یک واحد تحقیق‌وتوسعه (R&D) یا دفتر فنی قوی داشـته باشند تا بتوانند ضمن اطمینان از سطح خوب پشتیبانی فنی، دستورالعمل‌ها و روش‌های اجرایـی مناسـب در حوزه‌های ساخت، ایمنی و نگهداری‌وتعمیرات را تهیه نموده و تـأمین‌کننـده را در بـازار رقـابتی حفـظ نماید [۹]. تأمین‌کننده مطلوب باید در دسترس باشد و بتواند علی‌رغم تغییـرات، در دریافـت و بـرآوردن تقاضا نیز سریع عمل نماید [۶].

شفافیت عبارت است از اینکه تأمین‌کننده دارای شفافیت و شـواهد کـافی در سـرمایه‌هـای بالادسـتی و پائین‌دستی و شرایط عرضه و تقاضا و برنامه‌های تولید و فروش خود باشد. قابلیت ارتجاعی بـا شـفافیت تأمین‌کننده رابطه مستقیم دارد. انتقال اطلاعات، شفافیت تأمین‌کننده را در هر دو سوی سطوح بالادست و پائین‌دست افزایش می‌دهد [۸].

تأمین‌کننده باید فعالیت‌های سبز را در اولویت‌های خود قرار دهد و ایمنـی و محـیط‌زیسـت را در تمـامی مراحل در نظر داشته باشد تا بتواند در بازار رقابتی پایدار بماند. توجه به محیط‌زیست به معنی لزوم داشتن گواهینامه‌های سیستمی محیط‌زیست مانند گواهینامه ISO ۱۴۰۰۱، ثبت و انجام فعالیت‌های پیشـگیرانه و اصلاحی در حوزه ایمنی مانند استفاده از PPE[۱] و ارزیابی و شناخت خطرات است [۱۰].

---

[۱] Personal Protective Equipment

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- برخی از جدیدترین تحقیقات صورت گرفته در خصوص ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان

پژوهش	نوع مدل	شرح مدل
[۱۱]	AHP & D Numbers	با در نظر گرفتن ۵ معیار اصلی و ۱۹ زیر معیار از اعداد D و روش AHP برای انتخاب تأمین‌کننده در یک مثال عددی استفاده شده است.
[۱۲]	Fuzzy Multi-Criteria group Decision Making, QFD & ۲-tuple linguistic representation	ارزیابی تأمین‌کنندگان با در نظر گرفتن ۹ معیار حجم تولید، تحویل دهی، روش‌های پرداخت، تنوع تأمین، قابلیت اطمینان، داشتن مهارت، سابقه رابطه تجاری، مدیریت و مکان جغرافیایی و با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره گروهی فازی و QFD و اعداد زبانی فازی دوتایی در یک بیمارستان خصوصی در ترکیه انجام شده است.
[۱۳]	Grey Relational Analysis, Principal component analysis & Entropy	۴ معیار هزینه، تحویل دهی، ظرفیت تولید و گارانتی و استفاده از روش تحلیل رابطه‌ای خاکستری در ترکیب با روش آنتروپی و تجزیه‌وتحلیل مؤلفه‌های اصلی جهت ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان در نظر گرفته شده است.
[۱۴]	AHP, Fuzzy & Neural Networks	از میان ۶۳ معیار عمومی ارزیابی تأمین‌کنندگان، ۷ معیار منتخب در یک شرکت چندملیتی ساخت استیل در هند انتخاب شده است و با استفاده از روش FAHP و شبکه عصبی فازی تأمین‌کنندگان ارزیابی شده‌اند.
[۱۵]	Fuzzy Multi-Objective	با در نظر گرفتن عدم‌قطعیت در تقاضای مشتری، ظرفیت تأمین‌کننده و درصد بازگشتی محصولات، مدل ریاضی چندهدفه فازی طراحی شده و با استفاده از برنامه‌ریزی گروهی فازی (FGP) و شبیه‌سازی مونت‌کارلو حل شده است.
[۱۶]	Multi objective performance analysis (MOPA)	بهترین تأمین‌کننده بالقوه با استفاده از ۹ معیار با استفاده از روش تحلیل عملکرد چندهدفه انتخاب شده و مقایسه روش پیشنهادی با مدل‌هایVIKOR، TOPSIS و ELECTRE صورت گرفته است.
[۱۷]	Fuzzy TOPSIS & SCOR model	برگرفته از مدل SCOR، ۱۱ معیار برای ارزیابی تأمین‌کنندگان در یک صنعت خودرو با استفاده از تاپسیس فازی ارائه شده است.

۲-۲- قابلیت ارتجاعی زنجیره تأمین

از سال ۲۰۰۵ که واژه قابلیت ارتجاعی در زنجیره تأمین توسط شفی[۱] مطرح شد، تحقیقات مختلفی در این خصوص صورت پذیرفته است. مدلی برای قابلیت ارتجاعی زنجیره تأمین برای رقابت‌پذیری در شرکت‌های خودروسازی ایران در مقاله [۱۸] و تأثیر محیطزیست و توسعه پایدار بر قابلیت ارتجاعی زنجیره تأمین در پژوهش [۱۹] ارائه شده است.

[۱] Sheffi, Y.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- تحقیقات اخیر در حوزه قابلیت ارتجاعی زنجیره تأمین

پژوهش	شرح مدل
[۲۰]	در این تحقیق، ۱۴ معیار توانمندساز برای قابلیت ارتجاعی زنجیره تأمین، تعریف و با استفاده از نظریه گراف و پرسشنامه‌ای که میان ۱۰۳ شرکت‌کننده توزیع شده، اهمیت هر یک از معیارها و مقدار ارتجاعی بودن زنجیره تأمین به دست آمده است.
[۲۱]	در این مقاله، معیارهای همکاری در زنجیره تأمین با قابلیت ارتجاعی شامل اشتراک اطلاعات، تجانس اهداف، انطباق تصمیمات، جهت‌گیری مشوق‌ها، اشتراک منابع، ارتباطات همکارانه و ایجاد حلقه‌های دانشی را تعریف و تأثیر آن بر قابلیت ارتجاعی زنجیره تأمین را بیان نموده است.
[۲۲]	یک مدل احتمالی دو هدفه خطی عددصحیح مبتنی بر سناریو طراحی شده تا تأمین‌کننده قابل ارتجاع را بر مبنای زنجیره تأمین جهانی ایجاد کند و بتواند به عدم‌قطعیت و وقفه‌هایی که به سبب ریسک‌های عملیاتی و اختلال رخ می‌دهند، پاسخ دهد.

۲-۳- زنجیره تأمین سبز

مدیریت زنجیره تأمین سبز از منظر چرخه عمر محصول شامل تمامی مراحل از مواد اولیه، طراحی و ساخت محصول، فروش محصول و حمل‌ونقل، استفاده از محصول و بازیافت محصولات است. با استفاده از مدیریت زنجیره تأمین و فنّاوری سبز، شرکت می‌تواند تأثیرات منفی زیست‌محیطی را کاهش داده و به استفاده مطلوب از منابع و انرژی دست یابد.

تسنگ و چیو [۲۳] تعداد ۱۸ معیار که مهمترین آن‌ها عبارت‌اند از معیارهای زیست‌محیطی، سیستم مدیریت محیط‌زیست، سوددهی تأمین‌کننده و نزدیکی روابط با تأمین‌کننده را برای مطالعه خود انتخاب و سپس با نظریه فازی جهت تبدیل معیارهای زبانی به اعداد قطعی اقدام نمودند. آنان دو دسته معیارهای زیست‌محیطی و غیر زیست‌محیطی در شرکت موردمطالعه، گسترش و وزن معیارها را بر اساس دو عامل کمّی و کیفی تعیین و درنهایت جهت رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان، از روش تجزیه‌وتحلیل خاکستری بهره بردند.

نیلسن و همکاران [۲۴] خلاصه‌ای از معیارهای رایج در انتخاب تأمین‌کنندگان را در دو حوزه معیارهای عمومی و زیست‌محیطی بیان نمودند. آنان ضمن بررسی ۵۷ مقاله معتبر در حوزه زنجیره تأمین سبز از سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۴، فراوانی بکار رفته در معیارهای زیست‌محیطی انتخاب تأمین‌کنندگان را با پژوهش [۲۵] مقایسه و به شرح جدول ۳ بیان نمودند.

کوو و همکارن [۲۶] یک مدل ترکیبی MCDM را برای ارزیابی تأمین‌کنندگان سبز در صنایع الکترونیک ارائه داده‌اند. آن‌ها براساس ویرایش ۴ طبقه‌بندی EICC[۱]، ۱۷ معیار را در دو حوزه زیست‌محیطی و سیستم‌های مدیریتی شناسایی و تعریف نمودند.

[۱] EICC: Electronic Industry Citizenship Coalition

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- فراوانی مهمترین معیارهای زیست‌محیطی در روش‌های مرسوم انتخاب تأمین‌کنندگان

		[۲۵]	[۲۴]
طول دوره		۲۰۱۱ - ۱۹۹۶	۲۰۱۴ - ۱۹۹۶
تعداد مقالات مرورشده		۳۳	۵۷
معیارها	سیستم مدیریت زیست‌محیطی	۱۱	۲۰
	تصویر سبز	۴	۸
	مزیت زیست‌محیطی	۳	۶
	طراحی برای محیط‌زیست	۳	۵
	هزینه‌های بهبود محیط‌زیست	۲	۵
	عملکرد زیست‌محیطی	۳	۵

۲-٤- نظریه سیستم‌های خاکستری

پروفسور دنگ مفهوم نظریه خاکستری را از مجموعه خاکستری در ترکیب با نظریه سیستم، نظریه فضا و نظریه کنترل معرفی نمود. نظریه سیستم‌های خاکستری[۱] به‌خوبی می‌تواند ابهام موجود در تصمیمات انسانی را به زبان ریاضی تبدیل کند و به‌صورت موفقیت‌آمیزی با سایر روش‌های تصمیم‌گیری ترکیب کرده و کیفیت قضاوت خبرگان را ارتقا بخشد.

یکی از مزایای مهم نظریه سیستم‌های خاکستری این است که می‌تواند نتایج رضایت بخشی را از مقادیر کم داده ها یا فاکتورهای زیادی از متغیرها ایجاد نماید. نظریه خاکستری به‌صورت گسترده در تصمیم‌گیری‌های صنعتی و مهندسی به کارگرفته شده است.

جدول ٤- جدیدترین کاربردهای نظریه سیستم‌های خاکستری

پژوهش	روش	کاربرد
[۲۷]	Grey Theory	ارزیابی پایداری تأمین‌کننده
[۴]	GRA + Fuzzy Set	انتخاب تأمین‌کننده
[۲۸]	GRA + IFS[۲]	انتخاب تأمین‌کننده سبز
[۲۳]	GRA + Fuzzy Set	زنجیره تأمین سبز
[۲۹]	GRA + Fuzzy Set	توسعه مدل تصمیم‌گیری Dempster–Shafer
[۵]	GPD	انتخاب تأمین‌کننده با قابلیت ارتجاعی
[۳۰]	GRA + ANP	انتخاب تأمین‌کننده سبز
[۳۱]	GRA + TOPSIS	اندازه‌گیری و بهینه‌سازی سختی سطح و فرسایش ابزار
[۳۲]	GRA + SAW + TOPSIS	مدل ترکیبی MCDM بر اساس طرح آزمایش

۱ Grey systems theory
۲ Intuitionistic fuzzy set

www.SID.ir

Archive of SID

۲-٤-۱- روش تحلیل رابطه‌ای خاکستری و مقایسه آن با مدل پیشنهادی

یکی از مهمترین مزایای تحلیل رابطه خاکستری در مقایسه با سایر روش‌های محاسبه، این است کـه در تحلیل رابطه خاکستری هیچ محدودیت خاصی در مورد حجم نمونه و نرمال بودن توزیـع داده‌هـا وجـود ندارد و علاوه بر آن شیوه محاسباتی آن نیز آسان است [۳۳]. در اکثر تحقیقـاتی کـه تـاکنون در حـوزه تحلیل رابطه‌ای خاکستری صورت گرفته، وزن معیارها قطعی فرض شده و معیار مبتنی بر هدف نیز یا در مسئله وجود نداشته یا در صورت وجود، یک مقدار قطعی برای آن در نظـر گرفتـه شـده اسـت [۳۴]. در جدول زیر، شکاف تحقیق و نوآوری بکار رفته در این پژوهش در مقایسه با مطالعات پیشـین ارائـه شـده است.

