

Development of a Causal Model and Scenario Formulation for Industrial Resilience – The Auto Parts Manufacturing Industry

1. Hosnieh Chitsaz^{ID}: PhD student, Department of Industrial Management, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
2. Morteza Mahmoodzadeh^{ID*}: Professor, Department of Industrial Management, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
3. Yaghub Alavi Matin^{ID}: Professor, Department of Industrial Management, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
3. Sirous Fakhimi Azar^{ID}: Professor, Department of Industrial Management, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

*Corresponding Author's Email Address: mrtzmahmood@gmail.com

Abstract:

The aim of the present study was to develop a causal model and formulate scenarios for industrial resilience using a thematic analysis approach and Interpretive Structural Modeling (ISM) in the auto parts manufacturing industry. In this research, key drivers affecting industrial resilience were identified and selected through thematic analysis and expert interviews. According to the research findings, the overall distribution pattern of industrial resilience drivers in the auto parts manufacturing sector indicates an unstable environmental system. The results of the interpretive structural modeling also show that the most influential components of the resilience model are the presence of multiple suppliers and contractors, as well as employee training and knowledge transfer. Furthermore, the most impacted components of the resilience model in the auto parts industry include creating a platform for inter-company collaboration, implementing activities related to sales promotion, networking and cooperation with competitors, institutions, and research and knowledge-based organizations, product introduction and advertisement, and customer engagement and feedback collection.

Keywords: Industrial resilience, thematic analysis, cross-impact balance analysis, scenario development, interpretive structural modeling (ISM), auto parts manufacturing industry.

How to Cite: Chitsaz, H., Mahmoodzadeh, M., Alavi Matin, Y., Fakhimi Azar, S. (2025). Development of a Causal Model and Scenario Formulation for Industrial Resilience – The Auto Parts Manufacturing Industry. *Management, Education and Development in Digital Age*, 2(1), 258-275.



ارائه‌ی مدل علی و تدوین سناریوهای تاب آوری صنعتی – صنعت قطعه سازی خودرو

۱. حسینه چیت ساز ^{id}: دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.
۲. مرتضی محمودزاده ^{id*}: استادیار، گروه مدیریت صنعتی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.
۳. یعقوب علوی متین ^{id}: استادیار، گروه مدیریت صنعتی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.
۴. سیروس فحیمی آذر ^{id}: استادیار، گروه مدیریت صنعتی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران..

*پست الکترونیک نویسنده مسئول: e.alidoust@ut.ac.ir

چکیده

هدف از پژوهش حاضر ارائه مدل علی و تدوین سناریوهای تاب آوری صنعتی با رویکرد تحلیل تم و مدلسازی ساختاری-تفسیری در صنعت قطعه‌سازی خودرو بوده است. در این پژوهش با استفاده از روش تحلیل تم و مصاحبه با خبرگان، پیشران‌های کلیدی مؤثر بر تاب آوری صنعتی استخراج و انتخاب شده است. براساس نتایج پژوهش، الگوی کلی پراکندگی پیشران‌های تاب آوری صنعتی در صنعت قطعه‌سازی خودرو بیانگر وضعیت سیستم محیطی ناپایداری است. نتایج مدلسازی ساختاری-تفسیری نیز نشان می‌دهد که عوامل تأمین‌کنندگان و پیمانکاران متعدد و آموزش کارکنان و انتقال یادگیری تأثیرگذارترین مولفه‌های مدل تاب آوری و مولفه‌های فراهم کردن زمینه همکاری میان شرکت‌ها و انجام فعالیت‌های مرتبط با ترفیع فروش آن‌ها، شبکه‌سازی و همکاری با رقبا، نهادها و سازمان‌های پژوهشی و دانش بنیان، معرفی و تبلیغات محصول، ارتباط با مشتری و دریافت بازخورد تأثیرپذیرترین مولفه‌های مدل تاب آوری در صنعت قطعه‌سازی بوده است.

کلیدواژه‌گان: تاب آوری صنعتی، تحلیل تم، تحلیل بالانس اثرات متقابل، تدوین سناریو، مدلسازی ساختاری-تفسیری، صنعت قطعه سازی خودرو

نحوه استناددهی: چیت ساز، حسینه، محمودزاده، مرتضی، علوی متین، یعقوب، فحیمی آذر، سیروس. (۱۴۰۴). ارائه‌ی مدل علی و تدوین سناریوهای تاب آوری صنعتی – صنعت قطعه سازی خودرو. مدیریت، آموزش و توسعه در عصر دیجیتال، ۲(۱)، ۲۷۵-۲۵۸.



در جهان امروز که محیط‌های اقتصادی، اجتماعی و سیاسی با شتابی بی‌سابقه در حال تغییر هستند، تاب‌آوری به‌عنوان یک توانمندی بنیادین برای بقا و رشد سازمان‌ها و صنایع مطرح شده است. در این میان، صنعت قطعه‌سازی خودرو، به دلیل ماهیت پیچیده و وابستگی آن به زنجیره‌های تأمین بین‌المللی، بیش از سایر حوزه‌های صنعتی در معرض آسیب‌های ناشی از اختلالات محیطی و نوسانات اقتصادی قرار دارد (Abedini Nazari et al., 2024). تاب‌آوری صنعتی، به معنای توانایی یک نظام صنعتی برای مقابله، سازگاری و بازیابی از شرایط بحرانی و پرمخاطره، در سال‌های اخیر به‌عنوان یکی از مفاهیم کلیدی در ادبیات مدیریت زنجیره تأمین و توسعه پایدار شناخته شده است (Azevedo et al., 2016).

مفهوم تاب‌آوری به‌طور گسترده‌ای از علوم اکولوژی و مهندسی به حوزه‌های مدیریت و اقتصاد وارد شده و در قالب تاب‌آوری اکولوژیکی، مهندسی و تطبیقی مورد بررسی قرار گرفته است (Carvalho et al., 2012). در چارچوب زنجیره تأمین، تاب‌آوری با عواملی نظیر انعطاف‌پذیری در تأمین، تنوع منابع، اشتراک‌گذاری اطلاعات و ادغام ظرفیت‌ها پیوند خورده و این مولفه‌ها برای افزایش توان پاسخ‌گویی به اختلالات در زنجیره تأمین ضروری دانسته شده‌اند (Gebauer & Tangour, 2023). پژوهش‌ها نشان داده‌اند که نبود تاب‌آوری می‌تواند منجر به اختلالات شدید در تولید، کاهش بهره‌وری و از دست رفتن سهم بازار شود (Jin & Wang, 2025).

در این میان، صنعت قطعه‌سازی خودرو ایران با چالش‌های ساختاری بسیاری مواجه است که از آن جمله می‌توان به وابستگی به خودروسازان اصلی، عدم توسعه بازارهای صادراتی، مشکلات نقدینگی و ضعف در آموزش و توسعه منابع انسانی اشاره کرد (Barati, 2021). در چنین بستری، نیاز به بازاندیشی در نحوه طراحی ساختارهای تاب‌آور و ارائه مدل‌های علی برای شناسایی و تحلیل پیشران‌های کلیدی تاب‌آوری به‌شدت احساس می‌شود (Manuj et al., 2024).

پیشینه پژوهش‌ها در حوزه تاب‌آوری صنعتی نشان داده‌اند که مولفه‌هایی همچون نوآوری، انعطاف‌پذیری ساختار، همکاری بین سازمانی، و مدیریت دانش از مهم‌ترین عناصر تاب‌آوری به‌شمار می‌روند (Esmaeili et al., 2021b). همچنین مدل‌های ساختاری—تفسیری مانند I SM و DEMATEL برای تبیین روابط علی بین متغیرهای تاب‌آوری کاربرد گسترده‌ای یافته‌اند که در آن‌ها با تعیین سطوح اثرگذاری و اثرپذیری متغیرها، نقشه‌ای از وضعیت پایداری یا ناپایداری سیستم ترسیم می‌شود (Taghizadeh, 2018). در همین راستا، استفاده از نرم‌افزارهایی مانند M kMac و Scenari o Wizard برای تحلیل اثرات متقابل و سناریونگاری کمک شایانی به تصمیم‌گیری‌های استراتژیک نموده است (Jum'a et al., 2024).

در برخی مطالعات، تأکید شده است که تاب‌آوری صنعتی تنها از منظر توان واکنش به بحران‌ها بررسی نمی‌شود، بلکه توسعه پیشران‌هایی مانند آموزش کارکنان، توسعه محصول جدید، افزایش توان تأمین‌کنندگان، و بهبود تعاملات بازار از مؤلفه‌های اساسی آن محسوب می‌شوند (Zhou, 2024). به‌طور خاص، پژوهش‌هایی که با بهره‌گیری از رویکردهای ترکیبی کیفی—کمی انجام شده‌اند، نشان داده‌اند که ترکیب داده‌های حاصل از مصاحبه‌های تخصصی با تحلیل‌های آماری ساختار یافته می‌تواند به شناسایی دقیق پیشران‌های کلیدی منجر شود (Varshavi et al., 2024).

