

انتخاب تأمین‌کنندگان بر مبنای ریسک تأمین‌کننده با استفاده از روش الکتراه 3

مونس عبدالملکی¹، احمدرضا صیادی^{2*}، محمد حیاتی³

1- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی معدن، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، ایران

2- دانشیار اقتصاد معدن، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

3- استادیار مهندسی معدن، دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

پذیرش: 1394/5/7

دریافت: 1393/3/13

چکیده

مدیریت زنجیره تأمین، فرآیند اتخاذ تصمیم‌های یکپارچه از تأمین مواد اولیه تا مصرف کالا به وسیله مشتریان نهایی است. انتخاب تأمین‌کننده یکی از مهم‌ترین مسائل تصمیم‌گیری در این حوزه است که در آن عوامل کیفی و کمی متعددی برای مشخص کردن تأمین‌کننده با بالاترین قابلیت دخیل هستند. با افزایش پیچیدگی زنجیره تأمین، سطح بی‌اطمینانی و ریسک موجود نیز افزایش پیدا می‌کند. از این رو مدیریت ریسک زنجیره تأمین به‌ویژه ارزیابی ریسک تأمین‌کنندگان مورد توجه سازمان‌ها قرار گرفته است. در این پژوهش نخست ضمن شناسایی جامع ریسک‌های تأمین‌کننده در صنعت تولید فولاد به روش کوره بلند، یک دسته‌بندی سلسله مراتبی در قالب سه سطح و 38 رویداد ریسکی ارائه شد. سپس با در نظر گرفتن رویدادهای ریسکی، مجموعه‌ای از 9 معیار برای ارزیابی ریسک‌ها در نظر گرفته شدند. در ادامه یک شاخص ترکیبی مبتنی بر معیارهای ارزیابی و اوزان اهمیت آنها به منظور ارزیابی دقیق‌تر و واقع‌بینانه‌تر ریسک‌های هر کدام از تأمین‌کنندگان ارائه شد. در نهایت از روش الکتراه 3 برای ارزیابی و اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان



معادن) سنگ آهن کارخانه ذوب آهن اصفهان استفاده شده است. بر این اساس، معدن سنگ آهن جلال‌آباد به عنوان گزینه دارای ریسک کمینه و معدن شرق ایران به عنوان گزینه دارای ریسک بیشینه شناسایی و معرفی شدند.

واژه‌های کلیدی: مدیریت زنجیره تأمین، تأمین‌کننده، الکترونیک، ریسک، ذوب آهن اصفهان.

1- مقدمه

امروزه در بازار رقابتی، علاوه بر توجه و پرداختن به منابع داخلی سازمان، مدیریت و نظارت بر منابع و ارکان مرتبط خارج از سازمان به منظور دستیابی به مزیت یا مزایای رقابتی با هدف کسب سهم بیشتر از بازار ضروری است. بر این اساس فعالیت‌هایی نظیر برنامه‌ریزی عرضه و تقاضا، تهیه مواد، تولید و برنامه‌ریزی محصول، نگهداری کالا، کنترل موجودی، توزیع، تحویل و خدمت به مشتری - که پیش از این همگی در سطح شرکت انجام می‌شد -، اینک به سطح زنجیره تأمین انتقال پیدا کرده است [1]. تنوع و فزونی تقاضاهای مشتریان، پیشرفت‌های تکنولوژی در ارتباطات و سیستم‌های اطلاعات، رقابت در محیط جهانی، کاهش در مقررات دولتی و افزایش در آگاهی محیطی شرکت‌ها را مجبور کرده است تا بر مدیریت زنجیره تأمین تمرکز کنند [2]. مدیریت زنجیره تأمین عبارت است از یکپارچگی فعالیت‌ها برای تهیه مواد، تغییر دادن آنها به کالاهای واسطه‌ای و نهایی و تحویل آنها به مشتریان. زنجیره تأمین شامل همه ارتباطات از تأمین‌کنندگان به مشتریان یک محصول است. مدیریت تأمین‌کنندگان یکی از مسائل کلیدی مدیریت زنجیره تأمین است، زیرا هزینه مواد خام و اجزای محصول هزینه اصلی یک محصول را تشکیل می‌دهند و اغلب شرکت‌ها باید میزان قابل توجهی از درآمد خود را صرف خرید کنند [3، ص 1]. بخش خرید شرکت می‌تواند نقشی کلیدی در اثربخشی و کارایی سازمان ایفا کند، زیرا این بخش تأثیر مستقیم بر کاهش هزینه، سودآوری و انعطاف‌پذیری شرکت دارد چون با انتخاب تأمین‌کنندگان مناسب هزینه‌های خرید کاهش و رقابت‌پذیری شرکت افزایش پیدا می‌کند [4؛ 5]. هدف از انتخاب تأمین‌کننده، شناسایی تأمین‌کننده‌ای است که بالاترین قابلیت را برای تأمین نیازهای شرکت با معیارها و ضوابط قابل قبول دارا باشد [6؛ 7]. در این پژوهش، هدف ارائه رویکردی برای انتخاب مناسب‌ترین تأمین‌کننده‌گان سنگ آهن کارخانه ذوب آهن اصفهان با تأکید بر ریسک تأمین‌کننده است.



