پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری
دوره ۱۰، شماره ۳، پاییز ۱٤۰٤، صص ۱۱۸-۱۵۱
نوع مقاله: پژوهشی

شناسایی و اولویت‌بندی مؤلفه‌های کلیدی تاب‌آوری زنجیره تأمین هوشمند با رویکردی چندمعیاره مبتنی بر فناوری‌های نوین هوش مصنوعی و بلاک‌چین

حمید تابلی [۱]، جمشید ابراهیم پور سامانی [۲*]

۱. دانشیار، گروه مدیریت دولتی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
۲. استادیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱٤۰٤/۰۲/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱٤۰٤/۰٦/۲۲

چکیده

در شرایط پیچیدگی‌ها و ناپایداری‌های مستمر زنجیره‌های تأمین، تصمیم‌گیری هوشمندانه و ارتقای تاب‌آوری سازمانی ضرورتی انکارناپذیر است. هدف پژوهش حاضر، طراحی چارچوبی هوشمند برای تقویت تاب‌آوری زنجیره تأمین با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، به‌ویژه هوش مصنوعی و بلاک‌چین است. پژوهش حاضر، با رویکرد آمیخته انجام شد. در گام نخست، مرور نظام‌مند ادبیات در بازه زمانی ۲۰۱۵ تا نیمه نخست ۲۰۲۵ بر روی ٦۳ مقاله از پایگاه‌های Scopus و Web of Science انجام و پس از غربالگری، ۳٤ مقاله مرتبط انتخاب گردید. سپس، با استفاده از نرم‌افزار مکس کیودا ۲۰۲۲، تحلیل مضمون جهت استخراج مؤلفه‌های کلیدی و تدوین چارچوب مفهومی اولیه صورت گرفت. برای بومی‌سازی و اعتبارسنجی یافته‌ها، مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با ۲۰ خبره حوزه زنجیره تأمین هوشمند انجام و مجدداً با همان روش تحلیل مضمون بررسی شدند .در بخش کمی، از دلفی فازی برای غربالگری معیارها و از تکنیک دیمتل فازی و نیز روش ANP فازی برای تعیین روابط علی، اثرگذاری و وزن‌دهی معیارها بهره گرفته شد نتایج نشان داد فناوری‌های نوین با ارتقای شفافیت اطلاعات، تسریع تصمیم‌گیری و بهبود پیش‌بینی، تاب‌آوری زنجیره تأمین را به طور معناداری افزایش می‌دهند. «دیجیتال‌سازی زنجیره»، «اقتصاد هوشمند» و «سیاست‌گذاری نهادی» پیشران‌های کلیدی شناسایی شدند و «مشارکت فناورانه» و «خودکارسازی فرایندها» بیشترین اثر را بر انطباق‌پذیری و بازگشت‌پذیری سیستم داشتند. یافته‌ها، نقشه راهی هوشمند برای تصمیم‌گیری در شرایط عدم قطعیت و توسعه ظرفیت‌های فناورانه سازمان‌ها ارائه می‌کند.

کلیدواژه‌ها: تاب‌آوری، تصمیم‌گیری چندمعیاره، زنجیره تأمین هوشمند، فناوری بلاک‌چین، هوش مصنوعی

---

* نویسنده مسئول مقاله E-mail: jamshid_samani@pnu.ac.ir

۱- مقدمه و بیان مسئله

در سال‌های اخیر، روندهای نوظهور در عرصه تصمیم‌گیری مدیریتی و تحولات گسترده در محیط کسب‌وکار جهانی، پیچیدگی و ناپایداری زنجیره‌های تأمین را به سطحی بی‌سابقه رسانده است [۱]. رقابت فزاینده، جهانی‌شدن بازارها، تغییرات سریع فناوری و رشد انتظارات ذی‌نفعان مدیران را با چالش‌هایی روبه‌رو کرده است که روش‌های سنتی دیگر پاسخ‌گوی آن نیستند [۲]. در چنین شرایطی، بحران‌هایی همچون همه‌گیری‌ها، بلایای طبیعی، اختلالات فناورانه و تحولات ژئوپلیتیک می‌توانند عملکرد زنجیره تأمین را مختل کرده و آثار سنگینی بر پایداری، بهره‌وری و مزیت رقابتی سازمان‌ها بر جای گذارند [۳]. در پاسخ به این تحولات، مفهوم «تاب‌آوری» به توانمندی زنجیره تأمین در پیش‌بینی، واکنش سریع و بازیابی مؤثر در برابر اختلالات اشاره دارد و به‌عنوان یکی از مزیت‌های رقابتی پایدار در سازمان‌های امروزی شناخته می‌شود [٤]. از منظر پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری، توسعه ظرفیت‌های تاب‌آوری به‌ویژه با بهره‌گیری از فناوری‌های هوشمند، یکی از اولویت‌های اصلی مدیران و پژوهشگران این حوزه است [٥]. مطالعات نشان داده‌اند که سازمان‌های پیشرو با استقرار «زنجیره تأمین هوشمند» و به‌کارگیری فناوری‌هایی نظیر هوش مصنوعی و بلاک‌چین توانسته‌اند در مواجهه با بحران‌ها عملکردی به‌مراتب اثربخش‌تر از رقبا ارائه دهند [٦]. این فناوری‌ها با قابلیت‌هایی همچون تحلیل داده‌های پیچیده، پیش‌بینی اختلالات و ارائه پاسخ‌های هوشمندانه و تطبیقی نه‌تنها زمینه مدیریت مؤثر بحران‌ها را فراهم می‌آورند [۷] بلکه ظرفیت تاب‌آوری زنجیره را در برابر ناپایداری‌ها به طور چشمگیری افزایش می‌دهند [۸]. هوش مصنوعی با پردازش حجم عظیم داده‌ها، شناسایی الگوهای پنهان و تحلیل سناریوهای محتمل، تصمیم‌گیری سریع و دقیق را در شرایط ناپایدار امکان‌پذیر می‌سازد [۹]، در حالی که بلاک‌چین با ایجاد بستر شفاف، ایمن و قابل‌ردیابی برای تبادل اطلاعات، موجب افزایش اعتماد، کاهش ریسک اطلاعاتی و بهبود هماهنگی میان ذی‌نفعان می‌شود[۱۰] .**بدین‌ترتیب**، ترکیب این دو فناوری ضمن کاهش هزینه‌ها و ارتقای کیفیت خدمات، بهره‌وری کلی و توان واکنش زنجیره تأمین را در شرایط بحرانی بهبود می‌بخشد [۱۱]. در این میان، زنجیره تأمین هوشمند به‌عنوان نقطه تلاقی فناوری و مدیریت نقشی راهبردی در پیش‌بینی و ارتقای تاب‌آوری ایفا می‌کند [۱۲]. این زنجیره با تقویت قابلیت پیش‌بینی و واکنش سریع از بروز اختلالات احتمالی جلوگیری می‌کند [۱۳]. همچنین

استفاده از رویکردهای تصمیم‌گیری چندمعیاره در محیط‌های پیچیده و پرابهام ابزاری مؤثر برای شناسایی، تحلیل و اولویت‌بندی مؤلفه‌های کلیدی تاب‌آوری محسوب می‌شود [١٤]. این روش‌ها امکان ارزیابی هم‌زمان معیارهایی چون هزینه، زمان، کیفیت و ریسک را فراهم کرده و به مدیران کمک می‌کنند تا تصمیماتی هوشمندانه‌تر در حوزه‌هایی همچون انتخاب تأمین‌کنندگان، تدوین راهبردهای بهینه‌سازی فرآیند و تخصیص منابع اتخاذ کنند [١٥]. این رویکردها با فراهم‌کردن بستری نظام‌مند برای تحلیل و اولویت‌بندی مؤلفه‌های کلیدی تاب‌آوری می‌توانند راهکارهایی نوآورانه برای بهینه‌سازی فرآیندها، انتخاب تأمین‌کنندگان و تخصیص منابع ارائه دهند [١٦]. بنابراین، ترکیب فناوری‌های نوین مانند هوش مصنوعی و بلاک‌چین با رویکردهای تصمیم‌گیری چندمعیاره زمینه‌ای مؤثر برای ارتقای تاب‌آوری، پایداری و مزیت رقابتی زنجیره‌های تأمین فراهم می‌کند [١٧]. با وجود این پیشرفت‌ها، هنوز خلأهایی در ادبیات علمی پیرامون تلفیق فناوری‌های نوین با رویکردهای تصمیم‌گیری چندمعیاره برای شناسایی و اولویت‌بندی مؤلفه‌های کلیدی تاب‌آوری زنجیره تأمین هوشمند وجود دارد [١٨]. بر این اساس، هدف اصلی این پژوهش طراحی چارچوبی نظام‌مند برای شناسایی و اولویت‌بندی مؤلفه‌های کلیدی تاب‌آوری در زنجیره تأمین هوشمند با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین هوش مصنوعی و بلاک‌چین و رویکردهای تصمیم‌گیری چندمعیاره است. در این راستا، با تلفیق این فناوری‌ها و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی ابزاری کارآمد برای تحلیل و ارتقای تاب‌آوری زنجیره تأمین در محیط‌های پرتلاطم ارائه می‌شود. یافته‌های تحقیق می‌توانند ضمن پرکردن خلأهای موجود در ادبیات به بهبود چابکی، پایداری و آمادگی زنجیره‌های تأمین در برابر اختلالات کمک کرده و مبنایی علمی و کاربردی برای تصمیم‌گیری‌های اثربخش مدیریتی فراهم آورند. افزون بر این، مدل پیشنهادی با ارائه درکی عمیق‌تر از نقش فناوری‌های هوشمند در تاب‌آوری راهکارهایی عملی برای ارتقای عملکرد و دستیابی به مزیت رقابتی در اختیار سازمان‌ها قرار می‌دهد.

٢- مبانی نظری

٢-١- مقدمه‌ای بر زنجیره تأمین و ضرورت تاب‌آوری

زنجیره تأمین شبکه‌ای یکپارچه از سازمان‌ها، افراد، فعالیت‌ها، اطلاعات و منابع است که باهدف تولید و تحویل کالا یا خدمت از تأمین‌کننده تا مصرف‌کننده فعالیت می‌کند [٨]. مدیریت مؤثر آن

مستلزم هماهنگی جریان مواد، اطلاعات و منابع مالی است [٥]. در سال‌های اخیر، پیچیدگی‌های محیطی از جمله جهانی‌شدن، وابستگی به تأمین‌کنندگان متعدد، نوسانات اقتصادی، بحران‌های بهداشتی، تحریم‌ها و تهدیدات سایبری، مدیریت زنجیره تأمین را با چالش‌های جدی مواجه کرده است [۹، ۱۹، ۲]. تاب‌آوری به توانایی سیستم در پیش‌بینی اختلالات، پاسخ سریع به بحران‌ها و بازگشت سریع به شرایط پایدار اشاره دارد [٤، ۷]. این مفهوم با پایداری و انعطاف‌پذیری هم‌پوشانی دارد، اما تفاوت‌های نظری مشخصی دارد؛ پایداری بر تداوم فعالیت‌ها با تأکید بر ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی تمرکز دارد [۲۰]، انعطاف‌پذیری توانایی تغییر سریع و کارآمد در فرایندها را بیان می‌کند [۲۱]، و تاب‌آوری ظرفیت کل‌نگر زنجیره را برای مقابله با اختلالات و بازگشت به عملکرد مطلوب ارزیابی می‌کند [۷، ۸]. مطالعات، مؤلفه‌هایی چون چابکی، تنوع منابع، همکاری بین‌سازمانی، قابلیت بازیابی و پشتیبانی فناورانه را به‌عنوان ارکان اصلی تاب‌آوری معرفی کرده اند[۲۲،۲۱].در ادامه، زنجیره تأمین هوشمند با بهره‌گیری از فناوری‌هایی نظیر هوش مصنوعی، بلاک‌چین، اینترنت اشیا و کلان‌داده، ساختاری داده‌محور، دیجیتال و واکنش‌پذیر ایجاد می‌کند که امکان پیش‌بینی، شناسایی و پاسخ سریع به اختلالات را فراهم می‌سازد [۲۳]. هوش مصنوعی با تحلیل داده‌های پیچیده، اختلالات را پیش‌بینی و تصمیم‌های بهینه ارائه می‌کند، و بلاک‌چین با افزایش شفافیت، ردیابی و امنیت اطلاعات، اعتماد و همکاری درون‌زنجیره‌ای را تقویت می‌کند [۲٤]. ترکیب تاب‌آوری با قابلیت‌های فناورانه زنجیره تأمین هوشمند، چشم‌اندازی نوین برای طراحی سامانه‌های مقاوم، پایدار و پاسخ‌گو به نوسانات محیطی فراهم می‌آورد و زمینه‌ساز توسعه چارچوب‌هایی جامع برای شناسایی و اولویت‌بندی مؤلفه‌های تاب‌آوری در زنجیره‌های آینده‌محور است[۲۵،۷].

۲-۲- زنجیره تأمین هوشمند و فناوری‌های نوین

با ظهور فناوری‌های تحول‌آفرین در دهه‌های اخیر، زنجیره تأمین هوشمند به‌عنوان رویکردی نوین مبتنی بر دیجیتال‌سازی، اتصال‌پذیری و تصمیم‌گیری هوشمند در تمامی سطوح زنجیره شکل‌گرفته است [۲۵]. این زنجیره با بهره‌گیری از ویژگی‌هایی نظیر اتصال‌پذیری، قابلیت یادگیری، پیش‌بینی گری و دیجیتالی بودن، توان تصمیم‌سازی و انعطاف‌پذیری سازمان‌ها را در مواجهه با اختلالات افزایش می‌دهد [۲٦]. با دریافت مستمر داده‌ها و تحلیل الگوهای رفتاری، قادر به ارائه پاسخ‌های خودکار و بلادرنگ است که تاب‌آوری عملیاتی را ارتقا می‌دهد [۲۲].

هوش مصنوعی با تحلیل داده‌های ساختاریافته و غیرساختاریافته، پیش‌بینی اختلالات، ارزیابی ریسک‌ها و اتخاذ تصمیم‌های سریع و بهینه را ممکن می‌سازد [۲۷]. الگوریتم‌های یادگیری ماشین، شبکه‌های عصبی و سامانه‌های توصیه‌گر، امکان طراحی و اجرای سناریوهای جایگزین پیش از وقوع بحران را فراهم می‌کنند [۲٦] .و زمان واکنش و بازیابی در شرایط بحرانی را کاهش می‌دهند.بلاک‌چین نیز با افزایش شفافیت اطلاعات، ارتقای امنیت تبادل داده و قابلیت ردیابی لحظه‌ای، زیرساختی مطمئن برای همکاری میان بازیگران زنجیره تأمین فراهم می‌آورد [۱۹]. حذف واسطه‌ها، ثبت غیرقابل تغییر تراکنش‌ها و توزیع داده‌ها در شبکه غیرمتمرکز، ریسک‌های جعل، تقلب و تأخیر اطلاعات را کاهش داده و اعتماد و پاسخ‌گویی مؤثر در شرایط بحرانی را تقویت می‌کند[۲۸]. هم‌افزایی فناوری‌های نوین مانند هوش مصنوعی، بلاک‌چین، اینترنت اشیا و کلان‌داده، زنجیره‌های تأمین را از حالت واکنشی به سطحی پیش‌بین، تطبیق‌پذیر و یادگیرنده ارتقا داده و زمینه‌ساز شکل‌گیری زنجیره‌های هوشمند، پایدار و مقاوم در برابر اختلالات پیچیده است. همچنین، این هم‌افزایی پایه‌ای علمی برای طراحی مدل‌های ترکیبی مدیریت ریسک و تاب‌آوری در عصر دیجیتال فراهم می‌آورد[۳۰،۲۹].

