

شناسایی و اولویت‌بندی عوامل انعطاف‌پذیری زنجیره تأمین برای مقابله با اختلالات زنجیره تأمین با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی

محسن ابوطالبی^۱، مژده ربانی^۲

^۱ دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، گروه مدیریت صنعتی، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران.

^۲ استادیار مدیریت صنعتی، گروه مدیریت صنعتی، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران.

چکیده

تحقیق حاضر با هدف شناسایی و اولویت‌بندی شناسایی و اولویت‌بندی عوامل انعطاف‌پذیری زنجیره تأمین برای مقابله با اختلالات زنجیره تأمین با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی انجام شد. در این پژوهش کارخانه نورد صنعتی ساختمانی فولاد یزد به عنوان مورد مطالعه پژوهش در نظر گرفته شده‌اند. جامعه آماری این تحقیق کلیه مدیران ارشد کارخانه نورد صنعتی ساختمانی فولاد یزد بود که تعداد آن‌ها در زمان انجام پژوهش برابر با ۱۱ نفر بود. در این پژوهش جهت شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های عوامل انعطاف‌پذیری زنجیره تأمین از روش کتابخانه‌ای استفاده شد. همچنین برای اولویت‌بندی این عوامل از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی فازی استفاده شد. ابزار گردآوری اطلاعات در این تحقیق پرسشنامه مقایسه زوجی تحلیل سلسله مراتبی فازی بود. پس از تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی، نتایج نشان دادند که معیار قابلیت‌های بازیابی با وزن ۰/۳۷، قابلیت‌های پاسخگویی با وزن ۰/۳۲ و قابلیت‌های آمادگی با وزن ۰/۲۹ در رتبه‌های اول تا سوم قرار گرفتند.

واژه‌های کلیدی: انعطاف‌پذیری، زنجیره تأمین، اختلالات زنجیره تأمین

مقدمه

گسترش بازارها و محصولات، رقابت‌ها را از سطح مابین شرکت‌ها به سطح مابین زنجیره‌های تامین‌کننده و تمرکز بر بهبود عملکرد این زنجیره‌ها، تنها مسیر دستیابی به مزایای رقابتی در بازار جهانی کسب و کار امروزه است. در این رابطه، نگرش مدیریت زنجیره تامین (SCM)^۱ از استراتژی‌های قوی برای افزایش رقابت‌پذیری شرکت‌ها و زنجیره‌های تامین‌شان تلقی می‌شود، بطوری که پس از معرفی واژه مدیریت زنجیره تامین توسط الیور و وبر^۲ در سال ۱۹۸۲، گسترش قابل ملاحظه‌ای در روند بکارگیری این رویکرد پدیدار گشته و این اعتقاد در میان اکثر سازمان‌ها بوجود آمده است که رقابت تنها در سطح مابین سازمان‌ها مطرح نبوده و این زنجیره‌های تامین هستند که با یکدیگر رقابت می‌کنند (آسادج و رامایاح^۳، ۲۰۱۹).

طبق تعریف، یک زنجیره تامین شبکه‌ای از سازمان‌ها با ارتباطات بالادستی و پائین‌دستی در فرآیندهای مختلف است که کلیه فعالیت‌های مرتبط با جریان‌های مواد (و نیز جریان‌های مالی و اطلاعاتی مرتبط با آن) از مرحله تهیه مواد اولیه تا مرحله تحویل کالای نهایی به مصرف‌کننده را شامل شده و از طریق عرضه محصولات نهایی و خدمات به مشتریان، تولید ارزش می‌نماید (دهقان دهنوی و نصیریان، ۱۳۹۸).

بدین ترتیب عناصر یک زنجیره تامین شامل تامین‌کنندگان مواد و قطعات^۴، سازندگان^۵، توزیع‌کنندگان^۶، فروشندگان عمده، خرده‌فروشان^۷ و مصرف‌کنندگان نهایی محصول خواهند بود. مدیریت زنجیره تامین نیز به معنای یکپارچه‌سازی^۸ واحدهای سازمانی درون زنجیره و ایجاد هماهنگی^۹ در جریان‌های مواد، اطلاعات و مالی با هدف تامین نیازهای مشتریان و دستیابی به مزیت رقابتی قابل اتکا و بلندمدت است. مطلب مهم در این تعریف این است که کلیه فعالیت‌های موردنیاز در طول یک زنجیره تامین، باید مطابق با نیازهای مشتریان نهایی طراحی و اجرا گردند (دوتون^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۶).

