طراحی مدلی برای ارزیابی ریسک در زنجیره‌ی تأمین با رویکرد شبکه‌ی عصبی مصنوعی

(مطالعه‌ی موردی: شرکت فولاد آلیاژی ایران - یزد)[1]

سیدحبیب‌اله میرغفوری[2]
علی مروتی شریف‌آبادی[3]
فائزه اسدیان اردکانی[4]

چکیده

امروزه مدیریت زنجیره‌ی تأمین به‌دلیل جهانی‌شدن بازارهای کسب‌وکار، اهمیت بیشتری پیدا کرده است. با افزایش پیچیدگی، سطح نبود اطمینان و ریسک موجود در زنجیره نیز افزایش می‌یابد. از این‌رو مدیریت ریسک زنجیره‌ی تأمین یکی از موضوعاتی است که مورد توجه سازمان‌ها قرار گرفته است. یکی از خطرهای موجود در زنجیره‌ی تأمین، ریسک‌های وارده از ناحیه‌ی تأمین‌کنندگان است. تحقیق حاضر با به‌کارگیری شبکه‌های عصبی مصنوعی به‌عنوان ابزاری قدرتمند در پردازش اطلاعات غیرخطی، مدلی مناسب برای پیش‌بینی ریسک وارده از سوی تأمین‌کنندگان در شرکت فولاد آلیاژی ایران ارائه می‌دهد. در این مدل با استفاده از تکنیک دلفی فازی هفت عامل به‌عنوان عوامل ورودی مدل شبکه‌ی عصبی انتخاب شدند. برای محاسبه‌ی میزان ریسک وارده از سوی هر تأمین‌کننده، از تلفیق تکنیک AHP و VIKOR استفاده شده و با به‌کارگیری مدل پرسپترون چندلایه، میزان ریسک وارده از سوی هر تأمین‌کننده پیش‌بینی شده است. در پایان با استفاده از تحلیل حساسیت تأثیر هرکدام از متغیرهای ورودی بر خروجی ارزیابی و پیشنهاداتی برای کاهش ریسک ارائه شده است.

واژگان کلیدی: ریسک وارده از سوی تأمین‌کننده، دلفی فازی، AHP-VIKOR، شبکه‌ی عصبی مصنوعی، تحلیل حساسیت.

۱- مقاله‌ی برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد.

۲- دانشیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده‌ی اقتصاد، مدیریت و حسابداری دانشگاه یزد
۳- استادیار گروه مدیریت صنعتی دانشکده‌ی اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد
۴- دانشجوی ای مدیریت گردشگری دانشگاه علامه طباطبائی(نویسنده مسؤل). **asadian921@atu.ac.ir**

تاریخ دریافت : ۹۱/۱۲/۲۱ تاریخ پذیرش : ۹۲/۱۰/۱۶

مقدمه

مدیریت زنجیره‌ی تأمین در اوایل دهه‌ی ۱۹۹۰ معرفی شده و در سال‌های اخیر، به‌دلیل جهانی‌شدن بازار و افزایش رقابت، اهمیت روزافرونی پیدا کرده است[۱۹]. به‌کارگیری مدیریت زنجیره‌ی تأمین در سازمان‌ها، با وجود کاربرد وسیع آن، نااطمینانی‌هایی را به‌همراه دارد. از این‌رو مدیریت ریسک زنجیره‌ی تأمین یکی از موضوعاتی است که توجه سازمان‌ها را به خود جلب کرده است.

در این پژوهش به‌دلیل نقش تعیین‌کننده‌ی تأمین‌کنندگان در کیفیت محصول نهایی و در نهایت رضایت مشتری و نبود مدلی جامع در زمینه‌ی پیش‌بینی ریسک وارده از سوی تأمین‌کنندگان، به پیش‌بینی میزان ریسک وارده از سوی تأمین‌کنندگان بر شرکت فولاد آلیاژی ایران پرداخته شده است. در تحقیقات انجام‌شده در زمینه‌ی پیش‌بینی ریسک زنجیره‌ی تأمین، خروجی‌های شبکه‌ی عصبی با استفاده از نظر خبرگان تعیین شده است،[۳۸، ۲۷] درحالی‌که در این تحقیق برای تعیین خروجی شبکه‌ی عصبی از تلفیق دو تکنیک AHP و VIKOR استفاده شده است. هدف از این تحقیق ارائه‌ی مدلی به‌منظور پیش‌بینی میزان ریسک وارده از سوی تأمین‌کننده در شرکت مطالعه‌شده و کمک به این شرکت در راستای شناسایی این ریسک‌ها و اتخاذ تصمیماتی برای کاهش سطح ریسک است. در این پژوهش، با استفاده از تکنیک دلفی فازی عوامل مؤثر بر ریسک وارده از سوی تأمین‌کننده شناسایی شده و به‌عنوان عوامل ورودی مدل شبکه‌ی عصبی در نظر گرفته شدند. همچنین با توجه به توانایی شبکه‌ی عصبی در تحلیل حساسیت، در پایان با استفاده از تحلیل حساسیت تأثیر هرکدام از متغیرهای ورودی بر خروجی ارزیابی و پیشنهاداتی به‌منظور کاهش ریسک ارائه شده است. این مطالعه در پنج بخش تنظیم شده است. پس از بیان مقدمه، در بخش دوم ادبیات نظری تحقیق بیان شده است. در بخش سوم به بیان روش‌شناسی تحقیق، مراحل انجام تحقیق و تکنیک‌های مورد استفاده پرداخته شده

است. در بخش چهارم تجزیه‌وتحلیل داده‌ها ارائه شده و در نهایت، نتیجه‌گیری و پیشنهادهایی برای تحقیقات آتی در بخش پنجم ارائه شده است.

ادبیات نظری تحقیق

مدیریت زنجیره‌ی تأمین شامل تمامی فعالیت‌هایی است که برای پیوند بین تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان و مشتریان به‌کار می‌رود تا کالاها به مقدار مناسب و در زمان و مکان مناسب، با هدف حداقل‌سازی هزینه‌های سیستم و حداکثرسازی سطح خدمت‌دهی به مشتری، تولید و توزیع شوند[۳۴].

