

### عوامل موثر بر انعطاف پذیری زنجیره تامین

علی خداویسی<sup>a</sup> آرش آپرناک<sup>b</sup>

a دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، دانشکده مهندسی صنایع، تهران، ایران

b دکتری مهندسی صنایع، عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، دانشکده مهندسی صنایع، تهران، ایران

#### چکیده

امروزه نگاه جامعه جهانی در برابر مخاطرات طبیعی، اجتماعی و اقتصادی از نگرش کاهش آسیب پذیری، به نگرش افزایش قدرت انعطاف پذیری در برابر این عوامل تغییر کرده است. فشارها و اختلالات موجود برای شرکتها باعث کاردر شرایط عدم اطمینان گردیده است لذا سازمانها می بایست خود را برای کار در این محیط پر چالش آماده نمایند. در این پژوهش ابتدا، زنجیره تامین انعطاف پذیر و عوامل تاثیر گذار بر آن را شناسایی و همچنین، از طریق مدل ARAS اقدام به رتبه بندی عوامل موثر بر انعطاف پذیری زنجیره تامین خواهد شد.

1

واژه‌های کلیدی: زنجیره تامین، قابلیت انعطاف پذیری زنجیره تامین، عدم قطعیت محیطی، ریسک زنجیره تامین

#### مقدمه

در محیط کسب و کار پویا و همیشه در حال تغییر امروز، سازمان ها باید توانایی تطبیق سریع و کارآمد برای برآوردن خواسته های مشتریان را داشته باشند. اینجاست که انعطاف پذیری زنجیره تامین مطرح می شود. (Kayhan Tajeddini et al, 2017) انعطاف پذیری زنجیره تامین به توانایی سازمان برای واکنش سریع و موثر به نوسانات شرایط بازار، نیازهای مشتری و اختلالات غیرمنتظره اشاره دارد. با جهانی شدن و پیشرفت در فناوری، زنجیره های تامین به طور فزاینده ای پیچیده شده اند که شامل تامین کنندگان متعدد، واسطه ها، روش های حمل و نقل و کانال های توزیع می شود. (D. Russell et al, 2020) در نتیجه، دستیابی به انعطاف پذیری زنجیره تامین به عنوان یک مزیت رقابتی حیاتی برای شرکتها در سراسر صنایع ظاهر شده است. سازمانها با پذیرش انعطاف پذیری در زنجیره تامین خود، می توانند چابکی خود را در مواجهه با پویایی های متغیر بازار افزایش دهند و در عین حال ریسک های مرتبط با عدم قطعیت را به حداقل برسانند (R. Singh et al, 2019) این شامل توانایی تنظیم سریع سطوح تولید، تخصیص مجدد منابع به طور موثر، همکاری نزدیک با تامین کنندگان و مشتریان برای هماهنگی بهتر، و اجرای استراتژی های پاسخگو است که تحویل به موقع محصولات یا خدمات را تضمین می کند. (D. Gligor et al, 2019) انعطاف پذیری زنجیره تامین یک جنبه حیاتی از عملیات تجاری مدرن است. در بازارهای پویا و غیرقابل پیش بینی امروزی، سازمان ها باید بتوانند به سرعت خود را با تقاضاهای متغیر مشتری، اختلالات پیش بینی نشده و روندهای در حال تحول صنعت سازگار کنند. انعطاف پذیری زنجیره تامین به توانایی یک شرکت برای پاسخ سریع و موثر به این نوسانات اشاره دارد. یکی از دلایل کلیدی که چرا انعطاف پذیری زنجیره تامین ضروری است، ماهیت بی ثبات ترجیحات مشتری است. (Sricharan Chirra et al, 2020) تقاضای مصرف کننده می تواند به سرعت به دلیل عوامل مختلفی مانند تغییر روند، پیشرفت های تکنولوژیکی یا شرایط اقتصادی

تغییر کند. با پذیرش انعطاف‌پذیری زنجیره تامین، شرکت‌ها می‌توانند برنامه‌های تولید و سطوح موجودی خود را بر این اساس تنظیم کنند و اطمینان حاصل کنند که می‌توانند نیازهای دائماً در حال تغییر مشتریان خود را برآورده کنند. (Kim, 2019) علاوه بر این، اختلالات پیش‌بینی نشده مانند بلایای طبیعی یا شکست تامین‌کنندگان می‌تواند به طور قابل توجهی بر زنجیره تامین یک شرکت تاثیر بگذارد. کسب‌وکارها با اتخاذ استراتژی‌های انعطاف‌پذیر مانند چند منبع یا حفظ تامین‌کنندگان جایگزین، می‌توانند خطرات را کاهش داده و از تداوم عملیات خود اطمینان حاصل کنند. (Arsalan Zahid et al, 2022) عوامل موثر بر زنجیره تامین انعطاف‌پذیر مؤلفه‌های کلیدی یک زنجیره تامین انعطاف‌پذیر برای توانمند ساختن سازمان‌ها برای انطباق سریع و مؤثر با تقاضاها و اختلالات بازار در حال تغییر، حیاتی هستند. اولاً، پیش‌بینی و برنامه‌ریزی قوی تقاضا نقش حیاتی در حفظ انعطاف‌پذیری دارد. پیش‌بینی دقیق به شرکت‌ها کمک می‌کند تا نیازهای مشتری را پیش‌بینی کنند و اطمینان حاصل کنند که محصولات مناسب در زمان مناسب در دسترس هستند. ثانياً، همکاری نزدیک با تامین‌کنندگان ضروری است. (Van-Hoek & Wagner, 2021) ایجاد روابط قوی و کانال‌های ارتباطی مؤثر، واکنش سریع به تغییرات غیرمنتظره در تقاضا یا اختلالات عرضه را ممکن می‌سازد. ثالثاً، قابلیت‌های تولید چابک برای سازگاری بانوسانات در الزامات تولید حیاتی است. این شامل اجرای استراتژی‌هایی مانند تولید ناب یا تولید به موقع برای به حداقل رساندن ضایعات و به حداکثر رساندن کارایی است. علاوه بر این، استفاده از راه‌حل‌های فناوری پیشرفته مانند تجزیه و تحلیل داده‌های بی‌درنگ و هوش مصنوعی می‌تواند دید زنجیره تامین را افزایش داده و تصمیم‌گیری فعال را تسهیل کند در نهایت، داشتن یک استراتژی مدیریت ریسک به خوبی تعریف شده برای کاهش ابهامات حیاتی است. شرکت‌ها باید به طور فعال خطرات بالقوه را شناسایی کرده و برنامه‌های اضطراری را برای به حداقل رساندن تأثیر آنها بر زنجیره تامین توسعه دهند. (EunSu Lee et al, 2020)

2

### استراتژی‌های دستیابی به انعطاف‌پذیری زنجیره تامین

1. همکاری و مشارکت: ایجاد روابط قوی با تامین‌کنندگان، توزیع‌کنندگان و سایر ذینفعان، ارتباطات باز و به اشتراک گذاری اطلاعات را تقویت می‌کند. این امکان پاسخ سریع به تقاضاهای متغیر بازار را فراهم می‌کند و هماهنگی بهتر در سراسر زنجیره تامین را تسهیل می‌کند.
2. یکپارچه‌سازی فناوری: پذیرش فناوری‌های پیشرفته مانند تجزیه و تحلیل داده‌های بی‌درنگ، هوش مصنوعی و محاسبات ابری می‌تواند دید را در سراسر زنجیره تامین افزایش دهد. اتوماسیون فرآیندها چابکی را بهبود می‌بخشد، زمان تحویل را کاهش می‌دهد و تصمیم‌گیری سریع‌تر را ممکن می‌سازد.
3. پیش‌بینی تقاضا: پیش‌بینی دقیق تقاضا به سازمان‌ها اجازه می‌دهد تا ظرفیت تولید خود را به طور موثر با نیازهای مشتری هماهنگ کنند. با استفاده از داده‌های تاریخی، روندهای بازار و تحلیل‌های پیش‌بینی‌کننده، شرکت‌ها می‌توانند تغییرات در الگوهای تقاضا را پیش‌بینی کرده و عملیات خود را بر این اساس تنظیم کنند.
4. بهینه‌سازی موجودی: اجرای شیوه‌های مدیریت موجودی کارآمد، سطوح بهینه موجودی را تضمین می‌کند و در عین حال موجودی اضافی یا موجودی را به حداقل می‌رساند. (R. Rajesh, 2021)

### مزایا و چالش‌های اجرای انعطاف‌پذیری زنجیره تامین

یکی از مزایای اصلی اجرای انعطاف‌پذیری زنجیره تامین، توانایی پاسخگویی سریع به تغییرات تقاضای مشتری است. با داشتن یک زنجیره تامین منعطف، شرکت‌ها می‌توانند به راحتی فرآیندهای تولید و توزیع خود را برای پاسخگویی به سطوح مختلف تقاضا بدون

متحمل شدن هزینه های بیش از حد یا تاخیر تنظیم کنند. این به بهبود رضایت مشتری و حفظ مزیت رقابتی در بازار کمک می کند.

مزیت دیگر بهبود مدیریت ریسک است. انعطاف پذیری زنجیره تامین به شرکت ها اجازه می دهد تا اختلالات احتمالی مانند بلایای طبیعی، بی ثباتی سیاسی یا مسائل تامین کننده را بهتر پیش بینی و کاهش دهند. سازمان ها با داشتن گزینه های جایگزین و کانال های توزیع می توانند تأثیر این اختلالات را بر عملکرد خود به حداقل برسانند و تداوم را تضمین کنند. با این حال، اجرای انعطاف پذیری زنجیره تامین نیز چالش های متعددی را به همراه دارد. این نیاز به سرمایه گذاری قابل توجهی در فناوری، زیرساخت و آموزش کارکنان دارد تا هماهنگی یکپارچه را در مراحل مختلف زنجیره تامین فراهم کند. علاوه بر این، مدیریت تامین کنندگان و شرکای متعدد می تواند پیچیده باشد و ممکن است منجر به افزایش هزینه های هماهنگی شود. (Silva & Figueiredo, 2020)

در این مقاله تلاش شده است عوامل موثر بر انعطاف زنجیره تامین بر اساس یکی از مدل های تصمیم گیری چندمعیاره SAW, TOPSIS, AHP, ARAS, MEREC شناسایی شود.

### پیشینه ی انعطاف پذیری زنجیره تامین

تاریخچه انعطاف پذیری در زنجیره تامین توسعه اولیه انعطاف پذیری زنجیره تامین مفهوم انعطاف پذیری زنجیره تامین را می توان به اوایل قرن بیستم ردیابی کرد، زمانی که کسب و کارها شروع به تشخیص نیاز به سازگاری در عملیات خود کردند. در ابتدا، زنجیره های تامین سفت و سخت و غیر قابل انعطاف بودند و برای پاسخگویی به الگوهای تقاضای خاص با فضای کمی برای تغییر طراحی شدند. با این حال، با گسترش بازارهای جهانی و متنوع تر شدن تقاضاهای مشتریان، شرکت ها به اهمیت توانایی واکنش سریع به شرایط متغیر پی بردند. (A. Dolgui et al, 2020)

یکی از پیشرفت های اولیه در دستیابی به انعطاف پذیری زنجیره تامین، معرفی تولید Just-in-Time JIT در ژاپن در طول دهه ۱۹۶۰ بود هدف این رویکرد کاهش سطح موجودی و بهبود پاسخگویی از طریق همگام سازی تولید با تقاضای مشتری بود.

تولید JIT با لاغرتر و چابک تر کردن زنجیره های تامین انقلابی ایجاد کرد. نقطه عطف مهم دیگر در توسعه اولیه انعطاف پذیری زنجیره تامین، پیاده سازی سیستم های اطلاعاتی مبتنی بر رایانه در دهه ۱۹۸۰ بود. (M. Rossini et al, 2021) چالش ها و نوآوری ها در انعطاف پذیری زنجیره تامین انعطاف پذیری زنجیره تامین در یک چشم انداز کسب و کار که به سرعت در حال تحول است، بسیار حیاتی شده است. با این حال، دستیابی به انعطاف پذیری و حفظ آن بدون چالش نیست. یکی از موانع اصلی غیرقابل پیش بینی بودن تقاضای مصرف کننده است که اغلب به دلیل روند بازار، شرایط اقتصادی یا رویدادهای پیش بینی نشده در نوسان است. این امر مستلزم آن است که مدیران زنجیره تامین به طور مستمر استراتژی ها و عملیات خود را برای برآوردن نیازهای متغیر مشتری تطبیق دهند. (M. Attaran, 2020)

چالش دیگر در مدیریت روابط تامین کنندگان و اطمینان از انعطاف پذیری آنها نهفته است. تکیه بر یک منبع واحد برای اجزا یا مواد حیاتی می تواند کسب و کارها را در برابر اختلالات آسیب پذیر کند (Deepak Jain, 2023). بنابراین، شرکت ها اکنون در حال بررسی راه حل های نوآورانه مانند منبع یابی دوگانه یا توسعه چندین تامین کننده برای افزایش انعطاف پذیری هستند. علاوه بر این، پیشرفت های فناوری با فعال کردن تجزیه و تحلیل داده های بلادرنگ، اتوماسیون و تجزیه و تحلیل پیش بینی کننده، نقش حیاتی در ایجاد انعطاف پذیری زنجیره تامین ایفا کرده است. (R. Singh et al, 2020) این نوآوری ها به شرکت ها کمک می کند تا سطوح موجودی را بهینه کنند، فرآیندهای انجام سفارش را بهبود بخشند و چابکی کلی را افزایش دهند. تأثیر جهانی سازی بر انعطاف پذیری زنجیره تامین تأثیر جهانی سازی بر انعطاف پذیری زنجیره تامین عمیق بوده است. همانطور که شرکت ها فعالیت های خود را به بازارهای

جدید گسترش دادند و منابع جهانی را پذیرفتند، نیاز به زنجیره های تامین انعطاف پذیر آشکار شد. جهانی شدن رقابت را افزایش داد، تقاضای مشتریان نوسان داشت و شبکه پیچیده تری از تامین کنندگان و شرکا را به همراه داشت. (H.Siagian et al,2021) یکی از تأثیرات کلیدی جهانی شدن بر انعطاف پذیری زنجیره تأمین، نیاز به پاسخگویی سریع است. با توجه به اینکه محصولات از کشورهای مختلف تهیه می شوند و پایگاه های مشتریان در سطح جهانی گسترش می یابد، شرکت ها باید بتوانند به سرعت خود را با تغییرات تقاضا یا اختلالات پیش بینی نشده سازگار کنند. این امر به زنجیره های تامین چابکی نیاز دارد که بتوانند برنامه های تولید را تنظیم کنند، مسیر حمل و نقل را تغییر دهند، یا تامین کنندگان را در کوتاه مدت تغییر دهند زنجیره تامین با ادامه مسیریابی کسبوکارها در یک چشم انداز جهانی در حال تغییر، نیاز به انعطاف پذیری زنجیره تامین اهمیت فزاینده ای پیدا می کند. با نگاهی به آینده، چندین روند و استراتژی آینده برای افزایش انعطاف پذیری زنجیره تامین در حال ظهور هستند. در مرحله اول، پذیرش دیجیتال شدن و استفاده از فناوری های پیشرفته مانند هوش مصنوعی (AI) و یادگیری ماشینی می تواند انعطاف پذیری زنجیره تامین را به طور قابل توجهی بهبود بخشد.

