مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال یازدهم، شماره چهارم (پیاپی ۴۳)، زمستان ۹۳، ص ص ۱۱۷-۱۰۱
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱

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

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

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

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

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

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

رسید مقاله: ۲۳ فروردین ۱۳۹۳

پذیرش مقاله: ۳ شهریور ۱۳۹۳

چکیده

در محیط کسب و کار رقابتی امروز، فرآیند انتخاب موثر تامین‌کنندگان تبدیل به یک عامل حیاتی در موفقیت سازمان‌ها و کسب مزیت رقابتی شده است. در حقیقت، ماهیت فرآیند انتخاب تامین‌کنندگان یک مساله چند معیاره است که در محیطی با اطلاعات ناکافی به وقوع می‌پیوندد. بنابراین برای ارزیابی و انتخاب مناسب تامین‌کنندگان سازمان نیازمند به‌کارگیری 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 تامین‌کنندگان استفاده شود. بدین ترتیب ابتدا معیارهای انتخاب تامین‌کنندگان شناسایی و سپس به‌وسیله خبرگان مناسب‌ترین آنها غربال‌سازی شده است. نهایتاً با استفاده از روش تاپسیس خاکستری، تامین‌کنندگان 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 به‌کارگیری چنین روش‌هایی می‌تواند به مدیران سازمان‌ها در امر تصمیم‌گیری در شرایط عدم وجود اطلاعات کامل کمک نماید.

کلمات کلیدی: انتخاب تامین‌کننده، 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

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

خود را از دست داده‌اند. بنابراین سازمان‌ها برای بقاء و افزایش رقابت‌پذیری 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 تامین‌کننده، نقش مهم و کلیدی در افزایش رقابت‌پذیری و بقاء سازمان‌ها ایفا می‌کند.

هزینه مواد و اجزای تشکیل‌دهنده محصول، قسمت عمده‌ای از بهای تمام شده را در بردارد، در چنین شرایطی انتخاب مناسب تامین‌کنندگان می‌تواند تاثیر مستقیمی بر روی کاهش هزینه‌ها، سودآوری، انعطاف‌پذیری و افزایش رقابت‌پذیری شرکت‌ها داشته باشد[۱]. متخصصان 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 تامین‌کننده‌ای 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 تامین‌کنندگان، مهم‌ترین فعالیت بخش خرید و تدارکات است و نقش کلیدی در موفقیت سازمان ایفا می‌کند [۲]. چرا که تامین‌کنندگان مناسب و قابل اعتماد، تولیدکنندگان را قادر می‌سازند که به‌طور بالقوه بتوانند هزینه‌های مرتبط با خرید و تولید و ریسک‌های ناشی از عوامل کیفیتی و زمانی را کاهش دهند.

مساله انتخاب تامین‌کنندگان 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 تامین‌کنندگان 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 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 [۳]. در این قسمت تلاش شده است تا ابتدا ادبیات مربوط به معیارها و سپس ادبیات مربوط به روش‌ها و تکنیک‌های انتخاب تامین‌کنندگان مورد بررسی قرار گیرد.

در مطالعه‌ای در زمینه انتخاب تامین‌کننده، پژوهش‌گران فهرستی متشکل از ۶۰ آیتم را تهیه و به ۶ گروه "سهولت در برقراری ارتباطات"، "معیارهای مالی و اقتصادی"، "قابلیت‌ها و ظرفیت‌ها"، "قابلیت اطمینان"، "ارتباط بین خریدار و تامین‌کننده"، و "خدمات" دسته‌بندی کرده‌اند [۴]. در یک مرور جامع در این زمینه، محققان ۷۴ مقاله را از سال ۱۹۶۶میلادی 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

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

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 حداقل‌سازی تابع هزینه و حداکثرسازی 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 به‌کار 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 مقاسه 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 به‌وسیله 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 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 به‌طور مشترک برای مساله انتخاب تامین‌کننده سبز در محیط‌های نامطمئن به‌کار 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].

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

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 ارایه شده است [۱۷]. سپهوند نیز در پژوهشی به‌کمک 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 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 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 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 ارایه می‌نماید. در ادامه این بخش مفاهیم مورد نیاز در پژوهش تشریح شده است.

شکل ۱. چارچوب مفهومی تحقیق

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

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 سلسه 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.