جدول ۵- بررسی مبانی نظری پژوهش در مقایسه با مدل پیشنهادی

پژوهش	شاخص مبتنی بر هدف	ماهیت شاخص مبتنی بر هدف		درایه‌های ماتریس تصمیم‌گیری			وزن شاخص‌ها		کاربرد
		کمی	کیفی	کمی	کیفی	نوع عدم‌قطعیت	قطعی	غیرقطعی	
[۳]					✓	خاکستری		✓	انتخاب تأمین‌کننده
[۳۵]					✓	فازی			ارزیابی عملکرد مالی خطوط هوایی تایوان
[۳۶]					✓	خاکستری	✓		ارزیابی تأمین‌کننده
[۳۴]	✓	✓		✓			✓		طرح جانمایی و قواعد صف در کار کارگاهی
[۳۷]					✓	فازی		✓	انتخاب تأمین‌کننده
[۳۳]					✓	فازی			مدیریت دانش زیست‌محیطی
[۳۸]				✓					ماشین‌کاری الکتروشیمیایی
[۳۹]				✓					بهینه‌سازی طراحی مبدل حرارتی مسطح
[۴۰]				✓					بهینه‌سازی طراحی
[۵]					✓	خاکستری		✓	انتخاب تأمین‌کننده با قابلیت ارتجاعی
[۱۱]					✓	اعداد D [۱]		✓	انتخاب تأمین‌کننده
[۴۱]					✓	فازی نوع دوم		✓	ارزیابی تأمین‌کنندگان سبز
این پژوهش	✓	✓	✓	✓	✓	خاکستری	✓	✓	ارزیابی قابلیت ارتجاعی شبکه تأمین‌کنندگان سبز

[۱] D Numbers

www.SID.ir

Archive of SID

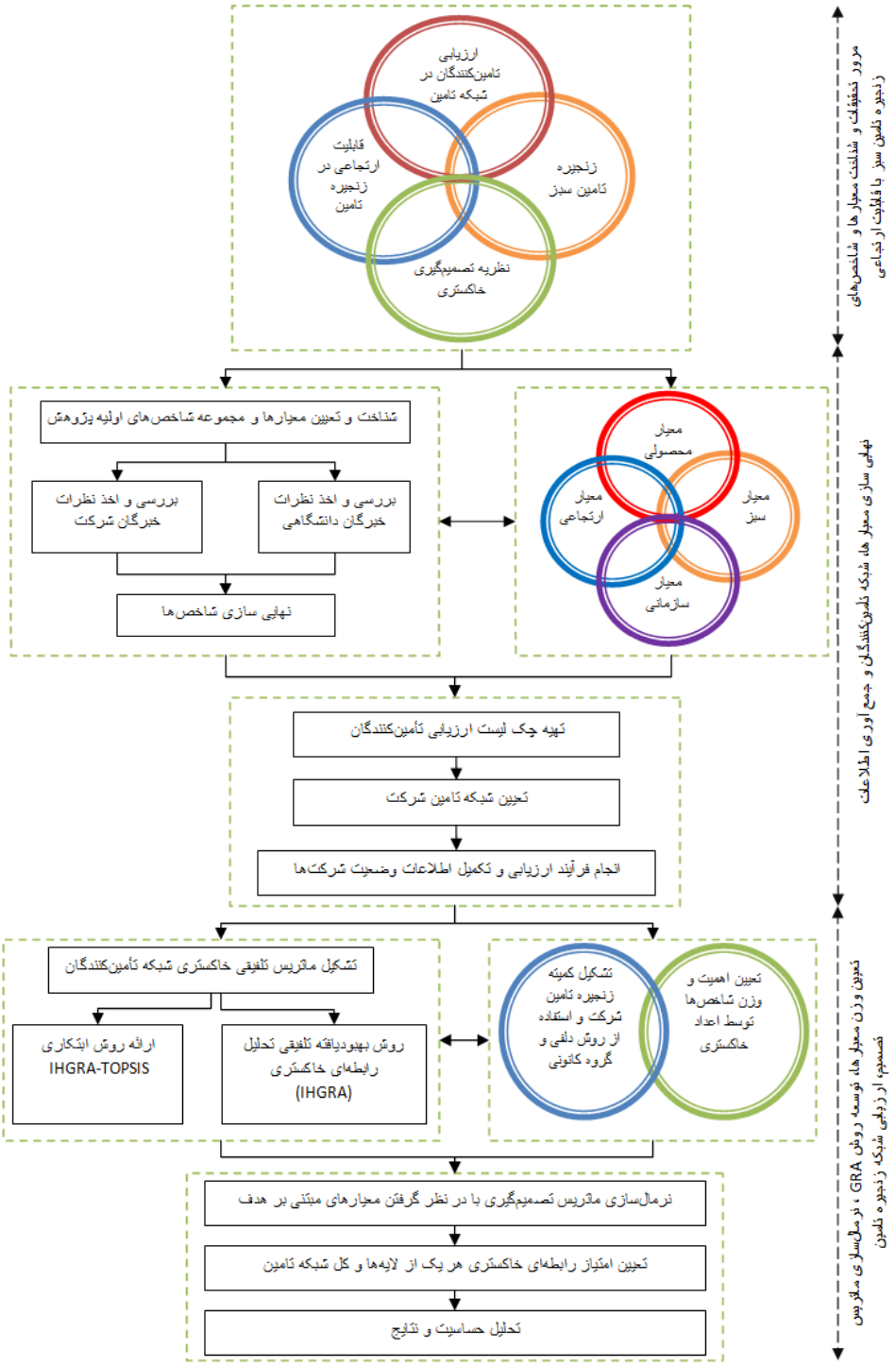
۳- روش پژوهش

همان‌طور که در بخش دوم به تفصیل اشاره شد، مجموعه متعددی از معیارها و شاخص‌های مختلف جهت ارزیابی و رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان در تحقیقات این حوزه استفاده شده است. آنچه این پژوهش را متمایز می‌نماید، توجه به ارزیابی شبکه تأمین و لزوم توجه به لایه‌های دوم و سوم تأمین‌کنندگان از بعد زیست‌محیطی و ارتجاعی است. ضمن آنکه این پژوهش به دنبال انتخاب تأمین‌کننده از میان مجموعه‌ای از تأمین‌کنندگان بالقوه بر اساس یک نوع محصول نیست؛ بلکه همان‌طور که در دنیای واقعی و روابط شرکت‌ها با تأمین‌کنندگانشان وجود دارد، همه شرکت‌ها به دنبال حفظ و تقویت تأمین‌کنندگان کلیدی و ارزش‌آفرین خود هستند و ایجاد شبکه همکاران به‌صورت داشتن کل یا بخشی از مالکیت سهام مدنظر مدیران ارشد است. بر این اساس، لازم است تا شبکه فعلی تأمین‌کنندگان مورد ارزیابی قرار گرفته تا ضمن شناخت نقاط قوت و ضعف تأمین‌کنندگان، نسبت به تقویت فنی و مدیریتی آن‌ها اقدامات لازم صورت گیرد. مسلماً هدف از ارزیابی، بررسی دقیق همه جنبه‌های فنی و مدیریتی یک تأمین‌کننده در یک شبکه تأمین است. صرف توجه و به‌کارگیری معیارها و شاخص‌های سنتی ارزیابی تأمین‌کنندگان، دیگر نمی‌تواند شاخصی مؤثر و مطلوب در تصمیم‌گیری مدیران ارشد باشد.

ابلاغیه‌های مبادی بالادستی و سیاست‌های الزامی دولت‌ها و استانداردهای بین‌المللی، ایجاب می‌کند تا مباحث زنجیره تأمین سبز چه در بُعد ایمنی و چه در حوزه محیط‌زیست موردتوجه اکید شرکت‌ها باشد؛ اما اضافه‌کردن معیارهای سبز نیز دیگر به‌تنهایی نمی‌تواند یک ارزیابی مناسب را منتج نماید؛ چراکه تغییرات و تحولات سریع بازارهای داخلی و بین‌المللی برگرفته از سیاست‌های انقباضی و انبساطی دولت‌ها و جهت‌گیری‌های سیاسی و اعمال محدودیت‌های مالی و تحریمی نیز شبکه تأمین‌کنندگان را تهدید می‌کند. پیش‌بینی این تهدیدات و برنامه‌ریزی برای کنترل و حفظ شرایط فعلی شرکت و حتی جهش از روی آن و رسیدن به سطحی بالاتر از قابلیت‌های فنی از الزامات زنجیره تأمین ارتجاعی است. بدین منظور، بیش از یک‌صد شاخص و معیار در ارزیابی تأمین‌کنندگان در زنجیره تأمین سبز با قابلیت ارتجاعی در مبانی نظری پژوهش تعریف و بکار گرفته شده است. متأسفانه برخی از شاخص‌های جهانی زنجیره تأمین سبز با قابلیت ارتجاعی هنوز در کشور و بالأخص صنایع تولیدی مورد پایش و کنترل مستمر قرار نمی‌گیرد و لازم است تا از تصمیمات کیفی مبتنی بر نظر خبرگان در ارزیابی استفاده نمود؛ لذا با تلفیقی از شاخص‌های کمّی و کیفی مواجه خواهیم بود که لازم است تا روش مناسب با آن نیز جهت تصمیم‌گیری طراحی و بکار گرفته شود. جهت مواجهه با این شرایط عدم‌قطعیت، نظریه‌هایی نظیر نظریه سیستم‌های فازی و خاکستری در مبانی نظری تحقیق بیشتر مورد تائید و استفاده بوده است. در این پژوهش، از تئوری سیستم‌های خاکستری و روش تحلیل رابطه‌ای خاکستری به‌عنوان روش پایه استفاده شده و جهت تحلیل و تصمیم‌گیری مؤثر شاخص‌های تلفیقی، مدل پیشنهادی توسعه یافته است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- فرایند اجرایی پژوهش

www.SID.ir

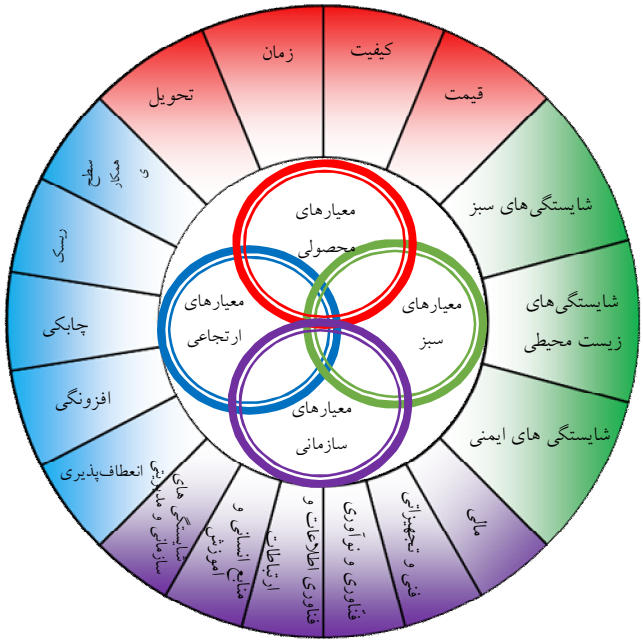
Archive of SID

۳-۱- مدل ارزیابی قابلیت ارتجاعی شبکه تأمین سبز

بر این اساس از میان معیارها و شاخص‌های بررسی‌شده در این پـژوهش، مجموعـه‌ای از شـاخص‌هـای ارزیابی قابلیت ارتجاعی شبکه تأمین‌کنندگان در زنجیره تأمین سبز جمع‌آوری شد و در مرحله بعد پس از اخذ نظرات تعدادی از متخصصین و خبرگان دانشگاهی و صنعتی، حدود ۱۰۰ شاخص و معیار بـه‌عنـوان متغیرهای مستقل اولیه به شرکت پیشنهاد شد.

پس از ارائه این شاخص‌ها به شرکت و اخذ نظرات خبرگان دانشگاهی و صنعتی و بـا برگـزاری جلسـات متعدد کارشناسی و مدیریتی در شرکت، با در نظر گرفتن ویژگی‌هایی نظیر اهمیت و کارآمـدی شـاخص، وجود اطلاعات و مقادیر شاخص در شبکه تأمین و سهولت در به دسـت آوردن مقـادیر کمّـی یـا کیفـی شاخص، تعداد شاخص‌ها کاهش داده شد و شاخص‌های نهایی مشخص گردید. در نحـوه دسـته‌بنـدی و تعیین معیارها نیز برخی تغییرات جزئی اعمال و مدل پژوهش به‌روزرسانی و اصلاح شد.

از آن جمله می‌تـوان بـه اضـافه شـدن زیرمعیـار شایسـتگی‌هـای سـبز و تفکیـک زیرمعیارهـای سـبز، زیست‌محیطی و ایمنی اشاره کرد. در حوزه شاخص‌ها نیز با حذف شاخص‌هایی با تأثیر کم، درنهایت ۵۴ شاخص در قالب ۴ محور اصلیِ معیارهای محصولی، معیارهـای سـبز، معیارهـای ارتجـاعی و معیارهـای سازمانی طبقه‌بندی شده و مطابق شکل ۲، مدل ارزیابی زنجیره تأمین سـبز بـا قابلیـت ارتجـاعی ارائـه می‌شود.



