

ارائه مدل پویایی سیستم‌ها برای ارزیابی عوامل مؤثر بر میزان سبز بودن مدیریت زنجیره تأمین

حمید بابایی میبدی^۱، زهرا دلشاد^{۲*}

۱. استادیار، گروه مدیریت، دانشگاه میبد، میبد، ایران.

۲. باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران.

*نویسنده مسئول مکاتبات: z.delshad66@gmail.com

چکیده

در قرن جدید چالش اصلی بشر، یافتن روشی پایدار برای تولید، مصرف و زندگی کردن است. زنجیره تأمین سبز به عنوان یک رویکرد پیشگیرانه و یک راه حل بهبود عملکرد زیست‌محیطی فرایندها و محصولات سازمان‌ها معرفی شده است و هم‌چنین حفظ محیط زیست، بهره‌وری را افزایش می‌دهد. هدف این پژوهش، بررسی و بهبود برخی رفتارهای نامطلوب در زنجیره تأمین سبز با استفاده از رویکرد پویایی سیستم است. در این پژوهش با مرور ادبیات نظری و نظرسنجی از خبرگان و کارشناسان، عوامل مؤثر بر میزان سبز بودن مدیریت زنجیره تأمین، شناسایی شدند که این عوامل عبارتند از: مدیریت محیط داخلی، خرید سبز، طراحی سبز، تولید سبز، بازرگانی سبز، آلاینده‌گی. سپس عوامل شناسایی شده، اهمیت‌سنجی گردید. پس از شناسایی اجزا و متغیرهای سبز بودن زنجیره تأمین، شبیه‌سازی با ارائه فرضیه‌های دینامیکی شروع شده و حلقه‌های علی، نمودارهای جریان، معادلات ریاضی تکمیل شد. بدین منظور از مدل پویایی سیستم‌ها با استفاده از نرم افزار Vensim، روشی را برای یافتن ارتباط بین عوامل مؤثر بر میزان سبز بودن مدیریت زنجیره تأمین ارائه گردید. در نهایت، سیاست‌های: کاهش میزان فروش از دست رفته، کاهش میزان موجودی، دریافت اطلاعات صحیح معرفی گردید که اجرای آنها موجب بهبود معیارها شده است. جامعه مورد مطالعه پژوهش دربرگیرنده ۱۵ نفر از مدیران و کارشناسان صنایع پلیمر استان فارس بوده است.

واژه‌های کلیدی: محیط زیست، مدیریت زنجیره تأمین سبز، عملکرد زیست‌محیطی، پویایی سیستم‌ها.

۱. مقدمه

دهند به همین منظور استانداردهای مشخصی وضع شده است. عوامل (تقاضای مشتریان، قوانین دولتی، استانداردهای وضع شده) به عنوان محرک عامل ایجاد تغییراتی در این خصوص شده است. (رحیم‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴). سبز شدن زنجیره تأمین فرایند ترکیب معیارها و اهمیت‌های زیست محیطی با تصمیم‌گیری‌های خرید سازمانی و روابط بلند مدت با تأمین کنندگان است. رویکردی مدیریتی است که به دنبال حداقل کردن مضرات و اثرات مخرب محیطی محصولات و خدمات و مجموعه‌های اجتماعی می‌باشد. شرکت‌ها باید در مورد طراحی محصولات و تکنیک‌های

ضرورت سبز شدن زنجیره تأمین زمانی مطرح شد که از یک طرف دولت‌ها، فشارهایی را برای استانداردهای زیست محیطی لحاظ نمودند و از طرف دیگر تقاضای مشتریان برای عرضه محصولات سبز (بدون اثر مخرب بر محیط زیست) به وجود آمد. (صادقی‌راد و سطوتی، ۱۳۹۳). صاحبان صنایع سعی دارند با استفاده از حفاظت از محیط زیست و منابع زیستی گامی مؤثر در جهت مقبولیت کالای مورد عرضه خود به مشتریان برداشته و رعایت نکات زیست محیطی را به عنوان یک مزیت رقابتی مورد استفاده قرار

تولیدشان (جهت ایجاد محصولاتی سازگارتر با محیط در زمان تولید و مصرف) تجدیدنظر کنند و محصولات را باید پس از پایان عمرشان بازیافت و دوباره مصرف کرد (برای کاهش تقاضا برای مواد خام و کاهش ضایعات) و توجه به مسائل سبز برای افزایش توانایی از طراحی محصولات سبز و ایجاد بازارهایی برای محصولات سبز سازگار با محیط مهم است. این مهم پدیدار می‌شود که نیازهای نسل حاضر را پاسخ می‌دهد و به نحوی برنامه‌ریزی و اجرا می‌شود که بر محیط زیست و اقتصاد و فرهنگ جامعه اثر منفی نگذارد. نگرش سبز در سازمان و ایجاد ساختارهای سازمانی با عنوان تضمین سبز جایگزین واحدهای سازمانی از قبیل تضمین کیفیت شده است (نیازی و نیکبخت، ۱۳۹۳).

