

ارزیابی و انتخاب تامین کنندگان استراتژیک با استفاده از روش ترکیبی فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیس خاکستری

محمد ثابت مطلق*^۱، جمشید صالحی صدقیانی^۲، سید علی ایازی^۳، مهدی عابدینی نایینی^۴

۱- دانشجوی دکتری، دانشگاه علامه طباطبائی، گروه مدیریت تولید و عملیات، تهران، ایران

۲- استاد، دانشگاه علامه طباطبائی، گروه مدیریت، تهران، ایران

۳- دانشجوی دکتری، دانشگاه علامه طباطبائی، گروه مدیریت تحقیق در عملیات، تهران، ایران

۴- کارشناس ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، گروه مدیریت صنعتی، تهران، ایران

رسید مقاله: ۲۳ فروردین ۱۳۹۳

پذیرش مقاله: ۳ شهریور ۱۳۹۳

چکیده

در محیط کسب و کار رقابتی امروز، فرآیند انتخاب موثر تامین کنندگان تبدیل به یک عامل حیاتی در موفقیت سازمان‌ها و کسب مزیت رقابتی شده است. در حقیقت، ماهیت فرآیند انتخاب تامین کنندگان یک مساله‌ی چند معیاره است که در محیطی با اطلاعات ناکافی به وقوع می‌پیوندد؛ بنابراین برای ارزیابی و انتخاب مناسب تامین کنندگان سازمان نیازمند به کارگیری روش‌هایی می‌باشیم که در چنین محیط‌هایی کارآمد باشد. یکی از مهم‌ترین این روش‌ها تئوری سیستم خاکستری می‌باشد. تئوری سیستم خاکستری مساله‌ی ارزیابی تحت شرایط عدم وجود اطلاعات کافی و کامل را حل نموده است. در این مطالعه تلاش شده است تا از یک رویکرد ترکیبی مبتنی بر فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیس خاکستری برای ارزیابی و انتخاب تامین کنندگان استفاده شود. بدین ترتیب ابتدا معیارهای انتخاب تامین کنندگان شناسایی و سپس به وسیله‌ی خبرگان، مناسب‌ترین آن‌ها غربال‌سازی شده است. نهایتاً با استفاده از روش تاپسیس خاکستری، تامین کنندگان مورد ارزیابی و رتبه‌بندی قرار گرفته‌اند. هم‌چنین برای اعتبار بخشی مدل، آن را در یک مطالعه‌ی موردی به کار برده‌ایم. نتایج حاصل از حل مدل نشان می‌دهد که به کارگیری چنین روش‌هایی می‌تواند به مدیران سازمان‌ها در امر تصمیم‌گیری در شرایط عدم وجود اطلاعات کامل کمک نماید.

کلمات کلیدی: انتخاب تامین کننده، تصمیم‌گیری چند معیاره، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، تئوری سیستم خاکستری، تاپسیس خاکستری.

۱ مقدمه

در محیط کسب و کار رقابتی امروز، دیگر شیوه‌های مدیریتی گذشته که یکپارچگی کم‌تری دارند، کارایی خود

* عهده‌دار مکاتبات

آدرس الکترونیکی: msmotlagh@ut.ac.ir

را از دست داده‌اند؛ بنابراین سازمان‌ها برای بقا و افزایش رقابت‌پذیری خود باید به دنبال مفاهیم و شیوه‌های مدیریتی جدید و کارا باشند. یکی از مهم‌ترین این مفاهیم که در دهه‌های اخیر نیز به شدت مورد توجه قرار گرفته شده است، موضوع زنجیره‌ی تامین می‌باشد. و در میان مفاهیم موجود در زنجیره‌ی تامین، انتخاب تامین‌کننده، نقش مهم و کلیدی در افزایش رقابت‌پذیری و بقای سازمان‌ها ایفا می‌کند.

هزینه‌ی مواد و اجزای تشکیل‌دهنده‌ی محصول، قسمت عمده‌ای از بهای تمام شده را در بردارد، در چنین شرایطی انتخاب مناسب تامین‌کنندگان می‌تواند تاثیر مستقیمی بر روی کاهش هزینه‌ها، سودآوری، انعطاف‌پذیری و افزایش رقابت‌پذیری شرکت‌ها داشته باشد [۱]. متخصصان حوزه‌ی خرید و تدارکات معتقدند که سه سوال یا تصمیم اساسی در فرآیند خرید وجود دارد که عبارت است از: چه محصولی (مواد یا قطعاتی) سفارش داده شود؟ از چه تامین‌کننده‌ای تامین گردد؟ و سوال آخر اینکه در چه دوره‌ی زمانی سفارش داده شود؟ هم‌چنین بسیاری از خبرگان این حوزه معتقدند که از میان این سه تصمیم، تصمیم دوم یعنی انتخاب تامین‌کنندگان، مهم‌ترین فعالیت بخش خرید و تدارکات است و نقش کلیدی در موفقیت سازمان ایفا می‌کند [۲]. چرا که تامین‌کنندگان مناسب و قابل اعتماد، تولیدکنندگان را قادر می‌سازند که به‌طور بالقوه بتوانند هزینه‌های مرتبط با خرید و تولید و ریسک‌های ناشی از عوامل کیفیتی و زمانی را کاهش دهند.

مساله‌ی انتخاب تامین‌کنندگان در زنجیره‌ی تامین از یک طرف یک فرآیند تصمیم‌گیری گروهی چند معیاره و شامل معیارهای کمی و کیفی مختلف می‌باشد. و از طرف دیگر در دنیای واقعی ما با اطلاعات ناکافی و ناقص روبرو هستیم؛ بنابراین باید از روش‌هایی استفاده کرد که بتواند در چنین شرایطی کارآمد باشد. در این مطالعه، تلاش شده است تا از مفهوم تئوری خاکستری به همراه روش تاپسیس و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی برای ارزیابی و انتخاب تامین‌کنندگان مناسب استفاده شود.

۲ پیشینه‌ی تحقیق

با ظهور زنجیره‌ی تامین و مدیریت آن، مطالعات متعددی بر روی زنجیره‌ی تامین و مباحث پیرامون آن انجام شده است. معمولاً مطالعات انجام شده در این حوزه را به دو دسته ادبیات مربوط به معیار و ادبیات مربوط به روش و تکنیک تقسیم‌بندی می‌کنند. هر یک از پژوهشگران نیز در مطالعات خود از معیارها و روش‌های مختلف و متنوعی استفاده نموده‌اند [۳]. در این قسمت تلاش شده است تا ابتدا ادبیات مربوط به معیارها و سپس ادبیات مربوط به روش‌ها و تکنیک‌های انتخاب تامین‌کنندگان بررسی شود.

در مطالعه‌ای در زمینه‌ی انتخاب تامین‌کننده، پژوهش‌گران فهرستی متشکل از ۶۰ آیتم را تهیه و به ۶ گروه "سهولت در برقراری ارتباطات"، "معیارهای مالی و اقتصادی"، "قابلیت‌ها و ظرفیت‌ها"، "قابلیت اطمینان"، "ارتباط بین خریدار و تامین‌کننده"، و "خدمات" دسته‌بندی کرده‌اند [۴]. در یک مرور جامع در این زمینه، محققان ۷۴ مقاله را از سال ۱۹۶۶ میلادی بررسی کردند که از میان آن‌ها، "قیمت"، "تحویل به موقع"، "کیفیت"، "امکانات تولید" و "موقعیت جغرافیایی" در راس تمام معیارها قرار داشت [۵]. لین و چن [۶] با بازنگری روی ادبیات معیارها، ۱۸۳ معیار در زنجیره‌ی تامین صنایع عمومی را شناسایی و آن‌ها را در ۸ دسته طبقه‌بندی کردند.

در مورد ادبیات مربوط به تکنیک‌ها و روش‌های انتخاب تامین‌کنندگان تنوع بسیار بیش‌تر است که در ادامه به برخی از مهم‌ترین این مطالعات اشاره شده است.

