



طراحی مدل ارزیابی عملکرد زنجیره تامین سبز با رویکرد ISM در صنعت فولاد

محسن شفیعی نیکآبادی^{۱*}

دانشیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اداری، دانشگاه سمنان

فرشته بهرامی^۲

دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اداری، دانشگاه سمنان

عباسعلی رستگار^۳

استاد گروه مدیریت بازرگانی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اداری، دانشگاه سمنان

چکیده

انقلاب صنعتی در جهان نگرانی‌های زیست محیطی را در بخش صنعتی و تولید به همراه دارد که تمرکز بیشتری بر روی عملکرد زنجیره تامین سبز یا پایدار دارد. زنجیره تامین سبز یک سیستم با هدف دستیابی به یک موازنه سود و منفعت بین مسائل اقتصادی و محیط استفاده از منابع است. پژوهش حاضر با هدف شناسایی و اولویت‌بندی عوامل موثر بر عملکرد زنجیره تامین سبز در صنعت و ارائه مدلی برای ارزیابی عملکرد زنجیره تامین سبز با رویکرد مدلسازی ساختاری تفسیری در صنایع فولاد یزد ارائه شده است. در ابتدا عوامل موثر بر عملکرد زنجیره تامین سبز از طریق مطالعه کتابخانه‌ای و ادبیات موضوع شناسایی سپس جهت تعریف روابط درونی و اولویت‌بندی شاخص‌ها پرسشنامه به ۸ نفر از مدیران و خبرگان شرکت فولاد یزد توزیع گردید. این متغیرها در سطوح مختلف و با توجه به قدرت و وابستگی آن‌ها طبقه‌بندی و سطح‌بندی شده‌اند و جهت تست مدل از تحلیل MICMAC استفاده شده است. نتایج نشان داد عامل‌هایی همچون تحویل سریعتر و تعادل میان هزینه و آلودگی در ارتباط با موضوع ارزیابی عملکرد زنجیره تامین سبز در صنعت فولاد از اثرگذاری بیشتری نسبت به بقیه عوامل برخوردارند.

کلمات کلیدی: ارزیابی عملکرد، زنجیره تامین سبز، مدلسازی ساختاری تفسیری

^۱shafiei@semnan.ac.ir

^۲Bahrami.f2022@semnan.ac.ir

^۳a_rastgar@semnan.ac.ir



۱- مقدمه

سازمان با عملکرد برتر سازمانی است که در یک دوره زمانی بلند مدت از راه توانایی انطباق مناسب با تغییرات و واکنش سریع به این تغییرات، ایجاد ساختار مدیریت منسجم و هدفمند، بهبود مستمر قابلیت‌های کلیدی مناسب با کارکنان به عنوان اصلی‌ترین دارایی به نتایجی بهتر از سازمان‌های هم‌تراز دست یابد (وانگ و همکاران، ۲۰۱۸) همراه با تغییر سریع در سناریوی تولید جهانی مسائل زیست محیطی و اجتماعی باعث شده است که مدیریت هر کسب و کاری اهمیت بیشتری به آن دهند (جایانت و ازهر، ۲۰۱۴). با افزایش آگاهی در مورد مسئله جهانی حفاظت از محیط‌زیست، تحلیل سبز برای محافظت از منابع زمینی و محیط زیست بیش از گذشته مورد توجه قرار گرفته است (برمه، ۲۰۱۴). شرکت‌ها داوطلبانه باید به یکپارچه‌سازی اقتصادی، اجتماعی، توسعه مسئولیت شهروندی هم از نظر اقتصادی و مسائل زیست‌محیطی، فعالیت‌ها و روابط خود با ذینفعان، کارکنان، مشتریان، تامین‌کنندگان، مقامات محلی، سازمان‌های غیر دولتی، محیط زیست گسترده‌تر و .. توجه کنند (مالویا و کانت، ۲۰۱۷). عملکرد زیست‌محیطی شامل مجموعه عملیات شرکت که همراستا و سازگار با محیط‌زیست بوده و این عملکرد غالباً به واسطه معیارها و مقیاس‌های تعیین شده توسط نهادها و آژانسهای مسئول اعم از ملی و بین‌المللی اندازه‌گیری می‌گردد (کارتر و راجرز، ۲۰۰۸). یک سازمان با یک سیستم مدیریت زیست‌محیطی بایستی عملکرد زیست‌محیطی خود را در مقایسه با خط‌مشی اهداف کلان و اهداف خرد زیست‌محیطی و سایر معیارهای عملکرد زیست‌محیطی‌اش ارزیابی کند. 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. نگرانی سازمان‌ها باعث افزایش سطح آگاهی جهانی از حفاظت محیط‌زیست شده است 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 هدف اصلی آن کاهش آلودگی زیست محیطی از بالا دست تا پایین دست زنجیره تامین است. محصولات پس از عمر مفید به زنجیره تامین برمی‌گردند اما باید دانست تحقق اهداف زیست محیطی بدون توجه به فعالیت‌های خرید از جمله انتخاب تامین‌کنندگان میسر نخواهد بود (وو و چانگ، ۲۰۱۵). در حالی که پایداری در کسب و کار برای تولیدکنندگان یک چالش است نگهداری از مزیت رقابتی در نتیجه منافع اقتصادی و زیست محیطی بوجود می‌آید. بسکه و سیورینگ^۶ (۲۰۱۴)، نشان دادند که فعالیت‌های زنجیره تامین سبز اثر قابل توجهی در کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی دارد و اجرای مدیریت زنجیره تامین سبز می‌تواند رقابت‌پذیری شرکت را افزایش دهد. بنابراین فعالیت‌های زنجیره تامین سبز به یک فعالیت مدیریتی نوظهور تبدیل شده است که رقابت‌پذیری زیست صنعتی را افزایش و عملکرد زیست‌محیطی اقتصادی را پوشش می‌دهد. از سوی دیگر تولیدات صنعتی اثر مخربی بر محیط‌زیست طبیعی و زندگی انسانی همچون اثرات زیست‌محیطی جهانی، اثرات زیست‌محیطی محلی و اثرات سلامتی ریسک‌های ایمنی دارند. به اعتقاد بسیاری از صاحب‌نظران در دنیای رقابتی امروز رقابت از سطح شرکت‌ها به رقابت میان زنجیره تامین آنها کشیده شده است و

Wang et al^۱
Jayant and Azhar^۲
Burma^۳
Maloya and Kant^۴
Carter and Rogers^۵
Wu and Chang^۶
Beske and Searing^۷



3rd
International Conference on

Systems Thinking in Practice

سومین کنفرانس بین‌المللی

تفکر سیستمی در عمل



برخورداری از زنجیره تامین مناسب مزیت رقابتی بسیار مهم تعیین کننده‌ای در عرصه رقابت محسوب می‌شود. امروزه همراه با تغییرات و رشد سریع تولید در سطح بین‌الملل مباحث زیست‌محیطی هم در مدیریت هر کسب و کاری اهمیت خاصی پیدا کرده است. در گذشته چرخه عمر محصول شامل فرآیندها از فاز طراحی تا مصرف بود در حالی که با رویکرد مدیریت محیط‌زیست شامل فرآیندهای تهیه مواد اولیه، طراحی، ساخت، استفاده، بازیافت و مصرف مجدد و تشکیل یک حلقه بسته از جریان مواد برای کاهش مصرف منابع و کاهش آثار مخرب زیست‌محیطی است (سارکس و همکاران؛ ۲۰۱۱). افزایش نگرانی‌ها در مورد هشدارهای محیطی تولیدکننده‌ها را مجبور به تلاش برای کاربرد راهکارهایی در زمینه مدیریت محیطی نموده است. دیدگاه‌هایی نظیر مدیریت زنجیره تامین سبز، بهره‌وری سبز، تولید پاک‌تر، سیستم‌های مدیریت محیطی برای فعالیت‌های مدیریت سبز بکار می‌رود گرفته شده است. در این میان از آنجا که اثرات نامطلوب محیطی در همه مراحل چرخه عمر محصول اتفاق می‌افتد و مدیریت برنامه‌ها و عملیات محیطی به داخل مرزهای سازمان محدود نمی‌شود. دیدگاه مدیریت زنجیره تامین سبز به عنوان دیدگاهی جامع که همه جریان‌ها از تامین‌کنندگان به تولیدکنندگان و در نهایت به مصرف‌کنندگان را در بر می‌گیرد مورد توجه بسیاری قرار گرفته است. سبز کردن زنجیره تامین فرصتی است برای کسانی که نگران موضوعات مصرف پایدار و عملکردهای تجاری محیطی هستند. از دید کلان توجه به مسائل سبز هم به عنوان مکانیزمی برای افزایش توانایی در طراحی محصولات سبز هم به عنوان وسیله‌ای برای ایجاد بازارهایی برای محصولات سبز سازگار با محیط مهم است. سبز کردن زنجیره تامین نیازمند ورودی‌های جدیدی است. ایجاد فرصتی برای شرکت‌ها می‌شود تا برای طراحی و تولید محصولات سبزتر سرمایه‌گذاری کرده و نیازمندی‌های پایداری را رفع کنند و این نه تنها شامل محصولات مصرف کننده است بلکه شامل ورودی‌ها از تامین‌کنندگان هم می‌باشد که باعث دخیل شدن آنها برای ایجاد بازارهای سبز می‌گردد (آزاد و مدیری، ۲۰۱۷). سبز کردن زنجیره تامین هم در سطح فردی و هم ملی برای شرکت‌ها مزایایی دارد. در سطح فردی برنامه‌های زنجیره تامین سبز باعث مزایای رقابتی معینی می‌شود نظیر هزینه‌های کمتر محصولات سبزتر و ادغام بهتر با تامین‌کنندگان، در سطح ملی زنجیره تامین سبز می‌تواند بازارهایی را برای محصولات سبز ایجاد کند. همچنین باعث تطبیق بهتر تامین‌کنندگان با مسائل محیطی گردد. در طول دو دهه گذشته رشد اقتصادی و پیشرفت عظیم فناوری مشاهده می‌شود اما در خلا آن ضایعات منابع طبیعی مصرف بی‌رویه آن و همچنین ضایعات وارد به محیط‌زیست مخصوصاً در کشورهایی که رشد سریعی را تجربه کرده‌اند نیز افزایش یافته است. امروزه مدیران کسب و کار اهمیت پیاده‌سازی اثربخش راهبردهای زیست‌محیطی روش‌های مدیریت زنجیره تامین به عنوان یک عامل حیاتی برای ادامه رقابت در بازار بین‌المللی برای آینده را متوجه شده‌اند. در این میان صنایع فولاد به عنوان یکی از مهم‌ترین صنایع کشور نقش بسزایی در تولید ناخالص داخلی و حتی ملی ایفا می‌کند و در تمام قسمت‌های چرخه حیات خود اعم از بهره‌برداری از منابع طبیعی، ساخت، تولید و استفاده و پس از استفاده با محیط زیست در تعامل است. همچنین به دلیل صادرات محصولات فولادی به بازارهای بین‌المللی نیاز آن به انطباق با قوانین زیست‌محیطی بین‌المللی اجتناب ناپذیر است. به این ترتیب پیاده‌سازی و اجرای مدیریت زنجیره تامین سبز در صنعت فولاد می‌تواند بر کاهش پیامدهای زیست‌محیطی این صنعت موثر واقع شود. در حین اتخاذ رویکرد مدیریت زنجیره تامین سبز در زنجیره‌های تامین سنتی وجود موانعی



