

## کاربرد پویایی سیستم در ارزیابی عملکرد پایداری زنجیره تأمین لارج در صنعت خودروسازی

مهدی ایزدیار<sup>۱</sup>، عباس طلوعی اشلقی<sup>۲\*</sup>، زهرا مهری<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲. استاد، گروه مدیریت صنعتی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۳. کارشناسی ارشد، گروه حسابداری، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۰۵

تاریخ ارسال: ۱۳۹۹/۰۳/۱۹

### چکیده

یکی از اهداف استراتژیک کسب‌وکار فعلی، بهبود پایداری در زنجیره‌های تأمین می‌باشد. شرکت‌ها استراتژی‌های جدید مدیریتی را برای دستیابی به پایداری در زنجیره تأمین تولیدی مورد پذیرش قرار داده‌اند. بنابراین ضروری است عملکرد پایداری استراتژی‌های جدید مدیریتی به‌کار گرفته شده را در زنجیره تأمین مورد ارزیابی قرار دهند. هدف این مقاله، ارائه مدل ارزیابی عملکرد پایداری شیوه‌های مدیریت زنجیره تأمین لارج در زنجیره تأمین خودروسازی با استفاده از رویکرد پویایی سیستم می‌باشد. در این پژوهش، با مرور ادبیات و مصاحبه با خبرگان، شیوه‌های مدیریت زنجیره تأمین لارج شناسایی و با استفاده از دیمتل فازی و فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی اولویت‌بندی شدند و رویکرد یکپارچه از شیوه‌های لارج ارائه گردید و در نهایت از رویکرد پویایی سیستم برای ارزیابی پویایی شیوه‌های مدیریت زنجیره تأمین لارج و تأثیرشان بر عملکرد پایداری در زنجیره تأمین استفاده شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد که سناریوهای بهبود در حمل و نقل انعطاف‌پذیر و بهبود در اجرای تولید به موقع، موجب پایداری‌تر شدن زنجیره تأمین می‌گردد. نتایج حاصل از اجرای این سناریوها نشان از بهبود پایداری در زنجیره تأمین می‌دهد. همچنین نتایج نشان می‌دهد که استراتژی ناب، استراتژی بسیار مهمی در دستیابی به پایداری در زنجیره تأمین می‌باشد. مدل ارائه شده به مدیران صنعت و تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند که نتایج بدست آمده از اجرای شیوه‌های مدیریت زنجیره تأمین لارج را شناسایی کنند و با اتخاذ تدابیری، شیوه‌های مؤثر بر پایداری در زنجیره تأمین را بهبود دهند.

**کلیدواژه‌ها:** پایداری، زنجیره تأمین لارج، پویایی سیستم، شبیه‌سازی

## ۱- مقدمه

به باور بسیاری از صاحب‌نظران در دنیای رقابتی امروز، رقابت از سطح شرکت‌ها به رقابت میان زنجیره‌های تأمین آنها کشیده شده است. برای موفقیت در محیط کسب‌وکار، زنجیره تأمین به بهبود مداوم نیاز دارد. برای این منظور باید با ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین معیارهای عملکردی آن استخراج شود. سازمان‌های مختلف برای حفظ موقعیت رقابتی خود اصرار به ادغام مفهوم توسعه پایدار در مدیریت زنجیره تأمین دارند. امروزه توسعه پایدار به یکی از نگرانی‌های مهم سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان در سراسر دنیا تبدیل شده است [۱]. در سال‌های اخیر توجه به بحث پایداری بسیار مهم و حیاتی است. با توجه به پیاده‌سازی پایداری در زنجیره تأمین، ارزیابی عملکرد پایداری ضروری و استراتژیک است. پایداری اشاره به یکپارچگی مسائل اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی دارد که توجه همزمان به این ابعاد و مدیریت مناسب آنها می‌تواند باعث پایداری زنجیره تأمین گردد. پایداری اقتصادی به دنبال حداقل کردن هزینه‌های کل یا حداکثر کردن سود فعالیت‌های مختلف زنجیره تأمین و پایداری زیست محیطی و اجتماعی به دنبال کاهش آسیب‌های زیست محیطی و افزایش کیفیت زندگی جوامع می‌باشد [۲]. پایداری توازنی بین اهداف اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی می‌باشد [۳] که نقش حیاتی در موفقیت بلندمدت زنجیره تأمین ایفا می‌کند [۴]. زنجیره تأمین پایدار به یکپارچه کردن اهداف اجتماعی و زیست‌محیطی که در ابعاد اقتصادی گسترش یافته‌اند، می‌پردازد. در نظر گرفتن فعالیت‌های پایداری مرتبط با حوزه‌های عملیاتی در به دست آوردن مزیت رقابتی بسیار با ارزش است [۵]. موضوع بسیار مهم که باید به آن توجه کرد این است که چه عوامل یا به کارگیری چه شیوه‌هایی باعث توانمندسازی زنجیره تأمین در راستای عملکرد بهتر و پایدارتر شدن زنجیره تأمین می‌گردد. در میان پارادایم‌های مختلف مدیریت زنجیره تأمین، پارادایم‌های ناب، چابک، تاب‌آور و سبز؛ پایداری در زنجیره تأمین را تضمین می‌کند [۶]. رویز بنیتز و همکاران (۲۰۱۹) [۷] بیان می‌کنند که شیوه‌های ناب به بهبود پایداری کمک می‌کنند. آزودو و همکاران (۲۰۱۲) [۸] شیوه‌های ناب و سبز را ستون‌های بسیار مهم توسعه پایدار کسب و کار در نظر می‌گیرند. ادغام همزمان پارادایم‌های ناب، چابک، تاب‌آور و سبز در مدیریت زنجیره تأمین کمک می‌کند تا زنجیره تأمین کارآمدتر، مؤثرتر و پایدارتر شود [۹]. پارادایم‌های ناب، چابک، تاب‌آور و سبز برای بهبود عملکرد زنجیره تأمین مورد پذیرش قرار گرفته‌اند. بنابراین با توجه به وجود چنین ادبیاتی در حوزه زنجیره تأمین، در این مقاله تلاش می‌شود که ابتدا پارادایم‌های ناب، چابک، تاب‌آور و سبز را یکپارچه کرد. با کنار هم

گذاشتن پارادایم‌های ناب، چابک، تاب‌آور و سبز می‌توان به مدلی رسید که از هم‌افزایی آنها بهره برد و با هم‌پوشانی‌هایی که در حوزه‌های مختلف اتفاق می‌افتد، نقاط ضعفشان را مرتفع کرد و سپس عملکرد پایداری را برای شیوه‌های مدیریت زنجیره تأمین لارج ارزیابی کرد. هدف این مقاله ارائه مدل ارزیابی عملکرد پایداری شیوه‌های مدیریت زنجیره تأمین لارج در صنعت خودروسازی با استفاده از رویکرد پویایی سیستم می‌باشد. مدل ارائه شده در این مقاله به مدیران و تصمیم‌گیرندگان اجازه می‌دهد که نتایج بدست آمده از اجرای شیوه‌های مدیریت زنجیره تأمین لارج را ارزیابی و کنترل نمایند و همچنین کمک می‌کند تا حوزه‌های بهبود در زنجیره تأمین را شناسایی کنند.

ساختار ادامه این مقاله به شرح زیر می‌باشد: در بخش دوم، پیشینه پژوهش مرور و بحث شده است. در بخش سوم روش پژوهش به صورت کامل بیان شده است. در بخش چهارم تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش که شامل اولویت‌بندی و یکپارچه‌سازی شیوه‌های مدیریت زنجیره تأمین لارج، فرضیات پویا، نمودار علی و معلولی، نمودار حالت-جریان و اعتبارسنجی و سناریوسازی است تشریح شده است. در بخش پنجم نتیجه‌گیری و نهایتاً در بخش ششم پیشنهادات ارائه گردیده است.