در یکی از این مطالعات نویسندگان برای انتخاب تامین‌کننده در زنجیره‌ی تامین، یک مدل دو هدفه‌ی فازی را برای حداقل‌سازی تابع هزینه و حداکثرسازی تابع مطلوبیت خرید توسعه دادند [۷]. اونوت و همکاران [۸] برای انتخاب تامین‌کننده و برقراری ارتباط بلندمدت با آنان، روش ترکیبی تصمیم‌گیری چند معیاره‌ی فازی را با دو روش تاپسیس فازی و فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی به کار برده‌اند. یانگ و چن [۹] نیز از رویکرد ترکیبی فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی و تحلیل رابطه‌ی خاکستری برای انتخاب تامین‌کنندگان استفاده نموده‌اند. این پژوهش‌گران یک مدل چند هدفه‌ی فازی را برای کاهش ریسک ناشی از تامین‌کنندگان طراحی نموده و در آن از پنج تابع هدف هزینه‌ی خرید، بازگشتی‌ها، تاخیر و ریسک‌های ناشی از عوامل محیط اقتصادی و خدمات استفاده شده است. زائم و همکاران [۱۰] نیز در پژوهشی برای حل مساله‌ی تصمیم‌گیری انتخاب تامین‌کنندگان، فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی را در حالت فازی و غیرفازی با هم مقاسه کرده و فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی را پیشنهاد کرده‌اند. در مقاله‌ای با عنوان رویکرد مبتنی بر تئوری خاکستری برای مساله‌ی انتخاب تامین‌کننده، نویسندگان تلاش نموده‌اند تا از تحلیل رابطه‌ی خاکستری برای انتخاب و رتبه‌بندی تامین‌کنندگان استفاده نمایند. در این پژوهش ابتدا معیارهای همه‌ی گزینه‌ها به وسیله‌ی متغیرهای زبانی توصیف شده و سپس با استفاده از درجه خاکستری، رتبه‌ی هر کدام از گزینه‌ها تعیین شده است. نتایج این پژوهش نشان داد که این روش به طور قابل توجه‌ای کارایی تصمیم‌گیری و رقابت‌پذیری کلی صنایع تولیدی را افزایش می‌دهد [۱۱]. در پژوهشی به بررسی مساله‌ی انتخاب تامین‌کنندگان با استفاده از مجموعه‌ی فازی و تحلیل رابطه‌ی خاکستری در زنجیره‌ی تامین سبز پرداخته شده است. نویسندگان این مقاله معتقدند که رویکرد زیست محیطی یک شرکت تنها یک تلاش درونی نیست؛ بلکه عملکرد زیست محیطی تامین‌کنندگان آن نیز مهم می‌باشد. نتیجه‌ی این مطالعه نشان داد که تئوری مجموعه‌ی فازی و تئوری خاکستری می‌تواند به طور مشترک برای مساله‌ی انتخاب تامین‌کننده‌ی سبز در محیط‌های نامطمئن به کار گرفته شود [۱۲].

در پژوهشی در تایوان از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی برای تعیین معیارهای انتخاب شرکا در زنجیره‌ی تامین سبز استفاده شده است. نتیجه‌ی این مطالعه این بود که فهرست معیارهای ارایه شده و درجه‌ی اهمیت آن‌ها هم در انتخاب تامین‌کنندگان و شرکا موثر است؛ هم عملکرد آن‌ها را نیز برای برآورد نیازهای مشتریان بهبود می‌دهد [۱۳]. در مطالعه‌ای از تحلیل رابطه‌ی خاکستری برای رتبه‌بندی مدارس کسب و کار استفاده شده است. در این مطالعه از یک طرف عملکرد آموزشی مدارس کسب و کار ترکیه مشخص و از طرف دیگر درجه‌ی اهمیت عوامل موثر در عملکرد آموزش این مدارس تعیین شد [۱۴]. کائو و همکاران [۱۵] یک مدل ترکیبی را با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای و تحلیل رابطه‌ی خاکستری برای انتخاب فروشندگان ارایه نمودند. در این مطالعه، یک چارچوب انتخاب فروشنده دو مرحله‌ای برای برون‌سپاری IT در بانک‌های کوچک در چین ارایه شده است. در پژوهشی نیز یک رویکرد ترکیبی مبتنی بر تئوری خاکستری برای حل مساله‌ی انتخاب پرسنل در محیط‌های نامطمئن ارایه شده است. در این مطالعه از فرآیند تحلیل شبکه‌ای خاکستری برای برآورد وزن معیارها استفاده شده و سپس گزینه‌ها با استفاده از درجه خاکستری رتبه‌بندی شده است [۱۶].

در مطالعه‌ای در ایران از مفهوم تئوری خاکستری در انتخاب شریک تجاری استفاده شده است. در این مقاله تلاش شده است تا دیدی کلی در رابطه با طراحی، تولید و مهندسی به کمک کامپیوتر ایجاد شود. سپس مدلی تلفیقی از سه روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی، تحلیل رابطه‌ی خاکستری و برنامه ریزی چند هدفه ارائه شده است [۱۷]. سپهوند نیز در پژوهشی به کمک روش AHP برای اولویت‌بندی ویژگی‌های مشتری و استفاده از دو سری از خانه‌های کیفیت در مدل QFD، روشی جدید برای انتخاب بهترین تامین‌کننده ارائه نموده است و در انتها برای سنجش کارایی روش پیشنهادی، به اجرای آن در شرکت زمزم پرداخته است [۱۸]. در مطالعه‌ای دیگر پژوهشگران به ارزیابی و انتخاب بهینه تامین کنندگان بر مبنای رویکرد ترکیبی فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، تحلیل پوششی داده‌ها و تاپسیس پرداختند. در این مطالعه ابتدا مهم‌ترین شاخص‌های انتخاب تامین‌کننده شناسایی و با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی نرخ‌نا سازگاری مقایسات زوجی مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس وزن‌های نسبی شاخص‌ها در قالب مدل تحلیل پوششی داده‌ها محاسبه شدند و در نهایت تامین کنندگان بر اساس روش تاپسیس رتبه‌بندی شدند [۱۹].

۳ روش تحقیق

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و از نظر ماهیت و روش، توصیفی تحلیلی و به لحاظ اجرا نیز از نوع میدانی می‌باشد. جهت جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز در این پژوهش، از دو روش کتابخانه‌ای و میدانی استفاده شده است. در این مطالعه ابتدا با استفاده از مصاحبه و ادبیات پژوهش به شناسایی معیارهای انتخاب تامین کنندگان برای سازمان مورد نظر پرداخته‌ایم. سپس تلاش شد تا با استفاده از پرسشنامه و به کمک خبرگان شرکت، معیارهای اصلی غربال شود و به دلیل ویژگی و ماهیت معیارهای در نظر گرفته شده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیس خاکستری برای ارزیابی و رتبه‌بندی گزینه‌های پژوهش استفاده شده است. برای محاسبات نیز از نرم افزار اکسل و تحلیل رابطه‌ی خاکستری (JGRA) استفاده شده است. شکل ۱ چارچوب استفاده شده در این پژوهش را ارائه می‌نماید. در ادامه این بخش مفاهیم مورد نیاز در پژوهش تشریح شده است.



