مقایسه‌ی رتبه‌بندی عوامل مؤثر در مدیریت خطر زنجیره‌ی تأمین به روش الکتر I فازی و روش نمونه‌گیری جک‌نایف همراه با تحلیل بازه‌ای

محمدرضا عدالت سروستانی *: کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران،
Email:edalatmrs@pgs.usb.ac.ir

محمدرضا شهرکی: استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۳/۲/۲۶
تاریخ پذیرش: ۹۴/۹/۲۴

چکیده

با توجه به تغییرات سریع و گسترده‌ی زنجیره‌ی تأمین، سازمان‌ها برای بقا در چرخه‌ی رقابت و به منظور اجرای مدیریت اثربخش زنجیره‌ی تأمین باید فرآیند شناسایی و ارزیابی دقیق خطر را انجام دهند. در مواقعی که به علت کمبود نیروی متخصص و یا محدودیت زمانی اطلاعات اندکی دردست است، برخی از مدل‌های موجود رتبه‌بندی دقیقی از خطرهای زنجیره‌ی تأمین ارائه نمی‌دهند. برای رفع این مشکل، در این مقاله، از روش نمونه‌گیری مجدد جک‌نایف استفاده شده است. علاوه‌بر این، تعیین مقدار دقیق خطر در واقعیت امری مشکل است؛ بدین منظور، در این تحقیق، از حالت فازی و روش تحلیل بازه‌ای برای برآورد خطرها به شکل بازه با توجه به مفهوم فاصله‌ی اطمینان و آرای متخصصان استفاده شده است؛ ازاین‌رو، این مقاله با استفاده از روش الکتر I فازی و همچنین روش نمونه‌گیری مجدد جک‌نایف و تجزیه‌وتحلیل بازه‌ای به ارزیابی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر در مدیریت خطر زنجیره‌ی تأمین پرداخته شده است. نتایج محاسبات نشان می‌دهد که روش نمونه‌گیری مجدد جک‌نایف همراه با تحلیل بازه‌ای رتبه‌بندی دقیق‌تری در مقایسه با روش الکتر I فازی ارائه می‌دهد و عامل محیط بیرونی دارای بیشترین اهمیت و عامل پشتیبانی دارای کمترین اهمیت است. همچنین، در بین خطرهای مرتبط با عامل محیط بیرونی، مسائل سیاسی بیشترین اهمیت و مسائل اجتماعی کمترین اهمیت را دارند.

واژه‌های کلیدی: *رتبه‌بندی خطر، زنجیره‌ی تأمین، الکتر I فازی، روش نمونه‌گیری مجدد جک‌نایف، تحلیل بازه‌ای*

Comparing affective factors Ranks in the supply chain Management by using Fuzzy ELECTRE (I) method and Jackknife resampling method with an Interval Analysis

Mohammad Reza Edalat Sarvestani *[1], Mohammad Reza Shahraki [2]

Abstract

Due to rapid and extensive changes in the supply chain and to survive in competitive cycle, to have an effective supply chain management, orizations have to identify and assess risks accurately. In situations that the number of experts are not enough so, we encounter lack of sufficient information, some existent methods cannot present accurate ranking of the supply chain risks. To solve this problem, in this paper we used jackknife resampling method. moreover, Because of the difficulty of determining the exact amount of risks in real world, in this paper Fuzzy calculation interval analysis technique which was based upon confidence interval and experts opinions is applied. So in this article by means of Fuzzy ELECTRE (I) techniqe and also jackknife re-sampling method and interval analysis we pursue assessment and ranking of effective factors in the risk management of supply chain. Calculation results show that Jackknife resampling method along with interval analysis can provide more exact ranking that fuzzy ELECTRE (I) and external environment factor and related factor to the supporting system are the most and the least important factor respectively and among the risks associated with external environment, political issue are the most important factors and the least significant rank belongs to social issues.

Keywords: *Ranking Risk, Supply Chain, Fuzzy ELECTRE(I), Jackknife resampling method, Interval Analysis*

1 MSc. Student of Industrial Engineering, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, IRAN; Email:edalatmrs@pgs.usb.ac.ir
2 Assistant Professor, Industrial Engineering Department, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, IRAN

www.SID.ir

مقدمه

به علت تغییرات سریع و گسترده‌ی زنجیره‌ی تأمین در سال‌های اخیر و همچنین عواملی مثل برون‌سپاری، افزایش تنوع محصولات و خدمات، جهانی شدن و ظهور فناوری‌های جدید، پیچیدگی و سطح عدم اطمینان موجود در زنجیره‌ی تأمین رو به افزایش است. از طرفی، سازمان‌ها برای افزایش قابلیت رقابت‌پذیری مجبور به مدیریت اثربخش زنجیره‌ی تأمین خود هستند که در این راستا شناسایی و مدیریت خطر در کارایی زنجیره‌ی تأمین اهمیت بسیار زیادی دارد [۱].

امروزه ادامه‌ی حیات شرکت‌ها، با توجه به وابستگی اقتصادی آن‌ها، بدون تغییر و تحول تقریباً غیرممکن است و چون هر شرکت به صورت زنجیره‌ی تأمین به دیگر شرکت‌ها مرتبط است، بی‌ثباتی در یک شرکت و یا هر نوع شکست در بخشی از زنجیره در دیگر شرکت‌ها و کل زنجیره اثرگذار خواهد بود [۲].

زنجیره‌ی تأمین ترکیبی از سازمان‌های وابسته به هم منابع و فرآیندهایی است که محصولات تولیدی و خدمات پس از فروش را به دست مشتریان نهایی می‌رساند [۳]. مدیریت زنجیره‌ی تأمین مجموعه روش‌هایی است که عرضه‌کنندگان، تولیدکنندگان، انبارها و مشتریان را به هم مرتبط می‌سازد [۲]. امروزه مدیریت خطر به صورت مسئله‌ای اساسی برای مدیریت زنجیره‌ی تأمین مطرح شده، هرچند در حوزه‌ی مدیریت زنجیره‌ی تأمین خطر کمتر مورد بحث قرار گرفته است [۱]. خطر زنجیره‌ی تأمین به صورت اتفاقی که در عملیات‌های زنجیره‌ی تأمین تأثیرات مخربی می‌گذارد، معنی می‌شود [۴]. مدیریت خطر نیز به چالش کشیدن فعالیت‌ها خصوصاً در مراحل اولیه است [۵] و هدف از مدیریت خطر زنجیره‌ی تأمین کنترل، نظارت و ارزیابی خطر زنجیره‌ی تأمین به منظور حفظ یکپارچگی و حداکثر نمودن سود است [۲]. هدف از این مقاله اثبات کارایی روش جک‌نایف[۱] همراه با تحلیل بازه‌ای در مقایسه با روش الکتر I فازی[۲] به عنوان مدلی جهت رتبه‌بندی عوامل مؤثر در مدیریت خطر زنجیره‌ی تأمین در وضعیتی است که اطلاعات اندکی درباره‌ی خطرها وجود دارد.

در ادامه‌ی این تحقیق، ابتدا پیشینه‌ای از پژوهش بیان می‌شود، سپس تعاریف پایه‌ای از مجموعه‌های فازی ارائه می‌گردد و در بخش روش‌شناسی پژوهش، روش‌های الکتر فازی و روش نمونه‌گیری جک‌نایف همراه با تحلیل بازه‌ای در سه‌مرحله شامل جمع‌آوری اطلاعات خطر، روش نمونه‌گیری مجدد جک‌نایف و تحلیل بازه شرح داده شده است. در این بخش، کاربرد روش پیشنهادی برای رتبه‌بندی عوامل مؤثر در مدیریت خطر زنجیره‌ی تأمین ارائه شده است. در پایان نیز، نتایج این تحقیق و ارائه‌ی پیشنهادات جهت انجام تحقیقات بیشتر ذکر شده است.