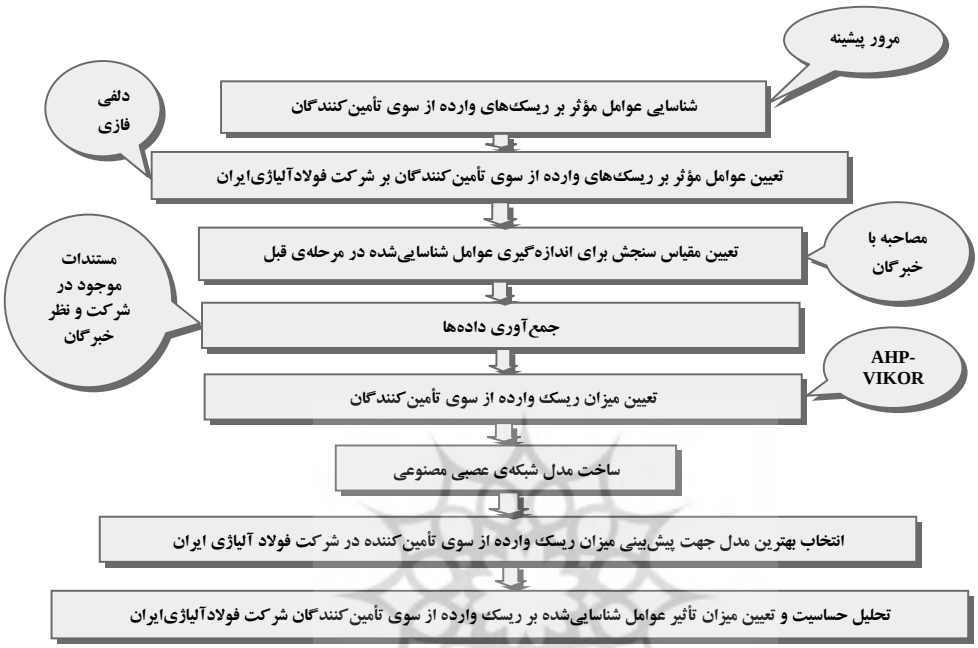
مدیریت ریسک زنجیره‌ی تأمین یکی از حوزه‌های مهمی است که هدف آن توسعه‌ی روش‌هایی به‌منظور شناسایی، ارزیابی، تحلیل و اصلاح ریسک در زنجیره‌ی تأمین است[۳۳]. هر نوع ریسک مربوط به جریان مواد، اطلاعات و پول می‌تواند عملیات طبیعی زنجیره را مختل کند[۳۱]. ریسک در زنجیره‌ی تأمین، تغییرات بالقوه‌ای است که ارزش افزوده را در هر یک از بخش‌های زنجیره‌ی تأمین کاهش می‌دهد. به‌منظور برآورد ارزش افزوده در بخش‌های مختلف زنجیره‌ی تأمین، ضروری است که ریسک در زنجیره، به‌طور مناسب مدیریت شود[۳]. مدیریت ریسک زنجیره‌ی تأمین به‌معنی «مدیریت ریسک‌های زنجیره‌ی تأمین از راه هماهنگی و همکاری بین اعضای زنجیره به‌منظور کسب سودآوری و استمرار» است[۳۵]. نتایج مدیریت ریسک‌های زنجیره‌ی تأمین، راهبردهای مناسبی را به‌منظور کاهش ریسک ارائه می‌کند. مدیریت ریسک زنجیره‌ی تأمین، با شناسایی و ارزیابی درست ریسک آغاز می‌شود و با پاسخ مناسب و به‌موقع به ریسک‌ها ادامه می‌یابد. در واقع مدیریت ریسکِ کارا، آسیب‌پذیری شبکه را به‌وسیله‌ی ایجاد زنجیره‌ی تأمین انعطاف‌پذیر در برابر تغییرات کاهش می‌دهد[۳].

در زمینه‌ی ریسک زنجیره‌ی تأمین، مطالعات متفاوتی انجام شده است. در پژوهشی با استفاده از FANP وزن عوامل مؤثر بر ریسک، محاسبه و با به‌کارگیری FVIKOR

اعضای زنجیره‌ی تأمین رتبه‌بندی و در نهایت عضوی که دارای بیشترین ریسک در زنجیره بود، تعیین شد[۲۳]. «وگنر» و «نشاط» (۲۰۱۰) نیز با استفاده از تئوری گراف، روشی برای کمّی‌کردن و کاهش آسیب‌پذیری زنجیره‌ی تأمین ارائه دادند[۳۷]. «ثون» و «هونیگ» (۲۰۱۱)، ۶۷ کارخانه‌ی تولیدی در صنعت خودروسازی آلمان را بررسی کرده و ریسک‌های شناسایی‌شده را از راه تحلیل و بررسی احتمال وقوع شکست‌ها و اثرات احتمالی آنها بر زنجیره‌ی تأمین، ارزیابی و نتایج را به‌صورت ماتریس احتمال ـ اثر ترسیم کرده‌اند. سپس ابزار لازم برای مقابله با آنها را شناسایی کرده و اثر مدیریت ریسک زنجیره‌ی تأمین را بر عملکرد سازمان بررسی کردند[۳۲]. «کیونگا» و همکاران (۲۰۰۸)، به‌منظور ارزیابی ریسک زنجیره‌ی تأمین، مدل هشداری را براساس کارت امتیازی متوازن و شبکه‌ی عصبی مصنوعی طراحی کردند. در این مطالعه معیارهای مالی، فرایندهای داخلی، مشتری و رشد و یادگیری در زنجیره‌ی تأمین، شناسایی و در نهایت ۲۹ معیار مربوط به این چهار منظر به‌عنوان ورودی شبکه‌ی عصبی در نظر گرفته شده است. به‌منظور محاسبه‌ی ریسک (خروجی شبکه) نیز از طیف پنج‌تایی (ریسک خیلی بالا، بالا، متوسط، کم و خیلی کم) استفاده شده است[۲۷]. «ونگ» و «هیونگ» (۲۰۰۹) نیز با استفاده از شبکه‌ی عصبی مدلی را برای ارزیابی ریسک زنجیره‌ی تأمین ارائه دادند. در این مطالعه پس از شناسایی عوامل ریسک در زنجیره‌ی تأمین، با استفاده از شبکه‌ی عصبی به ارزیابی ریسک پرداخته شده است. در این مقاله نرخ ریسک، به‌عنوان ورودی و مقادیر ارزیابی ریسک به‌عنوان خروجی (هر دو مقدار با توجه به نظرات خبرگان به‌دست آمدند) در نظر گرفته شده است[۳۸]. همان‌طور که از مرور پیشینه‌ی تحقیق مشخص است، تعداد محدودی از تحقیقات انجام‌شده در حوزه‌ی ریسک زنجیره‌ی تأمین، به موضوع پیش‌بینی ریسک در زنجیره‌ی تأمین پرداخته‌اند[۳۸، ۲۷].

روش‌شناسی تحقیق

در این تحقیق جامعه‌ی آماری را تأمین‌کنندگان شرکت فولاد آلیاژی ایران تشکیل می‌دهند. برای انجام این تحقیق از داده‌ها و مستندات مربوط به تأمین‌کنندگانی که در سال‌های ۱۳۸۸، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰، ۸۰ درصد نیاز شرکت را تأمین کرده‌اند، استفاده شده است. روش تحقیق به‌کاربرده‌شده از نوع هدف، کاربردی، از حیث شیوه‌ی گردآوری داده‌ها میدانی و از نظر میزان کنترل متغیرها، توصیفی ـ پیمایشی است. در این پژوهش ابتدا با بررسی تحقیقات، عوامل مؤثر بر ریسک‌های وارده از سوی تأمین‌کننده استخراج شدند. سپس با استفاده از دلفی فازی، از بین عوامل استخراج‌شده، عوامل مؤثر بر ریسک‌های وارده از سوی تأمین‌کنندگان در شرکت فولاد آلیاژی ایران انتخاب شدند. پس از آن با نظرسنجی و مصاحبه با خبرگان این صنعت و صاحب‌نظران در زمینه‌ی زنجیره‌ی تأمین، مقیاس سنجش برای هر یک از این عوامل تعیین شد. در ادامه با توجه به مستندات موجود در سازمان، اطلاعات جمع‌آوری شد. به‌منظور تعیین میزان ریسک وارده از سوی تأمین‌کنندگان شرکت از تکنیک AHP-VIKOR، استفاده شده است. در نهایت نیز با استفاده از شبکه‌ی عصبی مصنوعی، مدلی مناسب برای پیش‌بینی میزان ریسک وارده از سوی تأمین‌کنندگان شرکت طراحی شد. چهارچوب اجرایی تحقیق در شکل۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. چهارچوب اجرایی تحقیق

در ادامه تکنیک‌های استفاده‌شده در تجزیه‌وتحلیل داده‌ها به تفصیل بیان شده است.