شکل ۱. چارچوب مفهومی تحقیق

۳-۱ فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است. توماس. ال. ساعتی که مبدع روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی است، پایه‌های این روش را بر چهار اصل استوار ساخته است و کلیه محاسبات، قوانین و مقررات را بر این اصول بنیان نهاده است. این اصول عبارت است از: شرط معکوسی، اصل همگنی، اصل وابستگی و شرط انتظارات [۲۰]. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی از اصول اساسی تفکر تحلیلی مانند ترسیم درخت سلسله مراتبی، تدوین و تعیین اولویت‌ها و سازگاری منطقی قضاوت‌ها پیروی می‌کند و قابلیت در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی در این روش وجود دارد. اساس این روش بر پایه‌ی مقایسات زوجی بنا شده است. به کارگیری این روش مستلزم چهار گام عمده‌ی زیر است:

گام اول (مدل سازی): در این گام، مساله و هدف از تصمیم‌گیری به صورت سلسله مراتبی از عناصر تصمیم که با هم در ارتباط هستند، در می‌آیند. عناصر تصمیم شامل "شاخص‌های تصمیم‌گیری" و "گزینه‌های تصمیم" است. گام دوم (قضاوت ترجیحی): مقایسه‌هایی بین گزینه‌های مختلف تصمیم بر اساس هر شاخص صورت می‌گیرد. گام سوم (محاسبات وزن‌های نسبی): وزن و اهمیت "عناصر تصمیم" نسبت به هم از طریق مجموعه‌ای از محاسبات عددی تعیین می‌شود.

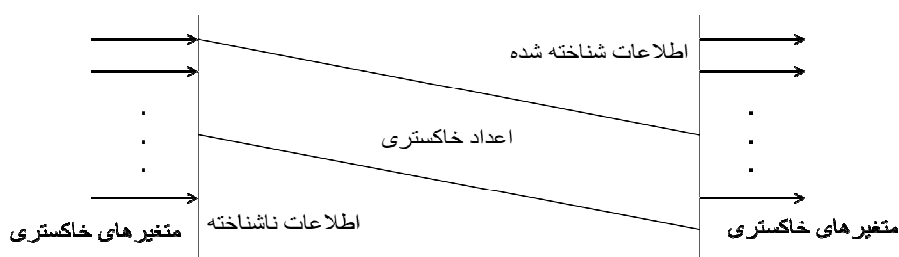
گام چهارم (ادغام وزن‌های نسبی): این گام برای رتبه‌بندی گزینه‌های تصمیم صورت می‌پذیرد [۲۱].

۳-۲ تحلیل رابطه‌ای خاکستری

تئوری خاکستری برای اولین بار با پرفسور دنگ در سال ۱۹۸۲ مطرح شد. این روش خیلی زود تبدیل به یک روش موثر برای حل مسایل با داده‌های ناقص و غیرقطعی شد. تئوری خاکستری اکنون در حوزه‌های گوناگونی از قبیل پیش‌بینی، کنترل سیستم و تصمیم‌گیری کاربرد دارد. در ادامه ابتدا به برخی از تعاریف اساسی سیستم خاکستری، مجموعه‌ی خاکستری و اعداد خاکستری در تئوری خاکستری پرداخته شده و سپس نحوه‌ی به کارگیری این مفهوم برای حل مساله‌ی تصمیم‌گیری ارائه شده است [۲۲].

۳-۲-۱ مفاهیم اساسی تئوری خاکستری

تعریف ۱ سیستم خاکستری به عنوان سیستمی تعریف می‌شود که حاوی اطلاعات غیرقطعی است که به وسیله اعداد خاکستری و متغیرهای خاکستری بیان می‌شود. مفهوم این سیستم در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲. مدل مفهومی سیستم خاکستری

تعریف ۲ فرض کنید که X یک مجموعه‌ی مرجع جهانی باشد، در این صورت مجموعه‌ی خاکستری G از X بر حسب دو ضابطه‌ی $\underline{\mu}_G(x)$ و $\overline{\mu}_G(x)$ به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\underline{\mu}_G(x) \rightarrow [0,1], \quad \overline{\mu}_G(x) \rightarrow [0,1] \quad (1)$$

$\underline{\mu}_G(x)$ و $\overline{\mu}_G(x)$ به ترتیب توابع عضویت بالایی و پایینی G می‌باشند. اگر $\underline{\mu}_G(x) = \overline{\mu}_G(x)$ باشد، مجموعه خاکستری به یک مجموعه فازی تبدیل می‌شود. این امر نشان می‌دهد که تئوری خاکستری شرایط فازی بودن را هم در نظر می‌گیرد و می‌تواند در شرایط فازی نیز به کار گرفته شود.

تعریف ۳ عدد خاکستری به عددی اطلاق می‌شود که مقدار آن نامشخص است؛ اما بازه‌ای که مقدار آن را در بر می‌گیرد شناخته شده است. این بازه‌های عددی شامل اطلاعات نامطمئن خواهد بود. یک عدد خاکستری معمولاً به شکل $G = G_{\underline{\mu}}^{\overline{\mu}}$ نشان داده می‌شود.

تعریف ۴ اگر تنها حد پایین G امکان تخمین زدن داشته باشد، G به عنوان عدد خاکستری کران پایین تعریف می‌شود و داریم: $G = [G, \infty)$.

تعریف ۵ اگر تنها حد بالای G امکان تخمین زدن داشته باشد، G به عنوان عدد خاکستری کران بالا تعریف می‌شود و داریم: $G = (\infty, \overline{G}]$.

تعریف ۶ یک عدد خاکستری که هم دارای کران پایین \underline{G} و هم دارای کران بالا \overline{G} می‌باشد عدد خاکستری بازه‌ای نامیده، به شکل $G \in [\underline{G}, \overline{G}]$ نشان می‌دهند.

تعریف ۷ مهم‌ترین عملیات ریاضی بر روی عدد خاکستری بازه‌ای $G_1 \in [\underline{G}_1, \overline{G}_1]$ و $G_2 \in [\underline{G}_2, \overline{G}_2]$ و عدد ثابت a به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$\begin{aligned} G_1 + G_2 &= [\underline{G}_1 + \underline{G}_2, \overline{G}_1 + \overline{G}_2] & G_1 \times G_2 &= [\underline{G}_1 \times \underline{G}_2, \overline{G}_1 \times \overline{G}_2] & a \times G_1 &= [a \times \underline{G}_1, a \times \overline{G}_1] \\ G_1 \times G_2 &= [\min(\underline{G}_1 \times \underline{G}_2, \underline{G}_1 \times \overline{G}_2, \overline{G}_1 \times \underline{G}_2, \overline{G}_1 \times \overline{G}_2), \max(\underline{G}_1 \times \underline{G}_2, \underline{G}_1 \times \overline{G}_2, \overline{G}_1 \times \underline{G}_2, \overline{G}_1 \times \overline{G}_2)] \\ G_1 \div G_2 &= [\underline{G}_1, \overline{G}_1] \times \left[\frac{1}{\overline{G}_2}, \frac{1}{\underline{G}_2} \right] \end{aligned} \quad (2)$$

و طول یک عدد خاکستری نیز به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$L(G_1) = \overline{G}_1 - \underline{G}_1 \quad (3)$$

تعریف ۸ برای دو عدد خاکستری G_1 و G_2 درجه‌ی امکان $G_1 \leq G_2$ همانند زیر بیان می‌شود.

$$P(G_1 \leq G_2) = \frac{\max(0, L^* - \max(0, \overline{G}_1 - \underline{G}_2))}{L^*}, \quad \text{where} \quad L^* = l(G_1) + l(G_2) \quad (4)$$

تعریف ۹ چهار رابطه بین موقعیت‌های دو عدد خاکستری G_1 و G_2 قابل تصور است.

اگر $\underline{G}_1 = \underline{G}_2$ و $\overline{G}_1 = \overline{G}_2$ باشد دو عدد خاکستری مساوی هستند. در این صورت $G_1 = G_2$ و $P(G_1 \leq G_2) = 0.5$.

اگر $\overline{G_1} > \overline{G_2}$ باشد عدد خاکستری باشد G_2 از عدد خاکستری G_1 بزرگ تر است. در این صورت $G_1 < G_2$ و $P(G_1 \leq G_2) = 1$.

اگر $\overline{G_1} < \overline{G_2}$ عدد خاکستری باشد G_2 از عدد خاکستری G_1 کوچک تر است. در این صورت $G_1 > G_2$ و $P(G_1 \leq G_2) = 0$.

