Industrial Management Perspective

Print ISSN: 2251-9874, Online ISSN: 2645-4165
Volume 11, Serial Number 44, Winter 2022, Pages 253-290 (Original Article)
DOI: 10.52547/JIMP.11.4.253

A System Dynamics Model for Balanced Performance Evaluation of A LARG Supply Chain

Mohammad Reza Atefi[*], Reza Radfar[**], Ezatollah Asghari Zadeh[***]

Abstract

The purpose of this research is to evaluate the level to which a company's activities in a supply chain are LARG. In this study, an integrated method is used to evaluate the LARG supply chain performance of a company resulting from the integration of LARG concepts and Balanced Scorecard approach. The BSC measures are selected based on the LARG concepts, and then the indicators entered into the dynamic model. Variables are changed in different scenarios to analyze changes in the company's performance. Scenarios are designed to evaluate the supply chain performance using the strategic objectives. The results show that simultaneous implementation of LARG elements is not possible due to the trade off relationship. By analyzing the scenarios, it was found that by changing each parameter in the dynamic model, some LARG elements increase and at the same time, some other elements decrease. For example, by increasing the productivity of education, the level of leanness and resilience increases, but it has no effect on the environment. Using the designed dynamic model, the effect of each managerial action and decision on LARG can be determined and the extent to which strategic goals can be achieved.

Keywords: System Dynamics; LARG Supply Chain Management; Performance Evaluation; Scenario Planning; Balanced Scorecard.

Received: Feb. 06, 2021; Accepted: Sep. 20, 2021.

[*] Ph.D student, Department of Systems Management, Faculty of Management and Economics, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

[**] Professor, Department of Industrial Management, Faculty of Management and Economics, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. (Corresponding Author).
Email: r.radfar@srbiau.ac.ir

[***] Associate Professor, Department of Industrial Management, Faculty of Management, University of Tehran.

چشم‌انداز مدیریت صنعتی
شاپای چاپی: ۹۸۷۴-۲۲۵۱، شاپای الکترونیکی: ۴۱۶۵-۲۶۴۵
سال یازدهم، شماره ۴۴، زمستان ۱۴۰۰، ص‌ص ۲۵۳ – ۲۹۰ **(نوع مقاله: پژوهشی)**
DOI: 10.52547/JIMP.11.4.253

ارائه مدلی دینامیکی برای ارزیابی میزان لارج‌بودن عملکرد متوازن یک زنجیره تأمین

محمدرضا عاطفی*، رضا رادفر، عزت‌الله اصغری‌زاده*****

چکیده

هدف این پژوهش ارزیابی میزان لارج‌بودن فعالیت‌های یک شرکت موجود در یک زنجیره تأمین در چارچوب کارت امتیازی متوازن و با کمک‌گرفتن از روش مدل‌سازی دینامیکی است. در این پژوهش برای ارزیابی میزان لارج‌بودن عملکرد شرکت از روش ادغامی مفاهیم لارج و کارت امتیازی متوازن استفاده گردید؛ بدین ترتیب که ابتدا اهداف استراتژیک تدوین و در چارچوب روش کارت امتیازی متوازن، شاخص‌هایی انتخاب گردید که لارج‌بودن عملکرد شرکت را نشان دهد و سپس این شاخص‌ها به همراه متغیرهای کمکی وارد مدل دینامیکی شده است. مدل دینامیکی طراحی‌شده که شامل سنجه‌های کارت امتیازی متوازن است برای یک شرکت فعال در صنعت قطعه‌سازی اجرا شده است. بر اساس اهداف استراتژیک شرکت، سناریوهایی تعریف و اثرات آن بر عملکرد شرکت و میزان لارج‌بودن زنجیره تأمین ارزیابی شده است. با تحلیل سناریوها مشخص شد که با تغییر هر پارامتر در مدل دینامیکی بعضی از عناصر لارج افزایش و به‌طور همزمان بعضی دیگر از عناصر کاهش می‌یابد. برای مثال، با افزایش بهره‌وری آموزش میزان ناب و تاب‌آوری افزایش می‌یابد؛ اما بر محیط‌زیست بدون تأثیر است. با استفاده از مدل دینامیکی طراحی‌شده می‌توان اثر هر اقدام و تصمیم مدیریتی را بر رویکردهای چهارگانه لارج تعیین کرده و میزان تحقق اهداف استراتژیک را مشخص کرد.

کلیدواژه‌ها: سیستم‌های دینامیکی؛ استراتژی؛ کارت امتیازی متوازن؛ مدیریت زنجیره تأمین لارج؛ ارزیابی عملکرد.

۱. مقدمه

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۱۱/۱۸، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۵/۲۹.

* دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی، مدیریت سیستم، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران ایران

** استاد، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی (نویسنده مسئول).
Email: r.radfar@srbiau.ac.ir

*** دانشیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران.

یکی از مباحث مهم در دو دهه اخیر که تحولات عظیمی را در عرصه تولید ایجاد کرده است، مدیریت زنجیره تأمین است. با اینکه زنجیره تأمین می‌تواند بسیار پیچیده باشد، معمولاً از تعداد محدودی از سازمان‌های مستقل تشکیل شده است که با هم کار می‌کنند تا به‌وسیله جریانی از مواد، محصولات، خدمات و اطلاعات، رضایت مشتری نهایی را با حداقل هزینه فراهم کنند [۳۸].

مدیران زنجیره تأمین امروزه با چالش‌های گوناگونی هم در حجم و هم در تنوع مشکلات مدیریتی مواجه هستند. تغییرات گسترده در محیطهای کسب‌وکار امروزی که ناشی از تغییرات در نیازهای مشتریان، تحولات محیط کلان، نوسانات قیمت مواد اولیه، تحولات فناوری و غیره است، به عدم‌قطعیت در تصمیم‌گیری منجر می‌شود [۱۶]. از جمله این مشکلات که به عدم‌قطعیت می‌انجامد، نوسان[۱] و تقویت[۲] است [۲۲]. لازم است که زنجیره تأمین در مواجهه با این عدم‌قطعیت‌ها انعطاف‌پذیر باشد؛ چراکه هدف اولیه هر زنجیره تأمین پاسخگویی به نیازهای مشتریان طی فرآیندی است که برای زنجیره سود ایجاد کند؛ بنابراین هدف از مدیریت زنجیره تأمین، حداکثرکردن سوددهی کل زنجیره در شرایط مختلف (شرایطی که ناشی از عدم‌قطعیت محیط پیرامونی زنجیره هستند)، در عین حداکثرکردن رضایت مشتری است [۴۷]. مدیریت زنجیره تأمین، علاوه بر افزایش سودآوری، افزایش اثربخشی سازمانی، افزایش رقابت‌پذیری و افزایش سطح خدمت به مشتریان، تأثیری حیاتی بر توسعه پایدار یک کسب‌وکار دارد [۱۰]؛ بنابراین هر زنجیره تأمینی به‌منظور دستیابی به سود پایدار و بلندمدت باید به‌درستی مدیریت شود. برای این منظور مدیران باید از پارادایم‌های ناب، چابک، تاب‌آور و سبز استفاده کنند. بنا بر تجربه و نظریه، روابط جایگزینی[۳] بین پارادایم‌های ناب‌بودن، چابک‌بودن، تاب‌آوربودن و سبزبودن، یک مشکل واقعی و مهم است و شناخت این روابط ممکن است کمک کند یک زنجیره تأمین، کاراتر، ساده‌تر و پایدارتر شود.

با توجه به عدم‌قطعیت‌های ایجادشده از عوامل محیطی یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های مدیران تعریف جهت‌گیری‌ها و اهداف استراتژیک به‌گونه‌ای است که بتواند شرکت را به مزیت رقابتی پایدار برساند. بدین ترتیب سازمان‌های تشکیل‌دهنده زنجیره‌های تأمین، هر روز نسبت به اهمیت استراتژیکِ سازگاری با یک چشم‌انداز جامع و جهت‌گیری‌هایی که شامل همه عناصر مهم و حیاتی برای پیشرفت و پایداری جایگاهشان در بازار است، آگاهی بیشتری کسب می‌کنند [۶۳]. در یک زنجیره تأمین که مرتباً در معرض تغییرات محیطی گسترده است و عدم‌قطعیت‌های ایجادشده در آن به نوسانات و تشدید منجر می‌شوند، مسئله هدف‌گذاری نیازمند درنظرگرفتن

---

[1] Oscillation
[2] Amplification
[3] Trade-offs

استراتژی‌های مختلف زنجیره تأمین است. یکی از اجزای اساسی مدیریت زنجیره تأمین مانند هر سازمان و شبکه دیگر، ارزیابی عملکرد زنجیره است. روش کارت امتیازی متوازن یکی از روش‌هایی است که برای ارزیابی عملکرد در زنجیره‌های تأمین استفاده می‌شود. استفاده از این روش باعث می‌شود تا مدیران زنجیره، علاوه بر شاخص‌های کلیدی عملکرد مالی، از شاخص‌هایی در سه حوزه مشتریان، فرآیندهای داخلی و رشد و یادگیری نیز استفاده کنند. این موضوع باعث متوازن‌ترشدن فرآیند ارزیابی عملکرد می‌شود. این رویکرد می‌تواند بین محرک‌های واقعی ارزش‌آفرین نامشهودی نظیر دانش، قابلیت کارکنان، شبکه‌های اطلاعاتی و آموزش که در بلندمدت تأثیر می‌گذارند و نتایج کوتاه‌مدت مانند سنجه‌های مالی توازن ایجاد کند [۳۶]؛ بنابراین برای افزایش رقابت‌پذیری شرکت می‌توان اهداف استراتژیک شرکت را بر اساس مفاهیم زنجیره تأمین لارج طراحی کرد و سپس با طراحی کارت امتیازی متوازن، مدیران می‌توانند تشخیص دهند که یک هدف استراتژیک چه تأثیراتی بر ناب‌بودن، چابک‌بودن، تاب‌آوربودن و سبزبودن زنجیره تأمین دارد.

کارت امتیازی متوازن به‌نوبه خود دارای اشکالاتی است. این روش بر علیت یک‌طرفه تمرکز می‌کند (روابط علت و معلول یک‌طرفه)، قادر به تشخیص تأخیرات زمانی بین اجرای اقدامات و تأثیر آن بر عملکرد سیستم نیست (درنظرنگرفتن عنصر زمانی در روابط علت و معلولی)، فاقد سازوکار اعتبارسنجی است، ارتباطات بین سطح استراتژی و عملیات شفاف نیست و بالاخره بیش‌ازاندازه بر متغیرهای درون‌سازمانی متمرکز است. این مسائل سبب می‌شود تا ارزیابی بیشتر استاتیک باشد و این در یک محیط پویا می‌تواند از کارایی مدل ارزیابی بکاهد [۵، ۴۷، ۴۸، ۴۹، ۵۰]. به‌منظور رفع این نواقص و رسیدن به مدلی پویا می‌توان از مدل‌سازی دینامیکی استفاده کرد [۴۷]. سیستم دینامیکی، تکنیکی برای مدل‌کردن، تحلیل و فهم رفتارهای دینامیکی سیستم‌های پیچیده است [۳۳]. استرمن[1] (۲۰۰۰) علت استفاده از سیستم‌های دینامیکی را چنین تعریف کرده است: «تصمیم‌گیری و یادگیری مؤثر در دنیایی که با پیچیدگی روزافزون روبه‌رو است، ما را ملزم می‌سازد دارای تفکر سیستمی باشیم» [۷۱]. بارنابه[2] (۲۰۱۱)، کوشید با تمرکز بر توسعه کارت امتیازی متوازن و تطبیق آن با سیستم‌های دینامیکی، تصمیم‌گیری استراتژیک را آسان‌تر کند [۱۱]. خباز و حاجی‌حیدری (۲۰۱۵)، چارچوبی برای ادغام BSC[3] و سیستم دینامیک ارائه دادند که نقص‌های کارت امتیازی متوازن را رفع می‌کرد [۳۷].

به‌منظور غلبه بر محدودیت‌های BSC می‌توان پس از ترسیم نقشه استراتژی و مشخص‌کردن اهداف و سنجه‌های کلیدی، از سیستم‌های دینامیکی استفاده کرد. از طرفی این

---

[1] Sterman
[2] Barnabè
[3] Balanced ScoreCard

امکان وجود دارد که چهار رویکرد لارج همگرا نباشند؛ به این معنا که مثلاً افزایش موجودی باعث کاهش ناب‌بودن می‌شود؛ اما درعین‌حال سبب افزایش تاب‌آوری می‌شود. اهداف استراتژیک نیز می‌تواند دارای واگرایی باشد. برای مثال، افزایش کیفیت می‌تواند سبب افزایش هزینه شود؛ اما استفاده از کارت امتیازی متوازن ابزار مناسبی برای تحلیل این تضادها است. مدل دینامیکی به‌دلیل تحلیل رفتار غیرخطی این امکان را می‌دهد که بتوان درک بهتری از تغییر رفتار زنجیره تأمین لارج با اهداف بعضاً واگرا به‌دست آورد [۶۱]. شارما[1] و همکاران (۲۰۲۱)، مطالعه گسترده‌ای را برای مطالعه رویکردهای یکپارچه زنجیره تأمین لارجس انجام دادند. آن‌ها ۱۶۰ مقاله‌ای که طی ۱۰ سال گذشته منتشر شده بود را از نظر جهت‌گیری‌های پژوهشی و زمینه‌های پژوهسی آینده بررسی کردند. یکی از چالش‌های شناسایی‌شده که می‌تواند در پژوهش‌ها موردتوجه قرار گیرد، تحلیل این موضوع است که چگونه اجرای یکی از استراتژی‌های چهارگانه لارج می‌تواند بر دیگری تأثیر بگذارد؛ به‌عبارت‌دیگر نحوه رابطه جایگزینی بین این استراتژی‌ها چگونه است [۶۷].

مسئله‌ای که در این پژوهش به آن پرداخته می‌شود، تلفیق مفاهیم ارزیابی متوازن و مدیریت زنجیره تأمین لارج در قالب یک مدل پویا است تا به کمک آن بتوان موارد زیر را انجام داد:

۱. میزان لارج‌بودن را با توجه به رابطه جایگزینی بین عناصر آن به شکلی پویا بررسی کرد؛

۲. بر اساس کارت امتیازی متوازن میزان تغییرات هر یک از شاخص‌ها و توازن عناصر لارج را در تحقق اهداف استراتژیک شرکت مشخص کرد؛

۳. با تحلیل سناریو بتوان بهترین تصمیمات را در جهت تحقق اهداف استراتژیک شرکت در حرکت به سمت لارج‌بودن اتخاذ کرد.

در این مدل از کارت امتیازی متوازن برای ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین استفاده شده است. با کمک متخصصان، سنجه‌هایی در کارت امتیازی متوازن انتخاب شدند که همسو با یکی از عناصر لارج باشند. در عمده پژوهش‌هایی که در این زمینه انجام شده است، اثر هر تصمیم بر تغییرات لارج و همچنین بر اهداف استراتژیک ارزیابی نشده است. در این پژوهش یک سیستم یکپارچه ارزیابی متوازن زنجیره تأمین لارج توسعه یافته است و امکان بررسی میزان تغییرات کمّی در هر یک از شاخص‌های لارج فراهم شده است. این نوآوری کمک می‌کند تا بتوان میزان لارج‌بودن را در چارچوب استراتژی شرکت ارزیابی کرد و اثر هر اقدام را درنهایت از منظر مالی که هدف تمام شرکت‌ها است، به شکلی یکسان موردارزیابی قرار داد.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

---

[1] Sharma

مدیریت زنجیره تأمین لارج، رویکردی است که پارادایم‌های ناب، چابک، تاب‌آور و سبز را در مدیریت زنجیره تأمین کنار هم قرار می‌دهد تا از طریق یکپارچگی آن از مزیت‌های هر یک استفاده کند و تضاد و محدودیت‌های هر یک را کاهش دهد. باوجوداین مدیریت پارادایم‌های مختلف در یک برنامه هماهنگ و موزون، کار مشکلی است؛ چراکه آن‌ها شامل فعالیت‌های متفاوتی هستند. ناب‌بودن یک زنجیره کمک می‌کند تا سود نهایی از طریق کاهش هزینه‌ها، زیاد شود؛ چابک‌بودن کمک می‌کند تا سود از طریق فراهم‌آوردن هر آنچه دقیقاً مشتری می‌خواهد، زیاد شود. یک زنجیره تاب آور، ممکن است حتماً دارای کمترین هزینه نباشد؛ اما این نوع زنجیره‌ها در مواجهه با عدم‌قطعیت محیط کسب‌وکار تواناتر هستند. همچنین سبزبودن یک زنجیره به‌معنای پایدارتربودن آن از لحاظ محیط‌زیستی است [۱۹]؛ اما مسئله اصلی این است که چطور می‌توان استراتژی را به عملیات متصل کرد.