بر سر این انتقال دور از انتظار نیست و صنایع باید اقدام به حذف این موانع کنند. اما از آنجا که حذف و مدیریت همزمان تمام موانع امکان‌پذیر نیست، هر صنعتی باید در پی شناسایی و اولویت‌بندی موانع پیاده‌سازی مدیریت زنجیره تامین سبز باشد و مهم‌ترین آنها را در اولویت قرار دهد. همچنین با توجه به جایگاه خاص صنعت فولاد به عنوان یکی از مهم‌ترین صنایع مادر کشور و زمینه‌ساز ایجاد درآمدهای اقتصادی تحقیق و پژوهش در فرآیندهای مختلف آن از اولویت و اهمیت بالایی در ارتقاء فرهنگ، حفظ محیط‌زیست، کیفیت و بهبود عملکرد برخوردار است. همچنین لازم است که همزمان با توجه و تاکید بر تولید محصولات با کیفیت که نیازمند زنجیره تامین سبز در صنعت فولاد هست ملاحظات زیست‌محیطی را نیز در این زنجیره دخالت داده و در واقع به جای زنجیر تامین سنتی زنجیره تامین سبز را به کار گیرد. همسو با موارد فوق می‌توان گفت که صنعت فولاد به دلیل افزایش رقابت در بازارهای داخلی و منطقه‌ای و برای پیشرفت و بقای خود نیاز به شیوه‌های جدید تولید و زنجیره تامین سبز دارد زیرا، در سال‌های اخیر دلایل گوناگون مانند تحریم‌های جهانی، نارضایتی مشتریان، عدم کیفیت مناسب محصولات، تولید ذرات آلاینده هوا، انواع پسماندهای مضر خاک، افزایش دی‌اکسید کربن در هوا، پساب خطوط نورد سرد و گرم، عدم تصفیه خانه مناسب، تغییر اکوسیستم خاک و... که فعالیت شرکت‌های صنعت فولاد با آن مواجه بوده‌اند سبب شده تا موضوع زنجیره تامین سبز در تئوری تصمیم‌گیری و بررسی شاخص‌های تصمیم‌گیری متعدد و متنوع موثر بر زنجیر تامین سبز و همچنین وجود اهداف چندگانه مختلف در ماهیت زنجیره تامین سبز به عنوان یک مسئله مهم و چالش‌آفرین همواره در ادبیات مدیریت تولید مورد توجه باشد. از این رو ارزیابی عملکرد و اثربخشی فعالیتهای مدیریت امری بسیار مهم است چرا که که سازمانها با ارزیابی عملکرد فعالیت زنجیره تامین سبز خود می‌توانند نقاط قوت و ضعف خویش را شناسایی و در نهایت عملکرد سبز خود را بهبود دهند (تازه، ۱۳۹۷). با توجه به اهمیت این مقوله پژوهش درصدد است تا به طراحی مدلی جهت ارزیابی عملکرد زنجیره تامین صنعت فولاد یزد بپردازد.

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

زنجیره تامین سبز

زنجیره تامین سبز نوعی زنجیره تامین است که در آن الزامات زیست‌محیطی رعایت می‌شود و هدف اصلی آن کاهش آلودگی زیست محیطی از بالادست تا پایین دست زنجیره تامین است. ضرورت سبز شدن زنجیره تامین زمانی مطرح شد که از یک طرف دولت‌ها فشارهایی را برای استانداردهای زیست‌محیطی لحاظ نمودند و از طرف دیگر تقاضای مشتریان برای عرضه محصولات سبز (بدون اثر مخرب بر محیط زیست) بوجود آمد، لذا مفهوم زنجیره تامین سبز مطرح شد. تولید محصول به شیوه سبز یا بطور دقیقتر زنجیره تامین سبز بسیاری محققان حوزه مدیریت تولید، دستداران محیط‌زیست و فعالان در دهه اخیر را به خود جذب کرده است (بویوکوزکان و سیفچی، ۲۰۱۲). امروزه کسب و کارها اهمیت حفظ محیط‌زیست و مسئولیتهای اجتماعی یک شرکت را درک می‌کنند. با این حال، برای دستیابی به عملکرد بالاتر در زمینه پایداری، تلاشهای زیادی برای تغییر شکل کل زنجیره تامین لازم است و این امر منجر به مزیت رقابتی پایدار در بازار می‌شود (اعتزازیان و اخوان خرازیان، ۲۰۱۶). مطالعات در حوزه مدیریت زنجیره تامین نشان می‌دهد که بین عملکرد زنجیره تامین سبز و رقابت، عملکرد مالی و عملیاتی یک شرکت رابطه مستقیم وجود دارد (الکساندرا

¹ Boyokuzkan & Seifchi

² Atzazian & Khorazian Brotherhood



و یانگ، ۲۰۲۲). سبز بودن در یک شبکه زنجیره تامین مانند مثلثی است که شامل چشم‌انداز زیست‌محیطی، جنبه‌های اجتماعی و عملکرد اقتصادی است (بوز، ۲۰۱۲). پول، مواد اولیه، فرایندها و جریان اطلاعات به صورت همزمان در سیستم مدیریت زنجیره تامین، قابل جمع است اما بطور همزمان به خاطر فشارهای قوانینی دولتی و افزایش آگاهی عمومی افراد در زمینه حفظ محیط‌زیست، شرکت‌ها اگر بخواهند در رقابت جهانی حضور داشته باشند، نمی‌توانند مسائل زیست‌محیطی را نادیده بگیرند. بنابراین مدیریت زنجیره تامین سبز یا به اختصار GSCM جایگزین مدیریت زنجیره تامین سنتی شده است. ایده مدیریت زنجیره تامین سبز از بین بردن یا به حداقل رساندن ضایعات (انرژی، تولید گازهای گلخانه‌ای، مواد زائد جامد) در امتداد زنجیره تامین است. مسائل محیط‌زیست تحت قوانین و دستورالعمل‌های مشتری به ویژه در ایالات متحده، اتحادیه اروپا و ژاپن تبدیل به یک نگرانی مهم برای تولیدکنندگان شده است. مدیریت زنجیره تامین سبز به عنوان یک نوآوری مهم، به سازمان در توسعه استراتژی‌هایی برای رسیدن به اهداف مشترک سود و بازار، با کاهش خطرات زیست‌محیطی و بالابردن راندمان زیست‌محیطی خود کمک می‌کند. مدیریت زنجیره تامین سبز توسط انجمن پژوهش صنعتی دانشگاه ایالتی میشیگان در سال ۱۹۹۶ معرفی شد که در واقع مدل مدیریت نوینی برای حفاظت از محیط‌زیست است. مدیریت زنجیره تامین سبز از منظر چرخه عمر محصول شامل تمامی مراحل از مواد اولیه، طراحی و ساخت محصول، فروش محصول و حمل و نقل، استفاده از محصول و بازیافت محصول می‌باشد. با استفاده از مدیریت زنجیره تامین و فناوری سبز، شرکت می‌تواند تأثیرات منفی زیست‌محیطی را کاهش داده و به استفاده مطلوب از منابع و انرژی دست یابد. افزایش فشارهای زیست‌محیطی از سوی جامعه و مصرف‌کنندگان منجر به وضع قوانین و مقررات دقیق زیست‌محیطی شده است که تولیدکنندگان را وادار به یکپارچه‌سازی مسائل زیست‌محیطی با فعالیت‌های مدیریتی خود می‌کند. این مسئولیت گسترده در سرتاسر سازمان‌های مختلف، جریان‌های بالا دستی و پایین دستی رخ داده و زنجیره تامین سبز نامیده شده است (جهانی بهنمیری، ۱۳۹۸). لذا شرکت‌هایی که بعنوان منبع مشکلات زیست‌محیطی شناخته می‌شوند باید فرآیندهای تولید خود و زنجیره‌های تامین را بعنوان نتیجه فشار جامعه و دولتها مورد بررسی قرار دهند. همراه با پذیرش مسئولیت شرکت ناشی از فعالیتها در زنجیره تامین، GSCM شروع به برجسته شدن کرده است (حاجیلو، ۱۴۰۰). پدیدار شدن زنجیره تامین سبز یکی از پیشرف‌های مهم در دهه گذشته است، که فرصتی را برای کمپانی‌ها به وجود می‌آورد تا زنجیره‌های تامین خود را بر طبق اهداف زیست‌محیطی و قابلیت دوام تنظیم کنند. با یکپارچه کردن ملاحظات محیطی و مدیریت زنجیره تامین یک رشته بزرگ و مجزا به نام زنجیره تامین سبز تکامل یافته است. سبز کردن زنجیره تامین، فرآیند در نظر گرفتن معیارها یا ملاحظات زیست‌محیطی در سرتاسر زنجیره تامین است. سبز کردن زنجیره تامین فرصتی است برای کسانی که نگران مصرف پایدار و عملکردهای تجاری محیطی‌اند. از دید کلان، توجه به مسائل سبز، هم به عنوان مکانیسمی برای افزایش توانایی در طراحی محصولات سبز و هم به عنوان وسیله‌ای برای ایجاد بازارهایی برای محصولات سبز سازگار با محیط، مهم است. پاتریک پن‌فیلد از مدرسه مدیریت و ایتمن مدیریت زنجیره تامین سبز را فرآیند بکار بردن ورودی‌های دوستار محیط‌زیست و انتقال این ورودی‌ها به خروج‌ها که می‌توانند در پایان چرخه عمر اصلاح یا دوباره مصرف شوند و یک زنجیره تامین پایدار را خلق کند شرح داده است. متناوباً برخی شرکت‌ها زنجیره تامین خودشان را از طریق انتخاب تامین‌کنندگان سبز موجود، سبز می‌کنند (مروتی شریف آبادی و همکاران، ۱۳۹۵). مطالعات در

