

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

محمد ثابت مطلق<sup>۱\*</sup>، جمشید صالحی صدقیانی<sup>۲</sup>، سید علی ایازی<sup>۳</sup>، مهدی عابدینی نایینی<sup>۴</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 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 مساله 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 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 به وسیله 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 رقابتی 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 رقابت پذیری خود باید به دنبال مفاهیم و شیوه‌های مدیریتی جدید و کارآ 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 رقابت پذیری و بقاء سازمان‌ها ایفا می‌کند.

هزینه مواد و اجزای تشکیل دهنده محصول، قسمت عمده‌ای از بهای تمام شده را در بردارد، در چنین شرایطی انتخاب مناسب تامین کنندگان می‌تواند تاثیر مستقیمی بر روی کاهش هزینه‌ها، سودآوری، انعطاف پذیری و افزایش رقابت پذیری شرکت‌ها داشته باشد [۱]. 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؟ هم چنین 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 [۲]. چرا که تامین کنندگان مناسب و قابل اعتماد، تولید کنندگان را قادر می‌سازند که به‌طور 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 تصمیم گیری 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 پیشینه تحقیق

با ظهور 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 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 تامین کنندگان مورد بررسی قرار گیرد.

در مطالعه‌ای در زمینه انتخاب تامین کننده، 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 تامین کننده"، 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 زنجیره 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 زنجیره تامین، یک مدل دو هدفه فازی را برای حداقل سازی تابع هزینه و حداکثر سازی تابع مطلوبیت خرید توسعه دادند [۷]. اونوت و همکاران [۸] به منظور انتخاب تامین‌کننده 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 سلسله مراتبی و تحلیل رابطه خاکستری برای انتخاب تامین‌کنندگان استفاده نموده‌اند. این پژوهش‌گران یک مدل چند هدفه فازی را برای کاهش ریسک ناشی از تامین‌کنندگان 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. زائم و همکاران [۱۰] نیز در پژوهشی به منظور حل مساله تصمیم‌گیری انتخاب تامین‌کنندگان، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی را در حالت فازی و غیرفازی با هم مقایسه کرده و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی را پیشنهاد کردند. در مقاله‌ای با عنوان رویکرد مبتنی بر تئوری خاکستری برای مساله انتخاب تامین‌کننده، نویسندگان تلاش نموده‌اند تا از تحلیل رابطه خاکستری برای انتخاب و رتبه‌بندی تامین‌کنندگان 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 کارایی تصمیم‌گیری و رقابت‌پذیری کلی صنایع تولیدی را افزایش می‌دهد [۱۱]. در پژوهشی به بررسی مساله انتخاب تامین‌کنندگان با استفاده از مجموعه‌ی فازی و تحلیل رابطه خاکستری در زنجیره 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. نتیجه این مطالعه نشان داد که تئوری مجموعه فازی و تئوری خاکستری می‌تواند به طور مشترک برای مساله انتخاب تامین‌کننده سبز در محیط‌های نامطمئن به کار گرفته شود [۱۲].

در پژوهشی در تایوان از فرآیند تحلیل سلسله 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 تامین‌کنندگان و شرکا موثر است، بلکه عملکرد آن‌ها را نیز به منظور برآورد نیازهای مشتریان بهبود می‌دهند [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 درجه 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 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 سلسله مراتبی فازی، تحلیل رابطه خاکستری و برنامه ریزی چند هدفه ارائه 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 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 نرخ ناسازگاری 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 شوند. 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 رابطه 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 عبارتند 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 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 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.

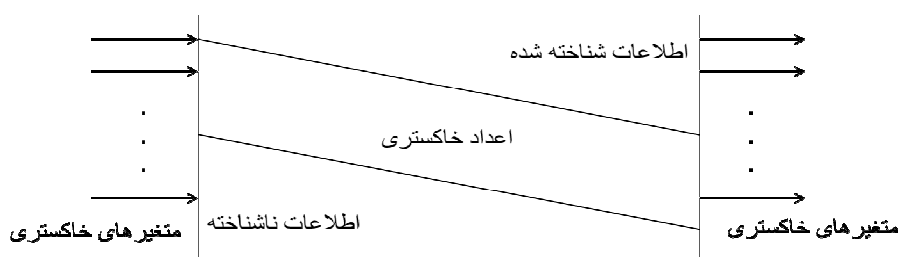
گام چهارم (ادغام وزن‌های نسبی): این گام به منظور رتبه‌بندی گزینه‌های تصمیم صورت می‌پذیرد [۲۱].