2- پیشینه پژوهش

انتخاب تأمین‌کننده یک مسئله چند معیاره شامل چندین عامل کیفی و کمی است و در پژوهش‌های متعددی به آنها اشاره شده است [3، ص 1]. علی‌رغم پژوهش‌های جامع و گسترده در حوزه‌های مختلف زنجیره تأمین، بحث شناسایی، دسته‌بندی و ارزیابی ریسک‌های زنجیره تأمین به‌خصوص ریسک‌های حوزه تأمین و ارزیابی تأمین‌کنندگان بر مبنای آنها کمتر مورد توجه قرار گرفته است که به برخی از مهم‌ترین آنها اشاره می‌شود. در پژوهشی از روش‌های الکترونیک، تاپسیس و تاکسونومی به منظور ارزیابی و رتبه‌بندی عوامل ریسک زنجیره تأمین در حوزه فناوری اطلاعات بنگاه‌های کوچک و متوسط استفاده شده است [8]. شرافتی با یک رویکرد 5 مرحله‌ای به مدیریت ریسک در ساخت تجهیزات نیروگاهی مینا پرداخت [9]. بابایی و شاهنده نوک‌آبادی، مدلی جامع و یکپارچه برای انتخاب و اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان در واحد آموزش یک شرکت صنعتی با در نظر گرفتن ریسک ارائه دادند [10]. میرغفوری و همکاران ریسک‌های مؤثر بر تأمین‌کنندگان در صنعت فولاد ایران را با استفاده از روش دلفی فازی شناسایی و در نهایت با استفاده از روش‌های تحلیل رابطه خاکستری و ویکور فازی به رتبه‌بندی این عوامل پرداختند [11]. شونهر و همکاران ضمن شناسایی 17 عامل ریسک به ارزیابی آنها با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی پرداختند [12]. لواری برای انتخاب تأمین‌کنندگان با در نظر گرفتن ریسک‌هایی نظیر ریسک مربوط به حوادث طبیعی و انسانی، ریسک حمل‌ونقل مواد از محل تأمین‌کننده تا کارخانه از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی استفاده کرد [13]. کال و تلوری، ریسک‌های تأمین را در چهار گروه اصلی نقصان در تحویل، هزینه، کیفیت، انعطاف‌پذیری و قابلیت اطمینان دسته‌بندی و در نهایت با استفاده از مدل ترکیبی تحلیل سلسله مراتبی و برنامه‌ریزی آرمانی تأمین‌کننده مناسب را انتخاب کردند [14]. شمشادی و همکاران با شناسایی ریسک‌های کارخانه خودروسازی سایپا در قالب چهار دسته ریسک کشور، ریسک مالی، ریسک بلاای طبیعی و ریسک فناوری، برای انتخاب تأمین‌کنندگان با کمترین ریسک از تکنیک فرآیند تحلیل شبکه‌ای¹ و روش تاپسیس فازی² استفاده کردند [15].