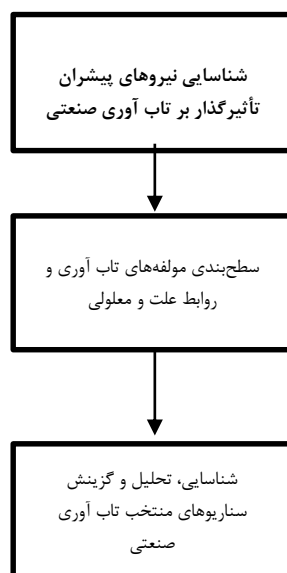
بررسی تاب‌آوری صنعتی نیازمند اتخاذ رویکردی سیستمی است که در آن اجزای مختلف سازمان، روابط متقابل و سازوکارهای درونی و بیرونی به‌صورت شبکه‌ای و تعامل محور تحلیل شوند. برخلاف دیدگاه‌های خطی و تقلیل‌گرا که تاب‌آوری را صرفاً به توان بازیابی پس از بحران محدود می‌کنند، رویکرد سیستمی بر هم‌افزایی عناصر مختلف نظیر منابع انسانی، ساختارهای سازمانی، ذخایر مالی، فناوری، و تعاملات بیرونی تأکید دارد (Chaudhuri et al., 2024). چنین نگاهی کمک می‌کند تا نه تنها آسیب‌پذیری‌های بالقوه شناسایی شوند، بلکه قابلیت‌های انطباقی سازمان نیز به‌صورت هدفمند توسعه یابند (Manuj et al., 2024). مطالعات پیشین نیز نشان داده‌اند که تاب‌آوری در صنایع پیچیده‌ای نظیر قطعه‌سازی خودرو، تنها زمانی معنا می‌یابد که سازمان از سطح واکنش‌های منفعل به مرحله پیش‌بینی‌پذیری و برنامه‌ریزی استراتژیک ارتقاء یابد (Esmaeili et al., 2021b).

در چنین شرایطی، سناریونگاری به عنوان یکی از کارآمدترین ابزارهای آینده پژوهی می تواند در تدوین راهبردهای مقاوم و پیش دستانه برای صنایع مؤثر باشد. سناریونگاری امکان شبیه سازی آینده های محتمل و ارزیابی تأثیرات متغیرهای کلیدی را فراهم می آورد و از این طریق، به سیاست گذاران کمک می کند تا تصمیم هایی مبتنی بر داده و تحلیل اتخاذ کنند (Jum'a et al., 2024). در صنعت قطعه سازی که با عدم قطعیت های محیطی و وابستگی شدید به زنجیره تأمین مواجه است، این رویکرد به ویژه برای کشف مسیرهای بهینه انطباق و کاهش ریسک اهمیت دوچندانی دارد (Abedini Nazari et al., 2024). بر اساس تحلیل های مبتنی بر مدل سازی ساختاری-تفسیری و ماتریس اثرات متقابل، می توان به ترسیم دقیق روابط علی میان پیشران های تاب آوری پرداخت و از این طریق، بنیانی برای سناریوهای واقع بینانه و اثربخش فراهم کرد (Carvalho et al., 2012; Taghizadeh, 2018).

در تحقیق حاضر، با بهره گیری از رویکرد تحلیل تم و مدل سازی ساختاری-تفسیری، تلاش شده است تا ضمن شناسایی و اولویت بندی پیشران های تاب آوری صنعتی در صنعت قطعه سازی خودرو، سناریوهای ممکن برای آینده طراحی و تحلیل شوند.

روش شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف، «کاربردی» و از نظر ماهیت و روش، توصیفی-پیمایشی بوده و در دسته ی پژوهش های آمیخته قرار می گیرد. ابزار گردآوری داده ها و اطلاعات در این پژوهش، به وسیله مطالعه منابع کتابخانه ای-اسنادی، برداشت های میدانی و مراجعه به سازمان ها و ارگان های مربوطه صورت گرفته است. در این راستا از تحلیل تم در جهت شناسایی تم های اصلی و فرعی مؤثر بر ارتقای تاب آوری صنعتی استفاده شده است. سپس این عوامل بر اساس میزان اهمیت و عدم قطعیت، اولویت بندی و کلیدی ترین عوامل با استفاده از نرم افزار «میک مک» شناسایی شد. در مرحله دوم از تحلیل های بخش کمی نیز مدل علی تاب آوری صنعتی با رویکرد ترکیبی DEMATEL^۱-ISM^۲ در صنعت طراحی شده است. در این بخش از مدلسازی ساختاری-تفسیری در جهت تعیین روابط علی بین تم های اصلی تاب آوری در صنعت استفاده شده است. برای سناریونگاری و تحلیل پرسشنامه CI B^۳ از روش بالانس اثرات متقابل و نرم افزار «سناریو ویزارد» استفاده شد که با نظر خبرگان، سناریوهای مطلوب و سازگار تاب آوری صنعتی، تدوین شد.



^۱. MIC MAC

^۲. Interpretive structural modeling

^۳. Decision making trial and evaluation laboratory

^۴. Cross impact balance analysis (CIB)

شکل ۱. نمودار روش شناسی پژوهش

برای شناسایی نیروهای پیشران تأثیرگذار بر تاب آوری صنعتی، در مرحله اول شناسایی عوامل موثر بر تاب آوری صنعتی از روش بررسی اسناد و منابع استفاده شد. در این مرحله پژوهشگر به طور نظام‌مند به جستجوی مقاله‌های منتشر شده در ژورنال‌های مختلف پرداخته است. تعداد مقاله‌ها و منابعی که یافت شد ۹۱ مقاله و منبع بود. که در نهایت ۲۴ مقاله و منبع مورد تحلیل قرار گرفت.

معیارهای ورود و خروج پژوهش شامل موارد زیر بود:

۱- پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد، رساله‌های دکتری و مقاله‌های مروری و علمی-پژوهشی که با محوریت تاب آوری صنعتی در پایگاه‌های داخلی و پایگاه‌های خارجی انتشار یافته بودند؛

۲- موضوع پژوهش تاب آوری یا عوامل تاب آوری صنایع و یا عوامل موثر بر تاب آوری بود.

۳- روش تحقیق کیفی، پژوهش میدانی و پیمایشی استفاده کرده بودند؛

۴- حداقل یکی از مولفه‌های تاب آوری در آن‌ها مورد بررسی قرار گرفته بود؛ قبل از انجام هر نوع تحلیل، محقق، مقالات، پایان‌نامه و رساله‌های جستجو شده را براساس معیارهای بالا بررسی کرد.

برای بررسی کیفیت روش شناختی مطالعه‌ها از «برنامه مهارت ارزیابی حیاتی» استفاده شده است.

در این مرحله تعداد ۸۶ کد شناسایی گردیده است. در این گام کدهای شناسایی شده بر اساس میزان تشابه مفهومی دسته‌بندی و ترکیب شده‌اند. در این مرحله کدهای استخراج شده در قالب ۱۶ مولفه و مولفه‌های شناسایی شده در سطح بالاتری در قالب ۴ بعد طبقه‌بندی شده‌اند.

درگام دوم براساس مطالعات موجود، فهرستی از پیشران‌های مؤثر در تاب آوری صنعتی استخراج شده و در اختیار خبرگان قرار گرفته است. در این مرحله، با استفاده از مصاحبه و پرسشنامه از خبرگان و مدیران خواسته شد تا پیشران‌های کلیدی تاب آوری صنعتی را معرفی کنند. در این مرحله از خبرگانی با ترکیبی از حداقل یکی از ویژگی‌های زیر استفاده شده است.

۱- مدیران عالی در صنعت و سازمان‌های مرتبط با سابقه بالای ۲۰ سال؛

۲- اساتید دانشگاه در رشته‌های مدیریت صنعتی و صنایع با سابقه تدریس دروس مرتبط با درجه استادیاری به بالا؛

۳- متخصصان و پژوهشگران صاحب تألیف و ترجمه کتاب و مقاله در زمین تاب آوری صنعتی

در این پژوهش از ۱۲ نفر از خبرگان استفاده شده است. لازم به توضیح است که با توجه به اشباع نظری اشباع نظری در نفر نهم انجام گرفته ولی برای اطمینان بیشتر مصاحبه‌ها تا نفر دوازدهم هم ادامه یافته است. اطلاعات جمعیت شناختی اعضای پانل در جدول شماره (۱) خلاصه گردیده است. تعداد نمونه به روش انتخاب نمونه تا رسیدن به اشباع نظری انجام گرفت.

