



## بررسی تاثیر عوامل تولید ناب، تولید چابک، زنجیره تامین پایدار و تاب آوری تولید بر تولید پایدار در صنعت خودروهای سنگین

اردلان حسینی

دانشجو دکتری مدیریت صنعتی تولید و عملیات، واحد تهران مرکز، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران ایران

حسن مهرمنش (نویسنده مسؤل)

استادیار گروه مدیریت، واحد تهران مرکز، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران ایران

Email: Has.mehrmanesh@iauctb.ac.ir

احمد رضا کسرائی

استادیار گروه مدیریت، واحد تهران مرکز، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۲۴ \* تاریخ پذیرش ۱۴۰۲/۰۷/۲۴

### چکیده

هدف از پژوهش حاضر بررسی تاثیر عوامل تولید ناب، تولید چابک، زنجیره تامین پایدار و تاب آوری تولید بر تولید پایدار در صنعت خودروهای سنگین در ایران می باشد. پژوهش مذکور از لحاظ هدف بنیادی و از نظر روش انجام پژوهش از نوع توصیفی-تحلیلی است. در پژوهش حاضر با مروری بر ادبیات نظری پژوهش و همچنین مصاحبه با خبرگان، مهمترین ابعاد و معیارهای پایداری اثرگذار در تولید در شرکت انجام و مدل سازی گردید. در این پژوهش جامعه آماری، مدیران و کارشناسان یکی از کارخانه های حاضر در صنعت خودروسازی سنگین (ایران خودرو دیزل) است. همچنین در انجام شبیه سازی های پژوهش حاضر با نرم افزار ونسیم، یک افق زمانی ۵ ماهه در نظر گرفته شد و مقادیر و روابط کمی بین متغیرها نیز با استفاده از یک مصاحبه نیمه ساختار یافته، تعیین گردید که چهار عامل تولید ناب، تولید چابک، زنجیره تامین پایدار و سبز و همچنین تاب آوری تولید به عنوان عوامل اصلی و موثر بر تولید پایدار در صنعت خودروهای سنگین شناخته شدند که در مدل شبیه سازی، بررسی و تاثیرات آنها ارزیابی و سنجش شده است.

**کلمات کلیدی:** تولید پایدار، صنعت خودروهای سنگین، تولید ناب، تولید چابک، زنجیره تامین پایدار، تاب آوری تولید.

## ۱- مقدمه

توسعه محصول و تکنولوژی خطوط تولید با بکارگیری متدهای مبتنی بر سیاست‌های استفاده از شرکت‌های دانش‌بنیان و نوآوری، مهمترین اجزای توسعه اقتصادی و رشد و بقای شرکت‌ها محسوب می‌شوند توسعه محصولات موفق و نوآورانه به شدت به منطق وجودی شرکت‌ها وابسته است. شرکتها برای اینکه موفق باشند باید محصولات و خدماتی را انتخاب کنند که خود را از رقبا متمایز سازند. در چنین شرایطی شرکت‌ها به طرق مختلف در پی کسب مزیت رقابتی هستند (Shafieyiu & Norouzi, 2020). امروزه شرکت‌های تولیدی به واسطه جهانی شدن، ملزم می‌باشند که در راستای تولید پایدار با تکنولوژی‌های مهندسی مجدد گام بردارند که همین امر زمینه ارتقاء مزیت رقابتی آنها را در بازار فعلی فراهم می‌آورد (Antolnella et al., 2019). در واقع، نظریه و تمرین‌های پایداری در تولید، تبدیل به یک مسئله حیاتی در توسعه کسب و کار پویا شده است (Murat & Baki, 2011). حرکت به سوی پایداری، موجب می‌شود تا شرکت مسئولیت مسائل مربوط به چرخه زندگی محصول را بر عهده بگیرد. تولید پایدار را می‌توان به عنوان تولید کالاها و خدمات با استفاده از فرایندها و سیستم‌های غیر آلوده، حفاظت از انرژی و منابع طبیعی، انجام عملیات اقتصادی و ماندگار، نگهداری محیط ایمن و سالم برای کارکنان، جوامع و مصرف کنندگان، پاداش خلاقانه و اجتماعی برای کارکنان تعریف کرد (Bocken et al., 2019). اولین بار مفهوم تولید پایدار در کنفرانس ملل متحد درباره محیط زیست و توسعه در سال ۱۹۹۲ پدید آمد، در این کنفرانس، علت اصلی زوال محیط زیست به ویژه در کشورهای صنعتی، الگوی ناپایدار تولید و مصرف شناخته شد. تولید پایدار را می‌توان به عنوان ایجاد کالاها و خدمات با استفاده از فرایندها و سیستم‌های غیر آلوده، حفاظت از انرژی و منابع طبیعی، انجام عملیات اقتصادی و ماندگار، نگهداری محیط ایمن و سالم برای کارکنان، جوامع و مصرف کنندگان، پاداش خلاقانه و اجتماعی برای کارکنان تعریف کرد (Pourvaziry et al., 2022).

مقبول ترین تعریف ارائه شده از تولید پایدار، تعریف وزارت بازرگانی آمریکا است که مطابق آن، تولید پایدار عبارت است از تولید کالاها با فرایندهایی که آثار منفی زیست محیطی را حداقل می‌کنند، انرژی و منابع طبیعی کمتری مصرف می‌کنند، برای کارکنان، جوامع، افراد و مصرف کنندگان ایمن هستند و از لحاظ اقتصادی به صرفه اند. نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد گرایش به پایداری، منحصر به شرکت‌های تولیدی نیست بلکه در بسیاری از صنایع خدماتی به ویژه خدمات بهداشتی و مراقبتی بسیاری از کشورها، این روند وجود دارد. به نظر می‌رسد روند پایدار کردن کسب و کارها، به پدیده‌ای فراگیر و جهانی تبدیل شده است (Zhang et al., 2016). بنابراین سه هدف اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در کانون فعالیت‌های پایداری تولید است. در این رویکرد شرکت‌های تولیدی می‌کوشند تا میزان مصرف انرژی، آلاینده‌های محیطی و پسماندهای صنعتی را کاهش دهند. از سوی دیگر از فرایندهایی برای این منظور استفاده کنند که سودآوری و منافع اقتصادی آنها نیز حفظ شود (Zaid et al., 2018).

در این بین صنعت خودروسازی نیز از این قاعده مستثنی نبوده است. در حال حاضر برای بقا در بازار، شرکت‌های خودروسازی رقابت پذیری خود را بهبود بخشیده و می‌دانند که بهبود کیفیت خدمات، مدیریت فرایند تحول و انطباق و همچنین توجه به الزامات تولید پایدار، عناصر کلیدی در برآورد نیازهای مشتری هستند (Ghaemmaghami et al., 2022). خودروسازان دانسته اند آنچه موجب تقویت و پیشرفت صنعت خودرو می‌شود، ارائه مدل پویایی امکان تولید پایدار در صنعت می‌شود (Azhdari & Shujaei, 2014). امروزه رقابت برای بهبود کیفیت تولید به عنوان یک مسأله راهبردی کلیدی شناخته شده است. (Zolfi et al., 2022).

از عوامل تاثیرگذار بر تولید پایدار؛ تولید ناب، تولید چابک، زنجیره تامین پایدار و تاب آوری تولید می‌باشد. مفهوم تولید ناب برای اولین بار از سوی تویوتا مطرح شد. در سال ۱۹۸۸ اوونو برای اولین بار سیستم تولید تویوتا را که بعد از جنگ جهانی دوم در این شرکت شکل گرفته و توسعه پیدا کرده بود، به جهان معرفی نمود (Behrouzi & Wong, 2011). تقریباً در دهه ۱۹۸۰ این شیوه تولید ژاپنی‌ها و خصوصاً شرکت تویوتا مورد توجه متخصصان غربی قرار گرفت و طی دو دهه موضوع اصلی محافل کارشناسی صنعتی را تشکیل داد و تولید ناب نامیده شد. تولید ناب در عصر گذار از سیستم تولید انبوه به

عنوان سیستم غالب تولید صنعتی مطرح می باشد که در پاسخ سریع و مناسب به نیاز مشتری با حذف اتلاف، تولید به موقع و با کیفیت عالی و شفاف‌آور مشتری در مقابل تولید انبوه سر کشیده است، باور غالب این است که سیستم تولید ناب قابلیت تجربه در همه صنایع و خدمات را دارد (Bashiri, 2022) شیوه تولید چابک در پایان دهه ۱۹۹۰ و آغاز قرن بیست و یکم، مطرح گردیده است. اصول بنیادین تولید چابک، مختص و متناسب به تأسیس انجمن چابکی توسط گروهی از محققان مؤسسه یاکوکا از دانشگاه لی های در سال ۱۹۹۱ است. گفتنی است اولین کسی که مفهوم «تولید چابک» را مطرح کرد، پیترا دراکر بود. واژه چابکی در فرهنگ لغات، به معنای حرکت سریع، چالاک، فعال و توانایی حرکت آسان و قدرت تفکر سریع و با یک روش هوشمندانه است (Zanjechi et al., 2014).

زنجیره تأمین سبز هم از مزیت‌های صرفه‌جویی در استفاده از منابع، انرژی، انبارها، جلوگیری از حمل و نقل زائد، کاهش آلودگی با استفاده از مواد خام سازگار با محیط زیست، کاهش ضایعات و غیره است که همان استراتژی کاهش هزینه (کارایی) تلقی می‌شود و هم با ایجاد نوآوری در طراحی و تولید محصولات سبز و قابل بازیافت، موجب کاهش هزینه‌های تخریب محیط زیست می‌شوند زنجیره تأمین سبز، از طریق سازمان‌های تجاری و تقویت ارتباط با بنگاه‌ها به کارایی و هم‌افزایی بیشتر کمک نموده و موجب افزایش عملکرد زیست محیطی، کاهش اتلاف و صرفه جویی در هزینه‌ها می‌شود (Asayesh et al., 2022). از مدیریت زنجیره تأمین سبز حذف یا کاهش اتلاف منابع (انرژی و مواد) و آثار زیست محیطی منفی (آب، هوا و آلودگی زمین) در سراسر مراحل چرخه عمر محصول است که از استخراج مواد خام تا استفاده از محصول توسط مشتری نهایی و دفع آن که در واقع پایان این چرخه است را عملکرد، در بر می‌گیرد (Walker et al., 2008).

تاب آوری، به عنوان یک مفهوم علمی محبوب و کاربردی، در چند دهه گذشته، به عنوان نقطه ورود مشترک برای آغاز بررسی های میان رشته ای با هدف دستیابی به پایداری در سیستم های بیوفیزیکی و اجتماعی، رشد چشم گیری داشته است (Chaffin & Scown, 2017). لذا تعمیم یک تعریف برای تمامی رشته ها، غیر ممکن است. زیرا تاب آوری، مولفه ی سیستم نیست. بلکه باید به عنوان یک ویژگی برآینده شناخته شده است (De Galizia et al., 2016).

به منظور انجام پژوهش‌های لازم در زمینه توسعه تولید پایدار، رویکردهای متنوعی در حوزه مدیریت، طراحی و مهندسی محصولات تولیدی و فرایندهای تولید به عرصه ظهور رسید که در این میان می‌توان به رویکردهای زیست‌محیطی، ارزیابی چرخه عمر محصولات، طراحی محصول پایدار و تکنیک‌های مربوط به مواد، انرژی و پسماند اشاره کرد. توسعه این رویکردها به عنوان مساله‌ای جهانی به حساب می‌آید. ارزیابی تأثیر این رویکردها در سطح شرکتی، موضوع اصلی بسیاری از پژوهش‌ها می‌باشد. بررسی پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که شرکت‌های استوار بر ابتکارات پایداری دارای محصولات با کیفیت بالاتر، سهم بازار بیشتر و سود بیشتر می‌باشند و این ابتکارات با نتایج رقابتی ارتباط مثبت دارد (Ocampo et al., 2018).