پیشینه‌ی پژوهش

امروزه عواملی مانند جهانی شدن، برون‌سپاری، افزایش تنوع محصولات و خدمات، ظهور فناوری‌های جدید و تغییرات سریع و گسترده‌ی زنجیره‌ی تأمین منجر به افزایش پیچیدگی در این زنجیره شده است [۶]. این افزایش پیچیدگی افزایش سطح عدم اطمینان و خطر موجود در زنجیره‌ی تأمین را به‌دنبال دارد [۷]. اولسان و وو[۳] (۲۰۱۱) با ارائه‌ی یک مدل کمّی برای مدیریت خطر زنجیره‌ی تأمین عوامل مؤثر در مدیریت خطر زنجیره‌ی تأمین معرفی کردند [۸]. ابراهیم‌نژاد و همکاران (۲۰۰۹) معیارهای مؤثر برای خطر را شناسایی و یک مدل MCDM فازی برای ارزیابی خطر ارائه نمودند [۹]. عدالت سروستانی و شهرکی (۱۳۹۲) یک مدل ارزیابی خطر به روش نمونه‌گیری مجدد جک‌نایف همراه با تحلیل بازه‌ای برای مواقعی که اطلاعات اندکی درباره‌ی خطر به علت کمبود نیروی متخصص و یا محدودیت زمانی وجود دارد، ارائه کردند. آن‌ها نشان دادند که روش پیشنهادی آن‌ها در مقایسه با روش نمونه‌گیری بوتستارپ[۴] دقت بیشتری دارد [۱۰]. زو و ژانگ[۵] (۲۰۱۰) یک سیستم مدیریت خطر پویا برای پروژه‌های بزرگ پیشنهاد دادند که شامل پایگاه داده‌ی خطر، شناسایی و تعیین خطر، ارزیابی خطر، پیش‌کنترلی خطر و ردیابی خطر می‌شود [۱۱]. ماکویی و همکاران (۲۰۱۰) یک روش‌شناسی برای تشخیص و آنالیز خطرهای پروژه‌های مهندسی با استفاده از روش تصمیم‌گیری گروهی‌فازی ارائه کردند [۱۲]. کوکچیلا و گستالدی[۶] (۲۰۰۶) خطرهای زنجیره‌ی تأمین را به دوگروه خطرهای داخلی (اختلافات ظرفیت، تأخیرات اطلاعات، فاکتورهای سازمانی) و خطرهای خارجی (قیمت‌های بازار، رفتار رقبا، کیفیت تأمین‌کنندگان و مسائل سیاسی) تقسیم نمودند [۱۳]. براساس یک دسته‌بندی مفید دیگر، خطرهای زنجیره‌ی تأمین به چهاردسته‌ی خطر تأمین، خطر تقاضا، خطر عملیاتی و خطر ایمنی تقسیم شده است [۱۴، ۷].

سوفایلوگلو و کارتال[۷] (۲۰۱۲) از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی برای مشخص کردن مهم‌ترین خطرهای زنجیره‌ی تأمین استفاده کردند و راهبردهای مدیریت خطر را برای واکنش به این خطرها در یک مطالعه‌ی موردی برای مدیریت زنجیره‌ی تأمین یک شرکت در صنعت آهن و فولاد به‌کار بردند. نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق آن‌ها نشان می‌دهد که خطرهای تأمین و خطرهای عملیاتی مهم‌ترین خطرها هستند [۱۵]. شاه‌بندرزاده و مصلی‌نژاد (۱۳۹۱) یک مدل سلسله‌مراتبی جهت شناسایی عوامل مؤثر در مدیریت خطر در زنجیره‌ی تأمین معرفی کردند و در آن عوامل مؤثر در مدیریت خطر زنجیره را در شش‌دسته‌ی کلی شامل خطر محیطی، خطر تقاضا، خطر سیستم‌های اطلاعاتی، خطر عملیاتی، خطر تأمین‌کننده و خطر پشتیبانی تقسیم‌بندی نمودند [۱۶].

بررسی پیشینه‌ی تحقیق نشان می‌دهد که تحقیقات پیشین بیشتر درباره‌ی شناسایی و تقسیم‌بندی خطرهای زنجیره‌ی تأمین با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره بوده است. در تصمیم‌گیری‌های واقعی به علت کمبود نیروی متخصص و یا محدودیت زمانی، اطلاعات جامع درباره‌ی خطر موجود نیست؛ بدین منظور، می‌توان از روش‌های نمونه‌گیری مجدد برای شناسایی خطرها و عوامل آن‌ها به وسیله‌ی تعداد کمی داده استفاده کرد. لازم است یادآوری شود که استفاده از روش‌های نمونه‌گیری مجدد موجب می‌شود که محاسبات در مرحله‌ی

Archive of SID
www.SID.ir

جمع‌آوری اطلاعات سریع‌تر انجام شود و این اطلاعات از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه باشند [۱۷]. در مواقعی که اطلاعات کم و یا محاسبات به روش آمار سنتی، پیچیده و مشکل باشد، استفاده از تکنیک‌های نمونه‌گیری مجدد می‌تواند باارزش باشد. علاوه‌بر این، روش‌های نمونه‌گیری مجدد (مثل جک‌نایف) این قابلیت را دارند که به سؤالاتی که نمی‌توان به آن‌ها از روش‌های پارامتری پاسخ داد، جوابی ارائه دهند [۱۸]. روش آماری مطرح‌شده در این مقاله را کوینویلی[۸] برای آزمایش فرضیات و به دست آوردن فاصله‌های اطمینان که روش‌های آماری قدیمی در محاسبه‌ی آن‌ها غیرکاربردی و ناتوان بودند، ابداع کرد و، در سال ۱۹۵۸، توکی[۹] این روش را جک‌نایف نامید [۱۹].

روش‌شناسی پژوهش

در این بخش، مراحل انجام مقایسه‌ی دوروش رتبه‌بندی الکترفازی و جک‌نایف همراه با تحلیل بازه‌ای با ذکر گام‌ها و روابط مورد استفاده در این روش‌ها شرح داده شده است. روش جک‌نایف غیرپارامتری از روش‌های نمونه‌گیری مجدد است که، با استفاده از تعدادی مشاهده به عنوان نمونه‌ی اصلی، روش مناسبی برای تخمین واریانس جامعه و محاسبه‌ی فاصله‌ی اطمینان درمواقعی است که اطلاعات چندانی در مورد جامعه دردست نیست [۱۹]. روش الکتر[۱۰] را نیز ری در سال ۱۹۶۸ با توجه به مفهوم غیررتبه‌ای (داشتن اولویت بالاتر) رابطه‌بندی کرد [۲۰]. در این مقاله، رویکرد فازی براساس مفهوم الکتر برای رتبه‌بندی خطرها توسعه داده شده و با روش نمونه‌گیری جک‌نایف همراه با تحلیل بازه‌ای مقایسه شده است. تصویر ۱ ساختار و مراحل انجام مقایسه‌ی این دوروش را نشان می‌دهد.

گام‌های روش الکتر I فازی هنگامی که K تصمیم‌گیرنده (D_1, D_2, ... ,m، DK) گزینه (A_1, A_2, ... ,A_m) و n معیار عملکرد (C_1, C_2, ... ,C_n) داشته باشیم و x_{ij} رتبه‌ی عملکردی هر گزینه با توجه به هر معیار تعریف شود به شرح زیر است [۲۱]:

گام ۱: تصمیم‌گیرندگان از متغیرهای زبانی وزن‌دار و متغیرهای زبانی رتبه‌بندی‌شده به‌ترتیب برای تعیین اهمیت معیارها و ارزیابی رتبه‌های گزینه‌ها با توجه به هر معیار استفاده می‌کنند. رتبه‌ی هرکدام از تصمیم‌گیرندگان یک عدد فازی (در این مقاله از نوع ذوزنقه‌ای) است و درنتیجه رتبه‌ی فازی مجموع دامنه‌ای از اعداد فازی که کلیه‌ی اعداد فازی ذوزنقه‌ای را شامل می‌شود به صورت زیر تعریف می‌شود:

رابطه‌ی ۱: $\tilde{R}=(a,b,c,d)\ ,\ k=1,2,\ldots,K$

به طوری که

$$a=\min_k\{a_k\},\quad b=\frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K}b_k,$$

$$c=\frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K}c_k,\qquad d=\max_k\{d_k\}$$

اگر رتبه‌ی فازی و اهمیت وزنی Kامین تصمیم‌گیرنده $\tilde{X}_{ijk}=(a_{ijk},b_{ijk},c_{ijk},d_{ijk})$ و $\tilde{W}_{ijk}=(w_{ijk},w_{ijk},w_{ijk},w_{ijk})$ ؛آنگاه رتبه‌ی فازی مجموع به صورت زیر تعریف می‌شود:

رابطه‌ی ۲: $\tilde{X}_{ij}=(a_{ij},b_{ijk},c_{ij},d_{ij})$

به طوری که:

$$a_{ij}=\min_k\{a_{ijk}\}\quad,\quad b_{ij}=\frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K}b_{ijk}$$

$$,\quad c_{ij}=\frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K}c_{ijk}\quad,\quad d_{ij}=\max_k\{d_{ijk}\}$$

همچنین، وزن فازی کل به صورت زیر تعریف می‌شود:

رابطه‌ی ۳: $\widetilde{w_j}=(w_{j1},w_{j2},w_{j3},w_{j4})$

به طوری که

$$w_{j1}=\min_k\{a_{jk1}\}\quad,\quad w_{j2}=\frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K}b_{jk2}$$

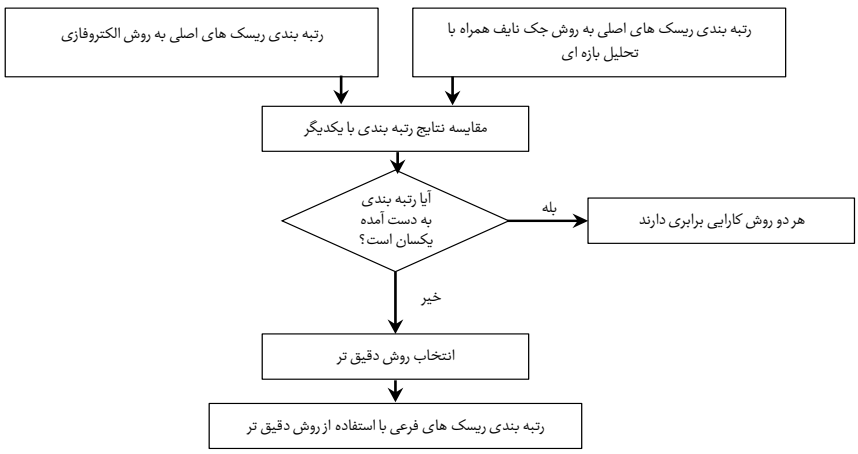
$$,\quad w_{j3}=\frac{1}{K}\sum_{k=1}^{K}c_{jk3}\quad,\quad w_{j4}=\max_k\{d_{jk4}\}$$

گام ۲: تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری فازی وزن‌دار. با در نظر گرفتن اهمیت معیارهای مختلف، ماتریس وزن‌دار به صورت زیر ایجاد می‌شود:

رابطه‌ی ۴: $\tilde{V}=[\tilde{V}_{ij}]\quad i=1,2,\ldots,m\quad j=1,2,\ldots,n$

به طوری که:

$$\widetilde{v_{ij}}=\widetilde{x_{ij}}(.)\widetilde{w_j}$$



تصویر ۱: مراحل مقایسه و رتبه‌بندی خطرهای زنجیره‌ی تأمین به روش الکتر فازی و جک‌نایف [یافته‌های تحقیق]

Archive of SID
www.SID.ir

گام ۳: اعداد فازی ماتریس وزن‌دار با استفاده از روابط ۵ و ۶ مقایسه می‌شوند [۲۲] و با توجه به رابطه‌ی ۷ مجموعه‌های هماهنگی و ناهماهنگی تعیین می‌گردند.

اگر($m=(m_1, m_2, m_3, m_4$ یک عدد فازی ذوزنقه‌ای باشد:

رابطه‌ی ۵:

$$x(\widetilde{m})=\frac{(-m_1^2-m_2^2+m_3^2+m_4^2-m_1m_2+m_3m_4)}{3(-m_1-m_2+m_3+m_4)}$$

$$\sigma(\widetilde{m})=\left(\begin{bmatrix}\frac{1}{m_2-m_1}(\frac{m_2^4}{4}-\frac{m_1m_2^4}{3}+\frac{m_1^4}{12})+\frac{1}{3}(m_3^3-m_4^3)\\+\frac{1}{m_4-m_3}(\frac{m_4^4}{12}-\frac{m_3^3m_4}{3}+\frac{m_3^4}{4})\end{bmatrix}\right.$$

$$\left./(\frac{1}{2}(-m_1-m_2+m_3+m_4))-\frac{(-m_1^2-m_2^2+m_3^2+m_4^2-m_1m_2+m_3m_4)}{3(-m_1-m_2+m_3+m_4)}\right)$$

رابطه‌ی ۶:

$$if \quad x(\widetilde{m})=x(\widetilde{n}),\ \sigma(\widetilde{m})<\sigma(\widetilde{n})\rightarrow \widetilde{m}>\widetilde{n}$$

رابطه‌ی ۷:

$$C_{kl}=\left\{j\left|\widetilde{m}_{kj}\geq\widetilde{m}_{lj}\right.\right\}$$

$$D_{kl}=\left\{j\left|\widetilde{m}_{kj}\langle\widetilde{m}_{lj}\right.\right\}$$

گام ۴: ماتریس هماهنگی‌فازی و ماتریس ناهماهنگی‌فازی با توجه به روابط ۸ و ۹ محاسبه می‌شوند.

رابطه‌ی ۸:

$$\widetilde{c}_{kl}=\sum_{j\in C_{kl}}\widetilde{W}_j$$

رابطه‌ی ۹:

$$\widetilde{d}_{kl}=\sum_{j\in D_{kl}}\widetilde{W}_j$$

گام ۵: با استفاده از روابط ۱۰ و ۱۱ ماتریس فازی چیرگی محاسبه می‌شود.

رابطه‌ی ۱۰:

$$\widetilde{\widetilde{c}}=\sum_{k=1}^{m}\sum_{l=1}^{m}\ \widetilde{c}_{k,l}\Big/m(m-1)$$

رابطه‌ی ۱۱:

$$\widetilde{\widetilde{d}}=\sum_{k=1}^{m}\sum_{l=1}^{m}\ \widetilde{d}_{k,l}\Big/m(m-1)$$

گام ۶: در این مرحله، ماتریس‌های H و G، که دارای عناصر صفر و یک هستند، با استفاده از روابط ۱۲ و ۱۳ محاسبه می‌شوند.

رابطه‌ی ۱۲:

$$if \quad \widetilde{c}_{ij}\geq\widetilde{\widetilde{c}} \quad\Rightarrow\quad h_{ij}=1$$

$$if \quad \widetilde{c}_{ij}<\widetilde{\widetilde{c}} \quad\Rightarrow\quad h_{ij}=0$$

رابطه‌ی ۱۳:

$$if \quad \widetilde{d}_{ij}\geq\widetilde{\widetilde{d}} \quad\Rightarrow\quad g_{ij}=1$$

$$if \quad \widetilde{d}_{ij}>\widetilde{\widetilde{d}} \quad\Rightarrow\quad g_{ij}=0$$

گام ۷: در این مرحله، ماتریس چیرگی نهایی با استفاده از رابطه‌ی ۱۴ محاسبه می‌شود و گزینه‌های کم‌جاذبه حذف می‌شوند؛ به این ترتیب که اگر گزینه‌ای تمامی درایه‌های سطر آن واحد باشد، این گزینه بر تمامی گزینه‌های دیگر چیره است (گزینه با بیشترین درایه‌ی واحد کمترین اهمیت را دارد).

رابطه‌ی ۱۴:

$$f_{ij}=h_{ij}*g_{ij}$$

همچنین، در این مقاله، با استفاده از روش جک‌نایف و تحلیل بازه‌ای، خطرها طی سه‌مرحله شناسایی، ارزیابی و رتبه‌بندی می‌شوند. در مرحله‌ی اول، داده‌های خطر جمع‌آوری می‌شوند. شناسایی و جمع‌آوری خطرها با استفاده از روش‌هایی مثل مصاحبه، پرسشنامه، طوفان فکری و داده‌های هیستوریکال انجام می‌شود [۲۳، ۲۴].

پس از شناسایی خطرها، دومعیار ارزیابی خطر، احتمال وقوع و شدت ضربه محاسبه می‌شوند. گفتنی است که احتمال (P) تحقیق در مورد احتمال وقوع یک خطر و شدت ضربه (I)، بررسی تأثیرات بالقوه در اهداف مثل کیفیت، هزینه و زمان و ایمنی محیط‌زیست تعریف می‌شود [۲۵، ۲۶].