¹ Alexandra & Young

Bose²

Green supply chain management³

Patrick Penfield⁴



حوزه مدیریت زنجیره تامین سبز و رقابت عملکرد مالی و عملیاتی یک شرکت رابطه مستقیم وجود دارد (الکساندرا و یانگ، ۲۰۲۲). تلاش برای سبز بودن دیگر به عنوان یک تمرین برای رعایت الزامات قانونی به شمار نمی‌آید بلکه شرکت‌هایی نظیر تویوتا تیمبرلند و استاریاکس سبز بودن را به عنوان یک کاتالیزور برای رشد و بدست آوردن مزیت رقابتی تلقی می‌کنند. زنجیره تامین سبز راهی برای به دست آوردن مزیت رقابتی است و افزایش چنین زنجیره‌های تأمین دشوار است. سبز بودن در یک شبکه زنجیره تامین مانند مثلثی است که شامل چشم انداز زیست‌محیطی جنبه‌های اجتماعی و عملکرد اقتصادی است (مهدیان و تیغران ریزی، ۱۴۰۱). زنجیره تأمین سبز به طور کلی به سه بخش تقسیم می‌شود:

لجستیک داخلی: کلیه فعالیت‌های مهم در تصمیم‌گیری مدیران از جمله: خرید مواد خام، انتخاب فروشنده، محل استقرار فروشنده، بهبود حمل و نقل، انتخاب نحوه عمل، انتخاب وسیله حمل، کنترل مواد خام، انبارداری را که بر محیط زیست اثر می‌گذارد در بر می‌گیرد که در این میان متغیر نحوه حمل کالا تاثیر به سزایی بر محیط زیست خواهد داشت.

تولید سبز: عواملی چون: تولید پاک، طراحی محصول با در نظر گرفتن محیط زیست، تولید مجدد و تولید ناب را در بر می‌گیرد.

لجستیک خارجی: لجستیک خارجی کلیه فعالیت‌های توزیع فیزیکی را در بر می‌گیرد و مشتمل بر جمع‌آوری، ذخیره‌سازی و توزیع کالای ساخته شده بین خریداران می‌گردد. اکثر تصمیمات در لجستیک خارجی مستلزم تصمیم‌گیری در نظر گرفتن بازار، مشتری، محصول و منابع شرکت می‌باشد (سارکیس و همکاران، ۲۰۱۵).

مزایای زیست‌محیطی و اقتصادی عملکرد زنجیره تامین سبز

مشکلات زیست‌محیطی مانند کاهش سریع منابع، آلودگی محیط‌زیست، گرم شدن جهانی هوای کره زمین و کاهش تنوع زیستی باعث ایجاد عدم تعادل محیط‌زیست می‌شود. این واقعیت که این مشکلات اکولوژیک دائما در حال افزایش هستند، دولت‌ها، جوامع، شرکتها و افراد را به اقدامات احتیاطی در امور زیست‌محیطی سوق می‌دهد (واکر و همکاران، ۲۰۱۸). شرکت‌هایی که به عنوان منبع مشکلات زیست‌محیطی شناخته می‌شوند باید فرآیندهای تولید خود و زنجیره‌های تامین را به عنوان نتیجه فشار جامعه و دولتها مورد بررسی قرار دهند. همراه با پذیرش مسئولیت شرکت ناشی از فعالیتها در زنجیره تامین، مدیریت زنجیره تامین سبز شروع به برجسته شدن کرده است (حاجیلو، ۱۴۰۰). آزدو و همکاران^۱ (۲۰۱۱) اظهار داشتند که روش‌های سبز به بهبود عملکرد زیست محیطی با کاهش ضایعات ناشی از کسب و کارها کمک می‌کند. عملکرد اقتصادی مربوط به توانایی کارخانه‌های تولیدی برای کاهش هزینه‌های مربوط به مواد خریداری شده، مصرف انرژی، عملیات زباله، تخلیه زباله و جرائم برای حوادث محیطی است و همچنین عناصری چون سوددهی و فروش نیز می‌شود (حیدری و همکاران، ۲۰۲۰).

ارزیابی عملکرد زنجیره تامین

از دیدگاه مدیریتی، ارزیابی یکی از مهمترین فعالیت‌های مدیریت در تحلیل، برنامه‌ریزی، کنترل فعالیتها و تصمیمات مدیریت به شمار می‌رود (جهانی بهنمیری، ۱۳۹۸). عملکرد جهت موفقیت هر سازمانی حیاتی است چرا که فهم رفتار را آسان می‌سازد، به آن شکل می‌دهد و رقابت‌پذیری را بهبود می‌بخشد. بسیاری از محققان بر این عقیده

Walker et al^۱
Azedo et al^۲



هستند که بهبود مستمر در سازمان تنها با تکیه بر اندازه‌گیری است. اندازه‌گیری به مثابه ابزاری است که شرکت برای خود فراهم می‌سازد تا بدان وسیله بداند که آیا زنجیره تأمین بهبود یافته یا تنزل پیدا کرده است؟ با گذشت زمان، اندازه‌گیری عملکرد به طور فزاینده‌ای توجه بیشتری را در سراسر جهان به خود جلب کرده است. آنچه مهم است این است که در گذشته ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین عمدتاً بر اساس هزینه / کارایی، ماهیت مبتنی بر سود و دوره‌های زمانی کوتاه مدت با شاخص‌های فردی بود در حالی که با توجه به رقابتی شدن صنایع، رویکردهای مدرن برای ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین مورد توجه قرار گرفته‌اند. این‌ها شامل ماهیت‌های مبتنی بر ارزش و مشتری، دوره‌های زمانی بلندمدت و همچنین استفاده از مجموعه‌ای از شاخص‌های جمعی برای ارزیابی عملکرد است (مک کورمک و همکاران، ۲۰۰۸). اندازه‌گیری عملکرد فرآیند کمی‌سازی کارایی و اثربخشی فرآیندها است (نیلی و همکاران، ۲۰۰۵). اندازه‌گیری عملکرد را می‌توان به عنوان بازخوردهای دریافت شده از فعالیت‌های مربوط به رضایت مشتری و تصمیم‌گیری‌ها و همچنین اهداف استراتژیک در نظر گرفت (باگوات و شارما، ۲۰۰۷). سنجش عملکرد اطلاعات مورد نیاز برای برنامه‌ریزی، کنترل و انجام فعالیت‌های سازمان را در اختیار تصمیم‌گیرندگان قرار می‌دهد. همچنین مدیران را قادر می‌سازد تا کارکنان و تأمین‌کنندگان خود را در مورد ابعاد مهم عملکرد از طریق سنجش عملکرد آموزش دهند و با شناسایی انحرافات از استانداردها، فعالیت‌های بهبود یافته را هدایت کنند. با کمک اندازه‌گیری اثربخشی زنجیره تأمین، اندازه‌گیری عملکرد مناسب ممکن است به بهبود مدیریت زنجیره تأمین بیشتر کمک کند (بیمونت، ۱۹۹۶). اندازه‌گیری عملکرد زنجیره تأمین ممکن است به دستیابی به دستاوردهایی مانند ارتقای انگیزه اعضا، بهبود همکاری، حل سریع‌تر مسائل مدیریتی، ارائه اطلاعات به‌روز و بازخورد مورد نیاز کمک کند. بنابراین، می‌توان اشاره کرد که ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین، اقدامی است که برای شناسایی حوزه‌های بهبود در سیستم و تعیین اینکه آیا فعالیت‌ها ادامه خواهند داشت یا برای شروع اقدامات مهندسی جدید لازم است انجام می‌شود (باند، ۱۹۹۹). به طور کلی، ممکن است ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین را اقدامی برای بهبود اثربخشی زنجیره تأمین و درک جریان ملایم و مستمر منابع درون آن در نظر بگیریم، با هدف تولید کالایی با هزینه‌های کمتر، تحویل به موقع محصولات به مشتریان. مدیریت کارآمد و عملکرد تغییر عرضه در حال حاضر به عنوان یک عامل حیاتی در دستیابی به مزیت‌های رقابتی شرکت‌ها بسیار بیشتر از قبل شناخته شده است (شفیعی نیکآبادی و شهرابی، ۲۰۱۵). چندین شاخص از جمله هزینه، مسئولیت در قبال مشتری و مدت زمان فرآیند تولید برای ارزیابی عملکرد در مطالعات اولیه بر روی مدل‌سازی زنجیره تأمین استفاده شده است (آرنزن و همکاران، ۱۹۹۵). بنابراین، انتخاب رویکردی برای ارزیابی زنجیره تأمین مانند سایر رویکردهای موجود در ارزیابی کسب و کارها و شرکت‌ها ضروری است. عملکرد زنجیره تأمین سبز (GSCI) استراتژی است که جریان مواد را در طول زنجیره ارزش از طریق مراحل مختلف مانند اکتساب، تولید و توزیع با هدف حفظ محیط‌زیست با حفاظت از منابع طبیعی مدیریت می‌کند (شفیعی نیکآبادی و شهرابی، ۲۰۱۵).

