ارائه الگویی جهت ارزیابی و انتخاب شبکه تأمین پایدار در صنعت حمل و نقل ریلی

مقاله علمی – پژوهشی

مهدی نصراللهی، دانشیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران
محمدرضا فتحی*، دانشیار، گروه مدیریت صنعتی و فناوری، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشکدگان فارابی دانشگاه تهران، قم، ایران
احد عرب، دانش آموخته کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی ، موسسه آموزش عالی سهروردی، قزوین، ایران
سمیه رضی محب سراج، دانش آموخته کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشکدگان فارابی دانشگاه تهران، قم، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول reza.fathi@ut.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۲۲– پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۰۱
صفحه ۴۵۴-۴۳۳

چکیده

انتخاب شبکه تأمین از عوامل تاثیرگذار در فعالیت بنگاه‌های اقتصادی و تجاری می‌باشد. همچنین انتخاب شبکه تأمین‌کننده سبز، چابک و پایدار یک تصمیم استراتژیک به منظور رقابت بیشتر در بازار جهانی امروز به حساب می‌آید. اهمیت این موضوع زمانی بیشتر می‌شود که شرکت‌ها به دنبال بازار جدید و در نتیجه تأمین‌کنندگان جدید باشند. این تحقیق درباره شناسایی، رتبه‌بندی و ارائه الگویی جهت ارزیابی و انتخاب شبکه تأمین سبز، چابک و پایدار در صنعت حمل و نقل ریلی انجام شد. این تحقیق از نوع پیمایشی و کاربردی می‌باشد و روش گردآوری اطلاعات بصورت میدانی و ابزار گردآوری اطلاعات بصورت پرسشنامه‌ای می‌باشد. در این تحقیق ابتدا با مطالعات کتابخانه‌ای، جستجو در سایت‌های معتبر علمی و بررسی متون علمی موجود شاخص‌های انتخاب شبکه تأمین کننده سبز، چابک و پایدار جمع‌آوری شده است. سپس سؤالات پرسشنامه‌ی تحقیق براساس این شاخص‌ها تدوین گردید. در نهایت با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه و آماری همه شاخص‌ها براساس اهمیت رتبه‌بندی گردیدند و اهمیت هر یک از شاخص‌ها مشخص گردید. در این پژوهش برای شناسایی مؤلفه‌ها از تکنیک دلفی فازی و برای تعیین اهمیت شاخص‌ها از روش CRITIC استفاده شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد که مؤلفه‌های توانایی رقابت و موقعیت در صنعت در بین رقبا، عملکرد مالی، تکنولوژی اطلاعات و نوآوری سیستم، انعطاف‌پذیری سازمانی برای تطبیق شرایط متغیر با زمان به ترتیب دارای بیشترین اهمیت می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: شبکه تأمین پایدار، صنعت حمل و نقل، تکنیک دلفی فازی، روش CRITIC

۱-مقدمه

در دنیای امروز گردش پر سرعت تحولات جهانی باعث شده تا مؤسسات همواره تلاش کنند با سلطه بر شرایط شبهه‌ناک پیرامون خود، به پژوهش در زمینه مدیریت هر چه بهتر شبکه تأمین بپردازند. شبکه تأمین همانطور که از نام آن پیداست شامل شبکه‌ای از فرآیندها، فعالیت‌ها و جریان مفروضات جهت ایجاد خدمتی پایدار به مشتریان می‌باشد که در آن اورگان‌های تأمین‌کننده، تولیدکننده، توزیع و فروش یک محصول در جهت خشنودی مشتریان با یکدیگر همکاری و مشارکت می‌کنند. به عبارت بهتر این سیستم یکپارچه شامل مجموعه فرآیندهای مرتبط با هم با هدف دستیابی به مواد اولیه مناسب و ملزومات مورد نیاز برای تبدیل آن‌ها به محصول (جریان مواد)، رساندن آن محصولات به مشتریان و گردش اطلاعاتی مطلوب در بین سایر اجزای شبکه تأمین است. به نحوی که این همکاری و هماهنگی باعث کاهش هزینه‌های

جاری و بهای تمام شده محصولات، بهینه‌سازی عملکرد و ایجاد یک مزیت رقابتی در بین سایر سازمان‌ها می‌گردد و نتیجه‌ای جز افزایش سود برای ذینفعان نخواهد داشت. (گودرزی و همکاران، ۱۳۸۵). سازمان‌هایی که اقدام به تهیه مواد اولیه و تولید کلیه قطعات در داخل سازمان خود می‌کنند همواره با مشکلات عدیده‌ای روبه رو هستند که از مهم‌ترین آن می‌توان به افزایش بهای تمام شده و عدم سازماندهی و برنامه‌ریزی مناسب منابع شامل منابع مالی، انسانی و زمانی و همچنین انبارش منابع اضافی در زمان تغییرات نیازمندی‌های مشتریان و تقاضای آن‌ها اشاره کرد (چوپرا و تووبل، ۲۰۰۹). از طرفی با توسعه‌ی زنجیره‌های تأمین در سطح جهانی و افزایش پیچیدگی‌های آن، ایجاد تغییرات بنیادین در نحوه‌ی مدیریت زنجیره‌های تأمین به امری ضروری تبدیل شده است. در پاسخ به نیازهای دائما در حال تغییر مشتریان، چرخه عمر کوتاه‌تر محصولات، ارتقای عملکرد، مدیریت تنوع محصولات، توسعه‌ی توانمندی‌های منعطف و قابلیت‌های پویا و نیز بروز چالش‌های جهانی همچون همه‌گیری بیماری کرونا، محققین مختلف بهره‌گیری از زنجیره تأمین چابک را به‌عنوان یک راهکار استراتژیک مطرح نموده‌اند (نوذری و قهرمانی‌نهر، ۱۴۰۰؛ اوم، ۲۰۱۷؛ جیندال و همکاران، ۲۰۲۱؛ کنتوبلی و همکاران، ۲۰۲۰؛ ناندی و همکاران، ۲۰۲۱؛ کارماکر و همکاران، ۲۰۲۱) اندیشمندان این حوزه بر این باور هستند که برای ایجاد یک مزیت رقابتی و موفقیت در شرایط کسب و کار مملو از پیچیدگی، نیاز است که مؤلفه‌های عملکردی شبکه تأمین شناسایی و مشخص و برای موفقیت شبکه تأمین این مؤلفه‌ها پیوسته مورد ارزیابی و پالایش قرار گیرند و بهبود داده شوند. امروزه بنگاه‌ها در یک محیط جهانی قراردارند که دارای پیچیدگی و عدم قطعیت است که عبارتند از: ناپایداری و بی ثباتی بازار کسب و کارها، بالا رفتن هزینه‌های عملیاتی، سرعت گرفتن تکنولوژی که به طبع آن باعث گسترش کوتاه یا میان مدت تولیدات می گردد؛ تحول در نیازهای مشتریان به توجه به افزایش درخواست سفارشی تولیدات و به طبع آن بالاتر رفتن سطح انتظارات مشتریان از کیفیت و زمان تحویل محصولات؛ افزایش روز افزون فناوری در بخش صنعت که منجر به آن می‌گردد که شرکت‌ها بتوانند تولیداتی متناسب با نیازهای روز مشتریان داشته باشند که این مهم با پیوستگی سخت افزاری و نرم افزاری در سیستم‌ها و سامانه‌های تولیدی حاصل می‌گردد؛ بالا رفتن سطح انتظارت افراد مستعد کار و ظهور قوانین جدید و تحول عوامل اجتماعی در جهت حفظ و نگهداری منابع زیست محیطی. این پیچیدگی‌ها باعث ایجاد تغییرات ژرف در نوع فعالیت‌ها و کسب و کارهای سازمان‌ها و به طبع آن در شبکه تأمینی که با آن سازمان مشارکت دارد، می‌گردد. از سوی دیگر با افزایش و سرعت گرفتن روز افزون این پیچیدگی‌ها و به طبع آن تغییرات در کسب و کارها، باعث شده که لزوم انعطاف‌پذیری و سرعت بخشیدن در فعالیت‌ها جهت رقابت در بین سازمان و حفظ مزیت رقابتی بیش از پیش احساس شود (گودرزی و همکاران، ۱۳۸۵). چراکه به منظور باقیماندن در بازار رقابتی و به دست آوردن سوددهی، واحدهای کسب و کار نیاز به ایجاد یک سیستم و ارزیابی انتخاب تأمین کننده یکپارچه و سازمان یافته دارند. لازمه‌ی واکنش موثر و مفید به شرایط سخت رقابتی بازار و تغییر و تحولات آن، دستیابی به چابکی سازمان است (جعفرنژاد و همکاران، ۱۳۸۹). در سال‌های گذشته، درخواست جوامع زیست‌محیطی و همچنین افزایش تقاضای مصرف‌کنندگان برای تولید و مصرف محصولاتی که سازگاری بیشتری با محیط‌زیست دارند، باعث شده که این موضوع تبدیل به یک چالش برای سازمان‌ها گردد و سازمان‌ها مجبور شده‌اند ضمن انجام فعالیت‌های مربوط به کسب وکار به آثار زیست محیطی تولیدات نیز بطور جدی توجه نمایند. مفهوم سبز متشکل از کلیه پروسه‌های تولید، حمل و نقل، سیستم و فناوری‌های مرتبط با تولید محصولات است که داری مؤلفه‌هایی چون مواد سبز، تولید سبز و مصرف سبز می‌باشند و سازمان‌ها به دنبال آن هستند که با کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای و به طبع آن کاهش دمای سطع زمین، کاهش استفاده از مواد غیرقابل بازیافت و کاهش ضایعات تولید بتوانند ضمن حفظ رقابت و سهم از بازار سوددهی خود را افزایش دهند (میرغفوری و همکاران، ۱۳۹۸). عواملی که می‌تواند بر روی محیط زیست اثر گذارند شامل خرید مواد خام، انتخاب فروشندگان، محل استقرار فروشنده، بهبود حمل و نقل، وسیله حمل و کنترل مواد خام می باشد (غلامی و ناظری، ۱۳۹۷). از سوی دیگر پایداری در برخی صنایع که آلایندگی زیادی دارند به یک مساله کلیدی تبدیل شده است. پایداری در زنجیره تأمین به‌عنوان بحثی جدید و بسیار تأثیرگذار چندی است که توجه محققان حوزه مدیریت زنجیره تأمین را به خود معطوف ساخته است امروزه

لحاظ کردن مفهوم پایداری در طراحی شبکه زنجیره تأمین، با توجه به اثرات رو به رشد جمعیت جهانی و در نتیجه آن افزایش فعالیت‌های انسانی، به موضوع مهمی برای سازمان‌ها، دولت‌ها ومردم به ویژه دوست‌داران محیط‌زیست تبدیل شده است مدیریت زنجیره تأمین پایدار در برگیرنده ابعاد اقتصادی، پایداری اجتماعی و زیست‌محیطی است (توکلی دهاقانی و همکاران، ۱۳۹۶). با توجه به پژوهش‌ها و تحقیق‌های فوق در حوزه مدیریت شبکه تأمین، پژوهش حاضر در صدد پاسخ به این پرسش است که، الگوی ارزیابی و انتخاب شبکه تأمین سبز، چابک و پایدار در صنعت حمل و نقل ریلی دارای چه ویژگی‌ها و مؤلفه‌هایی است.