شناسایی عوامل تأثیرگذار بر سبز بودن مدیریت زنجیره تأمین، توجه پژوهش‌گران را به مطالعه و بررسی عوامل مؤثر آن در سازمان، جلب نموده است. با توجه به معیارهای مرتبط عوامل تأثیرگذار بر سبز بودن مدیریت زنجیره تأمین، ضرورت دارد تا این عوامل تأثیرگذار در صنایع مختلف، شناسایی و شبیه‌سازی شود تا به کمک آن مدیران صنایع بتوانند الگوی مناسبی جهت برنامه‌ریزی‌های آینده‌شان در خصوص سرمایه‌گذاری روی عوامل و راهکارهایی که موجب تسهیل این موضوع در سازمان می‌شود، پیدا نمایند و براساس آن به تقویت و بهبود توانمندی‌های خویش بپردازند. در واقع این پژوهش به دنبال پاسخگویی به پرسش‌های زیر می‌باشد:

۱- عوامل و معیارهای تأثیرگذار بر سبز بودن مدیریت زنجیره تأمین کدامند؟

۲- آیا می‌توان با استفاده از تحلیل پویایی سیستم، عوامل مؤثر بر میزان سبز بودن مدیریت زنجیره تأمین را شناسایی کرد؟

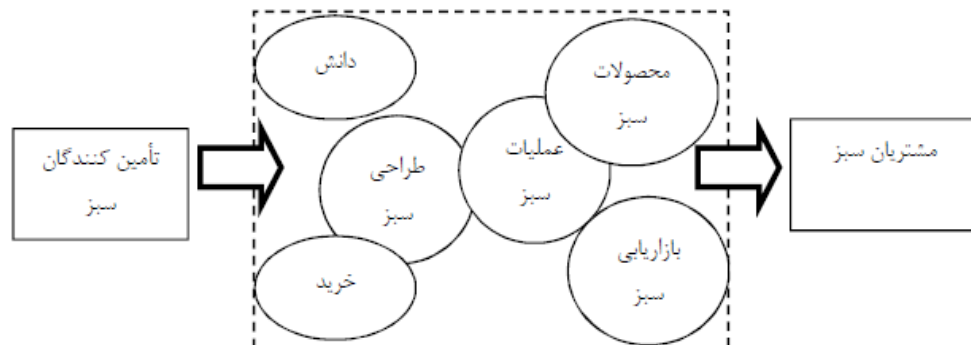
۲. مبانی نظری پژوهش

۲-۱- زنجیره تأمین سبز

امروزه از زنجیره تأمین سبز به عنوان یک سلاح راهبردی جهت کسب مزیت رقابتی پایدار استفاده می‌شود. به عنوان یک الگوی جدید مهم در شرکت‌ها برای دستیابی به اهداف سود و سهم بازار با کاستن تأثیرات ریسک‌های محیطی آن‌ها در کنار افزایش کارایی فرآیندهای ظاهر شده است. روابط شرکت با محیط طبیعی یک منبع حیاتی در مزیت رقابتی پایدار به شمار می‌رود. زنجیره سبز به دلیل بهره‌مندی از مزایای راهبرد کاهش هزینه و نوآوری در تولید محصولات، تحویل سریعتر کالا و خدمات، کاهش زمان تأخیر، افزایش کیفیت، ایجاد ارزش افزوده برای مشتریان، به عرضه محصولات پاک و بهبود عملکرد اقتصادی منجر می‌شود. سازمان‌ها با حرکت به سوی لجستیک سبز از مزایای راهبرد پاسخ‌گویی (بهبود سطح خدمات به مشتریان) و کارایی (کاهش هزینه‌ها) سود خواهند برد. راهبردهای تمایز، تمرکز و کاهش هزینه برای کسب مزیت رقابتی پایدار نام برده شده‌اند. (اعتزازیان و همکاران، ۱۳۹۴).

چگونگی پایداری زنجیره تأمین سبز در شرکت‌ها: نظارت اثرات سبز، حمل و نقل پایدار، بسته‌بندی سبز، استفاده از ظروف و جعبه‌های قابل استفاده مجدد به بازیافت و استفاده از مواد بسته‌بندی سازگار با محیط زیست، منابع پایدار شرکت‌ها به دنبال ممیزی تأمین کنندگان سبز خودشان و یا خرید کالاهایی هستند که دارای گواهینامه سبز می‌باشند، مشارکت و همکاری با تأمین کنندگان و ارائه دهندگان خدمات لجستیک. شاخص‌های اثرگذار بر بکارگیری زنجیره تأمین سبز: موانع درون سازمانی: عدم تعهد مدیریت ارشد سازمان، عدم وجود فرهنگ سازمانی، ضعف منابع سازمانی (مالی و انسانی)، هزینه پیاده‌سازی. موانع برون سازمانی: کافی نبودن محرکه‌ها و مشوق‌های دولتی جهت دستیابی به زنجیره تأمین سبز، کافی نبودن اهرم‌های قانونی جهت اجرای قوانین زیست محیطی، رقابتی نبودن بازار. موانع فنی: ضعف تولید سبز، ضعف در مدیریت پسماندهای صنعتی، ضعف زیر ساخت‌های تکنولوژیک. ضعف ذینفعان:

ضعیف بودن تقاضا و آگاهی عمومی، عدم تمایل تأمین کنندگان و سهامداران (رحیمی و همکاران، ۱۳۹۴).



شکل (۱): چرخ طراحی زنجیره تأمین سبز

ارزیابی میزان سبز بودن زنجیره تأمین

تولید، به کارگیری اصول مدیریت کیفیت فراگیر و تفویض اختیار به نیروی کار).

- بازفراوری: برخی تولیدکنندگان برای کاهش هزینه متغیر مشتریان و رفع انتظارات آنها، بهبود وجه شرکت و در اختیار گرفتن بازار به امر بازیافت محصول می‌پردازند. فروش موجودی یا تجهیزات اضافی جنبه دیگری از بازیافت است.
- آلایندگی: کنترل میزان آلودگی‌ها توسط ضایعات، محصول نهایی و همچنین در فرایند بازفراوری عامل مهمی برای کاهش اثرات زیست محیطی است (پرکار و مهدوی، ۱۳۹۴).

