

ارائه مدلی برای ارزیابی ریسک‌های زنجیره تامین با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه

محمد حیاتی* - محمد عطایی** - رضا خالو کاکایی*** احمد رضا صیادی****

(تاریخ دریافت: ۹۲/۲/۷ - تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۲/۱۰)

چکیده

مدیریت زنجیره تامین، فرآیند برنامه ریزی، اجرا و کنترل کارآمد جریان مواد اولیه، موجودی‌های در جریان ساخت، محصولات نهایی و همچنین جریان اطلاعات مرتبط با آن از نقطه اولیه تا نقطه مصرف می‌باشد و لذا تمامی فعالیت‌های سازمان، شرکت و... را تحت تاثیر قرار می‌دهد، از این رو توجه به فرصت‌ها و تهدیدهای موجود در عرصه صنعت و تجارت و ارزیابی توان صنایع و شرکت‌ها در رویارویی با عدم قطعیت‌ها و ریسک‌های موجود ضروری بوده و مدیریت ریسک‌های زنجیره تامین بسیار حائز اهمیت می‌باشد. در این تحقیق ضمن ارائه یک مدل جامع و سلسله مراتبی، با تکیه بر روش ساختار شکست ریسک، پرسشنامه جامعی از ریسک‌های اصلی زنجیره تامین تهیه شده و براساس آن این ریسک‌ها در بحث زنجیره تامین فولاد و در شرکت ذوب آهن اصفهان با استفاده از روش‌های شباهت به گزینه ایده آل، مجموع وزین ساده و تسلط تقریبی ارزیابی و رتبه‌بندی شده است. در ادامه ضمن محاسبه ضریب همبستگی اسپیرمن جهت تشخیص هم‌گرایی رتبه‌های حاصل از روش‌های مذکور رتبه‌بندی نهایی عوامل ریسک زنجیره تامین صنعت فولاد با استفاده از روش میانگین به دست آمد و ریسک‌های مربوط به فرایند تامین و تامین‌کننده به‌عنوان بحرانی‌ترین ریسک‌ها شناخته شدند. واژگان کلیدی: ارزیابی ریسک، ساختار شکست ریسک، زنجیره تامین، فولاد، شرکت ذوب آهن اصفهان، تصمیم‌گیری چند شاخصه

* استادیار گروه مهندسی معدن، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران (مسئول مکاتبات)

Mohammad_Hayaty@yahoo.com

** استاد گروه مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

Ataei@shahroodut.ac.ir

*** استاد گروه مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

R_kakaie@shahroodut.ac.ir

**** دانشیار گروه مهندسی معدن، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

Sayadi@modares.ac.ir

مقدمه

امروزه رقابت شدید در بازارهای جهانی، ظهور محصولات با چرخه کوتاه عمر و بالارفتن انتظارات مشتریان، سازمان‌های تجاری را مجبور به سرمایه‌گذاری بر روی زنجیره تامین خود و مدیریت آن، نموده است. علاوه بر این بروز عواملی نظیر مسائل سیاسی، نوسانات تقاضا، تغییرات تکنولوژی، ناپایداری‌های مالی و حوادث طبیعی موجب افزایش عدم قطعیت و بروز ریسک‌هایی در زنجیره تامین شده و باعث شکل‌گیری مدیریت ریسک زنجیره تامین شده است (Vanany, Zailani, Pujawan, 2009; Brindley, 2004). مدیریت ریسک زنجیره تامین، مدیریت ریسک‌های موجود در زنجیره تامین از طریق هماهنگی و همکاری میان اجزاء زنجیره تامین است به گونه‌ای که سود دهی و پیوستگی زنجیره تامین را تضمین نماید (Tang, 2006).

ارزیابی ریسک یکی از ارکان مدیریت ریسک بوده و هدف آن اندازه‌گیری ریسک‌ها بر اساس شاخص‌های مختلف از قبیل میزان تاثیر و احتمال وقوع می‌باشد و هر چه نتایج این مرحله دقیق‌تر باشد می‌توان گفت که فرایند مدیریت ریسک با درجه اطمینان بالاتری انجام می‌گیرد. رتبه‌بندی ریسک‌ها، قسمت کلیدی این فرایند به شمار می‌رود و امکان تعیین ارجحیت هر ریسک در مقابل سایر ریسک‌ها را فراهم کرده و در نتیجه تصمیم‌گیرندگان می‌تواند در مورد میزان تخصیص منابع موجود برای مقابله با هر ریسک برنامه‌ریزی نماید (Ghosh, Jintanapakanont, 2004). در تحقیقات متعددی چگونگی فرایند مدیریت، شناسایی و ارزیابی ریسک زنجیره تامین بررسی شده است که به برخی از مهم‌ترین آن‌ها در جدول ۱ اشاره شده است.

بر اساس مرور مطالعات و تحقیقات گذشته و بررسی‌های به عمل آمده بیشتر مقالات و تحقیقات (بیش از ۷۰ درصد) به موضوعات مفاهیم مدیریت ریسک زنجیره تامین، ارائه مطالعات میدانی و موردی و مرور ادبیات پرداخته‌اند و موضوعاتی از قبیل کاربرد رویکردهای مدل‌سازی و شبیه‌سازی بسیار محدود می‌باشد و خصوصاً این که تاکنون در زمینه شناسایی و ارزیابی و اندازه‌گیری ریسک‌های زنجیره تامین و تعیین میزان بزرگی و

رتبه بندی آن‌ها و به ویژه در بحث زنجیره تامین فولاد مطالعات جدی صورت نگرفته است. همان‌طور که از جدول ۱ نیز می‌توان ملاحظه نمود در تحقیقاتی که موضوع ارزیابی ریسک را مورد توجه قرار داده‌اند عمدتاً از دو شاخص «میزان تاثیر» و «احتمال وقوع» ریسک در قالب ماتریس احتمال - اثر ریسک استفاده شده است.

برخی از محققین بر غیر قابل اطمینان بودن این رویه تاکید کرده‌اند (Chapman, Ward, 2003). از جمله مشکلات استفاده از ماتریس احتمال - اثر ریسک این است که در آن ممکن است اهمیت ریسک‌های با احتمال کم و اثر مهم نادیده گرفته شود، همچنین ریسک‌هایی که احتمال زیاد و اثر غیر مهم دارند با ریسک‌هایی که احتمال کم و اثر مهم دارند معادل فرض می‌شوند (Pipattanapiwong, 2004). در تحقیقاتی نیز از برخی روش‌های دیگر ارزیابی ریسک، نظیر FMEA استفاده شده است که میزان بزرگی ریسک بر اساس حاصلضرب سه شاخص شدت، میزان کشف و احتمال وقوع ریسک محاسبه می‌شود لیکن در این روش نقاط ضعف و اشکالات مذکور نیز وجود دارد. این در حالی است که جهت ارزیابی و رتبه‌بندی ریسک در تحقیقات که در سایر زمینه‌های غیر از زنجیره تامین انجام شده است، شاخص‌های دیگری نظیر «توانایی سازمان در واکنش به ریسک» (McDermott, Mikulak, Beauregard, 1996)، «عدم اطمینان تخمین» (Klein, Cork, 1998)، احتمال و میزان تاثیر بر زمان، هزینه و کیفیت پروژه نیز در رتبه‌بندی ریسک‌ها (Baccarini, Archer, 2001) نیز مطرح شده‌اند همچنین از شاخص‌های تکمیلی مدیریت پذیری و نزدیکی وقوع ریسک (Pertmaster Software, 2002) و اثرات اجتماعی اقتصادی و اثرات زیست محیطی نیز استفاده شده است (Xu, Liu, 2009). در مواردی که با مجموعه قابل توجهی از متغیرها سروکار داشته و نیاز به اولویت‌بندی واحدهای تصمیم‌گیری بر اساس اهمیت نسبی‌شان وجود داشته باشد، بهره‌گیری از نظر افراد مختلف، همراه با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری گروهی و چندشاخصه ابزاری مناسب جهت رتبه بندی و اتخاذ تصمیمات صحیح‌تر و علمی به شمار می‌رود (Pomerol, Romero, 2000).