۲-۳- پیشینه پژوهش

مرور پیشینه مطالعات، یکی از مراحل بنیادین هر پژوهش علمی به شمار می‌رود و ضمن فراهم‌سازی درک عمیق‌تر از مفاهیم نظری، به تبیین جایگاه پژوهش حاضر، کشف خلأهای موجود و ترسیم مسیر میان‌رشته‌ای توسعه مدل کمک می‌کند. در این راستا، پژوهش حاضر با تمرکز بر نقش فناوری‌های نوظهور همچون هوش مصنوعی و بلاک‌چین در تصمیم‌سازی هوشمند، از رویکردهای تحلیلی و تصمیم‌گیری چندمعیاره برای شناسایی و اولویت‌بندی مؤلفه‌های کلیدی تاب‌آوری زنجیره تأمین بهره می‌گیرد و به دنبال ارائه چارچوبی بومی، کاربردی و آینده‌نگر است. تاب‌آوری طی دو دهه اخیر به‌عنوان عاملی کلیدی در مدیریت زنجیره تأمین مطرح شده است و توجه فراوانی را در میان پژوهشگران داخلی و خارجی به خود جلب کرده است. به طور مثال، صابری فرد و همکاران (۱٤۰۲) تاب‌آوری زنجیره تأمین را به‌عنوان توانایی سیستم در مقابله با اختلالات، واکنش مؤثر به شرایط غیرمنتظره و بازگشت سریع به وضعیت پایدار تعریف کرده‌اند [۳۰]. همچنین، ناکاندالا و همکاران[۱] (۲۰۲۵) بهره‌گیری

[۱] . Nakandala et al.

از فناوری‌های نوین در طراحی و مدیریت زنجیره تأمین را عاملی مؤثر در بهبود تاب‌آوری و ارتقاء توان پاسخ‌گویی زنجیره به شرایط متغیر محیطی دانسته‌اند [٦]. افزون بر این، راجر و همکاران [۱](۲۰۲۵) نشان داده‌اند که هوش مصنوعی با قابلیت تحلیل داده‌های کلان، پیش‌بینی اختلالات و ارائه راهکارهای هوشمند، نقش مهمی در تصمیم‌گیری تحت شرایط عدم قطعیت ایفا می‌کند [۳۱].

اوزبیلتکین[۲] (۲۰۲٤) نیز به نقش کلیدی فناوری‌هایی مانند هوش مصنوعی در بهبود تصمیم‌سازی در شرایط عدم قطعیت، با تأکید بر تحلیل داده‌های کلان و پیش‌بینی اختلالات اشاره کرده است [۲۳]. علاوه بر این، جانین [۳] (۲۰۲٤) روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره از جمله دلفی فازی، DEMATEL و ANP را به‌عنوان ابزارهایی کارآمد برای تحلیل روابط علی میان مؤلفه‌های تاب‌آوری و اولویت‌بندی آن‌ها معرفی نموده است [۹]. در همین حال، آیدوگموس[٤] (۲۰۲۵) روش‌های ترکیبی را چارچوبی مؤثر برای تقویت تاب‌آوری زنجیره تأمین دانسته، اما خلأی در تلفیق فناوری‌های دیجیتال با روش‌های تصمیم‌گیری ساختاری را مشاهده کرده است که می‌تواند به بهبود تصمیم‌گیری راهبردی کمک نماید [۳۲]. افزون بر این، گائو و همکاران[٥] (۲۰۲۵) فناوری‌های نوین را در شناسایی و اولویت‌بندی مؤلفه‌های تاب‌آوری زنجیره تأمین هوشمند کلیدی شمرده و تأکید کرده‌اند که این فناوری‌ها در تصمیم‌گیری بهینه در شرایط بحران نقش مهمی ایفا می‌کنند [۱۰]. در داخل کشور نیز پژوهش‌های متعددی به بررسی چالش‌ها و فرصت‌های تاب‌آوری در زنجیره تأمین هوشمند پرداخته‌اند. برای نمونه، نیک‌زادی پناه و همکاران (۱٤۰۳) در پژوهش خود با عنوان «تاب‌آوری زنجیره تأمین دارو با بهره‌گیری از فناوری بلاک‌چین»، تأثیر این فناوری را بر شفافیت و تاب‌آوری زنجیره تأمین موردبررسی قرار دادند و نشان دادند که ارتقای کیفیت داده‌ها، به‌کارگیری قراردادهای هوشمند و افزایش قابلیت ردیابی، موجب بهبود شفافیت و تاب‌آوری شده است [۳۳]. همچنین، مزروعی نصرآبادی (۱٤۰۳) در پژوهشی با رویکرد مدل‌سازی ساختاری تفسیری فراگیر فازی، پنج مرحله تاب‌آوری صنعت فرش را بررسی و عواملی مانند تعهد، رهبری، توان مالی، اعتماد، قابلیت ردیابی و برنامه‌ریزی مبتنی بر بلاک‌چین را کلیدی دانست [۳٦]. صادقی و همکاران (۱٤۰۲)

---

[۱] . Riyahi et al.
[۲] .Ozbiltekin-Pala
[۳] .Janine.
[٤] .Aydogmus.
[٥] .Choi et al.

نیز در پژوهشی با عنوان «نگاشت مدل تأثیرگذاری قابلیت‌های بلاک‌چین در زنجیره تأمین سبز»، متغیرهای کلیدی را تحلیل و محرک‌هایی مانند اخذ گواهی‌نامه محیط‌زیست و توجه به مسئولیت اجتماعی سبز را برجسته کردند [۳۷]. اکبری و همکاران (۱٤۰٤) نشان دادند که فناوری‌های نوظهوری مانند هوش مصنوعی، اینترنت اشیا و بلاک‌چین با همگام‌سازی جریان‌ها و ایجاد شفافیت، عملکرد زنجیره را بهبود می‌بخشند، هرچند با چالش‌هایی مانند هزینه‌ها و امنیت مواجه‌اند [۳۸]. رنجبر و همکاران (۱٤۰۲) نیز با روش AHP، شاخص‌های کلیدی بلاک‌چین مانند افزایش اعتماد بین‌سازمانی را اولویت‌بندی کردند[۳۹].

در سطح بین‌المللی، چولاک و همکاران[۱] (۲۰۲٤) با رویکرد مرور نظام‌مند و SF-AHP ، نقش سرمایه انسانی و فناوری‌هایی مانند بلاک‌چین و داده‌های کلان را در حفاظت از زنجیره در برابر ریسک‌ها بررسی کردند [٤۰]. ژانگ و همکاران[۲] (۲۰۲۲) چارچوبی فازی برای عوامل موفقیت بلاک‌چین در زنجیره تأمین پایدار ارائه دادند [٤۱]. شارما و همکاران[۳] (۲۰۲۵) نقش دیجیتالی‌شدن و صنعت ٤.۰ را در چابکی و تاب‌آوری زنجیره تأمین هوشمند تحلیل کردند [٤۲]. در نهایت، بربیچه و همکاران[٤] (۲۰۲۳) رویکردی فازی برای مدیریت عدم قطعیت و پیش‌بینی تقاضا پیشنهاد کردند که مطالعات پیشین تلفیق فناوری‌های نوین و روش‌های چندمعیاره را در ارتقای تاب‌آوری تأیید می‌کند [٤۳].مرور پیشینه نشان می‌دهد که باوجود تأکید مطالعات متعدد بر فناوری‌های نوین یا مؤلفه‌های تاب‌آوری، همچنان سه خلأ اساسی وجود دارد:.فقدان مدلی یکپارچه که نقش فناوری‌های مکمل مانند هوش مصنوعی و بلاک‌چین را به‌صورت هم‌زمان در تاب‌آوری زنجیره تأمین تبیین کند؛همچنین ،نبودرویکردهای تصمیم‌محور برای تحلیل روابط علّی و اولویت‌بندی معیارها در قالب روش‌های ساخت‌یافته تصمیم‌گیری چندمعیاره؛ در نهایت، خلائ الگویی بومی متناسب با شرایط محیطی و نهادی ایران.در پاسخ به این خلأها، نوآوری پژوهش حاضر در سه بُعد شکل گرفته است :نوآوری روشی با بهره‌گیری ترکیبی از تحلیل مضمون، دلفی فازی، دیمتل فازی و ANP فازی؛ نوآوری محتوایی با تمرکز هم‌زمان بر فناوری‌های هوش مصنوعی و بلاک‌چین؛ و نوآوری کاربردی از طریق ارائه مدلی بومی و تصمیم‌پذیر برای ارتقای تاب‌آوری زنجیره تأمین ایران. بدین‌ترتیب،

---

۱. Çolak et al.
۲. Zhang et al.
۳. Sharma et al.
٤. Berbice et al.

این پژوهش چارچوبی عملیاتی و قابل اتکا برای تصمیم‌سازان در جهت توسعه زنجیره‌های تأمین هوشمند، پایدار و تاب‌آور ارائه می‌کند..جدول ۱ به‌صورت خلاصه، مؤلفه‌ها و عوامل کلیدی شناسایی‌شده را ارائه می‌دهد.

جدول ۱: مؤلفه‌های تاب‌آوری زنجیره تأمین هوشمند مبتنی بر فناوری‌های نوین (مرور ادبیات)

محقق و سال	فناوری‌های کلیدی	صنعت هدف	مؤلفه‌های اصلی تاب‌آوری	خلاصه یافته‌ها
تانگ و ویلنتورف[۱] (۲۰۱۹)، [٤٤].	داده بلادرنگ، دیجیتال‌سازی	عمومی	انعطاف‌پذیری، پاسخ‌گویی سریع	افزایش سرعت واکنش با داده‌های لحظه‌ای
ناکا ندا و همکاران (۲۰۲۵)،[٦].	هوش مصنوعی، بلاک‌چین	زنجیره تأمین	تاب‌آوری، تصمیم‌گیری هوشمند	تقویت تاب‌آوری با فناوری‌های نوین
دوبی و همکاران [٤٥][۲] (۲۰۲۰)،	اینترنت اشیا، یادگیری ماشین	تولید و لجستیک	شفافیت، تصمیم‌گیری هوشمند	بهبود شفافیت و تصمیمات
ژانگ و همکاران [٤١](۲۰۲۲)،	هوش مصنوعی، بلاک‌چین	صنایع مختلف	عوامل موفقیت فناوری، اولویت‌بندی	چارچوب اولویت‌بندی عوامل موفقیت
ایوانف و دلگی[۳] (۲۰۲۰)، [٦]	بلاک‌چین، شبیه‌سازی دیجیتال	عمومی	تاب‌آوری، برنامه‌ریزی سناریو	بهبود تاب‌آوری با شبیه‌سازی
تاوانا و همکاران، [۱۳] (۲۰۲۳)،	بلاک‌چین	زنجیره تأمین	تاب‌آوری، شفافیت، امنیت	افزایش امنیت و تاب‌آوری
کی‌روش و همکاران [٤٧] (۲۰۲۲)،	بلاک‌چین، هوش مصنوعی، کلان‌داده	زنجیره تأمین هوشمند	خودکارسازی، پایداری	خودکارسازی فرایندها و پایداری
مزروعی نصرآبادی [۳٦] (۱٤۰۲)،	بلاک‌چین، هوش مصنوعی	صنعت فرش	اعتماد، تاب‌آوری، قابلیت ردیابی	نقش کلیدی اعتماد و فناوری در تاب‌آوری
گولان و همکاران[٤] [٤٨] (۲۰۲۰)،	فناوری ابری، ردیابی بلادرنگ	لجستیک	پیش‌بینی، مشارکت داده‌ای	فناوری ابری و ردیابی به پیش‌بینی کمک می‌کند
شارما و همکاران (۲۰۲۵)،[۱۷].	چابکی دیجیتال، یکپارچگی فناوری	کسب‌وکارها	واکنش سریع، هماهنگی	افزایش چابکی و هماهنگی

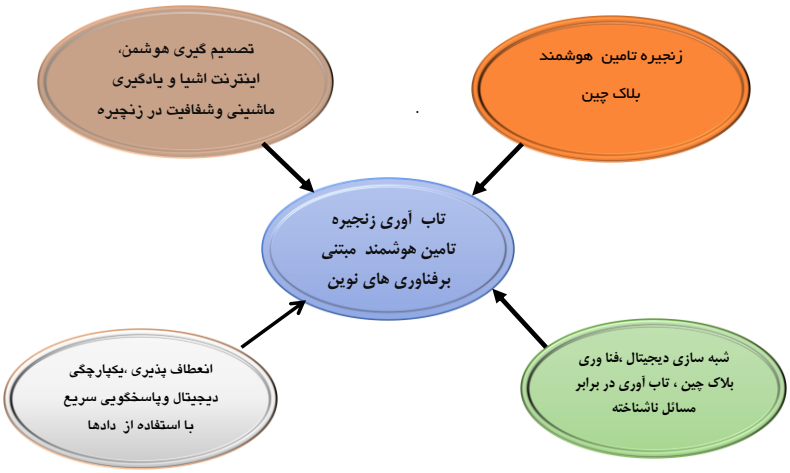
۱ .Tang, C. S., & Veelenturf,
۲ .Dubey et al.
۳ . Ivanov & Dolgui,
٤ .Golanet al.