### ۳-۲ تحلیل رابطه‌ای خاکستری

تئوری خاکستری برای اولین بار توسط 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، مجموعه خاکستری و اعداد خاکستری در تئوری خاکستری پرداخته شده و سپس نحوه به کارگیری این مفهوم برای حل مساله 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 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 می شود.

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

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

**تعریف ۳** عدد خاکستری به عددی اطلاق می شود که مقدار آن نامشخص است، اما بازه ای که مقدار آن را در بر می گیرد شناخته شده است. این بازه های عددی شامل اطلاعات نامطمئن خواهند بود. یک عدد خاکستری معمولاً به شکل  $G = G_{\underline{\mu}}^{\overline{\mu}}$  نشان داده می شود.

**تعریف ۴** اگر تنها حد پایین  $G$  امکان تخمین زدن داشته باشد،  $G$  به عنوان عدد خاکستری کران پایین تعریف می شود 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 می شود و داریم:  $G = (-\infty, \overline{G}]$ .

**تعریف ۶** یک عدد خاکستری که هم دارای کران پائین  $\underline{G}$  و هم دارای کران بالا  $\overline{G}$  می باشد را عدد خاکستری بازه ای نامیده و به شکل  $G \in [\underline{G}, \overline{G}]$  نشان می دهند.

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

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

و طول یک عدد خاکستری نیز به صورت زیر محاسبه می شود.

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

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

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

**تعریف ۹** چهار رابطه بین موقعیت های 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  $G_2$  از عدد خاکستری  $G_1$  بزرگتر 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  $G_2$  از عدد خاکستری  $G_1$  کوچکتر 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  $G_1$  کوچکتر است و اگر  $P(G_1 \leq G_2) > 0.5$  باشد  $G_2$  از  $G_1$  بزرگتر است.

### ۳-۲-۲ تاپسیس خاکستری

در این پژوهش ما از یک رویکرد مبتنی بر تئوری خاکستری برای ارزیابی و رتبه‌بندی تامین کنندگان استفاده نموده‌ایم. این روش برای حل مسایل 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 می‌باشند 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 ارائه شده است. و همان‌طور که لی و همکاران [۲۲] در پژوهش خود ارائه 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, 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 به منظور رتبه‌بندی گزینه‌ها در گام‌های زیر خلاصه شده است:

**گام ۱** تشکیل تیم تصمیم‌گیرندگان و مشخص نمودن وزن معیارها. با فرض اینکه تعداد تصمیم‌گیرندگان  $K$  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  $W_j^K$  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 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 زیر برآورد نمود.

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

که  $G_{ij}^K$  ( $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$ ) عبارت است از ارزش معیار  $j$  برای تامین کننده  $i$  که توسط تصمیم گیرنده  $K$  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 مبتنی بر اعداد خاکستری.

**گام ۴** نرمالایز کردن ماتریس تصمیم خاکستری به صورت زیر به منظور تغییر معیارهای گوناگون مساله به واحدهای قابل اندازه گیری مشترک جهت مقایسه 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  $[0, 1]$  قرار خواهند 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.

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

**گام ۶** تعیین جواب ایده آل و ندیر (غیرایده آل) آن به عنوان گزینه مرجع. برای  $m$  گزینه مورد بررسی، جواب ایده آل و ندیر آن می تواند 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** محاسبه درجه امکان خاکستری بین گزینه های مورد مقایسه و جواب ایده آل با استفاده از رابطه 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 کوچک تر بهتر است.

**گام ۸** با استفاده از رابطه زیر درجه امکان خاکستری بین گزینه های مورد مقایسه و جواب ندیر را برآورد می کنیم.

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

در این رابطه مقدار بزرگ تر بهتر است.