جدول ۱. خلاصه اطلاعات جمعیت شناختی شرکت کنندگان پانل خبرگان

مدرک تحصیلی	درجه دانشگاهی	تعداد	درصد
دکتری و کارشناسی ارشد	استاد تمام	۶	۵۰
	دانشیار	۲	۱۶
	استادیار و مربی	۴	۳۴
جمع		۱۲	۱۰۰

¹. Critical Appraisal Skills Program

یافته‌ها

طبق یافته‌های تحقیق، در این قسمت عوامل تاثیر گذار بر تاب آوری صنعتی به دو دسته کلی عوامل درون سازمانی و برون سازمانی تقسیم بندی شده است. با تحلیل مصاحبه‌ها بوسیله تکنیک تم عوامل درون سازمانی شامل پنج تم اصلی عوامل مدیریتی، نیروی انسانی، تولید و عملیات، بازاریابی و فروش و افزونگی داخلی است. عوامل برون سازمانی نیز چهار تم اصلی حمایت‌های دولت، انجمن‌ها و تشکلهای صنفی، همکاری و ارتباطات میان سازمانی و افزونگی خارجی را در بر گرفته است. در جدول ۲ جمع‌بندی عوامل شناسایی شده مربوط به تاب آوری صنعتی ارائه شده است:

جدول ۲. عوامل، مقوله‌های و تم‌های مربوط به تاب آوری صنعتی (نتایج پژوهش)

عوامل	مقوله	تم
عوامل داخلی	انسانی-مدیریتی	نگرش به تغییر و تفکر استراتژیک حمایت از ایده‌های نوآورانه کارکنان آموزش کارکنان و انتقال یادگیری سبک رهبری و ویژگی‌های رهبری یادگیری و کارگروهی (جمعی) و مشارکت تعهد و احساس تعلق کارکنان به سازمان ظرفیت انطباق‌پذیری و فرهنگ منعطف سطح کشف و توسعه بازار و دانش و ارتباط سازمانی انعطاف‌پذیری خط تولید نوسازی و راندمان ماشین‌آلات کیفیت ساختار منعطف و بهبود رویه‌ها توانمندی در نوآوری و توسعه محصول جدید معرفی و تبلیغات محصول ارتباط با مشتری و دریافت بازخورد کشف و توسعه بازار تحويل به موقع و خدمات پس از فروش ذخیره احتیاطی در مواد اولیه، قطعات نیم‌ساخته و محصول نهایی ذخایر مرتبط با زیر ساخت‌ها، تجهیزات و قطعات یدکی کلیدی ذخایر نیروی انسانی در پست‌های کلیدی ذخایر مالی کنترل هزینه‌ها مدیریت منابع مادی معافیت و تخفیف‌های مالیاتی ارائه تسهیلات با نرخ سود مناسب مشوق‌های صادراتی ایجاد موسسات پشتیبان صنایع برگزاری سمینار و جلسات آموزشی و ارائه خدمات مشاوره‌ای تلاش در جهت اصلاح و تنظیم قوانین فراهم کردن زمینه همکاری میان شرکت‌ها و انجام فعالیت‌های مرتبط با ترفیع فروش آن‌ها شبکه سازی و همکاری با رقبای، نهادها و سازمان‌های پژوهشی و دانش بنیان تامین‌کنندگان و پیمانکاران متعدد
عوامل خارجی	حمایت‌های دولت	
	تشکل ها و انجمن‌های صنفی	
	همکاری و ارتباطات میان سازمانی	
	افزونگی خارجی	

در گام بعدی متغیرهای تحقیق با بهره‌گیری از روش تحلیل تاثیرات متقابل در محیط نرم افزار میک مک بررسی و تحلیل شده‌اند. بدین منظور از ماتریسی به ابعاد ۳۲*۳۲ شامل چهار بعد تحقیق و توسعه، عوامل خارجی، انسانی-مدیریتی و افزونگی داخلی با ۳۲ متغیر استفاده شده است تا وضعیت هریک از آن‌ها در سیستم (تاب آوری صنعتی) مشخص گردد. از پاسخ‌دهندگان خواسته شده است که به مقایسه دوتایی متغیرهای تحقیق بپردازند. تحلیل اولیه داده‌های ماتریس و تاثیرات متقاطع نشان‌دهنده آن است که با توجه به ابعاد ماتریس، در مجموع ۱۰۲۴ گزینه برای ماتریس وجود دارد که از این بین، ۷۳۲ رابطه قابل ارزیابی است. درجه پرشدگی ماتریس ۷۱/۴۸ درصد است که حاکی از آن است که ۷۱/۴۸ درصد از عوامل انتخاب شده بر همدیگر تاثیر داشته‌اند. علاوه بر این ماتریس براساس شاخص‌های آماری با دو بار چرخش داده‌ای از مطلوبیت و بهینه‌شدگی ۱۰۰ درصد برخوردار است که این موضوع نیز روایی بالایی پرسشنامه و پاسخ‌های آن را نشان می‌دهد (جدول ۳ و ۴).

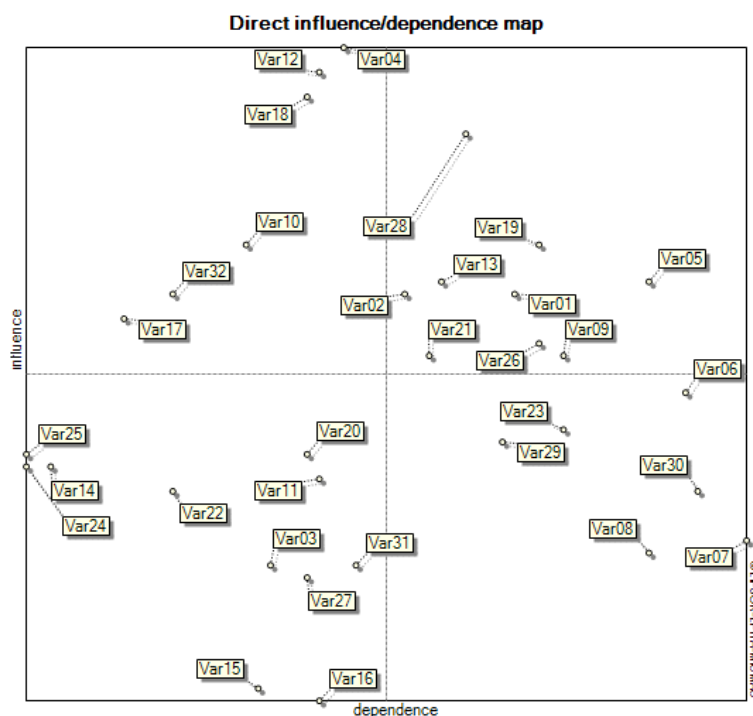
جدول ۳. تحلیل اولیه داده‌های ماتریس و آماره‌های آن (نتایج پژوهش)

ابعاد ماتریس	تعداد تکرار	بدون تاثیر (۰)	تاثیر ضعیف (۱)	تاثیر متوسط (۲)	تاثیر قوی (۳)	جمع	درجه پرشدگی
۳۲*۳۲	۲	۲۹۲	۴۰۰	۲۶۳	۶۹	۷۳۲	٪ ۷۱/۴۸

