

**ارائه مدلی مبتنی بر عوامل مؤثر بر تولید پایدار با توجه به رویکرد پویایی‌شناسی
سیستم‌ها در صنعت خودروه‌های سنگین**

اردلان حسینی^۱، حسن مهرمنش^۲، احمدرضا کسرایی^۳

چکیده

چکیده فارسی: در محیط رقابتی کنونی، تولید و ارائه کالای مورد توجه مشتریان در بازار بسیار حائز اهمیت می‌باشد تا شرکت‌ها بتوانند از عهده رقابت با رقبای خارجی و داخلی برآیند که این مهم نیازمند انتخاب و پیاده‌سازی استراتژی تولید مناسب و ارزشمند جهت دستیابی به مزیت رقابتی و از این مهم‌تر پایدار کردن آن می‌باشد. هدف از پژوهش حاضر ارائی مدلی مبتنی بر عوامل مؤثر بر تولید پایدار در صنعت خودروه‌های سنگین می‌باشد. این مقاله از لحاظ هدف بنیادی و از نظر روش انجام پژوهش از نوع توصیفی-تحلیلی است. در این مقاله، با مروری بر ادبیات نظری پژوهش و همچنین مصاحبه با خبرگان، مهم‌ترین ابعاد و معیارهای پایداری اثرگذار در تولید در شرکت شناسایی و مدل‌سازی گردید. جامعه آماری این پژوهش، مدیران و کارشناسان یکی از کارخانه‌های حاضر در صنعت خودروسازی سنگین (ایران خودرو دیزل) می‌باشد. تعداد نمونه ۳۱ نفر به روش گلوله برفی انتخاب شدند. در این پژوهش، چهار عامل تولید ناب، تولید چابک، زنجیره تأمین پایدار و همچنین تاب‌آوری تولید به عنوان عوامل اصلی و مؤثر بر توسعه تولید پایدار در صنعت خودروه‌های سنگین شناخته شدند و در مدل شبیه‌سازی شدند.

واژگان کلیدی: تولید پایدار، صنعت خودروه‌های سنگین، رویکرد پویایی‌شناسی سیستم

طبقه‌بندی موضوعی: O21.O14, L62, M11

۱- دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲- استادیار گروه مدیریت صنعتی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران (نویسنده مسئول).

h_mehrmanesh@yahoo.com

۳- استادیار گروه مدیریت صنعتی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

مقدمه

در جهان امروز شرکت‌ها با محیطی متلاطم، پویا، پیچیده و متغیر مواجه‌اند. در چنین شرایطی شرکت‌ها به طرق مختلف در پی کسب مزیت رقابتی هستند (Shafieyou and Norouzi, 2020). زیرا رقابت برای بهبود کیفیت تولید به عنوان یک مسأله راهبردی کلیدی شناخته شده است (Zolfi et al., 2022). امروزه شرکت‌های تولیدی به واسطه جهانی شدن، ملزم می‌باشند که در راستای تولید پایدار گام بردارند که همین امر زمینه ارتقاء مزیت رقابتی آنها را در بازار فعلی فراهم می‌آورد (Petrillo et al., 2019). از طرفی دوران کنونی با تخریب منابع طبیعی، توسعه اقتصادی ناپایدار و به ویژه، تغییرات اقلیمی همراه شده است. رشد توسعه اقتصادی بشر، تأثیر مخربی بر محیط زیست و منابع طبیعی جهان گذاشته و سبب شده است که آب و هوای زمین در دهه‌های گذشته به طور شایان توجهی تغییر کند و این تغییر همچنان با سرعت زیاد ادامه دارد (Siyambalapitiya et al., 2018). طی ۲۵ سال گذشته، شواهد علمی بارها گوشزد کرده‌است که بخش بزرگی از تخریب ایجادشده در سیستم‌های زمینی، به دلیل الگوهای مخرب فعالیت‌های انسانی است. از این رو در چند دهه اخیر حفاظت از محیط زیست، به مسئله مهمی تبدیل شده است. صنایع بسیاری برای دستیابی به توسعه پایدار، فعالیت‌های حفاظت زیست محیطی را در دستور کار خود قرار داده‌اند. امروزه برای حفظ محیط زیست، استراتژی‌های مربوط به تولید پایدار مدنظر مدیران و کارشناسان قرار گرفته است. در حال حاضر، سازمان‌ها بازیگران کلیدی در حفاظت از محیط زیست به شمار می‌روند؛ بنابراین آگاهی اجتماعی از مسائل زیست محیطی، همراه با تغییر مقرراتی و رقابتی از موضوعات مهمی هستند که سازمان‌ها باید از طریق آنها نگرش خود را در قبال مسائل پایداری زیست محیطی اصلاح کنند (Siyambalapitiya et al., 2018). در بخش تولید، پایداری را می‌توان به عنوان ایجاد کالاها و خدمات با استفاده از فرایندها و سیستم‌های غیرآلوده، حفاظت از انرژی و منابع طبیعی، انجام عملیات اقتصادی و ماندگار، نگهداری محیط ایمن و سالم برای کارکنان، جوامع و مصرف‌کنندگان و پاداش خلاقانه و اجتماعی برای کارکنان تعریف کرد. در واقع تولید پایدار فرایند ایجاد محصولات براساس فرایندهای اقتصادی با کمترین اثرات منفی بر محیط زیست می‌باشد.

این رویکرد فصل مشترک مدیریت تولید و پایداری و توسعه پایدار است. بنابراین سه هدف اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی مورد توجه 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 میان صنایع خودروسازی رقابت پذیری خود را بهبود بخشیده و می‌دانند که توجه به الزامات تولید پایدار، عناصر کلیدی در برآورد نیازهای مشتری است (Ghaemmaghami et al., 2022). انتظارات رو به رشد مشتریان و هم چنین افزایش جهانی شدن بازارها، سازمان‌ها را وادار به بازنگری در استراتژی‌های تجاری خود کرده است. مهمترین عنصر بقای صنعت در عصر کنونی، بهره‌گیری از نگاه مبتنی بر توسعه پایدار است. از آنجا که تولید پایدار به عنوان الگوی تعالی عملیاتی؛ پارادایم‌های مرتبط با صنعت را دستخوش تحول می‌نماید از این رو دستیابی به مؤلفه‌های تولید پایدار در صنعت خودرو می‌تواند به عنوان یکی از مهمترین راهکارها در زمینه تحول این صنعت، قابل تأمل باشد. در واقع صنعت خودروسازی می‌تواند با تأکید بر تولید پایدار شرایط مناسبی در صنعت فراهم کند. زیرا تولید پایدار در همه صنایع مورد توجه قرار گرفته است و این به دلیل مزیت‌هایی است که از این مبحث عاید شرکت‌های فعال در هر صنعت و دولت‌ها به صورت کلی و همچنین سایر ذینفعان مانند مشتریان، عامه مردم و سایر موارد می‌گردد. امروزه خودروسازان دانسته‌اند آنچه موجب تقویت و پیشرفت صنعت خودرو می‌شود، ارائه مدل پویایی امکان تولید پایدار در صنعت می‌شود. در واقع، نظریه و تمرین‌های پایداری در تولید، تبدیل به یک مسئله حیاتی در توسعه کسب‌وکار پویا شده است.

نظر به اهمیت مقوله تولید پایدار، این پژوهش به دنبال ارائه مدلی مبتنی بر عوامل مؤثر بر تولید پایدار در صنعت خودروهای سنگین، می‌باشد.

مبانی نظری

حرکت به سوی پایداری، موجب می‌شود تا شرکت مسئولیت مسائل مربوط به چرخه‌زندگی محصول را بر عهده بگیرد (Bocken et al., 2019). مفهوم تولید پایدار اولین بار در کنفرانس محیطی سازمان ملل متحد در سال ۱۹۹۲ پدید آمد. توسعه پایدار در دهه‌های اخیر نظرات بسیاری از محققین را به خود جلب کرده است (Abbasian and Nahavandi, 2022) و به معنی تولید کالا و خدمات با استفاده از فرآیندها و سیستم‌های غیر آلاینده، با صرفه در انرژی و منابع طبیعی، با دوام از لحاظ اقتصادی و ایمن و سالم برای کارگران، جوامع و مصرف‌کنندگان شناخته شده است؛ بنابراین اصول تولید پایدار بر ارتباط بین سیستم‌های زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی مرتبط با تولید و مصرف تأکید دارند (Abbasi and Dehghani, 2022). 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). طبق مطالعه کتابخانه‌ای صورت گرفته در این پژوهش، مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر تولید پایدار؛ تولید ناب، تولید چابک، زنجیره تأمین پایدار و تاب‌آوری 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 کرد (Behrouzi and Wong, 2022).