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

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

**گام ۱۰** رتبه بندی گزینه ها. تامین کننده ای که کم ترین  $C_i$  را داشته باشد، ارجح است. بر اساس رویه بالا، ما می توانیم بهترین تامین کننده را از میان تامین کنندگان انتخاب نماییم [۲۳].

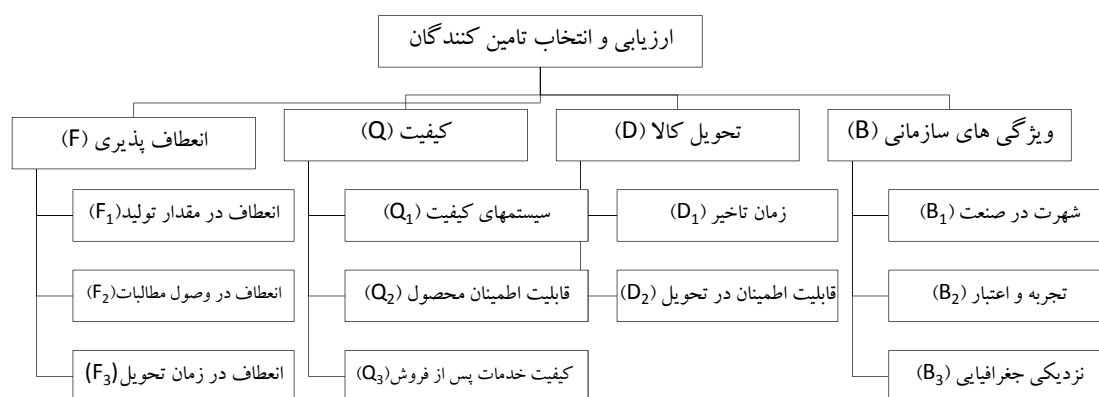
#### ۴ مطالعه موردی

شرکت مورد مطالعه در این پژوهش یک شرکت تولیدی است که در حوزه تولید پکیج های چدنی فعالیت می کند. این شرکت پکیج های زمینی یا ایستاده خود را در سه مدل با ظرفیت های 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 تامین کنندگان از کیفیت، کارایی 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 متأسفانه همانند بیشتر 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 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 نویسندگان 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 |                       |          |
| انتخاب مناسبترین تامین کننده | F             | ۰/۱۱۹۱۹  | F <sub>۱</sub> | ۰/۱۶۳۷۸  | ۰/۰۱۹۵۲۱              |          |
|                              |               |          | F <sub>۲</sub> | ۰/۵۳۸۹۶  | ۰/۰۰۷۹۳               | ۰/۰۶۴۲۳۸ |
|                              |               |          | F <sub>۳</sub> | ۰/۲۹۷۲۵  |                       | ۰/۰۳۵۴۳۰ |
|                              | Q             | ۰/۶۰۶۹۴  | Q <sub>۱</sub> | ۰/۰۸۶۹۴  |                       | ۰/۰۵۲۷۷۲ |
|                              |               |          | Q <sub>۲</sub> | ۰/۶۳۹۳۳  | ۰/۰۴۶۵۸               | ۰/۳۸۸۰۳۷ |
|                              |               |          | Q <sub>۳</sub> | ۰/۲۷۳۷۱  |                       | ۰/۱۶۶۱۳۰ |
|                              | D             | ۰/۰۶۳۵۳  | D <sub>۱</sub> | ۰/۳۳۳۳   | ۰                     | ۰/۰۲۱۱۷۶ |
|                              |               |          | D <sub>۲</sub> | ۰/۶۶۶۶   |                       | ۰/۰۴۲۳۵۳ |
|                              | B             | ۰/۲۱۰۳۵  | B <sub>۱</sub> | ۰/۰۹۶۴۱  | ۰/۰۷۴۷                | ۰/۰۲۰۲۸۱ |
|                              |               |          | B <sub>۲</sub> | ۰/۲۸۴۲   |                       | ۰/۰۵۹۷۸۷ |
|                              |               |          | B <sub>۳</sub> | ۰/۶۱۹۳   |                       | ۰/۱۳۰۲۸۰ |
| 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> |                | 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> |
|                | 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              |
| D <sub>۳</sub> |                | 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> |
|                | 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             |
| D <sub>۴</sub> |                | 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> |
|                | 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             |
| D <sub>۵</sub> |                | 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> |
|                | 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             |
| D <sub>۶</sub> |                | 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> |
|                | 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             |
| D <sub>۷</sub> |                | 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> |
|                | 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             |
| D <sub>۸</sub> |                | 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> |
|                | 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             |
| D <sub>۹</sub> |                | 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> |
|                | 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             |

#### ۴-۲ 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 ارائه 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 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>۱</sub> |                | Q <sub>r</sub> |                | Q <sub>r</sub> |                | Q <sub>۱</sub> |                | F <sub>r</sub> |                | F <sub>r</sub> |                | F <sub>۱</sub> |                | U <sub>۱</sub><br>S <sub>۱</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> | U <sub>۳</sub> | L <sub>۳</sub> | U <sub>۲</sub> | L <sub>۲</sub> | U <sub>۱</sub> | L <sub>۱</sub> |                                  |
| 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>  |                 | B <sub>r</sub>  |                 | B <sub>۱</sub> |                | U <sub>۱</sub><br>S <sub>۱</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> |                                  |
| ۱۰              | ۹               | ۵/۷             | ۴/۶             | ۷              | ۴/۶            | S <sub>۱</sub>                   |
| ۱۰              | ۹               | ۹/۸             | ۸               | ۹/۶            | ۸              | S <sub>۲</sub>                   |
| ۹               | ۶               | ۷               | ۵/۳             | ۹/۴            | ۷              | S <sub>۳</sub>                   |
| ۵               | ۴               | ۸               | ۵/۶             | ۷              | ۵/۳            | S <sub>۴</sub>                   |
| ۷               | ۵/۳             | ۷               | ۵/۴             | ۵              | ۴              | S <sub>۵</sub>                   |
| ۱۰              | ۹               | ۵/۴             | ۴/۳             | ۴/۳            | ۳/۴            | S <sub>۶</sub>                   |

جدول ۵. ماتریس تصمیم خاکستری نرمالایز شده موزون

| D <sub>۱</sub> |                | Q <sub>r</sub> |                | Q <sub>r</sub> |                | Q <sub>۱</sub> |                | F <sub>r</sub> |                | F <sub>r</sub> |                | F <sub>۱</sub> |                | U <sub>۱</sub><br>S <sub>۱</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> |                                  |
| 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          | 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          | 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          | 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          | 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          | 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          | S <sub>۶</sub>                   |

| B <sub>r</sub>  |                 | B <sub>r</sub>  |                 | B <sub>۱</sub> |                | D <sub>r</sub> |                | U <sub>۱</sub><br>S <sub>۱</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> |                                  |
| ۰/۱۳            | ۰/۰۱۱           | ۰/۰۳۴           | ۰/۰۲۸           | ۰/۰۱۴          | ۰/۰۰۹          | ۰/۰۳۹          | ۰/۰۲۷          | S <sub>۱</sub>                   |
| ۰/۱۳            | ۰/۰۱۷           | ۰/۰۵۴           | ۰/۰۴۸           | ۰/۰۲           | ۰/۰۱۶          | ۰/۰۴۲          | ۰/۰۳۵          | S <sub>۲</sub>                   |
| ۰/۰۱۷           | ۰/۰۷۸           | ۰/۰۴۲           | ۰/۰۳۲           | ۰/۰۱۹          | ۰/۰۱۴          | ۰/۰۴۱          | ۰/۰۳۱          | S <sub>۳</sub>                   |
| ۰/۰۶۵           | ۰/۰۵۲           | ۰/۰۴۸           | ۰/۰۳۴           | ۰/۰۱۴          | ۰/۰۱۱          | ۰/۰۳۰          | ۰/۰۲۳          | S <sub>۴</sub>                   |
| ۰/۰۹۱           | ۰/۰۶            | ۰/۰۴۲           | ۰/۰۳۲           | ۰/۰۱۰          | ۰/۰۰۸          | ۰/۰۲۶          | ۰/۰۲۲          | S <sub>۵</sub>                   |
| ۰/۱۳            | ۰/۰۱۱           | ۰/۰۳۲           | ۰/۰۲۶           | ۰/۰۰۹          | ۰/۰۰۷          | ۰/۰۲۵          | ۰/۰۲۱          | S <sub>۶</sub>                   |