¹ Probability-impact risk rating matrix

در تکنیک‌های تصمیم‌گیری گروهی از نظرات چندین خبره به جای یک خبره استفاده شده جهت تجمیع نظرات خبرگان از روش‌های مختلفی نظیر میانگین‌گیری استفاده می‌شود (Saaty, Vargas, 2006). همچنین هر گونه تکنیکی جهت ارزیابی ریسک باید با ایجاد روشی مناسب برای شناسایی و طبقه‌بندی ریسک‌های خاص هر پروژه یا سازمان آغاز شود. در این تحقیق به منظور شناسایی، ارزیابی و اندازه‌گیری و تعیین میزان بحرانی بودن عوامل ریسک در زنجیره تامین، یک مدل جامع و سلسله‌مراتبی ارائه گردید. در این راستا ضمن طراحی یک ساختار جامع از ریسک‌های اصلی و عمده زنجیره تامین با تکیه بر روش ساختار شکست ریسک و نیز معرفی مجموعه کاملی از شاخص‌های ارزیابی، پرسشنامه جامعی در این خصوص تهیه شده و سپس این ریسک‌ها در بحث زنجیره تامین فولاد در شرکت سهامی ذوب آهن اصفهان به عنوان بزرگ‌ترین مجتمع تولید فولاد کشور، ارزیابی و رتبه‌بندی شده است. در این راستا از برخی از مهمترین روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه (MADM)، جهت تعیین رتبه ریسک‌ها استفاده شده است.

لازم به ذکر است که تاکنون با این رویکرد در زمینه ارزیابی ریسک زنجیره تامین تحقیق و مطالعه جدی انجام نشده است و مدل سلسله‌مراتبی ارائه شده در این تحقیق دارای نوآوری می‌باشد.

هدف از استفاده از چندین روش تصمیم‌گیری در این مقاله بهره‌مندی از نقاط قوت روش‌های مختلف می‌باشد. همچنین بخش‌بندی مطالب ارائه شده در این مقاله به این شرح است: بعد از بیان مقدمه و مرور مطالعات گذشته در بخش اول، کلیاتی در خصوص روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه در بخش دوم بیان شده است. در بخش سوم به معرفی روش تحقیق در قالب هشت مرحله و در بخش چهارم به بررسی مطالعه موردی مطابق مراحل روش تحقیق پرداخته شده است. در بخش پایانی نتیجه‌گیری تحقیق بیان شده است.

¹ Risk Breakdown Structure (RBS)

² Multi Attribute Decision Making

جدول ۱: برخی از مهمترین تحقیقات انجام شده در زمینه مدیریت ریسک زنجیره تامین

۱: (رویکرد) ۲: (نوع ریسک) ۳: (تکنیک) ۴: (بخش مورد بررسی) ۵: (صنعت)
۱: مطالعه میدانی، ۲: مالی، ۳: استراتژی‌های کاهش ریسک، ۴: ارزیابی ریسک، ۵: زنجیره تامین کارخانجات چندملیتی. (Kim, Parkb, 2014)
۱: مدل‌سازی، ۲: تامین، تولید، توزیع، خدمات و فناوری اطلاعات، ۳: AHP، ۴: شناسایی و ارزیابی ریسک. (Badea et al, 2014)
۱: مفهومی، ۲: حوزه عمده‌فروشان، ۳: ماتریس احتمال - اثر و تکنیک دلفی، ۴: شناسایی و ارزیابی ریسک. (Markmann, Darkow, Gracht, 2013)
۱: مفهومی، ۲: تامین، تولید و فروش، ۴: شناسایی، مدیریت و کنترل ریسک. (Dekker, Sakaguchi, Kawai, 2013)
۱: مدل‌سازی، ۲: تامین و تقاضا، ۳: تئوری گراف‌ها، ۴: ارزیابی ریسک. (Wagner, Neshat, 2010)
۱: شبیه‌سازی، ۲: تامین‌کننده، تولیدکننده و مشتری، ۳: FMEA، ۴: شناسایی، ارزیابی ریسک، ۵: تولید. (Tuncel, Alpan, 2010)
۱: مدل‌سازی، ۲: مالی، ۳: برنامه مختلط عدد صحیح خطی ^۱ ، ۴: مدیریت ریسک، ۵: زنجیره تامین هیدروژن. (Sabio et al, 2010)
۱: مدل‌سازی، ۲: تامین و شکست، ۳: بهینه‌سازی و AHP، ۴: مدیریت ریسک، ۵: تکنولوژی اطلاعات. (Ravindran et al, 2010)
۱: مطالعه میدانی، ۲: تامین، ۳: مدل ساختاری تفسیر، ۴: ارزیابی ریسک، ۵: تولید. (Ellis et al, 2010)
۱: مفهومی، ۲: رابطه‌ای ^۲ ، ۴: مدیریت ریسک. (Jia, Rutherford, 2010)
۱: مرور ادبیات. (Tang, Musa, 2011)
۱: مرور ادبیات. (Olson, Wu, 2010)
۱: مطالعه میدانی، ۳: ماتریس احتمال - اثر، ۴: شناسایی، ارزیابی و مدیریت ریسک، ۵: اتومبیل. (Thun, 2011)
۱: مطالعه موردی، ۲: تامین، ۳: ارزیابی روند تامین و تقاضا، ۴: شناسایی و ارزیابی، ۵: مواد خام معدنی. (Tornow et al, 2009)
۱: مطالعه موردی، ۲: تامین و تقاضا، ۳: استراتژی‌های کاهش ریسک، ۴: شناسایی ریسک، ۵: خرده‌فروشی. (Oke, Gopalakrishnan, 2009)
۱: مفهومی، ۲: ریسک شکست، ۳: بررسی تاثیر چابکی به‌عنوان روشی برای مدیریت ریسک در زنجیره تامین. (Braunscheidel, Suresh, 2009)

¹ Mixed-Integer Linear Problem (MILP)

² Relational risk

ادامه جدول ۱: برخی از مهمترین تحقیقات انجام شده در زمینه مدیریت ریسک زنجیره تامین
۱: مطالعه موردی، ۲: تامین، تقاضا، لجستیک، حوادث طبیعی و غیره، ۳: AHP، ۴: ارزیابی ریسک، ۵: تولید. (Schoenherr, Tummala, Harrison, 2008)
۱: مدل سازی، ۲: تامین، تقاضا و فرایند، ۳: انعطاف پذیری، ۴: مدیریت ریسک، ۵: تولید. (Tang, Tomlin, 2008)
۱: شبیه سازی، ۲: تامین، ۳: بررسی اثر افزایش موجودی در میزان شکست و ریسک تامین، ۴: ارزیابی ریسک. (Kull, Closs, 2008)
۱: مطالعه موردی، ۲: تامین، حوادث طبیعی، انسانی و حمل و نقل، ۳: AHP، ۴: مدیریت ریسک، ۵: تولید. (Levary, 2008)
۱: مطالعه میدانی، ۲: تامین، ۳: انتخاب تامین کننده، ۴: مدیریت ریسک، ۵: مهندسی تهیه و ساخت. (Micheli, Cagno, Zorzini, 2008)
۱: مفهومی، ۲: ریسک شکست، ۴: مدیریت ریسک، ۵: اتومیل. (Craighead, 2007)
۱: مفهومی، ۳: یکپارچه نمودن ابعاد ریسک و عملکرد، ۴: مدیریت ریسک. (Ritchie, Brindley, 2007)
۱: مرور ادبیات. (Tang, 2006)
۱: مفهومی، ۳: مدل ساختاری تفسیری ^۱ ، ۴: مدیریت ریسک، ۵: تولید. (Faisal et al, 2006)
۱: مفهومی، ۲: حوادث طبیعی، شکست های اقتصادی و تروریسم، ۴: مدیریت ریسک، ۵: شیمیایی. (Kleindorfer, Saad, 2005)
۱: مفهومی، ۲: تامین، تقاضا و محیطی، ۴: شناسایی، ارزیابی و مدیریت ریسک. (Juttner, 2005)
۱: مفهومی، ۴: شناسایی ریسک. (Cavinato, 2004)
۱: مطالعه موردی، ۴: شناسایی، ارزیابی و مدیریت ریسک، ۵: موبایل و سیستم های ارتباطی. (Norrman, Jansson, 2004)
۱: مفهومی، ۲: شکست ها، تاخیرها، پیش بینی، تهیه، موجودی و ظرفیت، ۴: دسته بندی و مدیریت ریسک. (Chopra, Sodhi, 2004)
۱: مطالعه موردی، ۲: تامین، ۴: شناسایی و دسته بندی، ۵: هوا فضا و الکترونیک. (Zsidisin, 2003a)
۱: مفهومی، ۲: تامین، ۴: شناسایی ریسک، ۵: هوا فضا و الکترونیک. (Zsidisin, 2003b)
۱: مفهومی، ۴: مدیریت ریسک، ۵: سازمان های کوچک و متوسط ^۲ . (Ritchie, Brindley, 2000)
۱: مدل سازی، ۲: مالی، ۳: برنامه ریزی تصادفی قراردادی ^۳ ، ۴: مدیریت ریسک، ۵: زنجیره تامین شیمیایی. (Applequist, Pekny, Reklaitis, 2000)