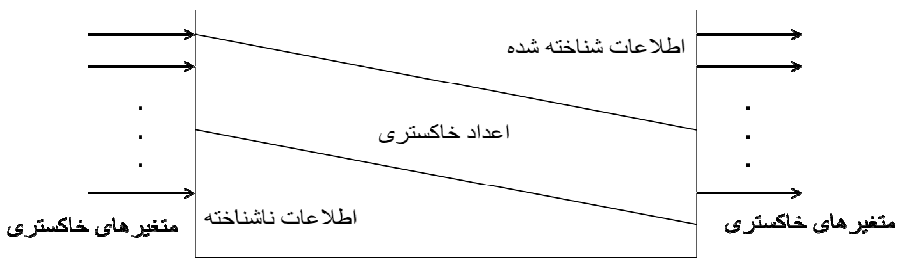
گام چهارم (ادغام وزن های نسبی): این گام به منظور رتبه‌بندی گزینه‌های تصمیم صورت می‌پذیرد [۲۱].

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 پیش بینی، 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 به‌کارگیری این مفهوم برای حل مساله تصمیم‌گیری ارایه شده است[۲۲].

۳-۲-۱ مفاهیم اساسی تئوری خاکستری

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



شکل ۲. مدل مفهومی سیستم خاکستری

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

تعریف۲ 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 $\overline{\mu_G}(x)$ به‌صورت زیر تعریف می شود.

$$\underline{\mu_G}(x) \to [0,1] \ , \quad \overline{\mu_G}(x) \to [0,1] \qquad (1)$$

$\underline{\mu_G}(x)$ 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 می‌شود. این امر نشان می‌دهد که تئوری خاکستری شرایط فازی بودن را هم در نظر می گیرد و می‌تواند در شرایط فازی نیز به‌کار گرفته شود.

تعریف۳ عدد خاکستری به عددی اطلاق می‌شود که مقدار آن نامشخص است، اما بازه‌ای که مقدار آن را در بر می گیرد 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.

تعریف٤ اگر تنها حد پایین G امکان تخمین زدن داشته باشد، G به عنوان عدد خاکستری کران پایین تعریف می‌شود و داریم: $G = [\underline{G} \ , \infty)$.

تعریف۵ اگر تنها حد بالای G امکان تخمین زدن داشته باشد، G به عنوان عدد خاکستری کران بالا تعریف می‌شود و داریم: $G = (\infty \ , \overline{G}]$.

تعریف٦ یک عدد خاکستری که هم دارای کران پائین $\underline{G}$ و هم دارای کران بالا $\overline{G}$ می باشد را عدد خاکستری بازه‌ای نامیده و به شکل $G \in [\underline{G} \ , \overline{G}]$ نشان می‌دهند.

تعریف۷ مهمترین عملیات ریاضی بر روی عدد خاکستری بازه‌ای $G_1 \in [\underline{G_1} \ , \overline{G_1}]$ و $G_2 \in [\underline{G_2} \ , \overline{G_2}]$ و عدد ثابت a به‌صورت زیر تعریف می‌شود.

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

و طول یک عدد خاکستری نیز به‌صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$L(G_1) = \overline{G_1} - \underline{G_1} \qquad (3)$$

تعریف۸ برای دو عدد خاکستری G_1 و G_2 درجه امکان $G_1 \le G_2$ همانند زیر بیان می‌شود.

$$P(G_1 \le G_2) = \frac{\max\left(0, L^* - max\left(0, \overline{G_1} - \underline{G_2}\right)\right)}{L^*} \ , \qquad where \qquad L^* = l(G_1) + l(G_2) \qquad (4)$$

تعریف۹ چهار رابطه بین موقعیت‌های دو عدد خاکستری G_1 و G_2 قابل تصور است.

اگر $\overline{G_1} = \overline{G_2}$ و $\underline{G_1} = \underline{G_2}$ باشد دو عدد خاکستری مساوی هستند. در این صورت $G_1 = G_2$ و $P(G_1 \le G_2) = 0/5$

.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

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

اگر $\underline{G_1} > \overline{G_2}$ عدد خاکستری G_2 از عدد خاکستری G_1 کوچک‌تر است. در این صورت $G_1 > G_2$ و $P(G_1 \le G_2) = 0$.

اگر یک قسمت مشترک در دو عدد خاکستری وجود داشته باشد، در این صورت: اگر $P(G_1 \le G_2) < 0/5$ باشد G_2 از G_1 کوچک‌تر است و اگر $P(G_1 \le G_2) > 0/5$ 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 تامین‌کنندگان 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 $S = \{S1, S2, \ldots Sm\}$ مجموعه ای از m تامین‌کننده می‌باشند و $W = \{W1, W2 \ldots Wn\}$ 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

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

مراحل اجرای مدل پیشنهادی به منظور رتبه‌بندی گزینه‌ها درگام‌های زیر خلاصه شده است:

گام ۱ تشکیل تیم تصمیم گیرندگان 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.

