نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات

Journal of Decisions and Operational Research

دوره ۳، شماره (۳)، پاییز ۱۳۹۷

شناسایی و رتبه‌بندی عوامل موثر در پیاده‌سازی مدیریت زنجیره تامین سبز با روش AHP فازی و TOPSIS فازی در صنعت برق

مجید آفرین محمدزاده[۱]، رضا حسن‌زاده[۲]*

[۱]گروه مدیریت، موسسه آموزش عالی روزبهان، ساری، ایران.

[۲]گروه مهندسی صنایع، موسسه آموزش عالی روزبهان، ساری، ایران.

چکیده

فعالیت‌های صنعتی بر محیط زیست منجر به بروز مشکلات زیست‌محیطی فراوانی از جمله گرمایش زمین، تخریب لایه اوزون و افزایش گازهای گل‌خانه‌ای شده است. شرکت‌های تولیدی برای ماندن در بازار و هم‌چنین کسب مزیت رقابتی لازم است که به مسائل زیست‌محیطی توجه داشته باشند. تقاضای مشتریان و هم‌چنین برخی از مقررات دولتی شرکت‌ها را به سمت مدیریت زنجیره تامین سبز هدایت می‌کند. صنعت برق در دنیا به عنوان یکی از مهم‌ترین و اصلی‌ترین بخش‌های صنعت به عنوان محرک همه صنایع دیگر، نقش مهمی در به وجود آمدن مشکلات محیط زیستی ایفا می‌کند. هدف اصلی از این پژوهش شناسایی عوامل موثر در مدیریت زنجیره تامین سبز و سپس رتبه‌بندی شرکت‌های فعال در مدیریت زنجیره تامین سبز می‌باشد. مطالعه موردی و حوزه پژوهش، مربوط به صنعت برق استان مازندران است. ابتدا با مطالعه ادبیاتی و کتاب‌ها، مقالات داخلی و خارجی، تعداد ۲۱ شاخص برای دستیابی به مدیریت زنجیره تامین سبز به دست می‌آید که در مرحله بعدی به کمک پرسش‌نامه‌هایی که در اختیار کارشناسان قرار می‌گیرد و با در نظر گرفتن محدودیت‌ها، به ۹ معیار نهایی می‌رسیم. سپس این معیارها به کمک روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی و با استفاده از پرسش‌نامه، مقایسات زوجی که در اختیار خبرگان قرار گرفته است وزن‌دهی می‌شوند و وزن هر شاخص مشخص می‌گردد. نتایج نشان داده است که شاخص‌های توانایی تامین مالی، افزایش ارتفاع برج‌ها و دکل‌های خطوط انتقال برق و هم‌چنین استفاده از انرژی تجدیدپذیر خورشیدی به ترتیب بیشترین وزن‌ها را به خود اختصاص داده‌اند و بقیه شاخص‌ها در رتبه‌های بعدی قرار گرفته‌اند. در ادامه با استفاده از تکنیک تاپسیس فازی به رتبه‌بندی ۵ شرکت برق فعال در زمینه مدیریت زنجیره تامین سبز می‌پردازیم. رتبه‌بندی این شرکت‌ها نسبت به میزان فعالیت در انجام معیارهایی که در مرحله قبل مشخص شده‌اند صورت گرفته است و شرکت‌ها با توجه به شاخص‌های وزن‌دهی شده، اولویت‌بندی شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: مدیریت زنجیره تامین سبز، صنعت برق، فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، تاپسیس فازی.

دریافت: ۱۳۹۷/۳/۱۰ اصلاح: ۱۳۹۷/۶/۱۵ پذیرش: ۱۳۹۷/۷/۱

۱- مقدمه

با گسترش روزافزون تکنولوژی و فن‌آوری‌های جدید و در کل، پیشرفت سریع صنایع مختلف پس از انقلاب صنعتی، بشر در همه جنبه‌ها از لحاظ کیفیت زندگی به رفاه رسیده است؛ اما شاید بی‌خبر از آن باشد که چه آسیبی که به محیط زیست در همین دهه‌های اخیر زده است. گرمایش زمین، کمبود آب آشامیدنی، ذوب شدن یخ‌های قطب، تخریب زیستگاه‌های جانوران، از بین بردن

*عهده‌دار مکاتبات: rhz_1974@yahoo.com

پوشش‌های گیاهی جنگل‌ها و .... همه و همه تنها بخشی از بلایی است که بشر امروزی بر سر کره زمین و محیط زیست در همین قرن گذشته آورده است. یکی از اصلی‌ترین مسائل و مشکلات پیش روی بشر امروزی در کره زمین مساله گرمایش زمین به دست خود بشر است. برای اثبات ضرورت و اهمیت این موضوع، ذکر همین نکته بس که در تاریخ ۱۲ دسامبر ۲۰۱۵ (۲۰ آذر) توافقنامه اقلیمی پاریس با شرکت بیش از ۱۹۰ کشور جهان ازجمله ایران و در چارچوب کنوانسیون تغییر اقلیم سازمان ملل متحد به تصویب رسید. هدف‌گذاری آن‌ها در این توافقنامه این است که دمای کره زمین تا پایان قرن جاری به جای افزایش ۲ درجه سانتیگراد یا بیشتر، حداکثر تا ۱/۵ درجه سانتیگراد افزایش یابد (Waitangi Tribunal، ۲۰۱۵).

برای رسیدن به این اهداف، ابتدا باید منابع گرمایش زمین و افزایش گازهای گل‌خانه‌ای شناخته شود. اصلی‌ترین عوامل مربوط به بخش صنایع می‌شود. باید رویکرد کشورها در همه بخش‌های صنایع، رویکردی دوستدار محیط زیست گردد و از توجه صرف به جنبه‌های اقتصادی، بهره‌وری، کاهش هزینه و توجه تنها به کیفیت محصولات و خدمات به سمت فعالیت‌های دوستدار محیط زیستی و اجتماعی بروند. دریک مدیریت زنجیره تامین پایدار (SSCM[1]) باید کلیه عوامل از جمله اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی بررسی و در نظر گرفته شود. این، نشان از اهمیت توسعه پایدار و بحث پایداری دارد. توسعه پایدار، آن نوع از توسعه است که نیازهای نسل حاضر را تامین می‌کند بدون اینکه توانایی نسل‌های بعدی را در برآورده ساختن نیازهایشان تضعیف نماید (کارتر[2] و راجرز[3]، ۲۰۰۸). توسعه پایدار، الگویی از تحولات اقتصادی، ساختاری و اجتماعی است که مزایای اقتصادی و دیگر مزایای اجتماعی زمان حاضر را بدون به خطر انداختن مزایای بالقوه آینده، بهبود می‌بخشد (گودمن[4] و ردکلفت[5] ، ۱۹۹۱). توسعه حاصل‌شده در دنیا در اکثر صنایع پایدار نیست. یکی از جنبه‌های توسعه پایدار، جنبه محیط زیستی آن است. جنبه محیط زیستی در بحث پایداری دارای ابعاد گسترده‌ای می‌باشد که یکی از ابعاد آن تحت عنوان مدیریت زنجیره تامین سبز (GSCM[6]) شناخته شده است. مدیریت زنجیره تامین سبز، مدیریت بین تامین‌کنندگان، محصولاتشان و محیط زیست به معنی این است که اصل حفاظت از محیط زیست به سیستم مدیریت تامین‌کنندگان وارد شود. هدف آن، افزودن آگاهی حفاظت زیست‌محیطی در محصولات بدیع و بهبود ظرفیت رقابتی در بازار است (یه[7] و چاونگ[8]، ۲۰۱۱). در تعریفی دیگر، مدیریت زنجیره تامین سبز، مجموعه‌ای از روش‌ها که هدف از آن‌ها اثرگذاری، کنترل و حمایت از عملکرد زیست‌محیطی با استفاده از تخصیص منابع انسانی، مواد ممکن و بازتعریف مسئولیت‌های سازمانی و رویه‌هاست (کیم[9] و همکاران، ۲۰۱۱). صنعت برق در دنیا به عنوان یکی از مهم‌ترین و اصلی‌ترین بخش‌های صنعت و به عنوان محرک صنایع دیگر، نقش مهمی در به وجود آمدن مشکلات محیط زیستی ایفا می‌کند. مدیریت زنجیره تامین سبز در همه بخش‌های صنعت برق اعم از بخش تولید، انتقال و توزیع و در نهایت مصرف‌کننده باید در نظر گرفته شود و در این راه باید نگاه و استراتژی‌های بلند مدت در نظر گرفته شود؛ زیرا بسیای از این طرح‌های جدید شاید در کوتاه مدت مقرون به صرفه نباشند، ولی در بلندمدت اهمیت آن برای ما و نسل‌های بعدی ما بسیار زیاد و تاثیرگذار است. با توجه به اینکه صنعت برق به عنوان یکی از اصلی‌ترین تولیدکنندگان انرژی کشور در چرخه تولید تا مصرف، سهم بزرگی در آلایندگی محیط زیست بازی می‌کند، بررسی عوامل موثر در پیاده‌سازی مدیریت زنجیره تامین سبز در صنعت برق در چهار سطح تامین‌کننده، تولید، انتقال و توزیع‌کننده و مصرف‌کننده می‌تواند بسیار مفید باشد؛ چرا که در این جهت تحقیقات اندکی صورت گرفته است و دارای نوآوری می‌باشد. هم‌چنین روش مورد استفاده برای شناسایی، تحلیل و اولویت‌بندی نیز روش تلفیقی AHP فازی و TOPSIS فازی می‌باشد که در این زمینه نیز نسبت به تحقیقات پیشین متفاوت می‌باشد و در این تحقیق از دو روش مذکور برای شناسایی، وزن‌دهی و رتبه‌بندی عوامل موثر شناسایی شده و گزینه‌های انتخابی مورد نظر استفاده می‌شود.

در راستای رسیدن به این اهداف ابتدا باید عوامل موثر در رسیدن به مدیریت زنجیره تامین سبز در حوزه صنعت شناسایی گردد. با شناسایی و پس از آن اولویت‌بندی عوامل بر اساس اهمیت و ضرورت می‌توان امید به اجرایی شدن آن داشت. ظهور انقلاب

---

[1] Sustainable Supply Chain Management
[2] Carter
[3] Rogers
[4] Goodman
[5] Redclift
[6] Green Supply Chain Management
[7] Yeh
[8] Chuang
[9] Kim

صنعتی، نوید آسایش برای بشر را می‌داد غافل از اینکه اولین قربانی آن محیط زیست بود و در راستای آن منجر به گرمایش زمین، تغییرات اقلیمی و افزایش گازهای گل‌خانه‌ای شد. با توجه به ضرورت‌هایی مانند پیوستن به سازمان تجارت جهانی، افزایش قوانین بین‌المللی زیست‌محیطی و تاکید مشتریان بر استفاده از محصولات سبز سازگار با محیط زیست، ایجاد مدیریت سبز در ارائه محصولات و خدمات در صنایع کشور ضروری و اجتناب‌ناپذیر است (الفت و همکاران، ۱۳۹۰).

امروزه، مسائل زیست‌محیطی یکی از دغدغه‌های اساسی جامعه بشری است و مدیران صنایع به دنبال روش‌هایی هستند که ضمن حمایت از محیط زیست، عملکرد سازمانی خود را افزایش دهند؛ توجه به مسائل زیست‌محیطی در زنجیره تامین، به شرکت‌ها در کسب سود بیشتر و رقابت بهتر کمک می‌کند (کنان[1] و همکاران، ۲۰۱۳). اتخاذ استراتژی سرمایه‌گذاری در زمینه بهبود عملکرد زیست‌محیطی زنجیره تامین، مزایا و منافع زیادی را مانند صرفه‌جویی در منابع انرژی، کاهش آلاینده‌ها، حذف یا کاهش ضایعات، ایجاد ارزش برای مشتریان و نهایتا افزایش بهره‌وری برای سازمان‌های تولیدی و یا خدماتی به همراه خواهد داشت (ایمانی و احمدی، ۱۳۸۸). رویکردی که برای رسیدن به این هدف در نظر گرفته شده است رویکرد زنجیره تامین سبز می‌باشد که یکی از شاخه‌های مدیریت زنجیره تامین پایدار است. سبز کردن زنجیره تامین، فرآیند در نظر گرفتن معیارها یا ملاحظات زیست‌محیطی در سرتاسر زنجیره تامین است. مدیریت زنجیره تامین سبز، یکپارچه‌کننده مدیریت زنجیره تامین با الزامات زیست‌محیطی در تمام مراحل طراحی محصول، انتخاب، تامین مواد اولیه، تولید و ساخت، فرآیندهای توزیع و انتقال، تحویل به مشتری و بالاخره پس از مصرف، مدیریت بازیافت و مصرف مجدد به منظور بیشینه کردن میزان بهره‌وری مصرف انرژی و منابع همراه با بهبود عملکرد کل زنجیره تامین است (سارکیس[2]، ۲۰۰۶). به نظر می‌رسد زنجیره تامین سبز راهی برای تفکیک محصولات و خدمات و به حداقل رساندن احتمال خسارت احتمالی ناشی از عملکرد ضعیف محیط زیست توسط تامین‌کنندگان است (لاری[3] و همکاران، ۲۰۱۷).

حیات داودی (۱۳۹۳) تحقیقی با عنوان شناسایی و سنجش روابط ما بین مولفه‌های زنجیره تامین سبز در شرکت پتروشیمی مبین عسلویه انجام داد و در نهایت شاخص‌های طراحی زیست‌محیطی، قوانین و مقررات، مشتریان و مالی برای زنجیره تامین سبز شناسایی و مهم‌تر تشخیص داده شد. حسینی و همکاران (۱۳۹۳) تحقیق دیگری را با عنوان شناسایی و اولویت‌بندی عوامل موثر بر زنجیره تامین سبز با رویکرد تحلیل مسیر در شرکت‌های تولیدکننده مواد شوینده و شیمیایی شیراز انجام دادند که در نتایج آن محرک‌های خارجی مثل عوامل قانونی، جامعه و رقابت تاثیر مستقیم داشتند و محرک‌های داخلی شامل ریسک بالا، ارائه خدمات، فرهنگ‌سازی و تعهد مدیریت تاثیر غیر مستقیم داشتند.

سیجاری و همکاران (۱۳۹۳) تحقیقی با عنوان مدیریت زنجیره تامین سبز در صنعت برق با رویکرد SCOR[4] انجام دادند. این تحقیق به بررسی اجمالی و کلی نقش صنعت برق در مدیریت زنجیره تامین سبز می‌پردازد و با استفاده از مدل SCOR به بیان راه‌کارهای حل معضلات مرتبط با محیط زیست می‌پردازد. در بخشی از این مقاله درباره مدل Green SCOR در صنعت برق توضیحاتی داده شده است. مدل SCOR اساسا در ۴ سطح تامین‌کننده، تولیدکننده، توزیع‌کننده و مصرف‌کننده پیاده‌سازی می‌شود که با توجه به آلاینده‌های هر سطح، میزان عملکرد زیست‌محیطی مشخص‌شده و راه‌کارهایی برای رفع معضلات آن ارائه می‌گردد (سیجاری و همکاران، ۱۳۹۳).

امیدوار و همکاران (۱۳۹۴) در تحقیقی با عنوان تجزیه و تحلیل موانع مدیریت زنجیره تامین سبز با استفاده از روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM[5]) (مطالعه موردی شرکت پارس خودرو) به بررسی موانع پرداخته و در نهایت، موانع نهایی مدیریت زنجیره تامین سبز را با نظر خبرگان در این زمینه، انتخاب کردند و به تجزیه و تحلیل علی و معلولی موانع با استفاده از دیمتل پرداختند. در جدول ۱، موانع شناسایی شده در این مقاله آورده شده است. نتایج نشان داد که عامل عدم حمایت مدیران ارشد و میانی سازمان در سطح اول قرار دارد، در نتیجه در وهله اول، سعی بر جلب حمایت مدیران سطح میانی

[1] Kannan
[2] Sarkis
[3] Laari
[4] Supply Chain Operations Reference Model
[5] Interpretive Structural Modelling

و ارشد بسیار مهم است. پس از آن، هزینه بالای پیاده‌سازی زنجیره تامین سبز نیز در سطح بعدی قرار دارد؛ هم‌چنین مانع عدم وجود رویکرد فعالانه سازمان و تامین کنندگان در خصوص رعایت استانداردهای زیست محیطی و مسئولیت اجتماعی در سطح نهم و آخر قرار می‌گیرد (امیدوار و همکاران، ۱۳۹۴).

جدول ۱- موانع شناسایی شده برای زنجیره تامین سبز (امیدوار و همکاران، ۱۳۹۴).

عدم وجود رویکرد فعالانه و داوطلبانه سازمان و تامین‌کنندگان در خصوص رعایت استانداردهای زیست محیطی.
عدم توانمندی تامین‌کنندگان (از نظر دانش و تکنولوژی) جهت اخذ استاندارد ایزو۱۴۰۰۰.
عدم ایجاد مزیت رقابتی محسوس ناشی از اجرای زنجیره تامین سبز.
دشواری سازماندهی و هماهنگی واحدها در پیاده‌سازی زنجیره تامین سبز.
عدم وجود محرک‌ها و مشوق‌های کافی ازسوی دولت جهت دست‌یابی به مدیریت زنجیره تامین سبز.
هزینه بالای پیاده‌سازی زنجیره تامین سبز.
عدم وجود اهرم‌های قانونی کافی جهت اجرای قوانین زیست‌محیطی.
نبود زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات متناسب جهت تسهیل اجرای زنجیره تامین سبز.
کمبود دانش و آموزش در خصوص مسائل زیست محیطی.
عدم حمایت مدیران ارشد و میانی.
عدم حضور و رقابت در بازارهای جهانی.

کاسی-سارپونگ[1] و همکاران (۲۰۱۶) به ارزیابی اقدامات مدیریت زنجیره تامین سبز در صنعت معدن در محیط فازی پرداختند. نتایج نهایی نشان داند سیستم‌ها و تکنولوژی اطلاعات سبز و هم‌چنین مدیریت زیست‌محیطی داخلی از اهمیت بالاتری برخوردارند. لارج[2] و تامسن[3] (۲۰۱۱) نیز در تحقیقی، معیارهای مدیریت زنجیره تامین سبز را قابلیت‌های مدیریت تامین سبز، خرید سبز، تعهد محیطی، ارزیابی محیطی تامین‌کنندگان و همکاری با تامین‌کنندگان ارائه دادند.

قربان‌پور و همکاران (۱۳۹۵) به تحقیقی با عنوان طراحی مدل ساختاری اقدامات زنجیره تامین سبز را با استفاده از رهیافت مدل‌سازی ساختاری تفسیری در صنایع نفتی پرداختند. در این پژوهش، ابتدا با مطالعه و بررسی ادبیات موجود، اقدامات مدیریت زنجیره تامین سبز استخراج شد، سپس با بهره‌گیری از رویکرد تحلیل محتوای متنی، آن دسته از اقداماتی که تعدد تکرار آن‌ها کم بوده از لیست احصاء شده حذف شد. در ادامه، برخی از اقدامات بر پایه دسته‌بندی‌های صورت گرفته در ادبیات موضوعی با یکدیگر تلفیق گردیدند. جدول ۲، اقدامات نهایی مدیریت زنجیره تامین سبز را نشان می‌دهد. پس از بررسی خبرگان می‌توان بیان نمود که اقدامات مدیریت سبز زنجیره تامین سبز احصاء شده از ادبیات تحقیق، بر اساس نظرات خبرگان در حوزه صنایع نفتی موثر تشخیص داده شد (قربان‌پور و همکاران، ۱۳۹۵).

نتایج مدل‌سازی و تحلیل میک مک نشان داد که الزامات قانونی و مقررات، مدیریت محیط داخلی سازمان، طراحی سبز و فناوری و تکنولوژی سبز جز اقدامات اصلی و پایه‌ای در مدیریت زنجیره تامین سبز در صنایع نفتی هستند (احمد قربان‌پور و همکاران، ۱۳۹۵).

۲- روش تحقیق

این تحقیق از نظر تقسیم‌بندی تحقیقات علمی در رده تحقیقات کاربردی قرار می‌گیرد. ما در این پژوهش به دنبال شناسایی عواملی که می‌توانند ما را در راه رسیدن به یک مدیریت زنجیره تامین سبز در صنایع مختلف و به‌خصوص در صنعت برق مازندران کمک کنند، هستیم تا در نهایت بتوانیم راهکارهای مناسبی برای کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی به وجود آمده از این صنعت ارائه دهیم. تحقیق حاضر از نظر شیوه گردآوری داده‌ها از نوع تحقیقات توصیفی می‌باشد که هدف آن شناخت بیشتر شرایط موجود و نیز کمک به فرآیند تصمیم گیری است. در این تحقیق از روش کتاب‌خانه‌ای (کتاب ها و مقالات داخلی و خارجی) استفاده شده و به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از ترکیب روش‌های تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان استفاده

[1] Sarpong

[2] Large

[3] Thomsen

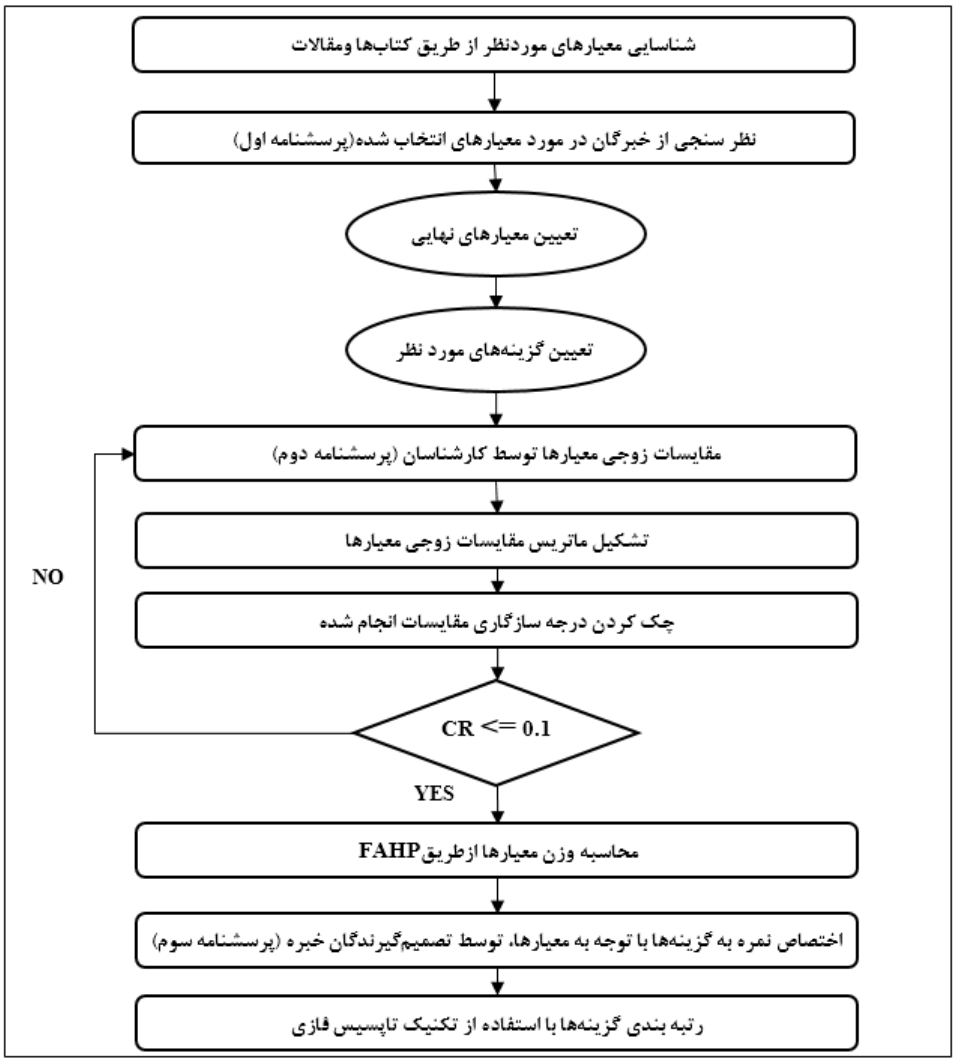
می‌شود که در نهایت با توجه به وزن‌دهی به معیارهای شناسایی شده، منجر به رتبه‌بندی چند شرکت‌های فعال در زمینه مدیریت زنجیره تامین سبز در صنعت برق خواهد شد. مدل ارائه شده در این مطالعه در شکل ۱ نشان داده‌شده است

جدول ۲- اقدامات موثر در مدیریت زنجیره تامین سبز.

اقدامات	منبع و مآخذ
الزامات قانونی و مقررات	(کوی و همکاران، ۲۰۱۵؛ کاسی-سارپونگ و همکاران، ۲۰۱۶؛ الفت و همکاران، ۱۳۹۰؛ حسینی و همکاران، ۱۳۹۳)
ارتباط و تعامل با ذینفعان	(کوی و همکاران، ۲۰۱۵؛ چین و همکاران، ۲۰۱۵)
مالی و بهبود سرمایه‌گذاری	(وو و همکاران، ۲۰۱۵؛ جعفری و همکاران، ۱۳۸۷)
تولید و عملیات سبز	(چین و همکاران، ۲۰۱۵؛ الفت و همکاران، ۱۳۹۰)
خرید و تامین سبز	(مودولی و همکاران، ۲۰۱۳ ؛ تیپایوانگ و همکاران، ۲۰۱۵)
طراحی سبز	(کوی و همکاران، ۲۰۱۵ ؛ چین و همکاران، ؛ رستم‌زاده و همکاران، ۲۰۱۵؛ دایبت و همکاران، ۲۰۱۳)
مدیریت مصرف انرژی و منابع	(مورولی و همکاران، ۲۰۱۳؛ دابی و همکاران، ۲۰۱۵)
مدیریت پسماند و بازیافت	(کوی و همکاران، ۲۰۱۵؛ کاسی-سارپونگ و همکاران، ۲۰۱۶)
مدیریت محیط داخلی	(دایبت و همکاران، ۲۰۱۳؛ الفت و همکاران، ۱۳۹۰؛ جعفری و همکاران، ۱۳۸۷)
مدیریت محیط بیرونی	(دایبت و همکاران، ۲۰۱۳؛ تیپایوانگ و همکاران، ۲۰۱۵؛ چین و همکاران، ۲۰۱۵)
مدیریت گاز گل‌خانه‌ای	(دابی و همکاران، ۲۰۱۵)
آموزش، پژوهش و فرهنگ سبز	(دابی و همکاران، ۲۰۱۵؛ الفت و همکاران، ۱۳۹۰؛ حیات داودی، ۱۳۹۳)
لجستیک معکوس	(مودولی و همکاران، ۲۰۱۳؛ تیپایوانگ و همکاران، ۲۰۱۵؛ دایبت و همکاران، ۲۰۱۳)
انبارداری، حمل‌ونقل و توزیع سبز	(وو و همکاران، ۲۰۱۵؛ چین و همکاران، ۲۰۱۵؛ رستم‌زاده و همکاران، ۲۰۱۵)
فناوری و تکنولوژی سبز	(کوی و همکاران، ۲۰۱۵؛ کاسی-سارپونگ و همکاران، ۲۰۱۶)

به طور کلی هدف این است که پس از تعیین معیارها و شاخص‌های موردنظر با توجه به مطالعه کتاب‌ها و مقالات داخلی و خارجی مرتبط و هم‌چنین نظر خبرگان و کارشناسان به هر کدام از معیارها با کمک فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی (FAHP) وزنی اختصاص داده می‌شود. در مرحله بعد با استفاده از تکنیک تاپسیس فازی، گزینه‌های مورد نظر که همان شرکت‌های فعال در زمینه مدیریت زنجیره تامین سبز در صنعت برق هستند، با توجه به اوزان تعیین شده، رتبه‌بندی می‌شوند.

ما در این پژوهش از سه پرسش‌نامه به صورت مرحله به مرحله استفاده کرده‌ایم. کارشناسانی که به پرسش‌نامه‌ها پاسخ دادند عموما از کارکنان برق منطقه‌ای مازندران و مرکز دیسپاچینگ و دارای مدرک تحصیلی تخصصی در صنعت برق و سابقه کاری در این بخش از صنعت می‌باشند. روند تحقیق به این صورت است که در ابتدا معیارهای کلی موثر در مدیریت زنجیره تامین سبز از طریق مطالعه مقالات و کتب مرتبط شناسایی شده و به ۲۱ معیار اولیه رسیدیم. سپس پرسش‌نامه اول طراحی و در اختیار تعداد ۱۴ نفر از کارشناسان و خبرگان قرار گرفت. در پرسش‌نامه اول از کارشناسان خواسته شده نظرشان در مورد اهمیت معیارهای استخراج شده از کتب و مقالات را با پاسخ بلی یا خیر مشخص کنند و در نهایت اگر معیار دیگری به غیر از موارد به نظرشان می‌رسد در انتها اضافه نمایند. پس از بررسی نتایج پرسش‌نامه شماره یک و هم‌چنین با در نظر گرفتن محدودیت‌های پژوهش، به ۹ معیار اصلی از ۲۱ معیار اولیه رسیدیم. این ۹ معیار نهایی را در جدول ۳ می‌بینیم. روایی پرسش‌نامه‌ها توسط خبرگان مورد تایید قرار گرفته و پایایی آن نیز با محاسبه نرخ ناسازگاری بررسی شده است.



شکل ۱- ارائه مدل تحقیق.

جدول ۳- معیارهای نهایی شناسایی‌شده پژوهش جهت بررسی و تحلیل.

معیارهای نهایی
۱- اختصاص مقررات و رعایت قوانین و الزامات محلی، ملی و بین‌المللی HSE,EMS,ISO ۴۰۰۱.
۲- درک صحیح مدیران ارشد و میانی سازمان از اهمیت زنجیره تامین سبز و داشتن اهداف استراتژیک کوتاه‌مدت و بلندمدت در زمینه طرح‌های دوستدار محیط زیست در صنعت برق.
۳- توانایی تامین مالی و پذیرفتن ریسک موجود در اجرای پروژه‌های دوستدار محیط زیست.
۴- تعامل و هم‌افزایی با کلیه ذینفعان سازمان در خصوص تعهد داشتن به مسائل زیست‌محیطی.
۵- فرهنگ‌سازی و آموزش در زمینه فعالیت‌های دوستدار محیط زیست، آگاه‌سازی آحاد جامعه و تشویق به شرکت در طرح‌های پیشنهادی دوستدار محیط زیست.
۶- فعالیت در زمینه طراحی و اجرای پروژه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر خورشیدی (سلول‌های خورشیدی).
۷- فعالیت طراحی و اجرای پروژه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر بادی (توربین‌های بادی) با توجه به پتانسیل جغرافیایی مکان مورد نظر.
۸- احداث نیروگاه‌های مقیاس کوچک و واحدهای تولید پراکنده CHP و CCHP.
۹- استفاده از برج‌ها و دکل‌های با ارتفاع بالاتر از حد معمول برای حفاظت از درختان و پوشش گیاهی در مسیرهای انتقال نیروی برق.

پس از شناسایی و استخراج اطلاعات از پرسش‌نامه شماره یک به ۹ معیار اصلی با توجه به شرایط موجود در کشور رسیدیم. سپس پرسش‌نامه دوم، (FAHP)، که مربوط به مقایسات زوجی معیارها است، طراحی و در اختیار کارشناسان قرار گرفت. در نهایت، از خروجی پرسش‌نامه‌ها، ماتریس مقایسات زوجی معیارها به دست آمد. سپس با استفاده از ماتریس مقایسات زوجی به دست آمده و با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی به هر یک از شاخص‌ها وزن داده شد. در مرحله بعدی، پرسش‌نامه سوم مربوط به تاپسیس فازی برای رتبه‌بندی ۵ شرکت فعال در زمینه مدیریت زنجیره تامین سبز در صنعت برق، طراحی و در اختیار تصمیم‌گیرندگان منتخب قرار گرفت، سپس داده‌های به دست آمده با استفاده از تکنیک تاپسیس فازی رتبه‌بندی شد.

۳- مدل AHP فازی

در سال ۱۹۸۳ دو محقق هلندی به نام های لارهون و پدریک روشی را برای فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی پیشنهاد کردند که بر اساس آن، حداقل مجذورات لگاریتمی بنا شده است. اما تعداد محاسبات و پیچیدگی مراحل این روش باعث شد که این روش چندان مورد استفاده قرار نگیرد. در سال ۱۹۹۶ روش دیگری تحت عنوان روش تحلیل توسعه ای(EA[1]) توسط یک محقق چینی به نام چانگ ارائه گردید. اعداد بکار رفته در این روش، اعدا فازی مثلثی هستند. در ادامه، روش AHP فازی بر اساس روش EA تشریح می‌گردد (مومنی، ۱۳۸۹).

در روش EA، برای هریک از سطرهای ماتریس مقایسات زوجی، مقدار S_k ، که خود یک عدد فازی مثلثی است، به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$S_k = \sum_{j=1}^{n} M_{kl} \times \left[\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} M_{ij}\right]^{-1} \qquad (۱)$$

که k بیانگر شماره سطر i و j به ترتیب نشان‌دهنده گزینه‌ها و شاخص‌ها هست.

در روش EA ، پس ازمحاسبه S_kها، باید درجه بزرگی آن‌ها را نسبت به هم به دست آورد. به طور کلی اگر M_2 وM_1 دو عدد فازی مثلثی باشد، درجه بزرگی M_1 بر M_2 که با $V(M_1 \geq M_2)$ نشان می‌دهیم، به گونه زیر تعریف می‌شود.

$$\begin{cases} V(M_1 \geq M_2) = 1 & \text{اگر } m_1 \geq m_2 \\ V(M_1 \geq M_2) = hgt(M_1 \cap M_2) & \text{وگرنه} \end{cases} \qquad (۲)$$

هم‌چنین داریم:

$$hgt(M_1 \cap M_2) = \frac{u_1 - l_2}{(u_1 - l_2) + (m_2 - m_1)}. \qquad (۳)$$

میزان بزرگی یک عدد فازی مثلثی از k عدد فازی مثلثی دیگر نیز این‌گونه به دست می‌آید:

$$V(M_1 \geq M_2 \dots\dots M_k) = Min[V(M_1 \geq M_2). \dots\dots\dots V(M_1 \geq M_k)]. \qquad (۴)$$

در روش EA برای محاسبه وزن شاخص‌ها در ماتریس مقایسه زوجی این‌گونه حساب می‌کنیم:

$$W'(x_i) = Min\{V(S_i \geq S_k)\}. \quad k = 1.\ 2. \dots\dots\dots n. \qquad k \neq i \qquad (۵)$$

بنابراین، بردار وزن شاخص‌ها به گونه زیر خواهد بود:

[1] Extent Analysis Method

$$W' = [W'(c_1). W'(c_2). \dots \dots \dots . W'(c_n)] \qquad (۶)$$

که همان بردار ضرایب غیر بهنجار AHP فازی است.

در جدول ۴ مقایسه کلامی و اعداد فازی مثلثی مربوط به آن‌ها که برای انجام مقایسات زوجی به کار می‌رود، آورده شده است.

جدول ۴- متغیرهای کلامی و اعداد فازی مثلثی.

مقیاس فازی معکوس مثلثاتی			مقیاس فازی مثلثی			تعریف	عدد فازی
۱	۱	۳	۰٫۳۳	۱	۱	مقیاس یکسان	۱^
۱	۰٫۳۳	۵	۰٫۲	۳	۱	اهمیت ضرورت	۳^
۰٫۳۳	۰٫۲	۷	۰٫۱۴	۵	۳	اهمیت قوی	۵^
۰٫۲	۰٫۱۴	۹	۰٫۱۱	۷	۵	اهمیت خیلی قوی	۷^
۰٫۱۴	۰٫۱۱	۹	۰٫۱۱	۹	۷	اهمیت مطلق	۹^

جدول زیر مربوط به مقیاس‌های کلامی و اعداد فازی مرتبط با آن‌ها است

جدول ۵- مقیاس کلامی و اعداد فازی.

متغیرهای زبانی	اعداد فازی
خیلی ضعیف	(۱ ۱ ۳)
ضعیف	(۱ ۳ ۵)
متوسط	(۳ ۵ ۷)
خوب	(۵ ۷ ۹)
خیلی خوب	(۷ ۹ ۹)

۴- تاپسیس فازی

روش تاپسیس به عنوان یکی از تکنیک‌های بسیار کاربردی و عملی در روش‌های تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه کلاسیک توسط هوانگ و یون در سال ۱۹۸۱ به منظور تجزیه و تحلیل راه‌حل‌های جای‌گزین در میان هر معیار و در نهایت تعیین کارآمدترین جای‌گزین‌ها ارائه شد. الگوریتم تاپسیس بر اساس کوتاه‌ترین فاصله از راه‌حل ایده‌آل مثبت (PIS) و دورترین فاصله از راه‌حل ایده‌آل منفی (NIS) سرچشمه گرفته است (پاتیل و کانت، ۲۰۱٤). اگرچه اغلب برای تصمیم‌گیرندگان تخصیص یک امتیاز ارزیابی دقیق به یک جای‌گزین دشوار است، مزیت استفاده از روش فازی غلبه بر ابهام در قضاوت‌های انسانی و به دست آوردن اهمیت نسبی صفات می‌باشد (یانگ و هونگ، ۲۰۰۷).

گام ۱: تخصیص امتیاز با مقیاس زبانی به گزینه‌ها با توجه به هر معیار.

فرض کنیم که m جای‌گزین ممکن، به نام‌های $A = \{A_1. A_2. \dots . A_m\}$ وجود دارند، که در مقابل معیارهای

$C = \{C_1. C_2. \dots \dots . C_n\}$ ارزیابی می‌شود. وزن معیارها توسط $W_j (j = 1.2. \dots \dots n)$ مشخص می‌شود. رتبه‌بندی عملکرد هر تصمیم گیرنده $D_k = (k = 1.2. \dots \dots . k)$ برای هر جای‌گزین $A_i (i = 1.2 \dots \dots . m)$ باتوجه به معیارهای

$C_j (j = 1.2 \dots \dots . n)$ توسط

$$\widetilde{R_k} = \widetilde{X_{ıjk}} (i = 1.2. \dots \dots . m \ ; \ \ j = 1.2. \dots \dots . n \ ; \ \ k = 1.2. \dots \dots . k) \qquad (۷)$$

با تابع عضویت $\mu_{\tilde{R}_k}(X)$ تعیین می‌شود.

گام ۲: محاسبه امتیاز فازی کل برای جای‌گزینی‌ها.

فرض کنید رتبه‌بندی فازی همه تصمیم‌گیرندگان در رابطه با معیارها به صورت اعداد فازی مثلثی $\widetilde{R_k} = (a_k . b_k . c_k)$ و $k = 1.2. \dots . k$ به صورت زیر است:

$$a = \min\{a_k\} . \qquad b = \frac{1}{k}\sum_{k=1}^{k} b_k . \qquad c = \max\{c_k\} \tag{۸}$$

اگر رتبه‌بندی فازی تصمیم‌گیرنده kام $\tilde{X}_{ijk} = (a_{ijk} . b_{ijk} . c_{ijk})$ و $i = 1.2. \dots . m$ و $j = 1.2. \dots . n$ باشد آن‌گاه رتبه‌بندی فازی یکپارچه $\widetilde{X_{ij}}$ جای‌گزین‌ها با توجه به هر معیار با $\widetilde{X_{ij}} = (a_{ij} . b_{ij} . c_{ij})$ داده می‌شود و به صورت زیر می‌باشد:

$$a = \min\{a_{ijk}\} . \qquad b = \frac{1}{k}\sum_{k=1}^{k} b_{ijk} . \qquad c = \max\{c_{ijk}\} \tag{۹}$$

گام ۳: محاسبه ماتریس تصمیم فازی.

ماتریس تصمیم فازی برای جای‌گزین‌ها $(\widetilde{D})$ به صورت زیر ایجاد می‌شود:

$$\widetilde{D} = \begin{bmatrix} \widetilde{X_{11}} & \widetilde{X_{12}} & \cdots & \widetilde{X_{1n}} \\ \widetilde{X_{21}} & \widetilde{X_{22}} & \cdots & \widetilde{X_{2n}} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \widetilde{X_{m1}} & \widetilde{X_{m2}} & \cdots & \widetilde{X_{mn}} \end{bmatrix} \qquad i = 1.2. \dots . m \text{ ، } j = 1.2. \dots . n \tag{۱۰}$$

گام ۴: داده‌های خام با استفاده از یک تبدیل مقیاس خطی به منظور تبدیل مقیاس‌های متنوع برای معیارها به مقیاس‌های قابل مقایسه نرمالایز (به هنجار) می‌شود.

ماتریس تصمیم‌گیری نرمالایز شده به صورت زیر داده می‌شود:

$$\tilde{R} = [\widetilde{r_{ij}}]_{m\times n} \ . \ i = 1.2. \dots \dots . m \ \ . \ \ j = 1.2. \dots \dots . n \tag{۱۱}$$

$$\widetilde{r_{ij}} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^+} . \frac{b_{ij}}{c_j^+} . \frac{c_{ij}}{c_j^+}\right). \quad c_j^+ = Max_i C_{ij} \qquad \text{(معیار مثبت)} \tag{۱۲}$$

$$\widetilde{r_{ij}} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}} . \frac{a_j^-}{b_{ij}} . \frac{a_j^-}{a_{ij}}\right). \quad a_j^- = Min_i a_{ij} \qquad \text{(معیار منفی)} \tag{۱۳}$$

گام ۵: محاسبه ماتریس نرمالایز وزین.

ماتریس نرمالایز وزین $\tilde{V}$ برای معیارها از ضرب کردن اوزان $\widetilde{W_j}$ معیارهای ارزیابی در ماتریس تصمیم‌گیری فازی نرمالایز $\widetilde{r_{ij}}$ محاسبه می‌شود.

$$\tilde{V} = [\widetilde{v_{ij}}]_{m\times n} \ . \ i = 1.2. \dots \dots . m \ \ . \ \ j = 1.2. \dots \dots . n \tag{۱۴}$$

$$\widetilde{v_{ij}} = \widetilde{r_{ij}} * W_j \tag{۱۵}$$

توجه داشته باشید که $\tilde{v}_{ij}$ یک TFN است که توسط $\left(\widetilde{a_{ijk}} . \widetilde{b_{ijk}} . \widetilde{c_{ijk}}\right)$ نشان داده شده است.

گام ۶: محاسبه راه‌حل ایده‌آل مثبت (FPIS) و راه‌حل ایده‌آل منفی (FNIS) برای جای‌گزین‌ها.

$$A^+ = (\widetilde{v_1^+} . \widetilde{v_2^+} \dots \dots . \widetilde{v_n^+}) \quad . \ \widetilde{v_j^+} = \ Max_i\{v_{ij}\} \qquad i = 1.2. \dots \dots . m \ . \ j = 1.2. \dots \dots . n \tag{۱۶}$$

$$A^- = (\widetilde{v_1^-}.\widetilde{v_2^-} \dots \dots .\widetilde{v_n^-}) \quad . \ \widetilde{v_j^-} = \ Min_i\{v_{ij}\} \qquad i = 1.2. \dots \dots .m \ . \ j = 1.2. \dots \dots .n \tag{۱۷}$$

گام ۷: محاسبه فاصله هر جای‌گزین از FPIS و FNIS.

فاصله $(d_i^+.d_i^-)$ **هر معیار وزنی** $i = 1.2 \dots \dots .m$ **از FPIS و FNIS به صورت زیر محاسبه می‌شود:**

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^{n} dv(\tilde{v}_{ij}.\tilde{v}_j^+) \ . \quad i = 1.2. \dots \dots .m \tag{۱۸}$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^{n} dv\left(\tilde{v}_{ij}.\tilde{v}_j^-\right) \ . \quad i = 1.2. \dots \dots .m \tag{۱۹}$$

$dv(\tilde{a}.\tilde{b})$ **فاصله بین دو عدد فازی** $\tilde{a}$ **و** $\tilde{b}$ **است.**

گام ۸: محاسبه ضریب نزدیکی CC_i **هر جای‌گزین.**

ضریب نزدیکی فاصله نسبت به راه‌حل ایده‌آل مثبت فازی و راه‌حل ایده‌آل منفی را به صورت همزمان نشان می‌دهد. ضریب نزدیکی هر جای‌گزین از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+} \quad . \quad i = 1.2. \dots \dots .m \tag{۲۰}$$

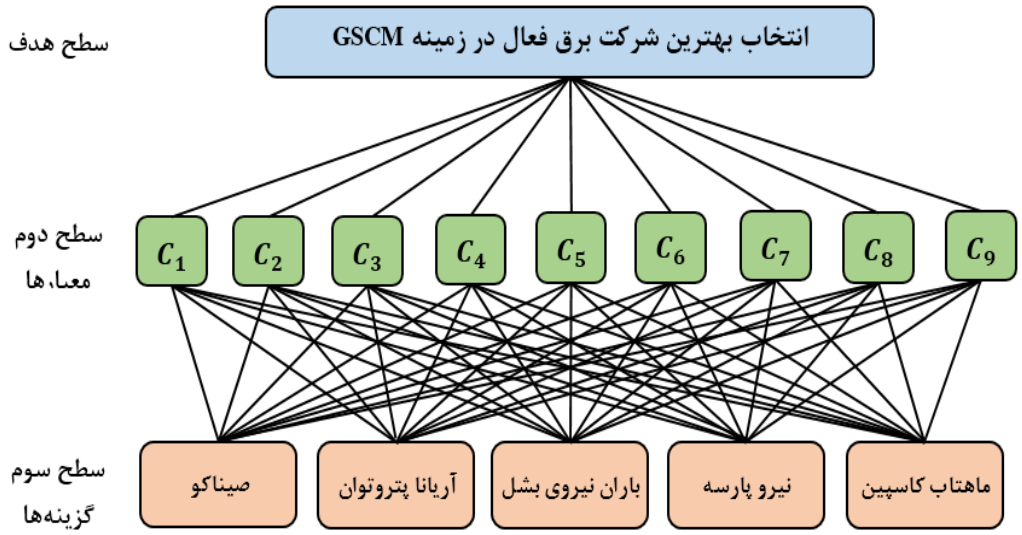
گام ۹: رتبه‌بندی جای‌گزین‌ها.

در مرحله آخر، جای‌گزین‌های مختلف مطابق با مقدار ضریب نزدیکی رتبه‌بندی می‌شود.

۵- تجزیه و تحلیل

در ابتدا با توجه به روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی و با توجه به گزینه‌های موجود که ۵ شرکت فعال در زمینه صنعت برق، به ترسیم درخت سلسله‌مراتبی می‌پردازیم. سطح اول، درخت سلسله‌مراتبی مربوط به انتخاب هدف می‌باشد که در این‌جا هدف نهایی ما انتخاب بهترین شرکت پیمانکار برق با توجه به معیارهای موردنظر است. سطح دوم، مربوط به معیارها و شاخص‌های موردنظر که ۹ معیار است، می‌باشد. در سطح سوم یا آخر، گزینه‌ها قرار می‌گیرند که همان ۵ شرکت فعال در زمینه مدیریت زنجیره تامین سبز در صنعت برق هستند.

نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۳، شماره (۳)، پاییز ۱۳۹۷، صفحه: ۲۸۱-۳۰۱



شکل ۲- درخت سلسله‌مراتبی تصمیم.

پس از مشخص شدن معیارها و گزینه‌ها و ترسیم درخت سلسله‌مراتبی در مرحله بعد، پرسش‌نامه شماره دوم برای انجام مقایسات زوجی بین معیارها، طراحی و در اختیار کارشناسان قرار می‌گیرد. پس از جمع‌آوری پرسش‌نامه‌ها و پالایش داده‌های به دست آمده، ابتدا باید به بررسی سازگاری منطقی قضاوت‌ها بپردازیم. پس از بررسی داده‌های پرسش‌نامه‌های مقایسات زوجی، در نهایت داده‌های ۱۰ کارشناس مورد قبول قرار گرفت. در زیر، نتایج خروجی به دست آمده با نرم‌افزار Excel برای بررسی سازگاری قضاوت‌های مقایسات زوجی آورده شده است. در جدول ۶ ماتریس نهایی مقایسات زوجی معیارها که از میانگین نظرات کارشناسان به دست آمده دیده می‌شود.

جدول ۷- ماتریس مقایسات زوجی معیارها.

ماتریس مقایسات زوجی	C_1			C_2			C_3			C_4			C_5			C_6			C_7			C_8			C_9		
C_1	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۰٫۹۲	۰٫۹۳	۲٫۸۰	۰٫۲۰	۰٫۳۳	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۳٫۰۰	۱٫۰۰	۲٫۸۰	۴٫۸۰	۰٫۲۸	۰٫۴۰	۱٫۲۰	۱٫۰۰	۳٫۰۰	۵٫۰۰	۰٫۲۸	۰٫۴۰	۱٫۲۰	۰٫۲۳	۰٫۲۸	۰٫۶۰
C_2	۰٫۳۶	۱٫۰۷	۱٫۰۹	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۰٫۱۹	۰٫۳۲	۰٫۹۳	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۳٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۳٫۰۰	۰٫۲۳	۰٫۲۸	۰٫۶۰	۱٫۰۰	۱٫۲۰	۳٫۲۰	۰٫۲۸	۰٫۴۰	۱٫۲۰	۰٫۱۵	۰٫۲۱	۰٫۴۰
C_3	۱٫۰۰	۳٫۰۳	۵٫۰۰	۱٫۰۷	۳٫۱۵	۵٫۱۵	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۳٫۰۰	۵٫۰۰	۷٫۰۰	۱٫۲۰	۳٫۲۰	۵٫۲۰	۱٫۰۰	۲٫۶۰	۴٫۶۰	۲٫۸۰	۴٫۸۰	۶٫۸۰	۱٫۲۰	۲٫۸۰	۴٫۸۰	۱٫۰۰	۲٫۰۰	۴٫۰۰
C_4	۰٫۳۳	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۰٫۳۳	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۰٫۱۴	۰٫۲۰	۰٫۳۳	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۰٫۹۲	۰٫۹۳	۲٫۸۰	۰٫۲۰	۰٫۳۳	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۳٫۰۰	۰٫۲۰	۰٫۳۳	۱٫۰۰	۰٫۱۵	۰٫۲۱	۰٫۴۰
C_5	۰٫۲۱	۰٫۳۶	۱٫۰۰	۰٫۳۳	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۰٫۱۹	۰٫۳۱	۰٫۸۳	۰٫۳۶	۱٫۰۷	۱٫۰۹	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۰٫۲۳	۰٫۲۸	۰٫۶۰	۱٫۰۰	۱٫۲۰	۳٫۲۰	۰٫۲۸	۰٫۴۰	۱٫۲۰	۰٫۱۹	۰٫۳۲	۰٫۹۳
C_6	۰٫۸۳	۲٫۵۲	۳٫۵۷	۱٫۶۸	۳٫۵۷	۴٫۴۲	۰٫۲۲	۰٫۳۸	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۳٫۰۳	۵٫۰۰	۱٫۶۸	۳٫۵۷	۴٫۴۲	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۳٫۰۰	۵٫۰۰	۷٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۲۰	۳٫۲۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۳٫۰۰
C_7	۰٫۲۰	۰٫۳۳	۱٫۰۰	۰٫۳۱	۰٫۸۳	۱٫۰۰	۰٫۱۵	۰٫۲۱	۰٫۳۶	۰٫۳۳	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۰۳۱.	۰٫۸۳	۱٫۰۰	۰٫۱۴	۰٫۲۰	۰٫۳۳	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۰٫۲۰	۰٫۳۳	۱٫۰۰	۰٫۲۶	۰٫۳۵	۰٫۹۳
C_8	۰٫۸۳	۲٫۵۲	۳٫۵۷	۰٫۸۳	۲٫۵۲	۳٫۵۷	۰٫۲۱	۰٫۳۶	۰٫۸۳	۱٫۰۰	۳٫۰۳	۵٫۰۰	۰٫۸۳	۲٫۵۲	۳٫۵۷	۰٫۳۱	۰٫۸۳	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۳٫۰۳	۵٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۰٫۲۸	۰٫۴۰	۱٫۲۰
C_9	۱٫۶۸	۳٫۵۷	۴٫۴۲	۲٫۵۲	۴٫۶۹	۶٫۸۵	۰٫۲۵	۰٫۵۰	۱٫۰۰	۲٫۵۲	۴٫۶۹	۶٫۸۵	۱٫۰۷	۳٫۱۵	۵٫۱۵	۰٫۳۳	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۷	۲٫۹۰		۰٫۸۳	۲٫۵۲	۳٫۵۷	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۱٫۰۰

مرحله بعدی بررسی سازگاری مقایسات زوجی است.

جدول ۷- ماتریس مقایسات زوجی (دیفازی).

بررسی سازگاری	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9
C_1	۱٫۰۰	۱٫۲۴	۰٫۴۲	۱٫۳۳	۲٫۸۳	۰٫۵۱	۳٫۰۰	۰٫۵۱	۰٫۳۲
C_2	۰٫۹۶	۱٫۰۰	۰٫۴۰	۱٫۰۰	۱٫۳۳	۰٫۳۲	۱٫۵۰	۰٫۵۱	۰٫۲۳
C_3	۳٫۰۲	۳٫۱۴	۱٫۰۰	۵٫۰۰	۳٫۲۰	۲٫۶۷	۴٫۸۰	۲٫۸۷	۲٫۱۷
C_4	۰٫۸۹	۰٫۸۹	۰٫۲۱	۱٫۰۰	۱٫۲۴	۰٫۴۲	۱٫۳۳	۰٫۴۲	۰٫۲۳
C_5	۰٫۴۴	۰٫۸۹	۰٫۳۸	۱٫۰۰	۱٫۰۰	۰٫۳۲	۱٫۵۰	۰٫۵۱	۰٫۴۰
C_6	۲٫۴۱	۳٫۴۰	۰٫۴۶	۱٫۰۰	۳٫۴۰	۱٫۰۰	۵٫۰۰	۱٫۵۰	۱٫۳۳
C_7	۰٫۴۲	۰٫۷۷	۰٫۲۲	۱٫۰۰	۰٫۷۷	۰٫۲۱	۱٫۰۰	۰٫۴۲	۰٫۴۳
C_8	۲٫۴۱	۲٫۴۱	۰٫۴۱	۱٫۰۰	۲٫۴۱	۰٫۷۷	۳٫۰۲	۱٫۰۰	۰٫۵۱
C_9	۳٫۴۰	۴٫۹۶	۰٫۵۴	۱٫۰۰	۳٫۱۴	۰٫۸۹	۲٫۷۶	۲٫۴۱	۱٫۰۰
Total	۱۴٫۹۵	۱۸٫۴۴	۴٫۰۵	۱۳٫۳۳	۱۹٫۳۳	۷٫۱۲	۲۳٫۹۲	۱۰٫۱۵	۶٫۶۳

جدول ۸- ناسازگاری تصادفی.

N	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
IRI	۰	۰	۰٫۵۸	۰٫۹	۱٫۱۲	۱٫۲۴	۱٫۳۲	۱٫۴۱	۱٫۴۵	۱٫۴۹	۱٫۵۱	۱٫۵۲	۱٫۵۶	۱٫۵۷	۱٫۵۹

λ_{max}	۹٫۷۳
IRI	۱٫۴۵
II	۰٫۰۹
IR	۰٫۰۶

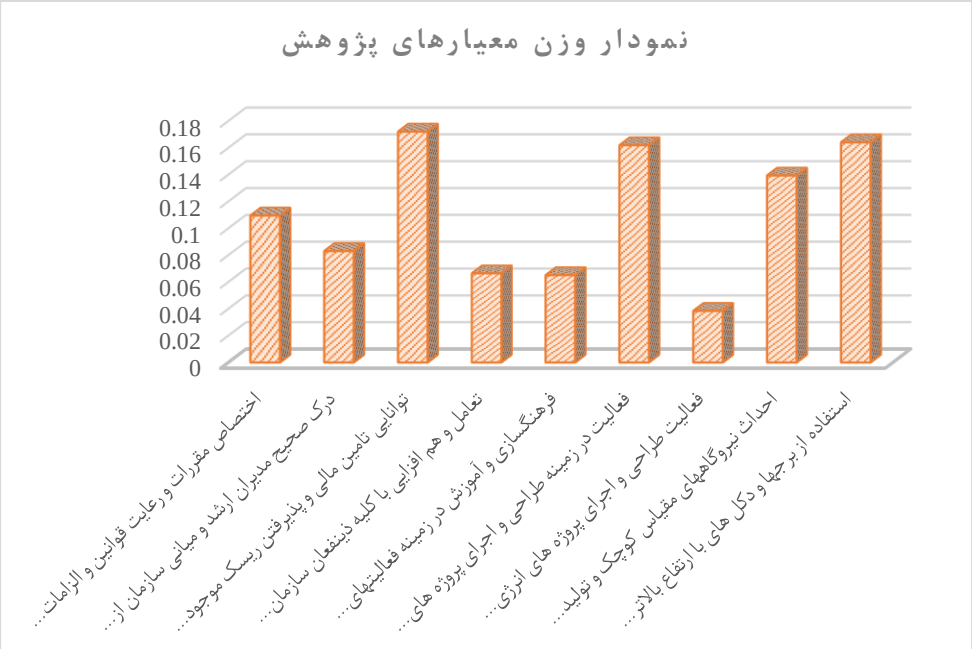
همان‌طور که دیده می‌شود نتایج نشان می‌دهد که مقدار نرخ ناسازگاری *(IR)* برابر ۰۶ / ۰ می‌باشد که گویای سازگاری مقایسات زوجی است و می‌توان ادامه مسیر را برای مراحل FAHP انجام داد و نیازی به بازنگری در مقایسات زوجی نیست. در نهایت، پس از انجام محاسبات AHP فازی، نتایج زیر به دست آمدند. در جدول ۹ مقادیر S1 تا S9 مربوط به وزن هر شاخص می‌باشد.

جدول ۹- وزن نهایی معیارها بر اساس روش FAHP (روش EA).

	اوزان غیر بهنجار	اوزان بهنجار شده
S1=	۰/۶۴۱	۰/۱۱۲
S1=	۰/۴۷۸	۰/۰۸۴
S1=	۱/۰۰۰	۰/۱۷۵
S1=	۰/۳۹۱	۰/۰۶۸
S1=	۰/۳۶۷	۰/۰۶۴
S1=	۰/۸۹۶	۰/۱۵۷
S1=	۰/۲۲۱	۰/۰۳۹
S1=	۰/۷۷۴	۰/۱۳۶
S1=	۰/۹۴۱	۰/۱۶۵
Sum=	۵/۷۰۸	۱/۰۰۰

جدول ۱۰- معیارهای نهایی به همراه وزن‌های تخصیص داده‌شده به هر معیار.

رتبه‌بندی معیارها	وزن‌ها	معیارهای مورد نظر
۵	۰/۱۱۲	اختصاص مقررات و رعایت قوانین و الزامات محلی، ملی و بین‌المللی ISO۱۴۰۰۱، EMS و HSE.
۶	۰/۰۸۴	درک صحیح مدیران ارشد و میانی سازمان از اهمیت زنجیره تامین سبز و داشتن اهداف استراتژیک کوتاه مدت و بلندمدت.
۱	۰/۱۷۵	توانای تامین مالی و پذیرفتن ریسک موجود در اجرای پروژه‌های دوستدار محیط زیست.
۸	۰/۰۶۸	تعامل وهم‌افزایی با کلیه ذینفعان سازمان در خصوص تعهد داشتن به مسایل زیست محیطی.
۷	۰/۰۶۴	فرهنگ‌سازی و آموزش در زمینه فعالیت‌های دوستدار محیط زیست، آگاه‌سازی آحاد جامعه و تشویق...
۳	۰/۱۵۷	فعالیت در زمینه‌ی طراحی و اجرای پروژه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر خورشیدی (سلول‌های خورشیدی).
۹	۰/۰۳۹	فعالیت طراحی و اجرای پروژه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر بادی (توربین‌های بادی)...
۴	۰/۱۳۶	احداث نیروگاه‌های مقیاس کوچک و تولید پراکنده CCHP و CHP.
۲	۰/۱۶۵	استفاده از برج‌ها و دکل‌های با ارتفاع بالاتر از حد معمول برای حفاظت از درختان و پوشش گیاهی...



شکل ۲- وزن معیارهای پژوهش.

نتایج نشان داد که شاخص‌های توانایی تامین مالی، افزایش ارتفاع برج‌ها و دکل‌های خطوط انتقال برق و هم‌چنین استفاده از انرژی تجدیدپذیر خورشیدی به‌ترتیب بیشترین وزن‌ها را به خود اختصاص دادند و بقیه شاخص‌ها همان‌طور که در جدول ۱۰ دیده می‌شود، در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. در این مرحله با توجه به وزن های به دست آمده در مرحله قبلی، شرکت‌های انتخاب شده و مورد نظر رتبه‌بندی می‌شوند. برای این منظور، پرسش‌نامه سوم در اختیار تصمیم گیرندگان قرار می‌گیرد که تصمیم‌گیرنده با استفاده از متغیرهای زبانی اشاره شده در جدول ۵ در رابطه با هر شاخص به شرکت‌ها متغیری را نسبت می‌دهد. برای مثال اگر شرکتی دقیقا همان‌طور مناسب عمل کند که تصمیم‌گیر می‌خواهد، متغیرهای زبان شناختی "خیلی زیاد " یا "زیاد" به ترتیب براساس اعداد فازی (۹ ۹ ۷) و (۹ ۷ ۵) به آن اختصاص می یابد. اقدام بعدی تبدیل این متغیرهای زبانی مقیاس‌های زبانی به اعداد فازی است که ماتریس ارزیابی فازی برای هر تصمیم‌گیرنده با استفاده از نتایج پرسش‌نامه تشکیل می شود. تعداد تصمیم‌گیرندگان در این مرحله ٤ نفر می‌باشد که از کارشناسان برق هستند. در این مطالعه با توجه به نظر کارشناسان، ۵ شرکت برق به منظور ارزیابی در نظر گرفته شدند. نتایج پرسش‌نامه تاپسیس فازی ماتریس ارزیابی تجمعی تصمیم‌گیرندگان در جدول ۱۱ دیده می‌شود.

جدول ۱۱- ماتریس تجمعی نظر تصمیم‌گیرندگان.

معیارها	شرکت‌های موردنظر															
	صیناکو			آریانا پتروتوان			باران نیروی بشل			نیرو پارسه			ماهتاب کاسپین		
اختصاص مقررات و رعایت قوانین...	۵/۵	۷/۵	۹	۷	۹	۹	۶/۵	۸/۵	۹	۶/۵	۸/۵	۹	۴/۵	۶/۵	۸/۵
درک صحیح مدیران ارشد و میانی...	۴/۵	۶/۵	۸/۵	۴/۵	۶/۵	۸/۵	۶/۵	۸/۵	۹	۶/۵	۸/۵	۹	۴/۵	۶/۵	۸/۵
توانایی تامین مالی و پذیرفتن ریسک...	۴/۵	۶/۵	۸/۵	۴/۵	۶/۵	۸/۵	۴/۵	۶/۵	۸/۵	۶/۵	۸/۵	۹	۶/۵	۸/۵	۹
تعامل و هم‌افزایی با ذینفعان...	۲/۵	۴/۵	۶/۵	۴/۵	۶/۵	۸/۵	۴/۵	۶/۵	۸/۵	۴/۵	۶/۵	۸/۵	۲/۵	۴/۵	۶/۵
فرهنگ‌سازی و آموزش...	۲/۵	۴/۵	۶/۵	۴/۵	۶/۵	۸/۵	۲/۵	۴/۵	۶/۵	۶/۵	۸/۵	۹	۲/۵	۴/۵	۶/۵
فعالیت در طراحی و اجرای پروژه خورشیدی...	۱	۳	۵	۱	۳	۵	۱	۳	۵	۳	۵	۷	۱	۲/۵	۴/۵
فعالیت طراحی و اجرای پروژه‌های بادی...	۱	۲/۵	۴/۵	۱	۳	۵	۱	۲/۵	۴/۵	۱	۲/۵	۴/۵	۱	۲/۵	۴/۵
احداث نیروگاه‌های کوچک مقیاس...	۵	۷	۹	۶/۵	۸/۵	۹	۶/۵	۸/۵	۹	۶/۵	۸/۵	۹	۶/۵	۸/۵	۹
بالابردن ارتفاع برج‌ها و دکل‌های فشار قوی...	۱	۳	۵	۱	۳	۵	۱	۱	۳	۴/۵	۶/۵	۸/۵	۱	۳	۵

جدول ۱۲- ماتریس تصمیم فازی نرمالایز شده.

معیارها	شرکت‌های موردنظر															
	صیناکو			آریانا پتروتوان			باران نیروی بشل			نیرو پارسه			ماهتاب کاسپین			وزن معیارها از روش FAHP
اختصاص مقررات و رعایت قوانین...	۰٫۶۱۱	۰٫۸۳۳	۱٫۰۰۰	۰٫۷۸۸	۱٫۰۰۰	۱٫۰۰۰	۰٫۷۲۲	۰٫۹۴۴	۱٫۰۰۰	۰٫۷۲۲	۰٫۹۴۴	۱٫۰۰۰	۰٫۵۰۰	۰٫۷۲۲	۰٫۹۴۴	۰٫۱۱۲
درک صحیح مدیران ارشد و میانی...	۰٫۵۰۰	۰٫۷۲۲	۰٫۹۴۴	۰٫۵۰۰	۰٫۷۲۲	۰٫۹۴۴	۰٫۷۲۲	۰٫۹۴۴	۱٫۰۰۰	۰٫۷۲۲	۰٫۹۴۴	۱٫۰۰۰	۰٫۵۰۰	۰٫۷۲۲	۰٫۹۴۴	۰٫۰۸۴
توانایی تامین مالی و پذیرفتن ریسک...	۰٫۵۰۰	۰٫۷۲۲	۰٫۹۴۴	۰٫۵۰۰	۰٫۷۲۲	۰٫۹۴۴	۰٫۵۰۰	۰٫۷۲۲	۰٫۹۴۴	۰٫۷۲۲	۰٫۹۴۴	۱٫۰۰۰	۰٫۷۲۲	۰٫۹۴۴	۱٫۰۰۰	۰٫۱۷۵
تعامل و هم‌افزایی با ذینفعان...	۰٫۲۹۴	۰٫۵۲۹	۰٫۷۶۵	۰٫۵۲۹	۰٫۷۶۵	۱٫۰۰۰	۰٫۵۲۹	۰٫۷۶۵	۱٫۰۰۰	۰٫۵۲۹	۰٫۷۶۵	۱٫۰۰۰	۰٫۲۹۴	۰٫۵۲۹	۰٫۷۶۵	۰٫۰۶۸
فرهنگ‌سازی و آموزش...	۰٫۲۷۸	۰٫۵۰۰	۰٫۷۲۲	۰٫۵۰۰	۰٫۷۲۲	۰٫۹۴۴	۰٫۲۷۸	۰٫۵۰۰	۰٫۷۲۲	۰٫۷۲۲	۰٫۹۴۴	۱٫۰۰۰	۰٫۲۷۸	۰٫۵۰۰	۰٫۷۲۲	۰٫۰۶۴
فعالیت در طراحی و اجرای پروژه خورشیدی...	۰٫۱۴۳	۰٫۴۲۹	۰٫۷۱۴	۰٫۱۴۳	۰٫۴۲۹	۰٫۷۱۴	۰٫۱۴۳	۰٫۴۲۹	۰٫۷۱۴	۰٫۴۲۹	۰٫۷۱۴	۱٫۰۰۰	۰٫۱۴۳	۰٫۳۵۷	۰٫۶۴۳	۰٫۱۵۷
فعالیت طراحی و اجرای پروژه‌های بادی...	۰٫۲۰۰	۰٫۵۰۰	۰٫۹۰۰	۰٫۲۰۰	۰٫۶۰۰	۱٫۰۰۰	۰٫۲۰۰	۰٫۵۰۰	۰٫۹۰۰	۰٫۲۰۰	۰٫۵۰۰	۰٫۹۰۰	۰٫۲۰۰	۰٫۵۰۰	۰٫۹۰۰	۰٫۰۳۹
احداث نیروگاه‌های کوچک مقیاس...	۰٫۵۵۶	۰٫۷۷۸	۱٫۰۰۰	۰٫۷۲۲	۰٫۹۴۴	۱٫۰۰۰	۰٫۷۲۲	۰٫۹۴۴	۱٫۰۰۰	۰٫۷۲۲	۰٫۹۴۴	۱٫۰۰۰	۰٫۷۲۲	۰٫۹۴۴	۱٫۰۰۰	۰٫۱۳۶
بالابردن ارتفاع برج‌ها و دکل‌های فشار قوی...	۰٫۱۱۸	۰٫۳۵۳	۰٫۵۸۸	۰٫۱۱۸	۰٫۳۵۳	۰٫۵۸۸	۰٫۱۱۸	۰٫۱۱۸	۰٫۳۵۳	۰٫۵۲۹	۰٫۷۶۵	۱٫۰۰۰	۰٫۱۱۸	۰٫۳۵۳	۰٫۵۸۸	۰٫۱۶۵

جدول ۱۳- ماتریس تصمیم فازی نرمالایز وزین برای شرکت‌ها (نتایج ضرب ماتریس تصمیم فازی نرمالایز شده در اوزان معیارها).

معیارها	صیناکو			آریانا پتروتوان			باران نیروی بشل			نیرو پارسه			ماهتاب کاسپین		
اختصاص مقررات و رعایت قوانین...	۰/۰۶۹	۰/۰۹۴	۰/۱۱۲	۰/۰۸۷	۰/۱۱۲	۰/۱۱۲	۰/۰۸۱	۰/۱۰۶	۰/۱۱۲	۰/۰۸۱	۰/۱۰۶	۰/۱۱۲	۰/۰۵۶	۰/۰۸۱	۰/۱۰۶
درک صحیح مدیران ارشد و میانی...	۰/۰۴۲	۰/۰۶۱	۰/۰۷۹	۰/۰۴۲	۰/۰۶۱	۰/۰۷۹	۰/۰۶۱	۰/۰۷۹	۰/۰۸۴	۰/۰۶۱	۰/۰۷۹	۰/۰۸۴	۰/۰۴۲	۰/۰۶۱	۰/۰۷۹
توانایی تامین مالی و پذیرفتن ریسک...	۰/۰۸۸	۰/۱۲۷	۰/۱۶۵	۰/۰۸۸	۰/۱۲۷	۰/۱۶۵	۰/۰۸۸	۰/۱۲۷	۰/۱۶۵	۰/۱۲۷	۰/۱۶۵	۰/۱۷۵	۰/۱۲۷	۰/۱۶۵	۰/۱۷۵
تعامل و هم‌افزایی با ذینفعان...	۰/۰۲۰	۰/۰۳۶	۰/۰۵۲	۰/۰۳۶	۰/۰۵۲	۰/۰۶۸	۰/۰۳۶	۰/۰۵۲	۰/۰۶۸	۰/۰۳۶	۰/۰۵۲	۰/۰۶۸	۰/۰۲۰	۰/۰۳۶	۰/۰۵۲
فرهنگ‌سازی و آموزش...	۰/۰۱۸	۰/۰۳۲	۰/۰۴۶	۰/۰۳۲	۰/۰۴۶	۰/۰۶۱	۰/۰۱۸	۰/۰۳۲	۰/۰۴۶	۰/۰۴۶	۰/۰۶۱	۰/۰۶۴	۰/۰۱۸	۰/۰۳۲	۰/۰۴۶
فعالیت در طراحی و اجرای پروژه خورشیدی...	۰/۰۲۲	۰/۰۶۷	۰/۱۱۲	۰/۰۲۲	۰/۰۶۷	۰/۱۱۲	۰/۰۲۲	۰/۰۶۷	۰/۱۱۲	۰/۰۶۷	۰/۱۱۲	۰/۱۵۷	۰/۰۲۲،۰/۲۲۰	۰/۰۵۶	۰/۱۰۱
فعالیت طراحی و اجرای پروژه‌های بادی...	۰/۰۰۸	۰/۰۱۹	۰/۰۳۵	۰/۰۰۸	۰/۰۲۳	۰/۰۳۹	۰/۰۰۸	۰/۰۱۹	۰/۰۳۵	۰/۰۰۸	۰/۰۱۹	۰/۰۳۵	۰/۰۰۸	۰/۰۱۹	۰/۰۳۵
احداث نیروگاه‌های کوچک مقیاس...	۰/۰۷۵	۰/۱۰۶	۰/۱۳۶	۰/۰۹۸	۰/۱۲۸	۰/۱۳۶	۰/۰۹۸	۰/۱۲۸	۰/۱۳۶	۰/۰۹۸	۰/۱۲۸	۰/۱۳۶	۰/۰۹۸	۰/۱۲۸	۰/۱۳۶
بالابردن ارتفاع برج‌ها و دکل‌های فشار قوی...	۰/۰۱۹	۰/۰۵۸	۰/۰۹۷	۰/۰۱۹	۰/۰۵۸	۰/۰۹۷	۰/۰۱۹	۰/۰۵۸	۰/۰۹۷	۰/۰۸۷	۰/۱۲۶	۰/۱۶۵	۰/۰۱۹	۰/۰۵۸	۰/۰۹۷

در نهایت پس از انجام مراحل تاپسیس فازی نتایج نهایی به صورت زیر به دست آمد.

جدول ۱۴- فاصله از ایده‌آل‌ها.

شرکت‌ها	صیناکو		آریانا پتروتوان		باران نیروی بشل		نیرو پارسه		ماهتاب کاسپین	
فاصله از ایده‌آل	di+	di-	di+	di-	di+	di-	di+	di-	di+	di-
اختصاص مقررات و رعایت قوانین...	۰/۰۲۷	۰/۰۳۹۶	۰/۰۱۴	۰/۰۴۹	۰/۰۱۸	۰/۰۴۶	۰/۰۱۸	۰/۰۴۶	۰/۰۳۷	۰/۰۳۲
درک صحیح مدیران ارشد و میانی...	۰/۰۲۸	۰/۰۲۴	۰/۰۲۸	۰/۰۲۴	۰/۰۱۴	۰/۰۳۴	۰/۰۱۴	۰/۰۳۴	۰/۰۲۸	۰/۰۲۴
توانایی تامین مالی و پذیرفتن ریسک...	۰/۰۵۸	۰/۰۵۰۳	۰/۰۵۸	۰/۰۵	۰/۰۵۸	۰/۰۵	۰/۰۲۹	۰/۰۷۱	۰/۰۲۹	۰/۰۷۱
تعامل و هم‌افزایی با ذینفعان...	۰/۰۳۵	۰/۰۲۰۸	۰/۰۲۱	۰/۰۳۵	۰/۰۲۱	۰/۰۳۵	۰/۰۲۱	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۲۱
فرهنگ‌سازی و آموزش...	۰/۰۳۴	۰/۰۱۸۴	۰/۰۲۱	۰/۰۳۱	۰/۰۳۴	۰/۰۱۸	۰/۰۱۱	۰/۰۴	۰/۰۳۴	۰/۰۱۸
فعالیت در طراحی و اجرای پروژه خورشیدی...	۰/۰۹۷	۰/۰۵۷۹	۰/۰۹۷	۰/۰۵۸	۰/۰۹۷	۰/۰۵۸	۰/۰۵۸	۰/۰۹۷	۰/۱۰۲	۰/۰۴۹
فعالیت طراحی و اجرای پروژه‌های بادی...	۰/۰۲۱	۰/۰۱۷	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲۱	۰/۰۱۷	۰/۰۲۱	۰/۰۱۷	۰/۰۲۱	۰/۰۱۷
احداث نیروگاه‌های کوچک مقیاس...	۰/۰۳۹	۰/۰۳۸۹	۰/۰۲۲	۰/۰۴۸	۰/۰۲۲	۰/۰۴۸	۰/۰۲۲	۰/۰۴۸	۰/۰۲۲	۰/۰۴۸
بالابردن ارتفاع برج‌ها و دکل‌های فشار قوی...	۰/۱۱۱	۰/۰۵۰۱	۰/۱۱۱	۰/۵	۰/۱۳۴	۰/۰۲۲	۰/۰۵	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۰۵
فاصله نهایی	۰/۴۵۱	۰/۳۱۷	۰/۰۳۹۳	۰/۳۶۵	۰/۰۴۱۹	۰/۳۲۹	۰/۲۴۳	۰/۴۹۹	۰/۴۲	۰/۳۳۱

سپس، لازم است که برای هر جای‌گزین(شرکت‌ها)، با استفاده از فواصل نهایی به دست آمده در سطر آخر جدول ۱۴ ،مقدار cci به دست آید و در نهایت شرکت‌ها مطابق با جدول و با استفاده از رابطه (۲۰) ضریب نزدیکی گزینه‌ها رتبه‌بندی می‌شود. جدول ۱۵ ضریب نزدیکی و رتبه‌بندی شرکت‌ها را نشان می دهد.

جدول ۱۵- رتبه‌بندی گزینه‌ها.

شرکت‌های مرتبط	CCi	رتبه‌بندی
صیناکو A1	۰/۴۱۳۰	۵
آریانا پتروتوان A2	۰/۴۸۱۹	۲
باران نیروی بشل A3	۰/۴۳۹۵	۴
نیرو پارسه A4	۰/۶۷۲۲	۱
ماهتاب کاسپین A5	۰/۴۴۱۱	۳

با توجه به مقادیر به دست آمده، گزینه A4 بهترین عملکرد را از لحاظ معیارهای زیست محیطی به کار رفته در این مطالعه دارا می باشد و رتبه‌بندی شرکت‌ها به صورت زیر است.

A4>A2>A5>A3>A1

۶- نتیجه‌گیری

پس از انجام پژوهش و گرفتن داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز از خروجی نرم‌افزار Excel می‌توان به سوالات و اهداف پژوهش پاسخ داد. سوال اول این بود که برای پیاده‌سازی مدیریت زنجیره تامین سبز در صنعت برق چه اقداماتی می‌تواند موثر واقع شود؟ پس از بررسی‌های انجام شده و مرور مطالعات و مقالات و کتاب‌های مرتبط، به ۲۱ معیار رسیدیم که پس از نظرخواهی از کارشناسان و خبرگان و اعمال محدودیت‌های موجود به ۹ معیار نهایی در رابطه با اجرای مدیریت زنجیره تامین سبز در صنعت برق مازندران دست یافتیم. سوال دوم در رابطه با وزن معیارها بود (وزن معیارهای شناسایی شده به چه صورت است؟) برای پاسخ به این پرسش به استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی تحت عنوان روش تحلیل توسعه‌ای (EA) که توسط یک محقق چینی به نام چانگ ارائه گردید پرداخته شد. برای این منظور پرسش‌نامه‌ای تحت عنوان مقایسات زوجی معیارها در اختیار کارشناسان قرار گرفت. در انتها تعداد ۱۰ مورد از این پرسش‌نامه‌ها مورد استفاده قرار گرفت. سپس با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، وزن معیارها مشخص گردید و توسط نرم‌افزار Excel، محاسبات، خروجی‌ها و نمودار نهایی اوزان مشخص و مورد تحلیل قرار گرفت. پس از تعیین اوزان معیارها، نتایج نشان داد که شاخص‌های توانایی تامین مالی، افزایش ارتفاع برج‌ها و دکل‌های خطوط انتقال برق و هم‌چنین استفاده از انرژی تجدیدپذیر خورشیدی به ترتیب بیشترین وزن‌ها را به خود اختصاص دادند و بقیه شاخص‌ها در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. سوال سوم مطرح شده این بود که اولویت‌بندی شرکت‌های فعال در زمینه مدیریت زنجیره تامین سبز صنعت برق به چه صورت است؟ در پاسخ به این سوال ابتدا تعدادی شرکت فعال در زمینه صنعت برق که در حوزه مسائل زیست‌محیطی و مدیریت زنجیره تامین سبز و تولید برق پاک فعالیت دارند، شناسایی شد و سپس با توجه به معیارهای انتخاب شده و با روش تاپسیس فازی به رتبه‌بندی و اولویت‌بندی شرکت‌ها پرداخته شد. برای این منظور، پرسش‌نامه‌ای مربوط به تاپسیس فازی طراحی شد و در اختیار تصمیم‌گیرندگان قرار گرفت. در نهایت با توجه به نظر تصمیم‌گیرندگان و اوزان معیارها که در مرحله قبل به دست آمده بود شرکت‌ها اولویت‌بندی شد. هدف نهایی ما در این پژوهش که در درخت سلسله‌مراتبی نیز آمده بود انتخاب فعال‌ترین شرکت برق در حوزه مدیریت زنجیره تامین سبز بود که با توجه به اطلاعات به دست آمده از خروجی نرم‌افزار Excel، شرکت نیرو پارسه بیشترین امتیاز را آورد. در پژوهش‌های آینده می‌توان بیشتر به مصرف‌کننده‌های برق، به فرهنگ مصرف‌کننده و عوامل فرهنگی و روانی موثر در رفتار مصرف‌کننده برق در راستای پیاده‌سازی مدیریت زنجیره تامین سبز درصنعت برق پرداخت. هم‌چنین با توجه به محدودیت‌های موجود برای انجام این تحقیق و بدلیل تنوع موجود در روش‌های تولید برق، می‌توان روی اقدامات لازم برای کاهش آلودگی زیست‌محیطی در بخش تولید برق از نیروگاه‌های فسیلی و برق‌آبی و یافتن شاخص‌های رسیدن به مدیریت زنجیره تامین سبز برای این شیوه‌های تولید برق، پژوهش انجام داد.

منابع

الفت، ل؛ خاتمی فیروزآبادی، س. ع؛ خداوردی، ر. ا. (۱۳۹۰). مقتضیات تحقق مدیریت زنجیره تامین سبز در صنعت خودروسازی ایران. *فصلنامه علوم مدیریت ایران، ۶*(۲۱)، ۱۲۳-۱۴۰.

ایمانی، د، م؛ احمدی، ا. (۱۳۸۸). مدیریت زنجیره تامین سبز راهبرد نوین کسب مزیت رقابتی. *ماهنامه مهندسی خودرو و صنایع وابسته، ۱* (۱۰)، ۱۴-۱۶.

امیدوار، ر؛ سرداری، ه؛ یزدانی، ن. (۱۳۹۴). تجزیه و تحلیل موانع مدیریت زنجیره تامین سبز با استفاده از روش مدل‌سازی ساختاری-تفسیری(دیمتل) (مطالعه شرکت پارس خودرو). *فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات بازاریابی نوین، ۲۱* (۵).

حسینی، س. ا؛ ایرانبان، س. ج؛ میر جهان مرد، س. ج. (۱۳۹۳). شناسایی و اولویت بندی عوامل موثر بر زنجیره تامین سبز با رویکرد تحلیل مسیر در شرکتهای تولیدکننده مواد شیمیایی و شوینده شهرستان شیراز. *فصلنامه علمی پژوهشی مدیریت تولید و عملیات، ۵*(۲)، ۱۶۱-۱۷۷.

حیات داوودی، خ. (۱۳۹۳). *شناسایی و سنجش روابط ما بین مولفه‌های زنجیره تامین سبز در شرکت پتروشیمی مبین عسلویه* (پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه خلیج فارس بوشهر).

سیجاری، ب؛ ارشدی خمسه، ع؛ محمدی، م. (۱۳۹۳). مدیریت زنجیره تامین سبز در صنعت برق با رویکرد SCOR. *دومین همایش ملی برنامه ریزی، حفاظت، حمایت از محیط زیست وتوسعه پایدار*. تهران، دبیرخانه دائمی همایش، دانشگاه شهید بهشتی.

قربان‌پور، ا؛ پویا، ع؛ ناظمی، ش؛ ناجی عظیمی، ز. (۱۳۹۵). طراحی مدل ساختاری اقدامات مدیریت زنجیره تامین سبز با استفاده از رهیافت مدل‌سازی ساختاری تفسیری فازی. *مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، ۱۳* (۴)، ۱-۲۰.

جعفری، آ؛ سایه‌بان، م؛ حنایی، م. (۱۳۸۷). چشم‌انداز صنعت پتروشیمی در منطقه و جهان. *اولین کنفرانس پتروشیمی ایران*. تهران: شرکت ملی صنایع پتروشیمی.

مومنی، م. (۱۳۸۹). *مباحث نوین تحقیق در عملیات*. مولف، مترجم.

Kannan, D., Khodaverdi, R., Olfat, L., Jafarian, A., & Diabat, A. (2013). Integrated fuzzy multi criteria decision making method and multi-objective programming approach for supplier selection and order allocation in a green supply chain. *Journal of cleaner production*, *47*, 355-367.

Sarkis, J. (Ed.). (2006). *Greening the supply chain*. Springer Science & Business Media.

Laari, S., Töyli, J., & Ojala, L. (2017). Supply chain perspective on competitive strategies and green supply chain management strategies. *Journal of cleaner production*, *141*, 1303-1315.

Large, R. O., & Thomsen, C. G. (2011). Drivers of green supply management performance: Evidence from Germany. *Journal of purchasing and supply management*, *17*(3), 176-184.

Carter, C. R., & Rogers, D. S. (2008). A framework of sustainable supply chain management: moving toward new theory. *International journal of physical distribution & logistics management*, *38*(5), 360-387.

Goodman, D., & Redclift, M. R. (Eds.). (1991). *Environment and development in Latin America: the politics of sustainability*. Manchester University Press.

Yeh, W. C., & Chuang, M. C. (2011). Using multi-objective genetic algorithm for partner selection in green supply chain problems. *Expert Systems with applications*, *38*(4), 4244-4253.

Kim, J. H., Youn, S., & Roh, J. J. (2011). Green supply chain management orientation and firm performance: evidence from South Korea. *International journal of services and operations management*, *8*(3), 283-304.

Kusi-Sarpong, S., Sarkis, J., & Wang, X. (2016). Assessing green supply chain practices in the Ghanaian mining industry: A framework and evaluation. *International journal of production economics*, *181*, 325-341.

Kuei, C. H., Madu, C. N., Chow, W. S., & Chen, Y. (2015). Determinants and associated performance improvement of green supply chain management in China. *Journal of cleaner production*, *95*, 163-173.

Wu, K. J., Liao, C. J., Tseng, M. L., & Chiu, A. S. (2015). Exploring decisive factors in green supply chain practices under uncertainty. *International journal of production economics*, *159*, 147-157.

Chin, T. A., Tat, H. H., & Sulaiman, Z. (2015). Green supply chain management, environmental collaboration and sustainability performance. *Procedia CIRP*, *26*, 695-699.

Dubey, R., Gunasekaran, A., Papadopoulos, T., & Childe, S. J. (2015). Green supply chain management enablers: Mixed methods research. *Sustainable production and consumption*, *4*, 72-88.

Tippayawong, K. Y., Tiwaratreewit, T., & Sopadang, A. (2015). Positive influence of green supply chain operations on Thai electronic firms' financial performance. *Procedia engineering*, *118*, 683-690.

Muduli, K., Govindan, K., Barve, A., Kannan, D., & Geng, Y. (2013). Role of behavioural factors in green supply chain management implementation in Indian mining industries. *Resources, Conservation and recycling*, *76*, 50-60.

Diabat, A., Khodaverdi, R., & Olfat, L. (2013). An exploration of green supply chain practices and performances in an automotive industry. *The international journal of advanced manufacturing technology*, *68*(1-4), 949-961.

Rostamzadeh, R., Govindan, K., Esmaeili, A., & Sabaghi, M. (2015). Application of fuzzy VIKOR for evaluation of green supply chain management practices. *Ecological indicators*, *49*, 188-203.

Patil, S. K., & Kant, R. (2014). A fuzzy AHP-TOPSIS framework for ranking the solutions of Knowledge Management adoption in Supply Chain to overcome its barriers. *Expert systems with applications*, *41*(2), 679-693.

Yang, T., & Hung, C. C. (2007). Multiple-attribute decision making methods for plant layout design problem. *Robotics and computer-integrated manufacturing*, *23*(1), 126-137.

Waitangi Tribunal. (2015). *Adoption of the Paris agreement* (FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1). Twenty-first session Paris.