به طور تقریبی، در دهه ۱۹۸۰ این شیوه تولید ژاپنی‌ها و خصوصاً شرکت تویوتا، مورد توجه متخصصان غربی قرار گرفت و طی دو دهه موضوع اصلی رشته کارشناسی صنعتی را تشکیل داد و تولید ناب نامیده شد (Bashiri, 2022). تولید ناب اغلب به عنوان مهمترین استراتژی برای شرکت‌های تولیدی در نظر گرفته می‌شود که تمایل دارند به عملکرد سطح جهانی دست یابند (Fullerton et al., 2013). تولید ناب، 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 سرکشیده است، باور غالب این است که سیستم تولید ناب قابلیت تجربه در همه صنایع و خدمات را دارد (Ebrahimi et al., 2020).

موضوع تولید چابک در پایان دهه ۱۹۹۰، مطرح گردیده است. اصول بنیادین تولید چابک، مختص به تأسیس انجمن چابکی توسط گروهی از محققان مؤسسه یاکوکا از دانشگاه لی‌های در سال ۱۹۹۱ است. اولین فردی که مفهوم «تولید چابک» را مطرح کرد، پیتر دراگر بوده است. 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. کریستوفر چابکی را به عنوان یک توان تجاری گسترده در سراسر جهان تعریف می‌کند. طرفداران پارادایم چابکی در مؤسسه یاکوکا دانشگاه لی‌های (ایالات متحده) تولید چابک را این گونه تعریف می‌کنند:

یک سیستم تولیدی با قابلیت‌های فوق‌العاده (فناوری، مدیریت علمی، اطلاعات، نیروی انسانی) برای رسیدن به تغییرات سریع بازارها (سرعت رقبا، انعطاف‌پذیری مشتریان و عرضه‌کنندگان، پاسخگویی) است.

در زمینه مدیریت زنجیره تأمین پایدار، بحث‌های بسیاری صورت گرفته است. محققان، مدیریت زنجیره تأمین پایدار را برای رسیدن به تعادل میان بازده‌های مالی، عملکردهای اجتماعی و نگرانی‌های محیطی به تصویر کشیده‌اند و مطرح کرده‌اند که مدیریت زنجیره تأمین پایدار، باید روابطی را برقرار نگه دارد که در آن انسان‌شناسی، علوم سیاسی، روان‌شناسی و جامعه‌شناسی با علوم طبیعی تعامل داشته باشند و در توسعه سیاست، مدیریت و تفسیر شوند (Walker et al., 2008). زنجیره تأمین پایدار نیز 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 پایدار، 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 صرفه‌جویی در هزینه‌ها می‌شود (Asayesh et al., 2022). مدیریت زنجیره تأمین پایدار در ارتباط با موجودی حداقل کردن مصرف مواد اولیه یا حداکثر استفاده از موجودی مواد اولیه می‌باشد به نحوی که ضایعات به صفر

برسد. همچنین حذف یا کاهش اتلاف منابع و آثار زیست محیطی منفی در طول مراحل چرخه عمر محصول است که از استخراج مواد خام تا استفاده از محصول توسط مصرف‌کننده و دفع آن، که در واقع پایان این چرخه است را عملکرد، در بر می‌گیرد (Walker et al., 2008).

همچنین تاب‌آوری، به عنوان یک مفهوم مهم و کاربردی، در چند دهه گذشته، به عنوان نقطه نظر مشترک برای آغاز بررسی‌های میان رشته‌ای با هدف دستیابی به پایداری در سیستم‌های بیوفیزیکی و اجتماعی، رشد چشم‌گیری داشته است (Chaffin and Scown, 2018). تاب‌آوری به این معناست که یک سازمان بتواند نسبت به تغییرات اجتناب‌ناپذیر رخ داده، از توانایی لازم برای پیش‌بینی، ایستادگی و پاسخ‌دهی مناسب برخوردار باشد. در واقع پارادایم تاب‌آور بر نگهداری ذخیره احتیاطی و زنجیره تأمین پایدار تمرکز دارد (Charles et al., 2010). تاب‌آوری باعث می‌شود رهبر یک مجموعه بتواند با توجه به ظرفیت‌ها و توانایی منعطف‌سازی سیستم خود، در شرایط وقوع یک رخداد غیرمنتظره و یا یک تغییر غیرقابل اجتناب، برنامه‌های مناسبی را طراحی و اجرا نماید (De Galizia et al., 2016).

پیشینه پژوهش

تا به امروز، به منظور انجام پژوهشی 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 زیست محیطی، 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.

خلیفه سلطانی و حامدی (Khalifeh Soltani and Hamedi, 2023) در پژوهش خود به بررسی رابطه تولید چابک با عملکرد تجاری و عملکرد هزینه در صنایع تدمصرف پرداختند و نتایج پژوهش آنها نشان داد که تولید چابک رابطه مستقیم و معناداری با عملکرد تجاری و عملکرد هزینه دارد. علاوه بر این، نتایج حاکی از آن بود که عملکرد

هزینه ارتباط مستقیم و معناداری با عملکرد تجاری دارد و اثر مستقیم میانجی‌گری عملکرد هزینه بر رابطه تولید چابک و عملکرد تجاری مشاهده شده است. پوروزیری و همکاران ([Pourvaziry et al., 2022](#)) در پژوهش خود بیان کردند که در راستای رسیدن به تولید پایدار در صنعت خودرو نیاز به توجه بیشتر به بعد زیست‌محیطی به عنوان یکی از مهمترین و اثرگذارترین ابعاد تولید پایدار است و برای اجرای استراتژی‌های مرتبط با آن موانع درون‌سازمانی نقش بسزایی دارند.

امینی و همکاران ([Amini et al., 2022](#)) نیز در پژوهش خود به طراحی مدل توسعه پایدار در صنعت خودروی ایران با رویکرد انقلاب صنعتی چهارم پرداختند. آنها پی بردند که بیشترین تأثیر بر توسعه پایدار صنعت را به ترتیب موانع سیاسی، فنی و اقتصادی دارند؛ و همچنین ابعاد محیطی و اجتماعی به ترتیب بیشترین تأثیر را از موانع سیاسی و فنی می‌پذیرند؛ در بین فرصت‌های انقلاب صنعتی چهارم (فرصت‌های اطلاعاتی و تکنولوژیکی انقلاب صنعتی چهارم دارای بالاترین رتبه و مدیریت زنجیره تأمین دارای کمترین رتبه می‌باشد. محقر و همکاران ([Mohaghar et al., 2021](#)) به بررسی تأثیر استراتژی‌های مدیریت تولید و عملیات بر مزیت رقابتی پایدار در صنعت خودرو ایران پرداختند و پی بردند که مؤلفه‌های استراتژی تولید و عملیات بر مزیت رقابتی پایدار صنایع خودروسازی تأثیر مثبت و معناداری دارد.

بای و همکاران ([Bai et al., 2022](#)) چارچوبی برای پایداری بر اساس اهداف توسعه پایدار معرفی کردند که شامل ابعاد مختلف اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی بود؛ سپس پی بردند که فناوری بیشترین تأثیر را بر پایداری دارد. یاداو و همکاران ([Yadav et al., 2020](#)) چارچوبی را جهت دستیابی به پایداری در سازمان‌های تولیدی کشورهای در حال توسعه طراحی کردند. نتایج حاکی از آن شد که توانمندی‌های مدیریتی و اقتصادی و تأمین پایدار سهم قابل توجهی در تولید پایدار دارد.

سی‌چلو و همکاران ([Ciccullo et al., 2018](#)) بیان کردند که به کارگیری شیوه‌های ناب و چابک عملکرد را در رابطه با پایداری بهبود می‌بخشد و شیوه‌های ناب و چابک به عنوان بخشی از پارادایم پایدار است. رن و همکاران ([Ren et al., 2017](#)) در پژوهش خود به طراحی مدلی از توسعه پایدار و رتبه‌بندی شاخص‌های آن پرداختند. نتایج

پژوهش آن‌ها نشان داد که شاخص‌های تحول زیست محیطی، تنوع کاربردی، نیروی انسانی خلاق به ترتیب اهمیت، از اول تا سوم می‌باشند.