1. Analytical Network Process (ANP)
2. Fuzzy Topsis



یانگ شنگ و هو مدلی فازی برای ارزیابی تأمین‌کنندگان ارائه و ریسک‌ها را در دو دسته داخلی (کیفیت محصولات پایانی، تحلیل رفتن کارکنان فنی، فرهنگ شرکت، حمایت محیط زیستی) و خارجی (بلایای طبیعی و تورم) تقسیم‌بندی کردند [16]. لوکامای و مک‌کروماک، به ارزیابی مقایسه‌ای¹ ریسک‌های تأمین‌کننده از راه ایجاد شبکه‌های بیزی پرداختند [17]. جانگ و همکاران یک مدل تحلیلی-کاربردی با در نظر گرفتن متغیرهای مربوط به خصوصیات بازار، متغیرهای مالی و متغیرهای عملیاتی برای ارزیابی ریسک‌ها براساس قابلیت‌های عملیاتی ارائه کردند [18]. سیرکوویس و همکاران با استفاده از تجزیه و تحلیل خطاهای بالقوه² به شناسایی و ارزیابی ریسک‌های زنجیره تأمین و انتخاب تأمین‌کنندگان در صنعت خودرو پرداختند [19]. آقایی و همکاران نیز یک مدل برنامه‌ریزی چند هدفه فازی برای انتخاب بهترین تأمین‌کننده ارائه نمودند [20].

در برخی مطالعات، ریسک زنجیره تأمین به عنوان حاصلضرب احتمال در اثر یک رخداد محسوب شده و دو شاخص «میزان تأثیر» و «احتمال وقوع» ریسک در قالب ماتریس احتمال - اثر ریسک مورد استفاده قرار گرفته‌اند [21-25]. در پژوهش‌هایی دیگر از سایر روش‌های ارزیابی ریسک، نظیر FMEA استفاده شده که میزان بزرگی ریسک بر اساس حاصلضرب سه شاخص شدت، میزان کشف و احتمال وقوع ریسک محاسبه می‌شود [26؛ 27]. ضعف‌های این روش‌ها و موارد مشابه مورد بررسی قرار گرفته و بر غیرقابل اطمینان بودن آنها تأکید شده است [28]. در این روش‌ها 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 [29]. با این دیدگاه شاخص‌های دیگری نظیر توانایی سازمان در واکنش به ریسک [30]، درجه اطمینان تخمین [31] و سرعت مقابله با ریسک [32]، احتمال و میزان تأثیر بر زمان، هزینه و کیفیت پروژه در رتبه‌بندی ریسک‌ها [33] نیز مطرح شده‌اند. شاخص‌های تکمیلی مدیریت‌پذیری و نزدیکی وقوع ریسک [34] و آثار اجتماعی اقتصادی و زیست محیطی نیز استفاده شده است [35].

1. Benchmarking
2. FMEA(Failure Mode Effects and Analysis)



مرور مطالعات نشان می‌دهد که بحث ریسک به صورت کلی بررسی شده و برخی از جوانب مهم مورد توجه واقع نشده است. همچنین شناسایی و دسته‌بندی جامع ریسک‌های حوزه تأمین به عنوان یکی از مهم‌ترین و کلیدی‌ترین بخش‌های هر سازمان و یا به طور کلی زنجیره تأمین کمتر مورد توجه قرار گرفته و شاخصی برای اندازه‌گیری ریسک‌های تأمین‌کنندگان ارائه نشده است. لذا در این پژوهش ضمن شناسایی جامع و دسته‌بندی سلسله‌مراتبی ریسک‌های تأمین و پیشنهاد مجموعه‌ای از معیارهای ارزیابی، یک شاخص ترکیبی برای اندازه‌گیری ریسک‌های هر کدام از تأمین‌کنندگان تعریف و درنهایت از تکنیک الکترة 3¹ برای ارزیابی و اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان (معادن) سنگ آهن در کارخانه ذوب آهن اصفهان و انتخاب بهترین گزینه استفاده شده است. لازم به ذکر است که تاکنون پژوهش جدی در زمینه ارزیابی ریسک به خصوص ریسک‌های زنجیره تأمین با استفاده از روش الکترة 3 انجام نشده است. این روش از مهم‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه بوده و نقاط قوت روش‌های چند شاخصه را دارد [36]. همچنین با استفاده از این روش، نقاط ضعف و کاستی‌های موجود در روش‌های مرسوم که به آنها اشاره شد، مرتفع می‌شود.