## ۲- پیشینه پژوهش

اورجی و لئو (۲۰۱۸) [۱۰] در مقاله‌ای تحت عنوان "چشم‌انداز پویایی در محرک‌های اصلی رویکردهای ناب مبتنی بر نوآوری برای دستیابی به پایداری در زنجیره تأمین تولید" به بررسی رفتار پویای محرک‌های کلیدی رویکرد ناب مبتنی بر نوآوری برای دستیابی به پایداری پرداخته‌اند. آن‌ها از منطق فازی و تاپسیس فازی برای اولویت‌بندی محرک‌های کلیدی رویکرد ناب استفاده کرده‌اند. سپس مدل پویایی سیستم آرا برای بررسی پویایی رویکرد ناب و تاثیرشان بر عملکرد پایداری در مدت زمان طولانی در زنجیره تأمین تولیدی ارائه داده‌اند. نتایج مطالعه آنها نشان می‌دهد که رفتار پویای مقررات دولتی و شرایط کار مساعد بر عملکرد پایداری به طور مداوم تأثیر می‌گذارد و دسترسی نقدینگی و دانش بنیادی تأثیر بالایی بر عملکرد پایدار ندارد. سوزانا دوارت و ماچادو (۲۰۱۷) [۱۱] در مقاله‌ای تحت عنوان "مدل سبز و ناب برای پایداری کسب‌وکار" بیان می‌کنند که هدف از این مقاله یک مطالعه مقدماتی است که چطور از مفاهیم مدیریت سبز و ناب به عنوان یک گام رو به جلو به سمت پایداری استفاده می‌شود. نویسندگان این مقاله در تلاش برای درک و توسعه یک مدل از طریق مفاهیم ناب و

سبز و بهبود موضوعات مربوط به پایداری و افزایش کارایی منابع، می‌باشند. آن‌ها یک مدل مفهومی ناب و سبز برای پایداری کسب و کار ارائه داده‌اند. فهیم‌نیا و جبارزاده (۲۰۱۶) [۱۲] در مقاله‌ای تحت عنوان "پیوند تاب‌آوری و پایداری زنجیره تأمین" بیان می‌کنند که مدیریت زنجیره تأمین پایدار قسمت عمده‌ای از استراتژی شرکت برای تقریباً هر صنعتی شده است. هدف از این پژوهش کشف ارتباط تاب‌آوری و پایداری در سطح طراحی زنجیره تأمین است. این پژوهش بر روی شرکت‌های چند ملیتی که شامل تولید و توزیع لباس‌های ورزشی است، انجام می‌پذیرد. پژوهشگران از مدل بهینه‌سازی چند هدفه شامل روش امتیازدهی عملکرد پایداری و رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی تصادفی بهره‌جسته‌اند که می‌تواند برای انجام تجزیه و تحلیل تبادل پایداری پویا و طراحی یک زنجیره تأمین پایدار تاب‌آور استفاده گردد. آزودو و کارالهو (۲۰۱۶) [۱۳] مقاله‌ای تحت عنوان "چارچوب پیشنهاد شده برای ارزیابی پایداری زنجیره تأمین بالادستی" ارائه کردند که یک چارچوب برای ارزیابی پایداری شرکت‌ها به صورت فردی و زنجیره تأمین بالادستی خود پیشنهاد می‌کند. این چارچوب شامل مجموعه‌ای از مراحل ارزیابی پایدار شرکت و زنجیره تأمین بالادستی می‌باشند. تکنیک تجمع خطی پیشنهاد شده مجموعه‌ای از شاخص‌های ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی پایداری را ترکیب می‌کند. بوراکیس و همکاران (۲۰۱۴) [۱۴] در مقاله‌ای تحت عنوان "بررسی عملکرد پایداری در زنجیره تأمین: مطالعه موردی در بخش لبنیات یونان" بیان می‌کنند که هدف از این مطالعه ارزیابی عملکرد پایداری به صورت فردی با استفاده از شاخص‌های کلیدی در ارتباط با کارایی، انعطاف‌پذیری، پاسخگویی و کیفیت محصول است که برای جمع‌آوری اطلاعات از پرسشنامه استفاده شده است. ۱۵۰ عضو از زنجیره تأمین پاسخگو بوده‌اند. یافته‌ها نشان می‌دهد که به صورت فوری نیاز است تا شاخص‌های کلیدی عملکرد پایداری بهبود داده شود. گویندان و همکاران (۲۰۱۴) [۱۵] مقاله‌ای تحت عنوان "تأثیر شیوه‌های مدیریت زنجیره تأمین بر پایداری" ارائه کردند. هدف از این مقاله بررسی تأثیر شیوه‌های زنجیره تأمین سبز، تاب‌آور و ناب بر پایداری زنجیره تأمین است. آن‌ها با یک رویکرد تحقیقی قیاسی، مدل مفهومی را استخراج کرده‌اند. این تحقیق در زنجیره تأمین قطعه‌سازی خودرو در کشور پرتغال انجام گرفته است. مدل مفهومی تحقیق که از تحلیل داده‌ها به دست آمده است، تأثیر شیوه‌های سبز، ناب و تاب‌آور را بر پایداری ارزیابی می‌کند. جوادیان و همکاران (۱۳۹۰) [۱۶] در مقاله‌ای تحت عنوان "شناسایی عوامل مؤثر بر عملکرد زنجیره تأمین و بهبود آن با استفاده از روش پویایی سیستم: شرکت داروگر" به بررسی و بهبود برخی رفتارهای نامطلوب در زنجیره تأمین با استفاده از تکنیک پویایی

شناسی سیستم پرداخته‌اند. مورد مطالعاتی این پژوهشگران زنجیره تأمین تولید و توزیع محصولات بهداشتی می‌باشد. نتایج تحقیق آنها نشان‌دهنده پیش‌بینی نتایج، قبل از هرگونه تغییر در متغیرها، ارتباطها و یا ساختار زنجیره بوده که با توجه به پیچیده بودن زنجیره تأمین اهمیت زیادی دارد.

بررسی پیشینه پژوهش نشان می‌دهد که پژوهش‌های پیشین اغلب در حوزه ارزیابی عملکرد پایداری فقط به ارائه چارچوب یا مدل تحلیلی اکتفا شده است و پژوهش‌ها با رویکرد پویایی سیستم در یک زنجیره تأمین با تاکید بر یک پارادایم صورت گرفته است و به صورت ادغام چند پارادایم شبیه سازی نشده است. در این پژوهش، علاوه بر ادغام ۴ پارادایم ناب، چابک، تاب‌آور و سبز (لارج) از تکنیک مدلسازی ریاضی (رویکرد پویایی سیستم) برای ارزیابی عملکرد پایداری شیوه‌های زنجیره تأمین لارج استفاده شده است.

### ۳- روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و از نظر روش توصیفی-تحلیلی می‌باشد. این پژوهش در دو مرحله انجام گرفته است. مرحله اول یکپارچه‌سازی پارادایم‌های ناب، چابک، تاب‌آور و سبز می‌باشد که شیوه‌های مدیریت زنجیره تأمین لارج مستخرج شده از ادبیات پژوهش و تعدیل و تکمیل شده توسط خبرگان از طریق روش دیمتل فازی<sup>۱</sup> و فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی<sup>۲</sup> اولویت‌بندی شدند و مهمترین شیوه‌ها در قالب رویکردی یکپارچه از شیوه‌های لارج ارائه گردید. برای استخراج اهمیت و اوزان و وابستگی بین معیارهای مورد مطالعه در مرحله اول از نظر خبرگان و مدیران شرکت خودروسازی استفاده شده است. تعداد ۱۵ پرسشنامه تکمیل شده و جمع‌آوری گردید. مرحله دوم ارائه مدل ارزیابی عملکرد پایداری شیوه‌های مدیریت زنجیره تأمین لارج می‌باشد که به منظور طراحی مدل ارزیابی عملکرد پایداری با استفاده از پویایی سیستم از نظرات خبرگان برای تعیین روابط بین معیارهای پایداری و شیوه‌های مدیریت زنجیره تأمین لارج استفاده شده است. برای جمع‌آوری داده‌ها از پرسشنامه و مصاحبه با خبرگان استفاده شده است. جامعه آماری برای پاسخگویی به پرسشنامه، مدیران و کارشناسان بخش‌های مختلف صنعت خودروسازی می‌باشد. داده‌های کمی پژوهش، داده‌های واقعی مربوط به سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در زنجیره تأمین خودروسازی می‌باشد. پژوهش حاضر به دنبال ارزیابی عملکرد پایداری در مدیریت زنجیره تأمین لارج می‌باشد. از آنجایی که زنجیره تأمین تحت این مطالعه پیچیده است، از رویکرد پویایی سیستم استفاده شده است. از

روش تحلیل پویایی سیستم برای بررسی و مطالعه انواع سیستم‌های بازخوردی همانند سیستم‌های موجود در حوزه کسب و کار و همچنین سیستم‌ها اجتماعی استفاده می‌شود [۱۷].