پیشینه پژوهش

در این بخش به بررسی مطالعات خارجی و داخلی مرتبط با موضوع پژوهش پرداخته می‌شود:

- McCormack et al^۱
- Neely et al^۲
- Bhagwat and Sharma^۳
- Beamont^۴
- Bond^۵
- Arentzen et al^۶
- Green Supply Chain Initiatives^۷



چاکرابورتی و همکاران^۱ (۲۰۲۳)، به تحلیل عوامل داخلی مدیریت زنجیره تامین سبز: یک رویکرد مدل‌سازی ساختاری تفسیری پرداختند. در این مطالعه عوامل داخلی عملکرد مدیریت زنجیره تامین سبز مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و مدل نظری با توجه به قدرت محرکه و قدرت وابستگی عامل توسعه می‌یابد. در این مطالعه در میان ۸ عامل شناسایی شده، تعهد مدیریت ارشد مهمترین عامل برای بالاترین قدرت محرکه آن است. فرآیند لجستیک معکوس در مرحله بعدی قرار دارد و ذخیره سازی و مدیریت مواد در سطح بالایی قرار دارد. لیتیتی و همکاران^۲ (۲۰۲۲)، در پژوهش خود به بررسی نقش نوآوری سبز و مدیریت زنجیره تامین در هدایت عملکرد شرکت پرداختند. نتایج نشان داد که شرکت‌های کوچک و متوسط را به ایجاد تغییرات استراتژیک و عملیاتی که منجر به اثرات زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی قابل توجهی می‌شود برمی‌انگیزد. چرافی و همکاران^۳ (۲۰۱۸)، در مطالعه خود به بررسی شیوه‌های ناب، سبز و نوآوری فرآیند: مدلی برای عملکرد زنجیره تامین سبز پرداختند. نتایج نشان داد که: (۱) شیوه‌های ناب مانند JIT^۴، کاهش زمان راه‌اندازی، تولید سلولی و حذف (۲) شیوه‌های سبز از جمله طراحی زیست‌محیطی، ارزیابی چرخه عمر، تولید سبز، لجستیک معکوس و مدیریت زباله ضایعات (۳) نوآوری فرآیند، اثری را تقویت می‌کند که به شیوه‌های ناب و سبز به طور قابل توجهی به بهبود عملکرد GSC کمک کنند. (۴) شیوه‌های نوآوری فرآیند مانند پاسخ سریع به فرآیندهای جدید معرفی شده توسط سایر شرکت‌ها در همان بخش، تمایل پیشگامانه به فرآیندهای معرفی شده جدید و تعداد تغییرات در فرآیند معرفی شده در یک سال، سهم مستقیمی در بهبود GSC ندارند. چاند و همکاران^۵ (۲۰۱۸) نگرشی برای تجزیه و تحلیل موضوعات انتخابی از زنجیره تامین سبز بر اساس روش ANP-MOORA با هدف انتخاب بهترین آلترناتیو برای زنجیره تامین از بین گزینه‌های زنجیره تامین سبز، زنجیره تامین سنتی، زنجیره تامین پاسخگو و زنجیره تامین معکوس بر اساس یک سری معیار و زیر معیار از روش های ANP و MOORA استفاده کردند. کازان اوغلو و همکاران^۶ (۲۰۱۸) در پژوهش خود یک چارچوب مفهومی جدید برای ارزیابی عملکرد مدیریت زنجیره تامین سبز مبتنی بر اقتصاد مدور، چهارچوبی برای ارزیابی عملکرد زنجیره تامین سبز ارائه کردند. آنها در این پژوهش عملکردهای زیست محیطی، مالی، سازمانی، لجستیک و مشتری را با زیر معیارهایشان مورد ارزیابی قرار می‌دهند. مالویا و کانت^۷ (۲۰۱۷) پژوهشی در زمینه مدل‌سازی توانمندسازهای مدیریت زنجیره تامین سبز: یک نگرش یکپارچه بر اساس ISM - fuzzy MICMAC به دنبال تشخیص و توسعه توانمندسازهای زنجیره تامین سبز و تعیین روابط میان آنها و تاثیرگذاری شان بر زنجیره تامین سبز انجام دادند. نعیمی و ملایی (۱۴۰۱)، به شناسایی و اولویت‌بندی مدیریت زنجیره تامین سبز در صنعت فولاد استان کرمان پرداختند. یافته‌های پژوهش نشان داد که مدیریت زنجیره تامین سبز در صنعت فولاد استان کرمان در زمینه تعهد مدیریت ارشد شامل (خط‌مشی‌های محیطی صنعت فولاد استان کرمان، برنامه‌ریزی، استراتژی مبتنی بر منابع و فرهنگ کار سبز)، تجزیه و تحلیل محیطی شامل (تجزیه و تحلیل فرآیند، تجزیه و تحلیل جنبه‌های فنی، تحلیل فرهنگی و ارزیابی چرخه حیات)، رویکرد اجرایی شامل (ساختار و مسئولیت، ارتباطات، سیستم مدیریت محیط زیست کنترل اسناد، کنترل

Chakraborty et al^۱
 Le T T et al^۲
 Cherafi et al^۳
 Just in Time^۴
 Chand et al^۵
 Kazanoglu et al^۶
 Maloya and Kant^۷



عملیاتی و آمادگی برای شرایط اضطراری) و پیشرفت متداوم شامل (نظارت، ارزیابی عدم انطباق و اقدام اصلاحی، سوابق و مدارک، حسابرسی سیستم مدیریت محیط زیست و بررسی‌های مدیریتی در صنعت فولاد استان کرمان می‌شود. مهدیان و تیغ ران ریزی (۱۴۰۱)، به مطالعه زنجیره تامین سبز در صنعت فولاد (مفاهیم، چالش‌ها و راهکارها) پرداختند. این پژوهش به مبانی نظری و ادبیات زنجیره تامین سبز پرداخته و راهکارها و پیشنهادهای جهت رفع تهدیدات چالش‌ها در این عرصه به ویژه صنعت فولاد ارائه گردیده است. ضیائی سیسخت و عسکری (۱۴۰۱)، به بررسی عملکرد زنجیره تامین سبز در صنعت چاپ و بسته‌بندی با استفاده از روش کارت امتیازی متوازن پرداختند. در این پژوهش گروه صنعتی پما مورد مطالعه قرار گرفته است و شاخص‌های ارزیابی عملکرد ارائه شده است. بر اساس این موضوع، استراتژی و شاخص‌های تعریف شده به وسیله روش T-student از منظر مالی، مشتری، فرآیندهای داخلی و رشد و آموزش مورد بررسی قرار گرفته است. درویشی سلوکلائی و کربلایی ابراهیم (۱۴۰۰)، به ارزیابی عملکرد زنجیره تامین سبز با استفاده از مدل دیمتل در محیط عدم قطعیت خاکستری پرداختند. روش پیشنهادی نقاط قوت و ضعف شرکت‌ها را از نظر سبز بودن نشان می‌دهد؛ علاوه بر این، می‌تواند برای ارزیابی، بهبود و توسعه محصولات بهتر و فرآیندهای سبز استفاده شود. نتایج می‌تواند مدیران را در انتخاب بهترین شریک در میان نامزدهای همکاری آینده راهنمایی کند. دلشاد و همکاران (۱۴۰۰)، در پژوهشی تحت عنوان ارائه الگوی مدیریت زنجیره تامین سبز جهت توسعه پایدار محیط‌زیست با رویکرد مبتنی بر نظریه داده بنیاد و دیمتل نشان دادند که معیارهای محوری طراحی فرآیندهای سبز، مشتریان و سایر نهادهای بیرونی، نوآوری سبز، رویکردهای مدیریت محیط‌زیستی، قابلیت‌های تأمین‌کنندگان سبز، مدیریت منابع انسانی، بهبود عملکرد محیط زیست، مدیریت و بهینه‌سازی مصرف انرژی (دارای مقادیرهای بزرگتر از حد آستانه)، دارای درجه اهمیت (وزن) بالاتری هستند. بالایی و همکاران (۱۴۰۰)، به شناسایی عوامل موثر بر زنجیره تامین سبز در صنعت فولاد گیلان با رویکرد کمی پرداختند. در فرآیند 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 هر یک 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 می‌باشد. رعیت‌نیا دروپی (۱۴۰۰)، به شناسایی و ارزیابی معیارهای عملکرد زنجیره تامین ارتجاعی سبز (مطالعه موردی: شرکت ایران خودرو) پرداخت. یافته‌ها نشان داد که میزان معیار عملکرد ساختاری، رفتاری، زمینه‌ای زنجیره تامین ارتجاعی سبز بیشتر از حد متوسط است و همچنین شاخص‌های برآوردی الگو در شاخه‌های ساختاری، رفتاری و زمینه‌ای از برآورد مناسبی و مطلوبی برخوردار می‌باشد. کمند و نصرآبادی (۱۳۹۷)، به شناسایی عوامل کلیدی موفقیت زنجیره تامین سبز با رویکرد معادلات ساختاری (مطالعه موردی: شرکت فولاد مبارکه اصفهان) پرداختند. یافته‌ها حاکی از آنست که وضعیت آلودگی‌های محیط‌زیست، وضعیت مدیریت محیط‌زیست، هزینه‌های رفع آلودگی‌ها و بهره‌وری سبز بر موفقیت زنجیره تامین سبز تأثیر مثبت و معنی‌داری دارد. بررسی پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که به طور کلی مطالعاتی پیرامون مبحث پژوهش صورت گرفته است. به طور مثال چاکرابورتی و همکارانش با رویکرد مدل‌سازی ساختاری تفسیری به تحلیل عوامل داخلی عملکرد مدیریت زنجیره تامین سبز پرداختند. در پژوهش دیگری توسط لیتیتی و همکارانش نقش نوآوری سبز و مدیریت زنجیره تامین در هدایت عملکرد شرکت مورد بررسی قرار گرفته است. چرافی و همکاران نیز با بررسی شیوه‌های ناب، سبز و نوآوری فرآیند مدلی برای عملکرد زنجیره تامین سبز طراحی نمودند. کازان اوغلو و همکاران چهارچوبی برای ارزیابی عملکرد