(منبع: جمع بندی یافته های تحقیق)

¹ ISM methodology

² Small and Medium-sized Enterprises (SMEs)

³ Conventional Stochastic Programming

روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه

این روش‌ها به منظور انتخاب مناسب‌ترین گزینه از بین m گزینه موجود به کار می‌روند و خصوصیت متمایز آن‌ها این است که معمولاً تعداد محدود و قابل شمارشی از گزینه‌های از پیش تعیین شده وجود دارد. بهترین گزینه در یک مدل چند شاخصه، گزینه‌ای خواهد بود که ارجح‌ترین ارزش از هر مشخصه موجود را تأمین می‌نماید. مبنای مدل‌سازی، ایجاد و تشکیل جدول توافقی^۱ می‌باشد (Asgarpour, 2008). از مهمترین و رایج‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه می‌توان به روش‌های مجموع وزین ساده (SAW)^۲، شباهت به گزینه ایده‌آل (TOPSIS)^۳ و تسلط تقریبی (ELECTRE) اشاره نمود (Saaty, Vargas, 1981; Hwang, Yoon, 2006). این روش‌ها همچنین از دسته مدل‌های جبرانی هستند که در آن‌ها تبادل بین شاخص‌ها صورت می‌گیرد. به این معنی که تغییر در یک شاخص توسط تغییری مخالف (در جهت عکس) در شاخص یا شاخص‌های دیگر جبران می‌شود. در کلیه روش‌های مذکور تعیین اهمیت نسبی شاخص‌های موجود گام موثری در فرایند حل مسأله می‌باشد. از جمله روش‌های استخراج ضرایب شاخص‌ها می‌توان به روش‌های استفاده از نظرات خبرگان و آنتروپی شانون^۵ اشاره نمود (Azar, Rajabzadeh, 2002). اگر فرض کنیم w_j' وزن محاسبه شده برای یک شاخص باشد و همچنین اگر تصمیم‌گیرنده در ذهن خود برای آن شاخص یک ضریب اهمیت نظیر λ_j داشته باشد، محاسبه وزن تلفیقی شاخص را می‌توان با کمک رابطه (۱) انجام داد:

$$w_j = \frac{\lambda_j w_j'}{\sum_{j=1}^m \lambda_j w_j'} \quad (1)$$

¹ Contingency Table

² Simple additive-weighting

³ Technique for order-Preference by Similarity to ideal Solution

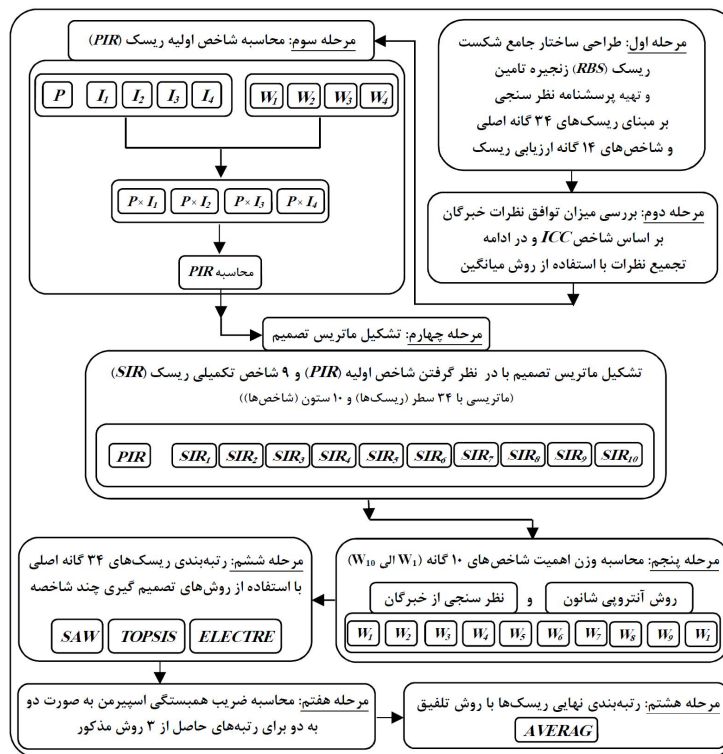
⁴ Linear Assignment

⁵ Entropy Shannon

روش تحقیق

این تحقیق در قالب هشت مرحله مطابق شکل (۱) انجام شده است.

الف) مرحله اول: در این مرحله، ضمن طراحی یک ساختار سلسله مراتبی جامع شکست ریسک (RBS) زنجیره تامین و تهیه پرسشنامه مربوطه بر اساس ۳۴ ریسک اصلی و ۱۴ معیار ارزیابی، نظرات خبرگان با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری گروهی در قالب چندین گروه از خبرگان و در طی جلسات متعدد، جمع‌آوری می‌گردد. ساختار طراحی شده شامل ۳ سطح بوده که در سطح اول مجموعه ریسک‌های زنجیره تامین در قالب ۷ مجموعه، در سطح دوم در ۳۴ دسته اصلی و در نهایت در سطح سوم در قالب ۳۲۰ زیر دسته (عامل ریسک) بر اساس روش RBS دسته بندی شده‌اند. دو سطح اول این ساختار سلسله مراتبی که ارزیابی ریسک با تمرکز بر این سطوح انجام شده در شکل (۲) نشان داده شده است.



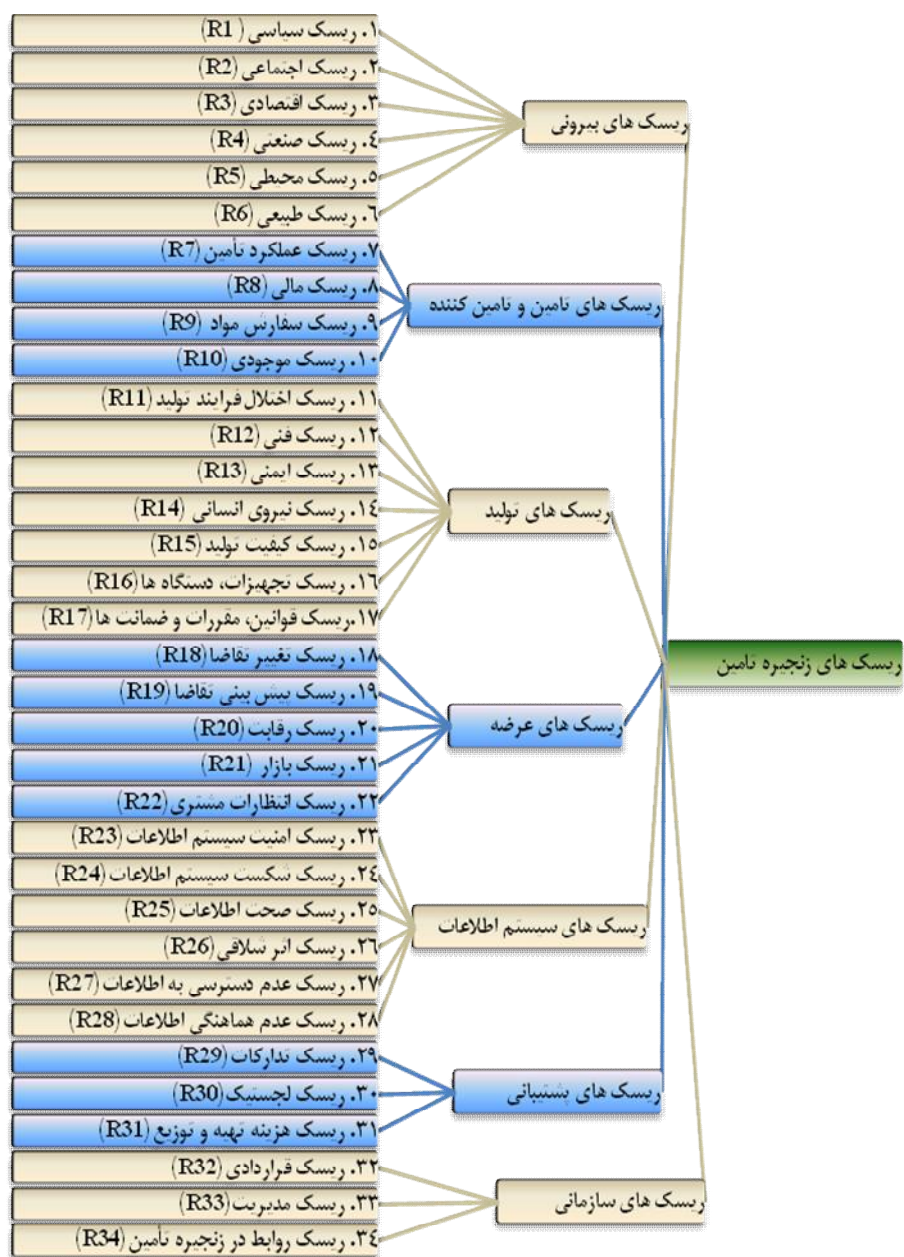
شکل ۱: مدل فرایند و مراحل ارزیابی ریسک زنجیره تامین