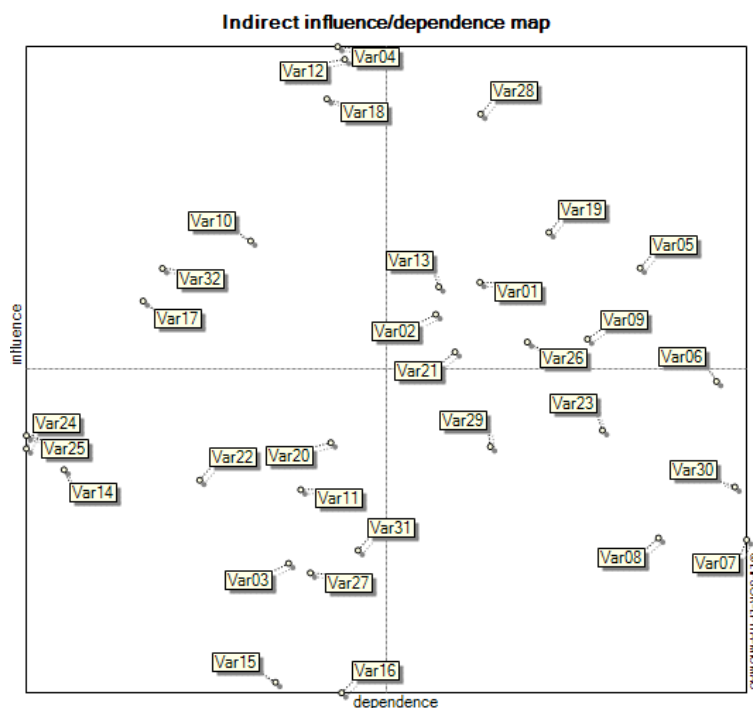
جدول ۴. پایایی ماتریس MDI

تکرار	تأثیر	وابستگی
۱	۹۶٪	۹۵٪
۲	۱۰۰٪	۱۰۰٪

در ماتریس متقاطع، جمع اعداد سطرها و هر متغیر میزان تأثیرگذاری و جمع ستونی هر متغیر میزان تأثیرپذیری آن متغیر نسبت به سایر متغیرها را نشان می‌دهد. میزان اثرپذیری پیشران‌ها در کنار اثرگذاری، مشخص‌کننده ماهیت یک پیشران است. موقعیت آن‌ها در نمودار، بیانگر وضعیت پیشران در سیستم و نقش آن در پویایی و تحولات سیستم در آینده است. نحوه پراکنش متغیرها در محور تأثیرگذاری-تأثیرپذیری بیانگر میزان پایداری یا ناپایداری سیستم است. چنانچه توزیع متغیرها به شکل L باشد، سیستم پایدار است و این حالت نشانگر ثبات در متغیرهای تأثیرگذاری و تداوم تأثیر آن‌ها بر سایر متغیرها است. چنانچه متغیرها از سمت محور مختصات به سوی انتهای نمودار و در حوالی آن پخش شده باشند، سیستم ناپایدار است و کمبود متغیرهای تأثیرگذار، سیستم را تهدید می‌کند. این حالت ارزیابی و شناسایی عوامل کلیدی را بسیار مشکل می‌کند. آنچه از وضعیت پراکندگی پیشران‌های تأثیرگذار بر تاب آوری صنعتی استنباط می‌شود گویای وضعیت ناپایدار سیستم است.



شکل ۲. نقشه پراکندگی متغیرها بر اساس تأثیرات مستقیم و بر اساس شماره متغیر



شکل ۳. نقشه پراکندگی متغیرها بر اساس تأثیرات غیر مستقیم و بر اساس شماره متغیر

بر اساس قدرت وابستگی و نفوذ متغیرها، می‌توان دستگاه مختصاتی تعریف کرد و آن را به چهار قسمت مساوی تقسیم نمود. در این پژوهش، گروهی از متغیرها در زیرگروه محرک قرار گرفتند، این متغیرها قدرت نفوذ زیاد و وابستگی کمی دارند. در دسته بعدی متغیرهای وابسته قرار دارند که کمتر می‌توانند زمینه‌ساز متغیرهای دیگر شوند. تمام نتایج در شکل‌های فوق به نمایش گذاشته شده‌اند.

در مرحله بعدی پس شناسایی متغیرهای مربوط به مسأله، طراحی مدل علی تاب آوری صنعتی بر اساس روش ترکیبی DEMATEL-ISM انجام شده است. اگر فقط به رابطه علت و معلولی توجه شود، اهمیت عوامل و سطوح مختلف از عوامل واقعی نادیده گرفته می‌شود و اگر فقط به مهم بودن عوامل دقت شود، ممکن است به طور نادرست عوامل مهم از اهمیت مساوی برخوردار شوند. در واقع ISM و دیمتل یک فرایند استدلال منطقی و سیستماتیک برای تعیین علیت است. مراحل آن به صورت زیر می‌باشد:

۱. محاسبه ماتریس ارتباطات مستقیم
۲. محاسبه ماتریس ارتباطات مستقیم نرمال
۳. محاسبه ماتریس ارتباطات کامل (Tc)
۴. نمایش نقشه روابط شبکه
۵. تشکیل ماتریس خود تعاملی ساختاری
۶. تعیین روابط و سطح‌بندی شاخص‌ها

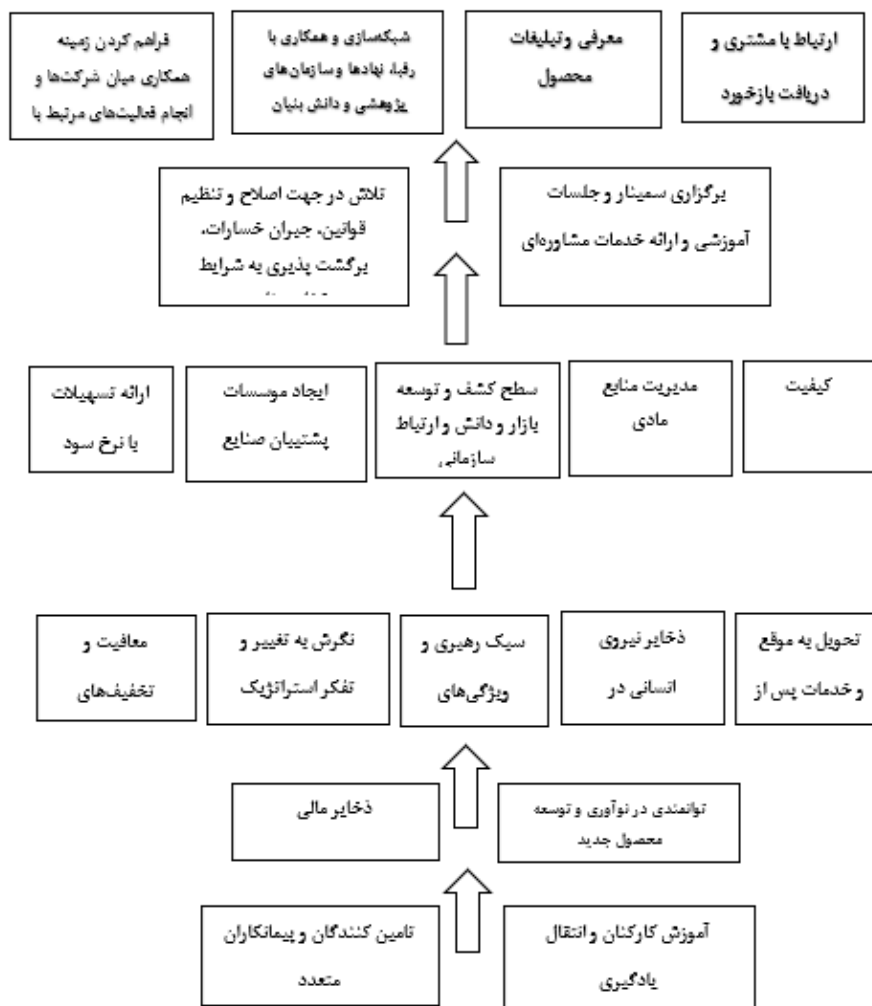
این فرایند تا هنگامی که دیگر عاملی وجود نداشته باشد ادامه پیدا می‌کند. پس از محاسبه ماتریس دستیابی نهایی سطح‌بندی مولفه‌ها انجام شده است. برای سطح‌بندی مولفه‌ها برای هر مولفه یک ستون خروجی (نشان‌دهنده تأثیرگذاری آن مولفه بر سایر مولفه‌های مدل) و همچنین یک ستون پیش نیاز (تأثیرپذیری مولفه مربوط از سایر مولفه‌های مدل) ایجاد می‌گردد. در گام بعدی اشتراک این دو بخش محاسبه شده و در نهایت خروجی هر مرحله مولفه‌ای خواهد بود که عنصر مربوط در ستون اشتراک دقیقاً برابر ستون خروجی باشد. در ادامه سطح‌بندی انجام شده نشان داده شده است.