به هر حال، روند موجود در بکارگیری رویکردهای نوین مدیریت تولید و عملیات بیانگر وجود یک روند افزایشی در استفاده از رویکرد مدیریت زنجیره تامین در میان شرکت‌های مختلف صنعتی و خدماتی است که با هدف کاهش هزینه‌ها و افزایش سهم بازار و رقابت‌پذیری آن‌ها صورت می‌گیرد. این رویکرد، فلسفه‌ای بر مبنای این باور و عقیده است که عملکرد هر سازمان موجود در یک زنجیره، به طور مستقیم یا غیر مستقیم روی عملکرد سایر اجزای زنجیره و نیز عملکرد کلی زنجیره اثرگذار خواهد بود (هورمند و برومند، ۱۳۹۷).

بروز اختلالات در زنجیره تامین منجر به خسارات فراوانی خواهد شد و تاخیرات گسترده ای را به مشتریان تحمیل خواهد کرد. اختلال‌های زنجیره تامین حوادث برنامه ریزی نشده و غیر قابل پیش بینی می‌باشند که در جریان عادی کالا و مواد زنجیره تامین اختلال ایجاد می‌کنند. تاثیر حوادثی که در زنجیره تامین ایجاد اختلال می‌کنند به صورت‌های مختلف نمایان می‌شود. اولین و شاید بدیهی‌ترین شکل آن اختلال در دسترسی به مواد و کالاها می‌باشد. در این حالت شرکت ممکن است با کمبود یا مازاد موجودی مواجه باشد که در هر دو مورد نامطلوب است (کوره و شهرخی، ۱۴۰۰).

¹ Supply chain management

² Oliver & Webber

³ Assadej & Ramayah

⁴ Suppliers

⁵ Manufacturers

⁶ Distributors

⁷ Retailers

⁸ Integration

⁹ Coordination

¹⁰ Dotun

شرایط حاکم بر محیط کسب و کار، نداشتن اطمینان بالا، آشفتگی های فراوانی بر زنجیره های تأمین تحمیل می کند که نتیجه آن افزایش وقوع وقفه در تولید و ایجاد اختلال در پاسخگویی به سفارش های مشتریان است. این آشفتگی ها از عواملی نظیر جهانی سازی، برون سپاری فزاینده فعالیت ها، کاهش تعداد تأمین کنندگان، افزایش نوسان های تقاضا و کاهش چشمگیر سطح موجودی ناشی می شوند، بنابراین مدیران به ابزاری قابل اتکا برای بهبود انعطاف پذیری زنجیره تأمین خود نیاز دارند تا استراتژی شرکت را برای بقا و رشد بلندمدت طرح ریزی کنند. انعطاف پذیری به توانایی یک سیستم برای ادامه حیات، انطباق و رشد در مواجهه با تغییر و عدم اطمینان اطلاق می شود. در تعریف دیگر انعطاف پذیری عبارت است از توانایی زنجیره تأمین برای برگشت به حالت ابتدایی (پیش از بی نظمی) یا حرکت به سوی وضعیت جدید که مطلوبتر از قبل است (قاخانبابایی، ۱۳۹۹).

ادبیات پژوهش

رقابت شدید در بازارهای جهانی کنونی، ارائه محصولات با دوره عمر کوتاه، و افزایش انتظارات مشتریان، بنگاه های تجاری را به سرمایه گذاری و توجه بیشتر به زنجیره های تأمین خود وادار کرده است. این مسئله، همراه با پیشرفت های مداوم فناوری های ارتباطات و حمل و نقل (برای مثال، ارتباط با تلفن همراه و تحویل سریع کالا) انگیزه هایی را برای تحول مداوم زنجیره تأمین و شیوه های مدیریت آن ایجاد کرده است. در یک زنجیره تأمین متعارف، پس از تهیه و خرید مواد اولیه و تبدیل آن ها به کالاهای ساخته شده در یک یا چند کارخانه، این کالاها به طور موقت در انبارهای میانی نگهداری و سپس برای خرده فروشی ها یا مشتری ها فرستاده می شود. در نتیجه، راهبردهای اثر بخش زنجیره عرضه باید تعاملات سطوح مختلف این زنجیره را به گونه ای مورد توجه قرار دهد که منجر به کاهش هزینه ها و ارائه مطلوب خدمات شود. زنجیره تأمین، شامل عرضه کنندگان، مراکز ساخت، انبارها، مراکز توزیع، بازارهای خرده فروشی و همچنین مواد خام موجود در دست ساخت و محصولات تمام شده است که در میان تسهیلات مختلف جریان دارد (ووثوق و بانی فاضل، ۱۳۹۶).

مدیریت زنجیره تأمین مجموعه ای از رویکردهایی است که برای یکپارچه سازی عرضه کنندگان، سازندگان، انبارها و فروشگاه ها مورد استفاده قرار می گیرد به طوری که کالا به مقدار مناسب، در مکان مناسب و در زمان مناسب تولید و توزیع شود تا در نتیجه هزینه های کل سیستم را کمینه و در همان حال الزامات سطح خدمت را برآورده سازد. از این تعریف چند نکته را می توان استنباط نمود (کاخکی و گارگیا^{۱۱}، ۲۰۱۹):

- اول اینکه مدیریت زنجیره تأمین هر گونه تسهیلاتی را که تأثیری بر هزینه دارد و نقشی را در منطبق ساختن محصول با نیازمندی های مشتری ایفا می کند؛ از عرضه کنندگان و امکانات تولیدی تا انبارها، مراکز توزیع، خرده فروش ها، و فروشگاه ها، در نظر می گیرد.
- دوم اینکه، هدف مدیریت زنجیره تأمین، کارآمدی و اثربخش بودن هزینه در تمامی سیستم است؛ بنابراین هزینه های تمام اجزای سیستم از جمله هزینه حمل و نقل، توزیع، موجودی مواد خام و موجودی در دست ساخت، و کالاهای ساخته شده باید کمینه شود. بنابراین تنها بر کاهش هزینه های حمل و نقل یا کاهش موجودی ها تأکید نمی شود، بلکه بیشتر، اتخاذ نگرشی سیستمی در مدیریت زنجیره تأمین مورد تأکید است.

¹¹ Kakhki & Gargia

به صورت کلی زنجیره تأمین سیستمی پویاست که در طول زمان تکامل می یابد. در واقع، نه تنها تقاضای مشتری و توانایی های عرضه کننده در طول زمان تغییر می یابد، بلکه روابط زنجیره تأمین نیز در طول زمان تکامل می یابد. برای مثال هر قدر که توان مشتری ها افزایش یابد، فشار بر سازندگان و عرضه کنندگان برای تولید انبوه محصولات متنوع با کیفیت بالا و در نهایت، تولید محصولاتی مطابق با خواسته مشتری، افزایش خواهد یافت. همچنین، حتی وقتی تقاضای مشتری برای محصولاتی خاص چندان تغییر نمی کند، سطوح موجودی و سفارش، در طول زنجیره تأمین به طور قابل ملاحظه ای نوسان می یابد (راجاگورو و ماتاندا^{۱۲}، ۲۰۱۹).

محیط کسب و کار امروزی پیوسته با تغییر همراه است. تغییرات اخیر در زنجیره های تأمین به دلیل جهانی شدن تجارت و افزایش تعداد شرکاء زنجیره، شبکه طولانی با پراکندگی و پیچیدگی بیشتر ایجاد نموده است. این امر موجب کاهش کنترل و نظارت مستقیم و بلا واسطه شرکت ها بر فعالیت های جاری شده است. از طرفی زنجیره های تأمین طولانی و پیچیده معمولاً به کندی نسبت به تغییرات پاسخ می دهند و دارای نقاط آسیب پذیر و همچنین اختلالات متعدد خواهند بود. اختلال ها علاوه بر تاثیرات مالی، بر سایر جنبه های تولید هم موثرند. عوامل اختلال هم از عوامل طبیعی و هم از فعالیت های انسانی ناشی می شوند و اختلال در زنجیره تأمین موضوعی است که از همان زمانی که مفهوم زنجیره تأمین بیان شده است، وجود داشته ولی در دهه های اخیر توجه بیشتری را به خود جلب کرده است. علاوه بر این مدیریت اختلال شامل مولفه هایی نظیر شناسایی ریسک های اختلال، ارزیابی ریسک های اختلال، تصمیمات مدیریتی در مورد ریسک های اختلال و پیاده سازی آن ها و نظارت بر ریسک های اختلال می باشد (حسین^{۱۳} و همکاران، ۲۰۲۲).

در حال حاضر بسیاری از شرکت ها در معرض اختلالات زنجیره تأمین هستند. پیامدهای اختلالات زنجیره تأمین از ضررهای کوتاه مدت تا بلند مدت است. مطالعه ها نشان می دهد که درصد کاهش درآمد شرکت های جهانی به علت این اختلالات از ۲۸٪ در سال ۲۰۱۱ به ۴۲٪ در سال ۲۰۱۳ رشد داشته است. وقوع رویدادهایی که منجر به ایجاد وقفه در جریان مواد می شوند، حتی اگر این رویدادها در مکانی دور اتفاق بیافتند، می توانند اختلالاتی را در مقیاسی وسیع ایجاد کنند. این اختلالات ممکن است در سراسر زنجیره تأمین منتشر شوند و اثرات منفی زیادی را در زنجیره ایجاد کنند؛ چه بسی بسیاری از شرکت ها با وقوع اختلال، دیگر نخواهند توانست سطح بهره وری خود را حفظ کنند، در نتیجه رقابت پذیری خود را از دست می دهند (پاراست و سوبرامانیا^{۱۴}، ۲۰۲۱).

با گسترش مبانی رقابتی در زنجیره تأمین و افزایش اهمیت زمان، یک مسئله حیاتی، انعطاف پذیری زنجیره تأمین خواهد بود. فایده انعطاف پذیری زنجیره تأمین در توانایی او برای تسهیل در توسعه استراتژی ها و خط مشی های سازمانی معنی دار می باشد که عملکرد کلی شرکت را بهبود می بخشد. انعطاف پذیری در زنجیره تأمین نیاز به انعطاف پذیری در داخل و بین همه شرکاء در زنجیره، از جمله دپارتمان های داخل یک سازمان، و نیز شرکای خارجی از جمله تأمین کنندگان، حمل کنندگان، شرکت های طرف ثالث، و فراهم کنندگان سیستم های اطلاعاتی را ایجاب می کند. این موضوع شامل انعطاف پذیری در جمع آوری اطلاعات، در مورد تقاضاهای بازار و تبادل اطلاعات بین سازمان ها می باشد (ملایی کندلوسی و همکاران، ۱۳۹۶).

¹² Rajaguru & Matanda

¹³ Hussain

¹⁴ Parast & Subramanian

شش مؤلفه دربارهٔ انعطاف پذیری زنجیره تأمین از ادبیات موضوع انعطاف پذیری تولید، انعطاف پذیری استراتژیک و نوشته های محدود مربوط به انعطاف پذیری زنجیره تأمین شناسایی شده اند. این شش مؤلفه در اینجا تعریف شده اند (گویال^{۱۵} و همکاران، ۲۰۱۸):

۱. انعطاف پذیری سیستم های عملیات (هم تولیدی و هم خدماتی): توانایی تنظیم دارایی ها و عملیات ها جهت واکنش به ظهور گرایشات مشتری (تغییرات محصول، حجم، ترکیب) در هر گروه از زنجیره تأمین.
 ۲. انعطاف پذیری بازار: توانایی سفارشی سازی انبوه و ساخت روابطی نزدیک با مشتریان، از جمله طراحی و اصلاح محصولات جدید و موجود.
 ۳. انعطاف پذیری لجستیک: توانایی دریافت و تحویل محصول با هزینه ای بهینه به عنوان منابع تأمین و تغییر مشتریان (تغییرات مکان مشتری، جهانی سازی، تأخیر انداختن).
 ۴. انعطاف پذیری عرضه: توانایی پیکربندی مجدد زنجیره تأمین، تغییر یا اصلاح در عرضه محصول همزمان با تقاضای مشتری.
 ۵. انعطاف پذیری سازمانی: توانایی همراستا کردن مهارت های نیروی کار با نیازهای زنجیره تأمین جهت برآورده سازی نیازمندی های خدماتی یا تقاضای مشتری.
 ۶. انعطاف پذیری سیستم های اطلاعاتی: توانایی همراستا کردن سیستم ها و معماری های سیستم اطلاعاتی با نیازهای اطلاعاتی در حال تغییر سازمان جهت پاسخ دهی به تقاضای در حال تغییر مشتری.
- در حین بررسی انعطاف پذیری های گوناگون، گفته می شود که عامل انسانی نیز مؤلفه ای ضروری در انعطاف پذیری می باشد. (مثلا در انعطاف پذیری نیروی کار، انعطاف پذیری محصول، انعطاف پذیری کنترل و غیره). به همین دلیل، نگرش های گوناگونی با تأکید بر ضرورت داشتن نیروی کار چند مهارتی، زمان بندی نیروی کار، تیم های بین کارکردی، انعطاف پذیری کارکردی، قدرت، یادگیری پیوسته، موارد ارگونومیکی، آموزش، سلامت، ایمنی شغلی و غیره ارائه شده اند؛ بنابراین، نقش عامل انسانی در مراحل مختلف فرآیند بسیار مهم است زیرا آن ها عامل اصلی تأثیرگذار در موقعیت رقابتی یک سازمان در بازارهای در حال شتاب و آشفته می باشند (قاخانبابایی، ۱۳۹۹).

روش تحقیق

روش های تصمیم گیری چند معیاره مبتنی بر نظر خبرگان شاخه های مختلف می باشد. در این تکنیک ها افراد یا از بُعد تحصیلی یا از جنبه تجربه کاری به عنوان خبرگان یک زمینه خاص در نظر گرفته می شوند و پرسشنامه پژوهش جهت به دست آوردن نظرات تخصصی این افراد در اختیارشان قرار داده می شود. لذا در این پژوهش تعداد ۱۱ نفر از مدیران تدارکات یا زنجیره تأمین کارخانه نورد صنعتی ساختمانی فولاد یزد به عنوان نمونه آماری در نظر گرفته می شود. هدف از انجام این پژوهش در گام یک شناسایی عوامل انعطاف پذیری زنجیره تأمین می باشد که برای رسیدن به این هدف جهت شناسایی این عوامل از روش کتابخانه ای استفاده شده است. بدین معنی که با مطالعه کتب و مقالات داخلی و خارجی موجود، تعدادی از مؤلفه هایی که به عنوان عوامل مؤثر در انعطاف پذیری زنجیره تأمین برای مقابله با اختلالات زنجیره تأمین معرفی شده اند، شناسایی گردید و سپس بر اساس میزان اهمیت و میزان تکرارشان نسبت به مقالات مطالعه شده این عوامل به عنوان عوامل اصلی در نظر گرفته شده اند. هدف دوم این پژوهش اولویت بندی عوامل انعطاف پذیری زنجیره تأمین برای مقابله با اختلالات

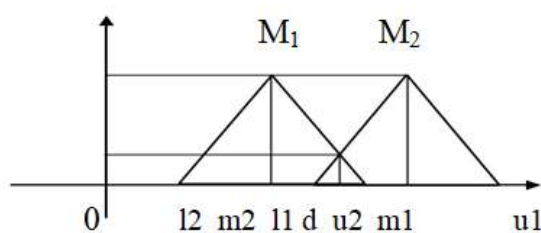
¹⁵ Goyal

زنجیره تأمین است؛ از این رو از جدول مقایسات زوجی روش تحلیل سلسله مراتبی فازی به عنوان ابزار گردآوری داده ها استفاده شد و از آنجا که تعیین درجه اهمیت و اولویت بندی معیارها مسئله بسیار مهمی است و بر اولویت بندی عوامل انعطاف پذیری زنجیره تأمین تاثیر مستقیم می گذارد؛ همچنین تمام محاسبات مربوط به روش تحلیل سلسله مراتبی فازی بر اساس مقایسات زوجی صورت می گیرد، روش معقول و منطقی آن است که درجه اهمیت و اولویت معیارها را براساس اجماع نظرات کمیته تصمیم گیری به دست آورد. به همین منظور پرسشنامه ای تدوین شد، که در این پرسشنامه پاسخ دهنده می بایست که ارجحیت هر معیار را نسبت به سایر معیارها به صورت دو به دو (مقایسات زوجی) نشان دهد و در نهایت به منظور تجزیه و تحلیل داده ها از تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) استفاده شده است. نمودار زیر مؤلفه ها و شاخص های مؤثر در انعطاف پذیری زنجیره تأمین برای مقابله با اختلالات زنجیره تأمین را نشان می دهد.

تجزیه و تحلیل داده ها

مفاهیم و تعاریف تحلیل سلسله مراتبی براساس روش فازی توسعه یافته

دو عدد فازی مثلثی $M_1 = (L_1, m_1, u_1)$ و $M_2 = (L_2, m_2, u_2)$ را در نظر بگیرید آنگاه:



شکل ۱: تقاطع بین دو عدد فازی

روابط ریاضی دو عدد فازی مثلثی نشان داده شده است:

$$M_1 + M_2 = (L_1 + L_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2)$$

$$M_1 * M_2 = (L_1 L_2, m_1 m_2, u_1 u_2)$$

$$M_1 + M_2 = (L_1 + L_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2)$$

$$M_1^{-1} = \left(\frac{1}{u_1}, \frac{1}{m_1}, \frac{1}{L_1}\right)$$

$$M_2^{-1} = \left(\frac{1}{u_2}, \frac{1}{m_2}, \frac{1}{L_2}\right)$$

باید توجه داشت که حاصلضرب دو عدد فازی مثلثی یا معکوس یک عدد فازی مثلثی دیگر یک عدد فازی مثلثی نیست و این روابط فوق تقریبی از حاصلضرب واقعی دو عدد فازی مثلثی و معکوس یک عدد فازی مثلثی را بیان می کند.

گام اول: در روش تحلیل سلسله مراتب فازی توسعه ای برای هر یک از سطرهای ماتریس مقایسات زوجی، ارزش S_k که خود یک عدد فازی مثلثی است، به صورت زیر محاسبه می شود:

$$S_k = \sum_{j=1}^n M_{kj} * \left[\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n M_{ij} \right]^{-1}$$

که در آن k بیانگر شماره سطر و i و j به ترتیب نشان دهنده گزینه ها و شاخص ها می باشد.

برای بدست آوردن فرمول فوق از روابط زیر استفاده می شود:

$$\sum_{j=1}^n M_{kj} = (\sum_{j=1}^m l_j \cdot \sum_{j=1}^m m_j \cdot \sum_{j=1}^m u_j)$$

$$[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{ij}]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i} \cdot \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i} \cdot \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right)$$

گام دوم: پس از محاسبه S_k باید، درجه بزرگی آن‌ها را نسبت بهم بدست آورد. به طور کلی اگر $M_1(l_1 \cdot m_1 \cdot u_1)$ و $M_2(l_2 \cdot m_2 \cdot u_2)$ دو عدد فازی مثلثی باشند، درجه بزرگی M_1 و M_2 به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\begin{cases} V(M_1 \geq M_2) = 1 & \text{اگر } m_1 \geq m_2 \\ V(M_1 \geq M_2) = hgt(M_1 \cap M_2) & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$$

و خواهیم داشت:

$$hgt(M_1 \cap M_2) = \frac{u_1 - L_2}{(u_1 - L_2) + (m_2 - m_1)}$$

میزان بزرگی یک عدد فازی مثلثی از k عدد فازی مثلثی دیگر نیز از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$V(M_1 \geq M_2 \dots \geq M_k) = V(M_1 \geq M_2) \text{ and } \dots \text{ and } V(M_1 \geq M_k)$$

نکته: بنابراین چنانچه میزان ارجحیت بدست آمده از رابطه فوق منفی گردد، آنرا صفرو اگر بالای یک باشد آنرا یک در نظر می‌گیریم.

گام سوم: همچنین برای محاسبه وزن شاخص‌ها در ماتریس مقایسات زوجی به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$\dot{w}(x_i) = \min\{V(S_i \geq S_k)\}$$

نکته: چنانچه وزن شاخص صفر بدست آمد، ما را در محاسبه بردار نرمال دچار مشکل می‌کند. لذا از معادله کریسپ^{۱۶} که به صورت $\frac{L+2M+U}{4}$ تعریف می‌شود، استفاده نمود.

جایی که $k = 1, 2, \dots, n ; k \neq i$ است. بنابراین بردار وزن شاخص‌ها که با μ بیان می‌شود به صورت زیر خواهد بود:

$$\dot{w} = [\dot{w}(x_1), \dot{w}(x_2), \dots, \dot{w}(x_n)]^T$$

گام چهارم: از طریق نرمالیزه کردن بردار وزن، بردار وزن نرمال شده به صورت زیر خواهد بود:

$$w = [w(x_1), w(x_2), \dots, w(x_n)]^T$$

جایی که w یک عدد غیر فازی است و به ما اولویت وزن یک گزینه را نسبت به سایر گزینه‌ها و آلترناتیوها را می‌دهد.

محاسبه وزن نسبی معیارهای اصلی پژوهش

به منظور مقایسه زوجی معیارها و زیر معیارها با یکدیگر و نیز تعیین میزان اهمیت هر یک از آن‌ها، از عبارات کلامی بهره گیری شده است. و سپس این عبارات کلامی که از نظرات خبرگان استخراج یافته به ماتریس‌های مقایسه‌ای زوجی مثلثی فازی تبدیل شده است. در جدول ۱ عبارتهای کلامی و معادل فازی آن‌ها ارائه شده است.

¹⁶ Crisp

جدول ۱: عبارتهای کلامی و معادل فازی متناظر آنها

طیف فازی			میزان اهمیت	عبارات کلامی
حد بالا (U)	حد وسط (M)	حد پایین (L)		
1	1	1	۱	اهمیت یکسان
4	2	1	۲	یکسان تا نسبتاً مهم‌تر
5	3	1	۳	نسبتاً مهم‌تر
6	4	2	۴	نسبتاً مهم‌تر تا اهمیت زیاد
7	5	3	۵	اهمیت زیاد
8	6	4	۶	اهمیت زیاد تا بسیار زیاد
9	7	5	۷	اهمیت بسیار زیاد
10	8	6	۸	بسیار زیاد تا کاملاً مهم‌تر
11	9	7	۹	کاملاً مهم‌تر

جداول ۲ تا ۴ ماتریس‌های مقایسه‌ای زوجی فازی شده برای معیارها نسبت به هدف اصلی را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است با توجه به حجم بالای محاسبات، در اینجا یکی از جداول مربوط به ماتریس‌های کلامی به صورت نمونه نمایش داده شده و مابقی صرفاً به بیان نتایج ماتریس‌های اعداد مثلثی بسنده نموده‌ایم.

جدول ۲: ماتریس کلامی ماتریس زوجی مقایسه‌ای مثلثی فازی معیارهای اصلی

مجموع			عوامل زیست محیطی			عوامل اجتماعی			عوامل اقتصادی			
U	M	L	U	M	L	U	M	L	U	M	L	
8.505	6.327	4.254	0.238	156,	0.127	3.6	2.571	1.556	۱	۱	۱	قابلیت‌های بازیابی
13.667	10.267	7.171	۱	0.667	0.6	۱	۱	۱	.667	3.6,4	2.571	قابلیت‌های پاسخگویی
۱۲	۱۰	۷	۱	۱	۱	۳	۲	۱	۸	۷	۵	قابلیت‌های آمادگی
34.175	26,591	18,425										مجموع

نرخ سازگاری CIM :

۰/۰۰۹۳۴

نرخ سازگاری CIG :

۰/۰۱۲۰۶۵۴

نتیجه: سازگار

جدول ۳: میانگین هندسی ماتریس مقایسات زوجی فازی معیارهای اصلی

زیست محیطی			اجتماعی			اقتصادی			
2.17476	1.6711	1.22052	9.96655	7.95811	5.94392	1	1	1	قابلیت‌های بازیابی
0.20274	0.14384	0.11157	1	1	1	0.16824	0.12566	0.10034	قابلیت‌های پاسخگویی
1	1	1	8.96281	6.95205	4.93242	0.81932	0.59841	0.45982	قابلیت‌های آمادگی
نرخ سازگاری CIM : ۰/۰۰۸۴۷۲ نرخ سازگاری CIG : ۰/۰۰۹۸۸۲ نتیجه: سازگار									

جدول ۴ جمع فازی و بسط مرکب فازی معیارهای اصلی را بر اساس فرمول‌های ارائه شده برای معیارهای اصلی پژوهش نمایش می‌دهد.

جدول ۴: جمع فازی و ارزش مجموع معیارها مربوط به معیارهای اصلی

ارزش مجموع معیارها (Sj)			جمع فازی هر سطر			عوامل
U	M	L	U	M	L	
0.83339	0.51979	0.32278	13.1413	10.6292	8.16444	قابلیت‌های بازیابی
0.08694	0.06208	0.04791	1.37098	1.2695	1.21191	قابلیت‌های پاسخگویی
0.68377	0.41813	0.25271	10.7821	8.55046	6.39224	قابلیت‌های آمادگی

جدول ۵ درجه امکان بزرگی و درجه ارجحیت معیارهای اصلی را بر اساس فرمول‌های ارائه شده برای معیارهای اصلی پژوهش نمایش می‌دهد.

جدول ۵: درجه امکان بزرگی و درجه ارجحیت

نرمالسازی ارجحیت	درجه ارجحیت	درجه امکان بزرگی			عوامل
		زیست محیطی	اجتماعی	اقتصادی	
0.37715	1	1	1	1	قابلیت‌های بازیابی
0.32857	0.87118	0.87118	1	1.06292	قابلیت‌های پاسخگویی
0.29428	0.78028	1	1	0.78028	قابلیت‌های آمادگی

جدول ۶ وزن مولفه‌ها برای معیارهای اصلی پژوهش نمایش می‌دهد.

جدول ۶: وزن معیارهای اصلی

وزن عوامل	
0.37715	قابلیت‌های بازیابی
0.32857	قابلیت‌های پاسخگویی
0.29428	قابلیت‌های آمادگی

محاسبه وزن نسبی زیرمعیارهای پژوهش

در بخش قبل وزن معیارهای اصلی محاسبه شد. در این بخش تلاش می‌شود تا به محاسبه وزن نسبی زیرمعیارهای هر یک از معیارهای اصلی پرداخته شود. برای این هدف ابتدا ماتریس مقایسه زوجی برای زیرمعیارهای هر یک از معیارهای اصلی تشکیل و در اختیار خبرگان قرار داده شد. در نهایت با بهره‌گیری از روابط روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی چانگ به محاسبه وزن عوامل مربوط به هر یک از پرسشنامه‌های مقایسه زوجی پرداخته شد. پس از مشخص شدن وزن نهایی زیرمعیارهای پژوهش، در جدول ۷ رتبه بندی نهایی زیرمعیارهای پژوهش ارائه شده است.

جدول ۷: رتبه بندی نهایی زیرمعیارها

رتبه نهایی زیر معیار	عنوان زیر معیار
۱	سرمایه اجتماعی
۲	افزایش انعطاف‌پذیری
۳	مدیریت دانش پیش از اختلال
۴	مدیریت ریسک زنجیره تامین
۵	موقعیت بازار
۶	افزایش دید
۷	آگاهی از موقعیت
۸	فراوانی ساختمان
۹	استحکام ساختمان
۱۰	چابکی
۱۱	برنامه ریزی احتمالی

همکاری	۱۲
امنیت ساختمان	۱۳

نتیجه گیری

شرایط و وضعیت های گوناگون در سازمان به همراه سطوح متفاوتی از عدم قطعیت و تغییرات هستند، و بنابراین به انواع مختلفی از انعطاف پذیری نیاز دارند. اگرچه ادعا شده است که انعطاف پذیری می تواند (تا حد مشخصی) بدون سرمایه گذاری عمده ای در تکنولوژی قابل دسترس باشد، ولی می توان فرض کرد که انعطاف پذیری به احتمال زیاد دارای هزینه خواهد بود؛ پس یک شرکت باید تلاش زیادی برای شناسایی انواع سودمند انعطاف پذیری برای سازمان و پس از آن ارزیابی نحوه دستیابی به آن ها انجام دهد.

منابع

- دهقان دهنوی، ح.، و نصیریان، م. (۱۳۹۸). بررسی و اولویت بندی چالش های استفاده از مدیریت زنجیره تامین در ارتقای عملکرد پروژه های صنعتی. دومین کنفرانس بین المللی مدیریت، مهندسی صنایع، اقتصاد و حسابداری. تفلیس-گرجستان: دبیرخانه دائمی با همکاری دانشگاه امام صادق.
- قاخانبابایی، ح. (۱۳۹۹). نقش میانجی چابکی و عملکرد زنجیره تامین در روابط میان جهت گیری زنجیره تامین، انعطاف پذیری استراتژیک و انعطاف پذیری تولید با عملکرد شرکت. پنجمین کنفرانس بین المللی مدیریت، حسابداری و توسعه اقتصادی، ۵۶-۷۷.
- کوره، ا.، و شهرخی، م. (۱۴۰۰). توسعه یک مدل برای مدیریت اختلالات زنجیره تامین در پروژه های عمرانی. فصلنامه مدیریت زنجیره تامین، دوره: ۲۳، شماره: ۷۲، ۸۹-۱۰۶.
- ملایی کندلوسی، س.، جوادیان، ن.، و شیرازی، م. (۱۳۹۶). ارزیابی الگویی جهت ارزیابی قابلیت های انعطاف پذیری زنجیره تامین مبتنی بر سیستم های سایبرفیزیکال با رویکرد تحلیل شبکه فازی. اولین کنفرانس بین المللی بهینه سازی سیستم ها و مدیریت کسب و کار، ۳۱۱-۳۲۴.
- هورمند، پ.، و برومند، ن. (۱۳۹۷). بررسی تاثیر روش های مدیریت زنجیره تامین بر عملکرد سازمانی با توجه به نقش میانجی مزیت رقابتی در شرکت های منطقه صنعتی مورچه خورت اصفهان. دومین همایش بین المللی مدیریت، اقتصاد و بازاریابی. تهران: مرکز همایش های رازی.
- و ثوق، م.، و بانی فاضل، س. (۱۳۹۶). تبیین شاخص های کلیدی بهبود مستمر عملکرد در مدیریت زنجیره تامین با استفاده از مدل SCOR, SMART. اولین کنگره بین المللی چشم انداز مدیریت کلاس جهانی در ایران. تهران: موسسه چشم انداز مدیریت تراز جهانی.

7. Assadej, V., & Ramayah, T. (2019). A categorization of quality management and supply chain management frameworks. *Journal Cogent Business & Management*, Volume 6, Issue 1.

8. Dotun, A., Tritos , L., & Premaratne , S. (2016). Prioritizing lean supply chain management initiatives in healthcare service operations: a fuzzy AHP approach. *Production Planning & Control The Management of Operations*, 56.
9. Goyal, G., Samalia, H., & Verma, P. (2018). Mediating role of process simplification in process integration and upstream supply chain flexibility. *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 67 No. 5, 825-844.
10. Hussain, G., Nazir, M., & Rashid, M. (2022). From supply chain resilience to supply chain disruption orientation: the moderating role of supply chain complexity. *Journal of Enterprise Information Management*, 3(2), 351-374.
11. Kakhki, M., & Gargia, L. (2019). Information systems for supply chain management: a systematic literature analysis. *International Journal of Production Research*, Volume 57, Issue 15-16.
12. Parast, M., & Subramanian, N. (2021). An examination of the effect of supply chain disruption risk drivers on organizational performance: evidence from Chinese supply chains. *Supply Chain Management*, Vol. 26 No. 4, 548-562.
13. Rajaguru, R., & Matanda, M. (2019). Role of compatibility and supply chain process integration in facilitating supply chain capabilities and organizational performance. *Supply Chain Management: An International Journal*, 2 (1).