شکل ۲- مدل ارزیابی قابلیت ارتجاعی شبکه تامین سبز

www.SID.ir

Archive of SID

۳-۲- روش بهبودیافته تحلیل رابطه‌ای خاکستری

فرض کنید $A=(A_1,A_2,\mathrm{K},A_m)$ مجموعه گزینه‌ها و $Q=(Q_1,Q_2,\mathrm{K},Q_n)$ مجموعه n تایی از شاخص‌های مستقل باشد. در حالت جامع می‌تواند در بین این n شاخص، k شاخص کمی و (n-k) یا p شاخص کیفی وجود داشته باشد (k+p=n). برای سهولت در تعریف روابط ریاضیاتی، شاخص‌های کیفی را که با استفاده از اعداد خاکستری تعریف شده‌اند، به‌صورت $\otimes G_j$ و شاخص‌های کمّی را به‌صورت Q_j نمایش می‌دهند. مراحل روش تحلیل رابطه‌ای خاکستری عبارت است از:

الف) تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری و نرمال کردن داده‌ها

$$A=\begin{bmatrix} Q_{11} & Q_{12} & \mathrm{K} & Q_{1k} & \otimes G_{1k+1} & \otimes G_{1k+2} & \mathrm{K} & \otimes G_{1p} \\ Q_{21} & Q_{22} & & & \otimes G_{2k+1} & \otimes G_{2k+2} & & \\ \mathrm{M} & & \mathrm{O} & & \mathrm{M} & & \mathrm{O} & \\ Q_{m1} & & & Q_{mk} & \otimes G_{mk+1} & & & \otimes G_{mp} \end{bmatrix} \qquad (۱)$$

برای آنکه بتوان مقادیر ماتریس تصمیم‌گیری را با توجه به جهت و ماهیت شاخص‌ها، بی‌بعد و نرمال‌سازی نمود لازم است تا روشی جامع به شرح زیر تعریف شود:

$$Q_{ij}^{*}=\frac{Q_{ij}}{\max Q_j} \qquad 1\le j\le k \qquad \text{مثبت قطعی} \qquad (۲)$$

$$Q_{ij}^{*}=\frac{\min Q_j}{Q_{ij}} \qquad 1\le j\le k \qquad \text{منفی قطعی} \qquad (۳)$$

برای نرمال‌سازی شاخص‌های بهینه قطعی نیز برای سهولت در محاسبات می‌توان ابتدا اختلاف شاخص را از مقدار مطلوب محاسبه و سپس از رابطه زیر آن را نرمال نمود:

$$Q_j'=\left|Q_o-Q_j\right|$$

$$Q_{ij}^{*}=\frac{\min Q_j'}{Q_{ij}'} \qquad 1\le j\le k \qquad \text{مبتنی بر هدف قطعی} \qquad (۴)$$

روابط مربوط به نرمال‌سازی شاخص‌های مثبت و منفی اعداد خاکستری، در ادبیات پژوهش، بدون تلفیق با شاخص‌های غیرقطعی به‌مراتب استفاده شده است. لیکن با توجه به نوآوری بکار گرفته‌شده در این پژوهش و تهیه ماتریس تصمیم‌گیری تلفیقی از شاخص‌های کمی و کیفی، روابط آن به شرح زیر بیان می‌شود:

$$\otimes G_{ij}^{*}=\left[\frac{\underline{G}_{ij}}{\max \bar{G}_j},\frac{\bar{G}_{ij}}{\max \bar{G}_j}\right] \qquad k+1\le j\le p \qquad \text{مثبت غیرقطعی} \qquad (۵)$$

www.SID.ir

Archive of SID

$$\otimes G_{ij}^{*}=\left[\frac{\min \underline{G}_{j}}{\underline{G}_{ij}},\frac{\min \overline{G}_{j}}{\overline{G}_{ij}}\right] \qquad k+1\le j\le p \qquad \text{منفی غیرقطعی} \qquad (۶)$$

هرچند مهرگان و دباغی [۴۲] روشی برای مواجهه با شاخص‌های بهینه در حالت غیرقطعی ارائـه دادنـد، لیکن به دلیل پیچیدگی بالای مدل ریاضی و اینکه شاخص‌های مبتنی بر هدف با محاسبه اختلافشان از مقدار مطلوب تبدیل به شاخص‌های منفی می‌شوند، می‌توان مطابق با رابطه ۷ شـاخص‌هـای مبتنـی بـر هدف غیرقطعی را نرمال‌سازی نمود.

$$D_{G_0G_j}=\frac{1}{\sqrt[q]{2}}\left[\left(\underline{G}_{o}-\underline{G}_{j}\right)^{q}+\left(\overline{G}_{o}-\overline{G}_{j}\right)^{q}\right]^{\frac{1}{q}}$$

$$G_{ij}^{*}=\frac{\min D_{G_oG_j}}{D_{G_oG_j}} \qquad k+1\le j\le p \qquad \text{مبتنی بر هدف غیرقطعی} \qquad (۷)$$

در رابطه بالا، $D_{G_oG_j}$ فاصله مینکوفسکی بین دو عدد خاکستری $\otimes G_j$ و $\otimes G_o$ است. مقدار q معمولاً برابر با ۲ در نظر گرفته می‌شود که در این صورت فاصله فوق، فاصله اقلیدسی بین دو عدد خواهد بود. با توجه به اینکه لازم است تا مقادیر حد بالا و پائین اعداد خاکستری بزرگتر از صفر باشند، بهتر است تـا از توان زوج q در روابط بهره برد.

بدین ترتیب و با اعمال روابط فوق، تمامی درایه‌های ماتریس تصمیم‌گیری بین صفر و یک قرار خواهند گرفت.

ب) تعیین گزینه مرجع

مقادیر ایده‌آل برای گزینه مرجع را با توجه به نرمال‌شدن ماتریس تصمیم‌گیری می‌توان برابر با یـک یـا بیشترین مقدار هر ستون در نظر گرفت؛ هرچند که در مبانی نظری پژوهش، معمولاً از $\max Q_{ij}^{*}$ بـرای اعداد قطعی و $\max G_{ij}^{*}$ برای اعداد خاکستری استفاده شده است. بدین ترتیب، گزینه مرجع بـه‌صـورت زیر تعریف می‌شود: (۸)

$$X_0=\left\{\begin{array}{l}\max\limits_{1\le i\le m}\underline{Q}_{i1}^{*},\max\limits_{1\le i\le m}\underline{Q}_{i2}^{*},\mathrm{K},\max\limits_{1\le i\le m}\underline{Q}_{ik}^{*},\\ \left[\max\limits_{1\le i\le m}\underline{G}_{ik+1}^{*},\max\limits_{1\le i\le m}\overline{G}_{ik+1}^{*}\right],\left[\max\limits_{1\le i\le m}\underline{G}_{ik+2}^{*},\max\limits_{1\le i\le m}\overline{G}_{ik+2}^{*}\right],\mathrm{K},\left[\max\limits_{1\le i\le m}\underline{G}_{ip}^{*},\max\limits_{1\le i\le m}\overline{G}_{ip}^{*}\right]\end{array}\right\}$$

ج) محاسبه اختلاف بین گزینه‌ها و گزینه مرجع

اگر ماهیت شاخص قطعی باشد، فاصله یا اختلاف بین گزینه X_i و گزینه مرجع X_0 بـا در نظـر گـرفتن

www.SID.ir

Archive of SID

معیار j ام، از طریق رابطه ۹ و اگر ماهیت شاخص کیفی باشد، از فاصله اقلیدسی (رابطه ۱۰) محاسبه می‌شود.

$$\Delta_{ij} = \left| Q_{0j} - Q_{ij} \right| \qquad (۹)$$ شاخص‌های کمی

$$D_{0i(j)} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\left[\left(\underline{G}_0 - \underline{G}_i \right)^2 + \left(\overline{G}_0 - \overline{G}_i \right)^2 \right]} \qquad (۱۰)$$ شاخص‌های کیفی

د) محاسبه ضریب رابطه‌ای خاکستری بین گزینه X_i و X_0

$$\gamma\left(X_{0(j)}, X_{i(j)}\right) = \frac{(\min\min_{\forall i,\forall j} D_{0i(j)}) + \rho(\max\max_{\forall i,\forall j} D_{0i(j)})}{D_{0i(j)} + \rho(\max\max_{\forall i,\forall j} D_{0i(j)})} \qquad (۱۱)$$

که در آن $\rho \in (0,1)$ ضریب تفکیک است که بیانگر چگونگی در نظر گرفتن فاصله بین هر گزینه و گزینه مرجع است. در کاربردهای مختلف تحلیل رابطه‌ای خاکستری، معمولاً میانه این بازه یعنی $\rho = 0.5$ برای ضریب تفکیک در نظر گرفته می‌شود.

هـ) محاسبه امتیاز رابطه‌ای خاکستری بین گزینه X_i و X_0

$$\Gamma\left(X_0, X_i\right) = \sum_{j=1}^{n} w_j \cdot \gamma\left(X_{0(j)}, X_{i(j)}\right) \qquad (۱۲)$$

w_j وزن شاخص j است؛ به‌طوری‌که $\sum_{j=1}^{n} w_j = 1$. هرچقدر مقدار امتیاز رابطه‌ای خاکستری بزرگتر باشد، یعنی دنباله مقایسه شده به دنباله مرجع شبیه‌تر یا نزدیکتر است.

۳-۲-۱- تخصیص اوزان غیرقطعی و تعیین اهمیت معیارها

یکی دیگر از نوآوری‌های به‌کاررفته در این پژوهش، تخصیص اوزان غیرقطعی به هر شاخص است. به عبارتی در مواقعی که میزان اهمیت و ارجحیت یک شاخص به‌صورت قطعی مشخص نیست، می‌توان با استفاده ازنظر خبرگان و مرور مبانی نظری پژوهش و بهره‌گیری از اعداد خاکستری میزان وزن شاخص‌ها را در ترکیب با روش‌هایی مانند دلفی استخراج نمود.

برای بهره‌گیری از اعداد خاکستری جهت تخصیص اوزان غیرقطعی به هر شاخص، دو روش زیر پیشنهاد می‌شود:

۱- تشکیل ماتریس وزنی نرمال شده: بدین ترتیب که ماتریس تصمیم‌گیری با استفاده از روابط خاکستری، به ماتریس وزنی نرمال شده تبدیل می‌شود. به عبارتی با استفاده از اعداد خاکستری و ترجیحات زبانی و طیف لیکرت [۴۳]، وزن هر معیار به‌صورت $\otimes w_j = [0,1]$ بیان می‌شود. در این

www.SID.ir

Archive of SID

حالت، اگر k نفر خبره و تصمیم‌گیرنده در خصوص وزن یک معیار نظر بدهند، وزن آن معیار از روش زیر محاسبه می‌شود:

$$\otimes w_j = \frac{1}{k}\left[\otimes w_j^{1} + \otimes w_j^{2} + \mathrm{L} + \otimes w_j^{k}\right] \quad (۱۳)$$

سپس وزن معیار در ماتریس تصمیم‌گیری ضرب می‌شود. در این حالت، ازآنجایی‌که تمامی وزن‌ها کیفی و غیرقطعی هستند کل ماتریس تصمیم‌گیری غیرقطعی خواهد شد. آنگاه با استفاده از قواعد نرمال‌سازی، ماتریس تصمیم‌گیری را تبدیل به ماتریس وزنی نرمال‌شده کرده و ادامه مراحل مطابق آنچه شرح داده شد، انجام می‌شود. ایراد این روش آن است که ضرب دو عدد خاکستری باعث بزرگتر شدن بازه عدد خاکستری شده و دقت محاسبات و تصمیم‌گیری را کاهش می‌دهد.

۲- تبدیل اوزان کیفی به کمی و استفاده از آن در محاسبه امتیاز رابطه‌ای خاکستری

در این روش، پس‌ازآنکه وزن معیارها مطابق روش قبل به‌صورت اعداد خاکستری تعریف و محاسبه شد، با استفاده از رابطه فاصله اقلیدسی مقدار وزن معیار j ام با مقدار وزن ایده‌آل $[1,1]$، به دست آمده و از طریق رابطه زیر وزن نهایی معیارها منتج می‌شود:

$$D_{w_0 w_j} = \frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{\left[\left(\underline{w}_0 - \underline{w}_j\right)^2 + \left(\overline{w}_0 - \overline{w}_j\right)^2\right]}$$

$$W_j = \frac{D_{w_0 w_j}}{\sum_{j=1}^{n} D_{w_0 w_j}} \quad (۱۴)$$

به‌گونه‌ای که $\sum_{j=1}^{n} w_j = 1$ باشد. پس‌ازآن، مطابق رابطه ۱۲ امتیاز رابطه‌ای خاکستری محاسبه می‌شود.

۳-۳- روش ابتکاری تلفیق تاپسیس خاکستری و تحلیل رابطه‌ای خاکستری

در این روش ابتکاری، مرحله اول همانند روش بهبودیافته است، اما در مرحله دوم به‌جای آنکه گزینه مرجع مقدار بیشینه یا یک باشد، عدد خاکستری [۱و۰] در نظر گرفته می‌شود. بدین معنی که می‌توان مقادیر ایده‌آل برای گزینه مرجع را با توجه به نرمال‌شدن ماتریس تصمیم‌گیری بین صفر (ایده‌آل منفی) و یک (ایده‌آل مثبت) در نظر گرفت. بدین ترتیب، گزینه مرجع به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

www.SID.ir

Archive of SID

(۱۵)

$$X_0^+ = \left\{ \max_{1\le i\le m} Q_{i1}^* , \max_{1\le i\le m} Q_{i2}^* , \mathrm{K} , \max_{1\le i\le m} Q_{ik}^* , \left[\max_{1\le i\le m} \bar{G}_{ik+1}^*\right], \left[\max_{1\le i\le m} \bar{G}_{ik+2}^*\right], \mathrm{K} , \left[\max_{1\le i\le m} \bar{G}_{ip}^*\right] \right\}$$

$$X_0^- = \left\{ \min_{1\le i\le m} Q_{i1}^* , \min_{1\le i\le m} Q_{i2}^* , \mathrm{K} , \min_{1\le i\le m} Q_{ik}^* , \left[\min_{1\le i\le m} \underline{G}_{ik+1}^*\right], \left[\min_{1\le i\le m} \underline{G}_{ik+2}^*\right], \mathrm{K} , \left[\min_{1\le i\le m} \underline{G}_{ip}^*\right] \right\}$$

که در آن $\min_{\substack{1\le i\le m\\ 1\le j\le k}} Q_{i1}^* = 0$, $\min_{\substack{1\le i\le m\\ k+1\le j\le p}} \underline{G}_{ik+1}^* = 0$ و $\max_{\substack{1\le i\le m\\ 1\le j\le k}} Q_{i1}^* = 1$, $\max_{\substack{1\le i\le m\\ k+1\le j\le p}} \underline{G}_{ik+1}^* = 1$

اختلاف بین گزینه X_i و گزینه مرجع به دو اختلاف از ایده‌آل منفی X_0^- و ایده‌آل مثبت X_0^+ تقسیم می‌شود. نوآوری به‌کاررفته در این مرحله، تفکیک حد بالا و پائین در عدد خاکستری و محاسبه اختلاف از ایده‌آل مثبت و منفی به‌صورت مجزا است.

اگر مقدار شاخص قطعی باشد، فاصله یا اختلاف بین گزینه X_i و گزینه مرجع X_0 گرفتن معیار j ام، از طریق فرمول رابطه ۱۶ و اگر مقدار شاخص کیفی باشد، از رابطه۱۷ محاسبه می‌شود.