زنجیره تامین سبز (عملکردهای زیست محیطی، مالی، سازمانی، لجستیک و مشتری) ارائه نمودند. نعیمی و ملایی به شناسایی و اولویت‌بندی مدیریت زنجیره تامین سبز پرداختند. مهدیان و تیغ‌ران‌ریزی به مطالعه مبانی نظری و ادبیات زنجیره تامین سبز و ارائه راهکارها جهت رفع چالش‌ها پرداختند. ضیائی سیسخت و عسکری نیز با روش کارت امتیازی متوازن عملکرد زنجیره تامین سبز در صنعت چاپ و بسته‌بندی را مورد بررسی قرار دادند. درویشی سلوکلائی و کربلایی ابراهیم با استفاده از مدل دیمتل در محیط عدم قطعیت خاکستری نقاط قوت و ضعف شرکت‌ها را از نظر سبز بودن نشان می‌دهند. دلشاد و همکاران نیز با رویکرد مبتنی بر نظریه داده بنیاد و دیمتل به ارائه الگوی مدیریت زنجیره تامین سبز جهت توسعه پایدار محیط‌زیست پرداختند. بالایی و همکاران با استفاده از تکنیک دلفی فازی به شناسایی عوامل موثر بر زنجیره تامین سبز پرداختند. کمند و نصری نصرآبادی نیز با رویکرد معادلات ساختاری به شناسایی عوامل کلیدی موفقیت زنجیره تامین سبز پرداختند. با توجه به پژوهشهای داخلی و خارجی مشاهده شده می‌توان نتیجه گرفت، ارزیابی عملکرد زنجیره تامین سبز با شاخصهای جمع‌آوری شده با رویکرد مدل‌سازی ساختاری تفسیری در صنعت فولاد انجام نگرفته است.

۳- روش پژوهش

این پژوهش بر اساس ماهیت و روش پژوهش از نوع کاربردی است. هدف از انجام این پژوهش ارائه مدلی از عوامل موثر بر عملکرد زنجیره تامین سبز در صنعت فولاد است. عوامل موثر با مطالعه ادبیات پژوهش استخراج و در گام بعد به بررسی روابط ساختاری و سلسله‌مراتبی عوامل پرداخته شد. جامعه آماری در مدل‌سازی ساختاری تفسیری متشکل از ۸ نفر از مدیران و خبرگان در صنعت فولاد یزد می‌باشد که بصورت هدفمند انتخاب شدند. در این پژوهش جهت جمع‌آوری داده‌ها برای تبیین روابط درونی بین عوامل موثر بر زنجیره تامین سبز از پرسشنامه مرتبط با مدل‌سازی ساختاری تفسیری استفاده شده است. در این پرسشنامه از خبرگان خواسته شده که با استفاده از حروف O، V، A، X رابطه بین عوامل را تعیین کنند (در ادامه به تعریف نمادها پرداخته می‌شود)، سپس با استفاده از تکنیک ISM به شناسایی، سطح‌بندی و تفسیر این عوامل اقدام گردیده است.

مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM)

این روش توسط وارفیلد در سال ۱۹۷۴ توسعه داده شد که یک روش ساختار تفسیری است. در این روش روابط بین مولفه‌ها و سطح‌بندی بین مولفه‌ها ارائه می‌گردد که برای تصویرسازی، ایجاد و فهم یک ساختار سلسله‌مراتبی از یک سیستم پیچیده جهت تحلیل و حل مشکلات در تصمیم‌گیری استفاده می‌شود. این رویکرد ساختاری است، بنابراین ساختار کلی مستخرج از مجموعه پیچیده متغیرها بر اساس روابط می‌باشد (آذر و خرمی، ۱۳۹۹). یک رویکرد سیستماتیک با متد گام به گام بوده که دارای ۷ مرحله می‌باشد.

(۱) شناسایی فاکتورها: عوامل مورد نظر شناسایی و فهرست می‌شوند.

(۲) محاسبه ماتریس خودتعاملی ساختار یافته (SSIM): برای ایجاد این ماتریس لازم است تا وابستگی میان تمام عناصر شناسایی شده و بصورت دو به دو بررسی شود. با استفاده از معیارها و متغیرهای شناسایی شده

Interpretive Structural Modelling¹
Warfield²
Structured self-interaction matrix³



در مرحله اول با توجه به هر جفت از معیارها یک رابطه میان آنها توسط هر کدام از خبرگان تعریف و در ماتریس خودتعاملی ساختار یافته وارد می‌شود. ابعاد این ماتریس، به تعداد متغیرهاست. جهت شناسایی رابطه میان متغیرها، از ۴ نماد (X, A, V, O) استفاده شده است. برای تعیین روابط بین متغیرها بر اساس بیشترین فراوانی (مد) هر کدام از حروف در پرسشنامه‌های خبرگان تجمیع نظرات صورت می‌گیرد و ماتریس خودتعاملی ساختاری ایجاد می‌شود.

X : عوامل "i" و "j" به تحقق یکدیگر کمک می‌کنند؛ O : عامل "i" و عامل "j" بی ارتباط هستند؛
 A : عامل "i" توسط عامل "j" محقق می‌شود؛

۳) ماتریس دسترسی اولیه (SSIM)

پس از جایگزینی اعداد صفر و یک به جای نمادهای چهارگانه ماتریس خودتعاملی ساختار یافته، ماتریس دسترسی اولیه حاصل می‌شود. جایگزینی بر اساس قوانین زیر صورت می‌پذیرد:

- ✓ اگر ورودی (i, j) در ماتریس خودتعاملی ساختار یافته "v" باشد، در ماتریس دسترسی ورودی (i, j) عدد ۱ و ورودی (i, j) عدد صفر خواهد بود.
- ✓ اگر ورودی (i, j) در ماتریس خودتعاملی ساختار یافته "A" باشد، در ماتریس دسترسی ورودی (i, j) عدد صفر و ورودی (i, j) عدد ۱ خواهد بود.
- ✓ اگر ورودی (i, j) در ماتریس خودتعاملی ساختار یافته "X" باشد، در ماتریس دسترسی ورودی (i, j) عدد ۱ و ورودی (i, j) عدد ۱ خواهد بود.
- ✓ اگر ورودی (i, j) در ماتریس خودتعاملی ساختار یافته "O" باشد، در ماتریس دسترسی ورودی (i, j) عدد صفر و ورودی (i, j) عدد صفر خواهد بود.