رن[1] و همکاران (۲۰۰۶)، روش جامعی را به‌منظور دستیابی به تصمیم‌گیری مؤثرتر و پرکردن شکاف بین اهداف استراتژیک و اقدامات عملی در زنجیره تأمین ارائه دادند. در این روش اهداف استراتژیک به شاخص‌های عملکردی تبدیل شده و سپس از تکنیک‌های عددی و محاسباتی مثل سیستم دینامیک استفاده شده است [۵۸]. یانگ[2] (۲۰۱۰)، به‌منظور رسیدن به یک راه‌حل جامع برای تصمیم‌گیری عملیاتی در یک شرکت تولیدی در زنجیره تأمین،ابتدا فرآیند تصمیم‌گیری عملیاتی را موردمطالعه قرار داد و با به‌دست‌آوردن اهداف استراتژیک کوشید تعامل بین آن‌ها را با استفاده از سیستم دینامیکی بررسی کند [۸۰]. ویت‌استراک و توتبرگ[3] (۲۰۱۱)، یک مدل ارزیابی عملکرد متوازن برای مدیریت پایدار زنجیره تأمین ارائه کردند. آن‌ها برای برطرف‌کردن محدودیت‌های کارت امتیازی متوازن و سیستم دینامیکی استفاده کردند [۷۷]. برای پایداری زنجیره تأمین، رویکرد لارج که شامل عناصر ناب، چابک، تاب‌آوری و سبز است، توسعه یافته است.

تمرکز رویکرد ناب بر کاهش اتلاف‌ها به‌منظور برآورده‌کردن نیازهای مشتریان در کمترین زمان و با کمترین هزینه است [۱۸، ۷۸]. رویکرد ناب زمانی که تعداد محصول تولیدی بالا، تنوع محصول کم و تقاضای زنجیره قابل پیش‌بینی باشد، بهتر عمل می‌کند و کاراتر است [۳]. برعکس در تنوع بالا و قابلیت کم پیش‌بینی تقاضای مشتریان، رویکرد ناب باید خود را چابک‌تر کند [۲۴]. از جمله مشکلات پارادایم ناب این است که انعطاف‌پذیری داخلی را تقویت نمی‌کند که این امر موجب کاهش پاسخ به نیازهای مشتریان می‌شود؛ چراکه پاسخ سریع و کارآمد به نیازهای مشتریان مستلزم انعطاف‌پذیری در طراحی محصول و برنامه‌ریزی تولید و توزیع است

---

[1] Ren
[2] Ying
[3] Wittstruck & Teuteberg

[۷۶]. ناب‌بودن ممکن است یکی از عناصر یک سیستم چابک در شرایط اطمینان باشد؛ اما به‌تنهایی نمی‌تواند سازمان را قادر سازد تا در شرایط عدم‌اطمینان به تقاضای مشتریان پاسخ دهد [۲۳].

چابکی در محیط کسب‌وکار به‌معنای پاسخ کارا و مؤثر به تغییرات در محیط‌های غیرقابل‌پیش‌بینی و استفاده از یک تغییر به‌عنوان یک فرصت به‌منظور توسعه کسب‌وکار است [۴]. یک زنجیره تأمین چابک، زنجیره‌ای است که می‌تواند به تغییرات محیط کسب‌وکار خود به شیوه‌ای درست پاسخ دهد. در زنجیره‌های چابک، تمرکز بر توانایی درک و پاسخ سریع به تغییرات بازار است [۲۳]. آگاروال[1] و همکاران (۲۰۰۷)، نشان دادند که چابک‌کردن یک زنجیره مستلزم افزایش رضایت مشتریان، بهبود کیفیت، حداقل‌کردن قیمت، بالابردن سرعت تحویل، معرفی محصولات جدید و کاهش لیدتایم است. آن‌ها همچنین چارچوبی را ارائه دادند که لیدتایم، هزینه‌ها، کیفیت و سطح خدمت در یک شرکت را به میزان ناب‌بودن و چابک‌بودن آن ارتباط می‌داد. بدین ترتیب آن‌ها پارادایم‌های ناب و چابک را با هم بررسی کردند [۴]. عبدلی و والمحمدی[2] (۲۰۱۷)، مجموعه‌ای جامع از شاخص‌های ارزیابی چابکی زنجیره را معرفی کرده و سپس بررسی کردند که چابکی یک زنجیره چه اثری بر سودآوری آن دارد. یافته‌های پژهش آن‌ها نشان داد که هر چهار عامل اصلی چابکی یعنی سرعت، شایستگی، انعطاف‌پذیری و پاسخگویی، بر سودآوری اثرگذار هستند و اثر انعطاف‌پذیری بیش از سایر موارد است [۱].

امروزه بازارها با سطح بالایی از آشفتگی و نوسان روبه‌رو هستند؛ درنتیجه زنجیره‌های تأمین روزبه‌روز آسیب‌پذیرتر می‌شوند و متعاقباً ریسک کسب‌وکارها افزایش یافته است [۸]. تاب‌آوری زنجیره درواقع توانایی سیستم زنجیره برای بازگشتن به حالت اولیه یا یک حالت جدید مطلوب‌تر، پس از رویارویی با یک اختلال در شبکه است [۱۹]. زنجیره تاب آور ممکن است کم‌هزینه‌ترین زنجیره نباشد؛ اما زنجیره‌ای است که قادر است بر عدم‌قطعیت‌های محیط پیرامونی غلبه کند. ساهو[3] و همکاران (۲۰۱۷)، یک چارچوب سلسله‌مراتبی چندسطحی برای اندازه‌گیری و پایش عملکرد تاب‌آوری یک شرکت در زنجیره تأمین ارائه دادند. آن‌ها از نظریه فازی برای رفع برخی از ابهامات استفاده کردند [۶۲]. اگرچه تاب‌آوری امکان پاسخگویی به مشتریان را بهبود می‌دهد؛ اما مسائل زیست‌محیطی و اثرات اجتماعی فعالیت‌های زنجیره را در نظر نمی‌گیرد.

مدیریت سبز زنجیره تأمین، یک فلسفه سازمانی است که هدف آن به‌دست‌آوردن سود و سهم بازار از طریق کاهش ریسک‌ها و اثرات محیطزیستی است که این کار به‌وسیله اثربخشی اکولوژیکی سازمان‌های تشکیل‌دهنده زنجیره انجام می‌شود [۷۰، ۸۱]. یکی از دلایل مهم

---

[1] Agarwal
[2] Valmohammadi
[3] Sahu

گرایش شرکت‌ها به استراتژی‌های سبز الزامات قانونی است که دولت‌ها برای کاهش اثرات نامطلوب محیط‌زیستی وضع کرده‌اند [۳۰]. از طرف دیگر افزایش فشار از طرف جامعه نیز تولیدکنندگان را مجبور کرده است تا اثربخشی محیط‌زیستی را درون عملیات خود بگنجانند. امروزه بر لزوم استفاده از مدیریت محیط‌زیستی سازمانی در کل زنجیره‌ی تأمین به‌منظور دستیابی به زنجیره‌ی تأمین پایدار و حفظ مزیت‌های رقابتی تأکید می‌شود.

مهم‌ترین چالش سازمان‌ها این است که چگونه می‌توانند این چهار رویکرد را اندازه‌گیری کنند. ریس[۱] و همکاران (۲۰۱۸)، ۲۰ شاخص را ارائه دادند که میزان سبزبودن و ناب‌بودن زنجیره را اندازه‌گیری می‌کنند [۵۷]. تانکی و تنکر[۲] (۲۰۱۸)، مدل ارزیابی متوازنی را برای ارزیابی کمّی میزان ناب و سبز بودن زنجیره تأمین ارائه دادند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند زمانی که ناب‌بودن و سبزبودن برای شرکت اهمیت دارد، جنبه فرآیندهای داخلی، مهم‌ترین جنبه است [۷۳]. کاروالو[۳] و همکاران (۲۰۱۷)، مدلی ارائه دادند که به مدیران کمک می‌کند تا بهترین مجموعه از عملیات‌های سبز و ناب را به‌منظور بهبود عملکرد خود به کار گیرند [۲۰]. صیادی و تورانلو (۲۰۱۸)، ۷ شاخص و ۳۷ زیرشاخص را برای اندازه‌گیری میزان چابکی زنجیره‌های سبز شناسایی کردند [۶۴]. رویز بنیتز[۴] و همکاران (۲۰۱۷)، درباره ارتباطات بین اقدامات سبز، ناب و تاب‌آور و تأثیر آن بر عملکرد محیط‌زیستی تحقیق کردند [۶۰].

رسیدن به ترکیبی صحیح از فعالیت‌های لارج با توجه به شرایط شرکت می‌تواند بینشی را به مدیران ارائه دهد که بر اساس آن بهترین اقدامات مدیریتی که بالاترین تأثیر مثبت بر عملکرد سازمان دارند را انتخاب کنند [۷]. مدیریت لارج یک سیستم یکپارچه‌ی اجتماعی ـ فنی است که هدف اصلی آن کاهش ضایعات و تلفات، پاسخ مؤثر به نیازهای مشتریان، قادربودن برای سازگاری با ریسک‌های محیطی جدید و سازگاری با اصول و شیوه‌های محیط‌زیستی است؛ اما هر کدام از بخش‌های آن نیز دارای تمرکز خاصی است که در جدول ۱، مشاهده می‌شود.

جدول ۱. تمرکز رویکردهای لارج [۲۵]

ناب	چابک	تاب‌آور	سبز
۱. ازبین‌بردن اتلاف‌ها ۲. استفاده‌ی بهتر از منابع	۳. پاسخ مؤثر به نیازهای درحال‌تغییر مشتریان	۴. قابلیت سازگاری با ریسک‌های جدید محیطی	۵. سازگاری با اصول و روش‌های دوستدار محیط‌زیست

---

[1] Reis
[2] Thanki & Thakkar
[3] Carvalho
[4] Ruiz-Benitez

مشخص است که مؤلفه‌های مختلف پارادایم لارج، یعنی ناب‌بودن، چابک‌بودن، تاب‌آوربودن، و سبزبودن، در برخی مواقع با یکدیگر هم‌افزایی ایجاد می‌کنند و در برخی مواقع با یکدیگر تضاد و رابطه جایگزینی دارند. مثلاً اقداماتی که باعث افزایش سطح موجودی می‌شوند، از نظر ناب‌بودن، چابکی و سبزبودن منفی هستند؛ ولی از نظر تاب‌آور بودن مثبت می‌باشند. کاروالو و همکاران (۲۰۱۱)، هم‌افزایی‌ها و روابط جایگزینی پارادایم‌های چهارگانه لارج را بررسی کردند. آن‌ها هفت ویژگی برای زنجیره در نظر گرفتند که می‌توان آن‌ها را با اقدامات مختلف مدیریت کرد؛ سپس با ربط‌دادن ویژگی‌ها به سنجه‌های ارزیابی عملکرد توانستند اثرات هر پارادایم را بر این ویژگی‌ها اندازه بگیرند [۱۹]. آزودو[1] و همکاران (۲۰۱۱)، مدلی مفهومی ارائه دادند که تأثیر فعالیت‌های لارج بر عملکردهای عملیاتی، اقتصادی و محیط‌زیستی یک زنجیره تولیدی را مشخص می‌کرد [۸]. آزودو و همکاران (۲۰۱۶)، همچنین یک ابزار بنچمارکینگ ارائه دادند که می‌تواند درجه نابی، چابکی، تاب‌آوری و سبزبودن شرکت را مشخص کند [۸]. کابرال[2] و همکاران (۲۰۱۲)، یک مدل تصمیم‌گیری ارائه دادند که به مدیران کمک می‌کرد بهترین فعالیت‌های مدیریت زنجیره لارج را انتخاب کنند [۱۳].

مدیریت زنجیره تأمین لارج یعنی شناخت اینکه ناب‌بودن، چابک‌بودن، تاب‌آوربودن و سبزبودن چگونه می‌توانند به همراه هم، بهترین کارایی را برای زنجیره تأمین به ارمغان آورند. یک زنجیره تأمین ناب استراتژی مبتنی بر کاهش هزینه‌ها است و بر بهبود فرآیندها به‌وسیله کاهش و حذف همه اتلاف‌ها (فعالیت‌های بدون ارزش‌افزوده) تمرکز دارد [۶۲]؛ اما یک سازمان ناب ممکن است در شرایط دگرگون‌شده کسب‌وکاری قرار بگیرد (می‌تواند ناشی از بحران‌های سیاسی، فاجعه‌های زیست‌محیطی یا ظهور رقبای جدید باشد) که نتواند پاسخگوی نیاز مشتریان باشد. به این ترتیب در یک بازار رقابتی لازم است تا یک زنجیره تأمین برای پاسخگویی به شرایط دگرگونی، تاب‌آورتر و چابک‌تر شود [۱۵]. از طرفی افزایش آگاهی محیط‌زیستی مصرف‌کنندگان و فشارها از طرف عموم جامعه به وضع قوانین شدید محیط‌زیستی منجر شده است و این شرکت‌ها را مجبور می‌کند تا مسائل محیط‌زیستی را نیز در اقدامات مدیریتی خود دخیل کنند [۵۱، ۵۴]. مدیریت فعالیت‌های موجود در پارادایم‌های مختلف در قالب یک برنامه‌ی هماهنگ و موزون کار مشکلی است؛ چراکه آن‌ها شامل فعالیت‌های متفاوتی هستند [۷۹]. تعداد درحال‌رشد پژوهش‌ها در زمینه لارج نه‌تنها بر محرک‌ها و اقدامات لارج تمرکز دارند [۷۴]، بلکه بر ارتباط بین لارج و عملکرد اقتصادی و عملیاتی نیز متمرکز هستند [۲۱، ۲۷، ۳۲]. فعالیت‌هایی نیز در زمینه ارزیابی برنامه‌های اجرای زنجیره تأمین لارج با استفاده از مدل‌سازی دینامیکی با استفاده از رتبه‌بندی فازی صورت گرفته است [۳۴، ۳۵].

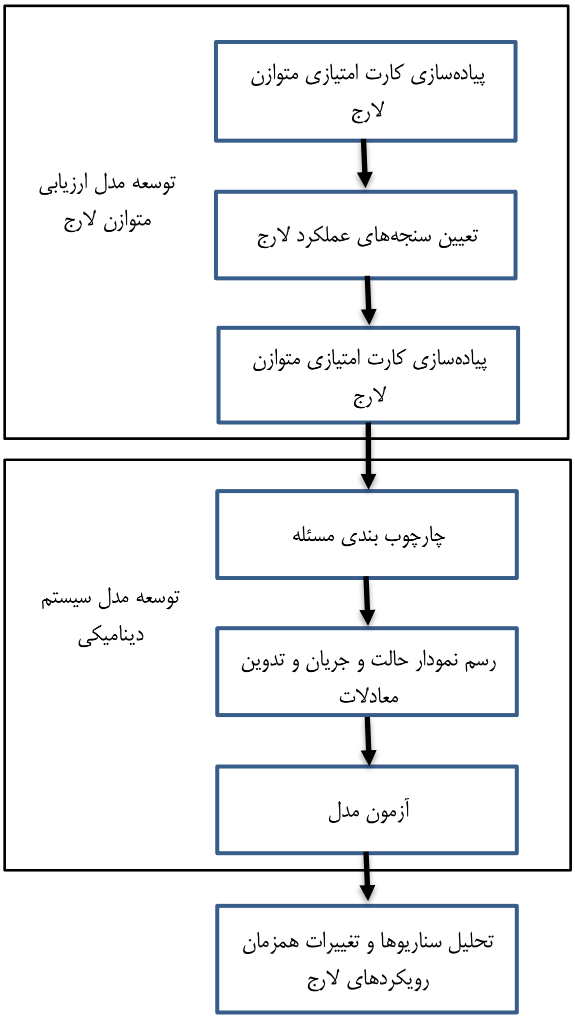
---

[1] Azevedo
[2] Cabral

۳. روش‌شناسی پژوهش

شرکت ابتدا با تحلیل محیطی، استراتژی‌های خود را تدوین می‌کند؛ اما ازآنجاکه شرکت در یک زنجیره تأمین فعالیت می‌کند، برای حفظ پایداری و رقابت‌پذیری خود باید استراتژی‌های لارج را اجرا کند. پس استراتژی‌های سطح کسب‌وکار نیز با تمرکز بر لارج‌بودن تدوین می‌شود. برای ارزیابی این استراتژی‌ها، سنجه‌هایی انتخاب می‌شوند که لارج‌بودن را اندازه‌گیری می‌کنند. سنجه‌ها به‌گونه‌ای تعریف می‌شوند که تحقق استراتژی‌ها را پایش کنند. برای تعریف متوازن و همه‌جانبه سنجه‌ها از کارت امتیازی متوازن استفاده می‌شود. این کار سبب می‌شود تا یک ارزیابی متوازن در چهار منظر طراحی شود؛ به‌گونه‌ای که اهداف کوتاه‌مدت و بلندمدت محقق شوند.

پس از ایجاد مدل ارزیابی عملکرد متوازن لارج باید شاخص‌های تعیین‌شده درون یک مدل دینامیکی قرار گیرند تا محدودیت‌های BSC برطرف شود. این کار نیز در سه مرحله صورت می‌پذیرد. ابتدا چارچوب‌بندی مسئله شکل می‌گیرد. برای مدل‌سازی دینامیکی مدل‌های جریان حالت طراحی می‌شود و آزمون‌های لازم صورت می‌گیرد تا مدل صحه‌گذاری شود. درنهایت تحلیل سناریو انجام می‌شود تا در قالب آن تغییرات هر یک از چهار رویکرد لارج بررسی گیرد (شکل ۱).

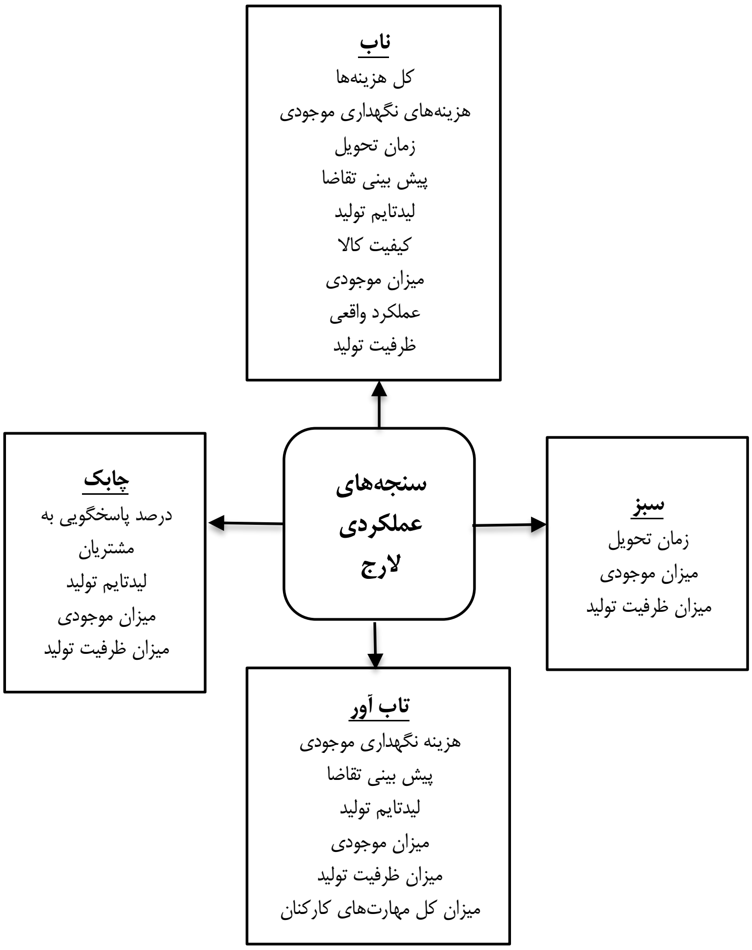

پیاده‌سازی کارت امتیازی متوازن لارج
تعیین سنجه‌های عملکرد لارج
پیاده‌سازی کارت امتیازی متوازن لارج
توسعه مدل ارزیابی متوازن لارج
چارچوب بندی مسئله
رسم نمودار حالت و جریان و تدوین معادلات
آزمون مدل
توسعه مدل سیستم دینامیکی
تحلیل سناریوها و تغییرات همزمان رویکردهای لارج

شکل ۱. روش پژوهش

۴. تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

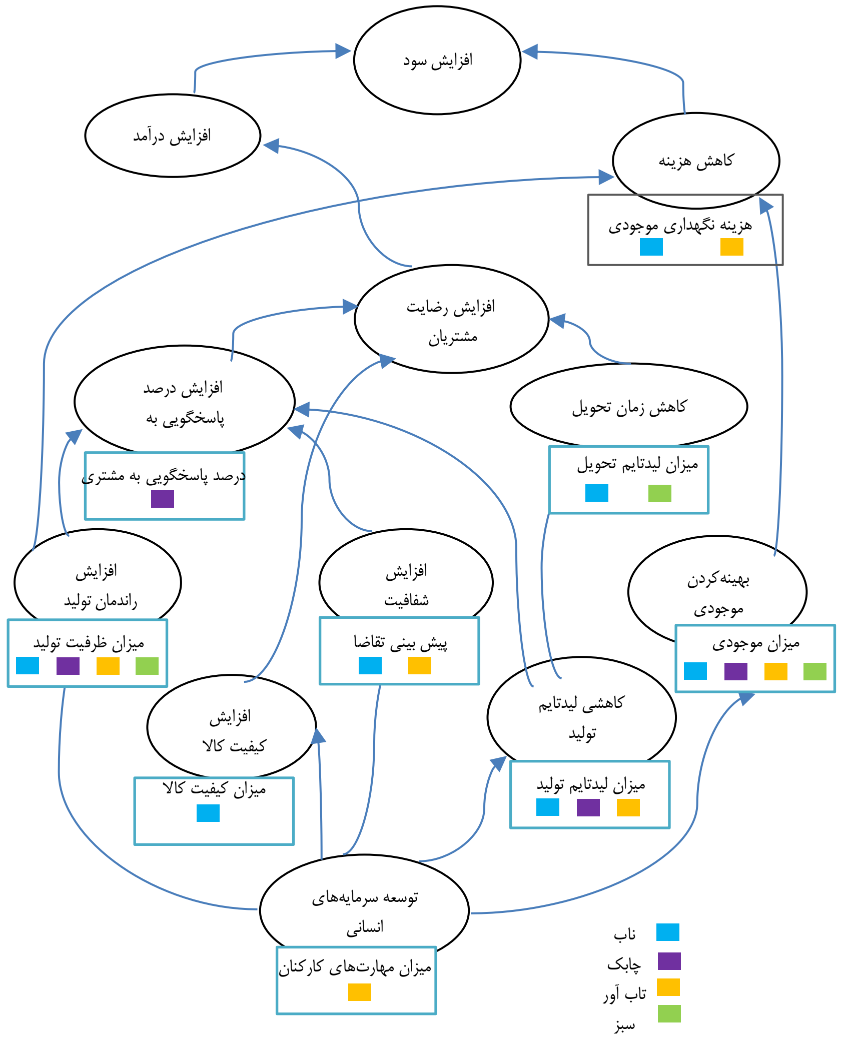
تدوین استراتژی‌ها با توجه به پارادایم‌های لارج. شرکت‌ها در محیط پررقابت امروز باید چشم‌انداز و استراتژی‌هایی خلق کنند که منشأ خلق مزیت رقابتی باشد. شرکت‌ها رویکردهای مختلف برای تدوین استراتژی دارند. برای شرکتی که در یک زنجیره تأمین فعالیت می‌کند، تدوین استراتژی شرکت باید به‌گونه‌ای باشد که بتواند قابلیت رقابتی زنجیره تأمین را ارتقا دهد. شرکت موردنظر در محیط رقابتی صنعت خودرو فعالیت می‌کند. در تدوین استراتژی این شرکت به رویکردهای ناب، چابکی، تاب‌آوری و سبزبودن توجه شده است. این پژوهش به دنبال تعریف سنجه‌هایی است که میزان تحقق استراتژی‌های لارج را اندازه‌گیری کند.

تعیین سنجه‌های عملکرد لارج. تعیین سنجه‌های عملکرد بر مبنای اهداف استراتژیک است. اهداف استراتژیک شرکت با توجه به استراتژی‌های شرکت شامل رویکردهای ناب، چابکی، تاب‌آوری و سبزبودن تعریف شده است. در این شرکت با توجه به پیشینه پژوهش، فرآیند مطالعات استراتژیک و همچنین نظرسنجی از گروه مدیریت و متخصصان شرکت سنجه‌های لارج انتخاب شده است. این سنجه‌ها هم باید در راستای اهداف استراتژیک شرکت تعریف شود تا بتواند میزان تحقق آن‌ها را اندازه‌گیری کند و هم میزان لارج‌بودن را اندازه‌گیری کند. سنجه‌های انتخاب‌شده در شکل ۲، ارائه شده است. از آنجا که بعضی از این سنجه‌ها دوبه‌دو ناسازگار هستند از یک رویکرد ارزیابی متوازن استفاده شده است.


ناب
کل هزینه‌ها
هزینه‌های نگهداری موجودی
زمان تحویل
پیش بینی تقاضا
لیدتایم تولید
کیفیت کالا
میزان موجودی
عملکرد واقعی
ظرفیت تولید
سنجه‌های عملکردی لارج
سبز
زمان تحویل
میزان موجودی
میزان ظرفیت تولید
چابک
درصد پاسخگویی به مشتریان
لیدتایم تولید
میزان موجودی
میزان ظرفیت تولید
تاب آور
هزینه نگهداری موجودی
پیش بینی تقاضا
لیدتایم تولید
میزان موجودی
میزان ظرفیت تولید
میزان کل مهارت‌های کارکنان

شکل ۲. متغیرهای لارج

اجرای کارت امتیازی متوازن لارج. برای اجرای کارت امتیازی متوازن ابتدا نقشه‌ی استراتژی تدوین می‌شود؛ سپس سنجه‌ها بر اساس اهداف استراتژیک تعیین می‌شوند؛ به‌گونه‌ای که بتوان با استفاده از آن‌ها میزان دستیابی به اهداف استراتژیک را تخمین زد. سنجه‌هایی که در این مرحله تعیین می‌شوند در گام بعد در کنار برخی متغیرهای کمکی دیگر وارد مدل‌سازی دینامیکی می‌شوند. نقشه استراتژی شرکت (فعال در حوزه قطعه‌سازی) در شکل ۳، رسم شده است.


افزایش سود
افزایش درآمد
کاهش هزینه
هزینه نگهداری موجودی 🟦 🟨
افزایش رضایت مشتریان
افزایش درصد پاسخگویی به
درصد پاسخگویی به مشتری 🟪
کاهش زمان تحویل
میزان لیدتایم تحویل 🟦 🟩
افزایش راندمان تولید
میزان ظرفیت تولید 🟦 🟪 🟨 🟩
افزایش شفافیت
پیش بینی تقاضا 🟦 🟨
بهینه‌کردن موجودی
میزان موجودی 🟦 🟪 🟨 🟩
افزایش کیفیت کالا
میزان کیفیت کالا 🟦
کاهشی لیدتایم تولید
میزان لیدتایم تولید 🟦 🟪 🟨
توسعه سرمایه‌های انسانی
میزان مهارت‌های کارکنان 🟨
🟦 ناب
🟪 چابک
🟨 تاب آور
🟩 سبز

شکل ۳. نقشه استراتژی به همراه سنجه‌های عملکردی

پس از تعیین سنجه‌ها مشخص شد که کدام‌یک ناب، چابک، تاب‌آور و یا سبز هستند. سنجه ناب شاخصی است که افزایش و کاهش آن به‌طور مستقیم بر افزایش یا کاهش میزان ناب‌بودن

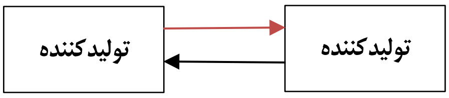
شرکت مؤثر است و به همین صورت برای چابکی، تاب‌آوری و سبزبودن. نوع لارج بودن سنجه‌ها به‌طور خلاصه در جدول ۲، آمده است. این سنجه‌ها در مرحله بعد به‌عنوان متغیر وارد مدل دینامیکی می‌شود.

جدول ۲. اهداف استراتژیک و متغیرهای مدل دینامیکی

مناظر	اهداف استراتژیک	شاخص‌ها (متغیرهای مدل دینامیکی)	نوع لارج‌بودن	مراجع لارج‌بودن
مالی	افزایش درآمد	میزان محصولات فروخته‌شده	–	[۴۰]
	کاهش هزینه‌ها	میزان کل هزینه‌ها	ناب	[۴۲، ۲۶، ۱۹]
		هزینه نگهداری موجودی	ناب، تاب‌آور	[۶۵، ۳، ۲۰، ۶]
	افزایش سود	سود	–	[۴۴]
		سود انباشته	–	[۱۴، ۳۹]
مشتری	افزایش رضایت مشتری	میزان رضایت مشتری	–	[۵۳]
	کاهش زمان تحویل	لیدتایم تحویل	ناب سبز	[۷، ۷۶، ۵۶]
	افزایش پاسخگویی به مشتریان	درصد پاسخگویی به مشتریان	چابک	[۱۲، ۴۱، ۴]
فرآیندهای داخلی	افزایش شفافیت زنجیره	پیش‌بینی تقاضا	ناب، تاب‌آور	[۶، ۲۶، ۵۲]
	کاهش لیدتایم تولید	لیدتایم تولید	ناب، تاب‌آور، چابک	[۲۹، ۶۸، ۴۰، ۴۳، ۳۱، ۳۹، ۱۷]
	افزایش کیفیت کالا	میزان کیفیت کالا	ناب	[۶، ۳، ۹، ۲]
	بهینه کردن میزان موجودی	میزان موجودی	ناب، چابک، تاب‌آور، سبز	[۷۵، ۵۳، ۲۰، ۴۱، ۵۷، ۷۳]
	افزایش کارایی تولید	عملکرد واقعی	ناب	[۵۵، ۲، ۲۹]
		میزان ظرفیت تولید	ناب، چابک، تاب‌آور، سبز	[۶، ۵۵، ۷۰، ۶۶، ۵۹، ۱۲]
رشد و یادگیری	افزایش مهارت‌های کارکنان	میزان کل مهارت‌ها	تاب‌آور	[۶۴، ۵۲]

چارچوب‌بندی مسئله. زنجیره تأمین این پژوهش دارای دو سطحِ تولیدکننده و خرده‌فروش است (شکل ۴). شرکت قطعه‌ساز موردمطالعه محصولات خود را به یک شرکت خرده‌فروشی در

سطح بعدی زنجیره‌ی تأمین می‌فروشد. شرکت خرده‌فروش نیز محصولات را به مشتری نهایی می‌فروشد. در سطح خرده‌فروش فقط دو جنبه فرآیندهای داخلی و مالی بررسی شده است؛ ولی در سطح تولیدکننده، هر چهار جنبه مالی، مشتری، فرآیندهای داخلی و رشد و یادگیری در نظر گرفته شده است.



