نشـــریه پـــژوهـــش‌های مهنـــدســـی صنـــــایع در سیستـــم‌هـــای تولیـــــد

IERPS

ISSN: 2345-2269

نشـــریه پـــژوهـــش‌های مهنـــدســـی صنـــــایع در سیستـــم‌هـــای تولیـــــد

سال ششم، شماره سیزدهم، پاییز و زمستان ۱۳۹۷، صفحـــــه ۱۶۵–۱۷۷

www.ier.basu.ac.ir

DOI: 10.22084/ier.2019.15101.1699

انتخاب تأمین کنندگان پایدار با رویکرد تئوری خاکستری: مورد مطالعه صنعت فولاد

علی اردوان [۱]، اکبر عالم تبریز [۲،*]، مسعود ربیعه [۳]، مصطفی زندیه [۴]

۱. دانشجوی دوره دکترای مدیریت تولید و عملیات، گروه مدیریت صنایع، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه شهید بهشتی، ایران.

۲. استاد گروه مدیریت صنایع، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه شهید بهشتی، ایران.

۳. استادیار گروه مدیریت صنایع، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه شهید بهشتی، ایران.

۴. دانشیار گروه مدیریت صنایع، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه شهید بهشتی، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:

دریافت ۱۳۹۷/۰۲/۲۲

پذیرش ۱۳۹۷/۰۷/۱۰

کلمات کلیدی:

پایداری

زنجیره‌های تأمین حلقه بسته

مدیریت تأمین کنندگان

تئوری خاکستری

خلاصه

انتخاب تأمین کنندگان نقش مهمی در مدیریت زنجیره تأمین ایفا می‌نماید. توجه به پایداری در زنجیره تأمین سبب شده تا موضوع انتخاب تأمین کنندگان تبدیل به موضوعی چالش برانگیز گردد. در حال حاضر در ادبیات موضوع بیشتر تمرکز بر روی توجه به شاخص‌های اقتصادی به‌منظور انتخاب و ارزیابی تأمین کنندگان بوده و کمتر به عوامل سه‌گانه اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی به عنوان عوامل پایداری توجه شده است. علاوه بر این در ادبیات موضوع روش‌های عمدتاً مبتنی بر برنامه ریزی خطی و چند هدفه، آرمانی، عدد صحیح و غیره جهت ارزیابی تأمین کنندگان استفاده شده است. این در حالی است که عمدتاً معیارهای ارزیابی مبهم، کیفی و شفاهی می‌باشند. در این مقاله تکنیک جدیدی در رابطه با استفاده از تئوری خاکستری جهت ارزیابی تأمین کنندگان ارائه گردیده است که می‌تواند در شرایط ابهام مورد استفاده قرار گیرد و به مدیریت در تصمیم سازی در انتخاب تأمین کنندگان یاری رساند. در این تحقیق بر اساس نظرخواهی از خبرگان شاخص‌های اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی جهت ارزیابی تأمین کنندگان شناسایی گردیده و سپس با استفاده از تئوری خاکستری نسبت به ارزیابی تأمین کنندگان اقدام شده است. نوآوری این تحقیق در ارائه یک تکنیک با سطوح بیشتری از تحلیل در شرایط ابهام با لحاظ کردن عوامل پایداری می‌باشد. نقطه تمرکز در این مقاله بر روی صنعت فولاد کشور بوده است.

۱- مقدمه

رقابت شرکت‌ها در بازارهای جهانی از دهه نود میلادی روند روبه رشدی داشته است. شرکت‌ها جهت دستیابی به توان رقابتی بیشتر به دنبال افزایش رضایت مشتریان و بهبود کارایی کسب و کار خود هستند [۱]. تحویل به‌موقع محصولات به مشتریان با قیمت تمام شده کمتر، موجب افزایش توان رقابتی شرکت‌ها می‌گردد [۲]. شرکت‌ها تشخیص داده‌اند که نمی‌توانند بهبود کارایی در سازمان و عملکرد کسب و کار خود را بدون تمرکز بر زنجیره تأمین به وجود آورند [۳]. دستاوردهای حاصله از مدیریت زنجیره تأمین که شامل کلیه فعالیت‌های جابجایی مواد (مواد اولیه تا مرحله محصول نهایی)، جریان اطلاعات و تبادلات مالی می‌باشد، موجب افزایش عملکرد کسب و کار و افزایش توان رقابتی شرکت‌ها در بازارهای جهانی می‌گردد [۱].

عموماً در طرح‌ریزی زنجیره تأمین به جنبه‌های اقتصادی، برای مثال کاهش هزینه، تأکید شده است. با افزایش آگاهی مشتریان نسبت به مسائل محیط زیستی و همچنین موضوعات اجتماعی و هم‌زمان سخت گیری بیشتر دولتمردان به این دست از مسائل،

* نویسنده مسئول: اکبر عالم تبریز

تلفن: ۰۲۱-۲۲۹۰۵۲۳۴؛ پست الکترونیکی: a-tabriz@sbu.ac.ir

توجهات به این مفاهیم در مدل سازی‌های زنجیره تأمین روبه افزایش است. یکی از تعاریف در حوزه توسعه پایدار به این مهم اشاره دارد: توسعه پایدار توسعه‌ای است که نیازهای امروز را پاسخگو باشد ولی توانایی نسل‌های آینده را برای برآورده کردن نیازهایشان به مخاطره نیندازد [۴]. اصول سه‌گانه TBL نیز در زنجیره تأمین پایدار به‌منظور تقویت این نگرش توسعه یافته و مفهوم زنجیره‌های تأمین پایدار SSCM را به وجود آورده‌اند [۵].

بادوردین (۲۰۰۹) مفهوم SSCM را این گونه تعریف می‌نماید: طرح‌ریزی و مدیریت فعالیت‌های شناسایی منابع، تدارکات، تبدیل و پشتیبانی در مراحل قبل از تولید، تولید، مصرف و پس از مصرف در چرخه عمر محصول در یک حلقه بسته با به اشتراک گذاری اطلاعات مراحل مختلف چرخه عمر محصول میان شرکت‌های فعال در زنجیره تأمین و لحاظ نمودن جنبه‌های اجتماعی و زیست‌محیطی جهت دست‌یابی به چشم‌انداز مشترک [۶]. طراحی زنجیره تأمین پایدار رویکردی جدید در جهت پاسخگویی به نیاز امروز و با در نظر گرفتن محدودیت در منابع غیر تجدید پذیر تولید ایجاد شده است و تلاش می‌نماید تا جنبه‌های اقتصادی، محیط‌زیستی و اجتماعی را پوشش دهد [۷].

بر این اساس نقطه آغازین جهت تحقق پایداری در زنجیره تأمین انتخاب تأمین کنندگان بر اساس اصول پایداری است. سازمان‌ها در زنجیره تأمین با تصمیمات پیچیده‌ای رو به‌رو هستند و باید فاکتورهای متعددی را هنگام ارزیابی و مدیریت تأمین کنندگان لحاظ نمایند. در نهایت مدیریت تأمین کنندگان نیازمند توازن دقیق میان عوامل مؤثر در ارزیابی می‌باشد. تنوع تأمین کنندگان سبب می‌شود که این فرآیند پیچیده گردد. در ادبیات موضوع تأکید شده است که ارزیابی تأمین کنندگان نیازمند در نظر گرفتن عوامل مشهود و غیر مشهود می‌باشد [۸]. در اغلب اوقات این عوامل به‌صورت شفاف تعریف شده نیستند و بر این اساس امکان قضاوت دقیق آن‌ها وجود ندارد.

با توجه به این موضوع که یکی از جنبه‌های نوآوری این نوشتار در نظر گرفتن فرایند انتخاب تأمین کنندگان پایدار به‌عنوان گام اول در فرایند طراحی شبکه‌های تأمین پایدار حلقه بسته می‌باشد و با به‌کارگیری تئوری خاکستری سعی می‌نماید تا روشی جدید در راستای ارزیابی و انتخاب تأمین کنندگان در این فرآیند ارائه نماید. زمینه مورد مطالعه این تحقیق، صنعت فولاد است. صنعت فولاد یکی از صنایع بزرگ و زیربنایی کشور است که سهم بسزایی در ایجاد اشتغال و همچنین موتور محرک رشد و توسعه سایر صنایع دارا می‌باشد. از طرف دیگر این صنعت مسائل زیست‌محیطی و اجتماعی خاص خود را دارا می‌باشد. ماده اولیه تولید فولاد شامل سنگ آهن، زغال سنگ، سنگ آهک است. دو تکنولوژی کوره بلند و قوس الکتریکی جهت تولید وجود دارد. به علت ارزش اقتصادی آهن، آهن قراضه نیز جمع‌آوری گردیده و پس از انجام عملیات بازیافت، مجدداً در چرخه تولید وارد می‌شود.

در ادامه مقاله، در بخش بعد به بررسی ادبیات تحقیق پرداخته و بخش سوم به معرفی مسئله می‌پردازد. در بخش چهارم به بررسی روش حل پرداخته و در ادامه نتایج محاسبات مورد بررسی قرار می‌گیرد. در بخش ۶ به بررسی مسئله مورد مطالعه پرداخته شده است. در نهایت در بخش ۷ به نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها برای تحقیقات آتی پرداخته است.