پس از شناسایی خطرهای بالقوه در مرحله‌ی دوم، ازآنجاکه تعیین مقدار دقیق خطر مشکل و پیچیده است، با استفاده از روش نمونه‌گیری مجدد جک‌نایف، که از داده‌های جمع‌آوری‌شده به عنوان نمونه‌ی اصلی استفاده می‌کند، فاصله‌ی اطمینان را به شرح زیر محاسبه می‌کنیم:

گام ۱: تعیین مشاهدات و داده‌های خطر مشخص‌شده و در نظر گرفتن آن‌ها به عنوان نمونه‌ی اصلی:

نمونه‌ی اصلی $X=\{x_1,x_2,\ldots,x_n\}$

گام ۲: تعیین نمونه‌های جک‌نایف (در این نمونه‌ها مشاهده‌ی iام از نمونه‌ی اصلی حذف شده) $=X_{-i}$

گام ۳: محاسبه‌ی میانگین نمونه‌های جک‌نایف (نمونه‌هایی که یکی از مشاهدات از آن‌ها حذف شده) $=\widehat{\theta_i}$

گام ۴: به دست آوردن برآورد میانگین $\widehat{(\theta^*)}$ با استفاده از θ_i با استفاده از رابطه‌ی ۱۵:

رابطه‌ی ۱۵

$$\widehat{\theta^*}=\frac{1}{n}\sum\theta_i$$

گام ۵: محاسبه‌ی انحراف معیار میانگین‌های نمونه‌های جک‌نایف با استفاده از رابطه‌ی ۱۶:

رابطه‌ی ۱۶

$$S^*=\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum\left(\theta i-\widehat{\theta^*}\right)^2}$$

گام ۶: به دست آوردن بازه‌ی اطمینان برای احتمال وقوع و شدت ضربه‌ی هریک از خطرها با استفاده از رابطه‌ی ۱۷:

$$\widehat{e^*}\pm t_{\alpha/2}.\ S^*/\sqrt{n}$$

که در آن α ضریب اطمینان و t با (n-1) درجه‌ی آزادی است [۳].

مرحله‌ی سوم از روش جک‌نایف همراه با تحلیل بازه‌ای خود به دوگام تقسیم می‌شود. در گام اولِ مرحله‌ی سوم امتیاز بازه‌ی خطر (IRS)[11] با توجه به معیارهای احتمال (P) و شدت ضربه (I) و با استفاده از رابطه‌ی ۱۸ به شرح زیر محاسبه می‌شود [۲۷]:

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱: ساختار شکست برای عوامل مؤثر در مدیریت خطر در زنجیره‌ی تأمین [۱۶]

عوامل مؤثر در مدیریت زنجیره‌ی تأمین					
خطر محیط	خطر عرضه	خطر سیستم اطلاعاتی	خطر عملیاتی	خطر تقاضا	خطر پشتیبانی
عوامل سیاسی	عملکرد عرضه‌کننده	امنیت سیستم اطلاعات	اختلال در فرآیند تولید	نوسان تقاضای مشتری	تدارکات
عوامل طبیعی	تأخیر در دریافت سفارش	شکست سیستم اطلاعاتی	کیفیت تولید	رقابت	نوسان تأخیرات
عوامل اقتصادی	تک‌منبع بودن	صحت اطلاعات	خرابی ماشین‌آلات	پیش‌بینی نادرست	اختلال در مسیر لجستیک
عوامل صنعت	تعهد عرضه‌کننده	عدم دسترسی به اطلاعات	فقدان اپراتور	نوسان قیمت بازار	هزینه‌های تهیه و توزیع
عوامل اجتماعی	ورشکستگی عرضه‌کننده	اثر شلاقی	فقدان تجهیزات مناسب	تغییر سریع در انتظارات مشتری	
		عدم هماهنگی اطلاعات			

رابطه‌ی ۱۸: $[pL,pU]\times[iL,iU]=[\min(pLiL;pLiU;pUiL;pUiU),\max(UiL;pUiU)]$ که در آن L حد پایین و U حد بالای بازه‌اند.

در گام دوم از مرحله‌ی سوم، رتبه‌بندی نهایی خطر انجام می‌شود؛ بدین منظور، به مقایسه‌ی امتیازات بازه‌ی خطر می‌پردازیم.

مثلاً فرض کنید: $IRS_1=[rs_1^L, rs_1^U]$ و $IRS_2=[rs_2^L, rs_2^U]$ دوامتیاز بازه‌ی خطر (IRS) هستند که ما می‌خواهیم مینیمم IRS بین آن‌ها را انتخاب کنیم. چهاروضعیت به شرح زیر وجود خواهد داشت [۲۸]:

۱. اگر امتیازات بازه‌های خطر (IRSs) تقاطع نداشته باشند، مینیمم IRS آن بازه‌ای است که مقادیرش پایین‌تر است. به عبارت دیگر، اگر $rs_1^U \le rs_2^L$ ما IRS_1 را به عنوان مینیمم IRS انتخاب می‌کنیم.

۲. اگر دو IRS مشابه هستند، هر دوی آن‌ها برای ما اولویت برابری دارند.

۳. در مواقعی که $rs_1^L \le rs_2^L < rs_2^U \le rs_1^U$ مینیمم IRS به این شرح زیر انتخاب می‌شود:
اگر $\gamma(rs_2^L - rs_1^L) \ge (1-\gamma)(rs_1^U - rs_2^U)$ آن‌گاه IRS۱ مینیمم ماست و در غیر این صورت IRS۲ برابر با مینیمم IRS است.

۴. در مواقعی که $rs_1^L \le rs_2^L < rs_1^U < rs_2^U$ اگر $\gamma(rs_2^L - rs_1^L) \ge (1-\gamma)(rs_2^U - rs_1^U)$ سپس IRS۱ مینیمم IRS است و در غیر این صورت مینیمم IRS_2 خواهد بود که در اینجا γ سطح خوش‌بینی متخصص یا تصمیم‌گیرنده را مشخص می‌کند و مقدار آن $0<\gamma\le 1$ است.

جدول ۲: شرح خطرهای مهم مؤثر در مدیریت خطر در زنجیره‌ی تأمین

خطر	شرح
R_1	خطرهای سیستم اطلاعاتی
R_2	خطرهای مرتبط با تقاضا
R_3	خطرهای عرضه (تأمین‌کننده)
R_4	خطرهای محیط
R_5	خطرهای عملیاتی
R_6	خطر پشتیبانی

کاربرد روش‌های پیشنهادی برای رتبه‌بندی عوامل مؤثر در مدیریت خطر زنجیره‌ی تأمین

در این بخش، به کاربرد روش‌های شرح داده شده برای ارزیابی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر در مدیریت خطر در زنجیره‌ی تأمین پرداخته شده است.

جمع‌آوری داده‌های خطر

جمع‌آوری داده‌های خطر شامل شناسایی خطرهای بالقوه و عوامل آن‌هاست [۱۷]. در این مقاله، از ساختار پیشنهادی شاه‌بندرزاده و مصلی‌نژاد (۱۳۹۱)، که از بررسی ۷۰ مقاله‌ی کلی در زمینه‌ی عوامل مؤثر در مدیریت خطر در زنجیره‌ی تأمین و نهایتاً با پایش‌های صورت‌گرفته با توجه به عامل جدید بودن و غیرتکراری بودن با بررسی ۲۲ مقاله ارائه شده، برای نظرسنجی از متخصصان استفاده شده است [۱۶]. جدول ۱ این ساختار شکست خطر را برای عوامل مؤثر در مدیریت خطر زنجیره‌ی تأمین نشان می‌دهد.

پس از شناسایی خطرها، آن دسته از خطرهایی که احتمال وقوع زیاد و شدت ضربه‌ی حیاتی روی اهداف زنجیره‌ی تأمین دارند، با توجه به نظر متخصصان انتخاب می‌شوند. دیگر خطرهای مشخص‌شده با تأثیرات جزئی درنظر گرفته نمی‌شوند. فهرستی از خطرهای مهم در جدول ۲ نشان داده شده است.