شکل ۴. زنجیره تأمین دوسطحی

هدف از مدل‌سازی دینامیکی رفع برخی از محدودیت‌های روش کارت امتیازی متوازن است. از طرفی سیستم دینامیکی این امکان را می‌دهد تا با تحلیل حساسیت، اثر اقدامات و سناریوهای مختلف بر روی لارجبودن سیستم به شکل دقیق‌تری بررسی شود. حال با استفاده از سنجه‌های تعریف‌شده در مرحله قبل متغیرهای مدل دینامیکی شکل می‌گیرد. به‌دلیل آنکه نتایج بلندمدت مهم است، افق زمانی پیش‌بینی مدل ۱۰۰ ماه در نظر گرفته شده است و از داده‌های ۶ سال گذشته شرکت از سال ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۸ استفاده شد. متغیرهای هدف شبیه‌سازی، ۱۲ متغیر کارت امتیازی متوازن بود. نوع این ۱۲ متغیر از نظر لارجبودن در جدول ۲، مشخص شده است؛ اما سودآوری به‌عنوان مهم‌ترین هدف هر شرکتی که می‌تواند اثر تمام استراتژی‌ها و اقدامات را نشان دهد، به‌عنوان مهم‌ترین متغیر شبیه‌سازی در تحلیل سناریو موردتوجه قرا رگرفته است.

رسم نمودارهای حالت ـ جریان و تشکیل معادلات. با توجه به پیچیدگی سیستم، مدل به ۴ زیرسیستم تقسیم شد. این زیرسیستم‌ها بر اساس چهار منظر کارت امتیازی متوازن طراحی شدند. نمودارهای حالت و جریان در قالب چهار زیرسیستم رسم و سپس یکپارچه شده است:

۱. فرایندهای داخلی؛
۲. یادگیری و رشد؛
۳. مشتریان؛
۴. مالی.

این کار کمک می‌کند تا اطمینان حاصل شود که در طراحی سیستم ارزیابی عملکرد کلیه مناظر در نظر گرفته شده و ارتباط بین متغیرها دیده شده است. ازآنجاکه هسته اصلی مدل این پژوهش، متغیرهایی هستند که در منظر فرآیندهای داخلی وجود دارند، فرآیند مدل‌سازی و رسم نمودارهای دینامیکی با این منظر شروع شده و سپس به سایر متغیرهای موجود در مناظر دیگر

بسط داده می‌شود. کلیه متغیرهای حالت و جریان تعریف‌شده در ۴ منظر در جدول ۳، آمده است. در این مدل از ۶ متغیر حالت، ۱۰ متغیر جریان و ۸۸ متغیر کمکی استفاده شده است.

جدول ۳- متغیرهای اصلی مدل دینامیکی

نام متغیر	نام انگلیسی	نوع	واحد اندازه‌گیری
کالای در حال تولید	Work in process	حالت	Product
موجودی در دست	Inventory on hand	حالت	Product
نرخ شروع تولید	Production start rate	نرخ	Product/ Month
نرخ تولید	Production rate	نرخ	Product/ Month
نرخ تحویل	Delivered product rate	نرخ	Product/ Month
سفارش‌های عقب‌افتاده	Backlogged order	حالت	Product
نرخ تحویل سفارش‌های معوق	Delivered backlogged	نرخ	Product/ Month
کارکنان	Staff	حالت	Person
مهارت‌ها	Total skill	حالت	Person/ Month
استخدام	Hiring	نرخ	Person/ Month
ترک کار	Departing	نرخ	Person/ Month
مهارت‌های فراگرفته‌شده	Skills learned	نرخ	Person-Month/ Month
مهارت‌های ازدست‌رفته	Skill loss	نرخ	Person-Month/Month
سود انباشته	Cumulative profit	حالت	Rials
درآمد	Revenue	نرخ	Rials
هزینه	Cost	نرخ	Rials

منظر فرایندهای داخلی. متغیرهای حالت مهم موجود در منظر فرآیندهای داخلی عبارت‌اند از: موجودی در دست، کالاهای در حال تولید و سفارش‌های معوق. موجودی در دست یکی از متغیرهای مهم مدل است که از اختلاف بین نرخ کالاهای تحویل‌داده‌شده به مشتری و نرخ تولید کالاها در یک دوره به‌دست می‌آید و چون یک متغیر حالت می‌باشد، پس دارای حافظه است و مقدار آن در پایان یک دوره به ابتدای دوره بعد اضافه می‌شود. در ادامه مهم‌ترین فرمول‌های استفاده‌شده آورده شده است.

$$\text{Inventory on hand} = INTEG(\text{Production rate} - \text{Delivered products to retailer}) + \text{Initial value}$$ رابطه (۱)

$$\text{work in process} = \text{INTEG(production start rate} - \text{production rate)}$$ رابطه (۲)

رابطه (۳)

$$Backlogged\ order =$$

$$\begin{aligned}
&IF\ THEN\ ELSE(\text{"}INVENTORY\ ON-HAND(MANUFACTURER)\text{"}\\
&+production\ rate-FIRM\ ORDERS>\\
&=0,0,IF\ THEN\ ELSE(DELIVERED\ PRODUCTS\ TO\ RETAILER\\
&<retailer\ demand,retailer\ demand\ DELIVERED\ PRODUCTS\ TO\ RETAILER\ ,0\ ))\\
&-\text{"}delivered\ backlogged(manu)\text{"}
\end{aligned}$$

رابطه (۴)

$$\begin{aligned}
&\text{production start rate} = \text{ IF THEN ELSE(actual performance} <\\
&\text{1, actual performance} * \text{"manu order(positive)", "manu order(positive)")}
\end{aligned}$$

$$production\ rate = \big(\text{DELAY1(production start rate, manu leadtime)}\big)$$ رابطه (۵)

رابطه (۶)

$$\begin{aligned}
&\text{Delivered products } rate\\
&= \text{ IF THEN ELSE("INVENTORY ON HAND(MANUFACTURER)"} +\\
&\text{production rate} - \text{FIRM ORDERS} \geq=\\
&\text{0, FIRM ORDERS, "INVENTORY ON HAND(MANUFACTURER)") (}
\end{aligned}$$

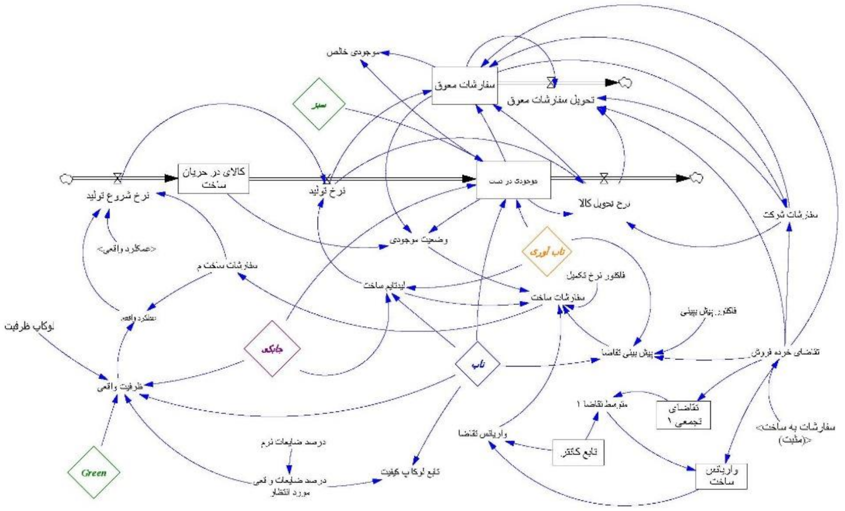
رابطه (۷)

$$\begin{aligned}
&Backlogged\ order\\
&= \text{IF THEN ELSE("INVENTORY ON HAND(MANUFACTURER)"production rate}\\
&- \text{FIRM ORDERS} >= \text{0, 0, IF THEN ELSE(DELIVERED PRODUCTS TO RETAILER}\\
&< \text{retailer demand, retailer demand}\\
&- \text{DELIVERED PRODUCTS TO RETAILER , 0))} - \text{"delivered backlogged(manu)"}
\end{aligned}$$

رابطه (۸)

$$\begin{aligned}
&\text{delivered backlogged(manu)}\\
&= \text{IF THEN ELSE(DELIVERED PRODUCTS TO RETAILER}\\
&= \text{FIRM ORDERS, backlogged orders, IF THEN ELSE(DELIVERED PROD}\\
&> \text{retailer demand, DELIVERED PRODUCTS TO RETAILER}\\
&- \text{retailer demand , 0))}
\end{aligned}$$

نمودار جریان حالت متغیرهای منظر فرآیندهای داخلی در شکل ۵، نشان داده شده است.


موجودی خالص
سفارشات معوق
تحویل سفارشات معوق
سبز
کالای در جریان ساخت
نرخ شروع تولید
نرخ تولید
موجودی در دست
نرخ تحویل کالا
سفارشات شرکت
<عملکرد واقعی>
وضعیت موجودی
تاب آوری
سفارشات ساخت م
فاکتور نرخ تکمیل
لیدتایم ساخت
سفارشات ساخت
عملکرد واقعی
لوکاپ ظرفیت
فاکتور پیش بینی
جابکی
پیش بینی تقاضا
تقاضای خرده فروش
ناب
ظرفیت واقعی
متوسط تقاضا ۱
تقاضای تجمعی ۱
سفارشات به ساخت> <(مثبت)
واریانس تقاضا
تابع کنترل
درصد ضایعات نرم
Green
درصد ضایعات واقعی مورد انتظار
تابع لوکاپ کیفیت
واریانس ساخت

شکل ۵. نمودار حالت جریان منظر فرآیندهای داخلی

منظر یادگیری و رشد. در منظر یادگیری و رشد با واردکردن متغیر حالت تعداد کارکنان و میزان مهارت‌ها که مهم‌ترین عوامل در تولید محصولات و تحویل سفارش‌ها هستند، مدل کامل می‌شود. این متغیرها در کنار متغیرهای کمکی که برای مدل‌سازی استفاده شده است، کمک می‌کنند تا منابع نامشهود در خلق ارزش برای مشتریان و شرکت مشارکت کنند.

معادله متغیر حالت میزان کارکنان برابر با میزان استخدام منهای میزان اخراج یا جدایی کارکنان است:

رابطه (۹)
$$\mathrm{Staff} = \int (\mathrm{hiring} - \mathrm{departing})$$

رابطه (۱۰)
$$Hiring = (\mathrm{IF\ THEN\ ELSE}(\mathrm{desired\ staff} - \mathrm{staff} > 0, \mathrm{desired\ staff} - \mathrm{staff}, 0))/\mathrm{time\ for\ hiring\ and\ departing}$$

رابطه (۱۱)
$$Departing = (\mathrm{IF\ THEN\ ELSE}(\mathrm{staff} - \mathrm{desired\ staff} > 0, \mathrm{staff} - \mathrm{desired\ staff}, 0))/\mathrm{time\ for\ hiring\ and\ departing}$$

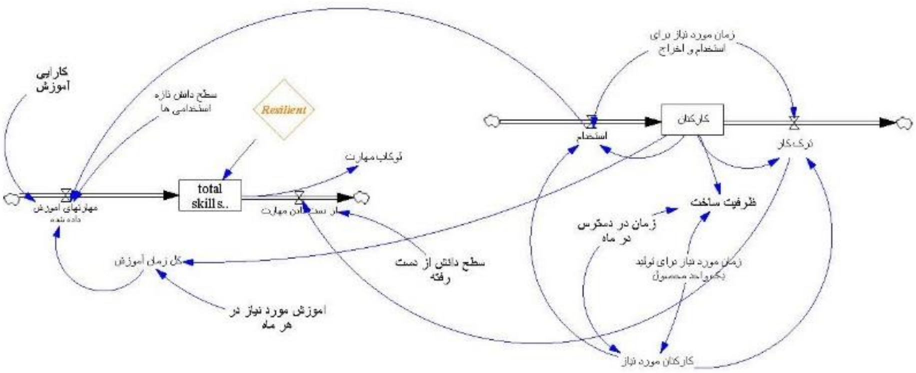
مهارت‌های کارکنان شامل تمام برنامه‌های تحقیق و توسعه و آموزش می‌شود. در این مدل فرض شده است که میزان مهارت‌ها (میزان متغیر حالتِ مهارت‌ها)، همیشه رو به افزایش است.

رابطه (۱۲)
$$\text{Total skills} = \int (\text{skill learned} - \text{skill lost})$$

رابطه (۱۳)
$$Skill\ learned = (training\ efficiency * total\ training\ time) + (hiring * knowledge\ level\ of\ hires)$$

رابطه (۱۴)
$$Skills\ loss = departing * knowledge\ level\ of\ departure$$

نمودار کلی منظر یادگیری و رشد در شکل ۶، نشان داده شده است.


کارایی آموزش
سطح دانش تازه استخدامی ها
Resilient
total skills..
توکاب مهارت
مهارتهای آموزش داده شده
از دست دادن مهارت
کل زمان آموزش
سطح دانش از دست رفته
آموزش مورد نیاز در هر ماه
زمان مورد نیاز برای استخدام و اخراج
استخدام
کارکنان
ترک کار
ظرفیت ساخت
زمان در دسترس در ماه
زمان مورد نیاز برای تولید یکمواحد محصول
کارکنان مورد نیاز

شکل ۶. نمودار حالت جریان منظر یادگیری و رشد

منظر مشتریان. متغیر رضایت مشتریان تابعی از متغیرهای کیفیت، زمان تحویل و نرخ پاسخگویی به مشتریان است. میزان درصد خرابی قطعات به میزان مهارت‌های کارکنان بستگی نسبت داده می‌شود.

رابطه (۱۵)
$$\text{Actual ascending desired percentage of defect} = (1 - \text{desired percentage of defect}) * \text{skills lookup}$$

در این معادله هدف رسیدن به میزان مطلوب خرابی قطعات است.

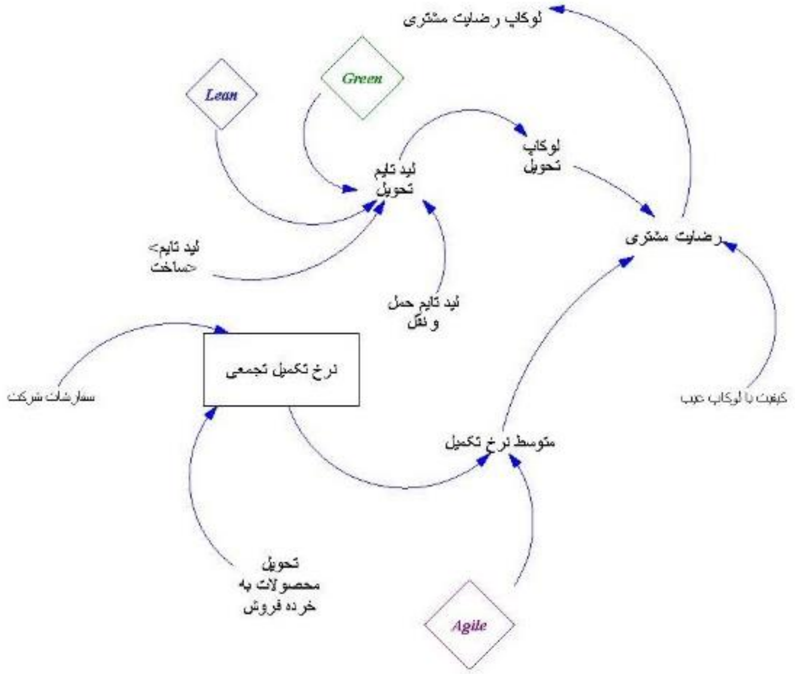
رابطه (۱۶)
$$\text{customer satisfaction} = \text{average fillrate} + 2 * \text{quality with lookup defect} - \text{delivery lookup}$$

با توجه به نتایج عملکرد ۱۰ سال گذشته و نظر متخصصان شرکت معادله رضایت مشتریان به‌عنوان تابعی از کیفیت و زمان تحویل تعریف شده است. رضایت مشتریان به‌صورت تابعی که

بین صفر و یک قرار دارد، ضرب در میزان تقاضای ورودی از سطح خرده‌فروش می‌شود و بر میزان تقاضای ورودی تولید تأثیر می‌گذارد.

$$\text{retailer demand} = \text{"orders to manufacture(positive)"} * \text{customer satisfaction lookup}$$ رابطه (۱۷)

نمودار جریان ـ حالت منظر مشتریان در شکل ۷، ترسیم شده است.


لوکاپ رضایت مشتری
Lean
Green
لوکاپ تحویل
لید تایم تحویل
رضایت مشتری
لید تایم> ساخت<
لید تایم حمل و نقل
نرخ تکمیل تجمعی
سفارشات شرکت
کیفیت با لوکاپ عیب
متوسط نرخ تکمیل
تحویل محصولات به خرده فروش
Agile

شکل ۷. نمودار حالت جریان منظر مشتریان

منظر مالی. در منظر مالی نهایتاً سودآوری از طریق تفریق درآمدها از هزینه‌ها به‌دست می‌آید.

رابطه (۱۸)

$$\text{cumulative profit} = \int (revenue - cost)$$

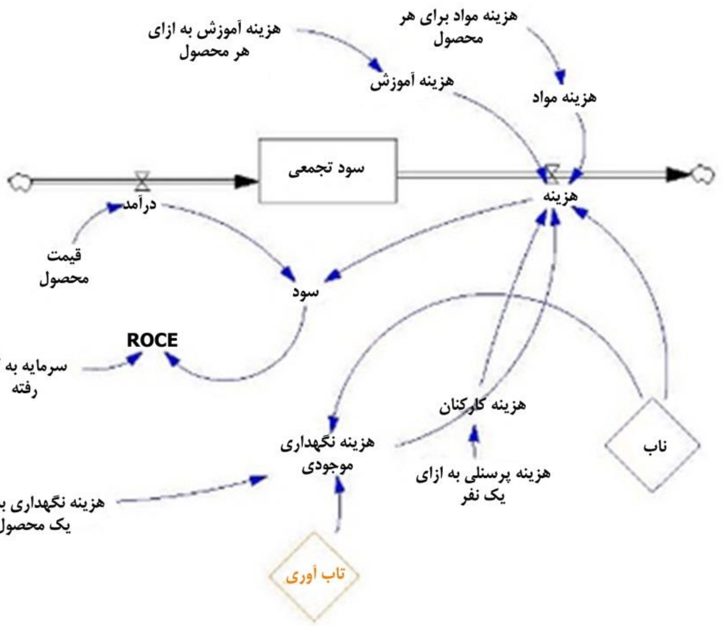
رابطه (۱۹)

$$\text{Cost} = \text{inventory Maintenance cost} + \text{material cost} + \text{staff cost} + \text{training cost}$$

رابطه (۲۰)

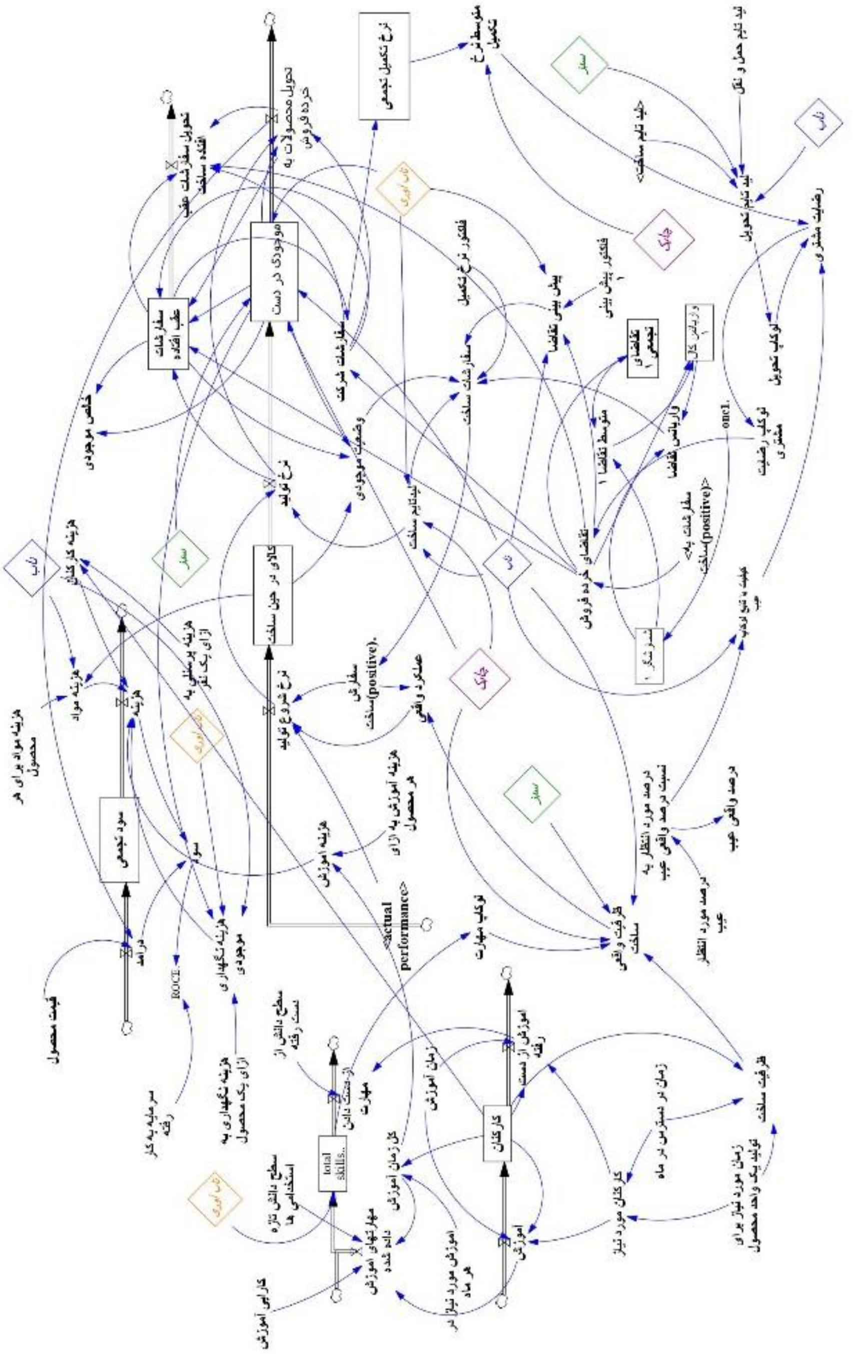
$$Revenue = price\ of\ product * DELIVERED\ PRODUCTS\ TO\ RETAILER$$

نمودار حالت ـ جریان جنبه مالی در شکل ۸ رسم شده است:


هزینه آموزش به ازای هر محصول
هزینه مواد برای هر محصول
هزینه آموزش
هزینه مواد
سود تجمعی
هزینه
درآمد
قیمت محصول
سود
ROCE
سرمایه به کار رفته
هزینه کارکنان
ناب
هزینه نگهداری موجودی
هزینه پرسنلی به ازای یک نفر
هزینه نگهداری به ازای یک محصول
تاب آوری

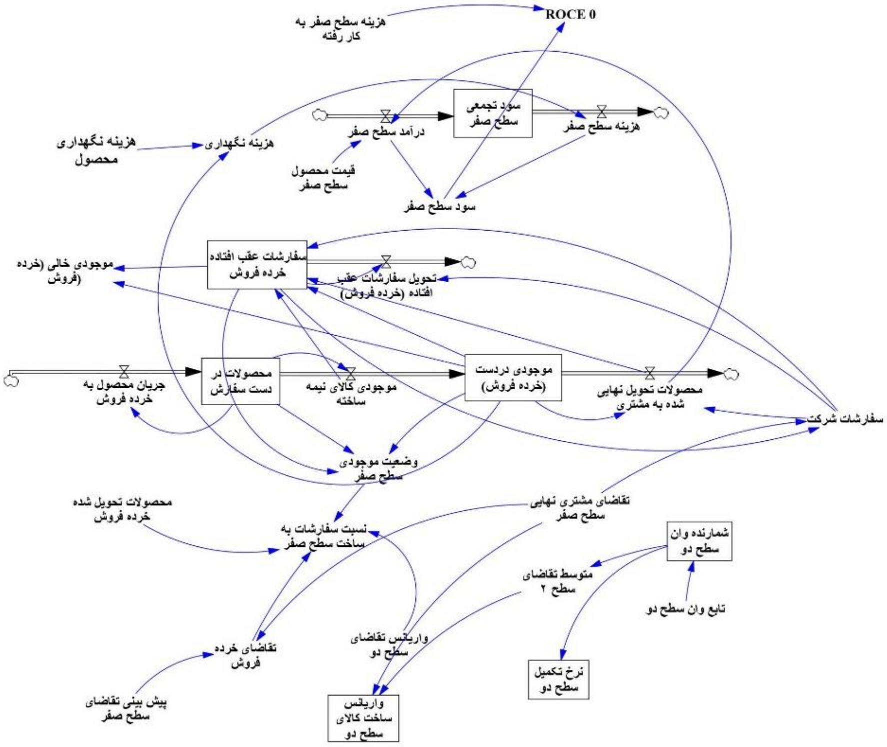
شکل ۸. نمودار حالت جریان منظر مالی

نمودار کلی حالت جریان سطح تولیدکننده در شکل ۹، نشان داده شده است.


موجودی در دست
سفارشات عقب افتاده
نرخ تکمیل تجمعی
تحویل محصولات به خرده فروش
تحویل سفارشات عقب افتاده ساخت
کالای در حین ساخت
نرخ شروع تولید
نرخ تولید
سود تجمعی
درآمد
هزینه
هزینه مواد
هزینه مواد برای هر محصول
هزینه کارکنان
هزینه پرسنلی به ازای یک نفر
قیمت محصول
ROCE
سرمایه به کار رفته
هزینه نگهداری موجودی
هزینه نگهداری به ازای یک محصول
هزینه آموزش
هزینه آموزش به ازای هر محصول
<actual performance>
total skills
کارکنان
آموزش
آموزش از دست رفته
ظرفیت ساخت
ظرفیت واقعی ساخت
کارکنان مورد نیاز
زمان مورد نیاز برای تولید یک واحد محصول
تقاضای خرده فروش
رضایت مشتری
ناب
چابک
تاب آوری
سبز

شکل ۹. نمودار حالت جریان کلی سطح تولیدکننده

پس از سطح تولیدکننده نمودار سطح خرده‌فروش رسم شده است. تقاضای مشتری نهایی در سطح خرده‌فروش وارد مدل می‌شود. سطح خرده‌فروش فقط دارای دو منظر است و از طریق ارتباط بین متغیرها و دینامیک‌های موجود، تقاضای مشتری نهایی را به یک سطح بالاتر از خود منتقل می‌کند. نمودار این سطح در شکل ۱۰، نشان داده شده است.


ROCE 0
هزینه سطح صفر به کار رفته
سود تجمعی سطح صفر
درآمد سطح صفر
هزینه سطح صفر
هزینه نگهداری محصول
هزینه نگهداری
قیمت محصول سطح صفر
سود سطح صفر
سفارشات عقب افتاده خرده فروش
موجودی خالی (خرده فروش)
تحویل سفارشات عقب افتاده (خرده فروش)
جریان محصول به خرده فروش
محصولات در دست سفارش
موجودی کالای نیمه ساخته
موجودی دردست (خرده فروش)
محصولات تحویل نهایی شده به مشتری
سفارشات شرکت
وضعیت موجودی سطح صفر
محصولات تحویل شده خرده فروش
نسبت سفارشات به ساخت سطح صفر
تقاضای مشتری نهایی سطح صفر
شمارنده وان سطح دو
متوسط تقاضای سطح ۲
تابع وان سطح دو
تقاضای خرده فروش
واریانس تقاضای سطح دو
نرخ تکمیل سطح دو
پیش بینی تقاضای سطح صفر
واریانس ساخت کالای سطح دو

شکل ۱۰. نمودار حالت جریان کلی سطح خرده فروش

صحه‌گذاری و آزمون مدل. یکی از مراحل مهم مدل‌سازی اعتبارسنجی مدل است. بعد از تعیین روابط مدل، برای اطمینان از اعتبار عملکرد آن، آزمون‌های متعددی انجام شده است که به‌اختصار به نتایج برخی از آن‌ها به شرح زیر اشاره می‌شود:

آزمون سازگاری ابعادی: این آزمون به این سؤال پاسخ می‌دهد که «آیا ابعاد متغیرها در همه معادلات در دو سمت معادله در حالت موازنه قرار دارند؟». برای این آزمون از گزینه موجود در نرم‌افزار ونسیم استفاده شد که با توجه به نتایج نرم‌افزار، آزمون سازگاری ابعاد مدل موردتأیید قرار گرفت [۷۰].

آزمون کفایت مرز: این آزمون به این سؤال پاسخ می‌دهد که «آیا مفاهیم و متغیرهای مهم مرتبط با موضوع، در داخل مرز مدل قرار گرفته است؟». در این پژوهش از مدل‌های مشابه که در مراجع آمده است، استفاده شد؛ همچنین با استفاده از نظر متخصصان از تأثیر متغیرها در مرز مدل اطمینان حاصل شد.

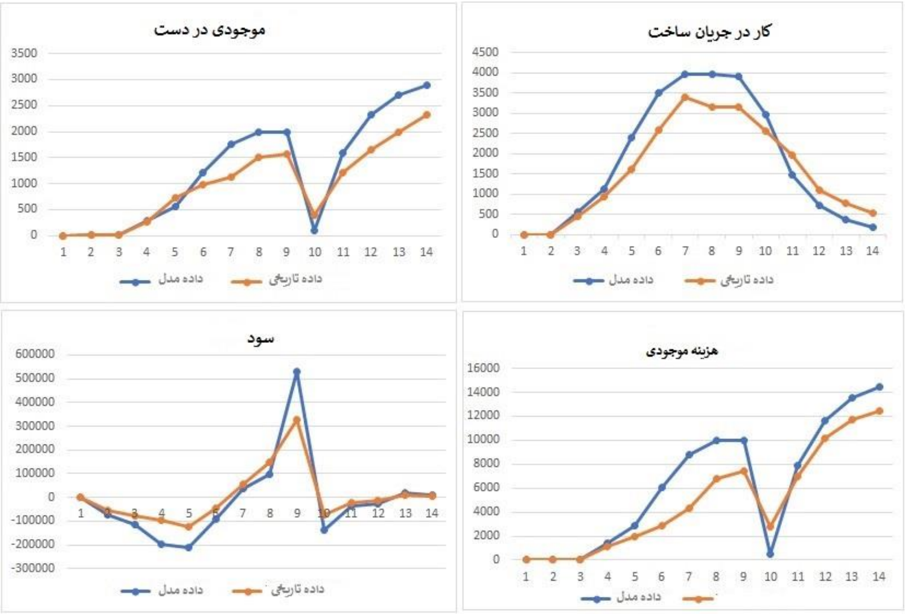
آزمون بازتولید رفتار: این آزمون به این سؤال پاسخ می‌دهد که «آیا مدل، حالت‌های مختلف رفتاریِ مشاهده‌شده در دنیای واقعی را ایجاد می‌کند؟»

در این پژوهش متغیرهای موجودی در دست، کار در دست ساخت، هزینه موجودی و سود که متغیرهای مهمی بودند موردتحلیل قرار گرفتند. در این پژوهش برای ۱۴ دوره، نتایج حاصل از مدل و داده‌های تاریخی ارزیابی شده است. هزینه موجودی تا دوره ۹، روند صعودی داشته است؛ اما به دلیل مسائل تحریمی در دوره ۱۰ کاهش شدید یافته و سپس تا دوره ۱۴ روند صعودی خود را حفظ کرده است. روند مدل با روند داده‌های تاریخی هم‌خوانی دارد.

کار در دست ساخت نیز از دوره ۱ تا دوره ۷، روندی صعودی داشته است و از دوره ۱۰ روندی نزولی مشاهده می‌شود. این تغییرات با توجه به شرایط محیط اقتصادی و صنعت خودرو با توجه به شرایط زنجیره ارزش و تحلیل متخصصان با واقعیت تطابق دارد.

متغیر سود از دوره یک تا پنج روندی نزولی داشته و سپس روند صعودی خود را دنبال کرده است. در صنعت قطعه‌سازی، به‌دلیل قرارگرفتن در زنجیره تأمین خودروسازان، میزان سودآوری تابعی از رفتار کل زنجیره است. محدودیت‌های اقتصاد کلان و کاهش نقدینگی سبب شده است تا در شرایط رونق اقتصادی و تولید خودرو شرکت سودآور باشد که این روند تا دوره ۹ قابل‌مشاهده است و سپس با کاهش میزان عرضه خودرو میزان سودآوری به‌شدت کاهش‌یافته و تا دوره ۱۴ در کمترین میزان خود بوده است. شکل ۱۱، روند این تغییرات را نشان می‌دهد.

با توجه به وضع تحریم‌های اقتصادی و عدم‌امکان تأمین مواد اولیه و کاهش تولیدات می‌توان اثر آن را در سودآوری شرکت مشاهده کرد. اثر زیان‌دهی در تمام سال‌ها به‌دلیل خود تحریم‌ها یا سایه آن که بازرگانی خارجی را تحت تأثیر قرار داده است، مشاهده می‌شود.



شکل ۱۱. نتایج بازتولید رفتار سیستم

آزمون محاسبه میزان خطا: علاوه بر آزمون‌های بالا از شاخص آزمون خطا نیز استفاده شد و میزان خطای متغیرهای کلیدی بر اساس روش‌های زیر محاسبه شد [۲۸].

محاسبه درصد خطای مجذورات: بر اساس این شاخص هر چه میزان تفاوت بین داده‌های واقعی و مقادیر شبیه‌سازی‌شده حاصل از مدل کمتر باشد، خطای مدل کمتر است. میزان این خطا از رابطه ۲۱، محاسبه می‌شود [۶۹].

$$RMSPE = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(\frac{y_i^s-y_i^a}{y_i^a})} \times 100$$ رابطه (۲۱)

y_i^s: نتایج حاصل از شبیه‌سازی مدل

y_i^a: داده‌های واقعی

N: تعداد مشاهدات

هر چه میزان درصد خطای مجذورات به صفر نزدیک‌تر باشد، به‌معنای خطای کمتر و نزدیک‌شدن به ۱۰۰ درصد نشان‌دهنده خطای بیشتر است. نتایج حاصل از آزمون محاسبه خطا در جدول ۴، نشان داده شده است.

ضریب نابرابری (TI): یکی از روش‌های سنجش میزان خطای داده‌های شبیه‌سازی‌شده نسبت به داده‌های واقعی است. هر چه میزان این شاخص به صفر نزدیک باشد، به‌معنای خطای کمتر و نزدیک به ۱ بودن نشانه بالابودن خطای پیش‌بینی است و مقدار آن از رابطه ۲۲، محاسبه می‌شود:

$$TI = \sqrt{\frac{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(y_i^s - y_i^a)^2}{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(y_i^s)^2 + \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(y_i^a)^2}}$$ رابطه (۲۲)

شناسایی ریشه‌های خطا: با توجه به اهمیت خطا در پیش‌بینی، ریشه‌های خطا با توجه به ۳ شاخص زیر محاسبه شده است [۶۹]:

خطای مبنا: زمانی ایجاد می‌شود که خروجی‌های مدل و داده‌ها با هم سنخیت نداشته باشند.

خطای انحراف: زمانی ایجاد می‌شود که واریانس‌های داده‌های واقعی و شبیه‌سازی با هم تفاوت زیادی داشته باشند.

خطای نابرابری کوواریانس‌ها: زمانی ایجاد می‌شود که نتایج الگو داده‌ها با هم همبستگی نداشته باشند.

نتایج آزمون‌های محاسبه خطا برای متغیرهای سود، موجودی در دست، قطعات در دست ساخت، و هزینه موجودی در جدول ۴، نشان داده شده است. بر اساس نتایج، میزان خطا در متغیرهای تعریف شده در سطح‌قابل قبولی قرار دارد.

جدول ۴. نتایج اندازه‌گیری خطاها

شاخص‌های آزمون خطا	**حداقل خطای مجذورات**	**شاخص نابرابری**	**خطای مبنا**	**خطای انحراف**	**خطای نابرابری کوواریانس**
متغیرهای کلیدی مدل	RMSPE	TI			
کالای در دست ساخت	۰/۳۳۲	۰/۱۷۱	۰/۱۵۸	۰/۴۸۵	۰/۳۵۷
موجودی در درست	۰/۴۴۲	۰/۲۰۵	۰/۴۰۴	۰/۴۷۰	۰/۱۲۶
سود	۰/۶۶۶	۰/۳۴۲	۰/۰۵۴	۰/۷۶۵	۰/۱۸۱
هزینه موجودی	۰/۵۸۰	۰/۲۰۵	۰/۳۹۲	۰/۱۹۳	۰/۴۱۵

سناریوسازی و بررسی رفتار مدل. متغیرها در یک محیط پویا در طی زمان تغییر می‌کنند. با تغییر متغیرها در محیط شبیه سازی‌شده و بررسی اثرات آن‌ها، سیاست‌های مختلف و واکنش سیستم به آن‌ها آزمایش می‌شود. متغیرهای مدل درواقع شاخص‌های کلیدی عملکردی هستند

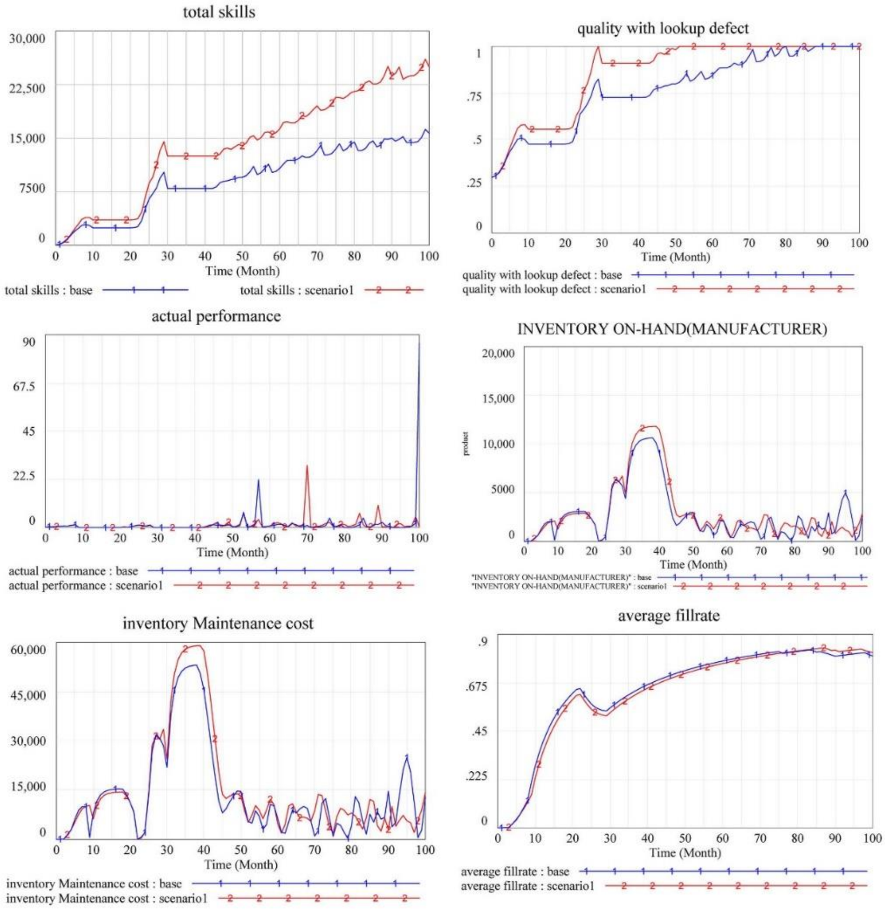
که میزان حرکت به سمت هدف استراتژیک را نشان می‌دهند. هدف این پژوهش، بررسی لارج‌بودن یک شرکت در زنجیره تأمین است؛ بنابراین در انتخاب سناریو متغیرهایی انتخاب شده است که میزان لارج‌بودن زنجیره را تحت تأثیر قرار می‌دهند. تحلیل این سناریوها نشان می‌دهد که کدام یک از مؤلفه‌های ناب، چابکی، تاب‌آوری و سبز بودن تغییر می‌کنند.

در این پژوهش برای انتخاب سناریو به سه عامل توجه شده است: از هر منظر کارت امتیازی متوازن یک گزینه انتخاب شود؛ هر سناریو با توجه به توان اجرایی شرکت امکان اقدام را داشته باشد؛ هر سناریو بر اساس پیشینه پژوهش و عوامل تأثیرگذار بر هر یک از عناصر لارج، بر رویکردهای لارج اثرگذار باشد. درنهایت سه سناریو با نظر گروه مدیریتی و کارشناسان شرکت، تعریف شد. این سناریوها در جدول ۵، تشریح شده‌اند.

جدول ۵. فهرست سناریوها

ردیف	سناریو
۱	افزایش بهره‌وری آموزشی
۲	کاهش زمان تولید
۳	تغییر سطح خدمت مشتری

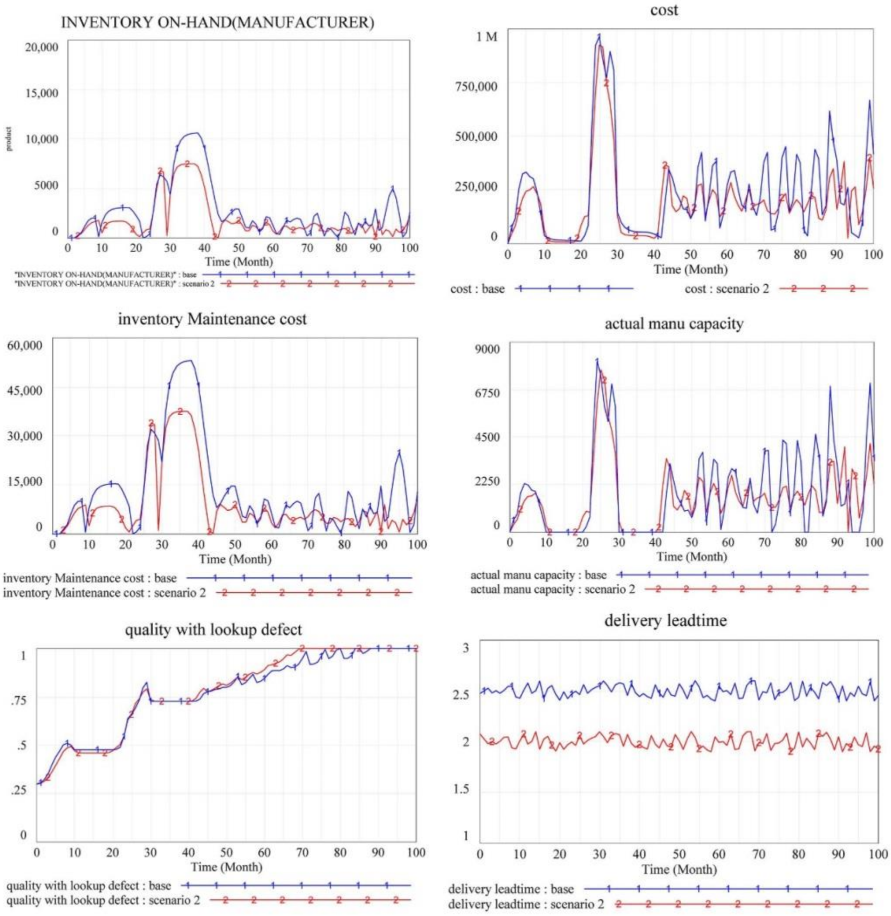
سناریوی اول: افزایش بهره‌وری آموزشی. در سناریوی اول میزان بهره‌وری آموزشی از ۰/۶۳۵ به ۰/۸ افزایش یافته است. تأثیر این تغییر بر متغیرهای دیگر در شکل ۱۲، تحلیل شده است.



شکل ۱۲. رفتار متغیرهای لارج در سناریوی اول

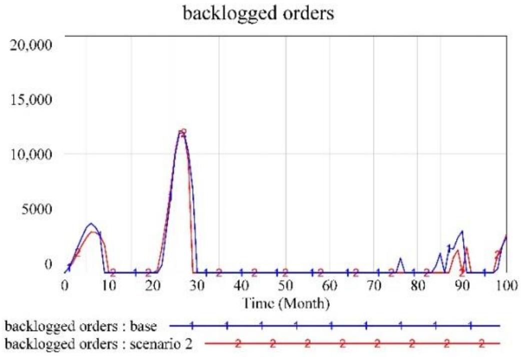
بالارفتن بهره‌وری آموزشی سبب افزایش میزان مهارت‌های آموخته‌شده می‌شود. با افزایش مهارت‌های کارکنان، شرکت به هدف استراتژیک توسعه سرمایه‌های انسانی نزدیک‌تر می‌شود و هم‌زمان سیستم تاب‌آور می‌شود؛ همچنین کیفیت محصولات نیز افزایش می‌یابد و بدین ترتیب سیستم ناب‌تر می‌شود. بالارفتن مهارت کارکنان باعث افزایش موجودی در دست می‌شود و بدین ترتیب از میزان ناب‌بودن، سبزبودن و چابک‌بودن کاسته شده و به تاب‌آوری آن افزوده می‌شود. این موضوع هم‌زمان اثر منفی بر هدف استراتژیک بهینه‌کردن موجودی در دست می‌گذارد. افزایش میزان موجودی موجب بالارفتن میزان نرخ پاسخگویی به مشتریان شده و موجب چابک‌ترشدن سیستم می‌شود و هم‌زمان رسیدن به هدف استراتژیک افزایش درصد پاسخگویی را تقویت می‌کند. افزایش موجودی در دست نیز باعث افزایش هزینه نگهداری موجودی می‌شود و ناب و تاب‌آور بودن سیستم را کاهش می‌دهد.

سناریوی دوم: کاهش زمان تولید. در سناریوی دوم میزان لیدتایم تولید از دو ماه به یک و نیم ماه کاهش داده می‌شود. نتایج این سناریو در شکل ۱۳، رسم شده است.



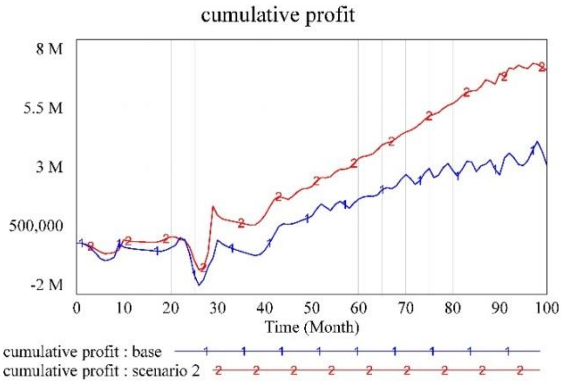
شکل ۱۳. رفتار متغیرهای لارج در سناریوی دوم

اجرای این سناریو باعث کم‌شدن میزان نوسان و تقویت در میزان ظرفیت شرکت می‌شود. این موضوع باعث ناب، چابک و سبزترشدن سیستم می‌شود؛ اما از میزان تاب‌آوری سیستم می‌کاهد. این سناریو باعث کاهش میزان موجودی در دست شده و بدین ترتیب تاب‌آوری سیستم را کم و ناب، چابک و سبز بودن آن را افزایش می‌دهد و هم‌زمان باعث تأثیر مثبت بر حرکت به سمت هدف استراتژیک بهینه‌کردن میزان موجودی می‌شود. این سناریو باعث کاهش هزینه نگهداری موجودی و هزینه کلی شرکت شده و حصول به هدف استراتژیک کاهش هزینه‌ها را تقویت می‌کند (شکل ۱۴).



شکل ۱۴. رفتار متغیرهای لارج در سناریو دوم

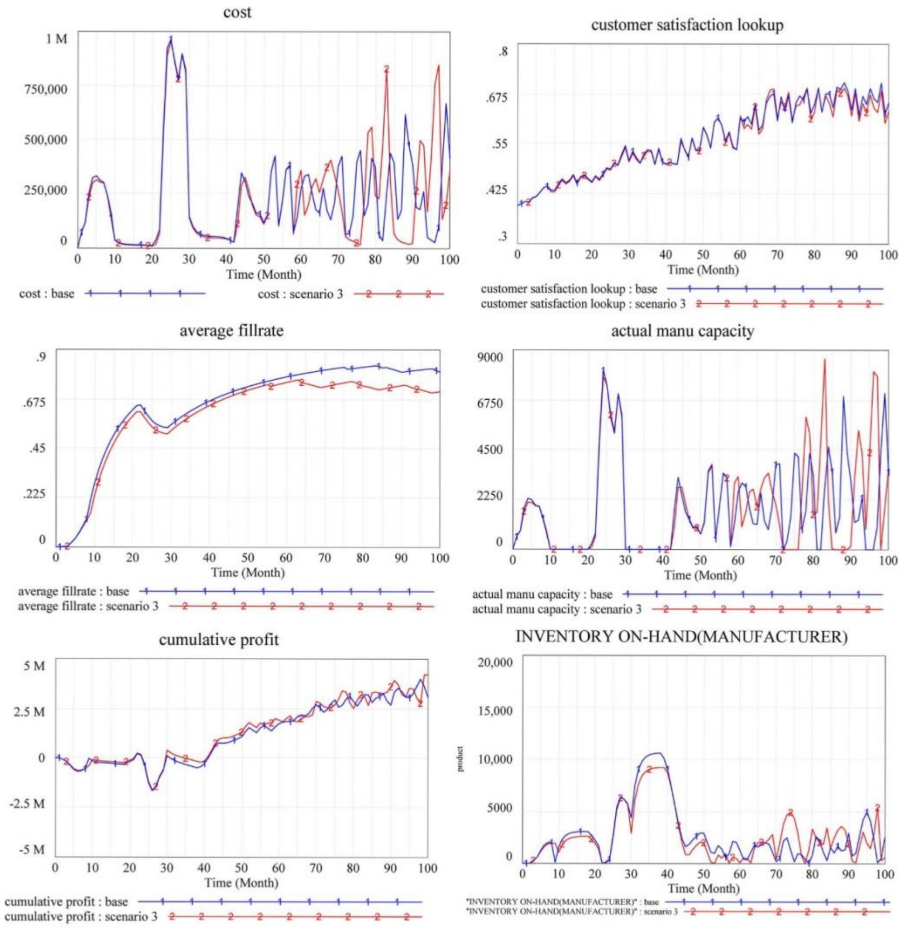
همچنین به‌دلیل افزایش نرخ تولید، میزان سفارش‌های عقب‌افتاده کاهش می‌یابد. این موضوع در شکل ۱۳، آورده شده است.



شکل ۱۵. رفتار متغیرهای لارج در سناریوی دوم

سود انباشته شرکت در این سناریو افزایش زیادی را نشان می‌دهد (شکل ۱۵).

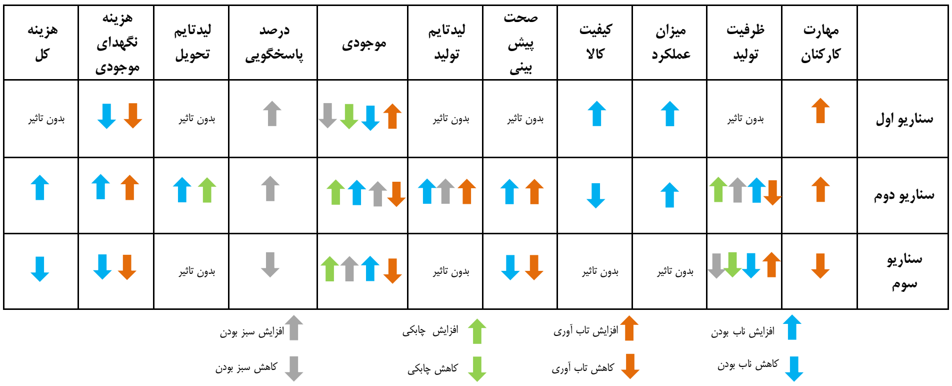
سناریوی سوم: تغییر سطح خدمت مشتری. در این سناریو میزان $Z_{1-\alpha}$ از ۲ به ۱/۵کاهش یافته و سطح خدمت مشتری (α) از میزان ۰/۰۲۲۲ به ۰/۰۶۶۸ افزایش یافته است. این کار احتمال بروز کمبود در زمان لیدتایم تولید را بالا می‌برد؛ بنابراین می‌تواند بر سطح رضایت مشتری تأثیر منفی بگذارد. نتایج این سناریو در شکل ۱۶، نشان داده شده است.



شکل ۱۶. رفتار متغیرهای لارج در سناریوی سوم

میزان رضایت مشتریان تقریباً در تمام دوره‌ها کاهش یافته که ناشی از افزایش کمبود در زمان لیدتایم تولید است. با افزایش احتمال کمبود، میزان نرخ پاسخگویی نیز کاهش محسوسی دارد و بدین ترتیب از میزان چابکی سیستم کم شده و رسیدن به هدف استراتژیک افزایش نرخ پاسخگویی به مشتریان با مشکل مواجه می‌شود؛ همچنین میزان نوسان و تقویت ظرفیت تولیدی شرکت در شرایط این سناریو افزایش می‌یابد و این باعث افزایش تاب‌آوری و کاهش ناب، چابک و سبز بودن سیستم می‌شود. سود انباشته شرکت نیز به‌دلیل کاهش رضایت مشتریان و متعاقب آن کاهش خرید آن‌ها در طول زمان کاهش محسوسی داشته است.

با تحلیل سناریوها مشاهده می‌شود که رویکردهای ناب‌بودن، چابکی، تاب‌آوربودن و سبزبودن به شکل یکسانی تغییر نمی‌کنند (شکل ۱۷). برای مثال، افزایش موجودی سبب می‌شود تا میزان ناب، چابکی و سبز بودن کاهش یابد و تاب‌آوری افزایش یابد.



	مهارت کارکنان	ظرفیت تولید	میزان عملکرد	کیفیت کالا	صحت پیش بینی	لیدتایم تولید	موجودی	درصد پاسخگویی	لیدتایم تحویل	هزینه نگهدای موجودی	هزینه کل
سناریو اول	↑	بدون تاثیر	↑	↑	بدون تاثیر	بدون تاثیر	↑↓↓↓	↑	بدون تاثیر	↓↓	بدون تاثیر
سناریو دوم	↑	↓↑↑↑	↑	↓	↑↑	↑↑↑	↓↑↑↑	↑	↑↑	↑↑	↑
سناریو سوم	↓	↑↓↓↓	بدون تاثیر	بدون تاثیر	↓↓	بدون تاثیر	↓↑↑↑	↓	بدون تاثیر	↓↓	↓

↑ افزایش ناب بودن
↓ کاهش ناب بودن
↑ افزایش تاب آوری
↓ کاهش تاب آوری
↑ افزایش چابکی
↓ کاهش چابکی
↑ افزایش سبز بودن
↓ کاهش سبز بودن

شکل ۱۷. تأثیر سناریوها بر متغیرهای لارج و میزان لارج‌بودن

با استفاده از یک مدل ارزیابی عملکرد متوازن زنجیره تأمین لارج این امکان فراهم می‌شود تا میزان تحقق اهداف استراتژیک ارزیابی شود؛ همچنین با یک مدل دینامیکی می‌توان تغییرات هم‌زمان هر یک از رویکردهای ناب، چابکی، تاب‌آوری و سبزبودن را ارزیابی کرد. تغییرات این چهار رویکرد بعضاً دوبه‌دو ناسازگار است و یک مدیر باید بتواند تشخیص دهد که کسب کدام رویکرد ضروری است و ازدست‌دادن کدام رویکرد قابل‌تحمل است. این مدل به مدیران کمک می‌کند تا در شرایط رقابتی در هر لحظه از زمان با تحلیل شرایط، بهترین تصمیم را اتخاذ کنند.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

افزایش رقابت و تغییرات سریع محیط کسب‌وکار در کنار افزایش فشارهای محیطی، مانند بازار و دولت‌ها برای توسعه پایدار سبب شده است تا سازمان‌ها عملکرد خود را در یک زنجیره تأمین ارزیابی کنند. سازمان‌های می‌کوشند تا با اتخاذ استراتژی‌های ناب، تاب‌آوری، سبزبودن و چابکی، توان خود را در رقابت‌پذیری و پایداری ارتقا دهند؛ اما اجرای این استراتژی‌ها که بعضاً دارای اهداف متضاد هستند، چگونه می‌تواند در چارچوب اهداف استراتژیک شرکت به پایداری آن کمک کند. در این پژوهش به‌منظور درک پویایی اعمال استراتژی‌های چهارگانه بالا، با استفاده از رویکرد سیستم‌های دینامیکی، میزان تحقق استراتژی‌ها شبیه‌سازی شده است. در این پژوهش، شاخص‌های زنجیره تأمین لارج بر اساس مبانی نظری و مصاحبه با خبرگان تعریف شد؛ سپس اهداف استراتژیک شرکت برای تحقق استراتژی‌ها تعریف شده است. برای اجرای استراتژی و ارزیابی عملکرد از کارت امتیازی متوازن استفاده شد. سنجه‌های اهداف استراتژیک به‌گونه‌ای با گروه متخصصان شرکت تعریف شد که با هریک از شاخص‌های لارج بر اساس ویژگی‌های صنعت خودروسازی تطابق داشته باشد. به این ترتیب یک سیستم یکپارچه ارزیابی عملکرد متوازن لارج تعریف شد؛ سپس با استفاده از یک مدل دینامیکی، ابتدا فرضیه‌های پویا

تعریف و نمودارهای حالت و جریان ترسیم شدند. پس از صحه‌گذاری مدل و تأیید اعتبار مدل، سه سناریو بر اساس سه منظر کارت امتیازی متوازن تعریف شد. پس از اعمال سناریوها، تأثیر استراتژی‌های لارج بر عملکرد شرکت و به‌ویژه سودآوری شرکت تحلیل گردید. با اعمال هر سناریو در مدل طراحی‌شده، این امکان فراهم شد تا تأثیر تغییرات هر اقدام بر هر استراتژی لارج مشخص شود و درعین‌حال تأثیر آن بر سودآوری شرکت به‌عنوان مهم‌ترین شاخص عملکرد هر کسب‌وکاری موردارزیابی قرار گیرد.

برای مثال، در سناریوی اول، بهره‌وری آموزش در منظر یادگیری و رشد افزایش یافته است. با این اقدام از طریق افزایش مهارت کارکنان و افزایش تولید، موجودی افزایش می‌یابد. این امر سبب می‌شود تا تاب‌آوری و چابکی در پاسخگویی به نیازهای درحال‌تغییر مشتریان افزایش یابد؛ اما ناب و سبز بودن را کاهش می‌دهد و از طرفی با افزایش کیفیت این امکان فراهم می‌شود تا میزان ناب افزایش یابد. در سناریوی دوم، کاهش زمان تولید سبب می‌شود تا میزان موجودی در دست کاهش یابد و بدین ترتیب ناب، چابکی و سبز بودن افزایش می‌یابد؛ اما تاب‌آوری کاهش می‌یابد. در سناریوی سوم، با تغییر سطح خدمت به مشتری با تحلیل دینامیکی و بررسی روابط علت و معلولی، مشاهده می‌شود که میزان نرخ برآوردن نیازهای مشتریان کاهش یافته و درنتیجه میزان چابکی، ناب و سبز بودن کم شده است؛ اما میزان تاب‌آوری افزایش یافته است. درنهایت از طریق دنبال‌کردن مدل دینامیکی تأثیر هر تصمیم مدیریتی بر سودآوری شرکت ارزیابی شده است.

در این پژوهش از یک سیستم دوسطحی زنجیره تأمین استفاده شد. در پژوهش‌های بعدی می‌توان سطوح تأمین‌کننده را تا عرضه‌کنندگان مواد اولیه توسعه داد. در این پژوهش تحلیل در سطح تأمین‌کننده انجام شد. پژوهشگران آتی می‌توانند تحلیل سناریوها را برای کل زنجیره انجام دهند. برای مثال، اثر افزایش موجودی در یک سطح از زنجیره تأمین می‌تواند ناب‌بودن را با تعریف شاخص‌هایی در سطح زنجیره کاهش دهد؛ اما هم‌زمان می‌تواند باعث افزایش چابکی در سطح بعدی شود. می‌توان اثر هر یک از پارامترهای لارج را بر متغیرهای منظر مشتری و مالی کل زنجیره موردارزیابی قرار داد و به این وسیله استراتژی‌های چهارگانه لارج را از طریق شاخص‌های عملکرد مالی در کل زنجیره ارزیابی کرد؛ همچنین می‌توان مقیاسی را برای ارزیابی میزان دقیق لارج‌بودن زنجیره با استفاده از مفاهیم فازی و محاسبات نرم تعیین کرد.

منابع

1. Abdoli Bidhandi, R. & Valmohammadi, C., (2017). Effects of supply chain agility on profitability. *Business Process Management Journal*, *23(5),* 1064-1082.
2. Adamides, D., Karacapilidis, N., Pylarinou, H. & Koumanakos, D. (2008). “Supporting collaboration in the development and management of lean supply networks. *Production Planning & Control, 19(1),* 35-52.
3. Afonso, H., & do Rosário Cabrita, M. (2015). Developing a lean supply chain performance framework in a SME: a perspective based on the balanced scorecard. *Procedia engineering*, *131*, 270-279.
4. Agarwal, A., Shankar, R. & Tiwari, M.K. (2007). Modeling agility of supply chain. *Industrial Marketing Management*, *36,* 443-57.
5. Akkermans, H. & Dellaert, N. (2005). The rediscovery of industrial dynamics: the contribution of system dynamics to supply chain management in a dynamic and fragmented world. *System Dynamics Review: The Journal of the System Dynamics Society*, *21(3),* 173-186.
6. Arif-Uz-Zaman, K. & Nazmul Ahsan, A.M.M. (2014). Lean supply chain performance measurement. *International Journal of Productivity and Performance Management*, *63(5),* 588-612.
7. Azevedo, S.G., Carvalho, H. & Cruz-Machado, V. (2016). LARG index: A benchmarking tool for improving the leanness, agility, resilience and greenness of the automotive supply chain. *Benchmarking: An International Journal*, *23(6),* 1472-1499.
8. Azevedo, S.G., Carvalho, H. & Machado, V.C. (2011). The influence of green practices on supply chain performance: a case study approach. *Transportation research part E: logistics and transportation review*, *47(6),* 850-871.
9. Azevedo, S.G., Carvalho, H., Duarte, S. & Cruz-Machado, V. (2012a). Influence of green and lean upstream supply chain management practices on business sustainability. *IEEE Transactions on Engineering Management, 59(4),* 753-765.
10. Azevedo, S.G., Machado, V.H., Barroso, A.P. & Cruz-Machado, V. (2008). Supply chain vulnerability: environment changes and dependencies. *International Journal of Logistics and Transport*, 2, 41-55.
11. Barnabè, F. (2011). A “system dynamics-based Balanced Scorecard” to support strategic decision making. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 60(5), 446-473.
12. Bargshady, G., Chegeni, A., Kamranvand, S. & Zahraee, S.M. (2016). A relational study of supply chain agility and firms’ performance in the services providers. *International Review of Management and Marketing*, 6(4S), 38-42.
13. Cabral, I., Grilo, A. & Cruz-Machado, V. (2012). A decision-making model for lean, agile, resilient and green supply chain management. *International Journal of Production Research*, 50(17), 4830-4845.
14. Campuzano, F. and Mula, J., 2011. *Supply chain simulation: A system dynamics approach for improving performance*. *Springer Science & Business Media*.
15. Capelo, C. & Dias, J.F. (2009). A system dynamics-based simulation experiment for testing mental model and performance effects of using the balanced scorecard. *System Dynamics Review: The Journal of the System Dynamics Society*, *25(1),* 1-34.

16. Carter, C.R. & Rogers, D.S. (2008). A framework of sustainable supply chain management: moving toward new theory. *International journal of physical distribution & logistics management, 38(5),* 360-387.
17. Carvalho, H., Azevedo, S.G. & Cruz-Machado, V. (2013). An innovative agile and resilient index for the automotive supply chain. *International Journal of Agile Systems and Management, 6(3),* 259-283.
18. Carvalho, H., Azevedo, S.G. & Cruz-Machado, V. (2010). Supply chain performance management: lean and green paradigms. *International Journal of Business Performance and Supply Chain Modelling, 2(3-4),* 304-333.
19. Carvalho, H., Duarte, S. & Cruz Machado, V. (2011). Lean, agile, resilient and green: divergencies and synergies. *International Journal of Lean Six Sigma, 2(2),* 151-179.
20. Carvalho, H., Govindan, K., Azevedo, S.G. & Cruz-Machado, V. (2017). Modelling green and lean supply chains: An eco-efficiency perspective. *Resources, Conservation and Recycling, 120,* 75-87.
21. Chavez, R., Gimenez, C., Fynes, B., Wiengarten, F. & Yu, W. (2013). Internal lean practices and operational performance: The contingency perspective of industry clockspeed. *International Journal of Operations & Production Management, 33(5),* 562-588.
22. Chen, F., Drezner, Z., Ryan, J.K. & Simchi-Levi, D. (2000). Quantifying the bullwhip effect in a simple supply chain: The impact of forecasting, lead times, and information. *Management science, 46(3),* 436-443.
23. Christopher, M. & Towill, D.R. (2000). Supply chain migration from lean and functional to agile and customized. *Supply Chain Management: An International Journal, 5(4),* 206-13.
24. Cox, A., & Chicksand, D. (2005). The limits of lean management thinking: multiple retailers and food and farming supply chains. *European Management Journal, 23(6),* 648-62.
25. do Rosário Cabrita, M., Duarte, S., Carvalho, H. & Cruz-Machado, V. (2016). Integration of Lean, Agile, Resilient and Green Paradigms in a Business Model Perspective: Theoretical Foundations. *IFAC-PapersOnLine, 49(12),* 1306-1311.
26. Dües, C.M., Tan, K.H. & Lim, M. (2013). Green as the new Lean: how to use Lean practices as a catalyst to greening your supply chain. *Journal of cleaner production, 40,* 93-100.
27. Eckstein, D., Goellner, M., Blome, C. & Henke, M. (2015). The performance impact of supply chain agility and supply chain adaptability: the moderating effect of product complexity. *International Journal of Production Research, 53(10),* 3028-3046.
28. Faghih, N., Ranaei Kordshooli, H., Mohammadi, A., Samadi, A. H., Moosavi Haghighi, M. H., & Ghafournian, M. (2013). Assessment of Services Supply Chain of Iran Fixed Communications by SystemDynamics Approach. *Journal of Industrial Management Perspective, 3(3),* 111-137. (In Persian)
29. Frazzon, E.M., Albrecht, A., Pires, M., Israel, E., Kück, M. & Freitag, M. (2017). Hybrid approach for the integrated scheduling of production and transport processes along supply chains. *International Journal of Production Research, 56(5),* 2019-2035.
30. Gottberg, A., Morris, J., Pollard, S., Mark-Herbert, C. & Cook, M. (2006). Producer responsibility, waste minimisation and the WEEE directive: case

studies in eco-design from the European lighting sector. *Science of the Total Environment, 359,* 38-56.

31. Haimes, Y.Y. (2006). On the definition of vulnerabilities in measuring risks to infrastructures. *Risk Analysis, 26(2),* 293-296.
32. Hallgren, M. & Olhager, J. (2009). Lean and agile manufacturing: external and internal drivers and performance outcomes. *International Journal of Operations & Production Management, 29(10),* 976-999.
33. Hu, B., Leopold-Wildburger, U. & Strohhecker, J. (2017). Strategy map concepts in a balanced scorecard cockpit improve performance. *European Journal of Operational Research, 258(2),* 664-676.
34. Izadyar, M., Toloie Eshlaghy, A., & Mehri, Z. (2021). Developing a Model for Sustainability Assessment in LARG Supply Chains using System Dynamics. *International Journal of Industrial Mathematics, 13(2),* 181-198.
35. Izadyar, M., Toloie-Eshlaghy, A., & Seyed Hosseini, S. M. (2020). A Model of Sustainability Performance Assessment of LARG Supply Chain Management Practices in Automotive Supply Chain Using System Dynamics. *Industrial Management Journal, 12(1),* 111-142.
36. Kaplan, R.S. and Norton, D.P. (2004) *Strategy Maps*, Harvard Business School Press, Boston.
37. Khakbaz, S.B. & Hajiheydari, N. (2015). Proposing a basic methodology for developing balanced scorecard by system dynamics approach. *Kybernetes, 44(6/7),* 1049-1066.
38. Lambert, D.M., Cooper, M.C. & Pagh, J.D. (1998). Supply chain management: implementation issues and research opportunities. *The international journal of logistics management, 9(2),* 1-20.
39. Langroodi, R.R.P. & Amiri, M. (2016). A system dynamics modeling approach for a multi-level, multi-product, multi-region supply chain under demand uncertainty. *Expert Systems with Applications, 51*, 231-244.
40. Li, Y., & Zobel, C. W. (2020). Exploring supply chain network resilience in the presence of the ripple effect. *International Journal of Production Economics, 228*, 107693.
41. Lin, C.T., Chiu, H. & Tseng, Y.H. (2006). Agility evaluation using fuzzy logic. *International Journal of Production Economics, 101(2),* 353-368.
42. Manzouri, M., Nizam Ab Rahman, M., Saibani, N. & Rosmawati Che Mohd Zain, C., 2013. Lean supply chain practices in the Halal food. *International Journal of Lean Six Sigma, 4(4),* 389-408.
43. Melton, T. (2005). The benefits of lean manufacturing what lean thinking has to offer the process industries", *Chemical Engineering Research and Design, 83(A6),* 662-73.
44. Mendoza, Juan D., Mula, J., & Campuzano-Bolarin, F. (2014). Using systems dynamics to evaluate the tradeoff among supply chain aggregate production planning policies. *International Journal of Operations & Production Management, 34(8),* 1055-1079.
45. Moosavi Haghighi, M. H., Ranaei Kordshooli, H., & Ghafournian, M. (2013). The Analysis of Iran Cell Phone Market by Using System Dynamics Approach. *Journal of Industrial Management Perspective*, 3*(1),* 135-158. (In Persian)
46. Nazari-Ghanbarloo, V. (2020). A dynamic performance measurement system for supply chain management. *International Journal of Productivity and*

Performance Management. Vol. ahead-of-printNo. ahead-of-print. Https://doi.org/10.1108/IJPPM-01-2020-0023

47. Nielsen, E.H. & Nielsen, S. (2018). System Dynamics Modeling, its concept of causality and particular relevance for providing the Balanced Scorecard thinking with a dynamic analytical framework. *Working paper,* Institut for Økonomi, Aarhus Universitet.
48. Nielsen, E.H., Nielsen, S., Jacobsen, A. & Pedersen, L.B. (2014). Management Accounting and Business Analytics: An example of System Dynamics Modelling's use in the design of a Balanced Scorecard. *Danish Journal of Management and Business, 78(3 & 4),* 31-44.
49. Nielsen, S. & Nielsen, E.H. (2012). Discussing feedback system thinking in relation to scenario evaluation in a balanced scorecard setup. *Production Planning & Control, 23(6),* 436-451.
50. Nielsen, S. & Nielsen, E.H. (2013). Transcribing the balanced scorecard into system dynamics: from idea to design. *International Journal of Business and Systems Research, 7(1),* 25-50.
51. Paulraj, A. (2009). Environmental motivations: a classification scheme and its impact on environmental strategies and practices. *Business Strategy and the Environment, 18(7),* 453-468.
52. Peck, H. (2005). Drivers of supply chain vulnerability: an integrated framework. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 35(4),* 210-32.
53. Prasanna, M. & Vinodh, S., 2013. Lean Six Sigma in SMEs: an exploration through literature review. *Journal of Engineering, Design and Technology, 11(3),* 224-250.
54. Rao, P. & Holt, D. (2005). Do green supply chains lead to competitiveness and economic performance? *International journal of operations & production management, 25(9),* 898-916.
55. Reichhart, A., & Holweg, M. (2007). Lean distribution: concepts, contributions, conflict.*International Journal of Production Research, 45(16),* 3699-722.
56. Reiner, G. (2005). Customer-oriented improvement and evaluation of supply chain processes supported by simulation models. *International journal of production economics, 96(3),* 381-395.
57. Reis, L.V., Kipper, L.M., Velásquez, F.D.G., Hofmann, N., Frozza, R., Ocampo, S.A. & Hernandez, C.A.T. (2018). A model for Lean and Green integration and monitoring for the coffee sector. *Computers and Electronics in Agriculture, 150,* 62-73.
58. Ren, C., Dong, J., Ding, H. & Wang, W. (2006). December. Linking strategic objectives to operations: towards a more effective supply chain decision making. In *Proceedings of the 38th conference on Winter simulation* (1422-1430). Winter Simulation Conference.
59. Rice, B.F. & Caniato, F. (2003). Building a secure and resilient supply network. *Supply Chain Management Review, 7,* 22-30.
60. Ruiz-Benitez, R., López, C. & Real, J.C. (2017). Environmental benefits of lean, green and resilient supply chain management: The case of the aerospace sector. *Journal of Cleaner Production, 167,* 850-862.
61. Rydzak, F., Magnuszewski, P., Pietruszewski, P., Sendzimir, J. & Chlebus, E. (2004). July. Teaching the dynamic balanced scorecard. In *Proceedings of the 22nd International Conference of the System Dynamics Society*.

62. Sahu, A.K., Datta, S. & Mahapatra, S.S. (2017). Evaluation of performance index in resilient supply chain: a fuzzy-based approach. *Benchmarking: An International Journal, 24(1),* 118-142.
63. Sangari, M.S. & Razmi, J. (2015). Business intelligence competence, agile capabilities, and agile performance in supply chain: An empirical study. *The International Journal of Logistics Management, 26(2),* 356-380.
64. Sayyadi, Tooranloo, H., Saghafi, S. & Alavi, M. (2018). Evaluating indicators of the agility of the green supply chain. *Competitiveness Review: An International Business Journal*, (just-accepted), pp.00-00.
65. Senge, P. (1990). The art and practice of the learning organization. *The new paradigm in business: Emerging strategies for leadership and organizational change*, 126-138.
66. Shah, R. & Ward, P.T. (2003). Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. *Journal of operations management, 21(2),* 129-149.
67. Sharma, V., Raut, R. D., Mangla, S. K., Narkhede, B. E., Luthra, S., & Gokhale, R. (2021). A systematic literature review to integrate lean, agile, resilient, green and sustainable paradigms in the supply chain management. *Business Strategy and the Environment, 30(2),* 1191-1212.
68. Singh, A.K. & Vinodh, S. (2017). Modeling and performance evaluation of agility coupled with sustainability for business planning. *Journal of Management Development, 36(1),* 109-128.
69. Soltanian Telkabadi, H., Mohaghar, A., & Sadeghi Moghadam, M. R. (2016). Pricing-Policy Analysis of Petrochemical Feed-Stock through Dynamic Systems Approach. *Journal of Industrial Management Perspective, 5(4),* 59-78. (In Persian)
70. Srivastava, S.K. (2007). Green supply-chain management: a state-of the-art literature review. *International Journal of Management Reviews, 9(1),* 53-80.
71. Sterman, J.D. (2000). *Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world* (No. HD30. 2 S7835 2000).
72. Tang, C.S. (2006). Robust strategies for mitigating supply chain disruptions. *International Journal of Logistics: Research and Applications, 9(1),* 33-45.
73. Thanki, S. & Thakkar, J. (2018). A quantitative framework for lean and green assessment of supply chain performance. *International Journal of Productivity and Performance Management, 67(2),* 366-400.
74. Towill, D.R. (1996). Industrial dynamics modelling of supply chains. *International Journal of Physical distribution & logistics management, 26(2),* 23-42.
75. Tseng, Y.H. & Lin, C.T. (2011). Enhancing enterprise agility by deploying agile drivers, capabilities and providers. *Information Sciences, 181(17),* 3693-3708.
76. Ugarte, G.M., Golden, J.S. & Dooley, K.J. (2016). Lean versus green: The impact of lean logistics on greenhouse gas emissions in consumer goods supply chains. *Journal of Purchasing and Supply Management, 22(2),* 98-109.
77. Wittstruck, D., & Teuteberg, F. (2011). Development and Simulation of a Balanced Scorecard for Sustainable Supply Chain Management – A System Dynamics Approach. *Wirtschaftinformatik Proceedings. Paper 86.*
78. Womack, J., Jones, D. & Roos, D. (1991). *The Machine that Change the World.* HarperCollins, New York, NY.
79. Yaakub, S. & Mustafa, H.K. (2015). Supply chain risk management for the SME's. *Academic Journal of Interdisciplinary Studies, 4(1 S2),* 151-158.

80. Ying, Y. (2010). December. Modeling and simulation of operational decisions in manufacturing enterprises based on SD and BSC. In *Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 2010 IEEE International Conference on* (pp. 1880-1884). IEEE.
81. Zhu, Q., Sarkis, J. & Lai, K. (2008). Confirmation of a measurement model for green supply chain management practices implementation. *International Journal of Production Economics*, *111*, 261-73.