- مدیریت محیط داخلی: یک عنصر کلیدی در بهبود عملکرد شرکت است و بدیهی است در این راستا حمایت مدیران عالی، مورد نیاز است. اغلب یک عامل کلیدی برا پذیرش و کاربرد موفق نوآوری و فناوری، برنامه‌ها و فعالیت‌های سبز است.
- خرید سبز: شامل فعالیت‌هایی است که هدف آن اطمینان از متناسب بودن مواد خریداری شده با محیط زیست است.
- طراحی سبز: شامل فعالیت‌هایی است که هدف آن حداقل کردن تأثیرات محیطی محصول در تمام چرخه عمر آن است.

۲-۲- پویایی سیستم‌ها

سیستم‌های پویا در اواسط دهه ۱۹۵۰ میلادی توسط آقای جی رایت فورستر (Jay Wright Forrester) استاد انستیتوی ماساچوست آمریکا ابداع شد. مدل ترسیمی آقای فورستر در باره چرخه استخدام و نحوه و ساختار تصمیم‌گیری در کارخانه با نشان دادن ساختارهای ورودی، جریان کار و بازخورها، نشان داد که مشکل ناپایداری در استخدام و ماندگاری کارکنان ناشی از عوامل بیرونی نیست بلکه علت آن عوامل داخلی در سیستم شرکت است. این نمایشگر و مدل ترسیمی دستی، آغازگر تفکر، مطالعه،

- تولید سبز: به صورت فرایندهای تولیدی که از ورودی‌هایی با تأثیرات نسبتاً کم استفاده می‌کنند و دارای کارایی بالا و ضایعات کم یا آلایندگی کمتری هستند. (متغیرهای تولید سبز: به کارگیری مواد خام سازگار با محیط زیست، حذف مواد خام ناسازگار با محیط زیست، دقت در زمینه معیارها، دقت در طراحی محصول، بهینه‌سازی فرایندها در زمینه کاهش زباله‌های جامد و دفع زباله‌های مایع، استفاده از فناوری‌های پاکیزه‌تر که منجر به صرفه‌جویی در مصرف انرژی و آب و کاهش آلایندها (زباله‌ها) گردد، بازیافت مواد اولیه در مرحله

مهم این رویکرد، ایجاد درک بهتری از ساختار کل سیستم است که مدلی نزدیک به واقعیت ارائه می‌دهد. از دیدگاه و نگرش سیستم‌های پویا موضوعات و مسائل پیچیده و پویا در ظاهر حداقل دو جنبه دارند:

۱- اینگونه مسائل دارای خاصیت پویایی و ماهیتی مقدراری (Quantitative) دارند و مرتباً در حال تغییرند.

۲- وجود نظریه بازخور (Feedback) است. تفکر و شیوه سیستم‌های پویا در باره مسائل پویایی که دارای حلقه بازخور هستند، کاربرد دارد. سازمان‌ها، اقتصاد، جوامع و در حقیقت کلیه سیستم‌هایی که به نوعی با انسان سرو کار دارند و یا حتی سیستم‌های مکانیکی و الکترونیکی و نظایر آن، سیستم‌های با حلقه بازخور به حساب می‌آیند. بررسی، مطالعه و مدل‌سازی آن‌ها، ابزاری برای درک صحیح رفتار و نتایج عملکرد آنها است (استرمن، ۲۰۰۰).

۳. روش پژوهش

پژوهش از نظر هدف کاربردی و از نظر گردآوری اطلاعات، توصیفی از نوع همبستگی می‌باشد. ابزار جمع‌آوری اطلاعات، پرسشنامه بود که جامعه آماری ما برای پاسخگویی به پرسش‌نامه طراحی شده، مدیران و کارشناسان صنایع پلیمری می‌باشد که شامل ۱۵ نفر از مدیران و کارشناسان بودند. همان‌طور که بیان شد، عوامل مؤثر بر میزان سبز بودن مدیریت زنجیره تأمین با استفاده از پیشینه پژوهشی استخراج گردیده است که در جدول ۱ بیان شده است. در این قسمت با استفاده از نظرات مدیران و کارشناسان و با استفاده از روش مدل پویایی سیستم‌ها با استفاده از نرم‌افزار Vensim، روشی را برای یافتن ارتباط بین عوامل مؤثر بر میزان سبز بودن مدیریت زنجیره تأمین ارائه گردید و پس از آن، به آزمون برازندگی و ارائه سیاست‌هایی برای این عوامل پرداخته شده است. افق زمانی برای این پژوهش، پنج سال در نظر گرفته شده زیرا که برنامه توسعه کشور دوره‌های پنج ساله دارد.

مدلسازی، تهیه برنامه‌های کامپیوتری و حل و فصل مسائل پیچیده سیستم‌های پویا گردید. این تفکر و شیوه به تدریج توسط آقای فورستر و سایر اساتید و متفکرین دیگر رشد، گسترش و کاربرد بیشتری در مطالعه سیستم‌های مختلف پیدا کرد.

این روش با در نظر گرفتن روابط بین اجزای سیستم رفتار سیستم را پیش‌بینی می‌کند. این الگوها روشی برای فهمیدن و درک رفتار سیستم‌های پیچیده در طول زمان هستند. چیزی که روش پویایی سیستم را از روش‌های دیگر متمایز می‌سازد، استفاده از حلقه‌های بازخورد و متغیرهای جریان و حالت است که در شناخت رفتار سیستم کمک می‌کنند. اساس این روش این است که شناختن ساختار سیستم، روابط غیرخطی، تأخیرات و بازخوردها در مشخص کردن رفتار سیستم به اندازه شناختن تک تک اجزا اهمیت دارد. همچنین این روش ادعا می‌کند، خواصی در کل سیستم وجود دارد که آنها را نمی‌توان در تک تک عناصر یافت. در برخی حالات رفتار کل سیستم نمی‌تواند بوسیله رفتار اجزای آن شرح داده شود. این روش نتیجه یک نوع نگرش سیستمی پویا است که برای توسعه محدوده‌های مدل‌های ذهنی و توسعه ابزاری برای فهمیدن این که چگونه ساختار یک سیستم پیچیده رفتار آن را ایجاد می‌کند، استفاده می‌شود.