محقق و سال	فناوری‌های کلیدی	صنعت هدف	مؤلفه‌های اصلی تاب‌آوری	خلاصه یافته‌ها
ایوانف (۲۰۲۱)[۱] [۴۹].	ابزارهای تصمیم‌گیری، تاب‌آوری	صنایع تولیدی	تصمیم‌گیری خودکار، انعطاف‌پذیری زنجیره تأمین، امنیت داده	بازمهندسی دیجیتال موجب افزایش تاب‌آوری
اکتر و همکاران (۲۰۲۲)، [۵۰].	هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، بلاک‌چین	مدیریت زنجیره تأمین	شفافیت دیجیتال، تطابق‌پذیری با فناوری، یادگیری سیستمی	بهبود بهره‌وری و کیفیت خدمات

جدول ۱ نشان می‌دهد که بخش عمده‌ای از پژوهش‌های پیشین بر شناسایی و تحلیل مؤلفه‌های کلیدی تاب‌آوری زنجیره تأمین هوشمند متمرکز بوده‌اند. مهم‌ترین این مؤلفه‌ها عبارت‌اند از: انعطاف‌پذیری عملیاتی، چابکی دیجیتال، شفافیت اطلاعات، قابلیت پیش‌بینی اختلالات، امنیت داده و همکاری میان ذی‌نفعان. در این مطالعات، فناوری‌های نوین نظیر هوش مصنوعی، بلاک‌چین، اینترنت اشیا، کلان‌داده و شبیه‌سازی دیجیتال به‌عنوان عوامل توانمندساز اصلی شناسایی شده‌اند. همچنین روش‌های متنوعی همچون تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، مدل‌سازی ساختاری تفسیری و تحلیل کلان‌داده برای تبیین روابط میان عوامل و استخراج الگوهای بهینه به‌کاررفته است. بررسی این مطالعات نشان می‌دهد که یافته‌های آن‌ها عمدتاً به مواردی مانند افزایش چابکی، تقویت تاب‌آوری، ارتقای امنیت، بهبود قابلیت پیش‌بینی و ارتقای هماهنگی در زنجیره تأمین اشاره دارند. بر پایه این تحلیل نظام‌مند، چارچوب نظری پژوهش حاضر (شکل ۱) مدلی تلفیقی ارائه می‌کند که با تمرکز بر روندهای نوظهور فناورانه و مدیریتی، چهار بُعد کلیدی توسعه تاب‌آوری را شناسایی و ترسیم کرده است. این مدل، چارچوبی مفهومی و کاربردی برای شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر تاب‌آوری زنجیره تأمین هوشمند فراهم می‌آورد. چارچوب مفهومی تاب‌آوری زنجیره تأمین هوشمند شکل ۱، بر اساس مرور نظام‌مند ادبیات علمی تدوین شد. پس از استخراج و غربالگری مقالات منتخب از پایگاه‌های معتبر، مؤلفه‌های کلیدی در چهار حوزه: تصمیم‌گیری هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا و هوش مصنوعی، انعطاف‌پذیری با یکپارچگی و پاسخگویی، تاب‌آوری مبتنی بر شبیه‌سازی دیجیتال و بلاک‌چین، و زنجیره تأمین هوشمند با تمرکز بر ادغام بلاک‌چین، شناسایی گردید. این

[۱] .Ivanov.

چارچوب گرافیکی، اجزای اصلی و روابط آن‌ها را نمایش داده و به‌عنوان مبنای نظری و راهنمای عملی در طراحی مدل پژوهش به کار گرفته شد .



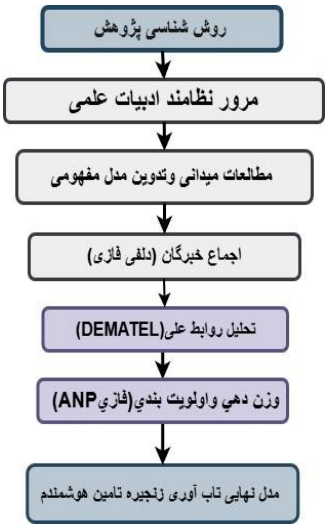
شکل ۱: چارچوب مفهومی تاب‌آوری زنجیره تأمین هوشمند مبتنی بر یافته‌های حاصل از مرور نظام‌مند منابع

در مرحله کیفی، با مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته و مشارکت خبرگان، چارچوب بازنگری، مؤلفه‌های غیرمرتبط حذف و عوامل جدید مرتبط افزوده شدند تا تطابق با شرایط بومی حاصل شود. یافته‌های کیفی، مبنای طراحی پرسش‌نامه مقایسات زوجی و تعیین متغیرهای کمی بود. بدین ترتیب، چارچوب علاوه بر شناسایی و ساختاربندی عوامل، مسیر روشنی برای تحلیل‌های کیفی و کمی فراهم کرده و به‌عنوان پایه‌ای مستحکم در طراحی مدل نهایی پژوهش ایفای نقش می‌کند.

۳- روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر باهدف شناسایی و اولویت‌بندی مؤلفه‌های تاب‌آوری در زنجیره تأمین هوشمند، مبتنی بر رویکردی ترکیبی و ساختارمند طراحی شده است. این روش‌شناسی شامل دو مرحله اصلی است: مرحله کیفی و مرحله کمی. در مرحله کیفی، با بهره‌گیری از مرور نظام‌مند ادبیات علمی، مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با خبرگان حوزه زنجیره تأمین و تحلیل مضمون، مؤلفه‌های کلیدی تاب‌آوری استخراج و ساختاربندی شده و با شرایط بومی پژوهش

تطبیق داده شدند. در مرحله کمی، داده‌های کمی جمع‌آوری و با استفاده از روش‌های مناسب، روابط علی میان مؤلفه‌ها آزمون و اثرگذاری آن‌ها رتبه‌بندی می‌شود. این ترکیب روش‌ها امکان دستیابی به نتایج علمی معتبر و قابل‌استفاده در عمل را فراهم می‌آورد. از نظر هدف، پژوهش کاربردی است و ماهیت داده‌های آن نیز آمیخته از کیفی و کمی است. شکل ۲ مراحل انجام پژوهش را نشان می دهد.



شکل ۲- مراحل اجرای پژوهش

گام اول: مرور نظام‌مند ادبیات پژوهش؛ در این مرحله، به‌منظور شناسایی جامع و ساختاریافته معیارها و مؤلفه‌های مؤثر بر تاب‌آوری زنجیره تأمین هوشمند، مرور نظام‌مندی بر ادبیات علمی انجام شد. این مرور بر اساس چارچوبی منظم شامل چهار مرحله اصلی «شناسایی»، «غربالگری»، «انتخاب» و «استخراج داده‌ها» ساماندهی گردید .جستجوی گسترده‌ای در پایگاه‌های علمی معتبر بین‌المللی مانندScopus ، Web of Science، ScienceDirect، IEEE Xplore و پایگاه ملی ISC صورت گرفت. کلیدواژه‌های مرتبط با موضوع تحقیق شامل «تاب‌آوری زنجیره تأمین»، «هوشمندسازی»، «هوش مصنوعی» و «بلاک‌چین» در بازه زمانی ۲۰۱۵ تا نیمه اول ۲۰۲۵ به کار گرفته شد .در مرحله شناسایی، تعداد ٦٣ مقاله مرتبط استخراج شد که پس از حذف موارد تکراری و بررسی عناوین و چکیده‌ها، ٤٥ مقاله باقی ماند. سپس

بامطالعه کامل متن مقالات و ارزیابی معیارهای کیفیت علمی، مرتبط بودن محتوا و جامعیت داده‌ها، تعداد مقالات به ۳٤ مورد کاهش یافت .اطلاعات استخراج‌شده از این مقالات شامل معیارها و مؤلفه‌های کلیدی تاب‌آوری زنجیره تأمین بود که در قالب چهار حوزه اصلی دسته‌بندی و سازماندهی شده و مدل مفهومی اولیه پژوهش – شکل شماره ۲ بر اساس این یافته‌ها طراحی گردید .برای افزایش دقت، اعتبار و بومی‌سازی چارچوب، مؤلفه‌های شناسایی‌شده توسط ۲۰ خبره حوزه زنجیره تأمین و فناوری‌های نوین، مورد بازبینی و غربالگری قرار گرفتند. این فرایند به حذف عوامل نامرتبط و افزودن مؤلفه‌های جدید و مرتبط متناسب با شرایط بومی منجرشد .نتایج این گام، پایه‌ای علمی، ساختاری منسجم و قابل اتکا برای طراحی مدل نهایی پژوهش فراهم آورد و مسیر تحلیل‌های کیفی و کمی مراحل بعدی را هموار ساخت.

گام دوم: مطالعه میدانی و تدوین مدل مفهومی تاب‌آوری زنجیره تأمین هوشمند؛ برای تکمیل یافته‌های مرور نظام‌مند و شناسایی دقیق‌تر مؤلفه‌ها، از مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته و پرسش‌نامه‌های طیف لیکرت استفاده شد. جامعه خبرگان شامل ۲۰ نفر از اساتید دانشگاه، پژوهشگران و مدیران صنعتی با حداقل ۱۰ سال سابقه تخصصی و پژوهشی در حوزه‌های زنجیره تأمین، فناوری‌های نوین، هوش مصنوعی، بلاک‌چین و تصمیم‌گیری چندمعیاره بود. پراکندگی تخصصی خبرگان به‌گونه‌ای بود که حوزه‌های فنی، مدیریتی و سیاست‌گذاری را پوشش دهد. مصاحبه‌ها با پرسش‌های راهنما، ضبط و سپس به متن تبدیل شدند. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MAXQDA ۲۰۲۲و روش تحلیل مضمون کدگذاری شدند که شامل مراحل: آشنایی با داده‌ها، کدگذاری باز، تشکیل مضامین محوری و بازبینی نهایی با نظر چند پژوهشگر بود. برای ارزیابی کمی مؤلفه‌های به‌دست‌آمده، پرسش‌نامه‌ای بر اساس نتایج تحلیل کیفی طراحی شد و میانگین امتیازها محاسبه گردید. مؤلفه‌هایی که میانگین بالاتر از ۱۰.٦ (میانگین کل به‌علاوه یک انحراف معیار) داشتند، به‌عنوان معیارهای کلیدی انتخاب شدند. فرایند تا اشباع نظری ادامه یافت و مدل مفهومی اولیه تدوین شد

گام سوم: اجماع خبرگان با روش دلفی فازی، به‌منظور تأیید و پالایش معیارها و زیرمعیارهای مدل مفهومی، از روش دلفی فازی استفاده شد. این فرایند در دو دور انجام گردید:۱. در دور اول، پرسش‌نامه دلفی حاوی فهرست معیارها برای ارزیابی میزان اهمیت، بر اساس قیاس‌های

زبانی فازی (کم، متوسط، زیاد، بسیار زیاد) میان خبرگان توزیع شد. داده‌ها به اعداد فازی مثلثی تبدیل و میانگین‌گیری فازی انجام شد. ۲. در دور دوم، معیارهایی که به آستانه توافق فازی ۰٫۷۵ نرسیده بودند، بازنگری و مجدداً به رأی گذاشته شدند. نتیجه این مرحله، مجموعه نهایی معیارها و زیرمعیارهای مورد توافق خبرگان بود که به‌عنوان ورودی تحلیل‌های کمی استفاده شد.

گام چهارم: تحلیل روابط علّی با روش DEMATEL فازی؛ برای بررسی شدت اثرگذاری و اثرپذیری میان مؤلفه‌های تأییدشده، از روش DEMATELفازی استفاده شد. داده‌های این مرحله با استفاده از پرسش‌نامه مقایسات زوجی و قضاوت‌های زبانی جمع‌آوری گردید. قضاوت‌ها به اعداد فازی هموار تبدیل و ماتریس‌های اثرگذاری مستقیم و غیرمستقیم محاسبه شد. سپس، با نرمال‌سازی داده‌ها و محاسبه مجموع اثرگذاری و اثرپذیری، مؤلفه‌ها به دو گروه عوامل علّی و عوامل معلولی دسته‌بندی شدند. خروجی این گام، نقشه روابط علّی مؤلفه‌ها بود.

گام پنجم: وزن‌دهی و اولویت‌بندی با روش ANP فازی؛ در این مرحله، از فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی (Fuzzy ANP) برای تعیین وزن نهایی مؤلفه‌ها استفاده شد. برخلافAHP ، این روش امکان درنظرگرفتن وابستگی‌ها و بازخوردهای متقابل میان معیارها را فراهم می‌سازد. داده‌های ورودی بر اساس نتایج DEMATEL فازی و با استفاده از پرسش‌نامه‌های مقایسات زوجی جمع‌آوری شد. قضاوت‌های زبانی فازی به اعداد فازی مثلثی تبدیل و ماتریس‌های زوجی تشکیل گردید. سپس سوپرماتریس اولیه محاسبه، نرمال‌سازی و به سوپرماتریس حد نهایی تبدیل شد تا وزن نهایی معیارها به دست آید. خروجی این مرحله، اولویت‌بندی نهایی مؤلفه‌ها بر اساس اهمیت نسبی در ارتقای تاب‌آوری زنجیره تأمین هوشمند بود.

۴-یافته‌های پژوهش

۴-۱-یافته‌های کیفی تحقیق

تحلیل مضمون انجام‌شده در این پژوهش، چارچوبی جامع و ساختارمند از مؤلفه‌های کلیدی تاب‌آوری زنجیره تأمین هوشمند ارائه می‌دهد. این تحلیل با بهره‌گیری از رویکرد تلفیقی فناوری‌های هوش مصنوعی و بلاک‌چین، در قالب فرایندی نظام‌مند شامل هفت مرحله اصلی صورت‌گرفته است .در مرحله نخست، مصاحبه‌های صوتی پس از پیاده‌سازی و بازبینی دقیق در نرم‌افزارWord ، به محیط تحلیل کیفی MAXQDA ۲۰۲۲ منتقل شدند. در مرحله دوم،

بامطالعه عمیق داده‌ها، تعداد ۱٤۲ کد اولیه استخراج و بخش‌های مرتبط متن کدگذاری شد. سپس در مرحله سوم، کدهای با ارتباط معنایی مشابه در قالب مضامین پایه‌ای سازماندهی شده و تعداد ۱۱۹ کد گزینشی به دست آمد. با انجام تحلیل رفت‌وبرگشتی میان داده‌ها و مبانی نظری، کدهای نامربوط حذف و در نهایت ۸۹ کد گزینشی نهایی شناسایی شد .در مرحله چهارم، این کدهای گزینشی به ٤٥ مضمون پایه تقلیل‌یافته و در مرحله پنجم، این مضامین در قالب ۲۳ مضمون سازمان‌یافته و ارتباطات میان آن‌ها مشخص گردید .برای افزایش دقت تحلیل و اولویت‌بندی مؤلفه‌ها، در مرحله ششم از روش دلفی فازی بهره گرفته شد که با جمع‌آوری و اجماع نظر خبرگان، وزن هر مؤلفه تعیین گردید. در نهایت، در مرحله هفتم، روابط علی میان معیارها با استفاده از روش دیمتل فازی تحلیل شد تا تعاملات و تأثیرات متقابل مؤلفه‌های کلیدی تاب‌آوری به‌صورت دقیق مدل‌سازی شود .این فرایند نظام‌مند و مبتنی بر فناوری‌های نوین، زمینه‌ای علمی و کاربردی برای شناسایی، اولویت‌بندی و تحلیل دقیق مؤلفه‌های تاب‌آوری زنجیره تأمین هوشمند فراهم آورده و ابزار قابل اتکایی را در اختیار مدیران و سیاست‌گذاران قرار می‌دهد.

