پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری
دوره ۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶

سنجش تاب‌آوری زنجیره تأمین با رویکرد سیستم‌های پیچیده سازگار؛ مطالعه موردی: صنعت داروسازی ایران

محمد مهدی رحیمیان[۱]، علی رجب‌زاده قطری[۲*]

۱- کارشناس ارشد مدیریت صنعتی ، پژوهشگر مرکز مطالعات مدیریت و بهره وری ایران ، تهران، ایران.
۲- دانشیار، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

دریافت: ۱۳۹۵/۰۹/۰۳ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۱۹

چکیده

محیط کسب‌وکار در حال رشد، با تغییرات سریع و افزایش عدم اطمینان همراه با بروز خطرات غیرمنتظره و تغییرات اجتناب‌ناپذیر، احتمال اختلالات شدید در زنجیره تأمین شرکت‌ها را افزایش داده است. این روند همراه با سوانح طبیعی و ... نیاز به حالت تاب‌آوری و توسعه این مفهوم در زنجیره تأمین و به طور خاص زنجیره تأمین صنعت دارو که حساسیت‌های به مراتب بیشتری دارد، افزایش داده است و مدیران نیاز به ابزارهایی برای پایش تاب‌آوری زنجیره تأمین شرکت خود نسبت به اختلالات دارند. هدف اصلی پژوهش حاضر، سنجش و ارزیابی مفهوم تاب‌آوری در زنجیره تأمین صنعت پراهمیت داروسازی است. برای دستیابی به این هدف مهم و با توجه به در نظر گرفتن رویکرد سیستم‌های پیچیده سازگار به عنوان نظریه اصلی در این مطالعه، زنجیره تأمین دو شرکت داروسازی (ایران‌دارو و داروسازی قاضی) برای مطالعه انتخاب شدند، در ادامه با استفاده از ابعاد و مؤلفه‌های شناسایی شده تاب‌آوری زنجیره تأمین در چارچوب تئوری مذکور با مطالعه ادبیات موضوع و ارائه روشی یکپارچه با استفاده از ترکیب روش‌های مدلسازی ساختاری تفسیری، دیمتل، تئوری گراف و رویکرد ماتریسی و تحلیل عملکرد _ اهمیت اقدام به سنجش و ارزیابی جامع سطح تاب‌آوری در دو زنجیره تأمین مذکور شد. نتایج این پژوهش مدیران

* نویسنده مسئول مقاله: E-mail: alirajabzadeh@modares.ac.ir

را در تجزیه و تحلیل تاب‌آوری و انتخاب استراتژی اثربخش کاهش ریسک زنجیره تأمین خود، پشتیبانی نموده و تصمیم‌گیری را تسهیل می‌کند. این رویکرد جدید باعث ایجاد مزیت رقابتی برای دستیابی به سهم بازار حتی زمان وقوع اختلالات می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تاب‌آوری زنجیره تأمین، سیستم‌های پیچیده سازگار، مدلسازی ساختاری تفسیری، دیمتل، تئوری گراف و رویکرد ماتریسی، تحلیل عملکرد_ اهمیت.

۱- مقدمه

بدیهی است که هر سیستمی در دنیای واقعی از اختلالات مصون نمی‌ماند. زنجیره تأمین یک شرکت هم از این امر مستثنا نیست و اختلالات کوچک و بزرگ در هر قسمت آن که باعث کاهش عملکرد مناسب می‌گردد؛ چه بسا که این اختلالات در سیستم‌های تأمین، آسیب‌های جبران‌ناپذیری را نه تنها به دست‌اندکاران بلکه به دیگر ذینفعان (مشتریان و ...) وارد کند. اختلالات زنجیره تأمین؛ «حوادث ناخواسته‌ای است که ممکن است در زنجیره تأمین رخ داده و جریان طبیعی مواد، قطعات، اطلاعات و منابع را تحت تأثیر قرار دهد» [۱]. به همین منظور مدیران زنجیره تأمین به روش‌های بهبود یافته‌ای نیاز دارند تا فاکتورهای تعیین‌کننده تاب‌آوری[1] زنجیره تأمین را در برابر اختلالات، تجزیه و تحلیل کنند. همچنین برای دستیابی به مزیت رقابتی پایدار در محیط‌های ناپایدار، کاهش ریسک از طریق ایجاد زنجیره تأمین تاب‌آور، چالش مهم فراروی سازمان‌هاست. اما بسیاری از سازمان‌ها، از این نیاز خود آگاهی ندارند [۲] و به‌ندرت تأثیر تصمیم‌های استراتژیکی را که بر تاب‌آوری زنجیره تأمین اثرگذار است، در نظر می‌گیرد.

با مطالعه ادبیات، نوظهوری مفهوم تاب‌آوری زنجیره تأمین مشخص شده [۳؛۲] و آثار مفهومی این زمینه تا به امروز تنها به مرور ادبیات و ارائه تعاریف بسنده کرده‌اند [۲؛ ۳؛ ۴]. در واقع مطالعات بسیاری به مسائل مختلف مربوط به آسیب‌پذیری و ریسک زنجیره تأمین و کاهش آن پرداخته‌اند [۵]. اما پژوهش‌های محدودی وجود دارد که بر تاب‌آوری و عناصر مؤثر بر آن تمرکز کرده‌اند. کریستوفر و لی (۲۰۰۴) پیشنهاد کردند که یکی از بهترین راه‌های مقابله با ریسک زنجیره تأمین، افزایش ضریب اطمینان در زنجیره تأمین از طریق توانایی بازیابی

زنجیره با سازگاری با تغییرات است. این امر به‌وضوح نیاز به ایجاد مفهوم تاب‌آوری زنجیره تأمین را نشان می‌دهد [۶].

از دیگر سو، پونوماروف و هولکومب (۲۰۰۹) اظهار داشتند که اندازه‌گیری تاب‌آوری زنجیره تأمین نمایانگر یک جریان تحقیقاتی بالقوه در آینده است که دانش مهمی در مورد نتایج این پدیده ارائه می‌دهد. این سخن مؤید نقل معروفی است که می‌گوید: "شما توان کنترل آنچه را که نمی‌توانید اندازه‌گیری کنید، ندارید " [۳].

پژوهشگران دیگر نیز بر این باورند که علاوه بر شناسایی ابعاد و عناصر تاب‌آوری، مسئله بسیار مهم دیگر، ارزیابی و اندازه‌گیری سطح آن است که در پژوهش‌های اخیر به‌ندرت مورد توجه قرار گرفته است [۷]. درواقع ارزیابی مفهوم تاب‌آوری زنجیره تأمین کمک قابل توجهی برای درک موقعیت‌های ریسک زنجیره تأمین کرده و همچنین منجر به دسته‌بندی بیشتر نواحی که در آنها مدیریت ریسک و مقابله با آن مورد نیاز است، می‌گردد. علاوه بر این، شاخص‌های تاب‌آوری زنجیره تأمین، ارزیابی تاب‌آوری سازمان‌ها را قبل و بعد از اجرای اقدام‌های مدیریت ریسک تسهیل کرده و همچنین با استفاده از آنها سطح تاب‌آوری در محیط‌های نامطمئن بررسی مجدد گشته و پیگیری آن در طول زمان ادامه می‌یابد.

با توجه به پژوهش‌های هوهنستین و همکارانش (۲۰۱۵)، تاکاماهابوا و همکارانش (۲۰۱۵) و... شکاف پژوهشی مبنی بر وجود تحقیقاتی برای ارائه شاخص و یا مدلی برای سنجش میزان تاب‌آوری زنجیره تأمین در ادبیات موضوع وجود دارد. تعیین میزان تاب‌آوری به سازمان‌ها کمک خواهد کرد تا اثربخشی استراتژی‌های مختلف کاهش ریسک خود را ارزیابی کنند و مدیران بتوانند زنجیره تأمین‌های مختلف را مقایسه کرده و تأمین‌کننده‌های تاب‌آورتری را انتخاب کنند [۷؛ ۸].

برای دستیابی به اهداف تحقیق، یعنی شناسایی ساختار ابعاد و مؤلفه‌های اصلی تاب‌آوری زنجیره تأمین، رتبه‌بندی میزان اهمیت دستیابی به هر بعد و تعیین میزان کمّی تاب‌آوری زنجیره تأمین، نخست با مطالعه مبانی نظری و ادبیات ابعاد و مؤلفه‌های تاب‌آوری زنجیره تأمین در چارچوب تئوری سیستم‌های پیچیده سازگار و در زمینه صنعت داروسازی شناسایی شدند و پس از آن با استفاده از ترکیب روش‌های ساختارگرا، علاوه بر تعیین اهمیت و عملکرد هر بعد، میزان تاب‌آوری زنجیره تأمین دو شرکت داروساز ارزیابی شد، به‌گونه‌ای که خروجی روش ISM

ورودی روش‌های دیمتل و GTMA است و خروجی این دو روش، ورودی ماتریس IPA. از دیگر موارد نوآوری روش فوق امکان مطالعه زنجیره‌های تأمین مختلف و امکان مقایسه آنها از نظر شاخص تاب‌آوری است. مدلی که در نهایت ارائه می‌شود، می‌تواند ماهیت پویای محیطی را برای مدیریت اختلالات زنجیره تأمین ساده کند. این رویکرد جدید برای تعیین شاخص تاب‌آوری زنجیره تأمین[۲]، براساس در نظر گرفتن جنبه‌های تاب‌آوری در طراحی زنجیره تأمین ایجاد می‌شود، در نتیجه در تبیین ماهیت سنجش میزان تاب‌آوری زنجیره تأمین باید گفت این امر باعث ایجاد مزیت رقابتی برای دستیابی به سهم بازار، حتی در طول یک اختلال نیز می‌شود.

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

امروزه اگرچه مفهوم تاب‌آوری زنجیره تأمین به‌طور فزاینده‌ای برای پژوهشگران و مدیران محبوب شده، اما هنوز هم اصطلاح و مفهوم آن برای ایجاد یک زنجیره تأمین تاب‌آور، مبهم و فاقد درک کافی است [۹؛ ۱۰]. به خصوص در حال حاضر تعریف پایه‌ای، یکدست و مورد پذیرش عمومی از تاب‌آوری زنجیره تأمین وجود ندارد و مفاهیم متفاوتی از طریق مشوق‌ها، ویژگی‌ها، قابلیت‌ها، عناصر و تقویت‌کننده‌ها ایجاد شده است. برای رفع این چالش نیاز فزاینده‌ای به لنز تئوری جامع و منطبق بر ویژگی‌های مفاهیم تاب‌آوری و زنجیره تأمین احساس می‌شود تا در چارچوب آن بتوان به بررسی و مطالعه ابعاد مفهوم تاب‌آوری در حوزه زنجیره تأمین پرداخت.

۲-۱- تاب‌آوری زنجیره تأمین

اولین گام برای توضیح تاب‌آوری در بستر زنجیره تأمین، توسط رایس و کانیاتو در سال ۲۰۰۳ برداشته شد: «توانایی واکنش به یک اختلال غیرمنتظره مانند اثر یک حمله تروریستی و یا یک فاجعه طبیعی و همچنین بازیابی به عملیات طبیعی».

در مرحله بعد، کریستوفر و پک (۲۰۰۴) و همچنین شفی و رایس (۲۰۰۵)، مفاهیم مختصر و مربوط به تعاریف تاب‌آوری زنجیره تأمین را ارائه کردند. شاید به لحاظ نظری جامع‌ترین تعریف تاب‌آوری زنجیره تأمین از پاناماروف و هولکمب (۲۰۰۹) است. آنها تاب‌آوری زنجیره تأمین را به عنوان «قابلیت انطباقی زنجیره تأمین برای

آمادگی جهت حوادث غیر مترقبه، پاسخ به اختلالات و بهبود آنها با حفظ تداوم عملیات در سطح مطلوب ارتباطات و کنترل بر ساختار و عملکرد» توصیف کردند [۲؛ ۱۱]. از دیگر سو، در حالی که مدیریت ریسک زنجیره تأمین در درجه اول به شناسایی ریسک و مدیریت آن می‌پردازد، بعضی از نشریات به تاب‌آوری زنجیره تأمین و اهمیت آن در تحقیقات مدیریت ریسک زنجیره تأمین پرداخته‌اند [۱۲].به‌تازگی گروچ و همکارانش (۲۰۱۳) مطرح کردند که مدیریت ریسک زنجیره تأمین هدف خاصی مبنی بر ایجاد و حفظ زنجیره تأمین تاب‌آور دارد [۱۳ ص ۲۸۴۶]. براساس این فرض ثابت شده که همه ریسک‌های بالقوه قابل اجتناب نیستند و تاب‌آوری زنجیره تأمین شامل توانایی آمادگی پاسخگویی به اختلالات پیش‌بینی نشده و برون‌رفت از آنها به‌طور سریع‌تر از رقباست [۱۴].

هندریکس و سینگال (۲۰۰۵) نشان دادند شرکت‌هایی که اغلب در مقابل ریسک به‌سرعت واکنش نشان نمی‌دهند و بهبود پیدا نمی‌کنند، به‌شدت دچار عواقب منفی آن می‌شوند. از این رو برخی از مطالعات نشان می‌دهد که تاب‌آوری زنجیره تأمین می‌تواند یک مزیت رقابتی پایدار با تداوم سازگاری و توسعه قابلیت‌های مورد نیاز، یک زنجیره تأمین تاب‌آورتر را ایجاد کند [۱۵].

شفی و رایس (۲۰۰۵) ثابت کردند که توجه به تاب‌آوری زنجیره تأمین، به عنوان بخشی از نقش استراتژیک شرکت در جریان بی‌وقفه مواد و محصولات خود برای رقابت‌پذیری و موفقیت سازمانی، بسیار مهم است. با این وجود، با توجه به توسعه تعاریف تاب‌آوری زنجیره تأمین در طول زمان، بیشتر گزاره‌ها تنها اندکی تغییر، با اشاره به تعاریف قبلی و یا ناشی از ارائه تئوری‌ها دارند و تقریباً همه آنها وجوه مشترکی را دنبال می‌کنند [۱۱].