رویکرد پویایی سیستم بر این اصل استوار است که بررسی سیستم‌ها به صورت ایستا، به تنهایی تمام جوانب پدیده را در نظر نمی‌گیرد. نتیجه راه حل‌های ساده در مسائل مدیریتی اغلب در کوتاه مدت است لذا برای کسب نتایج خوب در سیستم‌ها باید سرمایه‌گذاری بلندمدت انجام داد. سیستم‌ها براساس تأخیرهای موجود و بازخوردهای سیستمی به وجود می‌آیند، نرخ تغییرات کوچک می‌تواند در بلندمدت نتایج را دستخوش تغییرات بزرگی کند. ویژگی

جدول (۱): معیارهای پژوهش

عوامل مؤثر بر میزان سبز بودن مدیریت زنجیره تأمین

۱- مدیریت محیط داخلی

۲- خرید سبز

۳- طراحی سبز

۴- تولید سبز

۵- بازفراوری

۶- آلاینده‌گی

۳-۱- نظریه پویایی سیستم‌ها

پویایی سیستم‌ها روش درک انواع مشخصی از مسائل پیچیده سیستم است. بعضی از مسائل و موضوعات صنعتی - اجتماعی و مدیریتی، پیچیدگی دارند و با فرضیات ساده بینشی و مدیریتی قابل حل نمی‌باشند. تفکر پویایی سیستم‌ها روشی برای مدل‌سازی و بررسی عوامل یک سیستم و در نهایت پیدا کردن راه حل مناسب است. تفکر و شیوه پویایی سیستم‌ها نوعی روش‌شناسی و شبیه‌سازی و مدل‌سازی رایانه‌ای برای تعیین چارچوب، فهم، درک و بحث در باره بعضی موضوعات و مسائل پیچیده مدیریتی، صنعتی، اجتماعی و حتی پزشکی است. این تفکر، برای کمک به مدیران صنعتی با تمرکز بر موضوعاتی که در شرکت‌های صنعتی وجود دارد، مطرح و آغاز گردید. با این شیوه تفکر به موضوعات و مشکلات مدیریتی مانند؛ ناپایداری در تولید، فقدان یا بی‌ثباتی در رشد و توسعه شرکت‌ها، از دست دادن سهم بازار و نظایر آن پرداخته شد.

فرآیندی که هر مدل‌ساز برای ایجاد یک مدل پویا دنبال می‌کند، شامل گام‌های زیر است:

۱- مشخص کردن مسئله‌ای که قرار است مدل شود و

انتخاب حدود مسئله

- انتخاب موضوع: چرا یک موضوع منجر به مشکل شده است و آیا واقعاً مسئله مهمی است؟
- متغیرهای کلیدی: چه متغیرهای کلیدی و مفاهیمی را باید در نظر بگیریم؟

- افق زمانی: چه فاصله زمانی در آینده را باید در حل مسئله در نظر بگیریم؟ ریشه‌های مسأله مربوط به چه زمانی هستند؟

- ارائه یک تعریف پویا از مسئله: رفتار تاریخی متغیرهای کلیدی و مفاهیم چیست؟ رفتار آن‌ها در آینده چگونه خواهد بود؟

۲- رسیدن به فرضیه‌ای پویا در مورد عوامل منجر به تعریف مسئله

- ایجاد یک مدل اولیه از مسئله: تئوری‌های موجود در مورد رفتار مسئله چیست؟
- تمرکز درونزا: فرموله کردن یک تئوری جدید که پویایی را به عنوان نتیجه حلقه بازخور معرفی می‌نماید.
- نگاشت: توسعه ساختار علمی بر مبنای فرضیات اولیه، متغیرهای کلیدی، تعریف پویای مسئله و سایر داده‌های در دسترس با استفاده از ابزارهایی مانند: نمودارهای مرزبندی مدل، نمودارهای زیر سیستمی، نمودارهای حلقه‌های علی و معلولی، نقشه‌های موجودی و جریان، نمودارهای ساختار خط مشی، سایر ابزارهای تسهیل کننده.

۳- فرموله کردن یک مدل شبیه‌سازی برای آزمون فرضیه

پویا

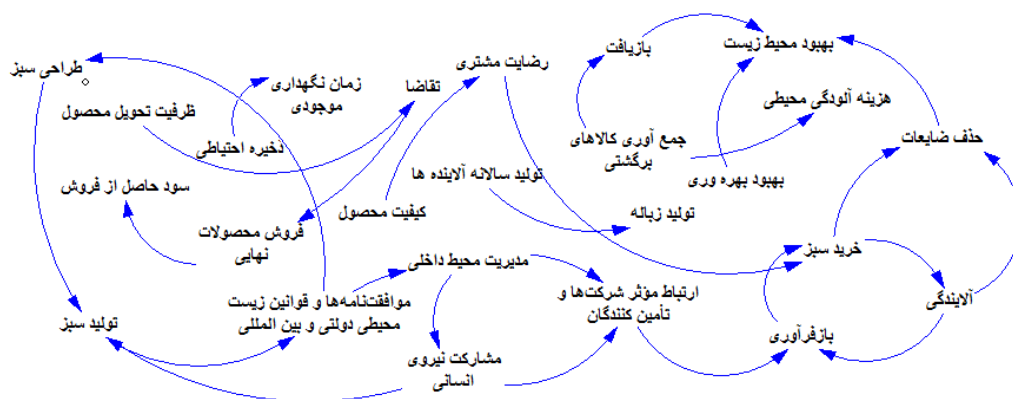
- تعریف ساختار و قوانین تصمیم‌گیری
- تعیین و تخمین روابط بین پارامترها، عملکردها و شرایط اولیه