¹ Risk Breakdown Structure

معیارهای تعیین شده برای ارزیابی ریسک‌ها نیز در دو دسته اولیه و ثانویه (تکمیلی) به همراه نماد مربوطه در جدول (۲) نشان داده شده است. در معیارهای با جنبه اثر گذاری مثبت هر چه مقدار این شاخص‌ها (معیارها) برای یک ریسک بیشتر باشند میزان بحرانی بودن آن ریسک نیز بیشتر است. در معیارهایی که دارای جنبه اثر گذاری منفی هستند با افزایش مقدار این شاخص‌ها برای یک ریسک، میزان بحرانی بودن ریسک کاهش می‌یابد.

ب) مرحله دوم: پس از جمع آوری پرسشنامه‌ها به منظور بررسی میزان توافق نظرات خبرگان و در صورت لزوم حذف و یا نظر سنجی مجدد، ضریب همبستگی داخلی (ICC) را محاسبه کرده و با توجه به مقدار آلفای کرونباخ که برای نظرات به دست می‌آید چنانچه آلفا بیش از ۰,۷ باشد، همبستگی و توافق مناسب و خوب بین نظرات خبرگان را نشان می‌دهد، اگر مقدار آلفا بین ۰,۷ و ۰,۵ باشد بیانگر توافق متوسط و اگر کمتر از ۰,۵ باشد همبستگی و توافق ضعیف نظرات را نشان می‌دهد که در این حالت در صورت لزوم، نظر سنجی مجدد انجام می‌شود (Bayazidi, Oladi, Abbasi, 2012). در ادامه تجمیع نظرات با استفاده از روش میانگین صورت می‌گیرد.

¹ Intraclass Correlation Coefficient



شکل ۲: ساختار سلسله مراتبی ریسک های زنجیره تامین در ۳ سطح (شامل ۳۴ ریسک اصلی)

جدول ۲: معیارهای ارزیابی ریسک (شامل ۵ معیار اولیه و ۹ معیار تکمیلی، جمعاً ۱۴ معیار)

ثانویه (تکمیلی)									اولیه				نوع معیار		
میزان کاهش ریسک	میزان افزایش ریسک	میزان اثر ریسک بر محدودده	میزان اثر ریسک بر کیفیت	میزان اثر ریسک بر هزینه	میزان اثر ریسک بر زمان	احتمال وقوع ریسک	میزان کشف ریسک	میزان اطمینان از تخمین	میزان شناخت ریسک	میزان مدیریت پذیری ریسک	میزان مواجهه با ریسک	شرح معیار			
SIR9	SIR8	SIR7	SIR6	SIR5	SIR4	SIR3	SIR2	SIR1	I4	I3	I2	I1	P	نماد معیار	
منفی	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	منفی	منفی	منفی	منفی	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	جنبه اثر معیار

(منبع: نتایج یافته‌های تحقیق)

ج) مرحله سوم: در این مرحله بر اساس معیارهای اولیه که مطابق با استانداردهای موجود در زمینه مدیریت ریسک پروژه‌ها در نظر گرفته شده‌اند ارزیابی اولیه انجام می‌گیرد. با توجه به معیارهای احتمال وقوع ریسک و میزان اثرگذاری ریسک بر اهداف اصلی پروژه (زنجیره) شامل زمان‌بندی‌ها، هزینه‌ها، کیفیت عملکرد و محدوده فعالیت‌های واحدها و بخش‌های مختلف زنجیره می‌توان یک شاخص اولیه ریسک (PIR)، به ازای هر ریسک را تعریف نمود (رابطه ۶).

$$PIR = \sum [W_i (P \times I_i)] \quad \text{رابطه (۶)}$$

P، احتمال وقوع ریسک و I1 الی I4 میزان اثرگذاری ریسک به ترتیب بر زمان، هزینه، کیفیت و محدوده زنجیره است و همچنین W1 الی W4 وزن اهمیت معیار اثر ریسک به ترتیب بر زمان، هزینه، کیفیت و محدوده زنجیره می‌باشند که با توجه به نظرات خبرگان نیز

¹ Primary Index Risk

تعیین می‌شوند و همچنین مجموع این اوزان برابر یک است. شاخص PIR به ازای هر کدام از ریسک‌های ۳۴ گانه به دست می‌آید. مشاهده می‌شود که تعریف ساده و اولیه ریسک یعنی (احتمال \times اثر گذاری ریسک) در شاخص PIR نهفته است ولی افزون بر این مزیت، نیز حوزه اثر گذاری ریسک به چهار معیار "زمان، هزینه، کیفیت و محدوده" با وزن‌های متفاوت گسترش داده شده است.

د) مرحله چهارم: با توجه به اینکه، استفاده از شاخص‌های مرسوم احتمال وقوع و میزان تاثیر، به تنهایی نتیجه جامع و قابل اعتماد و معتبری به دست نمی‌دهد لذا در این تحقیق ۹ شاخص تکمیلی دیگر برای جبران کمبود مذکور پیشنهاد شده است. در این مرحله نظرات خبرگان در خصوص میزان ۹ شاخص ثانویه (تکمیلی) به ازای هر یک از ریسک‌های ۳۴ گانه را مد نظر قرار داده و به منظور استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه برای ارزیابی و رتبه‌بندی نهایی ریسک‌ها، ماتریس تصمیم با ۳۴۰ درایه شامل ۳۴ سطر (ریسک‌های اصلی) و ۱۰ ستون (شاخص‌های اولیه و ثانویه) تشکیل می‌شود.

ه) مرحله پنجم: در این مرحله وزن هر کدام از شاخص‌های مذکور (W1 الی W10) محاسبه می‌شود. در این تحقیق از تلفیق نظرات خبرگان و روش آنتروپی شانون برای استخراج و تعیین ضرایب شاخص‌ها استفاده شده است.

و) مرحله ششم: در این مرحله رتبه‌بندی ریسک‌های ۳۴ گانه بر اساس ۱۰ شاخص (شامل شاخص PIR و شاخص‌های SIR1 الی SIR9)، با استفاده از روش‌های SAW، TOPSIS و ELECTRE انجام می‌گیرد.

ف) مرحله هفتم: با توجه به این که در استفاده از روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چند شاخصه، ممکن است رتبه‌های متفاوتی به دست آید از این رو، جهت نیل به یک رتبه-بندی واحد (نهایی) لازم است که از روش‌های تلفیق استفاده شود. قبل از رتبه‌بندی نهایی، باید میزان همگرایی رتبه‌های حاصل از روش‌های مختلف تعیین گردد. همگرایی رتبه‌ها را می‌توان با به کارگیری آزمون آماری ضریب همبستگی محاسبه کرد. لذا این سؤال مطرح می‌شود که آیا ضریب همبستگی به دست آمده بین رتبه‌ها معنی‌دار است و یک رابطه علت

و معلولی خطی بین رتبه‌ها وجود دارد؟ یا ضریب همبستگی به دست آمده ناشی از شانس و تصادف بوده است؟ لذا در اینجا ضریب همبستگی رتبه‌ای و آزمون آن مدنظر است (Mir-Fakhreddini, Andalib-ardakani, Rezai-Asl, 2012). فرض صفر در این آزمون مبتنی بر عدم وجود همبستگی است. ضریب همبستگی و فرضیه آن به شرح زیر است (Chopra, Sodhi, 2004):

$$\begin{cases} H_0 : \rho = 0 \\ H_1 : \rho \neq 0 \end{cases} \quad \text{رابطه (۷)}$$

به منظور محاسبه ضریب همبستگی رتبه‌ای برای داده‌های زوجی (x_i, y_i) و به ازای $i=1, 2, \dots, n$ ، ابتدا به تمام x ها بر حسب مقادیرشان رتبه داده شده، و همین کار برای y ها انجام می‌گیرد، سپس تفاضل بین رتبه‌های هر زوج (d_i) را محاسبه کرده و در نهایت با استفاده از رابطه زیر ضریب همبستگی رتبه‌ای تعیین می‌شود (رابطه ۸).

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)} \quad \text{رابطه (۸)}$$

اگر عدد معناداری آزمون همبستگی اسپیرمن از ۰,۰۵ کوچکتر باشد فرض H_1 تائید می‌شود که نشان دهنده معنی داری بین رتبه‌هاست و لذا می‌توان از تکنیک‌های تلفیق جهت اخذ رتبه‌بندی واحد استفاده کرد (Zsidisin, 2003a).

ظ) مرحله هشتم: برای تلفیق رتبه‌های به دست آمده از روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چند شاخصه، تکنیک‌های تلفیق نظیر (میانگین، بردا و کپلند) مورد استفاده قرار می‌گیرند (Norrman, Jansson, 2004) که در این تحقیق از روش میانگین استفاده می‌شود.

¹ Average

² Borda

³ Copland

مطالعه موردی

جامعه آماری مورد نظر به منظور ارزیابی ریسک زنجیره تامین، بخش‌های مختلف یک زنجیره تامین شامل تامین، تولید و توزیع می‌باشند که این بخش‌ها برای مطالعه موردی در این تحقیق عبارتند از: شرکت سهامی ذوب آهن اصفهان، شرکت‌های وابسته اعم از شرکت‌های تامین کننده مواد اولیه (نظیر معادن سنگ آهن میشدوان، چادرملو، سنگان، بافق و شرکت ذغال سنگ طبس، شرکت معادن منگنز و ...) و نیز خریداران عمده محصولات (تعاونی‌های آهن فروشان) شرکت می‌باشد.

شرکت سهامی ذوب آهن اصفهان اولین و بزرگترین کارخانه تولید کننده فولاد ساختمانی و ریل در ایران است که فرایند تولید فولاد در این مجتمع به روش کوره بلند است و با ظرفیت ۲/۸ میلیون تن محصول نهایی، انواع مقاطع فولادی ساختمانی و صنعتی را تولید می‌کند. محصولات کارخانجات این شرکت علاوه بر بازار داخل به بیش از ۲۳ کشور اروپایی، آسیایی و آفریقایی صادر می‌شود. با توجه به مدل ارائه شده در شکل (۱)، فرایند ارزیابی و رتبه‌بندی عوامل ریسک در مجتمع ذوب آهن اصفهان به عنوان یک مطالعه موردی در زنجیره تامین فولاد، در قالب ۸ مرحله زیر انجام شده است:

الف) مرحله اول: پرسشنامه تهیه شده شامل ۳۴ سطر و ۱۴ ستون است. سطور آن شامل ریسک‌های ۳۴ گانه اصلی (شکل ۲) و ستون‌ها شامل شاخص‌های مختلف جهت ارزیابی ریسک (جدول ۲) می‌باشد. نظرات خبرگان با بهره‌مندی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری گروهی نظیر تکنیک دلفی و طوفان فکری در قالب ۶ گروه از کارشناسان، کارشناسان ارشد و سرپرست واحدها و بخش‌های مختلف مجتمع که جمعاً ۳۰ نفر بودند جمع‌آوری شد. گروه اول خبرگان شامل ۵ نفر از کارشناسان بخش خرید و تامین مواد اولیه بوده، گروه دوم شامل ۴ نفر از کمیسیون معاملات شرکت، گروه سوم شامل ۶ نفر از واحد خرید مواد مصرفی، گروه چهارم شامل ۴ نفر از بخش مشاورین و واحد آزمایشگاه شرکت، گروه پنجم شامل ۶ نفر از واحد فنی، بهره برداری شرکت و در نهایت گروه ششم شامل ۵ نفر از بخش مهندسی صنایع شرکت بوده است. نظرسنجی و امتیازدهی در خصوص میزان هریک از

شاخص‌ها به ازای هر کدام از ریسک‌ها بر اساس طیف هفت گانه مطابق جدول (۳) انجام گرفته است.

جدول ۳: طیف امتیاز دهی و متغیرهای زبانی برای ارزش معیارها به ازای هر ریسک

متغیر بیانی	خیلی کم	کم	متوسط کم	متوسط	متوسط زیاد	زیاد	خیلی زیاد
مقدار عددی	۰	۱	۳	۵	۷	۹	۱۰

(منبع: Mahdavi et.al, 2009)

ب) مرحله دوم: پس از جمع آوری پرسشنامه‌ها به منظور بررسی میزان توافق نظرات گروه‌های خبرگان، با استفاده از نرم افزار SPSS، ضریب ICC به ازای هر کدام از ریسک‌ها محاسبه شده است (یعنی تعداد ۳۴ عدد آلفای کرونباخ) و نتایج مقدار آلفای کرونباخ بین ۰,۷۰۶ و ۰,۹۵۰ به دست آمد و لذا همبستگی و توافق مناسب و خوب بین نظرات خبرگان را نشان می‌دهد، لذا تجمیع نظرات با استفاده از روش میانگین انجام گرفت.

ج) مرحله سوم: در این مرحله به منظور محاسبه PIR (رابطه ۶)، میزان W1 الی W4 بر اساس نظر سنجی از خبرگان به ترتیب ۰,۳۵، ۰,۴، ۰,۱، ۰,۱۵ تعیین گردید. نتایج در ستون اول جدول (۵) نشان داده شده است.

د) مرحله چهارم: در این مرحله با در نظر گرفتن نظرات خبرگان در خصوص میزان ۹ شاخص تکمیلی (SIR1 الی SIR9) به ازای هر یک از ریسک‌های ۳۴ گانه، به همراه شاخص PIR، ماتریس تصمیم با ۳۴۰ درایه شامل ۳۴ سطر و ۱۰ ستون تشکیل می‌شود (جدول ۶).