۲-۲- تئوری سیستم‌های پیچیده سازگار

پایه‌گذاری دیدگاه‌های نظری و استفاده از یک تئوری مناسب به فهم یک پدیده، شناسایی روابط میان متغیرها و افزایش توانایی تعمیم یافته‌ها در زمینه‌های مختلف کمک کرده و توانایی محقق برای درک ابعاد تاب‌آوری، متغیرها و فراهم‌کننده‌های مرتبط با آن و روابط میان آنها را افزایش داده و موجب تعمیم یافته‌های تحقیق از یک زمینه به زمینه دیگر است [۸].

با مطالعه ادبیات موضوع روشن است که دیدگاه‌های مبتنی بر منابع[۳] (RBV)، مدل قابلیت‌های پویا[۴] و نظریه سیستمی[۵] به‌طور گسترده مورد استفاده قرار گرفته‌اند. اما تاکاموهابوا و همکارانش (۲۰۱۵) استدلال کرده‌اند که تئوری جامعی در زمینه تاب‌آوری زنجیره تأمین مطرح نشده است؛ زیرا که به عنوان مثال فرض اساسی تئوری مبتنی بر منابع در محیط‌های منطقی قابل پیش‌بینی است که در آن ارزش آینده از منابع قابل تعیین به دست می‌آید [۱۶] ، اما تاب‌آوری زنجیره تأمین دارای ویژگی‌های اضطراری همانند غیر خطی بودن، ماهیت پویا و غیر قابل پیش‌بینی بودن محیط که باید به آنها پاسخ گفت، است. همچنین این تئوری در سطح اجزا بر ارزش منابع فردی و جدا از دیگر منابع تکیه می‌کند و اثر هم‌افزایی آنها را نادیده می‌گیرد [۱۶]. در مقابل تاب‌آوری زنجیره تأمین الگویی سیستمی نوظهور با تعاملات جمعی، پویا و غیر خطی بین شرکت‌های در طول زنجیره تأمین است. به این ترتیب می‌توان استدلال کرد که با استفاده از این رویکردهای تقلیل‌گرایانه، امکان سنجش عینی و توصیف مناسب تاب‌آوری زنجیره تأمین وجود ندارد [۸؛ ۱۷]. دیدگاه‌های قابلیت‌های پویا و نظریه اقتضایی همانند تئوری مبتنی بر منابع بر سطح بنگاه متمرکزند و نمی‌تواند به اندازه کافی ماهیت نظام‌مند تاب‌آوری زنجیره تأمین را توضیح دهد [۸] ؛ برای مثال مدل قابلیت پویا، پویایی بازار و تحول شرکت را در طول زمان در نظر می‌گیرد [۱۸]. در همین حال، نظریه اقتضایی بر تناسب بین ساختار سازمانی و اقتضائات آن تمرکز دارد. به رغم اینکه کاربرد نظریه سیستمی از سایر تئوری‌ها امیدوارکننده‌تر است؛ با این حال امروزه زنجیره تأمین، نه تنها فراتر از سیستم‌های سنتی است بلکه مجموعه‌ای از سیستم‌های پیچیده با عناصر مختلف است که به‌طور مداوم با یکدیگر و با محیط خود را برای تطبیق در تعامل است [۸] که تاب‌آوری خود از میان این فرایند تطبیقی و شرکت‌های در حال تحول به دست می‌آید. در واقع ماهیت زنجیره تأمین تنها ویژگی‌های یک سیستم را ندارد که با به‌کارگیری صرف نظریه سیستمی، بتوان همه ویژگی‌ها و رفتارهای آن را مطالعه کرده و توجیه نمود بلکه ویژگی‌های پیچیدگی و سازگاری که در ماهیت روابط در زنجیره تأمین مشاهده می‌شوند، نیاز به دیدگاهی برای مطالعه دارد که همه ابعاد و ویژگی‌های پیچیدگی را توجیه کند[۸؛ ۱۹؛ ۲۰]. از همین رو بسیاری از تئوری‌هایی که در این زمینه استفاده می‌شوند، کاستی‌های مشابهی برای مطالعه تاب‌آوری زنجیره تأمین دارند و دیدگاه

نظری جایگزینی که این ویژگی‌ها را در نظر بگیرد، برای پیشرفت بیشتر در درک و ساختار تاب‌آوری زنجیره تأمین مورد نیاز است.

از همین روی دی (۲۰۱۴) و تاکاموهابوا و همکارانش (۲۰۱۵) تئوری سیستم‌های پیچیده سازگار را در پژوهش خود مورد استفاده قرار دادند. آنها به طور خاص بر تاب‌آوری بازیابی شبکه‌های تأمین زمان حوادث متمرکز شدند. این شبکه تأمین ممکن است برای پاسخ به رویدادهای خطر برای یک دوره گسسته از زمان ساخته شود [۸؛ ۱۹]. هالند (۱۹۹۵) سیستم منطبق پیچیده را سیستمی تعریف می‌کند که آن در دوره‌ای از زمان، با یک فرم منسجم از خواص انطباق و خود سازماندهی[۶] ظهور پیدا می‌کند. سیستم پیچیده سازگار از یک شبکه به هم پیوسته از نهادهای متعدد (یا عوامل متعدد) تشکیل شده است که به تغییرات محیطی (بیرونی) و تغیرات سیستمی نهادهای داخلی، به صورت انطباقی واکنش نشان می‌دهد [۱۹].

در نهایت با توجه به ماهیت زنجیره تأمین، به نظر می رسد همانند یک سیستم پیچیده سازگار عمل می‌کند [۷؛ ۱۹]، زیرا که ویژگی‌های اصلی زنجیره تأمین با سیستم‌های پیچیده سازگار یکسان است. علاوه بر این، از ویژگی‌های اصلی تاب‌آوری این است که ماهیتی همانند سیستم‌های پیچیده سازگار دارد [۸]. به عبارت دیگر ویژگی‌های یک سیستم منطبق پیچیده همانند سازگاری، غیرخطی بودن، اتصال به صورت شبکه‌ای، تعامل، دارای ابعاد چندگانه، خود سازماندهی و مقیاس‌پذیری قابل اعمال در مفهوم زنجیره تأمین و به طور خاص‌تر تاب‌آوری زنجیره تأمین است [۸؛ ۱۹]. تاکاموهابوا و همکارانش (۲۰۱۵) در پژوهش خود تصریح کرده‌اند که پژوهش‌هایی که از رویکرد CAS در مطالعه تاب‌آوری زنجیره تأمین بهره می‌گیرند باید براساس ماهیت این دیدگاه موارد زیر را در مطالعه خود منظور کنند:

۱. **استفاده از روش‌های غیر تقلیل‌گرایانه:** برونلی (۲۰۰۷) اشاره کرد که الگوهای در سطح سیستم که به عنوان نتیجه‌ای از فعل و انفعالات جمعی، پویا و غیرخطی بین عوامل تطبیقی فردی پدیدار می‌گردد، نمی‌توان با روش‌های تقلیل‌گرایانه توصیف کرد. از دیگر سو، در برخی از تحقیقات تاب‌آوری زنجیره تأمین از روش‌های قطعی و تقلیل‌گرایانه استفاده شده است [۳] که نمی‌توانند ماهیت نوظهور و پویای آن را به طور کامل توضیح دهند؛ برای مثال، مدل‌های آماری خطی مورد

استفاده در پژوهش‌های پرسشنامه‌محور، ممکن است مناسب نباشند، چرا که ماهیت نوظهور تاب‌آوری متفاوت از مجموعه‌ای صرف از عناصر فردی زنجیره تأمین است. علاوه بر اینها، ویژگی غیرخطی این تئوری نشان می‌دهد که حوادث به ظاهر بی‌اهمیت در زنجیره تأمین ممکن است باعث تهدیدات قابل توجهی شود که این امر یک رابطه غیرخطی میان علت و معلول (برای مثال میان سوابق زنجیره تأمین و تاب‌آوری آن) را به تصویر می‌کشد. به همین علت انتخاب چند متغیر به ظاهر اساسی از ادبیات و بدون استفاده از یک تئوری مناسب و مطبق بر مفهوم تاب‌آوری نمی‌تواند به طور کامل توضیح‌دهنده مفهوم تاب‌آوری زنجیره تأمین باشد. با مطالعه ادبیات، عدم در نظر گرفتن ویژگی‌های تئوری سیستم‌های پیچیده سازگار برای مطالعه عناصر تاب‌آوری زنجیره تأمین به عنوان یک شکاف تحقیقاتی مشخص می‌گردد.

۲. **نیاز به استفاده از روش‌های ساختارگرا:** بر اساس موارد فوق، چارچوب نظری سیستم‌های پیچیده سازگار نشان می‌دهد که زنجیره تأمین تحت فشار تغییرات مستمر و انطباق با آنهاست که منجر به تکامل[۷] و تکامل مشترک[۸] می‌شود. در واقع، تاب‌آوری به احتمال زیاد شبیه به انطباق در حین انجام فرایند است، این امر موجب دشواری پیش‌بینی و یا اندازه‌گیری عینی است. علاوه بر این، مطالعات قبلی نشان داده‌اند که تاب‌آوری یک پدیده اجتماعی است که توصیف عینی آن دشوار است. این به آن معنا است که بهترین پژوهش در زمینه تاب‌آوری زنجیره تأمین می‌تواند غیرعینی و با استفاده از روش ساختارگرا (به علت پراکندگی ابعاد مسئله برای ایجاد یک ساختار از مسئله) باشد که در این پژوهش از روش‌های ساختاردهی نرم برای شناخت ساختار ابعاد و مؤلفه‌ها بهره گرفته شد.

۳. **شبکه تأمین به عنوان واحد تحلیل پژوهش و نیاز به تحقیقات طولی:** فرایندهای تکامل مشترک و خودسازماندهی و ظهور الگوهای رفتار جمعی در تئوری سیستم‌های پیچیده سازگار نشان می‌دهد که تاب‌آوری زنجیره تأمین، نتیجه اقدام‌های تنها یک شرکت به صورت فردی نیست، بلکه پدیده‌ای شبکه‌ای ناشی از ارتباط و وابستگی متقابل میان شرکت‌هاست. در واقع این امر پیشنهاد می‌کند که به جای بررسی یک شرکت، زنجیره تأمین به عنوان واحد تجزیه و تحلیل قرار بگیرد. علاوه بر این رویدادهای خطر هم در سطح شبکه تأمین اتفاق می‌افتد نه در سطح یک شرکت

خاص. اگرچه برخی از پژوهشگران شرکت را به عنوان واحد تحلیل خود درنظر گرفته‌اند [۳]، اما این نکته مهم است که تاب‌آوری یک شرکت توسط مقاومت و تاب‌آوری شبکه تأمین آن شرکت تعیین می‌شود.

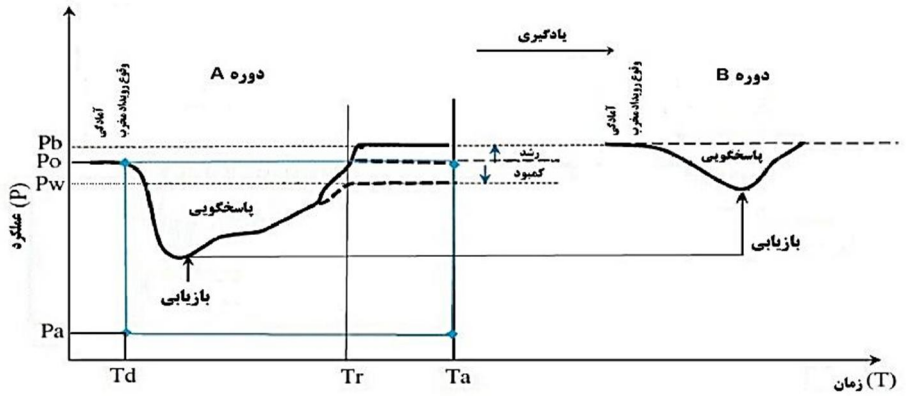
همان طور که پیش‌تر اشاره شد، تاب‌آوری زنجیره تأمین شامل ویژگی‌های غیرخطی و فرایندهای تکامل مشترک است. همچنین شامل خودسازماندهی و رفتارهای نوظهور که با توجه به فرایند تکامل مشترک، باعث تغییر می‌شود. الگوهای رفتاری ناشی از انطباق مستمر و ضد انطباق را به‌راحتی نمی‌توان در یک نقطه از زمان فهمید؛ از این رو پژوهش طولی مورد نیاز است که در این پژوهش این مسئله مهم با در نظر گرفتن زنجیره تأمین دو شرکت مورد مطالعه تحقق یافته است.

۴. یادگیری بعدی از ابعاد تاب‌آوری زنجیره تأمین: مفهوم تکامل مشترک در تئوری سیستم‌های پیچیده سازگار نشان می‌دهد که پیاده‌سازی استراتژی‌های تاب‌آوری زنجیره تأمین به‌وسیله برخی از بنگاه‌ها، ممکن است اقدام‌های شرکت‌های دیگر را در امتداد زنجیره تأمین و همچنین محیط خود را تحت تأثیر قرار بدهد. تغییرات بعدی در محیط ممکن است پیچیدگی بیشتری ایجاد کند که در نتیجه تهدید بیشتری به وجود می‌آید و به سازگاری بیشتر و استراتژی‌های متنوع‌تری نیاز است. این نکته نشان می‌دهد که تاب‌آوری یک پدیده فرار بوده که دستیابی به آن دشوار است. همچنین مؤید آن است که بعید است که سطوح مطلوب تاب‌آوری زنجیره تأمین وجود داشته باشد؛ برای مثال استراتژی تاب‌آوری انعطاف‌پذیر همانند استراتژی منابع چندگانه ممکن است باعث بزرگ‌تر شدن زنجیره تأمین و افزایش پیچیدگی و تهدید باشد که این امر به هماهنگی و سازگاری بیشتری نیاز دارد. همچنین فرایند تکامل مشترک بر اهمیت یادگیری متقابل میان شرکت‌های درون شبکه تأمین و دیگران از جمله محیط در طول روند ایجاد تاب‌آوری زنجیره تأمین تأکید می‌کند. این امر عدم در نظر گرفتن یادگیری به عنوان بعد پنجم تاب‌آوری زنجیره تأمین در پژوهش‌های گذشته را به عنوان یک شکاف پژوهشی مشخص می‌سازد [۸؛ ۱۹؛ ۲۰].

۲-۳- تعریف عملیاتی تاب‌آوری زنجیره‌تأمین با رویکرد CAS

با توجه به تعاریف دیگر تاب‌آوری زنجیره تأمین که پیش‌تر اشاره شد و همچنین با مدنظر قرار دادن ویژگی‌های همسان تئوری سیستم‌های پیچیده سازگار با مفهوم تاب‌آوری زنجیره تأمین، می‌توان این مفهوم را اینگونه تعریف کرد: تاب‌آوری زنجیره تأمین عبارت است از یک قابلیت سازگاری براساس آمادگی کل نهادهای زنجیره برای رویارویی با یک رویداد مخرب؛ پاسخ به این رویداد؛ بازیابی از این رویداد، یادگیری از این رویداد و اقدام‌های مقابله با آن و دستیابی به رشد برای افزایش مزیت رقابتی پس از این رویداد، به‌گونه‌ای که عناصر، اقدام‌ها یا توانمندی‌های تاب‌آوری زنجیره تأمین، باید به منظور اطمینان از اینکه ابعاد فوق با حداقل هزینه و زمان، حداکثر می‌شوند [۸].

بر این اساس ابعاد پنجگانه زیر که منطبق با تعریف عملیاتی مفهوم سازه تاب‌آوری زنجیره تأمین در چارچوب تئوری به کار گرفته شده است، شناسایی و معرفی می‌شوند: آمادگی[۹]، پاسخ گویی[۱۰]، بازیابی[۱۱]، رشد[۱۲] و یادگیری[۱۳][۸]. شکل ۱ به طور تقریبی ابعاد و جنبه‌های تاب‌آوری زنجیره تأمین را به تصویر می‌کشد، همچنین جدول ۱ ابعاد و مؤلفه‌های تاب‌آوری زنجیره تأمین که با استفاده از مرور نظام‌مند ادبیات موضوع از مقالات دارای ضریب تأثیر بالا استخراج شده‌اند، در چارچوب تئوری سیستم‌های پیچیده سازگار را شرح می‌دهد:



شکل ۱ نمودار عملیاتی تاب‌آوری زنجیره تأمین

جدول ۱ ابعاد و مؤلفه‌های تاب‌آوری زنجیره تأمین در چارچوب CAS [۵]

بعد	مؤلفه	نماد	توضیحات و برخی منابع
آمادگی (R_1)	انعطاف‌پذیری	R_{11}	تطابق مستمر با خواسته‌های متغیر و متنوع مشتریان [۸؛ ۱۹؛ ۲۳]
	ظرفیت پشتیبانی	R_{12}	مدیریت موجودی و اطلاعات برای کاهش آسیب [۷؛ ۸؛ ۱۹؛ ۲۰؛ ۲۱]
	طراحی زنجیره تأمین	R_{13}	طراحی مناسب ارتباطات از راه ساختار شبکه‌ای [۷؛ ۸؛ ۱۹؛ ۲۰؛ ۲۱]
	تصمیم برنامه‌ریزی شده	R_{14}	پروتکل‌های ارتباطی پیش از اختلالات [۸؛ ۷]
	قابلیت رؤیت	R_{15}	توانایی مشاهده و پایش کل زنجیره (گره‌ها و پیوندها) [۷؛ ۸؛ ۱۹؛ ۲۰؛ ۲۱]
	ساختار امنیتی	R_{16}	محافظت از زنجیره تأمین در برابر اختلالات عمدی [۷؛ ۸؛ ۱۹؛ ۲۰؛ ۲۱]
	رقابت تعاونی	R_{17}	ایجاد و حفظ همکاری با رقبا در جهت هم‌افزایی [۸]
	افزایش نوآوری	R_{18}	یافتن ایده و فناوری جدید برای کاهش آسیب‌پذیری [۸]
	قابلیت فناوری اطلاعات	R_{19}	افزایش ارتباطات، شفافیت و هشدار به‌موقع [۸]
	انطباق پایدار	R_{110}	سازگاری با ملزومات اقتصادی، اجتماعی و زیستی [۸؛ ۱۹]
پاسخگویی (R_2)	سرعت	R_{21}	سرعت کاهش شدت حوادث در واحد زمان [۷؛ ۸؛ ۱۹؛ ۲۰؛ ۲۳]
	تسهیم اطلاعات	R_{22}	هماهنگی تنگاتنگ برای پاسخگویی به اختلالات [۷;۸;۱۹;۲۰;۲۳]
	سرمایه اجتماعی	R_{23}	ایجاد ارتباط مؤثر و اعتماد [۷;۸;۱۹;۲۰;۲۳]
	مدیریت تقاضا	R_{24}	تأثیرگذاری بر تقاضای مشتری [۷;۸;۱۹;۲۰;۲۳]
	برنامه‌ریزی اقتضایی	R_{25}	توانایی سناریوپردازی و پیش‌بینی ریسک و راه‌حل [۷;۸;۱۹;۲۰;۲۳]
	یکپارچگی	R_{26}	برنامه‌ریزی مشترک، هم‌افزایی دانش و اطلاعات [۷؛ ۸؛ ۱۹؛ ۲۰؛ ۲۳]

بعد	مؤلفه	نماد	توضیحات و برخی منابع
بازیابی (R_3)	همکاری	R_{31}	مشارکت و تشریک مساعی در بازیابی مؤثر [۷؛ ۸؛ ۱۹؛ ۲۰؛ ۲۳]
	قدرت مالی	R_{32}	توانایی جبران ضرر و بهبود شاخص‌ها در تمام زنجیره [۷؛ ۸؛ ۱۹؛ ۲۰؛ ۲۳]
	تسهیم ریسک و درآمد	R_{33}	برای تمرکز و همکاری طولانی میان شرکای زنجیره [۷؛ ۸؛ ۱۹؛ ۲۰؛ ۲۳]
	بازسازی	R_{34}	ساختاردهی درونی و بیرونی سریع و کم هزینه [۷؛ ۸؛ ۱۹؛ ۲۰؛ ۲۳]
یادگیری (L)	یادگیری نظام مند	L_1	افزایش دانش زنجیره‌تأمین و مهارت‌های مورد نیاز [۷؛ ۸؛ ۱۹؛ ۲۱]
	فراموشی نظام مند	L_2	خارج کردن روش‌های ناکارآمد گذشته و فعلی [۷؛ ۸؛ ۱۹؛ ۲۱]
	مدیریت منابع انسانی	L_3	آموزش، تیم‌های متقابل کارکردی، فرهنگ ریسک و... [۷؛ ۸؛ ۱۹؛ ۲۱]
رشد (G)	کارایی	G_1	حذف ضایعات و فعالیت‌های بدون ارزش افزوده و... [۷؛ ۸؛ ۱۹؛ ۲۱]
	افزونگی	G_2	استفاده استراتژیک و انتخابی از ظرفیت اضافی [۷؛ ۸؛ ۱۹؛ ۲۰؛ ۲۳]
	پایداری	G_3	افزایش قابلیت‌های سازمانی منجر به رشد [۷؛ ۸؛ ۱۹؛ ۲۱]

۲-۴- زنجیره تأمین صنایع دارویی

در سال‌های اخیر با توجه به روند رو به کاهش رشد جمعیت و افزایش پیری جمعیت و هم‌چنین شیوع یکباره بیماری‌های مزمن و خطرناک، صنعت داروسازی رشد چشمگیری داشته است. اما از دیگر سو تهدیدات بالقوه زیادی این صنعت را تهدید می‌کند. این صنعت دارای یک زنجیره تأمین بسیار حساس است که اطمینان زیر صد در درصد در مورد هر گونه فعالیتی به طور مستقیم سطح خدمات به مشتریان را از نظر بهداشتی و ایمنی به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. به همین منظور، شرکت‌های داروسازی سیاست نگهداری موجودی زیاد در سراسر زنجیره تأمین خود را دنبال می‌کنند تا از نرخ اطمینان صد در صد مطمئن شوند. کاهش زمان رسیدن محصول به بازار، بهره‌وری، نوآوری، کاهش چرخه عمر محصولات دارویی، مقررات دولتی،

کاهش دوره ثبت اختراع اختصاصی، ایجاد انعطاف‌پذیری در تولید و افزایش هزینه‌ها از مهم‌ترین مشکلاتی است که فراروی صنعت داروسازی است. همچنین نفوذ محصولات تقلبی خطرناک به زنجیره‌های تأمین و عرضه دارویی خطری بس بزرگ برای صنایع دارویی جهان سومی است [۲۴]. علاوه بر مطالب فوق زنجیره تأمین صنایع داروسازی شرایط خاصی را داراست که مهم‌ترین آنها عبارتند از نیاز به زنجیره تأمین سرد (برای داروهای فاسدشدنی نیاز به ایجاد زنجیره تأمین سرد از طریق رویکردهای بسته‌بندی حرارتی و یا سردخانه‌ای و برنامه‌ریزی لجستیکی به منظور حفظ این شرایط در طول زنجیره است)، غیر قابل پیش‌بینی بودن تقاضای دارو، وجود تعداد بالای اقلام جایگزین، عمر قفسه‌ای و وجود تاریخ انقضا و نظارت دولت [۲۵].

۲-۵- پیشینه پژوهش

علی رغم افزایش پژوهش‌ها در زمینه تاب‌آوری زنجیره تأمین، با مطالعه ادبیات موضوع در می‌یابیم که متأسفانه چندان تمرکز خاصی بر ارزیابی و اندازه‌گیری میزان آن صورت نگرفته است [۲۳؛ ۷].

شفی و رایس (۲۰۰۵) تنها باتوجه به مراحل مختلف تاب‌آوری زنجیره تأمین، مدلی را ارائه دادند که نشان می‌داد اختلالات اقتصادی بر اندازه‌گیری عملکرد، از قبیل سطوح تولید و فروش، سود و یا خدمات به مشتریان، اثر نوسانی داشته است [۱۱].

دتا و همکارانش (۲۰۰۷) چارچوبی را با هدف تقویت انعطاف‌پذیری زنجیره تأمین و تاب‌آوری آن با مطالعه چند محصول و زنجیره تأمین چند کشور با درنظر گرفتن تقاضا و تنوع تولید و محدودیت‌های ظرفیت توزیع آنها ارائه کردند. براساس پژوهش آنها سطح تاب‌آوری زنجیره تأمین با ۴ شاخص سنجش می‌شود: سطح خدمات به مشتریان، تغییر تولید در طول زمان، متوسط موجودی در هر مرکز توزیع و متوسط کل موجودی شبکه در بین همه مراکز توزیع. این مدل نشان می‌دهد، برای افزایش سطح تاب‌آوری زنجیره تأمین، استفاده از یک ساختار اطلاعاتی غیر متمرکز و قواعد تصمیم‌گیری انعطاف‌پذیر، نظارت بر شاخص‌های عملکرد کلیدی در فواصل منظم و به اشتراک‌گذاری اطلاعات با تمام شرکای زنجیره تأمین لازم است [۲۶]. مدل ارائه شده به‌وسیله آنها تنها به همین

۴ شاخص بسنده کرده و ماهیت تاب‌آوری در زنجیره تأمین و همچنین تعریف آن در شرایط بحران‌زای مختلف را با در نظرگرفتن یک دیدگاه متناسب با ماهیت زنجیره تأمین را تبیین نکرده است.

اسپیگلر و همکارانش (۲۰۱۲) هم در پژوهش خود فقط به اندازه‌گیری خطای مطلق انتگرال سطح مصرف موجودی و تجزیه و تحلیل میان استحکام و نیرومندی و تاب‌آوری زنجیره تأمین، بسنده کرده و از این طریق دریافتند که سیستم‌هایی که تاب‌آوری بسیار بالایی دارند، در سطوح تولید بالا از نظر هزینه‌ها نیرومندی کمتری دارند [۲۷].

پتیت و همکارانش (۲۰۱۳) در پژوهش خود ابزار تجربی سنجش سطح تاب‌آوری زنجیره تأمین را در هفت شرکت تولیدی و خدماتی جهانی با استفاده از ۱۳۶۹ آیتم مورد آزمایش و توسعه قرار دادند. این ابزار هریک از عناصر ابعاد تاب‌آوری زنجیره تأمین را برای تعیین میزان فعلی کمیت تاب‌آوری شرکت‌ها از طریق امتیاز تاب‌آوری مورد ارزیابی قرار داد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که همبستگی مثبت میان افزایش میزان تاب‌آوری زنجیره تأمین و عملکرد عملیاتی با استفاده از اندازه‌گیری عملکرد زنجیره تأمین وجود دارد که با این حال، لازم است در یک مطالعه هم ارز اعتبارسنجی دوباره شود [۲۸].

وایلند و وایلبرگ (۲۰۱۳) در مطالعه خود میان تاب‌آوری پیشقدم[۱۴] (نیرومندی[۱۵]) و تاب‌آوری واکنشی[۱۶] (چابکی[۱۷]) تمایز قائل شده و نتایج مطالعه آنها تأثیر مثبت شایستگی‌های رابطه‌ای، مانند همکاری و ارتباط بین شرکای زنجیره تأمین بر روی تاب‌آوری زنجیره تأمین را نشان داد که زنجیره ارزش مشتری را افزایش می‌دهد [۱۰]. ولی درباره سنجش تاب‌آوری زنجیره تأمین مطالعه خاصی در طول یک زنجیره تأمین صورت ندادند.

وو و همکارانش (۲۰۱۳) با استفاده از یک جدول زمانی برای نشان دادن تأثیر خروجی‌های انبار قبل در زمان و بعد از رخداد، میزان تاب‌آوری زنجیره تأمین خرده‌فروشان و تولیدکنندگان را نشان داده و تنها به همین شاخص اکتفا کرده و دیگر شاخص‌ها را مورد مطالعه قرار ندادند [۲۹].

سونی و همکارانش (۲۰۱۴) با بهره‌گیری از شناسایی توانمندسازهای تاب‌آوری زنجیره تأمین اقدام به تبیین یک مدل قطعی بدون در نظر گرفتن یک زنجیره خاص برای سنجش تاب‌آوری زنجیره تأمین کرده‌اند. عدم درنظر گرفتن یک تئوری متناسب

با ماهیت زنجیره تأمین و تاب‌آوری آن و همچنین ارائه مدل بدون آزمایش آن با استفاده از داده‌های واقعی واقعی یک مورد مطالعه‌ای خاص از جمله شکاف‌های پژوهشی است که متأسفانه در این پژوهش پاسخی برای آنها یافت نمی‌شود [۲۳].

هوهنستین و همکارانش (۲۰۱۵) در پژوهش مروری خود، اقدام به شناسایی ابعاد و عناصر چالاکی زنجیره تأمین بدون در نظرگرفتن یک لنز تئوری متناسب با ماهیت زنجیره تأمین و تاب‌آوری آن کرده و براساس آن و تئوری فردوس و مایر (۱۹۹۰) چارچوبی را بدون مطالعه میدانی و روش‌شناسی کمّی یا کیفی برای توسعه و شناسایی و ارزیابی تاب‌آوری زنجیره تأمین تنها پیشنهاد دادند [۷].

راجش (۲۰۱۶) در مطالعه خود با درنظر گرفتن تنها شاخص‌های انعطاف‌پذیری، پاسخ‌گویی، کیفیت، بهره‌وری و دسترسی، میزان تاب‌آوری زنجیره تأمین را در شرکت‌های تولید قطعات الکترونیک هندی با استفاده از داده‌های نوع دوم و بهره‌گیری از پیش‌بینی خاکستری در برابر اختلالات بالقوه در آینده، پیش‌بینی کرده است و به سنجش وضع موجود و حدود کمینه و بیشینه آن نپرداخته است، همان طور که به تعداد محدودی شاخص برای ارزیابی این مفهموم بسنده کرده است [۳۰].

۳- روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و از منظر جمع‌آوری اطلاعات، توصیفی است؛ زیرا که پژوهشگر در پی ارائه یک مدل جامع سنجش تاب‌آوری در زنجیره تأمین است تا به وسیله آن سنجش سطح تاب‌آوری زنجیره تأمین صنعت دارویی کشور، در شرایط موجود و همچنین تبیین و تفسیر آن تسهیل شود. همچنین از دو رویکرد کمّی و کیفی متناسب با مراحل مختلف گردآوری و تحلیل داده‌ها استفاده می‌کند.

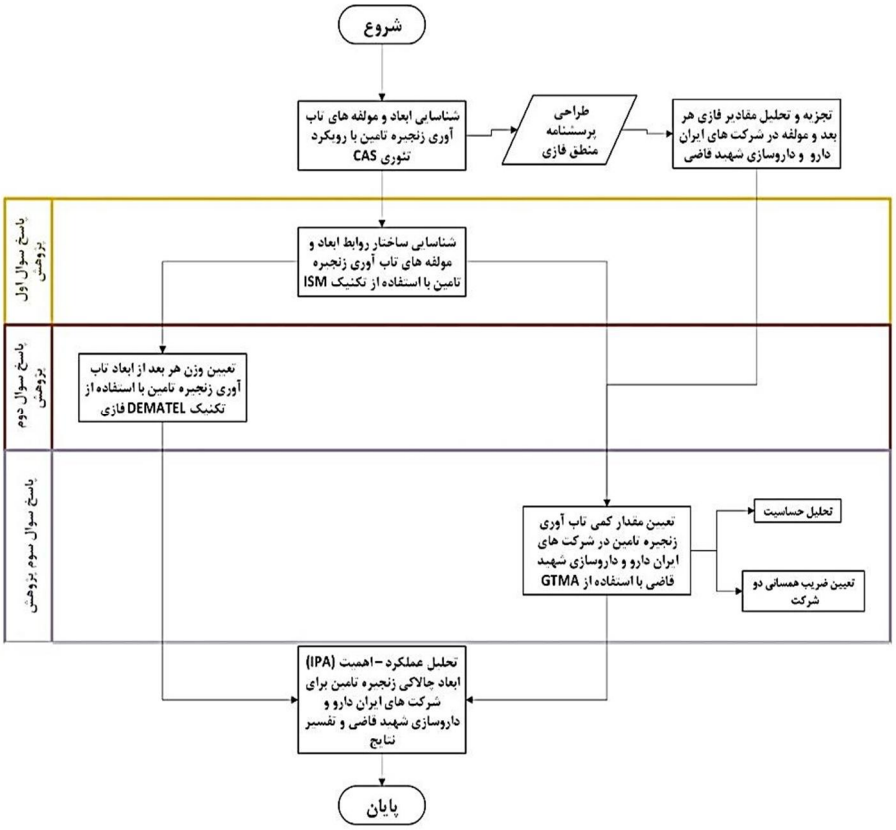
جامعهٔ نظری پژوهش در سطح اول که مربوط به فرایند پاسخ به پرسش‌های اول و دوم است، مشتمل بر تمام خبرگان دانشگاهی زنجیره تأمین صنعت داروسازی است و نمونه‌برداری هدفمند براساس روش گلوله برفی مشتمل بر ۲۵ تن از خبرگان است. اما در سطح دوم که مربوط به فرایند پاسخ به پرسش سوم و در رابطه با مورد مطالعه‌ای پژوهش است، تمام مدیران و کارشناسان خرید، لجستیک و زنجیره تأمین شرکت‌های داروسازی مورد مطالعه و شرکت‌های تأمین‌کننده آنان، جامعه نظری را تشکیل می‌دهند که مبتنی بر پنل خبرگان نمونه‌برداری صورت گرفته که مشمل بر ۲۰ نفر در هر زنجیره تأمین مورد مطالعه است. در

پژوهش حاضر برای نگارش ادبیات و پیشینه پژوهش از روش اسنادی با استفاده از مجلات علمی با ضریب تأثیر بالا استفاده شد و برای تحلیل داده‌ها از روش میدانی، از پرسشنامه مقایسات زوجی استاندارد مدلسازی ساختاری تفسیری برای شناسایی روابط میان ابعاد و مولفه‌های تاب‌آوری و پرسشنامه مقایسات زوجی استاندارد دیمتل برای تعیین اوزان و ضریب تأثیر اهمیت هر بعد، در سطح اول جامعه نظری استفاده شد. اما در سطح دوم جامعه نظری برای تعیین میزان فعلی و مقدار کمّی روابط متقابل فاکتورها در دو زنجیره تأمین مورد مطالعه، با استفاده از روش تئوری گراف و رویکرد ماتریسی[۱۸] از پرسشنامه منطق فازی[۱۹] بهره گرفته شد و ابعاد آمادگی، پاسخگویی، بازیابی، یادگیری و رشد به همراه مؤلفه‌های آنان به‌ترتیب با ۳۴، ۱۸، ۱۳، ۹ و ۹ گویه سنجش شدند و از آن جایی که در زندگی واقعی، اغلب با داده‌های تصمیم مبهم که از قضاوت‌های انسانی نشأت می‌گیرند، مواجهیم؛ استفاده از ارزش‌های قطعی، مناسب نبوده و از حالت فازی روش‌های فوق استفاده شد و بر مبنای مطالعه لین و همکارانش (۲۰۰۶) در زمینه مفاهیم زنجیره تأمین، با در نظر گرفتن نحوه مد نظر قرار تفاوت‌ها به‌وسیله انسان، از واژه‌های زبانی متناسب با طیف فازی هفت تایی برای پاسخ به پرسشنامه بهره گرفته شد و با استفاده از روش میانگین و گسترش فازی[۲۰] نتیجه نهایی برای فهم بهتر، فازی‌زدایی شد [۵].

جدول ۲ واژه‌های زبانی و اعداد فازی مرتبط با هر کدام

واژه‌های زبانی	عدد فازی
بسیارکم	(۰، ۰/۰۵، ۰/۱۵)
کم	(۰/۱، ۰/۲، ۰/۳)
نسبتاً کم	(۰/۲، ۰/۳۵، ۰/۵)
متوسط	(۰/۳، ۰/۵، ۰/۷)
نسبتاً بالا	(۰/۵، ۰/۶۵، ۰/۸)
بالا	(۰/۷، ۰/۸، ۰/۹)
خیلی بالا	(۰/۸۵، ۰/۹۵، ۱)

برای تأیید پایایی پرسشنامه منطق فازی روش GTMA ضریب آلفای کرنباخ ۰/۸۸۹ محاسبه شد و برای تأمین روایی پرسشنامه‌های مورد استفاده از روایی محتوا توسط اساتید و خبرگان استفاده شد. علاوه بر اینها براساس ماهیت روش‌های تحقیق در عملیات نرم، برخلاف روش‌های سخت که روایی بر پایه قابلیت تکرارپذیری از طریق مقایسه با دنیای واقعی است، روایی براساس سازگاری منطقی، معقول و باورکردنی و انسجام قابل دفاع تعریف می‌شود [۳۱،۵]. شکل ۲ فرایند انجام پژوهش، چگونگی استفاده از هر تکنیک برای پاسخ به هر سؤال پژوهش و یکپارچگی این تکنیک‌ها با یکدیگر را نمایش می‌دهد:



شکل ۲ فرایند انجام پژوهش

۴- تشریح تکنیک‌ها و تجزیه و تحلیل یافته‌های پژوهش

۴-۱- مدلسازی ساختاری تفسیری

این متدولوژی ترتیب و جهت روابط پیچیده میان عناصر یک سیستم را با استفاده از به‌کارگیری نظام‌مند برخی از علائم تئوری گراف و جبر بولین برای ساختاردهی گراف جهت‌دار بررسی می‌کند. مدلی که با استفاده از این متدولوژی به دست می‌آید، ساختاری از یک مسئله یا موضوع پیچیده، یک سیستم و یا حوزه مطالعاتی را نشان می‌دهد که الگویی به دقت طراحی شده است. این روش تفسیری است، چون قضاوت گروهی از افراد تعیین می‌کند که آیا روابطی میان این عناصر وجود دارد یا خیر؟ همچنین این روش ساختاری است؛ چون اساس روابط یک ساختار سرتاسری است که از مجموعه پیچیده‌ای از متغیرها استخراج شده است. علاوه بر اینها، این روش یک تکنیک مدلسازی است که روابط مشخص و ساختار کلی را در یک مدل دیاگراف نشان می‌دهد [۳۲]. به طور خلاصه روش مدلسازی ساختاری تفسیری شامل مراحل زیر است:

۱) شناسایی فاکتورهای مرتبط با مسئله.

۲) تشکیل ماتریس خودتعاملی ساختاری[۲۱]: خبره با استفاده از نمادهای زیر به تعیین روابط حاکم بر میان فاکتورهای i و j به صورت زوجی می‌پردازد: V: رابطهٔ یک سویه از i به j، A: رابطهٔ یک سویه از j به i، X: رابطهٔ دو سویه از i به j و برعکس،O: عدم وجود رابطه میان i و j.

۳) تشکیل ماتریس دسترسی اولیه[۲۲]: جایگزینی نمادهای X، A، V و O با ارقام صفر و یک.

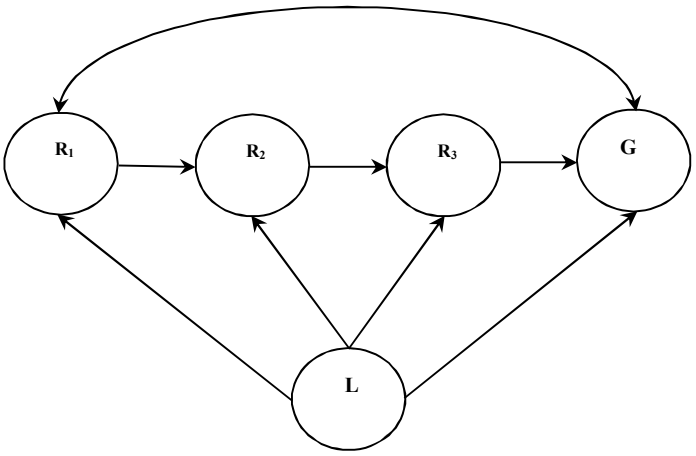
۴) تشکیل ماتریس دسترسی نهایی: در این مرحله با وارد کردن انتقال‌پذیری[۲۳]در روابط متغیرها ماتریس دسترسی نهایی به دست می‌آید. این ماتریس با استفاده از نظریه اویلر به این صورت به دست می‌آید:

$$M = (A + I)^n$$ رابطه ۱

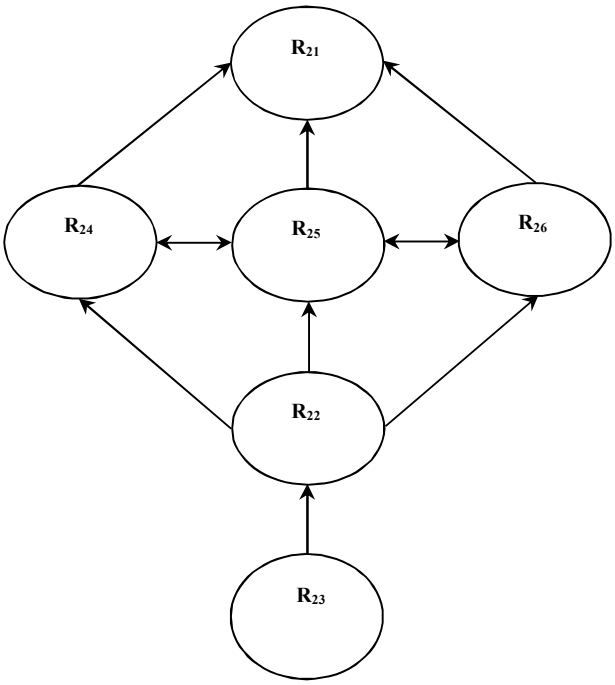
ماتریس A ماتریس دسترسی اولیه، I ماتریس همانی و M ماتریس دسترسی نهایی است و همچنین عملیات به توان رساندن ماتریس باید براساس قاعده بولین[۲۴] باشد.

۵) تعیین سطح اهداف: براساس ماتریس قابلیت دستیابی نهایی برای هر فاکتور یک مجموعهٔ دسترسی[۲۵] متشکل از خود فاکتور و دیگر فاکتورهای معلول و دیگری مجموعهٔ مرجع[۲۶]؛ دربرگیرندهٔ خود فاکتور و دیگر فاکتورهای علت تعیین می‌شود. با مشخص شدن فصل مشترک این دو مجموعه، فاکتورهایی که مجموعه‌های دسترسی و فصل مشترک یکسان دارند، بالاترین سطح به‌شمار می‌آیند و امکان دستیابی به سطحی بالاتر از خود را فراهم نمی‌کنند. برای دستیابی به فاکتورهای سطوح پایین‌تر، فاکتورهای سطح نهایی از سطر و ستون حذف‌شده و فرایند مشابه تکرار می‌شود.

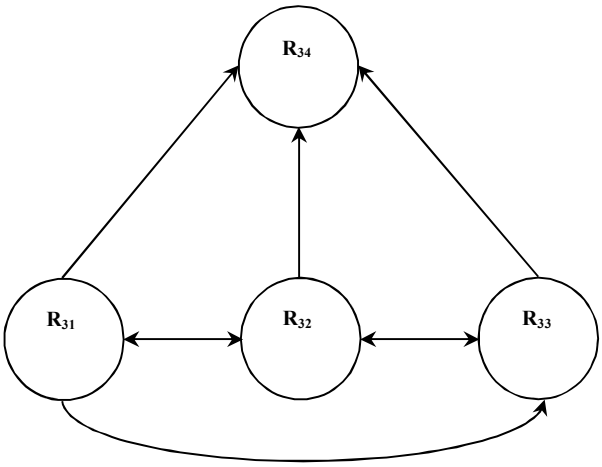
۶) تشکیل گراف: با استفاده از نتایج، ساختاری ایجاد می‌شود که در مدلسازی ساختاری تفسیری به گراف یا دیاگراف معروف است.



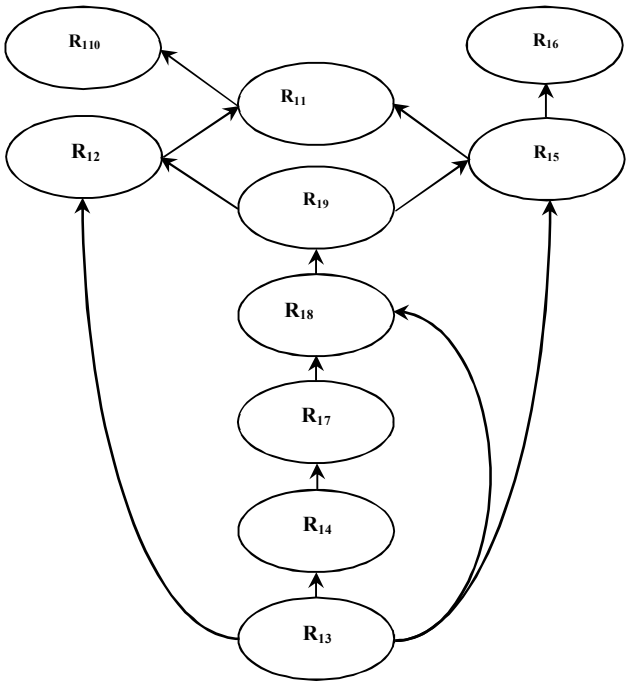
شکل ۳ دیاگراف ساختار روابط میان ابعاد تاب‌آوری زنجیره تأمین



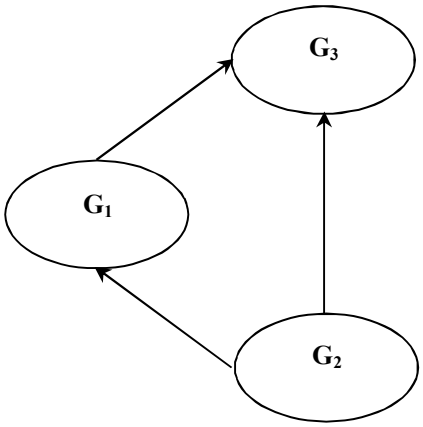
شکل ۴ دیاگراف مؤلفه‌های بعد پاسخگویی



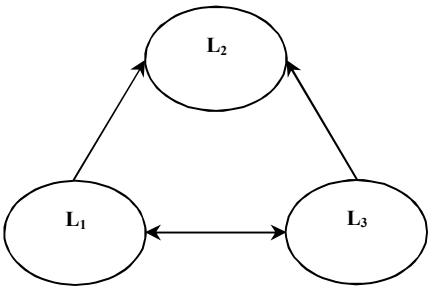
شکل ۵ دیاگراف مؤلفه‌های بعد بازیابی



شکل ۶ دیاگراف مؤلفه‌های بعد آمادگی



شکل ۷ دیاگراف مؤلفه‌های بعد رشد



شکل ۸ دیاگراف مؤلفه‌های بعد یادگیری

۴-۲- روش DEMATEL

روش DEMATEL روشی جامع برای تدوین و تجزیه و تحلیل مسائل پیچیده و مدل‌هایی است که بین فاکتورهای پیچیده آن روابط علی و معلولی جریان دارد. این متدولوژی با بهره‌مندی از اصول تئوری گراف، به استخراج روابط تأثیرگذار و تأثیرپذیر متقابل عناصر موجود در گراف مورد مطالعه می پردازد، به‌گونه‌ای که میزان تأثیر متقابل روابط را با امتیاز عددی تعیین می‌کند و هر عنصر می‌تواند بر تمام عناصر هم سطح و سطوح بالاتر و پایین‌تر خود تأثیر متقابل بپذیرد. همچنین اهمیت و وزن عوامل در مدل، نه تنها توسط عوامل بالادستی یا پایین دستی بلکه توسط کل مدل تعیین می‌شود [۵]. گام های این روش به شرح زیر است:

۱) تشکیل ماتریس ارتباط مستقیم اولیه با استفاده از میانگین هندسی فازی نظرات خبرگان.

۲) نرمال کردن ماتریس ارتباط مستقیم با استفاده از روابط ۳-۳ و ۴-۳:

رابطه ۲
$$\widetilde{H}_{ij} = \frac{\tilde{z}_{ij}}{r} = (\frac{l'_{ij}}{r}, \frac{m'_{ij}}{r}, \frac{u'_{ij}}{r}) = (l^{"}_{ij}, m^{"}_{ij}, u^{"}_{ij})$$

که r از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

رابطه ۳
$$r = max_{1\le i\le n}(\sum_{j=1}^{n} u_{ij})$$

۳) تشکیل ماتریس ارتباط کل با استفاده از رابطه ۵-۳:

رابطه ۴ $$T = \lim_{k\to+\infty}(\tilde{H}^1 \oplus \tilde{H}^2 \oplus \ldots \oplus \tilde{H}^k)$$

۴) محاسبه میزان اثرگذاری (اهمیت) و اثرپذیری هر فاکتور: مجموع سطرها (اثرگذاری) و ستون‌ها (اثرپذیری) با توجه به روابط زیر به‌دست می‌آید.

رابطه ۵ $$\tilde{D} = (\tilde{D}_i)_{n\times 1} = [\sum_{j=1}^{n} \tilde{T}_{ij}]_{n\times 1}$$

رابطه ۶ $$\tilde{R} = (\tilde{R}_i)_{1\times n} = [\sum_{i=1}^{n} \tilde{T}_{ij}]_{1\times n}$$

میزان اهمیت شاخص‌ها $\tilde{D}_i + \tilde{R}_i$ و رابطه بین معیارها $\tilde{D}_i - \tilde{R}_i$ است. اگر $\tilde{D}_i - \tilde{R}_i > 0$ باشد معیار مربوطه اثرگذار و اگر $\tilde{D}_i - \tilde{R}_i < 0$ باشد معیار مربوطه اثرپذیر است.

جدول ۳ میزان اهمیت، اثرپذیری فازی و وزن استاندارد قطعی هر بعد

ابعاد	$\tilde{D}_i + \tilde{R}_i$	$\tilde{D}_i - \tilde{R}_i$	وزن استاندارد	رتبه
آمادگی	(0.892,1.165,1.464)	(-0.216,0.078,0.355)	0.204	3
پاسخ‌گویی	(0.857,1.034,1.213)	(-0.552,-0.369,-0.195)	0.180	4
بازیابی	(0.921,1.198,1.514)	(-0.954,-0.651,-0.361)	0.210	2
یادگیری	(1.046,1.392,1.708)	(1.046,1.392,1.708)	0.241	1
رشد	(0.755,0.930,1.108)	(-0.521,-0.350,-0.168)	0.162	5

۴-۳- تئوری گراف و رویکرد ماتریسی

روش تئوری گراف و رویکرد ماتریسی (GTMA) به عنوان روشی برای تصمیم‌گیری و همچنین اندازه‌گیری کمیت‌ها در محیط‌های تولیدی مطرح شده است. مراحل اجـرای این روش به شرح زیر است [۳۳]:

۱) نمایش روابط میان فاکتورها به صورت گراف جهت‌دار: گراف جهـت‌دار نمـایش گرافیکی از فاکتورها و روابط میان آنهاست و چنان‌که تعداد فاکتورها و روابـط میـان آنها افزایش پیدا کند، پیچیده‌تر گردیـده و تحلیـل بصـری آن کـاری پیچیـده و سـخت می‌شود. برای حل این مشکل از نمایش ماتریسی گراف جهت‌دار استفاده می‌شود.

برای ترسیم دیاگراف جهت‌دار ابعاد و مؤلفه‌های تاب‌آوری زنجیره تأمین از روش نظام‌مند ISM استفاده شد تا در صحت آن خللی وارد نشود (شکل‌های ۱ تا ۶).

۲) نمایش ماتریسی گراف جهت‌دار: با مشخص شدن مقادیر کمّی روابط میان فاکتورها به‌وسیله خبرگان، ماتریسی مربعی متناظر با گراف E به دست می‌آید که در آن درایه‌هـای بالا و پایین قطر اصلی میزان شدت روابط میان فاکتورهاست و قطر اصلی صفر است.

$$\mathrm{E}=\begin{bmatrix} 0 & a_{12} & \cdots & a_{1m} \\ a_{21} & 0 & \cdots & a_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

برای در نظر گرفتن میزان و اندازه فاکتورها ماتریس قطری V تعریف می‌شود کـه در آن اندازه هر فاکتور متناظر با گره بر قطر اصلی، بـا توجـه بـه پرسشـنامه منطـق فازی ابعاد و مؤلفه‌های تاب‌آوری زنجیره تأمین براسـاس طیـف منـدرج در جـدول ۲ توسط کارشناسان و خبرگـان دو شـرکت ایـران دارو و شـهید قاضـی تعیـین شـد و درایه‌های بالا و پایین قطر اصلی صفر هستند:

$$\mathrm{V}=\begin{bmatrix} A_{11} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & A_{22} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & A_{mm} \end{bmatrix}$$

با ترکیب دو ماتریس E و V ماتریس متغیر نهایی تاب‌آوری زنجیره تأمین۲۷ که روابط کامل میان فاکتورها و اندازه هر فاکتور را داراست، تشکیل می‌شود:

رابطه ۱۲-۳ $$SCRVPM = E + V$$

$SCRVPM_1$ مربوط به زنجیره تأمین شرکت ایران دارو و $SCRVPM_2$ مربوط به زنجیره تأمین شرکت داروسازی شهید قاضی است:

$$SCRVPM_1 = \begin{bmatrix} 0.0867 & 0.866 & 0 & 0 & 0.740 \\ 0 & 0.0613 & 0.866 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.3411 & 0 & 0.767 \\ 0.736 & 0.691 & 0.767 & 0.7795 & 0.728 \\ 0.569 & 0 & 0 & 0 & 0.1837 \end{bmatrix}$$

$$SCRVPM_2 = \begin{bmatrix} 0.000975 & 0.866 & 0 & 0 & 0.740 \\ 0 & 0.0613 & 0.866 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.7413 & 0 & 0.767 \\ 0.736 & 0.691 & 0.767 & 0.4837 & 0.728 \\ 0.569 & 0 & 0 & 0 & 0.1837 \end{bmatrix}$$

۳) نمایش تابع مقدار ثابت ماتریس SCRVPM و تعیین مقدار کمّی: این ماتریس میزان کمّی و روابط متقابل فاکتورها را نشان می‌دهد. بدیهی است ویژگی چند جمله‌ای این ماتریس، دترمینان است، اما به علت ویژگی دترمینان و وجود علامت منفی در محاسبه آن، تعدادی از داده‌ها از دست می‌روند. از این رو پژوهشگران پیشنهاد داده‌اند از تابع مقدار ثابت به جای دترمینان استفاده شود، زیرا که در این تابع هیچ عددی با علامت منفی در محاسبات در نظر گرفته نمی‌شود و داده‌ای از دست نمی‌رود. رابطه ۷، تابع مقدار ثابت ماتریس SCRVPM را نشان می‌دهد:

رابطه ۷
$$Per(SCRVPM) = \prod_{i=1}^{M} A_i + \sum_{i=1}^{M-1} \sum_{j=i+1}^{M} \dots \sum_{M=t+1}^{M} (a_{ij}a_{ji}) A_K A_I A_m A_n A_0 \dots . A_t A_M$$

$$+\sum_{i=1}^{M-2}\sum_{j=i+1}^{M-1}\sum_{k=j+1}^{M}\ldots.\sum_{M=t+1}^{M}\left(a_{ij}a_{jk}a_{ki}+a_{ik}a_{kj}a_{ji}\right)A_IA_mA_nA_0\ldots.A_tA_M$$

$$+\begin{pmatrix}\sum_{i=1}^{M-3}\sum_{j=i+1}^{M}\sum_{k=i+1}^{M-1}\sum_{l=i+2}^{M}\ldots.\sum_{M=t+1}^{M}\begin{matrix}\left(a_{ij}a_{ji}\right)\\(a_{kl}a_{lk})\end{matrix}A_mA_nA_0\ldots.A_tA_M+\\ \sum_{i=1}^{M-3}\sum_{j=i+1}^{M-1}\sum_{k=i+1}^{M}\sum_{l=j+1}^{M}\ldots.\sum_{M=t+1}^{M}\begin{matrix}\left(a_{ij}a_{jk}a_{kl}a_{li}+a_{il}a_{lk}a_{kj}a_{ji}\right)\\A_mA_nA_0\ldots.A_tA_M\end{matrix}\end{pmatrix}$$

$$+\begin{pmatrix}\sum_{i=1}^{M-2}\sum_{j=i+1}^{M-1}\sum_{k=i+1}^{M}\sum_{l=i+1}^{M-1}\sum_{M=l+1}^{M}\ldots.\sum_{M=t+1}^{M}\begin{matrix}\left(a_{ij}a_{jk}a_{ki}+a_{ik}a_{kj}a_{ji}\right)\\(a_{lm}a_{ml})\end{matrix}A_nA_0\ldots.A_tA_M+\\ \sum_{i=1}^{M-4}\sum_{j=i+1}^{M-1}\sum_{k=i+1}^{M}\sum_{l=i+1}^{M}\sum_{M=j+1}^{M}\ldots.\sum_{M=t+1}^{M}\left(a_{ij}a_{jk}a_{kl}a_{lm}a_{mi}+a_{im}a_{ml}a_{lk}a_{kj}a_{ji}\right)A_nA_0\ldots.A_tA_M\end{pmatrix}$$

$$+\begin{pmatrix}\sum_{i=1}^{M-3}\sum_{j=i+1}^{M-1}\sum_{k=i+1}^{M}\sum_{l=i+1}^{M}\sum_{m=1}^{M-1}\sum_{n=m+1}^{M}\sum_{M=t+1}^{M}\left(a_{ij}a_{jk}a_{kl}a_{li}+a_{ik}a_{lk}a_{kj}a_{ji}\right)(a_{mn}a_{nm})A_0\ldots.A_tA_M+\\ \sum_{i=1}^{M-5}\sum_{j=i+1}^{M-1}\sum_{k=i+1}^{M}\sum_{l=1}^{M-2}\sum_{m=l+1}^{M-1}\sum_{n=m+1}^{M}\sum_{M=t+1}^{M}\begin{matrix}\left(a_{ij}a_{jk}a_{ki}+a_{ik}a_{kj}a_{ji}\right)\\(a_{lm}a_{mn}a_{nl}+a_{ln}a_{nm}a_{ml})\end{matrix}A_0\ldots.A_tA_M+\\ \sum_{i=1}^{M-5}\sum_{j=i+1}^{M}\sum_{k=i+1}^{M-3}\sum_{l=i+2}^{M}\sum_{m=k+1}^{M-1}\sum_{n=k+2}^{M}\ldots.\sum_{M=t+1}^{M}\begin{matrix}\left(a_{ij}a_{ji}\right)(a_{kl}a_{lk})\\(a_{mn}a_{nm})\end{matrix}A_0\ldots.A_tA_M+\\ \sum_{i=1}^{M-5}\sum_{j=i+1}^{M-1}\sum_{k=i+1}^{M}\sum_{l=i+1}^{M}\sum_{m=i+1}^{M}\sum_{n=j+1}^{M}\sum_{M=t+1}^{M}\left(a_{ij}a_{jk}a_{kl}a_{lm}a_{mn}a_{ni}+a_{in}a_{nm}a_{ml}a_{lk}a_{kj}a_{ji}\right)A_0\ldots.A_tA_M+\end{pmatrix}$$
$$+\ldots$$

تابع مقدار ثابت ماتریس از M+1 گروه تشکیل شده است و این گروه‌ها شامل میزان کمّی هر فاکتور و روابط میان آنهاست. گروه *اول* نشان‌دهنده مقدار M فاکتور است. گروه دوم در این رابطه وجود ندارد، زیرا که در گراف جهت‌دار ما طوقه وجود ندارد، به عبارت دیگر هر فاکتور بر روی خودش تأثیر نمی‌گذارد. گروه *سوم*، تعاملات میان دو فاکتور را با M-2 فاکتور دیگر نشان می‌دهد. گروه *چهارم*، مجموعه‌ای از تعاملات میان سه فاکتور را با M-3 فاکتور دیگر نشان می‌دهد. گروه پنجم، شامل دو زیرگروه است که در اولین زیرگروه مجموعه از دو تعامل و M-4 فاکتور در نظر گرفته شده است و در زیرگروه دوم چهار تعامل و M-4 فاکتور نشان داده شده است.

در این پژوهش برای محاسبه تابع مقدار ثابت ماتریس در نرم‌افزار متلب برنامه‌ای کدنویسی شده است. همچنین برای یافتن مقدار بهینه و کمینه تاب‌آوری زنجیره تأمین می‌توان مقادیر اندازه فاکتورها را که همان عناصر قطر اصلی ماتریس SCRVPM است، به‌ترتیب بیشترین و کمترین عدد طیف تعیین شده قرار داد و تابع ثابت ماتریس

را محاسبه کرد. به این ترتیب مقادیر بهینه، واقعی و کمینه تاب‌آوری زنجیره تأمین برای دو زنجیره تأمین مورد مطالعه به دست می‌آید.

جدول ۴ مقادیر بهینه فعلی و کمینه عملکرد تاب‌آوری زنجیره تأمین اول و دوم

مقدار بهینه	عملکرد فعلی تاب‌آوری زنجیره تأمین ۱	عملکرد فعلی تاب‌آوری زنجیره تأمین ۲	مقدار کمینه
۳/۷۵۰۷	۰/۵۰۴۵	۰/۱۶۷۶	۰/۰۰۹۹
٪۱۰۰	۱۳/۴٪	۴/۲٪	٪۰
مقدار بهینه	عملکرد فعلی بعد آمادگی در زنجیره تأمین ۱	عملکرد فعلی بعد آمادگی در زنجیره تأمین ۲	مقدار کمینه
۰/۵۲۷۳	۰/۰۸۶۷	۰/۰۰۰۹۷۵	۰
٪۱۰۰	۱۶/۴۴٪	۰/۱۷٪	٪۰
مقدار بهینه	عملکرد فعلی بعد پاسخگویی در زنجیره تأمین ۱	عملکرد فعلی بعد پاسخگویی در زنجیره تأمین ۲	مقدار کمینه
۱/۴۷۸۷	۰/۵۱۸۰	۰/۰۶۱۳	۰
٪۱۰۰	٪۳۵	٪۴,۱	٪۰
مقدار بهینه	عملکرد فعلی بعد بازیابی در زنجیره تأمین ۱	عملکرد فعلی بعد بازیابی در زنجیره تأمین ۲	مقدار کمینه
۲/۰۷۶۰	۱/۳۴۱۱	۰/۷۴۱۳	۰/۰۲۷۰
٪۱۰۰	۶۴/۴٪	۳۴/۸٪	٪۰
مقدار بهینه	عملکرد فعلی بعد یادگیری در زنجیره تأمین ۱	عملکرد فعلی بعد یادگیری در زنجیره تأمین ۲	مقدار کمینه
۱/۲۷۰۸	۰/۷۷۹۵	۰/۴۸۳۷	۰/۰۳۰۲
٪۱۰۰	۵۹/۶٪	۳۶/۵٪	٪۰
مقدار بهینه	عملکرد فعلی بعد رشد در زنجیره تأمین ۱	عملکرد فعلی بعد رشد در زنجیره تأمین ۲	مقدار کمینه
۰/۸۲۵۳	۰/۴۷۴۹	۰/۱۸۳۷	۰
٪۱۰۰	۵۷/۵٪	۲۲/۲٪	٪۰

۴-۳-۱- مقایسه میان دو گراف جهت‌دار

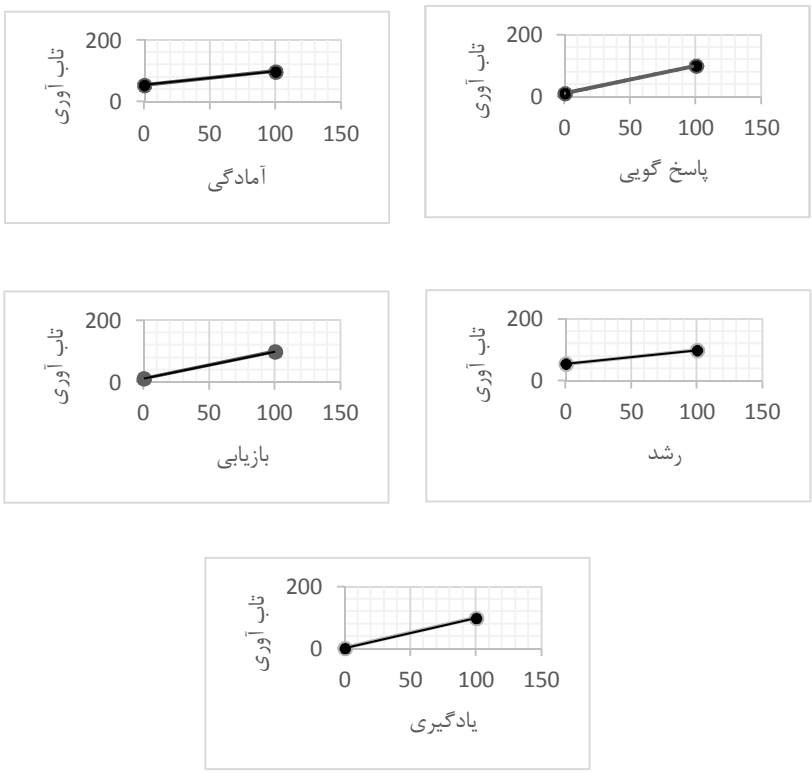
دو زنجیره تأمین مطالعه شده از نظر میزان تاب‌آوری قابل مقایسه خواهند بود، اگر گراف‌های تاب‌آوری زنجیره تأمین و ماتریس SCRVPM آنها مشابه باشد و محاسبه ضرایب همسانی[۲۸] و عدم همسانی[۲۹] مطرح می‌گردد [۲۳]:

رابطه ۸	$C_d = {}^{\lambda}/_{U}$
رابطه ۹	$U = MAX[\lvert V \rvert and \lvert V' \rvert]$
رابطه ۱۰	$\lambda = \lvert V - V' \rvert$
رابطه ۱۱	$C_s = 1 - C_d$

در رابطه ۹ و ۱۰ پارامترهای v و v' مقادیر عددی تابع مقدار ثابت ماتریس‌های متغیر نهایی تاب‌آوری دو زنجیره تأمین مورد بررسی است. ضریب عدم همسانی از رابطه ۸ و ضریب همسانی از رابطه ۱۱ محاسبه می‌شوند. مقادیر C_s و C_d بین صفر و یک هستند و هر چه دو زنجیره تأمین از لحاظ مفهوم تاب‌آوری شبیه به یکدیگر باشند، ضریب تشابه به یک نزدیک‌تر است. در این پژوهش مقدار ضریب همسانی دو زنجیره تأمین برابر ۰/۴۴ است و این نشان‌دهنده تفاوت عمده میان دو زنجیره تأمین از لحاظ مفهوم تاب‌آوری زنجیره تأمین است.

۴-۳-۲- تحلیل حساسیت ماتریس VPM

برای تحلیل بهتر نتایج GTMA، تحلیل حساسیت ماتریس متغیر نهایی مطرح است؛ به طوری که فاکتور i به طور خاص، از کمترین تا بیشترین مقدار ارزشگذاری شده و پیوسته مقادیر تابع ثابت ماتریس محاسبه شود. سپس نمودار دوبعدی میزان افزایش مقادیر نهایی تاب‌آوری نسبت به افزایش ارزش فاکتور i ترسیم شد [۲۳].



شکل ۹ نمودارهای بهبود تاب‌آوری نسبت به بهبود هر یک از ابعاد

۴-۴- تحلیل عملکرد _ اهمیت[۳۰] (IPA)

IPA به مدیران سازمان‌ها در شناسایی نقاط قوت و ضعف سازمان خود یاری داده، همزمان مهم‌ترین فاکتورهای افزاینده و کاهنده عملکرد سیستم را شناسایی کرده و استراتژی بهبود عملکرد سیستم ارائه می‌کند. در این پژوهش برای تحلیل جایگاه ابعاد تاب‌آوری در دو زنجیره تأمین مورد مطالعه از IPA بهره گرفته شد. گام‌های IPA به اختصار به صورت زیر است [۳۴]:

۱) تعیین درجه اهمیت و درجه عملکرد هر فاکتور؛ در پژوهش حاضر اهمیت هر بعد با DEMATEL فازی و عملکرد آن با استفاده از GTMA مشخص شد.

۲) تعیین ارزش آستانه[۳۱] برای تعیین اندازه خانه‌های ماتریس IPA که از میانگین حسابی اهمیت‌ها و عملکردهای هر بعد استفاده می‌گردد.

۳) تشکیل ماتریس IPA و تعیین موقعیت نسبی هر یک از فاکتورها بر آن.

شکل ۱۰ ماتریس IPA برای زنجیره تامین اول

شکل ۱۱ ماتریس IPA برای زنجیره تأمین دوم

۴) تعیین اولویت بهبود هر فاکتور j براساس رابطه ۱۸-۳ و بی‌مقیاس‌سازی آن.

رابطه ۱۲ $W_j = |(b_j - c_j) \times b_j|$

جدول ۵ اولویت بهبود هر یک از ابعاد در هر یک از دو زنجیره تأمین

ابعاد	وزن در زنجیره تأمین ۱	اولویت بهبود در زنجیره تأمین ۱	وزن در زنجیره تأمین۲	اولویت بهبود در زنجیره تأمین۲
آمادگی	۰/۰۲۸	۵	۰/۳۰۷	۱
پاسخگویی	۰/۱۰۸	۴	۰/۱۸۵	۴
بازیابی	۰/۳۲۲	۱	۰/۲۱۴	۳
یادگیری	۰/۳۰۲	۲	۰/۲۲۱	۲
رشد	۰/۲۴۷	۳	۰/۰۷۱	۵

۵- بحث و تفسیر

نتایج تحلیل ساختاری تفسیری در شکل‌های ۱تا ۷ نشان می‌دهد که بعد یادگیری نقش کلیدی را در ساختار ابعاد تاب‌آوری زنجیره تأمین دارد و به طور مستقل بر سایر ابعاد تأثیر مستقیم می‌گذارد. بر اساس یافته‌های حاصل از تعیین اهمیت هر بعد براساس روش دیمتل فازی می‌توان تفسیر کرد که باز هم بعد یادگیری به عنوان پر اهمیت‌ترین بعد از لحاظ دستیابی به تاب‌آوری زنجیره تأمین است، زیرا مقدار $(\widetilde{D}_i + \widetilde{R}_i)^{def}$ برابر ۱/۳۸۴ است که بیشترین مقدار را از سایر ابعاد دارد و همچنین $(\widetilde{D}_i - \widetilde{R}_i)^{def} > 0$ است که نشان‌دهنده علت بودن این بعد است و در اولویت اول قرار می‌گیرد. با تفسیر مشابه مقادیر $(\widetilde{D}_i + \widetilde{R}_i)^{def}$ و $(\widetilde{D}_i - \widetilde{R}_i)^{def}$، ابعاد بازیابی معلول و از نظر اهمیت در جایگاه دوم، بعد آمادگی علت و از نظر اهمیت در جایگاه سوم، بعد پاسخ‌گویی معلول دیگر ابعاد در ساختار تاب‌آوری زنجیره تأمین و در جایگاه چهارم اهمیت است و در نهایت بعد رشد معلول و در جایگاه آخر قرار می‌گیرد. نتایج روش دیمتل به‌وضوح نشان‌دهنده نتایج روش ISM است.

همان‌طور که پیش‌تر بیان شد، روش GTMA مناسب‌ترین روش برای اندازه‌گیری مقدار یک سیستم پیچیده است و تمام مفروضات تئوری CAS در

مورد عوامل و نهادها را در نظر می‌گیرد. از مقادیر فعلی عملکرد تاب‌آوری به‌دست آمده با این روش در دو زنجیره تأمین مندرج در جدول ۴ دریافت می‌شود که مقدار عملکرد تاب‌آوری و ابعاد پنجگانه آن در زنجیره تأمین ۱ نسبت به زنجیره تأمین ۲ به‌مراتب وضعیت بهتری دارد و در حدود ده درصد اختلاف دارد. همچنین برای درک و تفسیر بهتر نتایج ضریب همسانی به مقدار ۴۴ درصد برای دو زنجیره تأمین محاسبه شد که نشان‌دهنده تفاوت عمده در عملکرد و ساختار دو زنجیره تأمین از لحاظ مفهوم تاب‌آوری زنجیره تأمین و ۵ بعد اصلی آن است و تنها به اندازه ۴۴ درصد شباهت در ساختار و عملکرد زنجیره تأمین این دو شرکت در مقابله با اختلالات وجود دارد.

از دیگر سو، تحلیل حساسیت ماتریس SCRVPM مرحله به مرحله با بهبود یک بعد از حد پایین طیف تا حد بالای آن و با فرض ثابت بودن بقیه ابعاد در بهترین حالت طیف انجام گرفته شد. با محاسبه معادلات خط نمودار مربوط به هر بعد عرض از مبدأ و شیب بهبود تاب‌آوری زنجیره تأمین نسبت به بهبود هر بعد مشخص شد.

جدول ۶ معادلات خط بهبود تاب‌آوری نسبت به بهبود هر بعد

ابعاد	شیب بهبود تاب‌آوری نسبت به بهبود هر بعد	عرض از مبدأ	اولویت	رتبه‌بندی DEMATEL
آمادگی	۰/۴۵۳	۵۴/۷	۴	۳
پاسخگویی	۰/۸۹۲	۱۰/۸	۲	۴
بازیابی	۰/۸۸۰	۱۲	۳	۲
یادگیری	۰/۹۷۹	۲/۱	۱	۱
رشد	۰/۴۵۳	۵۴/۷	۴	۵

بدیهی است که هر بعدی که با شیب بیشتری تاب‌آوری زنجیره تأمین را بهبود دهد، از دیگر ابعاد کلیدی‌تر است و همچنین معادله هر بعدی که عرض از مبدأ کمتری دارد؛ نشان‌دهنده این است که فقدان این بعد، تاب‌آوری زنجیره تأمین را بیشتر از سایر ابعاد کاهش می‌دهد. بر این اساس با توجه به جدول ۶ به‌وضوح دریافت

می‌شود که آمادگی کلیدی‌ترین بعد تاب‌آوری زنجیره تأمین است و دیگر ابعاد پس از آن در تبیین تاب‌آوری زنجیره تأمین اهمیت پیدا می‌کنند. با مقایسه رتبه‌بندی با روش DEMATEL و رتبه‌بندی حاصل از تحلیل حساسیت ماتریس SCRVPM و همچنین نتایج حاصل از روش ISM مشخص است که مشابهت نتایج این سه تکنیک، علاوه بر اینکه با درصد بالایی یکدیگر را تأیید می‌کنند که نشان از تأیید روایی نتایج است، به‌شدت مبانی تئوریک موضوع و مفروضات تئوری CAS (به عنوان چارچوب بازتعریف مفهوم تاب‌آوری زنجیره تأمین) مبنی بر در نظر گرفتن بعد یادگیری به عنوان بعد پنجم تاب‌آوری زنجیره تأمین و اهمیت زیاد آن در تبیین این مفهوم، در پژوهش حاضر را نیز به اثبات می‌رسانند؛ زیرا که مفهوم تکامل مشترک در تئوری سیستم‌های پیچیده سازگار بیانگر آن است که پیاده‌سازی استراتژی‌های تاب‌آوری زنجیره تأمین به‌وسیله برخی از بنگاه‌ها، ممکن است اقدام‌های شرکت‌های دیگر را در امتداد زنجیره تأمین و همچنین محیط خود، تحت تأثیر قرار دهد. علاوه بر این، ممکن است تغییرات بعدی در محیط، شرایط را پیچیده‌تر و بغرنج‌تر کند که در نتیجه تهدید بیشتری به وجود آورده و به سازگاری بیشتر و استراتژی‌های متنوع‌تری نیاز است. در نتیجه این نکته نشان می‌دهد که تاب‌آوری یک قابلیت ثابت و دائمی نیست و دستیابی و نگهداشت آن دشوار است [۳۵]. از این‌رو فرایند تکامل مشترک بر اهمیت یادگیری متقابل میان شرکت‌های درون شبکه تأمین و دیگران از جمله محیط در طول روند ایجاد تاب‌آوری تأکید می‌کند [۸].

همچنین با مشاهده ماتریس IPA زنجیره تأمین ۱ (شکل ۸) و زنجیره تأمین ۲ (شکل ۹) دریافت می‌شود که از نظر جایگیری ابعاد در مناطق چهارگانه ماتریس IPA، شبیه به هم هستند و فقط در مختصات متفاوتی نسبت به هم قرار دارند. از همین رو، تحلیل جایگاه‌های ابعاد در هر دو ماتریس IPA یکسان می‌نماید؛ اما اولویت بهبود هر یک از ابعاد در زنجیره تامین‌های تأمین اول و دوم در جدول ۵ متفاوت است و فقط ابعاد یادگیری و پاسخگویی در هر دو زنجیره تأمین اولویت یکسانی برای بهبود دارند.

یافته‌های حاصل از این تحلیل برای هر دو زنجیره تأمین، جایگاه دو بعد یادگیری و بازیابی را در ربع دوم (ادامه روندها به صورت فعلی) نشان می‌دهد. اما در جدول ۵ با توجه به مقادیر اهمیت و عملکرد اولویت اول بهبود را در زنجیره تأمین اول به

بازیابی و اولویت دوم را به یادگیری اختصاص می‌دهد و این در حالی است که با توجه به مقادیر اهمیت و عملکرد زنجیره تأمین دوم این ابعاد به‌ترتیب اولویت‌های سوم و دوم بهبود را دارند. همان طوری که نتایج پیشین ثابت کرد، بعد یادگیری در تعریف عملیاتی تاب‌آوری زنجیره تأمین در چارچوب تئوری CAS از جایگاه مهم و اساسی برخوردار است؛ جایگاه مناسب این بعد در تحلیل ماتریس IPA این نوید را به مدیران دو زنجیره تأمین می‌دهد که حرکت رو به رشدی را در افزایش تاب‌آوری زنجیره تأمین خود و مقابله با اختلالات داشته باشند و تضمین‌کننده بقای قابلیت ناپایدار تاب‌آوری در طول زنجیره تأمین و عرضه است. همچنین جایگاه بعد بازیابی در ربع دوم ماتریس، بیانگر این امر است که به رغم عملکرد ضعیف‌تر این دو زنجیره تأمین برای آمادگی در برابر اختلالات و پاسخگویی سریع به آنها، از قابلیت بازیابی به‌نسبت قوی‌تری برخوردار بوده و با قدرت بیشتری آسیب‌های وارده را ترمیم می‌کند هر چند که اولویت بهبود بالاتری برای این بعد در راستای افزایش تاب‌آوری در زنجیره تأمین اول نسبت به زنجیره تأمین دوم تعیین شد.

وجود بعد آمادگی در ربع اول (در هر دو زنجیره تأمین) نمایانگر این است که به رغم اهمیت این بعد در تبیین و ایجاد قابلیت تاب‌آوری، متأسفانه هنوز تا برخورداری از آمادگی ایده‌آل برای برخورد با اختلالات زنجیره تأمین فاصله زیادی وجود دارد و نیاز است که مدیران و تصمیم‌گیرندگان در این حوزه تلاش بیشتری را برای افزایش این قابلیت با استفاده از به‌کارگیری استراتژی‌های مناسب داشته باشند چنان‌که اولویت اول بهبود را با توجه به اطلاعات زنجیره تأمین دوم به خود اختصاص داده است.

جایگاه بعد پاسخگویی زنجیره تأمین شرکت ایران‌دارو و هم شرکت داروسازی شهید قاضی در ربع سوم حکایت از پایین بودن اهمیت این بعد نسبت به سه بعد پیشین و همچنین عملکرد کمتر دارد که اگر چه اولویت کمتری در بهبود تاب‌آوری براساس تحلیل ماتریس IPA دارد، اما همان طور که در تحلیل حساسیت ماتریس SCRVPM بحث شد، جایگاه سوم را در بهبود عملکرد تاب‌آوری داشته و نیاز است که با به‌کارگیری اقدام‌ها و استراتژی‌های متناسب جایگاه آن بهبود پیدا کند اما نه تا به حدی که ائتلاف منابع را به همراه داشته باشد، زیرا که ممکن است پرداختن به بهبود این بعد و تخصیص منابع به آن تنها به بهبود همین بعد منتهی شود و بر

عملکرد دیگر ابعاد یا تأثیری نداشته و یا حتی تأثیر عکس داشته باشد اما تخصیص منابع مثلا به بعد آمادگی با توجه به روابط میان ابعاد هم بعد آمادگی را در حالت بهینه قرار دهد و هم دیگر ابعاد از جمله همین بعد پاسخ‌گویی را و در کل عملکرد بهتری از تاب‌آوری زنجیره‌تامین با هزینه کمتر و به صرفه‌تر به دست آید.

در نهایت هم بعد رشد در هر دو زنجیره‌تامین در ربع چهارم ماتریس IPA قرار دارد و پرداختن به آن در حال حاضر ائتلاف منابع را در پی دارد چرا که اهمیت این بعد از سایر ابعاد کمتر است ولی در عین حال عملکرد بیشتری دارد که اثربخش نیست و کمتر باعث بهبود تاب‌آوری زنجیره‌تامین می‌گردد.

۶- نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات

در محیط کسب و کار متلاطم، در حال رشد، با تغییرات سریع و همچنین پیچیدگی شبکه‌های زنجیره‌تامین جهانی، باعث افزایش عدم اطمینان، خطرات غیرمنتظره و تغییرات اجتناب ناپذیر، احتمال اختلالات شدید در زنجیره‌تامین داخلی را افزایش داده و نیاز به تعریف مفهوم تاب‌آوری زنجیره‌تامین را دوچندان نموده است. بدیهی است مدیران زنجیره‌تامین به ابزارهایی جهت ارزیابی و سنجش تاب‌آوری زنجیره‌تامین شرکت خود در برابر انواع ریسک‌ها و اختلالات نیاز مبرم دارند تا بتوانند نقاط ضعف و قوت زنجیره خود را شناسایی کرده و به مدیریت موثر آن در جهت بهبود عملکرد بپردازند. از این‌رو، در پژوهش حاضر این مفهوم و ابعادش در زنجیره‌تامین دو شرکت عمده داروسازی ایرانی مورد سنجش و ارزیابی جامعی قرار گرفت و سطح تاب‌آوری هر دو زنجیره‌تامین و جایگاه ابعاد آن در ماتریس اهمیت _ عملکرد مشخص گردیده و مورد مقایسه قرار گرفت. با مرور گذرا و اولیه یافته‌های پژوهش واضح است که مقدار فعلی شاخص تاب‌آوری برای هر دو زنجیره‌تامین داروسازی ایرانی مورد مطالعه متاسفانه فاصله بسیار زیادی تا مقدار بهینه این شاخص دارد که این امر نشان از وجود راه پرفراز و نشیب طولانی برای دستیابی به تاب‌آوری زنجیره‌تامین در شرکت‌های داروسازی ایرانی دارد و باید در راستای بهبود مولفه‌های هر کدام از ابعاد همچون انعطاف‌پذیری، ظرفیت پشتیبانی، طراحی ساختار زنجیره‌تامین و ... گام برداشت. از دیگر سو با مشاهده میزان شاخص تاب‌آوری، زنجیره‌تامین اول نسبت به زنجیره‌تامین دوم وضعیت بهتری دارد و تنها به میزان

۴۴٪ شباهت در ساختار تاب‌آوری این دو زنجیره تامین وجود دارد. و در تمام شاخص‌های مولفه‌های تاب‌آوری هم زنجیره‌تامین اول نسبت به زنجیره‌تامین دوم در وضعیت بهتری قرار دارد. هم‌چنین با محاسبه و تحلیل اهیمت هر بعد تاب‌آوری و با در دست داشتن مقادیر شاخص عملکرد هر دو زنجیره‌تامین امکان تحلیل جامع‌تری به وسیله روش IPA به وجود آمد. این پژوهش علاوه بر تبیین ابعاد تاب‌آوری زنجیره تامین با رویکرد منحصر بفرد CAS، با استفاده یکپارچه از روش‌شناسی نرم با رویکرد فازی، ابزاری را برای مدیران زنجیره تامین شرکت‌ها فراهم آورد که ضمن ایجاد امکان پایش پیوسته سطح تاب‌آوری زنجیره تامین خود در برابر اختلالات، میزان اثربخشی و کارایی تصمیمات استراتژیک خود در جهت بهبود تاب‌آوری را نیز رصد کنند و به عنوان یک ابزار پشتیبان از تصمیم‌گیری از آن بهره ببرند. از آن‌جایی که هدف نهایی پژوهش حاضر، تعیین کمیت تاب‌آوری زنجیره تامین بوده است که این مهم به میزان وابستگی و تعاملات میان ابعاد و فاکتورهای آن بستگی دارد. تعیین کمیت میزان وابستگی و تعاملات با استفاده از روش دلفی، فرایند تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی، تحلیل پوششی داده‌ها و مدل‌سازی معادلات ساختاری ممکن نیست. بنابراین، با در نظر گرفتن وابستگی‌های متقابل میان ابعاد و فاکتورها و تجزیه و تحلیل آن‌ها با تبدیل بیشتر تعاملات به معادلات ریاضی، رویکرد یکپارچه ISM و GTMA روشی مناسب است. این روش، برای تجزیه و تحلیل بصری مناسب است و قابلیت پردازش کامپیوتری و بیان به فرم ریاضی را نیز دارد. هم چنین مدل‌سازی گراف، انعطاف پذیری برای تکامل عوامل جدید با تغییر در شرایط جهانی را داراست. بهره‌گیری از روش‌هایی همچون مدلسازی ساختاری و تفسیری و دیمتل علاوه بر آن‌که چند و چون ساختار روابط میان فاکتورهای یک سیستم را تبیین و تفسیر می‌نماید این قابلیت را نیز دارد که بازیگر کلیدی و تاثیرگذار این سیستم را هم مشخص نموده و میزان تاثیرات اجزا بر یکدیگر را هم محاسبه نماید. مزیت استفاده از روش تئوری گراف و رویکرد ماتریسی در کاربردی بودن این روش برای محاسبه شاخص عملکرد کمی یک سیستم پیچیده است که با بهره‌گیری از خروجی روش ISM میزان عملکرد تاب‌آوری در شرایط فعلی، کمینه و بهینه محاسبه شد که همراه با در نظر گرفتن خروجی نهایی دیمتل به عنوان شاخص اهمیت برای هر بعد ماتریس تحلیل اهمیت و عملکرد به منظور تحلیل دقیق‌تر برای تصمیم‌گیری در مورد استراتژی‌های

بهبود تاب‌آوری در در برابر اختلالات بالقوه و بالفعل در زنجیره تامین مدل جامعی را ارائه می‌دهد. در نهایت با توجه به تجزیه و تحلیل و دستاوردهای پژوهش حاضر می‌توان پیشنهاداتی برای توسعه و تکمیل این حوزه پژوهش بیان داشت از جمله استفاده از روش‌های مشابه دیگر در حوزه تحقیق در عملیات نرم مانند روش‌های نگاشت شناختی و ... برای شناسایی روابط متقابل میان ابعاد و مولفه‌ها و هم‌چنین استفاده از روش‌های هم‌ارز دیگر مثل فرایند تحلیل شبکه‌ای، آنتروپی شانون و سایر روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره برای وزن‌دهی به ابعاد و مولفه‌ها برای نشان دادن نتایج هر کدام از این روش‌ها و مقایسه این نتایج با نتایج و یافته‌های پژوهش حاضر و به کارگیری مدل سنجش پژوهش حاضر در زنجیره‌های تامین صنایع دیگر.

۷- پی‌نوشت‌ها

1. Resilience.
2. Supply chain resilience index.
3. Resource based view (rbv)
4. Dynamic capabilities
5. Systems theory
6. Self-organisation
7. Evolution
8. Co evolution
9. Readiness.
10. Response.
11. Recovery.
12. Growth.
13. Learning.
14. Proactive resilience
15. Robustness
16. Reactive resilience
17. Agility
18. Graph theory and matrix approach (gtma)
19. Fuzzy logic
20. Fuzzy mean and spread method
21. Structural self-interaction matrix (ssim)
22. Initial reachability matrix
23. Transitivity
24. Bolin rule
25. Reachability set
26. Antecedent set
27. Supply chain resilience variable permanent matrix (scrvpm)

28. Similarity
29. Dissimilarity
30. Importance-performance analysis
31. Threshold value

۷- منابع

[1] 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.

[2] Christopher M., Peck. H. (2004) "Building the resilient supply chain"; *International Journal of Logistics Management*, 15(2): 1-13.

[3] Ponomarov S.Y., Holcomb M. C. (2009) "Understanding the concept of supply chain resilience"; *The International Journal of Logistics Management*, 20(1): 124-143.

[4] Rice J., Canioato F. (2003) "Building a secure and resilient supply network"; *Supply Chain Management Review,* 7(5): 22-33.

[5] Rahimian M. M. (2016) "Model designing for measuring supply chain resilience with complex adaptive systems (CAS) approach; Case Study: Pharmaceutical corporations in Iran"; *Institute* for *Management and Planning* Studies, Tehran, Iran.

[6] Christopher M., Lee. H. (2004) "Mitigating supply chain risk through improved confidence"; *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34 (5): 388–396.

[7] Hohenstein N. O., Feisel E., Hartmann E., Giunipero L. (2015) "Research on the phenomenon of supply chain resilience: a systematic review and paths for further investigation"; *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 45(1/2).

[8] Tukamuhabwa B. R., Stevenson M., Busby J., Zorzini M. (2015) "Supply chain resilience: Definition, review and theoretical foundations for further study"; *International Journal of Production Research*, (ahead-of-print), 1-32.

[9] Melnyk S. A., Closs D. J., Griffis S.E., Zobel C.W., Macdonald J.R. (2014) "Understanding supply chain resilience", *Supply Chain Management Review*, Vol. 18, No. 1, pp. 34-41.

[10] Wieland A., Wallenburg C.M. (2013) "The influence of relational competencies on supply chain resilience: A relational view"; *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 43, No. 4, pp. 300-320.

[11] Sheffi Y., Rice J. B. (2005) "A supply chain view of the resilient enterprise"; *MIT Sloan Management Review*, Vol. 47, No. 1, pp. 41-48.

[12] Sáenz M.J., Revilla E. (2014) "Creating more resilient supply chains"; MIT Sloan Management Review, Vol. 55, No. 4, pp. 22-24.

[13] Grötsch V. M., Blome C., Schleper M.C. (2013) "Antecedents of proactive supply chain risk management – a contingency theory perspective"; *International Journal of Production Research*, Vol. 51, No. 10, pp. 2842-2867.

[14] Chopra S., Sodhi M. (2014) "Reducing the risks of supply chain disruptions"; *MIT Sloan Management Review*, Vol. 55, No. 3, pp. 73-80.

[15] Hendricks K.B., Singhal V.R. (2005) "An empirical analysis of the effect of supply chain disruptions on long-run stock price performance and equity risk of the firm"; *Production & Operations Management*, Vol. 14, No. 1, pp. 35-52.

[16] Kraaijenbrink J., Spender J.-C., Groen A. J. (2010) "The resource-based view: a review and assessment of its critiques"; *Journal of Management* 36 (1): 349–372.

[17] Brownlee J. (2007) "Complex adaptive systems"; *Complex intelligent systems laboratory, centre for information technology research*, Technical Report 070302A, Melbourne, Australia.

[18] Wang C., Pervaiz K. Ahmed. (2007) "Dynamic Capabilities: A Review and Research Agenda"; *International Journal of Management Reviews,* 9 (1): 31–51.

[19] Day Jamison M. (2014) "Fostering Emergent Resilience: The Complex Adaptive Supply Network of Disaster Relief"; *International Journal of Production Research,* 52 (7): 1970–1988.

[20] Pathak S. D., Day J. M., Nair A., Sawaya W. J., Kristal M. M. (2007) "Complexity and adaptivity in supply networks: building supply network theory using a complex adaptive systems perspective"; *Decision Sciences*, 38(4): 547-580.

[21] Chowdhury M. M. H., Quaddus M. A. (2015) "A multiple objective optimization based QFD approach for efficient resilient strategies to mitigate supply chain vulnerabilities: The case of garment industry of Bangladesh"; *Omega*, 57, 5-21.

[22] Rayat Pisha S., Ahmadi Kahnali R., Abbasnejad T (2016) "Applying the qualitative approach Mata syntheses for provide a comprehensive model of assessment of the sustainability in supply chain"; *Modern Researches in Decision Making*, 1, 4.

[23] Soni U., Jain V., Kumar S. (2014) "Measuring supply chain resilience using a deterministic modeling approach. Computers & Industrial Engineering, 74: 11-25.

[24] Mehralian G., Zarenezhad F., Rajabzadeh Ghatari, A. (2015) "Developing a model for an agile supply chain in pharmaceutical industry"; *International Journal of Pharmaceutical and Healthcare Marketing*, 9(1): 74-91.

[25] Privett N., Gonsalvez D. (2014) "The top ten global health supply chain issues: Perspectives from the field"; *Operations Research for Health Care*, 3(4): 226-230.

[26] Datta P.P., Christopher M., Allen P. (2007) "Agent-based modelling of complex production/ distribution systems to improve resilience"; *International Journal of Logistics: Research and Applications*, Vol. 10 No. 3, pp. 187-203.

[27] Spiegler V. L., Naim M. M., Wikner J. (2012) "A control engineering approach to the assessment of supply chain resilience"; International *Journal of Production Research*, 50(21): 6162-6187.

[28] Pettit T. J., Croxton K.L., Fiksel J. (2013) "Ensuring supply chain resilience: Development and implementation of an assessment tool"; *Journal of Business Logistics*, Vol. 34, No. 1, pp. 46-76.

[29] Wu T., Huang S. M., Blackhurst J., Zhang X.L. , Wang S.S. (2013), "Supply chain risk management: an agent-based simulation to study the impact of retail stockouts", *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 60, No. 4, pp. 676-686.

[30] Rajesh R. (2016) "Forecasting supply chain resilience performance using grey prediction"; *Electronic Commerce Research and Applications*, 20: 42-58.

[31] Thakkar J., Kanda A., Deshmukh S. G. (2008) "Interpretive structural modeling (ISM) of IT-enablers for Indian manufacturing SMEs"; *Information Management & Computer Security*, 16(2): 113-136.

[32] Rezaee P. A., Yekkeh Zare M (2016) "An Interpretative Structural Model for factors of successful technology transfer in order to achieve sustainable development"; *Management Researches in Iran*, 20, 1.

[33] Wagner S. M. , Neshat N. (2010) "Assessing the vulnerability of supply chains using graph theory"; *International Journal of Production Economics*, 126 (1):121-129.

[34] Bahreinizadeh M., Zamani Z. (2015) "Positioning Iran's historical sites from the viewpoints of foreign tourists by perceptual mapping"; *Management Researches in Iran*, 19, 1.

[35] Hearnshaw E., Wilson M. (2013) "A complex network approach to supply chain network theory"; *International Journal of Operations & Production Management,* 33 (4): 442–469.