- تجزیه و تحلیل "چه می‌شود، اگر" تأثیر خط مشی‌های مختلف چیست؟
- تحلیل حساسیت: خط مشی‌های مختلف در سناریوهای مختلف تا چه حد بدون تغییر خواهند ماند؟

۴. تجزیه و تحلیل داده‌ها

۴-۱. مدل مفهومی پژوهش

این مرحله به عنوان ابتدایی‌ترین بخش مدل‌سازی، به دلیل نحوه جهت‌گیری و میزان اولویت‌دهی به عوامل درونی و بیرونی مدل، دارای اهمیت فراوانی می‌باشد. جهت ایجاد مدل مفهومی، لازم است که ابعاد مسئله در واقعیت ایجاد گردد. در این مرحله با توجه به اهداف مورد توجه در مدل، مرزهای سیستم و دیاگرام‌های تأثیر و علی طراحی می‌شود. نمودار علی-معلولی در شکل ۲، اجزای یک زنجیره تأمین سبز که با یکدیگر رابطه متقابل دارند به تصویر می‌کشد. در اینجا تعدادی از متغیرهای کلیدی بکار گرفته شده در مدل در جدول ۱، معرفی گردیدند.



شکل (۲): نمودار علی معیارهای پژوهش

۱) حالت (مقدار سطح متغیر در طول زمان و مقادیر جدید متغیر حالت براساس افزایش یا کاهش تغییرات در دوره آینده بدست می‌آید)، ۲) نرخ (تغییر افزایشی یا کاهششی توسط متغیر نرخ و رفتار سیستم پویا را در طول زمان

- آزمون پایایی مدل با توجه به اهداف و مرزها
- ۴- آزمون مدل تا هنگامی که از عملکرد صحیح آن مطمئن شویم

- مقایسه با تعریف پویای مسئله: آیا مدل قادر است رفتار مسئله را در حد کفایت برای اهداف پیش‌بینی نماید؟
- توانایی در شرایط حدی: آیا وقتی مدل با شرایط حدی مواجه می‌شود، از خود رفتار مناسبی نشان می‌دهد؟
- حساسیت: مدل در برخورد با عدم قطعیت در پارامترها، شرایط اولیه، مرزهای مدل و ترکیبی از این‌ها چگونه رفتار می‌کند؟

۵- طراحی و ارزیابی سیاست‌هایی برای بهبود

- تعریف سناریوهای (سیاست‌های) مختلف: چه شرایط مختلفی ممکن است حادث شوند؟
- طراحی خط مشی: چه قوانین تصمیم‌گیری، استراتژی‌ها و ساختار جدیدی ممکن است در دنیای واقعی به وجود آیند؟ چگونه می‌توان آن‌ها را در مدل نمایش داد؟

۴-۲. نمودار جریان مدل مفهومی پژوهش

در محیط این نرم‌افزار، متغیرها به ۵ دسته تقسیم می‌شوند:

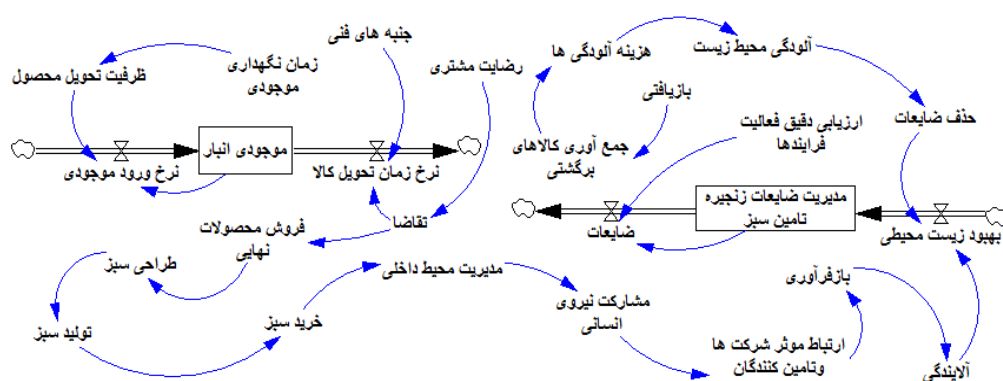
موجب افزایش هزینه‌های زنجیره تأمین می‌گردد. موجودی به عنوان متغیری است که با ورود موجودی به انبار افزایش و با تحویل موجودی به بازار کاهش می‌یابد. نرخ ورود موجودی به انبار خود تابعی از کیفیت محصول و نرخ تولید، و نرخ تحویل تابعی از میزان تقاضای بازار و ظرفیت تحویل محصول سازمان می‌باشد.

• **مدیریت ضایعات زنجیره تأمین سبز:** موادی که غیرقابل استفاده یا فاقد کاربرد برای مصرف کننده، هستند دارای ارزش بوده و با اندکی اصلاح می‌تواند مجدد وارد زنجیره تأمین شوند. اجرای صحیح لجستیک معکوس در سازمان‌ها موجب افزایش درآمد و کاهش هزینه‌های عملیاتی و کاهش هزینه محصولات معیوب و منقضی شده می‌گردد. معیارهای جمع‌آوری، حمل، جداسازی، بازیافت و استفاده مجدد مواد اولیه و قطعات مرجوعی و دفع مواد زائد را شامل می‌شود. این مدیریت ضایعات، تولیدکنندگان را به سمت بهبود فرایند تولید خود کشانده، زیرا هزینه‌های انهدام و پاک‌سازی محیط زیست بسیار بالاست.

مشخص می‌کند، ۳) ثابت (در طول زمان تغییر نخواهد کرد)، ۴) کمکی، ۵) خارجی (متغیر خروجی به صورت مستقل عمل نموده و تحت تأثیر تغییرات متغیرهای درون مدل نمی‌باشد). براساس ساختار علی و استفاد از حلقه‌های بازخوری، نمودار جریان در زیر مدل‌های مختلف ترسیم می‌گردند. در این مرحله رفتار و عملکرد متغیرها بر پایه ماهیت و تأثیر مثبت یا منفی بر روی یکدیگر مشخص می‌شود. در جریان ساخت این نمودار از فرمول‌های کمی، روابط کیفی و توابع عددی استفاده شده است. شکل ۳، نمودار جریان مربوط به عوامل مؤثر بر میزان سبز بودن مدیریت زنجیره تأمین را نشان می‌دهد.

متغیرهای حالت در این پژوهش:

• **موجودی انبار:** تصمیم‌گیری درباره موجودی انبار دربرگیرنده تمامی نهادهای درگیر در زنجیره تأمین می‌باشد و تمامی کالاها از جمله مواد اولیه، مواد در جریان ساخت، محصولات نهایی که توسط کارخانه‌ها، توزیع کنندگان و خرده فروشان نگهداری می‌گردد، را شامل می‌شود. حجم بالای موجودی ضمن افزایش قدرت پاسخگویی زنجیره تأمین نسبت به افزایش تقاضا،

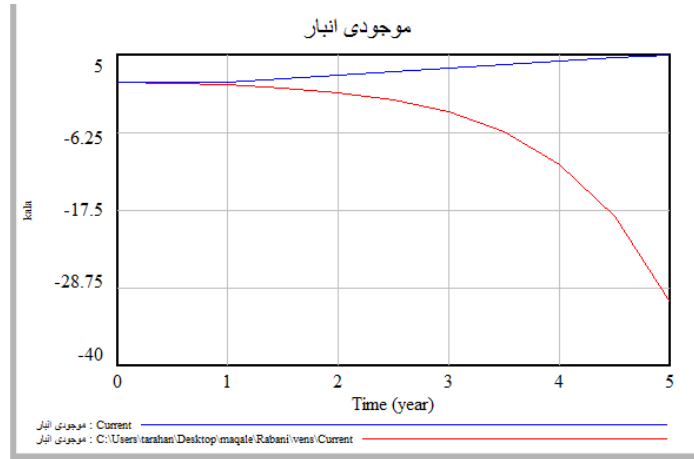


شکل (۳): نمودار جریان معیارهای پژوهش

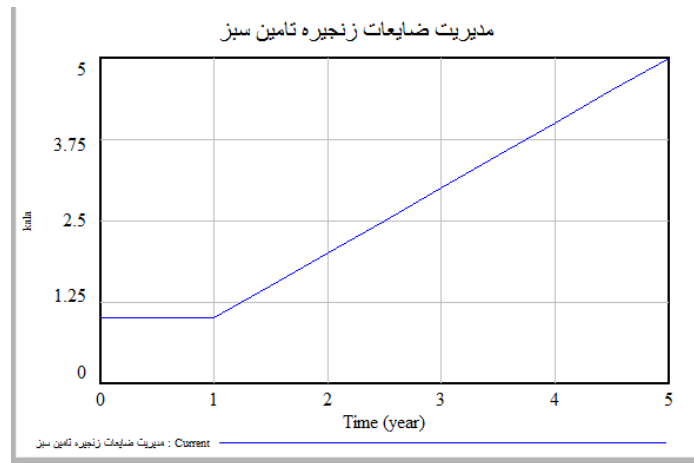
در این مرحله باید ابعاد و واحدهای اندازه‌گیری تمامی متغیرها مشخص شود. سپس توابع میان این روابط به

۴-۳. بسط و توسعه مدل پویایی سیستم

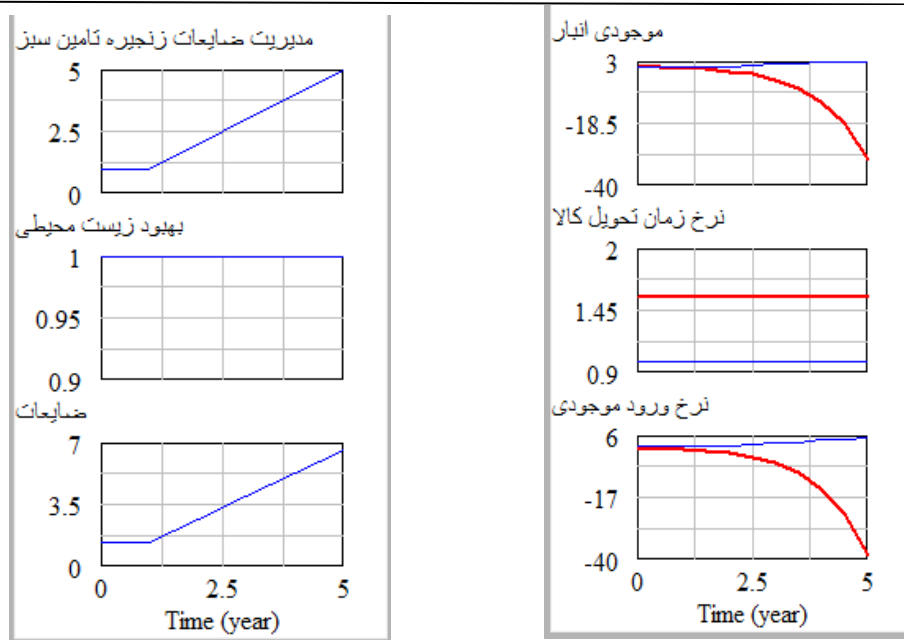
صورت معادلات ریاضی معین و داده‌های موردنیاز در جامعه آماری جمع‌آوری گردد. در انتها متغیرها و روابط ریاضی میان آنان در نرم افزار Vensim شبیه‌سازی می‌شود. بعد از اجرای این مراحل، نمودار انباشت‌ها و نرخ‌های مدل بعد از یک مرحله اجرا در مدت پنج سال به صورت زیر می‌باشد:



شکل (۴): نمودار شبیه‌سازی موجودی انبار



شکل (۵): نمودار شبیه‌سازی مدیریت ضایعات زنجیره تأمین سبز



شکل (۶): نمودار شبیه‌سازی انباشت‌ها و نرخ‌های مدل

۴-۴. آزمون برازندگی

تست مدل و اعتبار آن، قابلیت اعتماد به مدل را افزایش می‌دهد و اعتماد به کاربردی بودن آن را بالا می‌برد. برای دستیابی به این اعتماد از مدل می‌توان از آزمون‌های زیر استفاده کرد:

- **آزمون ساختار:** در این بخش تطابق مدل با واقعیت در مراحل تصمیم‌گیری و هماهنگی با قوانین موجود فیزیکی بررسی شده است.
- **آزمون حالت حدی:** در این بخش رفتار متغیرها در حالت حدی بررسی شده است. منفی نشدن متغیرهای حالت و جهت حرکت اطلاعات و مواد براساس مفروضات مدل نیز از جمله موارد بررسی شده در این بخش بوده است که رفتار متغیرها این وضعیت را تأیید می‌کند.
- **آزمون بُعدسنجی:** این آزمون به منظور تعیین واحد متغیرها و هماهنگی آن‌ها با واقعیت انجام شده و تأیید شده است.

۴-۵. واقعیت‌سنجی (ارائه سیاست)

برای پیشبرد سیاست‌ها، آن دسته از متغیرهایی مدنظر قرار گرفتند که در دنیای واقع مدیران و کارشناسان، امکان و توانایی دستکاری و تغییر دادن را دارند. مانند: میزان فروش، سرمایه‌گذاری برای تحقیق و توسعه، منافع کاهش قیمت، مشتری و سیستم، مقبولیت و اعتبار شرکت. بخش سرمایه‌گذاری، با توجه به سایر بخش‌ها، به عنوان مناسب‌ترین قسمت جهت تصمیمات مدیریتی انتخاب شد. متغیر سرمایه‌گذاری برای تحقیق و توسعه، نقش محوری را داراست و خود توسط دو متغیر دیگر کنترل می‌شود که عبارتند از: درصدی از سود و درصدی از سرمایه خارجی که به تحقیقات اختصاص می‌یابد. جهت رفع ایرادهای موجودی انبار، می‌توان با تغییر در زمان صدور سفارش از مرکز پخش به کارخانه تولیدی و آگاهی از موجودی اولیه در آن زمان و تعریف متغیر جدید زمان پیشبرد زنجیره بجای زمان پیشبرد سفارش، بر این مشکل چیره شد. برای رفع ایرادهای ضایعات، می‌توان از دریافت نظرات و همکاری با

که رفتارهای شبیه‌سازی شده، تا حد زیادی همان متغیرهای اصلی و مؤثر بر رفتار عملکرد زنجیره تأمین سبز بوده‌اند. از این رو براساس مدل بدست آمده و به منظور بهبود شرایط فعلی، سیاست‌هایی پیشنهاد و قبل از اجرا، آثار آن بر سیستم مشاهده و اصلاح گردید. بطور مثال، این که تغییرات اعمال شده در مدل تا چه حد موجب بهبود عملکرد زنجیره تأمین سبز خواهد شد، نیازمند ارزیابی شاخص‌های استاندارد عملکرد زنجیره تأمین سبز است.

نتایج کاربردی و عملی این مدل پویا این است که با استفاده از این مدل می‌توان به نحو بهتری تأثیر متقابل متغیرهای حاضر در یک زنجیره تأمین سبز را درک کرد. می‌توان از این مدل برای نشان دادن آثار بلندمدت تصمیمات مدیریت بر کل سیستم استفاده کرد و مدیریت را در اتخاذ تصمیمات صحیح یاری داد. در حقیقت کارکرد اصلی و اساسی رویکرد پویایی سیستم این است که در جهت اصلاح مدل ذهنی مدیران و جلب توجه آن‌ها به آثار جانبی تصمیم‌گیری‌ها برمی‌آید. همچنین این پژوهش می‌تواند شناخت مناسبی از عوامل و پیش‌نیازهای اصلی و مؤثر مدیریت زنجیره تأمین سبز به سازمان‌ها می‌دهد تا از طریق آن بتوانند به تخصیص و برنامه‌ریزی بهینه منابع خود جهت دستیابی به اهدافشان بپردازند.

پیشنهاد به محققان آتی: تاکنون تحقیقاتی که در زمینه مدیریت سبز انجام گرفته است، محدود به صنایع تولیدی بوده، با توجه به آن که بخش‌های خدماتی کشور از جمله بیمارستان‌ها سهم عمده‌ای در آلودگی محیط‌زیست دارند، پیشنهاد می‌شود چنین تحقیقاتی در بخش‌های خدماتی نیز صورت گیرد. هم‌چنین در جوامع آماری از جمله: صنعت گردشگری، صنایع غذایی، تجهیزات الکترونیکی و الکترونیکی، کنترل آلودگی در بخش کشاورزی این موضوع نیز بررسی گردد.

مشتریان و تأمین کنندگان برای تولید پاک، کاهش مصرف انرژی و بسته بندی طراحی سبز استفاده نمود.

- **سیاست کاهش ضایعات و آلاینده‌گی:** با مطالعه وضعیت آلاینده‌گی‌ها، مشاهده شد که بخشی از کالاها در اثر عدم توجه به ساخت محصولات سازگار با محیط زیست، تبدیل به ایجاد ضایعات و آلودگی‌های زیست محیطی شده است. فقدان آگاهی نسبت به مباحث زنجیره تأمین سبز و عملیات بهره‌وری سبز در بخش‌های مختلف زنجیره، سبب بروز این بحران شده است.
- **سیاست کاهش میزان موجودی:** با اجرای این سیاست، منحنی‌های ذخیره اطمینان، موجودی انبار مرکزی و موجودی انبار مرکزپخش تا حدی زیادی کاهش یافته و همچنین فروش از دست رفته افزایش نیافت.
- **سیاست دریافت اطلاعات صحیح:** با اجرای این سیاست، ارتباط مؤثر شرکت‌ها و تأمین کنندگان، مشارکت نیروی انسانی، تا حدی بهبود یافته که نشان‌دهنده واکنش سریعتر و صحیح‌تر نسبت به تغییرات است. همچنین در بهبود محیط زیست مؤثرتر خواهد بود.

۵. نتایج

در پژوهش حاضر به منظور پاسخ به پرسش اول پژوهش، عوامل و معیارهای کلیدی و مؤثر بر میزان سبز بودن مدیریت زنجیره تأمین شناسایی شد، که در راستای این هدف، نخست با بررسی چارچوب نظری تحقیق و به کارگیری نظرات خبرگان و کارشناسان، عوامل تأثیرگذار بر مدیریت زنجیره تأمین سبز در ۶ دسته معیارهای: مدیریت محیط داخلی، خرید سبز، طراحی سبز، تولید سبز، بازفرآوری، آلاینده‌گی بیان گردید.

در پاسخ به پرسش دوم پژوهش که نیازمند یک فرایند شبیه‌سازی براساس روش سیستم‌های پویا است، از نرم افزار Vensim استفاده گردید. سپس با توجه به معیارهای انتخاب شده از زنجیره تأمین سبز، می‌توان گفت

منابع

- ۱- اعتزازیان، فراز. اخوان خرازیان، مریم. براتی، مسعود. (۱۳۹۴). "بررسی موانع تکنولوژیکی در مسیر پیاده‌سازی مدیریت زنجیره تأمین سبز در صنایع پالایش نفت ایران (مطالعه موردی: صنعت پالایش نفت شهر اصفهان)". اولین کنفرانس ملی مدیریت راهبردی خدمات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد.
- ۲- پرکار، سحر. مهدوی، ایرج. (۱۳۹۴). "یک مدل ریاضی برای شبکه زنجیره تأمین چندمحصولی چنددوره ای با فضای سبز". کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع و مدیریت.
- ۳- رحیم‌زاده، حدیثه. نعمتی، رمضان. امامی، سعید. (۱۳۹۴). "خوشه‌بندی فازی صنایع استان گلستان براساس زنجیره تأمین سبز". سومین کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های کاربردی در مدیریت و حسابداری.
- ۴- رحیمی، مجتبی. مهدوی، ایرج. فضل‌الله تبار، حامد. نیری، سینا. (۱۳۹۴). "طراحی شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته با سیاست قیمت گذاری". کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع و مدیریت.
- ۵- صادقی‌راد، رضا. سطوتی، رویا. (۱۳۹۳). "ارائه‌ی روش ترکیبی نوین به منظور معرفی محصول سبز با در نظر گرفتن ویژگی‌های اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی بازار هدف کارا". کنفرانس بین‌المللی مدیریت در قرن ۲۱.
- ۶- نیازی، علیرضا. نیکبخت، مهرداد. (۱۳۹۳). "بررسی و شناسایی عوامل مؤثر در موانع اجرای مدیریت زنجیره تأمین سبز در صنعت پتروشیمی". همایش ملی پژوهش‌های مهندسی صنایع.

7- Sterman, J.D. (2000), Business dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. McGraw-Hill, Boston.

Provide Dynamic Modeling of Systems to evaluate the Factors Affecting Green Supply Chain Management

Hamid Babaei Meybodi ¹, Zahra Delshad ^{2*}

1. Assistant Professor, Department of Management, University of Meybod, Meybod, Iran.

2. Young and Elite Researchers Club, Yazd Branch, Islamic Azad University, Yazd, Iran.

**Corresponding author's email: z.delshad66@gmail.com

Abstract

In the new century, the main challenge of mankind is to find a sustainable way of producing, consuming and living. The green supply chain has been introduced as a preventive approach and a solution to improve the environmental performance of the processes and products of the organizations, as well as environmental protection, increasing productivity. The purpose of this study is to investigate and improve some of the unfavorable behaviors in the green supply chain using the system dynamics approach. In this research, by reviewing theoretical literature and a survey of experts which consisted of 15 managers and experts of the polymer industry of Fars province, the factors affecting the greening of supply chain management identified, that include: indoor environment management, green purchases, green design, green production, reprocessing, and pollution. Then identified factors were measured. After that simulation started by providing dynamic hypotheses and causal circles, stream diagrams, and mathematical equations were completed. For this purpose, the Vensim software dynamics model provides a way to find out the relationship between factors affecting the greening of supply chain management. Finally, policies have been introduced: reducing lost sales, reducing inventory levels, receiving correct information that their implementation has improved benchmarks.

Keywords: Environment, Green Supply Chain Management, Environmental Performance, System Dynamics.