3- روش الکترة 3

روش الکترة 3 از گروه روش‌های غیررتبه‌ای و یکی از قوی‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در زمینه رتبه‌بندی است که به عنوان روشی کارآشناخته شده است [36، ص 121]. این روش دارای ترجیحات همچون مفاهیم برتری و حدود آستانه بی‌تفاوتی و ترجیح و رد است که تصمیم‌گیرنده را با در نظر گرفتن این آستانه‌ها در انتخاب گزینه کارآمد کمک می‌کند که در سایر روش‌های تصمیم‌گیری به چشم نمی‌خورد [37، ص 183]. مراحل روش الکترة 3 در ادامه توضیح داده شده است [36، ص 122؛ 37، ص 196].



گام اول: تشکیل ماتریس تصمیم

تشکیل ماتریس تصمیم نخستین گام به شمار می‌آید و مشخصات گزینه‌ها از نظر معیارها ذکر می‌شود. در این ماتریس درایه مربوط به گزینه a_i و معیار k با نماد g_{kai} نشان داده می‌شود.

گام دوم: تعریف آستانه‌ها و اختصاص وزن به معیارها

در روش الکترة 3 به منظور تقویت توان شناسایی گزینه‌های برتر و دخالت دادن قضاوت تصمیم‌گیرندگان در مراحل انتخاب از سه آستانه بی‌تفاوتی¹ (q)، آستانه ترجیح² (p) و آستانه رد³ (v) استفاده می‌شود. هر یک از این آستانه‌ها به صورت جداگانه برای هر معیار توسط فرد یا تیم تصمیم‌گیرنده تعیین شده و در همه حالت‌های ارزش آستانه به صورت $0 < q_j < p_j < v_j$ تعریف می‌شود. برای مثال برای گزینه a_1 و a_2 از دیدگاه معیار j ام سه آستانه به صورت زیر تعریف می‌شود [38]:

$$|g_{ja_1} - g_{ja_2}| \leq q_j, \quad (1)$$

$$g_{ja_1} - g_{ja_2} > p_j, \quad (2)$$

$$g_{ja_2} > g_{ja_1} + v_j, \quad (3)$$

معادله (1) به این معنا است که برای معیار j ، گزینه a_1 نسبت به گزینه a_2 نسبت به a_1 بی‌تفاوت است. معادله (2) نیز بیانگر این است که برای معیار j ، گزینه a_1 بر گزینه a_2 ترجیح داده می‌شود. معادله (3) نیز حاکی از این است که برای معیار j ، گزینه a_1 به خوبی گزینه a_2 نیست.

اگر برای هر معیار مقادیر آستانه تخصیص پیدا کند، نتایج رتبه‌بندی می‌تواند حاصل شود. نتایج رتبه‌بندی انتقال‌پذیر نیست و به صورت رتبه‌بندی جزئی می‌باشد [39]. از آن جایی که امتیاز منفی یک معیار نمی‌تواند به وسیله امتیاز مثبت روی یک معیار جبران شود روش الکترة 3 جزو روش‌های غیرجبرانی محسوب می‌شود [40]. وزن یا درجه اهمیت هر یک از معیارها به طور معمول توسط متخصصان و تصمیم‌گیرندگان تعیین شده و مجموع آنها یک است.

