چشم‌انداز مدیریت صنعتی
شماره ۲۵ ـ بهار ۱۳۹۶
ص‌ص ۱۷۲ – ۱۴۵

تعیین و وزن‌دهی استراتژی‌های تاب‌آوری در زنجیره تأمین ایران‌خودرو

کاظم روانستان*، حسنعلی آقاجانی، عبدالحمید صفایی قادیکلایی***، محمود یحیی‌زاده‌فر*****

چکیده

پژوهش حاضر به مطالعه و بررسی زنجیره تأمین تاب‌آور شرکت ایران‌خودرو می‌پردازد. هدف این پژوهش تعیین استراتژی‌هایی است که بتواند از وقوع توقفات در خطوط تولید ایران‌خودرو جلوگیری کند و یا در صورت توقف، با کمترین زمان ممکن به حالت قبل از شکست یا مطلوب‌تر از آن بازیابی شود؛ همچنین این پژوهش وزن هر یک استراتژی‌های تاب‌آوری را در زنجیره تأمین ایران‌خودرو تعیین می‌کند. در این پژوهش کلیه حالت‌های شکست که ظرفیت توقف خطوط تولید ایران‌خودرو را دارد از طریق مبانی نظری و نظرهای خبرگان شناسایی شد. در این پژوهش از تکنیک FMEA و FAAO فازی برای تعیین استراتژی‌های تاب‌آوری استفاده شده است. همچنین وزن استراتژی‌های تاب‌آوری با استفاده از روش DANP فازی مشخص شد. خبرگان از طریق تکنیک‌های FMEA و FAAO تعداد ۱۵ استراتژی برای تاب‌آورساختن زنجیره تأمین ایران‌خودرو معرفی کردند. مطابق با تکنیک FDANP نیز وزن هر یک از این استراتژی‌ها مشخص شد.

کلیدواژه‌ها: استراتژی؛ ایران‌خودرو؛ بازیابی؛ تاب‌آوری؛ شکست.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۷/۲۷، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۳/۱۶.

* دانشجوی دکتری، دانشگاه مازندران.
** دانشیار، دانشگاه مازندران (نویسنده مسئول).
E-mail: Aghajani@umz.ac.ir
*** دانشیار، دانشگاه مازندران.
**** استاد، دانشگاه مازندران.

۱. مقدمه

تاب‌آوری، توانایی سیستم زنجیره تأمین برای کاهش احتمال شکست و کاهش پیامدهای آن در زمان بازیابی عملیات برای بازگشت به عملکرد نرمال است [۱۷]. تاب‌آوری به شرکت‌ها این امکان را می‌دهد که شکست‌های زنجیره تأمین را مدیریت کنند و تحویل محصولات و خدمات خود به مشتریان را ادامه دهند [۳۹]. هدف از تجزیه‌وتحلیل و مدیریت تاب‌آوری زنجیره تأمین جلوگیری از انتقال به وضعیت نامطلوب است؛ یعنی جایی که حالت‌های شکست ممکن است رخ دهد. در سیستم‌های زنجیره تأمین، هدف نشان‌دادن واکنش کارا به اثرات منفی آشفتگی‌ها است [۹]؛ بنابراین با توجه به اهمیت موضوع، کارکنان در همه سطوح شرکت باید از شکست‌ها آگاهی داشته باشند و برای یادگیری از شکست‌های هرچند کوچک درون زنجیره تأمین تلاش کنند. مدیران نیز باید یک زیرساخت مناسب برای مدیریت ریسک به‌صورت رسمی با تخصیص نیروی انسانی و منابع اطلاعاتی ایجاد کنند تا مدیریت و پاسخگویی به ریسک‌های واقعی و درک شده را تخصصی سازند [۱].

مورد مطالعه این پژوهش زنجیره تأمین شرکت ایران‌خودرو است. این شرکت بزرگ‌ترین خودروساز خاورمیانه است و بیش از یک میلیون نفر به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم به آن وابسته هستند. این شرکت در طول نیم‌قرن فعالیت بارها تا مرز ورشکستگی و زیان‌دهی پیش رفته است. توقفات متعدد شرکت ایران‌خودرو در این سال‌ها به زیان‌های هنگفت و یا سودهای ازدست‌رفته برای سهامداران منجر شده است و با توجه به تعدد متغیرها در ریسک توقف این شرکت، مدیریت این متغیرها نیز بسیار دشوار بوده است. برای مثال، به علت ادغام «شرکت تالبوت انگلستان» با «شرکت پژو فرانسه» و مشکلات مربوط به جنگ تحمیلی، تولید پیکان از سقف بیش از ۷۰ هزار دستگاه در سال ۱۳۶۳ به سه هزار دستگاه در سال ۱۳۶۸ رسید. سال ۱۳۶۴ با کاهش درآمدهای ارزی نشانه‌های بحران صنعتی، اقتصادی و تولیدی آغاز شد تا آنجا که در سال ۱۳۶۵ کارخانه در آستانه تعطیلی قرار گرفت. در تابستان ۹۱ به علت افزایش نرخ دلار و تشدید تحریم‌ها، تولید خودروهای شرکت ایران‌خودرو در مقایسه با سال پیش به نصف رسید. با توجه به موارد یادشده، مسئله‌ای که این پژوهش به آن می‌پردازد شکست‌های پیش روی این شرکت است که در راستای اقتصاد مقاومتی و حمایت از تولید داخلی ضرورت توجه به آن اجتناب‌ناپذیر است. هدف از این پژوهش تعیین استراتژی‌های تاب‌آوری در زنجیره‌تأمین ایران‌خودرو است؛ بدین معنا که برای هر نوع حالت آشفتگی در زنجیره تأمین این شرکت، استراتژی‌هایی وجود داشته باشد که بتواند در مقابل آن مقاومت کند و حتی اگر این آشفتگی به شکست منجر شد، بتواند فوراً به وضعیت قبلی یا یک وضعیت مطلوب‌تر از گذشته بازیابی شود. نوآوری این پژوهش ارائه یک فرآیند نظام‌مند برای تجزیه‌وتحلیل تاب‌آوری و تعیین

استراتژی‌هایی برای مقابله با حالت‌های شکست قبل و بعد از وقوع شکست و درنهایت تعیین مهم‌ترین این استراتژی‌ها از نظر وزن است و این فرآیند در چند مرحله مرتبط به هم و با تکنیک‌های آماری و کمّی انجام می‌شود. در این مقاله ابتدا تاب‌آوری در زنجیره تأمین تشریح خواهد شد؛ سپس آشفتگی‌ها، عدم‌قطعیت و شکست‌هایی که زنجیره‌تأمین شرکت ایران‌خودرو با آن مواجه هستند و همچنین پارامترها و استراتژی‌های تاب‌آوری معرفی‌شده و در ادامه با تکنیک‌های FMEA و FAAO فازی استراتژی‌های تاب‌آوری در این شرکت تعیین می‌شوند؛ درنهایت نیز وزن‌های استراتژی‌های تاب‌آوری با استفاده از روش DANP فازی تعیین می‌شود.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

تاکنون تعریف‌های نسبتاً زیاد و مشابهی از تاب‌آوری ارائه شده است. رایس و کانیاتو (۲۰۰۳)، توانایی سازمان برای واکنش به یک شکست غیرمنتظره را تاب‌آوری نامیدند [۳۷]. کریستوفر و پک (۲۰۰۴)، توانایی زنجیره تأمین برای غلبه بر رویدادهای همراه با ریسک در جهت برگشت به عملیات قبلی یا حرکت به یک وضعیت جدید و مطلوب‌تر پس از وقوع آشفتگی را به‌عنوان تاب-آوری معرفی کردند [۱۴]. از دیدگاه شفی و رایس (۲۰۰۵)، توانایی برای برگشت از شکست، تاب‌آوری است [۳۹]. آزودو و همکاران (۲۰۰۸)، توانایی زنجیره تأمین برای غلبه برآشفتگی‌های غیرمنتظره را به‌عنوان تاب‌آوری معرفی کردند [۳]. پژوهشگران دیگری تاب‌آوری را به‌صورت توانایی انطباق زنجیره تأمین برای آمادگی در برابر رخدادهای غیرمنتظره، پاسخگویی به شکست‌ها و بازیابی از آن‌ها به‌وسیله حفظ مداوم عملیات در سطح مطلوب و کنترل ساختار و کارکرد معرفی کرده‌اند [۳۴]. برلی و همکاران (۲۰۱۱)، توانایی زنجیره تأمین برای اداره شکست، بدون اثرگذاری مهم بر توانایی خدمت‌دهی به مشتری را تاب‌آوری نامیدند [۵]. قابلیت تاب‌آوری یک شرکت را قادر می‌سازد شکست‌ها را پیش‌بینی و بر آن غلبه کند. این قابلیت می‌تواند از یک شکست واقعی جلوگیری کرده، اثر شکست را تعدیل کند و تطابق را به دنبال یک شکست امکان‌پذیر سازد [۳۳]. در میان همه تعریف‌های ارائه‌شده در مورد تاب‌آوری، عبارت‌ها ممکن است جایگزین هم شوند؛ اما مفهوم اصلی تاب‌آوری، توانایی یک سیستم برای برگشت به یک حالت پایدار بعد از وقوع شکست است [۴۲]. هرچند تعریف برگشت به حالت اصلی بعد از یک تغییر شکل برای تاب‌آوری نظری قلمداد می‌شود؛ اما بسیاری از سازمان‌ها این آگاهی را ندارند که درنظرگرفتن تاب‌آوری زنجیره تأمین به‌عنوان بخشی از استراتژی‌هایی که سازمان‌ها در هنگام توسعه مدیریت ریسک و مدیریت مستمر کسب‌وکار در نظر می‌گیرند، ضروری است [۱۴]. تمرکز بر شکست‌های زنجیره تأمین به شرکت‌ها کمک می‌کند که از شکست‌های قبلی درس بگیرند و آگاهی آن‌ها را نسبت به محیط افزایش می‌دهد تا بتوانند شکست‌های آینده را مدیریت

کنند. برای دستیابی به تاب‌آوری، شرکت‌ها باید بتوانند منابع را در مواجهه با شکست‌ها مجدداً پیکره‌بندی کنند [۱].

با توجه به افزایش رقابت میان شرکت‌ها و پویایی محیط، شرکت‌ها باید به سمت کسب و حفظ قابلیت‌های پویا حرکت کنند که آنها را قادر به سازگاری سریع با نیازهای جدید و کسب عملکرد برتر می کند [۱۶]. در بسیاری از مطالعات بر اهمیت ایجاد تاب‌آوری در نهادهای زنجیره تأمین تأکید شده است و روشی که یک سازمان شکست‌ها را مدیریت می‌کند، می‌تواند تأثیر زیادی بر تصویر آن سازمان و سهم بازارش بگذارد [۲۶]. اهمیت تاب‌آوری در مواجهه با شکست‌های زنجیره تأمین نباید دست‌کم گرفته شود. شرکت‌های تاب‌آور نسبت به شکست‌های زنجیره تأمین کمتر آسیب‌پذیر هستند و در مدیریت شکست‌های زنجیره تأمین تواناتر هستند [۵۱، ۳۳، ۶]. هدف از تجزیه‌وتحلیل و مدیریت تاب‌آوری زنجیره تأمین جلوگیری از انتقال به وضعیت نامطلوب است؛ یعنی جایی که حالت‌های شکست ممکن است رخ دهد. در سیستم‌های زنجیره تأمین، هدف نشان‌دادن واکنش کارا به اثرات منفی آشفتگی‌ها است. هدف از استراتژی-های تاب‌آوری دو بِعد است: ۱. برای بازیابی مقادیر مطلوب شرایطی که آسیب دیده است در یک دوره زمانی قابل‌قبول و با یک هزینه قابل‌قبول؛ ۲. کاهش اثربخشی آشفتگی به‌وسیله تغییر سطح اثربخشی یک تهدید بالقوه [۹].