$$W_1 = \frac{1}{K}\left[W_j^1 + W_j^2 + \ldots + W_j^K\right] \qquad (۵)$$

که $W_j^K \; (j = 1,2,..,n)$ عبارت است از وزن معیار j که توسط تصمیم گیرنده 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.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

گام۲ 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.

$$G_{ij} = \frac{1}{K}\left[G_{ij}^{1} + G_{ij}^{2} + \ldots + G_{ij}^{K}\right] \qquad (۶)$$

که $G_{ij}^{K}\ (i = 1,2,\ldots,m;\ j = 1,2,..,n)$ عبارت است از ارزش معیار j برای تامین‌کننده i که توسط تصمیم‌گیرنده K ام مشخص شده است که می‌تواند به‌وسیله اعداد خاکستری به‌صورت $G_{ij}^{K} = \left[\underline{G_{ij}}^{k}, \overline{G_{ij}}^{k}\right]$ تعریف شود.

گام۳ ساخت ماتریس تصمیم خاکستری D به فرم رابطه زیر.

$$D = \begin{bmatrix} G_{11} & G_{12} & \cdots & G_{1n} \\ G_{21} & G_{22} & & G_{2n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ G_{m1} & G_{m2} & \cdots & G_{mn} \end{bmatrix} \qquad (۷)$$

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

گام٤ نرمالایز کردن ماتریس تصمیم خاکستری به‌صورت زیر به منظور تغییر معیارهای گوناگون مساله به واحدهای قابل اندازه‌گیری مشترک جهت مقایسه معیارها.

$$D = \begin{bmatrix} G^{*}_{11} & G^{*}_{12} & \cdots & G^{*}_{1n} \\ G^{*}_{21} & G^{*}_{22} & & G^{*}_{2n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ G^{*}_{m1} & G^{*}_{m2} & \cdots & G^{*}_{mn} \end{bmatrix} \qquad (۸)$$

که برای معیارهایی از جنس سود G^{*}_{ij} به‌صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$G^{*}_{ij} = \left[\frac{\underline{G_{ij}}}{G_{j}^{max}}, \frac{\overline{G_{ij}}}{G_{j}^{max}}\right] \quad \text{where} \quad G_{j}^{max} = \max_{1 \le j \le m}\left\{\overline{G_{ij}}\right\} \qquad (۹)$$

و برای معیارهایی از جنس هزینه عبارت G^{*}_{ij} به‌صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$G^{*}_{ij} = \left[\frac{G_{j}^{min}}{\overline{G_{ij}}}, \frac{G_{j}^{min}}{\underline{G_{ij}}}\right] \quad \text{where} \quad G_{j}^{min} = \min_{1 \le i \le m}\left\{\underline{G_{ij}}\right\} \qquad (۱۰)$$

با نرمال کردن ماتریس تصمیم خاکستری تمام اعداد خاکستری ماتریس در فاصله [۱، ۰] قرار خواهند گرفت.

گام۵ 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.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

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

گام۶ تعیین جواب ایده‌آل و ندیر(غیرایده‌آل) آن به عنوان گزینه مرجع. برای m گزینه مورد بررسی، جواب ایده‌آل و ندیر آن می‌تواند به‌صورت زیر محاسبه شود.

$$S^{max} = \{\left[max_{1\le i\le m} V_{-i1} \;, max_{1\le i\le m} \bar{V}_{i1}\right], \left[max_{1\le i\le m} V_{-i2} \;, max_{1\le i\le m} \bar{V}_{i2}\right], .., \left[max_{1\le i\le m} V_{-in} \;, max_{1\le i\le m} \bar{V}_{in}\right]\} \tag{12}$$

$$S^{min} = \{\left[min_{1\le i\le m} V_{-i1} \;, min_{1\le i\le m} \bar{V}_{i1}\right], \left[min_{1\le i\le m} V_{-i2} \;, min_{1\le i\le m} \bar{V}_{i2}\right], \ldots, \left[min_{1\le i\le m} V_{-in} \;, min_{1\le i\le m} \bar{V}_{in}\right]\} \tag{13}$$

گام۷ محاسبه درجه امکان خاکستری بین گزینه‌های مورد مقایسه و جواب ایده‌آل با استفاده از رابطه زیر.

$$P_1 = P\left\{S_i \le S^{max}\right\} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} P\left\{V_{ij} \le G_j^{max}\right\} \tag{14}$$

در این رابطه مقدار کوچک‌تر بهتر است.

گام۸ با استفاده از رابطه زیر درجه امکان خاکستری بین گزینه‌های مورد مقایسه و جواب ندیر را برآورد می‌کنیم.

$$P_2 = P\left\{S_i \ge S^{min}\right\} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} P\left\{V_{ij} \le G_j^{min}\right\} \tag{15}$$

در این رابطه مقدار بزرگ‌تر بهتر است.

گام۹ تعریف شاخص نزدیکی نسبی هر گزینه نسبت به جواب ایده‌آل با استفاده از رابطه زیر.

$$C_i = \frac{P_1}{P_2} \tag{16}$$

گام۱۰ 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 موردی

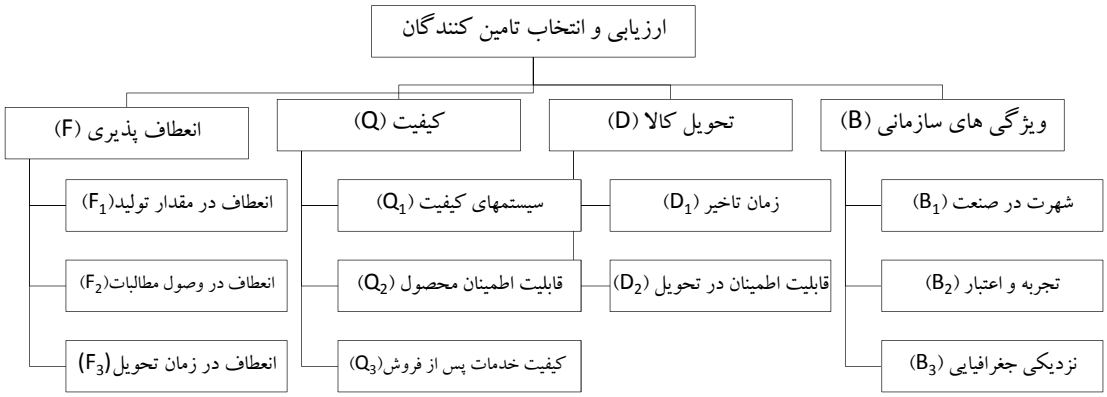
شرکت مورد مطالعه در این پژوهش یک شرکت تولیدی است که در حوزه تولید پکیج‌های چدنی فعالیت می‌کند. این شرکت پکیج‌های زمینی یا ایستاده خود را در سه مدل با ظرفیت‌های حرارتی ۱۴۰۰۰ تا ۲۵۴۰۰

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

کیلوکالری در ساعت و پکیج دیواری خود را در یک مدل تولید و عرضه می‌کند. این شرکت بیش از ۹۰ درصد از قطعات مورد نیاز خود را به‌صورت آماده از تامین‌کنندگان فرآهم می‌نماید و با توجه به این ویژگی، شرکت جهت تامین اقلام مورد نیاز خود با تامین‌کنندگان متعددی در ارتباط است. اما همه تامین‌کنندگان از کیفیت، کارآیی و هزینه یکسانی برخوردار نیستند. بنابراین شرکت برای افزایش قدرت رقابت‌پذیری و کاهش هزینه‌های خود باید مناسب‌ترین تامین‌کنندگان را انتخاب نماید. اما متاسفانه همانند بیشتر سازمان‌ها، معمولاً انتخاب مناسب‌ترین تامین‌کنندگان صورت نمی‌پذیرد زیرا در انتخاب آن‌ها معمولاً تنها عامل قیمت مد نظر قرار می‌گیرد. در حالی که عوامل و معیارهای مختلفی می‌توانند بر انتخاب تامین‌کنندگان تاثیر داشته باشند. در این مطالعه، محققان تلاش نموده‌اند تا مناسب‌ترین تامین‌کنندگان شرکت را برای یکی از اصلی‌ترین کالاهای مورد نیاز شرکت بر اساس معیارهای مختلف شناسایی نمایند. با توجه به بررسی‌های انجام شده شش تامین‌کننده توانایی تامین این کالا را دارند. با توجه به تعهد نویسندگان در رعایت حقوق تامین‌کنندگان و شرکت مورد مطالعه و امانت‌داری در استفاده از اطلاعات، نامی از آنها آورده نشده است.

٤-١ 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 می‌دهد.



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 به‌صورت زوجی مقایسه شده و وزن نسبی آنها محاسبه شود. سپس با تلفیق وزن‌های نسبی، وزن نهایی هر گزینه (که در این پژوهش گزینه‌های ساختار سلسله مراتبی همان زیر معیارها می‌باشند) مشخص شد. بردار وزن‌های نسبی و نهایی به‌دست آمده از ماتریس‌های مقایسات زوجی و نرخ ناسازگاری هر ماتریس به‌طور کامل در جدول ۲ آورده شده است.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

جدول ۲. وزن معیارهای پژوهش

سطح اول	سطح دوم		سطح سوم			وزن نهایی زیر معیارها
	معیارهای اصلی	وزن نسبی	زیر معیارها	وزن نسبی	IR	
انتخاب مناسبترین تامین کننده	F	۰/۱۱۹۱۹	$F_۱$	۰/۱۶۳۷۸		۰/۰۱۹۵۲۱
			$F_۲$	۰/۵۳۸۹۶	۰/۰۰۷۹۳	۰/۰۶۴۲۳۸
			$F_۳$	۰/۲۹۷۲۵		۰/۰۳۵۴۳۰
	Q	۰/۶۰۶۹۴	$Q_۱$	۰/۰۸۶۹۴		۰/۰۵۲۷۷۲
			$Q_۲$	۰/۶۳۹۳۳	۰/۰۴۶۵۸	۰/۳۸۸۰۳۷
			$Q_۳$	۰/۲۷۳۷۱		۰/۱۶۶۱۳۰
	D	۰/۰۶۳۵۳	$D_۱$	۰/۳۳۳۳	۰	۰/۰۲۱۱۷۶
			$D_۲$	۰/۶۶۶۶		۰/۰۴۲۳۵۳
	B	۰/۲۱۰۳۵	$B_۱$	۰/۰۹۶۴۱		۰/۰۲۰۲۸۱
			$B_۲$	۰/۲۸۴۲	۰/۰۷۴۷	۰/۰۵۹۷۸۷
			$B_۳$	۰/۶۱۹۳		۰/۱۳۰۲۸۰
IR	۰/۰۶۹۸۵۵۱					

جدول ۳. وضعیت تامین‌کنندگان در هر یک از معیارها

		$F_۱$	$F_۲$	$F_۳$	$Q_۱$	$Q_۲$	$Q_۳$	$D_۱$	$D_۲$	$B_۱$	$B_۲$	$B_۳$
$D_۱$	$S_۱$	G	G	G	G	G	G	F	G	G	MG	VG
	$S_۲$	G	G	VG	G	VG	VG	VG	G	VG	VG	VG
	$S_۳$	G	MG	F	F	G	VG	VG	G	G	G	G
	$S_۴$	MG	G	F	F	G	F	MG	MG	MG	MG	F
	$S_۵$	F	G	MG	F	G	G	P	MG	MG	MG	MG
	$S_۶$	F	MG	G	F	G	F	G	MG	MP	F	VG
		$F_۱$	$F_۲$	$F_۳$	$Q_۱$	$Q_۲$	$Q_۳$	$D_۱$	$D_۲$	$B_۱$	$B_۲$	$B_۳$
$D_۲$	$S_۱$	MG	MG	G	F	G	G	G	G	G	MG	VG
	$S_۲$	MG	G	G	G	G	VG	G	VG	VG	G	VG
	$S_۳$	G	MG	MG	G	G	VG	VG	VG	VG	MG	G
	$S_۴$	F	G	MG	F	G	MP	MG	G	MG	G	F
	$S_۵$	G	G	MG	F	G	VG	MP	MG	MP	MG	G
	$S_۶$	F	G	G	F	G	F	G	MG	F	F	VG
		$F_۱$	$F_۲$	$F_۳$	$Q_۱$	$Q_۲$	$Q_۳$	$D_۱$	$D_۲$	$B_۱$	$B_۲$	$B_۳$
$D_۳$	$S_۱$	G	G	VG	G	G	G	G	G	MG	F	VG
	$S_۲$	G	G	VG	G	VG	G	G	VG	G	VG	VG
	$S_۳$	G	G	F	G	VG	VG	VG	G	G	MG	G
	$S_۴$	MG	MG	MG	F	G	F	F	MG	MG	G	F
	$S_۵$	F	MG	MG	F	G	G	MP	MG	F	G	MG
	$S_۶$	MG	G	G	G	MG	F	F	F	MP	MG	VG

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

٤-٢ تشکیل ماتریس تصمیم

پس از محاسبه وزن معیارها، باید ماتریس تصمیم مساله را برای شش تامین‌کننده شرکت مورد مطالعه تشکیل دهیم. در این پژوهش وضعیت هر یک از تامین‌کنندگان 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 به‌دست 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 ٤. ماتریس تصمیم خاکستری

گزینه‌ها	F_1		F_2		F_3		Q_1		Q_2		Q_3		D_1		D_2	
	L_1	U_1	L_2	U_2	L_3	U_3	L_4	U_4	L_5	U_5	L_6	U_6	L_7	U_7	L_8	U_8
S_1	۴/۷	۷	۵/۷	۸	۷	۹/۳	۵/۳	۷/۷	۶	۹	۶	۸	۵/۳	۷/۷	۶/۱	۹
S_2	۵/۷	۸/۱	۶	۹	۸	۹/۷	۶	۹	۷/۹	۹/۷	۸	۸/۷	۷	۹/۳	۸	۹/۶
S_3	۶/۱	۹/۱	۵/۴	۷	۴/۳	۵/۳	۵/۳	۷/۷	۷	۹/۳	۹	۱۰	۹	۱۰	۷	۹/۳
S_4	۴/۷	۵/۶	۴/۶۷	۸	۴/۷	۵/۷	۴	۵	۶	۹	۴	۴/۷	۴/۷	۵/۷	۵/۳	۷
S_5	۴/۷	۶/۴	۵/۷	۸	۵	۶	۴	۵	۶	۹	۷	۸/۳	۲/۳	۳/۷	۵	۶
S_6	۴/۳	۵/۳	۶/۱	۸	۶	۹	۴/۶	۶/۳	۵/۷	۸	۴	۵	۵/۳	۷/۷	۴/۷	۵/۷

گزینه‌ها	B_1		B_2		B_3	
	L_9	U_9	L_{10}	U_{10}	L_{11}	U_{11}
S_1	۴/۶	۷	۴/۶	۵/۷	۹	۱۰
S_2	۸	۹/۶	۸	۹/۸	۹	۱۰
S_3	۷	۹/۴	۵/۳	۷	۶	۹
S_4	۵/۳	۷	۵/۶	۸	۴	۵
S_5	۴	۵	۵/۴	۷	۵/۳	۷
S_6	۳/۴	۴/۳	۴/۳	۵/۴	۹	۱۰

جدول ۵. ماتریس تصمیم خاکستری نرمالایز شده موزون

گزینه‌ها	F_1		F_2		F_3		Q_1		Q_2		Q_3		D_1	
	L_1	U_1	L_2	U_2	L_3	U_3	L_4	U_4	L_5	U_5	L_6	U_6	L_7	U_7
S_1	۰/۰۱۰	۰/۰۱	۰/۰۴۰	۰/۰۵۷	۰/۷۲	۰/۰۳۴	۰/۰۳۱	۰/۰۴۵	۰/۲۴	۰/۳	۰/۱	۰/۱۳۳	۰/۰۱۱	۰/۰۲
S_2	۰/۰۱۲	۰/۰۱۷	۰/۰۴۲	۰/۰۶۴	۰/۸۲	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۵۳	۰/۳۱۶	۰/۳۸	۰/۱۳	۰/۱۴۵	۰/۰۱۵	۰/۰۲
S_3	۰/۰۱۳	۰/۰۱۹	۰/۰۳۸	۰/۰۵	۰/۴۴	۰/۰۱۹	۰/۰۳۱	۰/۰۴۵	۰/۲۸	۰/۳۷	۰/۱۵	۰/۱۶۶	۰/۰۱۹	۰/۰۲
S_4	۰/۰۱۰	۰/۰۱۲	۰/۰۳۳	۰/۰۵۷	۰/۴۸	۰/۰۲۱	۰/۰۲۳	۰/۰۲۹	۰/۲۴	۰/۳۶	۰/۰۷	۰/۰۷۸	۰/۰۱	۰/۰۱
S_5	۰/۰۱۰	۰/۰۱۳	۰/۰۴۰	۰/۰۵۷	۰/۵۱	۰/۰۲۲	۰/۰۲۳	۰/۰۲۹	۰/۲۴	۰/۳۶	۰/۱۲	۰/۱۳۸	۰/۰۰۵	۰/۰۱
S_6	۰/۰۰۹	۰/۰۱۱	۰/۰۴۳	۰/۰۵۷	۰/۶۱	۰/۰۳۳	۰/۰۲	۰/۰۳۷	۰/۲۲۸	۰/۳۲	۰/۰۷	۰/۰۸۳	۰/۰۱۱	۰/۰۲

گزینه‌ها	D_2		B_1		B_2		B_3	
	L_8	U_8	L_9	U_9	L_{10}	U_{10}	L_{11}	U_{11}
S_1	۰/۰۲۷	۰/۰۳۹	۰/۰۰۹	۰/۰۱۴	۰/۰۲۸	۰/۰۳۴	۰/۰۱۱	۰/۱۳
S_2	۰/۰۳۵	۰/۰۴۲	۰/۰۱۶	۰/۰۲	۰/۰۴۸	۰/۰۵۴	۰/۱۱۷	۰/۱۳
S_3	۰/۰۳۱	۰/۰۴۱	۰/۰۱۴	۰/۰۱۹	۰/۰۳۲	۰/۰۴۲	۰/۰۷۸	۰/۱۱۷
S_4	۰/۰۲۳	۰/۰۳۰	۰/۰۱۱	۰/۰۱۴	۰/۰۳۴	۰/۰۴۸	۰/۰۵۲	۰/۰۶۵
S_5	۰/۰۲۲	۰/۰۲۶	۰/۰۰۸	۰/۰۱۰	۰/۰۳۲	۰/۰۴۲	۰/۰۶	۰/۰۹۱
S_6	۰/۰۲۱	۰/۰۲۵	۰۰۷۰	۰/۰۰۹	۰/۰۲۶	۰/۰۳۲	۰/۰۱۱	۰/۱۳

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

٤-۳ 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 تامین‌کنندگان با استفاده از روابط ۱۲ و ۱۳ محاسبه نمود. نتایج حاصل از این محاسبات در زیر ارایه شده است:

$$S^{max} = \{[۰/۱۳, ۰/۰۱۹], [۰/۴۳, ۰/۶۴], [۰/۰۲۹, ۰/۰۳۵], [۰/۰۳۵۲, ۰/۰۵۳], [۰/۳۱۶, ۰/۳۸۸],$$
$$[۰/۱۳, ۰/۱۱۷], [۰/۰۴۸, ۰/۰۵۹۸], [۰/۰۱۶, ۰/۰۲], [۰/۰۳۵, ۰/۰۴۲۴], [۰/۰۱۹, ۰/۰۲], [۰/۱۵, ۰/۱۶۶]\}$$
$$S^{min} = \{[۰/۰۰۹۲, ۰/۰۱۱۴], [۰/۳۳, ۰/۰۵], [۰/۰۱۶, ۰/۰۱۹], [۰/۰۲۳۵, ۰/۰۲۹], [۰/۲۲۸, ۰/۳۲],$$
$$[۰/۰۵۲, ۰/۰۶۵], [۰/۰۲۶, ۰/۰۳۲], [۰/۰۰۷۲, ۰/۰۰۹۱], [۰/۰۲۱, ۰/۰۲۵۱], [۰/۰۰۵, ۰/۰۱], [۰/۰۷, ۰/۰۷۸]\}$$

٤-٤ 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 حواب ایده‌آل و جواب ندیر آن به‌صورت زیر به‌دست آمد.

$P\{S_۱ \le S^{max}\} = ۰/۰۵۸۴$ $\quad$ $P\{S_۱ \ge S^{min}\} = ۰/۷۲۳$

$P\{S_۲ \le S^{max}\} = ۰/۵۳۴$ $\quad$ $P\{S_۲ \ge S^{min}\} = ۰/۸۴۲$

$P\{S_۳ \le S^{max}\} = ۰/۵۵۴$ $\quad$ $P\{S_۳ \ge S^{min}\} = ۰/۷۹۹$

$P\{S_۴ \le S^{max}\} = ۰/۷۷۱$ $\quad$ $P\{S_۴ \ge S^{min}\} = ۰/۵۴۲$

$P\{S_۵ \le S^{max}\} = ۰/۷۲۱$ $\quad$ $P\{S_۵ \ge S^{min}\} = ۰/۵۴۴$

$P\{S_۶ \le S^{max}\} = ۰/۶۷۳$ $\quad$ $P\{S_۶ \ge S^{min}\} = ۰/۶۳۲$

٤-۵ 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 به‌صورت زیر محاسبه شد.

$C_۱ = ۰/۸۰۷, \quad C_۲ = ۰/۶۳۴, \quad C_۳ = ۰/۶۹۳$

$C_۴ = ۱/۴۲۲, \quad C_۵ = ۱/۳۲۵, \quad C_۶ = ۱/۰۶۴$

۵ رتبه‌بندی و تجزیه و تحلیل نتایج

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

$S_۲ > S_۳ > S_۱ > S_۶ > S_۵ > S_۴$

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

بنابراین می‌توان گفت که تامین کننده S_2 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_3 می‌باشد که به دیگر تامین کنندگان ارجحیت دارد. تامین کننده S_1 نیز تا حدودی خوب می‌باشد. اما تامین کنندگان S_5 و S_6 زیاد خوب نیستند و تامین کننده S_4 نامناسب‌ترین تامین کننده می‌باشد.

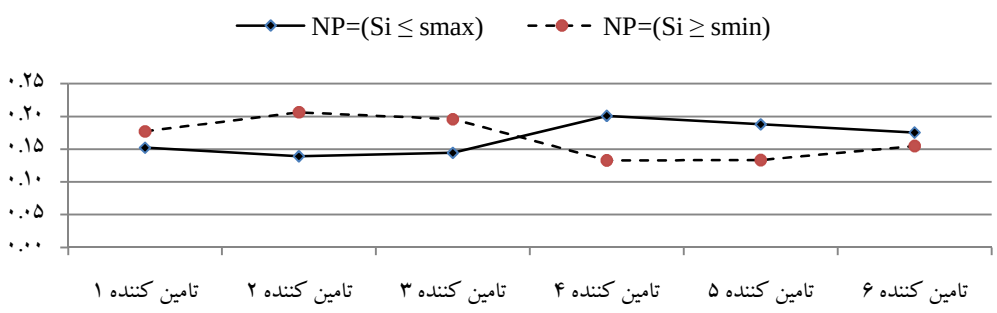
در این قسمت ما تلاش می کنیم که $P\{S_i \le S^{max}\}$ و $P\{S_i \ge S^{min}\}$ برای همه تامین کنندگان مورد مقایسه قرار دهیم. بدین منظور ابتدا باید درجه امکان خاکستری را نسبت به جواب ایده‌آل و ندیر آن نرمال سازی نمود تا امکان مقایسه ایجاد شود(جدول۶). نتایج حاصل از این مقایسه در شکل ۴ نشان داده شده است.

جدول ٦. نرمال سازی درجه امکان خاکستری

S_i	P $\{S_i \le S^{max}\}$	NP $\{S_i \le S^{max}\}$	P $\{S_i \ge S^{min}\}$	NP $\{S_i \ge S^{min}\}$
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

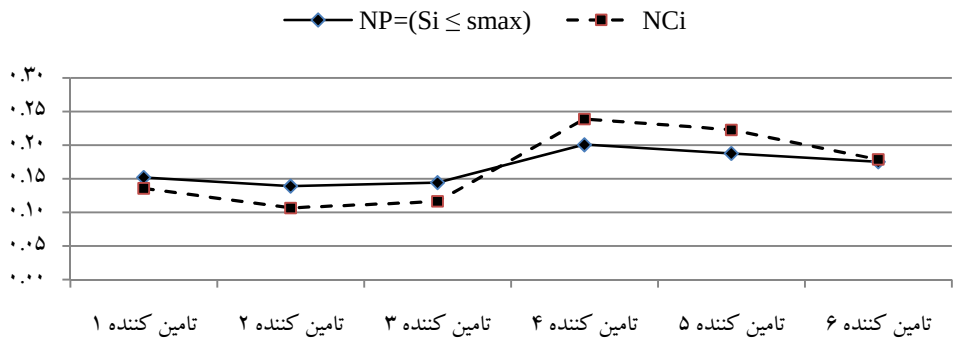
همان‌طور که شکل ۴ نشان می‌دهد، تامین کنندگان شماره ۲ و ۳ به جواب ایده‌آل نزدیک‌تر بوده و هم‌چنین از جواب ندیر آن دورتر می‌باشند. که این امر تاثیر تشریک مساعی ایجاد شده به‌وسیله این دو فاصله را بررسی می کند و همین امر باعث می شود که این دو تامین کننده برای خریدار مهم‌تر باشد. ولی در مورد تامین کننده ۴ 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 نامناسب‌ترین تامین کننده لحاظ شود.



شکل ٤. مقایسه درجه امکان خاکستری جواب ایده‌آل و ندیر آن برای شش تامین کننده

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

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 استنباط 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 می کند 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 می شود.

٦ نتیجه‌گیری

انتخاب تامین‌کننده یک مساله تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد. در روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مرسوم، ارزیابی و وزن‌دهی معیارها باید به‌صورت دقیق باشد. اما همان‌طور که مشخص است، در بسیاری از شرایط قضاوت‌های تصمیم گیرندگان اغلب نامطئن است و نمی‌تواند به‌وسیله 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 براین، تئوری خاکستری بر تئوری مجموعه فازی مزیت دارد، زیرا تئوری خاکستری به‌طور انعطاف پذیری 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 موردی مورد استفاده قرار دادیم. وضعیت هر یک از تامین‌کنندگان 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

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

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

از این مطالعه آشکار شد که مدل ارایه شده که برای حل مساله تصمیم‌گیری چند معیاره برای انتخاب مناسب‌ترین تامین‌کننده مورد استفاده قرار گرفت، یک ابزار خوب برای ارزیابی می‌باشد که می‌تواند در زمینه‌های تصمیم‌گیری 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 تامین‌کننده 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 تامین‌کنندگان بر مبنای رویکرد ترکیبی AHP-DEA-TOPSIS، مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، ۱۰(۴)، ۵۳-۳۷.

[۲۰] آذر، ع.، رجب‌زاده، ع.، (۱۳۸۹). تصمیم‌گیری 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 suppleir 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.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

[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.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]