جدول ۵. تعیین سطوح متغیرها

ابعاد	مجموعه خروجی	مجموعه ورودی	مجموعه اشتراک	سطح‌بندی
۱	۳۰ و ۹ و ۸ و ۷ و ۵ و ۱	۲۸ و ۱۸ و ۱۲ و ۴ و ۱	۱	۴
۲	۳۰ و ۲ و ۸ و ۷ و ۶ و ۳	۳۲ و ۱۲ و ۴ و ۲	۲	۳
۳	۳	۳	۳	۱
۴	۳۰ و ۲ و ۸ و ۷ و ۶ و ۵ و ۴ و ۱ و ۳ و ۹ و ۸ و ۷ و ۶ و ۳ و ۲ و ۱	۴	۴	۶
۵	۳۰ و ۲ و ۸ و ۷ و ۶ و ۵ و ۳	۳۲ و ۲۸ و ۱۹ و ۱۸ و ۱۳ و ۱۲ و ۱۰ و ۴ و ۱	۵	۳
۶	۲۸ و ۹ و ۷ و ۶	۳۲ و ۲۸ و ۲۶ و ۲۱ و ۱۹ و ۱۸ و ۱۷ و ۱۳ و ۱۲ و ۱۰ و ۹ و ۸ و ۷ و ۶ و ۵ و ۴ و ۱ و ۳ و ۲ و ۱	۶ و ۲۸	۲
۷	۷	۳۲ و ۲۸ و ۲۶ و ۲۱ و ۱۹ و ۱۸ و ۱۷ و ۱۳ و ۱۲ و ۱۰ و ۹ و ۸ و ۷ و ۶ و ۵ و ۴ و ۱ و ۳ و ۲ و ۱	۷	۱
۸	۸	۳۲ و ۲۸ و ۲۶ و ۲۱ و ۱۹ و ۱۸ و ۱۷ و ۱۳ و ۱۲ و ۱۰ و ۹ و ۸ و ۷ و ۶ و ۵ و ۴ و ۱ و ۳ و ۲ و ۱	۸	۱
۹	۳۰ و ۲ و ۸ و ۷ و ۶ و ۳	۲۸ و ۱۹ و ۱۸ و ۱۲ و ۱۰ و ۹ و ۸ و ۷ و ۶ و ۵ و ۴ و ۱	۹ و ۲۸	۲
۱۰	۳۰ و ۲ و ۸ و ۷ و ۶ و ۳ و ۱	۱۰	۱۰	۴
۱۱	۱۱	۱۸ و ۱۱	۱۱	۱
۱۲	۳۰ و ۲ و ۸ و ۷ و ۶ و ۵ و ۴ و ۱ و ۳ و ۹ و ۸ و ۷ و ۶ و ۵ و ۳ و ۲ و ۱	۱۲	۱۲	۶
۱۳	۳۰ و ۲ و ۸ و ۷ و ۶ و ۵ و ۳ و ۱	۱۸ و ۱۳ و ۱۲ و ۴	۱۳	۴
۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱
۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱
۱۶	۱۶	۱۶	۱۶	۱
۱۷	۳۰ و ۲ و ۸ و ۷ و ۶ و ۳ و ۱	۱۷	۱۷	۳
۱۸	۳۰ و ۲ و ۸ و ۷ و ۶ و ۵ و ۴ و ۱ و ۳ و ۹ و ۸ و ۷ و ۶ و ۵ و ۳ و ۲ و ۱	۲۸ و ۱۸	۲۸ و ۱۸	۵
۱۹	۳۰ و ۲ و ۸ و ۷ و ۶ و ۵ و ۳ و ۱	۲۸ و ۱۹ و ۱۸ و ۱۲ و ۴	۱۹	۴
۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۱
۲۱	۳۰ و ۲ و ۸ و ۷ و ۶ و ۳ و ۱	۲۱ و ۱۲ و ۴	۲۱	۳

۲۲	۲۲	۲۲	۲۲	۱
۲۳	۲۳	۲۸ و ۲۳ و ۱۹ و ۱۸ و ۱۲ و ۱۰ و ۹ و ۵ و ۲	۲۳	۱
۲۴	۲۴	۲۴	۲۴	۱
۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۱
۲۶	۳۰ و ۲۶ و ۷ و ۶	۲۶ و ۱۸ و ۱۲ و ۴	۲۶	۳
۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۱
۲۸	۳۰ و ۲۹ و ۲۸ و ۲۳ و ۱۹ و ۱۸ و ۹ و ۸ و ۷ و ۶ و ۵ و ۱	۲۸ و ۱۸ و ۱۲ و ۶ و ۴	۲۸ و ۱۸ و ۶	۵
۲۹	۲۹	۲۹ و ۲۸ و ۱۸ و ۱۲ و ۴	۲۹	۱
۳۰	۳۰	۳۰ و ۲۸ و ۲۶ و ۲۱ و ۱۹ و ۱۸ و ۱۷ و ۱۳ و ۱۲ و ۱۰ و ۹ و ۵ و ۴ و ۱	۳۰	۱
۳۱	۳۱	۳۱	۳۱	۱
۳۲	۳۲ و ۸ و ۷ و ۶ و ۵ و ۲	۳۲	۳۲	۴

با توجه به نتایج جدول ۵ مولفه‌های مشوق‌های صادراتی، حمایت از ایده‌های نوآورانه کارکنان، یادگیری و کارگروهی (جمعی) و مشارکت، تعهد و احساس تعلق کارکنان به سازمان، ظرفیت انطباق‌پذیری و فرهنگ منعطف، کنترل هزینه‌ها، ذخایر مرتبط با زیر ساخت‌ها، تجهیزات و قطعات یدکی کلیدی، انعطاف‌پذیری خط تولید، نوسازی و راندمان ماشین‌آلات، تراکم جمعیت و کشف و توسعه بازار جزو متغیرهای مستقل هستند که کمترین میزان تاثیرگذاری و تاثیرپذیری را دارند، بنابراین کنار گذاشته می‌شوند. در بالاترین سطح مدل، تلاش در جهت اصلاح و تنظیم قوانین، جبران خسارات، برگشت پذیری به شرایط شغلی مناسب و برگزاری سمینار و جلسات آموزشی و ارائه خدمات مشاوره‌ای و در پایین‌ترین سطح مولفه‌های تامین‌کنندگان و پیمانکاران متعدد و آموزش کارکنان و انتقال یادگیری قرار گرفته‌اند که همانند زیربنای مدل عمل می‌کنند و مدل از این مورد شروع شده و به سایر متغیرها منجر می‌شود. در سطوح بعدی، متغیرهای دیگر قرار دارند که در نمودار زیر آورده شده است. در نهایت با حذف روابط غیر مستقیم و بر اساس ماتریس تجمیعی خبرگان می‌توان نمودار علی مولفه‌های ارتقاء تاب آوری صنعتی را که نشان دهنده مدل مفهومی ارتقاء تاب آوری صنعتی می‌باشد به صورت نمودار ۲ ترسیم نمود.



شکل ۴. مدل ISM برای ارتقاء تاب آوری صنعتی

با توجه به نمودار فوق از میان ۳۲ متغیر بررسی شده این پژوهش ۷ متغیر تحویل به موقع و خدمات پس از فروش، آموزش کارکنان و انتقال یادگیری، ذخایر مالی، تامین کنندگان و پیمانکاران متعدد، سطح کشف و توسعه بازار و دانش و ارتباط سازمانی، نگرش به تغییر و تفکر استراتژیک و توانمندی در نوآوری و توسعه محصول جدید، متغیرهای کلیدی این تحقیق هستند. برای تحلیل دقیق‌تر شرایط پیش‌رو از صاحب نظران و متخصصان موضوع در این زمینه نظرخواهی شد (۱۰ نفر به صورت گلوله برفی) تا به کیفیت و دقت کار افزوده شود. براساس وضعیت‌های احتمالی آینده پیش روی تاب آوری صنعتی مجموعاً ۲۱ وضعیت مختلف برای ۷ عامل کلیدی طراحی شده است که این وضعیت‌ها طیفی از شرایط مطلوب تا نامطلوب را شامل می‌شود، یعنی تعداد ۳ وضعیت احتمالی برای هر عامل. فرض‌های مطرح شده تصاویری از آینده‌های ممکن و باورپذیر پیش روی تاب آوری صنعتی را متصور می‌شوند که فرض خوش‌بینانه بیانگر بهترین حالت، فرض بینابین بیانگر ادامه روند فعلی و وضع موجود و در نهایت فرض بدبینانه بیانگر نامناسب‌ترین وضعیت پیش روی عوامل کلیدی موثر در تاب آوری صنعتی می‌باشد.

جدول ۶. عوامل کلیدی و وضعیت‌های احتمالی مربوط به تاب‌آوری صنعتی

عوامل کلیدی	عدم قطعیت‌ها	علامت
تحويل به موقع و خدمات پس از فروش	افزایش تحويل به موقع و خدمات پس از فروش	A۱
	ادامه روند وضعیت موجود تحويل به موقع و خدمات پس از فروش	A۲
	کاهش تحويل به موقع و خدمات پس از فروش	A۳
آموزش کارکنان و انتقال یادگیری	بهبود وضعیت آموزش کارکنان و انتقال یادگیری	G۱
	ادامه روند وضعیت موجود آموزش کارکنان و انتقال یادگیری	G۲
	وخیم تر شدن وضعیت آموزش کارکنان و انتقال یادگیری	G۳
ذخایر مالی	بهبود وضعیت ذخایر مالی	E۱
	ادامه روند وضعیت موجود ذخایر مالی	E۲
	وخیم تر شدن وضعیت ذخایر مالی	E۳
تامین کنندگان و پیمانکاران متعدد	افزایش تامین کنندگان و پیمانکاران متعدد	B۱
	ادامه روند وضعیت موجود تامین کنندگان و پیمانکاران متعدد	B۲
	کاهش تامین کنندگان و پیمانکاران متعدد	B۳
سطح کشف و توسعه بازار و دانش و ارتباط سازمانی	افزایش فاصله مناسب از سطح کشف و توسعه بازار و دانش و ارتباط سازمانی	H۱
	ادامه روند وضعیت موجود فاصله از سطح کشف و توسعه بازار و دانش و ارتباط سازمانی	H۲
	کاهش فاصله از سطح کشف و توسعه بازار و دانش و ارتباط سازمانی	H۳
نگرش به تغییر و تفکر استراتژیک	بهبود وضعیت نگرش به تغییر و تفکر استراتژیک	C۱
	ادامه روند وضعیت موجود نگرش به تغییر و تفکر استراتژیک	C۲
	وخیم‌تر شدن وضعیت نگرش به تغییر و تفکر استراتژیک	C۳
توانمندی در نوآوری و توسعه محصول جدید	بهبود وضعیت توانمندی در نوآوری و توسعه محصول جدید	F۱
	ادامه روند وضعیت موجود توانمندی در نوآوری و توسعه محصول جدید	F۲
	وخیم تر شدن وضعیت توانمندی در نوآوری و توسعه محصول جدید	F۳