جدول ۶: ماتریس تصمیم

SIR9	SIR8	SIR7	SIR6	SIR5	SIR4	SIR3	SIR2	SIR1	PIR	SIR9	SIR8	SIR7	SIR6	SIR5	SIR4	SIR3	SIR2	SIR1	PIR
۰,۶۷	۷,۶۷	۰,۶۷	۰,۶۷	۱,۳۳	۱,۳۳	۱,۰۰	۲,۶۷	۸,۳۳	۰,۱۲	R18	۰,۸۳	۷,۶۷	۸,۳۳	۰,۶۷	۰,۶۷	۱,۵۰	۶,۶۷	۸,۵۰	۶,۰۹
۰,۶۷	۳,۰۰	۶,۶۷	۱,۶۷	۰,۶۷	۳,۶۷	۱,۳۳	۷,۳۳	۰,۳۳	۱,۱۹	R19	۰,۳۳	۹,۶۷	۹,۳۳	۷,۳۳	۰,۶۷	۱,۰۰	۹,۶۷	۹,۶۰	۰,۸۸
۰,۳۳	۸,۳۳	۷,۰۰	۳,۶۷	۰,۳۳	۲,۶۷	۱,۳۳	۰,۳۳	۷,۶۷	۱,۶۹	R20	۰,۸۳	۸,۸۳	۸,۰۰	۰,۶۷	۹,۳۳	۹,۸۳	۰,۶۷	۹,۶۰	۸,۱۸
۲,۶۷	۷,۳۳	۶,۰۰	۰,۶۷	۰,۳۳	۳,۶۷	۰,۶۷	۱,۰۰	۹,۰۰	۱,۴۹	R21	۳,۰۰	۸,۳۳	۹,۳۳	۸,۱۷	۹,۰۰	۰,۶۷	۰,۶۷	۰,۶۷	۰,۶۷
۸,۳۳	۳,۶۷	۸,۰۰	۳,۳۳	۰,۳۳	۰,۳۳	۰,۶۷	۱,۳۳	۸,۳۳	۰,۳۰	R22	۸,۵۰	۹,۳۳	۹,۶۷	۹,۱۷	۲,۳۳	۲,۳۳	۱,۰۰	۱,۰۰	۳,۳۳
۸,۶۷	۹,۶۷	۸,۰۰	۹,۶۷	۱,۵۰	۰,۶۷	۰,۶۷	۰,۳۳	۰,۳۳	۰,۰۷	R23	۰,۶۷	۹,۶۷	۹,۶۷	۸,۵۰	۰,۶۷	۲,۳۳	۱,۰۰	۰,۸۳	۱,۰۰
۶,۳۳	۹,۶۷	۸,۰۰	۹,۶۷	۰,۶۷	۰,۶۷	۰,۱۷	۰,۳۳	۹,۳۳	۰,۰۸	R24	۰,۳۳	۰,۶۷	۳,۳۳	۰,۶۷	۹,۶۷	۸,۸۳	۱,۱۷	۶,۰۰	۸,۸۳
۸,۳۳	۰,۶۷	۹,۶۷	۷,۶۷	۷,۶۷	۰,۶۷	۰,۱۷	۰,۶۷	۷,۰۰	۱,۷۴	R25	۰,۶۷	۱,۸۳	۰,۶۷	۷,۰۰	۹,۶۷	۸,۸۳	۱,۰۰	۹,۶۷	۰,۶۷
۷,۰۰	۸,۳۳	۳,۶۷	۷,۰۰	۷,۰۰	۶,۳۳	۰,۶۷	۰,۶۷	۳,۶۷	۲,۶۷	R26	۶,۳۳	۳,۳۳	۰,۶۷	۰,۶۷	۸,۸۳	۹,۱۷	۰,۶۷	۶,۰۰	۶,۶۷
۹,۶۷	۸,۰۰	۹,۶۷	۶,۰۰	۱,۰۰	۶,۰۰	۰,۳۳	۰,۶۷	۸,۰۰	۰,۱۸	R27	۰,۶۷	۱,۱۷	۰,۶۷	۷,۳۳	۰,۶۷	۰,۶۷	۰,۳۳	۱,۰۰	۰,۶۷
۷,۳۳	۸,۰۰	۷,۰۰	۸,۰۰	۲,۶۷	۱,۰۰	۲,۰۰	۰,۳۳	۸,۱۷	۳,۰۷	R28	۸,۳۳	۹,۱۷	۸,۳۳	۸,۳۳	۰,۶۷	۶,۰۰	۷,۶۷	۳,۰۰	۹,۶۷
۶,۰۰	۸,۳۳	۷,۶۷	۰,۳۳	۹,۱۷	۷,۳۳	۳,۶۷	۱,۶۷	۶,۰۰	۰,۸۰	R29	۷,۶۷	۹,۱۷	۷,۶۷	۰,۶۷	۷,۶۷	۷,۶۷	۶,۳۳	۰,۳۳	۸,۰۰
۶,۶۷	۳,۶۷	۷,۳۳	۰,۶۷	۹,۶۷	۰,۶۷	۰,۳۳	۰,۶۷	۸,۸۳	۲,۲۴	R30	۷,۰۰	۷,۶۷	۸,۳۳	۰,۳۳	۷,۶۷	۷,۳۳	۰,۶۷	۷,۳۳	۰,۶۷
۲,۶۷	۰,۶۷	۰,۶۷	۰,۶۷	۰,۶۷	۰,۳۳	۰,۶۷	۰,۳۳	۰,۶۷	۰,۲۱	R31	۰,۶۷	۸,۶۷	۷,۳۳	۰,۳۳	۶,۳۳	۰,۶۷	۲,۰۰	۷,۳۳	۰,۳۳
۷,۰۰	۸,۵۰	۶,۶۷	۷,۰۰	۶,۳۳	۰,۶۷	۶,۳۳	۷,۰۰	۶,۶۷	۲,۴۰	R32	۰,۶۷	۸,۶۷	۶,۶۷	۷,۶۷	۲,۳۳	۸,۱۷	۶,۳۳	۱,۶۷	۶,۶۷
۶,۰۰	۹,۶۷	۰,۶۷	۶,۰۰	۸,۸۳	۸,۵۰	۶,۰۰	۶,۶۷	۶,۶۷	۰,۲۴	R33	۸,۵۰	۸,۰۰	۸,۵۰	۱,۵۰	۶,۳۳	۶,۳۳	۱,۵۰	۳,۳۳	۰,۶۷
۶,۶۷	۹,۶۷	۳,۳۳	۰,۶۷	۷,۰۰	۷,۶۷	۱,۵۰	۶,۶۷	۰,۶۷	۳,۱۹	R34	۸,۵۰	۸,۸۳	۷,۰۰	۰,۶۷	۰,۶۷	۱,۵۰	۰,۶۷	۰,۶۷	۰,۶۷

(منبع: نتایج یافته‌های تحقیق)

ه) مرحله پنجم: در این مرحله وزن هر کدام از شاخص‌ها (W1 الی W10) بر اساس تلفیق نظر سنجی خبرگان و روش آنتروپی شانون (روابط ۱ الی ۵) به دست آمده است به گونه‌ای مجموع اوزان برابر یک است (جدول ۷). طیف امتیاز دهی برای تعیین اوزان اهمیت معیارها برای نظر سنجی از خبرگان بر اساس یک طیف هفت گانه بوده که متغیرهای بیانی آن شامل: خیلی زیاد، زیاد، متوسط زیاد، متوسط، متوسط کم، کم و خیلی کم بوده و مقادیر عددی متناسب با متغیرهای بیانی به ترتیب شامل: ۱، ۰,۹، ۰,۷، ۰,۵، ۰,۳، ۰,۱ و صفر بوده است.

جدول ۷: محاسبه وزن نهایی هر شاخص با تلفیق نظرات خبرگان و آنتروپی شانون

SIR9	SIR8	SIR7	SIR6	SIR5	SIR4	SIR3	SIR2	SIR1	PIR	
۰,۰۳۱۸	۰,۰۳۳۶	۰,۰۱۵	۰,۰۴۳۴	۰,۰۷۹	۰,۰۶۶۲	۰,۱۴۷۱	۰,۱۲۱۸	۰,۰۲۱۶	۰,۰۸۷۳	Wj
۰,۰۷۵۳	۰,۰۷۰۸	۰,۰۶۳۹	۰,۰۸۶۸	۰,۰۷۹۹	۰,۰۴۵۷	۰,۰۷۳۱	۰,۰۵۴۸	۰,۰۸۲۲	۰,۱۱۸۷	λi
۰,۰۳۷۵	۰,۰۳۷۳	۰,۰۱۵	۰,۰۵۸۹	۰,۰۹۸۸	۰,۰۴۷۳	۰,۱۶۸۲	۰,۱۰۴۵	۰,۰۲۷۸	۰,۱۶۲۲	Wj

(منبع: نتایج یافته‌های تحقیق)

و) مرحله ششم: رتبه‌بندی ریسک‌ها بر اساس روش‌های SAW، TOPSIS و ELECTRE در سه ستون اول جدول (۹) ارائه شده است.