کافا و همکاران ([Kafa et al., 2013](#)) به ارائه مدل تحلیلی جهت بررسی تأثیر شیوه‌های سبز بر عملکرد پایداری در زنجیره تأمین پرداختند. شیوه‌های انتخابی مدیریت زنجیره تأمین سبز شامل خرید سبز، طراحی سبز، تولید سبز، توزیع سبز و لجستیک معکوس بوده است. آنها بیان کردند که این مدل تحلیلی اولین گام به سوی فراهم کردن یک دیدگاه جامع است که روابط بین شیوه‌های مدیریت زنجیره تأمین سبز و عملکرد پایداری را توضیح می‌دهد. استوگتون و لودما ([Stoughton and Ludema, 2012](#)) نیز 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. با بررسی مطالعات پیشین در خصوص تولید پایدار مشخص می‌شود که بیشتر پژوهش‌های صورت گرفته در حوزه تولید پایدار به صورت کلی مطرح شده و کمتر به موضوع تولید پایدار در صنعت خودروهای سنگین توجه شده است. به علاوه مدل‌سازی سیستم پویایی تولید پایدار موضوعی است که در مطالعات گذشته با رویکرد مطرح شده در این پژوهش که در آن براساس مدل مفهومی که دارای چارچوب و مفاهیم تئوریک مناسب باشد، دیده نمی‌شود. بر همین اساس توجه به رویکرد پویایی سیستم در ارائه مدل عوامل تأثیرگذار بر تولید پایدار در صنعت خودروهای سنگین، بر پایه دیدگاه‌های صاحب‌نظران رویکردی است که کمتر در مطالعات گذشته مورد توجه سایر پژوهشگران بوده است.

روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش از ماهیت بنیادی برخوردار می‌باشد؛ چرا که به دنبال شناسایی مؤلفه‌های امکان تولید پایدار در صنعت خودروهای سنگین است. روش گردآوری اطلاعات، مطالعات کتابخانه‌ای و روش گردآوری داده‌ها میدانی می‌باشد. به منظور رسیدن به هدف مدنظر لازم بود که مؤلفه‌ها و متغیرهای الگوی مورد نظر شناسایی و سپس مورد آزمون

قرارگیرند. بنابراین با انجام مطالعات کتابخانه‌ای شاخص‌های ارزیابی عملکرد تولید پایدار شناسایی گردید.

جامعه آماری، مدیران و کارشناسان ارشد در صنعت خودروسازی سنگین (ایران خودرودیزل) در نظر گرفته شد و برای تعیین حجم نمونه از روش گلوله برفی استفاده گردید که بر این اساس در نهایت ۳۱ نفر از کارشناسان و مدیران صنعت خودرو به شرح جدول (۱) انتخاب شدند.

جدول (۱) مشارکت‌کنندگان در مصاحبه (افراد نمونه)

ردیف	موقعیت شغلی	تعداد	جنسیت	تحصیلات	سابقه کار
۱	کارشناسان ارشد	۲۱ نفر	مرد	کارشناسی ارشد-دکتری	حداقل ۱۰ سال
۲	مدیران	۱۰ نفر	مرد	کارشناسی ارشد - دکتری	حداقل ۱۰ سال

در انجام شبیه‌سازی‌های پژوهش حاضر با نرم‌افزار ونسیم^۱، یک افق زمانی ۵ ماهه در نظر گرفته شد و مقادیر و روابط کمی بین متغیرها نیز با استفاده از مصاحبه نیمه‌ساختار یافته، تعیین گردید.

در جدول (۲) که برگرفته از پژوهش امین‌ناصری و همکاران ([Aminnaseri et al.](#), 2021) و داده‌های حاصل از مصاحبه نیمه‌ساختاریافته از جامعه آماری پژوهش است، متغیرهای مورد استفاده در پژوهش حاضر و نوع حالات مورد استفاده هر یک از آنها در مدل شبیه‌سازی شده، تشریح شده است. هر یک از نمادهای A, R, L و C به ترتیب مخفف عبارات متغیر حالات، متغیر نرخ، متغیر کمکی و متغیر ثابت می‌باشد.

جدول (۲) 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

¹ Vensim Software

جدول (۲) متغیرهای مورد استفاده در مدل پژوهش

متغیرهای مورد استفاده	نوع متغیر
کاهش سودآوری- نرخ افزایش حجم تولید- نرخ کاهش حجم تولید.	
خرید تجهیزات حمل و نقل متناسب با محیط زیست- توزیع پایدار- طراحی پایدار- مصرف مواد و انرژی در طراحی- تدارکات پایدار- تعداد تأمین‌کنندگان 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 تأمین‌کنندگان.	متغیر کمکی (A)
درجه کیفیت گزارش‌ها- اعتماد تجاری- اندازه شرکت- توانایی تأمین مالی- تکنولوژی- حمایت دولت- حامی مالی- جریان نقدی غیرقابل پیش‌بینی- فرآیند انتشار اطلاعات قانونی- تورم- درجه وابستگی ساختاری.	متغیر ثابت (C)

پس از استخراج متغیرهای اثرگذار بر سیستم، متغیرهای استخراج شده و روابط آنها در قالب فرضیه‌های پویا بیان می‌شود. 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 آنجایی که پس از ایجاد نمودار علت و معلولی مدل اصلی پژوهش و گزارش‌گیری از نرم‌افزار ونسیم، حلقه‌های کوچک و بزرگ که با هم به صورت پیچیده مرتبط هستند مورد شناسایی قرار گرفته است و 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 اصلی اثرگذار بر تولید پایدار تمرکز شده است که 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. اطلاعات لازم در ایجاد مدل، بر اساس منابع کتابخانه‌ای و مصاحبه‌های ساختاریافته در قالب تئوری بنیادی ارائه شده است. به‌علاوه، فرضیه‌های پویا توسط خبرگان صنعت مربوطه،

اعتبارسنجی شده‌اند. لازم به توضیح است که ترسیم حلقه‌ها و ارتباط‌های مفهومی بین متغیرها از مهم‌ترین مراحل ساخت مدل‌های پویای سیستمی است.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

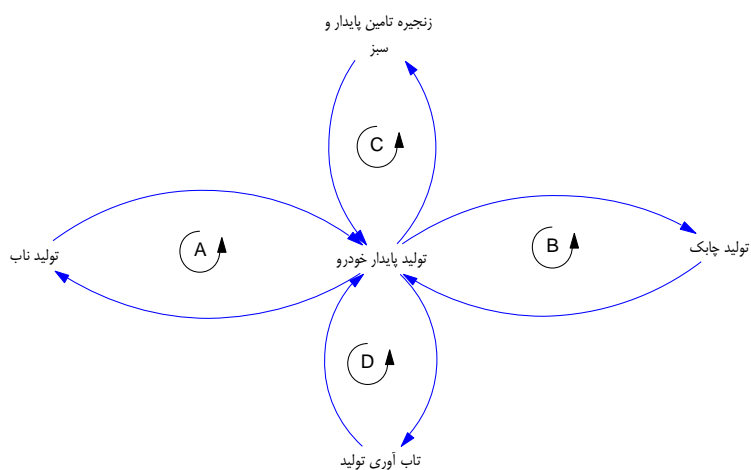
توصیف مدل

همانگونه که پیش‌تر بیان شد، برای حل مسئله به روش پویایی‌شناسی سیستم، به فرضیه پویا نیاز است. این فرضیه به این علت پویا نامیده می‌شود که باید ماهیت پویای مسئله را در قالب حلقه‌های بازخوردی توصیف کند. مدل‌ساز در فرضیه پویا، دلایل خود برای توجیه رفتار مسئله مدنظر را به شکل فرضیه بیان می‌کند. تولید خودرو، مسئله‌ای پیچیده و چندوجهی است و از عوامل مختلفی تأثیر می‌گیرد. در مسئله تولید خودروهای تجاری به شکل پایدار عوامل مختلفی از قبیل تأمین مواد، تأمین قطعات، دانش و فناوری، فروش، کاهش هزینه‌ها، نوآوری در فرایندها، تحریم‌ها، مسائل زیست محیطی و منابع انسانی دخالت دارند. شرایط تولید در ساده‌ترین شکل خود از چهار قسمت سفارش‌گذاری، تأمین‌کنندگان، عملیات اجرایی شرکت و مشتریان شرکت تشکیل شده است. یکی از اهداف مشترک در هر تولیدی به حداقل رساندن هزینه‌ها و فراهم نمودن شرایط پایدار جهت تحقق این عملیات است. بنابراین طبق شکل (۱)، در این مقاله بر چهار حلقه اصلی اثرگذار بر تولید تمرکز شده است.