آشفتگی، عدم‌قطعیت و حالت‌های شکست در زنجیره تأمین. شرکت‌های زنجیره تأمین از وقوع شکست در زنجیره تأمین آسیب می‌بینند و بنابراین کارایی زنجیره تأمین پایین می‌آید [۴۱]. شکست در زنجیره تأمین رخدادی است که جریان کالاها یا خدمات را در زنجیره تأمین منقطع می‌کند [۱۵] و می‌تواند پیامدهای شدید منفی بر عملکرد مالی، بازار و عملیاتی شرکت داشته باشد [۳۲]. شکست‌های زنجیره تأمین رویکردهای برنامه‌ریزی‌نشده‌ای هستند که ممکن است در زنجیره تأمین رخ دهند و احتمالاً بر جریان نرمال یا قابل‌انتظار مواد و اجزا اثر می‌گذارند [۴۳]. در مبانی نظری، اصطلاح آشفتگی [۲۸]، شکست [۷]، آسیب‌پذیری [۴۴] و ریسک [۱۳] به‌جای هم استفاده می‌شوند. آشفتگی به‌صورت رخدادی قابل پیش‌بینی یا غیرقابل‌پیش‌بینی که مستقیماً بر عملیات و ثبات عادی یک سازمان یا یک زنجیره تأمین اثر می‌گذارد تعریف می‌شود [۱۰]. به نظر آزودو و همکاران (۲۰۰۸)، آشفتگی زنجیره تأمین عدم‌صلاحیت زنجیره تأمین در پاسخگویی به آشفتگی‌ها و متعاقباً دستیابی به اهداف است. وقتی شرکت‌ها در معرض آشفتگی قرار بگیرند حالت‌های شکست در زنجیره تأمین ایجاد شده و سبب رخدادهای تصادفی و غیرقابل‌پیش‌بینی مثل بحران سیاسی و اقتصادی یا فجایع محیطی می‌شود؛ مانند حادثه ۱۱ سپتامبر و قطع برق چندروزه در آمریکا [۳]. بلکهورست و همکاران (۲۰۱۱)، آشفتگی‌ها را انحرافی کمّی یا کیفی از

حالت نرمال یا موردانتظار تعریف کردند [۶]. باروسو و همکاران (۲۰۰۸)، آشفتگی‌ها را به‌صورت رخدادی غیرقابل‌پیش‌بینی تعریف کردند که بر عملیات معمول و پایداری یک شرکت یا زنجیره تأمین اثر می‌گذارند [۴].

پارامترهای تاب‌آوری. کارکردهای تاب‌آوری با دو هدف توسعه داده شده‌اند: نخست، برای کاهش شدت آشفتگی از طریق بهبود افزونگی و میدان دید در سیستم. برای مثال، استفاده از گزینه‌هایی برای تحویل و تولید و تسهیم اطلاعات با شرکای زنجیره تأمین؛ دوم، برای بازیابی سریع شرکت به یک رفتار نرمال. برای مثال، تغییر برنامه زمانی تولید یا تحویل یا توسعه یک پاسخ معمول زنجیره تأمین [۱۲]. شدت اثرات منفی آشفتگی بر عملکرد زنجیره تأمین با وجود ویژگی‌های مشخص در زنجیره تأمین که توانایی جذب خسارات بالقوه و کمینه‌کردن شدت حالات خرابی را فراهم می‌کند، مرتبط است. بعد از وقوع رخداد شکست، مدیران زنجیره تأمین کارکردهایی را برای برگشت به حالت اول اجرا می‌کنند. این سیاست‌ها با طرح‌های اقتضایی مرتبط هستند که در آن، شرکت اقداماتی را در صورت وقوع شکست انجام می‌دهد [۴۵]. کارکردهای اقتضایی مؤثرتر است که زمان بازیابی کوتاه‌تری داشته باشد [۱۲]. کرایقد و همکاران (۲۰۰۷)، شدت شکست و ارتباط به سه ویژگی طراحی زنجیره تأمین یعنی تراکم، پیچیدگی و اهمیت و دو قابلیت کاهش در زنجیره تأمین یعنی بازیابی و هشدار را موردمطالعه قرار دادند. آن‌ها اشاره کردند که همراه با افزایش ظرفیت بازیابی درون یک زنجیره تأمین، برگشت زنجیره تأمین به سطح نرمال سریع‌تر و شدت شکست کمتر خواهد بود؛ درنتیجه اگر یک رخداد برنامه‌ریزی‌نشده، زنجیره تأمینی را که قابلیت سریع و مؤثر در پاسخگویی دارد، تهدید کند احتمالاً شدت کمتری خواهد داشت نسبت به اینکه بر یک زنجیره تأمین با قابلیت کم بازیابی اثر بگذارد [۱۵]. تاب‌آوری زنجیره تأمین با توسعه قابلیت‌های زنجیره تأمین مرتبط است که آمادگی رخداد را سبب می‌شود و یک پاسخ کارا و مؤثر فراهم می‌کند تا از بازیابی سریع به حالت مطلوب سیستم که بر هم خورده است، پشتیبانی کند [۳۴]. ترابی و همکاران (۲۰۱۵)، برای هر تأمین‌کننده پروفایلی در نظر گرفتند که انواع مختلف رخدادهای شکست که می‌تواند هر تأمین‌کننده را با توقف مواجه سازد؛ احتمال این رخدادهای شکست و اثر آن‌ها بر فرآیندها/ عملیات مهم تأمین‌کننده و همچنین ظرفیت تولید آن‌ها و درنهایت زمان‌های بازیابی برآوردشده برای رخدادهای مختلف شکست راشامل می‌شود [۴۶]. پژوهشگران چارچوبی توسعه دادند که شامل رویکردی کیفی برای اندازه‌گیری تاب‌آوری بر حسب هزینه‌های متحمل‌شده در بازیابی از شکست است. این چارچوب همچنین یک رویکرد کیفی را شامل می‌شود که ویژگی‌های کیفی

زنجیره تأمین که بر تاب‌آوری اثر می‌گذارد را موردآزمون قرار می‌دهد تا مسیرهایی برای بهبود بالقوه فراهم کند [۴۹].

استراتژی‌های تاب‌آوری. توانایی برای واکنش مقتضی به شکست‌ها، خواه طبیعی و خواه غیرطبیعی، ضرورتی استراتژیک برای بقای کسب‌وکار است؛ به‌ویژه زمانی که سازمان متشکل از تعدادی شبکه به هم وابسته از نهادها است [۲۰]. قابلیت پاسخگویی، انعطاف‌پذیری، روابط قوی با تأمین‌کنندگان، توانایی سازمان برای تأثیرگذاری بر تقاضا، تعهد به سازمان و همسانی در فرآیندها و رویه‌ها در مدیریت مؤثر شکست‌های زنجیره تأمین ضروری هستند [۲۶]. برای کمک به سازمان‌ها برای تاب‌آورترشدن و همچنین آسیب‌پذیری کمتر نسبت به آشفتگی‌ها باید استراتژی‌های طراحی مناسبی تعریف شوند [۲۷]. کلیندرفر و ساعد (۲۰۰۵)، سه وظیفه اصلی برای مدیریت ریسک شناسایی کردند: مشخص‌کردن منابع ریسک و آسیب‌پذیری، ارزیابی ریسک و کاهش ریسک [۲۴]. همان‌گونه که زنجیره تأمین در آن سوی مرزها توسعه یافته است، نیاز به رشد برای مدیریت شکست‌های زنجیره تأمین از منظر چندملیتی وجود دارد [۳۶]. مدیران زنجیره تأمین باید روش‌هایی برای تجزیه‌وتحلیل عواملی که تاب‌آوری زنجیره تأمین را در مقابل شکست‌ها تعیین می‌کنند، بهبود دهند [۴۱]. توانمندسازی تأمین‌کنندگان در مقابل شکست‌های اصلی، استراتژی فعالانه دیگری است که مدیران زنجیره تأمین اخیراً به‌کار می‌گیرند تا اثرات ریسک‌های شکست را کاهش دهند [۴۶]. شرکت‌ها می‌توانند تاب‌آوری را به سه روش کلی توسعه دهند: ۱. ایجاد افزونگی در سرتاسر زنجیره تأمین. برای مثال با نگه‌داشتن موجودی اضافی و قرارداد با چندین تأمین‌کننده؛ ۲. افزایش انعطاف‌پذیری زنجیره تأمین. برای مثال با اتخاذ فرآیندهای استانداردشده و استفاده از فرآیندهای همزمان به‌جای متوالی و طراحی تأخیراندازی؛ ۳. تغییر فرهنگ شرکت [۳۸].

۳. روش‌شناسی پژوهش

جامعه آماری پژوهش حاضر مدیران و کارشناسان مرتبط با واحد برنامه‌ریزی و لجستیک «شرکت ساپکو» هستند. این افراد در حوزه‌های مربوط به زنجیره تأمین منتهی به «شرکت ایران‌خودرو»و آشفتگی‌ها و شکست‌های خطوط تولید «شرکت ایران‌خودرو» به علت شکست‌های مربوط به این شرکت (به‌عنوان سازمان مادر) و همچنین بازیابی از شکست، خبره هستند. در پژوهش حاضر از نظرهای رؤسای واحدهای برنامه‌ریزی و لجستیک و یا افرادی که از طرف آن‌ها معرفی شده‌اند و دارای تخصص مرتبط بیشتری هستند استفاده شده است. برای جمع‌آوری داده‌ها با توجه به مبانی نظری پژوهش و نظرهای خبرگان، حالت‌های شکست و عدم‌قطعیت در زنجیره تأمین «ایران‌خودرو» شناسایی شد و برای اندازه‌گیری داده‌ها، پرسشنامه

به‌کار رفت. متغیرهای پرسشنامه توسط افراد خبره که در حوزه‌های موردپژوهش تخصص کافی دارند و از مبانی نظری استخراج شد. خبرگان به‌صورت گروهی به پرسشنامه‌های FMEA و FAAO و DANP پاسخ دادند. برای اثبات روایی مناسب پرسشنامه، در طراحی سؤال‌ها، جملات قابل‌فهم و بدون‌ابهام به‌کار رفت. پس از طراحی پرسشنامه (در دو مرحله)، برای افزایش روایی از نظرهای خبرگان استفاده شد و مطابق با نظرهای اصلاحی این افراد اطمینان حاصل شد که سؤال‌های پرسشنامه مرتبط با مفهوم و مدل‌های پژوهش هستند؛ درنهایت تعداد ۷ نفر برای پاسخگویی گروهی به پرسشنامه‌های FMEA، FAAO و DANP انتخاب شدند.

در این پژوهش با استفاده از داده‌های کتابخانه‌ای و نظرهای خبرگان، عوامل و حالت‌های شکست مؤثر بر ریسک توقف خطوط تولید «ایران‌خودرو» شناسایی شد؛ سپس با استفاده از تکنیک FMEA فازی، مهم‌ترین این عوامل مطابق با روش FMEA انتخاب و استراتژی‌هایی برای تاب‌آوری زنجیره تأمین و مقابله با عوامل بالقوه ایجاد شکست تعیین شدند. در ادامه مهم‌ترین عوامل و حالت‌های شکست که در تکنیک FMEA شناسایی شدند و در چند سال اخیر موجب بروز توقفات متعدد در شرکت ایران‌خودرو بودند با استفاده از تکنیک FAAO فازی موردبررسی قرار گرفتند و استراتژی‌هایی برای بازیابی مناسب از شکست ارائه شدند؛ درنهایت وزن استراتژی‌های مشخص‌شده در مراحل قبل با روش DANP فازی تعیین شد.