۲- ادبیات تحقیق

واژه «مدیریت زنجیره تأمین پایدار» اولین بار در دهه ۱۹۸۰ توسط کمیسیون جهانی توسعه پایدار با انتشار واژه «استفاده پایدار» و «توسعه پایدار» مورد استفاده قرار گرفت. کمیسیون جهانی توسعه پایدار با اشاره به تهدیدهای ناشی از نابودی منابع طبیعی انسان‌ها و حیوانات و محیط زیست واژه «توسعه پایدار» را در سال ۱۹۸۷ تعریف کرد. جهت دستیابی به توسعه پایدار، سازمان‌ها بقای خود را در مسئولیت پذیری در سه حوزه اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی یافته‌اند. بدین منظور سازمان‌های موفق با اتخاذ مدل مدیریت سبز، موفقیت پایدار خود را توسعه می‌دهند. توسعه پایدار دارای سه جنبه اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی می‌باشد [۹].

به‌طور کلی زنجیره تأمین زنجیره‌ای است که همه فعالیت‌های مرتبط با جریان کالا و تبدیل مواد، از مرحله تهیه ماده اولیه تا مرحله تحویل کالای نهایی به مصرف کننده را شامل می‌شود. بنابراین پایداری نیز کلیه موضوعات و فرآیندهای مدیریت زنجیره تأمین را دربر می‌گیرد: طراحی محصول, ساخت و تولید محصول، گسترش محصول، پایان چرخه عمر محصول و فرایند بازیافت در انتهای چرخه عمر محصول [۱۰].

اخیراً، موضوع پایداری در حوزه‌های تحقیقاتی و کاربردی زیادی مورد توجه قرار گرفته است. در این راستا، تنگ و ژئو ۲۰۱۲ تحقیقات حوزه‌های مدیریت و تحقیق در عملیات را که موضوعات مسئولیت‌های اجتماعی و محیط‌زیستی را در بهبودهای عملیاتی پایدار بررسی نموده‌اند را مرور کرده‌اند [۱۱]. به‌زعم ایشان، اگرچه برای سال‌های زیادی، تحقیقات زیادی بر موضوع بهینه‌سازی اقتصادی طراحی شبکه‌های تأمین متمرکز شده بودند، ولی با افزایش اهمیت پایداری، اخیراً برخی مقاله‌های طراحی شبکه‌ها مباحث محیط‌زیستی و مسئولیت‌های اجتماعی را به‌عنوان توابع هدف در بهینه سازی طراحی شبکه‌های تأمین مورد استفاده قرار داده‌اند [۱۲].

فرآیندهای مرتبط با انتخاب تأمین کنندگان پایدار نیازمند به توجه به جنبه‌هایی است که ماوراء تصمیمات عملیاتی می‌باشد. با افزایش روز افزون تأکید بر مسائل زیست محیطی و اجتماعی در سازمان‌ها و بلوغ مفهوم مسؤولیت اجتماعی سازمان‌ها، نیاز به توجه به بازنگری در روابط با تأمین کنندگان از منظر پایداری جلوه بیشتری می‌نماید [۱۳، ۱۴].

تصمیم به انتخاب تأمین کننده یکی از تصمیمات مهمی است که از سوی سازمان‌ها در زنجیره تأمین اخذ می‌گردد. هر میزان سطوح پیچیدگی مرتبط با فاکتورهای تأثیرگذار بر عملکرد تأمین کنندگان افزایش می‌یابد به همان نسبت مشکلات مرتبط با ارزیابی افزایش می‌یابد. به‌منظور ارزیابی عملکرد جامع تأمین کنندگان می‌توان از ملاک‌های متفاوتی استفاده نمود. مدیران باید نسبت به تحلیل و ثبت فاکتورهای مهم اقدام نمایند و تلاش نمایند تا شاخص‌های کیفی و شهودی را به معیارهای قابل مقایسه‌ای عملیاتی تبدیل نمایند.

همان‌گونه که به آن اشاره گردید عمدتاً در فرآیند مدیریت تأمین کنندگان بر معیارهای هزینه‌ای تأکید شده است، در حالی که در تحقیقات اخیر توجه به سایر فاکتورها نیز مد نظر قرار گرفته است. مدل‌های متعددی در جهت ارزیابی تأمین کنندگان تاکنون ارائه گردیده است [۱۵]. روش‌های به کار گرفته شده شامل وزن دهی خطی، برنامه‌ریزی عدد صحیح، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، مدل‌های برنامه‌ریزی خطی و آرمانی، ماتریسی، خوشه بندی، هزینه مالکیت، تحلیل‌های آماری و شبکه‌های عصبی می‌باشند. عمده این روش‌ها مبتنی بر لحاظ کردن جنبه‌های چندگانه تأمین کنندگان می‌باشند که مزایا و معایب خاص خود را دارا می‌باشند. توجه به نیازمندی‌های اطلاعاتی، شفافیت فرآیند، یکپارچه سازی مفاهیم ذهنی مدیریتی را می‌توان از جمله معایبی دانست که به روش‌های مورد اشاره وارد می‌باشد. یکی از روش‌های مناسب در جهت غلبه بر ایرادات فوق استفاده از تئوری خاکستری است.

در میان تحقیقات سنتی انتخاب تأمین کنندگان توجه به عوامل پایداری به‌ویژه جنبه‌های زیست‌محیطی و اجتماعی کمتر مورد توجه بوده است [۱۰، ۱۶]. مدیریت فرآیند ارزیابی و انتخاب تأمین کنندگان گامی لازم در جهت تحقق مفهوم پایداری است.

اخیراً با حضور مفهوم مدیریت زنجیره تأمین بیشتر محققان، دانشمندان و مدیران پی برده‌اند که انتخاب تأمین کننده مناسب و مدیریت آن وسیله‌ای است که از آن می‌توان برای افزایش رقابت پذیری زنجیره تأمین استفاده نمود [۱۷]. اصولاً مسائل انتخاب تأمین کننده به دو نوع تقسیم می‌گردد [۱۸].

الف) انتخاب تأمین کننده هنگامی که هیچ محدودیتی ندارد؛ به عبارتی هر کدام از تأمین کنندگان به‌تنهایی قادرند که نیازهای خریدار را از جمله میزان تقاضا، کیفیت، زمان تحویل و ... را برآورده سازند؛

ب) انتخاب تأمین کننده در حالتی که محدودیت‌هایی در ظرفیت تأمین کننده، کیفیت محصول تأمین کننده و ... وجود دارد. به عبارتی یک تأمین کننده به‌تنهایی قادر به برآورد احتیاجات خریدار نمی‌باشد و خریدار به‌اجبار باید بخشی از تقاضای خود را از یک تأمین کننده و بخش دیگر تقاضایش را از تأمین کننده دیگر به‌منظور جبران کمبود ظرفیت یا کیفیت پایین تأمین کننده اول برآورده سازد.

در خصوص مورد اول یک تأمین کننده می‌تواند تمام نیاز خریدار را برآورده سازد، (منبع یابی منفرد) که در این حالت مدیریت تنها یک تصمیم اتخاذ می‌کند و این‌که کدام تأمین کننده، بهترین است. در حالی که در مورد دوم، هیچ‌کدام از تأمین‌کنندگان به‌تنهایی قادر نیستند که تمامی احتیاجات خریدار را برآورده سازند. بنابراین در این حالت بیشتر از یک تأمین کننده باید انتخاب شود (منبع یابی چندگانه). در این حالت مدیریت باید دو تصمیم اخذ کند: اول اینکه کدام تأمین کنندگان، بهترین هستند؟ و دوم، از هر یک از تأمین کنندگان انتخابی چه مقدار باید خریداری نمود [۱۹].

بسیاری از شرکت‌های بین‌المللی برای تأمین کنندگان خود قوانین و مقررات زیست‌محیطی لحاظ کرده‌اند. به‌عنوان مثال شرکت‌های فورد، جنرال موتورز و تویوتا از تأمین کنندگان خود خواسته‌اند که سیستم مدیریت زیست‌محیطی مطابق با استاندارد ایزو ۱۴۰۰۱ را اخذ نمایند. همچنین در روابط کاری بلند مدت و سرمایه گذاری‌های مشترک میان شرکت‌های خارجی و تأمین کنندگان داخلی، اتخاذ سیاست‌های محکم زیست‌محیطی مهم می‌باشد [۱۴، ۲۰، ۲۱].

ارزیابی تأمین کنندگان بر اساس معیارهای پایداری و زیست‌محیطی در دو مرحله انجام می‌شود. ابتدا واحد تدارکات و مدیریت کیفیت تأمین کنندگان را بر اساس معیارهایی مانند کیفیت و قیمت مورد ارزیابی قرار می‌دهد. معیارهای مهم در این مرحله استفاده و به‌کارگیری سیستم مدیریت کیفیت مانند TS۱۶۹۴۹(ISO۲۰۰۵) نسبت‌هایی چون تعداد قطعات نامنطبق در میلیون، میزان تأخیر در تحویل به‌موقع تعهدات و نحوه واکنش و عملکرد در مواقع رخدادهای ناگهانی می‌باشد.

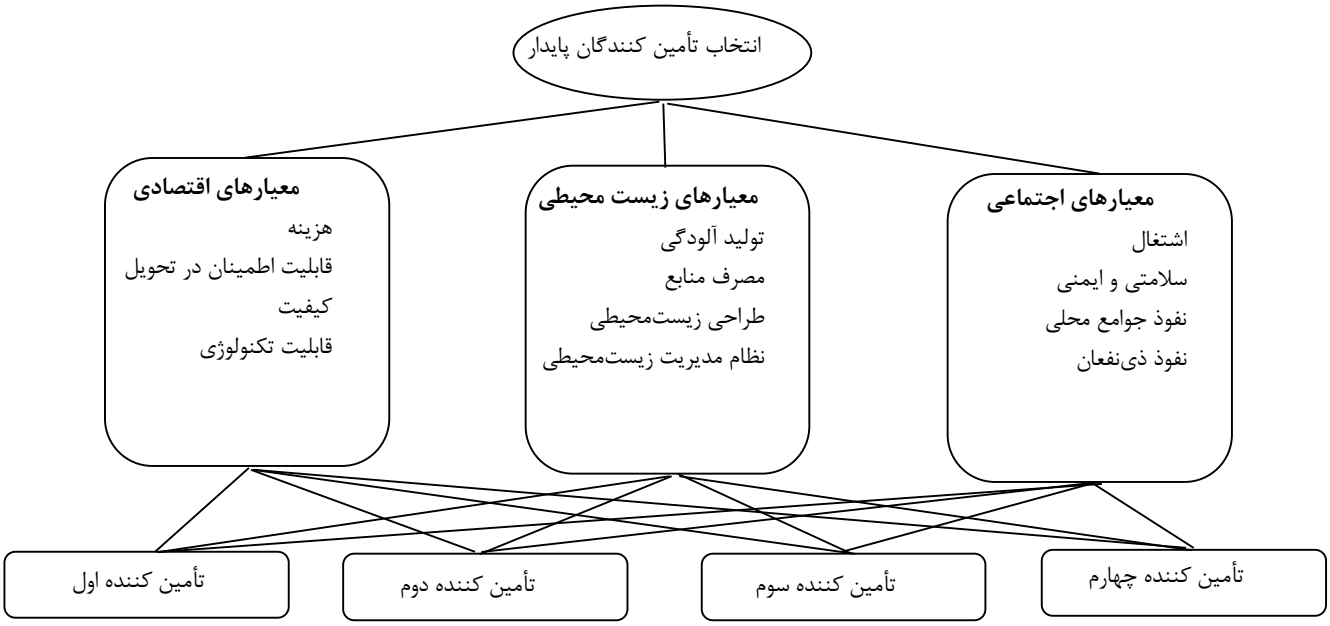
در حال حاضر کارشناسان واحدهای کیفیت و محیط زیست بر رویکردها و روش‌های انتخاب و ارزیابی جامع تأمین کنندگان فعالیت می‌کنند. این موضوع بخشی از یک پروژه بزرگ‌تر با هدف یکپارچه کردن مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی است. ایده این پروژه این است که اهداف زیست محیطی ممکن است مکمل یا متضاد با اهداف سازمان بوده یا هیچ تأثیری بر آن‌ها نداشته باشند. بنابراین سازمان‌ها می‌کوشند تا مسائل و چالش‌های زیست‌محیطی و ترکیب آن‌ها با سایر عوامل رقابتی مانند کیفیت، زمان و قیمت را مدیریت کنند [۲۲].

شاخص‌های انتخاب تأمین کننده پایدار در شکل (۱) ارائه شده است [۱۴، ۱۵، ۲۳].

معیارهای ارزیابی تأمین کنندگان باید به‌آسانی قابل اندازه گیری باشند. معیارهای ارزیابی عملکرد زیست‌محیطی متنوعی، که در برخی مقالات ذکر شده‌اند، عبارت‌اند از:

الف) معیارهای ارزیابی زیست‌محیطی تأمین کنندگان [۲۴، ۲۵]:

- اطلاع رسانی عمومی اطلاعات زیست‌محیطی شرکت
- ارزیابی زیست‌محیطی تأمین کنندگان سطح دوم
- داشتن گواهینامه ایزو ۱۴۰۰۰



شکل (۱): ساختار سلسله مراتبی انتخاب تأمین کننده پایدار

- استفاده از سیستم لجستیک معکوس برای بازیافت محصولات و بسته بندی‌های
- بسته‌بندی مطابق با قوانین زیست‌محیطی (استفاده از مواد بازیافتی در بسته بندی‌ها و حداقل کردن ضایعات بسته‌بندی)
- مدیریت و کنترل میزان تولید مواد خطرناک آلوده کننده هوا
- استفاده از برچسب میزان مصرف انرژی
- عدم استفاده از موادی که منجر به سوراخ شدن لایه ازن می‌شوند.
- عدم استفاده از مواد شیمیایی مضر که در لیست آژانس حفاظت از محیط زیست آمده است.
- استفاده از برچسب‌های زیست‌محیطی
- حضور داوطلبانه در برنامه‌های آژانس حفاظت از محیط زیست
- میزان ساعت آموزشی کارمندان در خصوص مسائل زیست‌محیطی
- تعهد به ارزیابی دوره‌ای زیست‌محیطی
- میزان منابع و انرژی مصرفی به ازای واحد محصول
- میزان مواد آلی فرار مورد استفاده
- وجود بازار مصرف ثانویه برای ضایعات جامد تولید شده
- میزان انتشار مواد مضر و ضایعات هر واحد محصول
- طراحی بر اساس معیارهای زیست‌محیطی
- میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای
- میزان استفاده از منابع نفت و گاز
- میزان بازیافت و استفاده مجدد منابع مصرفی
- مدیریت ضایعات
- مدیریت آلودگی‌ها و ضایعات سمی
- همچنین معیارهایی در رابطه با ارزیابی عملکرد اجتماعی سازمان‌ها در ادبیات ذکر شده است [۱۴]:
- اقدامات مرتبط با انضباط و ایمنی
- قراردادهای کارکنان
- عدالت شغلی
- تنوع کارکنان
- تبعیض
- شرایط کاری انعطاف پذیر
- موقعیت‌های شغلی
- جبران خدمت کارکنان
- تحقیق و توسعه
- توسعه مسیر شغلی
- حوادث بهداشت و ایمنی
- اقدامات مرتبط با بهداشت و ایمنی
- سلامتی
- آموزش
- مسکن
- زیر ساختار خدمات
- زیرساخت رفت و آمد
- خدمات قانونی و عمومی
- حمایت از موسسه‌های آموزشی
- محرک‌های حسی
- امنیت
- شرایط فرهنگی
- رشد و رفاه اقتصادی
- تعهد به اجتماع
- آسیب‌های اجتماعی
- کمک‌های مالی
- حمایت از پروژه‌های جامعه

- استانداردهای تدارکاتی
- استانداردهای مشارکت
- آموزش مشتریان
- ظرفیت‌های نفوذ و تأثیر تصمیمات
- تقویت ذی‌نفعان
- مشارکت ذی‌نفعان
- مخاطبان جمعی
- مخاطبان انتخابی

در تصمیمات مرتبط با انتخاب تأمین کنندگان، فاکتورهای محیط زیستی و اجتماعی را می‌توان از دیدگاه‌های مختلفی انتخاب نمود. برای مثال می‌توان از دیدگاه سازمان و یا از محیط پیرامون این فاکتورها را اخذ نمود. فاکتورهای زیست محیطی را می‌توان به گروه‌بندی‌های مختلفی مانند عملکرد زیست‌محیطی و یا فعالیت‌های زیست‌محیطی سازمان دسته بندی نمود. فعالیت‌های زیست‌محیطی به سیاست‌ها و رویه‌های زیست‌محیطی درون سازمانی مانند ممیزی‌های دوره‌ای اشاره دارد و عملکرد زیست‌محیطی به مصرف منابع و همچنین تولید آلودگی اشاره دارد. در رابطه با فاکتورهای اجتماعی نیز می‌توان از این دو منظر نگریست و به دو دسته فاکتورهای ناشی از درون سازمان و فاکتورهای ناشی از بیرون سازمان تقسیم نمود [۲۶]. البته در این مطالعه موضوع شناسایی فاکتورهای مختلف زیست‌محیطی، اجتماعی و یا اقتصادی نمی‌باشد. بلکه روش ارزیابی و انتخاب مورد نظر می‌باشد.

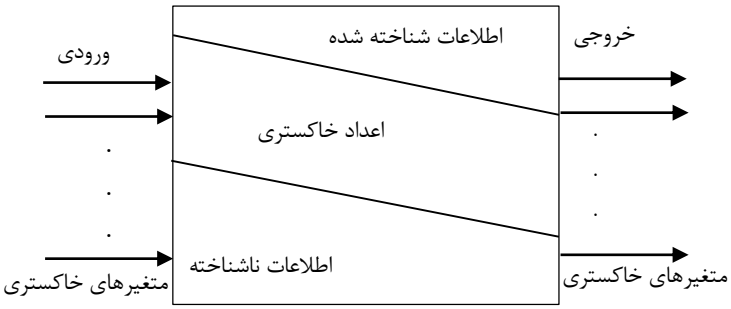
با توجه به پیچیدگی‌های فاکتورهای پایداری، شناسایی میزان نفوذ هر کدام می‌تواند در تصمیم‌گیری انتخاب تأمین کنندگان تأثیر بسزایی داشته باشد. در این مرحله به بررسی تحقیقات پیشین پرداخته و در ادامه به معرفی تئوری خاکستری پرداخته می‌شود و در ادامه با اطلاعات حاصل از صنعت فولاد ایران از این روش در ارزیابی و انتخاب تأمین کنندگان بهره‌گیری خواهد گردید.

۳- بررسی تحقیقات پیشین

بررسی مطالعات اخیر نشان می‌دهد که تحقیقات محدودی در رابطه با ارزیابی و انتخاب تأمین کنندگان با در نظر گرفتن سه فاکتور اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی انجام شده است. علاوه بر این در این تحقیقات از روش‌های Fuzzy و یا ترکیب آن با TOPSIS، ANP، AHP، DEMATEL، Vikorو غیره بهره گیری شده است (جدول (۱)). بر این اساس نوآوری این مقاله در ارائه روشی مبتنی بر تئوری خاکستری با لحاظ کردن اصول پایداری در انتخاب و ارزیابی تأمین کنندگان می‌باشد.

۴- تئوری خاکستری

تئوری خاکستری توسط دنگ مطرح گردید [۳۹]. مبنای ریاضی این تئوری از مجموعه‌های خاکستری نشئت می‌گیرد. از این روش می‌توان نسبت به حل مسائل غیرقطعی با داده‌های گسسته بهره گرفت. این تئوری پنج قسمت عمده را شامل می‌شود: پیش بینی‌های خاکستری، تحلیل نسبی خاکستری [۴۰، ۴۱]، تصمیمات خاکستری، برنامه‌ریزی خاکستری و کنترل خاکستری. در این قسمت به معرفی تعاریف اولیه نظام خاکستری، مجموعه خاکستری و اعداد خاکستری پرداخته می‌شود. نظام خاکستری شامل اطلاعات غیرقطعی می‌شود که با استفاده از اعداد و متغیرهای خاکستری نمایش داده می‌شود. شکل (۲) مفهوم نظام خاکستری را به نمایش می‌گذارد.



شکل (۲): مفهوم نظام خاکستری

جدول (۱): مقایسه تحقیقات انجام شده

نام تحقیق	مدل سازی	شاخص‌های مورد استفاده			MCDM
		اقتصادی	زیست محیطی	اجتماعی	
Boukherroub T., 2015 [27]	✓	✓	✓	✓	-
Banaeian et al., 2018 [28]	-	✓	✓	-	Fuzzy TOPSIS - Fuzzy VIKOR
Awasthi et al., 2018 [29]	-	✓	✓	✓	Fuzzy AHP-Fuzzy VIKOR
Govindan et al., 2016 [30]	-	✓	✓	✓	DEMATEL-ANP
Dweiri et al., 2016 [31]	-	✓	-	-	AHP
Orji and Wei, 2015 [32]	-	✓	✓	✓	TOPSIS
Huai-Wei et al, 2018 [33]	✓	✓	✓	-	Fuzzy TOPSIS
Lutra et al, 2016 [34]	✓	✓	✓	✓	VIKOR – AHP
Tavana et al, 2016 [35]	-	✓	-	-	Fuzzy ANP
Arabsheibani et al, 2018 [36]	✓	✓	✓	✓	Fuzzy – MOORA
Soleimani et al., 2017 [37]	✓	✓	✓	✓	Fuzzy Modelling
Fetio cespon et al., 2017 [38]	✓	✓	✓		-
This Study	-	✓	✓	✓	Grey Theory

اگر X مجموعه مرجع باشد، زیر مجموعه خاکستری G از X با دو تابع عضویت تعریف می‌شود: $\underline{\mu_G}(x)$ و $\overline{\mu_G}(x)$ به شرطی که:

$$\underline{\mu_G}(x) \le \overline{\mu_G}(x) \quad x \in X \qquad X = R:$$
$$\begin{cases} \overline{\mu_G}(x): x \to [0.1] \\ \underline{\mu_G}(x): x \to [0.1] \end{cases}$$

اگر $\underline{\mu_G}(x) = \overline{\mu_G}(x)$ باشد در این صورت مجموعه خاکستری G تبدیل به مجموعه فازی می‌گردد. این موضوع نشان می‌دهد که تئوری خاکستری شرایط منطق فازی را پوشش می‌دهد.

عدد خاکستری را می‌توان به عنوان اطلاعات غیرقطعی لحاظ نمود. برای مثال رتبه بندی شاخص‌ها می‌تواند به‌صورت متغیرهای زبانی توضیح داده شود به‌گونه‌ای که با استفاده از بازه‌های عددی این رتبه بندی انجام شود. بازه‌های عددی، اطلاعات غیر قطعی را به نمایش می‌گذارند. اعداد خاکستری معمولاً به صورت $\otimes G = G|_{\underline{\mu}}^{\overline{\mu}}$ نمایش داده می‌شوند. اگر امکان برآورد حد بالا و پایین وجود داشته باشد در این صورت عدد خاکستری را می‌توان به‌صورت بازه نمایش داد $\otimes G = [\underline{G}.\overline{G}]$.

عملیات اعداد خاکستری بر روی بازه‌ها انجام می‌شود. اگر $\otimes G_1 = [\underline{G_1}.\overline{G_1}]$ و $\otimes G_2 = [\underline{G_2}.\overline{G_2}]$ باشند، چهار عمل اصلی مشابه با اعداد قطعی به شکل زیر می‌باشد [۴۲ ، ۴۳]. در این مقاله تنها دو عمل زیر مورد استفاده می‌باشند:

$$\otimes G_1 + \otimes G_2 = [\underline{G_1} + \underline{G_2} \,.\, \overline{G_1} + \overline{G_2}] \qquad (۱)$$
$$\otimes G_1 - \otimes G_2 = [\underline{G_1} - \underline{G_2}.\overline{G_1} - \overline{G_2}] \qquad (۲)$$

طول $\otimes G_1$ به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$L(\otimes G) = [\overline{G} - \underline{G}] \qquad (۳)$$

هنگام مقایسه دو عدد خاکستری $\otimes G_1 = [\underline{G_1}.\overline{G_1}]$ و $\otimes G_2 = [\underline{G_2}.\overline{G_2}]$ درجه احتمال این که $\otimes G_1 \le \otimes G_2$ به صورت زیر تعریف می‌شود [۴۴]:

$$P\{\otimes G_1 \le \otimes G_2\} = \frac{\max(0.L^* - \max\left(0.\overline{G_1} - \underline{G_2}\right))}{L^*} \qquad (۴)$$

که در آن $L^* = L(\otimes G_1) + L(\otimes G_2)$ می‌باشد. بر اساس این معادله چهار حالت زیر به دست می‌آید:

(۴-۱): اگر $\underline{G_1} = \underline{G_2}$ و $\overline{G_1} = \overline{G_2}$ باشد در این صورت $\otimes G_1 = \otimes G_2$ و $P\{\otimes G_1 \le \otimes G_2\} = 0.5$.

(۴-۲): اگر $\overline{G_1} < \underline{G_2}$ در این صورت $\otimes G_1 < \otimes G_2$ و $P\{\otimes G_1 \le \otimes G_2\} = 1$.

(۴-۳): اگر $\underline{G_1} > \overline{G_2}$ در این صورت: $\otimes G_1 > \otimes G_2$ و $P\{\otimes G_1 \le \otimes G_2\} = 0$.

(۴-۴): اگر همپوشانی میان دو عدد خاکستری وجود داشته باشد، در این صورت اگر $P\{\otimes G_1 \le \otimes G_2\} > 0.5$ آن‌وقت $\otimes G_1 < \otimes G_2$ خواهد بود.

۴-۱- فرآیند ارزیابی گزینه‌ها

تیم ارزیابی متشکل از K عضو در نظر گرفته می‌شود $\{T_t\}$. هر یک از اعضاء ترجیحات خود را به صورت شفاهی با توجه به جدول (۲) ارائه می‌نماید [۴۵].

در ابتدا هر یک از اعضاء امتیاز مورد نظر خود را از جدول (۲) انتخاب نموده تا وزن n شاخص مستقل $\{A_j\}$ را تعیین نماید. تعداد m گزینه وجود دارد $\{C_i\}$ که با توجه به مجموعه شاخص‌ها و با در نظر گرفتن جدول (۲) اولویت بندی شوند. خلاصه فرآیند به شرح زیر می‌باشد.

جدول (۲): مقیاس امتیازات شفاهی

مقیاس	$\otimes G$
خیلی کم (VL)	[۰/۰ ، ۰/۱]
کم (L)	[۰/۱ ، ۰/۳]
متوسط کم (ML)	[۰/۳ ، ۰/۴]
متوسط (M)	[۰/۴ ، ۰/۵]
متوسط بالا(MH)	[۰/۵ ، ۰/۶]
بالا (H)	[۰/۶ ، ۰/۹]
خیلی بالا (VH)	[۰/۹ ، ۱/۰]

۴-۱-۱- محاسبه اوزان

وزن شاخص A_j با فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$\otimes w_j = \frac{1}{K}\left[\sum_{t=1}^{K} \otimes w_j^t\right] \qquad (۵)$$

که در آن $\otimes w_j^t = \left[\underline{w_j^t}.\overline{w_j^t}\right]$ وزن شاخص j با توجه به نظر شفاهی اعضاء تیم ارزیابی T_t به دست آمده از جدول (۲) می‌باشد.

۴-۱-۲- رتبه بندی گزینه‌ها

هر یک از اعضاء T_t یک امتیاز خاکستری به هر گزینه C_i با توجه به شاخص A_j تخصیص می‌دهد. کل امتیاز خاکستری برای هر گزینه با توجه به امتیاز هر یک از گزینه‌ها از فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

$$\otimes G_{ij} = \frac{1}{K}\left[\sum_{t=1}^{K} \otimes G_{ij}^t\right] \qquad (۶)$$

که در آن $\otimes G_{ij}^t = \left[\underline{G_{ij}^t}.\overline{G_{ij}^t}\right]$ می‌باشد. بنابراین ماتریس تصمیم (D) تولید می‌شود:

$$D = \begin{bmatrix} \otimes G_{11} & \cdots & G_{1\,n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \otimes G_{m1} & \cdots & \otimes G_{mn} \end{bmatrix}$$

۴-۱-۳- نرمال نمودن ماتریس تصمیم

هر یک از عناصر ماتریس D به روش زیر برای شاخص‌های مثبت و شاخص‌های منفی به ترتیب نرمال‌سازی می‌شود:

$$\otimes G_{ij}^* = \left[\frac{\underline{G_{ij}}}{G_j^{max}} . \frac{\overline{G_{ij}}}{G_j^{max}}\right] \qquad (۷)$$

که در آن $G_j^{max} = \max_{1 \le i \le m}\{\overline{G_{ij}}\}$ می‌باشد. و برای شاخص‌های منفی:

$$\otimes G_{ij}^* = \left[\frac{G_j^{min}}{\overline{G_{ij}}} . \frac{G_j^{min}}{\underline{G_{ij}}}\right] \qquad (۸)$$

که در آن $G_j^{min} = \min_{1\le i\le m}\{\overline{G}_{ij}\}$ می‌باشد.

ماتریس نرمال شده به دو دلیل ساخته می‌شود. اول این که سبب هم مقیاس شدن واحدها می‌گردد و از طرف دیگر متغیرها را بین بازه صفر و یک قرار می‌دهد.

۴-۱-۴- محاسبات ماتریس وزنی

ماتریس تصمیم وزنی با فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

$$\otimes V_{ij} = \otimes G_{ij}^{*} \times \otimes w_j \qquad (۹)$$

۴-۱-۵- محاسبه گزینه ایده آل

در این مرحله، گزینه ایده آل (C^+) با مقایسه تمام گزینه‌ها با C^+ حاصل می‌شود و روش محاسبه آن به شرح زیر می‌باشد:

$$C^+ = \left\{\left[\underline{G}_j^{max}.\overline{G}_j^{max}\right]\right\} = \left\{[\max_{1\le i\le m}\underline{V}_{i1}\,.\max_{1\le i\le m}\overline{V}_{i1}].\ldots\ [\max_{1\le i\le m}\underline{V}_{in}\,.\max_{1\le i\le m}\overline{V}_{in}]\ \right\} \qquad (۱۰)$$

۴-۱-۶- مقایسه گزینه‌ها با گزینه ایده آل

برای مقایسه گزینه‌ها با C^+ از درجه احتمالی خاکستری استفاده می‌شود که به‌صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$P\{C_i \le C^+\} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} P\{\otimes V_{ij} \le \otimes G_j^{max}\} \qquad (۱۱)$$

۴-۱-۷- انتخاب برترین گزینه

در گام آخر، گزینه‌ها بر اساس درجات احتمالی خاکستری رتبه‌بندی می‌شوند. کمترین درجه به معنی این است که فاصله از گزینه ایده آل کمتر است و در نتیجه این گزینه، بهترین گزینه می‌باشد.

۵- مسئله مورد مطالعه و نتایج حاصل از حل

زمینه مورد مطالعه در این رساله صنعت فولاد است. صنعت فولاد یکی از صنایع بزرگ و زیربنایی کشور است که سهم بسزایی در ایجاد اشتغال و همچنین موتور محرک رشد و توسعه سایر صنایع دارا می‌باشد. از آن طرف این صنعت مسائل زیست‌محیطی و اجتماعی خاص خود را دارا می‌باشد. ماده اولیه تولید فولاد شامل سنگ آهن، زغال سنگ، سنگ آهک است. دو تکنولوژی کوره بلند و قوس الکتریکی جهت تولید وجود دارد. به علت ارزش اقتصادی آهن، آهن قراضه نیز جمع آوری گردیده و پس از انجام عملیات بازیافت مجدداً در چرخه تولید وارد می‌شود. شرکت فولاد که خود به عنوان تولید کننده در این زنجیره می‌باشد، عضو اصلی و تصمیم گیرنده زنجیره بوده و قصد دارد انتخاب تأمین کنندگان خود را بر اساس شاخص‌های سه‌گانه اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی انجام دهد.

طبق نظرخواهی انجام شده از کارشناسان خبره در صنعت فولاد، همان‌گونه که در شکل دو نمایش داده شده است، در هر یک از حوزه‌های اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی چهار شاخص مورد اشاره تعیین شده است (جدول (۳)). تیمی متشکل از ۵ نفر از افراد صاحب نظر در فرآیندهای تدارکاتی یکی از شرکت‌های صنعت فولاد نسبت به ارزیابی و تعیین وزن هر یک از شاخص‌ها مطابق با جدول (۲) اقدام نمودند که نتیجه آن به شرح جدول (۴) می‌باشد. فرآیند وزن دهی به شاخص‌ها در یک جلسه مشترک میان خبرگان و بر اساس جدول (۲) صورت پذیرفته است. برای مثال شاخص هزینه از دیدگاه خبرگان به ترتیب خیلی بالا، خیلی بالا، بالا، متوسط بالا و خیلی بالا تعیین وزن شده‌اند و متناظر از جدول (۲) وزن اهمیت آن‌ها مشخص شده است.

در ادامه به‌منظور ارزیابی سه تأمین کننده موجود مواد اولیه، هریک از اعضاء تیم نظرات شفاهی خود را با توجه به هر یک از شاخص‌ها ارائه می‌نمایند که نتایج آن مطابق با جدول (۵) حاصل می‌شود. برای مثال شاخص هزینه، تأمین کننده اول از دیدگاه خبرگان امتیاز بالا، متوسط بالا، بالا، خیلی بالا و متوسط بالا کسب نموده است.

جدول (۳): شاخص‌های ارزیابی در صنعت فولاد

مؤلفه	شاخص اول	شاخص دوم	شاخص سوم	شاخص چهارم
اقتصادی	هزینه ($A_۱$)	قابلیت اطمینان در تحویل ($A_۲$)	کیفیت ($A_۳$)	قابلیت تکنولوژی ($A_۴$)
زیست محیطی	تولید آلودگی ($A_۵$)	مصرف منابع ($A_۶$)	طراحی زیست محیطی ($A_۷$)	نظام مدیریت زیست محیطی ($A_۸$)
اجتماعی	اشتغال ($A_۹$)	سلامتی و ایمنی ($A_{۱۰}$)	نفوذ جوامع محلی ($A_{۱۱}$)	نفوذ ذی‌نفعان ($A_{۱۲}$)

جدول (۴): محاسبه اوزان شاخص‌ها

صاحب نظران	$A_۱$	$A_۲$	$A_۳$	$A_۴$	$A_۵$	$A_۶$	$A_۷$	$A_۸$	$A_۹$	$A_{۱۰}$	$A_{۱۱}$	$A_{۱۲}$
$T_۱$	VH	VH	VH	M	VH	VH	L	M	MH	VH	VL	VL
$T_۲$	VH	H	H	ML	VH	H	VL	ML	VH	VH	L	VL
$T_۳$	H	ML	H	MH	VH	MH	ML	MH	M	MH	M	M
$T_۴$	MH	MH	MH	ML	MH	M	M	VH	ML	H	MH	M
$T_۵$	VH	MH	MH	MH	H	H	ML	MH	MH	MH	VL	M
$\otimes w_j$	[۰.۶۳ ، ۰.۷۵]	[۰.۴۷ ، ۰.۵۸]	[۰.۵۲ ، ۰.۶۷]	[۰.۳۳ ، ۰.۴۲]	[۰.۶۳ ، ۰.۷۵]	[۰.۵۰ ، ۰.۶۵]	[۰.۱۸ ، ۰.۲۸]	[۰.۴۳ ، ۰.۵۲]	[۰.۴۳ ، ۰.۵۲]	[۰.۴۷ ، ۰.۶۸]	[۰.۱۷ ، ۰.۲۷]	[۰.۲۰ ، ۰.۲۸]

جدول (۵): رتبه بندی تأمین کنندگان

شاخص	تأمین کننده	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	$\otimes G_{ij}$
	C_1	H	MH	H	VH	MH	[۰,۵۲ ، ۰,۶۷]
A_1	C_2	M	MH	M	M	ML	[۰,۳۳ ، ۰,۴۲]
	C_3	VH	M	M	M	H	[۰,۴۷ ، ۰,۵۸]
	C_1	L	ML	ML	M	MH	[۰,۲۷ ، ۰,۳۷]
A_2	C_2	VL	L	ML	M	M	[۰,۲۰ ، ۰,۳۰]
	C_3	H	MH	ML	MH	H	[۰,۴۲ ، ۰,۵۷]
	C_1	MH	MH	M	M	H	[۰,۴۰ ، ۰,۵۲]
A_3	C_2	VH	H	H	M	MH	[۰,۵۰ ، ۰,۶۵]
	C_3	ML	ML	M	H	H	[۰,۳۷ ، ۰,۵۲]
	C_1	ML	ML	L	L	ML	[۰,۱۸ ، ۰,۳۰]
A_4	C_2	M	M	M	ML	H	[۰,۳۵ ، ۰,۴۷]
	C_3	MH	M	M	MH	ML	[۰,۳۵ ، ۰,۴۳]
	C_1	L	ML	L	MH	ML	[۰,۲۲ ، ۰,۳۳]
A_5	C_2	M	M	MH	ML	ML	[۰,۳۲ ، ۰,۴۰]
	C_3	MH	MH	M	M	M	[۰,۳۷ ، ۰,۴۵]
	C_1	L	L	ML	ML	M	[۰,۲۰ ، ۰,۳۲]
A_6	C_2	M	ML	M	MH	H	[۰,۳۷ ، ۰,۴۸]
	C_3	M	M	M	ML	MH	[۰,۳۳ ، ۰,۴۲]
	C_1	ML	ML	L	L	L	[۰,۱۵ ، ۰,۲۸]
A_7	C_2	M	M	ML	ML	ML	[۰,۲۸ ، ۰,۳۷]
	C_3	L	L	L	ML	MH	[۰,۱۸ ، ۰,۳۲]
	C_1	H	H	MH	MH	H	[۰,۴۷ ، ۰,۶۵]
A_8	C_2	ML	M	ML	MH	M	[۰,۳۲ ، ۰,۴۰]
	C_3	L	ML	ML	M	ML	[۰,۲۳ ، ۰,۳۳]
	C_1	M	M	MH	MH	MH	[۰,۳۸ ، ۰,۴۷]
A_9	C_2	MH	MH	MH	H	MH	[۰,۴۳ ، ۰,۵۵]
	C_3	M	MH	MH	VH	VH	[۰,۵۰ ، ۰,۸۰]
	C_1	L	L	ML	ML	ML	[۰,۱۸ ، ۰,۳۰]
A_{10}	C_2	ML	M	M	ML	ML	[۰,۲۸ ، ۰,۳۷]
	C_3	L	ML	ML	M	L	[۰,۲۰ ، ۰,۳۲]
	C_1	L	L	VL	VL	VL	[۰,۰۳ ، ۰,۱۵]
A_{11}	C_2	ML	L	L	M	M	[۰,۲۲ ، ۰,۳۳]
	C_3	M	M	ML	MH	ML	[۰,۳۲ ، ۰,۴۰]
	C_1	ML	M	M	L	VL	[۰,۲۰ ، ۰,۳۰]
A_{12}	C_2	L	M	ML	ML	VL	[۰,۱۸ ، ۰,۲۸]
	C_3	M	L	VL	VL	ML	[۰,۱۳ ، ۰,۲۳]

جدول (۶): ماتریس تصمیم

گزینه	A_1(-)	A_2(+)	A_3(+)	A_4(+)	A_5(-)	A_6(-)	A_7(+)	A_8(+)	A_9(+)	A_{10}(+)	A_{11}(+)	A_{12}(+)
C_1	[۰,۵۲ ، ۰,۶۷]	[۰,۲۷ ، ۰,۳۷]	[۰,۴۰ ، ۰,۵۲]	[۰,۱۸ ، ۰,۳۰]	[۰,۲۲ ، ۰,۳۳]	[۰,۲۰ ، ۰,۳۲]	[۰,۱۵ ، ۰,۲۸]	[۰,۴۷ ، ۰,۶۵]	[۰,۳۸ ، ۰,۴۷]	[۰,۱۸ ، ۰,۳۰]	[۰,۰۳ ، ۰,۱۵]	[۰,۲۰ ، ۰,۳۰]
C_2	[۰,۳۳ ، ۰,۴۲]	[۰,۲۰ ، ۰,۳۰]	[۰,۵۰ ، ۰,۶۵]	[۰,۳۵ ، ۰,۴۷]	[۰,۳۲ ، ۰,۴۰]	[۰,۳۷ ، ۰,۴۸]	[۰,۲۸ ، ۰,۳۷]	[۰,۳۲ ، ۰,۴۰]	[۰,۴۳ ، ۰,۵۵]	[۰,۲۸ ، ۰,۳۷]	[۰,۲۲ ، ۰,۳۳]	[۰,۱۸ ، ۰,۲۸]
C_3	[۰,۴۷ ، ۰,۵۸]	[۰,۴۲ ، ۰,۵۷]	[۰,۳۷ ، ۰,۵۲]	[۰,۳۵ ، ۰,۴۳]	[۰,۳۷ ، ۰,۵]	[۰,۳۳ ، ۰,۴۲]	[۰,۱۸ ، ۰,۳۲]	[۰,۲۳ ، ۰,۳۳]	[۰,۵۰ ، ۰,۵۸]	[۰,۲۰ ، ۰,۳۲]	[۰,۳۲ ، ۰,۴۰]	[۰,۱۳ ، ۰,۲۳]

جدول (۷): ماتریس تصمیم نرمال شده

گزینه	$A_1(-)$	$A_2(+)$	$A_3(+)$	$A_4(+)$	$A_5(-)$	$A_6(-)$	$A_7(+)$	$A_8(+)$	$A_9(+)$	$A_{10}(+)$	$A_{11}(+)$	$A_{12}(+)$
C_1	[۰,۵۰ ، ۰,۶۵]	[۰,۴۷ ، ۰,۶۵]	[۰,۶۲ ، ۰,۷۹]	[۰,۳۹ ، ۰,۶۴]	[۰,۶۵ ، ۱,۰۰]	[۰,۶۳ ، ۱,۰۰]	[۰,۴۱ ، ۰,۷۷]	[۰,۷۲ ، ۱,۰۰]	[۰,۶۶ ، ۰,۸۰]	[۰,۵۰ ، ۰,۸۲]	[۰,۰۸ ، ۰,۳۸]	[۰,۶۷ ، ۱,۰۰]
C_2	[۰,۸۰ ، ۱,۰۰]	[۰,۳۵ ، ۰,۵۳]	[۰,۷۷ ، ۱,۰۰]	[۰,۷۵ ، ۱,۰۰]	[۰,۵۴ ، ۰,۶۸]	[۰,۴۱ ، ۰,۵۵]	[۰,۷۷ ، ۱,۰۰]	[۰,۴۹ ، ۰,۶۲]	[۰,۷۴ ، ۰,۹۴]	[۰,۷۷ ، ۱,۰۰]	[۰,۵۴ ، ۰,۸۳]	[۰,۶۱ ، ۰,۹۴]
C_3	[۰,۵۷ ، ۰,۷۱]	[۰,۷۴ ، ۱,۰۰]	[۰,۵۶ ، ۰,۷۹]	[۰,۷۵ ، ۰,۹۳]	[۰,۴۸ ، ۰,۵۹]	[۰,۴۸ ، ۰,۶۰]	[۰,۵۰ ، ۰,۸۶]	[۰,۳۶ ، ۰,۵۱]	[۰,۸۶ ، ۱,۰۰]	[۰,۵۵ ، ۰,۸۶]	[۰,۷۹ ، ۱,۰۰]	[۰,۴۴ ، ۰,۷۸]

جدول (۸): ماتریس تصمیم نرمال شده وزن داده شده

گزینه	$A_1(-)$	$A_2(+)$	$A_3(+)$	$A_4(+)$	$A_5(-)$	$A_6(-)$	$A_7(+)$	$A_8(+)$	$A_9(+)$	$A_{10}(+)$	$A_{11}(+)$	$A_{12}(+)$
C_1	[۰,۳۲ ، ۰,۴۸]	[۰,۲۲ ، ۰,۳۸]	[۰,۳۲ ، ۰,۵۳]	[۰,۱۳ ، ۰,۲۷]	[۰,۴۱ ، ۰,۷۵]	[۰,۳۲ ، ۰,۶۵]	[۰,۰۸ ، ۰,۲۲]	[۰,۳۱ ، ۰,۵۲]	[۰,۲۸ ، ۰,۴۱]	[۰,۲۸ ، ۰,۵۶]	[۰,۰۱ ، ۰,۱]	[۰,۱۳ ، ۰,۲۸]
C_2	[۰,۵۱ ، ۰,۷۵]	[۰,۱۶ ، ۰,۳۱]	[۰,۴۰ ، ۰,۶۷]	[۰,۲۵ ، ۰,۴۲]	[۰,۳۴ ، ۰,۵۱]	[۰,۲۱ ، ۰,۳۵]	[۰,۱۴ ، ۰,۲۸]	[۰,۲۱ ، ۰,۳۲]	[۰,۳۲ ، ۰,۴۹]	[۰,۴۴ ، ۰,۶۸]	[۰,۰۹ ، ۰,۲۲]	[۰,۱۲ ، ۰,۲۷]
C_3	[۰,۳۶ ، ۰,۵۴]	[۰,۳۴ ، ۰,۵۸]	[۰,۲۹ ، ۰,۵۳]	[۰,۲۵ ، ۰,۳۹]	[۰,۳۰ ، ۰,۴۴]	[۰,۲۴ ، ۰,۳۹]	[۰,۰۹ ، ۰,۲۴]	[۰,۱۶ ، ۰,۲۶]	[۰,۳۷ ، ۰,۵۲]	[۰,۳۱ ، ۰,۵۹]	[۰,۱۳ ، ۰,۲۷]	[۰,۰۹ ، ۰,۲۲]

در نتیجه ماتریس تصمیم، طبق رویه تعریف شده، به شرح جدول (۶) خواهد بود. شاخص‌های اول، پنجم و ششم، شاخص‌هایی از جنس منفی هستند به این مفهوم که هر میزان کمتر باشند مطلوب‌تر است و این موضوع در جدول (۶) نمایش داده شده است. سپس، ماتریس تصمیم با در نظر گرفتن فرمول‌های هفت و هشت نرمال سازی می‌گردند. نتایج در جدول (۷) به نمایش گذاشته شده‌اند. در این مرحله، ماتریس تصمیم نرمال شده در جدول (۷) با توجه به فرمول ۹ در اوزان ضرب می‌گردد (جدول (۸)).

گزینه ایده آل با استفاده از فرمول ۱۰ به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

C^+={[۰,۵۱ ، ۰,۷۵], [۰,۳۴ ، ۰,۵۸], [۰,۴۰ ، ۰,۶۷],[۰,۲۵ ، ۰,۴۲], [۰,۴۱ ، ۰,۷۵], [۰,۳۲ ، ۰,۶۵], [۰,۱۴ ، ۰,۲۸],[۰,۳۱ ، ۰,۵۲], [۰,۵۲ ۰,۳۷ ،], [۰,۴۴ ، ۰,۶۸], [۰,۱۳ ، ۰,۲۷], [۰,۱۳ ، ۰,۲۸]}

در این مرحله، درجه احتمال خاکستری از گزینه ایده آل با استفاده از فرمول ۱۱ محاسبه می‌گردد:

$P\{C_1 \le C^+\}$=۰,۷۴

$P\{C_2 \le C^+\}$=۰,۶۷

$P\{C_3 \le C^+\}$=۰,۷۱

در نهایت اولویت تأمین کنندگان به شرح زیر خواهند بود:

$C_2 > C_3 > C_1$.

۵- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این تحقیق در ابتدا ادبیات پایداری در زنجیره تأمین مورد بررسی قرار گرفته‌اند. به‌منظور حصول پایداری در زنجیره تأمین تمامی ارکان زنجیره اعم از فرآیندهای تأمین، تدارکات، تولید، لجستیک، توزیع و همچنین جمع آوری محصولات خراب و بازیافت آن‌ها باید در قالب پیوسته و با توجه به مفهوم پایداری طراحی شوند. یکی از این فرآیندها که نقطه آغازین زنجیره تأمین است، تأمین مواد خام و یا کالاهای اولیه از تأمین کنندگان است. در حال حاضر در ادبیات موضوع بیشتر توجه و تمرکز بر روی توجه به شاخص‌های اقتصادی به‌منظور انتخاب و ارزیابی تأمین کنندگان بوده است و کمتر به عوامل سه‌گانه اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی در ادبیات که عوامل تشکیل دهنده پایداری می‌باشند، توجه شده است. البته روندی رو به رشد در حوزه پایداری در مقالات دیده می‌شود ولی حضور آن در حوزه انتخاب تأمین کنندگان پایدار کمتر دیده شده است. در این مقاله بر روی موضوع توجه به این سه جنبه در ارزیابی تأمین کنندگان تأکید شده است. علاوه بر این در ادبیات موضوع روش‌های عمدتاً مبتنی بر برنامه‌ریزی خطی و چند هدفه، آرمانی، عدد صحیح و غیره جهت ارزیابی تأمین کنندگان استفاده شده است. این در حالی است که عمدتاً معیارهای ارزیابی مبهم، کیفی و شفاهی می‌باشند. بر این اساس روشی مبتنی بر تئوری خاکستری مطرح گردید که می‌تواند در شرایط ابهام مورد استفاده قرار گیرد و به مدیریت در تصمیم سازی در انتخاب تأمین کنندگان یاری رساند. نقطه تمرکز در این مقاله بر روی صنعت فولاد کشور بوده است. این صنعت به عنوان یکی از صنایع زیربنایی تا حدود بسیار زیادی با سه جنبه اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی درگیر می‌باشد. فرآیند تأمین مواد خام نیز در این صنعت مسائل سه‌گانه مورد اشاره را شامل می‌باشد. در این تحقیق در ابتدا شاخص‌های ارزیابی سه تأمین کننده بر اساس شاخص‌های شناسایی شده در ادبیات و بر اساس نظرات پنج نفر از خبرگان صنعت فولاد شناسایی و احصاء گردیدند. سپس با کمک تکنیکی که مبتنی بر تئوری خاکستری می‌باشد نسبت به ارزیابی تأمین کنندگان اقدام گردید. در این تکنیک ابتدا وزن و اهمیت هر یک از شاخص‌ها نسبت به یکدیگر تعیین و در ادامه تأمین کنندگان مورد نظر بر اساس نظرات خبرگان و با توجه به هر یک از شاخص‌ها مقایسه و رتبه بندی گردیدند. در نهایت ماتریس تصمیم بر اساس رتبه بندی حاصل شده ایجاد و نسبت به نرمال سازی داده‌ها در این ماتریس اقدام شد. در نهایت اولویت بندی تأمین کنندگان مشخص گردید. نکته حائز اهمیت در تکنیک ارائه شده در این است که در شرایط واقعی برخی از شاخص‌های ارزیابی مانند سلامتی، قابلیت تکنولوژی، نفوذ ذی‌نفعان و غیره شاخص‌های کیفی می‌باشند و تعیین عدد متناظر دقیق در آن‌ها با توجه به وضعیت تأمین کنندگان چالش برانگیز است، بازه‌ای از امتیاز و وزن کیفی تعیین می‌گردد که تحلیلی چند سطحی با لحاظ کردن اثرگذاری شاخص‌ها با یکدیگر و همچنین با لحاظ کردن تأمین کنندگان به

دست می‌دهد که در شرایط عملیاتی به مدیران زنجیره تأمین کمک شایانی در تصمیم سازی می‌نماید.

مراجع

[1] Kannan, V.R., Tan, K.C., (2005). "Just in time, total quality management, and supply chain management: understanding their linkages and impact on business performance", Omega, 33(2): 153-162.

[2] Tan, K., Lee, L., Zhu, Q., Ou, K., (2001). "Heuristic methods for vehicle routing problem with time windows", Artificial Intelligence in Engineering, 15(3): 281-295.

[3] Childerhouse, P., Towill, D.R., (2003). "Simplified material flow holds the key to supply chain integration", Omega, 31(1): 17-27.

[4] Bruntland, G., (1987). "Our common future: the world commission on environment and development", Oxford University Press.

[5] Pati, R.K., Vrat, P., Kumar, P., (2008). "A goal programming model for paper recycling system", Omega, 36(3): 405-417.

[6] Badurdeen, F., Iyengar, D., Goldsby, T.J., Metta, H., Gupta, S., Jawahir, I., (2009). "Extending total life-cycle thinking to sustainable supply chain design", International Journal of Product Lifecycle Management, 4(1-3): 49-67.

[7] Neto, J.Q.F., Bloemhof-Ruwaard, J.M., Van Nunen, J., Van Heck, E., (2008). "Designing and evaluating sustainable logistics networks", International Journal of Production Economics, 111(2): 195-208.