(۱۶) مقادیر کمی

$$\Delta_{ij}^+ = \left|1 - Q_{ij}\right|$$
$$\Delta_{ij}^- = \left|0 - Q_{ij}\right|$$

(۱۷) مقادیر کیفی

$$D_{0i(j)}^+ = \left|1 - \bar{G}_{ij}\right|$$
$$D_{0i(j)}^- = \left|0 - \underline{G}_{ij}\right|$$

بدین ترتیب، ماتریس تصمیم‌گیری تلفیقی نرمال شده A^* به دو ماتریس کمی $\bar{A}^*$ و $\underline{A}^*$ تبدیل می‌شود.

(۱۸) فاصله از ایده‌آل منفی

$$\underline{A}^* = \begin{bmatrix} \underline{\Delta}_{11} & \underline{\Delta}_{12} & \mathrm{K} & \underline{\Delta}_{1k} & \underline{D}_{1k+1} & \underline{D}_{1k+2} & \mathrm{K} & \underline{D}_{1p} \\ \underline{\Delta}_{21} & \underline{\Delta}_{22} & & & \underline{D}_{2k+1} & \underline{D}_{2k+2} & & \\ \mathrm{M} & & \mathrm{O} & & \mathrm{M} & & \mathrm{O} & \\ \underline{\Delta}_{m1} & & & \underline{\Delta}_{mk} & \underline{D}_{mk+1} & & & \underline{D}_{mp} \end{bmatrix}$$

(۱۹) فاصله از ایده‌آل مثبت

$$\bar{A}^* = \begin{bmatrix} \bar{\Delta}_{11} & \bar{\Delta}_{12} & \mathrm{K} & \bar{\Delta}_{1k} & \bar{D}_{1k+1} & \bar{D}_{1k+2} & \mathrm{K} & \bar{D}_{1p} \\ \bar{\Delta}_{21} & \bar{\Delta}_{22} & & & \bar{D}_{2k+1} & \bar{D}_{2k+2} & & \\ \mathrm{M} & & \mathrm{O} & & \mathrm{M} & & \mathrm{O} & \\ \bar{\Delta}_{m1} & & & \bar{\Delta}_{mk} & \bar{D}_{mk+1} & & & \bar{D}_{mp} \end{bmatrix}$$

www.SID.ir

Archive of SID

ضریب رابطه‌ای خاکستری بین گزینه X_i و X_0 مطابق با روابط زیر به دست می‌آید:

$$\underline{\gamma}\left(X^{-}_{0(j)},X_{i(j)}\right)=\frac{D^{-}_{0i(j)}+\rho(\max\limits_{\forall i,\forall j}\max D^{-}_{0i(j)})}{(\max\limits_{\forall i,\forall j}\max D^{-}_{0i(j)})+\rho(\max\limits_{\forall i,\forall j}\max D^{-}_{0i(j)})} \quad (۲۰)$$

$$\overline{\gamma}\left(X^{+}_{0(j)},X_{i(j)}\right)=\frac{(\min\limits_{\forall i,\forall j}\min D^{+}_{0i(j)})+\rho(\max\limits_{\forall i,\forall j}\max D^{+}_{0i(j)})}{D^{+}_{0i(j)}+\rho(\max\limits_{\forall i,\forall j}\max D^{+}_{0i(j)})} \quad (۲۱)$$

$$\gamma\left(X_{0(j)},X_{i(j)}\right)=\frac{1}{2}(\underline{\gamma}+\overline{\gamma}) \quad (۲۲)$$

که در آن $\rho\in(0,1)$ ضریب تفکیک است که بیانگر چگونگی در نظر گرفتن فاصله بین هر گزینه و گزینه مرجع است. در کاربردهای مختلف تحلیل رابطه‌ای خاکستری، معمولاً میانه این بازه یعنی $\rho=0.5$ برای ضریب تفکیک در نظر گرفته می‌شود. در رابطه فوق، برای بیان ساده‌تر فرمول، صرفاً از عبارت $D_{0i(j)}$ به‌جای استفاده همزمان از Δ_{0iij} و $D_{0i(j)}$ استفاده شده است.

امتیاز رابطه‌ای خاکستری بین گزینه X_i و X_0 از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\Gamma\left(X_0,X_i\right)=\sum_{j=1}^{n}w_j\cdot\gamma\left(X_{0(j)},X_{i(j)}\right) \quad (۲۳)$$

٤- تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و یافته‌ها

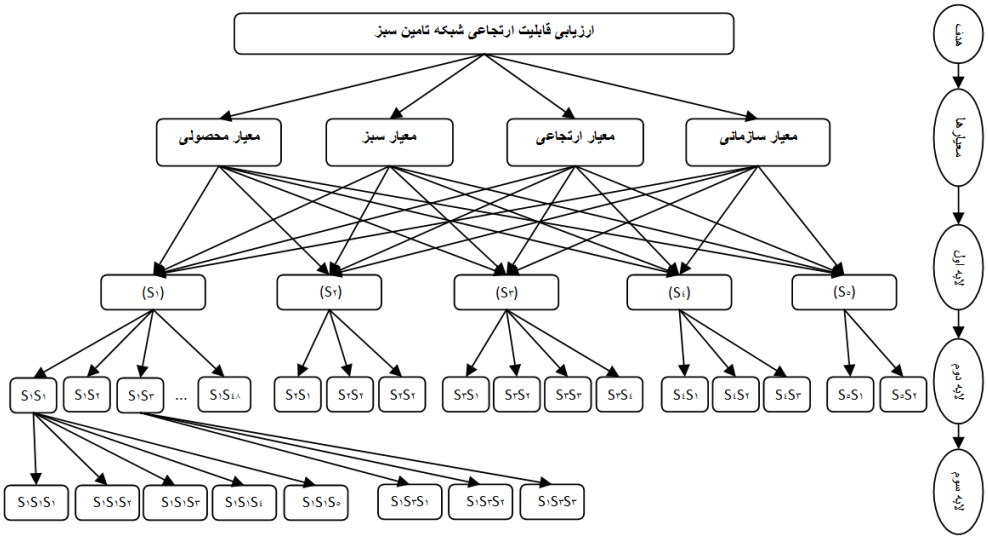
ازآنجایی‌که در چند سال اخیر برون‌سپاری و توسعه شبکه همکاران یکی از راهبردهای اصلی صنایع دفاعی بوده است، بخش زیادی از اجرای قطعات محصولات به تأمین‌کنندگان داخلی واگذار شده و ازاین‌رو، تأمین‌کنندگان نقش اساسی در تحقق زنجیره تأمین سبز با قابلیت ارتجاعی بر عهده خواهند داشت. ضمن آنکه بهبود کیفیت، افزایش رضایت مشتریان، افزایش فروش و خروج از شرایط بحران مالی و امکان فرصت‌های سرمایه‌گذاری و رشد و توسعه فنی و تحقیقاتی درگرو توجه بیشتر به تأمین‌کنندگان به‌عنوان یکی از عوامل کلیدی موفقیت شرکت‌ها است.

در این پژوهش و با توجه الزامات امنیتی، امکان معرفی صنعت و دامنه کاربرد آن وجود ندارد؛ بااین‌حال، صنعت دارای ۵ تأمین‌کننده در لایه اول بوده و یکی از مهمترین و بزرگترین آن‌ها حدود ۱۵۰ تأمین‌کننده فعال کوچک و بزرگ دارد که با توجه به شرایط مسئله و در نظر گرفتن تأمین‌کنندگان ساختی، ۴۸ تأمین‌کننده به‌عنوان لایه دوم و ۵ تأمین‌کننده به‌عنوان لایه سوم تأمین‌کننده S_1 انتخاب

www.SID.ir

Archive of SID

شدند. با توجه به الزام شرکت مبنی بر رعایت اطلاعات شرکت‌ها، لذا درخت تصمیم مطابق شکل ۳ ارائه می‌شود.



شکل ۳ - درخت تصمیم و شبکه لایه‌ای صنعت

بنابراین، مسئله پژوهش به یک ماتریس تصمیم‌گیری شامل ۵ تأمین‌کننده اصلی در لایه اول، ۶۰ تأمین‌کننده در لایه دوم و ۸ تأمین‌کننده در لایه سوم تبدیل می‌شود.

٤-١- تعیین اهمیت زیرمعیارها

با توجه به تعدد شاخص‌ها، پیچیده شدن ارزیابی و نزدیکی مقایسه‌ها، صرفاً اهمیت ۱۸ زیرمعیار تعیین و به‌تناسب آن اهمیت شاخص‌های مرتبط نیز مشخص می‌شود. برای تعیین میزان اهمیت و وزن معیارها، پرسشنامه‌ای تهیه و در اختیار اعضای کمیته قرار گرفت تا با استفاده از عبارت‌های زبانی و اعداد خاکستری و مطابق با جدول ۶، نسبت به تعیین وزن معیارها اقدام نمایند.

جدول ٦- مقیاس ارزیابی اوزان معیارها با استفاده از اعداد خاکستری [۴۴]

مقیاس	خیلی‌زیاد	زیاد	تقریباً زیاد	متوسط	تقریباً کم	کم	خیلی‌کم
	VH	H	MH	M	ML	L	VL
⊗W	[۰,۹,۱]	[۰,۷,۰,۹]	[۰,۶,۰,۷]	[۰,۴,۰,۶]	[۰,۳,۰,۴]	[۰,۱,۰,۳]	[۰,۰,۰,۱]

جهت بالاتر بردن دقت تیم خبرگان و تصمیم‌گیری بهتر ۱۷ عضو کمیته زنجیره تأمین شرکت، با توجه به‌جایگاه و مدرک اعضای کمیته به هر یک از خبرگان مطابق جدول زیر وزن تعلق گرفت.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷- اعضا و میزان وزن نظرات خبرگان شرکت

سمت	تعداد	اعضا	وزن	وزن نرمال شده
مدیر ارشد	۲	مدیر صنعت و جانشین	۰/۲	۰/۱۸
معاونت	۸	معاونت‌های بازرگانی، بازاریابی و فروش، مالی و اقتصادی، طرح‌وبرنامه، مهندسی، کیفیت، تولید، برنامه‌ریزی مواد و تولید	۰/۱۵	۰/۵۵
مدیریت	۵	مدیریت‌های خدمات فنی و طرح و توسعه، توسعه منابع انسانی، تحقیق‌وتوسعه، استراتژی، امور حقوقی و قراردادها	۰/۱	۰/۲۲
کارشناسان ارشد	۲	کارشناس ارشد ارتباط با مشتریان و مدیریت زنجیره تأمین	۰/۰۵	۰/۰۵
	۱۷	مجموع	۲/۲	۱

جدول ۸- وزن معیارهای مدل پژوهش

معیار	زیرمعیار		شاخص‌ها	وزن خاکستری		وزن قطعی
				$\underline{G}$	$\bar{G}$	W_j
محصولی	Q_1	قیمت	قیمت محصول/محصولات؛ هزینه‌های محصول	۰,۷۰۵	۰,۸۴۸	۰,۰۵۳
	Q_2	کیفیت	درصد نواقص/تخلف/انحراف در کنترل فرآیند؛ بازده؛ گارانتی و خدمات پس از فروش	۰,۷۲۰	۰,۸۵۲	۰,۰۵۱
	Q_3	زمان	زمان تولید	۰,۸۰۲	۰,۹۲۷	۰,۰۳۴
	Q_4	تحویل	زمان تحویل؛ تحویل به‌موقع و فوری؛ تحویل به تعداد مقرر؛ تحویل مطابق با استانداردهای بسته‌بندی؛ قابلیت اطمینان تحویل؛ اسناد کالای تحویل‌شده	۰,۶۴۱	۰,۸۰۲	۰,۰۶۶
سبز	Q_5	شایستگی‌های سبز	طراحی سبز؛ تصویر سبز؛ مواد سبز؛ فنّاوری سبز	۰,۷۱۶	۰,۸۷۰	۰,۰۵۰
	Q_6	شایستگی‌های زیست‌محیطی	کنترل آلودگی؛ سیستم مدیریت محیط‌زیست؛ مدیریت مصرف انرژی؛ بسته‌بندی و لجستیک معکوس؛ همکاری و کنترل زیست‌محیطی تأمین‌کنندگان	۰,۶۳۶	۰,۸۰۰	۰,۰۶۶
	Q_7	شایستگی‌های ایمنی	گواهینامه OHSAS ۱۸۰۰۱؛ نرخ وقوع OSHA	۰,۶۱۸	۰,۷۹۸	۰,۰۶۹
سازمانی	Q_8	مالی	نسبت‌های بازار و سرمایه‌گذاری؛ نسبت‌های فعالیت (کارایی)؛ نسبت‌های سودآوری؛ نسبت‌های نقدینگی	۰,۶۲۰	۰,۷۹۵	۰,۰۶۹
	Q_9	فنی و	اثربخشی کلی تجهیزات (OEE)؛ ماشین‌آلات	۰,۶۸۲	۰,۸۶۴	۰,۰۵۵

www.SID.ir

Archive of SID

		تجهیزاتی	تخصصی ساخت و مونتاژ؛ تجهیزات تخصصی آزمون و کنترل کیفیت؛ کمک تأمین‌کننده در حل مسائل فنی			
	$Q_{۱۰}$	فنّاوری و نوآوری	بهره‌وری واحد تحقیق‌وتوسعه؛ تعداد ثبت اختراع؛ مقالات بین‌المللی تائیدشده؛ نرخ نوآوری فنّاورانه	۰,۵۹۱	۰,۷۶۴	۰,۰۷۶
	$Q_{۱۱}$	فنّاوری اطلاعات و ارتباطات	دسترسی به اینترنت؛ امنیت شبکه و اطلاعات؛ توانمندی سخت‌افزاری و نرم‌افزاری	۰,۷۵۹	۰,۹۰۲	۰,۰۴۲
	$Q_{۱۲}$	منابع انسانی و آموزش	بودجه تخصیص‌یافته به آموزش و مطالعات منابع‌انسانی؛ سابقه و تجربه کاری؛ سرانه آموزش	۰,۷۸۲	۰,۹۲۷	۰,۰۳۷
	$Q_{۱۳}$	شایستگی‌های سازمانی و مدیریتی	فاصله جغرافیایی؛ حسن سابقه؛ گواهینامه‌ها و استانداردهای کیفی؛ مدیریت استراتژیک؛ تعهد مدیریت	۰,۷۷۵	۰,۹۰۷	۰,۰۳۹
ارتجاعی	$Q_{۱۴}$	انعطاف‌پذیری	انعطاف‌پذیری	۰,۷۲۵	۰,۸۶۸	۰,۰۴۹
	$Q_{۱۵}$	افزونگی	افزونگی	۰,۶۵۲	۰,۸۳۹	۰,۰۶۱
	$Q_{۱۶}$	چابکی	سرعت؛ شفافیت	۰,۶۳۹	۰,۸۳۲	۰,۰۶۴
	$Q_{۱۷}$	ریسک	آسیب‌پذیری؛ آگاهی از ریسک	۰,۶۹۳	۰,۸۶۶	۰,۰۵۴
	$Q_{۱۸}$	سطح همکاری	اعتماد؛ همکاری؛ اشتراک اطلاعات	۰,۶۳۴	۰,۷۹۵	۰,۰۶۷

برای محاسبه وزن کمّی شده زیرمعیارها از نوآوری به‌کاررفته در این پژوهش و روش فاصله اقلیدسی استفاده شده است.