جدول ۲: مضامین سازمان‌دهنده و مضامین پایه استخراج شده از تحلیل مضمون پژوهش

مضامین سازمان‌دهنده	مضامین پایه (تم)
یکپارچگی فناورانه در زنجیره تأمین	اینترنت اشیا (IoT) در ردیابی، یادگیری ماشین در پیش‌بینی، NLPدر تحلیل بازخورد بلاک‌چین برای شفافیت،
قابلیت‌های سازمانی برای تاب‌آوری	ERPو CRM ، شبیه‌سازی سناریوها، تصمیم‌گیری مبتنی بر داده، سامانه‌های بازخورد،
توسعه پایدار زنجیره تأمین	ملاحظات زیست‌محیطی، پایداری اجتماعی، بهره‌وری اقتصادی، سیاست‌گذاری پایدار،
مشارکت ذی‌نفعان	شناسایی ذی‌نفعان، همکاری میان فعالان، مشارکت و اعتمادسازی در زنجیره،
چابکی اطلاعاتی	اشتراک‌گذاری داده، تحلیل بلادرنگ اطلاعات، هماهنگی هوشمند تولید، پاسخ سریع به تغییرات،
تاب‌آوری فناورانه	زیرساخت مقاوم، امنیت سایبری، سامانه‌های هشدار زودهنگام، پیش‌بینی ریسک با داده‌کاوی
سیاست‌گذاری و حمایت نهادی	حمایت دولتی فناورانه، مشوق‌های مالی، سیاست صادراتی، حمایت از نوآوری،
نوآوری و یادگیری فناورانه	فرهنگ نوآوری، جذب فناوری نو، تبادل دانش در زنجیره، یادگیری مستمر،
ارزیابی عملکرد زنجیره	شاخص‌های عملکردی، تحلیل داده‌های عملکرد، پایش مستمر، شناسایی نقاط ضعف،
دیجیتالی‌سازی زنجیره تأمین	پلتفرم‌های ابری، ردیابی هوشمند، بلاک‌چین در قراردادها، بازاریابی دیجیتال،
مدیریت منابع تولید	حسگرهای هوشمند، تخصیص داده‌محور منابع، پیش‌بینی نیاز نهاده‌ها، کاهش ضایعات تولید،
شفافیت در زنجیره تأمین	ردیابی محصول، مستندسازی دیجیتال، اصالت کالا، اعتماد مصرف‌کننده،

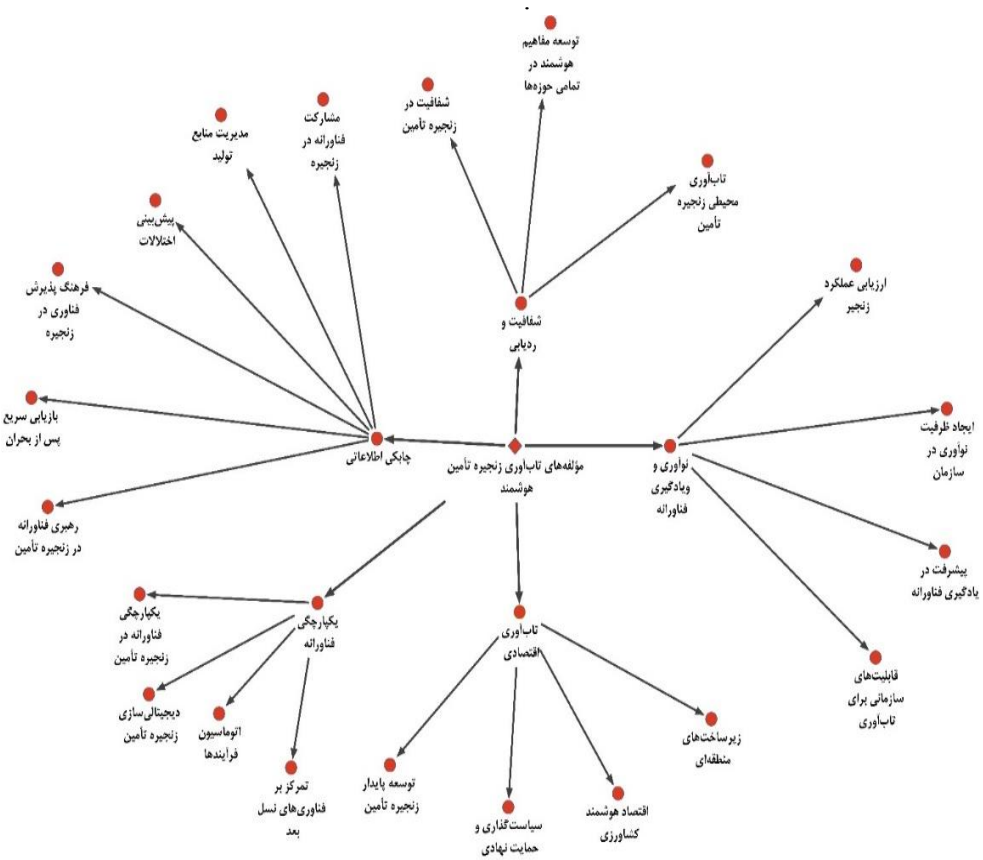
مضامین سازمان‌دهنده	مضامین پایه (تم)
تاب‌آوری اقتصادی	تنوع بازار فروش، مدیریت مالی زنجیره، ابزارهای بیمه‌ای، کاهش هزینه‌های بحرانی،
زیرساخت‌های منطقه‌ای	خوشه‌های تولیدی، زیرساخت حمل‌ونقل، آموزش نیروی انسانی، شبکه توزیع محلی،
مشارکت فناورانه در زنجیره	پلتفرم‌های مشارکتی، پروژه‌های مشترک فناوری، نوآوری باز در زنجیره، مدیریت پروژه‌های مشترک،
تاب‌آوری محیطی زنجیره تأمین	سازگاری با تغییر اقلیم، مدیریت منابع آب، مصرف انرژی پایدار، کشت هوشمند و دقیق،
رهبری فناورانه در زنجیره تأمین	نقش رهبران فناورانه، جهت‌گیری آینده‌نگر، تصمیم‌سازی دیجیتال، هدایت نوآوری‌ها،
خودکارسازی فرایندها	هوش مصنوعی در کنترل تولید، ربات‌های خودکار بسته‌بندی، کاهش مداخله انسانی، بهینه‌سازی هزینه عملیات
اقتصاد هوشمند	اقتصاد داده‌محور، قیمت‌گذاری پویا، بازارهای دیجیتال، مدیریت عرضه و تقاضا،
فرهنگ‌پذیرش فناوری در زنجیره	آموزش، آگاهی‌بخشی عمومی، کاهش مقاومت فرهنگی، تشویق به استفاده از ابزارهای هوشمند
تمرکز بر فناوری‌های نسل بعد	مانند دیجیتال نوین، یادگیری تقویتی و سامانه‌های خودترمیم گر،
توسعه مفاهیم هوشمند در تمامی حوزه‌ها	توسعه مفاهیم هوشمندسازی در تمامی حوزه‌ها ازجمله سیاست‌گذاری هوشمند و بهبود مستمر هوشمند،

جدول ۳: درصد فراوانی ابعاد و مضامین سازمان دهنده

ابعاد (مؤلفه‌های اصلی)	مضامین سازمان‌دهنده (زیر مؤلفه)	درصد از کل	فراوانی
یکپارچگی فناورانه	یکپارچگی فناورانه در زنجیره تأمین	٦/١٣	٨٢
	دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین	٩/٤	٣٠
	خودکارسازی فرایندها	٢/٣	١٩
	تمرکز بر فناوری‌های نسل بعد	٩/٦	٤٢
	یکپارچه‌سازی عمیق‌تر	٣/١	٨
تاب‌آوری اقتصادی	زیرساخت‌های منطقه‌ای	٧/٣	٢٢
	اقتصاد هوشمند	٠/١١	٦٦
	سیاست‌گذاری و حمایت نهادی	٣/٢	١٤
	توسعه پایدار زنجیره تأمین	٧/٦	٤٠
شفافیت و ردیابی	شفافیت در زنجیره تأمین	٥/٣	٢١
	توسعه مفاهیم هوشمند در تمامی حوزه‌ها	٩/٢	١٨
	تاب‌آوری محیطی زنجیره تأمین	١/٢	١٣
	هماهنگی بین ذی‌نفعان	٢/٣	١٩
نوآوری و یادگیری فناورانه	پیشرفت در یادگیری فناورانه	٧/٢	١٦
	ایجاد ظرفیت نوآوری در سازمان	٨/١	١١

ابعاد (مؤلفه‌های اصلی)	مضامین سازمان‌دهنده (زیر مؤلفه)	درصد از کل	فراوانی
	ارزیابی عملکرد زنجیره	۸/۲	۱۷
	قابلیت‌های سازمانی برای تاب‌آوری	۱/۷	٤۳
چابکی اطلاعاتی	مدیریت منابع تولید	۳/۲	۱٤
	رهبری فناورانه در زنجیره تأمین	٤/۳	۲۱
	فرهنگ‌پذیرش فناوری در زنجیره	۰/۲	۱۲
	مشارکت فناورانه در زنجیره	٤/۳	۲۱
	بازیابی سریع پس از بحران	۳/۵	۳۲
	پیش‌بینی اختلالات	۹/۳	۲۳
	جمع کل	۱۰۰٪	٦۰۳

در این مرحله، پس از ترسیم نقشه نهایی مضامین و بازبینی تم‌های تحلیلی، تحلیل نهایی با مشارکت متخصصان انجام شد. داده‌های حاصل نشان داد که مؤلفه‌های تاب‌آوری زنجیره تأمین هوشمند در پنج بُعد اصلی شامل یکپارچگی فناورانه، تاب‌آوری اقتصادی، شفافیت و ردیابی، نوآوری و یادگیری فناورانه و چابکی اطلاعاتی قابل‌دسته‌بندی هستند. هر یک از این ابعاد، مجموعه‌ای از مضامین سازمان‌دهنده را دربر می‌گیرد که به‌عنوان زیرسیستم‌های کلیدی، نقش مهمی در تقویت تاب‌آوری ایفا می‌کنند .این ساختار مفهومی به‌عنوان مبنای تحلیل‌های کمی و توسعه مدل تلفیقی پژوهش به کار گرفته شد .شکل ۳ شبکه مضامین را نمایش می‌دهد و روابط میان مضامین پایه، سازمان‌دهنده و فراگیر را به طور شفاف تبیین می‌کند؛ این امر به درک عمیق‌تر از ابعاد زنجیره تأمین هوشمند کمک می‌نماید .نتایج نهایی نشان می‌دهد که مؤلفه‌های اقتصادی و فناورانه بیشترین سهم را در ارتقای پایداری زنجیره تأمین دارند و اهمیت نوآوری و یادگیری فناورانه نیز به‌روشنی مشهود است. این یافته‌ها می‌تواند مبنای تصمیم‌گیری آگاهانه مدیران و سیاست‌گذاران در مسیر بهبود تاب‌آوری زنجیره تأمین هوشمند قرار گیرد.



شکل ۳. مدل مفهومی، مؤلفه‌های تاب‌آوری زنجیره تأمین هوشمند استخراج‌شده از نرم‌افزار مکس کیودا

در ادامه مراحل کیفی و دلفی فازی، ۲۳ مؤلفه فرعی و مؤلفه‌های کلیدی که شامل ۵ مؤلفه اصلی مربوط به یکپارچگی فناورانه (با ۵ زیر مؤلفه)، ٤ زیر مؤلفه مربوط به تاب‌آوری اقتصادی، ٤ مؤلفه فرعی مربوط به شفافیت و ردیابی، ٤ زیر مؤلفه مرتبط با نوآوری و یادگیری فناورانه و درنهایت ٦ زیر مؤلفه مرتبط با چابکی اطلاعاتی، از طریق روش‌های کیفی (مصاحبه و مرور ادبیات) شناسایی‌شده و نهایی و تأیید گردیدند. مؤلفه‌های تأییدشده همراه با مؤلفه‌های فرعی مربوطه در جدول ۳ ارائه‌شده‌اند.

جدول ۴: خروجی دلفی فازی برای شناسایی و رتبه‌بندی مؤلفه‌های تاب‌آوری زنجیره تأمین

مؤلفه اصلی	مؤلفه‌های فرعی	کد	امتیاز فازی	امتیازغیرفازی	رتبه بر حسب امتیاز	وضعیت
یکپارچگی فناورانه	یکپارچگی فناورانه زنجیره تأمین	A۱	(۰/۹۳۳ ،۰/۷۵ ،۰/۵۰)	۰/۷۲۸	۱۲	تأیید
	دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین	A۲	(۰/۹۵۰ ،۰/۷۸۳ ،۰/۵۳۳)	۰/۷۵٦	۹	تأیید
	خودکارسازی فرایندها	A۳	(۰/۹۵۰ ،۰/۸۰ ،۰/۵۵)	۰/۷٦۷	۵	تأیید
	تمرکز بر فناوری‌های نسل بعد	A٤	(۰/۹۳۳ ،۰/۸۰ ،۰/۵۵)	۰/۷٦۱	۸	تأیید
	یکپارچه‌سازی عمیق‌تر	A۵	(۰/۹۰۰ ،۰/۷٦۷ ،۰/۵۱۷)	۰/۷۲۸	۱۳	تأیید
تاب‌آوری اقتصادی	زیرساخت‌های منطقه‌ای	B۱	(۰/۹۱۷ ،۰/۷٦۷ ،۰/۵۱۷)	۰/۷۳۳	۱۱	تأیید
	اقتصاد هوشمند	B۲	(۰/۹۵۰ ،۰/۸۰ ،۰/۵۵)	۰/۷٦۷	٦	تأیید
	سیاست‌گذاری و حمایت نهادی	B۳	(۱ ،۰/۹۳۳ ،۰/٦۸۳)	۰/۸۷۲	۱	تأیید
	توسعه پایدار زنجیره تأمین	B٤	(۰/۹۵۰ ،۰/۸۱۷ ،۰/۵٦۷)	۰/۷۷۸	٤	تأیید
شفافیت و ردیابی	شفافیت در زنجیره تأمین	D۱	(۰/۹۵۰ ،۰/۷٦۷ ،۰/۵۱۷)	۰/۷٤٤	۱۰	تأیید
	توسعه مفاهیم هوشمند در تمامی حوزه‌ها	D۲	(۰/۹۸۳ ،۰/۸۵۰ ،۰/٦۰۰)	۰/۸۱۱	۲	تأیید
	تاب‌آوری محیطی زنجیره تأمین	D۳	(۰/۹۵۰ ،۰/۸٦۷ ،۰/٦۱۷)	۰/۸۱۱	۲	تأیید
	هماهنگی بین ذی‌نفعان	D٤	(۰/۹۸۳ ،۰/۸۵۰ ،۰/٦۰۰)	۰/۸۱۱	۲	تأیید
نوآوری و یادگیری فناورانه	پیشرفت در یادگیری فناورانه	E۱	(۰/۹۵۰ ،۰/۸۱۷ ،۰/۵٦۷)	۰/۷۷۸	٤	تأیید
	ایجاد ظرفیت نوآوری در سازمان	E۲	(۰/۹۵۰ ،۰/۸۰ ،۰/۵۵)	۰/۷٦۷	٦	تأیید
	ارزیابی عملکرد زنجیره	E۳	(۰/۹۵۰ ،۰/۸۰ ،۰/۵٦۷)	۰/۷۷۱	۷	تأیید
	قابلیت‌های سازمانی برای تاب‌آوری	E٤	(۰/۹۵۰ ،۰/۸۰ ،۰/۵۸۳)	۰/۷۷۸	٤	تأیید
چابکی اطلاعاتی	مدیریت منابع تولید	F۱	(۰/۹۵۰ ،۰/۷٦۷ ،۰/۵۳۳)	۰/۷۵۰	۹	تأیید
	رهبری فناورانه در زنجیره تأمین	F۲	(۰/۹۳۳ ،۰/۸۰ ،۰/۵٦۷)	۰/۷٦۷	٦	تأیید
	فرهنگ‌پذیرش فناوری در زنجیره	F۳	(۰/۹۳۳ ،۰/۸۰ ،۰/۵٦۷)	۰/۷٦۷	٦	تأیید
	مشارکت فناورانه در زنجیره	F٤	(۰/۹۳۳ ،۰/۷۸۳ ،۰/۵۵۰)	۰/۷۵۵	۹	تأیید
	بازیابی سریع پس از بحران	F۵	(۰/۹۵۰ ،۰/۸۰ ،۰/۵٦۷)	۰/۷۷۲	۷	تأیید
	پیش‌بینی اختلالات	F٦	(۰/۹۵۰ ،۰/۸۵۰ ،۰/٦۰۰)	۰/۸۰۰	۳	تأیید