### ۳-۱- گام‌های مدل‌سازی

ابتدا مسئله به صورت دقیق شناسایی و تعریف می‌گردد. با تعریف دقیق مسئله می‌توان تبیین کرد که چرا رفتاری خاص از سیستم سر می‌زند. در گام دوم، فرضیات پویا از مسئله ارائه می‌شود و ساختار کلی مدل در قالب نمودار علی و معلولی شکل می‌گیرد و در ادامه نمودار علی و معلولی مبنایی برای ارائه نمودار حالت-جریان می‌باشد. در گام سوم، از طریق جمع‌آوری داده‌ها، روابط ریاضی بین متغیرها و مقادیر اولیه بدست آمده است و از طریق نرم‌افزار و نسیم فرموله می‌گردد. در گام چهارم، آزمون‌های متعددی با هدف ایجاد اطمینان از اعتبار و قابلیت اعتماد مدل صورت می‌پذیرد و در مرحله آخر نیز سناریوهایی برای بهبود عملکرد مدل طراحی و نتایج بدست آمده از اجرای این سناریوها تجزیه و تحلیل شده است.

### ۴- تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

۴-۱- یکپارچه‌سازی پارادایم‌های ناب، چابک، تاب‌آور و سبز با استفاده از دیمتل

فازی و فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی

۴-۱-۱- تعیین وزن معیارها و زیرمعیارهای مدل با استفاده از تکنیک تحلیل شبکه‌ای فازی  
مراحل انجام تحلیل به صورت زیر است:

- اولویت‌بندی معیارهای اصلی بر اساس هدف از طریق مقایسه زوجی  
برای انجام تحلیل شبکه‌ای، نخست معیارهای اصلی بر اساس هدف به صورت زوجی مقایسه شده‌اند. مقایسه زوجی بسیار ساده است و تمامی عناصر هر خوشه باید به صورت دو به دو مقایسه شوند. چون ۴ معیار اصلی وجود دارد، ۶ مقایسه زوجی از دیدگاه خبرگان انجام می‌گیرد. در این روش، ابتدا دیدگاه خبرگان با طیف نه درجه‌ای ساعتی گردآوری شده و سپس فازی‌سازی انجام می‌گیرد. برای تجمیع دیدگاه خبرگان در روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی از روش میانگین هندسی استفاده شده است. پس از تشکیل ماتریس مقایسه‌های زوجی، جمع فازی هر سطر محاسبه می‌شود. برای نرمال‌سازی ترجیحات هر معیار، باید مجموع مقادیر آن معیار بر مجموع تمامی ترجیحات (عناصر ستون) تقسیم شود. چون مقادیر فازی هستند،

بنابراین جمع فازی هر سطر در معکوس مجموع ضرب می‌شود. هر یک از مقادیر بدست آمده وزن فازی و نرمال شده مربوط به معیارهای اصلی هستند. در گام نهایی فازی‌زدائی مقادیر بدست آمده و محاسبات عدد قطعی صورت گرفته است. جدول ۱ وزن معیارهای اصلی (پارادایم‌های تاب‌آور، ناب، چابک و سبز) را نشان می‌دهد.

جدول ۱. وزن معیارهای اصلی بر اساس بردار ویژه

وزن پارادایم‌ها	پارادایم‌ها
۰/۳۸۸	تاب‌آور
۰/۲۲۶	ناب
۰/۱۵۴	چابک
۰/۱۴۹	سبز

• اولویت‌بندی هریک از زیرمعیارها در خوشه مربوط به خود از طریق مقایسه زوجی در گام دوم از تکنیک تحلیل شبکه‌ای فازی، زیرمعیارهای مربوط به هر معیار (شیوه‌های ناب، چابک، تاب‌آور و سبز) بصورت زوجی مقایسه شده‌اند. پس از تشکیل ماتریس مقایسه‌های زوجی بدست آمده برای زیرمعیارهای مربوط به هر معیار، جمع فازی هر سطر محاسبه می‌شود. در گام نهایی فازی‌زدائی مقادیر بدست آمده و محاسبات عدد قطعی صورت گرفته است.

جدول ۲. وزن زیرمعیارها بر اساس بردار ویژه

وزن زیرمعیارها	زیرمعیارهای تاب‌آور	وزن زیرمعیارها	زیرمعیارهای چابک
۰/۲۱۹	حمل و نقل انعطاف‌پذیر	۰/۱۶۵	برنامه‌ریزی متناسب، متمرکز و مشترک
۰/۰۴۸	استراتژی منبع‌یابی برای تغییر تامین‌کنندگان	۰/۲۳۴	توانایی تغییر زمانهای تحویل سفارش تامین‌کنندگان
۰/۲۲۴	کاهش زمان تأخیر	۰/۶۰۶	سرعت در بهبود پاسخگویی به تغییرات نیازهای بازار
۰/۱۸۰	منبع‌یابی انعطاف‌پذیر	۰/۱۲۲	سرعت در بهبود خدمت به مشتری



وزن زیرمعیارها	زیرمعیارهای ناب	وزن زیرمعیارها	زیرمعیارهای سبز
۰/۱۸۵	روابط با مشتریان	۰/۱۶۱۷	گواهینامه ایزو ۱۴۰۰۱
۰/۲۸۶	تولید به موقع	۰/۱۶۲۳	لجستیک معکوس
۰/۲۶۱	مدیریت کیفیت جامع	۰/۱۸۹	همکاری زیست محیطی با تامین کنندگان
		۰/۱۹۲	کاهش مصرف انرژی

نرخ ناسازگاری مقایسه‌های انجام شده در پارادایم‌های تاب‌آور، ناب، چابک و سبز به ترتیب ۰/۰۱۷، ۰/۰۲۵، ۰/۰۸۸ و ۰/۰۰۹ بدست آمده است که همگی کوچکتر از ۰/۱ می‌باشند. بنابراین می‌توان به مقایسه‌های انجام شده اعتماد نمود.

#### ۴-۱-۲- مراحل انجام تکنیک دیمتل فازی:

۱. محاسبه ماتریس ارتباط مستقیم؛ ۲. ماتریس ارتباط مستقیم نرمال؛ ۳. ماتریس ارتباط کامل؛ ۴. قطعی‌سازی ماتریس ارتباط کامل

- محاسبه سوپرماتریس اولیه، سوپرماتریس موزون و سوپرماتریس حد برای تعیین وزن نهائی، خروجی مقایسه معیارهای اصلی بر اساس هدف و زیرمعیارها و روابط درونی میان معیارها و زیرمعیارها، در یک سوپرماتریس ارائه می‌شود. به این سوپرماتریس، سوپرماتریس اولیه یا ناموزن گفته می‌شود. سوپر ماتریس اولیه این پژوهش به صورت زیر خواهد بود:

$$W = \begin{bmatrix} \dot{W}_{21} & \dot{W}_{22} & \dot{W}_{23} \\ \cdot & \dot{W}_{32} & \dot{W}_{33} \end{bmatrix} \quad \text{رابطه ۱}$$

- در این سوپرماتریس بردار W21 اهمیت هر یک از معیارهای اصلی را بر اساس هدف نشان می‌دهد. بردار W22 نشان‌دهنده مقایسه زوجی روابط بین پارادایم‌های اصلی مأخوذ از خروجی تکنیک دیمتل است. بردار W32 نشان‌دهنده اهمیت هر یک از زیرمعیارها در خوشه مربوط به خود می‌باشد. بردار W33 نشان‌دهنده مقایسه زوجی روابط بین زیرمعیارها مأخوذ از خروجی تکنیک دیمتل است. درایه‌های صفر نیز گویای بی‌تأثیر بودن فاکتورها در محل تلاقی سطر و ستون بر یکدیگر است. با توجه به محاسبات انجام گرفته در گام‌های اول تا چهارم، سوپرماتریس ناموزون (اولیه) بدست آمده است. در مرحله بعد با استفاده از مفهوم نرمال



کردن، سوپرماتریس ناموزون به سوپرماتریس موزون (نرمال) تبدیل می‌شود. در سوپرماتریس موزون جمع عناصر تمامی ستون‌ها برابر با یک می‌شود. گام بعدی، محاسبه سوپرماتریس حد می‌باشد. سوپرماتریس حد با توان رساندن تمامی عناصر سوپرماتریس موزون بدست می‌آید. این عمل آنقدر تکرار می‌شود تا تمامی عناصر سوپر ماتریس شبیه هم شود. در این حالت تمامی درایه‌های سوپرماتریس برابر صفر خواهد بود و تنها درایه‌های مربوط به زیرمعیارها عددی می‌شود که در تمامی سطر مربوط به آن درایه تکرار می‌شود. بنابراین اولویت نهایی شیوه‌های ناب، چابک، تاب‌آور و سبز به صورت جدول ۳ خواهد بود.

جدول ۳. اولویت نهایی شیوه‌های ناب، چابک، تاب‌آور و سبز

رتبه‌بندی نهایی	وزن نهایی	نماد زیرمعیار	زیرمعیار
۱۲	۰/۰۴۱۹	S11	گواهینامه ایزو ۱۴۰۰۱
۶	۰/۰۵۱۱	S12	کاهش مصرف انرژی
۱۱	۰/۰۴۳۹	S13	لجستیک معکوس
۷	۰/۰۴۹۸	S14	همکاری زیست محیطی با تامین‌کنندگان
۸	۰/۰۴۷۶	S21	روابط با مشتریان
۱	۰/۰۸۱۵	S22	تولید به موقع
۲	۰/۰۶۹۸	S23	مدیریت کیفیت جامع
۵	۰/۰۵۲۴	S31	حمل و نقل انعطاف‌پذیر
۴	۰/۰۶۴۲	S32	کاهش زمان تأخیر
۹	۰/۰۴۶۹	S33	منبع‌یابی انعطاف‌پذیر
۱۵	۰/۰۳۲۹	S34	استراتژی‌های منبع‌یابی برای تغییر تامین‌کنندگان
۱۰	۰/۰۴۴۳	S41	برنامه‌ریزی متناسب، متمرکز و مشترک
۳	۰/۰۶۷۸	S42	توانایی تغییر زمان‌های تحویل سفارش تامین‌کنندگان
۱۳	۰/۰۳۹۹	S43	سرعت در بهبود پاسخگویی به تغییرات نیازهای بازار
۱۴	۰/۰۳۷۶	S44	سرعت در بهبود خدمت به مشتری

در نهایت برای بررسی پویایی شیوه‌های مدیریت زنجیره تأمین لارج و تأثیرشان بر عملکرد پایداری در زنجیره تأمین خودروسازی مهمترین شیوه‌های ناب، چابک، تاب‌آور و سبز که رویکردی یکپارچه از مدیریت زنجیره تأمین لارج می‌باشد، انتخاب شدند که در جدول ۴ بیان شده است.

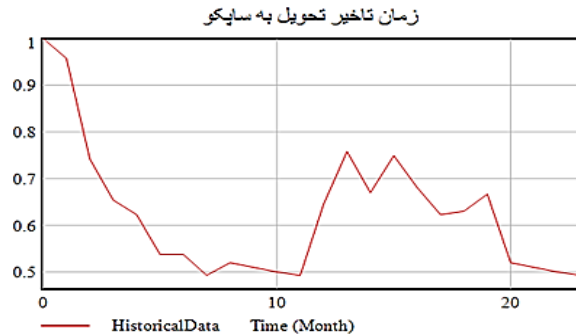
جدول ۴. شیوه‌های مدیریت زنجیره تأمین لارج و معیارهای پایداری

منابع	شیوه‌های مدیریت زنجیره تأمین لارج	ردیف
[۱۸] [۱۹]	تولید به هنگام	۱
[۱۹] [۲۰]	مدیریت کیفیت جامع	۲
[۲۱]	توانایی تغییر زمان‌های تحویل تأمین کنندگان	۳
[۶] [۲۱]	کاهش زمان تأخیر	۴
[۲۲]	حمل و نقل انعطاف‌پذیر	۵
[۲۰]	کاهش مصرف انرژی	۶
منابع	معیارهای پایداری	ردیف
[۲۳]	هزینه‌ها	۱
[۲۴]	سود	۲
[۲۵]	پاسخگویی (تأمین کننده و تولیدکننده)	۳
[۲۵] [۲۶]	انعطاف‌پذیری	۴
[۲۷] [۲۵]	کیفیت	۵
[۲۳] [۲۴]	تحویل به موقع	۶
[۲۴] [۲۶]	رضایت مشتری	۷
[۲۸]	رقابت پذیری	۸
[۲۹]	مشارکت کارکنان	۹
[۲۹] [۲۶]	رضایت شغلی کارکنان	۱۰
[۲۸] [۲۴]	مصرف انرژی	۱۱
[۲۶]	مصرف سوخت	۱۲
نظر خبرگان	درآمد	۱۳

## ۴-۲- ارائه مدل ارزیابی عملکرد پایداری شیوه‌های مدیریت زنجیره تأمین لارج با استفاده از رویکرد پویایی سیستم

### ۴-۲-۱- فرضیه پویا

کاهش زمان تأخیر یک استراتژی جدید جهانی است که ممکن است موجب افزایش پاسخگویی، رقابت‌پذیری، بهبود سرعت ارائه خدمات، رضایت مشتری، افزایش فروش و سود می‌شود. کاهش زمان تأخیر یک مزیت رقابتی ایجاد می‌کند و در دستیابی به بهینه‌سازی زنجیره تأمین داخلی و پایداری بهتر کمک می‌کند. تولید قابل انعطاف مستلزم تحویل سریع قطعات از سوی تأمین‌کنندگان می‌باشد. زمان تأخیر کوتاه با سطح موجودی مرتبط است. افزایش زمان تأخیر در زنجیره تأمین منجر به سطوح بالاتری از موجودی می‌شود و هر اندازه خطوط تأمین دورتر باشد، این امکان وجود دارد که زمان تأخیر زنجیره افزایش یابد و این امر موجب افزایش موجودی می‌شود. با کاهش زمان تأخیر انتظار می‌رود به دلیل اطلاعات دقیق‌تر تقاضا و نیازمندی به موجودی کمتر، هزینه‌های موجودی کاهش یابد، البته هزینه‌های سفارش‌دهی را افزایش می‌دهد؛ زیرا تأمین‌کنندگان قیمت‌های بالاتری را برای سفارشات با زمان تأخیر کوتاه‌تر در نظر می‌گیرند. در نهایت زمان تأخیر کوتاه‌تر، سطح خدمات مشتریان را بهبود می‌بخشد. کاهش زمان تأخیر یک بهبود عملیاتی است که به طور غیر مستقیم بر انتشار کربن بر کل زنجیره تأمین تأثیر دارد که با برخی ریسک‌ها و هزینه‌های اضافی مرتبط است. تأخیر علاوه بر اینکه تأثیر منفی بر عملکرد اقتصادی دارد، بر عملکرد زیست محیطی هم تأثیرگذار می‌باشد. هر اندازه زمان تأخیر طولانی‌تر باشد، موجبات ظهور بحران در شبکه تأمین فراهم می‌شود و در نهایت احتمال آسیب‌پذیری زنجیره تأمین را در مقابل اختلالات افزایش می‌دهد. روند تغییرات زمان تأخیر تحویل به ساپکو در شکل ۱ نشان داده شده است.



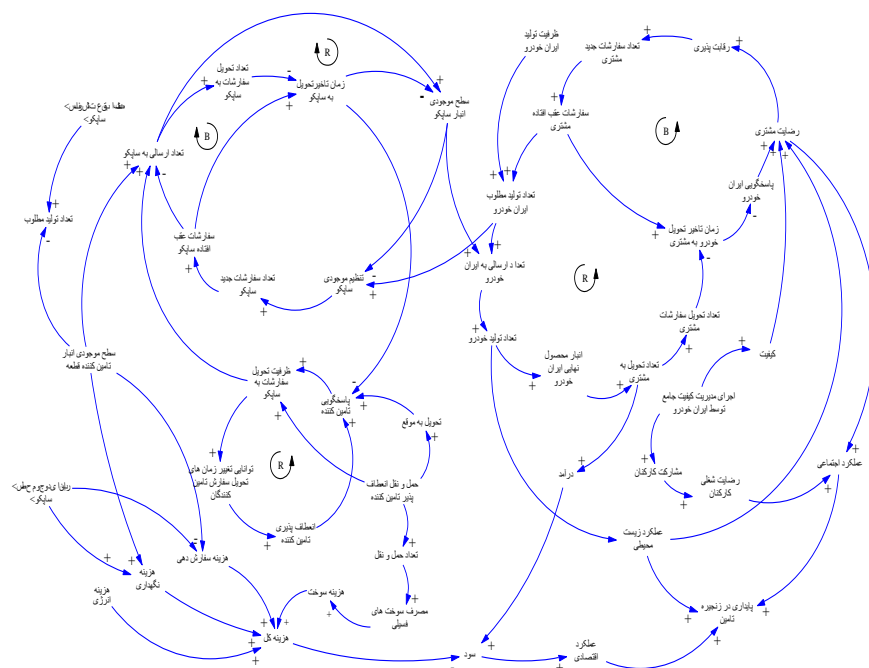
شکل ۱. روند تغییرات زمان تأخیر تحویل به سایکو

#### ۲-۲-۴- نمودار علی و معلولی

برای نشان دادن روابط علی بین متغیرها و ساختار بازخوردی سیستم بهترین ابزار، استفاده از نمودار علی و معلولی می‌باشد. در شکل ۲ در یک نگاه روابط علی و معلولی بین شیوه‌های مدیریت زنجیره تأمین لارج و معیارهای پایداری نشان داده شده است.

حلقه‌های بازخورد تعادلی هدفجو به دنبال پایداری هستند. بازخورد تعادلی با جهتی که یک تغییر بر سیستم تحمیل می‌کند، مقابله می‌کند. حلقه‌های بازخورد تعادلی ساختارهای متعادل کننده یا هدفجو در سیستم‌ها هستند که هم عامل ثبات و هم مانع بروز تغییرات در سیستم‌ها می‌باشند. حلقه‌های بازخورد تعادلی در همه جای سیستم وجود دارند. یک سیستم پیچیده معمولاً چندین حلقه بازخورد تعادلی را به کار می‌گیرد؛ بنابراین قادر است رفتار خود را تحت شرایط و اثرات متفاوت اصلاح نماید [۳۰]. نمودار علی و معلولی این پژوهش دارای ۲ حلقه بازخورد منفی می‌باشد.

در حالی که حلقه بازخورد تعادلی، خود اصلاح‌کننده است؛ حلقه بازخورد تقویتی، خود تقویت کننده است. هر چه این حلقه‌ها بیشتر کار کنند قدرت بیشتری برای انجام مجدد همان کار به دست خواهد آورد و رفتار سیستم را در یک جهت هدایت می‌کند. بازخورد تقویتی کننده در هر جهتی که قرار بگیرد موجب تشدید هر چه بیشتر آن رویداد می‌شود [۳۰]. نمودار علی و معلولی این پژوهش دارای ۳ حلقه بازخورد مثبت می‌باشد.

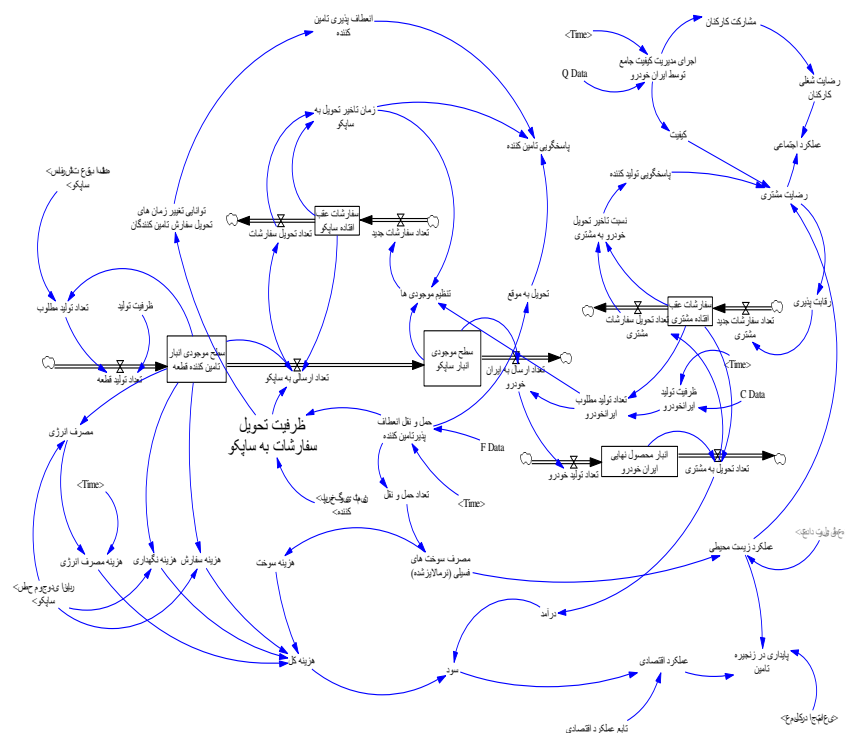


شکل ۲. نمودار علی و معلولی

#### ۳-۲-۴- نمودار حالت- جریان

این نمودار نحوه تعامل بین متغیرهای یک سیستم را با یکدیگر نشان می‌دهد. متغیرهای استفاده شده در این مدل به سه گروه تقسیم می‌گردد: الف) متغیرهای حالت: این متغیرها نشان‌دهنده انباشت در یک دوره زمانی می‌باشد و در طول زمان توسط متغیر نرخ افزایش یا کاهش می‌یابد. مانند سطح موجودی انبار تأمین‌کننده، سطح موجودی انبار ساپکو، انبار محصول نهایی ایران خودرو، سفارشات عقب افتاده ساپکو، سفارشات عقب افتاده مشتری. ب) متغیرهای نرخ: این متغیرها تعیین‌کننده متغیرهای حالت در سیستم هستند مانند: تعداد تولید قطعه، تعداد ارسالی به ساپکو، تعداد ارسالی به ایران خودرو، تعداد تولید خودرو، تعداد تحویل به مشتری، تعداد سفارشات جدید ساپکو، تعداد تحویل سفارشات به ساپکو، تعداد سفارشات جدید مشتری، تعداد تحویل سفارشات به مشتری. ج) متغیرهای کمکی: این متغیرها مقدار آنها از

مقدار متغیرها در دوره‌های زمانی قبل مستقل هستند. شکل ۳ نمودار حالت- جریان مدل را نشان می‌دهد.



شکل ۳. نمودار حالت- جریان

#### ۴-۲-۴- اعتبارسنجی مدل

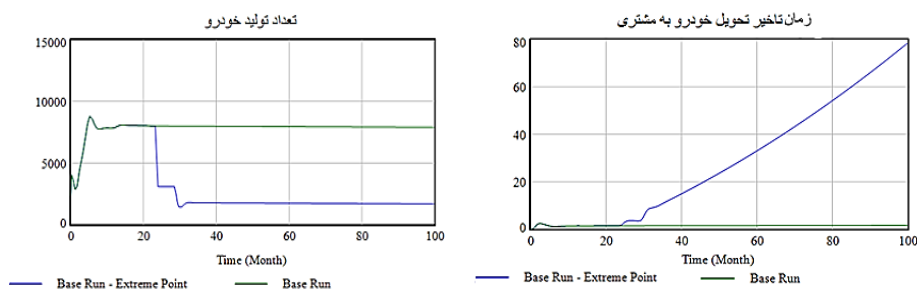
یکی از مراحل مهم مدل‌سازی، اعتبارسنجی مدل می‌باشد. اعتبارسنجی مدل‌های پویایی‌های سیستم، اساساً فرآیندی برای ایجاد اطمینان نسبت به درستی و سودمندی مدل به عنوان یک ابزار سیاست‌گذاری است [۱]. معمولاً محققان رویکرد پویایی‌شناسی سیستم‌ها ترکیبی از چند روش اعتبارسنجی را انتخاب و به تست ساختار و رفتار مدل می‌پردازند [۳۱]. برای اطمینان از اعتبار عملکرد مدل، آزمون‌های زیر انجام گردید که نتایج آن‌ها به شرح زیر می‌باشد:

#### ۴-۲-۴-۱- تست ساختاری

در این نوع اعتبارسنجی، مدل در تمام مراحل ایجاد از نظر ساختاری یعنی متغیرهای به کار گرفته شده مدل و روابط بین آنها (روابط و حلقه‌های علی) مورد بررسی واقع می‌شوند [۳۱]. تست سازگاری ابعادی: این آزمون به منظور تعیین واحد متغیرها و هماهنگی آن‌ها با واقعیت انجام شده و تأیید شده است. تست ارزیابی ساختار مدل: در این پژوهش، با بهره‌گیری از نظرات کارشناسان و خبرگان در زنجیره تأمین خودروسازی، ساختار مدل بررسی گردید و اعتبار ساختاری مدل مورد تأیید قرار گرفت.

#### ۴-۲-۴-۲- تست رفتاری

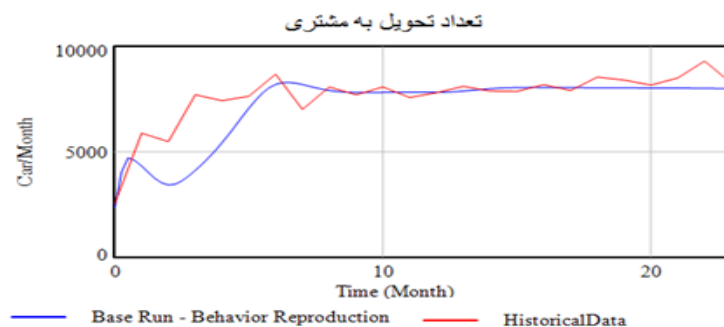
در این نوع اعتبارسنجی به بررسی رفتار حاصل از مدل و اطمینان از این رفتار می‌پردازیم [۳۱]. آزمون حدی: شرایط حدی، شرایطی است که ممکن است هرگز در دنیای واقعی مشاهده نشود. این آزمون نشان می‌دهد که آیا سیستم رفتار قابل انتظاری در برابر شرایط حدی از خود نشان می‌دهد یا خیر [۱]. به عنوان مثال مقدار ظرفیت تولید ایران خودرو را در ماه ۲۴، ۵۰ درصد کاهش داده می‌شود. همانطور در شکل ۴ مشاهده می‌شود، تعداد تولید خودرو با کاهش چشمگیری روبرو شده است و زمان تأخیر تحویل خودرو به مشتری به شدت افزایش یافته است.



شکل ۴. آزمون حدی مربوط به متغیر تعداد تولید خودرو و زمان تأخیر خودرو به مشتری

آزمون بازتولید رفتار: هدف از انجام آزمون بازتولید رفتار، مقایسه نتایج شبیه‌سازی با داده‌های واقعی برای اطمینان از صحت عملکرد رفتار الگو است. در این حالت، رفتار شبیه‌سازی شده برای الگو بازتولید می‌شود تا با داده‌های واقعی مقایسه گردد. همان‌گونه که

در شکل ۵ ملاحظه می‌شود، اطلاعات واقعی و شبیه‌سازی تعداد تحویل به مشتری در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ نشان داده شده است. این نمودار رفتار متغیرها را که به خوبی شبیه‌سازی شده، نشان می‌دهد.



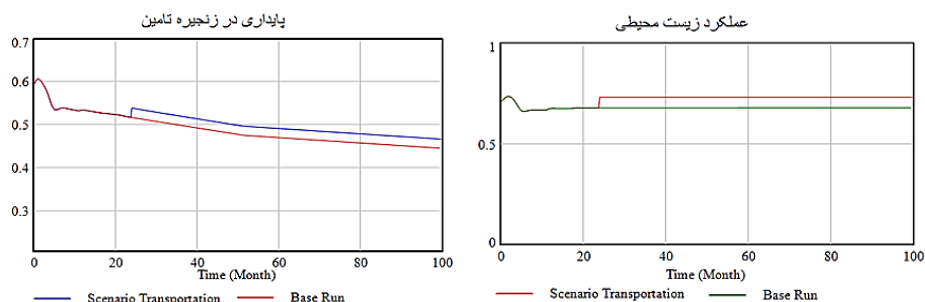
شکل ۵. آزمون بازتولید رفتار مربوط به متغیر تعداد تحویل به مشتری

#### ۴-۲-۵- سناریوها

سناریوی بهبود در حمل و نقل انعطاف‌پذیر

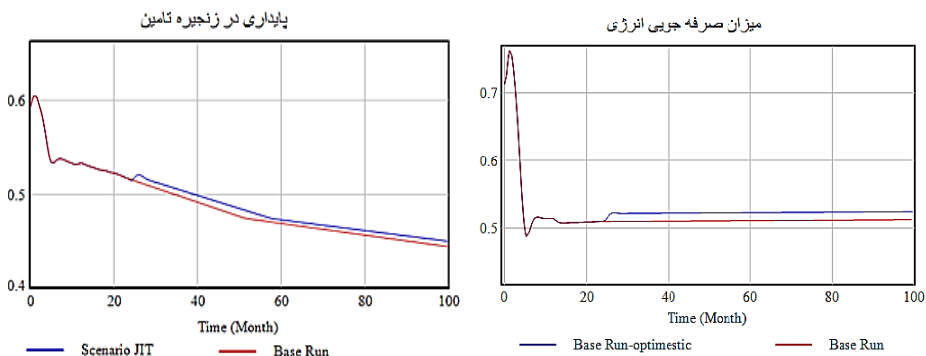
شیوه حمل و نقل انعطاف‌پذیر یکی از شیوه‌های مدیریت زنجیره تأمین لارج است که بر پایداری در زنجیره تأمین تاثیرگذار می‌باشد. با افزایش ۳۰ درصدی در حمل‌ونقل انعطاف‌پذیر، تحویل به موقع افزایش ۳۵ درصدی و پاسخگویی تأمین‌کننده افزایش ۳۰ درصدی را نشان می‌دهد و همچنین ظرفیت تحویل سفارشات به ساپکو میزان قابل توجهی رشد داشته است و توانایی تغییر زمان‌های تحویل سفارش تأمین‌کننده و انعطاف‌پذیری تأمین‌کننده هم تحت تأثیر این سناریو قرار گرفته و روند افزایشی جزئی داشته است و عملکرد زیست محیطی را بهبود داده است. به دلیل بهره‌ور نبودن زنجیره تأمین و کاهشی بودن سودآوری زنجیره تأمین و عدم رضایت مشتریان، افزایش در حمل و نقل انعطاف‌پذیر بر عملکرد اقتصادی و اجتماعی تأثیری نداشته است و در نهایت بهبود این شیوه در زنجیره تأمین منجر به پایدارتر شدن زنجیره تأمین می‌گردد. گویندان و همکاران (۲۰۱۴) [۱۵] بیان می‌کنند که حمل‌ونقل انعطاف‌پذیر بر عملکرد زیست محیطی تأثیر مثبت دارد ولی بر عملکرد اجتماعی تأثیر ندارد که با یافته‌های این پژوهش مطابقت دارد.



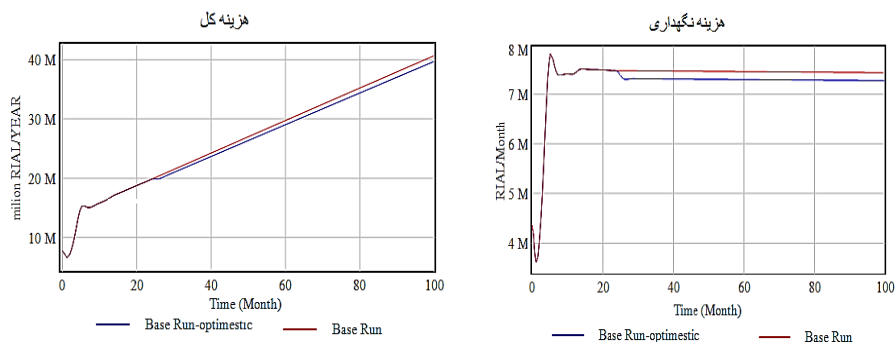


شکل ۶. پایداری و عملکرد زیست محیطی در زنجیره تأمین بعد از اجرای سناریو بهبود در حمل و نقل انعطاف پذیر

سناریوی بهبود در اجرای تولید به موقع یکی دیگر از شیوه‌های مدیریت زنجیره تأمین لارج که بر پایداری تاثیرگذار است، شیوه تولید به موقع می‌باشد. رفتار سیستم نشان می‌دهد که با افزایش ۵۰ درصدی در اجرای تولید به موقع، سطح موجودی انبار ساپکو به صورت قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته است و با کاهش سطح موجودی؛ هزینه‌های نگهداری، مصرف انرژی و هزینه کل کاهش یافته است و از طرفی سود افزایشی شده و عملکرد اقتصادی را بهبود بخشیده است و عملکرد اجتماعی به دلیل کاهش سطح موجودی و عدم تنظیم سطح موجودی انبار و کاهش تولید خودرو که منجر به عدم رضایت مشتریان می‌شود، کاهش یافته است و همچنین عملکرد زیست محیطی را به صورت جزیی افزایش داده است. ولی در نهایت رفتار سیستم گویای افزایش پایداری در زنجیره تأمین می‌باشد. رویز بنیتز و همکاران (۲۰۱۹) [۷] بیان می‌کنند که تولید به موقع بر عملکرد اقتصادی تأثیر مثبت دارد. پاگل و وو (۲۰۰۹) [۳۲] بیان می‌کنند که تولید به موقع بر پایداری در زنجیره تأمین تاثیرگذار است و بر عملکرد زیست محیطی تأثیر مثبت دارد که یافته‌های این محققان با نتایج حاصل از این پژوهش همراستا می‌باشد.



شکل ۷. پایداری و میزان صرفه جویی انرژی در زنجیره تأمین بعد از اجرای سناریو بهبود در اجرای JIT



شکل ۸. هزینه نگهداری و هزینه کل در زنجیره تأمین بعد از اجرای سناریو بهبود در اجرای JIT

## ۵- نتیجه گیری

با توجه به افزایش آگاهی مشتریان و فشارهای زیست محیطی از سوی ذینفعان مختلف و بازارها، بخش تولیدی بر اهمیت پایداری در زنجیره‌های تأمین‌شان تاکید دارند [۳۲]. سازمان‌ها تلاش می‌کنند با به کارگیری استراتژی‌های مختلف تولیدی مانند ناب، چابک، تاب‌آور و سبز پایداریشان را برای حفظ موقعیت پایدار افزایش دهند [۳۳]. بنابراین، موضوع پایداری در زنجیره تأمین به یکی از مسائل مهم در محیط کسب‌وکار امروزی تبدیل شده است و نقش بسیار مهمی در افزایش توان رقابتی دارد. در این مقاله، زنجیره تأمین خودروسازی به منظور

درک پویایی شیوه‌های مدیریت زنجیره تأمین لارج بر عملکرد پایدار در طول زمان با استفاده از رویکرد پویایی سیستم شبیه‌سازی شده است. این پژوهش به ادبیات مربوطه به شیوه‌های مدیریت زنجیره تأمین لارج و اتخاذ استراتژی‌هایی برای دستیابی به پایداری در زنجیره تأمین کمک شایانی کرده است. در این پژوهش شیوه‌های مدیریت زنجیره تأمین لارج و معیارهای پایداری مرتبط با زنجیره تأمین صنعت خودروسازی در ایران از طریق مرور ادبیات و مصاحبه با خبرگان شناسایی شدند و سپس از طریق به کارگیری دیمتلفازی و فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی شیوه‌های مدیریت زنجیره تأمین لارج اولویت‌بندی شدند و رویکردی یکپارچه در قالب زنجیره تأمین لارج بدست آمده است و در ادامه بر اساس گام‌های رویکرد پویایی سیستم، پس از تعیین فرضیات پویا، روابط علت و معلولی بین شیوه‌های لارج و معیارهای پایداری تعیین گردید و سپس نمودار حالت- جریان ترسیم شد. پس از ارائه مدل، اعتبارسنجی انجام گردید و در نهایت سناریوهای بهبود حمل و نقل انعطاف‌پذیر و تولید به موقع به منظور ارتقای رفتار مدل تبیین گردید و پس از اعمال سناریوها، تأثیر این شیوه‌ها بر روی پایداری زنجیره تأمین مشاهده گردید. نتایج بدست آمده از اجرای این سناریوها نشان از بهبود پایداری در زنجیره تأمین می‌دهد. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که حمل‌ونقل انعطاف‌پذیر و تولید به موقع شیوه‌های مناسبی برای پایدارتر شدن زنجیره تأمین می‌باشند. گویندان و همکاران (۲۰۱۳) [۴] بیان می‌کنند که استفاده از تولید به موقع، سطح موجودی را کاهش می‌دهد و مصرف انرژی را به دلیل تعداد بیشتر تحویل‌ها افزایش می‌دهد. همچنین یافته‌های گویندان و همکاران (۲۰۱۴) [۲۲] نشان‌دهنده این است که اجرای تولید به موقع، هزینه‌های نگهداری را کاهش داده و موجب پایداری اقتصادی می‌شود. یافته‌های پژوهش رویز بنیتز و همکاران (۲۰۱۹) [۷] و آزدو و همکاران (۲۰۱۶) [۶] نشان‌دهنده این است که تولید به موقع بر عملکرد اقتصادی تأثیر مثبت دارد که با یافته‌های این پژوهش همراستا می‌باشد. پاگل و وو (۲۰۰۹) [۳۲] بیان می‌کنند که تولید به موقع بر پایداری در زنجیره تأمین تأثیرگذار است و همچنین بر عملکرد زیست محیطی تأثیر مثبت دارد که یافته‌های این محققان با نتایج حاصل از این پژوهش همراستا می‌باشد. گویندان و همکاران (۲۰۱۳) [۴] بیان می‌کنند که تولید به موقع و حمل‌ونقل انعطاف‌پذیر از شیوه‌های بسیار مهم برای زنجیره تأمین خودروسازی می‌باشد. یافته‌های گویندان و همکاران (۲۰۱۴) [۲۲] نشان می‌دهد که حمل‌ونقل انعطاف‌پذیر بر عملکرد زیست محیطی تأثیر مثبت دارد ولی بر عملکرد اجتماعی تأثیر ندارد که با یافته‌های این پژوهش مطابقت دارد. همچنین نتایج پژوهش کاروالهو و همکاران (۲۰۱۲) [۹] نشان می‌دهد که حمل‌ونقل انعطاف‌پذیر موجب

انعطاف‌پذیری بیشتر می‌گردد که با یافته‌های حاصل از این پژوهش همراستا می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که در بین استراتژی‌های مختلف ناب، چابک، تاب‌آور و سبز (لارج)، استراتژی ناب، استراتژی بسیار مهمی در دستیابی به پایداری در زنجیره تأمین می‌باشد. مطالعات بسیاری نشان دادند که شیوه‌های ناب؛ عملکرد مالی، اجتماعی و زیست‌محیطی را بهبود می‌بخشد [۳۴]. نتایج پژوهش رویز بنیتز و همکاران (۲۰۱۹) [۷] نشان می‌دهد که شیوه‌های ناب به بهبود پایداری در زنجیره تأمین کمک می‌کند و شیوه‌های ناب با شیوه‌های تاب‌آور در ارتباط است که با یافته‌های حاصل از این پژوهش همراستا می‌باشد. بنابراین با توجه به یافته‌های پژوهش می‌توان بیان کرد که مدیران و تصمیم‌گیران می‌توانند با اتخاذ تدابیری سطح اجرایی مدیریت کیفیت جامع و تولید به موقع را ارتقا دهند تا پایداری در زنجیره تأمین افزایش یابد.

## ۶- پیشنهادها

در این پژوهش ۶ شیوه مدیریت زنجیره تأمین لارج و ۱۳ معیار پایداری مرتبط با زنجیره تأمین صنعت خودروسازی استفاده شده است. به پژوهشگران آتی پیشنهاد می‌گردد معیارهای پایداری و شیوه‌های مدیریت زنجیره تأمین لارج بسط داده شود و از سایر معیارها و شیوه‌ها در مطالعه‌شان استفاده نمایند. این پژوهش بر صنعت خودروسازی متمرکز بوده است. از این رو نتایج این پژوهش قابل تعمیم به سایر صنایع نمی‌باشد؛ بنابراین به پژوهشگران پیشنهاد می‌گردد، مطالعاتی در این زمینه در سایر صنایع تولیدی و خدماتی انجام گیرد. در مدل طراحی شده در این پژوهش تأمین‌کننده قطعه در یک سطح در نظر گرفته شده است. پیشنهاد می‌گردد تأمین‌کنندگانی از زمان تأمین مواد اولیه (مبدأ) به مدل اضافه گردد. همچنین به پژوهشگران پیشنهاد می‌گردد از مدل‌های تلفیقی از رویکرد شبیه‌سازی و روش‌های ارزیابی زنجیره تأمین مانند کارت امتیازی متوازن و دیگر روش‌های ارزیابی استفاده نمایند.

## ۷- پی‌نوشت‌ها

- ۱Orji and Liu
- ۲System Dynamics
- ۳Duarte & Cruz-Machado
- ۴Fahimnia & Jabbarzadeh
- ۵Azevedo & Carvalho

‡Bourlakis et al  
†Govindan et al  
^Fuzzy DEMATEL  
‡Fuzzy Analytic Network Process

## ۸ – منابع

- [1] A. Ahmadvand, Z. Mohammadiani, H.Khodadadi, “Sustainable Urban Transportation System Dynamic Modeling for Traffic Improvement,” *Management Research in Iran*, vol. 19, no. 2, pp. 31–52, 2015
- [2] P. R. C. Gopal and J. Thakkar, “Sustainable supply chain practices: an empirical investigation on Indian automobile industry,” *Prod. Plan. Control*, vol. 27, no. 1, pp. 49–64, Jan. 2016.
- [3] D. Mathivathanan, D. Kannan, and A. N. Haq, “Sustainable supply chain management practices in Indian automotive industry: A multi-stakeholder view,” *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 128, pp. 284–3۰۵, ۲۰۱۸.
- [4] K. Govindan, R. Khodaverdi, and A. Jafarian, “A fuzzy multi criteria approach for measuring sustainability performance of a supplier based on triple bottom line approach,” *J. Clean. Prod.*, vol. 47, pp. 345–3۵۴, ۲۰۱۳.
- [5] A. Abdollahi, M A. Valipour, M. Ebrahimpour, “Determining Competitive Priorities in Hierarchical Sustainable Supply Chain in Uncertain Situation (Case Study: Pars Toosheh Company) ”, *Modern Researches in Decision Making*, vol. 2, no. 4, pp. 153-177, 2۰۱۷.
- [6] S. G. Azevedo, H. Carvalho, and V. Cruz-Machado, “LARG index: A benchmarking tool for improving the leanness, agility, resilience and greenness of the automotive supply chain,” *Benchmarking*, vol. 23, no. 6, pp. 1472–۱۴۹۹, Aug. 2016.
- [7] R. Ruiz-Benitez, C. López, and J. C. Real, “Achieving sustainability through the lean and resilient management of the supply chain,” *Int. J. Phys. Distrib. Logist. Manag.*, vol. 49, no. 2, pp. 122–1۵۵, ۲۰۱۹.
- [8] S. G. Azevedo, K. Govindan, H. Carvalho, and V. Cruz-machado, “Ecosilient Index to assess the greenness and resilience of the upstream automotive supply chain,” *J. Clean. Prod.*, vol. 56, pp. 131–1۴۶, ۲۰۱۳.



- [9] H. Carvalho and V. Cruz-Machado, "Integrating Lean, Agile, Resilience and Green Paradigms in Supply Chain Management (LARG\_SCM)," in *Supply Chain Management*, vol. 2, no. 2, 2012, p.:151-179.
- [10] I. J. Orji and S. Liu, "A dynamic perspective on the key drivers of innovation-led lean approaches to achieve sustainability in manufacturing supply chain," *Int. J. Prod. Econ.*, Dec. 2018.
- [11] S. Duarte & V. Cruz-Machado, X "Green and Lean Model for Business Sustainability". *Proceedings of the Tenth International Conference on Management Science and Engineering Management*, vol. 502, pp. 502-1281, 2012.
- [12] Fahimnia & A. Jabbarzadeh, "Marrying supply chain sustainability and resilience: A match made in heaven," *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, vol. 91, pp. 306-324, 2016.
- [13] S. G. Azevedo, H. Carvalho, and V. Cruz-Machado, "LARG index," *Benchmarking An Int. J.*, vol. 23, no. 6, pp. 1472-1499, 2016.
- [14] M. Bourlakis, G. Maglaras, D. Gallear, and C. Fotopoulos, "Examining sustainability performance in the supply chain: The case of the Greek dairy sector," *Ind. Mark. Manag.*, vol. 43, no. 1, pp. 56-66, 2014.
- [15] K. Govindan, S. G. Azevedo, H. Carvalho, and V. Cruz-Machado, "Impact of supply chain management practices on sustainability," *J. Clean. Prod.*, vol. 85, pp. 212-225, 2014.
- [16] N. Javadian, M. Khani, I. Mahdavi, "Identifying effective factors on supply chain performance and improving them by using system dynamics techniques, Case study in Darugar Company Case study in darugar" company" *Management Research in Iran*, vol. 16, no. 3, pp. 39-58, 2012.
- [17] A. Azar, H. Moazzez, "Measuring Organizational Strategic Alignment: A Systems Dynamics Approach", *Industrial Management Journal*, vol. 6, no. 2, pp. 197-218, 2015.
- [18] C. M. Parveen, A. R. P. Kumar, and T. V. V. L. Narasimha Rao, "Integration of lean and green supply chain - Impact on manufacturing firms in improving environmental efficiencies," *Proc. Int. Conf. Green Technol. Environ. Conserv. GTEC-2011*, pp. 143-147, 2011.

- [19] M. Lotfi and S. Saghiri, "Disentangling resilience, agility and leanness," *J. Manuf. Technol. Manag.*, vol. 29, no. 1, pp. 168–197, ۲۰۱۸.
- [20] D. De, S. Chowdhury, P. K. Dey, and S. K. Ghosh, "Impact of Lean and Sustainability oriented innovation on Sustainability performance of Small and Medium Sized Enterprises: A Data Envelopment Analysis-based Framework," *Int. J. Prod. Econ.*, 2018.
- [21] H. Carvalho, S. G. Azevedo, and V. C. Machado, "An innovative agile and resilient index for the automotive supply chain," *Int. J. Agil. Syst. Manag.*, vol. ۶, ۲۰۱۳.
- [22] K. Govindan, S. G. Azevedo, and H. Carvalho, "Lean, green and resilient practices influence on supply chain performance: interpretive structural modeling approach," 2013.
- [23] A. Fallahpour, E. Udoncy Olugu, S. Nurmaya Musa, K. Yew Wong, and S. Noori, "A decision support model for sustainable supplier selection in sustainable supply chain management," *Computers and Industrial Engineering*, vol. 105, pp. 391–410, 2017.
- [24] P. Ahi and C. Searcy, "An analysis of metrics used to measure performance in green and sustainable supply chains," *J. Clean. Prod.*, vol. 86, pp. 360–377, Jan. 2015.
- [25] M. Bourlakis, G. Maglaras, D. Gallear, and C. Fotopoulos, "Examining sustainability performance in the supply chain: The case of the Greek dairy sector," *Ind. Mark. Manag.*, vol. 43, no. 1, pp. 56–66, ۲۰۱۴.
- [26] E. Amrina and S. M. M. Yusof, "Key performance indicators for sustainable manufacturing evaluation in automotive companies," *Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), IEEE International Conference on.* pp. ۱۰۹۳–۱۰۹۷, ۲۰۱۱.
- [27] M. Izadikhah and R. Farzipoor Saen, "Evaluating sustainability of supply chains by two-stage range directional measure in the presence of negative data," *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 49, pp. 110–126, 2016.
- [28] I. Erol, S. Sencer, and R. Sari, "A new fuzzy multi-criteria framework for measuring sustainability performance of a supply chain," *Ecological Economics*, vol. 70, no. 6, pp. 1088–1100, 2011.

- [29] O. Farooq, M. Farooq, and E. Reynaud, "Does employees' participation in decision making increase the level of corporate social and environmental sustainability? An investigation in South Asia," *Sustain.*, vol. 11, no. 2, 2019
- [30] D H. Meaddows, "Thinking in Systems", A. Azar, H. Fallah Tafti, *I.S.U. PRESS, Tehran.*, pp1-302, 2013.
- [31] Saryazdi, A Rajabzadeh, A Mashayekhi, A. Hassanzadeh, "Designing System Dynamics Model of Crowdfunding Diffusion in Iran", *Modern Researches in Decision Making*, vol. 5, no. 2, pp. 49-8۰, ۲۰۲۰.
- [32] M. Pagell & Z. WU, "Builoding a more compelete theory of sustainable supply chain management using case studies of 10 examplars," *Journal of Supply Chain Management*, vol. 45, no. 2, pp. 37-5۶, ۲۰۰۹.
- [33] S. Luthra, D. Garg, and A. Haleem, "The impacts of critical success factors for implementing green supply chain management towards sustainability: an empirical investigation of Indian automobile industry," *J. Clean. Prod.*, vol. 121, pp. 142–158, May 2016.
- [34] M. Iranmanesh, S. Zailani, S. Hyun, M. Ali & K. Kim, "Impact of Lean Manufacturing Practices on Firms' Sustainable Performance: Lean Culture as a Moderator," *Sustainability*, vol. 11, no. 4, pp. 1112, 2019.