۳-۱. تکنیک دلفی فازی

روش دلفی، در پی دستیابی به توافق عمومی در نظرات متخصصان است. هنگامی که برای موضوعات چندبُعدی، چندهدفی و مسائل تصمیم‌گیری پیچیده به‌کار می‌رود، تکرار فراوان مراحل زمان‌گیر پرسش و پاسخ برای رسیدن به اجماع نسبی نظرات، مشکل بزرگی تلقی می‌شود[۱۱]. روش دلفی فازی در دهه‌ی ۱۹۸۰ میلادی به‌وسیله‌ی کافمن و گوپتا برای غلبه بر نقص‌های موجود ابداع شد[۷]. ویژگی این روش، ارائه‌ی چهارچوبی انعطاف‌پذیر است که بسیاری از موانع مربوط به نبود دقت و صراحت را تحت پوشش قرار می‌دهد. بسیاری از مشکلات در تصمیم‌گیری‌ها مربوط به اطلاعات ناقص و نادقیق است. همچنین تصمیم‌های گرفته‌شده‌ی خبرگان براساس

صلاحیت فردی آنان بوده و به‌شدت ذهنی است. اغلب، عدم قطعیت در نظرات خبرگان وجود دارد. از آنجا که این نوع نبود قطعیت با مجموعه‌های فازی سازگاری دارد، بهتر است داده‌ها با اعداد فازی نمایش داده شوند و از مجموعه‌های فازی برای تحلیل نظرات خبرگان استفاده شود[۱۴].

۳-۲. تکنیک VIKOR

روش VIKOR نخستین‌بار از سوی «اپریکوویچ» در سال ۱۹۹۸ به‌منظور حل مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره و دستیابی به بهترین راه‌حل توافقی معرفی شد[۶]. الگوریتم روش VIKOR بدین‌گونه است که پس از تشکیل ماتریس تصمیم، به‌منظور نرمالایزکردن آن از بی‌مقیاس‌سازی اقلیدسی (رابطه‌ی ۱)، استفاده می‌شود.

رابطه‌ی (۱)
$$f_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}^{2}}}$$

در مرحله‌ی بعد، مقدار ایده‌آل مثبت و منفی هر شاخص از میان مقدارهای موجود ($f^{+} = \{f_1^{+}, f_2^{+}, f_3^{+}, ..., f_n^{+}\}$ راه‌حل ایده‌آل مثبت و $f^{-} = \{f_1^{-}, f_2^{-}, f_3^{-}, ..., f_n^{-}\}$ راه‌حل ایده‌آل منفی، با استفاده از روابط ۲ و ۳ محاسبه می‌شود.

رابطه‌ی (۲)
$$f_j^{+} = \max_j f_{ij}$$

رابطه‌ی (۳)
$$f_j^{-} = \min_j f_{ij}$$

سپس S_i، R_i و Q_i با استفاده از روابط (۴)، (۵) و (۶) محاسبه می‌شوند. در این روابط S_i و R_i به‌ترتیب به‌عنوان مقدار مطلوب و نامطلوب هر یک از گزینه‌ها و W_j به‌عنوان وزن هریک از معیارها است.

رابطه‌ی (۴)
$$S_j = \sum_{i=1}^{n} w_i \left(f_i^{+} - f_j \right) / \left(f_i^{+} - f_i^{-} \right)$$

رابطه‌ی (۵)
$$R_j = \max_i \left[w_i \left(f_i^{+} - f_j \right) / \left(f_i^{+} - f_i^{-} \right) \right]$$

رابطه‌ی (۶)
$$Q_j = \upsilon \left(S_j - S^{+} \right) / \left(S^{-} - S^{+} \right) + (1-\upsilon) \left(R_j - R^{+} \right) / \left(R^{-} - R^{+} \right)$$

در رابطه‌ی (۶)، Q_j به‌عنوان مقدار شاخص VIKOR برای گزینه‌ی iام،

$S^+ = \min_j S_j$ ، $S^- = \max_j S_j$ ، $R^+ = \min_j R_j$ ، $R^- = \max_j R_j$ است. υ، حداکثر مطلوبیت گروهی است که معمولاً برابر با ۰/۵ در نظر گرفته می‌شود. در نهایت براساس روش VIKOR، بهترین گزینه، گزینه‌ای است که کمترین میزان Qرا داشته باشد[۲۵].

۳-۳.ترکیب AHP و VIKOR

از روش تحلیل سلسله‌مراتبی برای تعیین وزن شاخص‌های به‌کاررفته برای سنجش ریسک استفاده شده است. وزن‌های به‌دست‌آمده از این روش در تکنیک VIKOR به‌کار گرفته شده است. در ادامه گام‌های مربوط به تلفیق دو رویکرد AHP و VIKOR مطرح شده است[۱۷].

گام نخست: شناسایی معیارهای ارزیابی؛ گام دوم: طراحی پرسشنامه‌ی مقایسات زوجی با درنظرگرفتن طیف ۹تایی؛ گام سوم: توزیع پرسشنامه میان خبرگان؛ گام چهارم: تشکیل ماتریس مقایسات زوجی؛ گام پنجم: محاسبه‌ی اهمیت (وزن) معیارها با استفاده از روش AHP؛ گام ششم: تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری نرمالایزشده برای انجام محاسبات VIKOR؛ گام هفتم: محاسبه‌ی مقدار ایده‌آل مثبت و منفی هر معیار؛ گام هشتم: محاسبه‌ی مقادیر S_i ، R_i؛ گام نهم: محاسبه‌ی مقدار Q_j؛ گام دهم: رتبه‌بندی گزینه‌ها براساس کمترین مقدار Q_j.

۳-۴. شبکه‌ی عصبی مصنوعی

پیشرفت‌های انجام‌شده در رشته‌های دانشگاهی و استفاده از روش‌های فراابتکاری، مانند روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی برای حل مسائل پیچیده، پژوهشگران را به استفاده از این روش‌ها در مدل‌سازی فرایند تصمیم‌گیری ترغیب کرده است. یکی از این پیشرفت‌ها در زمینه‌ی هوش مصنوعی، شبکه‌ی عصبی مصنوعی است که به‌عنوان ابزار قدرتمندی در پردازش اطلاعات غیرخطی، قادر به انجام موفقیت‌آمیز اعمالی مانند تقریب توابع غیرخطی، طبقه‌بندی الگوها، تشخیص الگوها و پیش‌بینی

است.