بعد از تشکیل فضای ترکیبی برای سناریوها، مسئله اصلی انتخاب و گزینش تعداد محدودی سناریو از میان آن است. روش تحلیل تأثیرات متقابل یکی از بهترین روش‌هایی است که امکان تشخیص سناریوهای باورپذیر را فراهم می‌کند. این نرم افزار با محاسبات پیچیده، امکان استخراج سناریوهای با احتمال قوی، سناریوهای با احتمال ضعیف و سناریوهای با احتمال سازگاری و انطباق بالا را فراهم می‌کند. با توجه به وسعت ماتریس و ابعاد آن با اندازه‌ی «۲۱×۲۱» با کمک نرم‌افزار سناریویزارد و براساس داده‌های پرسش‌نامه، سناریوهای ترکیبی مشتمل بر همه‌ی وضعیت‌های احتمالی تحلیل شده است که خروجی این تحلیل استخراج ۴۲۰ سناریوی ممکن، ۴ سناریوی با سازگاری بالا و ۳ سناریوی قوی است. همانطور که پیدا است ماهیت و کارکرد این نرم‌افزار به کاهش ابعاد احتمالی وقوع سناریوها، از میان هزاران سناریو به چند سناریوی محدود با احتمال وقوع بالا کمک می‌کند. همچنین مابقی سناریو ضعیف (ممکن) تشخیص داده شد که با توجه به تعداد زیاد آن‌ها، پرداختن به آن در راستای هدف مطالعه حاضر نیست. در جدول ۷، سناریوهای باورکردنی همراه با کد وضعیت‌های هر سناریو ارائه شده است.

جدول ۷. وضعیت عوامل کلیدی به تفکیک سناریوها

عوامل کلیدی/سناریوها	تحويل به موقع و خدمات پس از فروش	تامین کنندگان و پیمانکاران متعدد	نگرش به تغییر و تفکر استراتژیک	ذخایر مالی و توانمندی در نوآوری و توسعه محصول جدید	آموزش کارکنان و انتقال یادگیری بازار و دانش و ارتباط سازمانی	سطح کشف و توسعه
S۱	بینابین	کاملاً مطلوب	کاملاً مطلوب	کاملاً مطلوب	کاملاً مطلوب	کاملاً مطلوب
S۲	بینابین	کاملاً مطلوب	کاملاً مطلوب	کاملاً مطلوب	کاملاً مطلوب	کاملاً مطلوب
S۳	بینابین	بینابین	بینابین	کاملاً مطلوب	کاملاً مطلوب	کاملاً مطلوب
S۴	بحرانی	بحرانی	بحرانی	بحرانی	بحرانی	بحرانی
جمع بندی	کاملاً مطلوب -۰	کاملاً مطلوب -۲	کاملاً مطلوب -۲	کاملاً مطلوب -۲	کاملاً مطلوب -۲	کاملاً مطلوب -۳
	بینابین -۳	بینابین -۱	بینابین -۱	مطلوب -۱	بینابین -۱	بینابین -۰
	بحرانی -۱	بحرانی -۱	بحرانی -۱	۳	بحرانی -۱	بحرانی -۱
				بینابین -۰		
				بحرانی -۱		
				۱		

از مجموع ۲۸ وضعیت موجود سناریوهای قوی، تعداد ۱۵ وضعیت کاملاً مطلوب (۵۴ درصد) تعداد ۶ وضعیت بینابین (۲۱ درصد) و تعداد ۷ وضعیت بحرانی (۲۵ درصد) را نشان می‌دهد. نتایج حاکی از آن است که بیش از نیمی از حالت‌های موجود در صفحه سناریوهای قوی، در وضعیت کاملاً مطلوب قرار دارند و پس از آن وضعیت بحرانی و در نهایت وضعیت بینابین کمترین میزان را به خود اختصاص داده است.

بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش حاضر که با هدف شناسایی پیشران‌های کلیدی مؤثر بر تاب‌آوری صنعتی و تدوین سناریوهای تاب‌آوری در صنعت قطعه‌سازی خودرو انجام گرفت، نشان می‌دهد که متغیرهایی نظیر آموزش کارکنان و انتقال یادگیری، ذخایر مالی، توانمندی در نوآوری و توسعه محصول جدید، نگرش به تغییر و تفکر استراتژیک، سطح کشف و توسعه بازار، ارتباطات سازمانی، تحويل به موقع و تنوع در تأمین‌کنندگان و پیمانکاران، از جمله مهم‌ترین متغیرهای اثرگذار بر تاب‌آوری صنعتی محسوب می‌شوند. تحلیل ماتریس‌های اثرگذاری و اثرپذیری مستقیم و غیرمستقیم نیز حاکی از آن بود که ساختار سیستم مورد بررسی در وضعیت ناپایدار قرار دارد و توزیع متغیرها در نمودارهای M CMAC، این وضعیت را تأیید کرده است. این یافته‌ها به‌روشنی نشان می‌دهد که تاب‌آوری در صنعت قطعه‌سازی خودرو بیش از هر چیز به عوامل انسانی، مدیریتی و زیرساختی وابسته است، نه صرفاً به قابلیت‌های فنی یا تولیدی.

یکی از مهم‌ترین یافته‌ها، تأثیر بالای آموزش کارکنان و انتقال یادگیری بر سایر متغیرهای مدل تاب‌آوری صنعتی بود. این یافته با مطالعات پیشین مطابقت دارد که آموزش سازمانی را یکی از مؤلفه‌های کلیدی در توسعه ظرفیت‌های تاب‌آورانه دانسته‌اند. به‌عنوان مثال، در پژوهش (Manuj et al., 2024) اشاره شده است که توانمندسازی منابع انسانی از طریق آموزش و یادگیری می‌تواند به بهبود سازگاری سیستم در مواجهه با بحران‌ها کمک کند. همچنین (Gebauer & Tangour, 2023) نیز در بررسی خود به نقش حیاتی آموزش در حفظ تداوم عملیات زنجیره تأمین در دوران پاندمی اشاره داشته‌اند. به‌طور مشابه، یافته‌های پژوهش حاضر نیز نشان داد که آموزش و یادگیری سازمانی در سطوح پایین مدل علی قرار دارند و به‌عنوان زیرساخت‌هایی برای توسعه سایر مؤلفه‌های تاب‌آوری عمل می‌کنند.



عامل دیگری که در پژوهش حاضر شناسایی شد، اهمیت ذخایر مالی و انعطاف‌پذیری اقتصادی در مواجهه با تغییرات محیطی است. این نتیجه با نتایج تحقیقات (Chaudhuri et al., 2024) و (Zhou, 2024) مطابقت دارد که تأکید کرده‌اند تاب‌آوری سازمانی در شرایط پریسک، به‌ویژه در صنایع با ساختار تأمین پیچیده، نیازمند ذخایر مالی برای مقابله با بحران‌های نقدینگی و نوسانات تقاضاست. یافته‌های این پژوهش نیز مؤید آن است که دسترسی به منابع مالی به‌عنوان یکی از پیشران‌های اصلی، نقش محوری در توسعه توان پاسخ‌دهی به اختلالات دارد و نبود آن منجر به اختلال در آموزش، تولید، تبلیغات و سایر فعالیت‌های کلیدی می‌شود.

توانمندی در نوآوری و توسعه محصول جدید نیز در تحلیل‌های مدل DEMATEL-I SM در سطوح تأثیرگذاری بالا قرار گرفت. این یافته با پژوهش (Chamsuk et al., 2017) هماهنگ است که نشان دادند قابلیت‌های تحقیق و توسعه و نوآوری یکی از مهم‌ترین مزیت‌های رقابتی در صنعت قطعه‌سازی است و می‌تواند ضامن تاب‌آوری شرکت‌ها در شرایط رقابتی باشد. به‌ویژه در صنعت خودرو که نوآوری در محصول می‌تواند به تطابق بهتر با نیازهای بازار منجر شود، نهاده‌سازی نوآوری در فرایندها و محصولات یکی از الزامات اساسی بقای سازمانی تلقی می‌شود.