۴) سازگار کردن ماتریس دسترسی اولیه (ماتریس دستیابی نهایی)

پس از اینکه ماتریس اولیه دستیابی بدست آمد، باید سازگاری درونی آن برقرار شود. بعنوان نمونه اگر متغیر ۱ منجر به متغیر ۲ شود و متغیر ۲ منجر به متغیر ۳ شود باید متغیر ۱ نیز منجر به متغیر ۳ شود و اگر در ماتریس دسترسی این حالت برقرار نبود باید ماتریس اصلاح شود و روابطی این‌چنینی اصلاح شود. برای سازگار کردن ماتریس روشهای مختلفی پیشنهاد شده است. گروهی از محققین ادعا دارند بعد از آوردن ماتریس خودتعاملی ساختار یافته و دسترسی، در صورت وجود ناسازگاری درون ماتریس دسترسی باید پرسشنامه مجدداً بوسیله خبرگان پر شود و آنگاه دوباره سازگاری ماتریس دسترسی بررسی شود و این کار باید آن قدر ادامه پیدا کند تا اینکه سازگاری برقرار شود. گروهی دیگر از محققین از قوانین ریاضی برای ایجاد سازگاری در ماتریس دستیابی استفاده می‌کنند، به این صورت که ماتریس دسترسی را به توان $K+1$ می‌رساند و $K \geq 1$ می‌باشد. البته عملیات به توان رساندن ماتریس باید طبق قاعده بولن باشد. طبق این قاعده

(۱)

$$M^* = M^k = M^{k+1}, k > 1$$



۵) سطح بندی کردن متغیرهای پژوهش

- به منظور تعیین سطح عوامل در مدل نهایی و اولویت بندی آنها به ازاء هر یک از آنها مجموعه‌های ورودی، خروجی و مشترک تشکیل می‌شود. هر یک از مجموعه‌های فوق‌الذکر بصورت زیر تعریف می‌شوند:
- مجموعه خروجی: مجموعه عواملی که عامل مورد بررسی به آنها منتهی می‌شود+ خود عامل
 - مجموعه ورودی: مجموعه عواملی که به عامل مورد بررسی منتهی می‌شود+ خود عامل
 - مجموعه مشترک: اشتراک دو مجموعه فوق می‌باشد.
 - هر چه مجموعه‌های مشترک و خروجی یک عامل، نقاط اشتراک بیشتری داشته باشد آن متغیر در سطح بالاتری قرار می‌گیرد.

۶) ترسیم مدل: بر اساس سطح بندی انجام شده و روابط تعیین شده در ماتریس دستیابی نهایی، یک گراف جهت دار ترسیم می‌گردد.

۷) تجزیه و تحلیل قدرت نفوذ و میزان وابستگی با روش (MICMAC)

۴- تجزیه تحلیل داده‌ها (یافته‌های پژوهش)

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و طراحی مدل ارزیابی عملکرد زنجیره تامین سبز در صنعت فولاد، مراحل روش مدل سازی ساختاری تفسیری طی شد. در گام اول برای شناسایی فاکتورها و متغیرها، پس از مطالعه و بررسی ادبیات و پیشینه موضوع جدول ۱ استخراج و مورد استفاده قرار گرفته است.

جدول شماره ۱: متغیرهای موثر بر عملکرد زنجیره تامین سبز

منابع	عوامل	ردیف
Varma(2006),Epstein & Wisner (2001) , Hervani et al. (2005), Shahrabi & Shafiei Nikabadi (2015), خبرگان	تحویل‌های سریعتر (faster delivery)	۱
	قابلیت تجدیدپذیری (Recycling)	۲
	نرخ صرفه جویی و نگهداری از انرژی (Energy saving and maintenance rate)	۳
	اقدامات سبز تجاری (Green Business Practices)	۴
	تعادل میان هزینه و آلودگی (Balancing cost and pollution)	۵

تعریف متغیرهای پژوهش

- ۱) تحویل سریع هر تحویلی است که پس از ثبت سفارش خیلی سریع انجام می‌شود و معمولاً ماهیت سریع تحویل یکی از معیارهای کلیدی برای خرید است.
- ۲) باز یافت توسط شرکت‌ها برای کاهش تعداد زباله‌ها در زنجیره تامین استفاده می‌شود و از مهم‌ترین چالش‌هایی است که شرکت‌ها در سرتاسر جهان با آن مواجه هستند که فرآیندهای طراحی شده برای تشویق استفاده مجدد از مواد و کار با راه‌حل‌های پایدارتر را اعمال می‌کنند.
- ۳) صرفه جویی در هزینه انرژی به معنای کاهش اندازه‌گیری شده در هزینه سوخت و مصرف انرژی و هزینه‌های عملیاتی است.



۴) اقدامات سبز تجاری یعنی فروش محصولات سازگار با محیط زیست یا سبز کردن فرآیندهای خود برای پایدارتر کردن آنها از نظر محیط زیست

پس از شناسایی ابعاد و عناصر تاثیرگذار بر عملکرد زنجیره تامین سبز در گام بعدی برای بدست آوردن ماتریس خودتعاملی ساختاری پرسشنامه‌ای طراحی و برای خبرگان ارسال شد. ۵ فاکتور شناسایی شده در سطر و ستون اول جدول جایگذاری شدند و از پاسخ دهنده خواسته شد با توجه به نمادهای معرفی شده (O, X, V, A) نوع ارتباط دو به دوی فاکتورها مشخص شود. این پرسشنامه در اختیار ۸ نفر از مدیران و خبرگان صنعت فولاد یزد قرار داده شد. خبرگان بر اساس روابط مفهومی و استفاده از علائم مربوطه ماتریسها را تکمیل نمودند. درنهایت ماتریس خودتعاملی ساختاری بر اساس بیشترین فراوانی هر کدام از حروف در پرسشنامه خبرگان در جدول شماره ۲ بدست آمده است.

طراحی ماتریس دستیابی (RM)

جدول ۲: ماتریس خودتعاملی عوامل موثر بر عملکرد زنجیره تامین سبز

شاخص‌ها	۱	۲	۳	۴	۵
۱	X	V	O	O	V
۲		X	X	V	V
۳			X	X	V
۴				X	X
۵					X

در گام بعد برای تکمیل ماتریس فوق از قاعده نفی منطقی استفاده می‌شود. قاعده نفی منطقی به ازای V و A رخ می‌دهد. با تبدیل نمادهای روابط ماتریس SSIM به اعداد صفر و یک برحسب قواعدی می‌توان به ماتریس دستیابی (مرحله سوم) دست یافت که نتایج ماتریس دستیابی در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳: ماتریس دستیابی اولیه

عوامل	۱	۲	۳	۴	۵
۱	۱	۱	۰	۰	۱
۲	۰	۱	۱	۱	۱
۳	۰	۱	۱	۱	۱
۴	۰	۰	۱	۱	۱
۵	۰	۰	۰	۱	۱

در این گام ماتریس خودتعاملی ساختاری از ابعاد و شاخص‌های مطالعه و مقایسه آن‌ها با استفاده از چهار حالت روابط مفهومی تشکیل می‌شود. جمع سطری و ستونی ماتریس خودتعاملی نهایی را مطابق جدول ۴ بدست می‌آوریم. با توجه به مقدار حداکثری عوامل ۲ و ۳ در سطر و ۵ در ستون، عامل‌های قابلیت تجدیدپذیری و نرخ صرفه‌جویی و نگهداری از انرژی نافذترین عنصر و عامل تعادل بین هزینه و آلودگی وابسته‌ترین عنصر در بین عوامل می‌باشد. انتظار می‌رود نافذترین عنصر در سطوح بالاتر و وابسته‌ترین عنصر در سطوح پایین‌تر قرار بگیرند.



جدول ۴: ماتریس خودتعاملی ساختاری متغیرهای پژوهش

عوامل	۱	۲	۳	۴	۵	جمع سطری (قدرت نفوذ)
۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱
۲	۰	۱	۱	۱	۰	۳
۳	۰	۰	۱	۱	۱	۳
۴	۰	۰	۰	۱	۱	۲
۵	۰	۰	۰	۰	۱	۱
جمع ستونی (میزان وابستگی)	۲	۳	۳	۴	۵	

برای تعیین روابط و سطح‌بندی معیارها باید مجموعه خروجی‌ها و مجموعه ورودی‌ها برای هر معیار از ماتریس دریافتی استخراج شود. مجموعه خروجی‌ها شامل خود معیار و معیارهایی است که از آن تاثیر می‌پذیرد. مجموعه ورودی‌ها شامل خود معیار و معیارهایی است که بر آن تاثیر می‌گذارند. سپس مجموعه روابط دوطرفه معیارها مشخص می‌شود. مجموعه اشتراک شامل عناصر مشترک در مجموعه خروجی و مجموعه ورودی بوده و فراوانی شامل مجموع تعداد مجموعه خروجی و مجموعه مشترک در هر ردیف می‌باشد. در جدول شماره ۵ مجموعه ورودی‌ها، خروجی‌ها و مشترک برای تعیین سطح آورده شده است.