تجزیه‌وتحلیل حالت‌های شکست و اثرات آن (FMEA). در دهه ۱۹۵۰ اهمیت مسائل ایمنی و پیشگیری از حوادث قابل‌پیش‌بینی در صنعت هوافضا، علت اصلی پیدایش FMEA شد. FMEA تکنیکی تحلیلی و متکی بر قانون پیشگیری قبل از وقوع است که برای شناسایی عوامل بالقوه خرابی به‌کار می‌رود. تهیه FMEA نیازمند فعالیت گروهی است. از تکنیک FMEA در موارد بسیاری استفاده شده است؛ اما در زنجیره تأمین تاب‌آور تاکنون این تکنیک کاربرد نداشته است؛ بنابراین در پژوهش حاضر از این تکنیک برای شناسایی استراتژی‌های زنجیره تأمین «شرکت ایران‌خودرو» استفاده می‌شود. تکنیک FMEA در این پژوهش برای زمان قبل از بروز شکست است. به‌منظور انجام FMEA، گروه باید کلیه حالت‌های شکست، اثرات شکست و شدت آن‌ها، احتمال وقوع شکست و قدرت تشخیص کنترل‌های موجود را تعیین کند و به هر یک از عوامل شدت شکست، احتمال وقوع شکست و قدرت تشخیص عددی تخصیص دهد. از ضرب این اعداد عدد اولویت ریسک[1] (RPN) حاصل می‌شود و مطابق با قانون پارتو، ۲۰ تا ۳۰ درصد از بالاترین مقادیر RPN انتخاب می‌شوند تا اقدامات مقتضی برای کاهش عدد RPN با کاهش شدت شکست یا احتمال وقوع شکست و یا افزایش قدرت تشخیص

1. Risk Priority Number

شکست تعیین شوند. با توجه به اینکه FMEA در این پژوهش به‌صورت فازی انجام می‌شود، مقادیر شدت شکست، احتمال وقوع شکست و قدرت تشخیص به‌صورت اعداد فازی مثلثی هستند؛ بنابراین RPN مطابق با ضرب اعداد فازی به‌صورت رابطه ۱، محاسبه می‌شود:

رابطه (۱) $(l_1,m_1,u_1)^* (l_2,m_2,u_2)^* (l_3,m_3,u_3)= (l_1l_2l_3,m_1m_2m_3,u_1u_2u_3)$

متغیرهای زبانی و اعداد فازی مربوطه برای شدت شکست، احتمال وقوع شکست و قدرت تشخیص به‌ترتیب در جدول‌های ۱، ۲ و ۳ نشان داده شده است [۵۰].

جدول ۱. درجه‌بندی فازی برای احتمال وقوع شکست

درجه‌بندی	بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم	بسیار کم
عدد فازی	(۹ ،۱۰،۱۰)	(۷ ،۸ ،۹)	(۴ ،۶ ،۷)	(۲ ،۳ ،۴)	(۱ ،۱ ،۲)

جدول ۲. درجه‌بندی فازی برای شدت شکست

درجه‌بندی	پرخطر بدون هشدار	پرخطر با هشدار	بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم	بسیار کم	ناچیز	بسیار ناچیز	هیچ
عدد فازی	(۹ ،۱۰،۱۰)	(۸ ،۹،۱۰)	(۷ ،۸،۹)	(۶ ،۷،۸)	(۵ ،۶،۷)	(۴،۵،۶)	(۳ ،۴،۵)	(۲ ،۳،۴)	(۱ ،۲،۳)	(۱ ،۱،۲)

جدول ۳. درجه‌بندی فازی برای قدرت تشخیص

درجه‌بندی	کاملاً غیرممکن	بسیار بعید	بعید	بسیار کم	کم	متوسط	متوسط تا زیاد	زیاد	خیلی زیاد	تقریباً قطعی
عدد فازی	(۹ ،۱۰،۱۰)	(۸ ،۹،۱۰)	(۷ ،۸،۹)	(۶ ،۷،۸)	(۵ ،۶،۷)	(۴،۵،۶)	(۳ ،۴،۵)	(۲ ،۳،۴)	(۱ ،۲،۳)	(۱ ،۱،۲)

تجزیه‌وتحلیل شکست بعد از وقوع (FAAO). تکنیک‌هایی که در زمینه‌های کیفی یا غیرکیفی وجود دارند غالباً بر مبنای پیشگیری از حالت‌های شکست هستند؛ اما در دنیای واقعی هزاران نوع شکست در زمینه‌های مختلف و در انواع صنایع ازجمله خودروسازی رخ می‌دهد؛ ولی تکنیک خاصی که به‌طور مؤثر بتواند شکست‌ها را تجزیه‌وتحلیل کند و استراتژی‌هایی را به‌صورت نظام‌مند ارائه دهد تاکنون معرفی نشده است؛ بنابراین این پژوهش درصدد است تا

تکنیک FAAO را برای نخستین بار به‌صورت عمومی در زنجیره تأمین و به‌طور خاص در زنجیره تأمین تاب‌آور «شرکت ایران‌خودرو» معرفی کند. این تکنیک علاوه بر شکست‌های زنجیره تأمین، در موارد مشابه، ازجمله مشکلات کیفی پس از وقوع نیز قابل‌تعمیم است. همانند تکنیک FMEA، اساس کار تکنیک FAAO بر مبنای تشکیل گروه چند تخصصی است تا بهترین عملکرد خروجی ایجاد شود. به‌منظور انجام FAAO فازی گروه باید موارد زیر را مطابق با جدول ۴ تعیین کند:

۱. زمان بازیابی: اگر بازیابی از شکست بسیار مشکل و نیاز به زمان زیادی داشته باشد، عدد بالا و و اگر بازیابی از شکست فوری و در زمان کمی امکان‌پذیر باشد، عدد پایین منظور می‌شود.

۲. هزینه بازیابی: اگر برای بازیابی هزینه‌های هنگفتی متناسب با هزینه شکست لازم باشد، عدد بالا و اگر هزینه ناچیزی برای بازیابی لازم باشد، عدد پایین منظور می‌شود.

۳. کیفیت بازیابی: اگر کیفیت بازیابی به‌اندازه درصد بسیار کمی از حالت قبل از شکست باشد، عدد بالا و اگر کیفیت بازیابی بسیار بیشتر از حالت قبل از شکست باشد عدد پایین منظور می‌شود.

۴. عدد اولویت ریسک (RPN) که حاصل‌ضرب امتیازات زمان بازیابی، هزینه بازیابی و کیفیت بازیابی است. همانند FMEA، در FAAO نیز مقادیر RPN بالا مطابق با قانون پارتو برای تعیین اقدامات اصلاحی بررسی و تحلیل می‌شود. با توجه به اینکه FAAO در این پژوهش به‌صورت فازی انجام می‌شود، مقادیر زمان بازیابی، هزینه بازیابی و کیفیت بازیابی نیز به‌صورت اعداد فازی مثلثی هستند؛ بنابراینRPN مطابق با ضرب اعداد فازی به‌صورت رابطه ۱، محاسبه می‌شود. درنهایت RPN از روش میانگین دی‌فازی می‌شود. متغیرهای زبانی و اعداد فازی مربوطه برای زمان بازیابی، هزینه بازیابی و کیفیت بازیابی به‌ترتیب در جدول ۴، نشان داده شده است.

جدول ۴. درجه‌بندی فازی برای زمان بازیابی، هزینه بازیابی و کیفیت بازیابی

درجه‌بندی	بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم	بسیار کم
عدد فازی	(۹، ۱۰، ۱۰)	(۷، ۸، ۹)	(۴، ۶، ۷)	(۱، ۳، ۴)	(۱، ۱، ۲)

مراحل انجام FDANP. در پژوهش حاضر، به‌منظور تعیین اولویت استراتژی‌های تاب‌آوری از DANP فازی استفاده شده است. فازهای پژوهش و گام‌های هر فاز به شرح زیر است:

فاز نخست: به‌کارگیری تکنیک دیمتل فازی برای محاسبه تأثیرات متقابل میان ابعاد و عوامل:

گام نخست، ترسیم ساختار شبکه‌ای: ابتدا مسئله به‌صورت مدل شبکه‌ای سازمان‌دهی می‌شود؛

گام دوم، تشکیل ماتریس ارتباط مستقیم فازی ($\tilde{Z}$): در تشکیل ماتریس ارتباط مستقیم فازی ابعاد و عوامل از مقیاس فازی استفاده می‌شود. معیار متغیرهای زبانی و اعداد فازی مثلثی متناظر با آن‌ها در جدول ۵، نشان داده شده است [۲۵]؛

جدول ۵. متغیرهای زبانی و اعداد فازی مثلثی متناظر

درجه‌بندی	تأثیر بسیار زیاد (٤)	تأثیر زیاد (۳)	تأثیر متوسط (۲)	تأثیر کم (۱)	بدون تأثیر (۰)
عدد فازی	(۴، ۴، ۳)	(۴، ۳، ۲)	(۳، ۲، ۱)	(۲، ۱، ۰)	(۱، ۰، ۰)

گام سوم، تشکیل ماتریس نرمالیزه شده ماتریس ارتباط مستقیم فازی ($\tilde{X}$): به‌منظور نرمالیزه‌کردن ماتریس $\tilde{Z}$، از روش بی‌مقیاس‌سازی خطی مطابق با رابطه ۲، استفاده شده است:

رابطه (۲) $$\tilde{a}_i = \sum_{j=1}^{n} \tilde{Z}_{ij} = \left(\sum_{j=1}^{n} l_{ij}\ , \sum_{j=1}^{n} m_{ij}\ , \sum_{j=1}^{n} u_{ij}\right) \text{and } r = \max_{1\le i\le n}\left(\sum_{j=1}^{n} u_{ij}\right)$$

سپس ماتریس نرمالیزه‌شده به‌صورت رابطه ۳، محاسبه می‌شود:

رابطه (۳) $$\tilde{x} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \tilde{x}_{n1} & \tilde{x}_{n2} & \dots & \tilde{x}_{nn} \end{bmatrix} where\ \tilde{x}_{ij} = \frac{\tilde{z}_{ij}}{r} = \left(\frac{l_{ij}}{r}, \frac{m_{ij}}{r}, \frac{u_{ij}}{r}\right)$$

گام چهارم، محاسبه ماتریس ارتباط کل فازی ($\tilde{T}$): ماتریس ارتباط کل فازی را می‌توان به‌طور خلاصه از رابطه ۴، محاسبه کرد که در آن I ماتریس همانی است:

رابطه (۴) $$\tilde{T} = \tilde{X}(I - \tilde{X})^{-1}$$

بنابراین، $\tilde{x}_{ij} = l'_{ij},\ m'_{ij},\ u'_{ij}$ و سه ماتریس قطعی X_l، X_m و X_u که مؤلفه‌های آن از عناصر ماتریس $\tilde{X}$ مطابق با رابطه ۵ و ۶، استخراج شده‌اند:

رابطه (۵)

$$x_l = \begin{bmatrix} 0 & l'_{12} & \dots & l'_{1n} \\ l'_{21} & 0 & \dots & l'_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ l'_{n1} & l'_{n2} & \dots & 0 \end{bmatrix}; x_m = \begin{bmatrix} 0 & m'_{12} & \dots & m'_{1n} \\ m'_{21} & 0 & \dots & m'_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ m'_{n1} & m'_{n2} & \dots & 0 \end{bmatrix};$$

$$x_u = \begin{bmatrix} 0 & u'_{12} & \dots & u'_{1n} \\ u'_{21} & 0 & \dots & u'_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ u'_{n1} & u'_{n2} & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

رابطه (۶)

$$\tilde{T} = \begin{bmatrix} \tilde{t}_{11} & \tilde{t}_{12} & \dots & \tilde{t}_{1n} \\ \tilde{t}_{21} & \tilde{t}_{22} & \dots & \tilde{t}_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \tilde{t}_{n1} & \tilde{t}_{n2} & \dots & \tilde{t}_{nn} \end{bmatrix} \quad \tilde{t}_{ij} = \left(l''_{ij}, m''_{ij}, u''_{ij}\right)$$

$$\left(l''_{ij}\right) = x_l(I - x_l)^{-1},\ \left(m''_{ij}\right) = x_m(I - x_m)^{-1},\ \left(u''_{ij}\right) = x_u(I - x_u)^{-1}$$

در ادامه ماتریس ارتباط کل فازی ($\tilde{T}$) با استفاده از روش میانگین قطعی می‌شود.