اگر یک قسمت مشترک در دو عدد خاکستری وجود داشته باشد، در این صورت: اگر $P(G_1 \leq G_2) < 0.5$ باشد G_2 از G_1 کوچک تر است و اگر $P(G_1 \leq G_2) > 0.5$ باشد G_2 از G_1 بزرگ تر است.

۳-۲-۲ تاپسیس خاکستری

در این پژوهش ما از یک رویکرد مبتنی بر تئوری خاکستری برای ارزیابی و رتبه بندی تامین کنندگان استفاده نموده ایم. این روش برای حل مسایل تصمیم گیری گروهی با اطلاعات ناقص و غیر قطعی بسیار مناسب می باشد. در این پژوهش فرض شده است که $S = \{S_1, S_2, \dots, S_m\}$ مجموعه ای از m تامین کننده می باشد و $W = \{W_1, W_2, \dots, W_n\}$ بردار وزن معیارها است.

در این مطالعه وضعیت هر یک از تامین کنندگان بر اساس هر کدام از معیارها با استفاده از متغیرهای زبانی ارایه شده است. و همان طور که لی و همکاران [۲۲] در پژوهش خود ارایه نموده اند، متغیرهای زبانی برای هر کدام از تامین کنندگان را می توان با استفاده از جداول ۱ به اعداد خاکستری تبدیل نمود.

جدول ۱. متغیرهای زبانی و اعداد خاکستری متناظر با آن

مقیاس	عدد خاکستری
خیلی ضعیف (VP)	[۰ ، ۱]
ضعیف (P)	[۱ ، ۳]
نسبتاً ضعیف (MP)	[۳ ، ۴]
متوسط (F)	[۴ ، ۵]
نسبتاً خوب (MG)	[۵ ، ۶]
خوب (G)	[۶ ، ۹]
خیلی خوب (VG)	[۹ ، ۱۰]

مراحل اجرای مدل پیشنهادی برای رتبه بندی گزینه ها در گام های زیر خلاصه شده است:

گام ۱ تشکیل تیم تصمیم گیرندگان و مشخص نمودن وزن معیارها. با فرض اینکه تعداد تصمیم گیرندگان K نفر می باشد، وزن معیارها (Q) را می توان با استفاده از رابطه ی زیر برآورد کرد.

$$W_j = \frac{1}{K} [W_j^1 + W_j^2 + \dots + W_j^K] \quad (5)$$

که W_j^K عبارت است از وزن معیار j که با تصمیم گیرنده K ام مشخص شده است که می تواند به وسیله ی متغیر زبانی نیز بیان شود. اگر وزن معیارها به وسیله ی متغیر زبانی تعریف شود، باید با استفاده از جدول ۱ به اعداد خاکستری تبدیل شود.

گام ۲ استفاده از متغیرهای کلامی برای مشخص کردن وضعیت هر یک از تامین کنندگان در هر کدام از معیارها. پس از ارزیابی می توان ارزش هر کدام از تامین کنندگان را در هر یک از معیارها با توجه به معادله ی زیر برآورد نمود.

$$G_{ij} = \frac{1}{K} [G_{ij}^1 + G_{ij}^2 + \dots + G_{ij}^K] \quad (6)$$

که G_{ij}^K عبارت است از ارزش معیار j برای تامین کننده ی i که با تصمیم گیرنده ی K ام مشخص شده است که می تواند به وسیله اعداد خاکستری به صورت $G_{ij}^K = [\underline{G}_{ij}^k, \overline{G}_{ij}^k]$ تعریف شود.

گام ۳ ساخت ماتریس تصمیم خاکستری D به فرم رابطه زیر.

$$D = \begin{bmatrix} G_{11} & G_{12} & \dots & G_{1n} \\ G_{21} & G_{22} & \dots & G_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ G_{m1} & G_{m2} & \dots & G_{mn} \end{bmatrix} \quad (7)$$

که G_{ij} عبارت است از متغیرهای زبانی مثبتی بر اعداد خاکستری.

گام ۴ نرمالایز کردن ماتریس تصمیم خاکستری به صورت زیر برای تغییر معیارهای گوناگون مساله به واحدهای قابل اندازه گیری مشترک جهت مقایسه ی معیارها.

$$D = \begin{bmatrix} G_{11}^* & G_{12}^* & \dots & G_{1n}^* \\ G_{21}^* & G_{22}^* & \dots & G_{2n}^* \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ G_{m1}^* & G_{m2}^* & \dots & G_{mn}^* \end{bmatrix} \quad (8)$$

که برای معیارهایی از جنس سود G_{ij}^* به صورت زیر محاسبه می شود.

$$G_{ij}^* = \left[\frac{G_{ij}}{G_j^{\max}}, \frac{\overline{G}_{ij}}{G_j^{\max}} \right] \text{ where } G_j^{\max} = \max_{1 \leq i \leq m} \{G_{ij}\} \quad (9)$$

و برای معیارهایی از جنس هزینه عبارت G_{ij}^* به صورت زیر محاسبه می شود.

$$G_{ij}^* = \left[\frac{G_j^{\min}}{G_{ij}}, \frac{G_j^{\min}}{\overline{G}_{ij}} \right] \text{ where } G_j^{\min} = \min_{1 \leq i \leq m} \{G_{ij}\} \quad (10)$$

با نرمال کردن ماتریس تصمیم خاکستری تمام اعداد خاکستری ماتریس در فاصله ی $[0, 1]$ قرار خواهد گرفت. **گام ۵** تشکیل ماتریس تصمیم خاکستری نرمالایز شده موزون. در این گام باید ماتریس نرمالایز شده ی مرحله ی قبل را به شکل زیر به ماتریس نرمالایز شده ی موزون تبدیل کرد.

$$D = \begin{bmatrix} V_{11} & V_{12} & \dots & V_{1n} \\ V_{21} & V_{22} & & V_{2n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ V_{m1} & V_{m2} & \dots & V_{mn} \end{bmatrix} \quad \text{where } V_{ij} = G^*_{ij} \times W_j \quad (11)$$

گام ۶ تعیین جواب ایده آل و ندیر (غیرایده آل) آن به عنوان گزینه‌ی مرجع. برای m گزینه مورد بررسی، جواب ایده آل و ندیر آن می‌تواند به صورت زیر محاسبه شود.

$$S^{max} = \{ [\max_{1 \leq i \leq m} V_{i1}, \max_{1 \leq i \leq m} \bar{V}_{i1}], [\max_{1 \leq i \leq m} V_{i2}, \max_{1 \leq i \leq m} \bar{V}_{i2}], \dots, [\max_{1 \leq i \leq m} V_{in}, \max_{1 \leq i \leq m} \bar{V}_{in}] \} \quad (12)$$

$$S^{min} = \{ [\min_{1 \leq i \leq m} V_{i1}, \min_{1 \leq i \leq m} \bar{V}_{i1}], [\min_{1 \leq i \leq m} V_{i2}, \min_{1 \leq i \leq m} \bar{V}_{i2}], \dots, [\min_{1 \leq i \leq m} V_{in}, \min_{1 \leq i \leq m} \bar{V}_{in}] \} \quad (13)$$

گام ۷ محاسبه‌ی درجه‌ی امکان خاکستری بین گزینه‌های مورد مقایسه و جواب ایده آل با استفاده از رابطه‌ی زیر.

$$P_1 = P \{ S_i \leq S^{max} \} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n P \{ V_{ij} \leq G_j^{max} \} \quad (14)$$

در این رابطه مقدار کوچک‌تر، بهتر است.

گام ۸ با استفاده از رابطه‌ی زیر درجه امکان خاکستری بین گزینه‌های مورد مقایسه و جواب ندیر را برآورد می‌کنیم.

$$P_2 = P \{ S_i \geq S^{min} \} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n P \{ V_{ij} \leq G_j^{min} \} \quad (15)$$

در این رابطه مقدار بزرگ‌تر، بهتر است.