۲-پیشینه تحقیق

شبکه تأمین، شبکه‌ای مشتمل برتمام فعالیت‌های مرتبط با جریان تبدیل کالا از مرحله مواد خام تا تحویل به مصرف‌کننده نهایی و همچنین جریان‌های اطلاعاتی مرتبط با آن است. به عبارت دیگر شبکه تأمین یک سیستم یکپارچه از فرآیندهای مرتبط به هم است که این فرآیندها به منظور دستیابی به مواد و قطعات مورد نیاز، تبدیل مواد اولیه به محصول، ارزش‌گذاری محصولات، توزیع محصولات به مشتریان، ساده‌سازی انتقال اطلاعات بین اجزای شبکه (مشتمل بر تأمین‌کنندگان، توزیع‌کنندگان، واسطه‌ها، خرده‌فروش‌ها و مشتریان) شکل می‌گیرند. هدف اصلی این شبکه کاهش هزینه، افزایش اثربخشی وکارایی و به طور کلی افزایش سود برای تمام ذینفعان خود است (بانسل، ۲۰۱۵). شبکه تأمین سبز، پژوهش‌های سرکیس (۲۰۱۶)، اسریواستاوا (۲۰۱۷) نشان می‌دهند که وظیفه‌ی سنتی شبکه تأمین رساندن مواد اولیه تبدیل شده به مشتری نهایی بشکل یک طرفه بوده است. در دهه ۸۰ میلادی انقلاب کیفیت شکل گرفت و همچنین در دهه ۹۰ نظام‌های تعالی شکل گرفتند و از این رو نگرانی‌های زیست محیطی از طریق قوانین و نظام‌های تشویقی دنبال شد که این مهم منجر به توسعه مفهوم مدیریت زیست محیطی در شبکه تأمین شد و منشاء شکل‌گیری شبکه تأمین سبز گردید. پژوهش دائو (۲۰۱۶) نشان می‌دهد که شبکه تأمین سبز با تأثیرگذاری مثبت بر ابعاد پایداری توسعه‌ی بیشتری پیدا کرده است همچنین شبکه تأمین سبز ملاحظات زیست محیطی را در سراسر شبکه تأمین در نظر می‌گیرد که این موارد شامل: طراحی محصول، انتخاب و تأمین، مواد اولیه، ساخت و تولید، فرآیندهای انتقال و توزیع، تحویل به مشتری و در نهایت پس از مصرف، مدیریت بازیافت و مصرف مجدد می‌باشد، که این موارد به منظور حداکثر کردن بهبود کل عملکرد شبکه تأمین است (سرکیس، ۲۰۱۶). تعداد ۱۸ سنجه توسط پژوهشگران متعددی در شبکه تأمین سبز پیشنهاد شده است که این سنجه‌ها شامل: مشخصه‌های زیست محیطی تأمین کنندگان، همکاری جهت اهداف زیست محیطی، همکاری جهت بسته‌بندی سبز، طراحی با هدف استفاده مجدد قطعات و اجزاء، خریدهای سبز مالویا و کانت (۲۰۱۶)؛ گواهینامه‌های زیست محیطی، همکاری جهت طرح‌های زیست محیطی، طراحی محصولات به منظور کاهش مصرف مواد و انرژی، طراحی محصولات بمنظور کاهش مصرف مواد و انرژی، دیبات و گووییندا (۲۰۱۸)؛ جلوگیری و یا کاهش استفاده از مواد خطرناک، تعهد مدیران ارشد به تأمین سبز، تعهد مدیران میانی به تأمین سبز، فعالیت‌های بین وظیفه‌ای جهت بهبود فعالیت‌های زیست محیطی، مدیریت کیفیت زیست محیطی جامع، فناوری اطلاعات سبز آن؛ تعریف پروژه‌ها با هدف کاهش دوباره کاری، بازیافت تولیدات یا انرژی می‌باشند (جابور و همکارانش، ۲۰۱۶).

زنجیره تأمین چابک: واژه چابک در فرهنگ لغات، به معنای حرکت سریع، چالاک، فعال، توانایی حرکت سریع و آسان و قادر بودن به تفکر به صورت متبحرانه و با یک روش هوشمندانه است. اما در فضای کنونی، چابکی به معنای واکنش اثربخش به محیط متغیر و غیر قابل پیش‌بینی و استفاده از آن تغییرات به عنوان فرصت‌هایی برای پیشرفت سازمانی محسوب می‌شود (احمدی و همکاران، ۱۳۹۶). زنجیره تأمین چابک یک عامل تعیین‌کننده در حفظ رقابت‌پذیری در محیط‌های آشفته می‌باشد. در پی همه‌گیری ویروس کرونا بسیاری از کسب‌وکارها با عدم کفایت الگوهای موجود در فرایند تولید، مصرف و زنجیره تأمین خود مواجه شدند. لذا به‌منظور غلبه بر این مشکلات باید سه ویژگی محلی بودن، چابکی و دیجیتالی شدن را در زنجیره تأمین خود لحاظ نمایند (نوذری و قهرمانی‌نهر، ۱۴۰۰؛ ناندی و همکاران، ۲۰۲۱). چابکی زنجیره تأمین به معنای توانایی پاسخگویی به شرایط متغیر نیازهای بازار در راستای تأمین خواسته‌های مشتری می‌باشد. مهمترین دلایل برای به‌کارگیری رویکرد چابک در زنجیره تأمین کاهش هزینه‌ها، ارتقای بهره‌وری و افزایش سرعت خدمت‌رسانی می‌باشند (نوذری و قهرمانی‌نهر، ۱۴۰۰؛ کنتوبلی و همکاران، ۲۰۲۰). از همین رو محققین بیان می‌دارند به‌منظور پایدار سازی زنجیره‌ی تأمین در شرایط همه‌گیری بحران کرونا بهره‌گیری از رویکرد چاب‌کسازی زنجیره تأمین بسیار اثرگذار می‌باشند. چابکی زنجیره‌ی تأمین قابل مشاهده بودن شبکه‌ها شامل شبکه‌ی تولید و توزیع را ارتقا می‌دهد و از این طریق کل زنجیره را در برابر نیازهای متغیر بازار حفظ می‌نماید (نوذری و

قهرمانی‌نهر، ۱۴۰۰؛ کارماکر و همکاران، ۲۰۲۱). هدف سازمان چابک عبارت است از غنی‌سازی و ارج نهادن به مشتریان و کارکنان و حفظ بقا و سهم بازار است که اساساً برای کار، مجموعه‌ای از قابلیت‌ها را برای انجام واکنش مناسب نسبت به تغییراتی که در محیط کسب و کار روی می‌دهد، در اختیار دارد. هر چند شرایط کاری که در آن اکثر شرکت‌ها خودشان را می‌یابند، بر اساس تقاضای ناپایدار و غیر قابل پیش‌بینی و نیز افزایش ضرورت پیروی از چابکی ذکر می‌شود. از این رو مهم‌ترین عامل محرک در چابکی تغییر است (جعفرنژاد و زارعی، ۱۳۹۵).

ایزدیار و همکاران (۱۴۰۰) پژوهشی با عنوان کاربرد پویایی سیستم در ارزیابی عملکرد پایداری شبکه تأمین لارج در صنعت خودرو سازی با هدف ارائه مدل ارزیابی عملکرد پایداری شیوه‌های مدیریت شبکه تأمین خودروسازی با استفاده از رویکرد پویایی سیستم انجام داند، در این پژوهش پس از مرور ادبیات و مصاحبه با خبرگان، شیوه‌های مدیریت شبکه تأمین لارج شناسایی گردید. نتایج پژوهش بیانگر آنست که سناریوهای بهبود در حمل و نقل انعطاف‌پذیر و بهبود اجرای تولید بموقع موجب پایدار شدن شبکه تأمین می‌گردد؛ نیکونام نظامی (۱۳۹۸) پژوهشی با هدف انتخاب بهترین تأمین کننده در شبکه تأمین پایدار با رویکرد چابک انجام داد، نتایج این پژوهش با روش سلسله مراتبی شامل، پاسخگویی نسبت به خدمت جدید، انعطاف‌پذیری در خدمات و فرایند، استانداردسازی کالا، خدمات، پاسخگویی نسبت به تغییرات، انعطاف پذیری در منابع انسانی، پاسخگویی در توزیع و تأمین، زمان کوتاه توسعه خدمات و به کارگیری فناوریهای نوین جهت استفاده بهینه مصرف انرژی بوده و به ترتیب بیشترین وزن را در انتخاب بهترین تأمین کننده را دارند؛ میرغفوری و همکاران (۱۳۹۸) در پژوهشی با هدف طراحی و الگوسازی مدلی به بررسی مؤلفه‌های تاثیرگذار در چابکی شبکه تأمین سبز پرداخته که این پژوهش با روش برخورد مدل‌سازی به روش ساختاری تفسیری بوده است. خروجی این تحقیق، نشان دهنده آنست که مهمترین مؤلفه‌های تاثیر گذار بر روی چابکی شبکه تأمین سبز شامل نوآوری و فناوری،عملکرد و رویکرد مالی، اهداف بلند مدت سازمان‌ها، مشتری مداری و سرمایه انسانی می‌باشد. در این پژوهش، مدل مفهومی با رویکرد کیفی و همچنین بکاربردن روش مدلسازی استخراج گردیده است؛ غلامی و ناظری (۱۳۹۷) در تحقیقی با عنوان مدیریت شبکه تأمین سبز و تاثیر آن بر عملکرد سازمان؛ تعدیلگر گواهی‌نامه ایزو، به بررسی نقش شبکه تأمین سبز پرداخته و نتایج حاکی از این است که شبکه تأمین سبز با یکپارچگی اقدامات داخلی و خارجی و پایش تاثیر عوامل محیط زیستی در طول عمر تولیدات با استفاده از همکاری و یکپارچگی تمامی پروه‌های تشکیل دهنده شبکه تأمین و سهیم بودن در اطلاعات نقش تعدیل کننده‌ای بر گواهی نامه‌های ایزو دارد که این عوامل می بایست بر اساس سه مؤلفه مهم و تاثیر گذار در تولیدات شامل بازیافت محصول، طراحی سبز در تولیدات و محصول و در فرآیند تحت عنوان تولید سبز صورت پذیرد؛ مظفری (۱۳۹۷)، پژوهشی را با هدف ربته بندی عوامل تاثیرگذار بر روی شبکه تأمین سبز با استفاده از راهکار مدل‌سازی ساختاری انجام داد، یافته‌های این تحقیق عوامل تاثیر گذار بر روی شبکه تأمین سبز را در سه سطح به شرح ذیل نشان می‌دهد: سطح اول: تکنولوژی و فناوری اطلاعات، یکپارچگی بین شبکه تأمین، مدیریت صحیح حاکم بر شبکه تأمین، نحوه چرخش اطلاعات در بین سازمان و شبکه تأمین؛ سطح دوم: کسترش اطمینان و افزایش قابلیت‌های سازمان و شبکه تأمین، کسترش و نحوه ارتباط در بین ذینفعان، اعتماد متقابل؛ سطح سوم: خدمات پس از فروش و پشتیبانی، پروسه حمل و نقل محصولات، تهیه ملزومات و مواد خام مورد نیاز. تقی‌پور و بنتو (۲۰۲۰) در پژوهشی با هدف عملکرد پایدار مدیریت شبکه تأمین، به بررسی ادبیات مدیریت شبکه تأمین پایدار و استراتژی مشخص شده برای آن و همچنین ابعاد پایداری اقتصادی، محیطی و اجتماعی پرداخته و ابزارهایی برای این ابعاد به شرح ذیل معرفی کرده‌اند: بعد محیطی: ارزیابی چرخه حیات: ابزار چرخه حیات می‌تواند با افزایش عمر محصول، از کاهش منابع از طریق تولید محصول جدید جلوگیری کند؛ محک زدن: با مقایسه عملکرد محیطی شرکت می‌تواند مزیت رقابتی خود را حفظ کرده و هزینه بهره‌برداری را کاهش دهد؛ بعد اقتصادی: آنالیز ورودی و خروجی: با برآورد تاثیر شوک‌های احتمالی اقتصادی، شرکت می‌تواند از مدیریت خود استفاده کند و بر روی مشکل اصلی تمرکز کند؛ آنالیز ریسک: با شناسایی موانع خارجی و داخلی بالقوه، شرکت می‌تواند مدیریت شبکه تأمین پایدار خود را برآن اساس تنظیم کند تا موفق شود؛ بعد اجتماعی: محک زدن: شرکت را قادر می‌سازد تا با ذینفعان خود در مورد موضوعات مربوط به رقبا گفتگو کند؛ شرکت بزرگ: با ادغام تابعیت شرکتی در مدیریت خود، شرکت می‌تواند تصویر برند خوب را حفظ کند؛ گرین و همکاران (۲۰۱۹) پژوهشی با هدف توسعه و ارزیابی تجربی یک مدل جامع از عملیات و مدل مدیریت شبکه تأمین انجام داد، در این پژوهش از مدل‌سازی معادلات ساختاری حداقل مربعات جزئی با استفاده از داده‌های نمونه‌ای از ۱۳۶ مدیر تولید ایالات متحده برای ارزیابی اثربخشی مدل تئوریزه استفاده شده است و نتایج حاکی از آن است که جهت‌گیری بازار از **اجرای** JIT و TQM پشتیبانی می‌کند، JIT و TQM