٤-۲- ارزیابی قابلیت ارتجاعی شبکه تأمین سبز

پس از مشخص شدن نوع و ماهیت شاخص‌ها در کمیته زنجیره تأمین شرکت، شرکت‌های لایه اول، دوم و سوم شبکه زنجیره تأمین صنعت شناسایی و با هماهنگی قبلی، تیم ارزیابی فنی متشکل از (نمایندگان مدیریت بازرگانی، مدیریت مالی، مدیریت تضمین کیفیت، مدیریت طراحی و تحقیق‌وتوسعه، مدیریت زنجیره تأمین و مدیریت منابع انسانی) جهت ارزیابی به‌صورت ارائه خوداظهاری و بازدید در محل[۱] به بررسی مقادیر شاخص‌ها می‌پردازند. بر این اساس، مقادیر هر شاخص در پایان بازدید حضوری و بررسی نهایی تیم ارزیاب، مشخص و ثبت می‌شود و از پرسشنامه در به دست آوردن مقادیر شهودی و قضاوت خبرگان استفاده نشده است. استفاده از چک‌لیست ارزیابی باعث می‌شود تا اولاً با توجه به آموزش‌های

[۱] Site visit

www.SID.ir

Archive of SID

قبلی تیم ارزیاب، برداشت یکسانی از شاخص‌ها شود و درضمن با توجه به تقسیم‌بندی سؤالات، هر یک از تیم‌های تخصصی نسبت به ارزیابی بخش مربوط به خود اقدام می‌کنند. این امر باعث می‌شود تا دقت مقادیر بالاتر بوده و راهکارهای پیشنهادی نیز با توجه به واقعیت‌های موجود طرح‌ریزی و بکارگرفته شود. به‌عنوان‌مثال، برای محاسبه وضعیت و توان مالی تأمین‌کننده، تیم مالی از بررسی صورت‌حساب‌های مالی حسابرسی شده شرکت در سال گذشته، شاخص‌های مالی زیرمجموعه نسبت‌های نقدینگی، سودآوری، سرمایه‌گذاری و فعالیت را محاسبه و آنگاه با توجه به هدف‌گذاری شرکت، سطح تأمین‌کننده را با استفاده از متغیرهای زبانی و طیف لیکرت هفت‌تایی بیان می‌نماید. سپس این متغیرهای زبانی از طریق اعداد خاکستری [۴۳]، به مقادیر کیفی تبدیل و در ماتریس تصمیم‌گیری خاکستری استفاده می‌شود. در این مقیاس‌دهی با استفاده از اعداد خاکستری، از الزام تقارن در ارزیابی طیف لیکرت استفاده شده است.

جدول ۹- مقیاس ارزیابی تأمین‌کنندگان با استفاده از اعداد خاکستری

مقیاس	خیلی‌خوب	خوب	تقریباً خوب	متوسط	تقریباً ضعیف	ضعیف	خیلی‌ضعیف
	VG	G	MG	F	MP	P	VP
⊗G	[۹،۱۰]	[۷, ۹]	[۶, ۷]	[۴, ۶]	[۳, ۴]	[۱, ۳]	[۰, ۱]

پس از تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری و با توجه به تلفیقی بودن ماتریس و وجود معیارهای کیفی مبتنی بر هدف، با استفاده از روش بهبودیافته تحلیل رابطه‌ای خاکستری، مقادیر امتیاز رابطه‌ای خاکستری برای هر یک از تأمین‌کنندگان محاسبه می‌شود.

بر این اساس، پس از تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری و نرمال‌کردن داده‌ها (۱۲ شاخص کمی و ۴۲ شاخص کیفی)، می‌توان برای تأمین‌کننده اول از اولین تأمین‌کننده شرکت ($S_1S_1S_1$) ماتریس تلفیقی را برای ۵۴ شاخص به‌صورت جدول زیر ارائه نمود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱۰- درایه‌های ماتریس تلفیقی خاکستری برای تأمین‌کننده S1S1S1

شاخص	قطعی	خاکستری	شاخص	قطعی	خاکستری
C۱	۰,۸۶۰		C۲۸	۰,۹۱۱	
C۲		[۰,۳۳۳،۰۷۵۰]	C۲۹		[۰,۷۷۸،۱]
C۳	۰,۵۴۵		C۳۰		[۰,۷۷۸،۱]
C۴	۱,۰۰۰		C۳۱	۰,۵۰۰	
C۵		[۰,۹،۱]	C۳۲		[۰,۸۵۷،۱]
C۶	۰,۹۳۸		C۳۳	۰,۶۰۰	
C۷	۰,۷۲۷		C۳۴		[۰,۴۲۹،۰,۵۷۱]
C۸		[۰,۷،۰,۹]	C۳۵		[۰,۷۷۸،۱]
C۹	۰,۵۰۰		C۳۶		[۰,۸۵۷،۱]
C۱۰		[۰,۷،۰,۹]	C۳۷		[۰,۶۶۷،۰,۷۷۸]
C۱۱		[۰,۷۷۸،۱]	C۳۸	۰,۱۵۰	
C۱۲		[۰,۴،۰,۶]	C۳۹	۰,۲۱۰	
C۱۳		[۰,۴۴۴،۰,۶۶۷]	C۴۰	۰,۶۱۵	
C۱۴		[۰,۳۳۳،۰,۴۴۴]	C۴۱		[۰,۷۷۸،۱]
C۱۵		[۰,۷۷۸،۱]	C۴۲		[۰,۷۷۸،۱]
C۱۶		[۰,۶۶۷،۰,۷۷۸]	C۴۳		[۰,۷۷۸،۱]
C۱۷		[۰,۳۳۳،۰,۴۴۴]	C۴۴		[۰,۸۵۷،۱]
C۱۸		[۰,۷،۰,۹]	C۴۵		[۰,۷۷۸،۱]
C۱۹		[۰,۶،۰,۷]	C۴۶		[۰,۷۷۸،۱]
C۲۰		[۰,۴۲۹،۰,۵۷۱]	C۴۷		[۰,۶۶۷،۰,۷۷۸]
C۲۱		[۰,۶۶۷،۰,۷۷۸]	C۴۸		[۰,۷۷۸،۱]
C۲۲		[۰,۹،۱]	C۴۹		[۰,۸۵۷،۱]
C۲۳	۰,۸۸۵		C۵۰		[۰,۴۲۹،۰,۵۷۱]
C۲۴		[۰,۷۷۸،۱]	C۵۱		[۰,۸۵۷،۱]
C۲۵		[۰,۷۷۸،۱]	C۵۲		[۰,۵۷۱،۰۸۵۷]
C۲۶		[۰,۷۷۸،۱]	C۵۳		[۰,۸۵۷،۱]
C۲۷		[۰,۶۶۷،۰,۷۷۸]	C۵۴		[۰,۶۶۷،۰,۷۷۸]

فاصله بین گزینه‌ها با گزینه مرجع برای شاخص‌های کمی و کیفی مطابق روابط ۹ و ۱۰ و ضریب رابطه‌ای خاکستری بین گزینه X_i و گزینه مرجع X_0 مطابق رابطه ۱۱ به دست می‌آید.

www.SID.ir

Archive of SID

$$\gamma\left(X_{0(j)},X_{i(j)}\right)=\frac{(\min\min_{\forall i,\forall j} D_{0i(j)})+\rho(\max\max_{\forall i,\forall j} D_{0i(j)})}{D_{0i(j)}+\rho(\max\max_{\forall i,\forall j} D_{0i(j)})}$$

$$\gamma\left(X_{0(1)},X_{1(1)}\right)=\frac{0+0.5*0.44}{0.14+0.5*0.44}=0.613 \qquad (۲۴)$$

$$\gamma\left(X_{0(1)},X_{2(1)}\right)=\frac{0+0.5*0.44}{0.093+0.5*0.44}=0.704$$

برای کلیه تأمین‌کنندگان ($1\le i\le 8$) و کلیه معیارها ($1\le j\le 54$) نیز ضریب رابطه‌ای خاکستری محاسبه و امتیاز رابطه‌ای خاکستری به شرح جدول ۱۱ به دست می‌آید.

جدول ۱۱- مقدار امتیاز رابطه‌ای خاکستری لایه سوم و رتبه هر یک از تأمین‌کنندگان با استفاده از روش IHGRA

نتایج رتبه‌بندی روش IHGRA	GRG	لایه سوم	لایه دوم	لایه اول
۲	۰,۷۲۱۳	$S_1S_1S_1$	S_1S_1	S_1
۱	۰,۷۴۹۳	$S_1S_1S_2$		
۵	۰,۵۸۵۱	$S_1S_1S_3$		
۴	۰,۵۹۹۲	$S_1S_1S_4$		
۳	۰,۶۱۵۹	$S_1S_1S_5$		
۶	۰,۴۷۶۴	$S_1S_2S_1$	S_1S_2	
۷	۰,۴۵۰۸	$S_1S_2S_2$		
۸	۰,۴۰۲۰	$S_1S_2S_3$		

برای سایر تأمین‌کنندگان لایه دوم و اول، مراحل بالا تکرار شده و امتیاز رابطه‌ای خاکستری هر یک از لایه‌ها تعیین می‌شود. برای به دست آوردن مقدار نهایی امتیاز رابطه‌ای خاکستری صنعت، لازم است تا ابتدا میانگین امتیاز رابطه‌ای خاکستری لایه سوم محاسبه و در میانگین امتیاز رابطه‌ای خاکستری لایه دوم آن تأمین‌کننده ضرب شود. در انتها نیز با ضرب این مقدار در امتیاز رابطه‌ای خاکستری لایه اول، مقدار نهایی حاصل خواهد شد.

٤-۳- روش ابتکاری تلفیق تاپسیس خاکستری و تحلیل رابطه‌ای خاکستری

در این روش به‌جای آنکه درایه‌های گزینه مرجع (ایده‌آل)، ماکزیمم هر معیار باشند، گزینه مرجع دارای گزینه ایده‌آل مثبت و منفی است. در این حالت، ایده‌آل مثبت و منفی را می‌توان به‌صورت عدد خاکستری [۰،۱] تعریف نمود. در این روش ابتکاری، به‌جای آنکه از فاصله اقلیدسی استفاده شود، عدد خاکستری

www.SID.ir

Archive of SID

$\otimes G = \left[\underline{G}, \bar{G}\right]$ به دو بخش تبدیل می‌شود و $\underline{G}$ با صفر و $\bar{G}$ با یک مقایسه خواهد شد. امتیاز و رتبه تأمین‌کنندگان لایه سوم با استفاده از روش ابتکاری IHGRA-TOPSIS مطابق جدول ۱۲ به دست می‌آید.

جدول ۱۲- نتایج ارزیابی و رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان با استفاده از روش ابتکاری IHGRA-TOPSIS

نتایج رتبه‌بندی روش IHGRA-TOPSIS	GRG	لایه سوم	لایه دوم	لایه اول
۲	۰٫۸۰۵۰	$S_1S_1S_1$		
۱	۰٫۸۳۰۰	$S_1S_1S_2$		
۳	۰٫۷۲۳۳	$S_1S_1S_3$	S_1S_1	
۵	۰٫۷۱۸۱	$S_1S_1S_4$		
۴	۰٫۷۲۲۰	$S_1S_1S_5$		S_1
۶	۰٫۶۲۳۱	$S_1S_2S_1$		
۷	۰٫۶۰۵۹	$S_1S_2S_2$	S_1S_2	
۸	۰٫۵۵۵۹	$S_1S_2S_3$		

به‌منظور رتبه‌بندی مجدد و افزایش اعتماد و پذیرش نتایج حاصل‌شده از روش خاکستری بهبود یافته، تأمین‌کنندگان لایه سوم با روش تاپسیس فازی مورد ارزیابی قرار گرفتند. بر این اساس از اعداد فازی مثلثی برای کمّی‌کردن مقادیر کیفی در ماتریس تصمیم‌گیری استفاده شده است.