تحقیق حاضر با به‌کارگیری شبکه‌های عصبی مصنوعی به‌عنوان ابزاری قدرتمند در پردازش اطلاعات غیرخطی، مدلی مناسب به‌منظور پیش‌بینی میزان ریسک وارده از سوی تأمین‌کنندگان در شرکت فولاد آلیاژی ایران ارائه کرده است. در پایان نیز با استفاده از تحلیل حساسیت تأثیر هرکدام از متغیرهای ورودی بر خروجی مدل ارزیابی شده است. در این پژوهش از شبکه‌ی پرسپترون چندلایه (MLP)[1] به‌همراه الگوریتم پس انتشار خطا (EBP)[2] استفاده شده است.

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

۴-۱. شناسایی عوامل مؤثر بر ریسک وارده از سوی تأمین‌کننده

نخستین گام در مدیریت ریسک زنجیره‌ی تأمین، شناسایی عوامل مؤثر بر ریسک است. این امر به درک نااطمینانی‌هایی که در آینده ممکن است در زنجیره‌ی تأمین ایجاد شود، کمک می‌کند[۳۴]. با مرور پیشینه‌ی تحقیق، عوامل مؤثر بر ریسک‌های وارده از سوی تأمین‌کنندگان شناسایی شدند. جدول ۱، این عوامل را نشان می‌دهد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1. Multi-Layer Perceptron (MLP).
2. Error back propagation (EBP).

جدول۱. عوامل مؤثر بر ریسک‌های وارده سوی از تأمین‌کننده

عوامل مؤثر بر ریسک‌های وارده از سوی تأمین‌کننده	منبع
اشتباهات در تحویل مواد اولیه	[۲۲، ۲۳]
منبع‌یابی منفرد یا محدود	[۲۲، ۲۳، ۳۱، ۱۶، ۹]
ناتوانی در ایجاد نوآوری در مواد اولیه	[۲۲، ۱۰، ۳۲]
فاصله‌ی جغرافیایی بین تأمین‌کنندگان و سازمان	[۲۶، ۱۶، ۲۸، ۳۶، ۳۴، ۲۹، ۲۱، ۲۲]
ناتوانی در به‌کارگیری فناوری جدید	[۴۳، ۱۶، ۲۳، ۹، ۴۰، ۳۲، ۲۱، ۲۲]
محدودیت ظرفیت	[۹، ۳۱، ۲۱، ۲۲، ۱۰، ۲۴]
نبود اعتماد به سازمان	[۱۲، ۸، ۳۹]
خطاهای پیش‌بینی	[۲۶، ۴۳، ۱، ۲، ۹]
کمبود کارکنان ماهر	[۲۴، ۳۶، ۳۹، ۳۴، ۲۳، ۲، ۱۵]
خرابی ماشین‌آلات حین تولید	[۲۴، ۳۴، ۳۲، ۱۶، ۲۳، ۱۵]
برنامه‌ریزی نامناسب و تغییرات ناگهانی تولید	[۳۱، ۱۶، ۲۳، ۱۸]
نبود اطمینان در سیستم‌های اطلاعاتی	[۳۲، ۱۵، ۲، ۱۰، ۳۶، ۲۴، ۳۹، ۱، ۹]
تغییرپذیری تقاضا	[۲۴، ۳۴، ۳۱، ۱۶، ۲۳، ۲۰، ۳۹، ۱۰]
عوامل طبیعی	[۱۳، ۳۲، ۲۳، ۱۵، ۱۸، ۱۰، ۳۰، ۲۴، ۱، ۳۹، ۹]
عوامل سیاسی	[۳۱، ۳۲، ۴، ۱۵، ۲۳، ۴۲، ۳۰، ۱۰، ۲۴، ۳۹]
عوامل اقتصادی	[۴، ۲۰، ۲۳]

۴-۲. تعیین عوامل مؤثر بر ریسک‌های وارده از سوی تأمین‌کننده

در این تحقیق تعداد ۵۱ تأمین‌کننده‌ی شرکت فولاد آلیاژی ایران که در سه سال گذشته، ۸۰درصد نیاز این شرکت را تأمین کرده‌اند، برای پیش‌بینی میزان ریسک وارده از سوی تأمین‌کنندگان این شرکت در نظر گرفته شده است. با مرور جامع پیشینه‌ی تحقیق، عوامل مؤثر بر ریسک‌های وارده از سوی تأمین‌کنندگان استخراج شده است. به‌منظور تعیین مهم‌ترین عواملی که در پیش‌بینی میزان ریسک وارده از سوی تأمین‌کننده بر شرکت مؤثرند و خبرگان درباره‌ی آنها اجماع دارند، از روش دلفی فازی استفاده شده است. با توجه به موارد یادشده، در این تحقیق تعدادی از

خبرگان که نسبت‌به صنعت فولاد آلیاژی آشنایی کامل داشتند، انتخاب شدند.
پرسشنامه‌ی پژوهش حاضر با هدف کسب نظر خبرگان راجع‌به میزان موافقت آنها با شاخص‌های مدل، طراحی شده است. از آنجا که خبرگان خصوصیاتی متفاوت دارند، از ذهنیت‌های متفاوتی نیز برخوردار هستند. ولی با تعریف دامنه‌ی متغیرهای کیفی، خبرگان با ذهنیت یکسان به پرسش‌ها پاسخ خواهند داد. بنابراین متغیرهای کیفی به‌صورت اعداد فازی ذوزنقه‌ای و در طیف سه‌تایی کم (۰،۰،۲،۴)، متوسط (۳،۴،۶،۷) و زیاد (۶،۸،۱۰،۱۰) تعریف می‌شود[۵].
پس از تعیین خبرگان، چهار دُور روش دلفی تکرار شد. در دور نخست فهرستی از عوامل مؤثر بر ریسک‌های وارده از سوی تأمین‌کننده در اختیار خبرگان قرار گرفت. در گام بعدی میانگین مربوط به نظرات خبرگان درباره‌ی میزان اهمیت هر عامل طبق روابط زیر محاسبه شد[۷].

رابطه‌ی ۷ $$A^{(i)} = \left(a_1^i, a_2^i, a_3^i, a_4^i\right), \quad i = 1, 2, 3, ..., n$$

رابطه‌ی ۸ $$A_m = \left(a_{m1}^i, a_{m2}^i, a_{m3}^i, a_{m4}^i\right) = \left(1/n \sum a_1^{(i)}, 1/n \sum a_2^{(i)}, 1/n \sum a_3^{(i)}, 1/n \sum a_4^{(i)}\right)$$

در روابط ۷ و ۸، $A^{(i)}$ بیانگر دیدگاه خبره‌ی iام و A_m میانگین دیدگاه‌های خبرگان است.
در این مرحله از خبرگان خواسته شده است که میزان اهمیت عوامل مؤثر بر ریسک‌های وارده از سوی تأمین‌کننده را به‌صورت گزینه‌های کم، متوسط و زیاد انتخاب کنند. اختلاف نظر هر یک از خبرگان طبق رابطه‌ی ۹ محاسبه می‌شود[۷]. در حقیقت براساس این رابطه هریک از خبرگان می‌توانند نظر خود را با میانگین نظرات بسنجند و در صورت تمایل نظرات قبلی خود را تعدیل کنند.