[8] Sarkis, J.T., (2002). "A model for strategic supplier selection", Journal of Supply Chain Management, 38(1): 18-28.

[9] Farahani, R.Z., Asgari, N., Davarzani, H., (2009). "Supply Chain and Logistics in National", International and Governmental Environment, Springer.

[10]Linton, J.K., (2007). "Sustainable supply chains: An introduction", Journal of Operations Management , 25(6): 1075-1082.

[11]Tang, C.S., Zhou, S., (2012). "Research advances in environmentally and socially sustainable operations", European Journal of Operational Research, 223(3): 585-594.

[12]Chaabane, A., Ramudhin, A., Paquet, M., (2012). "Design of sustainable supply chains under the emission trading scheme", International Journal of Production Economics, 135(1): 37-49.

[13]Al-Anzi, F.S., Allahverdi, A., (2007). "A self-adaptive differential evolution heuristic for two-stage assembly scheduling problem to minimize maximum lateness with setup times", European Journal of Operational Research, 182(1): 80-94.

[14]Mozdgir, A., Fatemi Ghomi, S.M.T., Jolai, F., Navaei, J., (2013). "Two-stage assembly flow-shop scheduling problem with non-identical assembly machines considering setup times", International Journal of Production Research, 51(12): 3625-42.

[15]Tozkapan, A., Kirca, O., Chung, C.S., (2003). "A branch and bound algorithm to minimize the total weighted flow time for the two-stage assembly scheduling problem", Computers and Operations Research, 30(2): 309-20.

[16]Holland, J.H., (1975). "Adaptation in natural and artificial systems", Ann Arbor, Michigen: University of Michigan Press; 1992 (re-issured by MIT Press).

[17]Lee, E.K., (2001). "Supplier selection and management system considering relationships in supply chain management", Engineering Management, 48(3): 307-318.

[18]Awasthi, A.C., (2009). "Supplier selection problem for a single manufacturing unit under stochastic demand", International Journal of Production Economics, 117(1): 229-233.

[19]Ghodsypour, S.H., (2001). "The total cost of logistics in supplier selection, under conditions of multiple sourcing, multiple criteria and capacity constraint", International Journal of Production Economics, 73(1): 15-27.

[20]Walton, S.V., Handfield, R.B., Melnyk, S.A. (1998). "The green supply chain: integrating suppliers into environmental management processes", Journal of Supply Chain Management, 34(2): 2-11.

[21]Govindan, K., Khodaverdi, R., Jafarian, A., (2013). "A Fuzzy Multi criteria approach for measuring sustainability performance of a Supplier based on triple bottom line approach", Journal of Cleaner Production, 47: 345-354.

[22]Sarkis, J., (2006). "Greening the Supply Chain", Berlin: Springer.

[23]Wang, Y.M., Chin, K.S., Leung, J.P.F., (2009). "A note on the application of the data envelopment analytic hierarchy process for supplier selection", International Journal of Production Research, 47(11): 3121-3138.

[24]Rao, P., (2002). "Greening the supply chain: a new initiative in South East Asia", International Journal of Operations & Production Management, 22(6): 632-655.

[25] Handfield, R.B., Nichols, E.L., Ernest, L., (2002). "Introduction to supply chain management: Prentice Hall Englewood Cliffs", NJ.

[26]Gauthier, C., (2005). "Measuring corporate social and environmental performance: the extended life-cycle assessment", Journal of Business Ethics, 59(1): 199-206.

[27]Boukherroub, T., Ruiz, A., Guinet, A., & Fondrevelle, J., (2015). "An integrated approach for sustainable supply chain planning. Computers & operations research", 54: 180-194.

[28]Banaeian, N., Mobli, H., Fahimnia, B., Nielsen, I.E., Omid, M., (2018). "Green supplier selection using fuzzy group decision making methods: A case study from the agri-food industry", Computers & Operations Research, 89: 337-347.

[29] Awasthi, A., Govindan, K., Gold, S., (2018). "Multi-tier sustainable global supplier selection using a fuzzy AHP-VIKOR based approach. International", Journal of Production Economics

195: 106-117.

[30]Govindan, K., Sivakumar, R., (2016). "Green supplier selection and order allocation in a low-carbon paper industry: integrated multi-criteria heterogeneous decision-making and multi-objective linear programming approaches", Annals of Operations Research, 238: 243-276.

[31]Dweiri, F., Kumar, S., Khan, S.A., Jain, V., (2016). "Designing an integrated AHP based decision support system for supplier selection in automotive industry", Expert Systems with Applications, 62: 273-283.

[32]Orji, I.J., Wei, S., (2015). "An innovative integration of fuzzy-logic and systems dynamics in sustainable supplier selection: A case on manufacturing industry", Computers & Industrial Engineering, 88: 1-12.

[33]Huai-Wei, L., James J.H., Her-Shing, W., Yi-Song, T., (2018). "An integrated model for solving problems in green supplier selection and order allocation, Journal of Cleaner Production, 90: 339-352.

[34]Luthra, S., Govindan, K., Kannan, D., Mangla, S.K., Garg, C.P., (2016). "An integrated framework for sustainable supplier selection and evaluation in supply chains", Journal of Cleaner Production, 140(3): 1686-1698.

[35]Tavana, M., Fallahpour, A., Di Caprio, D., Santos-Arteaga, F.J., (2016). "A Hybrid Intelligent Fuzzy Predictive Model with Simulation for Supplier Evaluation and Selection", Expert Systems With Applications, 61: 129-144.

[36]Arabsheybani A., Paydar M.M., Safaei A.S., (2018). "An integrated fuzzy MOORA method and FMEA technique for sustainable supplier selection considering quantity discounts and supplier's risk", Journal of Cleaner Production, 190: 577-591.

[37]Soleimani, H., Govindan, K., Saghafi, H., Jafari, H. (2017). "Fuzzy Multi-Objective Sustainable and Green Closed-Loop Supply Chain Network Design", Computers and Industrial Engineering, 109: 191-203.

[38]Fetio-Cespon, M., Sarache, W., Piedra-Jimenez, F., (2017). "Redesign of a sustainable reverse supply chain under uncertainity: A case study", Journal of Cleaner Production, 151: 206-217.

[39]Deng, J.L., (1982). "The introduction of grey system", The Journal of Grey System, 1(1): 1-24.

[40]Chen, M.T., (2004). "Combining grey relation and TOPSIS concepts for seleting an axpatriate host country", Mathematical and Computer Modelling, 40(13): 1473-1490.

[41]Zhang, J.W., (2005). "The method of grey related analysis to multiple attribute decision making problems with internal numbers", Mathematical and Computer Modelling, 42(9-10): 991-998.

[42]Ardavan, A., (2013). "Optimal Selection of Alternatives: Application of Grey Theory to Value Engineering", International Journal of Emerging Technologies in Computational and Applied Sciences, 5(1): 42-46.

[43]Wu, Q.Z., (2005). "Application of grey numerical model to groundwater resource evaluation", Environmental Geology, 47: 991- 999.

[44]Shi, J.L., (2005). "A new solution for interval number linear programming. Journal of Systems Engineering Theory and Practice, 2: 101-106.

[45]Li, G.Y., (2007). "A grey-based decision-making approch to the supplier selection problem", Mathematical and Computer Modelling, 573-581.

IERPS Journal of Industrial Engineering Research in Production Systems

ISSN: 2345-2269

Journal of Industrial Engineering Research in Production Systems

Autumn and Winter 2018, Volume 6., No. 13., pp.165-177
www.ier.basu.ac.ir

DOI: 10.22084/ier.2019.15101.1699

Sustainable Supplier Selection Based on Grey Theory: Case Study in Steel Industry

A. Ardavan[1,*], A. Alem Tabriz[1], M. Rabieh[1], M. Zandieh[1]

[1] Department of Industrial Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

ARTICLE INFO

***Article history*:**

Received 06 December 2017
Accepted 02 Octobr 2018

***Keywords*:**

Sustainability
Supply Chain
Supplier Management
Grey Theory

ABSTRACT

Supplier Selection plays an important role in supply chain management. Attention to sustainability in supply chain makes supplier selection more controversial. Current studies have concentrated on economic factors for selection and evaluation of suppliers and there are few emphasis on triple factors including economic, environmental and social elements as the sustainability factors. Also, the methods that are used for supplier evaluation is almost based on linear programming, multi-objective programming, goal programming, integer programming, and the other exact methods. But in real situation, the evaluation criteria are ambiguous, qualitative and verbal. So, in this study, a new technique based on Grey theory is proposed for supplier evaluation that can be used in ambiguous situations. This technique helps managers to decide on supplier selection problems in real scenarios. In this study, the economic, environmental and social indices for suppliers' evaluation are identified based on experts' opinion and by applying Grey theory a technique is developed for suppliers' evaluation. The novelty of this research is to develop a new technique with more levels of analysis in ambiguity, considering sustainability factors. The case study of this research is steel industry.

* Corresponding author. Akbar Alem Tabriz
Tel.: 021-22905234; *E-mail address: a-tabriz@sbu.ac.ir*