جدول ۱۳- نتایج تاپسیس فازی در مقایسه با روش‌های پیشنهادشده

Tier ۳	IHGRA		IHGRA-TOPSIS		Fuzzy-TOPSIS	
	$\Gamma\left(X_0, X_i\right)$	Rank	$\Gamma\left(X_0, X_i\right)$	Rank	CC_i	Rank
S_1	۰٫۷۲۱	۲	۰٫۸۰۵	۲	۰٫۶۱۸	۲
S_2	۰٫۷۴۹	۱	۰٫۸۳۰	۱	۰٫۶۵۰	۱
S_3	۰٫۵۸۵	۵	۰٫۷۲۳	۳	۰٫۵۷۰	۳
S_4	۰٫۵۹۹	۴	۰٫۷۱۸	۵	۰٫۵۳۰	۵
S_5	۰٫۶۱۶	۳	۰٫۷۲۲	۴	۰٫۵۳۶	۴
S_6	۰٫۴۷۶	۶	۰٫۶۲۳	۶	۰٫۴۲۸	۶
S_7	۰٫۴۵۱	۷	۰٫۶۰۱	۷	۰٫۴۲۰	۷
S_8	۰٫۴۰۲	۸	۰٫۵۵۶	۸	۰٫۴۱۵	۸

نتایج نشان می‌دهد که روش تحلیل رابطه‌ای خاکستری بهبودیافته (IHGRA) و تاپسیس فازی، هر

www.SID.ir

Archive of SID

دو رتبه‌بندی یکسانی را از تأمین‌کنندگان به دست آورده‌اند. هرچند هر دو روش‌های خاکستری و فـازی ازجمله روش‌های پرکاربرد در مسائل MCDM هستند، روش‌های مبتنی بر نظریه خاکستری از ساختار و مفاهیم قابل‌درک‌تری برخوردار بوده و فرآیند نرمال‌سـازی در GRA در مقایسـه بـا تاپسـیس فـازی آسان‌تر و منطقی‌تر است. نکته مهم آنکه روش IHGRA به شکل شفاف‌تری اختلاف میان گزینه‌هـا را محاسبه کرده است. همچنین درصورتی‌که تعداد گزینه‌ها افزایش یابد، قابلیت اطمینان نتایج رتبـه‌بنـدی تاپسیس فازی، به‌ویژه برای گزینه‌های میانی، کاهش می‌یابد.

٤-٤- تحلیل حساسیت و تصمیمات مدیریتی

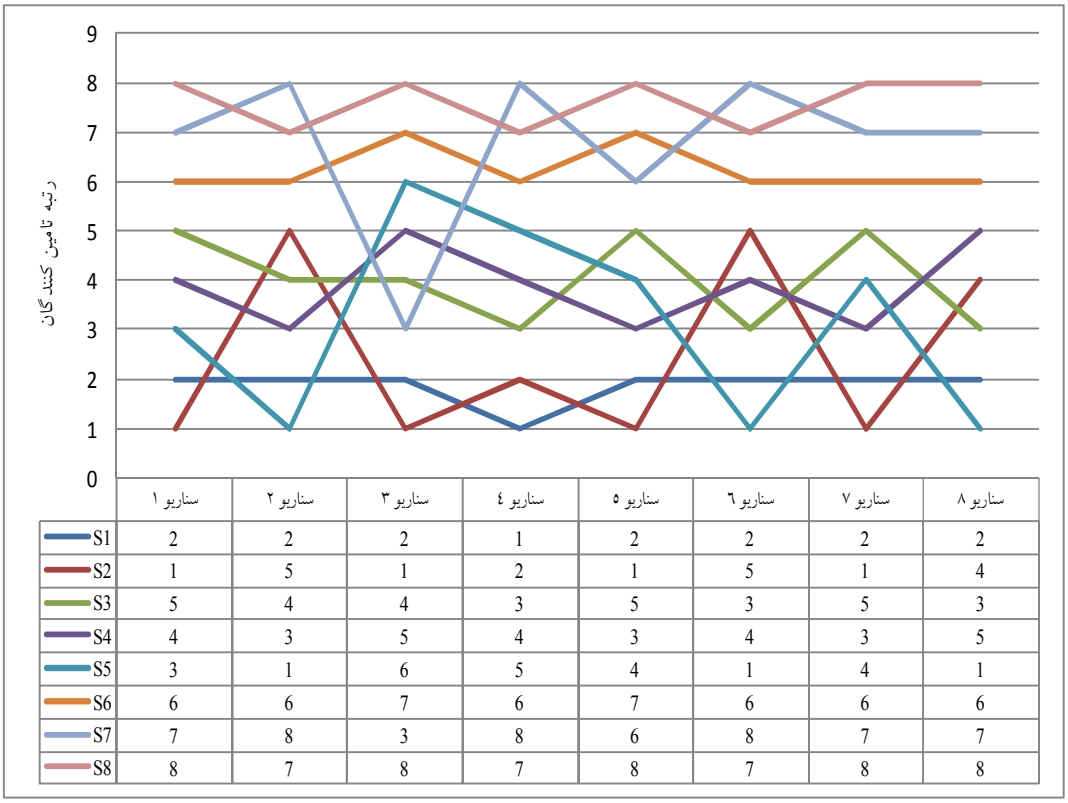
در این بخش، ۸ سناریو به‌منظور تحلیل حساسیت مدل پژوهش و بررسـی و مقایسـه آن بـا مـدل‌هـای موجود در مبانی نظری پژوهش ارائه می‌شود.

جدول ١٤- سناریوهای مختلف جهت مقایسه و تحلیل حساسیت نتایج

شماره سناریو	عنوان سناریو	شرح سناریو
۱	مدل پژوهش	کلیه معیارها و شاخص‌های پژوهش (۱۸ معیار و ۵۴ شاخص) با توجه به ماهیت و نوع شاخص
۲	صرفاً معیارهای محصولی	معیارهای محصولی (۴ معیار و ۱۲ شاخص)
۳	صرفاً معیارهای سبز	معیارهای سبز (۳ معیار و ۱۱ شاخص)
۴	صرفاً معیارهای سازمانی	معیارهای سازمانی (۶ معیار و ۲۲ شاخص)
۵	صرفاً معیارهای ارتجاعی	معیارهای ارتجاعی (۵ معیار و ۹ شاخص)
۶	مدل انتخاب تأمین‌کنندگان [۴]	شامل۶ معیار: قیمت، کیفیت، تحویل، هزینه حمل‌ونقل، فنّاوری و سیستم تولید
۷	مدل انتخاب قابلیـت ارتجـاعی تأمین‌کنندگان [۵]	شامل۱۳ معیار: قیمت، کیفیت، انعطاف‌پذیری، سرعت، شفافیت، آسیب‌پذیری، سطح همکاری، آگاهی از ریسک، مدیریت یکپارچه زنجیره تـأمین، توانمنـدی فنّاورانـه، تحقیق‌وتوسعه، ایمنی و توجه به محیط‌زیست
۸	مدل انتخاب تأمین‌کننـده سـبز [۳۰]	شامل۶ معیار: قیمت، کیفیت، فنّـاوری، مصـرف انـرژی، کنتـرل آلـودگی و تعهـد مدیریت

www.SID.ir

Archive of SID



	سناریو ۱	سناریو ۲	سناریو ۳	سناریو ٤	سناریو ٥	سناریو ٦	سناریو ۷	سناریو ۸
S1	2	2	2	1	2	2	2	2
S2	1	5	1	2	1	5	1	4
S3	5	4	4	3	5	3	5	3
S4	4	3	5	4	3	4	3	5
S5	3	1	6	5	4	1	4	1
S6	6	6	7	6	7	6	6	6
S7	7	8	3	8	6	8	7	7
S8	8	7	8	7	8	7	8	8

شکل ٤- تحلیل حساسیت سناریوهای مختلف و وضعیت رتبه تأمین‌کنندگان در مدل‌های مختلف در مقایسه با مدل پژوهش

شکل ۴ نشان می‌دهد که نتایج سناریو ۷ با سناریو ۱ (مدل پژوهش) بسیار نزدیک بوده و تنها در رتبه‌بندی سوم و چهارم اختلاف دارند. ضمناً با بررسی وضعیت تأمین‌کنندگان در سناریوهای مختلف می‌توان با توجه به تکرار رتبه در سناریوهای مختلف، این‌گونه بیان نمود که تأمین‌کننده $S_۲$ مناسب‌ترین تأمین‌کننده و رتبه اول و $S_۱$ رتبه دوم را خواهد داشت. یکی دیگر از تحلیل‌های صورت گرفته در این مقاله، مقایسه نتایج رتبه‌بندی براساس مقادیر مختلف ضریب تفکیک است. بر این اساس، علاوه بر مقدار $\rho = 0.5$، سایر مقادیر در بازه‌های ۰/۱ تا ۰/۹ در اثرگذاری بر نتایج مورد آزمون قرار گرفت. نتایج نشان داد که علی‌رغم تغییر در ضریب تفکیک و مقادیر ضریب رابطه‌ای خاکستری، ترتیب $S_۲$، $S_۱$ و $S_۵$ همواره بدون تغییر باقی می‌ماند.

www.SID.ir

Archive of SID

٤-٥- یافته‌ها

مسئله ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان که به‌مراتب با مدل‌ها و روش‌های مختلف در تحقیقات این حوزه بکار گرفته شده است، علاوه بر معیارها و صلاحیت‌های فنی و مدیریتی تأمین‌کنندگان، نیازمند توجه به ویژگی‌های ارتجاعی تأمین‌کنندگان و الزامات زیست‌محیطی و ایمنی نیز هست.

طراحی و ارائه مدلی جامع که بتواند مدیریت را در تصمیم‌گیری مطلوب و همه‌جانبه و با در نظر گرفتن توأمان معیارهای فنی، مدیریتی، زیست‌محیطی و ارتجاعی کمک نماید، یکی از اهداف این پژوهش است. این پژوهش به بهبود روشی مبتنی بر تحلیل رابطه‌ای خاکستری می‌پردازد و از منظر جنس و ماهیت شاخص‌های تصمیم‌گیری، روشی جامع محسوب می‌شود. در بسیاری از مسائل کاربردی مدیریت به‌ویژه در دنیای واقعی، اولاً لازم است معیارهای کمّی و کیفی به‌طور همزمان در فرآیند ارزیابی و انتخاب در نظر گرفته شوند؛ ثانیاً در برخی پژوهش‌های کاربردی به‌ویژه زمانی که مشخصه یا عملکرد ویژه (مانند وزن)، سطح انتظار یا استاندارد مشخص و تعریف‌شده‌ای در تصمیم‌گیری مطرح باشد، به‌کارگیری شاخص‌هایی از نوع مبتنی بر هدف در کنار شاخص‌های مثبت و منفی که متداول‌تر هستند، اجتناب‌ناپذیر می‌شود. یکی دیگر از مزیت‌های روش تحلیل رابطه‌ای خاکستری بهبودیافته، اخذ نظرات خبرگان به‌صورت مستقل و سپس اضافه شدن آن به مدل است که این امر باعث افزایش انعطاف‌پذیری مدل در مقایسه با روش‌های TOPSIS و AHP می‌شود. این انعطاف‌پذیری به‌ویژه در موقع تحلیل حساسیت و بررسی سناریوهای مختلف و کم‌وزیاد شدن نظرات بسیار مؤثر خواهد بود. همچنین ازآنجایی‌که در روش‌های پیشین GRA، معیارها و شاخص‌های کمّی و کیفی به‌صورت همزمان و با در نظر گرفتن معیارهای مبتنی بر هدف بکار گرفته نشده‌اند، روش IHGRA حل این مسئله را امکان‌پذیر ساخته است. مجموع این عوامل باعث شده تا مدل ارزیابی قابلیت ارتجاعی شبکه تأمین سبز که برای اولین بار در این پژوهش ارائه شده است، بتواند در سایر مسائل تصمیم‌گیری یا انتخاب تأمین‌کننده نیز بکار گرفته شود. یکی دیگر از مزایای روش پیشنهادشده IHGRA، این است که فرآیند شفاف کردن امتیاز رابطه‌ای خاکستری در انتهای گام‌هاست و عدم‌قطعیت موجود در مسئله، تا پایان آن در تمامی مراحل محاسباتی حفظ می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

برگرفته از مقاله [۴۵] می‌توان به‌اختصار این‌گونه بیان نمود که نظریه سیستم‌های خاکستری و روش تحلیل رابطه‌ای خاکستری نسبت به سایر روش‌های تصمیم‌گیری مانند FAHP به دلایل زیر بسیار مناسب‌تر و نتایج آن قابل‌اعتمادتر است:

۱- شایستگی مدل در صورت تغییر در گزینه‌ها و معیارها؛
۲- چابکی مدل در فرآیند تصمیم‌گیری به‌ویژه در مواردی که تعداد معیارها و گزینه‌ها زیاد باشد؛
۳- پیچیدگی و زمان‌بر بودن محاسبات در مدل پژوهش از مدل AHP به‌مراتب کمتر است؛
۴- امکان تصمیم‌گیری گروهی و استفاده از نظرات خبرگان؛
۵- هر چه تعداد تأمین‌کنندگان و معیارها افزایش می‌یابند، مدل‌های FAHP و F-TOPSIS در حل مدل و شناسایی رتبه‌های میانی ناکارآمدتر می‌شوند؛
۶- سفید کردن[۱] وزن معیارها، عدم ضرب اوزان غیرقطعی و به‌کارگیری معیارهای مبتنی بر هدف کمّی و کیفی در ماتریس تصمیم‌گیری.

در این پژوهش، بیش از یک‌صد شاخص جهت ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان در زنجیره تأمین سبز با قابلیت ارتجاعی جمع‌آوری و از میان آن با توجه به شرایط مسئله و قلمرو پژوهش، مدل نهایی پژوهش ارائه شد. از میان ۵۴ شاخص که در قالب ۱۸ معیار و ۴ محور اصلی معیارهای محصولی، معیارهای سبز، معیارهای ارتجاعی و معیارهای سازمانی دسته‌بندی شدند، مقدار ۱۲ شاخص قطعی و ۴۲ شاخص غیرقطعی بود. ضمن آنکه شاخص «تحویل به تعداد مقرر» از نوع مبتنی بر هدف قطعی و شاخص «سابقه و تجربه کاری» از نوع مبتنی بر هدف غیرقطعی تعریف شد.