- اولین حلقه، حلقه تولید ناب است که بر حداقل کردن موجودی‌های انبار تمرکز دارد. در این حالت، کاهش موجودی‌ها از یک طرف کاهش هزینه‌های نگهداری و از طرف دیگر افزایش هزینه‌های کمبود را در صورتی که نتوان مدیریت نمود در پی دارد.
- 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 می‌توان با بکارگیری فناوری نوین اطلاعات و گردش صحیح اطلاعات و جریان مواد، هزینه‌های کمبود و نگهداری محصول را کاهش داد.
- سومین حلقه، حلقه زنجیره تأمین پایدار است. در این رویکرد مسائل زیست محیطی تولید مورد توجه قرار می‌گیرد که حداقل‌سازی مواد اولیه نقش مهمی در دستیابی به

اهداف آن دارد. کاهش و صرف قطعات و مواد ناسازگار با محیط زیست و استفاده از استانداردهای زیست محیطی بر روی خودروها از موارد مهم در این حلقه است.

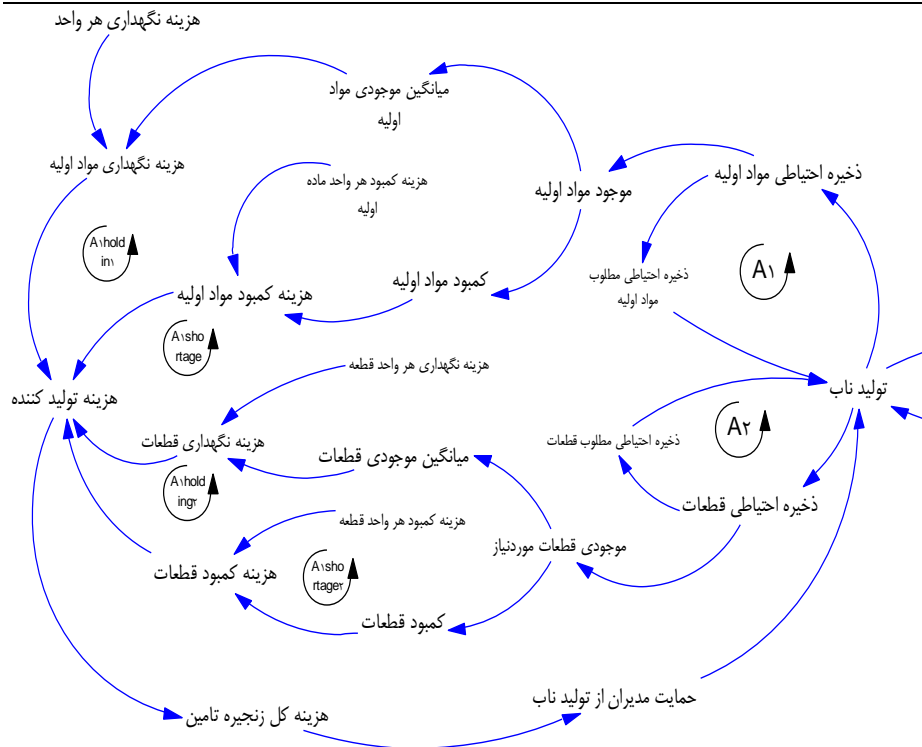
- چهارمین حلقه، حلقه تاب‌آوری است. بکارگیری زنجیره تأمین پایدار در راستای تأمین مالی، تأمین قطعات و تکمیل موجودی انبار محصولات و قطعات با حداقل هزینه‌ها در انبار و کنترل موجودی از مهمترین مؤلفه‌های این رویکرد است (Charles et al., 2010).



شکل (۱) مدل اولیه (مدل علت و معلولی) (محقق ساخته)

تشریح مدل حلقه‌های علی معلولی تولید ناب

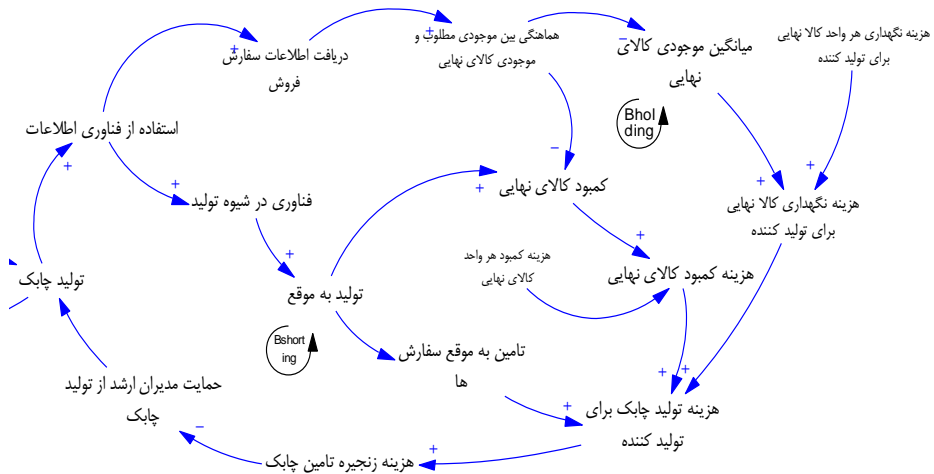
طبق اطلاعات شکل (۲)، با سرمایه‌گذاری بر پارادایم تولید ناب ذخیره احتیاطی قطعات و مواد اولیه و در نتیجه سطح موجودی قطعات و مواد اولیه کاهش پیدا می‌کند؛ اما از طرفی وقتی سطح موجودی کاهش پیدا کند، به دنبال خود هزینه‌های نگهداری و هزینه‌های تولیدکننده و هزینه‌های زنجیره تأمین را نیز کاهش خواهد داد. با کاهش هزینه‌های زنجیره تأمین حمایت مدیران ارشد از اقدامات ناب بیشتر شده و سرمایه‌گذاری در پارادایم ناب افزایش می‌یابد.



شکل (۲) مدل علت و معلولی تولید ناب (حلقه A)

تشریح مدل حلقه‌های علی معلولی تولید چابک

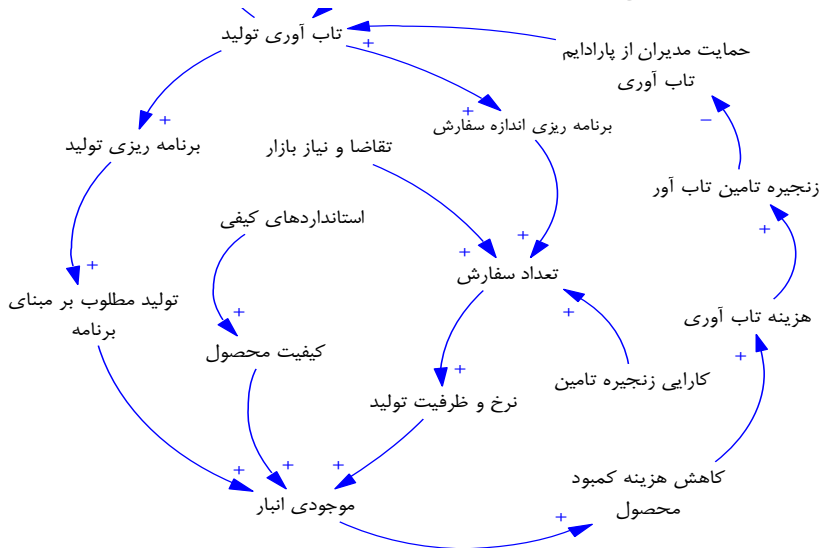
همان‌طور که در شکل (۳) مشخص است فناوری اطلاعات تحت تأثیر سرمایه‌گذاری بر زنجیره تأمین می‌باشد. بنابراین هرچه استفاده از فناوری اطلاعات بیشتر باشد، داده‌ها از نقطه فروش سریع‌تر به بخش تولید رسیده و هماهنگی بیشتر بین موجودی مطلوب و موجودی کالای نهایی به وجود می‌آید. هر چه این هماهنگی بیشتر باشد کالای نهایی کمتر با کمبود مواجه می‌شود؛ از طرفی از نگهداری بیش از اندازه موجودی جلوگیری می‌شود و هزینه نگهداری موجودی کاهش یافته و هزینه زنجیره تأمین نیز کاهش می‌یابد.