نظرسنجی از چهارمتخصص یا تصمیم‌گیرنده (DM)[۱۲] برای ارزیابی معیارهای خطر (I و P) در جدول ۳ نشان داده شده است. ازآنجاکه این داده‌ها شامل اصطلاحات زبانی هستند، ابتدا

جدول ۳: داده‌های مشاهده‌شده‌ی خطر با استفاده از اصطلاحات زبانی

خطر	DM_1		DM_2		DM_3		DM_4	
	P	I	P	I	P	I	P	I
R_1	M	H	M	H	SH	H	SH	VH
R_2	H	M	M	H	H	VH	SH	M
R_3	SL	H	L	VH	M	VH	SL	H
R_4	M	VH	SH	H	M	H	M	VH
R_5	SH	M	M	H	SH	H	SH	M
R_6	SL	H	M	VH	M	VH	SH	H

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۴: توصیف اهمیت وزن هر معیار و متغیر زبانی برای رتبه‌بندی [۲۱]

	متغیر زبانی برای اهمیت وزن هر معیار	متغیر زبانی برای رتبه‌بندی
خیلی کم (VL)	(۰،۰،۰،۱،۰،۲)	(۰،۰،۱،۲)
کم (L)	(۰،۱،۰،۲،۰،۳)	(۱،۲،۲،۳)
کمی کم (SL)	(۰،۲،۰،۳،۰،۴،۰،۵)	(۲،۳،۴،۵)
متوسط (M)	(۰،۴،۰،۵،۰،۵،۰،۶)	(۴،۵،۵،۶)
کمی زیاد (SH)	(۰،۵،۰،۶،۰،۷،۰،۸)	(۵،۶،۷،۸)
زیاد (H)	(۰،۷،۰،۸،۰،۸،۰،۹)	(۷،۸،۸،۹)
خیلی زیاد (VH)	(۰،۸،۰،۹،۱،۱)	(۸،۹،۱۰،۱۰)

جدول ۵: توصیف درجه‌ی احتمال [۸]

مقادیر	شرح	درصد احتمال
۰/۰۵	ممکن اما خیلی بعید	خیلی کم (VL)
۰/۱۵	ممکن اما بعید	کم (L)
۰/۳	ممکن، اما کمی بعید	کمی کم (SL)
۰/۵	ممکن و محتمل	متوسط (M)
۰/۷	محتمل	کمی زیاد (SH)
۰/۹	احتمال بالا	زیاد (H)
۰/۹۵	احتمال خیلی بالا	خیلی زیاد (VH)

جدول ۶: توصیف درجه‌ی شدت ضربه [۸]

مقادیر	شرح	درصد شدت ضربه
۰/۱	اثر خیلی کم در اهداف زنجیره دارد	خیلی کم (VL)
۰/۳	اثر کمی در اهداف زنجیره دارد	کم (L)
۰/۵	در اهداف زنجیره اثر دارد	متوسط (M)
۰/۷	اثر قابل توجهی در اهداف زنجیره دارد	زیاد (H)
۰/۹	اثر غیرقابل قبولی در اهداف زنجیره دارد	خیلی زیاد (VH)

اصطلاحات زبانی با نسبت تبدیل به مقادیر عددی، همان‌طورکه در جدول ۴ برای روش الکتر فازی و در جداول ۵ و ۶ برای روش تحلیل بازه‌ای نشان داده شده است، تبدیل می‌شوند.

با استفاده از جدول ۴، اصطلاحات زبانی جدول ۳ به اعداد فازی تبدیل می‌شوند که در جدول۷ نمایش داده شده است.

هر چهار متخصص وزن دومعیار را برابر با هم و به طور متوسط می‌دانند؛ بنابراین، با تبدیل اصطلاحات زبانی از طریق جدول ۴ ، اعداد جدول ۸ به دست می‌آید.

با استفاده از روابط ۱ و ۲، ارقام جدول ۹ را داریم.

جدول ۷: تبدیل اصطلاحات زبانی به اعداد فازی

ریسک		DM_1		DM_2		DM_3		DM_4	
		P	I	P	I	P	I	P	I
R_1	M	(۷،۸،۸،۹)	(۴،۵،۵،۶)	(۷،۸،۸،۹)	(۵،۶،۷،۸)	(۷،۸،۸،۹)	(۵،۶،۷،۸)	(۸،۹،۱۰،۱۰)	
R_2	H	(۴،۵،۵،۶)	(۴،۵،۵،۶)	(۷،۸،۸،۹)	(۷،۸،۸،۹)	(۸،۹،۱۰،۱۰)	(۵،۶،۷،۸)	(۴،۵،۵،۶)	
R_3	SL	(۷،۸،۸،۹)	(۱،۲،۲،۳)	(۸،۹،۱۰،۱۰)	(۴،۵،۵،۶)	(۸،۹،۱۰،۱۰)	(۲،۳،۴،۵)	(۷،۸،۸،۹)	
R_4	M	(۸،۹،۱۰،۱۰)	(۵،۶،۷،۸)	(۷،۸،۸،۹)	(۴،۵،۵،۶)	(۷،۸،۸،۹)	(۴،۵،۵،۶)	(۸،۹،۱۰،۱۰)	
R_5	SH	(۴،۵،۵،۶)	(۴،۵،۵،۶)	(۷،۸،۸،۹)	(۵،۶،۷،۸)	(۷،۸،۸،۹)	(۵،۶،۷،۸)	(۴،۵،۵،۶)	
R_6	SL	(۷،۸،۸،۹)	(۴،۵،۵،۶)	(۸،۹،۱۰،۱۰)	(۴،۵،۵،۶)	(۸،۹،۱۰،۱۰)	(۵،۶،۷،۸)	(۷،۸،۸،۹)	

جدول ۸: وزن معیارها به صورت اعداد فازی

W	DM_1	DM_2	DM_3	DM_4
P	(۰،۴،۰،۵،۰،۵،۰،۶)	(۰،۴،۰،۵،۰،۵،۰،۶)	(۰،۴،۰،۵،۰،۵،۰،۶)	(۰،۴،۰،۵،۰،۵،۰،۶)
I	(۰،۴،۰،۵،۰،۵،۰،۶)	(۰،۴،۰،۵،۰،۵،۰،۶)	(۰،۴،۰،۵،۰،۵،۰،۶)	(۰،۴،۰،۵،۰،۵،۰،۶)

جدول ۹: ماتریس تصمیم فازی

خطر	P	I
R_1	(۴،۵،۵،۶،۸)	(۷،۸،۳،۸،۵،۱۰)
R_2	(۴،۶،۸،۷،۹)	(۴،۶،۸،۷،۱۰)
R_3	(۱،۳،۳،۳،۸،۶)	(۷،۸،۵،۹،۱۰)
R_4	(۴،۵،۳،۵،۵،۸)	(۷،۸،۵،۹،۱۰)
R_5	(۴،۵،۸،۶،۵،۸)	(۴،۶،۵،۶،۵،۹)
R_6	(۲،۴،۸،۵،۳،۸)	(۷،۸،۵،۹،۱۰)

Archive of SID
www.SID.ir

و با استفاده از رابطه‌ی ۳ ماتریس اوزان فازی (W) به صورت زیر است:

جدول ۱۰: ماتریس اوزان فازی

W	P	I
P	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	۰
I	۰	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)

طبق رابطه‌ی ۴ ماتریس تصمیم وزن‌دار فازی (V) برابر است با:

جدول ۱۱: ماتریس تصمیم وزن‌دار فازی (V)

خطر	P	I
$R_۱$	(۱,۶ ،۲,۷۵ ،۳ ،۴,۸)	(۲,۸ ،۴,۱۵ ،۴,۲۵ ،۶)
$R_۲$	(۱,۶ ،۳,۴ ،۳,۵ ،۵,۴)	(۱,۶ ،۳,۴ ،۳,۵ ،۶)
$R_۳$	(۰,۴ ،۱,۶ ،۱,۹ ،۳,۶)	(۲ ،۴,۲۵ ،۴,۵ ،۶)
$R_۴$	(۱,۶ ،۲,۶۵ ،۲,۷۵ ،۴,۸)	(۲,۸ ،۴,۲۵ ،۴,۵ ،۶)
$R_۵$	(۱,۶ ،۲,۹ ،۳,۲۵ ،۴,۸)	(۱,۶ ،۳,۲۵ ،۳,۲۵ ،۵,۴)
$R_۶$	(۰,۸ ،۲,۴ ،۲,۶۵ ،۴,۸)	(۲,۸ ،۴,۲۵ ،۴,۵ ،۶)

پس از به کار گرفتن روابط ۵ و ۶ برای فازی‌زدایی کردن و استفاده از رابطه‌ی ۷ برای مشخص کردن مجموعه‌های هماهنگ و ناهماهنگ، ماتریس هماهنگی و ناهماهنگی از روابط ۸ و ۹ به صورت جداول ۱۲ و ۱۳ به‌دست می‌آید.

با توجه به روابط ۱۲ و ۱۳ ماترس بولین (ماتریس با درایه‌های صفر و یک) G و H به صورت جدول ۱۴ و۱۵ محاسبه شده است.

و در نهایت با استفاده از رابطه‌ی ۱۴ ماتریس F به صورت جدول ۱۶ محاسبه شده است.

جدول ۱۴: ماتریس بولین H

H	$R_۱$	$R_۲$	$R_۳$	$R_۴$	$R_۵$	$R_۶$
$R_۱$	_	۰	۰	۰	۰	۰
$R_۲$	۰	_	۰	۰	۱	۰
$R_۳$	۰	۰	_	۰	۰	۰
$R_۴$	۰	۰	۱	_	۰	۱
$R_۵$	۰	۰	۰	_	۰	۰
$R_۶$	۰	۰	۱	۰	۰	_

جدول ۱۵: ماتریس بولین G

G	$R_۱$	$R_۲$	$R_۳$	$R_۴$	$R_۵$	$R_۶$
$R_۱$	_	۱	۱	۱	۱	۱
$R_۲$	۱	_	۱	۱	۱	۱
$R_۳$	۱	۱	_	۱	۱	۱
$R_۴$	۱	۱	۱	_	۱	۱
$R_۵$	۱	۰	۱	۱	_	۱
$R_۶$	۱	۱	۱	۱	۱	_

جدول ۱۶: ماتریس چیرگی نهایی F

F	$R_۱$	$R_۲$	$R_۳$	$R_۴$	$R_۵$	$R_۶$
$R_۱$	_	۰	۰	۰	۰	۰
$R_۲$	۰	_	۰	۰	۱	۰
$R_۳$	۰	۰	_	۰	۰	۰
$R_۴$	۰	۰	۱	_	۰	۱
$R_۵$	۰	۰	۰	۰	_	۰
$R_۶$	۰	۰	۱	۱	۰	_

جدول ۱۲: ماتریس هماهنگ فازی

ماتریس هماهنگی	$R_۱$	$R_۲$	$R_۳$	$R_۴$	$R_۵$	$R_۶$
$R_۱$	_	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)
$R_۲$	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	_	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	(۰,۸ ،۱ ،۱ ،۱,۲)	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)
$R_۳$	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	_	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)
$R_۴$	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	(۰,۸ ،۱ ،۱ ،۱,۲)	_	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	(۰,۸ ،۱ ،۱ ،۱,۲)
$R_۵$	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	۰	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	_	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)
$R_۶$	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	(۰,۸ ،۱ ،۱ ،۱,۲)	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	_

جدول ۱۳: ماتریس ناهماهنگ فازی

ماتریس ناهماهنگی	$R_۱$	$R_۲$	$R_۳$	$R_۴$	$R_۵$	$R_۶$
$R_۱$	_	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)
$R_۲$	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	_	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	۰	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)
$R_۳$	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	_	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)
$R_۴$	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	۰	_	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	۰
$R_۵$	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	(۰,۸ ،۱ ،۱ ،۱,۲)	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	_	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)
$R_۶$	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	۰	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	(۰,۴ ،۰,۵ ،۰,۵ ،۰,۶)	_

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱۷: تبدیل داده‌های مشاهده‌شده‌ی خطر به اعداد

خطر	DM_1		DM_2		DM_3		DM_4	
	P	I	P	I	P	I	P	I
R_1	۰/۵	۰/۷	۰/۵	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۹
R_2	۰/۹	۰/۵	۰/۵	۰/۷	۰/۹	۰/۹	۰/۷	۰/۵
R_3	۰/۳	۰/۷	۰/۱۵	۰/۹	۰/۵	۰/۹	۰/۳	۰/۷
R_4	۰/۵	۰/۹	۰/۷	۰/۷	۰/۵	۰/۷	۰/۵	۰/۹
R_5	۰/۷	۰/۵	۰/۵	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۵
R_6	۰/۳	۰/۷	۰/۵	۰/۹	۰/۵	۰/۹	۰/۷	۰/۷

جدول ۱۸: بازه‌های اطمینان برای P و I

خطر	احتمال وقوع (P)		شدت ضربه (I)	
	q_1	q_2	q_1	q_2
R_1	۰/۵۵	۰/۶۵	۰/۶۹	۰/۸۱
R_2	۰/۶۵	۰/۸۵	۰/۵۵	۰/۷۵
R_3	۰/۲۴	۰/۴	۰/۷۴	۰/۸۶
R_4	۰/۴۹	۰/۶۱	۰/۷۴	۰/۸۶
R_5	۰/۵۹	۰/۷۱	۰/۵۴	۰/۶۶
R_6	۰/۴۱	۰/۵۹	۰/۷۴	۰/۸۶

جدول ۱۹: بازه‌ی امتیاز خطر

خطر	بازه‌ی امتیاز خطر (IRS)	
	q_1	q_2
R_1	۰/۳۷۹۵	۰/۵۲۶۵
R_2	۰/۳۵۷۵	۰/۶۳۷۵
R_3	۰/۱۷۰۲	۰/۳۳۵۴
R_4	۰/۳۶۲۶	۰/۵۲۴۶
R_5	۰/۳۱۸۶	۰/۴۶۸۶
R_6	۰/۳۰۳۴	۰/۵۰۷۵

رتبه‌بندی نهایی به‌دست‌آمده از این روش به شرح زیر است:

$$\{R_1, R_2, R_4\} > \{R_5, R_6\} > R_3$$

حال مسئله را با روش نمونه‌گیری مجدد جک‌نایف همراه با تحلیل بازه‌ای حل می‌کنیم.

اصطلاحات زبانی موجود در جدول ۳ با استفاده از جداول ۵ و ۶ به اعداد تبدیل می‌شوند. نتایج به‌دست‌آمده نمونه‌های اصلی درنظر گرفته می‌شوند. این نتایج در جدول ۱۷ نشان داده شده است.

استفاده از روش نمونه‌گیری مجدد جک‌نایف برای تعیین فاصله‌ی اطمینان

در این مرحله، با استفاده از روش جک‌نایف، یعنی روابط ۱۵ و ۱۶ و ۱۷، که قبلاً توضیح داده شد، یک فاصله‌ی ۹۵درصدی (α=۰/۰۵) برای معیارهای خطر (I و P) به‌دست آمده است. بازه‌های به‌دست‌آمده برای P و I با توجه به اینکه n=4 و $t_{0.025}$ =18/3 است، در جدول ۱۸ نشان داده شده است.

که در آن q_1 حد پایینی بازه و q_2 حد بالایی بازه است.

تعیین امتیاز بازه‌ی خطر و رتبه‌بندی خطرها

امتیاز بازه‌های خطر (IRSs) با استفاده از رابطه‌ی ۱۸ محاسبه و نتایج آن در جدول ۱۹ نمایش داده شده است.

که q_1 حد پایین بازه و q_2 حد بالای بازه‌اند. سپس، با توجه به راه‌حل ذکرشده در گام دوم از مرحله‌ی سوم روش جک‌نایف همراه با تحلیل بازه‌ای و (γ=0.8) برای همه‌ی تصمیم‌گیرندگان رتبه‌بندی نهایی خطر به صورت زیر به‌دست می‌آید:

R4>R5>R2>R1>R6>R3

بنابراین، خطرهای محیط بیرونی دارای بیشترین اهمیت و خطرهای مرتبط با سیستم پشتیبانی دارای کمترین اهمیت‌اند.

همان‌طورکه مشاهده می‌کنید، روش نمونه‌گیری مجدد جک‌نایف همراه با تحلیل بازه‌ای رتبه‌بندی دقیق‌تری در مقایسه با روش الکتر I فازی ارائه می‌دهد؛ ازاین‌رو، ما ترجیحاً به رتبه‌بندی خطرهایی که جزئی از خطرهای محیط بیرونی‌اند با استفاده از روش نمونه‌گیری جک‌نایف همراه با تحلیل بازه‌ای می‌پردازیم. همانند مراحل قبل، در جداول ۲۰ و ۲۱ داریم:

جدول ۲۰: شرح خطرهای مهم عامل محیط بیرونی مؤثر در مدیریت خطر در زنجیره‌ی تأمین

خطر	شرح
R_{1-4}	عوامل صنعتی (مربوط به صنعت)
R_{2-4}	عوامل اقتصادی
R_{3-4}	مسائل سیاسی
R_{4-4}	عوامل طبیعی
R_{5-4}	مسائل اجتماعی

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۲۱: داده‌های مشاهده‌شده‌ی خطر با استفاده از اصطلاحات زبانی

خطر	DM_1		DM_2		DM_3		DM_4	
	P	I	P	I	P	I	P	I
R_{1-4}	M	H	M	H	SH	VH	SH	H
R_{2-4}	M	M	H	H	H	VH	SH	M
R_{3-4}	M	H	M	H	SH	VH	M	VH
R_{4-4}	SH	M	M	H	SH	H	SH	M
R_{5-4}	SL	H	M	VH	M	VH	SH	H

با تبدیل اصطلاحات زبانی موجود در جدول ۲۱ با استفاده از جداول ۵ و ۶، نتایج به‌دست‌آمده نمونه‌های اصلی درنظر گرفته می‌شوند. این نتایج در جدول ۲۲ نشان داده شده است.

جدول ۲۲: تبدیل داده‌های مشاهده‌شده‌ی خطر به اعداد

خطر	DM_1		DM_2		DM_3		DM_4	
	P	I	P	I	P	I	P	I
R_{1-4}	۰/۵	۰/۷	۰/۵	۰/۷	۰/۷	۰/۹	۰/۷	۰/۷
R_{2-4}	۰/۵	۰/۵	۰/۹	۰/۷	۰/۹	۰/۹	۰/۷	۰/۵
R_{3-4}	۰/۵	۰/۷	۰/۵	۰/۷	۰/۷	۰/۹	۰/۵	۰/۹
R_{4-4}	۰/۷	۰/۵	۰/۵	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۵
R_{5-4}	۰/۳	۰/۷	۰/۵	۰/۹	۰/۵	۰/۹	۰/۷	۰/۷

در این مرحله نیز، با استفاده از روش جک‌نایف، یعنی روابط ۱۵ و ۱۶ و ۱۷، و n=4 که قبلاً توضیح داده شد، یک فاصله‌ی ۹۵درصدی (α=۰/۰۵) برای معیارهای خطر (I و P) مطابق با مراحل قبل به‌دست آمده است.

جدول ۲۳: بازه‌های اطمینان برای P و I

خطر	احتمال وقوع (P)		شدت ضربه (I)	
	q_1	q_2	q_1	q_2
R_{1-4}	۰/۵۵	۰/۶۵	۰/۶۹	۰/۸۱
R_{2-4}	۰/۶۵	۰/۸۵	۰/۵۵	۰/۷۵
R_{3-4}	۰/۴۹	۰/۶۱	۰/۷۴	۰/۸۶
R_{4-4}	۰/۵۹	۰/۷۱	۰/۵۴	۰/۶۶
R_{5-4}	۰/۴۱	۰/۵۹	۰/۷۴	۰/۸۶

امتیاز بازه‌های خطر (IRSs) با استفاده از رابطه‌ی ۱۸ محاسبه و نتایج آن در جدول ۲۴ نمایش داده شده است.

جدول ۲۴: بازه‌ی امتیاز خطر

خطر	بازه‌ی امتیاز خطر (IRS)	
	q_1	q_1
R_{1-4}	۰/۳۷۹۵	۰/۵۲۶۵
R_{2-4}	۰/۳۵۷۵	۰/۶۳۷۵
R_{3-4}	۰/۳۶۲۶	۰/۵۲۴۶
R_{4-4}	۰/۳۱۸۶	۰/۴۶۸۶
R_{5-4}	۰/۳۰۳۴	۰/۵۰۷۵

که q_1 حد پایین بازه و q_2 حد بالای بازه‌اند.

سپس، با توجه به راه‌حل ذکرشده و (γ=0.8) برای همه‌ی تصمیم‌گیرندگان رتبه‌بندی نهایی خطر به صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$R_{3-4}>R_{4-4}>R_{2-4}>R_{1-4}>R_{5-4}$$

بنابراین، در بین خطرهای مرتبط با عوامل محیط بیرونی، مسائل سیاسی بیشترین اهمیت و مسائل اجتماعی کمترین اهمیت را دارند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج محاسبات به روش الکتر I فازی برای رتبه‌بندی خطرهای مؤثر در مدیریت زنجیره‌ی تأمین به شرح زیر است:

$$\{R_1, R_2, R_4\} > \{R_5, R_6\} > R_3$$

بنابراین، رتبه‌بندی به‌دست‌آمده از روش الکتر فازی در مورد خطرهای اصلی زنجیره‌ی تأمین در وضعیتی که نیروی متخصص و اطلاعات درباره‌ی خطر اندک باشد، به گونه‌ای است که خطرهای سیستم اطلاعاتی (R_1)، تقاضا (R_2) و محیط (R_4) دارای اولویت مساوی نسبت به هم‌اند و در مقایسه با خطرهای عملیاتی (R_5) و پشتیبانی (R_6)، که آن‌ها نیز نسبت به هم اولویت یکسانی دارند، دارای اولویت بیشتری هستند. خطر عرضه (R_3) نیز پایین‌ترین اولویت را در این رتبه‌بندی به روش الکتر فازی دارد. این در حالی است که رتبه‌بندی نهایی به روش جک‌نایف همراه با تحلیل بازه‌ای با استفاده از داده‌های نظرسنجی یکسان برای خطرهای مؤثر در مدیریت زنجیره‌ی تأمین به شرح زیر است:

$$R_4>R_5>R_2>R_1>R_6>R_3$$

بنابراین، با توجه به جدول ۲ و طبق رتبه‌بندی به‌دست‌آمده، خطرهای اصلی محیط، عملیاتی، تقاضا، سیستم اطلاعاتی، پشتیبانی و عرضه به‌ترتیب بیشترین تا کمترین اولویت را دارند. نتیجه‌ی به‌دست‌آمده با استفاده از روش نمونه‌گیری مجدد جک‌نایف همراه با تحلیل بازه‌ای با نتایج مطالعات پیشین توسط شاه‌بندرزاده و مصلی‌نژاد (۱۳۹۱) [۱۶]، مظاهری و همکاران (۱۳۹۰) [۲۹] و سوفیا لیوقلو و کارتل[13] (۲۰۱۲) [۱۵] منطبق است که صحت رتبه‌بندی انجام‌شده به روش جک‌نایف همراه با تحلیل بازه‌ای را تأیید و تصدیق می‌کند. آنچنان‌که از مقایسه‌ی رتبه‌بندی‌های انجام‌شده به روش الکتر فازی و روش جک‌نایف همراه با تحلیل بازه‌ای برای خطرهای اصلی و مؤثر در مدیریت زنجیره‌ی تأمین مشخص است، رتبه‌بندی به‌دست‌آمده از روش جک‌نایف همراه با تحلیل بازه‌ای بسیار شفاف‌تر و دقیق‌تر از رتبه‌بندی به‌دست‌آمده به روش الکتر I فازی است و در مواقعی که نیروی متخصص و اطلاعات اندکی در مورد خطرها وجود دارد، با برآورد جامعه، رتبه‌بندی دقیق‌تر و کاراتری در مقایسه با روش الکتر I فازی ارائه می‌دهد. لازم است یادآوری شود که رتبه‌بندی انجام‌شده برای زیرمجموعه‌ی خطرهای محیطی به مثابه‌ی پراهمیت‌ترین خطر در رتبه‌بندی انجام‌شده به روش جک‌نایف همراه با تحلیل بازه‌ای بدین شرح است:

Archive of SID
www.SID.ir

$$R_{3-4}>R_{4-4}>R_{2-4}>R_{1-4}>R_{5-4}$$

بنابراین، با توجه به جدول ۲۰، خطرهای عوامل سیاسی، عوامل طبیعی، عوامل اقتصادی، عوامل صنعتی و عوامل اجتماعی به‌ترتیب بالاترین تا پایین‌ترین اولویت را دارند که صحت این رتبه‌بندی نیز با توجه به مطالعات شاه‌بندرزاده و مصلی‌نژاد (۱۳۹۱) [۱۶] و مظاهری و همکاران (۱۳۹۰) [۲۹] تأیید و تصدیق می‌شود.

در این مقاله، از روش نمونه‌گیری مجدد جک‌نایف همراه با تحلیل بازه‌ای (به‌جای استفاده از محاسبات وقت‌گیر و پیچیده‌ی فازی) برای رتبه‌بندی عوامل مؤثر در مدیریت خطر در زنجیره‌ی تأمین استفاده شد. نتایج محاسبات بر دقت بیشتر روش نمونه‌گیری مجدد جک‌نایف همراه با تحلیل بازه‌ای در مقایسه با روش الکترفازی برای رتبه‌بندی و همچنین اهمیت زیاد خطرهای عوامل محیطی و زیرشاخه‌ی مسائل سیاسی در این حوزه دلالت دارد. البته، باید به این نکته توجه داشت که نتایج این تحقیق با توجه به نظرسنجی انجام‌شده از متخصصان در موقعیت‌های ویژه‌ی سیاسی و تحریم‌های اعمال‌شده از خارج به کشور ایران به‌دست آمده و اهمیت این موضوع در رتبه‌بندی به‌دست‌آمده مشهود است. در تحقیقات آینده، پیشنهاد می‌گردد مقایسه‌ی نتایج حاصل از این روش با دیگر روش‌های نمونه‌گیری، روش‌های رتبه‌بندی و دیگر روش‌های خانواده‌ی الکترفازی مورد توجه قرار گیرد.

پی‌نوشت

1.Jacknife
2.Fuzzy ELECTRE (1)
3.Olson & Wu
4.Bootstrap
5.Zhou & Zhang
6.Cucchiella & Gastaldi
7.Sofyal o lu
8.Quenouille
9.Tukey
10.ELECTRE
11.interval risk score
12.Decision Maker
13.Sofyal o lu & Kartal

منابع

1. Khan, O.; Burnes, B. (2007). Risk and Supply Chain Management: Creating a Research Agenda.*The International Journal of Logistics Management*, 197-216.

2. Sinha, P. R.; Whitman, L. E.; Malzahn, D. (2004). Methodology to Mitigate Supplierrisk in an Aerospace Supply Chain.*Supply Chain Management: An International Journal*, 154-168.

3.Russell, R.;Taylor, B. (2001). *Operations Management* (3rd ed) Upper SaddleRiver. New Jersey: PrenticeHall.

4. Tummala, R.; Schoenherr, T. (2011). Assessing and Managing Risks Using the Supply Chain Risk Management Process (SCRMP).Supply Chain Management: An International Journal, 474-483.

5. Lee, E.; Park, Y.; Shin, J. G. (2009). Large Engineering Project Risk Management Using a Bayesian belief Network.*Expert Syst. Appl.* 36, 5880-5887.

۶. میرغفوری، ح.، مروتی شریف آبادی، ع.، اسدیان اردکانی، ف. (۱۳۹۱). مدیریت ریسک زنجیره‌ی تأمین: مفاهیم و کاربردها.نخستین همایش ملی علوم مدیریت نوین، استان گلستان، گرگان، پنجم شهریور.

7. Manuj, I.; Mentzer, J. (2008). Global Supplychain Risk Management Strategies.*International Journal of Physical Distribution Logistics Management*, 223-192.

8. Olson, D. L.; Wu, D. (2011). Risk Management Models for Supply Chain: A Scenario Analysis of Outsourcing to China.*Supply Chain Management: An International Journal*, 401-408.

9. Ebrahimnejad, S.; Mousavi, S. M.; Mojtahedi, S. M. H. (2009). A Fuzzy Decision Making Model for Risk Ranking with Application to the Onshore Gas Refinery.*Int. J. Bus Contin. Risk Manage* 1, 38-66.

۱۰. عدالت سروستانی، م. ر.، شهرکی، م. ر. (۱۳۹۲). ارائه‌ی مدلی برای رتبه‌بندی ریسک پروژه‌ها به روش نمونه‌گیری مجدد جک‌نایف همراه با تحلیل بازه‌ای.دهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع، دانشگاه تهران، ۷ و ۸ بهمن ماه.

11. Zhou, H.-B.; Zhang, H. (2010). Dynamic Risk Management System for Large Project Construction in China.*Proc. Geo. Florida Conf. Adv. Anal. Model Des*.

12. Makui, A.; Mojtahedi, S. M. H.; Mousavi, S. M. (17-10). Project Risk Identification and Analysis based on Group Decision Making Methodology in a Fuzzy Environment.*Int. J. Manage. Sci. Eng. Manage.* 5 (2), 108-118.

13. Cucchiella, F.; Gastaldi, M. (2006). Risk Management in Supply Chain: A Realoption Approach.*Journal of Manufacturing Technology Management*, 700-720.

14. Christopher, M.; Peck, H. (2004). Building the Resilient Supply Chain.*International Journal of Logistics Management*, 1-13.

15. Sofyalıoğlu .; Kartal, B. (2012). The Selection of Global Supply Chain Risk Management Strategies by Using Fuzzy Analytical Hierarchy Process-a Case from Turkey.*Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 1448-1457.

۱۶. شاه‌بندرزاده، ح.، مصلی‌نژاد، ل. (۱۳۹۱). ارائه‌ی مدل سلسله‌مراتبی جهت شناسایی عوامل مؤثر بر مدیریت ریسک در زنجیره‌ی تأمین.دانشکده‌ی مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، سومین همایش ملی مهندسی صنایع و سیستم.

17. Mousavi, R. et al. (2011). A Novel Approach based on Non-Parametric Resampling with In-

Archive of SID
www.SID.ir

terval Analysis for Large Engineering Project Risks.*Saf. Sci*. 49, 340-1348.

18. Zoubir, A. M.; Boashash, B. (1998). The Bootstrap and Its Application in Signal Processing.*IEEE Signal Process. Mag.* 15 (1), 56-76.

19. Ramachandran, K. M.; Tsokos, C. P. (2009). *Mathematical Statistics with Applications*.Amsterdam; Boston: Academic Press.

20. Zimmermann, H. J. (1991). *Fuzzy Set Theory and Its Applications* (Second ed.).Kluwer Academic Publishers, Boston, Dordrecht, London.

۲۱. رضوان قهفرخی، ت.، شهلایی مقدم، ا.، حجازی، س. (۱۳۸۵). اسفند ماه. یک رویکرد فازی بر اساس مفهوم الکتره I برای ارزیابی و انتخاب پیمانکاران، International Project Management Conference.

22. Zadeh, L. A. (1975). The Concept of a Linguistic Variable and Its Application to Approximate Reasoning.*Information Sciences*, 8, 199-249 (I); 301-357 (II).

23. Ebrahimnejad, S.; Mousavi, S. M.; Mojtahedi, S. M. H. (2008). A Fuzzy BOT Project Risk Evaluation Model in Iranian Power Plant Industry.*Proc. 5th IEEE Int. Conf. on Ind. Eng. Eng. Manag. Singapore*, 1038-1042.

24. Mojtahedi, S. M. H.; Mousavi, S. M.; Makui, A. (2008). Risk Identification and Analysis Concurrently: Group Decision Making Approach.*Proc. 4th IEEE Int. Conf. Manag. Innov. Technol. (ICMIT), Thailand*, 299-304.

25. Mojtahedi, S. M. H.; Mousavi, S. M.; Makui, A. (2010). Project Risk Identification and Assessment Simultaneously Using Multi-Attribute Group Decision Making Technique.*Saf. Sci.* 48 (4), 499-507.

26. Project Management Institute (2008). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide), fourth ed. Proj Manage Inst., Newton Square, PA.

27. Moore, R. E. (1979). Methods and Applications of Interval Analysis.*Society for Industrial and Applied Mathematics*, Philadelphia, PA.

28. Sayadi, M. K.; Heydari, M.; Shahanaghi, K. (2009). Extension of VIKOR Method for Decision Making Problem with Interval Numbers.*Appl. Math. Model.* 33 (5), 2257-2262.

۲۹. مظاهری، ع.، کرباسیان، م.، شیرویه‌زاد، ه. (۱۳۹۰). شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌های زنجیره‌ی تأمین در سازمان‌های تولیدی با استفاده از تصمیم‌گیری چندمعیاره.دومین کنفرانس مدیریت اجرایی، ۱ و ۲ تیرماه.

Archive of SID
www.SID.ir