نتایج کاربردی این پژوهش، مطابق جدول ۱۵، نشان می‌دهد که شرکت باید تأمین‌کنندگانی را که امتیاز رابطه‌ای خاکستری (GRG) آنان زیر ۰/۵ باشد، از فهرست تأمین‌کنندگان خارج یا تهدید به خروج نماید. همچنین شرکت می‌تواند با طبقه‌بندی مقادیر امتیاز رابطه‌ای خاکستری تأمین‌کنندگان، نسبت به سطح‌بندی مجدد و تعیین سطح A و B اقدام نماید. پیشنهاد می‌شود مقادیر بالای ۰/۷ در سطح A، بین [۰/۶,۰/۷] در سطح B و بین [۰/۵,۰/۶] در سطح C قرار بگیرند و طبق مقررات و دستورالعمل‌های بازرگانی شرکت با آنان برخورد شود. بر این اساس، صنعت ۳ تأمین‌کننده از لایه سوم و ۱۷تأمین‌کننده را از لایه دوم خارج نمود و شبکه تأمین خود را از ۷۳ شرکت زیرمجموعه به ۵۳ واحد کاهش داد.

[۱] Whitening

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱۵- نتایج امتیاز رابطه‌ای خاکستری شبکه تأمین صنعت با استفاده از مدل پژوهش

Tier ۱		Tier ۲								Tier ۳	
S	GRG	S	GRG	S	GRG	S	GRG	S	GRG	S	GRG
										$S_1S_1S_1$	۰,۷۲۱۳
										$S_1S_1S_2$	۰,۷۴۹۳
		S_1S_1	۰,۶۶۸۹							$S_1S_1S_3$	۰,۵۸۵۱
										$S_1S_1S_4$	۰,۵۹۹۲
										$S_1S_1S_5$	۰,۶۱۵۹
		S_1S_2	۰,۶۹۵۴								
										$S_1S_3S_1$	۰,۴۷۶۴
		S_1S_3	۰,۵۵۶۲							$S_1S_3S_2$	۰,۴۵۰۸
										$S_1S_3S_3$	۰,۴۰۲۰
		S_1S_4	۰,۵۷۳۱	S_1S_{16}	۰,۵۶۹۴	S_1S_{27}	۰,۴۵۵۶	S_1S_{38}	۰,۵۸۰۵		
S_1	۰,۶۵۸۹	S_1S_5	۰,۵۷۱۳	S_1S_{17}	۰,۴۶۸۱	S_1S_{28}	۰,۴۳۹۲	S_1S_{39}	۰,۵۷۲۴		
		S_1S_6	۰,۴۵۵۹	S_1S_{18}	۰,۴۳۸۴	S_1S_{29}	۰,۴۰۲۸	S_1S_{40}	۰,۴۸۰۸		
		S_1S_7	۰,۴۴۴۱	S_1S_{19}	۰,۴۰۳۷	S_1S_{30}	۰,۷۵۶۶	S_1S_{41}	۰,۴۳۸۶		
		S_1S_8	۰,۴۰۲۲	S_1S_{20}	۰,۷۶۷۴	S_1S_{31}	۰,۶۶۷۹	S_1S_{42}	۰,۴۰۹۰		
		S_1S_9	۰,۴۴۴۷	S_1S_{21}	۰,۶۷۷۸	S_1S_{32}	۰,۶۷۸۶	S_1S_{43}	۰,۵۵۱۱		
		S_1S_{10}	۰,۴۱۳۲	S_1S_{22}	۰,۶۹۲۴	S_1S_{33}	۰,۷۷۰۱	S_1S_{44}	۰,۵۷۶۹		
		S_1S_{11}	۰,۶۷۹۶	S_1S_{23}	۰,۷۶۵۶	S_1S_{34}	۰,۴۳۸۶	S_1S_{45}	۰,۶۷۲۲		
		S_1S_{12}	۰,۶۷۶۳	S_1S_{24}	۰,۵۵۳۲	S_1S_{35}	۰,۴۱۰۶	S_1S_{46}	۰,۶۸۲۵		
		S_1S_{13}	۰,۷۶۸۰	S_1S_{25}	۰,۵۷۳۶	S_1S_{36}	۰,۷۶۴۴	S_1S_{47}	۰,۷۸۲۸		
		S_1S_{14}	۰,۵۵۳۱	S_1S_{26}	۰,۵۶۵۴	S_1S_{37}	۰,۵۵۱۵	S_1S_{48}	۰,۴۴۶۰		
		S_1S_{15}	۰,۵۷۵۷								
		S_2S_1	۰,۴۰۹۱								
S_2	۰,۶۸۹۱	S_2S_2	۰,۷۶۴۳								
		S_2S_3	۰,۶۶۶۶								
		S_3S_1	۰,۶۷۵۸								
S_3	۰,۶۸۶۷	S_3S_2	۰,۷۶۴۳								
		S_3S_3	۰,۴۴۳۷								
		S_3S_4	۰,۴۱۲۲								
		S_4S_1	۰,۷۷۰۴								
S_4	۰,۵۶۱۴	S_4S_2	۰,۴۵۱۴								
		S_4S_3	۰,۴۱۲۱								
S_5	۰,۶۷۹۴	S_5S_1	۰,۵۵۳۸								
		S_5S_2	۰,۵۶۶۳								

از منظر مدیریتی نیز این تصمیم منطقی به نظر می‌رسد؛ چراکه به دلیل ماهیت تحقیقاتی و نمونه‌سازی

www.SID.ir

Archive of SID

در صنایع دفاعی، این صنایع به‌جای انعقاد قراردادهای بلندمدت روی به قراردادهای فاکتوری آورده‌اند. این راهبرد به‌واسطه محدودیت‌های سقف قرارداد باعث شده است تا صنایع بالاجبار به سمت افزایش تعداد تأمین‌کنندگان رفته که این امر نیاز به وجود منابع انسانی ازلحاظ تعداد و تخصص در حوزه‌های مالی، بازرگانی و بازرسی دارد. با عنایت به محدودیت‌های جذب و سقف ابلاغی و تدابیر کاهش نیروی انسانی و سیاست‌های درآمد هزینه، عملاً صنایع تمایلی به افزایش نیرو در حوزه‌های ستادی فوق ندارند. پس تعدد تأمین‌کنندگان با توجه به کمبود منابع انسانی باعث کند شدن ارزیابی‌ها و اثربخشی عملکرد شبکه تأمین و کاهش بهره‌وری و چابکی آن می‌شود. یکی دیگر از دلالت‌های مدیریتی پژوهش، کاهش مجموع بدهی‌های مالی شرکت به شبکه تأمین‌کنندگان است. وقتی تأمین‌کنندگان خُرد که کیفیت پایینی دارند از شبکه تأمین حذف شوند، صنعت می‌تواند آن امور را پس از اخذ مجوزهای لازم از طریق قراردادهای باز با تأمین‌کنندگان بزرگ و کلیدی خود مرتفع نماید و این یعنی کاهش بهای تمام‌شده، افزایش درآمدزایی و ارتقا سطح تولیدات.

یکی دیگر از یافته‌های پژوهش که با تدابیر مدیریتی مدیران ارشد منطبق است، توجه بیشتر به معیارهای ایمنی و زیست‌محیطی و به‌کارگیری شاخص نرخ وقوع OSHA در کنار شاخص مهم اخذ گواهینامه OHSAS ۱۸۰۰۱ است. شاخص نرخ وقوع به این علت انتخاب شده است که در صنایع نظامی میزان حوادث و مخاطرات به‌ویژه در حوزه ساخت، مونتاژ، آزمون[۱] و آزمایشگاه نمونه اولیه بسیار محتمل است و این شاخص می‌تواند با دقت بالاتری نسبت به استاندارد OHSAS به ارزیابی شبکه تأمین بپردازد. از دیگر یافته‌های مدیریتی پژوهش، ضریب اهمیت پایین معیارهای سبز و شاخص‌های مرتبط با آن مانند طراحی سبز، تصویر سبز و فنّاوری سبز در مقایسه با معیارهای محصولی، سازمانی و ایمنی در صنایع نظامی است. هرچند تیم مدیریتی و اعضای کمیته تأمین صنعت معتقد بودند که در برخی از صنایع به‌خصوص حوزه سوخت، مواد کامپوزیت، جوش انفجاری و... مباحث مربوط به دفع ضایعات شیمیایی و ایمنی بسیار مهم است، لکن نمی‌توان این‌گونه ادعا نمود که مسائل زیست‌محیطی در صنایع نظامی کم‌اهمیت است.

توجه بیشتر به مفاهیم قابلیت ارتجاعی در تأمین‌کنندگان و شبکه تأمین باعث شد تا مدیریت ارشد، ضمن بهینه‌سازی ساختار شبکه ازلحاظ تعدد و گستردگی، درمورد شاخص‌های مالی و فنی شبکه تأمین دقیق‌تر تأمل نماید؛ چراکه ارزیابی ریسک‌های توقف یا خروج تأمین‌کنندگان کلیدی در شرایط فعلی اقتصادی بسیار مهم است. این موضوع با افزایش سطح همکاری‌ها و اعتماد متقابل میسر می‌شود که بر این اساس مقرر شد تا جلسات متعددی بین مدیریت ارشد و تأمین‌کنندگان کلیدی به‌صورت ماهانه برگزار شده و انتظارات فنی و سیستمی طرفین مطرح و تأمین‌کنندگان نیز از ریسک‌های محتمل به‌ویژه در حوزه تغییرات طراحی، مواد و حجم تولید آگاهی یابند.

---

۱ Test

www.SID.ir

Archive of SID

راهبرد خِرد مالی و سیاست‌های درآمد–هزینه منجر شده است تا از یک‌سو مباحث مربوط به بهای تمام‌شده و از سوی دیگر، فروش و بدهی‌های مالی بیش‌ازپیش موردتوجه مدیران ارشد قرار گیرد. این موضوع در تعیین سازوکارهای قیمت‌گذاری قطعات و زیرمجموعه‌ها، و انعقاد قرارداد با تأمین‌کنندگان به‌ویژه در صنایع نظامی بسیار مهم است. این پژوهش نیز نشان داد که زیرمعیارهای مرتبط با معیار محصولی (هزینه، کیفیت، زمان و تحویل) با وزن ۰/۲۴ بیشترین اهمیت را در میان معیارهای چهارگانه پژوهش دارند.

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادهای آتی

مدلی که در این پژوهش طراحی و ارائه شد سعی نموده است تا تمامی ابعاد زنجیره تأمین سبز و قابلیت ارتجاعی تأمین‌کنندگان را در کنار معیارهای فنی و مدیریتی در بر بگیرد. بااین‌حال شرایط مسئله و نظرات کمیته خبرگان در تائید و رد برخی از معیارها تأثیرگذار بوده و در اهمیت معیارها نقش دارد. شرکت موردمطالعه با توجه به شرایط مالی و ترازنامه و صورتحساب سود و زیان خود، توجه و تمرکز بیشتری را بر معیارهای مالی داشته و در حوزه شایستگی‌های سازمانی و مدیریتی، شاخص‌های بیشتری را در نظر گرفته است. می‌توان برای تحقیقات آتی، شاخص‌های کیفی بیشتری را در حوزه‌های معیارهای سبز و زیست‌محیطی و قابلیت ارتجاعی در نظر گرفت و دقت مدل را بیش‌ازپیش بالا برد. ضمن آنکه افزایش شاخص‌ها و معیارها نیز باعث پیچیده‌تر شدن مدل می‌شود. بدیهی است برای ارزیابی یک شرکت کوچک با تعداد تأمین‌کنندگان اندک و با توجه به نوع محصول و صنعتی که در آن مشغول به کار است، می‌توان مدل مناسب‌تری را ارائه نمود. به‌عنوان نمونه، در صنایعی که کالاهای فاسدشدنی تولید می‌نمایند یا بیمارستان‌ها و مراکز دارویی، توجه به بسته‌بندی و بازآوری و تفکیک ضایعات بسیار مهم‌تر از شرایط موجود در مسئله این پژوهش است. این پژوهش به‌منظور افزایش روایی و پایایی مدل خود، از چک‌لیست به‌جای پرسشنامه استفاده نمود و به‌منظور تکمیل آن با محدودیت‌ها و پیچیدگی‌های متعددی نیز مواجه شد. مطابق با یافته‌ها و نتایج حاصل از این پژوهش در صنایع نظامی، می‌توان موارد زیر را جهت سیاست‌گذاری‌های آتی ودجا پیشنهاد نمود:

- *لایه‌بندی استراتژیک تأمین‌کنندگان:* اصطلاح لایه‌بندی تأمین‌کنندگان، روشی برای ساختاردهی زنجیره تأمین است. در این نوع ساختاردهی، قاعده زنجیره تأمین کوچک‌تر شده و تعداد کمی از تأمین‌کنندگان استراتژیک به‌عنوان سازنده لایه اول، مسئول تعداد دیگری از تأمین‌کنندگان (تأمین‌کنندگان لایه دوم) بوده و این تمرکززدایی مدیریت در طول زنجیره پیش می‌رود. لذا پیشنهاد می‌شود چنین روشی در ودجا در دستور کار قرار گیرد؛ چراکه باعث توزیع ریسک‌های زنجیره به لایه‌های مختلف آن شده و همچنین پتانسیل مدیریتی کمتری جهت مدیریت تأمین‌کنندگان لایه اول صرف خواهد شد.
- *اصلاح و متناسب‌سازی چک‌لیستهای فعلی ارزیابی تأمین‌کنندگان:* باتوجه به مدل پیشنهادی

www.SID.ir

Archive of SID

پژوهش می‌توان چک‌لیست‌های فعلی ارزیابی تأمین‌کنندگان را که دارای زمینه‌های بهبود متعددی است، اصلاح و به‌روزرسانی نمود. همچنین پیشنهاد می‌شود روش‌های امتیازدهی استاندارد شده و ارزیابان در دوره‌های آموزشی همسو شوند تا بروز سلایق در ارزیابی‌ها کاهش یابد.