رابطه‌ی ۹
$$e = \left(a_{m1} - a_1^{(i)}, a_{m2} - a_2^{(i)}, a_{m3} - a_3^{(i)}, a_{m4} - a_4^{(i)}\right)$$
$$= \left(1/n \sum a_1^{(i)} - a_1^i, 1/n \sum a_2^{(i)} - a_2^i, 1/n \sum a_3^{(i)} - a_3^i, 1/n \sum a_4^{(i)} - a_4^i\right)$$

با استفاده از رابطه‌ی ۹ اختلاف نظرات خبرگان محاسبه و در پرسشنامه‌ای تنظیم

شد. سپس هریک از خبرگان با توجه به ارزیابی دوباره‌ی نظر قبلی خود، نظرات جدید را اعلام کردند. در این مرحله با محاسبه‌ی اختلاف میانگین‌های دور اول و دوم، با استفاده از روابط فاصله‌ی میان اعداد فازی (رابطه‌ی ۱۰) میزان اجماع نظر خبرگان محاسبه می‌شود. در صورتی که اختلاف محاسبه‌شده از ۰/۲ کمتر باشد، فرایند دلفی فازی متوقف می‌شود[۷].

رابطه‌ی ۱۰ $$S(A_{m2}, A_{m1}) = \left| \frac{1}{4} \left[(a_{m21} + a_{m22} + a_{m23} + a_{m24}) - (a_{m11} + a_{m12} + a_{m13} + a_{m14}) \right] \right|$$

اعضای گروه خبره از بین عوامل مؤثر بر ریسک وارده از سوی تأمین‌کننده، به‌جز اشتباهات در تحویل مواد اولیه، ناتوانی در ایجاد نوآوری در مواد اولیه، خطای پیش‌بینی، نبود اطمینان در سیستم‌های اطلاعاتی، تغییرپذیری تقاضا، عوامل طبیعی، عوامل سیاسی و عوامل اقتصادی، با دیگر موارد موافق بوده و به‌دلیل اینکه امتیاز به‌دست‌آمده برای این عوامل در دامنه‌ی کم قرار گرفته، از مجموع عوامل حذف شد.

در نهایت با استفاده از روش دلفی فازی، هفت عامل به‌عنوان عوامل مؤثر بر ریسک‌های وارده از سوی تأمین‌کنندگان شامل منبع‌یابی منفرد یا محدود، محدودیت ظرفیت، نبود اعتماد به شرکت، کمبود کارکنان ماهر، برنامه‌ریزی نامناسب و تغییرات ناگهانی تولید، ناتوانی در به‌کارگیری فناوری جدید و فاصله‌ی جغرافیایی بین تأمین‌کنندگان و شرکت شناسایی شدند. در این پژوهش این عوامل به‌عنوان متغیرهای ورودی مدل شبکه‌ی عصبی مصنوعی در نظر گرفته شده است.

۴-۳. تعیین میزان ریسک وارده از سوی تأمین‌کننده با استفاده از AHP-VIKOR

در این پژوهش به‌منظور تعیین میزان ریسک وارده از سوی تأمین‌کنندگان بر شرکت فولاد آلیاژی ایران از تلفیق دو تکنیک AHP و VIKOR استفاده شده است. برای سنجش میزان ریسک وارده از سوی تأمین‌کنندگان با استفاده از نظر خبرگان صنعت

فولاد آلیاژی از چهار شاخص کیفیت کم مواد تأمین‌شده از سوی تأمین‌کننده، تأمین‌نشدن به‌موقع مواد توسط به‌وسیله‌ی تأمین‌کننده، افزایش هزینه‌های تأمین به‌وسیله‌ی تأمین‌کننده و طولانی‌بودن زمان تحویل استفاده شده است. برای تعیین وزن هر یک از این شاخص‌ها، روش AHP به‌کار گرفته شده است. پس از تشکیل ماتریس مقایسات زوجی به‌دست‌آمده از ادغام نظرات خبرگان، وزن هریک از شاخص‌ها و نرخ ناسازگاری با استفاده از نرم‌افزار *ExpertChoice*11 محاسبه شده است. وزن شاخص‌های کیفیت کم مواد تأمین‌شده، تأمین‌نشدن به‌موقع مواد، افزایش هزینه‌های تأمین و طولانی‌بودن زمان تحویل کالا به‌ترتیب ۰/۵۰۹، ۰/۲۶۷، ۰/۱۲۱ و ۰/۱۰۳ است. نرخ ناسازگاری مربوط به ماتریس ادغامی نظرات خبرگان نیز مقداری کمتر از ۰/۱ (۰/۰۰۵۸۴) را به‌خود اختصاص داده است. این امر بیانگر وجود سازگاری در بین نظرات پاسخ‌دهندگان است. با توجه به مقادیر وزن به‌دست‌آمده برای هریک از شاخص‌ها، به‌منظور تعیین میزان ریسک وارده از سوی تأمین‌کننده، به‌عنوان خروجی مدل شبکه‌ی عصبی، از تکنیک VIKOR استفاده شده است. در ادامه، مراحل مربوط به این تکنیک بیان شده است.

برای تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری از مستندات موجود در شرکت فولاد آلیاژی ایران استفاده شده است. ماتریس نرمالایزشده‌ی مربوط به این مقادیر در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲. ماتریس نرمالایزشده‌ی تصمیم‌گیری

شاخص‌های ارزیابی / تأمین‌کننده	کیفیت کم مواد تأمین‌شده	تأمین‌نشدن به‌موقع مواد	افزایش هزینه‌های تأمین	طولانی‌بودن زمان تحویل
۱	۰	۰	۰/۲۲۱۰۸	۰/۰۰۵۷۲
۲	۰/۰۸۳۹۵۵	۰/۰۰۸۱۵۷	۰/۱۹۹۴۹۹	۰/۰۲۸۶۱
...	...	...	...	...
۵۰	۰	۰	۰/۱۹۹۴۹۹	۰/۰۲۸۶۱
۵۱	۰	۰	۰/۱۴۸۷۸۶	۰/۰۲۲۸۸۸

در گام بعدی مقادیر راه‌حل ایده‌آل مثبت و منفی(f^+ و f^-) با استفاده از رابطه‌ی ۲ و ۳ محاسبه شدند. جدول ۳ این مقادیر را نشان می‌دهد.