1. Indifference Threshold
2. Preference Threshold
3. Veto Threshold

**گام سوم: تشکیل ماتریس هماهنگی جزئی برای هر معیار**

در این گام با استفاده از ماتریس تصمیم تشکیل شده در مرحله اول و آستانه‌های تعیین شده در مرحله دوم و همچنین با توجه به ارتباط گزینه‌ها از نظر هر یک از معیارها، یک ماتریس هماهنگی (c_k) برای هر یک از معیارها تشکیل می‌شود. هر یک از درایه‌های ماتریس‌های هماهنگی مذکور با استفاده از رابطه (4) محاسبه می‌شود.

$$c_k(a_1, a_2) = \begin{cases} \frac{g_{ka_1} + p_{ka_2} - g_{ka_2}}{p_{ka_2} - q_{ka_2}} & \text{if } q_{ka_2} < g_{ka_2} - g_{ka_1} < p_{ka_2} \\ 1 & \text{if } g_{ka_2} - g_{ka_1} \leq q_{ka_2} \\ 0 & \text{if } p_{ka_2} < g_{ka_2} - g_{ka_1} \end{cases} \quad (4)$$

گام چهارم: تشکیل ماتریس هماهنگی کلی

در این گام با توجه به ماتریس‌های هماهنگی تشکیل شده برای هر یک از معیارها، ماتریس هماهنگی کلی (C) با متوسط‌گیری وزنی توسط رابطه (5) محاسبه می‌شود:

$$C(a_1, a_2) = \frac{\sum_{k=1}^n w_k c_k(a_1, a_2)}{\sum_{k=1}^n w_k} \quad (5)$$

گام پنجم: تشکیل ماتریس ناهماهنگی جزئی¹ برای هر معیار

در این گام نیز همانند مرحله سوم، با استفاده از ماتریس تصمیم و نیز آستانه‌های تعیین شده، ماتریس‌های ناهماهنگی گزینه‌ها از نظر هر یک از معیارها (d_k) با استفاده از رابطه (6) محاسبه می‌شود.

گام ششم: تشکیل ماتریس ناهماهنگی کلی

در این مرحله با توجه به ماتریس ناهماهنگی تشکیل شده برای هر یک از معیارها، ماتریس ناهماهنگی کلی (D) با متوسط‌گیری وزنی به وسیله رابطه (7) تشکیل می‌شود:

1. Partial Discordance Degree



$$d_k(a_1, a_2) = \begin{cases} \frac{g_{ka_1} + p_{ka_2} - g_{ka_2}}{v_{ka_2} - p_{ka_2}} & \text{if } p_{ka_2} < g_{ka_2} - g_{ka_1} < v_{ka_2} \\ 1 & \text{if } v_{ka_2} < g_{ka_2} - g_{ka_1} \\ 0 & \text{if } g_{ka_2} - g_{ka_1} \leq p_{ka_2} \end{cases} \quad (6)$$

$$D(a_1, a_2) = \frac{\sum_{k=1}^n w_k d_k(a_1, a_2)}{\sum_{k=1}^n w_k} \quad (7)$$

گام هفتم: تشکیل ماتریس اعتبار¹ یا درجه غیر رتبه‌ای²

از ترکیب این ماتریس هماهنگ کلی (C) و ناهماهنگ کلی (D) با استفاده از رابطه (8) ماتریس اعتبار (S) که اعتبار برتری گزینه a_1 نسبت به گزینه a_2 نشان می‌دهد، محاسبه می‌شود:

$$S(a_1, a_2) = \begin{cases} C(a_1, a_2) & \text{if } d_k(a_1, a_2) \leq C(a_1, a_2) \\ C(a_1, a_2) \cdot \prod_{k \in J(a_1, a_2)} \left[\frac{1 - d_k(a_1, a_2)}{1 - C(a_1, a_2)} \right] & \text{در غیر اینصورت} \end{cases} \quad (8)$$

که در آن $J(a_1, a_2)$ بیانگر آن دسته از شاخص‌هایی است که در آن $d_k(a_1, a_2) > C(a_1, a_2)$ می‌باشد.

گام هشتم: تشکیل مقایسه نهایی

با توجه به ماتریس S محاسبه شده در گام هفتم، برای تشکیل ماتریس مقایسه نهایی، شاخص‌های λ و $S(\lambda)$ به صورت معادله (9) و (10) تعیین می‌شود.

$$\lambda = \max(S) \quad (9)$$

$$S(\lambda) = \alpha - \beta\lambda \quad (10)$$

سپس ماتریس مقایسه نهایی T با استفاده از رابطه (11) محاسبه می‌شود.

1. Credibility Matrix
2. Outranking Degree



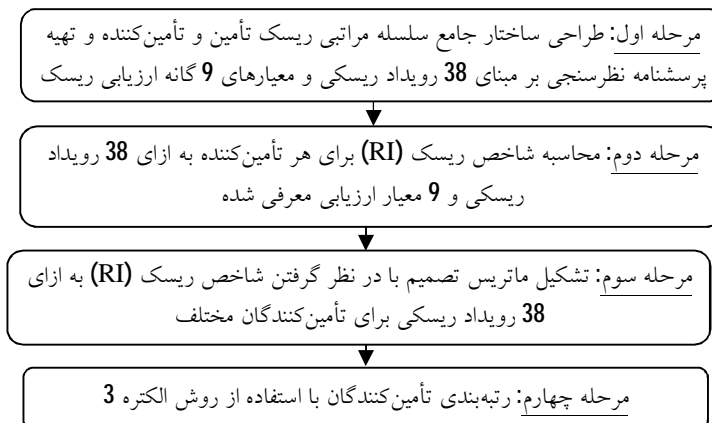
$$T(a_1, a_2) = \begin{cases} 1 & \text{if } S(a_1, a_2) < \lambda - S(\lambda) \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases} \quad (11)$$

گام نهم: انجام فرآیند رتبه بندی

پس از تشکیل ماتریس مقایسه نهایی به منظور اولویت بندی گزینه‌ها، یک بار گزینه‌ها از بهترین حالت به بدترین حالت (O_1) و یک بار هم از حالت بدترین گزینه به بهترین گزینه (O_2) مرتب می‌شوند و در نهایت رتبه بندی نهایی از $O = O_1 \cap O_2$ حاصل می‌شود.

4- فرآیند اولویت بندی تأمین کنندگان بر مبنای ارزیابی ریسک

فرآیند ارزیابی و رتبه بندی در قالب 4 مرحله به صورت زیر قابل انجام است (شکل 1).



شکل 1 مراحل ارزیابی و رتبه بندی تأمین کنندگان بر مبنای ریسک

4-1- مرحله اول

در اولین مرحله ضمن شناسایی و دسته بندی ریسک‌های حوزه تأمین و تأمین کنندگان، یک ساختار سلسله مراتبی شامل دو دسته کلی ریسک‌های داخلی و خارجی در قالب پانزده گروه ریسک¹ و 38 رویداد ریسکی¹ بر اساس رویکرد ساختار شکست ریسک² (RBS) طراحی شده است (شکل 2).

1. Risk Category (RC)



ساختار شکست ریسک یک ساختار سلسله مراتبی از ریسک‌های پروژه است [41]. با توجه به تنوع و تعدد عوامل ریسک موثر بر زنجیره تأمین، مدیریت کارآمد و مؤثر ریسک بدون شناسایی و تهیه ساختار شکست ریسک امکان‌پذیر نبوده و درک و مقابله با ریسک‌ها با مشکل مواجه می‌شود. این رویکرد ابزار مؤثری برای شناسایی هدفدار و طبقه‌بندی شده ریسک است [42]. در این اینجا ریسک‌ها به نحوی تجزیه شده که از یک طرف جامعیت لازم را داشته و از طرف دیگر فصل مشترک بین آنها به حداقل برسد. همچنین دسته‌بندی ریسک‌ها متناسب با ادبیات مدیریت زنجیره تأمین انجام شده تا ارتباط منطقی و علمی بین حوزه مدیریت ریسک و حوزه مدیریت زنجیره تأمین حفظ گردد (جدول 1).

