

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

محمد ثابت مطلق<sup>\*</sup>، جمشید صالحی صدقیانی<sup>۱</sup>، سید علی ایازی<sup>۲</sup>، مهدی عابدینی نایینی<sup>۳</sup>

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 رقبتی 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 مساله چند معیاره است که در محیط با اطلاعات ناکافی به وقوع می‌پیوند. 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 مساله 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 به‌وسیله خبرگان مناسب‌ترین آنها غربال‌سازی شده است. نهایتاً با استفاده از روش تاپسیس خاکستری، تامین کنندگان مورد ارزیابی و رتبه‌بندی قرار گرفته‌اند. هم‌چنین به منظور اعتبار بخشی مدل، آن را در یک مطالعه 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 رقبتی امروز، دیگر شیوه‌های مدیریتی گذشته که یکپارچگی کم‌تری را دارند، کارآیی

\* عهده‌دار مکاتبات

آدرس الکترونیکی: msmotlagh@ut.ac.ir

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

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

مساله انتخاب تامین کنندگان در زنجیره 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 نمود 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 تامین کنندگان مناسب استفاده شود.

## ۲ پیشنهاد تحقیق

با ظهر زنجیره تامین و مدیریت آن، مطالعات متعددی بر روی زنجیره تامین و مباحث پیرامون آن انجام شده است. معمولاً مطالعات انجام شده در این حوزه را به دوسته 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<sup>[۳]</sup>. در این قسمت تلاش شده است تا ابتدا ادبیات مربوط به معیارها و سپس ادبیات مربوط به روش‌ها و تکنیک‌های انتخاب تامین کنندگان مورد بررسی قرار گیرد.

در مطالعه‌ای در زمینه انتخاب تامین کننده، پژوهش‌گران فهرستی مشتمل 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 تامین کننده"، و "خدمات" دسته‌بندی کرده‌اند<sup>[۴]</sup>. 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<sup>[۵]</sup>. لین و چن<sup>[۶]</sup> با بازنگری روی ادبیات معیارها، ۱۸۳ معیار در زنجیره تامین صنایع عمومی را شناسایی و آنها را در ۸ دسته طبقه‌بندی کردند. در

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

در یکی از این مطالعات نویسنده‌گان برای انتخاب تامین کننده در زنجیره تامین، یک مدل دو هدفه فازی را برای حداقل‌سازی تابع هزینه و حداکثرسازی تابع مطلوبیت خرید توسعه دادند [۷]. اونوت و همکاران [۸] به منظور انتخاب تامین کننده و برقراری ارتباط بلند مدت با آنان، روش ترکیبی تصمیم‌گیری چند معیاره 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 سلسه مراتبی و تحلیل رابطه خاکستری برای انتخاب تامین کنندگان استفاده نموده‌اند. این پژوهش‌گران یک مدل چند هدفه فازی را برای کاهش ریسک ناشی از تامین کنندگان طراحی نموده و در آن از پنج تابع هدف هزینه خرید، بازگشتی‌ها، تاخیر و ریسک‌های ناشی از عوامل محیط اقتصادی و خدمات استفاده شده است. زائی و همکاران [۱۰] نیز در پژوهشی به منظور حل مساله تصمیم‌گیری انتخاب تامین کنندگان، فرآیند تحلیل سلسه مراتبی را در حالت فازی و غیرفازی با هم مقایسه کرده و فرآیند تحلیل سلسه مراتبی فازی را پیشنهاد کردن. در مقاله‌ای با عنوان رویکرد مبتنی بر تئوری خاکستری برای مساله انتخاب تامین کننده، نویسنده‌گان تلاش نموده‌اند تا از تحلیل رابطه خاکستری برای انتخاب و رتبه‌بندی تامین کنندگان استفاده نمایند. در این پژوهش ابتدا معیارهای همه گزینه‌ها به وسیله متغیرهای زبانی توصیف شده و سپس با استفاده از درجه خاکستری، رتبه هر کدام از گزینه‌ها تعیین شده است. نتایج این پژوهش نشان داد که این روش به طور قابل توجه‌ای کارآیی تصمیم‌گیری و رقابت‌پذیری کلی صنایع تولیدی را افزایش می‌دهد [۱۱]. در پژوهشی به بررسی مساله انتخاب تامین کنندگان با استفاده از مجموعه‌ی فازی و تحلیل رابطه خاکستری در زنجیره تامین سبز پرداخته شده است. نویسنده‌گان این مقاله معتقدند که رویکرد زیست محیطی یک شرکت تنها یک تلاش درونی نیست، بلکه عملکرد زیست محیطی تامین کنندگان آن نیز مهم می‌باشد. نتیجه این مطالعه نشان داد که تئوری مجموعه‌ی فازی و تئوری خاکستری می‌تواند به‌طور مشترک برای مساله انتخاب تامین کننده سبز در محیط‌های نامطمئن به کار گرفته شود [۱۲].

در پژوهشی در تایوان از فرآیند تحلیل سلسه مراتبی فازی برای تعیین معیارهای انتخاب شرکا در زنجیره تامین سبز استفاده شده است. نتیجه این مطالعه این بود که فهرست معیارهای ارایه شده و درجه اهمیت آنها نه تنها در انتخاب تامین کنندگان و شرکا موثر است، بلکه عملکرد آن‌ها را نیز به منظور برآوردن نیازهای مشتریان بهبود می‌دهند [۱۳]. در مطالعه‌ای از تحلیل رابطه 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 درجه اهمیت عوامل موثر در عملکرد آموزش این مدارس تعیین شد [۱۴]. کاثو و همکاران [۱۵] یک مدل ترکیبی را با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای و تحلیل رابطه خاکستری برای انتخاب فروشنده‌گان ارایه نمودند. در این مطالعه، یک چارچوب انتخاب فروشنده دو مرحله‌ای برای برونو سپاری IT در بانک‌های کوچک در چین ارایه شده است. در پژوهشی نیز یک رویکرد ترکیبی مبتنی بر تئوری خاکستری برای حل مساله 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 شده‌اند [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 سلسله‌مراتبی فازی، تحلیل رابطه خاکستری و برنامه ریزی چند هدفه ارایه شده است [۱۷]. سپهوند نیز در پژوهشی به کمک روش AHP به منظور اولویت‌بندی ویژگی‌های مشتری و استفاده از دو سری از خانه‌های کیفیت در مدل QFD، روشی جدید برای انتخاب بهترین تامین‌کننده ارایه نموده است و در انتها برای سنجش کارآیی روش پیشنهادی، به اجرای آن در شرکت زمزم پرداخته است [۱۸]. در مطالعه‌ای دیگر پژوهشگران به ارزیابی و انتخاب بهینه تامین‌کنندگان بر مبنای رویکرد ترکیبی فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی، تحلیل پوششی داده‌ها و تاپسیس پرداختند. در این مطالعه ابتدا مهم‌ترین شاخص‌های انتخاب تامین‌کننده شناسایی و با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی نرخ ناسازگاری مقایسات زوجی مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس وزن‌های نسبی شاخص‌ها در قالب مدل تحلیل پوششی داده‌ها محاسبه شدند و در نهایت تامین‌کنندگان 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 تامین‌کنندگان برای سازمان مورد نظر پرداخته‌ایم. سپس تلاش شد تا با استفاده از پرسشنامه و به کمک خبرگان شرکت، معیارهای اصلی غربال شوند. و به دلیل ویژگی و ماهیت معیارهای در نظر گرفته شده از روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی و تاپسیس خاکستری برای ارزیابی و رتبه‌بندی گزینه‌های پژوهش استفاده شده است. برای محاسبات نیز از نرم افزار اکسل و تحلیل رابطه خاکستری (JGRA) استفاده شده است. شکل ۱ چارچوب استفاده شده در این پژوهش را ارایه می‌نماید. در ادامه این بخش مفاهیم مورد نیاز در پژوهش تشریح شده است.



شکل ۱. چارچوب مفهومی تحقیق

### ۱-۳ فرآیند تحلیل سلسه مراتبی

فرآیند تحلیل سلسه مراتبی یکی از جامع ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است. تو ماس. ال. ساعتی که مبدع روش فرآیند تحلیل سلسه 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 عبارتند از: شرط معکوسی، اصل همگنی، اصل وابستگی و شرط انتظارات [۲۰]. فرآیند تحلیل سلسه مراتبی از اصول اساسی تفکر تحلیلی مانند ترسیم درخت سلسه مراتبی، تدوین و تعیین اولویت‌ها و سازگاری منطقی قضاؤت‌ها پیروی می‌کند و قابلیت در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی در این روش وجود دارد. اساس این روش بر پایه مقایسات زوجی بنا شده است. به کارگیری این روش مستلزم چهار گام عمده زیر است:

گام اول (مدل سازی): در این گام، مساله و هدف از تصمیم‌گیری به صورت سلسه مراتبی از عناصر تصمیم که با هم در ارتباط هستند، در می‌آیند. عناصر تصمیم شامل "شاخص‌های تصمیم‌گیری" و "گزینه‌های تصمیم" است.

گام دوم (قضاؤت 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.

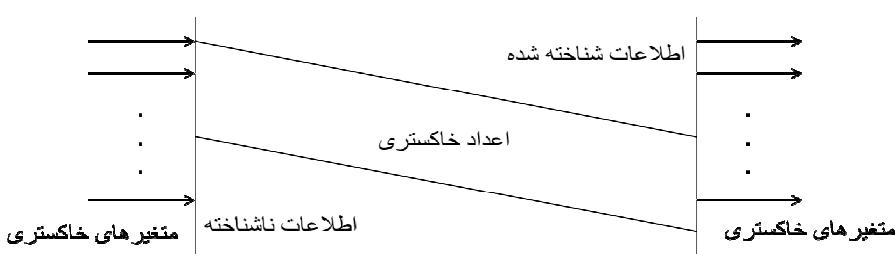
گام چهارم (ادغام وزن‌های نسبی): این گام به منظور رتبه‌بندی گزینه‌های تصمیم صورت می‌پذیرد [۲۱].

### ۲-۳ تحلیل رابطه‌ای خاکستری

تئوری خاکستری برای اولین بار توسط پروفسور 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، مجموعه خاکستری و اعداد خاکستری در تئوری خاکستری پرداخته شده و سپس نحوه به کارگیری این مفهوم برای حل مساله تصمیم‌گیری ارایه شده است [۲۲].

### ۱-۲-۳ مفاهیم اساسی تئوری خاکستری

**تعريف ۱** سیستم خاکستری به عنوان سیستمی تعریف می‌شود که حاوی اطلاعات غیر قطعی 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 مجموعه مرجع جهانی باشد؛ در این صورت مجموعه خاکستری  $G$  از  $X$  بر حسب دو ضابطه  $(\underline{\mu}_G(x))$  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 خواهند 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:  $G = [\underline{G}, \infty]$ .

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

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

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

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

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

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

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

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

**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  $\bar{G}_1 = \bar{G}_2$  باشد دو عدد خاکستری مساوی هستند. در این صورت  $G_1 = G_2$  و  $G_1 \leq G_2$ .

اگر  $G_1 > \bar{G}_1$  باشد عدد خاکستری  $G_1$  از عدد خاکستری  $\bar{G}_1$  بزرگتر است. در این صورت  $P(G_1 < \bar{G}_1) = 0$ .

اگر  $G_1 < \bar{G}_1$  عدد خاکستری  $G_1$  از عدد خاکستری  $\bar{G}_1$  کوچکتر است. در این صورت  $P(G_1 > \bar{G}_1) = 0$ .

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

### ۲-۲-۳ تاپسیس خاکستری

در این پژوهش ما از یک رویکرد مبتنی بر تئوری خاکستری برای ارزیابی و رتبه‌بندی تامین‌کنندگان استفاده نموده‌ایم. این روش برای حل مسائل تصمیم‌گیری گروهی با اطلاعات ناقص و غیر قطعی بسیار مناسب می‌باشد. در این پژوهش فرض شده است که  $S = \{S_1, S_2, \dots, S_m\}$  مجموعه‌ای از  $m$  تامین‌کننده می‌باشد و  $W = \{W_1, W_2, \dots, W_n\}$  بردار وزن معیارها می‌باشد.

در این مطالعه وضعیت هر یک از تامین‌کنندگان بر اساس هر کدام از معیارها با استفاده از متغیرهای زبانی ارایه شده است. و همان‌طور که لی و همکاران [۲۲] در پژوهش خود ارایه نموده‌اند، متغیرهای زبانی برای هر کدام از تامین‌کنندگان را می‌توان 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 ، ۲]
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 به منظور رتبه‌بندی گزینه‌ها در گام‌های زیر خلاصه شده است:

گام ۱ تشکیل تیم تصمیم‌گیرنده‌گان و مشخص نمودن وزن معیارها. با فرض اینکه تعداد تصمیم‌گیرنده‌گان  $K$  نفر می‌باشد، وزن معیارها ( $Q$ ) را می‌توان با استفاده از رابطه زیر برآورد شود.

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

که  $(j=1, 2, \dots, n)$  عبارت است از وزن معیار  $j$  که توسط تصمیم‌گیرنده  $K$  ام مشخص شده است که می‌تواند به وسیله متغیر زبانی نیز بیان شود. اگر وزن معیارها به وسیله 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 تامین‌کنندگان در هر کدام از معیارها. پس از ارزیابی می‌توان ارزش هر کدام از تامین‌کنندگان را در هر یک از معیارها با توجه به معادله 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 تامین‌کننده  $i$  که توسط تصمیم‌گیرنده  $K$  ام مشخص شده است که می‌تواند 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.

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

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

**گام ۴** نرمالایز کردن ماتریس تصمیم خاکستری به صورت زیر به منظور تغییر معیارهای گوناگون مساله به واحدهای قابل اندازه‌گیری مشترک جهت مقایسه معیارها.

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

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

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

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

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

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

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

**گام ۶** تعیین جواب ایده‌آل و ندیر(غیرایده‌آل) آن به عنوان گزینه مرجع. برای  $m$  گزینه مورد بررسی، جواب ایده‌آل و ندیر آن می‌تواند به صورت زیر محاسبه شود.

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

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

**گام ۷** محاسبه درجه امکان خاکستری بین گزینه‌های مورد مقایسه و جواب ایده‌آل با استفاده از رابطه زیر.

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

در این رابطه مقدار کوچک‌تر بهتر است.

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

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

در این رابطه مقدار بزرگ‌تر بهتر است.

**گام ۹** تعریف شاخص نزدیکی نسبی هر گزینه نسبت به جواب ایده‌آل با استفاده از رابطه 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 رویه بالا، ما می‌توانیم بهترین تامین‌کننده را از میان تامین‌کنندگان انتخاب نماییم [۲۳].