شکل (۳) مدل علت و معلولی تولید چابک (حلقه B)

تشریح مدل حلقه‌های علی معلولی تاب‌آور

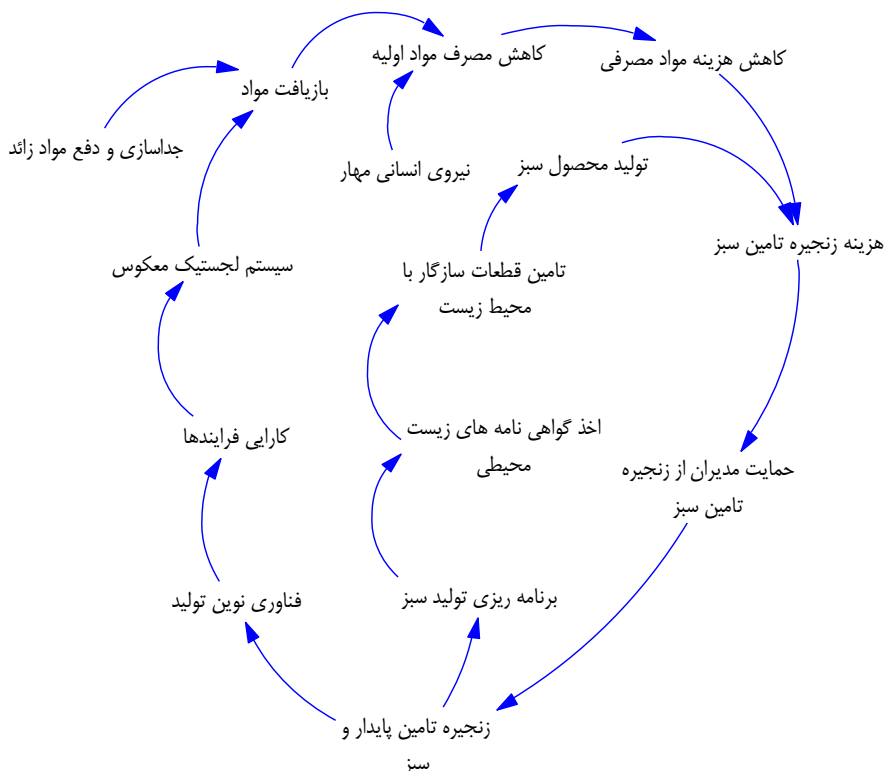
با توجه به نمودار علی رسم شده در شکل (۴)، هرچه سرمایه‌گذاری بر پارادایم تاب‌آور بیشتر باشد، سطح موجودی مواد اولیه بیش‌تر می‌شود و این افزایش، احتمال کمبود موجودی و به تبع آن هزینه‌های کمبود و هزینه‌های تولید کننده را کاهش می‌دهد.



شکل (۴) مدل علت و معلولی تاب‌آوری تولید (حلقه C)

تشریح مدل حلقه‌های علت و معلولی زنجیره تأمین پایدار

با توجه به نمودار علی رسم شده در شکل (۵) مصرف مواد اولیه با افزایش سرمایه گذاری بر زنجیره تأمین پایدار، 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 تولیدکننده و هزینه کل زنجیره تأمین را در پی دارد. که در نتیجه با کاهش هزینه‌ها حمایت مدیران ارشد از پارادایم سبز بیش‌تر شده و دوباره 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 (۵) مدل علت و معلولی زنجیره تأمین پایدار (حلقه D)

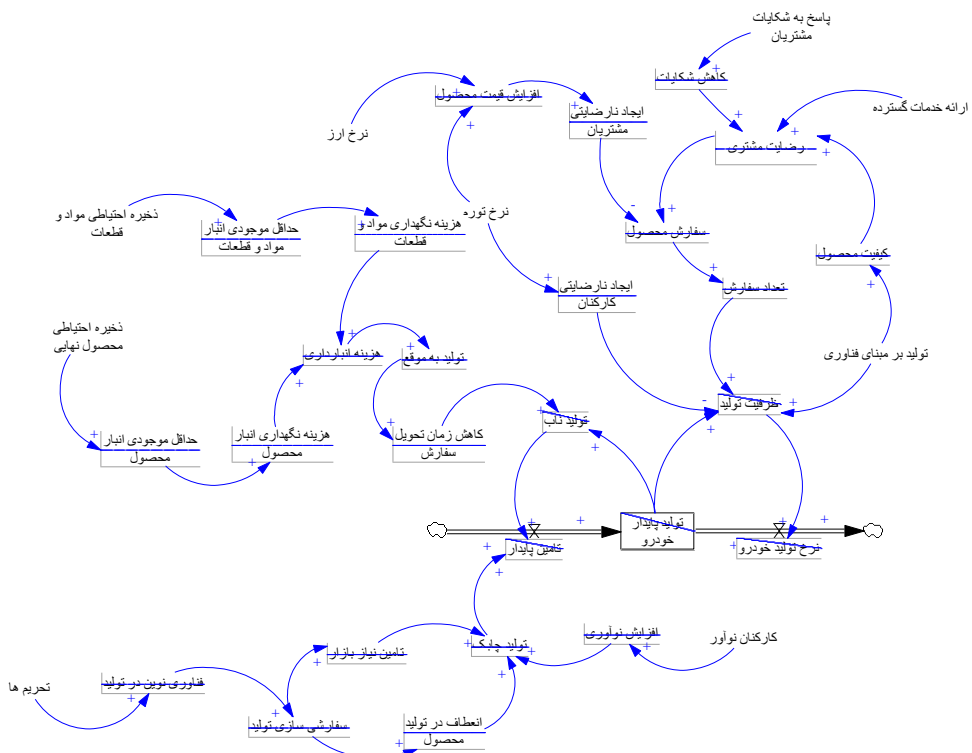
مدل حالت- جریان

شکل (۶)، نشانگر مدل جریان-حالت کل مدل پژوهش است که در واقع 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 تعیین‌کننده 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 (۶). مدل جریان و حالت مدل پژوهش تولید پایدار در صنعت خودروسازی

تابع تولید پایدار

طبق رابطه (۱)، تابع اول، تابع تولید پایدار است که متغیرهای ورودی آن تاب‌آوری تولید، چابکی تولید و تولید ناب است. همچنین نرخ تولید یا تعداد محصولات تولیدی، خروجی تابع است. تولید پایدار در این مدل به عنوان یک انبار در نظر گرفته شده است که با بهبود یا افزایش تاب‌آوری تولید، چابکی تولید و ناب بودن تولید افزایش می‌یابد و نرخ خروجی محصول (خودرو) تولید شده افزایش پیدا می‌کند. این مدل و معادلات آن بر اساس مدلی است که استرمن (Sterman, 2001) ارائه نموده است.

رابطه (۱) $(\text{نرخ تولید} - \text{نرخ تاب آوری} + \text{نرخ چابکی} + \text{نرخ ناب بودن تولید}) \times \text{تولید پایدار}$

تابع تولید ناب

نرخ ناب بودن تولید تابعی از مجموع تأثیر حمایت مدیران ارشد از فسفله تولید ناب، ذخیره احتیاطی مطلوب مواد اولیه و ذخیره احتیاطی مطلوب قطعات است؛ که برای اندازه‌گیری هریک به صورت زیر عمل می‌شود:

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

ناب بودن تولید بر ذخیره احتیاطی مواد اولیه تأثیر می‌گذارد و همین مسئله بر موجودی مواد اولیه تأثیرگذار است. موجودی مواد اولیه بر میانگین موجودی مواد اولیه و کمبود مواد اولیه تأثیر دارد که در نهایت بر هزینه نگهداری مواد اولیه و در نهایت هزینه کل تولید ناب تأثیرگذار است. همچنین ناب بودن تولید بر ذخیره احتیاطی قطعات تأثیر دارد، سپس بر موجودی قطعات و از این طریق بر میانگین موجودی قطعات و کمبود قطعات تأثیر می‌گذارد. در نهایت این‌ها بر هزینه نگهداری قطعات و هزینه کمبود تأثیرگذارند و هزینه کل تولید ناب را تحت تأثیر قرار می‌دهند. در انتهای مدل نیز هزینه کل تولید ناب بر حمایت مدیران ارشد از تولید ناب تأثیرگذار است. شرح مؤلفه‌های تولید ناب در جدول (۳) آورده شده است.

جدول (۳) شرح مؤلفه‌های تولید ناب

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

حلقه تولید چابک

نرخ چابکی تولید متأثر از مجموع حمایت مدیران ارشد از فسفله تولید چابک، بکارگیری فناوری در شیوه تولید و تأمین به موقع سفارش است. در واقع این سه مؤلفه بر ناب بودن تولید تأثیرگذار هستند.

نرخ تولید چابک بر استفاده از فناوری در تولید تأثیر می‌گذارد و همین مسئله بر میزان بکارگیری فناوری در شیوه تولید و میزان دریافت سفارش تولید تأثیرگذار است. بکارگیری فناوری در شیوه تولید بر تولید به موقع و تأمین سفارش مشتریان تأثیرگذار است. همچنین تولید به موقع بر کمبود کالای نهایی و در نهایت هزینه کمبود کالای نهایی و در نتیجه هزینه تولید چابک تأثیر دارد. از سویی میزان سفارش فروش بر موجود مطلوب کالای نهایی و در نتیجه هزینه کمبود تأثیر دارد. موجود مطلوب کالای نهایی نیز بر میانگین موجودی کالای نهایی و هزینه نگهداری کالای نهایی و در نتیجه هزینه تولید چابک تأثیر دارد. هزینه تولید چابک نیز بر حمایت مدیران ارشد از فسفله تولید چابک و در نهایت بر نرخ چابکی تولید تأثیرگذار است. شرح مؤلفه‌های تولید چابک در جدول (۴) آورده شده است.

جدول (۴) شرح مؤلفه‌های تولید چابک

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

حلقه تاب‌آوری تولید

تاب‌آوری تولید بر برنامه‌ریزی واحد تولید تأثیرگذار است و متأثر از حمایت مدیران ارشد از تاب‌آوری تولید و تحویل سفارش بدون وقفه است. برنامه‌ریزی واحد تولید بر برنامه‌ریزی خطوط تولید و برنامه‌ریزی اندازه سفارش تأثیر دارند. همچنین برنامه‌ریزی اندازه سفارش بر تعداد سفارش ظرفیت تولید و در پی آن موجود انبار کالای نهایی تأثیر دارد. موجودی انبار کالای نهایی بر کاهش هزینه کمبود محصول و هزینه تاب‌آوری و همچنین تحویل سفارش بدون وقفه و در نهایت تاب‌آوری تولید تأثیر دارد. شرح مؤلفه‌های تاب‌آوری تولید در جدول (۵) آورده شده است.

جدول (۵) شرح مؤلفه‌های تاب‌آوری تولید

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

تابع دوم

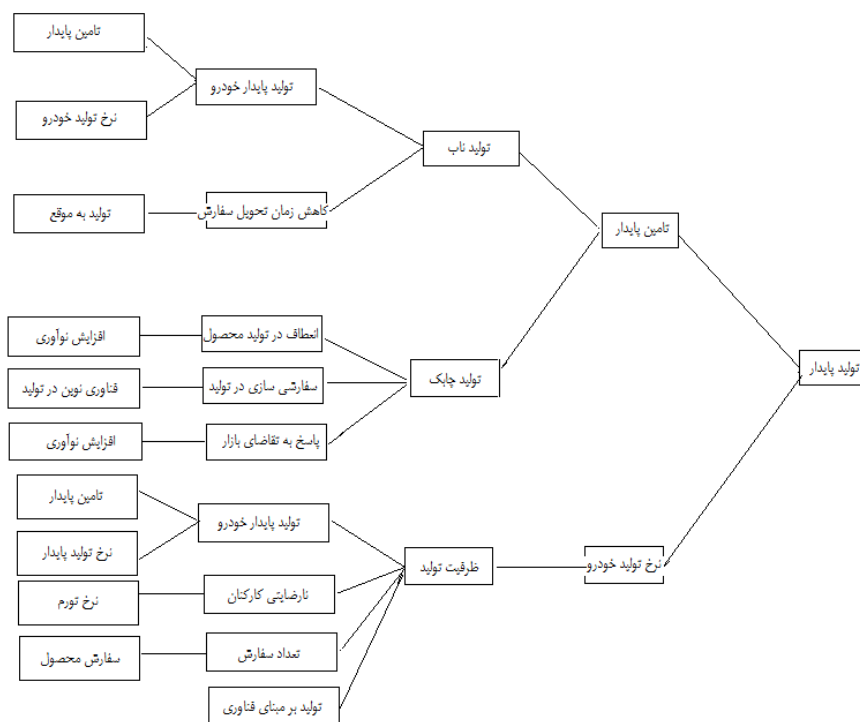
طبق رابطه (۲)، تابع دوم تابع زنجیره تأمین پایدار است. این تابع از تأمین پایدار به عنوان ورودی و تاب‌آوری تولید به عنوان خروجی تشکیل شده است.

$$\text{رابطه (۲)} \quad ((\text{تولید ناب} + \text{تولید چابک}) - \text{درجه پایداری زنجیره تأمین}) \downarrow = \text{تأمین پایدار}$$

زنجیره تأمین پایدار نیز متأثر از حمایت مدیران ارشد از زنجیره تأمین پایدار است. زنجیره تأمین پایدار بر فناوری نوین تولید و برنامه‌ریزی تولید سبز تأثیر مستقیم دارد. برنامه‌ریزی تولید سبز بر اخذ گواهینامه‌های زیست محیطی، تأمین قطعات سازگار با محیط زیست و تولید سبز و در نهایت هزینه زنجیره تأمین پایدار تأثیر مستقیم و غیرمستقیم دارد. همچنین بکارگیری فناوری نوین تولید نیز بر کارایی‌های اثرگذار تأثیر داشته و از طریق آن بر سیستم لجستیک و بازیافت مواد تأثیر بسزایی خواهد داشت. لازم به ذکر است که بازیافت مواد سبب کاهش مواد مصرفی و نهایتاً کاهش هزینه مواد مصرفی و در کل کاهش هزینه‌های زنجیره تأمین پایدار می‌شود.

نتایج اجرای مدل شبیه‌سازی شده

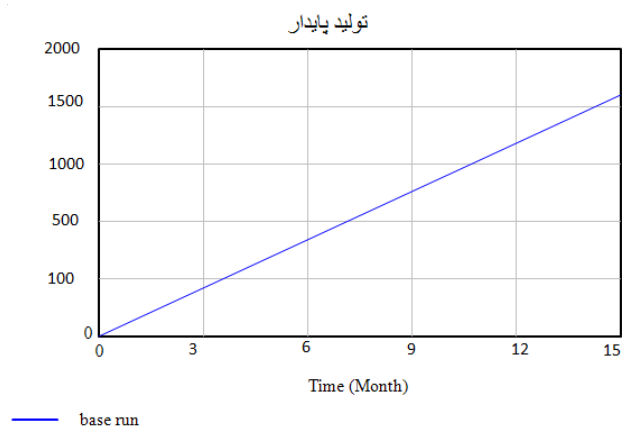
مدل مبتنی بر عوامل مؤثر بر تولید پایدار با رویکرد پویایی شناسی سیستم‌ها شامل مؤلفه‌ها و شاخص‌های متعددی است که در شکل (۷) قابل مشاهده می‌باشد.



شکل (۷) عوامل مؤثر بر تولید پایدار خودروهای تجاری کشور

سناریوی تولید پایدار

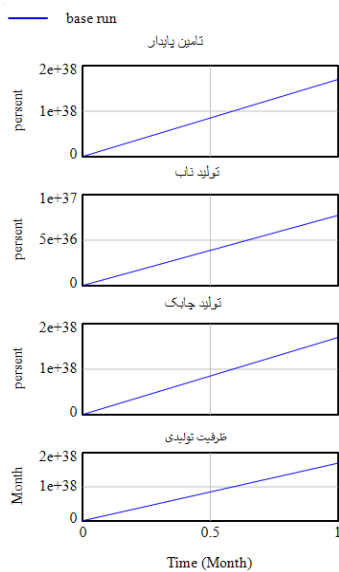
سناریوی تولید پایدار در واقع اولین مرحله اجرای مدل برای تولید پایدار خودروهایی تجاری کشور است. تولید پایدار خودروهایی تجاری کشور در مرحله ابتدایی در شکل (۸) مشاهده می‌شود.