ف) مرحله هفتم: در این مرحله بر اساس آزمون همبستگی اسپیرمن و مطابق روابط (۷) الی (۸) مقدار ضریب همبستگی بین رتبه‌های حاصل از روش‌های ELECTRE با SAW، TOPSIS و ELECTRE با SAW و ELECTRE با TOPSIS به ترتیب ۰/۹۹۰، ۰/۹۸۹ و ۰/۹۹۲ با سطح معنی داری صفر، به دست آمد که نشان‌دهنده وجود رابطه و همبستگی معنی دار بین رتبه حاصل از روش‌ها می باشد از این رو، می توان رتبه نهایی ریسک‌ها را در مرحله بعد تعیین کرد.

ظ) مرحله هشتم: در این مرحله جهت تلفیق رتبه‌های به دست آمده و اخذ رتبه بندی واحد (نهایی) تکنیک میانگین مورد استفاده قرار گرفته است. (جدول ۹). بر این اساس مدیریت باید پاسخ به ریسک‌های بحرانی (با رتبه بالاتر) را در اولویت قرار دهد. در نهایت اگر بخواهیم رتبه بندی ریسک‌های سطح یک (هفت دسته ریسک) را نیز داشته باشیم می توان با محاسبه میانگین رتبه ریسک‌های زیر دسته، رتبه هر دسته را تعیین کرد (جدول ۱۰). همان‌طور که مشاهده می شود ریسک‌های مربوط به تامین و تامین کننده کمترین رتبه را کسب کرده و در این مطالعه به عنوان بحرانی ترین ریسک شناخته شدند.

جدول ۹: رتبه بندی ریسک‌ها، تلفیق رتبه‌ها و اخذ رتبه نهایی

رتبه نهایی	ELECTTE	TOPSIS	SAW	رتبه نهایی	ELECTTE	TOPSIS	SAW
۲۹,۶۷	۳۰	۲۹	۳۰	R18	۶,۶۷	۷	۷
۲۰,۶۷	۱۹	۱۹	۲۴	R19	۲۸,۰۰	۲۸	۲۸
۲۳,۰۰	۲۳	۲۳	۲۳	R20	۱,۶۷	۲	۱
۲۴,۶۷	۲۵	۲۴	۲۵	R21	۸,۳۳	۸	۹
۲۷,۰۰	۲۷	۲۷	۲۷	R22	۲۹,۳۳	۲۹	۲۹
۳۲,۰۰	۳۲	۳۲	۳۲	R23	۳۳,۰۰	۳۳	۳۳
۳۴,۰۰	۳۴	۳۴	۳۴	R24	۳,۰۰	۴	۲
۲۱,۳۳	۲۴	۲۱	۱۹	R25	۴,۰۰	۵	۳
۲۰,۶۷	۲۲	۲۲	۱۸	R26	۲,۰۰	۱	۴
۳۱,۰۰	۳۱	۳۱	۳۱	R27	۱۶,۳۳	۱۶	۱۶
۲۵,۶۷	۲۶	۲۵	۲۶	R28	۱۴,۳۳	۱۷	۱۴
۱۱,۳۳	۱۱	۱۱	۱۲	R29	۸,۰۰	۱۰	۸
۱۲,۶۷	۱۲	۱۳	۱۳	R30	۹,۶۷	۹	۱۰
۴,۳۳	۳	۵	۵	R31	۱۴,۶۷	۱۳	۱۷
۱۵,۰۰	۱۴	۱۶	۱۵	R32	۲۰,۳۳	۲۰	۲۱
۷,۳۳	۷	۹	۶	R33	۱۸,۶۷	۱۸	۲۰
۱۳,۶۷	۱۵	۱۵	۱۱	R34	۲۳,۰۰	۲۱	۲۲

(منبع: نتایج یافته‌های تحقیق)

جدول ۱۰: رتبه بندی هفت دسته ریسک اصلی با توجه به رتبه زیر دسته ها

دسته ریسک	ریسک‌های بیرونی	ریسک‌های فرایند	ریسک‌های فرایند	ریسک‌های فرایند	ریسک‌های سیستم	ریسک‌های	ریسک‌های
زیر دسته‌ها	R1 الی R6	R7 الی R10	R11 الی R17	R18 الی R22	R23 الی R28	R29 الی R31	R3 الی R34
میانگین رتبه	۱۷٫۸	۶٫۳	۱۵٫۵	۲۵٫۰	۲۷٫۴	۹٫۴	۱۲٫۰

(منبع: نتایج یافته‌های تحقیق)

نتیجه گیری

مدیریت ریسک فرایند شناسایی عوامل ریسک ارزیابی آن‌ها و برنامه ریزی برای کاهش اثرات نامطلوب ریسک‌ها می‌باشد. رتبه‌بندی ریسک‌ها از گام‌های اصلی و از ارکان مدیریت ریسک بوده و امکان ارائه پاسخ مناسب به هر ریسک را فراهم می‌کند. به منظور شناسایی، ارزیابی و اندازه‌گیری و تعیین میزان بحرانی بودن عوامل ریسک در زنجیره تامین، یک مدل جامع و سلسله مراتبی طراحی گردید.

با توجه به محدودیت سازمانها در دستیابی به منابع کافی، ارائه راهکارها و تخصیص منابع لازم برای مقابله با عوامل ریسک در زنجیره تامین بر اساس اولویت ریسک‌ها انجام خواهد گرفت. از این رو، رتبه‌بندی این عوامل از اهمیت بالایی برخوردار خواهد بود. لذا در مراحل اولیه مدل ضمن طراحی یک ساختار جامع شکست ریسک زنجیره تامین و نیز معرفی مجموعه‌ای از شاخص‌های ارزیابی، یک پرسشنامه جامع طراحی گردید.

شاخص‌های ارائه شده جهت اندازه‌گیری ریسک از یک طرف حوزه اثر ریسک را بر زمانبندی، هزینه، کیفیت و محدوده فعالیت‌های واحدها و بخش‌های مختلف زنجیره تامین پوشش داده و از طرف دیگر میزان مواجهه با ریسک، مدیریت پذیری ریسک، میزان شناخت، میزان اطمینان تخمین، اثرات اجتماعی اقتصادی، اثرات زیست محیطی، نزدیکی وقوع ریسک، و میزان کاهش ریسک را نیز لحاظ می‌کنند. از این مدل در بحث زنجیره تامین فولاد و در مجتمع ذوب آهن اصفهان به عنوان مطالعه موردی استفاده شده است. رتبه‌بندی با استفاده از روش‌های TOPSIS, ELECTRE و SAW به عنوان برخی از مهمترین و پرکاربردترین تکنیک‌های چند شاخصه انجام شد و برای تلفیق رتبه‌ها و اخذ رتبه‌بندی واحد، از روش‌های تلفیقی و ادغام از روش میانگین، استفاده گردید. لذا ریسک‌های مربوط به فرایند تامین و تامین کننده بالاترین رتبه ریسک را به خود اختصاص دادند و به عنوان بحرانی‌ترین ریسک‌های این مجموعه معرفی شدند. نتایج رتبه‌بندی به دلیل در نظر گرفتن همزمان چندین شاخص، لحاظ نمودن وزن‌های متفاوت برای شاخص‌ها، تبادل بین شاخص‌ها، انعطاف‌پذیری روش و نیز تحلیلی تر بودن از اعتبار کافی برخوردار هستند.

منابع

- Applequist, G. E., Pekny, J. F., Reklaitis, G. V. (2000). Risk and uncertainty in managing chemical manufacturing supply chains. *Computers and Chemical Engineering*, 24 (9-10), 2211-2222.
- Asgarpour, M. J. (2008). *Multiple criteria decision making* (8rd ed.). Tehran: University of Tehran press.
- Azar, A., Rajabzadeh, A. (2002). *Applied decision making* (Eds.). Tehran: Negahe Danesh Publisher .
- Baccarini, D., Archer, R. (2001). The risk ranking of projects: a methodology. *International Journal of Project Management*, 19 (3), 139-145 .
- Badea, A., Prosteau, G., Goncalves, G., Allaoui, H. (2014). Assessing Risk Factors in Collaborative Supply Chain with the Analytic Hierarchy Process (AHP). *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 124, 114–123 .
- Bayazidi, A., Oladi, B., Abbasi, N. (2012). Questionnaire data analysis usin, SPSS software (PASW) 18. Tehran: Mehregan Galam.
- Braunscheidel, M. J., Suresh, N. C. (2009). The organizational antecedents of a firm's supply chain agility for risk mitigation and response. *Journal of Operations Management*, 27(2), 119-140 .
- Brindley, C. (2004). *supply chain risk*. England, ASHGATE.
- Cavinato, J. L. (2004). Supply chain logistics risks from the back room to the board room. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34(5), 383-387.
- Chapman, C. B., Ward, S. C. (2003). *Project Risk Management: Processes, Techniques and Insights*. UK: Chichester, John Wiley .
- Chopra, S., Sodhi. M. S. (2004). Managing risk to avoid supply-chain breakdown. *MIT Sloan Management Review*, 46(1), 53-61.
- Craighead, C. W., Blackhurst, J., Rungtusanatham, M. J., Handfield, R. B. (2007). The Severity of Supply Chain Disruptions: Design Characteristics and Mitigation Capabilities. *Decision Sciences*, 38(1), 131–156.
- Dekker, H., Sakaguchi, J., Kawai, T. (2013). Beyond the contract: Managing risk in supply chain relations. *Management Accounting Research*, 24(2), 122–139.
- Ellis, S. C., Henry, Raymond, M., Shockley, J. (2010). Buyer perceptions of supply disruption risk: A behavioral view and empirical assessment. *Journal of Operations Management*, 28(1), 34-46 .

- Faisal, M. N., Banwet, D. K., Shankar, R. (2006). Supply chain risk mitigation: modeling the enablers. *Business Process Management Journal*, 12(4), 535-552.
- Ghosh, S., Jintanapakanont, J. (2004). Identifying and assessing the critical risk factors in an underground rail project in Thailand: a factor analysis approach. *International Journal of Project Management*, 22(8), 633-643.
- Hwang, C., Yoon, K. (1981). Multiple attribute decision making methods and applications: a state of the art survey. New York: Verlag .
- Jia, F., Rutherford, C. (2010). Mitigation of supply chain relational risk caused by cultural differences between China and the West. *International Journal of Logistics Management*, 21(2), 251-270.
- Juttner, U. (2005). Supply chain risk management: Understanding the business requirements from a practitioner perspective. *The International Journal of Logistics Management*, 16(1), 120-141.
- Kim, K. K., Parkb, K. S. (2014). Transferring and sharing exchange-rate risk in a risk-averse supply chain of a multinational firm. *European Journal of Operational Research*, 237(2), 634-648 .
- Klein, J. H., Cork, R. B. (1998). An approach to technical risk assessment. *International Journal of Project Management*, 16(6), 345-351 .
- Kleindorfer, P. R., Saad, G. H. (2005). Managing Disruption Risks in Supply Chains. *Production and Operations Management*, 14(1), 53-58.
- Kull, T., Closs, D. (2008). The risk of second-tier supplier failures in serial supply chains: Implications for order policies and distributor autonomy. *European Journal of Operational Research*, 186(3), 1158-1174.
- Levary, R. R., (2008). Using the analytic hierarchy process to rank foreign suppliers based on supply risks. *Computers & Industrial Engineering*, 55(2), 535-542.
- Mahdavi, I., Mahdavi-Amiri, N., Heidarzade, A., Nourifar, R. (2008). Designing a model of fuzzy TOPSIS in multiple criteria decision making. *Applied Mathematics and Computation*, 206(2), 607-617 .
- Markmann, C., Darkow, L. L., Gracht, H. V. D. (2013). A Delphi-based risk analysis — Identifying and assessing future challenges for supply chain security in a multi-stakeholder environment. *Technological Forecasting and Social Change*, 80(9), 1815-1833.
- McDermott, R. E., Mikulak, R. J., Beauregard, M. R. (1996). *The basics of FMEA*. New York: Quality Resources .

- Micheli, G. J. L., Cagno, E., Zorzini, M. (2008). Supply risk management vs supplier selection to manage the supply risk in the EPC supply chain. *Management Research News*, 31(11), 846-866 .
- Mir-Fakhreddini, S. H., Andalib-ardakani, D., Rezai-Asl, M. (2012). Supply chain risk factors assessment using MADM techniques. *Journal of Industrial Management Studies*, 8(21), 107-13.
- Norrman, A., Jansson, U. (2004). Ericsson's proactive supply chain risk management approach after a serious sub-supplier accident. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34(5), 434-456.
- Oke, A., Gopalakrishnan, M. (2009). Managing disruptions in supply chains: A case study of a retail supply chain. *International Journal of Production Economics*, 118(1), 168-174 .
- Olson, D. L., Wu, D. D. (2010). A review of enterprise risk management in supply chain. *Kybernetes*, 39(5), 694-706.
- Pertmaster Software. (2002). *Pertmaster Project Risk v7.5: Tutorial, manual and help*. Available on: <http://www.pertmaster.com/>
- Pipattanapiwong, J. (2004). *Development of multi-party risk and uncertainty management process for an infrastructure project (Doctoral dissertation)*, Kochi University of Technology, Japan .
- Pomerol, J. C., Romero, S. B. (2000). *Multi-criterion decision in management: Principles and practice*. Netherlands: Kluwer Academic, Dordrecht.
- Ravindran, A. R., Bilsel, R. U., Wadhwa, V., Yang, T. (2010). Risk adjusted multi criteria supplier selection models with applications. *International Journal of Production Research*, 48(2), 405-424 .
- Ritchie, B., Brindley, C. (2000). Disintermediation, disintegration and risk in the SME global supply chain. *Management Decision*, 38(8), 575-583.
- Ritchie, B., Brindley, C. (2007). Supply chain risk management and performance A guiding framework for future development. *International Journal of Operations & Production Management*, 27(3), 575-583.
- Saaty, T. L., Vargas, L. G. (2006). *Decision making with the analytic network process: economic, political, social and technological applications with benefits, opportunities, costs and risks*. New York: Springer .
- Saaty, T. L., Vargas, L. G. (2006). *Decision making with the analytic network process: economic, political, social and technological applications with benefits, opportunities, costs and risks*. New York: Springer .
- Sabio, N., Gadalla, M., Guille'n-Gosa'lbez, G., Jimenez, L. (2010). Strategic planning with risk control of hydrogen supply chains for vehicle use under

- uncertainty in operating costs: A case study of Spain. *International journal of hydrogen energy*, 35(3), 6836-6852 .
- Schoenherr, T., Tummala, V.M. R., Harrison, T. P. (2008). 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*, 14(2), 100-111.
- Tang, C. S. (2006). Perspectives in supply chain risk management. *International Journal of Production Economics*, 103(2), 451-488.
- Tang, C., Tomlin, B. (2008). The power of flexibility for mitigating supply chain risks. *International journal of Production Economics*, 116(1), 12-27.
- Tang, O., Musa, S. N. (2011). Identifying risk issues and research advancements in supply chain risk management. *International journal of Production Economics*, 133(1), 25-34 .
- Thun, J. H., Hoenig, D. (2011). An empirical analysis of supply chain risk management in the German automotive industry. *Production Economics*, 131(1), 242-249 .
- Tornow, R., Osenau, D., Buchholz, P., Riemann, A., Wagner, M. (2009). Assessing the long term supply risks for mineral raw materials—a combined evaluation of past and future trends. *Resources Policy*, 34(4), 161-175 .
- Tuncel, G., Alpan, G. (2010). Risk assessment and management for supply chain networks: A case study. *Computers in Industry*, 61(3), 250-259 .
- Vanany, I., Zailani, S., Pujawan, N. (2009). Supply Chain Risk Management: Literature Review and Future Research. 16 *International Journal of Information Systems and Supply Chain Management*, 2(1), 16-33.
- Wagner, S. M., Neshat, N. (2010). Assessing the vulnerability of supply chains using graph theory. *International journal of Production Economics*, 126(1), 121-129 .
- Xu, L., Liu, G. (2009). The study of a method of regional environmental risk assessment. *Journal of environmental assessment*, 90(11), 3290-3296 .
- Zsidisin, G. A. (2003a). Managerial Perceptions of Supply Risk. *Journal of Supply Chain Management*, 39(1), 14-25.
- Zsidisin, G. A. (2003b). A grounded definition of supply risk. *Journal of Purchasing & Supply Management*, 9(5-6), 217-224.