#### ۳-۴ تعیین جواب ایده آل

پس از تشکیل ماتریس تصمیم خاکستری نرمال شده موزون، باید جواب ایده آل و ندیر (غیرایده آل) 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 ارائه شده است:

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

$$S^{min} = \{[0/0092, 0/0114], [0/33, 0/05], [0/016, 0/019], [0/0235, 0/029], [0/228, 0/32], [0/07, 0/078], [0/005, 0/01], [0/021, 0/0251], [0/0072, 0/0091], [0/026, 0/032], [0/052, 0/065]\}$$

#### ۴-۴ محاسبه درجه امکان خاکستری

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

$$P\{S_1 \leq S^{max}\} = 0/584 \quad P\{S_1 \geq S^{min}\} = 0/723$$

$$P\{S_2 \leq S^{max}\} = 0/534 \quad P\{S_2 \geq S^{min}\} = 0/842$$

$$P\{S_3 \leq S^{max}\} = 0/554 \quad P\{S_3 \geq S^{min}\} = 0/799$$

$$P\{S_4 \leq S^{max}\} = 0/771 \quad P\{S_4 \geq S^{min}\} = 0/542$$

$$P\{S_5 \leq S^{max}\} = 0/721 \quad P\{S_5 \geq S^{min}\} = 0/544$$

$$P\{S_6 \leq S^{max}\} = 0/673 \quad P\{S_6 \geq S^{min}\} = 0/632$$

#### ۵-۴ محاسبه شاخص نزدیکی نسبی

پس از محاسبه درجه امکان خاکستری گزینه‌ها نسبت به جواب ایده آل و ندیر آن باید شاخص نزدیکی نسبی هر گزینه را نسبت به جواب ایده آل تعریف نمود. 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 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.

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

بنابراین می توان گفت که تامین کننده  $S_7$  بهترین تامین کننده از میان شش تامین کننده دیگر است و باید به عنوان مهم ترین گزینه برای شرکت لحاظ شود. گزینه بعدی تامین کننده  $S_3$  می باشد که به دیگر تامین کنندگان ارجحیت دارد. تامین کننده  $S_1$  نیز تا حدودی خوب می باشد. اما تامین کنندگان  $S_5$  و  $S_6$  زیاد خوب نیستند و تامین کننده  $S_4$  نامناسب ترین تامین کننده می باشد.

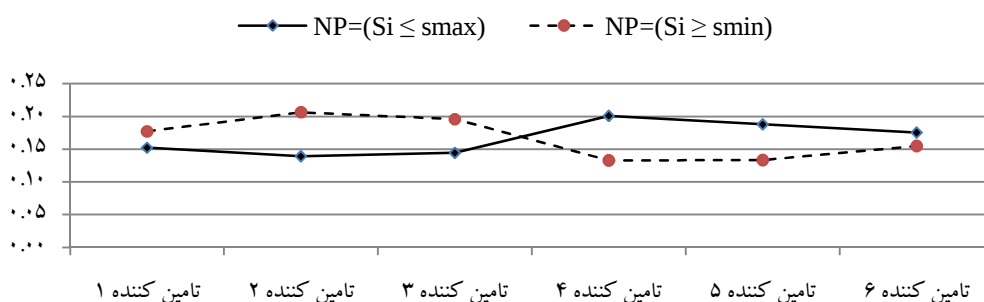
در این قسمت ما تلاش می کنیم که  $P\{S_i \leq S^{\max}\}$  و  $P\{S_i \geq S^{\min}\}$  برای همه تامین کنندگان مورد مقایسه قرار دهیم. بدین منظور ابتدا باید درجه امکان خاکستری را نسبت به جواب ایده آل و ندیر آن نرمال سازی نمود تا امکان مقایسه ایجاد شود (جدول ۶). نتایج حاصل از این مقایسه در شکل ۴ نشان داده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

