

شناسایی عوامل موثر بر زنجیره تامین سبز در صنعت فولاد گیلان با رویکرد کمی

سیروس بالایی^۱، نبی الله محمدی^{۲*}، هما درودی^۳

۱- دانشجوی دکتری، مدیریت صنعتی، واحد زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، زنجان، ایران

۲- استادیار، مدیریت، واحد زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، زنجان، ایران

۳- دانشیار، مدیریت، واحد زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، زنجان، ایران

رسید مقاله: ۱۵ خرداد ۱۳۹۸

پذیرش مقاله: ۲۷ آذر ۱۳۹۸

چکیده

هدف از این پژوهش، شناسایی و سنجش شدت تأثیر عوامل مؤثر بر زنجیره تامین سبز در صنعت فولاد گیلان است. پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش، توصیفی و از نوع کمی است که داده‌های مربوط با روش میدانی و ابزار پرسشنامه و مصاحبه گردآوری گردیده‌اند. جامعه آماری پژوهش شامل خبرگان صنعت فولاد و اساتید دانشگاه در استان گیلان است که در مرحله اول ۲۵ نفر از طریق نمونه‌گیری قضاوتی برای شناسایی مؤلفه‌ها و شاخص‌های زنجیره سبز انتخاب شدند. در مرحله دوم نیز پرسشنامه روش دیمتل فازی در اختیار ۸ نفر از خبرگان قرار گرفت. در فرایند انجام پژوهش، پس از شناسایی شاخص‌ها با استفاده از مطالعه مبانی نظری، ۵ شاخص اصلی و ۲۵ زیر شاخص مهم با استفاده از تکنیک دلفی فازی مشخص گردیدند. سپس با به کارگیری تکنیک دیمتل فازی، میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری هریک از شاخص‌ها مشخص شد که در بین شاخص‌های اصلی "شاخص محیطی" با مقدار اثرگذاری ۰/۷۹۲ تأثیرگذارترین و "شاخص مالی" با مقدار اثرپذیری خالص ۰/۹۹۶- تأثیرپذیرترین شاخص می‌باشند.

کلمات کلیدی: زنجیره تامین، زنجیره تامین سبز، دلفی فازی، تصمیم‌گیری چند شاخصه فازی، دیمتل فازی.

۱ مقدمه

در سده‌های اخیر توسعه صنعتی جای خود را به توسعه پایدار داده و پیامدهای زیست‌محیطی و جواب‌گو نبودن منابع کره زمین به دغدغه اصلی بشر تبدیل شده است [۱]. نگرانی سازمان‌ها باعث افزایش سطح آگاهی جهانی از حفاظت محیط‌زیست شده است. مدیران صنایع به‌ویژه در کشورهای پیشرفته به دنبال روش‌هایی هستند که ضمن حمایت از محیط‌زیست، عملکرد سازمان خود را افزایش دهند. در این راستا توجه به زنجیره تامین سبز، راهگشا است. زنجیره تامین سبز نوعی زنجیره تامین است که در آن الزامات زیست‌محیطی رعایت می‌شود و محصولات

* عهده‌دار مکاتبات

آدرس الکترونیکی: mohammadi13928@gmail.com

پس از عمر مفید به زنجیره تامین برمی گردند؛ اما باید دانست تحقق اهداف زیست محیطی بدون توجه به فعالیت های خرید از جمله انتخاب تامین کنندگان میسر نخواهد بود [۱]. درحالی که پایداری در کسب و کار برای تولید کنندگان یک چالش است، نگهداری از مزیت رقابتی در نتیجه منافع اقتصادی و زیست محیطی به وجود می آید. کارتر و راجرز^۱ [۲] مفهوم خط تولید مقدم را برای متعادل کردن اثر آن بر اقتصاد و محیط زیست طبیعی پیشنهاد دادند. به ویژه اتحادیه اروپا مجموعه ای از سیاست های زیست محیطی شدید را تثبیت کرده است و شرکت های صادر کننده اتومبیل را برای پذیرش داوطلبانه در فرایندهایشان مانند ائتلاف تجهیزات الکترونیکی، محدودیت های مواد سمی، محصولات با طراحی زیست محیطی و انرژی بر، تشویق می کند [۳]. این فعالیت ها بر تولیدات اتومبیل های دوستدار محیط زیست و برنامه های مدیریت زنجیره تامین سبز سخت تأکید دارند [۴] که نیاز برای آن ها به محدودیت های زیست محیطی گره خورده است [۴].

زنجیره تامین سبز نوعی زنجیره تامین است که در آن الزامات زیست محیطی رعایت می شود و هدف اصلی آن کاهش آلودگی زیست محیطی از بالادست تا پایین دست زنجیره تامین هست [۵]. ضرورت سبز شدن زنجیره تامین زمانی مطرح شد که از یک طرف دولت ها فشارهایی را برای استانداردهای زیست محیطی لحاظ نمودند و از طرف دیگر تقاضای مشتریان برای عرضه محصولات سبز (بدون اثر مخرب بر محیط زیست) به وجود آمد، لذا مفهوم زنجیره تامین سبز مطرح شد [۶]. تولید محصول به شیوه سبز یا به طور دقیق تر زنجیره تامین سبز بسیاری محققان حوزه مدیریت تولید، دستداران محیط زیست و فعالان در دهه اخیر را به خود جذب کرده است [۷]. مطالعه ژوسارکیز^۲ [۸] نشان می دهد که فعالیت های زنجیره تامین سبز اثر قابل توجهی در کاهش اثرات منفی زیست محیطی دارد و اجرای مدیریت زنجیره تامین سبز نیز می تواند رقابت پذیری شرکت را افزایش دهد [۸]؛ بنابراین فعالیت های زنجیره تامین سبز به یک فعالیت مدیریتی نوظهور تبدیل شده است که رقابت پذیری زیست صنعتی را افزایش و عملکرد زیست محیطی و اقتصادی را پوشش می دهد. مطالعات متعددی نشان می دهد که چگونه فعالیت های زنجیره تامین سبز می تواند به کاهش بار زیست محیطی حاصل از عملیات تولیدی و پس مانده ای تولید و همچنین افزایش قدرت رقابت در صنعت تولید اتومبیل کمک کند [۱]. باس و پال^۳ در [۹] نشان دادند که اقدامات مدیریت زنجیره تامین سبز اهمیت قابل توجهی به دست آورده است. از نظر ساریواستاوا^۴ [۱۰] فعالیت های زنجیره تامین سبز مفهومی کلیدی است که می تواند تفکر زیست محیطی را با طراحی محصول، فرایند تولید، انتخاب و منبع یابی مواد اولیه، تحویل محصول نهایی به مشتریان و مدیریت طول عمر برای زنجیره تامین یکپارچه کند. علاوه بر این پروتی^۵ و همکاران [۱۱] و جابور^۶ و همکاران [۱۲] نشان می دهند که موضوعات زیست محیطی شامل تولید گازهای گلخانه ای، استخراج منابع برای تولید، استفاده مجدد، بر خواسته از تمام مراحل چرخه طول عمر محصول در فعالیت های خاص اجرا شده و سطح پذیرش این فعالیت ها منجر به محدود شدن منابع و سبب

¹. Carter and Rogers

². Zhu & Sarkis

³. Bose and pal

⁴. Sariastava

⁵. Perotti

⁶. Jabbour

کاهش بار زیست محیطی می گردد. از این رو فعالیت های زنجیره تامین سبز نه تنها به عنوان یکی از مهم ترین رویکردهای کسب سود فرض شده است، بلکه سبب افزایش سهم بازار و کاهش سطح آثار مخرب زیست محیطی و ریسک های زیست محیطی نیز شده است.

تولیدات صنعتی اثرات مخربی بر محیط زیست طبیعی و زندگی انسانی دارند، همچون؛ اثرات زیست محیطی جهانی، اثرات زیست محیطی محلی، اثرات سلامتی و ریسک های ایمنی [۷]. سیمپسون و همکاران^۱ [۱۳] بیان می کنند که در سال های اخیر، مسایل زیست محیطی و فعالیت های زنجیره تامین، بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. از این رو، اهمیت وظایف تامین، سبب افزایش اهمیت عملکرد تامین کنندگان شده است [۱]. فرآیند زنجیره تامین، همواره با حد بالایی از عدم اطمینان و پیچیدگی همراه است. با توجه به جایگاه خاص صنعت فولاد، به عنوان یکی از مهم ترین صنایع مادر کشور و زمینه ساز ایجاد درآمدهای اقتصادی، تحقیق و پژوهش در فرآیندهای مختلف آن از اولویت و اهمیت بالایی در ارتقاء فرهنگ حفظ محیط زیست، کیفیت و بهبود عملکرد برخوردار است. همچنین لازم است که هم زمان با توجه و تأکید بر تولید محصولات با کیفیت که نیازمند زنجیره تامین سبز در صنعت فولاد هست، ملاحظات زیست محیطی را نیز در این زنجیره دخالت داده و در واقع به جای زنجیره تامین سنتی، زنجیره تامین سبز را به کار بگیرد. لذا اهمیت این پژوهش شناسایی دقیق و همه جانبه معیارهای مؤثر بر زنجیره تامین سبز و اولویت بندی آن ها در صنعت فولاد استان گیلان و ارایه راهکارهای مناسب است. همچنین به دلیل این که هزینه های مربوط به عدم داشتن زنجیره تامین سبز مناسب در فضای رقابتی کنونی جبران ناپذیر است، ضرورت می یابد تا معیارهای مؤثر بر زنجیره تامین سبز در صنعت فولاد استان گیلان بهتر مورد مطالعه قرار بگیرد.

همچنین صنعت فولاد به دلیل افزایش رقابت در بازارهای داخلی و منطقه ای و برای پیشرفت و بقای خود نیاز به شیوه های جدید تولید و زنجیره تامین سبز دارد، زیرا در سال های اخیر دلایل گوناگون مانند تحریم های جهانی، نارضایتی مشتریان، عدم کیفیت مناسب محصولات، تولید ذرات آلاینده هوا، انواع پسماندهای مضر خاک، افزایش دی اکسید کربن در هوا، پساب خطوط نورد سرد و گرم، عدم تصفیه خانه مناسب، تغییر اکوسیستم خاک و غیره که فعالیت شرکت های صنعت فولاد با آن مواجه بوده اند، سبب شده تا مزیت رقابتی آن ها به خطر بیافتد؛ اما مساله ای که مدیران و برنامه ریزان شرکت های فعال در این صنعت با آن روبه رو هستند این است که چه عواملی می تواند در زنجیره تامین سبز تأثیر گذار باشد تا سازمان با شکست مواجه نشود و منجر به از دست دادن بازار آن ها نگردد. همچنین وجود شاخص های تصمیم گیری متعدد و متنوع مؤثر بر زنجیره تامین سبز در سازمان های مختلف و همچنین وجود اهداف چند گانه مختلف در ماهیت زنجیره تامین سبز موجب گردیده است تا موضوع زنجیره تامین سبز در تئوری تصمیم گیری به عنوان یک مساله مهم و چالش آفرین، همواره در ادبیات مدیریت تولید مورد توجه باشد. مساله اصلی این پژوهش این است که چگونه می توان با ارایه یک مدل ترکیبی

¹.Simpson & Power

تصمیم گیری چند معیاره فازی با روش دلفی فازی و دیمتل فازی^۱ عوامل مؤثر بر زنجیره تامین سبز را در صنعت فولاد استان گیلان شناسایی و اولویت بندی کرد؟

۲ ادبیات پژوهش

۲-۱ مبانی نظری

زنجیره تامین سبز یک جریان دقیق پژوهشی است که طیف وسیعی از جنبه و مسایل گوناگون را از چالش های پایداری زنجیره تامین سبز [۱۴]، درک مصرف کننده از عملکرد زیست محیطی شرکت و رفتار پایدار مصرف کننده [۱۵] مورد بررسی قرار می دهد. یکی از جنبه های اصلی پژوهش در زنجیره تامین سبز، ارتباط بین فعالیت های موجود و پشتیبانی است [۱۶]. با بررسی دقیق معیارهای ارائه شده توسط یون^۲ و همکاران [۱۷] و ارتباط آن ها به مجموعه وسیعی از ادبیات زنجیره تامین سبز موجود، تمرکز بر انرژی، زیاله و مدیریت آب [۱۷] در بخش های زنجیره تامین سبز آشکاراست [۱۸] و به عنوان مبنایی برای تعامل زیست محیطی مربوطه [۱۶] عمل می کند. پیوند با فرایندهای گسترده زنجیره تامین سبز هنوز آن طور که باید و شاید ایجاد نشده است. تئوری نهادی بیان می کند که همسویی زیست محیطی رقابتی سازمان ممکن است توسط فشارهای نهادی قانونی، اجباری و تقلیدی تحت تأثیر قرار بگیرد [۱۹].

۲-۲ زنجیره تامین

امروزه کسب و کارها اهمیت حفظ محیط زیست و مسئولیت های اجتماعی یک شرکت را درک می کنند. با این حال، برای دستیابی به عملکرد بالاتر در زمینه پایداری، تلاش های زیادی برای تغییر شکل کل زنجیره تامین لازم است و این امر منجر به مزیت رقابتی پایدار در بازار می شود [۲۰]. مطالعات در حوزه مدیریت زنجیره تامین نشان می دهد که بین عملکرد زنجیره تامین سبز و رقابت، عملکرد مالی و عملیاتی یک شرکت رابطه مستقیم وجود دارد [۲۱]. تلاش برای سبز بودن، دیگر به عنوان یک تمرین برای رعایت الزامات قانونی به شمار نمی آید، بلکه شرکت هایی نظیر تویوتا، تیمبرلند و استارباکس سبز بودن را به عنوان یک کاتالیزور برای رشد و به دست آوردن مزیت رقابتی تلقی می کنند. دیدگاه سبز بودن، توسعه را در صورتی پایدار قلمداد می کند که مزایای همه ذینفعان را در نظر بگیرد و با استفاده بهینه از منابع طبیعی [۲۲] به شیوه ای قاطع انجام شود. بررسی ادبیات نشان می دهد که سبز بودن کسب و کار نیاز به تعادل محیط طبیعی، جامعه و عملکرد اقتصادی برای مدیریت کسب و کار [۲۳] دارد؛ بنابراین، توسعه در صورتی به عنوان پایدار نامیده می شود که به طور هم زمان در هر سه بعد سودآوری داشته باشد. این امر با نظارت بر عملکرد شرکت ها بر روی سه متغیر با استفاده از شاخص های پایداری [۲۴] قابل حصول است. برای اجرای استراتژی های مدیریت عملکرد زیست محیطی هر سازمان باید تأثیر عملکرد بخش تدارکات را در نظر گرفت. مشکل عمده ای که شرکت ها در اجرای سبز بودن در زنجیره تامین با آن مواجه بودند، تعادل بین بازده و سیاست های پایدار است [۲۵] با این حال، پروتی و همکاران [۱۱] پیشنهاد می کنند که زنجیره تامین سبز راهی

¹ Fuzzy DEMATEL

² Youn

برای به دست آوردن مزیت رقابتی است و افزایش چنین زنجیره‌های تأمین دشوار است. سبز بودن در یک شبکه زنجیره‌تأمین مانند مثلی است که شامل چشم‌انداز زیست‌محیطی، جنبه‌های اجتماعی و عملکرد اقتصادی است [۲]. اتخاذ سیاست‌های سالم برای مقابله مؤثر با چالش‌های زیست‌محیطی و اجتماعی از طریق روابط همکاری باتأمین‌کنندگان تسهیل می‌شود. این موضوع از طریق همکاری نزدیک با مشتریان، نظارت بر عملکرد محیطی و اجتماعی‌تأمین‌کنندگان و ایجاد مشارکت با آن‌ها برای توسعه راه‌حل‌های نوین قابل حصول است. پیاده‌سازی فن‌آوری‌هایی که به کاهش تولیدات جانبی مضر کمک می‌کند، برای یک زنجیره‌تأمین سبز حیاتی است. سه بعد محیطی، اجتماعی و اقتصادی، در [۲۶] خلاصه شده‌اند.

۲-۳ زنجیره‌تأمین سبز

امروزه زنجیره‌تأمین سبز به‌عنوان یک سلاح راهبردی جهت کسب مزیت رقابتی پایدار است [۲۷] و به‌عنوان یک الگوی جدید مهم در شرکت‌ها، برای دستیابی به اهداف سود و سهم بازار با کاستن تأثیرات ریسک‌های محیطی آن‌ها در کنار افزایش کارایی فرایندشان ظاهر شده است. روابط شرکت با محیط طبیعی یک منبع حیاتی در مزیت رقابتی پایدار به شمار می‌رود. زنجیره سبز به دلیل بهره‌مندی از مزایای راهبرد کاهش هزینه و نوآوری در تولید محصولات، تحویل سریع‌تر کالا و خدمات، کاهش زمان تأخیر، افزایش کیفیت، ایجاد ارزش‌افزوده برای مشتریان، به عرضه محصولات پاک و بهبود عملکرد اقتصادی منجر می‌شود. سازمان‌ها با حرکت به‌سوی لجستیک سبز از مزایای راهبرد پاسخگویی (بهبود سطح خدمات به مشتریان) و کارایی (کاهش هزینه‌ها) سود خواهند برد. [۲۸]. حمل‌ونقل پایدار، بسته‌بندی سبز، استفاده از ظروف و جعبه‌های قابل بازیافت و بسته‌بندی سازگار با محیط‌زیست و منابع پایدار از الزامات دستیابی به پایداری زنجیره‌تأمین سبز در شرکت‌ها است. شرکت‌ها به دنبال ممیزی‌تأمین‌کنندگان سبز خودشان و یا خرید کالاهایی هستند که دارای گواهینامه سبز می‌باشند [۲۹].

۲-۴ تصمیم‌گیری چند معیاره^۱

تصمیم‌گیری چند معیاره یکی از حوزه‌های پژوهش عملیاتی و علم مدیریت است که با توجه به کاربردهای گسترده آن در زمینه‌های مختلف، در دهه اخیر به‌سرعت توسعه یافته است [۳۰]. زمانی که در مسایل تصمیم‌گیری چندین معیار در نظر گرفته شوند، مسایل تصمیم‌گیری چند معیاره نامیده می‌شوند [۳۱]. به دلیل داشتن معیارهای ذهنی، این رویکرد یک رویکرد توصیفی است. هدف تصمیم‌گیری چند معیاره تعیین بهترین گزینه است درحالی‌که بتواند بیشترین رضایت‌مندی را ایجاد کند [۳۲]. تصمیم‌گیری چند معیاره برای انتقال بهترین گزینه از بین گزینه‌های پیشنهادشده با توجه به شاخص‌های ارزیابی هر گزینه به‌کار می‌رود [۳۳]. در تصمیم‌گیری چند معیاره فازی نرخ اوزان به‌صورت غیرقطعی، گنگ و مبهم ارزیابی‌شده و معمولاً به‌صورت متغیرهای گفتاری و

^۱. Multiple Criteria Decision Making

به تبع آن اعداد فازی بیان می گردد [۳۴]. رویکرد تصمیم گیری چند معیاره فازی برای مسایلی که ابهام وعدم قطعیت را در نظر می گیرند پیشنهاد شده است [۳۵].

۲-۵ پیشینه پژوهش

ماهش^۱ و همکاران [۳۶] به شناسایی و اولویت بندی عوامل مؤثر بر زنجیره تامین سبز برای انتخاب تامین کننده سبز با استفاده از تکنیک های ANP-MOORA پرداختند. نتایج پژوهش آن ها نشان می دهد که عوامل اقتصادی بیشترین اهمیت را دارا است [۳۶]. کومار^۲ و همکاران [۱] به مدل سازی ساختاری- تفسیری برای سنجش تأثیر گذاری عوامل دارای اهمیت در توانمند سازی های مدیریت زنجیره تامین سبز پرداختند. نتایج پژوهش آن ها نشان داد که حساسیت های محیط زیستی، حمایت و پشتیبانی مدیریت ارشد سازمان و تعهد تامین کنندگان به عنوان سنگ زیربنایی توانمند سازی مدیریت زنجیره تامین سبز شناخته می شوند [۱]. موهده^۳ و همکاران [۳۷] به شناسایی عوامل مؤثر بر زنجیره تامین سبز بر اساس برنامه ریزی خطی و تحلیل فرایند شبکه ANP پرداختند. نتایج مطالعه آن ها نشان می دهد که عوامل اقتصادی بیشترین اهمیت را در زنجیره تامین سبز پایدار دارا می باشند [۳۷]. همایونفر و همکاران [۳۸] به پژوهشی با عنوان الویت بندی تامین کنندگان زنجیره تامین سبز با استفاده از رویکرد ترکیبی MCDM فازی پرداختند و یافته ها نشان گر رویکرد ارایه شده، چارچوب کارآمدی برای اولویت بندی تامین کنندگان سبز شرکت سایپا است [۳۸]. علیرضا منصوری [۳۹] در پژوهشی با عنوان طراحی مدل عملکرد اجتماعی شرکتی زنجیره تامین سبز با استفاده از برنامه ریزی ریاضی فازی در شرایط عدم قطعیت پرداختند و یافته ها نشان گر به حداقل رساندن هزینه ها و اثرات زیست محیطی و به حداکثر رساندن عملکرد اجتماعی شرکتی زنجیره تامین سبز می باشد [۳۹]. آزاد و مدیری [۶] به اولویت بندی عوامل از نظر میزان و سطح اثر گذاری برای توانمند سازی های مدیریت زنجیره تامین شرکت ایران خودرو با استفاده از مدل سازی ساختاری-تفسیری پرداختند. نتیجه پژوهش آن ها نشان داد که «حمایت از تولید سبز»، «اعتقادات مدیریت ارشد» و «پشتیبانی زیست محیطی مدیریت ارشد» اولویت اول و بیشترین اثر گذاری در توانمند سازی مدیریت زنجیره تامین شرکت ایران خودرو را دارد [۶]. بابایی میبدی و دلشاد [۴۰] به ارایه مدل پویایی سیستم ها برای ارزیابی عوامل مؤثر بر میزان سبز بودن مدیریت زنجیره تامین پرداختند. نتایج پژوهش آن ها نشان داد که کاهش میزان فروش از دست رفته، کاهش میزان موجودی، دریافت اطلاعات صحیح دارای اولویت هستند [۴۰]. لذا، عوامل متعددی بر زنجیره تامین سبز نقش دارند. این عوامل به طور منفرد نیز به طور ترکیبی، پیش شرط ها و مقدمه های مهمی برای زنجیره تامین سبز به شمار می روند، زیرا زنجیره تامین سبز را متأثر می سازند. بنابراین، شاخص ها و زیر شاخص هایی که بر زنجیره تامین سبز تأثیر گذارند، در جدول ۱ آمده است:

¹ Mahesh

² Kumar

³ Mohd

جدول ۱. شاخص‌ها و زیرشاخص‌های مؤثر بر زنجیره تامین سبز صنعت فولاد

ردیف	شاخص‌ها	زیر شاخص‌ها	نویسندگان
۱	هزینه‌ها	مناسب بودن قیمت مواد به قیمت بازار	ماهش و همکاران [۳۶]، وو و همکاران [۳]
		هزینه حمل و نقل	کومار و همکاران [۱]، کانان [۴۱]
		قیمت محصول	موهد و همکاران [۳۷]
		هزینه سفارش	ماهش و همکاران [۳۶]
۲	توانایی	نرخ معیوب	کانان و همکاران [۴۱]
		تعهد مدیریت به کیفیت	کومار و همکاران [۱]
		ضمانت‌نامه‌ها و سیاست	کانان و همکاران [۴۱]
		قابلیت دستیابی به کیفیت غیرعادی	بیوک اوزکان و همکاران [۷]
۳	تکنولوژی	سیستم مدیریت کیفیت ISO	ماهش و همکاران [۳۷]، لای و همکاران [۱۶]
		تضمین کیفیت	ماهش و همکاران [۳۶]، موهد و همکاران [۴۲]
		سیستم اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه	کومار و همکاران [۱]
		بهبود فرآیند	وو و همکاران [۳]
۴	تکنولوژی	تحويل به موقع	ماهش و همکاران [۳۶]، موهد و همکاران [۳۷]
		سطح تکنولوژی	کانان و همکاران [۴۱]، لای و همکاران [۱۶]
		قابلیت تحقیق و توسعه	کانان و همکاران [۴۱]
		قابلیت یا امکانات تولید کنونی	وو و همکاران [۳]
۵	تکنولوژی	توسعه فن آوری تامین کننده برای پاسخگویی به تقاضا	بیوک اوزکان و همکاران [۷]
		سازگاری فن آوری	کومار و همکاران [۱]
		ظرفیت فن آوری	گوویندن و همکاران [۴۳]
		توانایی پیشگیری از آلودگی	وو و همکاران [۳]
۶	تکنولوژی	گواهی زیست محیطی مانند ISO 14000	کانان و همکاران [۴۱]
		بهره‌وری محیط زیست	کانان و همکاران [۴۲]، لای و همکاران [۱۶]
		سازگار با استاندارد RoHS	ماهش و همکاران [۳۷]، لای و همکاران [۱۶]
		برنامه یا سیاست حفاظت از محیط زیست	هاشمی [۴۲]
۷	تکنولوژی	سیاست‌های زیست محیطی	هاشمی [۴۲]
		نظارت مستمر و پیروی از مقررات	وو و همکاران [۳]
		برنامه ریزی فرآیند سبز	گوویندن و همکاران [۴۳]
		بررسی محیط داخلی	منصوری و همکاران [۳۹]
۸	تکنولوژی	بررسی محیط خارجی	منصوری و همکاران [۳۹]
		محدودیت‌های محیطی	منصوری و همکاران [۳۹]
		توجه به عدم اطمینان	کرباسیان و همکاران [۳۱]
		کاهش ضایعات	کومار و همکاران [۱]، موهد و همکاران [۳۷]
۹	تکنولوژی	باز یافت زباله	ماهش و همکاران [۳۶]، موهد و همکاران [۳۷]
		خرید مبتنی بر محصولات محیط زیست	موهد و همکاران [۳۷]
۱۰	تکنولوژی	انعطاف پذیری	موهد و همکاران [۳۷]

۳ روش شناسی تحقیق

پژوهش حاضر از لحاظ هدف کاربردی محسوب و از لحاظ زمانی، مقطعی است. جامعه مورد بررسی این پژوهش خبرگان صنعت مورد مطالعه و تعدادی از اساتید خبره در حوزه زنجیره تامین سبز است. با توجه به تعریف جامعه آماری، نمونه آماری شامل، متخصصین و کارشناسان خبره‌ای که با موضوع زنجیره تامین سبز به صورت علمی و عملی آشنایی کامل داشته و در این زمینه فعالیت‌های عملیاتی یا پژوهشی داشته‌اند، برای تعیین اولویت مؤلفه‌ها در دو گروه تشکیل می‌شوند. گروه اول مدیران و کارشناسان ارشد سازمان مورد مطالعه به تعداد ۲۵ نفر بودند که برای بومی سازی مدل و بررسی روایی محتوایی مدل و عوامل با استفاده از مدل ریاضی دلفی فازی غربالگری شدند، در گروه دوم نیز با استفاده از فنون تحقیق در عملیات و روش‌های دیمتل فازی، فرآیند تحلیل شبکه فازی از جامعه خبرگان بر طبق نظر ساعتی^۱ [۳۰]، تعداد ۸ نفر از خبرگان مرتبط با سازمان مورد مطالعه به روش نمونه گیری قضاوتی، انتخاب شده‌اند. این افراد دارای تحصیلات کارشناسی ارشد و دکتری با سابقه کاری بیش تر از ۱۲ سال بوده‌اند. همچنین برای گردآوری داده‌های لازم در طول انجام تحقیق از دو نوع پرسشنامه (پرسشنامه غربالگری و پرسشنامه مقایسات زوجی) استفاده شده است. در مورد پرسشنامه اول که به منظور میزان اهمیت معیارها و زیر معیارها گردآوری شده، از آلفای کرونباخ برای سنجش اعتبار پرسشنامه استفاده گردیده است. بر اساس این روش میزان پایایی تمامی متغیرهای پژوهش بیشتر از ۰/۷ هست.

به منظور انجام مقایسات زوجی فاکتورهای مدل نیز از روش فازی^۲، به منظور در نظر گرفتن مسایل ذهنی وعدم قطعیت در حوزه تصمیم گیری با برخورداری از قابلیت بیشتر نسبت به روش‌های مشابه، استفاده شده است. در پژوهش حاضر ضمن تعریف و شناسایی عوامل مؤثر بر زنجیره تامین سبز برای تجزیه و تحلیل داده‌های گردآوری شده حاصل از پرسش نامه، برای غربالگری از تکنیک دلفی فازی کمک گرفته شده و برای تعیین روابط و چگونگی تأثیر عوامل و شدت اثر آن از روش دیمتل فازی استفاده شده است.

۴ یافته‌های پژوهش

به منظور شناسایی عوامل، از مقالات مختلفی استفاده شد. به دلیل این که تعداد عوامل شناسایی شده زیاد بودند و به منظور بومی سازی شاخص‌ها و کاهش ورودی‌ها و همچنین تعیین اهمیت آن‌ها نسبت به هم و بررسی روایی آن‌ها، محدودیت وزنی در مدل اعمال شده است. برای انجام این کار پرسشنامه‌ای با ۳۵ سوال به صورت کیفی و بر اساس ۵ طیف از فوق العاده مهم تا بی اهمیت طراحی گردید. سپس جهت تعیین مهم ترین عوامل، از روش دلفی فازی در سه مرحله استفاده شد. فن دلفی فازی هم در سطح عوامل و هم در سطح زیر عوامل مورد استفاده قرار گرفت و در ادامه مراحل و نتایج دلفی فازی در سطح زیر عوامل ارائه گردید. بدین منظور نظرات ۲۵ خبره در مرحله اول برای اهمیت هر یک از معیارها از طریق پرسشنامه ۵ گزینه‌ای لیکرت جمع آوری شد که نتیجه محاسبات در جدول ذیل آمده است.

¹ Saaty

² FUZZY

جدول ۲. نتایج دور اول نظرسنجی به همراه میانگین دیدگاه‌های خبرگان

میانگین غیر فازی شده نظرات خبرگان	ارزش زبانی										ردیف	توضیحات
	Min	Mo	Max	ارزش عددی					زیر معیارها - ارزش فازی			
				خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد				
				۱	۳	۵	۷	۹				
(۰.۱۳)	(۱.۳۵)	(۳.۵۷)	(۵.۷۹)	(۷.۹۱)								
۸/۰۹	۶/۲۰	۸/۲۰	۹/۵۲	۰	۰	۲	۶	۱۷	۱	مناسب بودن قیمت مواد به قیمت بازار	شاخص مالی	
۷/۸۶	۵/۹۶	۷/۹۶	۹/۳۶	۰	۰	۳	۷	۱۵	۲	هزینه حمل و نقل		
۸/۱۶	۶/۲۸	۸/۲۸	۹/۵۶	۰	۰	۲	۵	۱۸	۳	قیمت محصول		
۷/۹۳	۶/۰۴	۸/۰۴	۹/۳۶	۰	۰	۴	۴	۱۷	۴	هزینه سفارش		
۸/۱۶	۶/۲۸	۸/۲۸	۹/۵۶	۰	۰	۲	۵	۱۸	۵	نرخ معیوب	شاخص کیفیت	
۷/۹۴	۶/۰۴	۸/۰۴	۹/۴۴	۰	۰	۲	۸	۱۵	۶	تعهد مدیریت به کیفیت		
۸/۲۴	۶/۳۶	۸/۳۶	۹/۶۴	۰	۰	۱	۶	۱۸	۷	ضمانت‌نامه‌ها و سیاست		
۶/۰۸	۴/۱۲	۶/۱۲	۷/۸۸	۰	۴	۹	۶	۶	۸	قابلیت دستیابی به کیفیت غیر عادی		
۷/۶۳	۵/۷۲	۷/۷۲	۹/۱۶	۰	۱	۳	۷	۱۴	۹	سیستم مدیریت کیفیت ISO	شاخص تکنولوژی	
۷/۹۴	۶/۰۴	۸/۰۴	۹/۴۴	۰	۰	۲	۸	۱۵	۱۰	تضمین کیفیت		
۵/۰۷	۳/۰۸	۵/۰۸	۷/۰۰	۰	۹	۸	۶	۲	۱۱	سیستم اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه		
۴/۴۴	۲/۴۴	۴/۴۴	۶/۴۴	۰	۱۵	۲	۸	۰	۱۲	بهبود فرآیند		
۴/۲۸	۲/۲۸	۴/۲۸	۶/۲۸	۰	۱۶	۲	۷	۰	۱۳	تحویل به موقع	شاخص زیست محیطی	
۷/۹۴	۶/۰۴	۸/۰۴	۹/۴۴	۰	۰	۲	۸	۱۵	۱۴	سطح تکنولوژی		
۷/۶۳	۵/۷۲	۷/۷۲	۹/۱۶	۰	۰	۵	۶	۱۴	۱۵	قابلیت تحقیق و توسعه		
۶/۶۳	۴/۶۸	۶/۶۸	۸/۴۰	۰	۲	۷	۹	۷	۱۶	قابلیت یا امکانات تولید کنونی		
۶/۷۹	۴/۸۴	۶/۸۴	۸/۵۲	۰	۲	۶	۹	۸	۱۷	توسعه فن آوری تامین کننده برای ...	شاخص زیست محیطی	
۷/۷۷	۵/۸۸	۷/۸۸	۹/۲۴	۰	۱	۳	۵	۱۶	۱۸	سازگاری فن آوری		
۴/۳۶	۲/۴۰	۴/۳۶	۶/۳۲	۱	۹	۱۳	۱	۱	۱۹	ظرفیت فن آوری		
۸/۲۹	۶/۳۲	۸/۴۰	۹/۸۰	۰	۰	۳	۶	۱۷	۲۰	توانایی پیشگیری از آلودگی		
۸/۱۷	۶/۲۸	۸/۲۸	۹/۶۰	۰	۰	۱	۷	۱۷	۲۱	گواهی زیست محیطی مانند ISO 14000	شاخص زیست محیطی	
۷/۹۴	۶/۰۴	۸/۰۴	۹/۴۴	۰	۰	۲	۸	۱۵	۲۲	بهره‌وری محیط زیست		
۴/۲۸	۲/۲۸	۴/۲۸	۶/۲۸	۰	۱۶	۲	۷	۰	۲۳	سازگار با استاندارد RoHS		
۳/۸۶	۱/۸۸	۳/۸۴	۵/۹۲	۳	۱۶	۲	۵	۰	۲۴	برنامه یا سیاست حفاظت از ...		
۸/۳۱	۶/۴۴	۸/۴۴	۹/۶۸	۰	۰	۱	۵	۱۹	۲۵	سیاست‌های زیست محیطی	شاخص محیطی	
۸/۲۴	۶/۳۶	۸/۳۶	۹/۶۴	۰	۰	۱	۶	۱۸	۲۶	نظارت مستمر و پیروی از مقررات		
۷/۷۱	۵/۸۰	۷/۸۰	۹/۲۴	۰	۰	۴	۷	۱۴	۲۷	برنامه‌ریزی فرآیند سبز		
۸/۱۶	۶/۲۸	۸/۲۸	۹/۵۶	۰	۰	۲	۵	۱۸	۲۸	بررسی محیط داخلی		
۷/۸۵	۵/۹۶	۷/۹۶	۹/۳۲	۰	۰	۴	۵	۱۶	۲۹	بررسی محیط خارجی	شاخص محیطی	
۶/۰۱	۴/۰۴	۶/۰۴	۷/۸۴	۰	۵	۷	۸	۵	۳۰	محدودیت‌های محیطی		
۳/۹۹	۲/۱۲	۳/۹۶	۵/۹۶	۴	۹	۸	۴	۰	۳۱	توجه به عدم اطمینان		

۸/۱۷	۶/۲۸	۸/۲۸	۹/۶۴	۰	۰	۰	۹	۱۶	کاهش ضایعات	۳۲
۷/۹۴	۶/۰۴	۸/۰۴	۹/۴۴	۰	۰	۲	۸	۱۵	بازیافت زباله	۳۳
۷/۸۶	۵/۹۶	۷/۹۶	۹/۳۶	۰	۰	۳	۷	۱۵	خرید مبتنی بر محصولات ...	۳۴
۶/۰۱	۴/۰۴	۶/۰۴	۷/۸۴	۰	۵	۷	۸	۵	انعطاف پذیری	۳۵

• نظرسنجی مرحله دوم

در این مرحله پرسشنامه دوم تهیه گردیده و همراه با نقطه نظر قبلی هر فرد و میزان اختلاف آنها با دیدگاه سایر خبرگان، مجدداً به اعضای گروه خبره ارسال گردید. در مرحله دوم اعضای گروه خبره با توجه به نقطه نظرات سایر اعضای گروه خبره مجدداً به سوالات پاسخ دادند که نتایج آن در جدول شماره ۳ ارائه شده است.

جدول ۳. نتایج دور دوم نظرسنجی به همراه میانگین دیدگاه‌های خبرگان

ردیف	عنوان	نظرسنجی	ارزش زبانی	ارزش عددی	میانگین	Max	Mo	Min	اختلاف میانگین های پرسشنامه اول و دوم	میانگین غیر فازی شده نظرات خبرگان	پیشگامان
			۱	۳	۵	۷	۹				
			(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)	(۰.۰۰۰)				
			زیر معیارها -	ارزش فازی							
۱	مناسب بودن	۱۸	۵	۲	۰	۰	۹/۵۶	۸/۲۸	۶/۲۸	۸/۱۶	پذیرش
۲	قیمت مواد به ...	۱۷	۵	۳	۰	۰	۹/۴۴	۸/۱۲	۶/۱۲	۸/۰۱	پذیرش
۳	هزینه حمل و نقل	۱۹	۵	۱	۰	۰	۹/۶۸	۸/۴۴	۶/۴۴	۸/۳۱	پذیرش
۴	قیمت محصول	۲۱	۳	۰	۰	۰	۹/۷۶	۸/۶۰	۶/۶۰	۸/۴۶	بعدی
۵	هزینه سفارش	۱۹	۴	۲	۰	۰	۹/۶۰	۸/۳۶	۶/۳۶	۸/۲۳	پذیرش
۶	نرخ معیوب	۱۷	۶	۲	۰	۰	۹/۵۲	۸/۲۰	۶/۲۰	۸/۰۹	پذیرش
۷	تعهد مدیریت به کیفیت	۲۰	۴	۱	۰	۰	۹/۷۲	۸/۵۲	۶/۵۲	۸/۳۹	پذیرش
۸	ضمانت نامه ها و سیاست	۲	۹	۱۳	۱	۰	۷/۸۸	۵/۹۶	۳/۹۶	۵/۹۵	رد
۹	قابلیت دستیابی به کیفیت غیرعادی	۱۶	۸	۱	۰	۰	۹/۵۶	۸/۲۰	۶/۲۰	۸/۰۹	بعدی
۱۰	سیستم مدیریت کیفیت ISO	۱۶	۷	۲	۰	۰	۹/۴۸	۸/۱۲	۶/۱۲	۸/۰۱	پذیرش
۱۱	تضمین کیفیت	۶	۱۲	۷	۰	۷	۶/۹۲	۴/۹۲	۴/۹۲	۴/۹۲	رد
	سیستم اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه										

۱۲	بهبود فرآیند	۰	۷	۳	۱۵	۰	۶/۳۶	۴/۳۶	۲/۳۶	۴/۳۶	۰/۰۸	رد
۱۳	تحويل به موقع	۰	۶	۶	۱۱	۰	۶/۰۴	۴/۲۰	۲/۳۶	۴/۲۰	۰/۰۸	رد
۱۴	سطح تکنولوژی	۱۵	۹	۱	۰	۰	۹/۵۲	۸/۱۲	۶/۱۲	۸/۰۲	۰/۰۸	پذیرش
۱۵	قابلیت تحقیق و توسعه	۱۸	۶	۱	۰	۰	۹/۶۴	۸/۳۶	۶/۳۶	۸/۲۴	۰/۶۱	بعدی
۱۶	قابلیت یا امکانات تولید کنونی	۶	۱۰	۷	۲	۰	۸/۳۶	۶/۶۰	۴/۶۰	۶/۵۶	۰/۰۷	رد
۱۷	توسعه فن آوری تامین کننده برای ...	۷	۱۰	۶	۲	۰	۸/۴۸	۶/۷۶	۴/۷۶	۶/۷۱	۰/۰۷	رد
۱۸	سازگاری فن آوری	۱۸	۶	۱	۰	۰	۹/۶۴	۸/۳۶	۶/۳۶	۸/۲۴	۰/۴۷	بعدی
۱۹	ظرفیت فن آوری	۰	۰	۱۵	۱۰	۰	۶/۲۰	۴/۲۰	۲/۲۰	۴/۲۰	۰/۱۶	رد
۲۰	توانایی پیشگیری از آلودگی	۱۷	۷	۱	۰	۰	۹/۶۰	۸/۲۸	۶/۲۸	۸/۱۷	۰/۱۲	پذیرش
۲۱	گواهی زیست محیطی مانند ISO 14000	۱۸	۷	۰	۰	۰	۹/۷۲	۸/۴۴	۶/۴۴	۸/۳۲	۰/۱۵	پذیرش
۲۲	بهره‌وری محیط زیست	۱۵	۹	۱	۰	۰	۹/۵۲	۸/۱۲	۶/۱۲	۸/۰۲	۰/۰۸	پذیرش
۲۳	سازگار با استاندارد RoHS	۰	۵	۵	۱۵	۰	۶/۲۰	۴/۲۰	۲/۲۰	۴/۲۰	۰/۰۸	رد
۲۴	برنامه یا سیاست حفاظت از ...	۰	۶	۰	۱۶	۳	۵/۷۲	۳/۷۲	۱/۸۴	۳/۷۴	۰/۱۲	رد
۲۵	سیاست‌های زیست محیطی	۲۰	۵	۰	۰	۰	۹/۸۰	۸/۶۰	۶/۶۰	۸/۴۷	۰/۱۵	پذیرش
۲۶	نظارت مستمر و پیروی از مقررات	۲۰	۴	۱	۰	۰	۹/۷۲	۸/۵۲	۶/۵۲	۸/۳۹	۰/۱۵	پذیرش
۲۷	برنامه‌ریزی فرآیند سبز	۱۷	۷	۱	۰	۰	۹/۶۰	۸/۲۸	۶/۲۸	۸/۱۷	۰/۴۶	بعدی
۲۸	بررسی محیط داخلی	۱۹	۵	۱	۰	۰	۹/۶۸	۸/۴۴	۶/۴۴	۸/۳۱	۰/۱۵	پذیرش
۲۹	بررسی محیط خارجی	۱۶	۷	۲	۰	۰	۹/۴۸	۸/۱۲	۶/۱۲	۸/۰۱	۰/۱۶	پذیرش
۳۰	محدودیت‌های محیطی	۳	۱۰	۹	۳	۰	۷/۹۲	۶/۰۴	۴/۰۴	۶/۰۲	۰/۰۱	رد
۳۱	توجه به عدم اطمینان	۰	۲	۱۰	۱۱	۲	۵/۹۶	۳/۹۶	۲/۰۴	۳/۹۷	۰/۰۱	رد
۳۲	کاهش ضایعات	۱۷	۸	۰	۰	۰	۹/۶۸	۸/۳۶	۶/۳۶	۸/۲۵	۰/۰۷	پذیرش

تخصص تکنولوژی

تخصص زیست محیطی

تخصص محیط

۳۳	باز یافت زباله	۱۵	۱۰	۰	۰	۰	۹/۶۰	۸/۲۰	۸/۲۰	۸/۱۰	۰/۱۶	پذیرش
۳۴	خرید مبتنی بر محصولات ...	۱۷	۵	۳	۰	۰	۹/۴۴	۸/۱۲	۶/۱۲	۸/۰۱	۰/۱۵	پذیرش
۳۵	انعطاف پذیری	۵	۸	۹	۳	۰	۸/۰۰	۶/۲۰	۴/۲۰	۶/۱۷	۰/۱۶	رد

باتوجه به دیدگاه‌های ارایه شده در مرحله اول و مقایسه آن با نتایج این مرحله، براساس قاعده پارتو (۲۰/۸۰) در صورتی که اختلاف بین دو مرحله کمتر از حد آستانه ۰/۲ باشد در این صورت فرایند نظرسنجی متوقف می‌شود. همان‌گونه که جدول فوق نشان می‌دهد در برخی از متغیرها، اعضای گروه خبره به وحدت نظر رسیده‌اند و میزان اختلاف نظر در مراحل اول و دوم کمتر از حد آستانه ۰/۲ بوده است لذا نظرسنجی درخصوص متغیرهای فوق متوقف گردید. از بین متغیرهای اشاره شده، متغیرهایی که میانگین غیرفازی شده نظرات خبرگان، کمتر از ۸ بود از مدل مفهومی پژوهش حذف گردید. ادامه نظرسنجی در مرحله سوم انجام می‌شود.

• نظرسنجی مرحله سوم

در این مرحله ضمن اعمال تغییرات لازم در متغیرهای مدل، پرسشنامه سوم تهیه گردید و همراه با نقطه نظر قبلی هر فرد و میزان اختلاف آنها با میانگین دیدگاه سایرین، مجدداً به خبرگان ارسال گردید. با این تفاوت که در این مرحله از مولفه‌های موجود در مرحله قبل ۳۰ مورد متوقف شد و نظرسنجی درمورد ۵ مولفه باقی‌مانده صورت گرفته است که نتایج آن در جدول ۴ ارایه شده است.

جدول ۴: نتایج دور سوم نظرسنجی به همراه میانگین دیدگاه‌های خبرگان (مولفه‌ها)

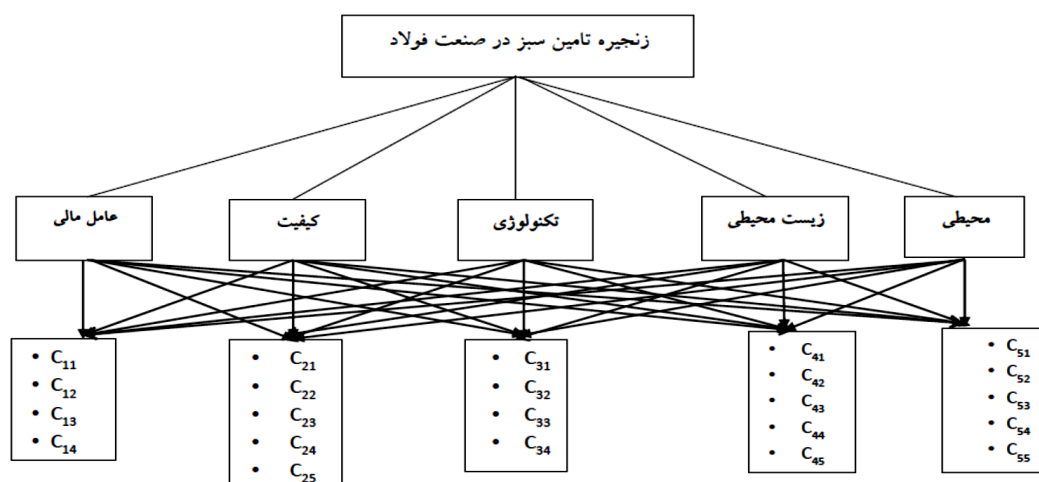
ردیف	میانگین غیر فازی شده نظرات خبرگان	اختلاف میانگین های پرسشنامه اول و دوم	Min	Mo	Max	ارزش زبانی					نمره	نوع شاخص
						۱	۳	۵	۷	۹		
						۰/۱۰	۱/۰۵	۳/۵۷	۵/۷۹	۱۰/۷۹		
												ارزش عددی
												زیر معیارها - ارزش فازی
۴	شاخص مالی	هزینه سفارش	۶/۵۲	۸/۵۲	۶/۷۶	۰	۰	۰	۶	۱۹	۴	شاخص مالی
۹	شاخص کیفیت	سیستم مدیریت کیفیت ISO	۶/۲۸	۸/۲۸	۹/۶۴	۰	۰	۰	۹	۱۶	۹	شاخص کیفیت
۱۵	شاخص تکنولوژی	قابلیت تحقیق و توسعه	۶/۴۴	۸/۴۴	۹/۷۲	۰	۰	۰	۷	۱۸	۱۵	شاخص تکنولوژی
۱۸	شاخص تکنولوژی	سازگاری فن آوری	۶/۵۲	۸/۵۲	۹/۷۲	۰	۰	۱	۴	۲۰	۱۸	شاخص تکنولوژی
۲۷	شاخص زیست محیطی	برنامه ریزی فرآیند سبز	۶/۲۰	۸/۲۰	۹/۵۶	۰	۰	۱	۸	۱۶	۲۷	شاخص زیست محیطی

همان‌طور که جدول فوق نشان می‌دهد میزان اختلاف نظر خبرگان در مراحل دوم و سوم کم‌تر از حد آستانه ۰/۲ می‌باشد و لذا نظرسنجی در این مرحله متوقف می‌شود. نتایج دلفی فازی نشان داد که در ترتیب وزن معیارها از ۳۵ زیرشاخص، ۱۲ زیرشاخص از مدل مفهومی نهایی پژوهش حذف گردید و در نهایت برای ۵ شاخص اصلی به همراه ۲۳ زیرشاخص اثرگذار اجماع وجود داشته است که به عنوان شاخص‌های با اهمیت و اصلی برای حل نهایی مدل انتخاب شدند. اکنون، به سوال اول پژوهش که "شاخص‌های اثرگذار بر زنجیره تامین سبز در صنعت فولاد استان گیلان کدامند؟" پاسخ داده شد که در جدول ۵ مهم‌ترین شاخص‌ها مشخص شده‌اند.

جدول ۵. شاخص‌ها و زیر شاخص‌های مؤثر بر زنجیره تامین سبز در صنعت فولاد

کد	زیر شاخص	شاخص اصلی
C ₁₁	مناسب بودن قیمت مواد به قیمت بازار	شاخص مالی C ₁
C ₁₂	هزینه حمل و نقل	
C ₁₃	قیمت محصول	
C ₁₄	هزینه سفارش	
C ₂₁	نرخ معیوب	
C ₂₂	تعهد مدیریت به کیفیت	شاخص کیفیت C ₂
C ₂₃	ضمانت‌نامه‌ها و سیاست	
C ₂₄	سیستم مدیریت کیفیت ISO	
C ₂₅	تضمین کیفیت	
C ₃₁	سطح تکنولوژی	شاخص تکنولوژی C ₃
C ₃₂	قابلیت تحقیق و توسعه	
C ₃₃	سازگاری فن‌آوری	
C ₃₄	توانایی پیشگیری از آلودگی	
C ₄₁	گواهی زیست محیطی مانند ISO 14000	شاخص زیست محیطی C ₄
C ₄₂	بهره‌وری محیط زیست	
C ₄₃	سیاست‌های زیست محیطی	
C ₄₄	نظارت مستمر و پیروی از مقررات	
C ₄₅	برنامه‌ریزی فرآیند سبز	
C ₅₁	بررسی محیط داخلی	شاخص محیطی C ₄
C ₅₂	بررسی محیط خارجی	
C ₅₃	کاهش ضایعات	
C ₅₄	بازيافت زباله	
C ₅₅	خرید مبتنی بر محصولات محیط زیست	

در نهایت با توجه به شاخص‌ها و زیر شاخص‌هایی که در جدول ۵ آمده است، مدل تصمیم به صورت شکل ۱ ترسیم شده است.



شکل ۱. مدل پژوهش با ساختار شبکه‌ای

• شناسایی شاخص‌های اساسی با به کارگیری تکنیک دیمتل

مجموع عناصر ستون‌ها و سطرهاى ماتریس $\tilde{T}$ برای شاخص‌های اصلی و زیرشاخص‌های آن محاسبه و به صورت بردارهای $\tilde{R}$ (تأثیرگذار) و $\tilde{D}$ (تأثیرپذیر) نام‌گذاری می‌شوند که محاسبات در جدول ۶ و ۷ آمده است:

جدول ۶. مقادیر معیارها $\tilde{R}$ ، $\tilde{D}$ ، $\tilde{R} + \tilde{D}$ و $\tilde{R} - \tilde{D}$

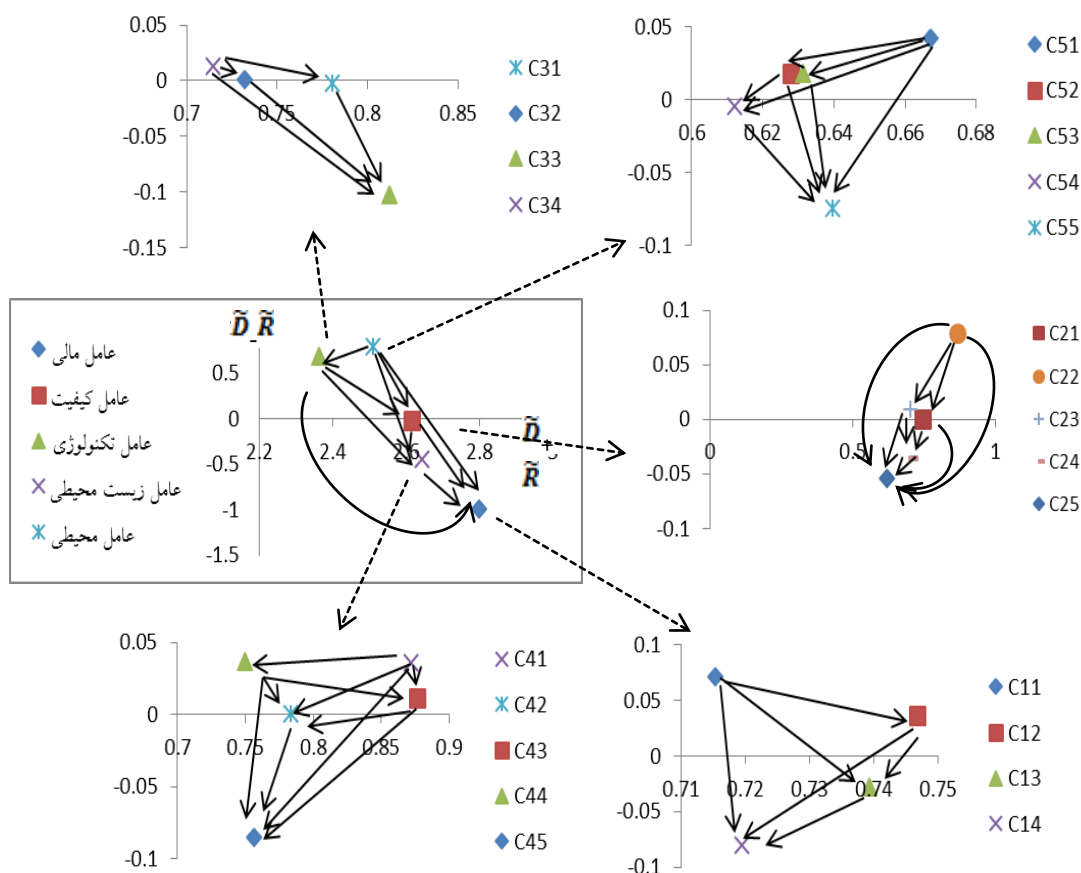
شاخص	$\tilde{D}$	$\tilde{R}$	$\tilde{R} + \tilde{D}$	$\tilde{R} - \tilde{D}$	نتیجه
شاخص مالی	۰/۹۰۱	۱/۸۹۷	۲/۷۹۸	-۰/۹۹۶	اثر پذیرترین
شاخص کیفیت	۱/۲۹۳	۱/۳۲۱	۲/۶۱۴	-۰/۰۲۸	اثر پذیر
شاخص تکنولوژی	۱/۵۲۴	۰/۸۴	۲/۳۶۴	۰/۶۸۴	اثر گذار
شاخص	۱/۰۹۶	۱/۵۴۸	۲/۶۴۴	-۰/۴۵۲	اثر پذیر
شاخص محیطی	۱/۶۵۱	۰/۸۵۸	۲/۵۰۹	۰/۷۹۲	اثر گذارترین

جدول ۷. مقادیر زیر معیارها $\tilde{R}$ ، $\tilde{D}$ ، $\tilde{R} + \tilde{D}$ و $\tilde{R} - \tilde{D}$

شاخص اصلی	زیر شاخص‌ها	کد	$\tilde{D}$	$\tilde{R}$	$\tilde{R} + \tilde{D}$	$\tilde{R} - \tilde{D}$	نتیجه
شاخص مالی C_1	مناسب بودن قیمت مواد به قیمت بازار	C_{11}	۰/۳۹۴	۰/۳۲۲	۰/۷۱۵	۰/۰۷۱۷	اثر گذار
	هزینه حمل و نقل	C_{12}	۰/۳۹۲	۰/۳۵۵	۰/۷۴۷	۰/۰۳۶۴	اثر گذار
	قیمت محصول	C_{13}	۰/۳۵۶	۰/۳۸۴	۰/۷۳۹	-۰/۰۲۸	اثر پذیر
	هزینه سفارش	C_{14}	۰/۳۲	۰/۴	۰/۷۲	-۰/۰۸	اثر پذیر
شاخص کیفیت C_2	نرخ معیوب	C_{21}	۰/۳۷۳	۰/۳۷۳	۰/۷۴۶	۰/۰۰۰۳	اثر گذار
	تعهد مدیریت به کیفیت	C_{22}	۰/۴۷۳	۰/۳۹۳	۰/۸۶۶	۰/۰۷۹۴	اثر گذار
	ضمانت‌نامه‌ها و سیاست	C_{23}	۰/۳۵۵	۰/۳۴۶	۰/۷۰۱	۰/۰۰۹۳	اثر گذار
	سیستم مدیریت کیفیت ISO	C_{24}	۰/۳۳۲	۰/۳۶۷	۰/۶۹۹	-۰/۰۳۵	اثر پذیر
	تضمین کیفیت	C_{25}	۰/۲۸۲	۰/۳۳۶	۰/۶۱۹	-۰/۰۵۴	اثر پذیر
شاخص تکنولوژی C_3	سطح تکنولوژی	C_{31}	۰/۳۸۹	۰/۳۹۱	۰/۷۸	-۰/۰۰۲	اثر پذیر

اثرگذار	۰/۰۰۱۲	۰/۷۳۲	۰/۳۶۵	۰/۳۶۷	C ₃₂	قابلیت تحقیق و توسعه
اثرپذیر	-۰/۱۰۳	۰/۸۱۲	۰/۴۵۷	۰/۳۵۴	C ₃₃	سازگاری فن آوری
اثرگذار	۰/۰۱۳۱	۰/۷۱۴	۰/۳۵۱	۰/۳۶۴	C ₃₄	توانایی پیشگیری از آلودگی
اثرگذار	۰/۰۳۶	۰/۸۷۱	۰/۴۱۸	۰/۴۵۴	C ₄₁	گواهی زیست محیطی مانند ISO 14000
اثرگذار	۰/۰۰۰۴	۰/۷۸۳	۰/۳۹۲	۰/۳۹۲	C ₄₂	بهره‌وری محیط زیست
اثرگذار	۰/۰۱۱۵	۰/۸۷۶	۰/۴۳۲	۰/۴۴۴	C ₄₃	سیاست‌های زیست محیطی
اثرگذار	۰/۰۳۶۷	۰/۷۵	۰/۳۵۷	۰/۳۹۳	C ₄₄	نظارت مستمر و پیروی از مقررات
اثرپذیر	-۰/۰۸۵	۰/۷۵۶	۰/۴۲	۰/۳۳۶	C ₄₅	برنامه‌ریزی فرآیند سبز
اثرگذار	۰/۰۴۲۷	۰/۶۶۷	۰/۳۱۲	۰/۳۵۵	C ₅₁	بررسی محیط داخلی
اثرگذار	۰/۰۱۷۹	۰/۶۲۸	۰/۳۰۵	۰/۳۲۳	C ₅₂	بررسی محیط خارجی
اثرگذار	۰/۰۱۸۴	۰/۶۳۱	۰/۳۰۶	۰/۳۲۵	C ₅₃	کاهش ضایعات
اثرپذیر	-۰/۰۰۴	۰/۶۱۲	۰/۳۰۸	۰/۳۰۴	C ₅₄	بازیافت زباله
اثرپذیر	۰/۰۷۵	۰/۶۴	۰/۳۵۷	۰/۲۸۲	C ₅₅	خرید مبتنی بر محصولات محیط زیست

شکل ۲ میزان اهمیت تأثیرگذاری و تأثیرپذیری میان معیارها را نشان می‌دهد. محور افقی نمودار میزان اهمیت معیارها و محور عمودی، تأثیرگذاری یا تأثیرپذیری معیارها را نشان می‌دهد. لذا می‌توان نتیجه گرفت میزان اهمیت تأثیرگذاری/تأثیرپذیری معیارها به ترتیب رابطه عبارت‌اند از «شاخص محیطی»، «شاخص تکنولوژی»، «شاخص کیفیت»، «شاخص زیست محیطی» و «شاخص مالی». شاخص‌هایی که طبق جدول ۶ مقدار $\tilde{R} - \tilde{D}$ مثبت دارند به‌طور قطع تأثیرگذار بودن این شاخص‌ها را نشان می‌دهد و عواملی که $\tilde{R} - \tilde{D}$ منفی دارند نشان‌دهنده تأثیرپذیری قطعی این عوامل از سایر عوامل هستند؛ بنابراین، در بین شاخص‌های اصلی «شاخص محیطی» با مقدار اثرگذاری ۰/۷۹۲ تأثیرگذارترین و «شاخص مالی» با مقدار اثرپذیری خالص برابر با ۰/۹۹۶- تأثیرپذیرترین شاخص‌ها هستند. به‌طور کلی $\tilde{R} - \tilde{D}$ مثبت، شاخص‌های علت و $\tilde{R} - \tilde{D}$ منفی، شاخص‌های معلول محسوب می‌شوند. در این هنگام به سوال دوم تحقیق که «روابط علت- معلولی (اثرگذاری و اثرپذیری) در میان معیارهای مؤثر بر زنجیره تامین سبز در صنعت فولاد استان گیلان چگونه است؟» پاسخ داده شد. در نهایت روابط علت و معلولی از طریق رسم نقاطی با مختصات $\tilde{R} + \tilde{D}$ و $\tilde{R} - \tilde{D}$ بر اساس ماتریس $\tilde{T}$ و میزان تأثیرگذاری شاخص‌ها بر یکدیگر در یک دستگاه مختصات دکارتی ترسیم می‌گردد. بر این اساس، نمودار علت و معلولی و نقشه روابط شبکه‌ای شاخص‌ها در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲. نقشه شبکه روابط بین معیارهای اصلی و غیرمعیارها

۵ بحث و پیشنهادها

هدف اول پژوهش شناسایی شاخص‌های اثرگذار در زنجیره تامین سبز در صنعت فولاد به ویژه فولاد گیلان (سهامی خاص) بود. با توجه به پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه موضوع پژوهش و پس از غربالگری، ۲۳ شاخص مهم شناسایی شدند که معیار اصلی آن‌ها عبارتند از: شاخص‌های «مالی، کیفیت، تکنولوژی، زیست محیطی و محیطی» که این نتایج در راستای هدف اول پژوهش است.

هدف دوم پژوهش تعیین روابط و تأثیرات شاخص‌ها بر یکدیگر بود. برای رسیدن به این هدف از تکنیک دیمتل فازی استفاده شد. نتایج این تکنیک به صورت زیر بیان می‌شود: «شاخص مالی» تأثیرپذیرترین شاخص اثرگذار در زنجیره تامین سبز در صنعت فولاد است. به عبارتی این شاخص، مشکل اصلی مساله و گلوگاه بهبود طراحی زنجیره تامین سبز در سازمان است که توسط شاخص‌های اثرگذار حل می‌شود. در حقیقت موفقیت یا عدم موفقیت زنجیره تامین سبز بستگی به این شاخص دارد؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که برای رسیدن به بهره‌وری سازمانی، سازمان باید در زنجیره تامین سبز به شاخص مالی و غیره توجه داشته باشد. این یافته در راستای

یافته محققانی مانند ماهش و همکاران [۳۶]، کومار و همکاران [۱]، گوویندان^۱ و همکاران [۴۳]، کنان^۲ و همکاران [۴۱]، تی سنگ^۳ و همکاران [۲۶] و ونگ^۴ و همکاران [۳] می باشد. همچنین «شاخص محیطی» تأثیرگذارترین شاخص در زنجیره تامین سبز می باشد. به عبارتی، معیاری است که بیشترین اهمیت را دارد و مشکل مساله موردنظر را حل و باید برای بهبود سیستم در اولویت قرار گیرد. می توان نتیجه گرفت که شاخص های محیطی تأثیر به سزایی در زنجیره تامین سبز دارد. همچنین شاخص مدیریت با افزایش راندمان و بهبود فرآیندها و غیره می تواند شاخصی تأثیرگذار در زنجیره تامین سبز و استفاده آن در سازمان باشد. این یافته برخلاف یافته محققانی مانند کومار و همکاران [۱]، آزاد و مدیری [۶]، امیری و همکاران [۳۵]، رحیمی و همکاران [۳۰] و در راستای یافته های ماهش و همکاران [۳۶]، گوویندان و همکاران [۴۳]، کنان و همکاران [۴۱]، تی سنگ و همکاران [۲۶]، و ونگ و همکاران [۳]، اعتزازیان و همکاران [۲۸] و عطائی و همکاران [۴۴] می باشد. همچنین در پژوهش حاضر به چند راه حل پیشنهادی با توجه به نتایج پژوهش پرداخته می شود:

با توجه به نتایج دیمتل فازی، شاخص «مالی» تأثیرپذیرترین شاخص در زنجیره تامین سبز است که می توان با ارائه پیشنهادهای مناسب موجب موفقیت شرکت گردید زیرا این معیار (تأثیرپذیرترین) در موفقیت شرکت نقش تعیین کننده داشته و باید از شدت نفوذپذیری این معیار در جهت تقویت سیستم استفاده نمود. بنابراین به مدیران ارشد سازمان و بخش تصمیم گیرنده صنعت فولاد به ویژه فولاد استان گیلان (سهامی خاص) پیشنهاد می شود با کاهش قیمت محصول، کاهش هزینه حمل و نقل، بهبود هزینه سفارش، مناسب بودن قیمت مواد به قیمت بازار و از این قبیل موارد جهت افزایش و حفظ موقعیت رقابتی خود تلاش کنند. همچنین با توجه به نتایج دیمتل فازی شاخص «محیطی» تأثیرگذارترین شاخص بر زنجیره تامین سبز می باشد و موفقیت و یا عدم موفقیت شرکت به این معیار (تأثیرگذارترین) وابسته است و باید تلاش کرد تا از شدت نفوذ گذاری این معیار در جهت تقویت سیستم استفاده شود. لذا به مدیران ارشد و بخش تصمیم گیرنده صنعت فولاد به ویژه فولاد استان گیلان (سهامی خاص) پیشنهاد می شود که با به کارگیری سیاست خرید مبتنی بر محصولات محیط زیست، افزایش بازیافت زباله، افزایش بررسی محیط خارجی، کاهش بیشتر ضایعات، افزایش بررسی محیط داخلی و از این قبیل موارد در جهت بهبود موقعیت رقابتی خود اقدام نمایند.

منابع

- [1] Malviya, P.K., Kant, P., (2017). Modeling the enablers of green supply chain management: an integrated ISM-fuzzy MICMAC approach benchmarking. An International Journal, 24 (2), 536-568.
- [2] 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.
- [3] Wu, H.H., Chang, S.Y., (2015). A case study of using DEMATEL method to identify critical factors in green supply chain management. Applied Mathematics and Computation, 256(1), 394-403.

¹ Govindan

² Kannan

³ Tseng

⁴ Wong

- [4] Tseng, M.L., Tan, K.H., Lim, M., Lin, R.J., Geng, Y., (2014). Benchmarking eco-efficiency in green supply chain practices in uncertainty. *Production Planning & Control*, 25(13-14), 1079-1090.
- [5] Javanshir, H., Taghavi-fard, M.T., Niorang, M., Nemati, R., (2010). Assessment of an automobile factory's providers according to green supply chain's criteria by using PCA"; The First International Conference, Management on Creativity and Entrepreneurship, Shiraz, 2010.
- [6] Azad, S., Modiri, M., (2018). Application of Interpretive Structural Modeling for Green Supply Chain Management Capabilities (Case Study: Iran Khodro Company). 8th International Conference on Management and Accounting and 5th Conference on Entrepreneurship and Open Innovations, University of Tehran, 1-18.
- [7] Buyukozkan, G., Cifci, G., (2012). A novel hybrid MCDM approach based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy TOPSIS to evaluate green suppliers, *Expert Systems with Applications*, 39, 3000-3011.
- [8] Zhu, Q., Sarkis, J., Lai, K.H., (2007). Green supply chain management: pressures, practices and performance within the Chinese automobile industry. *Journal of Cleaner Production*, 15 (11/12), 1041-1052.
- [9] Bose, I., Raktim, P., (2012). Do green supply chain management initiatives impact stock prices of firms. *Decision support systems*, 52(3), 624-634.
- [10] Srivastava, S.K., (2007). Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review. *International Journal of Management Review*, 9(1), 53-80.
- [11] Perotti, S., Zorzini, M., Cagno, E., Micheli, G.J.L., (2012). Green supply chain practices and company performance: the case of 3PLs in Italy. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 42(7), 640-672.
- [12] Jabbour, A.B.L.S., Jabbour, C.J.C., Latan, H., Teixeira, A.A., de Oliveira, J.H.C., (2014). Quality management, environmental management maturity, green supply chain practices and green performance of Brazilian companies with ISO 14001 certification: Direct and indirect effects, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 67, 39-51.
- [13] Simpson, D., Power, D., Samson, D. (2005). Greening the automotive supply chain: a relationship perspective. *International Journal of Operations and Production Management*, 27(1), 28-48.
- [14] Erol, I., Cakar, N., Erel, D., Sari, R., (2009). Sustainability in the Turkish retailing industry. *Sustainable Development*, 17 (1), 49-67.
- [15] Ytterhus, B.E., Arnestad, P., Lothe, S., (1999), Environmental initiatives in the retailing sector: an analysis of supply chain pressures and partnerships. *Eco- Management and Auditing*, 6(4)181-188.
- [16] Lai, K-h. Cheng, T.C.E. and Tang, A.K.Y. (2010), "Green retailing: factors for success", *California Management Review*, Vol. 52No. 2, pp. 6-31.
- [17] Youn, C. Kim, S. Lee, Y. Choo, H.J. Jang, S. and Jang, J.I. (2017), "Measuring retailers' sustainable development", *Business Strategy and the Environment*, Vol. 26 No. 3, pp. 385 398.
- [18] Chkanikova, O., Mont, O., (2015). Corporate supply chain responsibility: drivers and barriers for sustainable food retailing. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, Vol. 22No. 2, pp. 65-82.
- [19] Sarkis, J., Zhu, Q., Lai, K.H., (2011). An organizational theoretic review of green supply chain management literature. *International Journal of Production Economics*, 130(1), 1-15.
- [20] Beske, P., Seuring, S., (2014). Putting sustainability into supply chain management. *Supply Chain Management: An International Journal*, 19(3), 322-331.
- [21] Keating, B., Quazi, A., Kriz, A., Coltman, T., (2008). In pursuit of a sustainable supply chain: insights from Westpac banking corporation. *Supply Chain Management: An International Journal*, 13(3), 175-179.
- [22] Hart, S., Milstein, M.B., (2003). Creating sustainable value. *Academy of Management Executive*, 17(2), 56-69.
- [23] Elkington, J., (1998), *Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of the 21st Century*, New Society Publishers, Stony Creek, CT.
- [24] Tajbakhsh, A., Hassini, E., (2015). Performance measurement of sustainable supply chains: a review and research questions. *International Journal of Productivity and Performance Management*, (64)6, 744-783.
- [25] Garcia-Arca, J., Prado-Prado, J.C., Gonzalez-Portela, A.T.G., (2014). Packaging logistics' promoting sustainable efficiency in supply chains", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 44(4), 325-346.

- [26] Wang, Z., Subramanian, N., Gunasekaran, A., Abdulrahman, M.D., Liu, C., (2015). Composite sustainable manufacturing practice and performance framework: Chinese auto parts suppliers' perspective. *International Journal of Production Economics*, 170, 219-233.
- [27] Hsu, C.C., Choon Tan, K., Hanim Mohamad Zailani, S., Jayaraman, V., (2013). Supply chain drivers that foster the development of green initiatives in an emerging economy. *International Journal of Operations & Production Management*, 33(6), 656-688.
- [28] Etezazian, F., Akhavan Kharazian, M., (2016). Investigating Technological Barriers in Implementing Green Supply Chain Management in Iran's Oil Refining Industries (Case Study: Isfahan Oil Refining Industry). *First National Conference on Strategic Services Management*, Islamic Azad University, Najafabad Branch, 1-12.
- [29] Azad, S., Modiri, M., (2017). The application of structural interpretive modeling to empower green supply chain management: The case of Iran Khodro. *Proceeding of 8th International Conference of Management and Accounting and 5th Conference of Entrepreneurship and Open Innovations* (pp. 1-18). Tehran: Tehran University Press.
- [30] Saaty, T.L., (1999). *Fundamentals of the Analytic Network Process*. *Proceedings of ISAHF 1999*, Kobe, Japan.
- [31] Omidvar, R., Sardari, A., Yazdani, N. (2015). Ranking barriers to green supply chain management using DIMATEL. *New Marketing Research Journal*, 5(2), 1-14.
- [32] Yang, T., Hung, C., (2007). Multiple attribute decision making methods for plant layout design problem, *Robotics and computer- integrated manufacturing*, 23(1), 126-137.
- [33] Torfia, F., Zanjirani Frahani, R., (2010). Fuzzy AHP to determine the relative weights of evaluation criteria and Fuzzy topsis to rank the alternatives. *Applied soft computing*, 10(2), 520-528.
- [34] Zimmermann, H.J., (2005). *Fuzzy set theory and its applications*. Fourth edition, Springer, New York.
- [35] Zaeri, M., Ramazani, E., (2011). Assessment and selection of suppliers in green supply chain with a multi-criteria decision-making approach. *Proceedings of 2nd International Conference and 4th National Conference of Logistics and Supply Chain*. Tehran: Industry Conference Institution, 1-17.
- [36] Chand, M., Bhatia, N., Singh, R.K., (2018). ANP-MOORA-based approach for the analysis of selected issues of green supply chain management. *Benchmarking: An International Journal*, 25(2), 642-659.
- [37] Faisal, M.N., Al-Esmael, B., Sharif, K.J., (2017). Supplier selection for a sustainable supply chain: Triple bottom line (3BL) and analytic network process approach. *Benchmarking: An International Journal*, 24(7), 1956-1976.
- [38] Homayounfar, M., Goodarzvand Chegini, M., Daneshvar, A., (2019). Prioritization of green supply chain suppliers using a hybrid fuzzy MCDM approach, 15(2), 41-67.
- [39] Mansoori, A., Iranzad, S., Hadi, A., (2019). Designing the social performance model of a green supply chain company using fuzzy mathematical programming in conditions of uncertainty, *Journal of Operations Research in its applications*, 15(3), 87-106.
- [40] Babaei Meybodi, H., Delshad, Z., (2018). Dynamic modeling of systems to evaluate the factors affecting green supply chain management. *Biannual Journal of Value Chain Management*, 2(6), 51-62.
- [41] Kannan, D., Govindan, D., Rajendran, S., (2014). Fuzzy Axiomatic Design approach based green supplier selection: a case study from Singapore. *Journal of Cleaner Production*, 96, 194-208.
- [42] Hashemi, S.H., (2012). *Supplier evaluation and allocation of the order in a sustainable supply chain*. MS Thesis, School of Management, Tehran University.
- [43] Govindan, K., Kaliyan, M., Kannan, D., Haq, A., (2014). Barriers analysis for green supply chain management implementation in Indian industries using analytic hierarchy process. *International Journal of Production Economics*, 147, 555-568.
- [44] Ataei, M., (2010). *Fuzzy multi-criteria decision making*. First Edition. Shahrood University of Technology Publications, 1-19.