۴-۲-یافته‌های کمی تحقیق

تحلیل دیمتل فازی: در این تحقیق، مؤلفه‌ها و زیر مؤلفه‌های کلیدی مؤثر بر تاب‌آوری زنجیره تأمین هوشمند در بستر فناوری‌های نوین، هوش مصنوعی و بلاک‌چین شناسایی و سازمان‌دهی شدند. به‌منظور تحلیل روابط متقابل و ساختار درونی این مؤلفه‌ها، از روش دیمتل فازی استفاده گردید. این روش امکان بررسی روابط علی و معلولی میان مؤلفه‌ها را فراهم کرده و میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری هر یک از مؤلفه‌ها را به‌صورت کمی تعیین می‌کند.

گام اول - تشکیل ماتریس ارتباطات مستقیم(M) : در گام اول، برای محاسبه ماتریس ارتباطات مستقیم(M)، از نظرات ۲۰ نفر از خبرگان حوزه زنجیره تأمین هوشمند و فناوری‌های دیجیتال استفاده شد. این خبرگان با استفاده از طیف فازی ۰ تا ٤ (طبق جدول دیمتل فازی)، میزان تأثیر هر مؤلفه را بر سایر مؤلفه‌ها ارزیابی کردند. نظرات به‌صورت عدد فازی مثلثی ترکیب گردید و میانگین فازی آن‌ها به کمک فرمول زیر محاسبه شد فرمول تبدیل ارزیابی‌های زبان طبیعی به اعداد فازی: $\tilde{z} = \frac{\tilde{x}^1 \oplus \tilde{x}^2 \oplus \tilde{x}^3 \oplus \ldots \oplus \tilde{x}^p}{p}$ در این فرمول p تعداد خبرگان و $\tilde{x}^{\wedge 1}$ ، $\tilde{x}^2$ $\tilde{x}^p$ ترتیب ماتریس مقایسه زوجی خبره ۱، خبره ۲ و خبره p هست و $\tilde{z}$ عدد فازی مثلثی به‌صورت $\tilde{z}_{ij} = (l'_{ij}, m'_{ij}, u'_{ij})$

جدول ۵: جدول پنج‌درجه‌ای فن دیمتل فازی

متغیر	معادل قطعی	معادل فازی
بدون تأثیر	۰	(۰، ۰، ۰/۲۵)
تأثیر کم	۱	(۰، ۰/۲۵، ۰/۵۰)
تأثیر متوسط	۲	(۰/۲۵، ۰/۵۰، ۰/۷۵)
تأثیر زیاد	۳	(۰/۵۰، ۰/۷۵، ۱)
تأثیر خیلی زیاد	۴	(۰/۷۵، ۱، ۱)

گام دوم - محاسبه ماتریس ارتباطات مستقیم نرمال(N) : در گام دوم، برای محاسبه ماتریس ارتباطات نرمال(N) ، جمع تمامی سطرها و ستون‌های ماتریس ارتباطات مستقیم محاسبه‌شده و بزرگ‌ترین عدد در سطر و ستون‌ها مشخص گردید. سپس، معکوس بزرگ‌ترین عدد محاسبه‌شده- فرمول ، ترکیب ارزیابی‌های خبرگان: $\mathbf{k} = \frac{1}{\max \sum_{j=1}^{n} aij} = \frac{1}{10.77} =$.

$\frac{0}{095}$به‌عنوان عامل نرمال‌سازی برای ماتریس‌ها استفاده شد و درنهایت ماتریس نرمال تأثیر مستقیم (N) به دست آمد.

گام سوم –تشکیل ماتریس ارتباطات کامل(T) : در این مرحله، ماتریس همانی (T) ابتدا تشکیل‌شده و سپس ماتریس نرمال از آن کسر گردید. ماتریس حاصل معکوس شده و سپس ماتریس نرمال در ماتریس معکوس ضرب شد تا ماتریس ارتباط کامل محاسبه گردد. این ماتریس میزان ارتباط کامل بین معیارها را نشان می‌دهد و از آن برای بررسی تعاملات میان مؤلفه‌ها استفاده می‌شود. نرمال‌سازی ماتریس ارتباط مستقیم: $K = \frac{۱}{max \sum_{j}^{n}=۱ aji}$

گام چهارم – تجزیه‌وتحلیل تأثیرگذاری و تأثیرپذیری: در این مرحله، مؤلفه‌های تأثیرگذار و تأثیرپذیری مؤلفه‌های فرعی شناسایی شدند. نتایج این تحلیل در جدول ٦ خلاصه گردید. همچنین، شکل علی و معلولی مؤلفه‌ها در شکل ۲ نشان دیده‌شده است. در تحلیل شکل علی، بردار افقی (D+R) نشان‌دهنده میزان تأثیروتأثر پذیری هر مؤلفه است و بردار عمودی (D−R)نقش تأثیرپذیری هر مؤلفه را نشان می‌دهد. مؤلفه‌هایی که مقدار D−Rمثبت دارند، به‌عنوان عوامل علی شناخته می‌شوند، درحالی‌که مؤلفه‌هایی که مقدار D−Rمنفی دارند، به‌عنوان عوامل معلولی شناسایی می‌شوند. این تحلیل‌ها در نمودارهای علی و معلولی مؤلفه‌های تاب‌آوری ترسیم گردید تا میزان تعامل و ارتباطات میان مؤلفه‌ها به طور واضح‌تری نشان داده شود. فرمول ماتریس تأثیرگذاری و تأثیرپذیری مستقیم:

$$s = N + N^{۲} + N^{۳} + N^{۱} = \frac{N(I - N^{۱})}{I - N} = \frac{N}{I - N} = N(I - N) \qquad \min_{۱ \to x} N^{t} = ۰$$

جدول ۶.: تأثیرگذاری وتاثیر پذیری زیرمعیارها و مقادیر **R** و **D**

مؤلفه‌های فرعی	کد	D۱	D۲	D۳	R۱	R۲	R۳	D	R	D+R	D−R	نوع معیار
یکپارچگی فناورانه در زنجیره تأمین	A۱	۲،۲	۲،۳	۲،۳	۱،۵	۱،٤	۱،۳	٦،۸۰	٤،۳۰	۱۱،۰	۳،٦	علی
دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین	A۲	۲،۱	۲،۲	۲،۲	۱،٦	۱،۳	۱،۲	٦،۵۰	٤،۱۰	۱۰،٦	۳،٤	علی
خودکارسازی فرایندها	A۳	۱،۳	۱،۲	۱،۲	۲،۲	۲،۳	۲،۳	۳،۷۰	٦،۹۰	۱۰،۵	۳،۹–	معلولی
تمرکز بر فناوری‌های نسل	A٤	۲،۳	۲،۳	۲،۵	۱،۳	۱،٤	۱،۲	۷،۱۰	۳،۸۰	۱۱،۰	۳،۸	علی

مؤلفه‌های فرعی	کد	D۱	D۲	D۳	R۱	R۲	R۳	D	R	D+R	D−R	نوع معیار
یکپارچه‌سازی عمیق‌تر	A٥	١٫٤	١٫٥	١٫٤	٢٫٢	٢٫١	٢٫٠	٤٫٠٠	٦٫٤٠	١٠٫٦	٣٫٠−	معلولی
زیرساخت‌های منطقه‌ای	B١	١٫٢	١٫٤	١٫٣	٢٫٣	٢٫٤	٢٫١	٣٫٥٠	٦٫٨٠	١٠٫٧	٣٫٧−	معلولی
اقتصاد هوشمند	B٢	٢٫٢	٢٫٢	٢٫٤	١٫٤	١٫٣	١٫٢	٦٫٩٠	٤٫٠٠	١٠٫٧	٣٫١	علی
سیاست‌گذاری و حمایت نهادی	B٣	٢٫٣	٢٫٤	٢٫٥	١٫٣	١٫٤	١٫٣	٧٫٢٠	٤٫١٠	١١٫٢	٣٫٨	علی
توسعه پایدار زنجیره تأمین	B٤	٢٫١	٢٫٢	٢٫٣	١٫٤	١٫٣	١٫٢	٦٫٦٠	٣٫٩٠	١٠٫٥	٣٫٠	علی
شفافیت در زنجیره تأمین	D١	١٫٤	١٫٣	١٫٢	٢٫١	٢٫٢	٢٫٣	٤٫١٠	٦٫٥٠	١٠٫٥	٣٫٥−	معلولی
توسعه مفاهیم هوشمند در حوزه‌ها	D٢	٢٫٢	٢٫٣	٢٫٢	١٫٤	١٫٥	١٫٤	٦٫٧٠	٤٫٤٠	١١٫٠	٣٫٠	علی
تاب‌آوری محیطی زنجیره تأمین	D٣	٢٫٣	٢٫٤	٢٫٢	١٫٣	١٫٤	١٫٣	٦٫٨٠	٣٫٧٠	١٠٫٩	٣٫٥	علی
هماهنگی بین ذی‌نفعان	D٤	٢٫٢	٢٫٢	٢٫١	١٫٤	١٫٤	١٫٣	٦٫٦٠	٤٫٢٠	١٠٫٦	٣٫٠	علی
پیشرفت در یادگیری فناورانه	E١	١٫٣	١٫٢	١٫٢	٢٫٣	٢٫٢	٢٫١	٤٫٢٠	٦٫٧٠	١٠٫٣	٣٫٩−	معلولی
ایجاد ظرفیت نوآوری	E٢	٢٫٢	٢٫٣	٢٫٤	١٫٤	١٫٣	١٫٢	٦٫٩٠	٤٫٣٠	١٠٫٨	٣٫٢	علی
ارزیابی عملکرد زنجیره	E٣	١٫٣	١٫٢	١٫١	٢٫٢	٢٫٣	٢٫٤	٣٫٩٠	٦٫٨٠	١٠٫٥	٣٫٩−	معلولی
قابلیت‌های سازمانی	E٤	٢٫٢	٢٫٣	٢٫١	١٫٣	١٫٤	١٫٣	٦٫٧٠	٣٫٩٠	١٠٫٦	٣٫٠	علی
مدیریت منابع تولید	F١	١٫٣	١٫٤	١٫٢	٢٫٢	٢٫١	٢٫٠	٣٫٨٠	٦٫٦٠	١٠٫٢	٣٫٤−	معلولی
رهبری فناورانه در زنجیره تأمین	F٢	٢٫٣	٢٫٤	٢٫٢	١٫٣	١٫٢	١٫٣	٦٫٩٠	٤٫١٠	١٠٫٧	٣٫٢	علی
فرهنگ‌پذیرش فناوری در زنجیره	F٣	٢٫٣	٢٫٢	٢٫١	١٫٣	١٫٤	١٫٢	٧٫٠٠	٤٫٠٠	١٠٫٥	٣٫٠	علی
مشارکت فناورانه در زنجیره	F٤	١٫٣	١٫٤	١٫٢	٢٫٢	٢٫١	٢٫٠	٤٫٣٠	٦٫٥٠	١٠٫٢	٣٫٤−	معلولی
بازیابی سریع پس از بحران	F٥	١٫٢	١٫٣	١٫٣	٢٫٣	٢٫٢	٢٫٠	٣٫٧٠	٦٫٧٠	١٠٫٣	٣٫٥−	معلولی
پیش‌بینی اختلالات	F٦	٢٫٤	٢٫٣	٢٫٢	١٫٣	١٫٢	١٫٣	٧٫١٠	٣٫٩٠	١٠٫٧	٣٫٣	علی

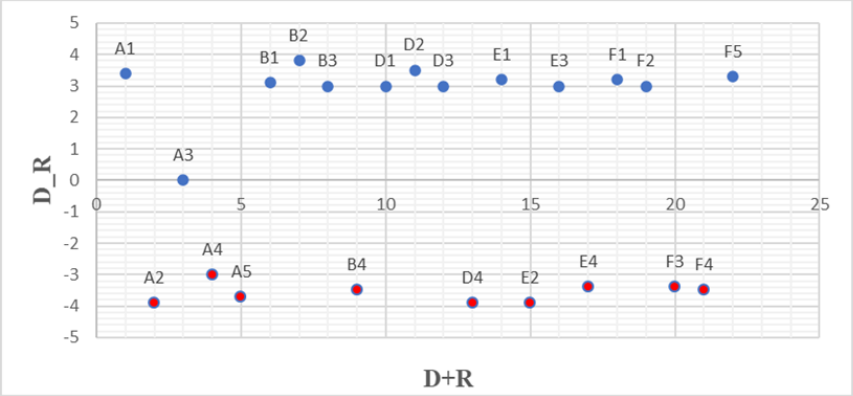
بر اساس نتایج حاصل از تحلیل دیمتل فازی و باتوجه‌به مقدار میانگین شاخص تأثیرگذاری – تأثیرپذیری (D+R)معادل ۱۰،٦۰ به‌عنوان حد آستانه تعامل مؤلفه‌ها، مؤلفه‌های تاب‌آوری زنجیره تأمین هوشمند در سه‌طبقه اصلی تفکیک شدند. این طبقه‌بندی علاوه بر روشن‌سازی جایگاه و نقش هر مؤلفه در شبکه روابط، امکان شناسایی عوامل کلیدی راهبردی را فراهم می‌کند.