جدول ۶. نرمال سازی درجه امکان خاکستری

| $S_i$ | P<br>$\{S_i \leq S^{\max}\}$ | NP<br>$\{S_i \leq S^{\max}\}$ | P<br>$\{S_i \geq S^{\min}\}$ | NP<br>$\{S_i \geq S^{\min}\}$ |
|-------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| $S_1$ | 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                        |                               |

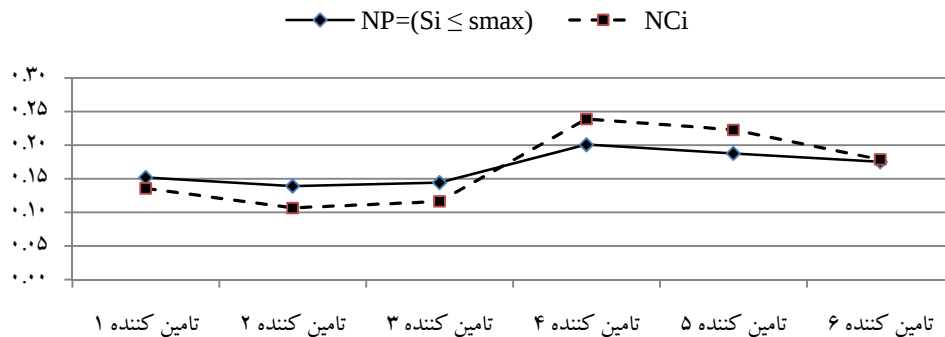
NP: جواب ایده آل نرمالایز شده

همان طور که شکل ۴ نشان می دهد، تامین کنندگان شماره 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 ۴ این امر معکوس می باشد. یعنی این تامین کننده بیشترین فاصله را از جواب ایده آل و کم ترین 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 ایده آل و ندیر آن برای شش تامین کننده

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



شکل ۵. مقایسه درجه امکان خاکستری جواب ایده آل با شاخص نزدیکی نسبی برای شش تامین کننده

با توجه به شکل ۵ نیز می توان به راحتی استنباط نمود که تامین کننده ۲ و ۳ بیشترین اهمیت را برای خریدار دارد. و تامین کننده ۱ تا حدودی مناسب است و فاصله سایر گزینه ها با این دو تامین کننده تا حدودی چشمگیر می باشد. تفاوت در شاخص نزدیکی ( $C_i$ ) بین تامین کنندگان هنگامی اهمیت پیدا می کند 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 برنامه ریزی خطی به منظور تخصیص مقدار سفارش به تامین کنندگان لحاظ می شود.

## ۶ نتیجه گیری

انتخاب تامین کننده یک مساله تصمیم گیری چند معیاره می باشد. در روش های تصمیم گیری چند معیاره مرسوم، ارزیابی و وزن دهی معیارها باید به صورت دقیق باشد. اما همان طور که مشخص است، در بسیاری از شرایط قضاوت های تصمیم گیرندگان اغلب نامطئن است و نمی تواند به وسیله یک مقدار عددی دقیق برآورد شود. بنابراین مساله انتخاب تامین کننده دارای عدم قطعیت های بسیاری است که این امر تصمیم گیری را دشوارتر می سازد. تئوری خاکستری که یک رشته ریاضی جدید است، یکی از روش هایی است که برای مطالعه عدم قطعیت سیستم مورد استفاده قرار می گیرد. علاوه بر این، تئوری خاکستری بر تئوری مجموعه فازی مزیت دارد، زیرا تئوری خاکستری به طور انعطاف پذیری می تواند 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 محیط های 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 تصمیم گیرنده 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)، ۳۰-۱۹.
- [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)، 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., Aylak, 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.