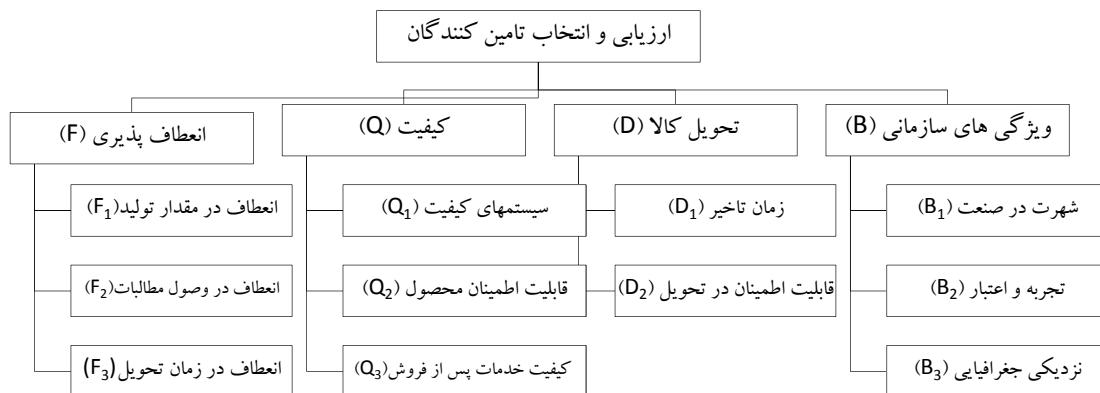
#### ۴ مطالعه موردي

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

کیلو کالری 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 فرآهنم می نماید و با توجه به این ویژگی، شرکت جهت تامین اقلام مورد نیاز خود با تامین کنندگان متعددی در ارتباط است. اما همه تامین کنندگان از کیفیت، کارآیی و هزینه یکسانی برخوردار نیستند. بنابراین شرکت برای افزایش قدرت رقابت پذیری و کاهش هزینه های خود باید مناسب ترین تامین کنندگان را انتخاب نماید. اما متاسفانه همانند بیشتر سازمان ها، معمولاً انتخاب مناسب ترین تامین کنندگان صورت نمی پذیرد زیرا در انتخاب آنها معمولاً تنها عامل قیمت مد نظر قرار می گیرد. در حالی که عوامل و معیارهای مختلفی می توانند بر انتخاب تامین کنندگان تاثیر داشته باشند. 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 نویسندهای قرار در رعایت حقوق تامین کنندگان و شرکت مورد مطالعه و امانت داری در استفاده از اطلاعات، نامی از آنها آورده نشده است.

#### ۴-۱ تشکیل ساختار سلسله مراتبی و محاسبه 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 مربوطه خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده و وزن نسبی آنها 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 باشند) 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			وزن نهایی زیر معیارها
	معیارهای اصلی	وزن نسبی	زیر معیارها	وزن نسبی	وزن نسبی	IR	
F		F <sub>1</sub>	۰/۱۶۳۷۸				۰/۰۱۹۵۲۱
		F <sub>۲</sub>	۰/۰۵۳۸۹۶	۰/۰۰۰۷۹۳			۰/۰۶۴۲۳۸
		F <sub>۳</sub>	۰/۰۲۹۷۲۵				۰/۰۳۵۴۳۰
Q		Q <sub>۱</sub>	۰/۰۸۶۹۴				۰/۰۵۲۷۷۲
		Q <sub>۲</sub>	۰/۰۶۳۹۳۳	۰/۰۴۶۵۸			۰/۰۳۸۸۰۳۷
		Q <sub>۳</sub>	۰/۰۷۷۳۷۱				۰/۰۱۶۶۱۳۰
D		D <sub>۱</sub>	۰/۰۳۳۳۳				۰/۰۲۱۱۷۶
		D <sub>۲</sub>	۰/۰۶۶۶۶				۰/۰۰۴۲۳۵۳
		B <sub>۱</sub>	۰/۰۹۶۴۱				۰/۰۲۰۲۸۱
B		B <sub>۲</sub>	۰/۰۲۸۴۲	۰/۰۰۷۴۷			۰/۰۰۵۹۷۸۷
		B <sub>۳</sub>	۰/۰۶۱۹۳				۰/۰۱۳۰۲۸۰
	IR		۰/۰۶۹۸۵۵۱				

جدول ۳. وضعیت تامین کنندگان در هر یک از معیارها

		F <sub>۱</sub>	F <sub>۲</sub>	F <sub>۳</sub>	Q <sub>۱</sub>	Q <sub>۲</sub>	Q <sub>۳</sub>	D <sub>۱</sub>	D <sub>۲</sub>	B <sub>۱</sub>	B <sub>۲</sub>	B <sub>۳</sub>
D <sub>۱</sub>	S <sub>۱</sub>	G	G	G	G	G	G	F	G	G	MG	VG
	S <sub>۲</sub>	G	G	VG	G	VG	VG	VG	G	VG	VG	VG
	S <sub>۳</sub>	G	MG	F	F	G	VG	VG	G	G	G	G
	S <sub>۴</sub>	MG	G	F	F	G	F	MG	MG	MG	MG	F
	S <sub>۵</sub>	F	G	MG	F	G	G	P	MG	MG	MG	MG
	S <sub>۶</sub>	F	MG	G	F	G	F	G	MG	MP	F	VG
D <sub>۲</sub>	S <sub>۱</sub>	MG	MG	G	F	G	G	G	G	G	MG	VG
	S <sub>۲</sub>	MG	G	G	G	G	VG	G	VG	VG	G	VG
	S <sub>۳</sub>	G	MG	MG	G	G	VG	VG	VG	VG	MG	G
	S <sub>۴</sub>	F	G	MG	F	G	MP	MG	G	MG	G	F
	S <sub>۵</sub>	G	G	MG	F	G	VG	MP	MG	MP	MG	G
	S <sub>۶</sub>	F	G	G	F	G	F	G	MG	F	F	VG
D <sub>۳</sub>	S <sub>۱</sub>	G	G	VG	G	G	G	G	G	MG	F	VG
	S <sub>۲</sub>	G	G	VG	G	VG	G	G	VG	G	VG	VG
	S <sub>۳</sub>	G	G	F	G	VG	VG	VG	G	G	MG	G
	S <sub>۴</sub>	MG	MG	MG	F	G	F	F	MG	MG	G	F
	S <sub>۵</sub>	F	MG	MG	F	G	G	MP	MG	F	G	MG
	S <sub>۶</sub>	MG	G	G	G	MG	F	F	MP	MG	VG	

## ثبت مطلق و بکاران، ارزیابی و انتخاب تامین کنندگان استراتژیک با استفاده از روش ترکیبی فرازیند تحلیل سلسله مراتبی و تاپیس خاکستری

### ۴- تشکیل ماتریس تصمیم

پس از محاسبه وزن معیارها، باید ماتریس تصمیم مساله را برای شش تامین کننده شرکت مورد مطالعه تشکیل دهیم. در این پژوهش وضعیت هر یک از تامین کنندگان نسبت به هر یک از معیارهای پژوهش توسط سه تصمیم گیرنده با استفاده از متغیرهای زبانی مورد ارزیابی قرار گرفته شد که نتایج آن در جدول ۳ ارایه شده است و سپس این متغیرهای زبانی با استفاده از جدول ۱ به اعداد خاکستری تبدیل شده‌اند. پس از تشکیل ماتریس تصمیم خاکستری، با استفاده روابط ۸ تا ۱۰ ماتریس تصمیم خاکستری نرمالایز شده را بدست آورده و سپس با استفاده از رابطه ۱۱ ماتریس تصمیم خاکستری نرمالایز شده موزون را محاسبه نموده‌ایم. 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 <sub>r</sub>		D <sub>1</sub>		Q <sub>r</sub>		Q <sub>1</sub>		Q <sub>1</sub>		F <sub>r</sub>		F <sub>1</sub>		F <sub>1</sub>		نام
U <sub>۸</sub>	L <sub>۸</sub>	U <sub>۷</sub>	L <sub>۷</sub>	U <sub>۶</sub>	L <sub>۶</sub>	U <sub>۵</sub>	L <sub>۵</sub>	U <sub>۴</sub>	L <sub>۴</sub>	U <sub>۳</sub>	L <sub>۳</sub>	U <sub>۲</sub>	L <sub>۲</sub>	U <sub>۱</sub>	L <sub>۱</sub>	نام
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 <sub>۱</sub>
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 <sub>۲</sub>
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 <sub>۳</sub>
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 <sub>۴</sub>
۶	۵	۳/۷	۲/۳	۸/۳	۷	۹	۶	۵	۴	۶	۵	۸	۵/۷	۶/۴	۴/۷	S <sub>۵</sub>
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 <sub>۶</sub>
B <sub>r</sub>																
U <sub>۱۱</sub>	L <sub>۱۱</sub>	U <sub>۱۰</sub>	L <sub>۱۰</sub>	U <sub>۹</sub>	L <sub>۹</sub>	U <sub>۸</sub>	L <sub>۸</sub>	U <sub>۷</sub>	L <sub>۷</sub>	U <sub>۶</sub>	L <sub>۶</sub>	U <sub>۵</sub>	L <sub>۵</sub>	U <sub>۴</sub>	L <sub>۴</sub>	نام
۱۰	۹	۵/۷	۴/۶	۷	۶	۴/۶	۴/۶	۹	۹	۹/۸	۸	۹/۶	۸	۹/۶	۸	S <sub>۱</sub>
۱۰	۹	۹	۹/۸	۸	۹	۹/۶	۹/۶	۹	۶	۷	۵/۳	۹/۴	۷	۹/۴	۷	S <sub>۲</sub>
۹	۶	۷	۵/۳	۷	۶	۵/۳	۵/۳	۹/۴	۹/۴	۹/۴	۹/۴	۹/۴	۹/۴	۹/۴	۹/۴	S <sub>۳</sub>
۵	۴	۸	۵/۶	۷	۵	۵/۶	۵/۶	۷	۷	۵/۳	۵/۳	۷	۵/۳	۷	۵/۳	S <sub>۴</sub>
۷	۵/۳	۷	۵/۴	۵	۴	۵/۴	۵/۴	۷	۷	۵/۴	۵	۴	۴	۷	۴	S <sub>۵</sub>
۱۰	۹	۵/۴	۴/۳	۴/۳	۴/۳	۴/۳	۴/۳	۴/۳	۴/۳	۴/۳	۴/۳	۴/۳	۴/۳	۴/۳	۴/۳	S <sub>۶</sub>

جدول ۵. ماتریس تصمیم خاکستری نرمالایز شده موزون

D <sub>1</sub>		Q <sub>r</sub>		Q <sub>1</sub>		Q <sub>1</sub>		F <sub>r</sub>		F <sub>1</sub>		F <sub>1</sub>		F <sub>1</sub>		نام
U <sub>۷</sub>	L <sub>۷</sub>	U <sub>۶</sub>	L <sub>۶</sub>	U <sub>۵</sub>	L <sub>۵</sub>	U <sub>۴</sub>	L <sub>۴</sub>	U <sub>۳</sub>	L <sub>۳</sub>	U <sub>۲</sub>	L <sub>۲</sub>	U <sub>۱</sub>	L <sub>۱</sub>	نام		
۰/۰۲	۰/۰۱۱	۰/۱۳۳	۰/۱	۰/۳	۰/۲۴	۰/۰۴۵	۰/۰۳۱	۰/۰۳۴	۰/۰۷۲	۰/۰۵۷	۰/۰۴۰	۰/۰۱	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	S <sub>۱</sub>	
۰/۰۲	۰/۰۱۵	۰/۱۴۵	۰/۱۳	۰/۳۸	۰/۳۱۶	۰/۰۵۳	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۸۲	۰/۰۶۴	۰/۰۴۲	۰/۰۱۷	۰/۰۱۲	۰/۰۱۲	S <sub>۲</sub>	
۰/۰۲	۰/۰۱۹	۰/۱۶۶	۰/۱۵	۰/۳۷	۰/۲۸	۰/۰۴۵	۰/۰۳۱	۰/۰۱۹	۰/۰۴۴	۰/۰۵	۰/۰۳۸	۰/۰۱۹	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	S <sub>۳</sub>	
۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۷۸	۰/۰۷	۰/۳۶	۰/۲۴	۰/۰۲۹	۰/۰۲۳	۰/۰۲۱	۰/۰۴۸	۰/۰۵۷	۰/۰۳۳	۰/۰۱۲	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	S <sub>۴</sub>	
۰/۰۱	۰/۰۰۵	۰/۱۳۸	۰/۱۲	۰/۳۶	۰/۲۴	۰/۰۲۹	۰/۰۲۳	۰/۰۲۲	۰/۰۵۱	۰/۰۵۷	۰/۰۴۰	۰/۰۱۳	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	S <sub>۵</sub>	
۰/۰۲	۰/۰۱۱	۰/۰۸۳	۰/۰۷	۰/۳۲	۰/۲۲۸	۰/۰۳۷	۰/۰۲	۰/۰۳۳	۰/۰۶۱	۰/۰۵۷	۰/۰۴۳	۰/۰۱۱	۰/۰۰۹	۰/۰۰۹	S <sub>۶</sub>	
B <sub>r</sub>																
U <sub>۱۱</sub>	L <sub>۱۱</sub>	U <sub>۱۰</sub>	L <sub>۱۰</sub>	U <sub>۹</sub>	L <sub>۹</sub>	U <sub>۸</sub>	L <sub>۸</sub>	U <sub>۷</sub>	L <sub>۷</sub>	U <sub>۶</sub>	L <sub>۶</sub>	U <sub>۵</sub>	L <sub>۵</sub>	U <sub>۴</sub>	L <sub>۴</sub>	نام
۰/۱۳	۰/۰۱۱	۰/۰۳۴	۰/۰۲۸	۰/۰۱۴	۰/۰۰۹	۰/۰۳۹	۰/۰۲۷	۰/۰۱۳	۰/۱۱۷	۰/۰۵۴	۰/۰۴۸	۰/۰۲	۰/۰۱۶	۰/۰۴۲	۰/۰۳۵	S <sub>۱</sub>
۰/۱۳	۰/۱۱۷	۰/۰۵۴	۰/۰۴۸	۰/۰۲	۰/۰۱۶	۰/۰۴۲	۰/۰۳۵	۰/۱۱۷	۰/۰۷۸	۰/۰۴۲	۰/۰۳۴	۰/۰۱۹	۰/۰۴۱	۰/۰۳۱	۰/۰۳۱	S <sub>۲</sub>
۰/۱۱۷	۰/۰۷۸	۰/۰۴۲	۰/۰۳۲	۰/۰۱۹	۰/۰۱۴	۰/۰۴۱	۰/۰۳۱	۰/۰۶۵	۰/۰۵۲	۰/۰۴۸	۰/۰۳۴	۰/۰۱۴	۰/۰۱۱	۰/۰۳۰	۰/۰۲۳	S <sub>۳</sub>
۰/۰۶۵	۰/۰۵۲	۰/۰۴۸	۰/۰۳۴	۰/۰۱۴	۰/۰۱۱	۰/۰۱۱	۰/۰۳۰	۰/۰۶۵	۰/۰۴۱	۰/۰۳۲	۰/۰۲۶	۰/۰۱۰	۰/۰۲۶	۰/۰۲۲	۰/۰۲۲	S <sub>۴</sub>
۰/۰۹۱	۰/۰۶	۰/۰۴۲	۰/۰۳۲	۰/۰۱۰	۰/۰۱۰	۰/۰۰۸	۰/۰۲۶	۰/۰۹۱	۰/۰۲۶	۰/۰۲۶	۰/۰۰۹	۰/۰۷۰	۰/۰۲۵	۰/۰۲۱	۰/۰۲۱	S <sub>۵</sub>
۰/۱۳	۰/۰۱۱	۰/۰۳۲	۰/۰۲۶	۰/۰۰۹	۰/۰۰۹	۰/۰۷۰	۰/۰۲۵	۰/۰۱۳	۰/۰۱۱	۰/۰۱۱	۰/۰۰۹	۰/۰۲۷	۰/۰۲۵	۰/۰۲۱	۰/۰۲۱	S <sub>۶</sub>

#### ۴-۳ تعیین جواب ایده‌آل

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

$$S^{max} = \{[0/13, 0/019], [0/43, 0/64], [0/029, 0/035], [0/0352, 0/053], [0/316, 0/388], \\ [0/15, 0/166], [0/019, 0/02], [0/035, 0/0424], [0/016, 0/02], [0/048, 0/0598], [0/117, 0/13]\}$$

$$S^{min} = \{[0/0092, 0/0114], [0/33, 0/05], [0/016, 0/019], [0/0225, 0/029], [0/228, 0/32], \\ [0/07, 0/078], [0/005, 0/01], [0/021, 0/0251], [0/0072, 0/0091], [0/026, 0/032], [0/052, 0/065]\}$$

#### ۴-۴ محاسبه درجه امکان خاکستری

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

$$P\{S_r \leq S^{max}\} = 0/0584 \quad P\{S_r \geq S^{min}\} = 0/723$$

$$P\{S_{\tau} \leq S^{max}\} = 0/534 \quad P\{S_{\tau} \geq S^{min}\} = 0/842$$

$$P\{S_{\varphi} \leq S^{max}\} = 0/554 \quad P\{S_{\varphi} \geq S^{min}\} = 0/799$$

$$P\{S_{\epsilon} \leq S^{max}\} = 0/771 \quad P\{S_{\epsilon} \geq S^{min}\} = 0/542$$

$$P\{S_{\delta} \leq S^{max}\} = 0/721 \quad P\{S_{\delta} \geq S^{min}\} = 0/544$$

$$P\{S_{\rho} \leq S^{max}\} = 0/673 \quad P\{S_{\rho} \geq S^{min}\} = 0/632$$

#### ۴-۵ محاسبه شاخص نزدیکی نسبی

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

$$C_r = 0/807, \quad C_{\tau} = 0/634, \quad C_{\varphi} = 0/693$$

$$C_{\epsilon} = 1/422, \quad C_{\delta} = 1/325, \quad C_{\rho} = 1/064$$

#### ۵ رتبه‌بندی و تجزیه و تحلیل نتایج

در این مرحله باید شش تامین کننده مورد مطالعه را بر اساس نتایج حاصل از شاخص نزدیکی نسبی رتبه‌بندی نمود. نتایج حاصل از روش مبتنی بر تئوری خاکستری به صورت زیر می‌باشد.

$$S_r > S_{\tau} > S_{\varphi} > S_{\epsilon} > S_{\delta} > S_{\rho}$$

## ثبت مطلق و بکاران، ارزیابی و انتخاب تامین کنندگان استراتژیک با استفاده از روش ترکیبی فرازیند تحلیل سلسله مراتبی و تاپس خاکستری

بنابراین می‌توان گفت که تامین کننده  $S_6$  بهترین تامین کننده از میان شش تامین کننده دیگر است و باید به عنوان مهم‌ترین گزینه برای شرکت لحاظ شود. گزینه بعدی تامین کننده  $S_4$  می‌باشد که به دیگر تامین کنندگان ارجحیت دارد. تامین کننده  $S_1$  نیز تا حدودی خوب می‌باشد. اما تامین کنندگان  $S_6$  و  $S_4$  زیاد خوب نیستند و تامین کننده  $S_6$  نامناسب ترین تامین کننده می‌باشد.

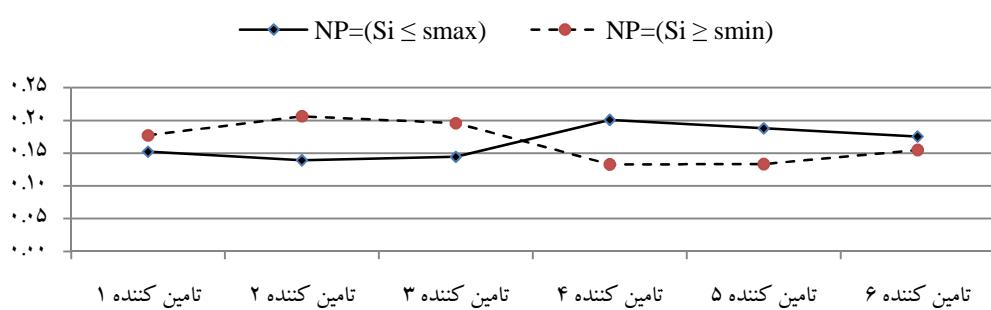
در این قسمت ما تلاش می‌کنیم که  $P\{S_i \leq S^{\max}\}$  و  $P\{S_i \geq S^{\min}\}$  برای همه تامین کنندگان مورد مقایسه قرار دهیم. بدین منظور ابتدا باید درجه امکان خاکستری را نسبت به جواب ایده‌آل و ندیر آن نرمال سازی نمود تا امکان مقایسه ایجاد شود (جدول ۶). نتایج حاصل از این مقایسه در شکل ۴ نشان داده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

**جدول ۶.** نرمال سازی درجه امکان خاکستری

$S_i$	$P\{S_i \leq S^{\max}\}$	$NP\{S_i \leq S^{\max}\}$	$P\{S_i \geq S^{\min}\}$	$NP\{S_i \geq S^{\min}\}$
$S_1$	۰/۵۸۴	۰/۱۵۲۲	۰/۷۲۳	۰/۱۷۷۱
$S_2$	۰/۵۳۴	۰/۱۳۹۱	۰/۸۴۲	۰/۲۰۶۲
$S_3$	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	

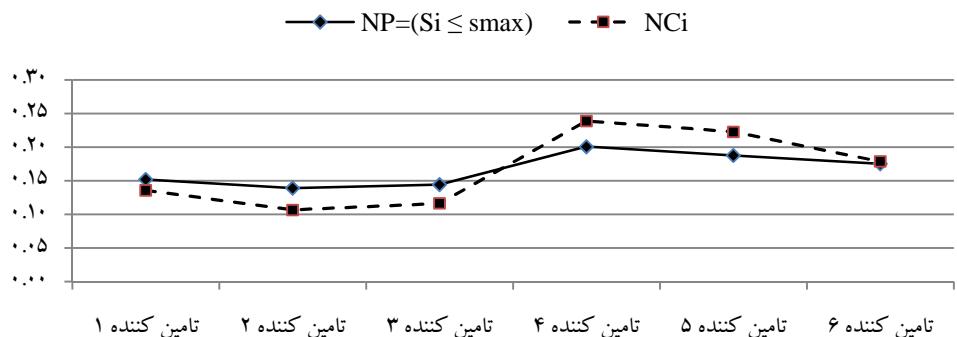
NP: جواب ایده‌آل نرمالایز شده

همان‌طور که شکل ۴ نشان می‌دهد، تامین کنندگان شماره ۲ و ۳ به جواب ایده‌آل نزدیک‌تر بوده و هم‌چنین از جواب ندیر آن دورتر می‌باشند. که این امر تاثیر تشریک مساعی ایجاد شده به وسیله این دو فاصله را بررسی می‌کند و همین امر باعث می‌شود که این دو تامین کننده برای خریدار مهم‌تر باشد. ولی در مورد تامین کننده ۴ این امر معکوس می‌باشد. یعنی این تامین کننده بیشترین فاصله را از جواب ایده‌آل 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 درجه امکان خاکستری جواب ایده‌آل و ندیر آن برای شش تامین کننده

این تشریک مساعی را با استفاده از رابطه ۱۶ نیز می‌توان مورد بررسی قرار داد. بدین منظور نتایج رابطه ۱۶ با این رابطه مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج حاصل از این مقایسه برای همه تامین‌کنندگان در شکل ۵ ارایه شده است.



شکل ۵. مقایسه درجه امکان خاکستری جواب ایده‌آل با شاخص نزدیکی نسبی برای شش تامین‌کننده

با توجه به شکل ۵ نیز می‌توان به راحتی استنابط نمود که تامین‌کننده ۲ و ۳ بیشترین اهمیت را برای خریدار دارد. و تامین‌کننده ۱ تا حدودی مناسب است و فاصله سایر گزینه‌ها با این دو تامین‌کننده تا حدودی چشمگیر می‌باشد. تفاوت در شاخص نزدیکی ( $C_i$ ) بین تامین‌کننده‌گان هنگامی اهمیت پیدا می‌کند که مدیریت بخواهد مقدار سفارش را در میان تامین‌کنندگان تعیین نماید. در آن موقع، امتیاز نهایی هر تامین‌کننده به عنوان ضرایب تابع هدف در برنامه ریزی خطی به منظور تخصیص مقدار سفارش به تامین‌کنندگان لحاظ می‌شود.

## ۶ نتیجه‌گیری

انتخاب تامین‌کننده یک مساله تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد. در روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مرسوم، ارزیابی و وزن‌دهی معیارها باید به صورت دقیق باشد. اما همان‌طور که مشخص است، در بسیاری از شرایط قضاوت‌های تصمیم‌گیرنده‌گان اغلب نامطئ است و نمی‌تواند به وسیله یک مقدار عددی دقیق برآورد شود. بنابراین مساله انتخاب تامین‌کننده دارای عدم قطعیت‌های بسیاری است که این امر تصمیم‌گیری را دشوارتر می‌سازد. تئوری خاکستری که یک رشته ریاضی جدید است، یکی از روش‌هایی است که برای مطالعه عدم قطعیت سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرد. علاوه بر این، تئوری خاکستری بر تئوری مجموعه فازی مزیت دارد، زیرا تئوری خاکستری به طور 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 تامین‌کننده تحت محیط‌های عدم قطعیت ارایه نمودیم. و به منظور اعتبار بخشی مدل، آن را در یک مطالعه موردنی مورد استفاده قرار دادیم. وضعیت هر یک از تامین‌کنندگان 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 تجاري، چشم انداز مدیریت صنعتی. شماره ۱۷، ۱-۳۷.
- [۱۸] سپهوند، ر.، (۱۳۹۳). استفاده از رویکردهای QFD و AHP در انتخاب تامین کننده با مطالعه موردنی در شرکت زمزم، مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، (۱۱)، (۱)، ۳۰-۱۹.
- [۱۹] کاظمی، م.، علیزاده زوارم، ع.، (۱۳۹۲). انتخاب بهینه تامین کنندگان بر مبنای رویکرد ترکیبی AHP-DEA-TOPSIS تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، (۱۰)، (۴)، ۵۳-۳۷.
- [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 programing. Internation 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., Sevkil, M., Tarim, M., (2005). Fuzzy analytic hierarchy based approach for supplier selection, www.Fatih-edu.tr/~msevkli/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., Aplak, 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.