فاز دوم: به‌کارگیری روش DANP برای محاسبه وزن نهایی عوامل:

گام پنجم، تشکیل سوپرماتریس اولیه: در این گام ابتدا مؤلفه‌های هر سطر ماتریس ارتباط کل عوامل بر مجموع عناصر سطر مربوطه تقسیم می‌شود (رابطه ۷)؛ سپس ترانهاده آن محاسبه می‌شود. این ماتریس، سوپرماتریس اولیه (ناموزون) نام دارد (رابطه ۸)؛ یعنی: $W = (T_C^{\alpha})'$.

رابطه (۷)

$$d_i^{11} = \sum_{j=1}^{m1} t_{Cij}^{11},\ i = 1,2,\dots,m_1$$

$$T_C^{\alpha 11}=\begin{bmatrix} t_{C11}^{11}/\mathrm{d}_1^{11} & \dots & t_{C1j}^{11}/\mathrm{d}_1^{11} & \dots & t_{1m_1}^{11}/\mathrm{d}_1^{11} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_{Ci1}^{11}/\mathrm{d}_\mathrm{i}^{11} & \dots & t_{Cij}^{11}/\mathrm{d}_\mathrm{i}^{11} & \dots & t_{im_1}^{11}/\mathrm{d}_\mathrm{i}^{11} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_{Cm_1 1}^{11}/\mathrm{d}_{\mathrm{m}_1}^{11} & \dots & t_{Cm_1 j}^{11}/\mathrm{d}_{\mathrm{m}_1}^{11} & \dots & t_{Cm_1 m_1}^{11}/\mathrm{d}_{\mathrm{m}_1}^{11} \end{bmatrix}=$$

$$\begin{bmatrix} t_{C11}^{\alpha 11} & \dots & t_{C1j}^{\alpha 11} & \dots & t_{C1m_1}^{\alpha 11} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_{Ci1}^{\alpha 11} & \dots & t_{Cij}^{\alpha 11} & \dots & t_{Cim_1}^{\alpha 11} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_{Cm_1 1}^{\alpha 11} & \dots & t_{Cm_1 j}^{\alpha 11} & \dots & t_{Cm_1 m_1}^{\alpha 11} \end{bmatrix}$$

$$W=(T_C^{\alpha})'=\begin{bmatrix} W^{11} & \dots & W^{i1} & \dots & W^{n1} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ W^{1j} & \dots & W^{ij} & \dots & W^{nj} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ W^{1n} & \dots & W^{in} & \dots & W^{nn} \end{bmatrix} \qquad \text{رابطه (۸)}$$

گام ششم، محاسبه سوپرماتریس موزون: در این گام ابتدا ماتریس ارتباط کل ابعاد که میانگین درایه‌های هر بلوک در ماتریس ارتباط کل عوامل هستند، نرمال‌سازی می‌شود. این ماتریس با تقسیم هر درایه بر مجموع سطر آن درایه نرمال‌سازی شده و درنهایت ترانهاده می‌شود. $(\mathrm{T_D^{\alpha}})'$ مطابق با رابطه ۹، به‌دست می‌آید؛ سپس از ضرب $(\mathrm{T_D^{\alpha}})'$ و سوپرماتریس ناموزون که در گام پنجم محاسبه شد، مطابق با رابطه ۱۰، سوپرماتریس موزون عوامل به‌دست می‌آید.

$$(T_D^{\alpha})'=\begin{bmatrix} t_D^{\alpha 11} & \dots & t_D^{\alpha 1j} & \dots & t_D^{\alpha 1n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{\alpha i1} & \dots & t_D^{\alpha ij} & \dots & t_D^{\alpha in} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{\alpha n1} & \dots & t_D^{\alpha nj} & \dots & t_D^{\alpha nn} \end{bmatrix} \qquad \text{رابطه (۹)}$$

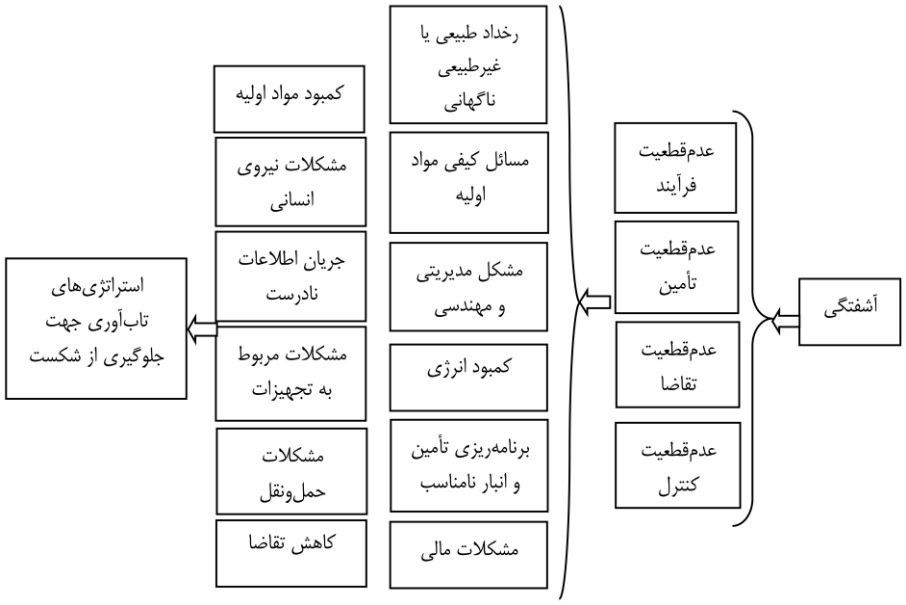
$$W^{\alpha}=(T_D^{\alpha})'W=\begin{bmatrix} t_D^{\alpha 11}\times W^{11} & \dots & t_D^{\alpha i1}\times W^{i1} & \dots & t_D^{\alpha n1}\times W^{n1} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{\alpha 1j}\times W^{1j} & \dots & t_D^{\alpha ij}\times W^{ij} & \dots & t_D^{\alpha nj}\times W^{nj} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ t_D^{\alpha 1n}\times W^{1n} & \dots & t_D^{\alpha in}\times W^{in} & \dots & t_D^{\alpha nn}\times W^{nn} \end{bmatrix} \qquad \text{رابطه (۱۰)}$$

گام هفتم. محاسبه سوپرماتریس نهایی: این ماتریس از رابطـه ۱۱، محاسـبه مـی‌شـود کـه وزن نهایی هر یک از عوامل را نشان می‌دهد.

$$\lim_{Z\to\infty}(W^{\alpha})^{Z}$$ رابطه (۱۱)

٤. تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

تعیین استراتژی‌های تاب‌آوری قبل از بروز شکست. آشفتگی در زنجیره تأمین باعث ایجاد عدم‌قطعیت در آن می‌شود و این عدم‌قطعیت بروز شکست در اعضای زنجیره را به دنبال دارد. در گام نخست اجرای FMEA، کلیه حالت‌های شکست که ممکن است در زنجیره تأمین «ایران‌خودرو» رخ دهد از مبانی نظری و نظرهای خبرگان شناسایی شد. طبق شکل ۱، ۱۲ نوع حالت شکست شناسایی شده است.



شکل ۱. مدل مفهومی تاب‌آوری زنجیره تأمین ایران‌خودرو قبل از وقوع شکست

اجزای مطرح‌شده در شکل ۱، از مرور میانی نظری پژوهش و نظرهای خبرگان حاصل شده است (جدول ۶).

جدول ۶. اجزای مدل مفهومی تاب‌آوری

عوامل مرتبط با مدل مفهومی تاب‌آوری	پژوهشگران
آشفتگی	[۳، ۱۰، ۲۱]
انواع عدم‌قطعیت فرآیند، تأمین، تقاضا و کنترل	[۱۱، ۴۷]
حالت شکست رخداد طبیعی یا غیرطبیعی	[۱۰، ۱۲]
حالت شکست مسائل کیفی مواد اولیه	[۱۰، ۱۲]
حالت شکست مشکل مدیریتی و مهندسی	[۱۲، ۴۰]
حالت شکست کمبود انرژی	[۳، ۱۰]
حالت شکست برنامه‌ریزی تأمین و انبار نامناسب	[۱۲، ۴۸]
حالت شکست مشکلات مالی	[۱۰، ۲۱]
حالت شکست کمبود مواد اولیه	[۱۰، ۱۲]
حالت شکست مشکلات نیروی انسانی	[۱۰، ۱۲، ۴۰]
حالت شکست مشکلات مربوط به تجهیزات	[۱۰، ۱۲]
حالت شکست جریان اطلاعات نادرست	[۱۲، ۴۰]
حالت شکست مشکلات حمل‌ونقل	[۱۰، ۱۲]
حالت شکست کاهش تقاضا	[۱۰، ۴۰]
استراتژی‌های تاب‌آوری برای جلوگیری از شکست	[۹، ۱۲، ۲۶، ۴۱]

در گام دوم خبرگان پژوهش با تشکیل گروه و مطابق با تکنیک FMEA به تجزیه‌وتحلیل شکست پرداختند و به شدت شکست، احتمال وقوع شکست و قدرت تشخیص به‌صورت متغیرهای زبانی امتیاز دادند. پس از فازی‌کردن پاسخ‌های خبرگان به‌صورت اعداد فازی مثلثی و ضرب شدت، احتمال وقوع و قدرت تشخیص، مقادیر RPN فازی به‌دست آمد. در ادامه نیز RPN فازی از روش میانگین دی‌فازی شد که محاسبات در جدول ۷، نشان داده شده است.

جدول ۷. جدول محاسبات FMEA فازی

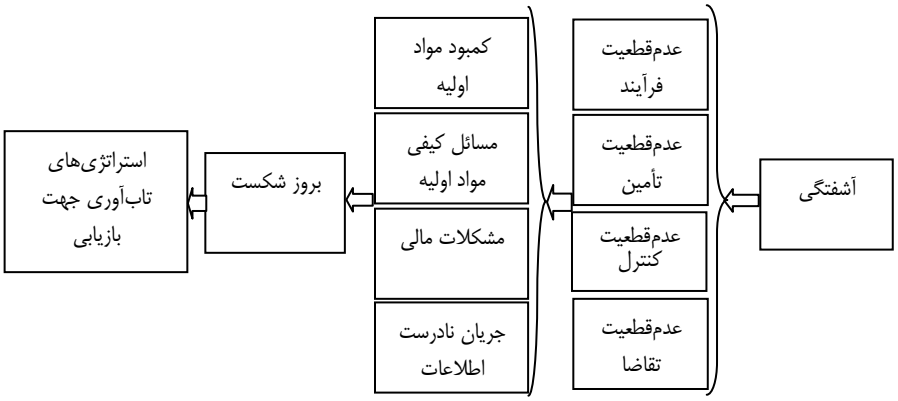
حالت‌های شکست	شدت	احتمال وقوع	قدرت تشخیص	RPN فازی	RPN قطعی
رخدادهای طبیعی و غیرطبیعی	(۱۰، ۱۰، ۹)	(۲، ۱، ۱)	(۲، ۱، ۱)	(۲۰، ۱۰، ۹)	۱۳
کمبود مواد اولیه	(۹، ۸، ۷)	(۱۰، ۱۰، ۹)	(۴، ۳، ۲)	(۳۶۰، ۲۴۰، ۱۲۶)	۲۴۲
مسائل کیفی در مواد اولیه	(۹، ۸، ۷)	(۷، ۶، ۴)	(۷، ۶، ۵)	(۴۴۱، ۲۸۸، ۱۴۰)	۲۹۰
مشکلات نیروی انسانی	(۸، ۷، ۶)	(۲، ۱، ۱)	(۷، ۶، ۵)	(۱۱۲، ۴۲، ۳۰)	۶۱
مشکلات تجهیزات تولیدی	(۸، ۷، ۶)	(۴، ۳، ۲)	(۳، ۲، ۱)	(۹۶، ۴۲، ۱۲)	۵۰
مشکلات مالی	(۹، ۸، ۷)	(۴، ۳، ۲)	(۷، ۶، ۵)	(۲۵۲، ۱۴۴، ۷۰)	۱۵۵
مسائل مدیریتی و مهندسی	(۴، ۳، ۲)	(۲، ۱، ۱)	(۹، ۸، ۷)	(۷۲، ۲۴، ۱۴)	۳۷
کمبود انرژی	(۸، ۷، ۶)	(۲، ۱، ۱)	(۵، ۴، ۳)	(۸۰، ۲۸، ۱۸)	۴۲
جریان نادرست اطلاعات	(۱۰، ۹، ۸)	(۴، ۳، ۲)	(۵، ۴، ۳)	(۲۰۰، ۱۰۸، ۴۸)	۱۱۹
برنامه‌ریزی نامناسب تأمین و انبار	(۹، ۸، ۷)	(۲، ۱، ۱)	(۴، ۳، ۲)	(۷۲، ۲۴، ۱۴)	۳۷
مشکلات حمل‌ونقل	(۷، ۶، ۵)	(۴، ۳، ۲)	(۳، ۲، ۱)	(۸۴، ۳۶، ۱۰)	۴۳
کاهش تقاضا	(۸، ۷، ۶)	(۴، ۳، ۲)	(۴، ۳، ۲)	(۱۲۸، ۶۳، ۲۴)	۷۲

مطابق با قانون پارتو در بهینه‌سازی FMEA و انتخاب ۲۰ تا ۳۰ درصد حالت شکست که بالاترین مقدار RPN را دارا هستند (مطابق با جدول شماره ۶)، چهار حالت شکست مسائل کیفی مواد اولیه، کمبود مواد اولیه، مشکلات مالی و جریان اطلاعات نادرست به‌عنوان خروجی‌های FMEA برای انجام اقدامات انتخاب شده‌اند. پس از بررسی این حالت‌های شکست گروهFMEA به‌صورت متمرکز استراتژی‌های تاب‌آوری قبل از وقوع شکست در «ایران‌خودرو» را مطابق با جدول ۸، تعیین کردند.

جدول ۸. استراتژی‌های منتخب تاب‌آوری قبل از وقوع شکست در شرکت «ایران‌خودرو»

حالت‌های شکست	RPN	استراتژی
کمبود مواد اولیه	۲۴۲	۱. برنامه‌ریزی توسعه تأمین‌کنندگان در حوزه‌های لجستیکی؛ ۲. چابک‌کردن زنجیره تأمین؛ ۳. ایجاد سازوکارهای حمایتی برای افزونگی ظرفیت تأمین‌کنندگان؛ ۴. طراحی سیستم تولید انعطاف‌پذیر برای تغییر سریع در برنامه تولید.
مسائل کیفی مواد اولیه	۲۹۰	۱. به‌کارگیری رویکردهای مدیریت و کنترل کیفیت مؤثر و قوی تأمین‌کنندگان
مشکلات مالی	۱۵۵	۱. همکاری با شرکت‌های بزرگ و مطرح خودروسازی دنیا؛ ۲. کاهش قیمت برای دستیابی به سهم رقبای داخلی و خارجی؛ ۳. افزایش کارایی و مهندسی مجدد فرآیندها؛ ۴. ایجاد مدل‌های متنوع فروش برای جذب منابع مالی.
جریان اطلاعات نادرست	۱۱۹	۱. برنامه‌ریزی توسعه تأمین‌کنندگان در حوزه فناوری اطلاعات

تعیین استراتژی‌های تاب‌آوری پس از بروز شکست. در این پژوهش برای شناسایی استراتژی‌های تاب‌آوری بعد از وقوع شکست از تکنیک FAAO فازی استفاده شد. در گام نخست اجرای FAAO، چهار حالت شکست کمبود مواد اولیه، مسائل کیفی مواد اولیه، مشکلات مالی و جریان اطلاعات نادرست که بالاترین مقدار RPN را در تکنیک FMEA نسبت به سایر حالات شکست داشته‌اند، به‌عنوان داده‌های ورودی FAAO انتخاب شدند. این ۴ حالت ریسک در سال‌های اخیر چندین بار موجب توقفات خطوط تولید «ایران‌خودرو» شده‌اند. مدل مفهومی تاب‌آوری زنجیره تأمین «ایران‌خودرو» پس از وقوع شکست مطابق با شکل ۲، است.



شکل ۲. مدل مفهومی تاب‌آوری زنجیره تأمین «ایران‌خودرو» بعد از وقوع شکست

در گام دوم، خبرگان با تشکیل گروهFAAO به تجزیه‌وتحلیل حال‌های شکست پرداختند و برای هر یک از حالت‌های شکست، به زمان بازیابی، هزینه بازیابی و کیفیت بازیابی به‌صورت متغیرهای زبانی امتیاز دادند؛ سپس از ضرب این سه پارامتر، مقادیر RPN فازی محاسبه شد. در ادامه نیزRPN فازی به روش میانگین دی‌فازی شد که محاسبات در جدول ۹، نشان داده شده است.

جدول ۹. جدول محاسبات FAAO فازی

حالت‌های شکست	زمان بازیابی	کیفیت بازیابی	هزینه بازیابی	RPN فازی	RPN قطعی
کمبود مواد اولیه	(۴، ۳، ۲)	(۷، ۶، ۴)	(۴، ۳، ۲)	(۱۶، ۵۴، ۱۱۲)	۶۱
مسائل کیفی در مواد اولیه	(۹، ۸، ۷)	(۷، ۶، ۴)	(۷، ۶، ۴)	(۱۱۲، ۲۸۸، ۴۴۱)	۲۸۰
مشکلات مالی	(۹، ۸، ۷)	(۴، ۳، ۲)	(۱۰، ۱۰، ۹)	(۱۲۶، ۲۴۰، ۳۶۰)	۲۳۷
جریان نادرست اطلاعات	(۷، ۶، ۴)	(۴، ۳، ۲)	(۷، ۶، ۴)	(۳۲، ۱۰۸، ۱۹۶)	۱۱۲

مطابق با قانون پارتو در بهینه‌سازی و اقدامات اصلاحی در FAAO و انتخاب ۲۰ تا ۳۰ درصد حالت شکست، حالت شکست مسائل کیفی مواد اولیه به‌عنوان خروجی FAAO برای انجام اقدامات انتخاب شده است. پس از بررسی این حالت شکست، گروه FAAO استراتژی‌های تاب‌آوری پس از وقوع شکست در «ایران‌خودرو» را مطابق با جدول ۱۰، تعیین کردند.

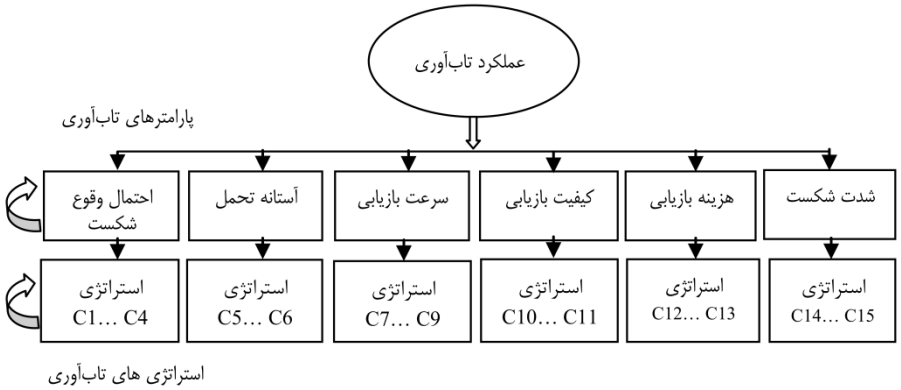
جدول ۱۰. استراتژی‌های منتخب تاب‌آوری بعد از وقوع شکست در شرکت ایران‌خودرو

حالات	RPN	استراتژی
مسائل کیفی مواد اولیه	۲۸۰	۱. افزایش تعداد دفعات ارزیابی تأمین‌کنندگان پرریسک؛ ۲. به‌کارگیری تکنیک کنترل فرآیند آماری برای تحت‌کنترل‌گرفتن فرآیندهای تولید تأمین‌کنندگان؛ ۳. ایجاد ایستگاه کنترلی سختگیرانه در محل تأمین‌کننده و بخش مونتاژ قطعات پرریسک در ایران‌خودرو؛ ۴. افزایش جریمه نقدی تأمین‌کنندگان متناسب با میزان ضایعات؛ ۵. شناسایی رهبر گروه برای هر نوع شکست و تعیین وظایف کلیه بخش‌هابه‌صورت کاملاً تخصصی در هنگام وقوع شکست.

وزن استراتژی‌ها و پارامترهای تاب‌آوری با رویکرد FDANP. پژوهش حاضر درصدد است تا با ارائه رویکرد نوین در ترکیب تکنیک‌های دیمتل با ANP به‌صورت فازی (FDANP) وزن نهایی استراتژی‌های تاب‌آوری را تعیین کند. در روش‌های ترکیبی مرسوم، تکنیک ANP به‌عنوان سیستم و تکنیک دیمتل، زیرسیستم آن در نظر گرفته می‌شود؛ بدین صورت که ماتریس ارتباط داخلی حاصل از دیمتل در تشکیل سوپر ماتریس اولیه ANP استفاده می‌شود؛ اما در رویکرد ترکیبی نوین ارائه‌شده در پژوهش حاضر، ماتریس ارتباطات کل دیمتل به سوپرماتریس اولیه تبدیل می‌شود که این موضوع حجم محاسبات را به میزان زیادی کاهش می‌دهد. در پژوهش حاضر علاوه بر استفاده از دیمتل برای تعیین روابط بین عوامل، وزن‌های هر یک از استراتژی‌های تاب‌آوری نیز از روش FDANP به‌دست می‌آید؛ یعنی پس از اینکه دیمتل روابط اثرگذار بین ابعاد و بین معیارها را تأیید کرد، روش DANP برای تعیین وزن‌های آن‌ها به‌کار می‌رود.

گام‌های اجرایی تعیین وزن استراتژی‌ها و پارامترهای تاب‌آوری به شرح زیر است:

گام نخست، ترسیم ساختار شبکه‌ای: در ابتدا مسئله به‌صورت شکل ۳، سازمان‌دهی می‌شود.



شکل ۳. مدل مفهومی DANP

ابعاد (پارامترهای تاب‌آوری) و معیارها (استراتژی‌های تاب‌آوری) در جدول ۱۱، نشان داده شده است.

جدول ۱۱.ابعاد و معیارها در FDANP

پارامترهای تاب‌آوری	استراتژی تاب‌آوری
احتمال وقوع شکست (D1)	برنامه‌ریزی توسعه تأمین‌کنندگان در حوزه‌های تأمین و لجستیک (C1)
	ایجاد سازوکارهای حمایتی برای افزونگی ظرفیت تأمین‌کنندگان (C2)
	به‌کارگیری رویکردهای مدیریت کیفیت و کنترل کیفیت مؤثر تأمین‌کنندگان (C3)
	برنامه‌ریزی توسعه تأمین‌کنندگان در حوزه فناوری اطلاعات (C4)
آستانه تحمل (D2)	چابک‌کردن زنجیره تأمین (C5)
	طراحی سیستم تولید انعطاف‌پذیر برای تغییر سریع در برنامه تولید (C6)
سرعت بازیابی (D3)	تعیین رهبر گروه برای هر نوع شکست و مشخص‌کردن وظایف کلیه بخش‌ها (C7)
	کاهش قیمت برای دستیابی به سهم رقبای داخلی و خارجی (C8)
	ایجاد مدل‌های متنوع فروش برای جذب منابع مالی (C9)
کیفیت بازیابی (D4)	همکاری با شرکت‌های بزرگ و مطرح خودروسازی دنیا (C10)
	ایجاد ایستگاه کنترلی سختگیرانه در محل تأمین‌کننده و بخش مونتاژ قطعات پرریسک در ایران‌خودرو (C11)
هزینه بازیابی (D5)	افزایش کارایی و مهندسی مجدد فرآیندها (C12)
	افزایش جریمه نقدی تأمین‌کنندگان متناسب با میزان ضایعات (C13)
شدت شکست (D6)	افزایش تعداد دفعات ارزیابی تأمین‌کنندگان پرریسک (C14)
	به‌کارگیری تکنیک SPC برای تحت‌کنترل‌گرفتن فرآیندهای تولید تأمین‌کنندگان (C15)

در این پژوهش خبرگان به‌صورت گروه متمرکز و در قالب گروه به پرسشنامه DANP پاسخ دادند و مطابق با نظرهای آن‌ها که صرفاً یک پاسخ بود، ماتریس ارتباط مستقیم شکل گرفت؛ سپس مطابق با متغیرهای زبانی ماتریس ارتباط مستقیم فازی ($\tilde{Z}$) تشکیل شد.

در ادامه ماتریس ارتباط کل فازی ($\tilde{T}$) نیز مطابق با رابطه ۴ محاسبه شده است.

ماتریس ارتباط کل دی‌فازی‌شده (T) و سوپرماتریس ناموزون در جدول‌های ۱۲ و ۱۳ نشان داده شده است.

جدول ۱۲.ماتریس ارتباط کل دی‌فازی‌شده

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
C1	۰/۱۱	۰/۱۶	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۲۰	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۱۸	۰/۰۶	۰/۱۳	۰/۲۰	۰/۰۹
C2	۰/۱۲	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۱۸	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۵
C3	۰/۱۲	۰/۰۷	۰/۱۰	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۱۳	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۲۳	۰/۰۶	۰/۱۸	۰/۲۰	۰/۱۹
C4	۰/۱۲	۰/۰۶	۰/۱۱	۰/۰۴	۰/۱۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۰۶
C5	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۱۷	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۰۷
C6	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۱۷	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۵
C7	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۱۷	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۱۰	۰/۱۱
C8	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۱۳	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۵
C9	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۱۰	۰/۰۴
C10	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۱۵	۰/۰۵	۰/۱۷	۰/۱۲	۰/۰۷	۰/۱۵	۰/۱۰	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۰۷
C11	۰/۱۳	۰/۰۶	۰/۱۲	۰/۰۴	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۱۴	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۱۰	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۱۴	۰/۰۹
C12	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۱۰	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۹	۰/۰۷
C13	۰/۱۲	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۱۲	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۱۲	۰/۰۵
C14	۰/۱۲	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۱۳	۰/۰۷	۰/۱۵	۰/۰۸	۰/۰۸
C15	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۱۵	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۱۸	۰/۰۷	۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۰۸

جدول ۱۳.سوپرماتریس ناموزون

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
C1	۰/۲۸	۰/۴۴	۰/۳۴	۰/۳۷	۰/۳۸	۰/۳۲	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۳۱	۰/۲۴	۰/۳۶	۰/۳۱	۰/۴۵	۰/۴۴	۰/۲۵
C2	۰/۴۰	۰/۲۳	۰/۲۰	۰/۱۹	۰/۳۵	۰/۲۷	۰/۲۱	۰/۲۳	۰/۲۴	۰/۱۹	۰/۱۷	۰/۲۴	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۱۷
C3	۰/۲۰	۰/۱۹	۰/۲۶	۰/۳۲	۰/۱۶	۰/۲۵	۰/۳۵	۰/۲۹	۰/۲۶	۰/۴۳	۰/۳۴	۰/۲۷	۰/۲۱	۰/۲۲	۰/۴۵
C4	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۲۰	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۱۷	۰/۱۶	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۴	۰/۱۳	۰/۱۸	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۳
C5	۰/۷۳	۰/۷۵	۰/۵۹	۰/۷۳	۰/۴۰	۰/۷۵	۰/۵۷	۰/۵۷	۰/۵۷	۰/۵۹	۰/۵۹	۰/۵۵	۰/۵۹	۰/۵۹	۰/۵۷
C6	۰/۲۷	۰/۲۵	۰/۴۱	۰/۲۷	۰/۶۰	۰/۲۵	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۵	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۳
C7	۰/۳۹	۰/۳۶	۰/۵۱	۰/۳۷	۰/۳۷	۰/۳۱	۰/۳۲	۰/۳۳	۰/۳۶	۰/۲۱	۰/۵۸	۰/۳۳	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۴۰
C8	۰/۳۴	۰/۳۶	۰/۲۷	۰/۳۵	۰/۳۹	۰/۴۵	۰/۳۶	۰/۳۷	۰/۳۵	۰/۴۷	۰/۲۳	۰/۴۸	۰/۳۴	۰/۳۴	۰/۳۳
C9	۰/۲۷	۰/۲۸	۰/۲۲	۰/۲۸	۰/۲۴	۰/۲۴	۰/۳۲	۰/۳۰	۰/۲۹	۰/۳۲	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۷
C10	۰/۲۷	۰/۴۳	۰/۲۷	۰/۴۰	۰/۵۵	۰/۴۵	۰/۲۴	۰/۶۸	۰/۴۰	۰/۴۴	۰/۳۵	۰/۴۲	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۴
C11	۰/۷۳	۰/۵۷	۰/۷۳	۰/۶۰	۰/۴۵	۰/۵۵	۰/۷۶	۰/۳۲	۰/۶۰	۰/۵۶	۰/۶۵	۰/۵۸	۰/۷۳	۰/۷۳	۰/۷۶
C12	۰/۳۰	۰/۴۲	۰/۲۶	۰/۴۱	۰/۴۴	۰/۶۳	۰/۴۱	۰/۴۴	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۳۹	۰/۴۳	۰/۴۱	۰/۳۱	۰/۳۶
C13	۰/۷۰	۰/۵۸	۰/۷۴	۰/۵۹	۰/۵۶	۰/۳۷	۰/۵۹	۰/۵۶	۰/۵۸	۰/۵۸	۰/۶۱	۰/۵۷	۰/۵۹	۰/۶۹	۰/۶۴
C14	۰/۶۸	۰/۵۷	۰/۵۱	۰/۵۶	۰/۵۷	۰/۵۵	۰/۴۷	۰/۵۵	۰/۷۰	۰/۵۵	۰/۶۰	۰/۵۴	۰/۶۹	۰/۵۲	۰/۶۶
C15	۰/۳۲	۰/۴۳	۰/۴۹	۰/۴۴	۰/۴۳	۰/۴۵	۰/۵۳	۰/۴۵	۰/۳۰	۰/۴۵	۰/۴۰	۰/۴۶	۰/۳۱	۰/۴۸	۰/۳۴

ماتریس ارتباط کل ابعاد در جدول ۱۴ نشان داده شده است.

جدول ۱۴.ماتریس ارتباط کل ابعاد

	D1	D2	D3	D4	D5	D6
D1	۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۱۴	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۱۶
D2	۰/۲۰	۰/۲۶	۰/۱۵	۰/۲۰	۰/۱۷	۰/۱۳
D3	۰/۱۱	۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۱۸	۰/۱۵	۰/۱۱
D4	۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۲۳	۰/۱۵	۰/۱۹	۰/۲۱
D5	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۲۱
D6	۰/۲۱	۰/۱۴	۰/۲۱	۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۱۹

سوپرماتریس موزون و سوپرماتریس نهایی در جدول‌های ۱۵ و ۱۶ نشان داده شده است.

جدول ۱۵.سوپرماتریس موزون

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
C1	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۴
C2	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳
C3	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۷
C4	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
C5	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۱۰	۰/۱۹	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۰۹	۰/۱۰	۰/۰۷	۰/۰۷
C6	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۱۶	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۵
C7	۰/۱۴	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۱۰	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۴
C8	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۴
C9	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۳
C10	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۱۶	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۵
C11	۰/۱۳	۰/۱۱	۰/۱۳	۰/۱۱	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۱۷	۰/۰۷	۰/۱۴	۰/۰۸	۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۱۶
C12	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۷
C13	۰/۱۰	۰/۰۸	۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۱۴	۰/۱۳
C14	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۱۰	۰/۱۲	۰/۱۵	۰/۱۰	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۱۵	۰/۱۰	۰/۱۳
C15	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۱۰	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۱۱	۰/۱۰	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۱۰	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۰۷

جدول ۱۶.سوپرماتریس نهایی

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
C1	۰/۰۵۴	۰/۰۵۴	۰/۰۵۴	۰/۰۵۴	۰/۰۵۴	۰/۰۵۴	۰/۰۵۴	۰/۰۵۴	۰/۰۵۴	۰/۰۵۴	۰/۰۵۴	۰/۰۵۴	۰/۰۵۴	۰/۰۵۴	۰/۰۵۴
C2	۰/۰۳۶	۰/۰۳۶	۰/۰۳۶	۰/۰۳۶	۰/۰۳۶	۰/۰۳۶	۰/۰۳۶	۰/۰۳۶	۰/۰۳۶	۰/۰۳۶	۰/۰۳۶	۰/۰۳۶	۰/۰۳۶	۰/۰۳۶	۰/۰۳۶
C3	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳	۰/۰۴۳
C4	۰/۰۲۲	۰/۰۲۲	۰/۰۲۲	۰/۰۲۲	۰/۰۲۲	۰/۰۲۲	۰/۰۲۲	۰/۰۲۲	۰/۰۲۲	۰/۰۲۲	۰/۰۲۲	۰/۰۲۲	۰/۰۲۲	۰/۰۲۲	۰/۰۲۲
C5	۰/۱۰۹	۰/۱۰۹	۰/۱۰۹	۰/۱۰۹	۰/۱۰۹	۰/۱۰۹	۰/۱۰۹	۰/۱۰۹	۰/۱۰۹	۰/۱۰۹	۰/۱۰۹	۰/۱۰۹	۰/۱۰۹	۰/۱۰۹	۰/۱۰۹
C6	۰/۰۷۶	۰/۰۷۶	۰/۰۷۶	۰/۰۷۶	۰/۰۷۶	۰/۰۷۶	۰/۰۷۶	۰/۰۷۶	۰/۰۷۶	۰/۰۷۶	۰/۰۷۶	۰/۰۷۶	۰/۰۷۶	۰/۰۷۶	۰/۰۷۶
C7	۰/۰۵۲	۰/۰۵۲	۰/۰۵۲	۰/۰۵۲	۰/۰۵۲	۰/۰۵۲	۰/۰۵۲	۰/۰۵۲	۰/۰۵۲	۰/۰۵۲	۰/۰۵۲	۰/۰۵۲	۰/۰۵۲	۰/۰۵۲	۰/۰۵۲
C8	۰/۰۴۹	۰/۰۴۹	۰/۰۴۹	۰/۰۴۹	۰/۰۴۹	۰/۰۴۹	۰/۰۴۹	۰/۰۴۹	۰/۰۴۹	۰/۰۴۹	۰/۰۴۹	۰/۰۴۹	۰/۰۴۹	۰/۰۴۹	۰/۰۴۹
C9	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵	۰/۰۳۵
C10	۰/۰۶۸	۰/۰۶۸	۰/۰۶۸	۰/۰۶۸	۰/۰۶۸	۰/۰۶۸	۰/۰۶۸	۰/۰۶۸	۰/۰۶۸	۰/۰۶۸	۰/۰۶۸	۰/۰۶۸	۰/۰۶۸	۰/۰۶۸	۰/۰۶۸
C11	۰/۱۱۷	۰/۱۱۷	۰/۱۱۷	۰/۱۱۷	۰/۱۱۷	۰/۱۱۷	۰/۱۱۷	۰/۱۱۷	۰/۱۱۷	۰/۱۱۷	۰/۱۱۷	۰/۱۱۷	۰/۱۱۷	۰/۱۱۷	۰/۱۱۷
C12	۰/۰۵۹	۰/۰۵۹	۰/۰۵۹	۰/۰۵۹	۰/۰۵۹	۰/۰۵۹	۰/۰۵۹	۰/۰۵۹	۰/۰۵۹	۰/۰۵۹	۰/۰۵۹	۰/۰۵۹	۰/۰۵۹	۰/۰۵۹	۰/۰۵۹
C13	۰/۰۸۹	۰/۰۸۹	۰/۰۸۹	۰/۰۸۹	۰/۰۸۹	۰/۰۸۹	۰/۰۸۹	۰/۰۸۹	۰/۰۸۹	۰/۰۸۹	۰/۰۸۹	۰/۰۸۹	۰/۰۸۹	۰/۰۸۹	۰/۰۸۹
C14	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱
C15	۰/۰۷۹	۰/۰۷۹	۰/۰۷۹	۰/۰۷۹	۰/۰۷۹	۰/۰۷۹	۰/۰۷۹	۰/۰۷۹	۰/۰۷۹	۰/۰۷۹	۰/۰۷۹	۰/۰۷۹	۰/۰۷۹	۰/۰۷۹	۰/۰۷۹

در این پژوهش حالت‌های شکست در «شرکت ایران‌خودرو» شناسایی و استراتژی‌هایی برای برگشتن شرکت به حالت قبل از شکست یا مطلوب‌تر از آن پیشنهاد شده است. با مرور مبانی نظری پژوهش و نظرهای خبرگان، ۱۲ حالت شکست شامل ۱. رخداد ناگهانی طبیعی یا غیرطبیعی؛ ۲. کمبود مواد اولیه؛ ۳. مسائل کیفی مواد اولیه؛ ۴. مشکلات نیروی انسانی؛ ۵. مشکلات مربوط به تجهیزات تولیدی؛ ۶. مشکلات مدیریتی و مهندسی؛ ۷. کمبود انرژی؛ ۸. جریان اطلاعات نادرست؛ ۹.برنامه‌ریزی نامناسب تأمین و انبار؛ ۱۰. مشکلات حمل‌ونقل؛ ۱۱. مشکلات مالی و ۱۲. کاهش تقاضا، شناسایی شدکه ظرفیت توقف خطوط تولید «ایران‌خودرو» را

داشته‌اند. برای تعیین استراتژی‌های تاب‌آوری قبل از وقوع شکست از تکنیک پیشگیرانه FFMEA استفاده شد و برای تعیین استراتژی‌های تاب‌آوری بعد از وقوع شکست، تکنیک FFAAO مورد استفاده قرار گرفت؛ درنهایت ۱۰ استراتژی تاب‌آوری برای قبل از وقوع شکست و ۵ استراتژی برای بعد از وقوع شکست تعیین شد؛ سپس وزن هر یک از این استراتژی‌ها با تکنیک FDANP مشخص شد. استراتژی‌های «ایجاد ایستگاه کنترلی سختگیرانه در محل تأمین‌کننده و بخش مونتاژ قطعات پرریسک در خطوط تولید «ایران‌خودرو» و «برنامه‌ریزی توسعه تأمین‌کنندگان در حوزه فناوری اطلاعات» به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین وزن بودند.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

تاکنون پژوهش‌های مختلفی به‌منظور شناسایی استراتژی‌های تاب‌آوری در سازمان‌ها و طراحی مدل تاب‌آوری به‌وسیله پژوهشگران انجام شده است؛ اما در هیچ یک از این پژوهش‌ها از تکنیک‌هایFFMEA، FFAAO و FDANP برای تعیین استراتژی‌های تاب‌آوری و تعیین وزن آن‌ها استفاده نشده است. فکورثقیه و همکاران (۱۳۹۳)، با استفاده از روش دلفی، چارچوب مفهومی برای تاب‌آوری زنجیره تأمین در صنعت خودرویی ایران ارائه کردند و نشان دادند که برخی عوامل نظیر انعطاف‌پذیری در منبع‌یابی و اجرای سفارش، اثربخشی، امنیت، قابلیت انطباق و همکاری می‌توانند صنعت خودروی ایران را در مقابل نقاط آسیب‌پذیری مثل نوسانات نرخ ارز و قیمت‌ها، تحریم، دانش فنی پایین، کیفیت پایین و خدمات پس‌ازفروش ضعیف تاب‌آور و رقابت‌پذیر سازد [۱۸]. جعفرنژاد و محسنی (۱۳۹۴)، مفهوم تاب‌آوری را در زنجیره تأمین تبیین کردند و ریسک‌ها و اختلافات زنجیره تأمین و توانمندسازها و مشخصه‌های تاب‌آوری زنجیره را موردبررسی قرار دادند؛ درنهایت چارچوبی برای بهبود عملکرد در زنجیره تأمین تاب‌آور ارائه کردند [۲۲]. جعفر نژاد چقوشی و همکاران (۱۳۹۵) با هدف شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های ارزیابی تاب‌آوری تامین‌کنندگان گروه صنعتی اروند با بهره‌گیری از روش تصمیم‌گیری چند-شاخصه بهترین- بدترین، دریافتند که شاخص‌های چابکی، افزونگی و مشاهده‌پذیری به ترتیب مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی تاب‌آوری تامین‌کنندگان در شرکت اروند هستند [۲۳]. ترابی و همکاران (۲۰۱۵)، یک مدل تصمیم جدید توسعه دادند تا پایگاهی به‌منظورتأمین تاب‌آوری برای زنجیره‌های تأمین عمومی در پاسخ به عدم‌قطعیت‌های برخاسته از شکست‌های مهم به علت رخدادهای طبیعی و مصنوعی و ریسک‌های عملیاتی بسازند [۴۶]. در پژوهش کاردوسو و همکاران (۲۰۱۵)، یک مدل طراحی و برنامه‌ریزی که عدم‌قطعیت تقاضا را یکپارچه می‌کند برای ۵ ساختار زنجیره تأمین که در معرض انواع شکست‌ها هستند به‌کار برده شد [۸]. سونی و همکاران (۲۰۱۴)، توانمندسازهای تاب‌آوری زنجیره تأمین را شناسایی و درجه‌بندی کردند و سپس با استفاده از مدل معادلات تفسیری تعامل بین توانمندسازها را مشخص کردند [۴۱].

منساح و مرکوریو (۲۰۱۴)، زنجیره تأمین و ریسک‌هایی که با آن مواجه است را تجزیه‌وتحلیل کردند، تاب‌آوری زنجیره تأمین را موردبررسی قرار دادند و استراتژی‌ها و ابزارهای مقتضی را که به جلوگیری از ریسک‌ها کمک می‌کند، ارائه دادند [۳۰]. شو و همکاران (۲۰۱۴)، کنترل ریسک شکست تولید مربوط به زنجیره تأمین را موردآزمون قرار دادند و عدم‌قطعیت تولید در نهادهای زنجیره تأمین با هدف دستیابی به سودهای بهینه در زنجیره تأمین با الگوریتم ژنتیک و محاسبات شبیه‌سازی را بررسی کردند [۴۰]. ماتسو (۲۰۱۵)، بر شکست‌های تأمین یک واحد تولید «ریزکنترل‌کننده» خودرویی برای صنعت خودروی تویوتا و چگونگی رسیدن به زمان بازیابی سه‌ماهه تمرکز کرده است [۲۹]. میشل و مکدونالد (۲۰۱۵)، سیستمی را برای توسعه تاب‌آوری در مناطقی که تحت فشار کم‌آبی و خشک‌سالی هستند، پیشنهاد کردند که نوآوری مهمی در بازار آب کشور انگلستان است [۳۱]. راجش (۲۰۱۶) با هدف پیش‌بینی معیارهای تاب-آوری، دریافت که شاخص‌های انعطاف‌پذیری، پاسخگویی و دسترس‌پذیری در طول زمان افزایش یافتند؛ اما شاخص‌های بهره‌وری و کیفیت کاهش جزئی داشتند؛ بنابراین شاخص‌های با روند منفی باید موردتوجه بیشتر شرکت قرار گیرند [۳۵]. آزاده و همکاران (۲۰۱۷)، با هدف بررسی مهندسی تاب‌آوری یکپارچه در عملکرد یک کارخانه تولید آلومینیوم دریافتند که خودسازمان‌دهی، فرهنگ گزارش‌دهی، انعطاف‌پذیری و یادگیری بیشترین اثر را بر عملکرد دارند؛ به‌علاوه مهندسی تاب‌آوری یکپارچه کاراتر از مهندسی تاب‌آوری است [۲]. در نهایت قرآنی و همکاران (۱۳۹۴) با بررسی واحدهای بیمارستان‌های فعال در حوزه دانشگاه‌های علوم پزشکی وابسته به وزارت بهداشت و درمان در استان تهران دریافتند که تواناسازهای چابکی درک شده در زنجیره تامین تاثیر مثبت و معناداری بر عملکرد زنجیره تامین دارند [۱۹].

یافته‌های پژوهش حاکی از آن است که به‌منظور تاب‌آورساختن «شرکت ایران‌خودرو» نسبت به حالت شکست کمبود مواد اولیه و پیشگیری از وقوع این نوع شکست که به توقف در خطوط تولید منجر می‌شود باید استراتژی‌های متعددی اتخاذ شود. به همین منظور برنامه‌ریزی توسعه تأمین‌کنندگان در حوزه‌های لجستیکی و افزایش ارتباط مؤثر با آن‌ها در حوزه‌های تأمین و لجستیک و چابک‌کردن زنجیره تأمین باید صورت گیرد. برنامه‌ریزی برای افزونگی ظرفیت تأمین‌کنندگان انجام شده و سیستم تولید انعطاف‌پذیر برای تغییر سریع در برنامه تولید در «شرکت ایران‌خودرو» طراحی شود. برای تاب‌آورساختن «شرکت ایران‌خودرو» نسبت به حالت شکست مسائل کیفی مواد اولیه و پیشگیری از رخداد آن، نیز استراتژی‌های به‌کارگیری رویکردهای مدیریت کیفیت و کنترل کیفیت مؤثر و قوی برای تأمین‌کنندگان و توسعه ارتباط مؤثر با آن‌ها در زمینه کیفی باید انجام شود. مشکلات مالی «شرکت ایران‌خودرو» می‌تواند سبب بروز توقف و اخلال در خطوط تولید آن شود. به همین منظور مدیران «ایران‌خودرو» می‌توانند

برای توسعه بازار خود و افزایش فروش با شرکت‌های بزرگ و مطرح خودروسازی دنیا همکاری داشته باشند. در ضمن اتخاذ سیاست‌های کاهش قیمت در «شرکت ایران‌خودرو» می‌تواند به دستیابی به بخشی از سهم فروش رقبای داخلی و خارجی منجر شود؛ به‌علاوه ایجاد مدل‌های متنوع در فروش و استقراض از بانک‌ها می‌تواند موجب افزایش نقدینگی این شرکت شود. به‌منظور کاهش هزینه‌ها و افزایش کارایی نیز باید مهندسی مجدد فرآیندها صورت گیرد. جریان نادرست اطلاعات در بخش‌های مختلف شرکت مانند تأمین، دریافت کالا و تولید ممکن است سبب بروز شکست‌های مکرر در تولید «شرکت ایران‌خودرو» شود. به‌منظور کاهش ریسک ایجاد این شکست‌ها باید توسعه تأمین‌کنندگان در حوزه فناوری اطلاعات انجام شود.

خروجی تکنیک FAAO این پژوهش نشان می‌دهد که به‌منظور تاب‌آورساختن شرکت ایران-خودرو نسبت به حالت شکست مسائل کیفی مواد اولیه که مکرراً رخ می‌دهد و بازیابی شکست به حالت قبل یا مطلوب‌تر از آن، باید استراتژی‌های متعددی اتخاذ شود؛ بنابراین تأمین‌کنندگانی که از نظر مسائل کیفی پرریسک هستند باید در فواصل زمانی کمتری موردارزیابی دوره‌ای قرار گیرند و در صورت عدم بهبود از فهرست تأمین‌کنندگان حذف شده و تأمین‌کنندگان جدید با رعایت مسائل کیفی جایگزین آن‌ها شوند؛ همچنین استفاده از تکنیک کنترل فرآیند آماری (SPC[1]) می‌تواند فرآیندها و محصولات پرریسک را تحت کنترل بگیرد و به‌تدریج بهبود کیفیت ایجاد کند. به‌منظور جلوگیری از مونتاژ قطعات کیفیت پایین نیز می‌توان در ایستگاه‌های مختلف مانند مکان تأمین‌کننده و خطوط تولید «ایران‌خودرو» قبل از مونتاژ ایستگاه کنترلی سختگیرانه ایجاد کرد. درنهایت به‌منظور تشویق سازنده به بهبود کیفیت لازم است که جرائم نقدی تأمین‌کنندگان متناسب با میزان ضایعات تولیدشده توسط آن‌ها تشدید یابد.

خروجی تکنیک FDANP نشان داد که استراتژی‌های «ایجاد ایستگاه کنترلی سختگیرانه در محل تأمین‌کننده و بخش مونتاژ قطعات پرریسک در خطوط تولید «ایران‌خودرو»، «افزایش تعداد دفعات ارزیابی تأمین‌کنندگان پرریسک» و «چابک‌کردن زنجیره تأمین» دارای بیشترین وزن هستند؛ بنابراین ضرورت توجه به این استراتژی‌ها از سایر آن‌ها بیشتر است.

محدودیت اصلی این پژوهش عدم‌انجام آن در کل صنعت خودروسازی کشور و صرفاً در زنجیره تأمین «شرکت ایران‌خودرو» است. در پایان به‌عنوان پیشنهاد برای پژوهش‌های آینده نیز می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

ـ تعیین مدل مفهومی جامع تاب‌آوری در زنجیره تأمین «ایران‌خودرو»؛

ـ تعیین استراتژی‌های تاب‌آوری در مرکز مدیریت بحران در استان‌های مختلف کشور برای جلوگیری از شکست‌های متعدد و همچنین بازیابی سریع از شکست‌های احتمالی.

1. Statistical Process Control

منابع

1. Ambulkar, S., Blackhurst, J., & Grawe, S. (2015). Firm's resilience to supply chain disruptions: Scale development and empirical examination. *Journal of Operations Management, 33–34,* 111–122.

2. Azadeh, A., Meydani, N. S., and Haghighi, S. M. (2017). Performance optimization of an aluminum factory in economic crisis by integrated resilience engineering and mathematical programming. *Safety Science, 91*, 335–350.

3. Azevedo, S. A., Machado, V. H., Barroso, A. P., & Cruz-Machado, V. (2008). Supply Chain Vulnerability: Environment Changes and Dependencies. *International Journal of Logistics and Transport, 1*, 41–55.

4. Barroso, A. P., Machado, V. H., & Cruz-Machado, V. (2008). A supply chain disturbances classification. Proceedings of the IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (pp. 1870–1874). Singapore.

5. Berle, Ø. &Rice Jr., J. B. & Asbjørnslett, B. E. (2011). Failure modes in the maritime transportation system: a functional approach to throughput vulnerability. *Maritime Policy & Management, 38(6),* 605–632.

6. Blackhurst, J., Dunn, K. S., & Craighead, C. W. (2011). An Empirically Derived Framework of Global Supply Resiliency. *Journal of Business Logistics, 32(4),* 374–391.

7. Blackhurst, J., Craighead, C. W., Elkins, D., & Handfield, R. B. (2005). An empirically derived agenda of critical research issues for managing supply-chain disruptions. *International Journal of Production Research*, *43(19),* 4067-4081.

8. Cardoso, S. S., Barbosa-Povoa, A. P., Relvas, S., & Novais, A. Q. (2015). Resilience metrics in the assessment of complex supply-chains performance operating under demand uncertainty. *Omega 56*, 53–73.

9. Carvalho, H., & Cruz-Machado, V. (2011). *Integrating Lean, Agile, Resilience and Green Paradigms in Supply Chain Management (LARG_SCM).*INTECH Open Access Publisher.

10. Carvalho, H., Tavares, J. G., & Cruz-Machado, V. (2012a). A mapping framework for assessing Supply Chain resilience. *International Journal of Logistics Systems and Management, 12(3),* 354–373.

11. Carvalho, H., Tavares, J. G., &Cruz-Machado, V. (2012b). A mapping framework for assessing Supply Chain resilience. *International Journal of Logistics Systems and Management, 12(3)*, 354–373.

12. Carvalho, H. (2012). *Modelling resilience in supply chain*.Faculdade de Ciências e Tecnologia and Universidade Nova de Lisboa.

13. Chopra, S., & Sodhi, M.S. (2004). *Supply-chain breakdown*. MIT Sloan Manage. Rev. *46(1),* 53–62.

14. Christopher, M., & Peck, H. (2004). Building the Resilient Supply Chain.*The International Journal of Logistics Management, 15(2),* 1–14.

15. Craighead, C. W., Blackhurst, J., Rungtusanatham, M. J., & Handfield, R. B. (2007). The Severity of Supply Chain Disruptions: Design Characteristics and Mitigation Capabilities. *Decision Sciences*, *38(1),* 131–156.

16. Ebrahimpour Azbari, M., Moradi, M., and Marzban Moghaddam, N. (2016). The impact of the integration with suppliers on the company's performance by the mediating role of organizational agility. *Industrial management vision Quarterly, 22,* 169-192. (In Persian).

17. Falasca, M., Zobel, C.W., & Cook, D., (2008). A decision support framework to assess supply chain resilience. The Proceedings of the 5th International ISCRAM Conference, Washington, DC, USA, pp. 596–605.

18. Fakor saghieh, A. M., Olfat, L., Feizi, K., and Amiri, M. (2014). A model for supply chain resilience for competitiveness in Iran automotive companies. *Production and operation management 5(1)*, 143–164. (In persian).

19. Ghorani, S. F., Amiri, M., Olfat, L., and Kazazi, A. (2015). Designing a model for supply chain agility and surveying its aspects effects on of supply chain performance. *Industrial management vision Quarterly*, *20*, 9-39. (In Persian).

20. Hanna, J. B., Skipper, J. B., & Hall, D. (2010). Mitigating supply chain disruption: the importance of top management support to collaboration and flexibility. *International Journal of Logistics Systems and Management*, *6*, 397.

21. Hendricks, K. B., & Singhal, V. R. (2009). An Empirical Analysis of the Effect of Supply Chain Disruptions on Long-Run Stock Price Performance and Equity Risk of the Firm.*Production and Operations Management, 14(1),* 35–52.

22. Jafar nezhad, A., and Mohseni, M. (2015). Presenting a framework to improve resilient supply chain performance. *Supply chain management Research Extension Quarterly 17(48)*, 38–51. (In Persian).

23. Jafar nezhad Chaghoshi, A., Kazemi, A., and Arab, A. (2016). Identification and Prioritization of Supplier's Resiliency Evaluation Criteria Based on BWM. Industrial management vision Quarterly, *23*, 159-186. (In Persian).

24. Kleindorfer, P. R., & Saad, G. H. (2005). Managing Disruption Risks in Supply Chains. *Production and Operations Management*, *14(1),* 53–68.

25. Liou, J. J. H., Yen, L., & Tzeng, G. H. (2008). Building an effective safety management system for airlines. *Journal of Air Transport Management, 14(1),* 20-26.

26. Loh, H. S., & Thai, V. V. (2014). Managing Port-Related Supply Chain Disruptions: A Conceptual Paper.*The Asian journal of shipping and logistics, 30*, 97-116.

27. Machado, V. H., Azevedo, S. G., Barroso, A. P., Tenera, A., & Cruz Machado, V. (2009). Strategies to mitigate supply chain disturbances. In Proceedings of POMS2009, 20th annual conference of production and operations management society, Orlando.

28. Mason-Jones, R., & Towill, D. (1998). Shrinking the supply chain uncertainty circle.*The Institute of Operations Management Control Journal*, *24(7),* 17–22.

29. Matsuo, H. (2015). Implications of the Tohoku earthquake for Toyota's coordination mechanism: Supply chain disruption of automotive semiconductors. *International Journal of Production Economics*, *161*, 217–227.

30. Mensah, P., & Merkuryev, Y. (2014). Developing a resilient supply chain.*Procedia- Social and Behavioral Sciences*, *110,* 309-319.

31. Mitchell, G., & McDonald, A. (2015). Developing resilience to England's future droughts: Time for cap and trade? *Journal of Environmental Management*, 149, 97-107.

32. Narasimhan, R., & Talluri, S. (2009). Perspectives on risk management in supply chains. *Journal of Operation Management. 27(2),* 114–118.

33. Pettit, T. J., Fiksel, J., & Croxton, K. L. (2010). Ensuring supply chain resilience: development of a conceptual framework. *Journal of Business Logistics, 31(1),* 1–21.

34. Ponomarov, S. Y., & Holcomb, M. C. (2009). Understanding the concept of supply chain resilience. *The International Journal of Logistics Management, 20(1),* 124–143.

35. Rajesh, R. (2016). Forecasting supply chain resilience performance using grey prediction.*Electronic Commerce Research and Applications 20*, 42–58.

36. Revilla, E., & Saenz, M. J. (2014). Supply chain disruption management: Global convergence vs national specificity. *Journal of Business Research, 67(6),* 1123–1135

37. Rice, J. B., & Caniato, F. (2003). Building a secure and resilient supply network. *Supply Chain Management Review, 7(7),* 22–30.

38. Sheffi, Y. (2005). *The Resilient Enterprise: Overcoming Vulnerability for Competitive Advantage*. The MIT Press.

39. Sheffi, Y., & Rice, J. B. (2005). A supply chain view of the resilient enterprise.*Sloan Management Review, 47(1),* 41–48.

40. Shu, T., Chen, S., Wang, S., & Lai, K. K. (2014). GBOM-oriented management of production disruption risk and optimization of supply chain construction. *Expert Systems with Applications*, *41*, 59–68

41. Soni, U., Jain, V., & Kumar, S. (2014). Measuring supply chain resilience using a deterministic modeling approach.*Computers & Industrial Engineering, 74,* 11–25.

42. Starr, R., Newfrock, J., & Delurey, M. (2003). Enterprise resilience: Managing risk in the networked economy. *Strategy and Business*, *30*, 70–79.

43. Svensson, G. (2001). Perceived trust towards suppliers and customers in supply chains of the Swedish automotive industry. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, *31(9),* 647–662.

44. Svensson, G. A. (2000). Conceptual framework for the analysis of vulnerability in supply chains.*International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, *30(9),* 731–749.

45. Tomlin, B. (2006). On the Value of Mitigation and Contingency Strategies for Managing Supply Chain Disruption Risks.*Management Science*, *52(5)*, 639–657.

46. Torabi, S.A., Baghersad, M., & Mansouri, S.A. (2015). Resilient supplier selection and order allocation under operational and disruption risks. *Transportation Research Part, E 79,* 22–48.

47. Towill, D. R., Childerhouse, P., & Disney, S. M. (2000). Speeding up the progress curve towards effective supply chain management.*Supply Chain Management: An International Journal*, *5(3)*, 122–130.

48. Van der Vorst, J. G. A. J., & Beulens, A. J. M. (2002). Identifying sources of uncertainty to generate supply chain redesign strategies. *International Journal of Physics Distribution and Logistics Management, 32(6),* 409–430.

49. Vugrin, E., Warren, D., and Ehlen, M. (2011). A resilience assessment framework for infrastructure and economic systems: quantitative and qualitative resilience analysis of petrochemical supply chains to a hurricane. *Process Safety Progress, 30(3)*, 280–290.

50. Zhou, Q., & Thai, V. V. (2016). Fuzzy and grey theories in failure mode and effect analysis for tanker equipment failure prediction.*Safety Science, 83*, 74–79.

51. Zsidisin, George A., & Wagner, S. M. (2010). Do Perceptions Become Reality? The Moderating Role of Supply Chain Resiliency on Disruption Occurrence.*Journal of Business Logistics, 31(2)*, 1–20.