از دیگر پیشران‌های کلیدی مورد توجه در این مطالعه، نگرش به تغییر و تفکر استراتژیک بود که در سطوح تأثیرگذاری میانی قرار گرفت اما اثرات کلیدی بر ساختار کلی مدل داشت. این یافته با مطالعات (Varshavi et al., 2024) هم‌راستا است که نشان دادند رویکردهای استراتژیک در تصمیم‌گیری‌های سازمانی، به‌ویژه در حوزه تأمین و بازاریابی، اثر مستقیمی بر تاب‌آوری سازمان دارد. درواقع، نگرش منعطف نسبت به تحولات بازار و پذیرش تغییرات از سوی مدیران، می‌تواند پیش‌نیاز اجرای بسیاری از راهکارهای تاب‌آورانه مانند ورود به بازارهای جدید، جذب تأمین‌کنندگان متنوع یا اجرای پروژه‌های تحقیق و توسعه باشد.

در بخش تحلیل سناریوها، نتایج نشان داد که سه سناریوی اول پژوهش در وضعیت کاملاً مطلوب قرار دارند و دارای بالاترین میزان سازگاری هستند. این سناریوها تأکید زیادی بر بهبود آموزش، توسعه بازار و ذخایر مالی داشتند و از سوی دیگر، رویکرد تهاجمی و نوآورانه نسبت به تحولات محیطی را مورد تأکید قرار دادند. مقایسه این سناریوها با سناریوی چهارم که وضعیت بحرانی را ترسیم می‌کند، به‌وضوح نشان می‌دهد که غفلت از توسعه مؤلفه‌های تاب‌آوری می‌تواند کل ساختار سیستم صنعتی را با فروپاشی مواجه کند. این تحلیل‌ها با یافته‌های پژوهش (Esmaeili et al., 2021a) هماهنگ است که در آن اشاره شد بدون ساختار مدیریتی مناسب و نگاه بلندمدت به توسعه، سازمان‌های صنعتی قادر به واکنش مؤثر به بحران‌های پیچیده نخواهند بود.

همچنین در بخش تحلیل ارتباطات میان‌سازمانی، مشخص شد که مؤلفه‌هایی نظیر فراهم‌سازی زمینه همکاری میان شرکت‌ها، شبکه‌سازی با رقبا و نهادهای پژوهشی و دریافت بازخورد مشتری در سطح بالایی مدل قرار دارند اما تأثیرگذاری کمی بر سایر متغیرها دارند. این امر با مطالعه (Barati, 2017) همخوان است که در آن اشاره شده بسیاری از تعاملات میان سازمانی، در صورتی که فاقد پشتیبانی منابع داخلی قوی مانند آموزش و مالی باشند، منجر به نتایج بلندمدت نمی‌شوند و تأثیر عملیاتی محدودی دارند. از سوی دیگر، این مؤلفه‌ها بیشتر از وضعیت کلی سیستم تأثیر می‌پذیرند تا آن که بر آن تأثیر بگذارند، که این نیز با مدل مفهومی (Taghizadeh, 2018) قابل تفسیر است.

پژوهش حاضر اگرچه با بهره‌گیری از رویکرد ترکیبی و تحلیل‌های ساختاری-تفسیری توانست تصویر نسبتاً دقیقی از پیشران‌های تاب‌آوری در صنعت قطعه‌سازی ارائه کند، اما همچنان با محدودیت‌هایی روبه‌روست. نخست آن که نمونه تحقیق تنها به فعالان صنعت خودروسازی در تبریز محدود شد که می‌تواند تعمیم‌پذیری نتایج را به سایر مناطق با شرایط اقتصادی، فرهنگی و ساختاری متفاوت کاهش دهد. دوم، ابزار گردآوری داده‌ها بیشتر مبتنی بر مصاحبه‌های کیفی با خبرگان بوده و امکان وجود سوگیری‌های فردی یا نگرشی در نتایج وجود دارد. همچنین استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مانند DEMATEL و MCMAC، نیازمند دقت بالا در تنظیم ماتریس‌ها و قضاوت‌های خبره‌محور است که صحت نتایج تا حدودی وابسته به اعتبار نظرات خبرگان خواهد بود.

برای توسعه بیشتر مطالعات در حوزه تاب‌آوری صنعتی، پیشنهاد می‌شود که پژوهش‌های مشابهی در سطح ملی و با تمرکز بر سایر صنایع حیاتی همچون پتروشیمی، انرژی و الکترونیک انجام گیرد. همچنین استفاده از روش‌های پیشرفته‌تری مانند مدل‌سازی پویایی سیستم‌ها (System Dynamics) می‌تواند تحلیل دقیق‌تری از بازخوردهای زمانی و اثرات متقابل پیشران‌ها در شرایط واقعی فراهم کند. از سوی دیگر، بررسی اثر متغیرهای کلان اقتصادی و محیطی همچون نرخ ارز، تحریم‌ها، سیاست‌های تجاری و تغییرات

فناوری بر میزان تاب‌آوری صنعتی نیز می‌تواند موضوع پژوهش‌های آتی باشد. انجام مطالعات تطبیقی میان کشورها یا مناطق مختلف نیز می‌تواند دیدگاه‌های ارزشمندی در خصوص الگوهای موفق در توسعه تاب‌آوری فراهم سازد.

بر اساس نتایج پژوهش، توصیه می‌شود سیاست‌گذاران صنعتی و مدیران ارشد شرکت‌های قطعه‌سازی، سرمایه‌گذاری بیشتری در زمینه آموزش و یادگیری سازمانی انجام دهند و با طراحی برنامه‌های هدفمند ارتقاء مهارت، کارکنان را برای مواجهه با تغییرات بازار و فناوری آماده کنند. همچنین تقویت ذخایر مالی، توسعه تعاملات با تأمین‌کنندگان جدید، و ورود به بازارهای صادراتی باید در صدر اولویت‌های استراتژیک قرار گیرد. توسعه نوآوری و تحقیق و توسعه درون‌سازمانی نیز می‌تواند به افزایش رقابت‌پذیری و تنوع در محصولات منجر شود. از منظر کلان، ایجاد نهادهای حمایتی و سیاست‌گذاری هماهنگ در سطح ملی برای ارتقای سطح تاب‌آوری صنعتی کشور، ضرورتی حیاتی است.

تشکر و قدردانی

از تمامی کسانی که در طی مراحل این پژوهش به ما یاری رساندند تشکر و قدردانی می‌گردد.

مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله تمامی نویسندگان نقش یکسانی ایفا کردند.

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافی وجود ندارد.

حمایت مالی

این پژوهش حامی مالی نداشته است.

موازین اخلاقی

در انجام این پژوهش تمامی موازین و اصول اخلاقی رعایت گردیده است.

Extended Summary

Introduction

In an era marked by rapidly evolving economic conditions, geopolitical shifts, and frequent disruptions in global value chains, industrial resilience has emerged as a vital strategic capability for manufacturing sectors worldwide. Particularly in the automotive parts manufacturing industry, characterized by complex supply chains, just-in-time production systems, and high dependency on external actors, the need to develop resilient systems has never been more pronounced. Resilience in this context is broadly defined as the capacity of an industrial system to withstand, adapt to, and recover from various types of disruptions while maintaining essential functions and sustaining competitive advantage (Carvalho et al., 2012).



Recent scholarly attention has emphasized that achieving resilience in industrial settings requires a systemic and multi-dimensional approach, integrating organizational, financial, human, and infrastructural factors (Manuj et al., 2024). Theoretical models developed by scholars such as Pettit et al. (2010) and Tang (2006) underline the role of supply chain design, flexibility in sourcing, risk-sharing, and adaptive learning in enabling resilience (Azevedo et al., 2016). Additionally, the application of structural analysis methods like DEMATEL and ISM has proven effective in modeling the interdependencies and causal relationships among resilience drivers in complex industrial ecosystems (Taghizadeh, 2018).

In the context of Iranian automotive parts manufacturing, the urgency of resilience-building is amplified by macroeconomic instability, international sanctions, technological stagnation, and structural inefficiencies within the industry (Barati, 2021). Empirical evidence suggests that the sector suffers from weak strategic collaboration, limited innovation capabilities, and insufficient adaptive planning in response to environmental shocks (Esmaeili et al., 2021a). Given this backdrop, there is a critical need to formulate a causal model that captures the specific resilience drivers of this industry and to construct robust, evidence-based scenarios for improving adaptive capacity and long-term viability (Abedini Nazari et al., 2024).