جدول۳. راه‌حل ایده‌آل مثبت و منفی

	کیفیت کم مواد تأمین‌شده	تأمین‌نشدن به‌موقع مواد	افزایش هزینه‌های تأمین	طولانی‌بودن زمان تحویل
f^+	۰/۳۷۷۷۹۸	۰/۵۸۷۲۹۳	۰/۳۴۹۱۲۳	۰/۵۱۴۹۸۶
f^-	۰	۰	۰/۰۰۱۳۱۷	۰/۰۰۳۸۱۵

در جدول ۴، مقادیر Q مربوط به هر تأمین‌کننده با استفاده از رابطه‌ی ۶، نشان داده شده است.

جدول ۴. مقادیر Q مربوط به هر تأمین‌کننده

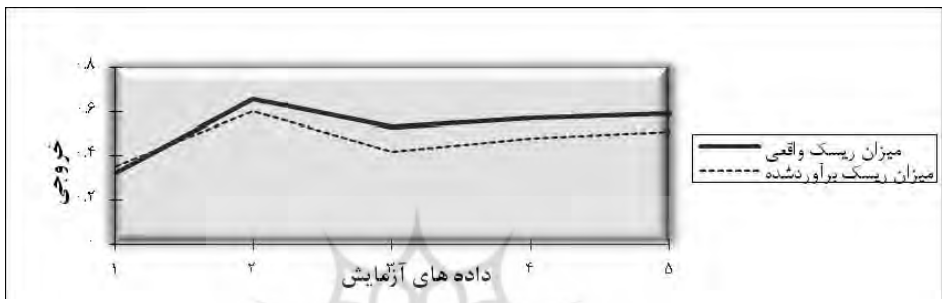
تأمین‌کننده	۱	۲	۳	...	۴۹	۵۰	۵۱
مقادیر Q	۰/۹۴۴	۰/۶۲۰	۰/۸۳۸	...	۰/۹۷۶	۰/۹۴۷	۰/۹۶۵

در نهایت با توجه به اینکه مقادیر Q به‌دست‌آمده با استفاده از روش VIKOR، میزان ایجاد ریسک از سوی هر تأمین‌کننده را نشان می‌دهد، به‌عنوان خروجی مدل شبکه‌ی عصبی در نظر گرفته شد.

۴-۴. انتخاب مدل مناسب برای پیش‌بینی میزان ریسک وارده از سوی تأمین‌کنندگان بر شرکت

در این تحقیق پس از آزمودن مدل با استفاده از نرم‌افزار *NeuroSolution*5 و بارها آزمون و خطا، مدل شبکه‌ی عصبی پرسپترون چندلایه (MLP) همراه با الگوریتم پس انتشار خطا (EBP) با یک لایه‌ی پنهان که تابع فعال‌سازی تانژانت در لایه‌ی پنهان و تابع فعال‌سازی خطی در لایه‌ی خروجی داشته، از وضعیت بهتری برخوردار بود. تعداد نرون‌ها در لایه‌ی پنهان نیز از یک تا ۱۰ متغیر بوده و بهترین تعداد نرون به‌صورت سعی و خطا تعیین شد. همچنین در این تحقیق الگوریتم آموزشی مومنتم استفاده شد. در مدل ارائه‌شده، میانگین توان دوم خطا (MSE)، ۰/۰۰۶، میانگین

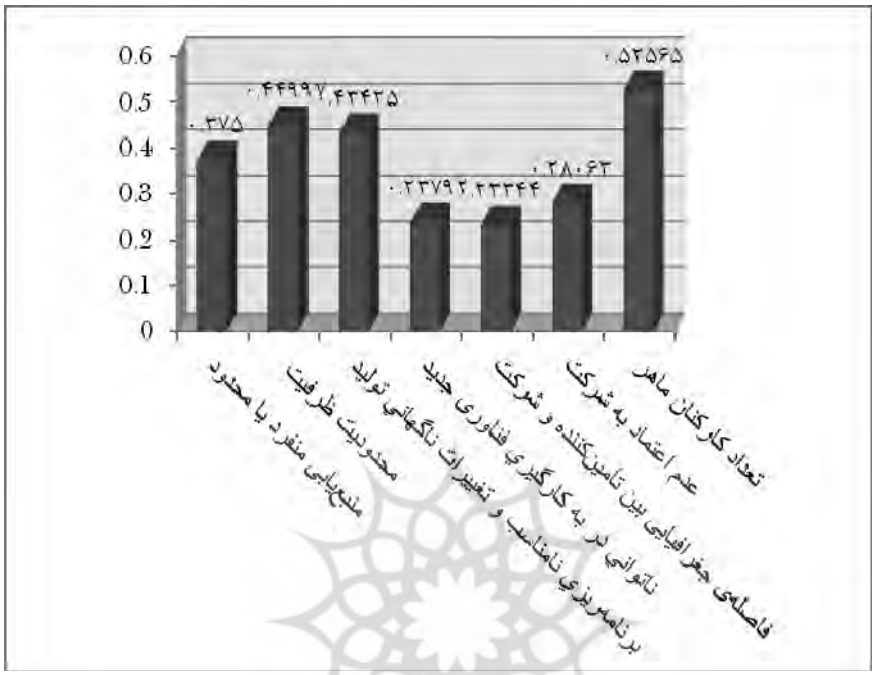
قدرمطلق خطا (MAE) ۰/۰۷۳ و ضریب همبستگی، ۰/۹۱۶ بوده است. تعداد لایه‌های این شبکه سه لایه، شامل یک لایه‌ی ورودی با ۷ نرون، یک لایه‌ی پنهان با ۷ نرون و یک لایه‌ی خروجی با یک نرون است.



شکل ۲. مقایسه‌ی خروجی واقعی و خروجی برآوردشده شبکه در پیش‌بینی میزان ریسک تأمین‌کننده

۴-۵. تحلیل حساسیت در شبکه‌ی عصبی مصنوعی

تحلیل حساسیت، روشی است که در آن با ایجاد تغییر در ورودی‌ها، میزان تغییر در خروجی تحلیل می‌شود. این مسئله نشان‌دهنده‌ی آن است که کدام ورودی بیشترین تأثیر را بر خروجی خواهد داشت[۴۱]. در تحقیق حاضر نیز برای پاسخ به این پرسش که کدام یک از متغیرهای ورودی، یعنی عوامل مؤثر بر ریسک‌های وارده از سوی تأمین‌کننده، بیشترین تأثیر را بر خروجی، یعنی میزان ریسک تأمین‌کننده داشته، از تحلیل حساسیت در شبکه‌ی عصبی استفاده شده است. نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل حساسیت در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳. تحلیل حساسیت شبکه‌ی عصبی با خروجی میزان ریسک تأمین‌کننده

همان‌گونه که از شکل‌ها مشخص است، عوامل «تعداد کارکنان ماهر» و «فاصله‌ی جغرافیایی بین تأمین‌کننده و شرکت» به‌ترتیب بیشترین و کمترین تأثیر را بر خروجی مدل (میزان ریسک وارده از سوی تأمین‌کننده) داشته است.