پوروزیری و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهش خود بیان می‌کنند که در راستای رسیدن به تولید پایدار در صنعت خودرو نیاز به توجه بیشتر به بعد زیست‌محیطی به عنوان یکی از مهمترین و اثر گذارترین ابعاد تولید پایدار است و برای اجرای استراتژی‌های مرتبط با آن موانع درون سازمانی نقش بسزایی دارند. با بررسی مطالعات پیشین در خصوص تولید پایدار در صنعت خودرو سازی می‌توان شاخص‌ها و مولفه‌هایی که نقش تاثیرگذار در تولید پایدار در صنعت خودروهای سنگین را دارند شناسایی کرد. شناسایی این شاخص‌ها و مولفه‌ها مدل ابتدایی پژوهش را تشکیل می‌دهند. امینی و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهش خود به طراحی مدل توسعه پایدار در صنعت خودرو ایران با رویکرد انقلاب صنعتی چهارم پرداختند. آنها بیشترین تأثیر را به ترتیب موانع سیاسی، فنی و اقتصادی بر پایدار و توسعه پایدار می‌دانند. صفایی‌قادی‌کلایی و حسین‌بر (۱۳۹۵)، در پژوهش خود بعد از شناسایی روش‌های استقرار تولید پایدار، بیان می‌کنند که تامین زیرساخت‌ها پیش نیاز سایر اقدامات لازم برای استقرار پایدار است.

فو<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۹) چهارچوبی برای درک هرچه بهتر عملکرد پایدار شرکت‌ها ترسیم کردند. رویکرد آنها بر اساس شناسایی اقدامات سبز در زنجیره تامین پایدار بود. آنها دریافتند که ارتباط بین انتخاب و ارزیابی تامین‌کننده با عملکرد پایداری

<sup>1</sup>. Phoo et al

به طرز غافلگیرکننده‌ای مثبت و معنادار است. گومز<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۵) مدلی را برای استقرار پایداری در صنعت آموزشی و با تأکید بر آموزش عالی ارائه نمودند. لپلت<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۳) چارچوبی را برای پایداری کسب و کارها، بدون توجه به تولیدی یا خدماتی بودن ارائه کردند. استوگتون و لودما<sup>۴</sup> (۲۰۱۲) با تمرکز بر تعهد مدیریت پایداری، استقرار پایداری را در سه سطح بررسی نمودند: در سطح کل سازمان، واحد سازمان و در سطح فردی برای گروه‌ها و اشخاص، با بهره‌گیری از تئوری سیستم روشی برای تحقق پایداری در شرکت، جامعه و محیط زیست ارائه داد. آصف<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۱۱) با ترکیب پایداری و مدل‌های تعالی کسب و کار، مدلی برای استقرار پایداری ارائه نمودند، این روش براساس چرخه معروف دمینگ بنا شده است. خلیلی<sup>۶</sup> (۲۰۱۱) مدلی را برای استقرار پایداری در شرکت‌ها با رویکرد استراتژیک توصیه نمود. به زعم وی، فرایند استقرار پایداری در شرکت‌ها همانند برنامه‌ریزی استراتژیک است. لیر و مونت<sup>۷</sup> (۲۰۱۰) رفتارهای خرید اجتماعی شرکت‌های سوئدی را بررسی و با تأکید بر لحاظ نمودن ملاحظات اجتماعی در فرآیند خرید، روشی برای استقرار پایداری ارائه نمودند. هال استد<sup>۸</sup> و همکاران (۲۰۱۳) مدلی را با تأکید بر محصول و فرآیند توسعه محصول برای استقرار پایداری در شرکت‌ها ارائه نمودند. آگاراول و همکاران<sup>۹</sup> (۲۰۰۶) از یک رویکرد مبتنی بر فرایند تحلیل شبکه ای (ANP) برای مدل‌سازی معیارهای عملکرد زنجیره‌تأمین ناب، چابک و ناب چابک استفاده کردند. پرز و ساچز<sup>۱۰</sup> (۲۰۰۰) در پژوهشی با عنوان تولید ناب و رابطه آن با تأمین‌کنندگان که به صورت یک بررسی میدانی از تأمین‌کنندگان خودرو انجام گرفته بود؛ ضمن بررسی مشخصات جمعیت‌شناختی سازمان‌ها مانند تعداد کارکنان، سن شرکت، فروش و نوع مالکیت آنها، به منظور ارزیابی تولید ناب در این سازمان‌ها، ابزارهای نابی را در سه مولفه اصلی تولید به موقع، انعطاف‌پذیری نیروی کار و مکان تولید دسته‌بندی نموده‌اند.

علاوه بر این، مولفه‌ای که تاثیر قابل توجهی بر رشد و توسعه اقتصادی کشور ایران گذاشته است مسئله تحریم‌ها است (Torki & Mazaheri, 2022). با توجه به وابستگی بالای صنعت خودروسازی به شرکاء خارجی و تأمین‌کنندگان خارجی، تحریم‌ها در صنعت خودروسازی بیشتر از سایر صنایع نقش‌آفرین بوده است. با بازگشت تحریم‌های آمریکا علیه خودروسازی کشور، این صنعت بزرگ، عصری جدید پر از دشواری و چالش را شروع کرده و بر این اساس، نه تنها شرکای معتبر خارجی خود را از دست داده، بلکه تیراژ و کیفیت محصولاتش هم رو به نزول خواهد رفت. تحریم‌های جدید آنقدر سختگیرانه هستند که تقریباً همه خودروسازان معتبر، ایران را ترک کرده و صنعت خودرو کشور را تنها گذاشته‌اند (Pourvaziry et al., 2022). در این وضعیت، اگرچه خروج خودروسازان خارجی در کل موجب کاهش تیراژ و افت کیفیت و متوقف شدن برنامه‌های آنها در صنعت خودرو کشور خواهد شد، ولی اثرات این «خروج» بر کمپانی‌های خودروساز داخلی یکسان نبوده و متفاوت است. بر این اساس، خروج خارجی‌ها در بعضی شرکت‌های داخلی منجر به کاهش شدید تولید و افت کیفی همزمان با از دست رفتن شریکی بین‌المللی خواهد شد و در بعضی دیگر، اثراتی خفیف‌تر می‌گذارد (Zaid et al., 2018). رحیمی فتح‌کوهی (۲۰۲۲) در پژوهش خود بیان می‌کند که اعمال تحریم‌های اقتصادی و بین‌المللی از سوی برخی کشورها، در بخش‌های تولید، صادرات و واردات تاثیر می‌گذارد. این شرایط در برخی از صنایع به مراتب تاثیر بیشتری داشته و فرآیند آنها را مختل می‌کند. مشکل تأمین قطعات وارداتی در شرکت‌های خودرو ساز، باعث افت نقدینگی شده و افزایش قیمت محصول نهایی را به دنبال داشته است (Rahimi Fhatkoochi, 2022).

<sup>2</sup>. Gomez

<sup>3</sup>. Leppelt

<sup>4</sup>. Stoughton & Ludema

<sup>5</sup>. Asif

<sup>6</sup>. Khalili

<sup>7</sup>. Leire & Mont

<sup>8</sup>. Hallsted

<sup>9</sup>. Agarwal et al

<sup>10</sup>. Perez & Sanchez

نظر به اهمیت مقوله تولید پایدار و تأثیر تحریم‌ها بر آن، ضمن بر شمردن چالش‌های پیش روی تولید پایدار و فضای کسب و کار در ایران، این پژوهش به دنبال پاسخ به این سؤال است که عوامل مؤثر بر امکان تولید پایدار در صنعت خودروهای سنگین در شرایط تحریم و رکود اقتصادی کدامند؟

## ۲- روش شناسی پژوهش

در پژوهش فعلی که هدف، بررسی تأثیر عوامل تولید ناب، تولید چابک، زنجیره تامین پایدار و تاب آوری تولید بر تولید پایدار در صنعت خودروهای سنگین در ایران می‌باشد، جهت دستیابی به هدف مدنظر لازم است که مولفه‌ها و متغیرهای اصلی این الگو شناسایی شده و سپس مورد آزمون قرار گیرند، این پژوهش در تلاش است از ماهیت بنیادی برخوردار باشد، چرا که به دنبال شناسایی مؤلفه‌های امکان تولید پایدار در صنعت خودروهای سنگین در شرایط تحریم رکود اقتصادی باشد، با مروری بر ادبیات نظری پژوهش و هم چنین مصاحبه با خبرگان، مهمترین ابعاد و معیارهای پایداری اثرگذار تولید در شرکت انجام و مدل‌سازی گردید. در این پژوهش جامعه آماری، ۳۱ نفر از مدیران و کارشناسان با تحصیلات کارشناسی ارشد و دکتری و سابقه کاری بالای ده سال در صنعت خودروسازی سنگین (ایران خودرو دیزل) می‌باشد. همچنین در انجام شبیه سازی های پژوهش حاضر با نرم افزار ونسیم، یک افق زمانی ۵ ماهه در نظر گرفته شد و مقادیر و روابط کمی بین متغیرها نیز با استفاده از یک مصاحبه نیمه ساختار یافته، تعیین گردید. در جدول شماره ۱ که برگرفته از پژوهش امین ناصری و همکاران (۱۴۰۰) می باشد، تمامی متغیرهای مورد استفاده در این پژوهش و نوع حالات مورد استفاده هر یک از آنها در مدل شبیه سازی شده ارائه گردیده است. هر یک از نمادهای  $C, A, R, L$  به ترتیب مخفف عبارات متغیر حالات، متغیر نرخ، متغیر کمکی و متغیر ثابت می باشد.

جدول شماره (۱): متغیرهای مورد استفاده در مدل پژوهش

نوع متغیر	متغیرهای مورد استفاده
متغیر حالت (L)	توسعه پایدار محصول - سودآوری - حجم تولید.
متغیر نرخ (R)	نرخ افزایش توسعه پایدار - نرخ کاهش توسعه پایدار - نرخ افزایش سودآوری - نرخ کاهش سودآوری - نرخ افزایش حجم تولید - نرخ کاهش حجم تولید.
متغیر کمکی (A)	خرید تجهیزات حمل و نقل متناسب با محیط زیست - توزیع پایدار - طراحی پایدار - مصرف مواد و انرژی در طراحی - تدارکات پایدار - تعداد تامین کنندگان آشنا به پایداری - نسبت پرداخت بدهی - نقدینگی - پوشش بهره - ارزش زمانی پول - سرمایه گذاری - ارزش فعلی سهام - سرمایه در گردش - برونسپاری - کیفیت محصول - تقاضا - تولید ناخالص دارایی - نرخ ارز - هزینه تولید - بودجه آموزش - آموزش توسعه پایدار به طراح و تامین کنندگان.
متغیر ثابت (C)	درجه کیفیت گزارش ها - اعتماد تجاری - اندازه شرکت - توانایی تامین مالی - تکنولوژی - حمایت دولت - حامی مالی - جریان نقدی غیر قابل پیش بینی - فرآیند انتشار اطلاعات قانونی - تورم - درجه وابستگی ساختاری.

در این پژوهش، معادلات مربوط به مدل در محیط نرم افزار ونسیم<sup>۱۱</sup> نوشته شده است و صحیح بودن ساختار معادلات مدل توسط نرم افزار تأیید شد. پس از استخراج متغیرهای اثرگذار بر سیستم، متغیرهای استخراج شده و روابط آنها در قالب فرضیه‌های پویا بیان می‌شوند. هر فرضیه پویا اشاره به ترسیم گرافیکی روابط علت و معلولی میان عناصر مختلف دارد و حلقه‌های بازخورد را به منظور تکرار ساختار اساسی سیستم، کامل می‌کند.