از اجرای SCM پشتیبانی می‌کند و همچنین SCM از اجرای AP و شیوه‌های مدیریت شبکه تأمین سبز (GSCMP) پشتیبانی می‌کند و AP و GSCMP بر عملکرد سازمانی تأثیر مثبت می‌گذارد. الگوی آزمایش شده نشان دهنده هم افزایی ایجاد شده با وجود اجرای برنامه‌های بهبود مدیریت است که از شش ضرورت استراتژیک تمرکز مشتری، بهره‌وری، اثربخشی، ادغام با شرکای شبکه تأمین، پاسخگویی و پایداری محیط زیست و تأثیر آن برنامه‌ها استفاده می‌کند؛ لی و همکاران (۲۰۱۹) پژوهشی با هدف بررسی اینکه چه عناصری در ساختار تیم شرکت‌های چند بعدی می‌تواند در چابکی شبکه تأمین نقش داشته باشد، انجام داد. در این پژوهش محقق به چهار عنصر ساختاری دست پیدا کرد که می‌تواند تاثیر مثبتی در چابکی شرکت‌های چند بعدی داشته باشند که شامل: جایگاه سلسله مراتبی از بخش‌های اجرایی بالا، دامنه عملیات شبکه تأمین، دامنه هماهنگی مدیریت شبکه تأمین در مرکز هماهنگی و موقعیت سلسله مراتبی از بالاترین مدیر اجرایی شبکه تأمین در ستاد می‌باشد؛ سارپونگ و همکاران (۲۰۱۹) پژوهشی با هدف شناسایی و بررسی معیارهای پیشرفت پایدار نوآوری در مدیریت شبکه تأمین انجام داد، در این پژوهش ازیک چارچوب معیارهای نوآوری پایدار برای بررسی شبکه‌های تأمین پایدار در شرکت‌های تولیدی و از "بهترین-بدترین" تصمیم‌گیری چند معیار (BW-MCDM) استفاده شده است، نتایج حاصل از این پژوهش، مدیران، دست‌اندرکاران و تصمیم‌گیرندگان صنعتی را درمورد اینکه کدام معیارها از افزایش پایداری در شبکه‌های تأمین تولید و پیشرفت بیشتر پایدار شرکت‌های شبکه‌ای و شبکه تأمین آگاه می‌سازد؛ بوهنر و مینر (۲۰۱۷) درپژوهشی با ارزیابی موضوع گزینش شبکه تأمین و میزان درخواست سفارش‌دهندگان که حجم سفارش آن‌ها کم می‌باشد و همچنین میزان تخفیف در معاملات و ریسک ضرر عرضه کننده، اقدام به فرموله کردن یک برنامه خطی حاوی عدد برای حل یک مساله واقع بینانه کردند که با بررسی این المان‌ها، احتمال ضرر و شکست و یا تعداد تخفیف و هزینه‌های مجاز بدست می‌آید. با بررسی پیشینه پژوهش، شاخص‌های انتخاب شبکه تأمین کننده سبز، چابک و پایدار در قالب جدول (۱) جمع‌آوری شده است.

جدول ۱. شاخص‌های شبکه تأمین سبز، چابک و پایدار

مؤلفه	شاخص	منبع
مؤلفه‌های شبکه پایدار	استراتژی سازمانی	میرغفوری و همکاران (۱۳۹۸)
	پاسخگویی نسبت به خدمت جدید	نیکونام نظامی (۱۳۹۸)
	پاسخگویی نسبت به تغییرات	نیکونام نظامی (۱۳۹۸)
	استانداردسازی کالا و خدمات	نیکونام نظامی (۱۳۹۸)
	پاسخگویی در توزیع و تأمین	نیکونام نظامی (۱۳۹۸)
	جایگاه سلسله مراتبی بخش‌های اجرایی	عباس‌زاده و بزرگزاده (۱۳۹۶)
	وفاداری تأمین کننده	سیرنیواسون و مولر (۲۰۱۶)
	انعطاف پذیری تأمین کننده	رابرتز (۲۰۱۱)
	همسویی با پروسه خریدار (قبول رویه‌ها و دستورالعمل‌های خریدار از سوی تأمین کننده)	رعیت پیشه و همکاران (۱۳۹۷)
	فرهنگ سازمانی	کبی و اوتی (۲۰۱۶)
	توانایی رقابت و موقعیت در صنعت در بین رقبا (سیاست‌های خدمات پس از فروش و دانش فنی، حل مساله و زمان پاسخگویی)	کبی و اوتی (۲۰۱۶)
	ریسک هزینه‌ای	جعفرنژاد و همکاران (۱۳۸۹)
	گسترش کیفیت محصولات	رعیت پیشه و همکاران (۱۳۹۷)
	تخصص لازم در راستای توسعه محصول	
مؤلفه‌های شبکه چابکی	حساسیت به بازار	زندحسامی و همکاران (۱۳۸۸)؛ کریستوفر (۲۰۰۰)
	یکپارچه سازی شبکه‌ای، اطلاعاتی و فرایند	زندحسامی و همکاران (۱۳۸۸)

	عملکرد مالی	میرغفوری و همکاران (۱۳۹۸)
	رضایت مشتری	میرغفوری و همکاران (۱۳۹۸)؛ زندحسامی و همکاران (۱۳۸۸)؛ جعفرنژاد و همکاران (۱۳۸۹)
	تقویت روش تولید چابک	اثنی‌عشری و قیدرخلجانی (۱۳۹۷)
	تکنولوژی اطلاعات و نوآوری سیستم (گزارش‌دهی، کنترل کیفیت و سیستم‌های کنترل موجودی)	میرغفوری و همکاران (۱۳۹۸)
	گسترش راه‌حل‌های نوآورانه	اثنی‌عشری و قیدرخلجانی (۱۳۹۷)
	روابط نزدیک با مشتریان و تأمین‌کنندگان	اثنی‌عشری و قیدرخلجانی (۱۳۹۷)
	انعطاف پذیری سازمانی برای تطبیق شرایط متغیر با هزینه	جعفرنژاد و همکاران (۱۳۸۹)
	انعطاف‌پذیری در توسعه محصولات الکترونیکی	اثنی‌عشری و قیدرخلجانی (۱۳۹۷)
	انعطاف‌پذیری سفارشی سازی	اثنی‌عشری و قیدرخلجانی (۱۳۹۷)
	کاهش زمان عرضه و توسعه خدمات	نیکونام نظامی (۱۳۹۸)؛ اثنی‌عشری و قیدرخلجانی (۱۳۹۷)
	نیروی انسانی چابک و انعطاف پذیر	نیکونام نظامی (۱۳۹۸)؛ میرغفوری و همکاران (۱۳۹۸)
	رفتار انعطاف‌پذیر	زندحسامی و همکاران (۱۳۸۸)
مؤلفه‌های شبکه سبز	لجستیک معکوس	نصیرزاده و فتح الهی (۱۳۹۵)
	بکارگیری فناوری های نوین جهت استفاده بهینه از انرژی	نیکونام نظامی (۱۳۹۸)
	یکپارچگی اقدامات داخلی و خارجی زیست محیطی	غلامی و ناظری (۱۳۹۷)
	تضمین گرفتن در مورد کیفیت محصولات سبز	فارسیجانی و همکاران (۱۳۹۷)
	بهره گرفتن از فن‌آوری سبز در تولید محصولات	مظفری و علیزاده فیشمی (۱۳۹۷)؛ فارسیجانی و همکاران (۱۳۹۷)
	قابلیت اطمینان از سبز بودن محصولات جدید	فارسیجانی و همکاران (۱۳۹۷)
	تعهد به رویکرد توسعه پایدار	فارسیجانی و همکاران (۱۳۹۷)
	کاهش آلاینده های زیست محیطی	نعمانی فر (۱۳۹۳)؛ فارسیجانی و همکاران (۱۳۹۷)
	کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی در محصولات جدید	فارسیجانی و همکاران (۱۳۹۷)
	تعهد بالا و بهبود مدیریت	کنته و همکاران (۲۰۱۹)
	تأمین مواد اولیه سبز	نصیرزاده و فتح الهی (۱۳۹۵)
	چرخه‌های بازیافت و بازسازی مواد، قطعات و محصول	غلامی و ناظری (۱۳۹۷)؛ نصیرزاده و فتح الهی (۱۳۹۵)
	حمل و نقل سبز	مظفری و علیزاده فیشمی (۱۳۹۷)؛ کبی و اوتی (۲۰۱۶)
	بازاریابی سبز	رفیعی و عبدالملکی (۱۳۹۶)
	همکاری سبز با تأمین‌کنندگان و شرکا	نصیرزاده و فتح الهی (۱۳۹۵)، مظفری و علیزاده فیشمی (۱۳۹۷)
	عملکرد سبز	آذرکمند و شمس (۱۳۹۸)
	رقابت برای سازه شبکه تأمین سبز	دوبر اسمیت (۲۰۰۵)

۳-روش‌شناسی پژوهش

این تحقیق از نوع پیمایشی و کاربردی می‌باشد و روش گردآوری اطلاعات بصورت میدانی و ابزار گردآوری اطلاعات بصورت پرسشنامه‌ای می‌باشد. در این تحقیق ابتدا با مطالعات کتابخانه‌ای، جستجو در سایت‌های معتبر علمی و بررسی متون علمی موجود شاخص‌های انتخاب شبکه تأمین کننده سبز، چابک و پایدار جمع‌آوری شده است. سپس سؤالات پرسشنامه‌ی تحقیق بر اساس این شاخص‌ها تدوین گردید. برای تعیین روایی پرسشنامه از نظر اساتید و خبرگان استفاده شده است که برای این منظور پرسشنامه اولیه تدوین شده برای اساتید خبره ارسال و پس از اعمال نظرات اصلاحی اساتید پرسشنامه نهایی در اختیار جامعه آماری قرار گرفتد. جامعه آماری پژوهش حاضر را برخی از سرپرستان و مدیران صنعت حمل و نقل ریلی تشکیل می‌دهند که ۷۳ نفر افرادی که به نوعی تاثیرگذار در مدیریت شبکه تأمین بوده‌اند به عنوان نمونه انتخاب شدند. در این پژوهش برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه و آماری استفاده شده است و برای شناسایی مؤلفه‌ها از تکنیک دلفی فازی و برای تعیین اهمیت شاخص‌ها روش CRITIC بکار برده شده است.

٤-یافته‌های پژوهش

٤-١-شناسایی و غربالگری شاخص‌های پژوهش

در این گام به اعتبارسنجی شاخص‌های ارزیابی و انتخاب شبکه تأمین سبز، چابک و پایدار در صنعت حمل و نقل ریلی پرداخته شده است. در مجموع ٤٥ شاخص (جدول ١) شناسایی شده است. برای غربال و شناسایی شاخص‌های نهایی از روش دلفی فازی استفاده شده است. تحلیل دلفی مبتنی بر دیدگاه ۷۳ نفر از خبرگان صورت گرفته است. اگر چه افراد خبره از شایستگی‌ها و توانایی‌های ذهنی خود برای انجام مقایسات استفاده می‌نمایند، اما باید به این نکته توجه داشت که فرآیند سنتی کمی‌سازی دیدگاه افراد، امکان انعکاس سبک تفکر انسانی را بطور کامل ندارد. به عبارت بهتر، استفاده از مجموعه‌های فازی، سازگاری بیشتری با توضیحات زبانی و بعضاً مبهم انسانی دارد و بنابراین بهتر است که با استفاده از مجموعه‌های فازی (بکارگیری اعداد فازی) به پیش‌بینی بلندمدت و تصمیم‌گیری در دنیای واقعی پرداخت (کارامن، ۲۰۰۹). در این مطالعه نیز برای فازی‌سازی دیدگاه خبرگان از اعداد فازی مثلثی استفاده شده است. دیدگاه خبرگان پیرامون اهمیت هر یک از شاخص‌ها با طیف فازی ۹ درجه گردآوری شده است.

راند نخست روش دلفی فازی

دیدگاه ۷۳ کارشناس پیرامون هر شاخص در جدول ۲ نمایش داده شده است:

جدول ۲. فازی سازی دیدگاه پنل خبرگان برای هریک از شاخص‌های تحقیق

R1	E01	E02	E03	E04	E05	...	E73
C01	(7,8,9)	(6,7,8)	(8,9,9)	(6,7,8)	(6,7,8)	...	(8,9,9)
C02	(8,9,9)	(8,9,9)	(8,9,9)	(7,8,9)	(7,8,9)	...	(8,9,9)
C03	(6,7,8)	(6,7,8)	(8,9,9)	(8,9,9)	(7,8,9)	...	(7,8,9)
C04	(7,8,9)	(6,7,8)	(8,9,9)	(7,8,9)	(6,7,8)	...	(6,7,8)
C05	(6,7,8)	(8,9,9)	(8,9,9)	(7,8,9)	(6,7,8)	...	(6,7,8)
C06	(8,9,9)	(7,8,9)	(6,7,8)	(8,9,9)	(7,8,9)	...	(7,8,9)
C07	(7,8,9)	(7,8,9)	(8,9,9)	(8,9,9)	(7,8,9)	...	(8,9,9)
C08	(7,8,9)	(7,8,9)	(6,7,8)	(7,8,9)	(7,8,9)	...	(8,9,9)
C09	(8,9,9)	(6,7,8)	(6,7,8)	(7,8,9)	(7,8,9)	...	(7,8,9)
C10	(6,7,8)	(7,8,9)	(8,9,9)	(7,8,9)	(7,8,9)	...	(8,9,9)
C11	(7,8,9)	(7,8,9)	(8,9,9)	(6,7,8)	(8,9,9)	...	(6,7,8)
C12	(6,7,8)	(8,9,9)	(6,7,8)	(8,9,9)	(6,7,8)	...	(8,9,9)
C13	(6,7,8)	(8,9,9)	(7,8,9)	(8,9,9)	(8,9,9)	...	(7,8,9)
C14	(7,8,9)	(6,7,8)	(7,8,9)	(6,7,8)	(8,9,9)	...	(6,7,8)
C15	(6,7,8)	(8,9,9)	(6,7,8)	(7,8,9)	(7,8,9)	...	(7,8,9)
C16	(8,9,9)	(7,8,9)	(6,7,8)	(7,8,9)	(8,9,9)	...	(7,8,9)

R1	E01	E02	E03	E04	E05	...	E73
C17	(6,7,8)	(6,7,8)	(6,7,8)	(7,8,9)	(8,9,9)	...	(7,8,9)
C18	(8,9,9)	(8,9,9)	(6,7,8)	(7,8,9)	(7,8,9)	...	(8,9,9)
C19	(7,8,9)	(7,8,9)	(6,7,8)	(7,8,9)	(8,9,9)	...	(8,9,9)
C20	(8,9,9)	(8,9,9)	(8,9,9)	(7,8,9)	(6,7,8)	...	(8,9,9)
C21	(6,7,8)	(7,8,9)	(7,8,9)	(7,8,9)	(7,8,9)	...	(7,8,9)
C22	(8,9,9)	(6,7,8)	(8,9,9)	(8,9,9)	(7,8,9)	...	(8,9,9)
C23	(6,7,8)	(6,7,8)	(6,7,8)	(6,7,8)	(8,9,9)	...	(7,8,9)
C24	(6,7,8)	(7,8,9)	(6,7,8)	(6,7,8)	(8,9,9)	...	(6,7,8)
C25	(6,7,8)	(8,9,9)	(7,8,9)	(7,8,9)	(7,8,9)	...	(7,8,9)
C26	(6,7,8)	(6,7,8)	(8,9,9)	(7,8,9)	(8,9,9)	...	(8,9,9)
C27	(8,9,9)	(8,9,9)	(8,9,9)	(7,8,9)	(7,8,9)	...	(8,9,9)
C28	(6,7,8)	(8,9,9)	(6,7,8)	(6,7,8)	(6,7,8)	...	(8,9,9)
C29	(8,9,9)	(6,7,8)	(6,7,8)	(8,9,9)	(8,9,9)	...	(8,9,9)
C30	(6,7,8)	(7,8,9)	(7,8,9)	(6,7,8)	(6,7,8)	...	(7,8,9)
C31	(3,4,5)	(2,3,4)	(3,4,5)	(1,2,3)	(3,4,5)	...	(3,4,5)
C32	(8,9,9)	(8,9,9)	(8,9,9)	(8,9,9)	(6,7,8)	...	(7,8,9)
C33	(3,4,5)	(1,1,1)	(1,2,3)	(4,5,6)	(1,1,1)	...	(5,6,7)
C34	(6,7,8)	(7,8,9)	(6,7,8)	(8,9,9)	(7,8,9)	...	(8,9,9)
C35	(6,7,8)	(6,7,8)	(7,8,9)	(6,7,8)	(7,8,9)	...	(8,9,9)
C36	(1,1,1)	(5,6,7)	(1,2,3)	(2,3,4)	(1,2,3)	...	(5,6,7)
C37	(8,9,9)	(7,8,9)	(7,8,9)	(6,7,8)	(7,8,9)	...	(8,9,9)
C38	(5,6,7)	(4,5,6)	(3,4,5)	(5,6,7)	(6,7,8)	...	(3,4,5)
C39	(7,8,9)	(8,9,9)	(8,9,9)	(7,8,9)	(8,9,9)	...	(8,9,9)
C40	(4,5,6)	(5,6,7)	(4,5,6)	(6,7,8)	(2,3,4)	...	(4,5,6)
C41	(5,6,7)	(1,2,3)	(5,6,7)	(2,3,4)	(1,2,3)	...	(1,1,1)
C42	(7,8,9)	(6,7,8)	(8,9,9)	(6,7,8)	(6,7,8)	...	(8,9,9)
C43	(3,4,5)	(1,2,3)	(3,4,5)	(3,4,5)	(1,2,3)	...	(5,6,7)
C44	(6,7,8)	(1,2,3)	(5,6,7)	(3,4,5)	(6,7,8)	...	(1,2,3)
C45	(1,2,3)	(5,6,7)	(2,3,4)	(6,7,8)	(1,1,1)	...	(1,1,1)

در گام بعدی باید دیدگاه خبرگان تجمیع شود. برای تجمیع نظرات n پاسخ‌دهنده، روش‌های مختلفی پیشنهاد شده است. در واقع این روش‌های تجمیع، روش‌هایی تجربی هستند که (۱) استفاده شده است.

(۱)

$$F_{AVE} = \left(\left\{\frac{\sum l}{n}\right\}, \left\{\frac{\sum m}{n}\right\}, \left\{\frac{\sum u}{n}\right\}\right)$$

در این مطالعه برای فازی‌زدایی از روش مرکز سطح (زنگ و تانگ، ۱۹۹۳) به صورت زیر استفاده می‌شود:

(۲)

$$DF_{ij} = \frac{\left[\left(u_{ij} - l_{ij}\right) + \left(m_{ij} - l_{ij}\right)\right]}{3} + l_{ij}$$

میانگین فازی و برونداد فازی زدایی شده مقادیر مربوط به شاخص‌ها در جدول ۳ آمده است. مقدار فازی زدایی شده

توسط پژوهشگران مختلف ارائه شده‌اند. در این مطالعه از روش میانگین فازی (

بزرگتر از ۰/۷ مورد قبول است و هر شاخصی که امتیاز کمتر از ۰/۷ داشته باشد رد می‌شود (وو و فانگ، ۲۰۱۱).

جدول ۳. نتایج حاصل از غربال‌گری شاخص‌ها (راند نخست تکنیک دلفی)

شاخص‌ها	میانگین فازی	مقدار قطعی	نتیجه راند ۱
استراتژی سازمانی	(7.12,8.12,8.68)	۷/۹۷۳	پذیرش
پاسخگویی نسبت به خدمت جدید	(7.2,8.2,8.8)	۸/۰۶۷	پذیرش
استانداردسازی کالا و خدمات	(7.04,8.04,8.64)	۷/۹۰۷	پذیرش
پاسخگویی در توزیع و تأمین	(6.76,7.76,8.6)	۷/۷۰۷	پذیرش
جایگاه سلسله مراتبی بخش های اجرایی	(7.08,8.08,8.64)	۷/۹۳۳	پذیرش
وفاداری تأمین کننده	(6.8,7.8,8.6)	۷/۷۳۳	پذیرش
انعطاف پذیری تأمین کننده	(7.28,8.28,8.84)	۸/۱۳۳	پذیرش
سازگاری با فرایند خریدار	(7,8,8.8)	۷/۹۳۳	پذیرش
فرهنگ سازمانی	(7.2,8.2,8.8)	۸/۰۶۷	پذیرش
توانایی رقابت و موقعیت در صنعت در بین رقبا	(6.96,7.96,8.68)	۷/۸۶۷	پذیرش
ریسک هزینه‌ای	(7.12,8.12,8.76)	۸/۰	پذیرش
گسترش کیفیت محصولات	(7,8,8.56)	۷/۸۵۳	پذیرش
تخصص لازم در راستای توسعه محصول	(7.12,8.12,8.84)	۸/۰۲۷	پذیرش
حساسیت به بازار	(6.84,7.84,8.56)	۷/۷۴۷	پذیرش
یکپارچه سازی شبکه‌ای، اطلاعاتی و فرایند	(7,8,8.64)	۷/۸۸	پذیرش
عملکرد مالی	(7.08,8.08,8.68)	۷/۹۴۷	پذیرش
رضایت مشتری	(6.68,7.68,8.48)	۷/۶۱۳	پذیرش
تقویت روش تولید چابک	(7.08,8.08,8.68)	۷/۹۴۷	پذیرش
تکنولوژی اطلاعات و نوآوری سیستم	(7.04,8.04,8.68)	۷/۹۲	پذیرش
توسعه راه حل‌های نوآورانه	(7.08,8.08,8.68)	۷/۹۴۷	پذیرش
روابط نزدیک با خبرگان و تأمین‌کنندگان	(7.04,8.04,8.72)	۷/۹۳۳	پذیرش
انعطاف پذیری سازمانی برای تطبیق شرایط متغیر با هزینه	(6.84,7.84,8.52)	۷/۷۳۳	پذیرش
انعطاف‌پذیری در توسعه محصولات الکترونیکی	(6.68,7.68,8.44)	۷/۶	پذیرش
انعطاف‌پذیری سفارشی سازی	(6.84,7.84,8.52)	۷/۷۳۳	پذیرش
کاهش زمان عرضه و توسعه خدمات	(6.88,7.88,8.68)	۷/۸۱۳	پذیرش
نیروی انسانی چابک و انعطاف پذیر	(6.8,7.8,8.56)	۷/۷۲	پذیرش
رفتار انعطاف‌پذیر	(6.76,7.76,8.52)	۷/۶۸	پذیرش
لجستیک معکوس	(6.72,7.72,8.52)	۷/۶۵۳	پذیرش
بکارگیری فناوری های نوین جهت استفاده بهینه از انرژی	(7.12,8.12,8.72)	۷/۹۸۷	پذیرش
یکپارچگی اقدامات داخلی و خارجی زیست محیطی	(6.68,7.68,8.52)	۷/۶۲۷	پذیرش
تضمین گرفتن در مورد کیفیت محصولات سبز	(2.84,3.76,4.68)	۳/۷۶	رد
بهره گرفتن از فن‌آوری سبز در تولید محصولات	(7.08,8.08,8.72)	۷/۹۶	پذیرش
قابلیت اطمینان از سبز بودن محصولات جدید	(2.56,3.24,3.92)	۳/۲۴	رد
تعهد به رویکرد توسعه پایدار	(6.96,7.96,8.64)	۷/۸۵۳	پذیرش
کاهش آلاینده های زیست محیطی	(7.12,8.12,8.76)	۸/۰	پذیرش
کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی در محصولات جدید	(2.6,3.48,4.36)	۳/۴۸	رد
تعهد بالا و بهبود مدیریت	(7,8,8.68)	۷/۸۹۳	پذیرش

شاخص‌ها	میانگین فازی	مقدار قطعی	نتیجه راند ۱
تأمین مواد اولیه سبز	(3.84,4.72,5.6)	٤/٧٢	رد
چرخه‌های بازیافت و بازسازی مواد، قطعات و محصول	(7.04,8.04,8.68)	٧/٩٢	پذیرش
حمل و نقل سبز	(3.56,4.52,5.48)	٤/٥٢	رد
بازاریابی سبز	(2.88,3.84,4.8)	٣/٨٤	رد
همکاری سبز با تأمین‌کنندگان و شرکا	(7,8,8.64)	٧/٨٨	پذیرش
همکاری سبز با خبرگان	(3.16,4.16,5.16)	٤/١٦	رد
عملکرد سبز	(3.28,4.16,5.04)	٤/١٦	رد
رقابت برای سازه شبکه تأمین سبز	(2.92,3.72,4.52)	٣/٧٢	رد

براساس نتایج راند نخست شاخص‌های تضمین گرفتن در مورد کیفیت محصولات سبز، بازاریابی سبز، همکاری سبز با خبرگان، عملکرد سبز و رقابت برای سازه شبکه تأمین سبز حذف شد. سایر شاخص‌ها امتیازی بالای ۰/۷ کسب کرده‌اند و در راند دوم مورد استفاده قرار گرفته است.

راند دو روش دلفی فازی

با توجه تغییرات اعمال شده در راند نخست در نهایت ٣٦ شاخص باقی ماند. تحلیل دلفی فازی برای شاخص‌های باقی مانده در راند دوم ادامه پیدا کرد. نتایج حاصل از دلفی فازی در راند دوم در جدول ٤ گزارش شده است.

جدول ٤. میانگین فازی و غربالگری فازی شاخص‌ها (راند دو)

شاخص‌ها	میانگین فازی	مقدار قطعی	نتیجه راند ۲
استراتژی سازمانی	(7,8,8.68)	٧/٨٩٣	پذیرش
پاسخگویی نسبت به خدمت جدید	(7.24,8.24,8.76)	٨/٠٨	پذیرش
استانداردسازی کالا و خدمات	(7.2,8.2,8.68)	٨/٠٢٧	پذیرش
پاسخگویی در توزیع و تأمین	(7,8,8.6)	٧/٨٦٧	پذیرش
جایگاه سلسله مراتبی بخش های اجرایی	(7.04,8.04,8.64)	٧/٩٠٧	پذیرش
وفاداری تأمین کننده	(7.04,8.04,8.68)	٧/٩٢	پذیرش
انعطاف پذیری تأمین کننده	(7.08,8.08,8.72)	٧/٩٦	پذیرش
سازگاری با فرایند خریدار	(7,8,8.68)	٧/٨٩٣	پذیرش
فرهنگ سازمانی	(7.04,8.04,8.64)	٧/٩٠٧	پذیرش
توانایی رقابت و موقعیت در صنعت در بین رقبا	(7.04,8.04,8.6)	٧/٨٩٣	پذیرش
ریسک هزینه‌ای	(6.92,7.92,8.72)	٧/٨٥٣	پذیرش
گسترش کیفیت محصولات	(6.84,7.84,8.56)	٧/٧٤٧	پذیرش
تخصص لازم در راستای توسعه محصول	(6.96,7.96,8.6)	٧/٨٤	پذیرش
حساسیت به بازار	(6.72,7.72,8.44)	٧/٦٢٧	پذیرش
یکپارچه سازی شبکه‌ای، اطلاعاتی و فرایند	(6.8,7.8,8.52)	٧/٧٠٧	پذیرش
عملکرد مالی	(6.88,7.88,8.6)	٧/٧٨٧	پذیرش
رضایت مشتری	(6.8,7.8,8.52)	٧/٧٠٧	پذیرش
تقویت روش تولید چابک	(6.88,7.88,8.6)	٧/٧٨٧	پذیرش
تکنولوژی اطلاعات و نوآوری سیستم	(7.24,8.24,8.84)	٨/١٠٧	پذیرش
توسعه راه حل‌های نوآورانه	(7.28,8.28,8.8)	٨/١٢	پذیرش
روابط نزدیک با خبرگان و تأمین‌کنندگان	(7.04,8.04,8.64)	٧/٩٠٧	پذیرش
انعطاف پذیری سازمانی برای تطبیق شرایط متغیر با هزینه	(7,7.96,8.48)	٧/٨١٣	پذیرش

شاخص‌ها	میانگین فازی	مقدار قطعی	نتیجه راند ۲
انعطاف‌پذیری در توسعه محصولات الکترونیکی	(6.92,7.88,8.44)	۷/۷۴۷	پذیرش
انعطاف‌پذیری سفارشی سازی	(6.92,7.88,8.44)	۷/۷۴۷	پذیرش
کاهش زمان عرضه و توسعه خدمات	(7.12,8.12,8.72)	۷/۹۸۷	پذیرش
نیروی انسانی چابک و انعطاف پذیر	(6.84,7.84,8.6)	۷/۷۶	پذیرش
رفتار انعطاف‌پذیر	(6.96,7.96,8.6)	۷/۸۴	پذیرش
لجستیک معکوس	(6.76,7.76,8.56)	۷/۶۹۳	پذیرش
بکارگیری فناوری های نوین جهت استفاده بهینه از انرژی	(7.24,8.24,8.72)	۸/۰۶۷	پذیرش
یکپارچگی اقدامات داخلی و خارجی زیست محیطی	(6.88,7.88,8.6)	۷/۷۸۷	پذیرش
بهره گرفتن از فن‌آوری سبز در تولید محصولات	(7.28,8.28,8.84)	۸/۱۳۳	پذیرش
تعهد به رویکرد توسعه پایدار	(6.96,7.96,8.68)	۷/۸۶۷	پذیرش
کاهش آلاینده های زیست محیطی	(7,8,8.68)	۷/۸۹۳	پذیرش
تعهد بالا و بهبود مدیریت	(7.24,8.24,8.72)	۸/۰۶۷	پذیرش
چرخه‌های بازیافت و بازسازی مواد، قطعات و محصول	(7.16,8.16,8.8)	۸/۰۴	پذیرش
همکاری سبز با تأمین‌کنندگان و شرکا	(6.84,7.84,8.6)	۷/۷۶	پذیرش

در دور دوم هیچ سوالی حذف نشد که این خود نشانه‌ای برای پایان راندهای دلفی است. بطور کلی یک رویکرد برای پایان دلفی آن است که میانگین امتیازات دو راند متوالی باهم مقایسه شوند. در صورتیکه اختلاف بین دو مرحله از حد آستانه خیلی کم (۰/۲) کوچکتر باشد در این صورت فرایند نظرسنجی متوقف می‌شود (چنگ و لین، ۲۰۰۲؛ لطیفی و همکاران، ۱۳۹۷).

جدول ۵. فاصله مقدار قطعی راند نخست و راند دو

شاخص‌ها	نتیجه راند ۱	نتیجه راند ۲	اختلاف	نتیجه
استراتژی سازمانی	۷/۹۷۳	۷/۸۹۳	۰/۰۸	توافق
پاسخگویی نسبت به خدمت جدید	۸/۰۶۷	۸/۰۸	۰/۰۱۳	توافق
استانداردسازی کالا و خدمات	۷/۹۰۷	۸/۰۲۷	۰/۱۲	توافق
پاسخگویی در توزیع و تأمین	۷/۷۰۷	۷/۸۶۷	۰/۱۶	توافق
جایگاه سلسله مراتبی بخش های اجرایی	۷/۹۳۳	۷/۹۰۷	۰/۰۲۶	توافق
وفاداری تأمین کننده	۷/۷۳۳	۷/۹۲	۰/۱۸۷	توافق
انعطاف پذیری تأمین کننده	۸/۱۳۳	۷/۹۶	۰/۱۷۳	توافق
سازگاری با فرایند خریدار	۷/۹۳۳	۷/۸۹۳	۰/۰۴	توافق
فرهنگ سازمانی	۸/۰۶۷	۷/۹۰۷	۰/۱۶	توافق
توانایی رقابت و موقعیت در صنعت در بین رقبا	۷/۸۶۷	۷/۸۹۳	۰/۰۲۶	توافق
ریسک هزینه‌ای	۸/۰	۷/۸۵۳	۰/۱۴۷	توافق
گسترش کیفیت محصولات	۷/۸۵۳	۷/۷۴۷	۰/۱۰۶	توافق
تخصص لازم در راستای توسعه محصول	۸/۰۲۷	۷/۸۴	۰/۱۸۷	توافق
حساسیت به بازار	۷/۷۴۷	۷/۶۲۷	۰/۱۲	توافق
یکپارچه سازی شبکه‌ای، اطلاعاتی و فرایند	۷/۸۸	۷/۷۰۷	۰/۱۷۳	توافق
عملکرد مالی	۷/۹۴۷	۷/۷۸۷	۰/۱۶	توافق
رضایت مشتری	۷/۶۱۳	۷/۷۰۷	۰/۰۹۴	توافق

شاخص‌ها	نتیجه راند ۱	نتیجه راند ۲	اختلاف	نتیجه
تقویت روش تولید چابک	۷/۹۴۷	۷/۷۸۷	۰/۱۶	توافق
تکنولوژی اطلاعات و نوآوری سیستم	۷/۹۲	۸/۱۰۷	۰/۱۸۷	توافق
توسعه راه حل‌های نوآورانه	۷/۹۴۷	۸/۱۲	۰/۱۷۳	توافق
روابط نزدیک با خبرگان و تأمین‌کنندگان	۷/۹۳۳	۷/۹۰۷	۰/۰۲۶	توافق
انعطاف پذیری سازمانی برای تطبیق شرایط متغیر با هزینه	۷/۷۳۳	۷/۸۱۳	۰/۰۸	توافق
انعطاف‌پذیری در توسعه محصولات الکترونیکی	۷/۶	۷/۷۴۷	۰/۱۴۷	توافق
انعطاف‌پذیری سفارشی سازی	۷/۷۳۳	۷/۷۴۷	۰/۰۱۴	توافق
کاهش زمان عرضه و توسعه خدمات	۷/۸۱۳	۷/۹۸۷	۰/۱۷۴	توافق
نیروی انسانی چابک و انعطاف پذیر	۷/۷۲	۷/۷۶	۰/۰۴	توافق
رفتار انعطاف‌پذیر	۷/۶۸	۷/۸۴	۰/۱۶	توافق
لجستیک معکوس	۷/۶۵۳	۷/۶۹۳	۰/۰۴	توافق
بکارگیری فناوری های نوین جهت استفاده بهینه از انرژی	۷/۹۸۷	۸/۰۶۷	۰/۰۸	توافق
یکپارچگی اقدامات داخلی و خارجی زیست محیطی	۷/۶۲۷	۷/۷۸۷	۰/۱۶	توافق
بهره گرفتن از فن‌آوری سبز در تولید محصولات	۷/۹۶	۸/۱۳۳	۰/۱۷۳	توافق
تعهد به رویکرد توسعه پایدار	۷/۸۵۳	۷/۸۶۷	۰/۰۱۴	توافق
کاهش آلاینده های زیست محیطی	۸/۰	۷/۸۹۳	۰/۱۰۷	توافق
تعهد بالا و بهبود مدیریت	۷/۸۹۳	۸/۰۶۷	۰/۱۷۴	توافق
چرخه‌های بازیافت و بازسازی مواد، قطعات و محصول	۷/۹۲	۸/۰۴	۰/۱۲	توافق
همکاری سبز با تأمین‌کنندگان و شرکا	۷/۸۸	۷/۷۶	۰/۱۲	توافق

براساس نتایج مندرج در جدول ۵ مشخص گردید که در تمامی موارد اختلاف کوچکتر از ۰/۲ است بنابراین می‌توان راندهای دلفی را به پایان برد.

در این مطالعه موردی ۳۶ شاخص بر اساس ۳ معیار مورد بررسی قرار گرفته است. معیارهای عملکردی با نماد C_j و عوامل با نماد A_i در جدول ۶ نامگذاری شده‌اند تا در جریان تحقیق به سادگی قابل ردیابی و مطالعه باشد.

اولویت‌بندی عناصر

برای اولویت‌بندی عوامل موثر بر انتخاب شبکه تأمین سبز، چابک و پایدار از روش کریتیک استفاده شده است. در این روش ابتدا باید ماتریس تصمیم را تشکیل داد. براساس این ماتریس براساس هر معیار به ارزیابی عوامل پرداخته و امتیازی به آنها داده می‌شود. این ماتریس ملاک تصمیم‌گیری پیرامون عوامل موثر بر انتخاب شبکه تأمین است. ماتریس تصمیم با X و هر درایه آن با x_{ij} نشان داده شده است.

(۳) ماتریس تصمیم

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & x_{mn} \end{bmatrix}$$

جدول ٦. ماتریس تصمیم عوامل موثر بر انتخاب شبکه تأمین سبز، چابک و پایدار

X	شبکه سبز	شبکه چابکی	شبکه پایدار
یکپارچگی اقدامات داخلی و خارجی زیست محیطی	٥,٠٠	٦,٠٠	٥,٨٢
حساسیت به بازار	٥,٠٩	٤,٠٩	٥,٣٦
تخصص لازم در راستای توسعه محصول	٥,٠٩	٥,١٨	٥,٦٤
گسترش کیفیت محصولات	٤,٧٣	٥,٤٥	٦,٧٣
انعطاف پذیری سازمانی برای تطبیق شرایط متغیر با هزینه	٥,٠٠	٦,٠٩	٤,٨٢
پاسخگویی نسبت به خدمت جدید	٥,٦٤	٥,٨٢	٥,٤٥
استانداردسازی کالا و خدمات	٣,٢٧	٥,٥٥	٤,٤٥
تقویت روش تولید چابک	٥,٤٥	٦,٠٩	٤,٣٦
بکارگیری فناوری‌های نوین جهت استفاده بهینه از انرژی	٣,٨٢	٢,٨٢	٤,٠٩
لجستیک معکوس	٤,٨٢	٥,٨٢	٦,٠٩
نیروی انسانی چابک و انعطاف پذیر	٦,٧٣	٥,٣٦	٤,٥٥
کاهش آلاینده های زیست محیطی	٣,٨٢	٥,٢٧	٥,٥٥
فرهنگ سازمانی	٤,٤٥	٥,٠٩	٥,٣٦
روابط نزدیک با مشتریان و تأمین‌کنندگان	٦,٧٣	٦,٤٥	٦,٨٢
پاسخگویی در توزیع و تأمین	٦,٩١	٦,٢٧	٥,٠٠
بهره گرفتن از فن‌آوری سبز در تولید محصولات	٥,٧٣	٤,٦٤	٥,٧٣
رضایت مشتری	٥,٤٥	٥,١٨	٥,٣٦
رفتار انعطاف‌پذیر	٤,٠٩	٤,٩١	٤,٧٣
توسعه راه حل‌های نوآورانه	٥,٨٢	٥,٥٥	٤,٨٢
انعطاف‌پذیری در توسعه محصولات الکترونیکی	٥,٩١	٤,٩١	٤,٢٧
همکاری سبز با تأمین‌کنندگان و شرکا	٤,٢٧	٥,٢٧	٥,٢٧
جایگاه سلسله مراتبی بخش‌های اجرایی	٦,٠٩	٥,٦٤	٤,٤٥
چرخه‌های بازیافت و بازسازی مواد، قطعات و محصول	٥,٤٥	٦,٣٦	٦,١٨
کاهش زمان عرضه و توسعه خدمات	٤,٦٤	٥,١٨	٦,٠٩
انعطاف‌پذیری سفارشی سازی	٥,٥٥	٥,٢٧	٤,٤٥
ریسک هزینه‌ای	٥,٥٥	٣,٣٦	٤,٢٧
انعطاف پذیری تأمین کننده	٤,٨٢	٥,٣٦	٥,٦٤
یکپارچه سازی شبکه‌ای، اطلاعاتی و فرایند	٣,٩١	٦,٧٣	٥,٠٠
توانایی رقابت و موقعیت در صنعت در بین رقبا	٥,٠٩	٤,٨٢	٤,٨٢
وفاداری تأمین کننده	٦,٦٤	٣,٤٥	٥,٣٦
تعهد بالا و بهبود مدیریت	٥,٥٥	٤,٦٤	٦,٩١
عملکرد مالی	٦,٨٢	٥,٥٥	٥,٤٥
تکنولوژی اطلاعات و نوآوری سیستم	٥,٦٤	٥,٤٥	٦,٩١
سازگاری با فرایند خریدار	٥,٦٤	٥,٠٠	٥,٢٧
استراتژی سازمانی	٥,٥٥	٤,٨٢	٦,١٨
تعهد به رویکرد توسعه پایدار	٥,٢٧	٤,٦٤	٦,١٨

گام بعدی محاسبه همبستگی است. برای سنجش همبستگی مقادیر از (٤ استفاده می‌شود.

(٤) همبستگی داده‌ها در روش کریتیک

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{min}}{x_j^{max} - x_j^{min}}$$

ماتریس همبستگی روش کریتیک در جدول ذیل ارائه شده است.

جدول ۷. ماتریس همبستگی روش کریتیک

R	شبکه سبز	شبکه چابکی	شبکه پایدار
یکپارچگی اقدامات داخلی و خارجی زیست محیطی	۰,۰۰۰	۱,۰۰۰	۰,۸۱۸
حساسیت به بازار	۰,۷۸٦	۰,۰۰۰	۱,۰۰۰
تخصص لازم در راستای توسعه محصول	۰,۰۰۰	۰,۱٦۷	۱,۰۰۰
گسترش کیفیت محصولات	۰,۰۰۰	۰,۳٦٤	۱,۰۰۰
انعطاف پذیری سازمانی برای تطبیق شرایط متغیر با هزینه	۰,۱٤۳	۱,۰۰۰	۰,۰۰۰
پاسخگویی نسبت به خدمت جدید	۰,۵۰۰	۱,۰۰۰	۰,۰۰۰
استانداردسازی کالا و خدمات	۰,۰۰۰	۱,۰۰۰	۰,۵۲۰
تقویت روش تولید چابک	۰,٦۳۲	۱,۰۰۰	۰,۰۰۰
بکارگیری فناوری های نوین جهت استفاده بهینه از انرژی	۰,۷۸٦	۰,۰۰۰	۱,۰۰۰
لجستیک معکوس	۰,۰۰۰	۰,۷۸٦	۱,۰۰۰
نیروی انسانی چابک و انعطاف پذیر	۱,۰۰۰	۰,۳۷۵	۰,۰۰۰
کاهش آلاینده های زیست محیطی	۰,۰۰۰	۰,۸٤۲	۱,۰۰۰
فرهنگ سازمانی	۰,۰۰۰	۰,۷۰۰	۱,۰۰۰
روابط نزدیک با مشتریان و تأمین‌کنندگان	۰,۷۵۰	۰,۰۰۰	۱,۰۰۰
پاسخگویی در توزیع و تأمین	۱,۰۰۰	۰,٦٦۷	۰,۰۰۰
بهره گرفتن از فن‌آوری سبز در تولید محصولات	۱,۰۰۰	۰,۰۰۰	۱,۰۰۰
رضایت مشتری	۱,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,٦٦۷
رفتار انعطاف‌پذیر	۰,۰۰۰	۱,۰۰۰	۰,۷۷۸
توسعه راه حل‌های نوآورانه	۱,۰۰۰	۰,۷۲۷	۰,۰۰۰
انعطاف‌پذیری در توسعه محصولات الکترونیکی	۱,۰۰۰	۰,۳۸۹	۰,۰۰۰
همکاری سبز با تأمین‌کنندگان و شرکا	۰,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱,۰۰۰
جایگاه سلسله مراتبی بخش های اجرایی	۱,۰۰۰	۰,۷۲۲	۰,۰۰۰
چرخه‌های بازیافت و بازسازی مواد، قطعات و محصول	۰,۰۰۰	۱,۰۰۰	۰,۸۰۰
کاهش زمان عرضه و توسعه خدمات	۰,۰۰۰	۰,۳۷۵	۱,۰۰۰
انعطاف‌پذیری سفارشی سازی	۱,۰۰۰	۰,۷۵۰	۰,۰۰۰
ریسک هزینه‌ای	۱,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,٤۱۷
انعطاف پذیری تأمین کننده	۰,۰۰۰	۰,٦٦۷	۱,۰۰۰
یکپارچه سازی شبکه‌ای، اطلاعاتی و فرایند	۰,۰۰۰	۱,۰۰۰	۰,۳۸۷
توانایی رقابت و موقعیت در صنعت در بین رقبا	۱,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۰۰۰
وفاداری تأمین کننده	۱,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,٦۰۰
تعهد بالا و بهبود مدیریت	۰,٤۰۰	۰,۰۰۰	۱,۰۰۰
عملکرد مالی	۱,۰۰۰	۰,۰٦۷	۰,۰۰۰

R	شبکه سبز	شبکه چابکی	شبکه پایدار
تکنولوژی اطلاعات و نوآوری سیستم	۰,۱۲۵	۰,۰۰۰	۱,۰۰۰
سازگاری با فرایند خریدار	۱,۰۰۰	۰,۰۰۰	۰,۴۲۹
استراتژی سازمانی	۰,۵۳۳	۰,۰۰۰	۱,۰۰۰
تعهد به رویکرد توسعه پایدار	۰,۴۱۲	۰,۰۰۰	۱,۰۰۰

برای تعیین وزن اولیه معیارها از (۵ استفاده می‌شود.

(۵) تعیین وزن اولیه معیارها در روش کریتیک

$$C_j = \sigma_j \sum_{i=1}^{m} (1 - r_{ij})$$

انحراف معیار مقادیر به صورت زیر است:

σ = 0.533; 0.527; 0.536; 0.506; 0.541; 0.500; 0.500; 0.506; 0.527; 0.527; 0.505; 0.538; 0.513; 0.520; 0.509; 0.577; 0.509; 0.525; 0.517; 0.504; 0.577; 0.516; 0.529; 0.505; 0.520; 0.502; 0.509; 0.504; 0.577; 0.503; 0.503; 0.559; 0.545; 0.502; 0.500; 0.503

سرانجام با استفاده از (٦ و به روش خطی وزن نهایی معیارها تعیین می‌شود.

(٦) تعیین وزن نهایی معیارها در روش کریتیک

$$W_j = \frac{C_j}{\sum C_j}$$

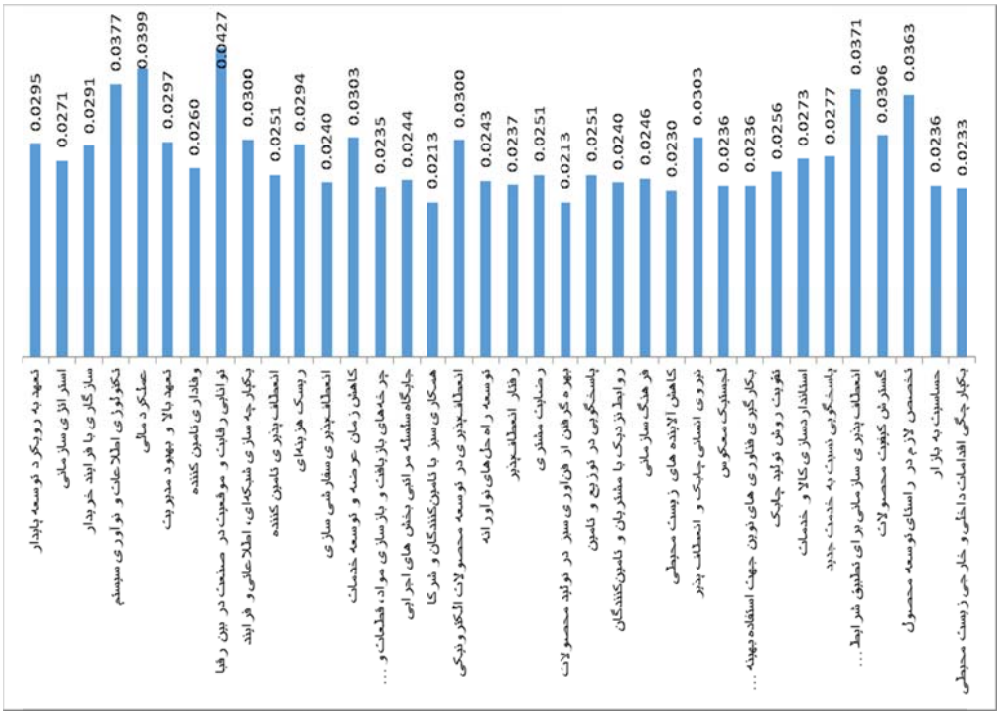
بنابراین وزن نهایی معیارها به صورت زیر است:

W = 0.024; 0.036; 0.031; 0.037; 0.028; 0.027; 0.026; 0.024; 0.024; 0.030; 0.023; 0.025; 0.024; 0.025; 0.021; 0.025; 0.024; 0.024; 0.030; 0.021; 0.024; 0.023; 0.030; 0.024; 0.029; 0.025; 0.030; 0.043; 0.026; 0.030; 0.040; 0.038; 0.029; 0.027; 0.029

جدول ۸. اولویت نهایی معیارهای تصمیم‌گیری با روش کریتیک

معیارها	وزن	اولویت
یکپارچگی اقدامات داخلی و خارجی زیست محیطی	۰,۰۲۳۳	۳۳
حساسیت به بازار	۰,۰۲۳٦	۲۹
تخصص لازم در راستای توسعه محصول	۰,۰۳٦۳	۵
گسترش کیفیت محصولات	۰,۰۳۰٦	٦
انعطاف پذیری سازمانی برای تطبیق شرایط متغیر با هزینه	۰,۰۳۷۱	٤
پاسخگویی نسبت به خدمت جدید	۰,۰۲۷۷	۱۵
استانداردسازی کالا و خدمات	۰,۰۲۷۳	۱٦
تقویت روش تولید چابک	۰,۰۲۵٦	۱۹
بکارگیری فناوری های نوین جهت استفاده بهینه از انرژی	۰,۰۲۳٦	۲۹
لجستیک معکوس	۰,۰۲۳٦	۲۹
نیروی انسانی چابک و انعطاف پذیر	۰,۰۳۰۳	۷
کاهش آلاینده های زیست محیطی	۰,۰۲۳۰	۳٤
فرهنگ سازمانی	۰,۰۲٤٦	۲۳
روابط نزدیک با مشتریان و تأمین‌کنندگان	۰,۰۲٤۰	۲۷
پاسخگویی در توزیع و تأمین	۰,۰۲۵۱	۲۱
بهره گرفتن از فن‌آوری سبز در تولید محصولات	۰,۰۲۱۳	۳۵

معیارها	وزن	اولویت
رضایت مشتری	۰,۰۲۵۱	۲۰
رفتار انعطاف‌پذیر	۰,۰۲۳۷	۲۸
توسعه راه حل‌های نوآورانه	۰,۰۲۴۳	۲۵
انعطاف‌پذیری در توسعه محصولات الکترونیکی	۰,۰۳۰۰	۱۰
همکاری سبز با تأمین‌کنندگان و شرکا	۰,۰۲۱۳	۳۵
جایگاه سلسله مراتبی بخش های اجرایی	۰,۰۲۴۴	۲۴
چرخه‌های بازیافت و بازسازی مواد، قطعات و محصول	۰,۰۲۳۵	۳۲
کاهش زمان عرضه و توسعه خدمات	۰,۰۳۰۳	۸
انعطاف‌پذیری سفارشی سازی	۰,۰۲۴۰	۲۶
ریسک هزینه‌ای	۰,۰۲۹۴	۱۳
انعطاف پذیری تأمین کننده	۰,۰۲۵۱	۲۱
یکپارچه سازی شبکه‌ای، اطلاعاتی و فرایند	۰,۰۳۰۰	۹
توانایی رقابت و موقعیت در صنعت در بین رقبا	۰,۰۴۲۷	۱
وفاداری تأمین کننده	۰,۰۲۶۰	۱۸
تعهد بالا و بهبود مدیریت	۰,۰۲۹۷	۱۱
عملکرد مالی	۰,۰۳۹۹	۲
تکنولوژی اطلاعات و نوآوری سیستم	۰,۰۳۷۷	۳
سازگاری با فرایند خریدار	۰,۰۲۹۱	۱۴
استراتژی سازمانی	۰,۰۲۷۱	۱۷
تعهد به رویکرد توسعه پایدار	۰,۰۲۹۵	۱۲



شکل ۱. اولویت نهایی معیارهای تصمیم‌گیری با روش کریتیک

۵-نتیجه‌گیری

مقصود از اجرای این پژوهش ارائه الگویی جهت ارزیابی و انتخاب شبکه تأمین سبز، چابک و پایدار در صنعت حمل و نقل ریلی بود. براساس ادبیات و پیشینه‌ی تحقیق مؤلفه‌های شبکه تأمین سبز، چابک و پایدار به صورت جدول (۱) جمع‌بندی و استخراج شده است. در مجموع ٤٥ شاخص شناسایی شده است. برای غربال و شناسایی شاخص‌های نهایی از روش دلفی فازی استفاده شده است. تحلیل دلفی مبتنی بر دیدگاه ۷۳ نفر از خبرگان صورت گرفت. براساس نتایج راند نخست شاخص‌های اخذ ضمانت در خصوص کیفیت تولید محصولات سبز، رقابت برای سازه شبکه تأمین سبز، همکاری سبز با خبرگان، عملکرد سبز، مارکتینگ سبز حذف گردید. سایر شاخص‌ها امتیازی بالای ۰/۷ کسب کرده‌اند و در راند دوم مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به عدم حذف سوالات دیگر در راند دوم، این امر بازگو کننده پایان راندهای روش دلفی فازی می‌باشد. در نهایت ۳٦ مؤلفه نهایی شد که شامل موارد ذیل می‌باشد: یکپارچگی اقدامات داخلی و خارجی زیست محیطی، حساسیت به بازار، تخصص لازم در راستای توسعه محصول، گسترش کیفیت محصولات، انعطاف پذیری سازمانی برای تطبیق شرایط متغیر با هزینه، پاسخگویی نسبت به خدمت جدید، استانداردسازی کالا و خدمات، تقویت روش تولید چابک، بکارگیری فناوری‌های نوین جهت استفاده بهینه از انرژی، لجستیک معکوس، نیروی انسانی چابک و انعطاف پذیر، کاهش آلاینده های زیست محیطی، فرهنگ سازمانی، روابط نزدیک با مشتریان و تأمین‌کنندگان، پاسخگویی در توزیع و تأمین، بهره گرفتن از فن‌آوری سبز در تولید محصولات، رضایت مشتری، رفتار انعطاف‌پذیر، توسعه راه حل‌های نوآورانه، انعطاف‌پذیری در توسعه محصولات الکترونیکی، همکاری سبز با تأمین‌کنندگان و شرکا، جایگاه سلسله مراتبی بخش‌های اجرایی، چرخه‌های بازیافت و بازسازی مواد، قطعات و محصول، کاهش زمان عرضه و توسعه خدمات، انعطاف‌پذیری سفارشی سازی، ریسک هزینه‌ای، انعطاف پذیری تأمین کننده، یکپارچه سازی شبکه‌ای، اطلاعاتی و فرایند، توانایی رقابت و موقعیت در صنعت در بین رقبا، وفاداری تأمین کننده، تعهد بالا و بهبود مدیریت، عملکرد مالی، تکنولوژی اطلاعات و نوآوری سیستم، سازگاری با فرایند خریدار، استراتژی سازمانی، تعهد به رویکرد توسعه پایدار. برای اولویت‌بندی عوامل موثر بر انتخاب شبکه تأمین سبز از روش کریتیک استفاده شده است. نتایج نشان داد توانایی رقابت و موقعیت در صنعت در بین رقبا بالاترین الویت، همکاری سبز با تأمین‌کنندگان و شرکا پایین ترین الویت را به خود اختصاص داده است. امروزه برای سازمان‌ها ایجاد یک شبکه تأمین تاب‌آور و کاهش مخاطرات با توجه به پیچیدگی روزافزون شبکه تأمین که ناشی از جهانی شدن صنعت کسب و کار می‌باشد، تبدیل به یک موضوع حیاتی برای سازمان‌ها گردیده و توانایی شبکه تأمین در رسیدگی و از بین بردن این اختلالات می‌تواند سازمان‌ها را در مسیر پایداری قرار دهند. هم جهت با این یافته‌ها حیاتی و همکاران (۱۳۹۳) پس از شناسایی انواع ریسک‌های مخاطره آمیز برای سازمان‌ها شامل ریسک موجود در تولید محصولات، ریسک موجود در سیستم اطلاعاتی، ریسک‌های عرضه محصولات و ریسک‌های تأمین‌کنندگان در سازمان‌ها، نشان دادند که ریسک‌های تأمین‌کنندگان به عنوان بحرانی‌ترین و مهمترین ریسک‌هایی است که سازمان‌ها می‌بایست برای کنترل آن اقدام نمایند. آقاجانی و همکاران (۱۳۹۷) یکی از عوامل تاثیرگذار در چابکی سازمان‌ها و شبکه تأمین را انعطاف‌پذیری بیان و نشان دادند که این انعطاف‌پذیری می‌تواند در عواملی چون انجام سفارشات از سوی مشتریان، سرمایه انسانی، منابع مورد استفاده، بهبود نحوه همکاری میان پرسنل و شبکه تأمین،یکپارچکی شبکه تأمین، سرعت پاسخگویی و به اشتراک گذاشتن اطلاعات بسط پیدا کند. آتش سوز و همکاران (۱۳۹۵) با شناسایی ریسک‌های محیط خارجی بر روی شبکه تأمین شامل ریسک‌های خط و مشی جامعه و اقتصاد کلان کشور و ریسک‌های اجتماعی و سیاسی، نشان دادند که این ریسک تاثیرگذارتر نسبت به سایر ریسک‌های محیط سازمانی شامل استراتژی، فرهنگ سازمانی، مالی و ریسک‌های محیط صنعت شامل بازار نهاده، بازار رقابت و محصول، می‌باشد. کسب و کارهای صنعتی به دلیل چالش‌ها و دلواپسی‌های محیط زیستی، اقتصادی و اجتمای و همچنین کم‌رنگ شدن رویکرد تمرکز بر روی خواسته و نیازمندی مشتریان برای ایجاد یک مزیت رقابتی، می‌بایست در جهت بکار بردن یک الگوی مناسب در مدیریت شبکه تأمین جهت نیل به اهداف خود و بقاء در کسب و کار گام بردارند از این‌رو پیشنهادهای ذیل جهت گزینش و مدیریت شبکه تأمین به شرح

ذیل ارائه می‌گردد: برای انتخاب شبکه تأمین در صنعت حمل و نقل ریلی، باید توانایی رقابت و موقعیت رقابتی در صنعت در بین رقبا، ارتقاء و در نظر گرفته شود؛ شرکت‌های موجودر در صنعت حمل و نقل ریلی برای انتخاب مناسب تأمین‌کنندگان، باید تکنولوژی اطلاعات خود را ارتقاء و نوآوری سیستم را توسعه دهند.

٦-مراجع

-اثنی‌عشری، امین و قیدرخلجانی، جعفر (۱۳۹۷). مطالعه بررسی مدیریت پروژه چابک در فرایند توسعه محصول جدید (NPD)، پانزدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع، یزد.

-احمدی، احسان و احمدی، عرفان و میاندهی، حجت، (۱۳۹٦). شناسایی و رتبه‌بندی مولفه‌های چابکی سازمانی در سازمان‌های خدماتی و تولیدی با استفاده از تکنیک AHP، دومین کنفرانس ملی مدیریت مهندسی، آستانه اشرفیه.

-ایزدیار، مهدی.، طلوعی اشلقی، عباس. و مهری، زهرا. (۱٤۰۰). کاربرد پویایی سیستم در ارزیابی عملکرد پایداری شبکه تأمین الرج در صنعت خودروسازی، پژوهش‌های مدیریت در ایران، دوره ۲۵، شماره ۱، بهار، ۲٤-۱.

-آتش‌سوز علی، فیضی کامران، کزازی ابوالفضل، الفت، لعیا. (۱۳۹۵). مدل‌سازی تفسیری-ساختاری ریسک‌های زنجیره تامین صنعت پتروشیمی. مطالعات مدیریت صنعتی. تابستان. شماره ٤۱، ٦۳-۳۹.

-آقاجانی، صفایی قادیکلایی، عبدالحمید، آقاجانی، ولی پور خطیر (۱۳۹۷). مدل برنامه‌ریزی ریاضی فازی جهت طراحی زنجیره‌تامین پایدار: یک مطالعه تطبیقی. *تحقیق در عملیات در کاربردهای آن*، *۱۵*(٤)، ۱٤۹-۱۲۱.

-توکلی دهاقانی، شاهوردیانی، شادی، موسی پور، حجت‌اله. (۱۳۹٦). بررسی رابطه بین مدیریت زنجیره تامین پایدار با عملکرد زیست محیطی و عملکرد مالی. *پژوهشنامه بازرگانی*، ۲۲ (۸۵)، ۱۹٤-۱۷۱.

-جعفرنژاد، ا. درویش، م.، محقر، ع. و یاسایی، م. (۱۳۸۹). ارائه روشی برای اندازه‌گیری چابکی شبکه تأمین با استفاده از ترکیب تئوری گراف، رویکرد ماتریسی و منطق فازی، *فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی*، شماره ٥٤ ، بهار، ۱٦۹-۱٤٥.

-جعفرنژاد، ا. و زارعی، ع. (۱۳۹٥). بررسی میزان چابکی سازمانی درشرکت مخابرات ایران، مجله فرهنگ مدیریت، شماره ۱۰، ۳۱-۱۲.

-رعیت پیشه، سعید، احمدی کهنعلی، رضا، عباسی، میثم (۱۳۹۷). شناسایی و ارزیابی شاخص‌های زنجیره تامین پایدار در صنعت پتروشیمی با رویکرد تصمیم‌گیری چند معیاره. *مطالعات مدیریت صنعتی*.۱۸۰-۱٤٥.

-رفیعی، مجید و عبدالملکی، حمید. (۱۳۹٦). شناسایی مولفه‌های مدیریت زنجیره تامین سبز، *چهارمین کنفرانس بین المللی برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست*، تهران.

-زندحسامی‌حسام، رجب‌زاده قطری، علی، طلوعی اشلقی، عباس. (۱۳۸۸). بررسی مولفه‌های تاثیرگذار بر زنجیره تامین چابک (PSCM) و طراحی مدل مفهومی مدیریت زنجیره تامین چابک.

-سحر، آذرکمند، سحر و شمس، نیلوفر (۱۳۹۸). بررسی مدیریت زنجیره تامین سبز در صنعت ذوب آهن اصفهان و تاثیر آن بر توسعه عملکرد سبز. *مطالعات کاربردی در علوم مدیریت و توسعه سال چهارم*، اردیبهشت، شماره ۱.

-عباس‌زاده، ایوب و بزرگزاده، علیرضا (۱۳۹٦). مدیریت زنجیره تامین پایدار: یک رویکرد سلسله-مراتبی شبکه حلقه-بسته، *سومین کنفرانس بین المللی مدیریت و مهندسی صنایع*، تهران.

-غلامی، س. و ناظری، ع. (۱۳۹۷). مدیریت شبکه تأمین سبز و عملکرد سازمان؛ نقش تعدیلگر گواهینامه ایزو، *فصلنامه علمی- ترویجی مدیریت استاندارد و کیفیت*، سال هشتم، شماره ۱، پیاپی ۲۷، بهار، ٦-۲٥.

-فارسیجانی، حسن و ابراهیمی، زهرا و کشاورز، ریحانه (۱۳۹۷). شناسایی و اولویت بندی موانع زنجیره تامین سبز با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی مطالعه موردی صنعت پتروشیمی، *کنگره ملی تحقیقات بنیادین در مدیریت اقتصاد و حسابداری*، تهران.

-گودرزی، غلامرضا، محسن محمدی و حسین بختیاری، (۱۳۸٥)، شبکه تأمین چابک، مفاهیم، الزامات وموانع، *دومین کنفرانس لجستیک و شبکه تأمین، تهران*، انجمن لجستیک ایران.

-لطیفی، سمیه.، راحلی، حسین، یاداور، حسین، سعدی، حشمت اله و شهرستانی، سید علی. (۱۳۹۷)، شناسایی و تبیین مراحل اجرایی توسعه کشاورزی حفاظتی در ایران با رویکرد دلفی فازی، مهندسی بیوسیستم ایران، مقاله ۱۱، دوره ۴۹، شماره ۱، ۱۲۰-۱۰۷.

-محمد حیاتی، محمد عطایی، رضا خالوکاکایی، احمدرضا صیادی. (۱۳۹۳). ارزیابی و رتبه‌بندی ریسک در زنجیره تامین با استفاده از روش تحلیل تاکسونومی (مطالعه موردی: مجتمع ذوب آهن اصفهان). *مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن (ریاضی کاربردی)*، دانشگاه آزاد لاهیجان، ۱۱(۱).

-مظفری، محمدمهدی و علیزاده فیشمی، سجاد. (۱۳۹۷)، اولویت‌بندی عوامل موثر بر شبکه تأمین سبز با استفاده از تکنیک مدلسازی ساختاری تفسیری، کنفرانس بین المللی تازه‌های مدیریت حسابداری و اقتصاد، تهران، دبیرخانه دایمی کنفرانس.

-مظفری، محمدمهدی و علیزاده فیشمی، سجاد. (۱۳۹۷)، اولویت‌بندی عوامل موثر بر شبکه تأمین سبز با استفاده از تکنیک مدلسازی ساختاری تفسیری، کنفرانس بین المللی تازه‌های مدیریت حسابداری و اقتصاد، تهران، دبیرخانه دایمی کنفرانس.

-میرغفوری، سید حبیب اله.، عندلیب اردکانی، داود. و کشاورز، پریسا. (۱۳۹۸)، طراحی مدل و بررسی عوامل موثر بر چابکی شبکه تأمین سبز با رویکرد مدل‌سازی ساختاری تفسیری، چهارمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت صنعتی،یزد، دانشگاه یزد، انجمن علمی مدیریت صنعتی ایران.

-نصیرزاده، الهه و فتح الهی، فرید (۱۳۹۵)، ارزیابی عوامل موثر بر عملکرد شبکه تأمین سبز در صنایع الکترونیک با رویکرد MCDM فازی، سومین کنفرانس بین المللی علوم و مهندسی، استانبول- کشور ترکیه، موسسه مدیران ایده پرداز پایتخت ویرا.

-نعمانی‌فر، فرزانه (۱۳۹۳)، مدل ریاضی انتخاب تامین کنندگان دو لایه از زنجیره تامین سبز با رویکرد فازی، *پایان‌نامه*، دانشگاه یزد.

-نوذری، حامد، قهرمانی نهر، جاوید. (۱۴۰۰). ارائه چارچوبی برای پیاده سازی زنجیره تامین چابک مبتنی بر داده‌های بزرگ (مطالعه موردی: شرکت‌های تند مصرف). *مدیریت نوآوری و راهبردهای عملیاتی*، ۲ (۲)، ۱۳۶-۱۲۸.

-نیکونام نظامی، مژده (۱۳۹۸). انتخاب بهترین تأمین کننده در شبکه تأمین پایدار با رویکرد چابک، *سومین کنفرانس بین المللی تحولات نوین در مدیریت، اقتصاد و حسابداری*، تهران، انجمن تعالی کسب و کار ایران.

-Bansal, P. (2015). Evolving Sustainably: A Longitudinal Study of Corporate Sustainable Development, *Strategic Management Journal*, 26, 197-218.

-Bohner, C., & Minner, S. (2017). Supplier selection under failure risk, quantity and business volume discounts. *Computers & Industrial Engineering,* 104, 145-155.

-Çebi, F., & Otay, İ. (2016). A two-stage fuzzy approach for supplier evaluation and order allocation problem with quantity discounts and lead time. *Information Sciences*.

Centobelli, P., Cerchione, R., & Ertz, M. (2020). Agile supply chain management: where did it come from and where will it go in the era of digital transformation? *Industrial Marketing Management*, 90, 324-345.

-Cheng, C. H., & Lin, Y. (2002). Evaluating the best main battle tank using fuzzy decision theory with linguistic criteria evaluation. *European Journal of Operational Research,* 142(1), 174-186.

-Cheng, Jao-Hong; Chih-Ming Lee; Chih-Huei Tang. (2009), An Application of Fuzzy Delphi and Fuzzy AHP on Evaluating Wafer Supplier in Semiconductor Industry, *wseas transactions on information science and applications*, Vol. 6, 756-767.

-Chopra M, Towill D.R. (2009). An integrated model for the design of agile supply chains, International Journal of physical Distribution and logistics; 31(4).

Christopher, M. (2000). The Agile Supply Chain, Competing in Volatile Markets. *Industrial Marketing Management*, 29, 37–44.

-Dao, V., Langella, I., & Carbo, J. (2016). from green to sustainability: Information Technology and an integrated sustainability framework, *The Journal of Strategic Information Systems,* 20 (1), 63-79.

-Diabat, A., & Govindan, K. (2018). An analysis of the drivers affecting the implementation of green supply chain management, Resources, *Conservation and Recycling,* 55 (6), 659-667.

chain management implementation. *Journal of Cleaner Production*, 135, 387-409.
-Nandi, S., Sarkis, J., Hervani, A. A., & Helms, M. M. (2021). Redesigning supply chains using blockchain-enabled circular economy and COVID-19 experiences. *Sustainable production and consumption*. 27, 10-22. doi.org/10.1016/j.spc.2020.10.019
-Roberts, m. (2011). Modeling the Enablers and Alternativrs for Sustainable Supply Chain Management. Concordia University, A Thesis for the Degree Master of Applied Science (Quality Systems Engineering). *The Department of Concordia Institute for In.*
-Sarkis, J. (2016). Greening the supply Chain, Springer, Verlag Loandon Limited.
-Srinivasan, s., & Muller, M. (2016). From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 16(15), 1699-1710.
-Srivastava, S.K. (2017). Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review, *International Journal of Management Reviews,* 9(1), 53-80.
-Taghipour and C. Beneteau-Piet, (2020). Sustainable Supply Chain Management Performance. *International Journal of Innovation,* Management and Technology Vol. 11, No. 6, 165-169.
-Taghipour, A., & Beneteau-Piet, C. (2020). Sustainable Supply Chain Management Performance. *International Journal of Innovation, Management and Technology*, *11*(6).
-Tzeng, G.-H., Teng, J.-Y. (1993). Transportation investment project selection with fuzzy multiobjectives. Transp.Plann. Technol. 17(2), 91–112.
-Um, J. (2017a). The impact of supply chain agility on business performance in a high level customization environment. Operations management research, 10(1-2), 10-19.
-Wu, Chih-Hung; Fang, Wen-Chang. (2011). Combining the Fuzzy Analytic Hierarchy Process and the fuzzy Delphi method for developing critical competences of electronic commerce professional managers; Qual Quant, Vol. 45, 751–768.
-Duber-Smith, D.C. (2005, August). The Green Imperative.Soap, Perfumery, and Cosmetics, 78(8), 24-26.
-Green, K. W., Inman, R. A., Sower, V. E., & Zelbst, P. J. (2019). Comprehensive supply chain management model. Supply Chain Management, *an International Journal.*
-Jabbour, A. B., Jabbour, C., Govindan, K., Kanna, D., & Arantes, A. F. (2016). Mixed methodology to analyze the relationship between maturity of environmental management and the adoption of green supply chain management in Brazil, Resources, Conservation and Recycling.
-Jindal, A., Sharma, S. K., Sangwan, K. S., & Gupta, G. (2021). Modelling Supply chain agility antecedents using fuzzy DEMATEL. Procedia CIRP, 98, 436-441.
-Kahraman, Cengiz; (2009). Fuzzy Multi-Criteria Decision Making: Theory and Applications with Recent Developments Front Cover, Vol. 16 of Springer optimization and its applications, ISSN 1931-6828.
-Karmaker, C. L., Ahmed, T., Ahmed, S., Ali, S. M., Moktadir, M. A., & Kabir, G. (2021). Improving supply chain sustainability in the context of COVID-19 pandemic in an emerging economy: exploring drivers using an integrated model. *Sustainable production and consumption*, 26, 411-427.
-Kenneth W. Green, R. Anthony Inman, Victor E. Sower, Pamela J. Zelbst, (2019). Comprehensive supply chain management model. *Supply Chain Management: An International Journal.*
-Kusi-Sarpong, S., Gupta, H., & Sarkis, J. (2019). A supply chain sustainability innovation framework and evaluation methodology. *International Journal of Production Research,* 57(7), 1990-2008.
-Li, X., Holsapple, C. W., & Goldsby, T. J. (2019). The structural impact of supply chain management teams: Supply chain agility development in multidivisional firms. *Management Research Review*.
-Malviya, R. K., & Kant, R. (2016). Hybrid decision making approach to predict and measure the success possibility of green supply

Provide a Model for Evaluating and Selecting a Sustainable Supply Network in the Rail Transportation Industry

Mahdi Nasrolahi, Associate Professor, Department of Industrial Management, Faculty of Social Sciences, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.
Mohammad Reza Fathi, Associate Professor, College of Farabi, University of Tehran, Iran.
Ahad Arab, M.Sc., Grad., Industrial Management, Suhrawardi Institute of Higher Education, Qazvin, Iran.
Somayeh Razi Moheb Seraj, M.Sc., Grad., College of Farabi, University of Tehran, Iran.

E-mail: reza.fathi@ut.ac.ir

Received: May 2024- Accepted: June 2024

ABSTRACT
The choice of supply network is one of the influential factors in the activity of economic and commercial enterprises. Choosing a green, agile and sustainable supplier network is also a strategic decision to be more competitive in today's global marketplace. This becomes even more important when companies are looking for new markets and therefore new suppliers. This study was conducted to identify, rank and provide a model for evaluating and selecting a green, agile and sustainable supply network in the rail transport industry. This research is of survey and applied type and the method of data collection is field and the data collection tool is a questionnaire. In this research, first, by library studies, searching on reputable scientific sites and reviewing existing scientific texts, the selection criteria of a green, agile and sustainable supplier network have been collected. Then, the research questionnaire was developed based on these indicators. Finally, using multi-criteria and statistical decision-making techniques, all indicators were ranked based on importance and the importance of each indicator was determined. In this research, fuzzy Delphi technique has been used to identify the components and CRITIC method has been used to determine the importance of the indicators. Findings show that the components of competitiveness and position in the industry among competitors, financial performance, information technology and system innovation, organizational flexibility to adapt to changing conditions over time are the most important, respectively.

Keywords: Sustainable Supply Network, Transportation Industry, Fuzzy Delphi Technique, Critic Method