۱. مؤلفه‌های کلیدی با تأثیرگذاری بالا (D+R > ۱۰،٦۰) و (D−R > ۰): این گروه به‌عنوان عوامل پیش‌برنده یا محرک شناخته می‌شوند و نقش تعیین‌کننده‌ای در جهت‌دهی به سایر اجزای سیستم دارند. از جمله این مؤلفه‌ها می‌توان به دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین(A۲) ، اقتصاد هوشمند (B۲) ، سیاست‌گذاری و حمایت نهادی (B۳) و پیش‌بینی اختلالات با استفاده از فناوری‌های هوش مصنوعی (F٦) اشاره کرد. این مؤلفه‌ها به‌منزله موتور محرک تاب‌آوری، باید در اولویت برنامه‌ریزی‌های ملی و منطقه‌ای قرار گیرند.

۲. مؤلفه‌های تأثیرپذیر با نقش انفعالی (D+R > ۱۰،٦۰) و (D−R < ۰): این مؤلفه‌ها سطح تعامل بالایی دارند اما بیشتر از آنکه اثرگذار باشند، از سایر اجزای سیستم تأثیر می‌پذیرند و بنابراین شاخص‌هایی حساس نسبت به تغییرات محیطی و ساختاری محسوب می‌شوند. نمونه بارز آن *تاب‌آوری محیطی زنجیره تأمین* (D۳) است که در نبود سیاست‌گذاری فناورانه، بیانگر آسیب‌پذیری زیست‌محیطی می‌باشد.

۳. مؤلفه‌های با تأثیرگذاری و تعامل محدود (D+R < ۱۰،٦۰) و (D−R < ۰): این مؤلفه‌ها گرچه از منظر تحلیل کمی، جایگاه پایین‌تری در زنجیره علی– معلولی دارند، اما به‌عنوان اجزای واکنشی می‌توانند در طراحی مکانیزه‌های مقابله با اختلالات مؤثر واقع شوند. مؤلفه‌هایی مانند خودکارسازی فرایندها (A۳) زیرساخت‌های منطقه‌ای (B۱) پیشرفت در یادگیری فناورانه (E۱)، مشارکت فناورانه در زنجیره (F٤) و بازیابی سریع پس از بحران (F٥) در این دسته قرار می‌گیرند. تمرکز راهبردی براین عوامل، می‌تواند منجر به افزایش قابلیت انطباق و بازگشت‌پذیری زنجیره تأمین در مواجهه با بحران‌ها شود. این تحلیل نشان می‌دهد که مؤلفه‌های فناورانه و نهادی، بیشترین نقش علی را در تاب‌آوری زنجیره تأمین هوشمند ایفا می‌کنند، درحالی‌که مؤلفه‌های زیست‌محیطی و عملیاتی بیشتر تابع تغییرات سایر عناصر هستند. چنین الگویی، چشم‌اندازی دقیق برای طراحی مدل جامع تاب‌آوری فراهم می‌سازد و

می‌تواند مسیر سیاست‌گذاری فناورانه و تصمیم‌گیری داده محور در حوزه زنجیره تأمین هوشمند را تقویت نماید. در مجموع، نتایج نشان می‌دهد که مؤلفه‌های فناورانه و نهادی بیشترین نقش علی را در ارتقای تاب‌آوری زنجیره تأمین هوشمند ایفا می‌کنند، درحالی‌که مؤلفه‌های زیست‌محیطی و عملیاتی عمدتاً تابع تغییرات سایر عناصر هستند. این الگو چشم‌اندازی دقیق برای طراحی مدل جامع تاب‌آوری فراهم می‌آورد و می‌تواند مبنایی برای سیاست‌گذاری فناورانه و تصمیم‌گیری داده‌محور در حوزه زنجیره تأمین هوشمند باشد.



شکل ۴: روابط درونی بین زیرمعیارها

در شکل ٤، پراکندگی زیر مؤلفه‌های تاب‌آوری را بر اساس مقادیر D+R (میزان تعامل کلی هر مؤلفه با سایر مؤلفه‌ها) و D-−R (تفاوت تأثیرگذاری و تأثیرپذیری) نمایش می‌دهد. مؤلفه‌هایی که دارای مقادیر مثبت D−R هستند و به رنگ آبی مشخص‌شده‌اند، در نیمه بالایی شکل قرار گرفته‌اند. این مؤلفه‌ها نقش پیش‌برنده دارند و به‌عنوان عوامل تأثیرگذار بر سایر اجزا شناخته می‌شوند. به طور مشخص، مؤلفه‌هایی مانند A۱ ، B۱، B۲، D۱، E۱و F۱ جزو این دسته‌اند و به‌عنوان محرک‌های کلیدی در تاب‌آوری سیستم نقش ایفا می‌کنند. در مقابل، مؤلفه‌هایی با مقادیر منفی D−R که به رنگ قرمز نمایش‌داده‌شده‌اند، در نیمه پایینی شکل قرار دارند. این مؤلفه‌ها ماهیتی اثرپذیر دارند و تحت تأثیر سایر اجزا قرار می‌گیرند. مؤلفه‌هایی نظیر A۲ ، A۵، B٤، D٤، E٤و F۳ در این بخش قرارگرفته‌اند و بیشتر بازتاب‌دهنده تغییرات ناشی از مؤلفه‌های علی هستند. این توزیع دوبخشی نشان‌دهنده تعادل و پویایی میان اجزای

تاب‌آوری در زنجیره تأمین هوشمند است؛ به‌گونه‌ای که شناخت مؤلفه‌های پیش‌برندِ می‌تواند به تصمیم‌گیری مؤثرتر برای تقویت پایداری و مدیریت بهتر اختلالات کمک کند.

رتبه‌بندی مؤلفه‌های تاب‌آوری زنجیره تأمین هوشمند با استفاده از روش Fuzzy ANPباهدف تعیین اهمیت و رتبه مؤلفه‌های کلیدی تاب‌آوری در زنجیره تأمین هوشمند، پس از شناسایی مؤلفه‌ها و تحلیل روابط علی و معلولی آن‌ها به کمک روش DEMATEL فازی، از روش تحلیل شبکه‌ای فازی (Fuzzy ANP) برای وزن‌دهی و اولویت‌بندی بهره گرفته شد . در این گام، بر اساس خروجی ماتریس تأثیرگذاری کل فازی، ساختار شبکه‌ای تصمیم‌گیری استخراج شد. سپس با تشکیل ماتریس‌های زوج مقایسه‌ای فازی و استفاده از فرایند نرمال‌سازی، ماتریس ابر[۱] تشکیل و با روش‌های استاندارد، وزن‌های نهایی به‌صورت فازی برای هر مؤلفه به دست آمد. برای تبدیل این وزن‌های فازی به مقادیر قطعی، از فرمول دی فازی‌سازی زیر استفاده شد **فرمول دی فازی‌سازی** $= \frac{l+٤M+U}{٦}$ قطعی وزن :

حاصل این فرایند، استخراج وزن‌های نهایی قطعی و رتبه‌بندی واقعی مؤلفه‌ها است که مبنای اولویت‌بندی نهایی قرار گرفت. برای افزایش دقت تحلیل و اطمینان از پایداری نتایج، به‌منظور اعتبارسنجی اولویت‌ها و لحاظ روابط درونی میان معیارها، از فن GTMA فازی نیز استفاده شد. نتایج نهایی این تحلیل‌ها در جدول شماره ۷ نمایش‌داده‌شده‌اند. در این جدول، برای هر مؤلفه، مقادیر فازی سه‌گانه (پایین‌ترین، محتمل‌ترین و بالاترین مقدار)، وزن دی فازی شده و رتبه قطعی نهایی گزارش‌شده‌اند. این اطلاعات، مبنایی برای تصمیم‌گیری دقیق‌تر مدیران و سیاست‌گذاران در جهت تقویت تاب‌آوری زنجیره تأمین هوشمند فراهم می‌سازد.

جدول ۷: وزن‌های فازی، وزن‌های دی فازی و اولویت‌بندی مؤلفه‌ها

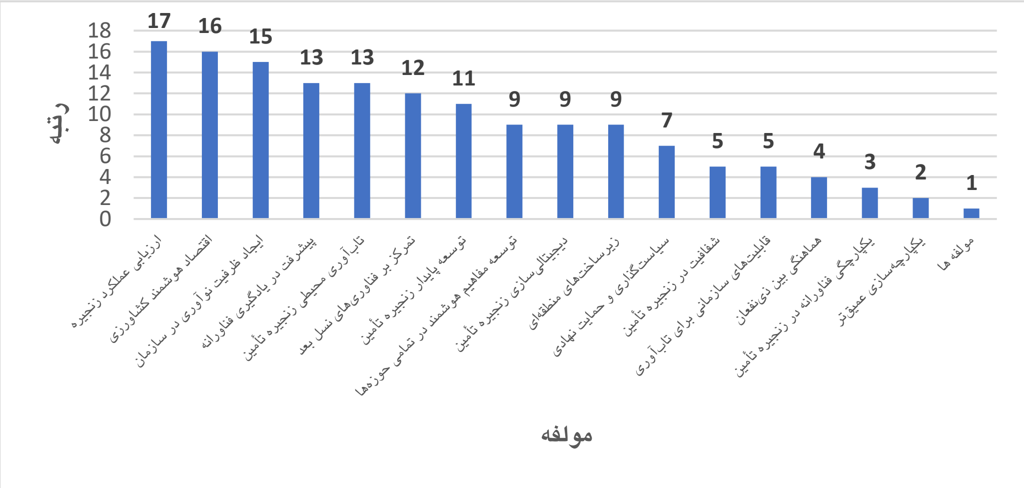
مؤلفه‌ها	وزن فازی			وزن قطعی	رتبه
	L	M	U		
سیاست‌گذاری و حمایت نهادی	۰.۸٤	۰.۷۹	۰.۷٤	۰.۷۹	۱
تمرکز بر فناوری‌های نسل بعد	۰.۸۳	۰.۷۸	۰.۷۳	۰.۷۸	۲
ایجاد ظرفیت نوآوری در سازمان	۰.۸۲	۰.۷۷	۰.۷۲	۰.۷۷	۳
اقتصاد هوشمند	۰.۸۱	۰.۷٦	۰.۷۱	۰.۷٦	٤
یکپارچگی فناورانه در زنجیره تأمین	۰.۸۰	۰.۷٥	۰.۷۰	۰.۷٥	٥

[۱]. Supermatrix

مؤلفه‌ها	وزن فازی			وزن قطعی	رتبه
	L	M	U		
قابلیت‌های سازمانی برای تاب‌آوری	۰.۸۰	۰.۷۵	۰.۷۰	۰.۷۵	۵
توسعه مفاهیم هوشمند در تمامی حوزه‌ها	۰.۷۹	۰.۷٤	۰.٦۹	۰.۷٤	۷
دیجیتالی‌سازی زنجیره تأمین	۰.۷٦	۰.۷۲	۰.٦۸	۰.۷۲	۹
توسعه پایدار زنجیره تأمین	۰.۷۷	۰.۷۲	۰.٦۷	۰.۷۲	۹
هماهنگی بین ذی‌نفعان	۰.۷٦	۰.۷۲	۰.٦۸	۰.۷۲	۹
تاب‌آوری محیطی زنجیره تأمین	۰.۷٤	۰.۷۰	۰.٦٦	۰.۷۰	۱۱
ارزیابی عملکرد زنجیره	۰.٦٦	۰.٦۰	۰.۵٤	۰.٦۰	۱۲
یکپارچه‌سازی عمیق‌تر	۰.٦٤	۰.۵۸	۰.۵۲	۰.۵۸	۱۳
شفافیت در زنجیره تأمین	۰.٦۳	۰.۵۸	۰.۵۳	۰.۵۸	۱۳
پیشرفت در یادگیری فناورانه	۰.٦۳	۰.۵۷	۰.۵۱	۰.۵۷	۱۵
خودکارسازی فرایندها	۰.٦۰	۰.۵۵	۰.۵۰	۰.۵۵	۱٦
زیرساخت‌های منطقه‌ای	۰.۵۹	۰.۵٤	۰.٤۹	۰.۵٤	۱۷

تحلیل هم‌زمان نتایج جدول ۷ و نمودار ٤ نشان می‌دهد که مؤلفه‌های سیاست‌گذاری و حمایت نهادی، تمرکز بر فناوری‌های نسل بعد، پیش‌بینی اختلالات و دیجیتالی‌سازی زنجیره تأمین در بالاترین سطح اهمیت راهبردی قرار دارند. این مؤلفه‌ها با نقش‌آفرینی محوری در شکل‌دهی چارچوب‌های کلان، هدایت تصمیم‌گیری‌های استراتژیک و طراحی زیرساخت‌های مقاوم و آینده‌نگر، به‌عنوان ارکان اصلی تاب‌آوری در زنجیره تأمین هوشمند شناخته می‌شوند .در سطح میانی اهمیت، مؤلفه‌هایی همچون یکپارچگی فناورانه، ایجاد ظرفیت نوآور و اقتصاد هوشمند قرار دارند که تمرکز آن‌ها بر توسعه درون‌حوزه‌ای، ارتقای توان یادگیری فناورانه و بهبود پیوندهای نوآورانه است. این مؤلفه‌ها اگرچه نسبت به دسته اول اثرگذاری کمتری دارند، اما نقش مهمی در پشتیبانی و تقویت بسترهای فناورانه و عملیاتی ایفا می‌کنند .در پایین‌ترین رتبه اهمیت، مؤلفه‌هایی مانند ارزیابی عملکرد، مدیریت منابع تولید و بازیابی سریع پس از بحران مشاهده می‌شوند. این مؤلفه‌ها ماهیتی عملیاتی و پشتیبان دارند و بیشتر به‌عنوان مکانیزم‌های اجرایی در راستای پایداری و انطباق‌پذیری سیستم عمل می‌کنند .به‌طورکلی، الگوی رتبه‌بندی استخراج‌شده ضمن بازتاب تعاملات علی – معلولی میان مؤلفه‌ها، نشان می‌دهد که برای ارتقای تاب‌آوری زنجیره تأمین هوشمند، تمرکز بر سیاست‌گذاری هوشمند،

دیجیتالی‌سازی و ظرفیت‌سازی فناورانه باید در اولویت راهبردی برنامه‌ها و سرمایه‌گذاری‌ها قرار گیرد. این رویکرد، علاوه بر افزایش پایداری، می‌تواند انعطاف‌پذیری سیستم را در مواجهه با اختلالات و تغییرات محیطی به طور چشمگیری تقویت کند.