Prior studies have explored elements such as redundancy, learning and innovation, leadership agility, and collaboration networks as pivotal components of resilience frameworks (Chamsuk et al., 2017; Zhou, 2024). However, most research has not simultaneously addressed the hierarchical positioning of these factors or systematically mapped their interrelations through mixed-method scenario modeling. This study bridges that gap by applying a combined thematic analysis and structural-interpretive modeling approach to identify, analyze, and prioritize key resilience enablers in the Iranian auto parts sector. It also formulates and evaluates prospective scenarios using cross-impact balance analysis, thereby enabling strategic foresight grounded in systemic logic and empirical insight (Chaudhuri et al., 2024; Jum'a et al., 2024).

Methods and Materials

This research adopted an applied, mixed-method design consisting of qualitative and quantitative phases. In the first phase, key drivers of industrial resilience were identified through in-depth semi-structured interviews with twelve experts, including senior managers in automotive parts firms, industrial management professors, and published scholars. Thematic analysis was used to extract and cluster the resilience factors, which were then organized into dimensions and sub-dimensions. A total of 86 open codes were identified, categorized into 16 components, and grouped under four main dimensions.

In the quantitative phase, the DEMATEL-ISM technique was applied to construct a hierarchical causal model, determining the influence and dependence of each component. The cross-impact matrix was analyzed using MICMAC software to assess the direct and indirect effects among variables. Subsequently, scenario planning was conducted using Scenario Wizard, applying the cross-impact balance method (CIB) to explore plausible futures based on the most influential variables. Expert validation ensured the consistency and plausibility of the resulting scenarios.

Findings

The research findings revealed that industrial resilience in the automotive parts sector is shaped by a complex network of interdependent factors. Through thematic analysis, 32 specific variables were identified and organized into four major dimensions: human-managerial, external environment, redundancy, and research and development. The MICMAC matrix indicated that the system is environmentally unstable, with several highly influential but vulnerable components.

Structural-interpretive modeling showed that among the 32 variables, the most influential were: multiple suppliers and contractors, employee training and learning transfer, financial reserves, innovation and product development capabilities,

timely delivery and after-sales services, market discovery and development, and strategic thinking. These variables were located at the lowest levels of the ISM hierarchy, signifying their foundational role in driving resilience throughout the system.

Scenario analysis identified seven key variables and developed three possible future states for each: optimistic, intermediate, and pessimistic. A total of 420 possible combinations were generated, from which four robust scenarios were extracted. Three of these were deemed highly desirable and compatible, while one scenario was categorized as critical. The strong scenarios emphasized the simultaneous importance of human capital, adaptive strategy, financial robustness, and supplier diversification in shaping a resilient industrial system.

The optimal scenario (S1) highlighted the ideal configuration of all seven variables at their best performance levels, including advanced training systems, financial stability, proactive innovation, and diversified supplier networks. Scenario S2 and S3 represented moderate progress with selective improvements, whereas Scenario S4 illustrated a critical scenario characterized by systemic weaknesses across all variables.

Discussion and Conclusion

The results of this study affirm that industrial resilience in the automotive parts manufacturing sector is not a function of isolated capabilities but rather a systemic outcome of dynamic interrelations among human, structural, and strategic factors. The use of the DEMATEL-ISM method enabled a layered understanding of these interrelations, showing that bottom-layer variables such as employee learning, supplier diversity, and financial reserves exert cascading influence on upper-level functions like customer relations, collaboration, and marketing.

By integrating scenario analysis into the modeling process, the study offers a pragmatic roadmap for navigating future uncertainties. The optimistic scenarios underscore the necessity of investment in training, innovation, and cross-organizational partnerships to achieve a resilient and competitive industry. Moreover, the comparative weakness of external collaboration components, as revealed by their low influence scores, suggests that without internal capacity building, external partnerships may not yield meaningful outcomes.

This systemic insight aligns with the findings of earlier research which emphasizes the importance of foundational capabilities—such as operational flexibility and strategic foresight—in building adaptive industrial ecosystems. The position of strategic thinking in the mid-hierarchy of the ISM model further highlights its role as a pivot point that connects lower-level operational variables with higher-level relational and marketing outcomes.

The study contributes to the resilience literature by offering a comprehensive model tailored to the structural and contextual realities of the Iranian automotive parts industry. It not only identifies the primary leverage points for resilience but also demonstrates how these points can be operationalized within coherent future scenarios. As industries in developing economies confront increasing volatility, the insights derived from this research offer both theoretical and practical value for policymakers, managers, and scholars seeking to enhance adaptive capacity through system-oriented strategies.

References

- Abedini Nazari, N., Adab, H., & Chahardoli, A. (2024). Designing a Model for the Integration of Physical, Informational, and Financial Processes in the Supply Chain to Achieve Resilience in the Automotive Industry. *Dynamic Management and Business Analysis*, 3(1), 192-204. <https://doi.org/10.61838/dmbaj.3.1.11>
- Azevedo, S. G., Carvalho, H., & Cruz-Machado, V. (2016). LARG index: A benchmarking tool for improving the leanness, agility, resilience and greenness of the automotive supply chain. *Benchmarking: An International Journal*, 23(6), 1472-1499. <https://doi.org/10.1108/BIJ-07-2014-0072>



- Barati, M. (2017). The Impact of Supply Chain Relationship Management on Competitiveness of SMEs in the Automotive Parts Industry. *Industrial Management Perspective*, 7(26), 169-188.
- Barati, M. (2021). The Impact of Supply Chain Relationship Management on the Competitiveness of Small and Medium-Sized Automotive Parts Manufacturing Companies. *Industrial Management Outlook*(26), 169-188. https://jimp.sbu.ac.ir/article_87205.html
- Carvalho, H., Barroso, A. P., Machado, V. H., Azevedo, S., & Cruz-Machado, V. (2012). Supply chain redesign for resilience using simulation. *Computers & Industrial Engineering*, 62(1), 329-341. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2011.10.003>
- Chamsuk, W., Fongsuwan, W., & Takala, J. (2017). The effects of R&D and innovation capabilities on the Thai automotive industry part's competitive advantage: a SEM approach. <https://doi.org/10.1515/mper-2017-0011>
- Chaudhuri, R., Singh, B., Agrawal, A. K., Chatterjee, S., Gupta, S., & Mangla, S. K. (2024). A TOE-DCV approach to green supply chain adoption for sustainable operations in the semiconductor industry. *International Journal of Production Economics*, 275, 109327. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2024.109327>
- Esmaili, A., Ghazi Nouri, S. S., Naghi Zadeh, M., Bamdad Sofi, J., & Manteghi, M. (2021a). Industrial Development Model in Iran's Automotive Parts Industry: Insights into the Current Reality. *Improvement Management Journal*, 15(1), 125-147.
- Esmaili, A., Ghazi Nouri, S. S., Naghi Zadeh, M., Bamdad Sofi, J., & Manteghi, M. (2021b). Operational Capabilities as a Prerequisite for Participation in the Global Supply Chain of the Automotive Parts Industry: A Multi-Case Analysis. *Journal of Technology Development Management*, 9(1), 95-133. <https://doi.org/10.22104/jtdm.2021.4661.2750>
- Gebauer, M., & Tangour, C. (2023). Resilience to Pandemics Through Flexibility in Sourcing, in Order Fulfillment, and Production Capacity of the Automotive Supply Chain. 365-375. https://doi.org/10.1007/978-3-031-27933-1_34
- Jin, H., & Wang, Z. (2025). A Review of Research on the Impact of the Digital Economy on Automotive Supply Chain Resilience. <https://doi.org/10.3233/faia250011>
- Jum'a, L., Qamardin, S., & Ikram, M. (2024). Developing Resilience Strategies Amid Supply Chain Risks in the Automotive Industry: A Stakeholder Theory Perspective. *Business Strategy and the Environment*, 33(8), 9197-9213. <https://doi.org/10.1002/bse.3977>
- Manuj, I., Herburger, M., & Adana, S. (2024). Supply chain resilience capabilities in automotive and other industries: A mixed method approach. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 39(6), 1311-1336. <https://doi.org/10.1108/JBIM-07-2022-0355>
- Taghizadeh, H. (2018). Identifying and Examining Barriers to Value Creation in the Automotive Parts Industry Using Interpretive Structural Modeling. *Productivity Management Journal*, 12(46), 211-231.
- Varshavi, R., Mohammad Porzarandi, M. E., & Hashemi, S. Z. (2024). Formulating a Suitable Strategy For a Car Parts Manufacturing Company (Case Study: Kosha Afarin Ideal Car Industries Company). *Dynamic Management and Business Analysis*, 2(4), 94-111. <https://doi.org/10.22034/dmbaj.2024.2035823.1038>
- Zhou, Y. (2024). Examining Supply Chain Resilience in the Automotive Industry: A Case Study. *Frontiers in Management Science*, 3(4), 36-38. <https://doi.org/10.56397/fms.2024.08.04>