- *شناسایی تأمین‌کنندگان توانمند و مستعد برقراری ارتباط بلندمدت*: با استفاده از مدل پیشنهادی پژوهش می‌توان پیش از انتخاب و انعقاد قرارداد با تأمین‌کنندگان و توسعه شبکه تأمین، نسبت به ارزیابی آنان با در نظرگرفتن تمامی ابعاد فنی و محصولی، سازمانی، ارتجاعی و سبز اقدام و تأمین‌کنندگان سطح بالا را انتخاب نمود.
- *تقویت فنی و دانشی تأمین‌کنندگان و توسعه سطح توانمندی شبکه تأمین*: یکی از موارد مهم پس از ارزیابی شبکه تأمین، شناخت شاخص‌ها و معیارهایی است که شبکه در آن ضعف دارد و لازم است تا صنعت از توان تجهیزاتی، فنی، دانشی و مدیریتی خود جهت توانمندسازی تأمین‌کنندگان استفاده نماید. همان‌گونه که نتایج این پژوهش نشان داد، لازم است تا تیم‌هایی از صنایع در محل تأمین‌کنندگان حضور یابند و طی تعاملات و برگزاری جلسات و دوره‌های آموزشی مطابق با نیازهای فنی و مدیریتی، توانمندی‌های آنان را در بازه‌های زمانی متناسب توسعه دهند. در اختیار گذاشتن فضا، تجهیزات و ماشین‌آلات به‌صورت امانی هرچند ازلحاظ قانونی دارای محدودیت‌هایی در سطح ودجا است، اما با بازنگری در این قوانین و مقررات، قیمت قراردادهای برون‌سپاری به نفع ودجا کاهش خواهد یافت و از طرفی، رضایت بیشتری برای تأمین‌کنندگان هم حاصل خواهد شد.
- *بهبود سازوکار ارتباط با تأمین‌کنندگان کلیدی*: لازم است تا نحوه تعامل با تأمین‌کنندگان دارای نمره بالا در سطح‌بندی که قابلیت‌ها و توانمندی‌های آنان مطابق روش پیشنهادی پژوهش احصا شده است، متفاوت با تأمین‌کنندگان سطوح پایین‌تر باشد. این تأمین‌کنندگان در کلیه سازوکارهای بهبود روابط با تأمین‌کنندگان همچون اولویت پرداخت‌ها، تسهیلات تقویت و توسعه، تسهیل جریان‌های اطلاعاتی، تقسیم ریسک قراردادها و مانند آن‌ها می‌توانند در اولویت قرار گیرند. درواقع در شرایط محدودیت منابع، ودجا به شکل هدفمند می‌داند برای چه تأمین‌کنندگانی باید شرایط ویژه‌تری لحاظ نماید.

پیشنهاد می‌شود تا در پژوهش‌های آتی، بانک اطلاعاتی مناسبی توسط شرکت‌ها تهیه و وضعیت قراردادها و اطلاعات تأمین‌کنندگان در آن به‌صورت مستمر به‌روزآوری شود تا جمع‌آوری داده‌های آسان‌تر گردد. ضمن آنکه می‌توان نرم‌افزار جامعی جهت ارزیابی تأمین‌کنندگان برمبنای مدل پژوهش یا مدل بومی‌سازی شده شرکت، طراحی و پیاده‌سازی نمود تا به‌صورت آنلاین و با نمودار و تصویر، وضعیت تأمین‌کنندگان را به‌صورت بازه‌های شش‌ماهه یا به فراخور مسئله در بازه‌های سالانه، گزارش نماید.

روشی که در این پژوهش ارائه شد شامل روشی گام‌به‌گام است که تصمیم‌گیرنده را قادر می‌سازد شاخص‌های مثبت، منفی و مبتنی بر هدف اعم از کیفی و کمی را در فرآیند بهینه‌سازی تصمیم در شرایط قطعیت و عدم‌قطعیت در نظر بگیرد. با توجه به عمومیت روش ارائه‌شده، پیاده‌سازی این روش در

www.SID.ir

Archive of SID

مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره در سایر حوزه‌های مدیریتی یکی از پیشنهادهای کاربردی این پژوهش است. همچنین روش این پژوهش بر پایه «تحلیل رابطه‌ای خاکستری» استوار شده بود؛ به‌عنوان پیشنهاد برای پژوهش‌های آتی می‌توان با استفاده از سایر روش‌های تصمیم‌گیری مانند ANP، PROMOTEE، DEA و Structural Analysis یا سایر روش‌های مواجهه با عدم‌قطعیت مانند نوع دوم اعداد فازی، نقشه‌های شناختی و... این روش را توسعه و موردمقایسه قرار داد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مراتب تشکر خود از تمامی کسانی که در انجام و جمع‌آوری اطلاعات این پژوهش و همچنین سردبیر محترم بابت نظرات و پیشنهادهای سازنده‌شان اعلام می‌دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

References: **منابع :**

۱. Boks, C. and A. Stevels, Essential perspectives for design for environment, Experiences from the electronics industry, International Journal of Production Research, 2007, 45(18-19): pp. 4021-4039.
۲. Ponomarov, S. Y. and M. C. Holcomb, Understanding the concept of supply chain resilience, The International Journal of Logistics Management, 2009, 20(1): pp. 124-143.
۳. Li, G. D., D. Yamaguchi, and M. Nagai, A grey-based decision-making approach to the supplier selection problem, Mathematical and computer modelling, 2007, 46(3): pp. 573-581.
٤. Golmohammadi, D. and M. Mellat-Parast, Developing a grey-based decision-making model for supplier selection, International Journal of Production Economics, 2012, 137(2): pp. 191-200.
٥. Rajesh, R. and V. Ravi, Supplier selection in resilient supply chains: a grey relational analysis approach, Journal of Cleaner Production, 2015, 86: pp. 343-359.
٦. Christopher, M., Logistics & Supply Chain Management, Pearson Education Limited, 2016.
۷. Talib, F., Z. Rahman, and M. Qureshi, A study of total quality management and supply chain management practices, International Journal of Productivity and Performance Management, 2011, 60(3): pp. 268-288.
۸. Peck, H., Drivers of supply chain vulnerability: an integrated framework, International journal of physical distribution & logistics management, 2005, 35(4): pp. 210-232.
۹. Mahapatra, S. K., R. Narasimhan, and P. Barbieri, Strategic interdependence, governance effectiveness and supplier performance: A dyadic case study investigation and theory development, Journal of Operations Management, 2010, 28(6): pp. 537-552.
۱۰. Punniyamoorthy, M., P. Mathiyalagan, and P. Parthiban, A strategic model using structural equation modeling and fuzzy logic in supplier selection, Expert Systems with Applications, 2011, 38(1): pp. 458-474.
۱۱. Deng, X., Y. Hu, Y. Deng, and S. Mahadevan, Supplier selection using AHP methodology extended by D numbers, Expert Systems with Applications, 2014, 41(1): pp. 156-167.
۱۲. Karsak, E. E. and M. Dursun, An integrated fuzzy MCDM approach for supplier evaluation and selection, Computers & Industrial Engineering, 2015, 82: pp. 82-93.
۱۳. Pitchipoo, P., P. Venkumar, and S. Rajakarunakaran, Grey decision model for supplier evaluation and selection in process industry: a comparative perspective, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2015, 76(9-12): pp. 2059-2069.
۱٤. Kar, A. K., A hybrid group decision support system for supplier selection using analytic hierarchy process, fuzzy set theory and neural network, Journal of Computational Science, 2015, 6: pp. 23-33.
۱٥. Moghaddam, K. S., Fuzzy multi-objective model for supplier selection and order allocation in reverse logistics systems under supply and demand uncertainty, Expert Systems with Applications, 2015, 42(15): pp. 6237-6254.
۱٦. Dey, B., B. Bairagi, B. Sarkar, and S. K. Sanyal, Multi objective performance analysis: A novel multi-criteria decision making approach for a supply chain, Computers & Industrial Engineering, 2016, 94: pp. 105-124.
۱۷. Lima-Junior, F. R. and L. C. R. Carpinetti, Combining SCOR® model and fuzzy TOPSIS for supplier evaluation and management, International Journal of Production Economics, 2016, 174: pp. 128-141.
۱۸. Amiri, M., K. Feizi, A.M. Fakoor S., and L. Olfat, A model of Supply chain resilience for competitiveness in Iranian automotive companies, Journal of Production and Operations Management, 2014, 5(1): pp. 143-164.
۱۹. Moore, S. B. and S. L. Manring, Strategy development in small and medium sized enterprises for sustainability and increased value creation, Journal of cleaner production, 2009, 17(2): pp. 276-282.
۲۰. Soni, U., V. Jain, and S. Kumar, Measuring supply chain resilience using a deterministic modeling approach, Computers & Industrial Engineering, 2014, 74: pp. 11-25.
۲۱. Scholten, K. and S. Schilder, The role of collaboration in supply chain resilience, Supply Chain Management: An International Journal, 2015, 20(4): pp. 471-484.
۲۲. Torabi, S., M. Baghersad, and S. Mansouri, Resilient supplier selection and order allocation under operational and disruption risks, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2015, 79: pp. 22-48.
۲۳. Tseng, M. L. and A. S. Chiu, Evaluating firm's green supply chain management in linguistic preferences, Journal of cleaner production, 2013, 40: pp. 22-31.

www.SID.ir

Archive of SID

۲٤. Nielsen, I. E., N. Banaeian, P. Golińska, H. Mobli, and M. Omid, Green supplier selection criteria: from a literature review to a flexible framework for determination of suitable criteria, in Logistics Operations, Supply Chain Management and Sustainability, 2014, Springer. pp. 79-99.
۲٥. Govindan, K., S. Rajendran, J. Sarkis, and P. Murugesan, Multi criteria decision making approaches for green supplier evaluation and selection: a literature review, Journal of Cleaner Production, 2015, 98: pp. 66-83.
۲٦. Kuo, T. C., C. W. Hsu, and J. Y. Li, Developing a green supplier selection model by using the DANP with VIKOR, Sustainability, 2015, 7(2): pp. 1661-1689.
۲۷. Baskaran, V., S. Nachiappan, and S. Rahman, Indian textile suppliers' sustainability evaluation using the grey approach, International Journal of Production Economics, 2012, 135(2): pp. 647-658.
۲۸. Bali, O., E. Kose, and S. Gumus, Green supplier selection based on IFS and GRA, Grey Systems: Theory and Application, 2013, 3(2): pp. 158-176.
۲۹. Tang, H., A novel fuzzy soft set approach in decision making based on grey relational analysis and Dempster–Shafer theory of evidence, Applied Soft Computing, 2015, 31: pp. 317-325.
۳۰. Hashemi, S. H., A. Karimi, and M. Tavana, An integrated green supplier selection approach with analytic network process and improved Grey relational analysis, International Journal of Production Economics, 2015, 159: pp. 178-191.
۳۱. Ramesh, S., R. Viswanathan, and S. Ambika, Measurement and optimization of surface roughness and tool wear via grey relational analysis, TOPSIS and RSA techniques, Measurement, 2016, 78: pp. 63-72.
۳۲. Wang, P., Z. Zhu, and Y. Wang, A novel hybrid MCDM model combining the SAW, TOPSIS and GRA methods based on experimental design, Information Sciences, 2016, 345: pp. 27-45.
۳۳. Tseng, M. L., Using linguistic preferences and grey relational analysis to evaluate the environmental knowledge management capacity, Expert systems with applications, 2010, 37(1): pp. 70-81.
۳٤. Kuo, Y., T. Yang, and G.-W. Huang, The use of grey relational analysis in solving multiple attribute decision-making problems, Computers & Industrial Engineering, 2008, 55(1): pp. 80-93.
۳٥. Wang, Y. J., Applying FMCDM to evaluate financial performance of domestic airlines in Taiwan, Expert Systems with Applications, 2008, 34(3): pp. 1837-1845.
۳٦. Li, G. D., D. Yamaguchi, and M. Nagai, A grey-based rough decision-making approach to supplier selection, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2008, 36(9): pp. 1032-1040.
۳۷. Chan, F. T., N. Kumar, M. Tiwari, H. C. Lau, and K. Choy, Global supplier selection: a fuzzy-AHP approach, International Journal of production research, 2008, 46(14): pp. 3825-3857.
۳۸. Chakradhar, D. and A.V. Gopal, Multi-objective optimization of electrochemical machining of EN31 steel by grey relational analysis, International Journal of Modeling and optimization, 2011, 1(2): pp. 113.
۳۹. Manivannan, S., S. P. Devi, R. Arumugam, and N. Sudharsan, Multi-objective optimization of flat plate heat sink using Taguchi-based Grey relational analysis. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2011, 52(5): pp. 739-749.
٤۰. Yang, Y., C. Shih, and R. Fung, Multi-objective optimization of the light guide rod by using the combined Taguchi method and Grey relational approach, Journal of Intelligent Manufacturing, 2014, 25(1): pp. 99-107.
٤۱. Ghorabaee, M. K., E. K. Zavadskas, M. Amiri, and A. Esmaeili, Multi-criteria evaluation of green suppliers using an extended WASPAS method with interval type-2 fuzzy sets, Journal of Cleaner Production, 2016, 137: pp. 213-229.
٤۲. Mehregan, M. R. and A. Dabbaghi, Developing a Generalized Grey Relational Analysis Methodology, Management Researches, 2014, 7(23): pp. 5-25.
٤۳. Malek, A., S. Ebrahimnejad, and R. Tavakkoli-Moghaddam, An Improved Hybrid Grey Relational Analysis Approach for Green Resilient Supply Chain Network Assessment. Sustainability, 2017. 9(8): pp. 1433.
٤٤. Taghavifard, M. T. and A. M. Malek, Using Grey decision making approach to ranking Key Performance Indicators (KPI) and increase effectiveness of strategic plans, Industrial Management Studies, 2011, 9(22): pp. 135-165.
٤٥. Junior, F. R. L., L. Osiro, and L. C. R. Carpinetti, A comparison between Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS methods to supplier selection, Applied Soft Computing, 2014, 21: pp. 194-209.

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir