چشم‌انداز مدیریت صنعتی
شماره ۲۲، تابستان ۱۳۹۵
ص‌ص ۱۲۱ ° ۹۱

ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان دو لایه در زنجیره تأمین سبز به روش تاپسیس فازی سلسله‌مراتبی مبتنی بر سطوح آلفا

علیرضا عیدی*، مهناز بختیاری**

چکیده

تحولات دنیای کسب‌وکار و الزامات جدید و تجارت عصر کنونی، زمینه ظهور و بروز نگرش‌های جدیدی را فراهم می‌کند که ضروری است موردتوجه متصدیان عرصه تولید و تجارت قرار گیرد. در همین راستا رویکردها و نگرش‌های جدیدی پیرامون موضوع زنجیره تأمین گسترش یافته است که الزامات زیست‌محیطی آن را به سمت سبزبودن سوق می‌دهد. در این پژوهش سعی شده است تا علاوه بر تأمین‌کنندگانی که به‌طور مستقیم با شرکت در ارتباط‌اند و قطعات موردنیاز را تأمین می‌کنند، تأمین‌کنندگانی که مواد اولیه سازندگان قطعات را فراهم می‌کنند نیز به‌عنوان لایه دوم تأمین موردبررسی قرار گیرند و تأمین‌کنندگان بهینه در هر دو لایه انتخاب شوند. با درنظرگرفتن مفاهیم لایه اول و دوم تأمین‌کنندگان و همچنین فاکتور سبز با استفاده از روش ارائه‌شده معیاری باعنوان «لایه دوم» و اعداد فازی مرتبط با آن محاسبه می‌شود تا در رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان لایه اول به روش تاپسیس فازی سلسله‌مراتبی بر اساس سطوح مختلف آلفا به‌کار گرفته شود؛ بنابراین هدف این پژوهش، پایه‌گذاری یک رویکرد سیستماتیک برای ارزیابی و انتخاب دو لایه از تأمین‌کنندگان با درنظرگرفتن عوامل زیست‌محیطی است. اعتبار مدل با استفاده از مثال عددی از شرکت تولیدکننده اجاق‌گاز موردبررسی قرار می‌گیرد.

کلیدواژه‌ها: زنجیره تأمین، فاکتور سبز؛ تاپسیس فازی سلسله‌مراتبی؛ دو لایه از تأمین‌کنندگان.

پرتال جامع علوم انسانی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۱۲/۲۵، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۵/۳۱.

* استادیار، دانشگاه کردستان (نویسنده مسئول).

E-mail: alireza.eydi@uok.ac.ir

** دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه کردستان.

۱. مقدمه

افزایش رقابت جهانی، از یک سو و متنوع شدن تقاضای مشتریان در محیط کسب‌وکار از سوی دیگر، موجب شده است که هزینه ها به سرعت در حال افزایش و سودآوری در حال کاهش باشد [۲۷]. در شرایط کنونی که بازار تولید و خدمات به‌شدت رقابتی است، سازمان‌ها ملزم به پاسخگویی سریع و دقیق به نیازهای مشتریان هستند تا از این طریق بتوانند با جلب رضایت آن‌ها، موقعیت خود را در بازار رقابتی حفظ کنند و بهبود بخشند. چنین الزاماتی سازمان‌ها را وادار به سرمایه‌گذاری در راستای اجرای مفاهیمی چون قیمت محصولات، کیفیت و تحویل به‌موقع کرده است. در چنین شرایطی نقش تأمین‌کنندگان و مباحث مرتبط با آن‌ها در مدیریت زنجیره تأمین اهمیت بسزایی پیدا کرده است. مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان یکی از مهم‌ترین مسائلی است که در موفقیت زنجیره تأمین اثر می‌گذارد و در سال‌های اخیر پژوهشگران بسیاری به آن پرداخته‌اند [۱۵]. منبع یابی و تخصیص سفارش به تأمین‌کنندگان مناسب، هزینه‌های تأمین را به شکل قابل ملاحظه‌ای کاهش و قابلیت رقابت‌پذیری سازمان را افزایش می‌دهد [۲۶].

افزایش نگرانی‌های جهانی مبنی بر حفاظت محیط‌زیست و به‌طور متناظر افزایش در قوانین و مقررات، خرید سبز را به موضوع مهمی برای شرکت‌ها تبدیل کرده است تا بتوانند به یک توسعه پایدار زیست‌محیطی برسند. با چنین نگرش‌هایی رویکردهای زنجیره تأمین سبز و مدیریت آن پا به عرصه وجود نهاد. ایده مدیریت زنجیره تأمین سبز[1] ازبین‌بردن یا به‌حداقل‌رساندن ضایعات (تولید گازهای گلخانه‌ای و شیمیایی خطرناک، مواد زائد جامد) در امتداد زنجیره تأمین است [۲].

مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان، فرآیندی است که در آن با درنظرگرفتن تعدادی از معیارهای کمی و کیفی، مجموعه‌ای از بهترین تأمین‌کنندگان انتخاب می‌شوند و کارایی کل زنجیره تأمین افزایش می‌یابد و درنهایت سبب بهبود وضعیت رقابتی زنجیره می‌شود. در این میان هزینه مواد خام و اجزای تشکیل دهنده محصول، قسمت عمده‌ای از بهای تمام شده محصول را در بر می-گیرد. در چنین شرایطی، منبع‌یابی مناسب، می‌تواند نقشی کلیدی در کارایی و اثربخشی سازمان ایفا نموده و تاثیر مستقیمی در کاهش هزینه‌ها، سودآوری و انعطاف‌پذیری یک شرکت داشته باشد [۸]. تأمین‌کنندگان لایه اول قطعات نیمه‌ساخته خریدار را تهیه می‌کنند؛ درحالی‌که مواد مصرفی موردنیاز برای ساخت این قطعات را از تأمین‌کنندگان لایه دوم فراهم می‌کنند. بر این اساس اگر سازمان‌ها و شرکت‌های صنعتی دارای تأمین‌کنندگانی باشند که هم از لحاظ کیفیت مواد اولیه و هم از لحاظ کیفیت محصول تولیدی نیمه‌ساخته موردتأیید باشند، می‌توانند تا اندازه‌ای از کیفیت محصول نهایی خود اطمینان داشته باشند. نوع ماده اولیه مورداستفاده می‌تواند

1. Green Supply Chain Management

تأثیر بسزایی در کیفیت و قیمت محصولات و قطعات نیمه‌ساخته داشته باشد و بدون شک کیفیت ماده اولیه مورداستفاده در انتخاب تأمین‌کنندگان لایه اول اهمیت زیادی دارد. رویکردها و مدل‌های متفاوتی برای حل مسئله انتخاب به‌کار گرفته شده‌اند که همواره به انتخاب تأمین-کنندگان سطح اول که مستقیماً با خریدار در ارتباطند می‌پردازند و توجهی به تأمین‌کنندگان سطح دوم ندارند؛ درحالی‌که اغلب کارخانه‌ها برای موضوع تأمین‌کنندگان لایه دوم اهمیت ویژه-ای قائل هستند و هرچند در مدل‌های ارائه‌شده و مطالعات علمی توجه چندانی به این موضوع نشده است، نوع مواد و قطعات مورداستفاده می‌توانند تأثیر بسزایی در کیفیت و قیمت قطعات نهایی داشته باشند [۲۱].

انتخاب تأمین کنندگان یک مسأله مهم تصمیم‌گیری گروهی است که نیازمند به کارگیری گروهی از متخصصین است [۲۰]. انتخاب معیارهای مناسب برای بررسی یک زنجیره تأمین سبز، مبحث دیگری است که می‌تواند تأثیر زیادی بر نتیجه نهایی مسئله داشته باشد. در انتخاب یک تأمین‌کننده مناسب، معیارهای زیادی مانند هزینه، کیفیت و غیره وجود دارد که باید مصالحه‌ای بین آن‌ها صورت گیرد تا به نتیجه رضایت‌بخش منجر شود. هزینه مواد خام و قطعات تشکیل‌دهنده به هزینه‌های محصول منجر می‌شود و این موضوع فرآیند انتخاب تأمین‌کننده را بسیار دشوار می‌کند؛ زیرا تصمیم‌گیرنده می‌خواهد کیفیت را نیز ثابت نگه دارد. در این مقاله علاوه بر معیارهای ذکرشده، معیار فاکتور سبز نیز مطرح شده و برای تمامی معیارها، زیرمعیار-هایی در نظر گرفته شده است که به موجب آن برای حل از روش تاپسیس فازی سلسله‌مراتبی استفاده خواهد شد. در این پژوهش از عبارت‌های کلامی ارائه‌شده توسط خبرگان (میانگین نظرهای مسئولان بخش تدارکات) برای ارزیابی و تعیین عملکرد هر تأمین‌کننده نسبت به هر معیار و زیر معیار مربوطه و تعیین وزن آن‌ها استفاده شده است. رتبه‌بندی‌های کلامی به‌وسیله اعداد فازی مثلثی بیان می‌شود و درنهایت برای محاسبه وزن و رتبه‌بندی گزینه‌ها، روش تاپسیس فازی سلسله‌مراتبی بر اساس سطوح آلفا به‌کار می‌رود و انتخاب تأمین‌کنندگان مناسب بر این اساس صورت می‌گیرد.

بخش‌های مختلف این مقاله شامل مبانی نظری و پیشینه پژوهش، روش پژوهش، تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش و درنهایت نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها است.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

امروزه باتوجه به نگرشهای مختلفی که درخصوص حوزه ارزیابی عملکرد وجود دارد، این فرآیند را میتوانیم در حوزه زنجیره تأمین نیز مورد استفاده قرار دهیم .عملکرد مناسب زنجیره تأمین نقش کلیدی در موفقیت یک سازمان و دستیابی پایدار به اهداف و به ویژه سودآوری آن

دارد [۴]. زنجیره تأمین شامل تمام فعالیت‌های مرتبط با جریان و تبدیل کالاها از مرحله ماده خام (استخراج) تا مصرف‌کننده نهایی و جریان‌های اطلاعاتی مرتبط با آن‌ها است؛ همچنین هر تأمین‌کننده تعدادی تأمین‌کننده دارد که ورودی‌های فرآیندهای آن را تأمین می‌کنند. این تأمین‌کنندگان که خود بخشی از زنجیره تأمین هستند، «تأمین‌کنندگان لایه دوم» نامیده می‌شوند [۵].

فشار قوانین و مقررات دولتی برای کسب استانداردهای زیست‌محیطی و همچنین رشد فزاینده تقاضای مشتریان نسبت به محصولات سبز (بدون اثر مخرب بر محیط‌زیست) مفهوم زنجیره تأمین سبز و مدیریت آن را پدیدار ساخت. مدیران زنجیره تأمین سبز باید از طریق ایجاد مطلوبیت و رضایت‌مندی از لحاظ زیست‌محیطی و بوم‌شناسی در سراسر زنجیره بکوشند تا از لجستیک سبز و بهبود عملکرد زیست‌محیطی خود در کل زنجیره تأمین به‌عنوان یک سلاح راهبردی برای کسب مزیت رقابتی پایدار بهره گیرند و اهداف خود را مبتنی بر دوستدار محیط‌زیست بودن، اصول زنجیره تأمین سبز و درنهایت توسعه پایدار (حفظ و استفاده بهینه از منابع محدود و تجدید ناپذیر) پایه‌ریزی کنند [۲۴].

لویس، (۱۹۴۳) برای نخستین بار بیان کرد که در میان تمام فعالیت‌های مربوط به فرآیند خرید، هیچ مسئولیتی مهم‌تر از یافتن منابع مناسب نیست [۱۲]. تولیدکنندگان قراردادی و تولید-کنندگان مجازی (تأمین‌کنندگان) بخش مهمی از سیستم زنجیره تأمین هستند. ازآنجاکه تأمین-کنندگان قابل‌اعتماد، تولیدکنندگان را قادر می‌سازد که هزینه موجودی کالا را کاهش و کیفیت کالا را بهبود بخشند، این مسئله قابل‌درک است که تولیدکنندگان نسبت به انتخاب تأمین‌کننده به‌طور فزاینده‌ای نگران باشند و واضح است که انتخاب تأمین‌کنندگان مناسب و مدیریت مؤثر روابط با تأمین‌کننده عامل کلیدی در افزایش رقابت‌پذیری شرکت‌ها است.

انتخاب تأمین‌کننده مناسب برای خرید مواد خام و محول‌کردن برخی از عملیات تولید داخل به تأمین‌کننده بخش مهمی از این زنجیره را تشکیل می‌دهد. پژوهشگران برای دستیابی به این هدف به نتایجی دست یافته‌اند؛ برای باقی‌ماندن در چرخه رقابت و بهبود عملکرد چرخه تأمین، یک شرکت مجبور به همکاری با شرکای زنجیره تأمین خود است. یکی از وظایف مهمی که در این حیطه بر عهده مدیران خرید است، انتخاب تأمین‌کنندگان مناسب است [۱].

درباره انتخاب تأمین‌کنندگان در زنجیره تأمین مطالعات زیادی انجام شده است. گروه‌بندی و دسته‌بندی‌کردن تأمین‌کنندگان بر اساس کارکرد عملکرد گذشته آن‌ها و یا بر اساس آشنایی و تجربه کار با آن‌ها ازجمله روش‌های ارزیابی تأمین‌کنندگان است. در این روش گروه‌بندی بر اساس عملکرد و سابقه کاری و بر اساس معیارهای مشخص، تأمین‌کنندگان در گروه‌های مختلف دسته‌بندی و به آن‌ها امتیاز مثبت یا منفی داده می‌شود و درنهایت یک یا چند

تأمین‌کننده انتخاب می‌شود [۱۸].

یکی از اساسی‌ترین و معتبرترین پژوهش‌هایی که به بررسی معیارهای مختلف انتخاب تأمین‌کننده پرداخته و تاکنون مرجع بسیاری از مطالعات دیگر بوده است، مطالعه دیکسون، (۱۹۹۶) است. وی ۲۳ معیار را به‌عنوان اساسی‌ترین و مهم‌ترین معیارهای انتخاب بهترین تأمین‌کننده معرفی کرده است [۳].

لئو و های (۲۰۰۵) از فنون تصمیم‌گیری چندمعیاره برای انتخاب تأمین‌کننده بهره بردند. آن‌ها در ابتدا به ضعف روش تحلیل سلسله‌مراتبی[1] (AHP) در تعدد مقایسات زوجی اشاره کردند و در ادامه به ارائه روشی ساده‌تر از AHP پرداختند [۱۷]. پی و لو، (۲۰۰۶) از روش تابع خسارت تاگوچی[2] و تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) برای انتخاب تأمین‌کننده بهره بردند. آن‌ها مسئله انتخاب تأمین‌کننده را در قالب مسئله تصمیم‌گیری چند مشخصه موردبررسی قرار دادند و مشخصه‌های کیفیت، تحویل به‌موقع، قیمت و خدمات را به‌عنوان مشخصه‌های تأثیرگذار بر انتخاب تأمین‌کننده ارائه کردند [۲۵]. به نظر سائن، (۲۰۰۷)، بسیاری از روش‌های حل مسائل انتخاب تأمین‌کننده بر اساس داده‌های کاردینال[3] است؛ اما با استفاده گسترده از فلسفه‌های تولیدی مانند JIT[4]، تمرکز فرآیند انتخاب تأمین‌کننده به سوی درنظرگرفتن همزمان داده‌های کاردینال و داده‌های ترتیبی[5] رفته است. با توجه به این موضوع، وی در مقاله خود روشی نوین پیشنهاد کرد که بر مبنای تحلیل پوششی داده‌های نادقیق (IDEA[6]) بود [۲۹].

لیائو و ریشتر (۲۰۰۷) با درنظرگرفتن شرایط تقاضای تصادفی، یک مدل چندهدفه انتخاب تأمین‌کننده ارائه کردند. آن‌ها نیز این مسئله را به‌عنوان یک مسئله MADM[7]، در نظر گرفتند و بیان داشتند که معیارهای هزینه، کیفیت، تحویل و انعطاف‌پذیری، معیارهای معمول و رایج در انتخاب تأمین‌کننده هستند. آن‌ها پس از ارائه مدل چندهدفه خود با استفاده از الگوریتم ژنتیک به حل آن پرداختند [۱۶]. ها و کریشنان، (۲۰۰۸) با ترکیب دو روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و تحلیل پوششی داده‌ها (DEA[8])، روش نوینی را برای انتخاب بهترین تأمین‌کننده معرفی کردند. آن‌ها از AHP برای وزن‌دهی معیارهای کیفی و از DEA در انتخاب نهایی تأمین‌کننده استفاده کردند [۷]. جدیدی و همکاران، (۲۰۰۸) با استفاده از مدل تک‌هدفه و روش تاپسیس[9] در محیط فازی توانستند اثربخشی مدل پیشنهادی خود را برای انتخاب تأمین‌کننده

1. Analytic Hierarchy Process
2. Taguchi Loss Function
3. Cardinal Data
4. Just In Time
5. Ordinal Data
6. mprecise Data Envelopment Analysis
7. Multiple Attributive Decision Making
8. Data Envelopment Analysis
9. Topsis

نشان دهند [۱۰].

شا و همکاران (۲۰۱۲)، مسئله انتخاب تأمین‌کننده در زنجیره تأمین سبز را به‌صورت یک مدل‌سازی ریاضی چندهدفه در محیط فازی فرمول‌بندی کردند و به کمک شیوه تصمیم‌گیری چندمعیاره سلسله‌مراتبی به معیارهای اصلی وزن دادند؛ درنهایت از برنامه‌ریزی چندهدفه خطی برای رسیدن به بهترین جواب استفاده کردند [۳۱]. هسو و همکاران، (۲۰۱۳) از شیوه تصمیم-گیری چندمعیاره دیمتل[1] برای انتخاب تأمین‌کننده سبز به‌منظور کاهش گازهای گلخانه‌ای استفاده کردند [۹]. گویندان، (۲۰۱۵) مرور مبانی نظری جامعی در زمینه به‌کارگیری شیوه‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در انتخاب تأمین‌کننده سبز ارائه می‌دهد، و بیان می‌کند که مبانی نظری ارزیابی تأمین‌کنندگان به‌شدت بزرگ و در حال گسترش است؛ اما مبانی نظری زنجیره تأمین سبز نسبتاً محدود است [۶].

عثمان و دمیرلی (۲۰۱۰) با درنظرگرفتن دو لایه از تأمین‌کنندگان یک مدل برنامه‌ریزی آرمانی با هدف کمینه‌سازی هزینه توزیع برای یافتن جوابی قابل‌قبول توسعه دادند که نیازمندی‌های شرکت را در میان تأمین‌کنندگان معتبر توزیع کند. این مدل می‌تواند به چارچوب جدیدی در زنجیره‌های تأمین با توزیع مواد بین بهترین تأمین‌کنندگان کاندیدا برسد [۲۲].

عثمان و دمیرلی (۲۰۱۲) با درنظرگرفتن دو لایه از تأمین‌کنندگان مدلی برای بهبود کارایی در تحویل به‌موقع کالا و احتساب ظرفیت دردسترس هر عضو از زنجیره تأمین برای مواجهه با افزایش تقاضای پیش‌بینی‌شده ارائه دادند. آن‌ها مدل پیشنهادی تأمین‌کنندگان مناسب را تعیین کرده و مقادیری از کالا که باید به هر عضو زنجیره تأمین به‌صورت سالیانه تحویل شود را تعیین کردند [۲۳].

نجفی نوبر و ستاک (۲۰۱۰) با نگاهی اجمالی بر تأمین‌کنندگانی که در لایه قبل از اولین تأمین‌کنندگان (تأمین‌کنندگان لایه دوم) قرار دارند، دیدگاه جدیدی را برای انتخاب تأمین‌کنندگان آشکار کردند؛ سپس با روش ترکیبی مفاهیم نظریه مجموعه‌های فازی و برنامه‌ریزی خطی به ارائه مدل پرداختند و با داده‌های واقعی یک شرکت طراحی مهندسی و تأمین‌کننده قطعات، سنجیده شد. در این مقاله برای نخستین بار در انتخاب تأمین‌کننده، بیشتر از یک لایه تأمین‌کننده وجود دارد و سایر لایه‌ها می‌توانند در کیفیت کل زنجیره تأمین و هزینه کلی اتفاق افتاده مؤثر باشند [۲۱].

ستاک و شریفی (۱۳۹۰)، مدلی یکپارچه برای انتخاب تأمین‌کنندگان دو لایه از زنجیره تأمین ارائه دادند که مدل برنامه‌ریزی خطی چندهدفه و عدد صحیح ارائه‌شده ابزاری برای کاهش هزینه‌های زنجیره تأمین است که علاوه بر تأمین‌کنندگانی که مستقیماً با سازمان در ارتباط

1. Decision Making Trial and Evaluation (DEMATEL)

هستند، خصوصیات تأمین‌کنندگان لایه دوم را نیز موردبررسی قرار می‌دهد و میزان جریان کالاها بین خریدار و تأمین‌کنندگان منتخب در هر دو لایه را مشخص می‌کند؛ درنهایت مثال عددی ارائه‌شده است تا صحت مدل سنجیده شود [۳۰].

با مرور مبانی نظری پژوهش مشخص شد با اینکه مبانی نظری مربوط به ارزیابی تأمین‌کننده زیاد است؛ اما پژوهش درباره ارزیابی تأمین‌کنندگان دولایه که عوامل زیست‌محیطی را نیز در نظر بگیرد، تقریباً محدود است. در جدول ۱، خلاصه‌ای از مهم‌ترین مقالات در زمینه انتخاب تأمین‌کننده سبز ارائه شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۱. خلاصه‌ای از مقالات مهم در زمینه انتخاب تأمین‌کننده سبز

نویسندگان	نوآوری	معیارهای انتخاب تأمین‌کننده	روش حل	لایه‌ها
مین و گاله، (۲۰۰۱)	۱. بررسی عوامل مؤثر بر رضایت شرکت خریدار، تحت‌تأثیر اتخاذ راهبرد خرید سبز	۱. مسئولیت در قبال محیط‌زیست و جریمه‌ها؛ ۲. تعهد زیست‌محیطی تأمین‌کننده؛ ۳. هزینه‌های زیست‌محیطی	Statistics (Hypothesis Testing and Factor Analysis)	یک لایه
کو و همکاران، (۲۰۱۰)	۱. توسعه مدلی برای انتخاب تأمین‌کنندگان سبز با استفاده از ادغام شبکه‌های عصبی (ANN)، تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) و فرآیند تحلیل شبکه (ANP)	۱. کیفیت؛ ۲. خدمات؛ ۳. زمان تحویل؛ ۴. قیمت؛ ۵. مسئولیت اجتماعی شرکت‌ها	ANN, DEA, ANP	یک لایه
نجفی نوبر و ستاک، (۲۰۱۰)	۱. ارائه چارچوب انتخاب تأمین‌کننده با توجه به خصوصیات تأمین‌کنندگان لایه دوم؛ ۲. ارائه روشی برای محاسبه معیاری که تأمین‌کننده لایه دوم را ارزیابی می‌کند.	۱. کیفیت؛ ۲. قیمت؛ ۳. فاکتور سبز	Linear Programming (LP)	دو لایه
شا و همکاران، (۲۰۱۲)	۱. پیشنهاد مدلی یکپارچه برای انتخاب تأمین‌کننده با درنظرگرفتن انتشار کربن	۱. کیفیت؛ ۲. زمان تحویل؛ ۳. قیمت؛ ۴. انتشار گازهای گلخانه‌ای	Fuzzy-AHP, Fuzzy Multiobjective Linear Programming	یک لایه
ستاک و شریفی، (۱۳۹۰)	۱. ارائه برنامه‌ریزی چندهدفه برای انتخاب تأمین‌کنندگان دو لایه از زنجیره تأمین؛ ۲. انتخاب یکپارچه تأمین‌کنندگان؛ ۳. انتخاب بهترین مسیرهای انتخابی و حجم کالاهای منتقل‌شده ۴ امکان سفارش چند نوع کالا به‌صورت همزمان	۱. کیفیت؛ ۲. دیرکرد؛ ۳. قیمت	Goal Programming	دو لایه

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

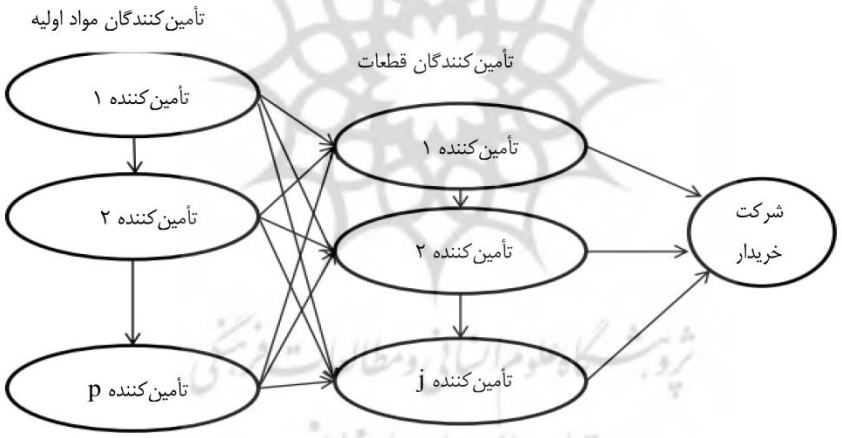
۳. روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر به‌دلیل اینکه در پی بهبود روش‌های ارزیابی تأمین‌کنندگان شرکت‌ها است، از نظر هدف، کاربردی و از نظر ماهیت، به‌دلیل قابلیت استفاده از نتایج مقاله در برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری شرکت‌ها در دسته پژوهش‌های توصیفی- تحلیلی (با تأکید بر مطالعه موردی) قرار

می‌گیرد. نحوه جمع‌آوری داده‌ها در این پژوهش ترکیبی از روش‌های کتابخانه‌ای و میدانی (مواجهه با شرکت موردمطالعه) است.

مدل پیشنهادی. در این بخش با درنظرگرفتن مفاهیم لایه اول و دوم تأمین‌کنندگان (شکل ۱) و با درنظرگرفتن فاکتور سبز با استفاده از روش ارائه‌شده معیاری باعنوان «لایه دوم» و اعداد فازی مرتبط با آن محاسبه می‌شود تا در رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان لایه اول به روش تاپسیس فازی سلسله‌مراتبی بر اساس سطوح مختلف آلفا به‌کار گرفته شود؛ درواقع دو لایه تأمین‌کننده به‌عنوان زنجیره‌ای از تأمین‌کنندگان در نظر گرفته شده‌اند. تأمین‌کنندگان لایه اول با دو گروه معیار سنجیده می‌شوند که گروه اول معیارهای متعلق به خصوصیات تأمین‌کننده لایه اول را دربرمی‌گیرد و گروه دوم شامل معیارهای متعلق به خصوصیات تأمین‌کنندگان لایه دوم است.

در بسیاری از شرایط، داده‌های قطعی برای مدل‌سازی شرایط واقعی ناکافی به نظر می‌رسند. قضاوت‌های انسانی دارای ماهیت ابهام هستند و نمی‌توان آن‌ها را با داده‌های عددی مشخص نشان داد؛ بنابراین از نظریه مجموعه فازی برای تبدیل ادراک ذهنی انسانی به مقادیر قطعی استفاده می‌شود و این ترجیحات با توسعه‌ای از روش تاپسیس فازی برای تولید نمره عملکرد کلی برای هر تأمین‌کننده لایه اول به‌کار می‌روند. در ادامه خلاصه‌ای از تعریف‌های مرتبط با بحث فازی که در این مقاله به‌کار رفته است، ارائه می‌شود.



شکل ۱. تأمین‌کننده لایه اول و دوم

اعداد فازی و متغیرهای کلامی. کاربرد مقادیر عددی در رده‌بندی گزینه‌ها ممکن است محدودیت‌هایی را برای مواجه‌شدن با عدم قطعیت‌ها داشته باشد. در کاربردهای عملی، شکل مثلثی تابع عضویت معمولاً برای نشان‌دادن اعداد فازی استفاده می‌شود. اعداد فازی مثلثی برای

فرموله‌کردن آن دسته از مسائل تصمیم‌گیری که دارای اطلاعات ذهنی و مبهمی هستند، بسیار مؤثر است؛ درضمن استفاده از اعداد فازی مثلثی، آسان و دارای سادگی محاسباتی است [۱۳].

در ادامه برخی از تعریف‌ه۹ای مهم مجموعه‌های فازی و اعداد فازی آورده شده است:

تعریف ۱: یک مجموعه فازی A در مجموعه تعریف‌شده U با تابع عضویت $A(x)$ تعریف می‌شود که هر عضو x را به عدد واقعی U در بازه [۰،۱] نسبت می‌دهد. مقدار عددی $A(x)$ *نشان‌دهنده* درجه عضویت x در مجموعه فازی A است [۱۳].

تعریف ۲: عدد فازی m به‌صورت سه‌گانه $m = (m_1, m_2, m_3)$ نشان داده می‌شود. تابع عضویت به‌صورت زیر تعریف می‌شود [۱۳]:

$$m(x) = \begin{cases} 0 & x < m_1 \\ \dfrac{x - m_1}{m_2 - m_1} & m_1 \le x \le m_2 \\ \dfrac{m_3 - x}{m_3 - m_2} & m_2 \le x \le m_3 \\ 0 & x > m_3 \end{cases} \qquad (۱)$$

تعریف ۳: با در نظر گرفتن دو عدد فازی مثلثی $m = (m_1, m_2, m_3)$ و $n = (n_1, n_2, n_3)$، عملیات با این اعداد فازی به‌صورت زیر تعریف می‌شوند [۱۳]:

$$n(+)m = (n_1, n_2, n_3)(+)(m_1, m_2, m_3) = (n_1 + m_1, n_2 + m_2, n_3 + m_3)$$

$$n(-)m = (n_1, n_2, n_3)(-)(m_1, m_2, m_3) = (n_1 - m_3, n_2 - m_2, n_3 - m_1)$$

$$n(\times)m = (n_1, n_2, n_3)(\times)(m_1, m_2, m_3) = (n_1 m_1, n_2 m_2, n_3 m_3)$$

$$n(\div)m = (n_1, n_2, n_3)(\div)(m_1, m_2, m_3) = (\frac{n_1}{m_3}, \frac{n_2}{m_2}, \frac{n_3}{m_1})$$

$$kn = k(n_1, n_2, n_3) = (kn_1, kn_2, kn_3)$$

تعریف ۴: برش عدد فازی A به ازای $\alpha \in [0,1]$ به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$A_\alpha = \{x \in U | A(x) \ge \alpha\} \qquad (۲)$$

نماد A_α یک مجموعه غیرتهی محدود در U است که به‌صورت $A_\alpha = [a_\alpha^l, a_\alpha^u]$ نشان داده می‌شود. a_α^l، حد پایین و a_α^u حد بالای برش را نشان می‌دهد. اگر به ازای $\alpha \in [0,1]$ ،

$0 \geq a_{\alpha}^{l}$ و $1 \leq a_{\alpha}^{u}$ باشد، در این صورت A را یک عدد فازی نرمالایز مثبت می‌گویند [۳۳].

برای حل این مسئله باید از متغیرهای زبانی و اعداد فازی مثلثی مرتبط با آن‌ها شناخت داشت تا بتوان فرآیند مقایسه جفتی بر مبنای معیار را به‌منظور ساده‌سازی این فرآیند برای هر دو تأمین‌کننده لایه اول و دوم انجام داد. در جدول ۲ متغیرهای زبانی برای رتبه‌بندی و اهمیت نسبی وزن‌های معیارها آورده شده است.

جدول ۱. متغیرهای زبانی برای رتبه‌بندی و اهمیت نسبی وزن‌های معیارها

متغیر زبانی برای رتبه‌بندی		**متغیر زبانی برای اهمیت نسبی وزن‌های معیارها**	
اعداد فازی	متغیر زبانی	اعداد فازی	متغیر زبانی
(۰،۰،۱)	بسیار ضعیف	(۰ ،۰ ،۰/۱)	بسیار کم
(۰،۱،۳)	ضعیف	(۰ ،۰/۱ ،۰/۳)	کم
(۱،۳،۵)	نسبتاً ضعیف	(۰/۱ ،۰/۳ ،۰/۵)	نسبتاً کم
(۳،۵،۷)	متوسط	(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)	متوسط
(۵،۷،۹)	نسبتاً خوب	(۰/۵ ،۰/۷ ،۰/۹)	نسبتاً زیاد
(۷،۹،۱۰)	خوب	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)	زیاد
(۹،۱۰،۱۰)	بسیار خوب	(۰/۹ ،۱ ،۱)	بسیار زیاد

روش ارزیابی معیار «لایه دوم»

گام ۱: ارزیابی تأمین‌کنندگان لایه دوم در مقابل سه معیار کیفیت، قیمت و فاکتور سبز: در این گام تصمیم‌گیرنده، تأمین‌کننده لایه دوم را از دیدگاه معیارهای یادشده در هر ماده مصرفی ارزیابی می‌کند. این ارزیابی با متغیرهای زبانی صورت می‌پذیرد.

گام ۲: تبدیل متغیرهای زبانی به اعداد فازی و ارزیابی تأمین‌کنندگان لایه دوم در مقابل سه معیار یادشده:

$\alpha_{lu}^{Ln}, \beta_{lu}^{Ln}, \gamma_{lu}^{Ln}$: عملکرد lامین تأمین‌کننده از uامین ماده مصرفی بر مبنای معیار nام (L_n)

گام ۳: محاسبه ارزش معیار «لایه دوم» با ادغام عملکرد تأمین‌کننده لایه دوم در مقابل کیفیت، قیمت و فاکتورهای سبز:

n_i: تعداد مواد مصرفی مورد نیاز توسط iامین تأمین‌کننده از مجموعه تأمین‌کنندگان لایه اول

w_{iu}: اهمیت u امین ماده مصرفی برای iامین تأمین‌کننده از مجموعه تأمین‌کنندگان لایه اول $\sum_{u=1}^{n_i} w_{iu} = 1$

$(\lambda_i^{Ln}, \theta_i^{Ln}, \varphi_i^{Ln})$: عملکرد ادغامی تأمین‌کنندگان لایه دوم برای iامین تأمین‌کننده از مجموعه تأمین‌کنندگان لایه اول در مقابل معیار nام

چون هر تأمین‌کننده در لایه اول با یک تأمین‌کننده هر ماده مصرفی در لایه دوم در ارتباط

است؛ بنابراین برای محاسبات معادلات هر معیار، عملکرد هر تأمین‌کننده در هر ماده مصرفی بر مبنای آن معیار در وزنی که آن ماده مصرفی برای آن تأمین‌کننده لایه اول دارد ضرب می‌شود و مجموع این امتیازها نمره تأمین‌کننده را بر پایه معیار «لایه دوم» به‌دست می‌دهد. معادلات بر مبنای هر معیار به شرح زیر به‌دست می‌آید:
معادلات ۳ معیار کیفیت، قیمت و فاکتور سبز:

$$\lambda_i^{L_n} = \sum_{u=1}^{n_i} w_{iu}\, \alpha_{iu}^{L_n} \quad (۳)$$

$$\theta_i^{L_n} = \sum_{u=1}^{n_i} w_{iu}\, \beta_{iu}^{L_n} \quad (۴)$$

$$\varphi_i^{L_n} = \sum_{u=1}^{n_i} w_{iu}\, \gamma_{iu}^{L_n} \quad (۵)$$

گام ۴: محاسبه نمره تأمین‌کنندگان لایه اول با توجه به معیار «لایه دوم»
$(\lambda_i, \theta_i, \varphi_i)$: نمره iامین تأمین‌کننده بر پایه معیار «لایه دوم»
: اهمیت سه معیار برای مجموعه تأمین‌کنندگان لایه اول

$$\lambda_i = w^{L_1}\lambda_i^{L_1} + w^{L_2}\lambda_i^{L_2} + w^{L_3}\lambda_i^{L_3} \quad (۶) \qquad w^{L_3}, w^{L_2}, w^{L_1}$$

$$\theta_i = w^{L_1}\theta_i^{L_1} + w^{L_2}\theta_i^{L_2} + w^{L_3}\lambda\theta_i^{L_3} \quad (۷)$$

$$\varphi_i = w^{L_1}\varphi_i^{L_1} + w^{L_2}\varphi_i^{L_2} + w^{L_3}\varphi_i^{L_3} \quad (۸)$$

برای محاسبه نمره نهایی تأمین‌کنندگان لایه اول، اطلاعات مربوط به معیار «لایه دوم» به‌عنوان معیاری برای تأمین‌کننده لایه اول استفاده می‌شود؛ درواقع روش اصلی برای ارزیابی تأمین‌کننده سبز از این مرحله به بعد شروع می‌شود. در ادامه ضمن ارائه توضیحاتی در مورد روش تاپسیس فازی و تاپسیس فازی سلسله‌مراتبی و تاپسیس بر اساس سطوح آلفا، گام‌های لازم برای رتبه‌بندی تأمین‌کننده سبز ارائه می‌شود.

روش تاپسیس فازی سلسله مراتبی در رتبه‌بندی و انتخاب تأمین‌کنندگان. روش‌های حل تصمیم‌گیری چندمعیاره به‌طور گسترده برای انتخاب تعداد محدودی از گزینه‌هایی به‌کار می‌رود که با معیارهای متناقض تعریف شده‌اند. یکی از این فنون که به نام «تکنیک ترجیحات با

تشابه به جواب ایده‌آل[1]» یا همان تاپسیس شناخته می‌شود، تکنیکی است که عملکرد گزینه‌ها را از طریق تشابه با جواب ایده‌آل ارزیابی می‌کند و توسط هوانگ و یون، (۱۹۸۱) ارائه شده است [۱۳]. در روش تاپسیس قطعی، وزن معیارها و عملکرد هر گزینه نسبت به معیارها بوسیله مقادیر عددی و قطعی بیان می‌شود. در بسیاری از مسائل، استفاده از اعداد قطعی برای مدل‌سازی مسائل واقعی ناکافی بنظر می‌رسد. در این پژوهش از عبارت‌های کلامی بجای اعداد قطعی برای تعیین وزن معیارها و رتبه‌بندی گزینه‌ها نسبت به هر معیار استفاده شده است.

ازآنجاکه مدل موردنظر این پژوهش علاوه بر معیار، زیرمعیارهایی را نیز در نظر گرفته است؛ بنابراین باید روشی ارائه شود که قادر به حل این موضوع باشد؛ ازاین‌رو روش تاپسیس فازی سلسله‌مراتبی ارائه می‌شود.

روش تاپسیس فازی سلسله‌مراتبی[2] برای مسائل انتخاب تأمین‌کننده استفاده می‌شود. این روش که توسعه‌ای از روش تاپسیس فازی است، توانایی حل مسائل تصمیم‌گیری را به‌صورت سلسله‌مراتبی دارد. توسعه تاپسیس فازی از سه سطح (هدف، معیار و گزینه) به چهار سطح و یا سطوح بیشتر (هدف، معیار، زیرمعیار و گزینه) است. این روش نخستین بار توسط آتس و همکاران معرفی شد [۲۸].

اگر m معیار، n زیرمعیار، s گزینه و k تصمیم‌گیرنده وجود داشته باشد. هر معیار i، r_i زیرمعیار دارد که مقدار کل زیرمعیارها برابر با n است $(n = \sum_{i=1}^{m} r_i)$. باید سه ماتریس وزن به‌صورت زیر وجود داشته باشد:

I_{MA} : ماتریس وزن‌های معیارهای اصلی مسئله نسبت به اهداف

I_{KA} : ماتریس وزن‌های زیرمعیارها نسبت به معیار متناظر

I_A : ماتریس نمره گزینه‌ها نسبت به زیرمعیارها

برای به‌دست آوردن ماتریس وزن زیرمعیارها نسبت به اهداف در حالت سلسله‌مراتبی گام‌های زیر طی می‌شود:

گام ۱: به‌دست‌آوردن ماتریس I_{MA}

$$I_{MA} = \begin{matrix} MA_1 \\ \vdots \\ MA_m \end{matrix} \begin{bmatrix} W_1 \\ \vdots \\ W_m \end{bmatrix} \quad (۹)$$

w_C میانگین وزن‌های تخصیص داده شده به معیار اصلی c توسط تصمیم‌گیران است و طبق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

1. Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
2. Hierarchical Fuzzy Topsis (HFTOPSIS)

$$w_c = \frac{\sum_{i=1}^{k} q_{ci}}{k} \quad c = 1, \dots, m \tag{۱۰}$$

q_{ci} عدد فازی متناظر با iامین قضاوت تصمیم‌گیرنده برای وزن معیار c نسبت به هدف است.

گام ۲: به‌دست‌آوردن ماتریس I_{KA}

$$I_{KA} = \begin{array}{c} \\ KA_{11} \\ \vdots \\ KA_{1n_1} \\ KA_{21} \\ \vdots \\ KA_{2r_2} \\ \vdots \\ KA_{m1} \\ \vdots \\ KA_{mr_m} \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} MA_1 & MA_2 & \cdots & MA_m \end{array} \\ \begin{bmatrix} w_{11} & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ w_{1n_1} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & w_{21} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ 0 & w_{2r_n} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & w_{m1} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & w_{mr_m} \end{bmatrix} \end{array} \tag{۱۱}$$

بدیهی است که وزن معیارها در معیار مربوط به خود عدد می‌گیرد و در سایر معیارها برابر صفر است.

w_{cl} میانگین وزن‌ها توسط تصمیم‌گیران است و طبق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$w_{cl} = \frac{\sum_{i=1}^{k} q_{cl}}{k} \quad c = 1, \dots, m \tag{۱۲}$$

q_{cl} عدد فازی متناظر با قضاوت تصمیم‌گیرنده i ام برای وزن زیرمعیار l ام نسبت به معیار c است.

گام ۳: به‌دست‌آوردن ماتریس I_A توسط تصمیم‌گیران

$$I_A = \begin{array}{c} \\ A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_s \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} KA_{11} & KA_{12} & \cdots & KA_{mr_m} \end{array} \\ \begin{bmatrix} c_{111} & c_{112} & \cdots & \vdots \\ c_{211} & c_{212} & \cdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ c_{n11} & c_{n12} & \cdots & c_{smr_m} \end{bmatrix} \end{array} \tag{۱۳}$$

که $W_{cl} = \sum_{j=1}^{m} w_c w_{cj}$ است و در این ماتریس، اعداد فازی C_{qcl} میانگین نمرات داده شده توسط تصمیم‌گیران است و به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$C_{qcl} = \frac{\sum_{i=1}^{k} q_{qcl_i}}{k} \qquad c = 1,2,..,m \tag{۱۴}$$

که q_{qcl_i} اعداد فازی متناظر با نظر تصمیم‌گیرنده i ام برای نمره گزینه qام نسبت به زیرمعیارlام از معیار c است.

با ضرب دو ماتریس I_{MA} و I_{KA} در یکدیگر ماتریس وزن زیرمعیارها به‌دست می‌آید.

$$L = I_{MA} \times I_{KA} \tag{۱۵}$$

ماتریس I_A ماتریس تصمیم‌گیری را نشان می‌دهد که برای یکسان‌کردن واحد اعضای ماتریس باید ماتریس تصمیم‌گیری نرمالیزه شود [۲۸]. بعد از به‌دست آوردن ماتریس تصمیم-گیری سایر مراحل مانند تاپسیس فازی به‌صورت زیر انجام خواهد شد.

پس از نرمالایزکردن ماتریس تصمیم فازی نرمالایز شده، $R = [r_{ij}]_{n\times m}$ به‌دست می‌آید؛ ولی با توجه به تفاوت در ضریب اهمیت معیارها، ماتریس فازی نرمالیزشده وزنی، $V = [v_{ij}]_{n\times m}$ به‌دست می‌آید که $v_{ij} = r_{ij}(.)w_j$ است. با استفاده از ماتریس $V = [v_{ij}]_{n\times m}$ جواب ایده‌آل مثبت فازی[1] $(FPIS, A^+)$ و جواب ایده‌آل منفی فازی[2] $(FNIS, A^-)$ به‌صورت زیر تعیین می‌شود.

$$A^+ = (v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+) \tag{۱۶}$$

$$A^- = (v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-) \tag{۱۷}$$

که $v_j^+ = (1,1,1)$ و $v_j^- = (0,0,0)$ و $j = 1,2,\dots,n$ است.

اگر n و m دو عدد فازی مثلثی باشند فاصله بین آن‌ها، $d(m,n)$ به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\mathrm{d}(m,n) = \sqrt{\frac{1}{3}[(l_m - l_n)^2 + (m_m - m_n)^2 + (u_m - u_n)^2]} \tag{۱۸}$$

بنابراین فاصله هر گزینه از $(FPIS, A^+)$ و $(FNIS, A^-)$ به‌صورت زیر تعیین می‌شود:

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1. Fuzzy Positive Ideal Solution
2. Fuzzy Negative Ideal Solution

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^{m} d\left(v_{ij}, v_j^+\right), \quad i = 1, \dots, n \tag{۱۹}$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^{m} d\left(v_{ij}, v_j^-\right), \quad i = 1, \dots, n \tag{۲۰}$$

درنهایت شاخص نزدیکی نسبی برای هر گزینه به‌صورت زیر بدست می‌آید:

$$RC_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}, i = 1, \dots, n \tag{۲۱}$$

واضح است که هر چه گزینه A_i به $(FPIS, A^+)$ نزدیک‌تر و از $(FNIS, A^-)$ دورتر باشد، شاخص نسبی به یک نزدیک‌تر خواهد بود [۱۱].

روش تاپسیس فازی بر مبنای سطوح مختلف آلفا در رتبه‌بندی و انتخاب تأمین‌کنندگان. در این بخش یک روش تاپسیس برای رتبه‌بندی و انتخاب تأمین‌کنندگان در زنجیره تأمین ارائه شده است که بر مبنای مجموعه سطوح آلفا عمل می‌کند. در روش قبل علی‌رغم اینکه عناصر ماتریس تصمیم (w_j, x_{ij}) مقادیر فازی بودند؛ ولی با محاسبه فاصله هر گزینه از جواب ایده‌آل مثبت و منفی، شاخص نزدیکی نسبی RC_i به‌صورت مقادیر قطعی به‌دست می‌آید؛ درحالی‌که بهتر است RC_i نیز به‌صورت مقادیر فازی و غیرقطعی باشد.

با استفاده از برش‌های آلفا و به کمک اصل گسترش، شاخص نزدیکی نسبی RC_i به‌صورت مقادیر فاصله‌ای محاسبه می‌شود. با توجه به اصل گسترش، هر عدد فازی مانند A را می‌توان به‌صورت زیر نشان داد [۳۳]:

$$A = \overset{U}{\alpha}.\, \alpha A_\alpha, \quad 0 \le \alpha \le 1 \tag{۲۲}$$

با استفاده از برش‌های آلفا خواهیم داشت: $r_{ij_\alpha} = \{r_{ij}^l, r_{ij}^u\}$ و $w_{j_\alpha} = \{w_j^l, w_j^u\}$
بنابراین رابطه (۲۱) را می‌توان به‌صورت زیر نوشت:

$$RC_i = \frac{\sqrt{\sum_{j=1}^{m}\left(w_j r_{ij}\right)^2}}{\sqrt{\sum_{j=1}^{m}\left(w_j r_{ij}\right)^2} + \sqrt{\sum_{j=1}^{m}\left(w_j\left(1 - r_{ij}\right)\right)^2}} \quad i = 1,2, \dots, n \tag{۲۳}$$

st:

$$\left(w_j\right)_\alpha^l \le w_j \le \left(w_j\right)_\alpha^u \quad j=1,\dots,m$$

$$\left(r_{ij}\right)_\alpha^l \le r_{ij} \le \left(r_{ij}\right)_\alpha^u \quad j=1,\dots,m$$

با توجه به اینکه $\frac{\partial\, RC_i}{\partial\, r_{ij}} \ge 0$ است، پس RC_i یک تابع صعودی نسبت به r_{ij} است.

$$\frac{\partial\, RC_i}{\partial\, r_{ij}} = \frac{r_{ij}\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m \left(w_j(r_{ij}-1)\right)^2}{\sum_{j=1}^m \left(w_j r_{ij}\right)^2}} + w_j^2\left(1-r_{ij}\right)\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m \left(w_j r_{ij}\right)^2}{\sum_{j=1}^m \left(w_j(r_{ij}-1)\right)^2}}}{\left(\sqrt{\sum_{j=1}^m \left(w_j r_{ij}\right)^2} + \sqrt{\sum_{j=1}^m \left(w_j\left(r_{ij}-1\right)\right)^2}\right)^2} \ge 0$$

$$j=1,\dots,m \qquad (۲۴)$$

بنابراین RC_i به ازای $r_{ij} = \left(r_{ij}\right)_\alpha^l$ مینیمم و به ازای $r_{ij} = \left(r_{ij}\right)_\alpha^u$ بیشینه می‌شود؛ بنابراین مسائل برنامه‌ریزی کسری بالا را می‌توان به شکل ساده‌تر زیر تبدیل کرد [۳۳]:

$$\left(RC_i\right)_\alpha^L = min \frac{\sqrt{\sum_{j=1}^m \left(w_j \left(r_{ij}\right)_\alpha^l\right)^2}}{\sqrt{\sum_{j=1}^m \left(w_j \left(r_{ij}\right)_\alpha^l\right)^2} + \sqrt{\sum_{j=1}^m \left(w_j\left(1-\left(r_{ij}\right)_\alpha^l\right)\right)^2}} \quad i=1,2,\dots,n$$

$$st:$$

$$\left(w_j\right)_\alpha^l \le w_j \le \left(w_j\right)_\alpha^u \quad j=1,\dots,m \qquad (۲۵)$$

$$\left(RC_i\right)_\alpha^u = max \frac{\sqrt{\sum_{j=1}^m \left(w_j \left(r_{ij}\right)_\alpha^u\right)^2}}{\sqrt{\sum_{j=1}^m \left(w_j \left(r_{ij}\right)_\alpha^u\right)^2} + \sqrt{\sum_{j=1}^m \left(w_j\left(1-\left(r_{ij}\right)_\alpha^u\right)\right)^2}} \quad i=1,2,\dots,n$$

$$st:$$

$$\left(w_j\right)_\alpha^l \le w_j \le \left(w_j\right)_\alpha^u \quad j=1,\dots,m \qquad (۲۶)$$

برای n گزینه، شاخص نزدیکی نسبی (RC_i) به ازای هر سطح از آلفا به‌دست می‌آید.

برای انتخاب بهترین گزینه و رتبه‌بندی گزینه‌ها باید شاخص نزدیکی نسبی را به مقادیر

غیرفازی تبدیل کرد؛ بدین منظور از میانگین سطوح برش[1] استفاده می‌شود. به ازای $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_N$ که $0 = \alpha_1 < \alpha_2 < \cdots < \alpha_N = 1$ است، مقدار قطعی (RC_i) به‌صورت زیر به‌دست می‌آید [۳۳]:

$$(RC_i)^{+}_{ALC} = \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N}\left[\frac{(RC_i)^{L}_{\alpha_j} + (RC_i)^{U}_{\alpha_j}}{2}\right] \quad i = 1, \dots, n \qquad (۲۷)$$

٤. تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

«کارخانه گلین غرب» واقع در استان همدان در زمینه تولید اجاق گاز خانگی فعالیت می‌کند. این کارخانه برای تولید محصول خود برخی از قطعات مورد نیاز را از تأمین‌کنندگان مختلف تهیه می‌کند و درنهایت در خط مونتاژ، قطعات و اجزای مختلف را مونتاژ و محصول نهایی را تولید و به بازار عرضه می‌کند. روش فعلی در انتخاب تأمین کننده‌ها مبتنی بر رویکرد تجربی است.

این شرکت تولیدی اجاق گاز یک سری قطعه را از تأمین‌کنندگانی که در اینجا با نام تأمین‌کنندگان لایه اول شناخته می‌شوند تهیه کرده است تا در تولید و مونتاژ قطعات خود استفاده کند؛ بنابراین در این پژوهش عنوان تأمین‌کنندگان لایه اول شرکت‌هایی هستند که قطعات از آن‌ها خریداری می‌شوند. چهار محصول ۱، ۲، ۳، ۴ وجود دارد که ۴ تأمین‌کننده برای آن‌ها شناسایی شده است و این تأمین‌کنندگان می‌توانند تعدادی از محصولات و یا همه آن‌ها را تأمین کنند. هر یک از تأمین‌کنندگان لایه اول ماده مصرفی موردنیاز خود را از تأمین‌کنندگان لایه دوم تأمین می‌کنند. برای حل این مثال عددی با روش معیار "لایه دوم" و تاپسیس فازی سلسله‌مراتبی بر اساس سطوح مختلف آلفا به وزن‌دهی تأمین‌کنندگان لایه اول پرداخته می‌شود.

طبق مقاله دیکسون (۱۹۹۶)، معیارهای بسیاری برای انتخاب بهترین تأمین‌کننده می‌توان یافت. در این پژوهش برای ارزیابی تأمین‌کنندگان لایه اول علاوه بر معیار تأمین‌کنندگان لایه دوم، کیفیت، وضعیت مالی و موعد تحویل؛ از یک سری معیارهای سبز استفاده شده است که این معیارها توسط شن و همکاران (۲۰۱۳) ارائه شده است [۳۲]. کلیه معیارها و زیرمعیارهای استفاده‌شده در ارزیابی تأمین‌کننده لایه اول مطابق جدول ۳ است:

پرتال جامع علوم انسانی

1. Average Level Cuts (ALC)

جدول ۲. معیارهای ارزیابی تأمین‌کنندگان لایه اول

نام معیار	نماد	زیر معیار	نماد
کیفیت	C_1	داشتن ویژگی‌های کیفی محصولات	L_{11}
		برخورداری از روش مناسب ردیابی و شناسایی کالای معیوب	L_{12}
وضعیت مالی	C_2	نحوه پرداخت	L_{21}
		میزان سود در طول سال مالی	L_{22}
تحویل	C_3	دقت در تحویل	L_{31}
		کیفیت بسته‌بندی	L_{32}
ایجاد آلودگی	C_4	حجم متوسط گازهای گلخانه‌ای منتشرشده در طول روز در طول مدت اندازه‌گیری	L_{41}
		حجم متوسط فاضلاب منتشرشده در طول روز در طول مدت اندازه‌گیری	L_{42}
طراحی اکو	C_5	کاهش استفاده از مواد خطرناک	L_{51}
		طراحی محصولات برای مصرف کمتر مواد/ انرژی	L_{52}
		طراحی محصولات برای استفاده مجدد	L_{53}
سیستم مدیریت زیست‌محیطی	C_6	دارابودن گواهینامه‌های ایزو ۱۴۰۰۰	L_{61}
		برنامه‌ریزی اهداف زیست‌محیطی	L_{62}
لایه دوم	C_7	عملکرد مؤثر تأمین‌کنندگان لایه دوم در انتخاب تأمین‌کننده لایه اول	L_{71}
		سابقه کاری تأمین‌کننده در زمینه بهبود عملکرد	L_{72}

در ارزیابی تأمین‌کننده لایه دوم معیارهای در نظر گرفته شده مطابق جدول ۴ است.

جدول ۳. معیارهای ارزیابی تأمین‌کنندگان لایه دوم

نام معیار	علامت	توضیحات
کیفیت	L_1	کیفیت مواد اولیه تحویل شده از تأمین‌کننده لایه دوم
قیمت محصول	L_2	قیمت مواد اولیه عرضه شده توسط تأمین‌کنندگان لایه دوم
فاکتور سبز	L_3	اهمیت تأمین‌کننده لایه دوم به مسائل زیست‌محیطی

روش معیار «لایه دوم» و تاپسیس فازی سلسله‌مراتبی بر اساس سطوح آلفا

الف: روش معیار لایه دوم:

گام ۱ و ۲: ارزیابی تأمین‌کنندگان لایه دوم در مقابل معیار ۱ (کیفیت)، معیار ۲ (قیمت مناسب)، معیار ۳ (فاکتور سبز)، و تبدیل متغیرهای زبانی به اعداد فازی در مقابل سه معیار یادشده با استفاده از نظر تصمیم‌گیرنده (جدول ۵).

جدول ۵. ارزیابی تأمین‌کنندگان لایه دوم در مقابل معیارها

		تأمین‌کننده ۱	تأمین‌کننده ۲	تأمین‌کننده ۳	تأمین‌کننده ٤
معیار ۱	ماده مصرفی ۱	بسیار زیاد (۰/۹ ،۱ ،۱) $(\alpha_{11}^{L1},\beta_{11}^{L1}\gamma_{11}^{L1})$	بسیار کم (۰ ،۰ ،۰/۱) $(\alpha_{21}^{L1},\beta_{21}^{L1}\gamma_{21}^{L1})$	نسبتاً زیاد (۰/۵ ،۰/۷ ،۰/۹) $(\alpha_{31}^{L1},\beta_{31}^{L1}\gamma_{31}^{L1})$	بسیار کم (۰ ،۰ ،۰/۱) $(\alpha_{41}^{L1},\beta_{42}^{L1}\gamma_{43}^{L1})$
	ماده مصرفی ۲	زیاد (۰/۷ ،۰/۹ ،۱) $(\alpha_{12}^{L1},\beta_{12}^{L1}\gamma_{12}^{L1})$	نسبتاً کم (۰/۱ ،۰/۳ ،۰/۵) $(\alpha_{22}^{L1},\beta_{22}^{L1}\gamma_{22}^{L1})$	کم (۰ ،۰/۱ ،۰/۳) $(\alpha_{32}^{L1},\beta_{32}^{L1}\gamma_{32}^{L1})$	کم (۰ ،۰/۱ ،۰/۳) $(\alpha_{42}^{L1},\beta_{42}^{L1}\gamma_{42}^{L1})$
	ماده مصرفی ۳	زیاد (۰/۷ ،۰/۹ ،۱) $(\alpha_{13}^{L1},\beta_{13}^{L1}\gamma_{13}^{L1})$	نسبتا کم (۰/۱ ،۰/۳ ،۰/۵) $(\alpha_{23}^{L1},\beta_{23}^{L1}\gamma_{23}^{L1})$	نسبتاً زیاد (۰/۵ ،۰/۷ ،۰/۹) $(\alpha_{33}^{L1},\beta_{33}^{L1}\gamma_{33}^{L1})$	متوسط (۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷) $(\alpha_{43}^{L1},\beta_{43}^{L1}\gamma_{43}^{L1})$
	ماده مصرفی ۴	متوسط (۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷) $(\alpha_{14}^{L1},\beta_{14}^{L1}\gamma_{14}^{L1})$	متوسط (۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷) $(\alpha_{24}^{L1},\beta_{24}^{L1}\gamma_{24}^{L1})$	متوسط (۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷) $(\alpha_{34}^{L1},\beta_{34}^{L1}\gamma_{34}^{L1})$	متوسط (۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷) $(\alpha_{44}^{L1},\beta_{44}^{L1}\gamma_{44}^{L1})$
معیار ۲	ماده مصرفی ۱	متوسط (۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷) $(\alpha_{11}^{L2},\beta_{11}^{L2}\gamma_{11}^{L2})$	متوسط (۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷) $(\alpha_{21}^{L2},\beta_{21}^{L2}\gamma_{21}^{L2})$	کم (۰ ،۰/۱ ،۰/۳) $(\alpha_{31}^{L2},\beta_{31}^{L2}\gamma_{31}^{L2})$	نسبتاً زیاد (۰/۵ ،۰/۷ ،۰/۹) $(\alpha_{41}^{L2},\beta_{42}^{L2}\gamma_{43}^{L2})$
	ماده مصرفی ۲	نسبتاً زیاد (۰/۵ ،۰/۷ ،۰/۹) $(\alpha_{12}^{L2},\beta_{12}^{L2}\gamma_{12}^{L2})$	نسبتاً زیاد (۰/۵ ،۰/۷ ،۰/۹) $(\alpha_{22}^{L2},\beta_{22}^{L2}\gamma_{22}^{L2})$	کم (۰ ،۰/۱ ،۰/۳) $(\alpha_{32}^{L2},\beta_{32}^{L2}\gamma_{32}^{L2})$	نسبتاً زیاد (۰/۵ ،۰/۷ ،۰/۹) $(\alpha_{42}^{L2},\beta_{42}^{L2}\gamma_{42}^{L2})$
	ماده مصرفی ۳	زیاد (۰/۷ ،۰/۹ ،۱) $(\alpha_{13}^{L2},\beta_{13}^{L2}\gamma_{13}^{L2})$	کم (۰ ،۰/۱ ،۰/۳) $(\alpha_{23}^{L2},\beta_{23}^{L2}\gamma_{23}^{L2})$	کم (۰ ،۰/۱ ،۰/۳) $(\alpha_{33}^{L2},\beta_{33}^{L2}\gamma_{33}^{L2})$	بسیار زیاد (۰/۹ ،۱ ،۱) $(\alpha_{43}^{L2},\beta_{43}^{L2}\gamma_{43}^{L2})$
	ماده مصرفی ۴	نسبتاً زیاد (۰/۵ ،۰/۷ ،۰/۹) $(\alpha_{14}^{L2},\beta_{14}^{L2}\gamma_{14}^{L2})$	کم (۰ ،۰/۱ ،۰/۳) $(\alpha_{24}^{L2},\beta_{24}^{L2}\gamma_{24}^{L2})$	نسبتاً زیاد (۰/۵ ،۰/۷ ،۰/۹) $(\alpha_{34}^{L2},\beta_{34}^{L2}\gamma_{34}^{L2})$	زیاد (۰/۷ ،۰/۹ ،۱) $(\alpha_{44}^{L2},\beta_{44}^{L2}\gamma_{44}^{L2})$
معیار ۳	ماده مصرفی ۱	نسبتاً کم (۰/۱ ،۰/۳ ،۰/۵) $(\alpha_{11}^{L3},\beta_{11}^{L3}\gamma_{11}^{L3})$	بسیار زیاد (۰/۹ ،۱ ،۱) $(\alpha_{21}^{L3},\beta_{21}^{L3}\gamma_{21}^{L3})$	متوسط (۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷) $(\alpha_{31}^{L3},\beta_{31}^{L3}\gamma_{31}^{L3})$	نسبتاً زیاد (۰/۵ ،۰/۷ ،۰/۹) $(\alpha_{41}^{L3},\beta_{42}^{L3}\gamma_{43}^{L3})$
	ماده مصرفی ۲	کم (۰ ،۰/۱ ،۰/۳) $(\alpha_{12}^{L3},\beta_{12}^{L3}\gamma_{12}^{L3})$	زیاد (۰/۷ ،۰/۹ ،۱) $(\alpha_{22}^{L3},\beta_{22}^{L3}\gamma_{22}^{L3})$	متوسط (۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷) $(\alpha_{32}^{L3},\beta_{32}^{L3}\gamma_{32}^{L3})$	نسبتاً زیاد (۰/۵ ،۰/۷ ،۰/۹) $(\alpha_{42}^{L3},\beta_{42}^{L3}\gamma_{42}^{L3})$

بسیار زیاد (۰/۹ ،۱ ،۱) $(\alpha_{43}^{L3}, \beta_{43}^{L3}\gamma_{43}^{L3})$	کم (۰ ،۰/۱ ،۰/۳) $(\alpha_{33}^{L3}, \beta_{33}^{L3}\gamma_{33}^{L3})$	کم (۰ ،۰/۱ ،۰/۳) $(\alpha_{23}^{L3}, \beta_{23}^{L3}\gamma_{23}^{L3})$	بسیار کم (۰ ،۰ ،۰/۱) $(\alpha_{13}^{L3}, \beta_{13}^{L3}\gamma_{13}^{L3})$	ماده مصرفی ۳
متوسط (۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷) $(\alpha_{44}^{L3}, \beta_{44}^{L3}\gamma_{44}^{L3})$	متوسط (۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷) $(\alpha_{34}^{L3}, \beta_{34}^{L3}\gamma_{34}^{L3})$	نسبتاً زیاد (۰/۵ ،۰/۷ ،۰/۹) $(\alpha_{24}^{L3}, \beta_{24}^{L3}\gamma_{24}^{L3})$	متوسط (۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷) $(\alpha_{14}^{L3}, \beta_{14}^{L3}\gamma_{14}^{L3})$	ماده مصرفی ۴

گام ۳: محاسبه ارزش معیار «لایه دوم» برای تأمین‌کنندگان لایه اول با ادغام عملکرد تأمین‌کننده لایه دوم در مقابل کیفیت، قیمت و فاکتور سبز

وزن هر یک از مواد مصرفی برای تأمین‌کنندگان لایه اول (طبق نظر تصمیم‌گیرندگان؛ میانگین نظرات مسئولان بخش تدارکات کارخانه):

w_{11} :	وزن اولین ماده مصرفی برای اولین تأمین‌کننده لایه اول	۰/۳
w_{12} :	وزن دومین ماده مصرفی برای اولین تأمین‌کننده لایه اول	۰/۲
w_{13} :	وزن سومین ماده مصرفی برای اولین تأمین‌کننده لایه اول	۰/۲
w_{14} :	وزن چهارمین ماده مصرفی برای اولین تأمین‌کننده لایه اول	۰/۳
w_{21} :	وزن اولین ماده مصرفی برای دومین تأمین‌کننده لایه اول	۰/۱
w_{22} :	وزن دومین ماده مصرفی برای دومین تأمین‌کننده لایه اول	۰/۱
w_{23} :	وزن سومین ماده مصرفی برای دومین تأمین‌کننده لایه اول	۰/۴
w_{24} :	وزن چهارمین ماده مصرفی برای دومین تأمین‌کننده لایه اول	۰/۴
w_{31} :	وزن اولین ماده مصرفی برای سومین تأمین‌کننده لایه اول	۰/۴
w_{32} :	وزن دومین ماده مصرفی برای سومین تأمین‌کننده لایه اول	۰/۳
w_{33} :	وزن سومین ماده مصرفی برای سومین تأمین‌کننده لایه اول	۰/۱
w_{34} :	وزن چهارمین ماده مصرفی برای سومین تأمین‌کننده لایه اول	۰/۲
w_{41} :	وزن اولین ماده مصرفی برای چهارمین تأمین‌کننده لایه اول	۰/۳
w_{42} :	وزن دومین ماده مصرفی برای چهارمین تأمین‌کننده لایه اول	۰/۳
w_{43} :	وزن سومین ماده مصرفی برای چهارمین تأمین‌کننده لایه اول	۰/۲
w_{44} :	وزن چهارمین ماده مصرفی برای چهارمین تأمین‌کننده لایه اول	۰/۲

نتایج معادلات ۳ تا ۵ در جدول ۶ ارائه شده است:

جدول ۶. نتایج معادلات ۳ تا ۵

نتایج معادلات برای معیار قیمت		نتایج معادلات برای معیار کیفیت	
مقادیر به دست آمده	اندیس	مقادیر به دست آمده	اندیس
(۰/۴۸ ،۰/۶۸ ،۰/۶۸)	$(\lambda_1^{L_2}, \theta_1^{L_2}, \varphi_1^{L_2})$	(۰/۶۸ ،۰/۵۴ ،۰/۲۸)	$(\lambda_1^{L_1}, \theta_1^{L_1}, \varphi_1^{L_1})$
(۰/۰۸ ،۰/۲ ،۰/۴)	$(\lambda_2^{L_2}, \theta_2^{L_2}, \varphi_2^{L_2})$	(۰/۱۷ ،۰/۳۵ ،۰/۵۴)	$(\lambda_2^{L_1}, \theta_2^{L_1}, \varphi_2^{L_1})$
(۰/۰۱ ،۰/۲۳ ،۰/۴۲)	$(\lambda_3^{L_2}, \theta_3^{L_2}, \varphi_3^{L_2})$	(۰/۳۱ ،۰/۴۸ ،۰/۶۸)	$(\lambda_3^{L_1}, \theta_3^{L_1}, \varphi_3^{L_1})$
(۰/۲ ،۰/۳۶ ،۰/۳۴)	$(\lambda_4^{L_2}, \theta_4^{L_2}, \varphi_4^{L_2})$	(۰/۱۲ ،۰/۲۳ ،۰/۴)	$(\lambda_4^{L_1}, \theta_4^{L_1}, \varphi_4^{L_1})$
		نتایج معادلات برای معیار فاکتور سبز	
		اندیس	اندیس
		$(\lambda_1^{L_3}, \theta_1^{L_3}, \varphi_1^{L_3})$	$(\lambda_1^{L_3}, \theta_1^{L_3}, \varphi_1^{L_3})$
		$(\lambda_2^{L_3}, \theta_2^{L_3}, \varphi_2^{L_3})$	$(\lambda_2^{L_3}, \theta_2^{L_3}, \varphi_2^{L_3})$
		$(\lambda_3^{L_3}, \theta_3^{L_3}, \varphi_3^{L_3})$	$(\lambda_3^{L_3}, \theta_3^{L_3}, \varphi_3^{L_3})$
		$(\lambda_4^{L_3}, \theta_4^{L_3}, \varphi_4^{L_3})$	$(\lambda_4^{L_3}, \theta_4^{L_3}, \varphi_4^{L_3})$

گام ۴: محاسبه نمره تأمین‌کنندگان لایه اول با توجه به معیار «لایه دوم»

اهمیت ۳ معیار یاشده برای مجموعه تأمین‌کنندگان لایه اول به‌صورت جدول ۷ است.

جدول۷. اهمیت معیار کیفیت، قیمت و فاکتور سبز برای مجموعه تأمین‌کنندگان لایه اول

نام معیار	اهمیت معیار
کیفیت (W^Q)	۰/۴
قیمت (W^P)	۰/۳
فاکتور سبز (W^G)	۰/۳

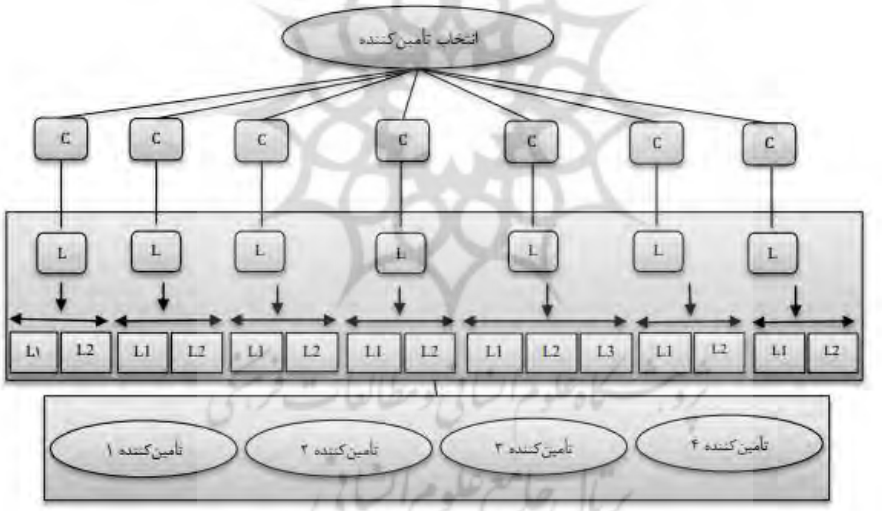
با توجه به داده‌های جدول ۷ معادلات ۶ تا ۸ مطابق ۸ محاسبه می‌شود.

جدول ۸. نمره نهایی تأمین‌کنندگان لایه اول بر مبنای معیار لایه پیشین

نام تأمین‌کننده	معیار لایه دوم		
	L	M	U
تأمین‌کننده ۱	۰/۴۵۲	۰/۴۹۸	۰/۴۴۸
تأمین‌کننده ۲	۰/۲	۰/۳۲۶	۰/۴۸۶
تأمین‌کننده ۳	/۲۰۸	۰/۳۹۹	۰/۵۹۶
تأمین‌کننده ۴	۰/۵۷۶	۰/۲۸۴	۰/۴

برای محاسبه نمره نهایی تأمین‌کنندگان لایه اول، اطلاعات مربوط به معیار «لایه دوم» به‌عنوان معیاری برای تأمین‌کننده لایه اول استفاده می‌شود.

ب: روش تاپسیس فازی سلسله مراتبی بر اساس سطوح مختلف آلفا. در این بخش به بررسی تأمین‌کنندگان در بخش تدارکات شرکت‌های تأمین‌کننده لایه اول پرداخته می‌شود که دارای یک تصمیم‌گیرنده هستند و می‌خواهند چهار تأمین‌کننده را نسبت به ۷ معیار ذکرشده رتبه‌بندی کنند. ساختار سلسله‌مراتبی این مسئله تصمیم در شکل ۲، نشان داده شده است.



شکل ۲. ساختار سلسله مراتبی مسئله تصمیم گیری

ارزیابی تأمین‌کنندگان لایه اول نسبت به ۷ معیار با متغیرهای فازی کلامی با نظر تصمیم‌گیرنده صورت گرفته و در جدول ۹، ارائه شده است.

جدول ۹. ارزیابی زبانی و اعداد فازی متناظر برای وزن معیارهای اصلی

وزن فازی معیارها	ارزیابی زبانی تصمیم‌گیرنده	معیار	وزن فازی معیارها	ارزیابی زبانی تصمیم‌گیرنده	معیار
(۰/۵ ،۰/۷ ،۰/۹)	نسبتاً زیاد	C_2	(۰/۹ ،۱ ،۱)	بسیار زیاد	C_1
(۰/۵ ،۰/۷ ،۰/۹)	نسبتاً زیاد	C_4	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)	زیاد	C_3
(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)	متوسط	C_6	(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)	متوسط	C_5
			(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)	متوسط	C_7

ماتریس وزن‌های معیارهای اصلی مسئله نسبت به اهداف به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$I_{MA} = \begin{bmatrix} (0/9, 1, 1) \\ (0/5, 0/7, 0./9) \\ (0/7, 0/9, 1) \\ (0/5, 0/7, 0/9) \\ (0/3, 0/5, 0/7) \\ (0/3, 0/5, 0/7) \\ (0/3, 0/5, 0/7) \end{bmatrix}$$

اعداد فازی مرتبط برای وزن زیر معیارها با نظر تصمیم‌گیرنده در قالب اعداد فازی مثلثی در جدول ۱۰ ارائه شده است.

جدول ۱۰. ارزیابی زبانی و اعداد فازی متناظر برای وزن زیرمعیارها نسبت به معیار اصلی

وزن فازی زیرمعیارها	ارزیابی زبانی تصمیم‌گیرنده	زیرمعیار	وزن فازی زیرمعیارها	ارزیابی زبانی تصمیم‌گیرنده	زیرمعیار
(۰/۵ ،۰/۷ ،۰/۹)	نسبتاً زیاد	L_{12}	(۰/۹ ،۱ ،۱)	بسیار زیاد	L_{11}
(۰/۵ ،۰/۷ ،۰/۹)	نسبتاً زیاد	L_{22}	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)	زیاد	L_{21}
(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)	متوسط	L_{32}	(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)	متوسط	L_{31}
(۰/۱ ،۰/۳ ،۰/۵)	نسبتاً کم	L_{42}	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)	زیاد	L_{41}
(۰/۹ ،۱ ،۱)	بسیار زیاد	L_{52}	(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)	متوسط	L_{51}
(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)	زیاد	L_{61}	(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)	متوسط	L_{53}
(۰/۱ ،۰/۳ ،۰/۵)	نسبتاً کم	L_{71}	(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)	متوسط	L_{62}
			(۰/۱ ،۰/۳ ،۰/۵)	نسبتاً کم	L_{72}

در جدول ۱۰، وزن فازی هر زیرمعیار نسبت به معیار متناظر خود آورده شده است. بدیهی است که وزن آن زیرمعیار نسبت به معیارها صفر است. هر زیر معیار در سایر معیارها مقادیر صفر

گرفته است. ماتریس وزن‌های زیرمعیارها نسبت به معیار متناظر به‌صورت زیر است:

$$I_{KA}=\begin{bmatrix}(0.9,1\ ,1) & (0) & (0) & (0) & (0) & (0) & (0)\\ (0.5,0.7\ ,0.9) & (0) & (0) & (0) & (0) & (0) & (0)\\ (0) & (0.7,0.9\ ,1) & (0) & (0) & (0) & (0) & (0)\\ (0) & (0.5,0.7\ ,0.9) & (0) & (0) & (0) & (0) & (0)\\ (0) & (0) & (0.3,0.5\ ,0.7) & (0) & (0) & (0) & (0)\\ (0) & (0) & (0.3,0.5\ ,0.7) & (0) & (0) & (0) & (0)\\ (0) & (0) & (0) & (0.7,0.9\ ,1) & (0) & (0) & (0)\\ (0) & (0) & (0) & (0.1,0.3\ ,0.5) & (0) & (0) & (0)\\ (0) & (0) & (0) & (0) & (0.3,0.5\ ,0.7) & (0) & (0)\\ (0) & (0) & (0) & (0) & (0.9,1\ ,1) & (0) & (0)\\ (0) & (0) & (0) & (0) & (0.3,0.5\ ,0.7) & (0) & (0)\\ (0) & (0) & (0) & (0) & (0) & (0.7,0.9\ ,1) & (0)\\ (0) & (0) & (0) & (0) & (0) & (0.3,0.5\ ,0.7) & (0)\\ (0) & (0) & (0) & (0) & (0) & (0) & (0.1,0.3\ ,0.5)\\ (0) & (0) & (0) & (0) & (0) & (0) & (0.1,0.3\ ,0.5)\end{bmatrix}$$

وزن زیرمعیارها با ضرب ماتریس I_{MA} در ماتریس I_{KA} مطابق جدول ۱۱، به‌دست می‌آید.

جدول ۱۱. وزن زیر معیارها

زیر معیار	وزن
L_{11}	(۰/۸۱ ،۱ ،۱) = (۰/۹ ، ۱، ۱)⊗(۱، ۱، ۰/۹)
L_{12}	(۰/۴۵ ،۰/۷ ،۰/۹) = (۰/۵ ، ۰/۷، ۰/۹)⊗(۱، ۱، ۰/۹)
L_{21}	(۰/۳۵ ،۰/۶۳ ،۰/۹) = (۰/۷ ، ۰/۹، ۱)⊗(۰/۹، ۰/۷، ۰/۵)
L_{22}	(۰/۲۵ ،۰/۴۹ ،۰/۸۱) = (۰/۵ ، ۰/۷، ۰/۹)⊗(۰/۹، ۰/۷، ۰/۵)
L_{31}	(۰/۲۱ ،۰/۴۵ ،۰/۷) = (۰/۳ ، ۰/۵، ۰/۷)⊗(۱، ۰/۹، ۰/۷)
L_{32}	(۰/۲۱ ،۰/۴۵ ،۰/۷)=(۰/۳ ، ۰/۵، ۰/۷)⊗(۱، ۰/۹، ۰/۷)
L_{41}	(۰/۳۵ ،۰/۶۳ ،۰/۹)=(۰/۷ ، ۰/۹، ۱)⊗(۰/۹، ۰/۷، ۰/۵)
L_{42}	(۰/۰۵ ،۰/۲۱ ،۰/۴۵)=(۰/۱ ، ۰/۳، ۰/۵)⊗(۰/۹، ۰/۷، ۰/۵)
L_{51}	(۰/۰۹ ،۰/۲۵ ،۰/۴۹)=(۰/۳ ، ۰/۵، ۰/۷)⊗(۰/۷، ۰/۵، ۰/۳)
L_{52}	(۰/۲۷ ،۰/۵ ،۰/۷)=(۰/۹ ، ۱، ۱)⊗(۰/۷، ۰/۵، ۰/۳)
L_{53}	(۰/۰۹ ،۰/۲۵ ،۰/۴۹)=(۰/۳ ، ۰/۵، ۰/۷)⊗(۰/۷، ۰/۵، ۰/۳)
L_{61}	(۰/۲۱ ،۰/۴۵ ،۰/۷)=(۰/۷ ، ۰/۹، ۱)⊗(۰/۷، ۰/۵، ۰/۳)
L_{62}	(۰/۰۹ ،۰/۲۵ ،۰/۴۹)=(۰/۳ ، ۰/۵، ۰/۷)⊗(۰/۷، ۰/۵، ۰/۳)
L_{71}	(۰/۰۳ ،۰/۱۵ ،۰/۳۵)=(۰/۱ ، ۰/۳، ۰/۵)⊗(۰/۷، ۰/۵، ۰/۳)
L_{72}	(۰/۰۳ ،۰/۱۵ ،۰/۳۵)=(۰/۱ ، ۰/۳، ۰/۵)⊗(۰/۷، ۰/۵، ۰/۳)

ماتریس نمره گزینه‌ها نسبت به زیرمعیارها (ماتریس I_A) با ارزیابی زبانی تأمین‌کنندگان نسبت به زیرمعیارها توسط تصمیم‌گیرنده در جدول ۱۲، ارائه شده است.

جدول ۱۲. ارزیابی زبانی تأمین‌کننده‌ها نسبت به زیرمعیارها

ارزیابی زبانی تأمین‌کننده ۲ نسبت به زیرمعیارها			**ارزیابی زبانی تأمین‌کننده ۱ نسبت به زیرمعیارها**		
وزن	تصمیم‌گیرنده	زیر معیار	وزن	تصمیم‌گیرنده	زیر معیار
(۷، ۹، ۱۰)	خوب	L_{11}	(۵، ۷، ۹)	نسبتاً خوب	L_{11}
(۷، ۹، ۱۰)	خوب	L_{12}	(۱، ۳، ۵)	نسبتاً ضعیف	L_{12}
(۵، ۷، ۹)	نسبتاً خوب	L_{21}	(۳، ۵، ۷)	متوسط	L_{21}
(۵، ۷، ۹)	نسبتاً خوب	L_{22}	(۵، ۷، ۹)	نسبتاً خوب	L_{22}
(۷، ۹، ۱۰)	خوب	L_{31}	(۵، ۷، ۹)	نسبتاً خوب	L_{31}
(۷، ۹، ۱۰)	خوب	L_{32}	(۷، ۹، ۱۰)	خوب	L_{32}
(۹، ۱۰، ۱۰)	بسیار خوب	L_{41}	(۱، ۳، ۵)	نسبتاً ضعیف	L_{41}
(۷، ۹، ۱۰)	خوب	L_{42}	(۳، ۵، ۷)	متوسط	L_{42}
(۳، ۵، ۷)	متوسط	L_{51}	(۳، ۵، ۷)	متوسط	L_{51}
(۷، ۹، ۱۰)	خوب	L_{52}	(۵، ۷، ۹)	نسبتاً خوب	L_{52}
(۵، ۷، ۹)	نسبتاً خوب	L_{53}	(۵، ۷، ۹)	نسبتاً خوب	L_{53}
(۳، ۵، ۷)	متوسط	L_{61}	(۹، ۱۰، ۱۰)	بسیار خوب	L_{61}
(۷، ۹، ۱۰)	خوب	L_{62}	(۳، ۵، ۷)	متوسط	L_{62}
(۷، ۹، ۱۰)	خوب	L_{72}	(۳، ۵، ۷)	متوسط	L_{72}
ارزیابی زبانی تأمین‌کننده ۴ نسبت به زیرمعیارها			ارزیابی زبانی تأمین‌کننده ۳ نسبت به زیرمعیارها		
وزن	تصمیم‌گیرنده	زیر معیار	وزن	تصمیم‌گیرنده	زیر معیار
(۵، ۷، ۹)	نسبتاً خوب	L_{11}	(۰، ۱، ۳)	ضعیف	L_{11}
(۳، ۵، ۷)	متوسط	L_{12}	(۳، ۵، ۷)	متوسط	L_{12}
(۷، ۹، ۱۰)	خوب	L_{21}	(۳، ۵، ۷)	متوسط	L_{21}
(۵، ۷، ۹)	نسبتاً خوب	L_{22}	(۵، ۷، ۹)	نسبتاً خوب	L_{22}
(۳، ۵، ۷)	متوسط	L_{31}	(۳، ۵، ۷)	متوسط	L_{31}
(۰، ۱، ۳)	ضعیف	L_{32}	(۰، ۱، ۳)	ضعیف	L_{32}
(۹، ۱۰، ۱۰)	بسیار خوب	L_{41}	(۹، ۱۰، ۱۰)	بسیار خوب	L_{41}
(۵، ۷، ۹)	نسبتاً خوب	L_{42}	(۵، ۷، ۹)	نسبتاً خوب	L_{42}
(۷، ۹، ۱۰)	خوب	L_{51}	(۵، ۷، ۹)	نسبتاً خوب	L_{51}
(۷، ۹، ۱۰)	خوب	L_{52}	(۷، ۹، ۱۰)	خوب	L_{52}
(۵، ۷، ۹)	نسبتاً خوب	L_{53}	(۵، ۷، ۹)	نسبتاً خوب	L_{53}
(۷، ۹، ۱۰)	خوب	L_{61}	(۳، ۵، ۷)	متوسط	L_{61}
(۵، ۷، ۹)	نسبتاً خوب	L_{62}	(۰، ۱، ۳)	ضعیف	L_{62}
(۷، ۹، ۱۰)	خوب	L_{72}	(۵، ۷، ۹)	نسبتاً خوب	L_{72}

درنهایت ماتریس تصمیم نرمالیزه‌شده محاسبه می‌شود. جدول ۱۳، این ماتریس را نشان می‌دهد.

جدول ۱۳. ماتریس تصمیم نرمالیز شده

گزینه‌ها	زیر معیارها		
	L_{11}	L_{12}	L_{21}
تأمین‌کننده ۱	(۰/۵ ،۰/۷ ،۰/۹)	(۰/۱ ،۰/۳ ،۰/۵)	(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)
تأمین‌کننده ۲	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)	(۰/۵ ،۰/۷ ،۰/۹)
تأمین‌کننده ۳	(۰ ،۰/۱ ،۰/۳)	(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)	(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)
تأمین‌کننده ۴	(۰/۵ ،۰/۷ ،۰/۹)	(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)
گزینه‌ها	L_{22}	L_{31}	L_{32}
تأمین‌کننده ۱	(۰/۵ ،۰/۷ ،۰/۹)	(۰/۵ ،۰/۷ ،۰/۹)	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)
تأمین‌کننده ۲	(۰/۵ ،۰/۷ ،۰/۹)	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)
تأمین‌کننده ۳	(۰/۵ ،۰/۷ ،۰/۹)	(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)	(۰ ،۰/۱ ،۰/۳)
تأمین‌کننده ۴	(۰/۵ ،۰/۷ ،۰/۹)	(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)	(۰ ،۰/۱ ،۰/۳)
گزینه‌ها	L_{41}	L_{42}	L_{51}
تأمین‌کننده ۱	(۰/۱ ،۰/۳ ،۰/۵)	(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)	(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)
تأمین‌کننده ۲	(۰/۹ ،۱ ،۱)	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)	(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)
تأمین‌کننده ۳	(۰/۹ ،۱ ،۱)	(۰/۵ ،۰/۷ ،۰/۹)	(۰/۵ ،۰/۷ ،۰/۹)
تأمین‌کننده ۴	(۰/۹ ،۱ ،۱)	(۰/۵ ،۰/۷ ،۰/۹)	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)
گزینه‌ها	L_{52}	L_{53}	L_{61}
تأمین‌کننده ۱	(۰/۵ ،۰/۷ ،۰/۹)	(۰/۵ ،۰/۷ ،۰/۹)	(۰/۹ ،۱ ،۱)
تأمین‌کننده ۲	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)	(۰/۵ ،۰/۷ ،۰/۹)	(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)
تأمین‌کننده ۳	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)	(۰/۵ ،۰/۷ ،۰/۹)	(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)
تأمین‌کننده ۴	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)	(۰/۵ ،۰/۷ ،۰/۹)	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)
گزینه‌ها	L_{62}	L_{71}	L_{72}
تأمین‌کننده ۱	(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)	(۰/۲۴ ،۰/۳۹ ،۰/۵۶)	(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)
تأمین‌کننده ۲	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)	(۰/۴۶ ،۰/۶۴ ،۰/۸)	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)
تأمین‌کننده ۳	(۰ ،۰/۱ ،۰/۳)	(۰/۴ ،۰/۶ ،۰/۷)	(۰/۵ ،۰/۷ ،۰/۹)
تأمین‌کننده ۴	(۰/۵ ،۰/۷ ،۰/۹)	(۰/۳ ،۰/۴ ،۰/۶)	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)

به ازای سطوح مختلف آلفا نتایج جدول ۱۴ برای نزدیکی نسبی به‌دست آمده است.

جدول ۱۴. شاخص نزدیکی نسبی به ازای سطوح مختلف آلفا برای تأمین‌کنندگان مختلف

آلفا	تأمین‌کننده							
	۱		۲		۳		۴	
	$(CC_1)_\alpha^L$	$(CC_1)_\alpha^U$	$(CC_2)_\alpha^L$	$(CC_2)_\alpha^U$	$(CC_3)_\alpha^L$	$(CC_3)_\alpha^U$	$(CC_4)_\alpha^L$	$(CC_4)_\alpha^U$
۰	۰/۲۹۹۳	۰/۸۴۱۴	۰/۵۲۵۷	۰/۹۶۴۲	۰/۲۳۸۷	۰/۷۲۴۲	۰/۳۸۲۱	۰/۸۹۵۹
۰/۱	۰/۳۲۵۷	۰/۸۱۸۴	۰/۵۵۳۷	۰/۹۵۴۲	۰/۲۶۲۷	۰/۷۰۱۲	۰/۴۱۱۴	۰/۸۷۷۳
۰/۲	۰/۳۵۲۶	۰/۷۹۴۴	/۵۸۲۰	۰/۹۴۲۰	۰/۲۸۷۰	۰/۶۷۷۵	۰/۴۴۰۹	۰/۸۵۷۸
۰/۳	۰/۳۸۰۲	۰/۷۶۹۷	۰/۶۱۰۶	۰/۹۲۸۴	۰/۳۱۱۴	۰/۶۵۳۴	۰/۴۷۰۶	۰/۸۳۷۴
۰/۴	۰/۴۰۸۳	۰/۷۴۴۴	۰/۶۳۹۲	۰/۹۱۳۷	۰/۳۳۵۷	۰/۶۲۸۷	۰/۵۰۰۳	۰/۸۱۶۱
۰/۵	۰/۴۳۶۹	۰/۷۱۸۴	۰/۶۶۷۸	۰/۸۹۷۸	۰/۳۶۰۰	۰/۶۰۳۷	۰/۵۲۹۸	۰/۷۹۴۰
۰/۶	۰/۴۶۵۷	۰/۶۹۱۹	۰/۶۹۶۲	۰/۸۸۱۱	۰/۳۸۴۰	۰/۵۷۸۷	۰/۵۵۹۲	۰/۷۷۱۱
۰/۷	۰/۴۹۴۸	۰/۶۶۴۹	۰/۷۲۴۳	۰/۸۶۳۴	۰/۴۰۷۷	۰/۵۵۳۷	۰/۵۸۸۱	۰/۷۴۷۴
۰/۸	۰/۵۲۴۰	۰/۶۳۷۶	۰/۷۵۲۱	۰/۸۴۴۹	۰/۴۳۱۱	۰/۵۲۸۴	۰/۶۱۶۷	۰/۷۲۳۰
۰/۹	۰/۵۵۳۲	۰/۶۱۰۰	۰/۷۷۹۲	۰/۸۲۵۶	۰/۴۵۴۱	۰/۵۰۲۶	۰/۶۴۴۷	۰/۶۹۷۹
۱	۰/۵۸۲۲	۰/۵۸۲۲	۰/۸۰۵۵	۰/۸۰۵۵	۰/۴۷۶۶	۰/۴۷۶۶	۰/۶۷۲۱	۰/۶۷۲۱

با توجه به مقادیر جدول ۱۴، مقدار قطعی با توجه به رابطه ۲۷ در جدول ۱۵ ارائه شده است.

جدول ۱۵. مقادیر قطعی نزدیکی نسبی

$(CC_i)^*_{ALC}$	تأمین‌کننده			
	۱	۲	۳	۴
	۰/۵۷۷۱	۰/۷۷۹۸	۰/۴۸۰۸	۰/۶۵۹۳

ضرایب نزدیکی به‌ترتیب نزولی طبقه‌بندی شده‌اند. با استفاده از مقادیر قطعی نزدیکی نسبی تأمین‌کنندگان به‌ترتیب ۲، ۴، ۳،۱ با وزن‌های ۰/۷۷، ۰/۶۵، ۰/۵۷، ۰/۴۸رتبه‌بندی می‌شوند. مسئله برنامه‌ریزی کسری به‌وسیله نرم‌افزار GAMS 24.3 حل شده است و در حل مدل به‌علت غیرخطی‌بودن آن از حل کننده BARON استفاده شده است.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

مدیران و تصمیم‌گیرندگان سازمان‌ها همواره اهداف گوناگونی را برای رشد سازمان خود موردتوجه قرار می‌دهند؛ بنابراین انتخاب تأمین‌کنندگان، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مسائل و چالش‌های پیش‌روی آن‌ها، مسأله‌ای است که همواره عناصر گوناگونی در آن اهمیت می‌یابند. هر تأمین‌کننده، خود تعدادی تأمین‌کننده اصلی‌تر دارد که ورودی‌های فرآیندهای او را تأمین می‌کنند. این تأمین‌کنندگان که خود بخشی از زنجیره تأمین هستند، اصطلاحاً «تأمین‌کنندگان لایه دوم» نامیده می‌شوند که در پژوهش حاضر این رویکرد موردتوجه قرار گرفت و با توجه به

برآورده‌کردن معیارهای موردنظر تصمیم‌گیرنده بهترین تأمین‌کنندگان انتخاب شدند. یکی از اهداف موردتوجه در سال‌های اخیر، درنظرگرفتن اثرات زیست‌محیطی در مدیریت زنجیره تأمین است؛ ازاین‌رو در این پژوهش اهداف زیست‌محیطی، در کنار سایر اهداف هزینه‌ای، با تکیه بر مفاهیم زنجیره تأمین سبز به‌عنوان یکی از اهداف اصلی انتخاب تأمین‌کننده موردتوجه قرار گرفته است. اگرچه سبزبودن در کشورهای در حال پیشرفتی چون کشور ایران، به اندازه کشورهای اروپایی و توسعه‌یافته مطرح نیست؛ اما در سال‌های اخیر فرهنگ‌سازی در این زمینه بیشتر شده است و شرکت‌ها به کسب مزیت رقابتی در این زمینه ترغیب شده‌اند؛ بنابراین انجام پژوهش‌ها و پروژه‌هایی که توجه ویژه‌ای به این قضیه دارند، می‌تواند زمینه‌ساز پیشرفت در این حوزه باشد.

جعفرنژاد و همکاران (۱۳۸۷) به ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان با روش تاپسیس فازی پرداختند؛ اما فاکتورهای زیست‌محیطی را در ارزیابی خود در نظر نگرفتند [۱۱]. کنان و همکاران (۲۰۱۴)، تأمین‌کنندگان سبز را با روش تاپسیس فازی ارزیابی کردند؛ اما تنها چند معیار اصلی را در نظر گرفتند و عملکرد تأمین‌کنندگان لایه دوم را در ارزیابی تأمین‌کنندگان خود لحاظ نکردند [۱۳]. شن و همکاران (۲۰۱۳) به ارزیابی تأمین‌کنندگان سبز لایه اول با روش تاپسیس فازی پرداختند و معیارهای جامع‌تری را نسبت به پژوهش‌های پیشین لحاظ کردند [۳۲]. روشندل و همکاران (۲۰۱۳) به ارزیابی تأمین‌کنندگان لایه اول با روش تاپسیس فازی سلسله مراتبی پرداختند [۲۸]. با مرور مبانی نظری تحقیق پژوهش شد با اینکه مبانی نظری مربوط به ارزیابی تأمین‌کننده زیاد است؛ اما پژوهش درباره ارزیابی تأمین‌کنندگان دولایه که عوامل زیست‌محیطی را نیز در نظر بگیرد و علاوه بر معیارهای اصلی، زیرمعیارهای مرتبط را نیز لحاظ کند، تقریباً محدود است.

انتخاب تأمین‌کنندگان در مدیریت زنجیره تأمین یک مسئله تصمیم‌گیری چندمعیاره گروهی است. در روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره کلاسیک، وزن معیارها و عملکرد هر گزینه نسبت به هر معیار با اعداد قطعی نشان داده می‌شد؛ اما با توجه به شرایط، برخی اوقات ماهیت قطعی داده‌ها از بین می‌رود و برای ارزیابی درست مسئله باید از روش‌های تصمیم‌گیری با رویکرد فازی استفاده کرد؛ همچنین در تصمیم‌گیری‌های پیچیده، به‌جای استفاده از یک معیار سنجش بهینگی، باید از چندین معیار سنجش و مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده کرد.

از میان روش‌های مختلف چندشاخصه، روش تاپسیس به‌دلیل قوی‌بودن در اولویت‌بندی گزینه‌ها انتخاب شده است. تاپسیس همچنین اوزان به‌دست‌آمده شاخص‌ها را در نظر می‌گیرد و با توجه به آن‌ها گزینه برتر یا بهینه را انتخاب می‌کند و امکان درنظرگرفتن معیارهای مختلف کمّی و کیفی، مثبت و منفی را در مسئله دارد. این پژوهش به‌دنبال یافتن معیارهای ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی تأمین‌کنندگان دو لایه از زنجیره تأمین سبز و رتبه‌بندی آن‌ها است. روش

تاپسیس فازی سلسله‌مراتبی بر اساس سطوح مختلف آلفا با درنظرگرفتن معیارها و زیرمعیارهای زیست‌محیطی به‌دنبال پاسخ به آن‌ها است. تأمین‌کنندگان لایه دوم نیز با معیاری باعنوان «لایه دوم» تأثیر بر ارزیابی می‌گذارند؛ درنهایت تصمیم‌گیرنده، تأمین‌کنندگانی را انتخاب می‌کند که دارای وزن نهایی بیشتری باشد؛ زیرا هر چه وزن نهایی یک تأمین‌کننده بیشتر باشد، معیارهای موردنظر تصمیم‌گیرنده را بیشتر برآورده می‌کند.

در شرکت موردبررسی، تصمیم‌گیرندگان دید درستی از معیارهایی که موجب کاهش هزینه و افزایش کیفیت محصول نهایی می‌شود، ندارند و در انتخاب تامین‌کنندگان خود غالباً بر اساس رویکرد تجربی عمل می‌کنند؛ اما با اجرای مدل دو لایه‌ای ارائه‌شده در این پژوهش، قطعاً هزینه‌ها کاسته شده و تأمین‌کنندگانی قطعات شرکت را تأمین می‌کنند که در کنار معیارهای قیمت و کیفیت، آسیب کمتری به محیط‌زیست می‌زنند و موجب کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌شوند؛ از طرفی با توجه به اینکه مهم‌ترین ابزار جمع‌آوری داده‌ها در این پژوهش، مصاحبه و اجرای پرسشنامه کتبی است، محدودیت‌هایی نظیر دستیابی به افراد خبره در شرکت موردمطالعه، جلب رضایت آن‌ها برای پاسخگویی صریح و تکمیل پرسشنامه‌ها با صبر و حوصله قابل‌توجه است.

درجه عدم‌اطمینان داده‌ها، تعداد تصمیم‌گیرندگان و ماهیت معیارها ازجمله موضوع‌هایی است که باید در مسائل مرتبط با این مقاله موردتوجه قرار گیرد؛ همچنین بهبود روش تصمیم‌گیری و توسعه یک سیستم پشتیبانی از تصمیم گروهی در محیط فازی می‌تواند در پژوهش‌های آینده موردتوجه قرار گیرد. روش دیگری که ممکن است برای پژوهش‌های آینده به‌منظور ارزیابی و رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان مناسب باشد، روش «ویکور و پرومته» است که می‌توان نتایج آن‌ها را با نتایج به‌دست‌آمده از روش ارائه‌شده مقایسه کرد. برای اعتبار بیشتر می‌توان مدل را با داده‌های سایرصنایع، به‌خصوص صنایع خودروسازی، مقایسه کرد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

1. Aissaoui, N., Haouari, M. & Hassini, E. (2007). Supplier selection and order lot sizing modeling : A review. *Comput. Oper. Res., 34(12),* 3516˚3540.

2. Bulsara, H. P., Qureshi, M. N., & Patel, H. (2016). Green supply chain performance measurement: an exploratory study. *Int. J. Logist. Syst. Manag., 23(4),* 476˚ 498.

3. Dickson, G. W. (1996). An analysis of vendor selection systems and decisions. J. *Purch., 2(1),* 5˚17.

4. Faghih. N., Raenai. H., Mohammadi., A., Samadi. A., Mousavi. M., Ghafornyan.M. (2013). Assessment of service supply chain of IRAN fixed communications by system dynamics approach. *Journal of Industrial Management Perspective, 11,* 111-138 (In Persion).

5. Ghazanfari, M., Fatallah, M. (2006).A comprehensive approach to managing supply chain, Tehran, Iran university of Science and Technology.

6. Govindan, K., Rajendran, S., Sarkis, J., & Murugesan, P. (2015). Multi criteria decision making approaches for green supplier evaluation and selection : a literature review. *J. Clean. Prod., 98,* 66˚83.

7. Ha, S.H., & Krishnan, R. (2008). A hybrid approach to supplier selection for the maintenance of a competitive supply chain. Expert Syst. *Appl., 34(2),* 1303˚ 1311.

8. Houshmandi. M., Amiri. M., Olfat. L. (2013). An integrated approach for supplier selection in a supply chain: IT capabilities approach. *Journal of Industrial Management Perspective, 8,* 91-115 (In Persion).

9. Hu, A. H. (2013). Using DEMATEL to develop a carbon management model of supplier selection in green supply chain management. *J. Clean. Prod., 56,* 164˚ 172.

10. Jadidi, O., Hong, T. S., Firouzi, F., Yusuff, R. M., & Zulkifli, N. (2008). TOPSIS and fuzzy multi-objective model integration for supplier selection problem. J. Achievements Mater. *Manuf. Eng., 31(2),* 762˚769.

11. Jafarnezhad, A., Esmaeilian, M., Rabieh, M. (2009). Evaluation and selection of supplier in supply chain in case of single sourcing with FUZZY approach. *Modarres Human Science, 12,* 127-153.

12. Jain, v., Benyoucef, L., & Deshmukh, S.D. (2008). Strategic supplier selection: some emerging issues and challenges. *Int. J. Logist. Syst. Manag., 5(1–2),* 61˚88.

13. Kannan, D., Beatriz Lopes de Sousa Jabbour, A., & José Chiappetta Jabbour, CH. (2014). Selecting green suppliers based on GSCM practices: Using fuzzy TOPSIS applied to a Brazilian electronics company. *European Journal of Operational Research, 233,* 432-447.

14. Kuo, R. J., Wang, Y. C., & Tien, F. C. (2010). Integration of artificial neural network and MADA methods for green supplier selection. *Journal of Cleaner Production, 18(12),* 1161˚1170.

15. Lambert, D.M., & and Cooper, M. C. (2000). Issues in supply chain management. *Ind. Mark. Manag, 29(1),* 65-83.

16. Liao, Z., & Rittscher, J. (2007). A multi-objective supplier selection model under stochastic demand conditions. *Int. J. Prod. Econ., 105(1),* 150˚159.

17. Liu, F. F., & Hai, H. L. (2005). The voting analytic hierarchy process

method for selecting supplier. *Interantional J. Prod. Econ., 97(3),* 308˚317.

18. Liu, J., Ding, F. & Vinod, L. (2000). Using data envelopment analysis to compare suppliers for supplier selection and performance improvement. Supply Chain Manag. *An Int. J., 5(3),* 143˚150.

19. Min, H., & Galle, W. P. (2001). Green purchasing practices of US firms. *International Journal of Operations & Production Management, 21(9),* 1222˚1238.

20. Morovati. A., Kazemi. F., Hayati. M. (2013). Supplier selection with fuzzy MCDM approach and fuzzy QFD (Case Study: Snow-Pars co. of Yazd). *Journal of Industrial Management Perspective, 10,* 129-146 (In Persion).

21. Najafi Noubar, M., & Setak, M. (2010). A New Approach For Supplier Selection Process From The Features Of Second Layer Suppliers Point oF View. *Interantional J. Ind. Eng. Prod. Res., 21(1),* 35˚44.

22. Osman, H., & Demirli, K. (2010). A bilinear goal programming model and a modified Benders decomposition algorithm for supply chain reconfiguration and supplier selection. *Int. J. Prod. Econ., 124(1),* 97˚105.

23. Osman, H., & Demirli, K. (2012). Economic lot and delivery scheduling problem for multi-stage supply chains. *Int. J. Prod. Econ.,136(2),* 275˚286.

24. Pak, S. (2013). A review of the literature and a framework for green supply chain management. in The 2013 IBEA, International Conference on Business, *Economics, and Accounting, ,* 20˚23.

25. Pi, W.N., & Low, C. (2006). Supplier evaluation and selection via Taguchi loss functions and an AHP. *Interantional J. Adv. Manuf. Technol., 27(5–6),* 625˚630.

26. Rabieh, M., Azar, A., Modarres, M., & Fetanat, M., (2011). Mathematical Modeling for Multi Objective Robust Sourcing Problem: An Approach in Reduction of Supply Chain Risk (Case study: IKCO Supply Chain). *Journal of Indusrial Mangement Perspective, 1,* 57-77 (In Persion).

27. Rabieh, M., Esmaelian, M., (2011).Designing a Fuzzy Non-Linear Model of Supplier Selection in Case of Multiple Sourcing. *Journal of Indusrial Mangement Perspective, 4, 81-105* (In Persion).

28. Roshandel, J., Miri-Nargesi, S., & Hatami-Shirkouhi, L. (2013). Evaluating and selecting the supplier in detergent production industry using hierarchical fuzzy TOPSIS. *Applied Mathematical Modelling, 37,* 10170-10181.

29. Saen, R. F. (2007). Suppliers Selection in the Presence of both Cardinal and Ordinal Data. *Eur. J. Oper. Res., 183(2),* 741˚47.

30. Setak, M., Sharifi, S. (2011).An integrated mathematical model for selecting the first and second layers of suppliers in a supply chain. *International Journal of Industrial Engineering & Production Management., 22,* 91-98.

31. Shaw, K., Shankar, K., Yadav, S., & Thakur, L. S. (2012). Supplier selection using fuzzy AHP and fuzzy multi-objective linear programming for developing low carbon supply chain. *Expert Syst. Appl., 39(9),* 8182˚8192.

32. Shen, L., Olfat, L., Govindan, K., Khodaverdi, R., Diabat, A. (2013). A fuzzy multi criteria approach for evaluating green supplier s performance in green supply chain with linguistic preferences. Resources, *Conservation and Recycling., 74,* 170˚179.

33. Wang, Y., & Elhag, T. (2006). Fuzzy TOPSIS method based on alpha level sets with an application to bridge risk assessment. *Expert Systems with Applications., 31,* 309˚319.