بحث و نتیجه‌گیری

امروزه با افزایش پیچیدگی، سطح بی‌اطمینانی و ریسک موجود در زنجیره‌ی تأمین نیز افزایش می‌یابد. این ریسک‌ها می‌توانند برای سازمان‌ها هزینه‌آور باشند و سبب تأخیر در تحویل محصولات به مشتری و در نتیجه نارضایتی وی شوند. از این‌رو مدیریت ریسک به یک موضوع اساسی در زنجیره‌ی تأمین تبدیل شده است و نقش مهمی در عملکرد زنجیره و استمرار پویایی سازمان ایفا می‌کند.

در این تحقیق با توجه به اهمیت ریسک وارده از سوی تأمین‌کنندگان و نبود مدلی جامع در زمینه‌ی پیش‌بینی ریسک تأمین‌کنندگان، به پیش‌بینی ریسک‌های وارده از سوی تأمین‌کنندگان بر شرکت فولاد آلیاژی ایران با استفاده از رویکرد شبکه‌ی عصبی مصنوعی پرداخته شده است.

از بین تحقیقات انجام‌شده در زمینه‌ی ریسک زنجیره‌ی تأمین، تعداد محدودی به موضوع پیش‌بینی ریسک در زنجیره‌ی تأمین پرداخته‌اند. تحقیقاتی که از شبکه‌ی عصبی به‌منظور پیش‌بینی میزان ریسک در زنجیره‌ی تأمین استفاده کرده‌اند، متغیر خروجی را نظرات خبرگان در نظر گرفته‌اند[۲۷، ۳۸]، درحالی‌که در این تحقیق پس از تعریف مقیاس سنجش برای سنجش ورودی‌ها و خروجی شبکه‌ی عصبی، به‌منظور محاسبه‌ی میزان ریسک از تکنیک‌های MADM استفاده شده است. در این پژوهش علاوه بر ارائه‌ی مدلی برای پیش‌بینی میزان ریسک وارده از سوی تأمین‌کننده، با انجام تحلیل حساسیت در شبکه‌ی عصبی، میزان تأثیر عوامل مؤثر بر ریسک‌های وارده از سوی تأمین‌کننده بر خروجی شبکه سنجیده شده است.

با توجه به تجزیه‌وتحلیل‌های انجام‌شده، از میان عوامل تأثیرگذار بر میزان ریسک وارده از سوی تأمین‌کننده، عامل «کمبود کارکنان ماهر» بیشترین تأثیر را بر خروجی مدل (میزان ریسک وارده از سوی هر تأمین‌کننده بر شرکت) دارد. بنابراین توصیه می‌شود به این مسئله توجه جدّی شود. به‌منظور کاهش این عامل، شرکت باید از تأمین‌کنندگانی که دارای کارکنان ماهر و متخصص هستند، استفاده کند. شرکت می‌تواند با ارزیابی کارکنان شرکت تأمین‌کننده، از این موضوع اطمینان پیدا کند. پس از این عامل، عامل «محدودیت ظرفیت تأمین‌کننده» بیشترین تأثیر را بر خروجی مدل داشته است. بنابراین پیشنهاد می‌شود، شرکت قبل از عقد قرارداد با تأمین‌کنندگان، از ظرفیت آنها مطلع شود. همچنین شرکت درباره‌ی تأمین‌کنندگانی که ظرفیت محدودی دارند و قادر به تأمین تمام نیاز شرکت نیستند، می‌بایست

جایگزین‌هایی در نظر داشته باشد تا در صورت لزوم از آنها استفاده کند. شکل ۳ نشان‌دهنده‌ی اولویت‌های بعدی است که می‌تواند راهنمای عمل مدیران در شرکت فولاد آلیاژی ایران باشد.

براساس وزن‌های به‌دست‌آمده برای هریک از ورودی‌ها با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی، وزن شاخص کیفیت کم مواد تأمین‌شده از دیگر شاخص‌ها بیشتر است. این امر نشان‌دهنده‌ی اهمیت بیشتر این شاخص در ریسک وارده از سوی تأمین‌کننده است. به‌عبارتی عدد ریسک بیشتر تحت تأثیر این شاخص است. بنابراین به مدیران شرکت فولاد آلیاژی ایران پیشنهاد می‌شود که به کیفیت مواد تأمین‌شده از سوی تأمین‌کننده توجه بیشتری کنند. از منظر روش‌شناسی نیز می‌توان گفت رویکرد شبکه‌ی عصبی فازی روشی قدرتمند در پیش‌بینی پدیده‌های مختلف مدیریتی است. بنابراین پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده از روش ترکیبی شبکه‌ی عصبی مصنوعی و منطق فازی استفاده شود. در این تحقیق به‌دلیل محدودیت زمانی، شبکه‌های عصبی مصنوعی قطعی به‌کار گرفته شد تا ضمن تأیید روایی آن در مراحل بعدی با استفاده از رویکرد فازی این مدل توسعه یابد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع و مآخذ

[1]. Blackhurst, J.V., Scheibe, K.P., & Johnson, D.J., "**Supplier risk assessment and monitoring for the automotive industry**", International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 38, No. 2, 2008, pp. 143-165.
[2]. Blos, M.F., Quaddus, M., Wee, H.M., & Watanabe, K., "**Supply chain risk management (SCRM): a case study on the automotive and electronic industries in Brazil**", Supply Chain Management: an International Journal, Vol. 14, No. 4, 2009, pp. 247–252.
[3]. Bogataja, D., & Bogataj, M., "**Measuring the supply chain risk and vulnerability in frequency space**", International journal Production Economics, Vol. 108, 2007, pp. 291-301.
[4]. Chan, F.T.S., & Kumar, N., "**Global supplier development considering risk factors using fuzzy extended AHP-based approach**", The International Journal of Management Science, Vol. 35, No. 4, 2011, pp. 417-431.
[5]. Chang, P-T., "**The fuzzy Delphi method via fuzzy statistics and membership function fitting and application to the human resources**", Fuzzy Sets and Systems, 112, 1998.
[6]. Chen, L.Y., & Wang, T.C., "**Optimizing partners' choice in IS/IT out sourcing projects: The strategic decision of fuzzy VIKOR**", International Journal Production Economics, Vol. 120, 2009, pp. 233–242.
[7]. Cheng, C-H., & Lin, Y., "**Evaluating the best main battle tank using fuzzy decision theory with linguistic criteria evaluation**", European. Journal of Operational Research, Vol. 142, No. 1, 2002, pp. 174-186
[8]. Cheng, T.C.E., Yip, F.K., & Yeung, A.C.L., "**Supply risk management via guanxi in the Chinese business context: The buyer'sperspective**", International Journal of Production Economics, Vol. 139, No. 1, 2012, pp. 3-13.
[9]. Chopra, S., & Sodhi, M.S., "**Managing risk to avoid supply chain breakdown**", MIT Sloan Management Review, Vol. 46, No. 1, 2004, pp. 53-61.
[10]. Cucchiella, F., & Gastaldi, M., "**Risk management in supply chain: a real option approach**", Journal of Manufacturing Technology Management, Vol. 17, No. 6, 2006, pp. 700-720.
[11]. Duru, O., Bulut, E., & Yoshida, S., "**A fuzzy extended DELPHI method for adjustment of statistical time series prediction: An empirical study on dry bulk freight market case**", Expert Systems with Applications, Vol. 39, 2012, pp. 840–848
[12]. Faisal, M.N., Banwet, D.K., & Shankar, R., "**Supply chain risk mitigation: modeling the enablers**", Business Process Management Journal, Vol. 12, No. 4, 2006, pp. 535-552.
[13]. Hittle, B., & Leonard, K.M., "**Decision making in advance of a supply chain crisis**", Management Decision, Vol. 49, No. 7, 2011, pp. 1182-1193.
[14]. Hsu, Y-L., Lee, C-H., & Kreng, V.B., "**The application of Fuzzy Delphi Method and Fuzzy AHP in lubricant regenerative technology selection**", Expert Systems with Applications, Vol. 37, 2010, pp. 419–425
[15]. Juttner, U., Peck, H., & Christopher, M., "**Supply Chain Risk Management: Outlining an Agend A for Future Research**", International Journal of Logistics: Research & Applications, Vol. 6, No. 4, 2003, pp. 197-210.
[16]. Kara, S., Kayis, B., & Gomez, E., "**Managing Supply Chain Risks in Multi-site, Multi-partner Engineering Projects**", Communications of the IBIMA, Vol. 5, 2008, pp. 100-112.
[17]. Kaya, T., & Kahraman, C., "**Fuzzy multiple criteria forestry decision making based on an integrated VIKOR and AHP approach**", Expert Systems with Applications, Vol. 38, 2011, pp. 7326–7333.