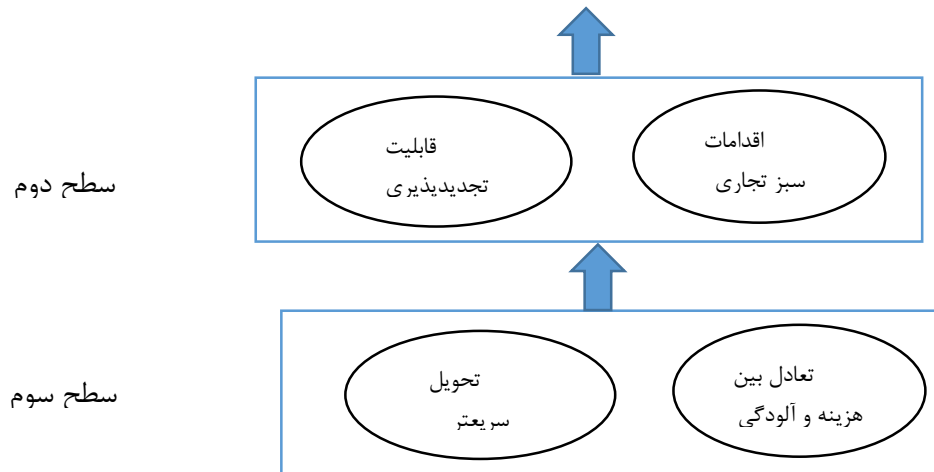
جدول ۵: تعیین سطوح متغیرها

شاخص	مجموعه خروجی	مجموعه ورودی	مجموعه اشتراکات	فراوانی	سطح
۱	۱،۲،۵	۱	۱	۴	۳
۲	۲،۳،۴،۵	۱،۲،۳	۲،۳	۶	۲
۳	۲،۳،۴،۵	۲،۳،۴	۲،۳،۴	۷	۱
۴	۳،۴،۵	۲،۳،۴،۵	۳،۴،۵	۶	۲
۵	۴،۵	۱،۲،۳،۴،۵	۴،۵	۴	۳

پس از تعیین روابط و سطوح متغیرها مطابق جدول ۵، به ترسیم مدل پرداخته شد. سطوح شاخص‌ها پس از دریافت فراوانی دو ستون مجموعه خروجی و مجموعه مشترک، بر اساس کمترین فراوانی و سطح‌بندی آن به صورت صعودی صورت می‌گیرد. طبق این قاعده مجموعه فراوانی ستون مجموعه خروجی و ستون مشترک مبنا قرار می‌گیرند. الگوی نهایی سطوح متغیرهای شناسایی شده در شکل ۱ نشان داده شده است. در این نگاره فقط روابط معنادار عناصر هر سطح بر عناصر سطح مجاور و همچنین روابط درونی معنادار عناصر هر سطح در نظر گرفته شده است. مطابق نتایج جدول بالا این مدل دارای ۳ سطح می‌باشد که می‌توان سطوح شاخص‌ها و ارتباطات بین آنها را در شکل ۱ مشاهده کرد.

سطح اول

صرفه-
جویی در انرژی



شکل ۱: مدل سازی ساختاری تفسیری عملکرد زنجیره تامین سبز

گام تکمیلی: تست و تایید نتایج

تحلیل MICMAC

در این مرحله با استفاده از روش MICMAC نوع متغیرها با توجه به اثرگذاری و اثرپذیری بر سایر متغیرها مشخص شده است. پس از تعیین قدرت نفوذ یا اثرگذاری و میزان وابستگی عوامل می‌توان تمامی عوامل موثر بر عملکرد زنجیره تامین سبز را در یکی از خوشه‌های چهارگانه روش ماتریس اثر متغیر طبقه‌بندی نمود. به منظور بخش‌بندی معیارها، در ماتریس دسترسی نهایی باید برای هر یک از عناصر قدرت نفوذ و وابستگی تعریف شود. قدرت نفوذ یک عنصر یا معیار، تعداد معیارهایی است که متاثر از معیار مربوطه می‌شوند. از جمله خود آن معیار. قدرت وابستگی نیز تعداد معیارهایی است که بر معیار مربوطه تاثیر می‌گذارند و منجر به دستیابی به آن می‌شوند. این قدرت‌های نفوذ و وابستگی در تحلیل ماتریس اثر (MICMAC) دسته‌بندی استفاده می‌شوند. هدف این تحلیل، تشخیص و تحلیل قدرت هدایت و وابستگی متغیرهاست و در آن عوامل بر اساس قدرت نفوذ یا هدایت (جمع ضرایب عامل در سطر) و وابستگی (جمع ضرایب عامل در ستون) خود به چهار دسته تقسیم می‌شوند (اصلی‌پور و خان محمدی، ۱۳۹۷). دسته اول متغیرهای خودمختار هستند که قدرت نفوذ و وابستگی ضعیفی دارند. این معیارها نسبتاً جدای از سیستم قرار دارند که در واقع پیوندهای اندکی با سایر عناصر سیستم دارند. خوشه دوم شامل معیارهای وابسته است که قدرت نفوذ ضعیفی داشته اما قدرت وابستگی بالایی دارند. خوشه سوم معیارهای پیوندی نام دارند که هم قدرت نفوذ قوی و هم قدرت وابستگی قوی دارند. این معیارها در حقیقت غیرمانا و یا غیرپایدار می‌باشند به این دلیل که هر اقدامی روی این معیارها تاثیری بر دیگر معیارها و یا بازخوردی به خودشان خواهد داشت. خوشه چهارم، شامل معیارهای مستقل است که قدرت نفوذ بالایی به همراه قدرت وابستگی پایینی دارند. همانطور که ملاحظه می‌شود یک معیار با قدرت نفوذ قوی معیار کلیدی نام می‌گیرد و در دسته متغیرهای مستقل و یا پیوندی جای دارد.



	مستقل IV			پیوندی III	
۵					
۴		۲، ۳			
۳	۱		۴		
۲					۵
۱	خودمختار I			وابسته II	
	۱	۲	۳	۴	۵

درجه وابستگی

شکل ۲: خوشه‌بندی شاخص‌ها (نمودار قدرت نفوذ و وابستگی)

۵- بحث و نتیجه‌گیری :

نتایج سطح‌بندی عوامل موثر بر عملکرد زنجیره تامین سبز در شکل ۲ نشان می‌دهد که در میان متغیرها، شاخص ۵ (تعادل میان هزینه و آلودگی) و سپس شاخص ۴ (اقدامات سبز تجاری) در ناحیه وابسته (ناحیه ۲) شکل ۱ قرار دارند و به ترتیب دارای بیشترین درجه وابستگی و قدرت نفوذ پایین می‌باشند. شاخص ۲ و ۳ (قابلیت تجدیدپذیری و حفاظت و صرفه جویی در انرژی)، در ناحیه مستقل (ناحیه ۴) قرار دارند که دارای قدرت نفوذ بالا و درجه وابستگی پایین برخوردار است و در نهایت شاخص ۱ (تحويل سریعتر)، در ناحیه خودمختاری (ناحیه ۱) قرار دارد، این شاخص دارای کمترین درجه وابستگی و قدرت نفوذ پایین می‌باشد. این شاخص تا حدودی از سایر شاخص‌ها مجزا بوده و ارتباط کمی با سایر شاخص‌ها دارند. هر چه از پایین شکل به سمت بالا حرکت شود از شدت تاثیرپذیری و قدرت نفوذ متغیر کاسته و بر شدت تاثیرگذاری و وابستگی آنها افزوده می‌شود و سطح پایینتر پایه و اساس ارکان آن را تشکیل می‌دهد.

در این پژوهش ابتدا فاکتورهای اصلی و تاثیرگذار بر ارزیابی عملکرد زنجیره تامین سبز از طریق مرور پیشینه پژوهش و ادبیات موضوع در قالب مطالعات کتابخانه‌ای در قالب جدول ۱ ارائه گردید. هدف این پژوهش ارائه مدلی جهت ارزیابی عملکرد زنجیره تامین سبز در صنعت فولاد می‌باشد. به منظور سطح‌بندی مولفه‌های ارزیابی عملکرد زنجیره تامین سبز از مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM) استفاده شد که پس از طی مراحل و گام‌های آن مدلی در ۳ سطح و با ۵ شاخص ارائه گردید. نتایج حاصل از شکل ۱ نشان می‌دهد که شاخص‌های تحويل سریعتر و تعادل میان هزینه و آلودگی در پایین‌ترین قسمت مدل یعنی در سطح سوم قرار دارند که نشان دهنده تاثیرگذاری زیاد بر شاخص‌های دیگر است و باید مورد توجه بیشتری قرار گیرند. شاخص‌های قابلیت تجدیدپذیری و حفاظت و صرفه‌جویی در انرژی نافذترین و شاخص تعادل بین هزینه و آلودگی و اقدامات سبز تجاری به ترتیب وابسته‌ترین عناصر در زنجیره تامین سبز صنعت فولاد می‌باشند.



۶- منابع و مآخذ

- (۱) آذر، عادل و خرّمی، امیر. (۱۳۹۹). طراحی مدل تاب‌آوری زنجیره‌تأمین صنعت دارو در شرایط بحران با رویکرد مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM). *نشریه علمی پژوهشی مدیریت کسب و کارهای بین‌المللی*. ۳ (پیاپی ده). ۳۱-۱.
- (۲) آذرکمند، سحر و نصری نصرآبادی، مریم. (۱۳۹۷). شناسایی عوامل کلیدی موفقیت زنجیره تامین سبز با رویکرد مدل سازی ساختاری تفسیری (مطالعه موردی: شرکت فولاد مبارکه اصفهان). *نشریه مطالعات کاربردی در علوم مدیریت و توسعه*، دوره: ۳، شماره: ۱۴.
- (۳) اصلی‌پور، حسین، خان‌محمدی، هادی. (۱۳۹۷). تحلیل ساختاری - تفسیری سیاستگذاری در موضوعات راهبردی سطح ملی (مورد مطالعه: مسائل زیست‌محیطی کشور). *بهبود مدیریت*، ۱۲ (۳ پیاپی ۴۱)، ۲۵-۴۴.
- (۴) بالایی، سیروس؛ محمدی، نبی اله و درودی، هما. (۱۴۰۰). شناسایی عوامل موثر بر زنجیره تامین سبز در صنعت فولاد گیلان با رویکرد کمی. *تحقیق در عملیات در کاربردهای آن (ریاضیات کاربردی)*، ۱۱ (۱ پیاپی ۶۸)، ۱۲۵-۱۴۳.
- (۵) جهانی بهنمیری، فاطمه. (۱۳۹۸). ارائه روشی جهت انتخاب تأمین‌کننده در زنجیره تأمین سبز: شرکت آذین مهر خزر. پایان نامه دوره کارشناسی ارشد گروه مدیریت صنعتی دانشکده علوم اقتصاد اداری دانشگاه مازندران.
- (۶) حاجیلو، آما. (۱۴۰۰). ارائه و تبیین مدل ارزیابی عملکرد زنجیره تامین سبز (مورد مطالعه: شرکت تامین کننده قطعات خودرو (سایپکو)). پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه مدیریت صنعتی دانشکده مدیریت موسسه آموزش عالی دماوند.
- (۷) درویشی سلوکلائی، داود و کربلایی ابراهیم، علی. (۱۴۰۰). ارزیابی عملکرد مدیریت زنجیره تامین سبز با استفاده از مدل دیمتل در محیط عدم قطعیت خاکستری، دومین کنفرانس بین‌المللی چالش‌ها و راهکارهای نوین در مهندسی صنایع و مدیریت و حسابداری، دامغان.
- (۸) دلشاد، زهرا؛ ربانی، مژده و دهقان دهنوی، حسن. (۱۳۹۹). ارائه الگوی زنجیره تأمین سبز جهت توسعه پایدار زیست محیطی با رویکرد مبتنی بر نظریه داده‌بنیاد و دیمتل. *برنامه ریزی و توسعه گردشگری*. ۹ (۳۵). ۱۸۷-۲۰۸.



- ۹) رعیت‌نیا دروپی، عاطفه. (۱۴۰۰). شناسایی و ارزیابی معیارهای عملکرد زنجیره تأمین ارتجاعی سبز (مطالعه موردی: شرکت ایران خودرو). پایان نامه کارشناسی ارشد گروه مهندسی دانشکده مهندسی صنایع موسسه آموزش عالی هدف.
- ۱۰) ضیائی سیسخت، عبدالصالح و عسگری، نازگل. (۱۴۰۰). بررسی عملکرد زنجیره تأمین سبز در صنعت چاپ و بسته بندی با استفاده از روش کارت امتیازی متوازن. دومین کنفرانس بین‌المللی یافته‌های پژوهشی در مدیریت، اقتصاد و حسابداری، تهران.
- ۱۱) مروتی شریف‌آبادی، علی؛ حنظل عیدانی، حمید و موسوی، فاضل. (۱۳۹۵). ارائه الگوی استقرار زنجیره تأمین سبز در شرکت پتروشیمی پردیس با استفاده از روش نقشه شناختی فازی. نشریه علمی مدیریت زنجیره تأمین. ۷۸-۶۵. (۵۴) ۱۸.
- ۱۲) ملایی، حمیدرضا و نعیمی، نجمه. (۱۴۰۱). شناسایی و اولویت‌بندی عوامل توسعه پایدار صنعت فولاد با محوریت مولفه‌های مدیریت زنجیره تأمین سبز در صنعت فولاد استان کرمان. سومین کنفرانس ملی مدیریت بازرگانی، کارآفرینی و حسابداری ایران، تهران.
- ۱۳) هادیان، محمدحسین و تیغ‌ران‌ریزی، ابوالفضل. (۱۴۰۱). زنجیره تأمین سبز در صنعت فولاد (مفاهیم، چالش‌ها و راهکارها). سومین کنفرانس بین‌المللی چالش‌ها و راهکارهای نوین در مهندسی صنایع، مدیریت و حسابداری، چابهار.

- 1) Arntzen, B.C., Brown, G.G., Harrison, T.P. and Trafton, L.L. (1995) 'Global supply chain management at digital equipment corporation', *Interfaces*, Vol. 25, No. 1, pp.69-93.
- 2) Azad, S., Modiri, M., (2018). Application of Interpretive Structural Modeling for Green Supply Chain Management Capabilities (Case Study: Iran Khodro Company). 8 th International Conference on Management and Accounting and 5 th Conference on Entrepreneurship and Open Innovations, University of Tehran, 1 - 18.
- 3) Beamont, B.M. (1996) 'Performance measures in supply chain management', *Proceedings of the Agile and Intelligent Manufacturing Symposium*, Rensselaer Polytechnic Institute, NY.
- 4) Beske, P., Seuring, S., (2014). Putting sustainability into supply chain management. *Supply Chain Management: An International Journal*, 19 (3), 322 - 179 175 ,3(331
- 5) Bhagwat, M. and Sharma, M.K. (2007) 'Performance measurement of supply chain management: a balanced scorecard approach', *Computer and Industrial Engineering*, Vol. 53, No. 1, pp.43-62.
- 6) Bond, T.C. (1999) 'The role of performance measurement in continuous improvement', *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 19, No. 12, pp.1318-1334.
- 7) Bose, I., Raktim, P., (2012). Do green supply chain management initiatives impact stock prices of firms. *Decision support systems*, 52 (3), 624 - 634.
- 8) Burma, Z. A. (2014). Human Resource Management and Its Importance for Today's Organizations. *International Journal of Education and Social Science*, Vol. 1, No. 2, 59 - 54.
- 9) 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*, - 3011 3000 39.
- 10) 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 : 387 360.
- 11) Chakraborty, A., Al Amin, M., & Baldacci, R. (2023). Analysis of internal factors of green supply chain management: An interpretive structural modeling approach. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 7, 100099.
- 12) Chand, M., Bhatia, N., & Singh, R. K. J. B. A. I. J. (2018). ANP-MOORA-based approach for the analysis of selected issues of green supply chain management. 25(2), 642-659.
- 13) Cherrafi, A., Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Mishra, N., Ghobadian, A., & Elfezazi, S. (2018). Lean, green practices and process innovation: A model for green supply chain performance. *International Journal of Production Economics*, 206, 79-92.
- 14) Devlin Alexandra, Aidong Yang. (2022). Regional supply chains for decarbonising steel: Energy efficiency and green premium mitigation. *Energy Conversion and Management* 254, doi.org/ 10.1016 /j.enconman. 2022.115268.



- 15) 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 .
- 16) Heydari, Jafar, Kannan Govindan, Zahra Basiri, and Jafar Heydari. (2020). “Balancing Price and Green Quality in Presence of Consumer Environmental Awareness : A Green Supply Chain Coordination Approach Balancing Price and Green Quality in Presence of Consumer Environmental.” *International Journal of Production Research* 0(0):1–19. doi: 10.1080/00207543.2020.1771457.
- 17) Jayant, A. & Azhar, M. (2014). Analysis of the barriers for implementing green supply chain management (GSCM) Practices: An Interpretive Structural Modeling (ISM) Approach. *International Journal of Operations*, 2192 – 2122 .
- 18) Kazancoglu, Y., Kazancoglu, I., Sagnak, M. J. I. M., & Systems, D. (2018). Fuzzy DEMATEL-based green supply chain management performance: application in cement industry. *118(2)*, 412-431.
- 19) Le T T, Xuan V V, Venkatesh V G. (2022) . Role of green innovation and supply chain management in driving sustainable corporate performance. *Journal of Cleaner Production* ,Volume 374 , 10 November 2022 , 133875
- 20) .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.
- 21) McCormack, K., Ladeira, M.B. and Valadares de Oliveira, M.P. (2008) ‘Supply chain maturity and performance in Brazil’, *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 13, No. 4, pp.272–282
- 22) Neely, A. (2005) ‘The evolution of performance measurement research’, *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 25, No. 12, pp.1264–1277.
- 23) Nikabadi, M. S., & Shahrabi, M. A. (2015). A framework for evaluation criteria of supply chain performance in automotive industry: the case of the Iranian automotive supply chain. *International Journal of Automotive Technology and Management*, 15(4), 358-380.
- 24) Sarkis J., Zhu Q., & Lai K.h. (2011). An organizational theoretic review of green supply chain management literature. *Int. J. Production Economics*, 130, 1-15.
- 25) Wang, Zhiqiang., Wang, Qiang., Zhang, Shanshan., Zhao, Xiande. (2018). Effects of customer and cost drivers on green supply chain management practices and environmental performance. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 155 , 221 - 252 .
- 26) Wu, H.H., Chang, S.Y., (2015). A case study of using DEMATEL method to identify criticalfactors in green supply chain management. *Applied Mathematics and Computation*, 256 (1), 394 – 403.

Designing a green supply chain performance evaluation model with the ISM approach in the steel industry

Mohsen Shafiei Nikabadi¹

Associate Professor, Department of Industrial Management, Faculty of Economics, Management and Administrative Sciences, Semnan University

shafiei@semnan.ac.ir ¹



Fereshteh Bahrami¹

PhD student of Industrial Management, Semnan University

Abbas Ali Rostgar²

Professor of Business Management Department, Faculty of Economics, Management and Administrative Sciences, Semnan University

Abstract

The industrial revolution in the world brings environmental concerns in the industrial and production sector, which focuses more on green or sustainable supply chain performance. A green supply chain is a system that aims to achieve a balance between economic and environmental issues of resource use. The current research aims to identify and prioritize the factors affecting the performance of the green supply chain in the industry and provide a model for evaluating the performance of the green supply chain with the interpretive structural modeling approach in Yazd Steel Industries. At first, factors affecting the performance of the green supply chain were identified through library study and literature, then a questionnaire was distributed to 8 managers and experts of Yazd Steel Company to define internal relationships and prioritize indicators. These variables have been classified and leveled at different levels according to their strength and dependence, and MICMAC analysis has been used to test the model. The results showed that factors such as faster delivery and the balance between cost and pollution in relation to the evaluation of green supply chain performance in the steel industry are more effective than other factors

Keywords: performance evaluation, green supply chain, interpretive structural modeling

Bahrami.f2022@semnan.ac.ir ¹

A_rastgar@semnan.ac.ir ²