جدول 1 معیارهای ارزیابی برای محاسبه شاخص ریسکی

معیار	احتمال وقوع ریسک	آثار اجتماعی اقتصادی ریسک	آثار زیست محیطی ریسک	زنجیره ریسک	میزان مواجهه با ریسک	آثار ریسک بر اهداف زنجیره تامین	میزان ریسک پذیر و ریسک	میزان ریسک شناسایی	میزان آطمینان از ریسک
نماد	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉
جنبه اثرگذاری	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	منفی	منفی	منفی

در معیارهای با جنبه اثرگذاری مثبت/منفی، هر چه مقدار این معیارها برای یک ریسک بیشتر باشند، میزان بحرانی بودن آن ریسک نیز بیشتر/کمتر است. قابل ذکر است که بر اساس 38 رویداد ریسکی و 9 معیار ارزیابی، پرسشنامه‌ای تهیه و نظرات خبرگان برای تأمین‌کنندگان مختلف جمع‌آوری می‌شود.

4-2- مرحله دوم

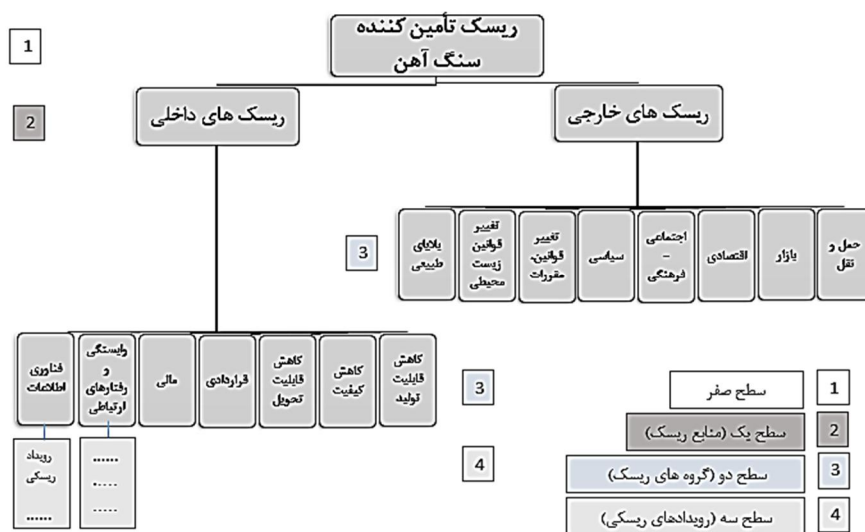
در این مرحله بعد از جمع‌آوری نظرات خبرگان در خصوص میزان ریسک هر کدام از تأمین‌کنندگان براساس معیارهای مختلف، شاخص ریسک³ برای هر تأمین‌کننده به ازای 38 عامل ریسک محاسبه می‌شود (رابطه 12).

1. Risk Events (RE)
2. Risk Breakdown Structure
3. Risk Index



$$RI_i = \frac{r_{1i}^{W_1} \times r_{2i}^{W_2} \times r_{3i}^{W_3} \times r_{4i}^{W_4} \times r_{5i}^{W_5} \times r_{6i}^{W_6}}{r_{7i}^{W_7} \times r_{8i}^{W_8} \times r_{9i}^{W_9}}, \quad i = 1, 2, 3, 4, \dots, 38 \quad (12)$$

r_{1i} الی r_{9i} به ترتیب مقادیر 38 عامل ریسک به ازای هر کدام از معیارهای اول الی نهم براساس نظرات خبرگان می‌باشد، به عنوان مثال r_{11} مقدار به دست آمده از قضاوت خبرگان برای ریسک اول براساس معیار اول (احتمال وقوع) است. W_1 الی W_9 به ترتیب اوزان اهمیت نسبی معیارهای 9 گانه مذکور است که براساس نظرات خبرگان تعیین می‌شود. براساس جدول 1 معیارهای C_1 الی C_6 معیارهای با جنبه اثرگذاری مثبت هستند. از این رو در صورت کسر قرار می‌گیرند. سایر معیارهای C_7 الی C_9 نیز دارای جنبه منفی اثرگذاری هستند، از این رو در منجر کسر قرار می‌گیرند. همان طور که مشاهده می‌شود شاخص RI یک شاخص ترکیبی و جامع است و تمام معیارهای ارزیابی معرفی شده (جدول 1) با اهمیت نسبی متفاوت و نیز جنبه اثرگذاری آنها را شامل می‌شود.