گام ۹ تعریف شاخص نزدیکی نسبی هر گزینه نسبت به جواب ایده آل با استفاده از رابطه‌ی زیر.

$$C_i = \frac{P_1}{P_2} \quad (16)$$

گام ۱۰ رتبه‌بندی گزینه‌ها. تامین‌کننده‌ای که کم‌ترین C_i را داشته باشد، ارجح است. بر اساس رویه‌ی بالا، ما می‌توانیم بهترین تامین‌کننده را از میان تامین‌کنندگان انتخاب نماییم [۲۳].

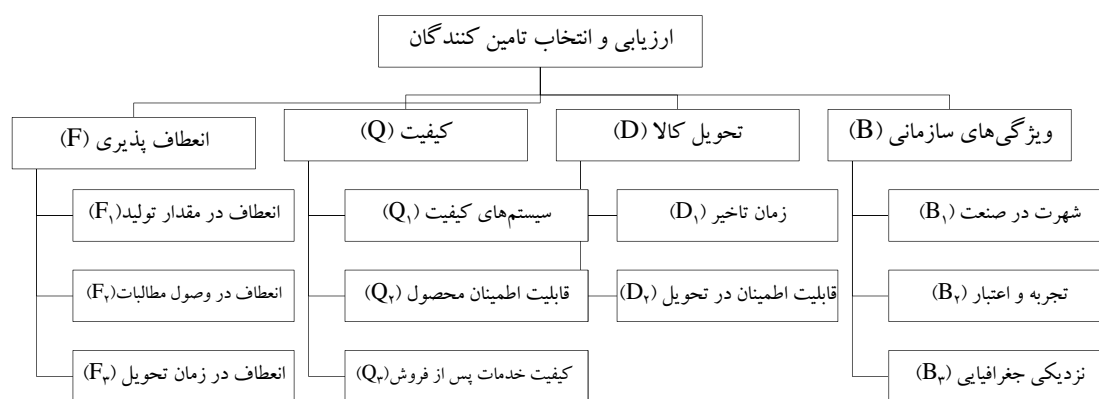
۴ مطالعه‌ی موردی

شرکت مورد مطالعه در این پژوهش یک شرکت تولیدی است که در حوزه‌ی تولید پکیج‌های چدنی فعالیت می‌کند. این شرکت پکیج‌های زمینی یا ایستاده‌ی خود را در سه مدل با ظرفیت‌های حرارتی ۱۴۰۰۰ تا ۲۵۴۰۰

کیلوکالری در ساعت و پکیج دیواری خود را در یک مدل تولید و عرضه می کند. این شرکت بیش از ۹۰ درصد از قطعات مورد نیاز خود را به صورت آماده از تامین کنندگان فراهم می نماید و با توجه به این ویژگی، شرکت جهت تامین اقلام مورد نیاز خود با تامین کنندگان متعددی در ارتباط است؛ اما همه ی تامین کنندگان کیفیت، کارایی و هزینه ی یکسانی ندارند؛ بنابراین شرکت برای افزایش قدرت رقابت پذیری و کاهش هزینه های خود باید مناسب ترین تامین کنندگان را انتخاب نماید؛ اما متأسفانه همانند بیش تر سازمان ها، معمولاً انتخاب مناسب ترین تامین کنندگان صورت نمی پذیرد؛ زیرا در انتخاب آن ها معمولاً تنها عامل قیمت مد نظر قرار می گیرد. در حالی که عوامل و معیارهای مختلفی می تواند بر انتخاب تامین کنندگان تاثیر داشته باشد. در این مطالعه، محققان تلاش نموده اند تا مناسب ترین تامین کنندگان شرکت را برای یکی از اصلی ترین کالاهای مورد نیاز شرکت بر اساس معیارهای مختلف شناسایی نمایند. با توجه به بررسی های انجام شده شش تامین کننده، توانایی تامین این کالا را دارند. با توجه به تعهد نویسندگان در رعایت حقوق تامین کنندگان و شرکت مورد مطالعه و امانت داری در استفاده از اطلاعات، نامی از آن ها آورده نشده است.

۴-۱ تشکیل ساختار سلسله مراتبی و محاسبه ی وزن معیارها

ابتدا معیارهای مختلف مرتبط با سازمان مورد مطالعه شناسایی شد و سپس با استفاده از نظر خبرگان معیارهای شناسایی شده مورد غربال سازی قرار گرفت. شکل ۳ ساختار سلسله مراتبی معیارهای اصلی و زیرمعیارهای آنها را نشان می دهد.



شکل ۳. ساختار سلسله مراتبی پژوهش

پس از تشکیل ساختار سلسله مراتبی تحقیق تلاش شد تا عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوط خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده، وزن نسبی آن ها محاسبه شود. سپس با تلفیق وزن های نسبی، وزن نهایی هر گزینه (که در این پژوهش گزینه های ساختار سلسله مراتبی همان زیر معیارها می باشد) مشخص شد. بردار وزن های نسبی و نهایی به دست آمده از ماتریس های مقایسات زوجی و نرخ نا سازگاری هر ماتریس به طور کامل در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲. وزن معیارهای پژوهش

سطح اول	سطح دوم		سطح سوم		IR	وزن نهایی زیر معیارها
	معیارهای اصلی	وزن نسبی	زیر معیارها	وزن نسبی		
انتخاب مناسب‌ترین تامین کننده	F	۰/۱۱۹۱۹	F _۱	۰/۱۶۳۷۸	۰/۰۰۷۹۳	۰/۰۱۹۵۲۱
			F _۲	۰/۵۳۸۹۶		۰/۰۶۴۲۳۸
			F _۳	۰/۲۹۷۲۵		۰/۰۳۵۴۳۰
	Q	۰/۶۰۶۹۴	Q _۱	۰/۰۸۶۹۴	۰/۰۴۶۵۸	۰/۰۵۲۷۷۲
			Q _۲	۰/۶۳۹۳۳		۰/۳۸۸۰۳۷
			Q _۳	۰/۲۷۳۷۱		۰/۱۶۶۱۳۰
	D	۰/۰۶۳۵۳	D _۱	۰/۳۳۳۳	۰	۰/۰۲۱۱۷۶
			D _۲	۰/۶۶۶۶		۰/۰۴۲۳۵۳
			B _۱	۰/۰۹۶۴۱		۰/۰۲۰۲۸۱
	B	۰/۲۱۰۳۵	B _۲	۰/۲۸۴۲	۰/۰۷۴۷	۰/۰۵۹۷۸۷
			B _۳	۰/۶۱۹۳	۰/۱۳۰۲۸۰	
			IR	۰/۰۶۹۸۵۵۱		

جدول ۳. وضعیت تامین کنندگان در هر یک از معیارها

	F _۱	F _۲	F _۳	Q _۱	Q _۲	Q _۳	D _۱	D _۲	B _۱	B _۲	B _۳
D _۱	S _۱	G	G	G	G	G	F	G	G	MG	VG
	S _۲	G	G	VG	G	VG	VG	G	VG	VG	VG
	S _۳	G	MG	F	F	G	VG	VG	G	G	G
	S _۴	MG	G	F	F	G	F	MG	MG	MG	MG
	S _۵	F	G	MG	F	G	G	P	MG	MG	MG
	S _۶	F	MG	G	F	G	F	G	MG	MP	F
D _۲	S _۱	MG	MG	G	F	G	G	G	G	MG	VG
	S _۲	MG	G	G	G	G	VG	G	VG	VG	VG
	S _۳	G	MG	MG	G	G	VG	VG	VG	VG	MG
	S _۴	F	G	MG	F	G	MP	MG	G	MG	G
	S _۵	G	G	MG	F	G	VG	MP	MG	MP	MG
	S _۶	F	G	G	F	G	F	G	MG	F	F
D _۳	S _۱	G	G	VG	G	G	G	G	MG	F	VG
	S _۲	G	G	VG	G	VG	G	G	VG	G	VG
	S _۳	G	G	F	G	VG	VG	VG	G	G	MG
	S _۴	MG	MG	MG	F	G	F	F	MG	MG	G
	S _۵	F	MG	MG	F	G	G	MP	MG	F	G
	S _۶	MG	G	G	G	MG	F	F	F	MP	MG

۴-۲ تشکیل ماتریس تصمیم

پس از محاسبه‌ی وزن معیارها، باید ماتریس تصمیم مساله را برای شش تامین کننده‌ی شرکت مورد مطالعه تشکیل دهیم. در این پژوهش وضعیت هر یک از تامین کنندگان نسبت به هر یک از معیارهای پژوهش با سه تصمیم گیرنده و با استفاده از متغیرهای زبانی مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۳ ارائه شده است و سپس این متغیرهای زبانی با استفاده از جدول ۱ به اعداد خاکستری تبدیل شده است. پس از تشکیل ماتریس تصمیم خاکستری، با استفاده از روابط ۸ تا ۱۰ ماتریس تصمیم خاکستری نرمالایز شده را به دست آورده و سپس با استفاده از رابطه‌ی ۱۱ ماتریس تصمیم خاکستری نرمالایز شده‌ی موزون را محاسبه شده است. جدول‌های ۴ و ۵ به ترتیب ماتریس تصمیم خاکستری و ماتریس تصمیم خاکستری نرمالایز شده موزون را نشان می‌دهند.

جدول ۴. ماتریس تصمیم خاکستری

D _r		D _۱		Q _r		Q _r		Q _۱		F _r		F _r		F _۱		U _r U _۱
U _۸	L _۸	U _۷	L _۷	U _۶	L _۶	U _۵	L _۵	U _۴	L _۴	U _۳	L _۳	U _۲	L _۲	U _۱	L _۱	
۹	۶/۱	۷/۷	۵/۳	۸	۶	۹	۶	۷/۷	۵/۳	۹/۳	۷	۸	۵/۷	۷	۴/۷	S _۱
۹/۶	۸	۹/۳	۷	۸/۷	۸	۹/۷	۷/۹	۹	۶	۹/۷	۸	۹	۶	۸/۱	۵/۷	S _۲
۹/۳	۷	۱۰	۹	۱۰	۹	۹/۳	۷	۷/۷	۵/۳	۵/۳	۴/۳	۷	۵/۴	۹/۱	۶/۱	S _۳
۷	۵/۳	۵/۷	۴/۷	۴/۷	۴	۹	۶	۵	۴	۵/۷	۴/۷	۸	۴/۶۷	۵/۶	۴/۷	S _۴
۶	۵	۳/۷	۲/۳	۸/۳	۷	۹	۶	۵	۴	۶	۵	۸	۵/۷	۶/۴	۴/۷	S _۵
۵/۷	۴/۷	۷/۷	۵/۳	۵	۴	۸	۵/۷	۶/۳	۴/۶	۹	۶	۸	۶/۱	۵/۳	۴/۳	S _۶

B _r		B _r		B _۱		U _r U _۱
U _{۱۱}	L _{۱۱}	U _{۱۰}	L _{۱۰}	U _۹	L _۹	
۱۰	۹	۵/۷	۴/۶	۷	۴/۶	S _۱
۱۰	۹	۹/۸	۸	۹/۶	۸	S _۲
۹	۶	۷	۵/۳	۹/۴	۷	S _۳
۵	۴	۸	۵/۶	۷	۵/۳	S _۴
۷	۵/۳	۷	۵/۴	۵	۴	S _۵
۱۰	۹	۵/۴	۴/۳	۴/۳	۳/۴	S _۶

جدول ۵. ماتریس تصمیم خاکستری نرمالایز شده موزون

D _۱		Q _r		Q _r		Q _۱		F _r		F _r		F _۱		U _r U _۱
U _۷	L _۷	U _۶	L _۶	U _۵	L _۵	U _۴	L _۴	U _۳	L _۳	U _۲	L _۲	U _۱	L _۱	
۰/۰۲	۰/۰۱۱	۰/۱۳۳	۰/۱	۰/۳	۰/۲۴	۰/۰۴۵	۰/۰۳۱	۰/۰۳۴	۰/۷۲	۰/۰۵۷	۰/۰۴۰	۰/۰۱	۰/۰۱۰	S _۱
۰/۰۲	۰/۰۱۵	۰/۱۴۵	۰/۱۳	۰/۳۸	۰/۳۱۶	۰/۰۵۳	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۸۲	۰/۰۶۴	۰/۰۴۲	۰/۰۱۷	۰/۰۱۲	S _۲
۰/۰۲	۰/۰۱۹	۰/۱۶۶	۰/۱۵	۰/۳۷	۰/۲۸	۰/۰۴۵	۰/۰۳۱	۰/۰۱۹	۰/۴۴	۰/۰۵	۰/۰۳۸	۰/۰۱۹	۰/۰۱۳	S _۳
۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۷۸	۰/۰۷	۰/۳۶	۰/۲۴	۰/۰۲۹	۰/۰۲۳	۰/۰۲۱	۰/۴۸	۰/۰۵۷	۰/۰۳۳	۰/۰۱۲	۰/۰۱۰	S _۴
۰/۰۱	۰/۰۰۵	۰/۱۳۸	۰/۱۲	۰/۳۶	۰/۲۴	۰/۰۲۹	۰/۰۲۳	۰/۰۲۲	۰/۵۱	۰/۰۵۷	۰/۰۴۰	۰/۰۱۳	۰/۰۱۰	S _۵
۰/۰۲	۰/۰۱۱	۰/۰۸۳	۰/۰۷	۰/۳۲	۰/۲۲۸	۰/۰۳۷	۰/۰۲	۰/۰۳۳	۰/۶۱	۰/۰۵۷	۰/۰۴۳	۰/۰۱۱	۰/۰۰۹	S _۶

B _r		B _r		B _۱		D _r		U _r U _۱
U _{۱۱}	L _{۱۱}	U _{۱۰}	L _{۱۰}	U _۹	L _۹	U _۸	L _۸	
۰/۱۳	۰/۰۱۱	۰/۰۳۴	۰/۰۲۸	۰/۰۱۴	۰/۰۰۹	۰/۰۳۹	۰/۰۲۷	S _۱
۰/۱۳	۰/۱۱۷	۰/۰۵۴	۰/۰۴۸	۰/۰۲	۰/۰۱۶	۰/۰۴۲	۰/۰۳۵	S _۲
۰/۱۱۷	۰/۰۷۸	۰/۰۴۲	۰/۰۳۲	۰/۰۱۹	۰/۰۱۴	۰/۰۴۱	۰/۰۳۱	S _۳
۰/۰۶۵	۰/۰۵۲	۰/۰۴۸	۰/۰۳۴	۰/۰۱۴	۰/۰۱۱	۰/۰۳۰	۰/۰۲۳	S _۴
۰/۰۹۱	۰/۰۶	۰/۰۴۲	۰/۰۳۲	۰/۰۱۰	۰/۰۰۸	۰/۰۲۶	۰/۰۲۲	S _۵
۰/۱۳	۰/۰۱۱	۰/۰۳۲	۰/۰۲۶	۰/۰۰۹	۰/۰۰۷	۰/۰۲۵	۰/۰۲۱	S _۶

۴-۳ تعیین جواب ایده آل

پس از تشکیل ماتریس تصمیم خاکستری نرمال شدهی موزون، باید جواب ایده آل و ندیر (غیرایده آل) آن را به عنوان گزینهی مرجع برای مقایسه با تامین کنندگان با استفاده از روابط ۱۲ و ۱۳ محاسبه نمود. نتایج حاصل از این محاسبات در زیر آرایه شده است:

$$S^{max} = \{[0/13, 0/019], [0/43, 0/64], [0/029, 0/035], [0/0352, 0/053], [0/316, 0/388], [0/15, 0/166], [0/019, 0/02], [0/035, 0/0424], [0/016, 0/02], [0/048, 0/0598], [0/117, 0/13] \\ S^{min} = \{[0/0092, 0/0114], [0/33, 0/05], [0/016, 0/019], [0/0235, 0/029], [0/228, 0/32], [0/07, 0/078], [0/005, 0/01], [0/021, 0/0251], [0/0072, 0/0091], [0/026, 0/032], [0/052, 0/065]\}$$

۴-۴ محاسبه درجهی امکان خاکستری

در این مرحله باید درجهی امکان خاکستری بین گزینههای مورد بررسی پژوهش و جواب ایده آل و ندیر آن را محاسبه نمود. براساس روابط ۱۴ و ۱۵ درجهی امکان خاکستری نسبت به جواب ایده آل و جواب ندیر آن به صورت زیر به دست آمد.

$$P\{S_1 \leq S^{max}\} = 0/584 \quad P\{S_1 \geq S^{min}\} = 0/723 \\ P\{S_2 \leq S^{max}\} = 0/534 \quad P\{S_2 \geq S^{min}\} = 0/842 \\ P\{S_3 \leq S^{max}\} = 0/554 \quad P\{S_3 \geq S^{min}\} = 0/799 \\ P\{S_4 \leq S^{max}\} = 0/771 \quad P\{S_4 \geq S^{min}\} = 0/542 \\ P\{S_5 \leq S^{max}\} = 0/721 \quad P\{S_5 \geq S^{min}\} = 0/544 \\ P\{S_6 \leq S^{max}\} = 0/673 \quad P\{S_6 \geq S^{min}\} = 0/632$$

۴-۵ محاسبه شاخص نزدیکی نسبی

پس از محاسبه درجهی امکان خاکستری گزینهها نسبت به جواب ایده آل و ندیر آن باید شاخص نزدیکی نسبی هر گزینه را نسبت به جواب ایده آل تعریف کرد. بر اساس رابطه ۱۶، شاخص نزدیکی نسبی گزینههای پژوهش به صورت زیر محاسبه شد.

$$C_1 = 0/807, \quad C_2 = 0/634, \quad C_3 = 0/693 \\ C_4 = 1/422, \quad C_5 = 1/325, \quad C_6 = 1/064$$

۵ رتبه بندی و تجزیه و تحلیل نتایج

در این مرحله باید شش تامین کنندهی مورد مطالعه را بر اساس نتایج حاصل از شاخص نزدیکی نسبی رتبه بندی کرد. نتایج حاصل از روش مبتنی بر تئوری خاکستری به صورت زیر می باشد.

$$S_2 > S_3 > S_1 > S_6 > S_5 > S_4$$

بنابراین می توان گفت که تامین کننده ی S_4 بهترین تامین کننده از میان شش تامین کننده ی دیگر است و باید به عنوان مهم ترین گزینه برای شرکت لحاظ شود. گزینه ی بعدی تامین کننده ی S_7 می باشد که به دیگر تامین کنندگان ارجحیت دارد. تامین کننده ی S_1 نیز تا حدودی خوب می باشد؛ اما تامین کنندگان S_5 و S_6 زیاد خوب نیستند و تامین کننده ی S_4 نامناسب ترین تامین کننده می باشد.

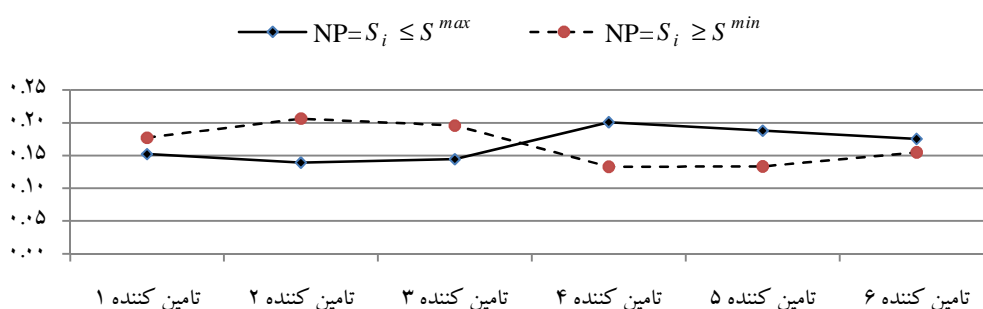
در این قسمت ما تلاش می کنیم که $P\{S_i \leq S^{max}\}$ و $P\{S_i \geq S^{min}\}$ برای همه ی تامین کنندگان مورد مقایسه قرار دهیم. بدین منظور ابتدا باید درجه ی امکان خاکستری را نسبت به جواب ایده آل و ندیر آن نرمال سازی نمود تا امکان مقایسه ایجاد شود (جدول ۶). نتایج حاصل از این مقایسه در شکل ۴ نشان داده شده است.

جدول ۶. نرمال سازی درجه ی امکان خاکستری

S_i	NP		P	
	$\{S_i \leq S^{max}\}$	$\{S_i \geq S^{min}\}$	$\{S_i \leq S^{max}\}$	$\{S_i \geq S^{min}\}$
S_1	۰/۵۸۴	۰/۱۵۲۲	۰/۷۲۳	۰/۱۷۷۱
S_4	۰/۵۳۴	۰/۱۳۹۱	۰/۸۴۲	۰/۲۰۶۲
S_7	۰/۵۵۴	۰/۱۴۴۳	۰/۷۹۹	۰/۱۹۵۷
S_4	۰/۷۷۱	۰/۲۰۰۹	۰/۵۴۲	۰/۱۳۲۷
S_5	۰/۷۲۱	۰/۱۸۷۹	۰/۵۴۴	۰/۱۳۳۲
S_6	۰/۶۷۳	۰/۱۷۵۳	۰/۶۳۲	۰/۱۵۴۸
جمع	۳/۸۳۷		۴/۰۸۲	

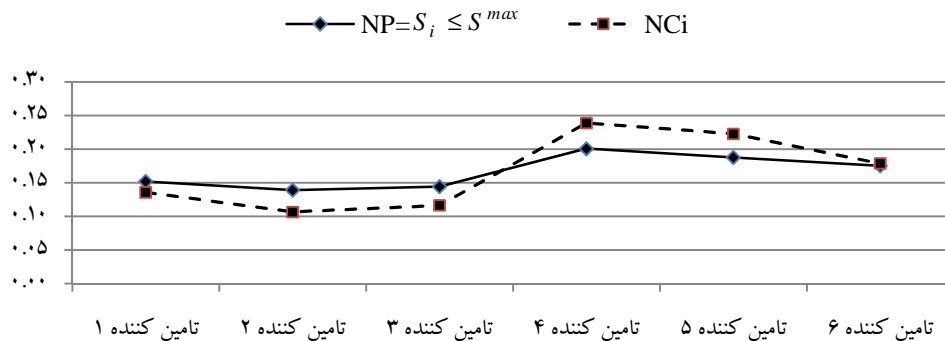
NP: جواب ایده آل نرمالایز شده

همان طور که شکل ۴ نشان می دهد، تامین کنندگان شماره ی ۲ و ۳ به جواب ایده آل نزدیک تر بوده و هم چنین از جواب ندیر آن دورتر می باشند. که این امر تاثیر تشریک مساعی ایجاد شده به وسیله این دو فاصله را بررسی می کند و همین امر باعث می شود که این دو تامین کننده برای خریدار مهم تر باشد؛ ولی در مورد تامین کننده ی ۴ این امر معکوس می باشد؛ یعنی این تامین کننده بیشترین فاصله را از جواب ایده آل و کمترین فاصله را به جواب ندیر دارد و همین امر باعث شده است که وضعیت نامطلوبی داشته باشد و به عنوان نامناسب ترین تامین کننده لحاظ شود.



شکل ۴. مقایسه ی درجه ی امکان خاکستری جواب ایده آل و ندیر آن برای شش تامین کننده

این تشریک مساعی را با استفاده از رابطه‌ی ۱۶ نیز بررسی کرد. بدین منظور نتایج رابطه ۱۶ با این رابطه‌ی مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج حاصل از این مقایسه برای تمامی کنندگان در شکل ۵ ارایه شده است.



شکل ۵. مقایسه‌ی درجه‌ی امکان خاکستری جواب ایده‌آل با شاخص نزدیکی نسبی برای شش تامین کننده

با توجه به شکل ۵ نیز می‌توان به راحتی استنباط کرد که تامین کننده‌ی ۲ و ۳ بیش‌ترین اهمیت را برای خریدار دارند و تامین کننده‌ی ۱ تا حدودی مناسب است و فاصله‌ی سایر گزینه‌ها با این دو تامین کننده تا حدودی چشمگیر می‌باشد. تفاوت در شاخص نزدیکی (C_i) بین تامین کنندگان هنگامی اهمیت پیدا می‌کند که مدیریت بخواهد مقدار سفارش را در میان تامین کنندگان تعیین نماید. در آن موقع، امتیاز نهایی هر تامین کننده به عنوان ضرایب تابع هدف در برنامه‌ریزی خطی برای تخصیص مقدار سفارش به تامین کنندگان لحاظ می‌شود.

۶ نتیجه‌گیری

انتخاب تامین کننده یک مساله‌ی تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد. در روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره‌ی مرسوم، ارزیابی و وزن‌دهی معیارها باید به صورت دقیق باشد؛ اما همان‌طور که مشخص است، در بسیاری از شرایط قضاوت‌های تصمیم‌گیرندگان اغلب نامطمئن است و نمی‌تواند به وسیله‌ی یک مقدار عددی دقیق برآورد شود؛ بنابراین مساله‌ی انتخاب تامین کننده دارای عدم قطعیت‌های بسیاری است که این امر تصمیم‌گیری را دشوارتر می‌سازد. تئوری خاکستری که یک رشته‌ی ریاضی جدید است، یکی از روش‌هایی است که برای مطالعه‌ی عدم قطعیت سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرد. علاوه بر این، تئوری خاکستری بر تئوری مجموعه‌ی فازی مزیت دارد؛ زیرا تئوری خاکستری به‌طور انعطاف‌پذیری می‌تواند هم با شرایط فازی و هم با اطلاعات ناکافی سر و کار داشته باشد.

بنابراین در این مطالعه، ما یک رویکرد ترکیبی مبتنی بر تئوری خاکستری را با مفهوم تاپسیس برای مساله انتخاب تامین کننده تحت محیط‌های عدم قطعیت ارایه نمودیم. و به منظور اعتبار بخشی مدل، آن را در یک مطالعه موردی مورد استفاده قرار دادیم. وضعیت هر یک از تامین کنندگان در هر یک از معیارها با استفاده از متغیرهای زبانی و توسط سه تصمیم‌گیرنده مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس متغیرهای زبانی با استفاده از جدول مربوطه به اعداد خاکستری تبدیل شدند. و در نهایت با محاسبه درجه امکان خاکستری و به دنبال آن شاخص

نزدیکی نسبی هر گزینه، به مقایسه میان تامین کنندگان پرداختیم.

از این مطالعه آشکار شد که مدل ارایه شده که برای حل مساله تصمیم گیری چند معیاره برای انتخاب مناسب ترین تامین کننده مورد استفاده قرار گرفت، یک ابزار خوب برای ارزیابی می باشد که می تواند در زمینه های تصمیم گیری چند معیاره دیگر در شرایط عدم قطعیت به کار گرفته شود.

منابع

- [۱۷] محمدی، ع.، حسین زاد، م.، باقرزاده، م.، (۱۳۹۰). ارایه مدل تلفیقی تحلیل سلسله مراتبی فازی، تحلیل رابطه ای خاکستری و برنامه ریزی چند هدفه به منظور انتخاب شریک تجاری، چشم انداز مدیریت صنعتی. شماره ۱، ۱۷-۳۷.
- [۱۸] سپهوند، ر.، (۱۳۹۳). استفاده از رویکردهای QFD و AHP در انتخاب تامین کننده با مطالعه موردی در شرکت زمزم، مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، ۱۱(۱)، ۱۹-۳۰.
- [۱۹] کاظمی، م.، علیزاده زوارم، ع.، (۱۳۹۲). انتخاب بهینه تامین کنندگان بر مبنای رویکرد ترکیبی AHP-DEA-TOPSIS، مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، ۱۰(۴)، ۳۷-۵۳.
- [۲۰] آذر، ع.، رجبزاده، ع.، (۱۳۸۹). تصمیم گیری کاربردی رویکرد MADM، تهران، انتشارات نگاه دانش، چاپ اول.
- [۲۱] قدسی پور، ح. (۱۳۸۸). فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، تهران، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر (پلی تکنیک تهران)، چاپ هفتم.

- [1] Ghodsypour, S. H., O'Brien, C., (1998). A decision support system for supplier selection using onintegrated analytic hierarchy process and linear programming. *International Journal of Production Economics*, 56, 307 – 318.
- [2] Lee, E. K., Ha, S., Kim, S. K., (2001). Supplier selection and management system considering relationships in supply chain management. *IEEE transactions on Engineering Management*, 48(3), 307-318.
- [3] Amid, A., Ghodsypour, S. H., O'Brien, C., (2006). Fuzzy multi-objective linear model for supplier selection in a supply chain. *International Journal of Production Economics*, 104, 394-407.
- [4] Lee Amy, H. I., (2009). A fuzzy supplier selection model with the consideration of benefits, opportunities, costs and risk, *Expert Systems with Applications* 36, 2879-2893.
- [5] Weber, C. A., Current, J. R., Benton, W. E., (1991). Vendor selection criteria and methods, *European Journal of Operation Research*, 50.
- [6] Lin, C. W. R., Chen, H. Y. S., (2004). A fuzzy strategic alliance selection framework for supply chain partnering under limited evaluation resources. *Computers in Industry*, 55, 159-179.
- [7] Amid, A., Ghodsypour, S. H., O'Brien, C., (2011). A weighted max-min model for fuzzy multi-objective supplier selection in a supply chain. *International Journal of Production Economics*, 131, 139-145.
- [8] Önüt, S., Kara, S. S., Is_ik, E., (2009). Long term supplier selection using a combined fuzzy MCDM approach: A case study for a telecommunication company. *Expert Systems with Applications* 36, 3887-3895.
- [9] Yang, C. C., Chen, B. S., (2006). Supplier selection using combined analytical hierarchy process and grey relational analysis. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 17(7), 926-941.
- [10] Zaim, S., Sevki, M., Tarim, M., (2005). Fuzzy analytic hierarchy based approach for supplier selection, www.Fatih-edu.tr/~msevki/Fahp.pdf.
- [11] Goyal, S., Grover, S., (2012). Applying fuzzy grey relational analysis for ranking the advanced manufacturing systems. *Grey Systems: Theory and Application*, 2(2), 284 – 298.
- [12] Bali, O., Kose, E., Gumus, S., (2013). Green supplier selection based on IFS and GRA. *Grey Systems: Theory and Application*, 3(2), 158 – 176.
- [13] Lee, T. R., Genovese, A., Koh, L. S. C., (2012). Using FAHP to determine the criteria for partner's selection within a green supply chain: The case of hand tool industry in Taiwan. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 23(1), 25 – 55.

- [14] Murat Ar, I., Hamzaçebi, C., Baki, B., (2013). Business School ranking with grey relational analysis: the case of Turkey. *Grey Systems: Theory and Application*, 3(1), 76 – 94.
- [15] Cao, J., Cao, G., Wang, W., (2012). A hybrid model using analytic network process and gray relational analysis for bank's IT outsourcing vendor selection. *Kybernetes*, 41(7), 994 – 1013.
- [16] Kose, E., Kabak, M., Aplan, H., (2013). Grey theory based MCDM procedure for sniper selection problem. *Grey Systems: Theory and Application*, 3(1), 35 – 45.
- [22] Li, G. D., Yamaguchi, D., Nagai, M., (2007). A grey based decision making approach to the supplier selection problem. *Mathematical and Computer Modeling*, 46(3-4), 573-581.
- [23] Deng, J., (1989). Introduction to Grey System Theory. *The Journal of Grey System*, 1, 1-24.

Archive of SID