(Jinye Zhao et al,2017) این فناوری ها، تجزیه و تحلیل داده های بلادرنگ، مدل سازی پیش بینی کننده و اتوماسیون را امکان پذیر می کنند و به کسبوکارها اجازه می دهند تا به سرعت با نوسانات تقاضا یا اختلالات در زنجیره تامین سازگار شوند. ثانیاً، تقویت همکاری در کل شبکه زنجیره تامین بسیار مهم است. ایجاد شراکت قوی با تامین کنندگان، توزیع کنندگان و ارائه دهندگان تدارکات، به اشتراک گذاری اطلاعات را ارتقا می دهد و تصمیم گیری چابک را ممکن می سازد. تلاش های مشترک همچنین می تواند به شیوه های کارآمدتر مدیریت موجودی منجر شود و زمان تحویل را کاهش دهد. در نهایت، اتخاذ یک رویکرد مدولار برای طراحی و تولید محصول، امکان سفارشی سازی و مقیاس پذیری بیشتری را فراهم می کند. (M. Attara, 2020)

### جدول شماره (۱) مهمترین دیدگاههای دیگر درباره انعطاف پذیری زنجیره تأمین را نشان میدهد.

جدول (۱) خلاصه چارچوبهای مورد استفاده در توسعه انعطاف پذیری زنجیره تأمین

محقق	بعد انعطاف پذیری
انعطاف پذیری در بخشهای مختلف زنجیره تأمین، از جمله توسعه محصول جدید، تدارکات و تهیه، تولید و توزیع.	کومار و همکاران [۶۱۲۰]
پاسخگویی، شایستگی، انعطاف پذیری و سرعت	گوناسکاران و همکاران [۲۰۱۸]
تدارکات انعطاف پذیری افزایشی، ایجاد انعطاف پذیری افزایشی، توزیع انعطاف پذیری افزایشی، انعطاف پذیری بازگشت بیش از حد به تامین کنندگان، ایجاد کاهش انعطاف پذیری و توزیع با کاهش انعطاف پذیری	SCOR مدل (۲۰۰۲)
فناوری محصول، تکنیکهای مدیریت محصول، منابع انسانی، ارتباط با زیردستان و توزیع کنندگان توزیع، طراحی محصول و سیستم اطلاعات	گوپتا و همکاران [۲۰۱۷]
سه سطح انعطاف پذیری عملیاتی (شامل تجهیزات، مواد، مسیریابی، جابجایی مواد)، انعطاف پذیری فنی (از جمله ترکیب، حجم، گسترش و پالایش) و انعطاف پذیری استراتژیک (از جمله محصولات و بازارهای جدید)	ناراسیمهان داس [۲۰۱۹]



5

اولویت بندی شاخصهای عملکرد و درآمد ، شناسایی زیرساختهای حیاتی که بر اثرات تأثیر میگذارد ، تعیین حساسیت و آمادگی زیرساختها ، نوشتن سناریوهای مدل برای حساسیت و آمادگی ، ایجاد پاسخ به سناریوها و نظارت ، کشف و پاسخ به تغییرات و آشفتگیها	لوستائوس 200]۹]
امنیت اطلاعاتی ، فیزیکی و حمل و نقل	رایس و کانیا تو [۲۰]19]
راهکارهایی برای کاهش عدم اطمینان و ایجاد انعطاف پذیری	کارا و کائیس [۲۰]17]
استراتژیهای تولید انعطاف پذیر در دو زمینه کنترل تولید و تمرکز فنی (قابلیت دامنه فرآیند ، قابلیت طراحی ، زمان ، فرآیند ، یکپارچه سازی مقیاس و فرآیند و وضعیت نظارت خودکار) و تمرکز نیروی کار (نیروی کار چند رشته ای ، نیروی کار منعطف و قراردادی ، برون سپاری و واسطه تأخیر)	کارا و کائیس [۲۰]20] الهآگر و وست [۲۲]۲۰]
تأخیر، موجودی استراتژیک، زیرساختهای انعطاف پذیر تأمین، ساخت وساز و خرید، مشوقهای اقتصادی، حمل و نقل انعطاف پذیر، قیمت گذاری و تبلیغ پویا، توالی و تغییر محصول آرام	تانگ و تانگ [۲۰]19]
انعطاف پذیری در زنجیره تأمین بر اساس استراتژیهای احتمالی و اقدامات کنترل	تاملین [۲]017]
اشتراک اطلاعات ، پذیرش امنیت تأخیر ، میزان مشارکت و برنامه ریزی اضطراری	پارک [2]۰۸]
ساختار سازمانی ، روش شرکت ، ارتباطات و تجارت ، استراتژیهای عملیاتی ، اتصالات خریدار و تأمین کننده و کنترل هجوم	ستادلر و کیلگر [۲۰۰۲]
طراحی و ساخت محصولات جدید و سفارشی سازی	سرولاکی و دیویس [۲۰۱۹]
هزینه ، خدمات مشتری ، کنترل موجودی ، سطح خدمات ، راندمان عملکرد ، عملکرد تأمین کننده ، زمان	کسن و همکاران [۲۰]۰۲۰]
زمان ، بهره برداری ، موجودی ، ارتباطات و اطلاعات	وانگ [۲۰۱۸]
و جهت گیری بازار و بازاریابی ، پاسخگویی به بازار ، کسب و توزیع ، تحویل و تدارکات	ویکری همکاران [۲۰]20]
انتقال کالا ، تولید ، حجم و سفارش ، مسیر	ماتیلده و همکاران [۲۰]21]

### معرفی تکنیک ARAS

برای تعیین بهترین گزینه از تکنیک ARAS استفاده شده است. تکنیک ARAS بوسیله زاوادساکاس و همکارانش به سال 2010 پیشنهاد شد. این روش یکی از بهترین روش های تصمیم گیری چند معیاره برای انتخاب بهترین گزینه است. بهترین گزینه آن است که بیشترین فاصله را از عوامل منفی و کمترین فاصله را از عوامل مثبت داشته باشد. در این مطالعه براساس تکنیک ARAS مشخص خواهد شد بهترین گزینه کدام است؟

### گام اول: تشکیل ماتریس تصمیم

ماتریس تصمیم 11x11 در جدول شماره 2 ارائه شده است.

جدول شماره (2)

رتبه بندی عوامل موثر بر انعطاف پذیری زنجیره تامین براساس روش ARAS											
ارزش	طراحی و توسعه محصول جدید	انعطاف پذیر	تجهیزات	حجم سفارش	فناوری اطلاعات	سطح موجودی در گردش	پیش بینی تقاضا	کیفیت محصول	مسیر حمل	زمان تحویل و تدارکات	قیمت کالا
انعطاف پذیری	۵.۹	۷	۵.۸	۵.۷	۶.۹	۴.۹	۵.۱	۵.۱	۶.۷	۵.۸	۶.۶
فناوری اطلاعات	۶.۳	۶.۲	۵.۷	۴.۷	۶.۶	۷.۳	۶.۸	۵.۹	۵.۱	۶.۴	۶.۱
کیفیت محصول	۵.۹	۶.۸	۵.۲	۵.۴	۵.۶	۵.۵	۶.۲	۶.۹	۶.۹	۵.۹	۶.۷
پیش بینی تقاضا	۶.۲	۶.۲	۵.۳	۶.۳	۶.۶	۶.۷	۵	۵.۸	۵.۷	۵.۴	۵.۸
طراحی و توسعه محصول جدید	۶.۲	۷	۵.۱	۶.۸	۷.۱	۵	۶.۲	۵.۸	۶.۷	۷	۶.۳
مسیر حمل	۷.۱	۶.۸	۷.۱	۵.۴	۶.۲	۵.۶	۷.۴	۶.۷	۵.۹	۶.۳	۵.۷
تجهیزات	۵.۵	۶.۸	۶.۷	۷.۲	۵.۴	۷	۶.۴	۵.۷	۶	۶.۳	۷.۳
حجم سفارش	۶.۴	۶	۵.۳	۵.۲	۵.۳	۶.۵	۶.۶	۵	۶.۳	۴.۵	۵.۶
سطح موجودی در گردش	۵.۲	۷.۶	۶.۱	۶.۶	۵	۵	۵.۹	۵.۷	۵.۹	۷	۵.۸
زمان تحویل و تدارکات	۵.۹	۶.۹	۶.۶	۴.۹	۵.۴	۵.۸	۶.۱	۶.۴	۶.۳	۶.۲	۵.۷
قیمت کالا	۴.۹	۶.۳	۵.۵	۴.۸	۶.۵	۶.۱	۷.۱	۷.۷	۵.۹	۶.۸	۵.۲
$\Sigma = \text{sum}(E3:E13)$	65.50	73.60	64.40	63.00	66.60	65.40	68.80	66.70	67.40	67.60	66.80

### گام دوم: تهیه ماتریس بی مقیاس شده

در گام دوم بی مقیاس سازی ماتریس تصمیمگیری با روش خطی صورت گرفته است. ماتریس بی مقیاس شده را با  $N$  و هر درایه آن را با  $n_{ij}$  نشان میدهند. در تکنیک ARAS نرمال سازی بروش خطی صورت میگیرد.

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum x_{ij}}$$

اگر شاخصها از نوع منفی (زیان) باشند ابتدا باید معکوس شوند و سپس به روش خطی نرمال شوند. بنابراین برون داد تکنیک ARAS برای ماتریس بی مقیاس شده  $N$  به صورت جدول شماره (3) است.

جدول شماره (۳)

رتبه بندی عوامل موثر بر انعطاف پذیری زنجیره تامین براساس روش ARAS														
			قیمت کالا	زمان تحویل و تدارکات	مسیر حمل	کیفیت محصول	پیش بینی تقاضا	سطح موجودی در گردش	فناوری اطلاعات	حجم سفارش	تجهیزات	انعطاف پذیر	طراحی و توسعه محصول جدید	
0.151515	0.172414	0.149254	۶.۶	۵.۸	۶.۷	۵.۱	۵.۱	۴.۹	۶.۹	۵.۷	۵.۸	۷	۵.۹	انعطاف پذیری
0.163934	0.15625	0.196078	۶.۱	۶.۴	۵.۱	۵.۹	۶.۸	۷.۳	۶.۶	۴.۷	۵.۷	۶.۲	۶.۲	فناوری اطلاعات
0.149254	0.169492	0.144928	۶.۷	۵.۹	۶.۹	۶.۹	۶.۲	۵.۵	۵.۶	۵.۴	۵.۲	۶.۸	۵.۹	کیفیت محصول
0.172414	0.185185	0.175439	۵.۸	۵.۴	۵.۷	۵.۸	۵	۶.۷	۶.۶	۶.۳	۵.۳	۶.۲	۶.۲	پیش بینی تقاضا
0.15873	0.142857	0.149254	۶.۳	۷	۶.۷	۵.۸	۶.۲	۵	۷.۱	۶.۸	۵.۱	۷	۶.۲	طراحی و توسعه محصول جدید
0.175439	0.15873	0.169492	۵.۷	۶.۳	۵.۹	۶.۷	۷.۴	۵.۶	۶.۲	۵.۴	۷.۱	۶.۸	۷.۱	مسیر حمل
0.136986	0.15873	0.166667	۷.۳	۶.۳	۶	۵.۷	۶.۴	۷	۵.۴	۷.۲	۶.۷	۶.۸	۵.۵	تجهیزات
0.178571	0.222222	0.15873	۵.۶	۴.۵	۶.۳	۵	۶.۶	۶.۵	۵.۳	۵.۲	۵.۳	۶	۶.۴	حجم سفارش
0.172414	0.142857	0.169492	۵.۸	۷	۵.۹	۵.۷	۵.۹	۵	۵	۶.۶	۶.۱	۷.۶	۵.۲	سطح موجودی در گردش
0.175439	0.16129	0.15873	۵.۷	۶.۲	۶.۳	۶.۴	۶.۱	۵.۸	۵.۴	۴.۹	۶.۶	۶.۹	۵.۹	زمان تحویل و تدارکات
0.192308	0.147059	0.169492	۵.۲	۶.۸	۵.۹	۷.۷	۷.۱	۶.۱	۶.۵	۴.۸	۵.۵	۶.۳	۴.۹	قیمت کالا
1.83	1.82	1.81	66.80	67.60	67.40	66.70	68.80	65.40	66.60	63.00	64.40	73.60	65.50	$\Sigma=\text{sum}(E3:E13)$

7

### گام سوم: تهیه ماتریس بی مقیاس موزون

در گام سوم باید ماتریس بی مقیاس (N) به ماتریس بی مقیاس موزون (V) تبدیل شود. برای بدست آوردن ماتریس بی مقیاس موزون

باید اوزان شاخصها را داشته باشیم. وزن هر یک از شاخصها با استفاده از تکنیک ANP قبلاً محاسبه شده است. اوزان محاسبه شده در

ماتریس بی مقیاس شده ضرب میشود. ماتریس حاصل را ماتریس بی مقیاس شده موزون گویند و با V نشان داده میشود.

نتیجه این محاسبه در جدول شماره (۴) آمده است.

جدول شماره (۴)

0.082931	0.094884748	0.08257223	0.07646177	0.074127907	0.074923547	0.103603604	0.0904762	0.0900621	0.0951087	0.090076336	انعطاف پذیری
0.089729	0.085989303	0.108477244	0.08845577	0.098837209	0.111620795	0.099099099	0.0746032	0.0885093	0.0842391	0.096183206	فناوری اطلاعات
0.081693	0.093276532	0.080178832	0.10344828	0.090116279	0.084097859	0.084084084	0.0857143	0.0807453	0.0923913	0.090076336	کیفیت محصول
0.09437	0.101913248	0.097058587	0.08695652	0.072674419	0.102446483	0.099099099	0.1	0.0822981	0.0842391	0.094656489	پیش بینی تقاضا
0.08688	0.078618792	0.08257223	0.08695652	0.090116279	0.076452599	0.106606607	0.1079365	0.0791925	0.0951087	0.094656489	طراحی و توسعه محصول جدید
0.096025	0.087354213	0.093768465	0.10044978	0.10755814	0.085626911	0.093093093	0.0857143	0.1102484	0.0923913	0.108396947	مسیر حمل
0.074979	0.087354213	0.092205657	0.08545727	0.093023256	0.107033639	0.081081081	0.1142857	0.1040373	0.0923913	0.083969466	تجهیزات
0.09774	0.122295898	0.087814912	0.07496252	0.095930233	0.099388379	0.07957958	0.0825397	0.0822981	0.0815217	0.097709924	حجم سفارش
0.09437	0.078618792	0.093768465	0.08545727	0.085755814	0.076452599	0.075075075	0.1047619	0.0947205	0.1032609	0.079389313	سطح موجودی در گردش
0.096025	0.088763152	0.087814912	0.09595202	0.088662791	0.088685015	0.081081081	0.0777778	0.1024845	0.09375	0.090076336	زمان تحویل و تدارکات
0.105259	0.080931109	0.093768465	0.11544228	0.103197674	0.093272171	0.097597598	0.0761905	0.0854037	0.0855978	0.07480916	قیمت کالا
1.000	0.048	0.051	0.051	0.167	0.127	0.110	0.097	0.109	0.060	0.091	wi

8

### گام چهارم: شناسایی گزینه بهینه

در این گام میزان مطلوبیت هر گزینه بوسیله تابع مطلوبیت با رابطه زیر محاسبه میشود. مجموع مقادیر  $S_i$  برابر یک میشود. بهترین گزینه آن است که  $S_i$  بزرگتری دارد. همچنین در نهایت باید درجه مطلوبیت محاسبه شود. درجه مطلوبیت گزینه  $A_i$  براساس مقایسه  $S_i$  با یک مقدار بهینه محاسبه میشود. مقدار بهینه (So) براساس دیدگاه خبرگان، نرم صنعت یا بهترین مقادیر ماتریس موزون شده قابل حصول است. جدول شماره (۵)

جدول شماره (۵)

0.0040	0.0048	0.0042	0.0128	0.0094	0.0082	0.0101	0.0099	0.0054	0.0086	0.0082	انعطاف پذیری
0.0043	0.0043	0.0055	0.0148	0.0125	0.0122	0.0097	0.0081	0.0053	0.0076	0.0087	فناوری اطلاعات
0.0039	0.0047	0.0041	0.0173	0.0114	0.0092	0.0082	0.0094	0.0048	0.0084	0.0082	کیفیت محصول
0.0045	0.0051	0.0049	0.0145	0.0092	0.0112	0.0097	0.0109	0.0049	0.0076	0.0086	پیش بینی تقاضا
0.0042	0.0040	0.0042	0.0145	0.0114	0.0084	0.0104	0.0118	0.0047	0.0086	0.0086	طراحی و توسعه محصول جدید
0.0046	0.0044	0.0048	0.0168	0.0136	0.0094	0.0091	0.0094	0.0066	0.0084	0.0098	مسیر حمل
0.0036	0.0044	0.0047	0.0143	0.0118	0.0117	0.0079	0.0125	0.0062	0.0084	0.0076	تجهیزات
0.0047	0.0062	0.0045	0.0125	0.0121	0.0109	0.0078	0.0090	0.0049	0.0074	0.0089	حجم سفارش
0.0045	0.0040	0.0048	0.0143	0.0109	0.0084	0.0073	0.0114	0.0056	0.0094	0.0072	سطح موجودی در گردش
0.0046	0.0045	0.0045	0.0160	0.0112	0.0097	0.0079	0.0085	0.0061	0.0085	0.0082	زمان تحویل و تدارکات
0.0050	0.0041	0.0048	0.0193	0.0131	0.0102	0.0095	0.0083	0.0051	0.0078	0.0068	قیمت کالا
0.1105	0.0050	0.0062	0.0055	0.0193	0.0136	0.0122	0.0104	0.0125	0.0066	0.0094	Ki

$$K_i = \frac{S_i}{\sum S_i}$$



درجه مطلوبیت گزینه K با  $K_j$  نشان داده شده و به صورت زیر قابل محاسبه است

مقدار  $K_i$  بین (1,0) است و هرچه درجه مطلوبیت به یک نزدیکتر باشد گزینه بهتر خواهد بود

جدول تعیین اوزان نهایی گزینه ها



رتبه	Ki	Si	
11	0.0094	0.0855	انعطاف پذیری
3	0.0103	0.0931	فناوری اطلاعات
8	0.0099	0.0895	کیفیت محصول
5	0.0101	0.0912	پیش بینی تقاضا
6	0.0100	0.0907	طراحی و توسعه محصول
1	0.0107	0.0968	مسیر حمل
4	0.0103	0.0930	تجهیزات
9	0.0098	0.0888	حجم سفارش
10	0.0097	0.0877	سطح موجودی کالا
7	0.0099	0.0897	زمان تحویل و تدارکات
2	0.0104	0.0939	قیمت کالا

نتیجه گیری:

آنچه باید مورد بررسی قرار گیرد شناسایی عوامل موثر بر انعطاف پذیری زنجیره تامین بوده، که یکی از اساسی ترین ارکان سازمانهای صنعتی و تولیدی می باشد، عواملی که تاثیرات مثبت و منفی بر زنجیره گذاشته، که به تعداد گسترده ای از آنها در مقالات و تحقیقات مربوط به حوزه انعطاف پذیری زنجیره تامین پرداخته شده است، (جدول شماره-۲)، با توجه به رشد فناوریهای اطلاعاتی و هوش مصنوعی هر روز به تعداد و تنوع آنها افزوده می شود، هر کدام از این عوامل دارای رتبه و ارزش خاصی هستند که در این مقاله از طریق روش ARAS عوامل موثر بر زنجیره تامین رتبه بندی خواهند شد. بر اساس این روش عواملی مانند مسیر حمل، قیمت کالا و فناوری اطلاعات در انعطاف پذیری زنجیره تامین بالاترین رتبه را کسب نمودند.

منابع

- 1- نقش تعدیلگری انعطاف پذیری زنجیره تامین  
نشریه مدیریت توسعه و تحول، بهار ۱۴۰۱، ص ۱۳۷-۱۴۸
- 2- انعطاف پذیری زنجیره تامین و تاثیر آن روی عملکرد شرکت

کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت، تهران، دبیرخانه دائمی کنفرانس ص ۱۱۱-۱۱۳ فهیمه صفی خانی و همکاران، ۱۴۰۰)

مدیریت انعطاف پذیری در زنجیره تامین 3 -

(مجله مدیریت توسعه و تحول ۵۵-۶۵، ابوالفضل خطی دیز آبادی، ۱۳۹۹)

نقش قابلیت انعطاف پذیری تولیدو چابکی زنجیره تأمین 4 -

(راجله عباسی بسطامی وهمکاران نشریه پژوهشهای مهندسی صنایع درسیستمهای تولید، سال هفتم، شماره چهاردهم، صص ۱۰۵-۱۳۹۸، ۱۳۲۰)

5- بررسی تاثیر قابلیت پویایی زنجیره تامین بر عملکرد آن با تاب آوری زنجیره تامین

(مصطفی شیخ آقا خانی و همکاران طراحی مدل سنجش تاب آوری زنجیره تامین با رویکرد مدل سازی معادلات ساختاری، چشم انداز مدیریت صنعتی، ۹۱-۱۳۹۵، ۱۱۴)

6- Impact of Supply Chain Integration and Operational Flexibility on Service Quality (International Journal of Business Analytics and Security (IJBAS) · October 2023)

7-Supply Chain Integration Enables Resilience, Flexibility, and Innovation to-7 Improve Business Performance in COVID-19 Era

(Izmir Katip Celebi:2020)

۷- Lean Production and Industry 4.0 integration: how Lean Automation is emerging in manufacturing industry (Authors: M. Rossini et al. Publication Year: 2021,56-62)

۸- Digital technology enablers and their implications for supply chain management

(Authors: M. Attaran. Publication Year: 2020,22-29)

۹- Supplier Relationship Management

(Authors: Deepak Jain Publication Year: 2023,17-25)

۱۰- A template-based approach to measure supply chain flexibility: a case study of Indian soap manufacturing firm

(Authors: R. Singh et al. Publication Year: 2020,23-38)

۱۱- Supply Chain Integration Enables Resilience, Flexibility, and Innovation to Improve Business Performance in COVID-19 Era

(Authors: H. Siagian et al, Publication Year: 2021,65-72)

۱۲- A robust possibilistic flexible programming approach towards a resilient and cost efficient biodiesel supply chain network

(department of industrial and manufacturing, university of engineering and technology (UET) department of industrial engineering yonesi university, 50 yonesi-ro, sinchon-dong, seodaemun-gu, seoul, south Korea 2022)

۱۳- Strategic Formation and Reliability of Supply Chain Networks (Working Paper, January 15, 2020)

۱۴- Adapting to Disruptions: Flexibility as a Pillar of Supply Chain Resilience

(Ambra Amico, Luca Verginer, Giona Casiraghi, Giacomo Vaccario, Frank Schweitzer Chair of Systems Design, 2023)

(ETH Zurich, Weinbergstrasse 56/58, 8092 Zurich, Switzerland)

۱۵- A Knowledge Graph Perspective on Supply Chain Resilience

(Yushan Liu<sup>1,4,\*</sup>, Bailan He<sup>1,4</sup>, Marcel Hildebrandt<sup>1</sup>, Maximilian Buchner<sup>1</sup>, Daniela Inzko<sup>1</sup>, Roger Wernert<sup>3</sup>, Emanuel Weigel<sup>2</sup>, Dagmar Beyer<sup>1</sup>, Martin Berbalk<sup>1</sup> and Volker Tresp<sup>1,4</sup>, 2023)



# 6<sup>th</sup> International Conference in Management & Industry

18 January 2024- Online

- ۱۶- Adapting to Disruptions: Flexibility as a Pillar of Supply Chain Resilience  
(Ambra Amico Luca Verginer Giona Casiraghi Giacomo Vaccario Frank Schweitzer Chair of Systems Design,)
- ۱۷- Reducing Forecast Risk with Supply Chain Flexibility  
(Swami Keshvanand Institute of Technology Management and Gramothan (SKIT).2023)
- ۱۸- Supply chain resilience during the COVID-19 pandemic  
(Dilek Ozdemira, Mahak Sharma, Amandeep Dhir c,d,e, Tugrul Daim f,g,2022)  
(Izmir Katip Celebi University, Turkey b National Institute of Industrial Engineering, NITIE, Mumbai, India  
c Department of Management, School of Business & Law, University of Agder, Norway)