از آنجاییکه پس از ایجاد نمودار علت و معلولی مدل اصلی پژوهش و گزارش گیری از نرم افزار ونسیم، حلقه‌های کوچک و بزرگ که با هم به صورت پیچیده مرتبط هستند مورد شناسایی قرار گرفته که نشان دهنده پیچیدگی تعاملات موجود میان متغیرهای مدل است، از بیان موردی حلقه‌ها چشم‌پوشی نموده و به جای ترسیم نمودار مربوط به هر یک از حلقه‌های علت و معلول، هر بخش اساسی از مدل به طور جداگانه در قالب فرضیه پویا و نمودار علت و معلول ارائه می‌شود. در این پژوهش بر چهار حلقه

<sup>11</sup>. Vensim

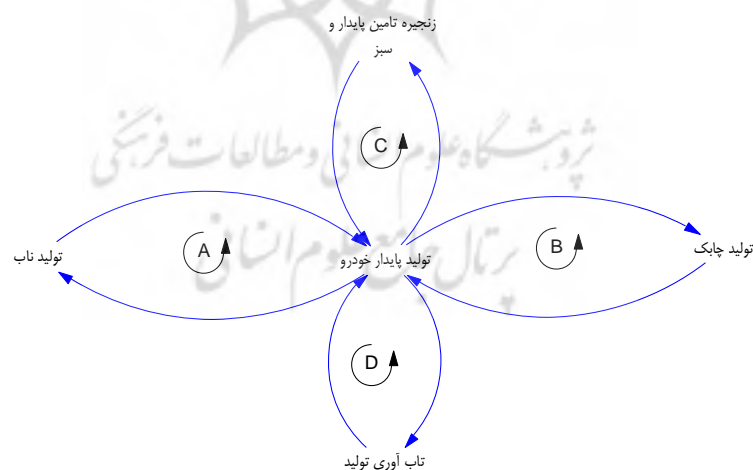
اصلی اثرگذار بر تولید تمرکز خواهیم داشت هر کدام از این پارادایم‌ها به صورت جداگانه در بخش موجودی دارای پویایی‌های ویژه خود هستند که نیازمند ملاحظات و تجزیه و تحلیل دقیق می‌باشند.

اولین حلقه، حلقه تولید ناب (حداقل سازی موجودی اضافی) است که بر حداقل کردن موجودی‌های انبار تمرکز دارد. حال کاهش موجودی‌ها از یک طرف کاهش هزینه‌های نگهداری و از طرف دیگر افزایش هزینه‌های کمبود را در صورتیکه نتوان مدیریت نمود در پی دارد (Ebrahimi et al., 2020).

دومین حلقه، حلقه تولید چابک است (استفاده از فناوری اطلاعات) که با هماهنگی بین موجودی مطلوب و موجودی در دسترس هزینه‌های کمبود و نگهداری را کاهش می‌دهد. در این حلقه با بکارگیری فناوری نوین اطلاعات و گردش صحیح اطلاعات و جریان مواد، هزینه‌های کمبود و نگهداری محصول را کاهش داد (Charles et al., 2010). کریستوفر چابکی را به عنوان یک توان تجاری گسترده در سراسر جهان تعریف می‌کند (Razmi et al., 2015).

سومین حلقه، حلقه تامین سبز (حداقل سازی مواد اولیه و مسائل زیست محیطی) است. اقدام پارادایم سبز در ارتباط با موجودی حداقل کردن مصرف مواد اولیه یا حداکثر استفاده از موجودی مواد اولیه می‌باشد به نحوی که ضایعات به صفر برسد. حداقل کردن مصرف مواد اولیه هم هزینه‌های کمبود و هم هزینه‌های نگهداری را کاهش خواهد داد. از سویی دیگر در این رویکرد مسائل زیست محیطی تولید مورد توجه قرار می‌گیرد که حداقل سازی مواد اولیه نقش مهمی در دستیابی به اهداف آن دارد. کاهش مصرف قطعات و مواد ناسازگار با محیط زیست و استفاده از استانداردهای زیست محیطی بر روی خودروها از موارد مهم در این حلقه است.

چهارمین حلقه، حلقه تاب‌آوری (زنجیره تامین سبز و پایدار) است. پارادایم تاب‌آور بر نگهداری ذخیره احتیاطی و زنجیره تامین پایدار و سبز تمرکز دارد. که این اقدام اگرچه هزینه کمبود قطعات و محصولات را کاهش می‌دهد اما هزینه نگهداری را افزایش می‌دهد. بکارگیری زنجیره تامین پایدار در راستای تامین مالی، تامین قطعات و تکمیل موجودی انبار محصولات و قطعات با حداقل هزینه‌ها در انبار و کنترل موجودی از مهمترین مولفه‌های این رویکرد است (Charles et al., 2010).

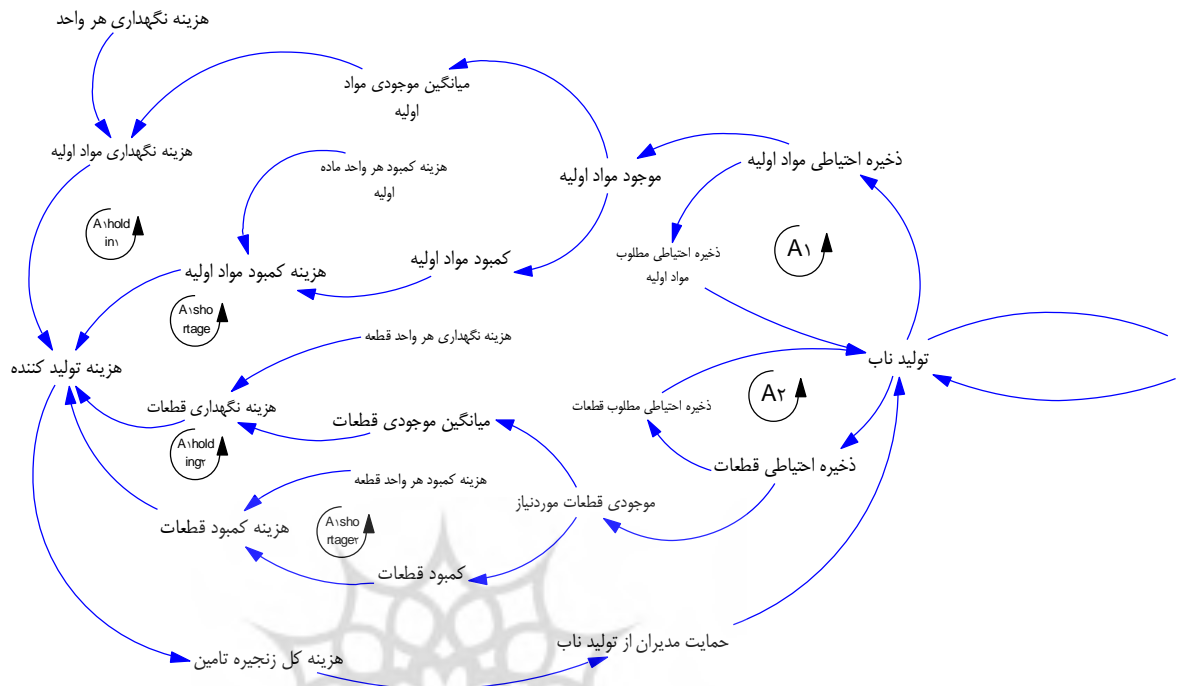


شکل شماره (۱): مدل اولیه (مدل علت معلولی). (محقق ساخته)

الف) تشریح مدل حلقه‌های علی معلولی تولید ناب

با سرمایه‌گذاری بر پارادایم تولید ناب ذخیره احتیاطی قطعات و مواد اولیه و در نتیجه سطح موجودی قطعات و مواد اولیه کاهش پیدا می‌کند. کاهش سطح موجودی احتمال کمبود موجودی و به تبع آن هزینه‌های کمبود و هزینه‌های تولید کننده را افزایش می‌دهد (Sagharidooz et al., 2022)؛ اما از طرفی وقتی سطح موجودی کاهش پیدا کند، به دنبال خود هزینه‌های نگهداری

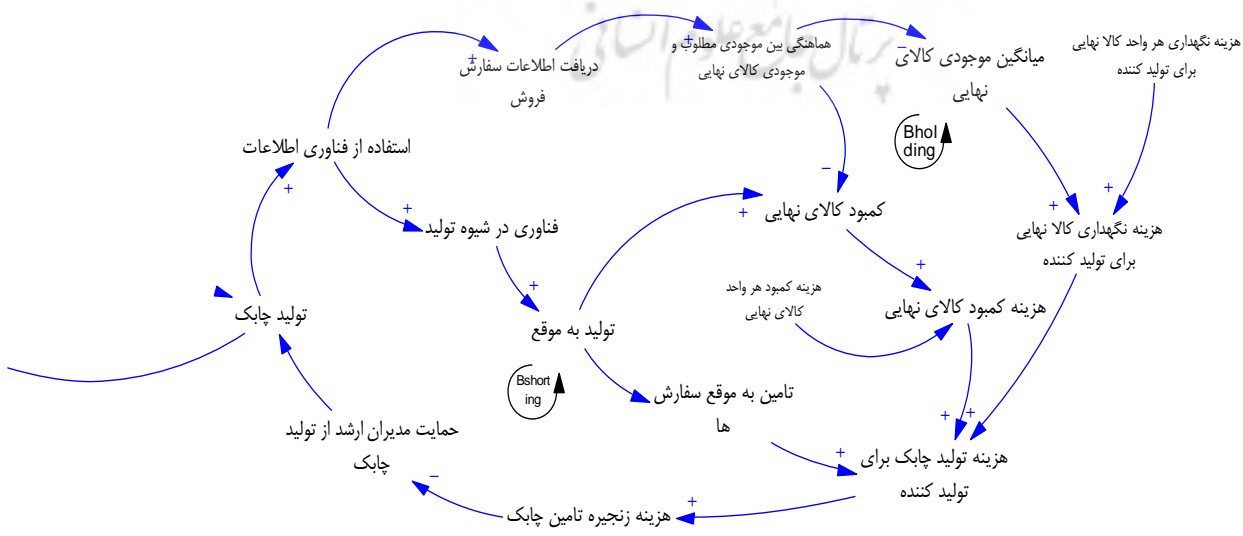
و هزینه‌های تولیدکننده و هزینه‌های زنجیره تامین را نیز کاهش خواهد داد. با کاهش هزینه‌های زنجیره تامین حمایت مدیران ارشد از اقدامات ناب بیشتر شده و سرمایه گذاری در پارادایم ناب افزایش می‌یابد.



شکل شماره (۲): مدل علت معلولی تولید ناب (حلقه A)

(ب) تشریح مدل حلقه‌های علی معلولی تولید چابک

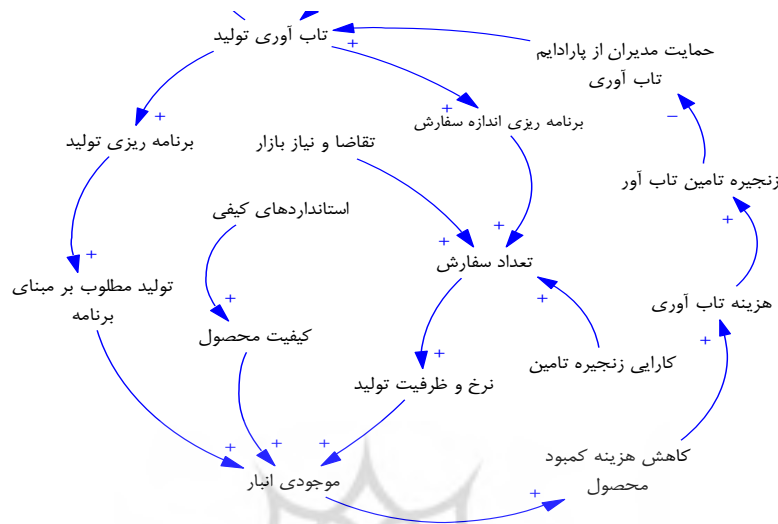
همان طور که در شکل (۳) مشخص است فناوری اطلاعات تحت تاثیر سرمایه گذاری بر زنجیره تامین می باشد. هرچه استفاده از فناوری اطلاعات بیش تر باشد داده ها از نقطه فروش سریع تر به بخش تولید رسیده و هماهنگی بیشتر بین موجودی مطلوب و موجودی کالای نهایی بوجود می‌آید. (Azevedo et al., 2010). هر چه این هماهنگی بیشتر باشد کالای نهایی کمتر با کمبود مواجه می‌شود از طرفی از نگهداری بیش از اندازه موجودی جلوگیری می‌شود و هزینه نگهداری موجودی کاهش پیدا می‌کند و هزینه زنجیره تامین کاهش خواهد کرد.



شکل شماره (۳): مدل علت معلولی تولید چابک (حلقه B)

## ج) تشریح مدل حلقه‌های علی معلولی تاب‌آور

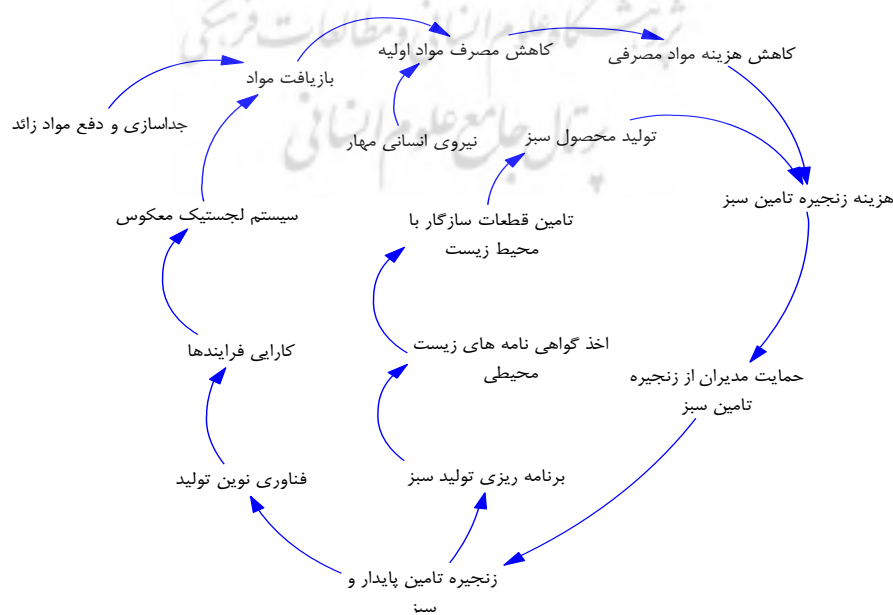
می‌شود. با توجه به نمودار علی رسم شده در شکل (۴) هرچه سرمایه‌گذاری بر پارادایم تاب‌آور بیشتر باشد سطح موجودی مواد اولیه بیش‌تر می‌شود و این افزایش، احتمال کمبود موجودی و به تبع آن هزینه‌های کمبود و هزینه‌های تولید کننده را



شکل شماره (۴): مدل علت معلولی تاب‌آوری تولید (حلقه C)

## د) تشریح مدل حلقه‌های علی معلولی سبز

با توجه به نمودار علی رسم شده در شکل (۵) مصرف مواد اولیه با افزایش سرمایه‌گذاری بر پارادایم سبز کمتر و به دنبال آن نرخ مصرف مواد اولیه کمتر می‌شود و در پی آن میانگین مواد اولیه کمتر می‌شود. کاهش میانگین مواد اولیه، کاهش هزینه نگهداری و هزینه تولید کننده و هزینه کل زنجیره تامین را در پی دارد. که در نتیجه با کاهش هزینه‌ها حمایت مدیران ارشد از پارادایم سبز بیش‌تر شده و مجدداً در پارادایم سبز سرمایه‌گذاری می‌کنند. از طرفی دیگر با کاهش مصرف مواد اولیه در هر واحد کالای نهایی مصرف مطلوب مواد اولیه، موجودی مطلوب مواد اولیه، کمبود مواد اولیه و هزینه کمبود مواد اولیه کاهش پیدا می‌کند.



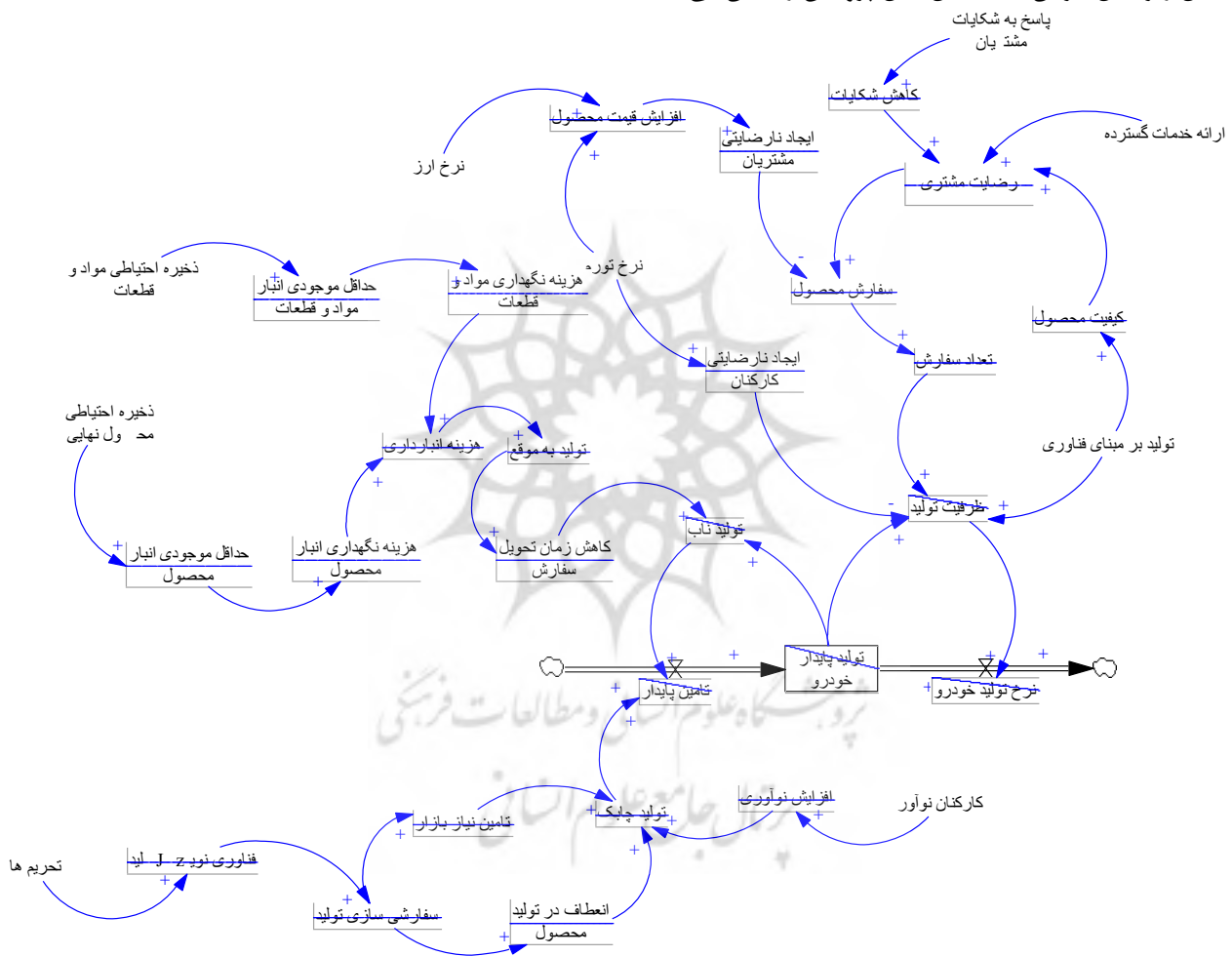
شکل شماره (۵): مدل علت معلولی زنجیره تامین سبز و پایدار (حلقه D)



ه) 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 نشان دهنده انباشت در یک دوره زمانی می‌باشد و در طول زمان توسط متغیر نرخ افزایش یا کاهش می‌یابد. مانند سطح تولید پایدار، سطح پایداری زنجیره تامین و سطح موجودی انبار محصول نهایی خودرو.  
 ب) متغیرهای نرخ: این متغیرها تعیین کننده متغیرهای حالت در سیستم هستند مانند نرخ چابکی تولید، نرخ ناب بودن تولید، نرخ پایداری زنجیره تامین و نرخ تاب‌آوری تولید، نرخ ورودی موجودی و نرخ خروجی خودرو است.  
 ج) متغیرهای کمکی: این متغیرها مقدار آنها از مقدار متغیرها در دوره‌های زمانی قبل مستقل هستند.  
 شکل زیر مدل جریان-حالت کل مدل پژوهش را نشان می‌دهد.



شکل شماره (۶): مدل جریان و حالت مدل پژوهش تولید پایدار در صنعت خودروسازی

و) معادله و روابط بین مولفه‌های مدل

پس از ترسیم مدل علی و تعریف مدل جریان-حالت، لازم است روابط بین مولفه‌ها مدل تعریف و بر اساس آن روابط مدل شبیه‌سازی اجرا شود. در این پژوهش، روابط بین مولفه‌ها مدل به شرح زیر تعریف شده است. تابع تولید پایدار متغیرهای ورودی تاب‌آوری تولید، چابکی تولید و تولید ناب می‌باشند. همچنین نرخ تولید یا تعداد محصولات تولیدی خروجی تابع است.

تولید پایدار در این مدل به عنوان یک انباره در نظر گرفته شده است که با بهبود یا افزایش تاب آوری تولید، چابکی تولید و ناب بودن تولید افزایش می یابد و نرخ خروجی محصول (خودرو) تولید شده افزایش پیدا می کند. بنابراین رابطه زیر در این خصوص وارد مدل شده است:

$$(\text{نرخ تولید} - \text{نرخ تاب آوری} + \text{نرخ چابکی} + \text{نرخ ناب بودن تولید}) \times \text{تولید پایدار}$$

نرخ ناب بودن تولید تابعی از تاثیر حمایت مدیران ارشد از فسفله تولید ناب + ذخیره احتیاطی مطلوب مواد اولیه + ذخیره احتیاطی مطلوب قطعات است. برای اندازه گیری هریک به صورت زیر عمل می شود؛

ذخیره احتیاطی مطلوب مواد اولیه به میزان ۲۰ درصد نیاز هر ماه

ذخیره احتیاطی مطلوب قطعات به میزان ۲۰ درصد نیاز هر ماه

حمایت مدیران ارشد از فسفله تولید ناب بر اساس میزان پاداش در نظر گرفته شده برای نوآوری در واحد تولید از سویی دیگر ناب بودن تولید بر ذخیره احتیاطی مواد اولیه تاثیر می گذارد و همین مسئله بر موجودی مواد اولیه تاثیر گذار است. موجودی مواد اولیه بر میانگین موجودی مواد اولیه و کمبود مواد اولیه تاثیر دارد که در نهایت بر هزینه نگهداری مواد اولیه و نهایتاً هزینه کل تولید ناب تاثیر گذار است. همچنین ناب بودن تولید بر و ذخیره احتیاطی قطعات تاثیر دارد، سپس بر موجودی قطعات و از این طریق بر میانگین موجودی قطعات و کمبود قطعات تاثیر می گذارد. در نهایت این ها بر هزینه نگهداری قطعات و هزینه کمبود تاثیر گذارند و نهایتاً هزینه کل تولید ناب را تحت تاثیر قرار می دهند. در انتهای مدل نیز هزینه کل تولید ناب بر حمایت مدیران ارشد از تولید ناب تاثیر گذار است. شرح مولفه های تولید ناب در جدول شماره ۲ آورده شده است.

جدول شماره (۲): شرح مولفه های تولید ناب

مقدار	مولفه
برابر است با میزان موجودی اولیه	موجودی مواد اولیه
برابر است با موجودی اولیه تقسیم بر ۱۲ ماه	میانگین موجودی مواد اولیه
برابر است با ۵ درصد جریمه تاخیر خودرو	هزینه کمبود هر واحد مواد اولیه
برابر است با هزینه سربار انبار تقسیم بر حجم مواد در انبار	هزینه نگهداری هر واحد مواد اولیه
برابر است با هزینه نگهداری هر واحد ضرب در کل واحد موجود	هزینه نگهداری مواد اولیه
برابر است با میزان موجودی قطعات	موجودی قطعات
برابر است با موجودی اولیه تقسیم بر ۱۲ ماه	هزینه کمبود هر واحد قطعات
برابر است با ۵ درصد جریمه تاخیر خودرو	هزینه نگهداری هر واحد قطعات
برابر است با هزینه نگهداری هر واحد ضرب در کل واحد موجود	هزینه نگهداری قطعات
برابر است هزینه نگهداری مواد + هزینه نگهداری قطعات	هزینه کل تولید ناب

نرخ چابکی تولید متاثر از حمایت مدیران ارشد از فسفله تولید چابک + بکارگیری فناوری در شیوه تولید + تامین به موقع سفارش است. در واقع این سه مولفه بر ناب بودن تولید تاثیر گذار هستند.

نرخ تولید چابک بر استفاده از فناوری در تولید تاثیر می گذارد و همین مسئله بر میزان بکارگیری فناوری در شیوه تولید و میزان دریافت سفارش تولید تاثیر گذار است. بکارگیری فناوری در شیوه تولید بر تولید به موقع و تامین سفارش مشتریان تاثیر گذار است. همچنین تولید به موقع بر کمبود کالای نهایی و نهایتاً هزینه کمبود کالای نهایی و در نتیجه هزینه تولید چابک تاثیر دارد. از سویی میزان سفارش فروش بر موجود مطلوب کالای نهایی و در نتیجه هزینه کمبود تاثیر دارد. موجود مطلوب کالای نهایی نیز بر میانگین موجودی کالای نهایی و هزینه نگهداری کالای نهایی و در نتیجه هزینه تولید چابک تاثیر دارد. هزینه تولید چابک نیز بر حمایت مدیران ارشد از فسفله تولید چابک و در نهایت بر نرخ چابکی تولید تاثیر گذار است. شرح مولفه های تولید چابک در جدول شماره ۳ آورده شده است.

جدول شماره (۳): شرح مولفه های تولید چاپک

مقدار	مولفه
برابر است با ۲۰ درصد جریمه تاخیر تحویل خودرو	هزینه کمبود کالای نهایی
برابر است با ۱۰ درصد هزینه جریمه تاخیر تحویل خودرو	کمبود کالای نهایی
برابر است با موجودی کالای نهایی تقسیم بر ۱۲ ماه	میانگین موجودی کالای نهایی
برابر است با هزینه سربار انبار تقسیم بر حجم کالا در انبار	هزینه نگهداری هر واحد کالای نهایی
برابر است با مقدار سفارش در هر ماه + ۱۰ درصد افزایش آن	موجودی مطلوب کالای نهایی

تاب آوری تولید بر برنامه ریزی واحد تولید تاثیرگذار است و متاثر از حمایت مدیران ارشد از تاب آوری تولید و تحویل سفارش بدون وقفه است. برنامه ریزی واحد تولید بر برنامه ریزی خطوط تولید و برنامه ریزی اندازه سفارش تاثیر دارند. همچنین برنامه ریزی اندازه سفارش بر تعداد سفارش ظرفیت تولید و نهایتاً موجود انبار کالای نهایی تاثیر دارد. موجودی انبار کالای نهایی بر کاهش هزینه کمبود محصول و هزینه تاب آوری و همچنین تحویل سفارش بدون وقفه و نهایتاً تاب آوری تولید تاثیر دارد. شرح مولفه های تاب آوری تولید در جدول ۴ آورده شده است.

جدول شماره (۴): شرح مولفه های تاب آوری تولید

مقدار	مولفه
برابر است میزان سفارش خودرو	تعداد سفارش
برابر است با نرخ تولید ماهانه خودرو	نرخ و ظرفیت تولید
برابر است با موجودی کالای نهایی تقسیم بر ۱۲ ماه	موجودی کالای نهایی
برابر است با ۱۰ درصد هزینه جریمه تاخیر تحویل خودرو	هزینه کمبود کالای نهایی

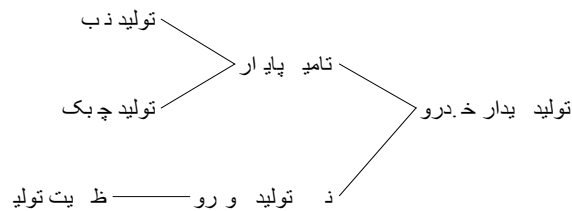
تابع دوم تابع زنجیره تامین پایدار است. این تابع از تامین پایدار به عنوان ورودی و تاب آوری تولید به عنوان خروجی تشکیل شده است. هر کدام از این متغیرها دارای عوامل اثرگذار و اثرپذیر هستند که در ادامه توضیح داده خواهد شد.

$$\text{((تولید ناب+تولید چاپک) - درجه پایداری زنجیره تامین)} = \text{تامین پایدار}$$

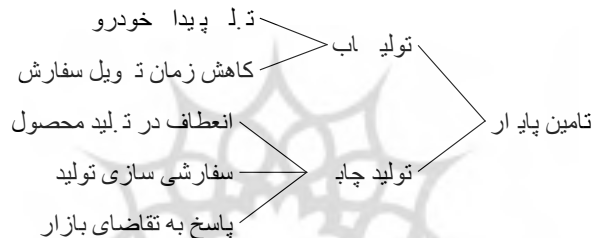
زنجیره تامین پایدار نیز متاثر از حمایت مدیران ارشد از زنجیره تامین پایدار است. زنجیره تامین پایدار بر فناوری نوین تولید و برنامه ریزی تولید سبز تاثیر مستقیم دارد. برنامه ریزی تولید سبز بر اخذ گواهینامه های زیست محیطی، تامین قطعات سازگار با محیط زیست و تولید سبز و نهایتاً هزینه زنجیره تامین پایدار تاثیر مستقیم و غیر مستقیم دارد. همچنین بکارگیری فناوری نوین تولید نیز بر کارایی های اثرگذار تاثیر داشته و از طریق آن بر سیستم لجستیک و بازیافت مواد تاثیر بسزایی خواهد داشت. لازم بذکر است که بازیافت مواد سبب کاهش مواد مصرفی و نهایتاً کاهش هزینه مواد مصرفی و در کل کاهش هزینه های زنجیره تامین پایدار می شود.

(ز) نتایج اجرای مدل شبیه سازی

مدل شبیه سازی شده تابع تولید پایدار در قالب مدل پویایی سیستم تولید پایدار خودروهای تجاری کشور در شرایط تحریم شامل مولفه ها و شاخص های متعددی است که در نمودار درختی یا استخوانی زیر مشاهده می شود.

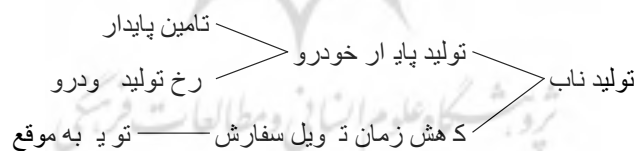


نمودار شماره (۱): نمودار استخوان ماهی ابعاد تولید پایدار خودروهای تجاری کشور تولید پایدار متاثر از مولفه های تامین پایدار و نرخ تولید خودرو است. تامین پایدار نیز متاثر از تولید ناب (ناب بودن تولی) و چابکی تولید (تولید چابک) است که خروجی آن نرخ یا تعداد تولید خودروهای تجاری است.

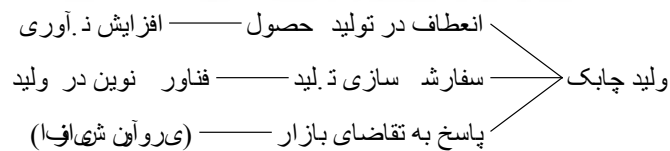


نمودار شماره (۲): نمودار استخوان ماهی ابعاد تامین پایدار خودروهای تجاری کشور

تامین پایدار از دو عامل تولید ناب و تولید چابک تشکیل شده است که نمودارهای هر کدام در ادامه ارائه شده است.

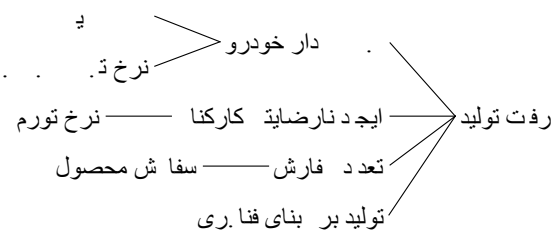


نمودار شماره (۳): نمودار استخوان ماهی ابعاد تولید ناب خودروهای تجاری کشور



نمودار شماره (۴): نمودار استخوان ماهی ابعاد تولید چابک خودروهای تجاری کشور

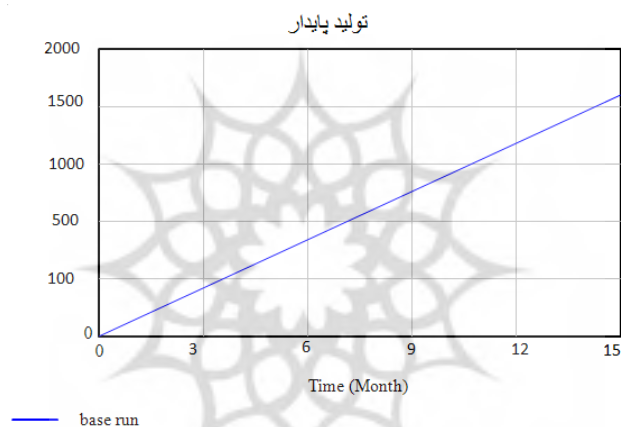
همچنین ظرفیت تولید خودرو نقش تعیین کننده ای در نرخ خروجی تولید دارد که ابعاد و شاخص های آن در ادامه ارائه شده است.



نمودار شماره (۵): نمودار استخوان ماهی ابعاد ظرفیت تولید خودروهای تجاری کشور

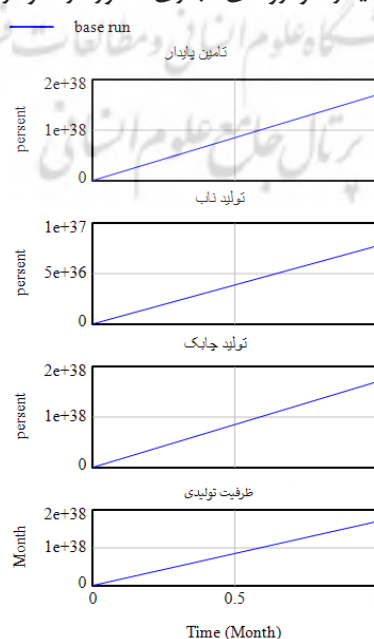
(ح) سناریو تولید پایدار (سناریو پایه)

سناریو تولید پایدار در واقع اولین مرحله اجرای مدل برای تولید پایدار خودروهای تجاری کشور در شرایط تحریم است. اجرای این سناریو نشان میدهد که سه عامل تامین پایدار، ناب بودن تولید و چابکی تولید نقش مهمی در تولید پایدار این خودروها در کشور دارند. نمودار تولید پایدار خودروهای تجاری کشور در مرحله ابتدایی در نمودار شماره (۶) مشاهده می شود.

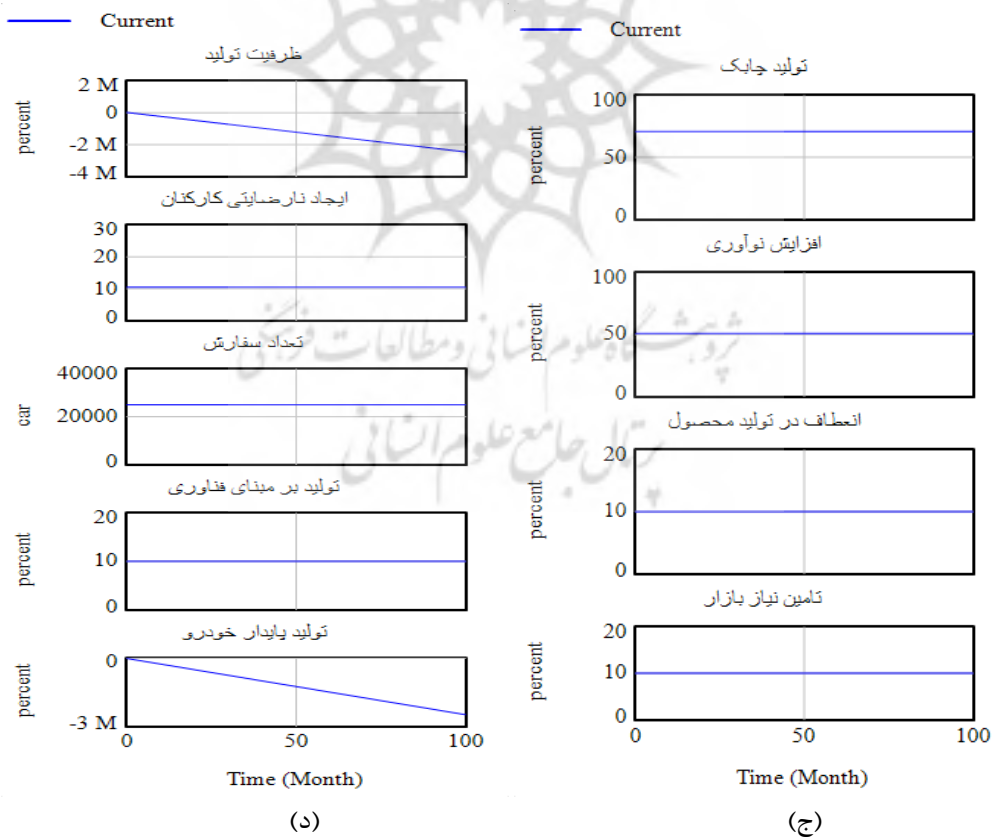
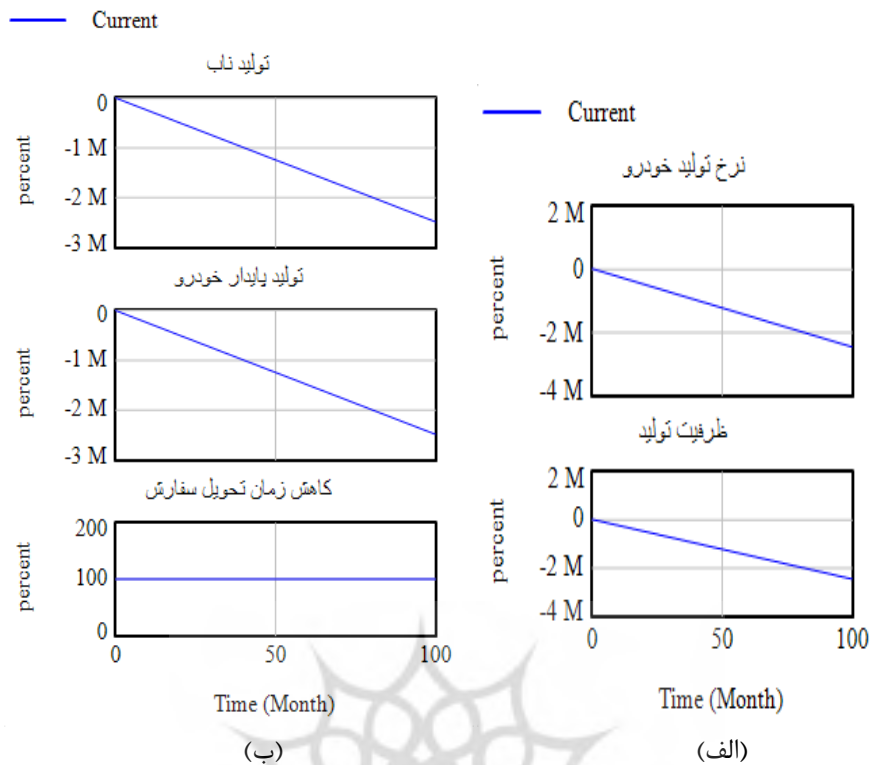


نمودار شماره (۶): نمودار تولید پایدار در مرحله اول

همچنین نمودارهای عوامل تاثیرگذار بر تولید پایدار خودروهای تجاری کشور در نمودارهای زیر مشاهده می شود:

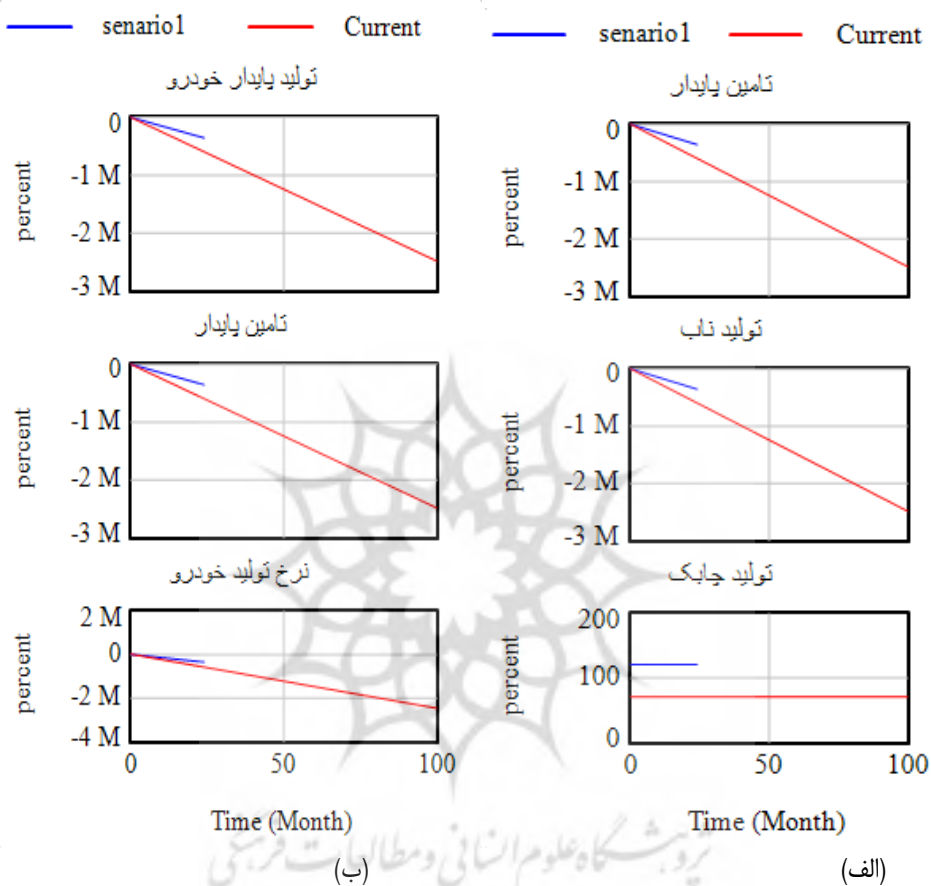


نمودار شماره (۷): نمودار تاب آوری تولید و تاثیر ابعاد آن

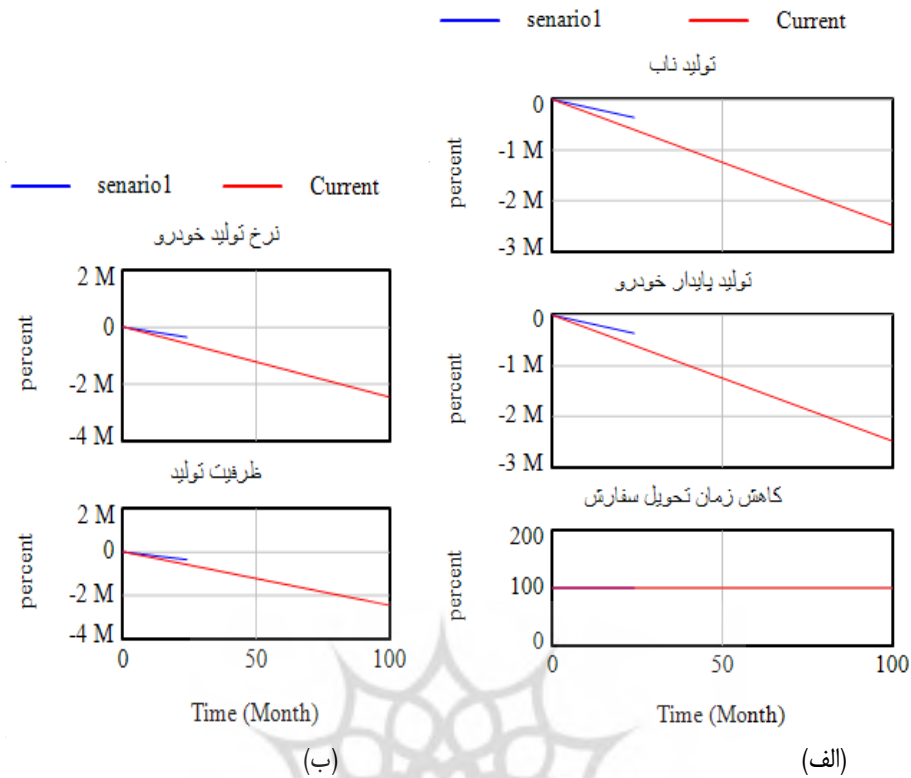


نمودار شماره (۸): نمودارهای تولید ناب و چابک و ظرفیت های تولید هر یک

در این پژوهش برای بررسی ارتباط بین متغیرها از روش شبیه سازی و تحلیل پویای سیستمها استفاده شده است. تولید پایدار خودروهای تجاری متأثر از متغیرهای داخلی و محیطی سازمان است که در این پژوهش ۳ متغیر نرخ ارز، نرخ تورم و تحریمها به عنوان متغیرهای محیطی و تأثیرگذار بر مدل تعیین شده است. بر همین اساس ۲ سناریو تعریف شده است. سناریو اول (نرخ تورم): در این پژوهش از متغیرهای کلان اقتصادی مانند نرخ ارز و نرخ تورم که متأثر از شرایط تحریمی هستند استفاده شده است. در سناریو اول نرخ تورم در کشور را تغییر می دهیم و نتایج را بر اساس تغییر نرخ تورم ارزیابی می کنیم.

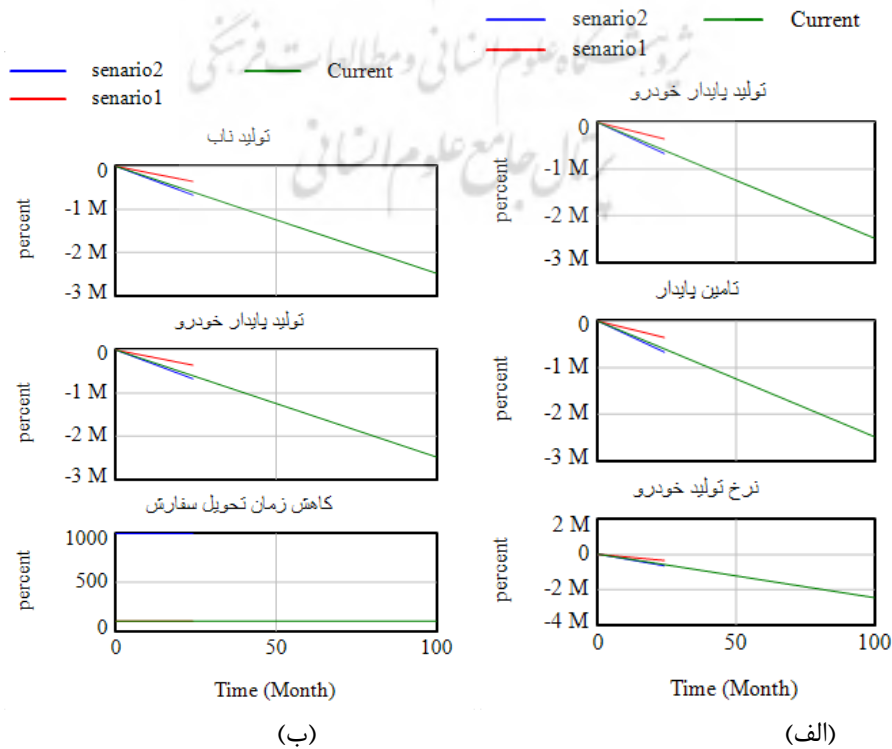


نمودار شماره (۹): نمودارهای تولید پایدار و نرخ تولید در سناریو اول



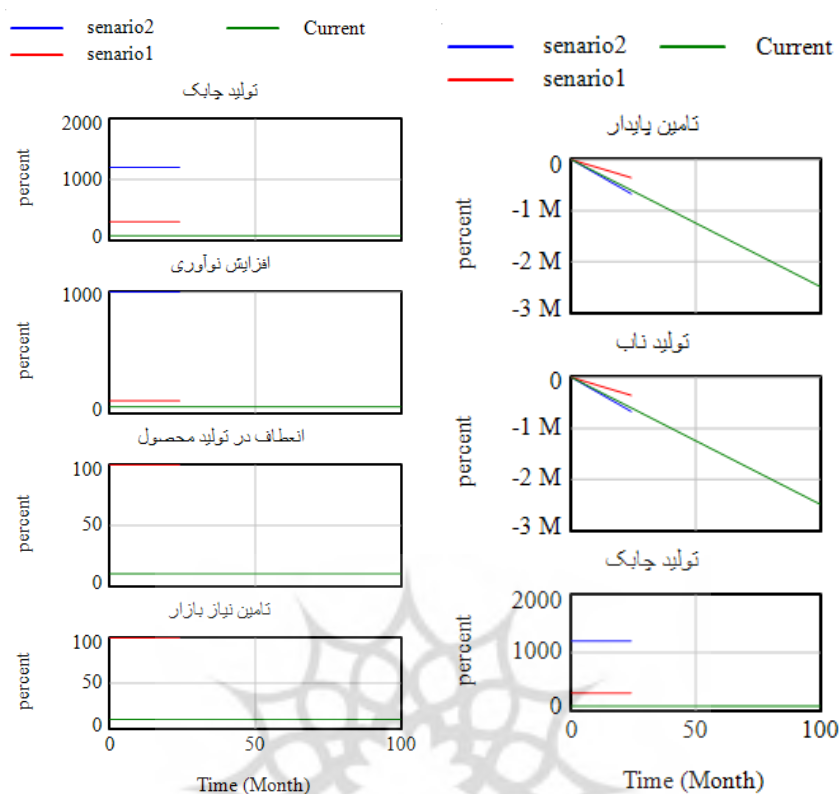
نمودار شماره (۱۰): نمودارهای تولید ناب و ظرفیت تولیدی و نرخ تولید

در سناریو اول، مشاهده می شود که متغیرهای نرخ ارز و نرخ تورم بر قیمت محصول نهایی تاثیرگذار است. سناریو دوم (نرخ ارز): با توجه به نقش تحریم ها در نرخ ارز و افزایش شدید آن در سال های اخیر ، در این سناریو به بررسی این متغیر پرداخته می شود.





نمودار شماره (۱۱): نمودارهای تولید پایدار - نرخ تولید و تولید ناب



نمودار شماره (۱۲): نمودارهای ظرفیت تولیدی و نرخ تولید و تولید چابک

در سناریو دوم نقش تحریم ها به مدل اضافه می شود و روش های تولید مورد بررسی قرار گرفت.

### ۳- بحث و نتایج

امروزه صنعت خودروسازی می تواند با تاکید بر تولید پایدار شرایط مناسبی در صنعت فراهم کند. تولید پایدار در همه صنایع مورد توجه قرار گرفته است و این به دلیل مزیت هایی است که از این مبحث عاید شرکت های فعال در هر صنعت و دولت ها به صورت کلی و همچنین سایر ذینفعان مانند مشتریان، عامه مردم و ... می گردد. در واقع، نظریه و تمرین های پایداری در تولید، تبدیل به یک مسئله حیاتی در توسعه کسب و کار پویا شده است. هنگامی که پایداری با موفقیت انجام می شود، یک رویکرد راهبرد جدید برای افزایش کارایی و کارایی در عملکرد سازمانی ارائه می دهد.

در عصر کنونی مهمترین عنصر بقای صنعت، بهره گیری از نگاه مبتنی بر توسعه پایدار است. از آنجا که تولید پایدار به عنوان الگوی تعالی عملیاتی؛ پارادایم های مرتبط با صنعت را دستخوش تحول می نماید از این رو دستیابی به مؤلفه های تولید پایدار مبتنی بر رویکرد بومی سازی در صنعت خودرو می تواند به عنوان یکی از مهمترین راهکارها در زمینه تحول این صنعت، قابل تأمل باشد. اما مؤلفه ای که تاثیر قابل توجهی بر رشد و توسعه اقتصادی کشور ایران گذاشته است مسئله تحریم ها است. وابستگی صنعت خودرو به صنایع خارجی، تاثیر تحریم ها در صنعت خودروسازی تأمل برانگیز بوده. نتایج پژوهش با نتایج پژوهش رحیمی فتح کوهی (۱۴۰۱) همسو می باشد، وی در پژوهش خود بیان می کند که اعمال تحریم های اقتصادی و بین المللی از سوی برخی کشورها، در بخش های تولید، صادرات و واردات تاثیر می گذارد. این شرایط در برخی از صنایع به مراتب تاثیر بیشتری داشته و فرآیند آنها را مختل می کند دلیل افت شدید تولید و کاهش نقدینگی فشار وارده مضاعف شده و شرکت های خودرو ساز را با چالش های بیشتری مواجه می سازد.

بطور کلی می توان گفت که تحریم ها در صورتی برای کشور نعمت است که بسرعت تبدیل به فرصت هایی طلایی برای نوآوران و تولیدکنندگان خلاق شود؛ بگونه ای که با ایجاد بسترهای حمایتی پایدار و مستمر دولتمردان برای فعالین اقتصادی،

موانع پیش روی آنان برطرف شده و انگیزه ورود و تلاش مضاعف در عرصه تولید با ارتباط عمیقتر دانشگاه و صنعت فراهم گردد.

در پژوهش حاضر چهار عامل تولید ناب، تولید چابک، زنجیره تأمین پایدار و سبز و همچنین تاب آوری تولید به عنوان عوامل اصلی و موثر بر توسعه تولید پایدار در صنعت خودروهای سنگین شناخته شدند که در مدل شبیه‌سازی، بررسی و تاثیرات آنها ارزیابی و سنجش شده است.

نتایج پژوهش حاکی از آن است که تولید ناب، متاثر از متغیرهایی شامل ذخیره احتیاطی قطعات و مواد، حداقل موجودی انبار قطعات و مواد اولیه، هزینه نگهداری قطعات و مواد اولیه، ذخیره احتیاطی محصول نهایی، حداقل موجودی انبار محصول نهایی، هزینه نگهداری محصول نهایی و هزینه انبارداری و در نهایت تولید به موقع است. امروزه نگهداری و ذخیره احتیاطی از فاکتورهای استراتژیک مهم برای تضمین بهره‌وری سیستم‌های صنعتی می‌باشند. بحران‌های اقتصادی جهان باعث شده تا شرکت‌ها به فکر کاهش هزینه‌های نگهداری باشند. نیاز به افزایش راندمان، انعطاف‌پذیری بیشتر، کیفیت بهتر و هزینه‌های کمتر باعث تغییرات و در نتیجه موجب پیچیده‌تر شدن ساختار صنعتی شده است. در واقع اصول تولید ناب صنایع را قادر نموده که بیش از پیش منعطف و سودآور شوند. برای ناب شدن این اصول باید فراسوی مرزهای فرایند تولید و ساخت مشخص گردد و از طریق اصول ناب‌سازی، بعضی مشکلات را به حداقل رسانده و ضایعات را شناسایی و حذف نمایند. این موفقیت‌نیازمند پشتیبانی مدیران، کارکنان و تیم کاری بوده و برای کسب این هدف باید توالی فعالیت‌ها به نحوی تنظیم شود که فرایند ناب‌سازی خود تولید ناب شود و دستیابی به سازمان ساده‌گردد. این عوامل و متغیرها در نهایت به تولید ناب منجر خواهند شد و تاثیر مستقیمی بر تولید پایدار در صنعت خودروهای تجاری دارند. مطالب بیان شده همسو با نتایج پژوهش بشیری (۲۰۲۲)، یانگ و همکاران (۲۰۱۱) و پرز و ساچز (۲۰۰۰) و آگاراول و همکاران (۲۰۰۶) می‌باشد.

تولید چابک، متاثر از متغیرهایی شامل فناوری نوین در تولید، سفارشی‌سازی تولید، کارکنان نوآور، افزایش نوآوری در تولید و طراحی محصول، انعطاف‌پذیری در تولید محصول و پاسخ به تقاضای بازار است که در نهایت منجر به تولید چابک خواهد شد. مطالب بیان شده همسو با نتایج زنجیرچی و همکاران (۲۰۱۴)، آگاراول و همکاران (۲۰۰۶) و هال استد و همکاران (۲۰۱۳) می‌باشد.

زنجیره تأمین پایدار سبز، متاثر از طراحی محصول، انتخاب و تأمین مواد اولیه، تولید و ساخت، فرایندهای توزیع و انتقال، تحویل به مشتری و خدمات پس از فروش، مدیریت بازیافت و مصرف مجدد به منظور بیشینه‌کردن میزان بهره‌وری مصرف انرژی و منابع همراه با بهبود عملکرد کل زنجیره تأمین است. باید توجه داشت هیچ نوع فعالیت تولیدی نمی‌تواند فاقد آلودگی باشد و تولید مواد زاید و ضایعات در صنایع، پدیده‌ای گریزناپذیر است که مدیریت تولید و بالاخص مدیریت ضایعات تولید سبب بهبود عملکرد و بهره‌وری می‌شود. نتایج پژوهش با نتایج پژوهش آسایش و همکاران (۲۰۲۲)، فو و همکاران (۲۰۱۹)، و پوروزیری و همکاران (۲۰۲۲) همسو می‌باشد، آنها در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که در راستای رسیدن به تولید پایدار در صنعت خودرو نیاز به توجه بیشتر به بعد زیست محیطی به عنوان یکی از مهمترین و اثرگذارترین ابعاد تولید پایدار است و برای اجرای استراتژی‌های مرتبط با آن موانع درون سازمانی نقش بسزایی دارند.

تاب آوری تولید نیز متاثر از متغیرهایی از قبیل تولید بر مبنای فناوری، کیفیت محصول، ارائه خدمات گسترده، پاسخ به شکایات مشتریان، رضایت مشتری، قیمت محصول نهایی، حجم سفارش و رضایت کارکنان است که در نهایت منجر به ایجاد تاب آوری تولید محصول نهایی خواهد شد. با توجه به اینکه سیستم‌ها و فناوری اطلاعات ابزاری برای کاهش هزینه‌های عملیاتی، افزایش بهره‌وری و حفظ مزیت رقابتی است، سازمان‌ها سرمایه‌گذاری قابل ملاحظه‌ای در آن انجام داده‌اند. همگام با توسعه روزافزون فناوری اطلاعات، مسأله جدیدی نیز نمایان شده و آن پذیرش فناوری و سیستم‌های اطلاعاتی توسط کاربر است. دستاوردهای حاصل از سیستم‌ها و فناوری اطلاعات باعث شده است تا به عوامل اثرگذار در پذیرش و استفاده کاربر از فناوری اطلاعات و نیز رضایت آنها توجه شود. اصولاً اثربخشی سیستم‌های اطلاعاتی به پذیرش کاربر بستگی دارد. و سنجش عملی برای پذیرش سیستم‌های اطلاعاتی، رضایت کاربر است. رضایت کاربر مجموعه‌ای از احساسات و نگرش‌های فرد به عوامل

گوناگونی است که بر موقعیت او اثر می گذارند. از آنجا که استفاده از فناوری های نوین در تولید به دلیل تحریم ها با مشکل مواجه شده است و این پژوهش متغیر تحریم ها را به عنوان مولفه تاثیرگذار بر تولید چابک در نظر گرفته است. نتایج پژوهش حاضر، نتایج پژوهش های چافین و سون (۲۰۲۲)، فو و همکاران (۲۰۱۹)، لپلت و همکاران (۲۰۱۳) و هال استند و همکاران (۲۰۱۳) همسو می باشد.

در این پژوهش برای بررسی ارتباط بین متغیرها از روش شبیه سازی و تحلیل پویای سیستم ها استفاده شده است. تولید پایدار خودروهای تجاری متأثر از متغیرهای داخلی و محیطی سازمان است که در این پژوهش سه متغیر نرخ ارز، نرخ تورم و تحریم ها به عنوان متغیرهای محیطی و تاثیرگذار بر مدل تعیین شده است. و تحلیل سناریوهای تعریف شده به این صورت است که در سناریو اول متغیرهای نرخ ارز و نرخ تورم بر قیمت محصول نهایی تاثیرگذار بوده است. بدین منظور مدل مبنا با نرخ ارز مبادله ای ۴۲۰۰۰۰ ریال و نرخ تورم میانگین سالانه ۳۶ درصد تعریف و اجرا شد. در سناریو اول نرخ ارز به مقدار نرخ ارز ۶۰۰۰۰۰ ریال و نرخ تورم به نرخ تورم ۶۰ درصد افزایش پیدا کرد. نتایج نشان می دهد که با افزایش نرخ ارز و نرخ تورم تولید پایدار با مشکل ناشی از عدم تامین قطعات و عدم تامین سفارش ها مواجه خواهد شد.

در سناریو دوم نقش تحریم ها به مدل اضافه می شود و مشاهده شد که روش های تولید و بهبود فرایندها با مشکل تامین فناوری مواجه خواهد شد و از سویی دیگر تامین قطعات و مواد اولیه در بخشی از محصولات با مشکل تامین به موقع مواجه است. همین مسئله باعث می شود مواد اولیه با کیفیت پایین و قطعات بدون کیفیت مناسب در تولید خودروهای تجاری استفاده شود که در نهایت منجر به کاهش کیفیت محصول نهایی و در نتیجه عدم رضایت مشتریان خواهد شد. با توجه به تأثیر تحریم ها و نرخ ارز و نرخ تورم بر تولید پایدار پیشنهادهای زیر ارائه می شود:

- تمرکز بر بهبود کیفیت مواد اولیه و تولید قطعات در داخل برای کاهش فشار تحریم ها می تواند نقش و تأثیر منفی تحریم ها را کاهش دهد.
- تمرکز بر اجرای استانداردهای بین المللی در حوزه تولید پایدار خودرو و نظارت دقیق بر اجرای آن جهت افزایش کیفیت خودرو و کاهش سطح نارضایتی مشتریان از پیشنهادهای اصلی پژوهش است.
- جهت بررسی شاخص های عملکرد محیط زیستی در حوزه فرایند و محصول پیشنهاد می شود تیم تحقیقاتی تشکیل و موانع تولید پایدار بررسی و ارزیابی شود.
- استفاده از سیستم ارتباط با مشتری الکترونیک و پاسخ به شکایات آنها با هدف کاهش نارضایتی مشتریان.
- افزایش بهره وری انرژی و مصرف بهینه منابع پایه یا کاهش مصرف منابع با استفاده از استانداردهای بین المللی همانند ایزو.

#### ۴- منابع

- 1- Agarwal A., Shankar R., Tiwari M. K. (2006). Modeling the metrics of lean, agile and leagile supply chain: An ANP-based approach. *European Journal of Operational Research*. 173. 211-225.
- 2- Aminnaseri, F., kherdyar, S., tahmasbi, H., & Chirani, E. (2021). Dynamic modeling of Sustainable supply chain from the financial perspective: system dynamics approach. *Journal of Investment Knowledge*, 10(40), 79-102.
- 3- Antonella, P., De Felice, F., Zomparelli, F. (2019). Performance Measurement for World-Class Manufacturing a Model for the Italian Automotive Industry.
- 4- Asayesh, F., bafghi, P., Ahmadi Sharif, M., & Rosta, A. (2022). Green supply chain management on the sustainable performance of the organization. *Intelligent Knowledge Exploration and Processing*, 1(3), 80-98.
- 5- Asif, M., Searcy, C., Garvare, R., & Ahmad, N. (2011). Including sustainability in business excellence models. *Total Quality Management & Business Excellence*, 22(7), 773-786.

- 6- Azevedo, S.G., et al. *The influence of agile and resilient practices on supply chain performance: an innovative conceptual model proposal*. in *Hamburg International Conference of Logistics*. 2010.
- 7- Azhdari, Ali Asghar. Shujaei, Saeed (2014). Pathology of the country's automobile industry and providing solutions to overcome the existing challenges in line with the general policies of the resistance economy (research plan). 14593.
- 8- Bashiri, S. (2022). Lean production evaluation design in small and medium industries. *Journal of Accounting and Management Vision*, 5(66), 88-102.
- 9- Behrouzi, F., & Wong, K.Y. (2011). Lean Performance Evaluation of manufacturing systems: A dynamic and innovative approach, *Procedia Computer Science* 3: 388–395.
- 10- Bocken, N, Strupeit, L., Whalen, k., Nußholz, J., (2019). A Review and Evaluation of Circular Business Model Innovation Tools.
- 11- Chaffin, B., & Scown, M. (2017). Social-ecological resilience and geomorphic systems. *Geomorphology*, 350, 221-230. Doi: 10.1016/j.geomorph.2017.09.038
- 12- Charles, A., Lauras, M.; Van Wassenhove, L. (2010). A model to define and assess the agility of supply chains: building on humanitarian experience, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 40, (8/9), 722-741.
- 13- De Galizia, A., Simon, C., Weber, P., Iung, B., Duval, C., & Serdet, E. (2016). *Markers and patterns of organizational resilience for risk analysis*. IFAC Papers On Line, 49(19), 432-437.
- 14- Ebrahimi, H., Ebrahimpour, M., & moradi, M. (2020). Modeling the assessment of Leagile activities effect on business performance using Bayesian belief networks. *Quarterly journal of Industrial Technology Development*, 18(41), 27-42.
- 15- Ghaemmaghami, M. S., asghari zade, E. L., & Farsijani, H. (2022). Provide a model for evaluating sustainable production performance in the automotive industry (case study: Iranian automotive industry), 17(61), 84-101.
- 16- Hallstedt, S. I., Thompson, A. W., & Lindahl, P. (2013). Key elements for implementing a strategic sustainability perspective in the product innovation process. *Journal of Cleaner Production*, 51, 277-288.
- 17- Khalili, N. (2011). *Practical Sustainability: from grounded theory to emerging strategies*: Springer.
- 18- Leire, C., & Mont, O. (2010). The implementation of socially responsible purchasing. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 17(1), 27-39
- 19- Leppelt, T., Foerstl, K., Reuter, C., & Hartmann, E. (2013). Sustainability management beyond organizational boundaries—sustainable supplier relationship management in the chemical industry. *Journal of Cleaner Production*, 56, 94-102.
- 20- Murat, A. I., Baki, B. (2011). Antecedents and Performance Impacts of Product Versus Process Innovation. *European Journal of Innovation Management*, 14(2), pp. 172-206.
- 21- Ocampo, L., Ebisa, J. A., Ombe, J., & Geen Escoto, M. (2018). Sustainable ecotourism indicators with fuzzy Delphi method – A Philippine perspective. *Ecological Indicators*, 93(1), pp.874-888.
- 22- Perez, M.P. and Sanchez, A.M. (2000). Lean production and supplier relations: A survey of practices in the Aragonese automotive industry. *Technovation*, 20: 665-676.
- 23- pourvaziry, Z., hashemzadeh khorasgani, G., modiri, M., & farsijani, H. (2022). Designing a sustainable production model in the automotive industry under sanctions and with a world-class approach. *Journal of Development & Evolution Mngement*, 14(48), 87-103.
- 24- Rahimi Fathkoochi, I. (2022). The Impact of US Sanctions on the Self-Sufficiency of Iran's Automotive Industry. *Journal of Accounting and Management Vision*, 5(59), 132-138.

- 25- Razmi, Jafar, Seifoory, Maryam, & Pishvai, Mirsaman. (2011). A fuzzy multi-attribute Decision making model for selecting the best supply chain strategy: lean, agile or leagile. advances in industrial engineering, *journal of industrial engineering*, supplement, 127-142
- 26- Safaei Ghadikolaei, A., & Hosseinbor, M. A. (2017). Presenting a model for Implementing Sustainable Manufacturing System in Automotive Plastic Parts Industry: A Hybrid meta-synthesis and Interpretive Structural Modeling Approach. *Journal of Executive Management*, 8(16), 137-161.
- 27- Shafieyoun, R., & Norouzi, A. (2020). Investigating the impact of technology management on business performance through the mediating role of competitive capabilities (Case study: Knowledge-based companies of Isfahan scientific and technology town). *Quarterly journal of Industrial Technology Development*, 18(39), 3-18.
- 28- Stoughton, A. M., & Ludema, J. (2012). The driving forces of sustainability. *Journal of Organizational Change Management*, 25(4), 501-517.
- 29- Walker, H., Di Sisto, L., & McBain, D. (2008). Drivers and barriers to environmental supply chain management practices: Lessons from the public and private sectors. *Journal of purchasing and supply management*, 14(1), 69-85.
- 30- Zaid, A. A., Jaaron, A. A., & Bon, A. T. (2018). The impact of green human resource management and green supply chain management practices on sustainable performance: An empirical study, *Journal of cleaner production*, 204: 965-979.
- 31- Zanjechi, Seyyed Mahmoud, Maruti Sharifabadi, Ali, & Khaki Ardakani, Mehdi (2014). *Industrial Management Studies*, 12(32), 1-19.
- 32- Zhang, L.; Hu, X.; Chen, Q.; Qiu, R.(2016). Prediction of Car Ownership Based on Principal Component Analysis and Logistic Regression. *Journal of Chongqing Jiaotong University (Natural Science)*.5
- 33- Zhu, Q., Sarkis, J., Lai, K.H.(2016).Examining the effects of green supply chain management practices and their mediations on performance improvements. *International Journal of Production Res.*50(5), 1377-1394
- 34- Zolfi, M., & Valipour Khatir, M. (2022). Identification and prioritization of sustainable supply chain practices based on multi grounded theory (case study: Saipa company). *Journal of Executive Management*, 14(27), 575-600. doi: 10.22080/jem.2022.19488.3305

## **Investigating the Impact of Lean Production Factors, Agile Production, Sustainable Supply Chain and Production Resilience on Sustainable Production in the Heavy Vehicle Industry**

**Hosseini Ardalan**

Ph.D.student of Industrial Production and Operations Management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

**Hasan MehrManesh** (Corresponding Author)

Assistant Professor, Department of Management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

**Email:Has.mehrmanesh@iauctb.ac.ir**

**Ahmad Reza Kasraei**

Assistant Professor, Department of Management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

### **Abstract**

In the current competitive environment, it is very important to produce and present products of interest to customers in the market so that companies can compete with foreign and domestic competitors, which requires choosing and implementing a suitable and valuable production strategy in order to achieve a competitive advantage and, more importantly, to make it sustainable. The aim of the Investigating the impact of lean production factors, agile production, sustainable chain and production resilience on sustainable production in the heavy vehicle industry. The mentioned research is descriptive-analytical in terms of its fundamental purpose and research method. In this research, with a review of the theoretical research literature and interviews with experts, the most important dimensions and criteria of sustainability that are effective in production in the company were modeled. In this research, the statistical population is the managers and experts of one of the factories in the heavy automotive industry (Iran Khodro Diesel). Also, in carrying out the simulations of the present research with Vensim software, a time horizon of 5 months was considered and quantitative values and relationships between the variables were also determined using a semi-structured interview. In the present study, four factors of lean production, agile production, sustainable and green supply chain, as well as production resilience were recognized as the main and effective factors on sustainable production in the heavy vehicle industry, which were evaluated and measured in the simulation model, investigation and their effects.

**Keywords:** Sustainable, heavy vehicle industry, lean production, agile production, sustainable supply chain, production resilience.