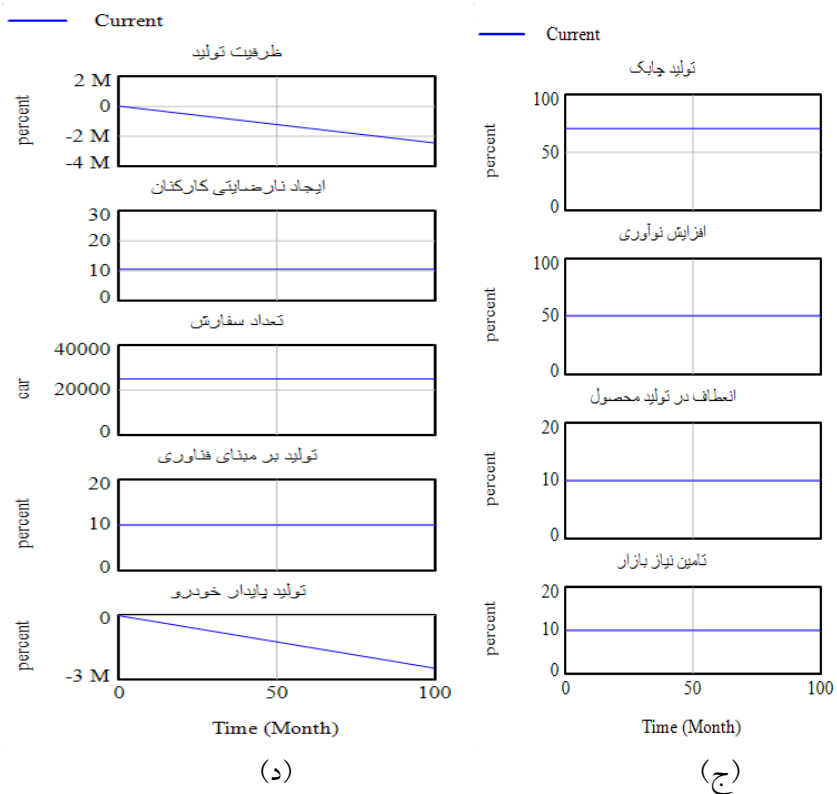
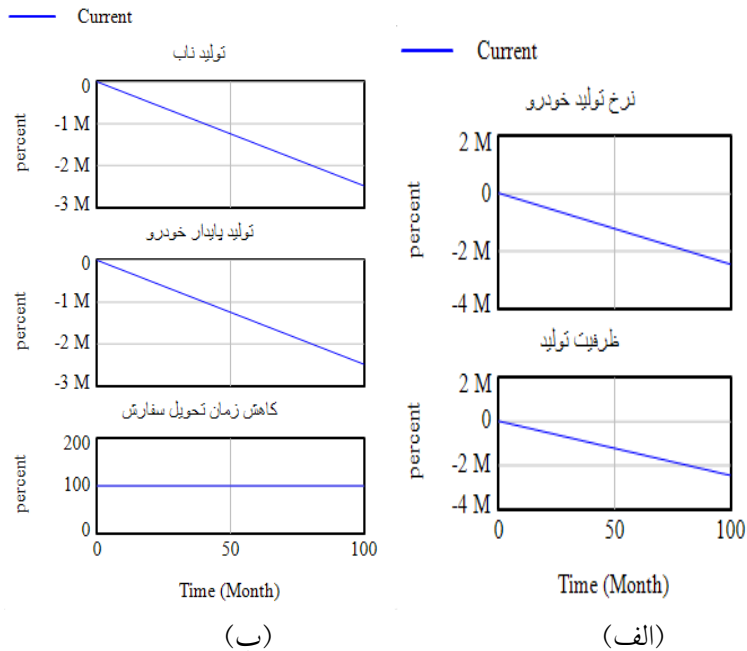
شکل (۸) نمودار تولید پایدار در مرحله اول

همچنین عوامل تأثیرگذار بر تولید پایدار خودروهایی تجاری کشور در شکل (۹)

مشاهده می‌شود.



شکل (۹) تاب‌آوری تولید و تأثیر ابعاد آن



شکل (۱۰) تولید ناب و چابک و ظرفیت‌های تولید هر یک

بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر چهار عامل تولید ناب، تاب‌آوری تولید، زنجیره تأمین پایدار و همچنین تولید چابک به عنوان عوامل اصلی و مؤثر بر توسعه تولید پایدار در صنعت خودروهایی سنگین شناخته شدند که در مدل شبیه‌سازی شده است.

امروزه محیط‌های رقابتی، تحولات بسیاری را در سازمان‌ها و صنایع تولیدی به وجود آورده است و به منظور ارتقاء بهره‌وری مفاهیم، ابزارها و تکنیک‌های فراوانی توسعه یافته‌اند. تولید ناب که یکی از مهمترین آنها می‌باشد به سازمانی اشاره دارد که با صرف منابع کمتری تولید بیشتری را محقق می‌نماید. 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 عوامل راهبردی و مهمی برای تضمین بهره‌وری سیستم‌های صنعتی می‌باشند. مطالب بیان شده همسو با نتایج پژوهش محقر و همکاران ([Mohaghar et al., 2021](#)) و یاداو و همکاران ([Yadav et al., 2020](#)) می‌باشد.

البته باید دانست منظور، حفظ بقای سازمانی و نیز کسب موفقیت، تنها ناب بودن و حذف اتلاف کافی نیست. امروزه، فقط رساندن محصول مناسب، با قیمت مناسب و در زمان مناسب به بازار شرط لازم و کافی برای پیروزی در میدان رقابت و تنها شرط بقا در محیط‌های رقابتی است. در واقع، عامل موفقیت در بسیاری از بازارهای امروزی در دسترس بودن و سطوح خدماتی است که سبب ظهور الگوهای جدیدی چون چابکی یا پاسخگویی سریع شده است. بنابراین، برای هر کسب و کاری آنچه که ارزشمند است دانستن مبانی مناسب برای ورود به یک عرصه رقابتی است که این مبانی را توصیف کننده‌های بازار، می‌نامند. در مقابل برای برنده شدن واقعی در بازار نیاز به توانمندی‌های مشخصی است که آن‌ها را برنده‌سازهای بازار می‌نامند. این دو تعریف، منجر به مشخص شدن استراتژی‌های مناسب تولید می‌گردند. ارتباط بین ایده توصیف‌کننده‌ها و برنده-سازها با مفاهیم ناب و چابک بسیار مهم و حیاتی است. به زبان ساده وقتی شاخص

برنده شدن هزینه باشد، رویکرد ناب بسیار قدرتمند است؛ در حالی که وقتی افزایش خدمات، الزامات اولیه برای موفقیت در بازار هستند، احتمال اینکه چابکی عامل حیاتی و بحرانی باشد، بسیار بالاتر است.

لذا الگوهای ناب و چابک امروزه مورد توجه بسیاری از شرکت‌های تولیدی که به دنبال بهبود در عملکردشان هستند، قرار گرفته است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که تولید چابک، متأثر 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 بیان‌شده همسو با نتایج پژوهش خلیفه سلطانی و حامدی ([Khalifeh Soltani](#)) ([and Hamed, 2023](#))، پوروزیری و همکاران ([Pourvaziry et al., 2022](#)) و محقر و همکاران ([Mohaghar et al., 2021](#)) می‌باشد.

همچنین نتایج پژوهش نشان داد که تاب‌آوری تولید نیز متأثر 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 تاب‌آوری 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 کاربران از فناوری اطلاعات و نیز رضایت آن‌ها توجه شود. اصولاً اثربخشی سیستم‌های اطلاعاتی به پذیرش کاربر بستگی دارد و سنجه عملی برای پذیرش سیستم‌های اطلاعاتی، رضایت کاربر است و رضایت کاربر مجموعه‌ای از احساسات و نگرش‌های فرد به عوامل گوناگونی است که بر موقعیت او اثر می‌گذارند. نتایج پژوهش حاضر، نتایج پژوهش‌های یاداو و همکاران ([Yadav et al., 2020](#)) و امینی و همکاران ([Amini et al., 2022](#)) همسو می‌باشد.

همچنین زنجیره تأمین پایدار، متأثر 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 بیشینه کردن 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 گریز ناپذیر است که مدیریت تولید و بالخصوص مدیریت ضایعات تولید سبب بهبود عملکرد و بهره‌وری می‌شود. نتایج پژوهش با نتایج پژوهش پوروزیری و همکاران (Pourvaziry et al., 2022)، رن و همکاران (Ren et al., 2017) و استوگتون و لودما (Stoughton and Ludema, 2012) همسو می‌باشد.

با توجه به نتایج پژوهش، پیشنهادهای مدیریتی به شرح ذیل می‌باشد:
از آنجه که تولید ناب، صنایع را قادر نموده که بیش از پیش منعطف و سودآور شوند. بنابراین برای ناب شدن، پیشنهاد می‌شود که 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 موفقیت نیازمند 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 ساده گردد. این عوامل و متغیرها در نهایت به تولید ناب منجر خواهند شد و تأثیر مستقیمی بر تولید پایدار در صنعت خودروهای تجاری دارند.

به منظور دستیابی به چابکی و بهبود آن، سازمان می‌تواند با افزایش میزان سرمایه‌گذاری بر فناوری‌های سخت‌افزاری مدرن و افزایش انعطاف‌پذیری سیستم تولید، میزان انعطاف‌پذیری سازمان و خدمات و محصولات تولیدی خود را افزایش دهد. همچنین، سازمان می‌تواند با برگزاری دوره‌های آموزش، یادگیری و توسعه مستمر، مهارت کارکنان خود و به دنبال آن، تعداد کارکنان منعطف در سازمان را افزایش دهد. همچنین از آنجا که سیستم تولید چابک سیستمی پویا است؛ بنابراین مدیران نباید به انتخاب یک روش به منظور دستیابی به چابکی و بهبود آن اکتفاء کنند، بلکه باید در هر برهه از زمان، بهترین راهکار را انتخاب کنند. مدیران باید نقش تولید چابک را به‌عنوان یک مفهوم جامع در

پاسخگویی به نیازهای بازار مورد توجه قرار دهند و بدانند که تولید چابک یکی از راهبردهای مهم در محیط پویا و رقابتی امروز است. پیامدهای تولید چابک باید به‌طور کامل توسط مدیران درک شود تا یک مکانیسم مفهومی‌سازی جامع ایجاد شود و به دنبال آن روش‌هایی که باید اجرا شوند، مشخص شده و هرگونه عدم تعادل در حین اجرا نیز تعیین گردید.

به منظور دستیابی به تاب‌آوری تولید، پیشنهاد می‌شود مدیران همواره به دنبال خلق محیطی انعطاف‌پذیر و نوآور در بین کارکنان خود باشند، پیش‌نیاز نوآوری در سازمان، توسعه ایده‌های جدید و خلاقانه است و اگر سازمانی نتواند محیط خود را برای ارائه نظرات و ایده‌های خلاقانه فراهم کند نمی‌تواند منجر به نوآوری شود. کارکنان باید به‌طور مداوم در حال به‌روز رسانی دانش و مهارت‌های خود باشند. کارکنان سازمان اگر از دانش و مهارت کافی برای تصمیم‌گیری در شرایط متلاطم برخوردار باشند و همچنین از اختیارات کافی برخوردار باشند، قادر خواهند بود سازمان را در مقابل فشارهای محیطی و بحران‌های ایجاد شده حفظ کنند.

همچنین مدیران باید بدانند که در راستای رسیدن به تولید پایدار در صنعت خودرو نیاز به توجه بیشتر به بعد زیست محیطی به عنوان یکی از مهمترین و اثر گذارترین ابعاد تولید پایدار است و برای اجرای استراتژی‌های مرتبط با آن، رفع موانع درون سازمانی نقش بسزایی دارند. در واقع باید مسائل مرتبط با محیط زیست را الگوی کار خود قرار دهند و به کارمندان نیز مسائل زیست محیطی و حفاظت از محیط زیست را آموزش دهند.

در ادامه پیشنهادهایی برای پژوهش‌های آتی آورده شده است؛

- این پژوهش می‌تواند در سایر صنایع تولیدی و در بازه زمانی طولانی‌تر انجام شود.
- ارزیابی هریک از شاخص‌های بدست آمده در مدل پژوهش، در صنایع تولیدی کوچک و متوسط.
- شناسایی و رتبه بندی عوامل مؤثر بر پیاده‌سازی هر یک از شاخص‌های بدست آمده در مدل پژوهش، در صنایع تولیدی.

تشکر و سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از کلیه مدیران و کارشناسان ایران خودرو دیزل که در مصاحبه و تکمیل فرم‌های نظرسنجی مشارکت داشته‌اند، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

منابع

- Abbasi, M., & Dehghani, M. R. (2022). Giving Structure and Weight to Sustainable and Green Production Indicators of Iranian Thermal Power Plants using Best-Worst Method. **Journal of Industrial Management Perspective**, 12(2), 199-225. [In Persian]
- Abbasian, M., & Nahavandi, N. (2022). Evaluation and Selection of Turbine Suppliers for Wind Farms Using the Combined Approach of AHP and TOPSIS with the Aim of Sustainable Development of the Electricity Industry. **Journal of Management and Sustainable Development Studies**, 2(1), 1-27. [In Persian]
- Amini, S., Ramazani, M., Beikzad, J., & sanginorpor, A. (2022). Designing a sustainable development model in the Iranian Automotive Industry using the fourth industrial revolution approach. **Journal of Strategic Management in Industrial Systems**, 17(61), 140-156. [In Persian]
- 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. [In Persian]
- 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. [In Persian]
- Bai, C., Dallasega, P., & Orzes, G., & Sarkis, J. (2020). Industry 4.0 technologies assessment: A sustainability perspective. **International Journal of Production Economics**, 229(2), 1-15.
- Bashiri, S. (2022). Lean production evaluation design in small and medium industries. **Journal of Accounting and Management Vision**, 5(66), 88-102. [In Persian]
- Behrouzi, F., & Wong, K.Y. (2022). Lean Performance Evaluation of manufacturing systems: A dynamic and innovative approach. **Procedia Computer Science**, 3(1), 388-395.
- Bocken, N, Strupeit, L., Whalen, K., NuBholz, J. (2019). A Review and Evaluation of Circular Business Model Innovation Tools. **Sustainability**, 11(8), 1-25.

- Chaffin, B., & Scown, M. (2018). Social-ecological resilience and geomorphic systems. **Geomorphology**, 305(1), 221-230.
- 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.
- Ciccullo, F., Pero, M., Caridi, M., Gosling, J., & Purvis, L. (2018). Integrating the environmental and social sustainability pillars into the lean and agile supply chain management paradigms: A literature review and future research directions. **Journal of Cleaner Production**, 172(1), 2336-2350.
- 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.
- Ebrahimi, H., Ebrahimpour, M., & Moradi, M. (2020). Modeling the assessment of League activities effect on business performance using Bayesian belief networks. **Quarterly journal of Industrial Technology Development**, 18(41), 27-42. [In Persian]
- Fullerton, R. R., Kennedy, F. A., & Widener, S. K. (2013). Management accounting and control practices in a lean manufacturing environment. **Accounting, Organizations and Society**, 38(1), 50-71.
- Ghaemmaghami, M. S., Asgharizade, E. L., & Farsijani, H. (2022). Designing a performance evaluation model with a world-class sustainable production approach in the automotive industry. **Research in Production and Operations Management**, 13(3), 77-98. [In Persian]
- Kafa, N., Hani, Y., & El Mhamedi, A. (2013). Sustainability performance measurement for green supply chain management. **IFAC Proceedings Volumes**, 46(24), 71-78.
- Khalifeh Soltani, S. A., & Hamedi, F. (2023). Investigating the relationship between agile manufacturing and Business performance and the mediating role of cost performance. **Management Accounting**, 56(16), 152-167. [In Persian]
- Mohaghar, A., Asgharizadeh, E., Ghodsypour, S. H., & Samarrokhi, A. (2021). Presenting a Conceptual Model Delineating the Effect of Production and Operations Strategies on Sustainable Competitive Advantage in Iranian Automotive Industry: The Case of Tehran Automobile Manufacturing Companies. **The Journal of Productivity Management**, 15(1), 163-187. [In Persian]
- 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), 874-888.
- Petrillo, A., De Felice, F., & Zomparelli, F. (2019). Performance Measurement for World-Class Manufacturing a Model for the Italian Automotive Industry. **Total Quality Management & Business Excellence**, 30(7/8), 908-935.

- 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. [In Persian]
- Ren, J., Liang, H., Dong, L., Gao, Z., He, C., Pan, M., & Sun, L. (2017). Sustainable development of sewage sludge-to-energy in China: Barriers identification & technologies prioritization. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, *67*(3), 384-396.
- 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. [In Persian]
- Siyambalapatiya, J., Zhang, X., & Liu, X. (2018). Green Human Resource Management: Proposed Model in the Context of Sri Lanka's Tourism Industry. **Journal of Cleaner Production**, *201*(1), 542-555.
- Sterman, J. D. (2001). **Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World**. New York, McGraw-Hill Education.
- Stoughton, A. M., & Ludema, J. (2012). The driving forces of sustainability. **Journal of Organizational Change Management**, *25*(4), 501-517.
- 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.
- Yadav, G., Kumar, A., Luthra, S., Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., & Batista, L. (2020). A framework to achieve sustainability in manufacturing organisations of developing economies using industry 4.0 technologies' enablers. **Computers in Industry**, *122*(November 2020), 1-10.
- 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*(1), 965-979.
- Zolfi, M., Valipour Khatir, M., & Safaei Ghadikolaei, A. (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. [In Persian]

COPYRIGHTS

© 2023 by the authors. Licensee Advances in Modern Management Engineering Journal. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