نمودار ۵: اولویت‌بندی مؤلفه‌های تاب‌آوری زنجیره تأمین

۵-بحث و نتیجه‌گیری

در دنیای پیچیده و ناپایدار امروز، تاب‌آوری زنجیره تأمین به یکی از مهم‌ترین عوامل موفقیت سازمان‌ها بدل شده است. پژوهش حاضر با استفاده از رویکردی ترکیبی، به شناسایی و اولویت‌بندی مؤلفه‌های کلیدی تاب‌آوری در زنجیره تأمین هوشمند پرداخته است. در بخش کیفی، از تحلیل مضمون برای استخراج ابعاد مفهومی بهره گرفته شده و در بخش کمی، به کمک روش‌های فازی DEMATEL وANP ، روابط علی میان مؤلفه‌ها و اولویت‌بندی آنها به‌صورت دقیق مورد سنجش قرار گرفته است .نتایج نشان می‌دهد که «یکپارچگی فناورانه» به‌عنوان محور اصلی تاب‌آوری عمل می‌کند؛ مفهومی که باتکیه‌بر فناوری‌های نوین همچون بلاکچین، اینترنت اشیا و هوش مصنوعی، زنجیره‌ای مقاوم، هوشمند و قابل‌ردیابی را در برابر انواع اختلالات شکل داده است. این چارچوب چندبعدی، ابزاری کارآمد و عملی برای تصمیم‌گیرندگان و سیاست‌گذاران فراهم می‌کند تا باتوجه‌به شرایط متغیر، تاب‌آوری زنجیره‌های تأمین را بهبود و تقویت نمایند. یافته‌های حاضر با نتایج پژوهش‌هایی مانند یمینی

و همکاران [۵۱]، ابراهیم پور سامانی و همکاران [۲] و همچنین بهاتناگار و دیکزیت[۱] [۵۲] هم‌راستا بوده و بر نقش کلیدی فناوری‌های دیجیتال در افزایش مقاومت زنجیره تأمین تأکید دارند. همچنین، برخلاف مطالعه چوی و کیم[۲] [۵۳] که تمرکز خود را بر حکمرانی متمرکز نهاده‌اند، در این پژوهش تعاملات فناورانه و یادگیری دیجیتال از اهمیت بیشتری برخوردار شناخته شده‌اند. از دیگر مفاهیم کلیدی استخراج‌شده در بخش کیفی می‌توان به «تاب‌آوری اقتصادی»، «شفافیت و ردیابی»، «نوآوری و یادگیری فناورانه» و «چابکی اطلاعاتی» اشاره کرد که به‌صورت درهم‌تنیده و مکمل، چارچوب مفهومی تحقیق را شکل داده و بر سازگاری، پایداری و پاسخ‌گویی زنجیره تأمین در شرایط بحرانی تأثیرگذار هستند. مقایسه این ابعاد با مطالعات پیشین نشان می‌دهد که الگوهای ارائه‌شده ضمن همسویی با پژوهش‌هایی مانند تانک و همکاران[۳] [٤٤] و چوی و کیم [۵۳]، ابعاد نوآورانه‌تری از جمله تعاملات فناورانه و اقتصاد هوشمند را نیز به چارچوب نظری می‌افزایند؛ موضوعی که در ادبیات پیشین کمتر به آن پرداخته شده است.

در بخش کمی، یافته‌های حاصل از روش DEMATEL فازی نشان داد که مؤلفه‌های «فناوری‌های نوین» و «سازوکارهای دیجیتال‌سازی» بیشترین تأثیرگذاری را بر سایر عوامل دارند. به‌ویژه، «سیاست‌گذاری نهادی» و «حمایت‌های ساختاری» به‌عنوان عناصر کلیدی باقدرت نفوذ بالا شناسایی شدند. این نتایج با پژوهش‌های چوی و همکاران[٤] [٥٤] و چولاک و همکاران[٥] [٤٠] همخوانی دارد که بر اهمیت زیرساخت‌های فناورانه و سیاست‌های کلان در تقویت تاب‌آوری زنجیره تأمین تأکید کرده‌اند. همچنین، یافته‌ها حاکی از نقش حیاتی دیجیتال‌سازی و بهره‌گیری از فناوری‌های نوینی همچون بلاک‌چین، اینترنت اشیاء و یادگیری ماشین در افزایش شفافیت، قابلیت ردیابی و مدیریت پیش‌بینی‌ناپذیری در زنجیره هستند. این موضوع نیز با نتایج پژوهش‌های اجلالی و همکاران [۵۵]، نیکزادی و همکاران [۳۳]، کومار و کومار[٦] [۲۲] و اوزبیلتکین [۲۳] هم‌راستا بوده و نقش کلیدی نوآوری فناورانه در مقابله با اختلالات را برجسته می‌سازد. در عین حال، مفهوم «اقتصاد هوشمند» در این تحقیق به‌عنوان بستر تقویت تاب‌آوری معرفی شده است؛ رویکردی که از طریق بهینه‌سازی منابع، کاهش

---

۱. Bhatnagar & Dixit.
۲. Choi, N., & Kim.
۳. Tang, C, & Veelenturf
٤. Choi et al
٥. Çolak et al
٦. Kumar, R., & Kumar.

هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری، می‌تواند به پایداری و کارایی اقتصادی زنجیره تأمین کمک کند. این یافته‌ها با نتایج مطالعات بک و مانگار [٥٦] و شربتچی اوغلو و افلاک [۳][۱] در برخی موارد همسویی دارد و به عنوان نوآوری مفهومی پژوهش محسوب می‌شود، زیرا در ادبیات پیشین کمتر به این جنبه پرداخته شده است.

تحلیل روش ANP فازی نشان می‌دهد مؤلفه‌هایی مانند «سیاست‌گذاری و حمایت نهادی»، «تمرکز بر فناوری‌های نسل بعد»، «پیش‌بینی اختلالات» و «دیجیتالی‌سازی زنجیره تأمین» در بالاترین اولویت قرار دارند. این عوامل نقش بنیادینی در شکل‌دهی تصمیم‌های راهبردی، طراحی زیرساخت‌های مقاوم و معماری آینده‌نگر زنجیره ایفا می‌کنند. یافته‌های این بخش با نتایج پژوهش‌های چوی و کیم [٥۳] و چولاک و همکاران [٤۰] که بر اهمیت سیاست‌گذاری نهادی و فناوری‌های نوین در تقویت تاب‌آوری تأکید کرده‌اند، همخوانی دارد. همچنین، مطالعات کومار و کومار [۲۲] ضرورت پیش‌بینی اختلالات و دیجیتال‌سازی زنجیره را تأکید کرده‌اند که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. در سطح میانی، مفاهیمی همچون «یکپارچگی فناورانه» ناکاندا و همکاران[۲] [٦] و «اقتصاد هوشمند » بک و مانگار[۳] [٥٦] با تمرکز بر توسعه درون‌حاره‌ای و ارتقای توان انطباق فناورانه، نقش مهمی ایفا می‌کنند. در مقابل، عوامل عملیاتی مانند «مدیریت منابع»، «ارزیابی عملکرد» و «بازیابی پس از بحران» هرچند ضروری هستند، بیشتر به‌عنوان ابزارهای پشتیبان در تصمیم‌گیری‌های اجرایی مطرح‌اند که این نتایج با یافته‌های شارما و همکاران [۱۷] نیز سازگار است. این پژوهش با ارائه چارچوبی جامع و مبتنی بر روش‌های چندمعیاره، به شناخت دقیق مؤلفه‌های تاب‌آوری و اولویت‌بندی آن‌ها در زنجیره تأمین هوشمند کمک می‌کند. بهره‌گیری از مدل‌سازی علی–معلولی در تحلیل تعاملات پیچیده میان متغیرها، زمینه تصمیم‌گیری مبتنی بر شواهد را فراهم ساخته است. در چنین شرایطی، اتخاذ تصمیمات اثربخش نه‌تنها موجب ارتقای تاب‌آوری می‌شود، بلکه در طراحی سیاست‌های مقاوم، تخصیص بهینه منابع و مدیریت اختلالات نیز نقش کلیدی دارد. در نهایت، نتایج این تحقیق می‌تواند راهنمای راهبردی برای مدیران، تصمیم‌گیرندگان و سیاست‌گذاران باشد تا با طراحی سیاست‌های هوشمند، پیاده‌سازی فناوری‌های نوین و توسعه

---

۱. Şerbetçioğlu, & Oflaç

۲. Nakandala et al.

۳. Bag,& Kumar Mangla

زیرساخت‌های دیجیتال، تاب‌آوری زنجیره تأمین را به‌طور قابل توجهی افزایش دهند. از این منظر، مطالعه حاضر گامی مؤثر در توسعه دانش تصمیم‌گیری و کاربرد آن در مدیریت زنجیره تأمین در شرایط عدم قطعیت، پیچیدگی و تحول فناورانه محسوب می‌شود.

۵-۱- محدودیت‌ها و چشم‌انداز پژوهش‌های آینده

باوجود تلاش برای دقت و جامعیت، این پژوهش با محدودیت‌هایی ازجمله تمرکز بر یک صنعت خاص، بهره‌گیری از نمونه‌ای محدود از خبرگان و استفاده از داده‌های مقطعی همراه بوده است که ممکن است تعمیم‌پذیری نتایج را تحت‌تأثیر قرار دهد. همچنین، به دلیل محدودیت منابع و زمان، امکان ارزیابی عملی چارچوب پیشنهادی و شبیه‌سازی پویایی‌های زنجیره تأمین در بستر واقعی فراهم نشد. هرچند چارچوب مفهومی ارائه‌شده در درک ابعاد تاب‌آوری زنجیره تأمین هوشمند نقش مؤثری ایفا می‌کند، اما اعتبارسنجی آن در محیط‌های واقعی نیازمند مطالعات تکمیلی است. ازاین‌رو، پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی، با گسترش دامنه مطالعه به صنایع و مناطق مختلف، استفاده از داده‌های طولی و بهره‌گیری از روش‌های شبیه‌سازی و تحلیل سناریو، اعتبار و کارایی مدل در شرایط پویا ارزیابی گردد. چارچوب ارائه‌شده می‌تواند مبنایی علمی برای تصمیم‌سازی‌های مؤثر در جهت ارتقای تاب‌آوری و پایداری زنجیره‌های تأمین در شرایط ناپایدار و بحران‌خیز فراهم آورد.

۵-۲- پیشنهادهای کلیدی برای مدیران و سیاست‌گذاران:

پیشنهادها ارائه‌شده در این پژوهش، چارچوبی علمی و عملی برای سیاست‌گذاری و مدیریت تاب‌آوری زنجیره تأمین هوشمند فراهم می‌آورد. نخست، تدوین سیاست‌های کلان و بخشی به‌منظور حمایت هدفمند از زیرساخت‌های فناورانه و دیجیتال، به‌ویژه در راستای ارتقای تاب‌آوری، ضروری است. همچنین، سرمایه‌گذاری مستمر در فناوری‌های نوینی مانند بلاک‌چین، اینترنت اشیا و هوش مصنوعی، ضمن افزایش قابلیت پیش‌بینی و چابکی، انعطاف‌پذیری زنجیره را تقویت می‌کند .از سوی دیگر، توانمندسازی سرمایه انسانی از طریق آموزش مهارت‌های دیجیتال و ایجاد سازوکارهای انگیزشی برای نهادینه‌سازی فرهنگ فناورانه، بستر توسعه پایدار را فراهم می‌سازد. طراحی چارچوب‌های علّی - معلولی راهبردی نیز به هدایت اثربخش فرایند سیاست‌گذاری در محیط‌های پیچیده و پرتلاطم کمک خواهد کرد. در همین راستا، توسعه زیرساخت‌های فناورانه و منطقه‌ای به‌ویژه در نواحی کمتر توسعه‌یافته

و با رویکردی یکپارچه، هم‌راستا با اهداف توسعه پایدار، از اهمیت بالایی برخوردار است .در نهایت، بهره‌گیری از ابزارهای نوین تصمیم‌گیری مانند شبیه‌سازی و تحلیل سناریو، امکان آمادگی بهتر در برابر اختلالات آینده را فراهم می‌آورد. این مجموعه پیشنهادها، ضمن فراهم‌آوردن چارچوبی مستحکم برای سیاست‌گذاری و مدیریت، مسیر تحول و نوآوری پایدار در زنجیره تأمین هوشمند را هموار می‌کند.

۷- منابع

[۱] Mohseni Kabir, H., Mousavi Kashi, S., Seyed Hosseinia, M., & Seyed Shahrouz, H. (۲۰۲٤). Explaining a resilience model for SMEs in Iran using a hybrid ISM-FDEMATEL approach. Journal of Iranian Management Sciences Association, ۱۹(۷۳), ۵۷–۹۸. [in Persian]

[۲] Ebrahimpoor Samani, R., Khani, A., Davoodi, S., Yazdani, M., & Bita, A. (۲۰۲٤). Identifying and prioritizing economic indicators for the sustainability of the agri-food supply chain: Analytical approach using fuzzy DEMATEL. Agricultural Economics. [in Persian]

[۳] Şerbetçioğlu, C., & Oflaç, B. S. (۲۰۲۵). Emerging trends in supply chain resilience: A systematic literature review. Markets, Globalization & Development Review, ۹(٤). DOI: ۱۰.۲۳۸٦۰/□□□□-۲۰۲٤-۰۹-۰٤-۰٤

[٤] Precious, O. T. (۲۰۲۵). Cyber-resilient supply chains: A framework for national security. International Journal of Science and Research Archive, ۱٤(۱), ۱۳٦۸–۱۳۷۸. DOI: ۱۰.۳۰۵۷٤/ijsra.. ۲۰۲۵.۱٤.۱.۰۰۸۱eprint.scholarsrepository.comResearchGate

[۵] Priyadarshini, J., Singh, R. K., Mishra, R., Chaudhuri, A., & Kamble, S. (۲۰۲۵). Supply chain resilience and improving sustainability through additive manufacturing implementation: A systematic literature review and framework. Production Planning & Control, ۳٦(۳), ۳۰۹–۳۳۲. DOI: ۱۰,۱۰۸۰/۰۹۵۳۷۲۸۷,۲۰۲۳,۲۲٦۷۵۰۷ResearchGatedurham-repository.worktribe.com

[٦] Nakandala, D., Chen, J., & Chikweche, T. (۲۰۲۵). SME supply chain resilience in disruptive times: The effects of supply chain robustness, access to government assistance, and disruption intensity. Business Process Management Journal, ۳۱(۲), ٤٦۷–٤۹٦.

[۷] Rane, N., Choudhary, S., & Rane, J. (۲۰۲٤). Artificial intelligence for enhancing resilience. Journal of Applied Artificial Intelligence, ۵(۲), ۱–۳۳.

[۸] Quayson, M., Bai, C., Effah, D., & Ofori, K. S. (۲۰۲٤). Machine learning and supply chain management. In J. Sarkis (Ed.), The Palgrave Handbook of Supply Chain Management (pp. ۱۳۲۷–۱۳۵۵). Springer International Publishing. https://doi.org/۱۰,۱۰۰۷/۹۷۸-۳-۰۳۱-۱۹۸۸٤-۷_۹۲

[۹] Janine, Z. (۲۰۲۳). A quantitative analysis of big data analytics capabilities and supply chain management. In A. F. Marco Antonio (Ed.), Machine Learning and Data Mining Annual Volume ۲۰۲۳ (Ch. ۳). IntechOpen. https://doi.org/۱۰,۵۷۷۲/intechopen.۱۱۱٤۷۳

[۱۰] Gao, C., Keoy, K. H., & Lim, A. F. (۲۰۲۵). Adoption and impact of generative artificial intelligence on blockchain-enabled supply chain efficiency. Journal of Systems and Information Technology.

[۱۱] Xu, X., Zhang, M., & Song, M. (۲۰۲۲). An empirical study of sustainable supply chain finance capability and supply chain performance: Evidence from manufacturing firms in China.

International Journal of Production Economics, ۲٤۷, Article ۱۰۸٤٥۳. https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.ijpe.۲۰۲۲,۱۰۸٤٥۳

[۱۲] Riyahi, S., Pouriasouri, H., Tahmoures, A., Divandari, A., & Kalantari, B. (۲۰۲٥). Strategic decision-making in the age of artificial intelligence. Strategic Studies Quarterly. [in Persian]

[۱۳] Tavana, M., Nasr, A. K., Ahmadabadi, A. B., Amiri, A. S., & Mina, H. (۲۰۲۳). An interval multi-criteria decision-making model for evaluating blockchain-IoT technology in supply chain networks. Internet of Things, ۲۲, Article ۱۰۰۷۸٦.

[۱٤] Behrami, Zarei, Azim, Shafiee Nikabadi, & Farokhi Zadeh. (۲۰۲٤). Evaluation of pharmaceutical supply chain and distribution performance using blockchain technology based on the system dynamics approach. Modern Research in Decision Making, ۹(۳), ۳٤–۷۰. [in Persian]

[۱٥] Abadi, A., Jamali, M., & Ghorbanpour, M. (۲۰۲٤). Evaluation and analysis of smart supply chain management under Internet of Things technology using the fuzzy cognitive map approach. Smart Business Management Studies, ٤۷(۱۲), ٥۰–۷۷. [in Persian]

[۱٦] Zamaniyan, H., Rezazadeh, R., & Miri, A. (۲۰۲٥). Identifying factors affecting smart growth in Birjand using fuzzy cognitive maps (FCM). Geography (Regional Planning), ۱٥(٥۸), ٤۸۰–٥۰۳. [in Persian]

[۱۷] Sharma, M., Antony, R., Sharma, A., & Daim, T. (۲۰۲٥). Can a smart supply chain bring agility and resilience for enhanced sustainable business performance? The International Journal of Logistics Management, ۳٦(۲), ٥۰۱–٥٥٥.

[۱۸] Jokar, A. A., Mahmoudi Meymand, M., Parhizgar, M. M., & Mahbaali, M. M. (۲۰۲۳). Designing an artificial intelligence-based supply chain resilience model in online retail (Case study: Tehran). Urban Economics and Management, ۱۱(۳۹), ۲۳–۳۸. [in Persian]

[۱۹] Tordecilla, R. D., Montoya-Torres, J. R., & Guerrero, W. J. (۲۰۲٥). Resilient design of hyperconnected multiactor Physical Internet supply chain networks. International Transactions in Operational Research.

[۲۰] Xu, L., Mak, S., Proselkov, Y., & Brintrup, A. (۲۰۲٤). Towards autonomous supply chains: Definition, characteristics, conceptual framework, and autonomy levels. Journal of Industrial Information Integration, ٤۲, Article ۱۰۰٦۹۸.

[۲۱] Murugan, R., Yenduri, G., Maran, P., & Reddy Gadekallu, T. (۲۰۲٥). The synergy of artificial intelligence and blockchain in ٦G spectrum management. In Intelligent Spectrum Management: Towards ٦G (pp. ۲۳۷–۲٦۲).

[۲۲] Kumar, R., & Kumar, D. (۲۰۲٥). Blockchain-based smart dairy supply chain: catching the momentum for digital transformation. Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies, ۱٥(۲), ۲۲٥–۲٤۸.

[۲۳] Ozbiltekin-Pala, M. (۲۰۲٤). Emerging trends for blockchain technology in smart supply chain management. In Building Smart and Sustainable Businesses with Transformative Technologies (pp. ٥۲–۷۲).

[۲٤] Vahidinia, A., & Hasani, A. (۲۰۲۳). A comprehensive evaluation model for a smart supply chain based on the hybrid multi-criteria decision-making method. Journal of Soft Computing and Decision Analytics, ۱(۱), ۲۱۹–۲۳۷.

[۲٥] Nouraei Abadeh, M., Bahadori, M., Sandas, A., Mirzaei, M., & Ebrahimi, H. (۲۰۲٤). A quantitative approach to evaluating priorities in smart supply chain using data-driven prediction: A case study in two major industries. Industrial Management Perspective, ۱٤(۳), ۱٦۹–۱۸۸. [in Persian]

[۲٦] Vares, H., Hajiheydari, N., & Kargar Shouraki, M. (۲۰۲٤). Structural-interpretive modeling of factors affecting organizational sustainability in the age of digital transformation (The automotive industry). Iranian Journal of Management Sciences, ۱۹(۷٤), ۱٤۷–۱۹٤.

[۲۷] Ghobakhloo, M., Iranmanesh, M., Foroughi, B., Tseng, M. L., Nikbin, D., & Khanfar, A. A. (۲۰۲۵). Industry ٤,۰ digital transformation and opportunities for supply chain resilience: A comprehensive review and a strategic roadmap. Production Planning & Control, ۳٦(۱), ٦۱–۹۱.

[۲۸] Saberifard, S., Rezaeifar, A., Mazaher, S., & Eslami, M. (۲۰۲٤). Conceptual modeling of supply chain resilience factors and ranking medical equipment suppliers using a hybrid fuzzy Delphi, PLS, and improved TOPSIS approach. Military Science and Technology, ۲۰(٦۹), ۵–۲۹. [in Persian]

[۲۹] Farhadi, Sarabadani, Ghazi Nouri, & Seyed Sepehr. (۲۰۲۳). Presenting a model of indigenous resilience in Iran's strategic technology. Modern Research in Decision Making, ۸(۲), ۲۰-٤۵.. [in Persian]

[۳۰] Shahabadi, A., Ghaffari, A., & Aliyari, M. (۲۰۲۳). The effect of knowledge-based economy components on supply chain resilience. International Business Management Research Journal, ٦(۲), ٤۹–۷۳. [in Persian]

[۳۱] Raja, J., Ashish, A., Boianapalli, S., & Rashid, S. Z. (۲۰۲۵). Blockchain technology in supply chain management: Enhancing transparency and efficiency. In ITM Web of Conferences (Vol. ۷٦, p. ۰۲۰۱۱). EDP Sciences.

[۳۲] Aydogmus, H. Y., & Aydogmus, U. (۲۰۲۵). Evaluation of artificial intelligence tools for universities with fuzzy multi-criteria decision-making methods. In AI Adoption and Diffusion in Education (pp. ۱۵۳–۱۷۸). IGI Global Scientific Publishing.

[۳۳] Nikzadeh Panah, M., Rahdar, M., Mahbaali, M., & Bandani, H. (۲۰۲٤). Enhancing pharmaceutical supply chain resilience using blockchain technology. Military Medicine, ۲٦(۳), ۲۳۳۲-۲۳٤٦. [□□ □□□□□□□□]

[۳٤] Morovati Sharifabadi, A., Rajabipour Meybodi, M., Mohammadi, F., & Mohammadi, S. (۲۰۲٤). Supply chain management in the information age (Trend analysis of research on information flow in supply chain). Information Processing and Management Journal, ۳۹(٤). [in Persian]

[۳۵] Motavalli, S. H. D., Nazari Zadeh, F., & Mirshah Velayati, F. (۲۰۲۳). Identifying and evaluating strategic options for supply chain resilience in the Kaleh dairy company. Unpublished manuscript. [in Persian]

[۳٦] Mazrouei Nasrabadi, M. (۲۰۲۳). Designing a resilient supply chain model for Iran’s machine-made carpet
industry: A comprehensive fuzzy interpretive structural modeling approach. Management Improvement, ۱۷(۱), ٦۲–۸۷. [in Persian]

[۳۷] Sadeghi, A., Zahir, M., Jahanian, M., & Shahin, A. (۲۰۲۳). Mapping the impact model of blockchain capabilities in green supply chain: A hybrid DEMATEL and interpretive structural modeling approach. Industrial Management, ۱۵(۲), ۲٤٤–۲۷۱. [in Persian]

[۳۸] Akbari Arbatani, G., Bashkouh Ajirloo, S., Zarei, A., & Seifollahi, M. (۲۰۲۵). Designing a balanced strategy for implementing smart technology in supply chain management. Industrial Management, ۱۷(۱), ۷۰–۹۸. [in Persian]

[۳۹] Ranjbar, M., Mojaverian, M., Rafteni Amiri, H., Shirzadi Leskokalayeh, R., Eshghi, M., & Foad, H. (۲۰۲۲). Ranking key blockchain technology indicators for the edible oil supply chain. Agricultural Economics and Development, ۳٦(۲), ۱٦۹–۱۸۲. [in Persian]

[٤٠] Çolak, H., Saraç, B., & Kağnicioğlu, C. H. (٢٠٢٤). Enhancing supply chain resilience via digital technologies in the knowledge economy with an emphasis on human capital: An integrated systematic literature review and SF-AHP approach. Journal of the Knowledge Economy, ١–.https://doi.org/١٠,١٠٠٧/s١٣١٣٢-٠٢٤-٠٢٠٥٥-z

[٤١] Zhang, J., Zhang, X., Liu, W., Ji, M., & Mishra, A. R. (٢٠٢٢). Critical success factors of blockchain technology to implement the sustainable supply chain using an extended decision-making approach. Technological Forecasting and Social Change, ١٨٢, ١٢١٨٨١.

[٤٢] Sharma, M., Luthra, S., Joshi, S., & Kumar, A. (٢٠٢١). Developing a framework for enhancing the survivability of sustainable supply chains during and post-COVID-١٩ pandemic. International Journal of Logistics Research and Applications, ١–٢٤. https://doi.org/١٠,١٠٨٠/١٣٦٧٥٥٦٧,٢٠٢١,١٨٩٣٦٧١

[٤٣] Berbiche, N., Hlyal, M., & El Alami, J. (٢٠٢٤). Enhancing supply chain resilience and efficiency through fuzzy logic-based decision-making automation in volatile environments. Ingénierie des Systèmes d'Information, ٢٩(١).

[٤٤] Tang, C. S., & Veelenturf, L. P. (٢٠١٩). The strategic role of logistics in the Industry ٤,٠ era. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, ١٢٩, ١–١١. https://doi.org/١٠,١٠١٦/j.tre.٢٠١٩,٠٦,٠٠٤

[٤٥] Dubey, R., Bryde, D. J., Blome, C., Roubaud, D., & Giannakis, M. (٢٠٢٠). Facilitating artificial intelligence-powered supply chain analytics through alliance management during the pandemic crisis in the B٢B context. Industrial Marketing Management, ٩٦, ١٣٥–١٤٦. https://doi.org/١٠,١٠١٦/j.indmarman.٢٠٢١,٠٥,٠٠٥

[٤٦] Ivanov, D., & Dolgui, A. (٢٠٢٠). Viability of intertwined supply networks: Extending the supply chain resilience angles towards survivability. International Journal of Production Research, ٥٨(١٠), ٢٩٠٤–٢٩١٥. https://doi.org/١٠,١٠٨٠/٠٠٢٠٧٥٤٣,٢٠٢٠,١٧٥٠٧٢٧

[٤٧] Queiroz, M. M., Ivanov, D., Dolgui, A., & Fosso Wamba, S. (٢٠٢٢). Impacts of epidemic outbreaks on supply chains: Mapping a research agenda amid the COVID-١٩ pandemic through a structured literature review. Annals of Operations Research, ٣١٢, ١٠٣٥–١٠٦٢. https://doi.org/١٠,١٠٠٧/s١٠٤٧٩-٠٢٠-٠٣٦٨٥-٧

[٤٨] Golan, M. S., Jernegan, L. H., & Linkov, I. (٢٠٢٠). Trends and applications of resilience analytics in supply chain modeling: Systematic literature review in the context of the COVID-١٩ pandemic. Environment Systems and Decisions, ٤٠, ٢٢٢–٢٤٣. https://doi.org/١٠,١٠٠٧/s١٠٦٦٩-٠٢٠-٠٩٧٧٧-w

[٤٩] Ivanov, D. (٢٠٢١). Supply chain viability and the COVID-١٩ pandemic: A conceptual and formal generalization of four major adaptation strategies. International Journal of Production Research, ٥٩(١٢), ٣٥٣٥–٣٥٥٢. https://doi.org/١٠,١٠٨٠/٠٠٢٠٧٥٤٣,٢٠٢١,١٨٩٠٨٥٢

[٥٠] Akter, S., Wamba, S. F., Gunasekaran, A., Dubey, R., & Childe, S. J. (٢٠٢٢). How to improve firm performance using big data analytics capability and business strategy alignment? International Journal of Production Economics, ٢٤٧, ١٠٨٤٩٠. https://doi.org/١٠,١٠١٦/j.ijpe.٢٠٢٢,١٠٨٤٩٠

[٥١] Yamini, S. M. H., Kazerooni, H., Tabatabaei, S. M., & Rezaei, M. (٢٠٢٤). Extracting resilience calculation formulas in the defense supply chain. Defense Logistics and Technology Journal, ٧(٢), ١١–٤٦. [in Persian]

[٥٢] Bhatnagar, B., & Dixit, V. (٢٠٢٥). Resilient supply chains: advancing technology integration with pre-and post-disruption technology roadmap. Journal of Enterprise Information Management.

[٥٣] Choi, N., & Kim, H. (٢٠٢٥). Technological convergence of blockchain and artificial intelligence: A review and challenges. Electronics, ١٤(١), ٨٤.

[٥٤] Choi, T. M., Guo, S., & Luo, S. (٢٠٢١). Risk analysis in logistics systems: A research agenda during and after the COVID-١٩ pandemic. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, ١٤٥, ١٠٢١٩٠. https://doi.org/١٠,١٠١٦/j.tre.٢٠٢٠,١٠٢١٩٠

[٥٥]Ejlaali, Karimi Govareshki, & Gheydar Khalajani. (٢٠٢٤). Evaluation and risk management of the supply chain using fuzzy inference system: A case study of Gilan Tobacco Company. Modern Research in Decision Making, ٩(٤), ١٥٥–١٨٦. [in Persian]

[٥٦] Bag, S., & Kumar Mangla, S. (٢٠٢٥). Investigating the role of smart and resilient supplier management practices in the circular economy: A supply chain practice view perspective. Business Strategy and the Environment.