[18]. Khan, O., Christopher, M., & Burnes, B., "**The impact of product design on supply chain risk: a case study**", International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 38, No. 5, 2008, pp. 412-432.
[19]. Li, S., Ragu-Nathan, B., Ragu-Nathan, T.S., & Rao, S.S., "**The impact of supply chain management practices on competitive advantage and organizational performance**", Omega, Vol. 34, 2006, pp. 107– 124
[20]. Manuj, I., & Mentzer, J., "**Global supply chain risk management strategies**", International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, Vol. 38, No. 3, 2008, pp. 192–223.
[21]. Micheli, G.J.L., Cagno, E., & Giulio, A.D., "**Reducing the total cost of supply through risk-efficiency-based supplier selection in the EPC industry**", Journal of Purchasing and Supply Management, Vol. 15, 2009, pp. 166-177
[22]. Micheli, G.J.L., Cagno, E., & Zorzini, M., "**Supply risk management vs supplier selection to manage the supply risk in the EPC supply chain**", Management Research News, Vol. 31, No. 11, 2008, pp. 846-866.
[23]. Moeinzadeh, P., & Hajfathaliha, A., "**A Combined Fuzzy Decision Making Approach to Supply Chain Risk Assessment**", International Journal of Human and Social Sciences, Vol. 5, No. 13, 2010, pp. 859-875.
[24]. Norrman, A., & Jansson, U., "**Ericsson's proactive supply chain risk management approach after a serious sub-supplier accident**", International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, Vol. 34, No. 5, 2004, pp. 434–456
[25]. Opricovic, S., & Tzeng, G.H., "**Extended VIKOR method in comparison with outranking methods**", European journal of operational research, Vol. 178, No. 2, 2007, pp. 514-529.
[26]. Pujawan, I.N., & Geraldin, L.H., "**House of risk: a model for proactive supply chain risk management**", Business Process Management Journal, Vol. 15, No. 6, 2009, pp. 953-967.
[27]. Qinghua, W., Xiaozhong, X., Wenhao, T., Liang, H., "**An Early-Warning Model for Supply Chain Risk Based On the Balanced Scoring Card and BP Neural Networks**", International Conference on Automation and Logistics Qingdao, 2008.
[28]. Sanchez-Rodrigues, V., Potter, A., & Naim, M.M., "**Evaluating the causes of uncertainty in logistics operations**", The International Journal of Logistics Management, Vol. 21, No. 1, 2010, pp. 45-64
[29]. Schoenherr, T., Tummalaa, V.M.R., & P. Harrison, T., "**Assessing supply chain risks with the analytic hierarchy process: Providing decision support for the offshoring decision by a US manufacturing company**", Journal of Purchasing & Supply Management, Vol. 14, 2008, pp. 100–111.
[30]. Tang, C.S., "**Perspectives in supply chain risk management: a review**", International Journal Production Economics, Vol. 103, 2006, pp. 451–488.
[31]. Tang, O., & Nurmaya Musa, S., "**Identifying risk issues and research advancements in supply chain risk management**", International Journal Production Economics, Vol. 133, 2011, pp. 25–34.
[32]. Thun, J.H., & Hoenig, D., "**An empirical analysis of supply chain risk management in the German automotive industry**", International Journal Production Economics, Vol. 131, 2011, pp. 242–249.
[33]. Trkman, P., & McCormack, K., "**Supply chain risk in turbulent environments-A conceptual model for managing supply chain network risk**", International Journal Production Economics, Vol. 119, 2009, pp. 247–258.
[34]. Tuncel, G., & Alpan, G., "**Risk assessment and management for supply chain networks:**

A case study", Computers in Industry, Vol. 61, 2010, pp. 250–259.
[35]. Vilko, J., "**Approaches to supply chain risk management: identification, analysis and control**", Lappeenranta University of Technology Digipaino, 2012.
[36]. Vilko, J., Hallikas, J.M., "**Risk assessment in multi modal supply chains**", International Journal of Production Economics, Vol. 140, 2012, pp. 586-595.
[37]. Wagner, S. M., & Neshat, N., "**Assessing the vulnerability of supply chains using graph theory**", International Journal Production Economics, Vol. 126, 2010, pp. 121–129.
[38]. Wang, Y., & Huang, L., "**Risk Assessment of Supply chain Based on BP Neural Network**", Second International Symposium on Knowledge Acquisition and Modeling, 2009.
[39]. Wu, T., Blackhurst, J., & Chidambaram, V., "**A model for inbound supply risk analysis**", Computers in Industry, Vol. 57, 2006, pp. 350–365.
[40]. Xia, D., & Chen, B., "**A comprehensive decision-making model for risk management of supply chain**", Expert Systems with Applications, Vol. 38, 2011, pp. 4957–4966.
[41]. Yao, Y.Y., Zhao, Y., & Maguire, R.B., "**Explanationoriented association mining using a combination of unsupervised and supervised learning algorithms**", Proceedings of the Sixteenth Canadian Conference on Artificial Intelligence, 2008.
[42]. Yi, C.Y., Ngai, E.W.T., & Moon, K.L., "**Supply chain flexibility in an uncertain environment: exploratory findings from five case studies**", Supply Chain Management: an International Journal, Vol. 16, No. 4, 2011, pp. 271–283.
[43]. Zsidisin, G.A., & Ellram, L.M., "**An agency theory investigation of supply risk management**", Journal of Supply Chain Management, Vol. 39, No. 3, 2003, pp. 15–29.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی