

## الویت‌بندی تامین‌کنندگان زنجیره تامین سبز با استفاده از رویکرد ترکیبی فازی MCDM

مهدی همایون فر<sup>۱</sup>، مهرداد گودرزوند چگینی<sup>۲</sup>، امیر دانشور<sup>۳\*</sup>

۱- استادیار، مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

۲- استاد، مدیریت دولتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران

۳- استادیار، مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، واحد الکترونیکی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

رسید مقاله: ۱۳ آبان ۱۳۹۵

پذیرش مقاله: ۲۳ اردیبهشت ۱۳۹۶

### چکیده

افزایش سطح تولید سیستم‌های تولیدی که پیامد ناخواسته توسعه صنعتی است، در سال‌های اخیر رشد فزاینده‌ای داشته است. آثار منفی این رویداد، شرکت‌ها را بر آن داشته است که برای حفظ جایگاه خود، راه‌کارهایی را در زمینه اجرای مدیریت زیست محیطی اتخاذ نمایند. از جمله این راهکارها توجه به مسایل سبز در زنجیره تامین است که تا اندازه زیادی تحت تاثیر عملکرد تامین‌کنندگان آن‌ها قرار دارد؛ بنابراین، ارزیابی و انتخاب تامین‌کننده سبز یک تصمیم استراتژیک برای حضور در بازارهای رقابتی و حفظ جایگاه اجتماعی شرکت‌ها محسوب می‌شود. با توجه به تنوع معیارهای ارزیابی، کمی یا کیفی بودن آن‌ها و ماهیت فازی معیارهای کیفی، در این پژوهش یک رویکرد ترکیبی MCDM فازی مبتنی بر تکنیک‌های دلفی فازی، فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی و ویکور فازی برای ارزیابی و انتخاب تامین‌کنندگان سبز شرکت سایپا ارایه گردیده است. به این منظور، در ابتدا با بررسی مبانی نظری، معیارهای انتخاب تامین‌کنندگان در زنجیره تامین سبز مورد بررسی قرار گرفتند. سپس با بررسی وضعیت فعلی شرکت سایپا، مشاوره با خبرگان و استفاده از روش دلفی فازی، معیارهای با درجه اهمیت بالاتر شناسایی شدند. در مرحله بعد معیارهای نهایی در قالب پرسشنامه مقایسات زوجی در اختیار خبرگان شرکت قرار گرفت و داده‌های لازم جهت اولویت‌بندی آن‌ها بر اساس تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی جمع‌آوری گردید. در نهایت، با استفاده از تکنیک ویکور فازی، ۱۰۰ تامین‌کننده شرکت سایپا، مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان‌دهنده آن است که رویکرد ارایه شده، چارچوب کارآمدی برای اولویت‌بندی تامین‌کنندگان سبز شرکت سایپا است.

**کلمات کلیدی:** ارزیابی تامین‌کننده، دلفی فازی، فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی، ویکور فازی، زنجیره تامین سبز.

\* عهده‌دار مکاتبات

آدرس الکترونیکی: daneshvar.amir@gmail.com

## ۱ مقدمه

جهانی‌سازی، افزایش مقررات سازمان‌های دولتی و غیردولتی و فشار و درخواست مشتریان در خصوص رعایت مسایل زیست محیطی، تولیدکنندگان را وادار به استفاده از راه‌کارهای مدیریت مسایل زیست محیطی نموده است. دیدگاه‌هایی نظیر مدیریت زنجیره تامین سبز<sup>۱</sup>، بهره‌وری سبز، تولید پاک و سیستم‌های مدیریت محیط زیست، در راستای پیاده‌سازی ساز و کارهای مدیریت سبز به کار گرفته شده‌اند [۱]. در این راستا، مدیریت زنجیره تامین سبز، سعی دارد با پیاده‌سازی الزامات زیست محیطی در انتخاب و تامین مواد اولیه، طراحی محصول، تولید و ساخت، فرایندهای توزیع و انتقال، تحویل به مشتری و بالاخره خدمات پس از فروش / مصرف، مدیریت بازیافت و مصرف مجدد، میزان بهره‌وری مصرف انرژی و منابع را به همراه عملکرد کل زنجیره تامین بیشینه نماید [۳،۲]. رعایت الزامات زیست محیطی در ترکیب با مدیریت زنجیره تامین، یک موقعیت برنده-برنده را برای سازمان‌ها فراهم می‌سازد و به آن‌ها در شکل‌گیری مزیت رقابتی قوی در بازار (از طریق کاهش هزینه و بهبود در رقابت) کمک می‌کند [۴]. از دید کلان نیز توجه به مسایل سبز، هم به عنوان مکانیسمی برای افزایش قابلیت طراحی محصولات سبز و هم به عنوان وسیله‌ای برای ایجاد بازارهایی برای محصولات سبز سازگار با محیط زیست، حایز اهمیت است [۵].

از آنجایی که تامین‌کنندگان، حلقه اساسی زنجیره تامین به شمار می‌روند و ارزیابی و انتخاب تامین‌کننده مناسب به شرکت کمک می‌کند تا محصولات با کیفیت مناسب را به مقدار مورد نیاز، با قیمت مناسب و در زمان مورد نیاز فراهم آورد [۶]، و نیز با توجه به افزایش قوانین زیست محیطی بین‌المللی، تغییر پارادایم مصرف و توجه مشتریان به استفاده از محصولات سبز سازگار با محیط زیست و ضرورت پیوستن به سازمان تجارت جهانی، ارزیابی و انتخاب موثر تامین‌کنندگان، مسئولیت مهمی است که باید پیش از گذشته مورد توجه قرار گیرد. اگر در گذشته، شرکت‌ها در انتخاب تامین‌کنندگان خود بر معیارهایی مانند: هزینه، تحویل به موقع، خدمات حین و پس از فروش، انعطاف‌پذیری و سایر معیارها تاکید می‌کردند [۷]، امروزه محققان حوزه مدیریت زنجیره تامین به اتفاق بر این مساله تاکید دارند که توجه به معیارهای سبز در ارزیابی تامین‌کنندگان، نقش به‌سزایی دارند [۸].

صنعت خودروسازی ایران، پس از نفت، بزرگ‌ترین صنعت کشور به شمار می‌رود که در سال ۲۰۰۹ عنوان بیستمین خودروساز بزرگ جهان و بزرگترین خودروساز خاورمیانه را کسب کرده است. این صنعت از منظر تنوع قطعات، ماشین‌آلات و نیز فرآیندهای تولیدی، به عنوان یکی از صنایع تاثیرگذار بر حوزه محیط زیست کشور همواره مورد توجه بوده است. شرکت خودروسازی سایپا به عنوان دومین تولیدکننده بزرگ خودروی ایران پس از ایران خودرو، با ۳۸/۵ درصد سهم بازار تولیدات داخلی، نقش قابل ملاحظه‌ای در این صنعت دارا می‌باشد. این شرکت از دو جنبه برای دستیابی به زنجیره تامین سبز با چالش روبرو است. جنبه اول، برنامه‌ریزی ظرفیت تامین-کنندگان قطعات و ماشین‌آلات مورد نیاز است که سهم بسزایی در حفظ و نگهداری محیط زیست ایفا می‌کند. جنبه دوم، تولید بر اساس استانداردهای زیست محیطی است که به عنوان یک مساله داخلی در بیانیه ماموریت

<sup>1</sup> Green Supply Chain Management

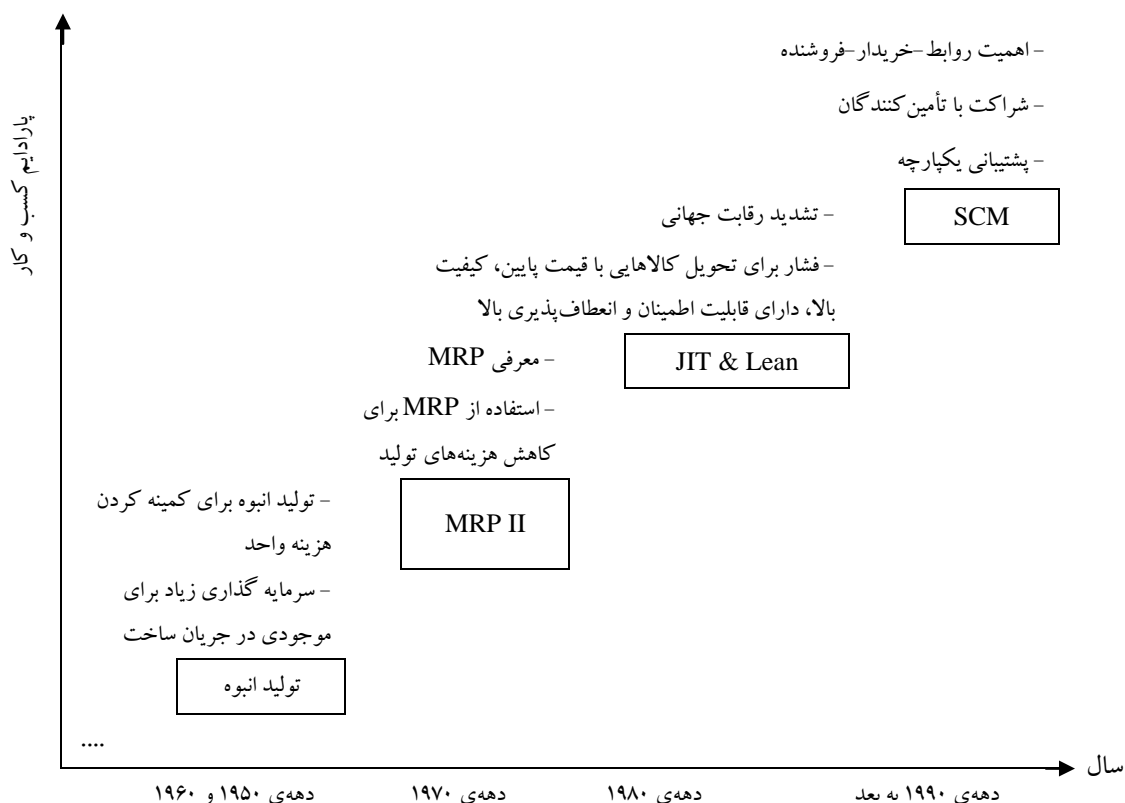
شرکت، مورد توجه بوده است. هدف اصلی این پژوهش، در ابتدا شناسایی و اولویت‌بندی معیارهای انتخاب تامین‌کنندگان سبز و سپس رتبه‌بندی تامین‌کنندگان بر اساس معیارهای شناسایی شده با استفاده از رویکرد ترکیبی دلفی فازی، فرایند سلسله‌مراتبی فازی و ویکور فازی می‌باشد. در این پژوهش از تکنیک‌های فازی جهت انتخاب تامین‌کنندگان سبز استفاده شده است، تا علاوه بر شاخص‌های متعارض و متناقض، ابهام و نادقیق بودن داده‌های واقعی مساله و قضاوت‌های تصمیم‌گیرندگان در تصمیم‌گیری مورد توجه قرار گیرد.

## ۲ مبانی نظری پژوهش

### ۲-۱ زنجیره تامین و مدیریت زنجیره تامین سبز

زنجیره تامین، مجموعه نسبتاً پایدار از کسب و کارهایی است که در یک توالی از فعالیت‌های تولید، انبارداری و توزیع کالا به مشتری نهایی، قرار دارند [۱۰]. از دیدگاه استدلر<sup>۱</sup> و از دید تئوری سازمان، زنجیره تامین، شکل خاصی از یک سازمان شبکه‌ای است که دربردارنده پیوند نه چندان محکمی از مولفه‌های آن است [۱۱]. یک زنجیره تامین ارتباط درونی سازمان‌ها، منابع و فرآیندهایی را که محصولات و خدمات را تولید و به مشتری نهایی تحویل می‌دهند، برقرار می‌سازد (جعفرنژاد، ۱۳۸۵). طبق تعریف لادون و لادون، زنجیره تامین تمامی فعالیت‌های مرتبط با جریان مواد و تبدیل کالاها از مرحله تامین مواد خام تا تحویل کالا به مصرف‌کنندگان نهایی و نیز جریان‌های اطلاعاتی مرتبط با آنها را شامل می‌شود [۱۲].

مدیریت زنجیره تامین، شامل مجموعه روش‌هایی است که برای یکپارچه‌سازی مؤثر تامین‌کنندگان، تولیدکنندگان، انبارها و فروشگاه‌ها به کار می‌رود تا محصولات مورد نیاز به مقدار مشخص و در زمان و مکان معین تولید گردد و به مشتریان عرضه شود، هزینه‌های کل زنجیره تامین به حداقل برسد و نیاز مشتریان با سطح خدمت‌رسانی بالایی برآورده شود [۱۳]. سیر تحول مدیریت زنجیره تامین در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. مراحل تکامل مدیریت زنجیره تامین [۱۲]

## ۲-۲ ارزیابی تامین‌کنندگان سبز

مفهوم زنجیره تامین سبز نخستین بار توسط کله و سیلور در سال ۱۹۸۹ مطرح شد [۱۴]. در چند دهه گذشته، محققین بسیاری به بررسی مفاهیم زیست محیطی در مدیریت زنجیره تامین پرداخته‌اند [۹]. بر اساس گفته بوئن و همکاران، زنجیره تامین سبز مفهومی است که بتدریج در صنعت مورد پذیرش قرار گرفته و به عنوان اقدامات و برنامه‌های خرید شرکت که نگرانی‌های زیست محیطی را به عنوان بخشی از مدیریت زنجیره تامین مورد ملاحظه قرار می‌دهد، تعریف گردیده است. این اقدامات و برنامه‌ها سعی بر تقویت عملکرد زیست محیطی هر دوی تامین‌کنندگان و مشتریان دارد [۱۵]. مدیریت زنجیره تامین سبز را می‌توان به عنوان دخالت دادن نگرانی‌های زیست محیطی در اقدامات درون سازمانی مدیریت زنجیره تامین که شامل لجستیک معکوس نیز می‌باشد، در نظر گرفت. تولیدکنندگان این رویکرد را به عنوان گزینه ای منطقی برای بهبود عملکرد عملیاتی شرکت‌ها در نظر گرفته‌اند که در عین حال، آثار زیان بار تولیدشان را کاهش می‌دهد [۱۶].

موضوعات زیادی در زمینه ارزیابی مدیریت زنجیره تامین و به‌طور خاص، ارزیابی تامین‌کنندگان سبز مورد بررسی قرار گرفته‌اند. لو و همکاران از قوانین زیست محیطی کاربردی برای ارزیابی تامین‌کنندگان سبز با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی و تصمیم‌گیری چند شاخصه استفاده نمودند [۹]. کوتزاب<sup>۱</sup> و همکاران، ۳۴

<sup>۱</sup> Kotzab

شاخص زنجیره تامین سبز در حوزه خرده فروشی را شناسایی کرده و این شاخص‌ها را در هشت طبقه سیستم‌های مدیریت محیطی، استفاده از انرژی، توجه به ورودی‌ها، محصول، بسته‌بندی، حمل و نقل، مصرف و ضایعات جای دادند [۱۷]. لارج و تامسن<sup>۱</sup>، شاخص‌های مدیریت زنجیره تامین سبز را شناسایی کرده و در قالب پنج مولفه قابلیت‌های مدیریت تامین سبز، خرید سبز، تعهد محیطی، ارزیابی محیطی تامین کنندگان و همکاری با تامین کنندگان ارائه دادند [۱۸]. دو<sup>۲</sup> و همکاران با توجه به دو دسته معیارهای اصلی و زیست محیطی، از روش فرایند تحلیل شبکه‌ای خاکستری برای رتبه‌بندی تامین کنندگان سبز استفاده کردند [۱۹]. کنان و همکاران، از روش تاپسیس فازی به منظور رتبه‌بندی تامین کنندگان در زنجیره تامین سبز در شرکت های برزیل استفاده کردند [۲۰]. در پژوهش دیگر کنان و همکاران، با طراحی یک سیستم فازی به انتخاب تامین کنندگان سبز شرکت های تولید کننده پلاستیک در سنگاپور پرداختند [۲۱]. تسنگ و همکاران، به بررسی و ارزیابی مدیریت زنجیره تامین سبز سیستم‌های تولید انرژی با استفاده از تحلیل روابط خاکستری و تئوری مجموعه فازی پرداختند [۲۲]. هسو و همکاران با استفاده از روش دیماتل به انتخاب تامین کنندگان سبز یک شرکت تامین کننده قطعات الکترونیکی پرداختند [۲۳]. لی و همکاران، یک مدل انتخاب تامین کننده سبز را برای ارزیابی تامین کنندگان ترانزیستور LCD ارائه دادند [۲۴]. معیارهای این مدل انتخاب شامل: کیفیت، توانایی فناوری، کنترل آلودگی، مدیریت زیست محیطی، محصول سبز، تصویر و شایستگی سبز بودند. آواستی<sup>۳</sup> و همکاران، یک رویکرد چند معیاره فازی (تاپسیس فازی) برای ارزیابی عملکرد زیست محیطی تامین کنندگان ارائه کردند. در این پژوهش معیارهای ارزیابی شامل فناوری دوستدار محیط زیست، مواد دوستدار محیط زیست، تعهد مدیریت به وظایف سبز، گواهینامه زیست محیطی و کنترل آلودگی بودند [۲۵]. چای<sup>۴</sup> و همکاران، روش های تصمیم‌گیری در انتخاب تامین کننده را به صورت یک مقاله ادبیات مروری بررسی کردند [۲۶]. هسو<sup>۵</sup> و همکاران، از روش دیماتل برای انتخاب تامین کنندگان در زنجیره تامین سبز استفاده کردند [۲۳]. قربانپور و همکاران در مطالعه‌ای به منظور کاهش خطرات محیطی، افزایش عملکرد زیست محیطی و دستیابی به مزیت رقابتی در حوزه صنایع نفتی ایران، به ارائه یک مدل ساختاری اقدامات مدیریت زنجیره تامین سبز پرداختند [۲۷]. کو<sup>۶</sup> و همکاران، دو رویکرد شبکه عصبی و تصمیم‌گیری چند شاخصه (تحلیل پوششی داده‌ها و تحلیل شبکه‌ای) را برای انتخاب تامین کنندگان سبز یک تولید کننده شناخته شده دورین عکاسی مورد استفاده قرار دادند. معیارهای مورد استفاده برای انتخاب تامین کننده در این پژوهش شامل: معیارهای سنتی (کیفیت، خدمات، تحویل و هزینه) و معیارهای زیست محیطی (توجه به محیط زیست و پاسخگویی اجتماعی شرکت) بودند [۶].

<sup>1</sup> Large and Thompson

<sup>2</sup> Dou

<sup>3</sup> Awasthi

<sup>4</sup> Chai

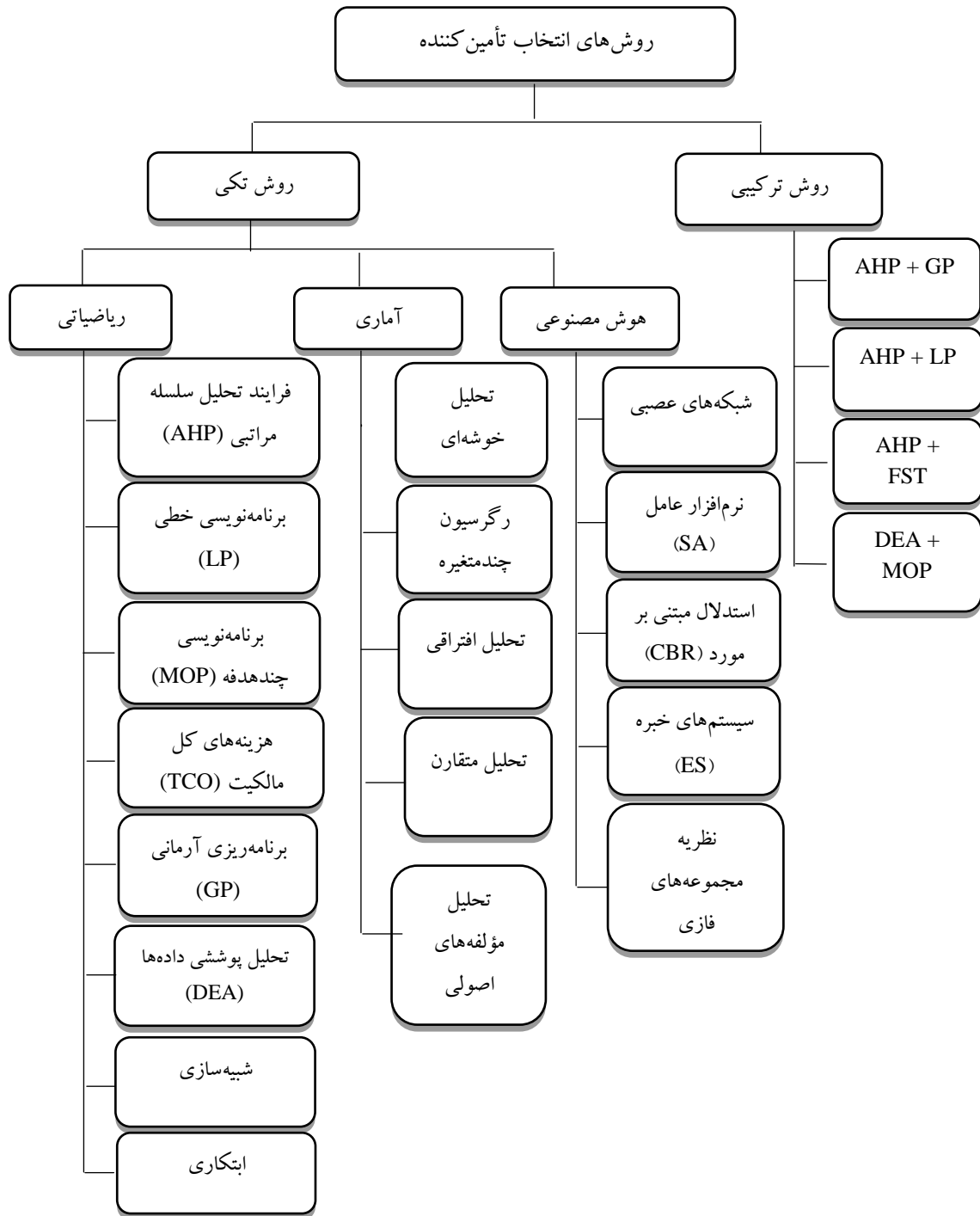
<sup>5</sup> Hsu

<sup>6</sup> Kuo

## ۲-۳ تکنیک‌های به کار رفته برای انتخاب تأمین‌کننده

در سال‌های اخیر، مساله انتخاب تأمین‌کننده به یکی از مهم‌ترین مسایل موجود در شکل‌گیری یک سیستم زنجیره تأمین اثربخش تبدیل شده است. انتخاب تأمین‌کننده در زنجیره تأمین، یک انتخاب گروهی مبتنی بر شاخص‌های چندگانه کمی و کیفی است [۲۸] که در سال‌های اخیر اهمیت فزاینده‌ای یافته و طبقه‌بندی‌های مختلفی از آن صورت گرفته است، با این وجود، معمولاً شرکت‌ها برای دستیابی به انتخاب خود، مجموعه مناسبی از روش‌ها را به کار می‌گیرند [۲۹].

هو و همکاران با مطالعه بر روی ۷۸ مقاله منتشر شده در حوزه انتخاب تأمین‌کننده در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۸، تکنیک‌های به کار رفته را در دو گروه اصلی: رویکردهای تکی و ترکیبی طبقه‌بندی نمودند. در رویکرد تکی، تحلیل پوششی داده‌ها، برنامه‌نویسی ریاضی، فرایند تحلیل سلسله مراتبی، فرایند تحلیل شبکه‌ای، استدلال مبتنی بر مورد، نظریه مجموعه فازی، اسمارت و الگوریتم ژنتیک قرار گرفته‌اند. رویکرد ترکیبی نیز شامل: رویکرد ترکیبی فرایند تحلیل سلسله مراتبی، رویکرد ترکیبی فازی و ترکیب سایر روش‌ها می‌باشد [۳۰]. در بررسی دیگری، وبر و همکاران با بررسی ۷۶ مقاله مرتبط با انتخاب تأمین‌کننده نشان دادند که در ۴۷ مقاله، بیش از یک معیار در ارزیابی در نظر گرفته شده‌اند [۳۱]. در دو دهه‌ی اخیر، روش‌های تصمیم‌گیری مختلفی جهت ارزیابی تأمین‌کننده و مشکلات انتخاب ارایه شده‌اند. دیدگاه‌های اصلی در فرایند انتخاب تأمین‌کننده به روش‌ها و شاخص‌های تصمیم خلاصه شده‌اند. برای مثال هو و همکاران [۳۰]، دی‌بوئر و همکاران [۳۲]، وبر و همکاران [۳۱] و دگرو و همکاران [۳۳]، مبتنی بر مطالعات قبلی، روش‌های به کار گرفته شده جهت بررسی مساله انتخاب تأمین‌کننده را در چهار دسته: (۱) مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه، (۲) مدل‌های برنامه‌نویسی ریاضی، (۳) رویکردهای ترکیبی و (۴) رویکردهای هوشمند، طبقه‌بندی کرده‌اند. شکل ۲ طبقه‌بندی تکنیک‌های انتخاب تأمین‌کننده را در قالب نمودار درختی نمایش می‌دهد.



شکل ۲. طبقه‌بندی روش‌های انتخاب تأمین‌کننده [۳۴]

۳ روش‌شناسی پژوهش  
۱-۳ روش تحقیق

روش‌های پژوهش را می‌توان با توجه به دو ملاک هدف پژوهش و نحوه گردآوری داده‌ها مورد بررسی قرار داد. از آنجایی که در پژوهش حاضر سعی به بررسی و توسعه دانش کاربردی در یک زمینه خاص پرداخته شود، از لحاظ هدف کاربردی و از نظر اجرا میدانی است. به علاوه، در دسته‌بندی پژوهش‌ها بر اساس نحوه گردآوری داده‌ها این پژوهش پیمایشی است و با توجه به شناسایی شاخص‌های ارزیابی در طول تحقیق، اکتشافی است. همچنین این پژوهش کمی و از نوع مدلسازی ریاضی به شمار می‌رود.

### ۳-۲ جامعه آماری

در این تحقیق جامعه آماری از دو منظر قابل بررسی است. دسته‌ی اول، شامل ۱۰ تن از خبرگان حوزه‌ی مدیریت زنجیره تامین و صنعت خودروسازی می‌باشند که برای غربالگری معیارهای انتخاب تامین‌کنندگان سبز و تعیین وزن آن‌ها، در روش دلفی فازی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی از نظرات آنان استفاده گردید و دسته‌ی دوم، شامل کارشناسان و خبرگان مدیریت زنجیره تامین، مدیریت تولید و مدیریت کارخانه شرکت سایپا است که با توجه به نظر مدیر ارشد شرکت برای ارزیابی تامین‌کنندگان از میان دیگر خبرگان شرکت انتخاب شدند.

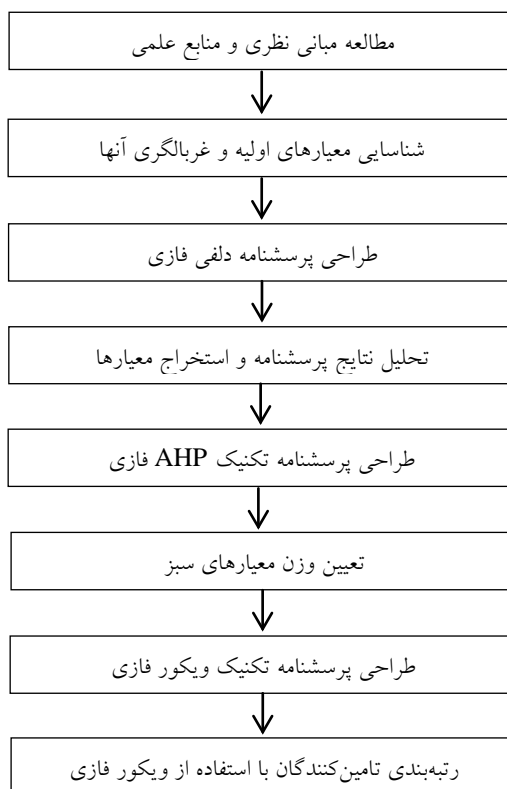
جدول ۱. مشخصات خبرگان برای فرایند دلفی فازی و تحلیل سلسله مراتبی فازی

| سابقه‌ی تجربه    | حوزه فعالیت | کارشناس | کارشناس ارشد | دکتری | مجموع | مجموع کل خبرگان |
|------------------|-------------|---------|--------------|-------|-------|-----------------|
| بین ۵ الی ۱۰ سال | صنعت        | ۰       | ۱            | ۰     | ۱     | ۱۰              |
| بیش از ۱۰ سال    |             | ۱       | ۲            | ۲     | ۵     |                 |
| بین ۵ الی ۱۰ سال | دانشگاه     | ۰       | ۰            | ۲     | ۲     |                 |
| بیش از ۱۰ سال    |             | ۰       | ۰            | ۲     | ۲     |                 |

### ۳-۳ مراحل اجرای پژوهش

هدف پژوهش حاضر، اولویت‌بندی تامین‌کنندگان سبز در زنجیره تامین شرکت سایپا است. به این منظور در مرحله اول با مطالعات کتابخانه‌ای، جستجو در سایت‌های معتبر علمی و بررسی متون علمی موجود، معیارهای ارزیابی و انتخاب تامین‌کنندگان در زنجیره تامین سبز، برای زنجیره تامین شرکت سایپا جمع‌آوری گردید. سپس با توجه به ادبیات پژوهش، بررسی وضعیت موجود شرکت سایپا، مشاوره با خبرگان و استفاده از روش دلفی فازی، معیارهای با درجه اهمیت بالاتر برای توسعه روش‌های ارزیابی، شناسایی گردیدند. در مرحله بعد معیارهای نهایی در قالب پرسشنامه در اختیار خبرگان قرار گرفت تا داده‌های لازم جهت اولویت‌بندی آن‌ها جمع‌آوری شود. در نهایت، پس از تعیین وزن معیارها، ۱۰۰ تامین‌کننده زنجیره تامین سایپا توسط روش ویکور فازی ارزیابی شدند. مراحل اجرای پژوهش در شکل ۳ نشان داده شده است:





شکل ۳. مراحل اجرای پژوهش

## ۴ روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

### ۴-۱ روش دلفی فازی

روش دلفی فازی که توسط ایشی کاوا و همکاران [۳۵] معرفی گردید، برگرفته از روش دلفی سنتی و تئوری مجموعه فازی است. نوردرباین نشان داد که کاربرد روش دلفی فازی، ابهاماتی که در نظرات خبرگان وجود دارد را برطرف می‌کند [۳۶]. در گام اول، جهت تعیین نمودن معیارهای انتخاب تامین‌کنندگان سبز در زنجیره تامین از روش دلفی فازی استفاده می‌شود. اولین مرحله از این فرایند، انتخاب خبرگان می‌باشد. با توجه به حوزه تحقیق، در این پژوهش از دو گروه از افراد (۱۰ نفر اساتید حوزه مدیریت زنجیره تامین و کارشناسان و مدیران صنایع خودروسازی) استفاده شده و مقدمات برای اجرای فرایند به‌عمل خواهد آمد. در گام بعد، پرسشنامه‌ها برای خبرگان ارسال می‌گردد. این پرسشنامه‌ها پس از تکمیل جمع‌آوری گردیده و نتایج حاصل از نظرات دور اول در قالب پرسشنامه مجدداً برای آن‌ها ارسال خواهد شد تا پس از بررسی نتایج مرحله ابتدایی و دریافت بازخور، نظرات خود را مجدداً ارائه دهند. پس از جمع‌آوری و تحلیل نظرات خبرگان در دور دوم، اختلاف میانگین نظرات آن‌ها بررسی می‌شود. اگر این اختلاف کم تر از  $0/2$  باشد، اجماع حاصل گردیده و مراحل دلفی فازی به اتمام رسیده است. در غیر این صورت، مجدداً تحلیل نتایج این دور نیز برای خبرگان ارسال خواهد شد. این رفت و برگشت‌ها تا آنجا ادامه می‌یابد که خبرگان در مورد تمام معیارها به اجماع برسند. اگر در این رفت و برگشت‌ها خبرگان تصمیم به اضافه نمودن معیاری بگیرند، این معیار در دور بعد به پرسشنامه اضافه خواهد شد و نظرات در

مورد این معیار اخذ می‌شود. در این مطالعه برای تبدیل واژگان زبانی به اعداد فازی از اعداد فازی مثلثی استفاده می‌شود.

**جدول ۲.** واژگان زبانی و ارزش فازی آن‌ها برای تخصیص ارزش به معیار

|          |               |
|----------|---------------|
| (۷،۹،۱۰) | بسیار مناسب   |
| (۵،۷،۹)  | مناسب         |
| (۳،۵،۷)  | معمولی        |
| (۱،۳،۵)  | نامناسب       |
| (۰،۱،۳)  | بسیار نامناسب |

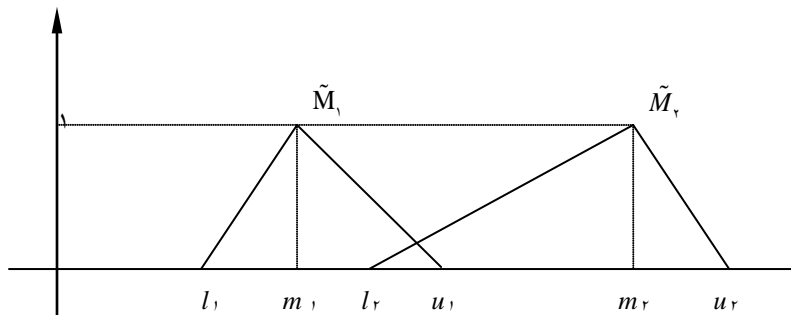
#### ۴-۲- روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی

فرایند تحلیل سلسله مراتبی یک روش تصمیم‌گیری چندمعیاره است که در سال ۱۹۸۰ توسط ساعتی ارایه شد. این روش به تصمیم‌گیرندگان اجازه می‌دهد که یک مساله پیچیده را در قالب ساختار سلسله مراتبی که متشکل از هدف، معیار، زیر معیار و گزینه‌ها است، مدل‌سازی کنند [۳۷]. فرایند تحلیل سلسله مراتبی نگرشی کلی از روابط پیچیده در مسایل مختلف ارایه نموده و مشخص می‌سازد که عناصر تحت ارزیابی از چه اولویتی در مقایسه با یکدیگر برخوردارند. رویه حل مساله در این تکنیک عبارتست از: (۱) تعیین هدف، معیارهای ارزیابی و گزینه‌ها، (۲) ارایه سطوح ساختار سلسله مراتب و (۳) تعیین اهمیت معیارها و گزینه‌ها.

در سال‌های اخیر، پژوهش‌های بسیاری به ارزیابی و اولویت‌بندی گزینه‌ها پرداخته‌اند که در این میان، فرایند تحلیل سلسله مراتبی از کاربرد بیش تری برخوردار است. با توجه به گرایش استفاده از مفاهیم فازی در تصمیم‌گیری، فرایند سلسله مراتبی فازی نیز از اهمیت بسیاری برخوردار گردیده و پژوهش‌های بسیاری در سال‌های اخیر در این زمینه انجام گرفته است.

در این پژوهش، برای تعیین اهمیت معیارها، روش آنالیز توسعه‌ای<sup>۱</sup> از میان روش‌های مختلف فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی انتخاب شده است. گام‌های روش به صورت زیر می‌باشند:

دو عدد مثلثی فازی  $M_1 = (l_1, m_1, u_1)$  و  $M_2 = (l_2, m_2, u_2)$  را در نظر می‌گیریم، آنگاه:



**شکل ۴.** مقایسه دو عدد مثلثی فازی

<sup>1</sup> Extent Analysis

گام ۱- ارزش  $S_K$  که یک ارزش مثلثی فازی است، با استفاده از رابطه ۱ محاسبه کنید:

$$S_K = \sum_{j=1}^n \tilde{M}_{kj} \otimes \left[ \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \tilde{M}_{ij} \right]^{-1} \quad (1)$$

در این رابطه  $K$  بیانگر شماره سطر و  $i$  و  $j$  به ترتیب نشان‌دهنده گزینه‌ها و شاخص‌ها می‌باشند.

گام ۲- درجه بزرگی ارزش‌های  $S_K$  را نسبت به یکدیگر به دست آورید. به طور کلی اگر  $\tilde{M}_\alpha$  و  $\tilde{M}_\beta$  دو عدد مثلثی فازی باشند، درجه بزرگی  $\tilde{M}_\alpha$  بر  $\tilde{M}_\beta$  به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\begin{cases} V(\tilde{M}_\alpha \geq \tilde{M}_\beta) = 1 & \text{if } m_\alpha \geq m_\beta \\ V(\tilde{M}_\alpha \geq \tilde{M}_\beta) = 0 & \text{if } u_\alpha < l_\beta \\ V(\tilde{M}_\alpha \geq \tilde{M}_\beta) = hgt(\tilde{M}_\alpha \cap \tilde{M}_\beta) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

برای محاسبه ارزش  $hgt$  در رابطه فوق، داریم:

$$hgt(\tilde{M}_\alpha \cap \tilde{M}_\beta) = \frac{u_\alpha - l_\beta}{(u_\alpha - l_\beta) + (m_\alpha - m_\beta)} \quad (3)$$

گام ۳- میزان بزرگی یک عدد مثلثی فازی از  $K$  عدد مثلثی فازی دیگر نیز از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$V(\tilde{M}_\alpha \geq \tilde{M}_\beta, \dots, \tilde{M}_K) = V(\tilde{M}_\alpha \geq \tilde{M}_\beta), \dots, V(\tilde{M}_\alpha \geq \tilde{M}_K) \quad (4)$$

گام ۴- وزن شاخص‌ها در ماتریس مقایسات زوجی به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$w'(x_i) = \min \{ V(S_i \geq S_k) \} \quad k = 1, 2, \dots, n, \quad k \neq i \quad (5)$$

برای به دست آوردن بردار نرمالایز شده وزن شاخص‌ها، هر یک از عناصر فوق را بر مجموع عناصر تقسیم شوند. قابل ذکر است که هر یک از خبرگان، بر اساس مقادیر جدول ۳، به تکمیل ماتریس مقایسات زوجی پرداختند.

جدول ۳. متغیرهای زبانی اهمیت معیارها

| واژه زبانی       | عدد فازی    | عدد مثلثی فازی |
|------------------|-------------|----------------|
| ترجیح کامل       | $\tilde{9}$ | (۹،۹،۹)        |
| ارزش بینابینی    | $\tilde{8}$ | (۷،۸،۹)        |
| ترجیح بسیار زیاد | $\tilde{7}$ | (۶،۷،۸)        |
| ارزش بینابینی    | $\tilde{6}$ | (۵،۶،۷)        |
| ترجیح زیاد       | $\tilde{5}$ | (۴،۵،۶)        |
| ارزش بینابینی    | $\tilde{4}$ | (۳،۴،۵)        |

|         |             |               |
|---------|-------------|---------------|
| (۲،۳،۴) | $\tilde{3}$ | ترجیح نسبی    |
| (۱،۲،۳) | $\tilde{2}$ | ارزش بینابینی |
| (۱،۱،۱) | $\tilde{1}$ | ترجیح یکسان   |

### ۳-۴ روش ویکور فازی

روش ویکور از مدل‌های پرکاربرد در تصمیم‌گیری است که در سال ۱۹۹۸ توسط آپریکوویک ارایه شد [۳۸] و توسط آپریکوویک و تسنگ توسعه داده شد [۳۹]. این روش مبتنی بر یک تابع تراکمی است که برای حل مدل‌های دارای معیارهای متعدد و متضاد تهیه شده و عموماً برای حل مسایل گسسته کاربرد دارد. این روش بدنبال گزینه‌ای است که کم‌ترین فاصله را با جواب ایده‌آل داشته باشد. در روش ویکور تحت محیط فازی به تصمیم‌گیرنده پیشنهاد می‌شود که از واژه‌های زبانی برای ارزیابی گزینه‌ها استفاده کند. مقیاس زبانی برای ارزیابی گزینه‌ها به صورت زیر می‌باشد:

جدول ۴. ارزش اعداد فازی مثلثی روش ویکور

| واژه زبانی  | عدد فازی    | عدد مثلثی فازی   |
|-------------|-------------|------------------|
| بسیار کم    | $\tilde{1}$ | (۰، ۰/۰۵، ۰/۱۵)  |
| کم          | $\tilde{2}$ | (۰/۱، ۰/۲، ۰/۳)  |
| نسبتاً کم   | $\tilde{3}$ | (۰/۲، ۰/۳۵، ۰/۵) |
| متوسط       | $\tilde{4}$ | (۰/۳، ۰/۵، ۰/۷)  |
| نسبتاً زیاد | $\tilde{5}$ | (۰/۵، ۰/۶۵، ۰/۸) |
| زیاد        | $\tilde{6}$ | (۰/۷، ۰/۸، ۰/۹)  |
| بسیار زیاد  | $\tilde{7}$ | (۰/۸۵، ۰/۹۵، ۱)  |

گام ۱- ماتریس تصمیم گروهی فازی را با استفاده از میانگین هندسی نظرات خبرگان تشکیل دهید.

گام ۲- بهترین و بدترین ارزش هر یک از معیارها را بر اساس روابط زیر مشخص کنید:

$$\begin{aligned} \tilde{f}_j^* &= \left\{ \max \tilde{f}_{ij} \mid J^+ \text{ and } \min \tilde{f}_{ij} \mid J^- \right\} = \left\{ \tilde{f}_1^*, \tilde{f}_2^*, \dots, \tilde{f}_n^* \right\} \\ \tilde{f}_j^- &= \left\{ \min \tilde{f}_{ij} \mid J^+ \text{ and } \max \tilde{f}_{ij} \mid J^- \right\} = \left\{ \tilde{f}_1^-, \tilde{f}_2^-, \dots, \tilde{f}_n^- \right\} \end{aligned} \quad (6)$$

در روابط بالا،  $J^+$  به شاخص‌های دارای ماهیت مثبت و  $J^-$  به شاخص‌های دارای ماهیت منفی اشاره دارد.

گام ۳- ارزش‌های عددی  $\tilde{S}_i$  و  $\tilde{R}_i$  را با استفاده از روابط زیر به دست آورید:

$$\tilde{S}_i = \sum_{j=1}^n \tilde{w}_j \cdot \frac{\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_{ij}}{\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_j^-}, \quad \tilde{R}_i = \max \left[ \tilde{w}_j \cdot \frac{\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_{ij}}{\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_j^-} \right] \quad (7)$$

گام ۴- ارزش نهایی  $\tilde{Q}_i$  را مشخص کنید:

$$\tilde{Q}_i = v \cdot \frac{\tilde{S}_i - \tilde{S}^-}{\tilde{S}^* - \tilde{S}^-} + (1-v) \cdot \frac{\tilde{R}_i - \tilde{R}^-}{\tilde{R}^* - \tilde{R}^-} \quad (۸)$$

در رابطه ۸، شاخص  $U$  که نشان دهنده مطلوبیت گروه تصمیم گیرنده است، عددی میان صفر و یک است. بعلاوه، بهترین و بدترین ارزش  $\tilde{S}_i$  و  $\tilde{R}_i$  به صورت زیر تعیین می شوند:

$$\tilde{S}^* = \min_i \tilde{S}_i, \quad \tilde{S}^- = \max_i \tilde{S}_i, \quad \tilde{R}^* = \min_i \tilde{R}_i, \quad \tilde{R}^- = \max_i \tilde{R}_i \quad (۹)$$

گام ۵- ارزش عددی شاخص های  $\tilde{S}_i$  و  $\tilde{R}_i$  و  $\tilde{Q}_i$  را قطعی سازی نموده و رتبه بندی کنید. برای رتبه بندی گزینه ها، ارزش های  $S_i$ ،  $R_i$  و  $Q_i$  را به صورت صعودی رتبه بندی کنید. کم ترین مقدار  $Q_i$  بهترین جواب است، اگر شروط زیر برقرار باشد:

شرط ۱) در مقایسه ارزش های  $Q$ ،  $Q_{A_1} - Q_{A_2} \geq DQ$  باشد. در این رابطه  $DQ = 1/(m-1)$  است.

شرط ۲) گزینه  $A_1$  باید حداقل در یکی از مقادیر  $S_i$  و  $R_i$  نسبت به گزینه  $A_2$  برتر باشد.

اگر شرط اول برقرار نباشد، گزینه ها از  $A_1$  تا  $A_m$  به ترتیب قرار می گیرند، بدین صورت که رابطه زیر تا گزینه  $m$  ام برقرار باشد:

$$Q_{A_1} - Q_{A_m} < DQ \quad (۱۰)$$

اگر شرط دوم برقرار نباشد، گزینه های  $A_1$  و  $A_2$  به ترتیب دارای رتبه اول و دوم هستند. در روابط بالا باید توجه داشت که اگر گزینه مورد نظر هر دو شرط را دارا باشد، جواب دارای پایداری بیش تری است.

## ۵ تجزیه و تحلیل داده ها

### ۵-۱ شناسایی معیارهای ارزیابی تامین کنندگان سبز با استفاده از روش دلفی فازی

در دور اول روش دلفی فازی، معیارهای استخراج شده از ادبیات پژوهش در قالب پرسشنامه به همراه تعاریف معیارها برای خبرگان ارسال گردید. پس از اعلام نظر خبرگان در رابطه با معیارها، مشخص شد که هیچ کدام از خبرگان معیاری به پرسشنامه اضافه نکردند که دلیلی بر جامع بودن معیارهای شناسایی شده در ادبیات پژوهش است. نتایج دور اول نشان داد که معیارهای پاسخگویی اجتماعی شرکت، تولید آلودگی، سیستم مدیریت زیست محیطی و نوآوری سبز، بالاترین نظرات موافق را به خود اختصاص داده اند.

در دور دوم، جمع بندی نظرات خبرگان در دور اول، برای آن ها ارسال گردید و مجدداً از آن ها خواسته شد تا نظرات خود را نسبت به نتایج بیان کنند. نتایج دور دوم (جدول ۵) نشان می دهد که معیارهای پاسخگویی اجتماعی شرکت، تولید آلودگی، سیستم مدیریت زیست محیطی و نوآوری سبز، خرید سبز، تولید سبز، طراحی سبز و پاسخگویی زیست محیطی بالاترین نظرات موافق را به خود اختصاص دادند. با توجه به این که در این دور تفاوت نظرات خبرگان کم تر از ۰,۲ است، اجماع حاصل گردیده است.

**جدول ۵.** نتایج دور دوم روش دلفی فازی برای انتخاب معیارهای ارزیابی تامین‌کننده سبز

| تفاوت میانگین نظرات خبرگان | میانگین غیر فازی شده نظرات خبرگان | بسیار نامناسب | معمولی نامناسب | مناسب   | بسیار مناسب | ارزش زبانی              |
|----------------------------|-----------------------------------|---------------|----------------|---------|-------------|-------------------------|
|                            |                                   | (۳،۱،۰)       | (۱،۳،۵)        | (۳،۵،۷) | (۹،۷،۵)     |                         |
|                            |                                   |               |                |         |             | معیار - ارزش فازی       |
| ۰/۲                        | ۵/۱۸                              | ۱             | ۳              | ۲       | ۲           | محیط زیست               |
| ۰/۱۶                       | ۸/۲۸                              | ۰             | ۰              | ۰       | ۳           | پاسخگویی اجتماعی شرکت   |
| ۰/۲                        | ۷/۹۲                              | ۰             | ۰              | ۰       | ۵           | پاسخگویی زیست محیطی     |
| ۰/۲                        | ۵/۷۲                              | ۱             | ۴              | ۰       | ۳           | ایزو ۱۴۰۰۰              |
| ۰/۲                        | ۸/۱۰                              | ۰             | ۰              | ۰       | ۴           | تولید پاک تر            |
| ۰                          | ۷/۷۲                              | ۰             | ۰              | ۱       | ۴           | خرید سبز                |
| ۰/۲                        | ۷/۷۳                              | ۰             | ۰              | ۰       | ۶           | طراحی سبز               |
| ۰/۲                        | ۴/۴۲                              | ۲             | ۳              | ۲       | ۲           | حذف گازهای گلخانه ای    |
| ۰/۱۶                       | ۸/۲۸                              | ۰             | ۰              | ۰       | ۳           | تولید آلودگی            |
| ۰/۲                        | ۸/۲۸                              | ۰             | ۰              | ۰       | ۳           | سیستم مدیریت زیست محیطی |
| ۰/۲                        | ۴/۴۲                              | ۳             | ۳              | ۰       | ۲           | طراحی زیست محیطی        |
| ۰/۲                        | ۳/۴۳                              | ۳             | ۵              | ۰       | ۱           | مصرف منابع              |
| ۰/۲                        | ۴/۹۸                              | ۱             | ۴              | ۱       | ۲           | کنترل آلودگی            |
| ۰/۲                        | ۵/۳۸                              | ۱             | ۳              | ۱       | ۳           | مدیریت مواد خطرناک      |
| ۰/۲                        | ۸/۲۸                              | ۰             | ۰              | ۰       | ۳           | نوآوری سبز              |
| ۰/۱۷                       | ۶/۱۵                              | ۱             | ۲              | ۱       | ۲           | تصویر سبز               |

با به کارگیری روش دلفی فازی ۷ معیار به عنوان معیارهای ضروری برای اولویت‌بندی تامین‌کنندگان سبز در شرکت سایپا مشخص شدند که در جدول ۶ نشان داده می‌شوند.

**جدول ۶.** معیارهای استخراج شده از روش دلفی فازی برای تامین‌کننده سبز

| معیار                                     | تعریف   |
|---|---|
| پاسخگویی اجتماعی شرکت (C <sub>۱</sub> )   | مسئولیت شرکت در پاسخگویی به پیامد فعالیت‌هایی است که جامعه را تحت تاثیر قرار می‌دهد. شرکت بایستی منافع همه ذینفعان را در نظر بگیرد. ذینفعان شامل: کارکنان، سهام داران، مشتریان، شهروندان، رقبا، محیط زیست و ... می‌باشند.   |
| سیستم مدیریت زیست محیطی (C <sub>۲</sub> ) | سیستم مدیریت زیست محیطی، بخشی از یک سیستم مدیریت است که شامل ساختار الزامی، برنامه‌ریزی، فعالیت‌ها، مسئولیت‌ها، روش‌ها، فرآیندها و منابعی است که به منظور توسعه، اجرا، بازنگری و نگهداری خط‌مشی زیست محیطی به کار برده می‌شوند.   |
| تولید سبز (C <sub>۳</sub> )               | تلاش عملی برای رسیدن به پایداری است و این یعنی اجرای عملی اصول و قواعدی که جهت رسیدن به پایداری تدوین می‌شوند. این اصول که قابلیت به کارگیری در سطوح مختلف از سطح مولکولی تا محصول و فرایندهای تولید را دارند، می‌بایست از طریق مهندسين، در حین طراحی محصولات و نظام‌بندی مراحل تولید لحاظ گردند. |
| خرید سبز (C <sub>۴</sub> )                | تامین و خرید سبز شامل: فعالیت‌هایی است که هدف آنها اطمینان از متناسب بودن مواد خریداری شده با محیط زیست است. این مواد شامل توانایی استفاده مجدد، توانایی بازیافت و کاهش استفاده از مواد خطرناک هستند.   |
| طراحی سبز (C <sub>۵</sub> )               | شامل فعالیت‌هایی است که هدف آن حداقل کردن تأثیرات محیطی محصول در تمام چرخه عمر آن است.  |
| تولید آلودگی (C <sub>۶</sub> )            | تغییر در محصولات و یا شیوه تولید به گونه ای که با هدف حداقل کردن آلودگی برای محیط زیست همراه باشد.  |
| نوآوری سبز (C <sub>۷</sub> )              | نوآوری در سخت‌افزار یا نرم افزار، شامل: نوآوری در ذخیره انرژی، کاهش مواد مصرفی، نوآوری در تکنولوژی و غیره که مرتبط با محصول سبز باشد.   |

## ۵-۲ اولویت‌بندی معیارها با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی

در این قسمت با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی، معیارهای انتخاب تامین‌کنندگان سبز وزن‌دهی شده‌اند. با توجه به اینکه تعداد خبرگان در این بخش ۱۰ نفر می‌باشند، ۱۰ ماتریس فازی مقایسات زوجی برای مقایسه‌ی معیارها حاصل گردید. محاسبه شاخص سازگاری ماتریس‌های مقایسات زوجی خبرگان نشان داد که همه ماتریس‌ها از نظر سازگاری مورد تایید هستند ( $0/000 < CR < 0/087$ ). ماتریس مقایسات زوجی فازی گروهی که از تلفیق نظر خبرگان با استفاده از روش میانگین هندسی به دست آمده است، در ادامه قابل مشاهده می‌باشد.

جدول ۷. ماتریس گروهی مقایسات زوجی معیارها

|       | $C_1$ | $C_2$ | $C_3$ | $C_4$ | $C_5$ | $C_6$ | $C_7$ |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $C_1$ | ۱     | ۱     | ۱     | ۰/۹۰  | ۱/۲۲  | ۱/۵۳  | ۱/۵۳  |
| $C_2$ | ۰/۶۵  | ۱     | ۱     | ۱     | ۱     | ۱/۲۸  | ۱/۶۸  |
| $C_3$ | ۰/۴۷  | ۰/۵۵  | ۱     | ۱     | ۱     | ۱     | ۱     |
| $C_4$ | ۰/۴۹  | ۰/۶۴  | ۰/۸۷  | ۰/۴۷  | ۰/۶۴  | ۰/۹۱  | ۰/۹۳  |
| $C_5$ | ۰/۴۳  | ۰/۵۳  | ۰/۷۱  | ۰/۵۱  | ۰/۶۲  | ۰/۷۹  | ۰/۶۸  |
| $C_6$ | ۰/۳۲  | ۰/۴۰  | ۰/۵۳  | ۰/۳۲  | ۰/۴۱  | ۰/۵۷  | ۰/۶۹  |
| $C_7$ | ۰/۲۳  | ۰/۲۹  | ۰/۳۹  | ۰/۲۸  | ۰/۳۲  | ۰/۳۸  | ۰/۴۰  |

با به کارگیری روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی، وزن‌های فازی زیر برای معیارها به دست آمده‌اند:

جدول ۸. اوزان فازی معیارها

| $\tilde{W}_j$ | $l$   | $m$   | $u$   | وزن قطعی | رتبه |
|---------------|-------|-------|-------|----------|------|
| $\tilde{W}_1$ | ۰/۱۵۰ | ۰/۲۳۳ | ۰/۳۴۹ | ۰/۲۴     | ۱    |
| $\tilde{W}_2$ | ۰/۱۳۵ | ۰/۲۰۹ | ۰/۳۲۱ | ۰/۲۲     | ۲    |
| $\tilde{W}_3$ | ۰/۰۸۱ | ۰/۱۲۴ | ۰/۱۹۳ | ۰/۱۳     | ۴    |
| $\tilde{W}_4$ | ۰/۰۹۸ | ۰/۱۵۳ | ۰/۲۳۸ | ۰/۱۶     | ۳    |
| $\tilde{W}_5$ | ۰/۰۸۱ | ۰/۱۲۱ | ۰/۱۸۳ | ۰/۱۲     | ۵    |
| $\tilde{W}_6$ | ۰/۰۶۴ | ۰/۰۹۸ | ۰/۱۵۵ | ۰/۱۰     | ۶    |
| $\tilde{W}_7$ | ۰/۰۴۲ | ۰/۰۶۲ | ۰/۰۹۵ | ۰/۰۶     | ۷    |

به‌علاوه، با توجه به اینکه شاخص سازگاری محاسبه شده ( $0/033$ ) از مقدار  $0/1$  کم تر است، می‌توان گفت ماتریس مقایسات زوجی گروهی از سازگاری مناسبی برخوردار است.

### ۵-۳ ارزیابی تامین‌کنندگان سبز با استفاده از روش ویکور فازی

در این بخش ۱۰۰ تامین‌کننده سبز شرکت سایپا با استفاده از تکنیک ویکور فازی مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. در ابتدا تامین‌کنندگان شرکت، با توجه به معیارهای ۷ گانه ارزیابی که در تکنیک دلفی فازی مورد توافق ۱۰ خبره (دسته اول) قرار گرفته بودند، توسط ۳ تن از خبرگان (دسته دوم) ارزیابی گردیدند. ماتریس تلفیق نظرات خبرگان به همراه وزن هر معیار در جدول ۹ آورده شده است:

جدول ۹. ماتریس تلفیق ارزیابی تامین‌کنندگان زنجیره تامین سبز

|                  | C <sub>۱</sub> |      | C <sub>۲</sub> |      | C <sub>۳</sub> |      | C <sub>۴</sub> |      | C <sub>۵</sub> |      | C <sub>۶</sub> |      | C <sub>۷</sub> |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------|----------------|------|----------------|------|----------------|------|----------------|------|----------------|------|----------------|------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| A <sub>۱</sub>   | ۰/۰۵           | ۰/۶۰ | ۰/۸۶           | ۰/۳۲ | ۰/۶۹           | ۰/۷۹ | ۰/۰۴           | ۰/۴۰ | ۰/۸۲           | ۰/۲۰ | ۰/۶۱           | ۰/۹۸ | ۰/۲۱           | ۰/۵۸ | ۰/۹۲ | ۰/۳۹ | ۰/۴۲ | ۰/۸۴ | ۰/۳۰ | ۰/۵۰ | ۰/۹۰ |
| A <sub>۲</sub>   | ۰/۳۲           | ۰/۶۲ | ۰/۹۶           | ۰/۲۷ | ۰/۵۳           | ۰/۹۴ | ۰/۲۷           | ۰/۶۲ | ۰/۸۵           | ۰/۱۴ | ۰/۶۵           | ۰/۹۱ | ۰/۰۴           | ۰/۶۰ | ۰/۸۴ | ۰/۲۱ | ۰/۴۲ | ۰/۹۶ | ۰/۲۰ | ۰/۵۰ | ۰/۸۰ |
| A <sub>۳</sub>   | ۰/۳۶           | ۰/۵۰ | ۰/۹۰           | ۰/۳۱ | ۰/۴۵           | ۰/۹۴ | ۰/۰۵           | ۰/۵۹ | ۰/۷۳           | ۰/۳۹ | ۰/۴۰           | ۰/۸۰ | ۰/۰۷           | ۰/۶۹ | ۰/۸۷ | ۰/۳۶ | ۰/۵۳ | ۰/۹۲ | ۰/۲۰ | ۰/۴۰ | ۰/۸۰ |
| A <sub>۴</sub>   | ۰/۰۸           | ۰/۴۰ | ۰/۹۱           | ۰/۴۰ | ۰/۵۵           | ۰/۹۵ | ۰/۰۶           | ۰/۴۳ | ۰/۷۴           | ۰/۲۷ | ۰/۴۸           | ۰/۷۶ | ۰/۱۸           | ۰/۶۹ | ۰/۸۹ | ۰/۰۶ | ۰/۵۹ | ۰/۷۷ | ۰/۱۰ | ۰/۷۰ | ۰/۹۰ |
| A <sub>۵</sub>   | ۰/۲۱           | ۰/۵۴ | ۰/۹۶           | ۰/۲۴ | ۰/۴۴           | ۰/۷۵ | ۰/۰۷           | ۰/۴۶ | ۰/۷۹           | ۰/۲۹ | ۰/۵۹           | ۰/۸۷ | ۰/۱۹           | ۰/۶۶ | ۰/۸۵ | ۰/۱۸ | ۰/۶۶ | ۰/۷۵ | ۰/۳۰ | ۰/۵۰ | ۰/۸۰ |
| A <sub>۶</sub>   | ۰/۲۵           | ۰/۵۹ | ۰/۹۴           | ۰/۱۷ | ۰/۶۳           | ۰/۹۳ | ۰/۱۳           | ۰/۴۶ | ۰/۷۷           | ۰/۲۷ | ۰/۴۱           | ۰/۸۰ | ۰/۲۳           | ۰/۶۱ | ۰/۸۰ | ۰/۱۳ | ۰/۵۴ | ۰/۷۹ | ۰/۳۰ | ۰/۷۰ | ۰/۹۰ |
| A <sub>۷</sub>   | ۰/۳۳           | ۰/۵۷ | ۰/۷۵           | ۰/۳۲ | ۰/۴۹           | ۰/۸۵ | ۰/۳۶           | ۰/۶۱ | ۰/۸۶           | ۰/۱۹ | ۰/۴۷           | ۰/۹۰ | ۰/۱۰           | ۰/۵۷ | ۰/۹۵ | ۰/۳۲ | ۰/۷۰ | ۰/۷۴ | ۰/۴۰ | ۰/۶۰ | ۰/۹۰ |
| A <sub>۸</sub>   | ۰/۱۰           | ۰/۶۷ | ۰/۷۰           | ۰/۰۴ | ۰/۴۳           | ۰/۷۳ | ۰/۰۸           | ۰/۴۶ | ۰/۷۲           | ۰/۳۵ | ۰/۴۸           | ۰/۹۱ | ۰/۱۷           | ۰/۴۳ | ۰/۸۲ | ۰/۱۰ | ۰/۶۱ | ۰/۸۰ | ۰/۴۰ | ۰/۷۰ | ۱    |
| A <sub>۹</sub>   | ۰/۲۰           | ۰/۴۵ | ۰/۹۸           | ۰/۲۸ | ۰/۵۵           | ۰/۷۵ | ۰/۳۷           | ۰/۶۱ | ۰/۸۶           | ۰/۶۰ | ۰/۶۵           | ۰/۷۴ | ۰/۱۳           | ۰/۵۲ | ۰/۹۴ | ۰/۳۹ | ۰/۷۰ | ۰/۸۸ | ۰/۳۰ | ۰/۵۰ | ۰/۸۰ |
| A <sub>۱۰</sub>  | ۰/۲۹           | ۰/۵۵ | ۰/۸۳           | ۰/۲۰ | ۰/۴۴           | ۰/۷۱ | ۰/۱۳           | ۰/۴۵ | ۰/۸۸           | ۰/۲۴ | ۰/۵۱           | ۰/۹۳ | ۰/۱۷           | ۰/۵۲ | ۰/۸۰ | ۰/۳۵ | ۰/۵۲ | ۰/۸۸ | ۰/۴۰ | ۰/۴۰ | ۰/۸۰ |
| .                | .              | .    | .              | .    | .              | .    | .              | .    | .              | .    | .              | .    | .              | .    | .    | .    | .    | .    | .    | .    | .    |
| .                | .              | .    | .              | .    | .              | .    | .              | .    | .              | .    | .              | .    | .              | .    | .    | .    | .    | .    | .    | .    | .    |
| .                | .              | .    | .              | .    | .              | .    | .              | .    | .              | .    | .              | .    | .              | .    | .    | .    | .    | .    | .    | .    | .    |
| A <sub>۹۸</sub>  | ۰/۱۸           | ۰/۶۷ | ۰/۸۱           | ۰/۱۸ | ۰/۵۴           | ۰/۸۷ | ۰/۱۳           | ۰/۵۷ | ۰/۹۸           | ۰/۲۳ | ۰/۴۰           | ۰/۹۲ | ۰/۲۳           | ۰/۴۵ | ۰/۸۴ | ۰/۱۷ | ۰/۴۹ | ۰/۷۸ | ۰/۱۰ | ۰/۷۰ | ۰/۹۰ |
| A <sub>۹۹</sub>  | ۰/۳۱           | ۰/۵۲ | ۰/۹۳           | ۰/۰۳ | ۰/۴۹           | ۰/۹۲ | ۰/۲۲           | ۰/۵۰ | ۰/۸۷           | ۰/۳۴ | ۰/۶۸           | ۰/۹۸ | ۰/۲۱           | ۰/۷۰ | ۰/۹۴ | ۰/۰۵ | ۰/۵۸ | ۰/۷۸ | ۰/۲۰ | ۰/۴۰ | ۰/۹۰ |
| A <sub>۱۰۰</sub> | ۰/۳۱           | ۰/۵۱ | ۰/۷۶           | ۰/۲۸ | ۰/۴۳           | ۰/۷۳ | ۰/۱۵           | ۰/۶۳ | ۰/۸۲           | ۰/۲۱ | ۰/۴۸           | ۰/۷۲ | ۰/۳۹           | ۰/۶۱ | ۰/۸۱ | ۰/۰۷ | ۰/۴۰ | ۰/۷۸ | ۰/۱۰ | ۰/۶۰ | ۰/۸۰ |

سپس بهترین و بدترین ارزش فازی برای هر معیار مشخص شدند. در ادامه، با توجه به بهترین و بدترین ارزش معیار و روابط ۷ و ۸، ارزش مثلثی فازی شاخص‌های  $\tilde{R}_i$ ،  $\tilde{S}_i$  و  $\tilde{Q}_i$  محاسبه شد. نهایتاً با قطعی‌سازی (دیفازی‌سازی)، ارزش‌های قطعی این شاخص‌ها به دست آمده که مقادیر آن‌ها در جدول ۱۰ ذکر شده است.



جدول ۱۰. ارزش شاخص‌های  $S_i$ ،  $R_i$  و  $Q_i$  تامین‌کنندگان سبز

| گزینه    | R     | S     | Q     | گزینه    | R     | S     | Q     | گزینه     | R     | S     | Q     |
|----------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|
| گزینه ۱  | ۰/۷۲۰ | ۰/۶۲۰ | ۰/۴۵۹ | گزینه ۳۵ | ۰/۸۷۶ | ۰/۸۶۳ | ۰/۸۱۵ | گزینه ۶۹  | ۰/۶۲۸ | ۰/۶۷۸ | ۰/۴۹۶ |
| گزینه ۲  | ۰/۵۰۹ | ۰/۵۲۵ | ۰/۳۳۰ | گزینه ۳۶ | ۰/۸۱۲ | ۰/۷۶۲ | ۰/۵۳۸ | گزینه ۷۰  | ۰/۶۶۲ | ۰/۷۱۷ | ۰/۴۱۶ |
| گزینه ۳  | ۰/۶۳۳ | ۰/۶۵۹ | ۰/۴۰۶ | گزینه ۳۷ | ۰/۶۷۶ | ۰/۷۶۹ | ۰/۴۴۲ | گزینه ۷۱  | ۰/۵۱۳ | ۰/۵۶۰ | ۰/۳۱۲ |
| گزینه ۴  | ۰/۸۲۱ | ۰/۵۶۰ | ۰/۵۰۹ | گزینه ۳۸ | ۰/۷۷۰ | ۰/۶۵۰ | ۰/۵۳۵ | گزینه ۷۲  | ۰/۸۰۴ | ۰/۶۹۰ | ۰/۵۴۲ |
| گزینه ۵  | ۰/۷۸۳ | ۰/۷۰۵ | ۰/۴۷۸ | گزینه ۳۹ | ۰/۴۳۳ | ۰/۴۱۵ | ۰/۲۸۶ | گزینه ۷۳  | ۰/۹۲۴ | ۰/۸۱۱ | ۰/۶۶۲ |
| گزینه ۶  | ۰/۵۷۵ | ۰/۴۷۱ | ۰/۳۳۸ | گزینه ۴۰ | ۰/۸۸۵ | ۰/۷۷۳ | ۰/۶۱۷ | گزینه ۷۴  | ۰/۶۰۸ | ۰/۶۵۶ | ۰/۴۵۴ |
| گزینه ۷  | ۰/۷۴۸ | ۰/۶۸۲ | ۰/۴۱۸ | گزینه ۴۱ | ۰/۷۲۵ | ۰/۵۱۷ | ۰/۴۴۲ | گزینه ۷۵  | ۰/۵۱۴ | ۰/۵۰۶ | ۰/۳۱۳ |
| گزینه ۸  | ۱     | ۰/۹۳۱ | ۰/۹۹۴ | گزینه ۴۲ | ۰/۹۱۷ | ۰/۸۸۵ | ۰/۷۲۱ | گزینه ۷۶  | ۰/۹۳۹ | ۰/۶۵۸ | ۰/۶۲۵ |
| گزینه ۹  | ۰/۸۲۱ | ۰/۷۵۸ | ۰/۵۶۴ | گزینه ۴۳ | ۰/۸۵۹ | ۱     | ۰/۷۰۹ | گزینه ۷۷  | ۰/۵۶۵ | ۰/۵۱۱ | ۰/۳۶۱ |
| گزینه ۱۰ | ۰/۸۴۶ | ۰/۹۳۲ | ۰/۶۱۵ | گزینه ۴۴ | ۰/۸۷۵ | ۰/۷۷۴ | ۰/۶۰۸ | گزینه ۷۸  | ۰/۷۹۸ | ۰/۸۶۳ | ۰/۵۸۱ |
| گزینه ۱۱ | ۰/۸۸۰ | ۰/۸۸۰ | ۰/۷۳۲ | گزینه ۴۵ | ۰/۷۹۲ | ۰/۸۵۶ | ۰/۵۳۴ | گزینه ۷۹  | ۰/۸۲۹ | ۰/۷۳۳ | ۰/۶۶۳ |
| گزینه ۱۲ | ۰/۸۸۰ | ۰/۸۲۷ | ۰/۶۸۰ | گزینه ۴۶ | ۰/۸۴۳ | ۰/۸۳۶ | ۰/۵۶۶ | گزینه ۸۰  | ۰/۴۹۶ | ۰/۵۷۶ | ۰/۳۳۸ |
| گزینه ۱۳ | ۰/۷۹۴ | ۰/۶۰۲ | ۰/۴۰۶ | گزینه ۴۷ | ۰/۷۷۶ | ۰/۶۵۸ | ۰/۵۳۰ | گزینه ۸۱  | ۰/۵۹۲ | ۰/۷۳۰ | ۰/۳۹۲ |
| گزینه ۱۴ | ۰/۶۰۵ | ۰/۶۱۵ | ۰/۴۱۷ | گزینه ۴۸ | ۰/۴۷۳ | ۰/۴۸۸ | ۰/۳۱۹ | گزینه ۸۲  | ۰/۷۳۵ | ۰/۶۲۸ | ۰/۳۷۴ |
| گزینه ۱۵ | ۰/۵۶۱ | ۰/۶۳۲ | ۰/۳۷۱ | گزینه ۴۹ | ۰/۵۹۶ | ۰/۶۸۶ | ۰/۴۱۴ | گزینه ۸۳  | ۰/۹۶۸ | ۰/۹۶۱ | ۱     |
| گزینه ۱۶ | ۰/۶۰۰ | ۰/۶۴۲ | ۰/۴۲۷ | گزینه ۵۰ | ۰/۹۱۸ | ۰/۷۲۳ | ۰/۶۰۴ | گزینه ۸۴  | ۰/۷۳۸ | ۰/۷۱۲ | ۰/۵۲۵ |
| گزینه ۱۷ | ۰/۹۴۸ | ۰/۹۰۰ | ۰/۹۹۱ | گزینه ۵۱ | ۰/۸۵۷ | ۰/۹۸۷ | ۰/۷۱۵ | گزینه ۸۵  | ۰/۶۹۷ | ۰/۷۳۸ | ۰/۵۷۵ |
| گزینه ۱۸ | ۰/۶۵۱ | ۰/۵۸۵ | ۰/۴۱۶ | گزینه ۵۲ | ۰/۸۷۲ | ۰/۸۹۵ | ۰/۷۸۵ | گزینه ۸۶  | ۰/۶۳۳ | ۰/۵۴۲ | ۰/۳۹۶ |
| گزینه ۱۹ | ۰/۶۷۱ | ۰/۷۲۳ | ۰/۵۵۶ | گزینه ۵۳ | ۰/۶۴۸ | ۰/۵۸۱ | ۰/۴۰۷ | گزینه ۸۷  | ۰/۸۱۲ | ۰/۶۸۸ | ۰/۶۱۴ |
| گزینه ۲۰ | ۰/۵۸۵ | ۰/۵۲۸ | ۰/۳۴۸ | گزینه ۵۴ | ۰/۷۱۳ | ۰/۷۰۱ | ۰/۴۱۱ | گزینه ۸۸  | ۰/۸۲۴ | ۰/۷۶۰ | ۰/۶۰۲ |
| گزینه ۲۱ | ۰/۸۹۰ | ۰/۷۷۳ | ۰/۶۰۹ | گزینه ۵۵ | ۰/۶۳۰ | ۰/۶۰۳ | ۰/۳۳۸ | گزینه ۸۹  | ۰/۷۰۹ | ۰/۷۰۷ | ۰/۴۴۶ |
| گزینه ۲۲ | ۰/۹۰۶ | ۰/۸۹۲ | ۰/۶۲۸ | گزینه ۵۶ | ۰/۷۷۲ | ۰/۸۰۰ | ۰/۵۸۲ | گزینه ۹۰  | ۰/۸۱۱ | ۰/۸۶۶ | ۰/۶۴۰ |
| گزینه ۲۳ | ۰/۷۰۴ | ۰/۶۳۹ | ۰/۴۳۰ | گزینه ۵۷ | ۰/۹۰۲ | ۰/۸۸۷ | ۰/۸۵۸ | گزینه ۹۱  | ۰/۸۳۵ | ۰/۷۷۷ | ۰/۶۴۶ |
| گزینه ۲۴ | ۰/۶۷۱ | ۰/۴۹۴ | ۰/۳۸۷ | گزینه ۵۸ | ۰/۹۰۳ | ۰/۸۸۰ | ۰/۸۵۴ | گزینه ۹۲  | ۰/۷۸۶ | ۰/۷۰۱ | ۰/۵۴۳ |
| گزینه ۲۵ | ۰/۷۷۹ | ۰/۸۸۱ | ۰/۷۱۱ | گزینه ۵۹ | ۰/۸۲۷ | ۰/۶۸۵ | ۰/۵۴۷ | گزینه ۹۳  | ۰/۷۴۵ | ۰/۶۲۶ | ۰/۴۶۵ |
| گزینه ۲۶ | ۰/۷۶۲ | ۰/۷۶۲ | ۰/۵۶۸ | گزینه ۶۰ | ۰/۸۶۸ | ۰/۸۳۸ | ۰/۸۱۵ | گزینه ۹۴  | ۰/۷۵۰ | ۰/۶۸۲ | ۰/۴۸۱ |
| گزینه ۲۷ | ۰/۸۵۲ | ۰/۸۳۵ | ۰/۶۳۰ | گزینه ۶۱ | ۰/۷۶۸ | ۰/۶۳۶ | ۰/۴۶۷ | گزینه ۹۵  | ۰/۷۰۰ | ۰/۶۱۶ | ۰/۴۷۵ |
| گزینه ۲۸ | ۰/۷۱۸ | ۰/۵۸۸ | ۰/۴۴۹ | گزینه ۶۲ | ۰/۸۲۵ | ۰/۸۲۱ | ۰/۵۷۱ | گزینه ۹۶  | ۰/۷۶۳ | ۰/۷۵۵ | ۰/۶۳۶ |
| گزینه ۲۹ | ۰/۷۴۲ | ۰/۶۴۶ | ۰/۴۳۴ | گزینه ۶۳ | ۰/۷۴۵ | ۰/۸۲۰ | ۰/۵۹۲ | گزینه ۹۷  | ۰/۷۸۲ | ۰/۶۶۲ | ۰/۵۷۳ |
| گزینه ۳۰ | ۰/۸۱۹ | ۰/۸۱۶ | ۰/۵۸۳ | گزینه ۶۴ | ۰/۹۶۵ | ۰/۸۰۵ | ۰/۷۷۵ | گزینه ۹۸  | ۰/۶۷۹ | ۰/۶۳۸ | ۰/۴۲۰ |
| گزینه ۳۱ | ۰/۶۳۹ | ۰/۶۳۳ | ۰/۴۶۹ | گزینه ۶۵ | ۰/۸۵۱ | ۰/۸۷۹ | ۰/۷۷۶ | گزینه ۹۹  | ۰/۵۲۹ | ۰/۵۳۷ | ۰/۳۸۷ |
| گزینه ۳۲ | ۰/۸۰۴ | ۰/۹۴۷ | ۰/۶۳۱ | گزینه ۶۶ | ۰/۷۳۴ | ۰/۵۶۱ | ۰/۳۹۸ | گزینه ۱۰۰ | ۰/۷۹۶ | ۰/۸۱۵ | ۰/۴۶۰ |
| گزینه ۳۳ | ۰/۶۹۰ | ۰/۷۹۱ | ۰/۴۴۲ | گزینه ۶۷ | ۰/۷۹۱ | ۰/۶۷۹ | ۰/۵۲۵ |           |       |       |       |
| گزینه ۳۴ | ۰/۸۴۴ | ۰/۸۷۶ | ۰/۶۰۱ | گزینه ۶۸ | ۰/۸۸۶ | ۰/۸۵۱ | ۰/۸۲۱ |           |       |       |       |

همان‌طور که گفته شد، مقادیر جدول ۱۱، رتبه‌بندی گزینه‌ها را بر اساس ارزش صعودی شاخص‌های  $S_i$ ،

$Q_i$  و  $R_i$  (جدول ۱۰) نشان می‌دهد.

جدول ۱۱. رتبه‌بندی تامین‌کنندگان سبز بر اساس شاخص‌های  $Q_i$  و  $R_i$ ،  $S_i$

| گزینه    | R   | S  | Q  | گزینه    | R  | S   | Q  | گزینه     | R  | S  | Q   |
|----------|-----|----|----|----------|----|-----|----|-----------|----|----|-----|
| گزینه ۱  | ۳۶  | ۲۳ | ۳۷ | گزینه ۲۵ | ۸۴ | ۸۳  | ۹۴ | گزینه ۶۹  | ۱۷ | ۳۹ | ۴۵  |
| گزینه ۲  | ۴   | ۸  | ۵  | گزینه ۳۶ | ۶۴ | ۶۱  | ۵۲ | گزینه ۷۰  | ۲۴ | ۵۲ | ۲۳  |
| گزینه ۳  | ۲۰  | ۳۷ | ۱۹ | گزینه ۳۷ | ۲۷ | ۶۳  | ۳۳ | گزینه ۷۱  | ۵  | ۱۲ | ۲   |
| گزینه ۴  | ۶۷  | ۱۳ | ۴۶ | گزینه ۳۸ | ۴۹ | ۳۳  | ۵۱ | گزینه ۷۲  | ۶۲ | ۴۶ | ۵۳  |
| گزینه ۵  | ۵۴  | ۴۹ | ۴۳ | گزینه ۳۹ | ۱  | ۱   | ۱  | گزینه ۷۳  | ۹۵ | ۷۱ | ۸۲  |
| گزینه ۶  | ۱۰  | ۲  | ۷  | گزینه ۴۰ | ۸۷ | ۶۵  | ۷۴ | گزینه ۷۴  | ۱۶ | ۳۴ | ۳۶  |
| گزینه ۷  | ۴۴  | ۴۲ | ۲۶ | گزینه ۴۱ | ۳۷ | ۷   | ۳۱ | گزینه ۷۵  | ۶  | ۵  | ۳   |
| گزینه ۸  | ۱۰۰ | ۹۵ | ۹۹ | گزینه ۴۲ | ۹۳ | ۹۰  | ۸۸ | گزینه ۷۶  | ۹۶ | ۳۵ | ۷۵  |
| گزینه ۹  | ۶۸  | ۵۹ | ۵۷ | گزینه ۴۳ | ۸۰ | ۱۰۰ | ۸۵ | گزینه ۷۷  | ۹  | ۶  | ۱۰  |
| گزینه ۱۰ | ۷۶  | ۹۶ | ۷۳ | گزینه ۴۴ | ۸۳ | ۶۶  | ۷۰ | گزینه ۷۸  | ۶۰ | ۸۲ | ۶۳  |
| گزینه ۱۱ | ۸۶  | ۸۷ | ۸۹ | گزینه ۴۵ | ۵۷ | ۸۱  | ۵۰ | گزینه ۷۹  | ۷۲ | ۵۶ | ۸۳  |
| گزینه ۱۲ | ۸۵  | ۷۶ | ۸۴ | گزینه ۴۶ | ۷۳ | ۷۸  | ۵۸ | گزینه ۸۰  | ۳  | ۱۵ | ۶   |
| گزینه ۱۳ | ۵۸  | ۱۹ | ۱۸ | گزینه ۴۷ | ۵۱ | ۳۶  | ۴۹ | گزینه ۸۱  | ۱۲ | ۵۵ | ۱۵  |
| گزینه ۱۴ | ۱۵  | ۲۱ | ۲۵ | گزینه ۴۸ | ۲  | ۳   | ۴  | گزینه ۸۲  | ۳۹ | ۲۵ | ۱۲  |
| گزینه ۱۵ | ۸   | ۲۶ | ۱۱ | گزینه ۴۹ | ۱۳ | ۴۴  | ۲۲ | گزینه ۸۳  | ۹۹ | ۹۸ | ۱۰۰ |
| گزینه ۱۶ | ۱۴  | ۳۱ | ۲۸ | گزینه ۵۰ | ۹۴ | ۵۴  | ۶۹ | گزینه ۸۴  | ۴۰ | ۵۱ | ۴۸  |
| گزینه ۱۷ | ۹۷  | ۹۴ | ۹۸ | گزینه ۵۱ | ۷۹ | ۹۹  | ۸۷ | گزینه ۸۵  | ۳۰ | ۵۷ | ۶۲  |
| گزینه ۱۸ | ۲۳  | ۱۷ | ۲۴ | گزینه ۵۲ | ۸۲ | ۹۳  | ۹۲ | گزینه ۸۶  | ۱۹ | ۱۱ | ۱۶  |
| گزینه ۱۹ | ۲۶  | ۵۳ | ۵۶ | گزینه ۵۳ | ۲۲ | ۱۶  | ۲۰ | گزینه ۸۷  | ۶۵ | ۴۵ | ۷۲  |
| گزینه ۲۰ | ۱۱  | ۹  | ۹  | گزینه ۵۴ | ۳۴ | ۴۸  | ۲۱ | گزینه ۸۸  | ۶۹ | ۶۰ | ۶۸  |
| گزینه ۲۱ | ۸۹  | ۶۴ | ۷۱ | گزینه ۵۵ | ۱۸ | ۲۰  | ۸  | گزینه ۸۹  | ۳۳ | ۵۰ | ۳۴  |
| گزینه ۲۲ | ۹۲  | ۹۲ | ۷۶ | گزینه ۵۶ | ۵۰ | ۶۹  | ۶۴ | گزینه ۹۰  | ۶۳ | ۸۴ | ۸۰  |
| گزینه ۲۳ | ۳۲  | ۳۰ | ۲۹ | گزینه ۵۷ | ۹۰ | ۹۱  | ۹۷ | گزینه ۹۱  | ۷۴ | ۶۷ | ۸۱  |
| گزینه ۲۴ | ۲۵  | ۴  | ۱۳ | گزینه ۵۸ | ۹۱ | ۸۸  | ۹۶ | گزینه ۹۲  | ۵۵ | ۴۷ | ۵۴  |
| گزینه ۲۵ | ۵۲  | ۸۹ | ۸۶ | گزینه ۵۹ | ۷۱ | ۴۳  | ۵۵ | گزینه ۹۳  | ۴۲ | ۲۴ | ۳۹  |
| گزینه ۲۶ | ۴۶  | ۶۲ | ۵۹ | گزینه ۶۰ | ۸۱ | ۷۹  | ۹۳ | گزینه ۹۴  | ۴۵ | ۴۱ | ۴۴  |
| گزینه ۲۷ | ۷۸  | ۷۷ | ۷۷ | گزینه ۶۱ | ۴۸ | ۲۸  | ۴۰ | گزینه ۹۵  | ۳۱ | ۲۲ | ۴۲  |
| گزینه ۲۸ | ۳۵  | ۱۸ | ۳۵ | گزینه ۶۲ | ۷۰ | ۷۵  | ۶۰ | گزینه ۹۶  | ۴۷ | ۵۸ | ۷۹  |
| گزینه ۲۹ | ۴۱  | ۳۲ | ۳۰ | گزینه ۶۳ | ۴۳ | ۷۴  | ۶۶ | گزینه ۹۷  | ۵۳ | ۳۸ | ۶۱  |
| گزینه ۳۰ | ۶۶  | ۷۳ | ۶۵ | گزینه ۶۴ | ۹۸ | ۷۰  | ۹۰ | گزینه ۹۸  | ۲۸ | ۲۹ | ۲۷  |
| گزینه ۳۱ | ۲۱  | ۲۷ | ۴۱ | گزینه ۶۵ | ۷۷ | ۸۶  | ۹۱ | گزینه ۹۹  | ۷  | ۱۰ | ۱۴  |
| گزینه ۳۲ | ۶۱  | ۹۷ | ۷۸ | گزینه ۶۶ | ۳۸ | ۱۴  | ۱۷ | گزینه ۱۰۰ | ۵۹ | ۷۲ | ۳۸  |
| گزینه ۳۳ | ۲۹  | ۶۸ | ۳۲ | گزینه ۶۷ | ۵۶ | ۴۰  | ۴۷ |           |    |    |     |
| گزینه ۳۴ | ۷۵  | ۸۵ | ۶۷ | گزینه ۶۸ | ۸۸ | ۸۰  | ۹۵ |           |    |    |     |

با توجه به مقادیر جدول ۱۰، تامین کنندگان ۳۹، ۷۱، ۷۵، ۴۸، ۲، ۸۰، ۶، ۵۵، ۲۰ و ۷۷ با ارزش شاخص Q برابر با ۰/۲۸۶، ۰/۳۱۲، ۰/۳۱۳، ۰/۳۱۹، ۰/۳۳۰، ۰/۳۳۸ (۰/۳۳۷۷)، ۰/۳۳۸ (۰/۳۳۷۹)، ۰/۳۳۸ (۰/۳۳۸۱)، ۰/۳۳۸ (۰/۳۳۸۱)، ۰/۳۴۸، ۰/۳۴۸ به ترتیب دارای رتبه‌های اول تا دهم هستند. از سوی دیگر، تامین کنندگان ۶۵، ۵۲، ۶۰، ۳۵، ۶۸، ۵۸، ۵۷، ۱۷، ۸ و ۸۳ به ترتیب با ارزش شاخص Q برابر با ۰/۷۷۶، ۰/۷۸۵، ۰/۸۱۵ (۰/۸۱۴۶)، ۰/۸۱۵ (۰/۸۱۵۳)، ۰/۸۱۵ (۰/۸۱۵۳)، ۰/۸۲۱، ۰/۸۵۴، ۰/۸۵۸، ۰/۹۹۱، ۰/۹۹۴ و ۱ به ترتیب در رتبه‌های نود و یکم تا یک صدم قرار دارند. در بررسی شرط اول و دوم از گام ۵، تکنیک ویکور فازی، با توجه به مقدار فاصله گزینه‌های ۳۹ و ۷۱ در شاخص Q  $(Q_{39} - Q_{71} = 0/026)$  و  $DQ = 1/(100-1) = 0/0101$ ، شرط  $Q_{A_{39}} - Q_{A_{71}} \geq DQ$  برقرار است. همچنین، ارزش S و R گزینه ۳۹ از ۷۱ بهتر است که برقراری شرط دوم را نیز تایید می‌کند. در رابطه با مقایسه سایر گزینه‌های همسایه (از نظر رتبه) نیز رویه مشابهی دنبال می‌شود. چنانچه شرط‌های دوگانه اقناع نشوند، گزینه‌های مورد مقایسه از جایگاه یکسانی برخوردار خواهند بود.

## ۶ نتیجه‌گیری و پیشنهادها

هدف از این پژوهش، ارائه مدلی با قابلیت اطمینان بالا برای انتخاب تامین کنندگان سبز شرکت خودروساز سایپا است. در این مطالعه، در هر یک از تکنیک‌ها از داده‌های کیفی (متغیرهای زبانی) برای ارزیابی معیارها و گزینه‌ها استفاده شده است. در فاز اول این پژوهش، بررسی نسبتاً جامعی روی معیارهای انتخاب تامین کننده سبز انجام گرفت که پس از چند مرحله تعامل با خبرگان با استفاده از تکنیک دلفی فازی، ۷ معیار نهایی: پاسخگویی اجتماعی شرکت (C<sub>۱</sub>)، سیستم مدیریت زیست محیطی (C<sub>۲</sub>)، تولید سبز (C<sub>۳</sub>)، خرید سبز (C<sub>۴</sub>)، طراحی سبز (C<sub>۵</sub>)، تولید آلودگی (C<sub>۶</sub>)، نوآوری سبز (C<sub>۷</sub>)، برای انتخاب تامین کنندگان سبز مورد تایید قرار گرفتند. پس از به کارگیری تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی، وزن شاخص‌های ۷ گانه به صورت مثلی فازی به دست آمد. در نهایت، تامین کنندگان شرکت سایپا (۱۰۰ تامین کننده) با استفاده از تکنیک ویکور فازی، ارزیابی و رتبه‌بندی شدند. نتایج حاکی از آن است که تامین کنندگان ۳۹، ۷۱، ۷۵، ۴۸، ۲، ۸۰، ۶، ۵۵، ۲۰ و ۷۷ به ترتیب دارای رتبه‌های اول تا دهم هستند.

با توجه به نتایج تحقیق پیشنهاد می‌شود که: (۱) شرکت خودروسازی سایپا باید به معیارهای سبز، به‌ویژه: پاسخگویی اجتماعی شرکت، سیستم مدیریت زیست محیطی، خرید سبز و تولید سبز در ارزیابی و انتخاب تامین کنندگان زنجیره تامین خود، اولویت بالایی اختصاص دهد و با ارائه مشوق‌هایی مانند: ارتباط بلند مدت با آنان، باعث افزایش میزان انگیزه تامین کنندگان برای رقابت در حوزه‌های زیست محیطی گردد.

## منابع

- [۱۲] جعفرنژاد، ا.، (۱۳۸۵)، مدیریت تولید و عملیات نوین. تهران، انتشارات دانشگاه تهران.
- [۲۷] قربانپور، ا.، پویا، ناظمی، ش. ا.، ناجی عظیمی، ز.، (۱۳۹۵). طراحی مدل ساختاری اقدامات مدیریت زنجیره تامین سبز با

- استفاده از رهیافت مدل سازی ساختاری تفسیری فازی. مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، ۱۳ (۴)، ۲۰-۱.
- [1] Zhu, Q., Sarkis, J., Lai, K., (2008). Confirmation of a measurement model for green supply chain management practices implementation. *International journal of production economics*, 111 (2), 2 61–273.
  - [2] Sarkis, J., (2006). *Greening the Supply Chain*, Springerlink, London.
  - [3] Zhu, Q., Sarkis, J., Lai, K., (2008). Green supply chain management implications for closing the loop. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 44(1), 1–18.
  - [4] Handfield, R., Sroufe, S., Walton, S., (2005), Integrating environmental management and supply chain strategies. *Business Strategy and the Environment*, 14 (1), 1-19.
  - [5] Sheu, J. B., Chou, Y. H., HouAn, C. C., (2005). Integrated logistics operational model for green-supply chain management *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 41 (4), 287-313.
  - [6] 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, 1161-1170.
  - [7] Govindan, K., Rajendran, S., Sarkis, J., Murugesan, P., (2015). Multi criteria decision making approaches for green supplier evaluation and selection: a literature review. *Journal of Cleaner Production*, 98, 66-83.
  - [8] Bai, C., Sarkis, J., (2010). Green supplier development: analytical evaluation using rough set theory. *Journal of Cleaner Production*, 18 (12), 1200–1210.
  - [9] Lu, L. Y. Y., Wu, C. H., Kuo, T. C., (2007). Environmental principles applicable to green supplier evaluation by using multi-objective decision analysis. *International Journal of Production Research*, 45, 4317-4331.
  - [10] Stevenson, M., Spring, M., (2007). Flexibility from a supply chain perspective: definition and review. *International Journal of Operations & Production Management*, 27 (7), 685-713.
  - [11] Stadtler, H., (2005). Supply chain management and advanced planning- basics, overview and challenges. *European Journal of Operational Research*, 163, 575-588.
  - [13] Laudon, K., Laudon, J., (2004). *Management Information Systems: Managing the Digital Firm*. Prentice Hall.
  - [14] Kelle, P., Silver, E. A., (1989). Purchasing policy of new containers considering the random returns of previously issued containers. *IIE Transactions*, 21 (4), 349-354.
  - [15] Sarkis, J., Zhu, Q., Lai, K., (2011). An organizational theoretic review of green supply chain management literature. *International Journal of Production Economics*, 130, 1-15.
  - [16] Vanalle, R. M., Ganga, G. M. D., Godinho, M., Lucato, F. W. C., (2017). Green supply chain management: An investigation of pressures, practices and performance within the Brazilian automotive supply chain, *Journal of Cleaner Production*, 151, 250-259.
  - [17] Kotzab, H., Munch, H., Faultrier, B., Teller, C., (2011). Environmental retail supply chains: When global Goliaths become environmental Davids. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 39 (9), 658-681.
  - [18] Large, R. O., Thomsen, C. G., (2011). Drivers of green supply management performance: Evidence from Germany. *Journal of Purchasing & Supply Management*, 17 (3), 176-184.
  - [19] Dou, Y., Zhu, Q., Sarkis, J., (2014). Evaluating green supplier development programs with a grey-analytical network process-based methodology. *European Journal of Operational Research*, 233 (2), 420-431.
  - [20] Kannan, D., de Sousa Jabbour, A. B. L., Jabbour, C. J. C., (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.
  - [21] Kannan, D., Govindan, K., Rajendran, S., (2015). Fuzzy axiomatic design approach based green supplier selection: A case study from Singapore. *Journal of Cleaner Production*, 96, 194-208.
  - [22] Tseng, M. L., Chiu, S. F., Tan, R. R., Siriban-Manalang, A. B., (2013). Sustainable consumption production for Asia: sustainability through green design practice. *Journal of Cleaner Production*, 40, 1-5.
  - [23] Hsu, C. W., Kuo, T. C., Chen, S. H., Hu, A. H., (2013). Using DEMATEL to develop a carbon management model of supplier selection in green supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 56, 164-172.
  - [24] Lee, A., Kang, H., Chang, C., (2009). Fuzzy multiple goal programming applied to TFT-LCD supplier selection by downstream manufacturers. *Expert Systems With Applications*, 36, 6318–

- 6325.
- [25] Awasthi, A., Chauhan, S. S., Goyal, S. K., (2010). A fuzzy multicriteria approach for evaluating environmental performance of suppliers. *International Journal of Production Economics*, 126 (2), 370-378.
- [26] Chai, J., Liu, J. N. K., Ngai, E. W. T., (2013). Application of decision-making techniques in supplier selection: A systematic review of literature. *Expert Systems with Application*, 40, 3872-3885.
- [28] Chen-Tung, C., Ching-Torng, L., (2006). A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *Production Economics*, 102, 289-301.
- [29] Patil, A. N., (2014). Modern evolution in supplier selection criteria and methods. *International Journal of Management Research and Review*, 4 (5), 616-623.
- [30] Ho, W., Xu, X., Dey, P.K., (2010). Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: a literature review. *Eroupean Journal of Operation Research*, 202, 16-24.
- [31] Weber, C. A., Current, J. R., Benton, W. C., (1991). Vendor selection criteria and methods. *European Journal of Operational Research*, 50, 2-18.
- [32] De Boer, L., Labro, E., Morlacchi, P., (2001). A review of methods supporting supplier selection. *Eroupean Journal of Purchasing & Supply Management*, 7, 75-89.
- [33] Degraeve, Z., Labro, E., Roodhooft, F., (2000). An evaluation of vendor selection models from a total cost of ownership perspective. *Eroupean Journal of Operation Research*, 125, 34-58.
- [34] Mukherjee, S., Kar, S., (2013). A three phase supplier selection method based on fuzzy preference degree. *Journal of King Saud University. Computer and Information Sciences*, 25, 173-185.
- [35] Ishikawa, A., Amagasa, M., Shiga, T., Tomizawa, G., Tatsuta, R., Mieno, H., (1993). The max-min Delphi method and fuzzy Delphi method via fuzzy integration. *Fuzzy Sets and Systems*, 55, 241-253.
- [36] Noorderhaben, N., (1995). *Strategic decision making*. UK: Addison-Wesley.
- [37] Saaty, T. L., (1980). *Multi criteria decision making: The analytic hierarchy process*. New York: McGraw-Hill.
- [38] Opricovic, S., (1998). *Multi-criteria optimization of civil engineering systems*. Belgrade: Faculty of Civil Engineering.
- [39] Opricovic, S., Tzeng, G. H., (2002). Multicriteria planning of post-earthquake sustainable reconstruction. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 17, 211-220.