شکل 2 ساختار سلسله مراتبی ریسک‌های حوزه تأمین و تأمین‌کننده



4-3- مرحله سوم

در این مرحله به منظور استفاده از روش الکترون 3 ماتریس تصمیم ساخته می‌شود. تعداد سطور و ستون‌های این ماتریس به ترتیب با تعداد تأمین‌کنندگان و تعداد رویدادهای ریسکی برابر است. درایه‌های این ماتریس مقادیر شاخص ریسک (RI) به ازای هر رویداد ریسکی برای تأمین‌کنندگان مختلف است که در مرحله دوم محاسبه شدند.

4-4- مرحله چهارم

در این مرحله رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان با استفاده از شاخص‌های ریسک هر تأمین‌کننده و بر مبنای روش الکترون 3 انجام می‌شود.

5- مطالعه موردی

جامعه آماری در این پژوهش معادن مختلف سنگ آهن به عنوان تأمین‌کنندگان اصلی شرکت سهامی ذوب آهن اصفهان است. این معادن عبارتند از شرق ایران، امیرسنگان، بافق، احیای معادن، میشدوان و جلال‌آباد. با توجه به شکل 1 فرآیند ارزیابی و رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان بر مبنای ریسک، در قالب 4 مرحله انجام شده است.

5-1- مرحله اول

پرسشنامه تهیه شده شامل 38 سطر و 9 ستون بوده که سطور این جدول شامل رویدادهای ریسکی (شکل 2) و ستون‌ها شامل معیارهای مختلف جهت ارزیابی ریسک می‌باشد (جدول 1). نظرات خبرگان بخش خرید و تأمین مواد اولیه با بهره‌مندی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری گروهی نظیر تکنیک دلفی و طوفان فکری جمع‌آوری شد. نظرسنجی و امتیازدهی در خصوص میزان هریک از شاخص‌ها به ازای هرکدام از ریسک‌ها براساس طیف هفت‌گانه مطابق جدول 2 انجام شده است.



جدول 2 طیف امتیازدهی و متغیرهای زبانی برای ارزش معیارها به ازای هر ریسک [21]

متغیر بیانی	خیلی کم	کم	متوسط کم	متوسط	متوسط زیاد	زیاد	خیلی زیاد
مقدار عددی	0	1	3	5	7	9	10

5-2- مرحله دوم

در این مرحله به منظور محاسبه شاخص RI (رابطه 11)، میزان W_1 الی W_9 براساس نظرسنجی از خبرگان به ترتیب 0/1718، 0/0790، 0/1067، 0/0655، 0/1158، 0/1259، 0/0916، 0/1011، 0/1423 تعیین شد. به عنوان نمونه نتایج مربوط به تأمین‌کننده "احیا معادن" در جدول 3 نشان داده شده است، به همین ترتیب برای سایر تأمین‌کنندگان این شاخص‌ها محاسبه شده است.

5-3- مرحله سوم

در این مرحله با در نظر گرفتن شاخص‌های ریسک محاسبه شده در مرحله قبل، ماتریس تصمیم با 228 درایه شامل 6 سطر (تأمین‌کنندگان) 38 ستون (رویدادهای ریسکی) تشکیل می‌شود که در جدول 4 به صورت عمودی نشان داده شده است.

5-4- مرحله چهارم:

در این مرحله رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان براساس 38 شاخص (رویدادهای ریسکی) و با استفاده از شاخص‌های ریسک هر تأمین‌کننده و بر مبنای روش الکترون 3 انجام می‌شود. همان‌طور که اشاره شد اولین گام در اجرای روش الکترون 3 تشکیل ماتریس تصمیم است (جدول 4). در ادامه با استفاده از روش آنتروپی شانون، وزن اهمیت نسبی هر کدام از معیارهای ماتریس تصمیم، یعنی 38 رویداد ریسکی محاسبه شد و نیز براساس نظرات خبرگان، مقادیر آستانه‌ها تعیین شد (جدول 5).



جدول 3 محاسبه شاخص ریسک برای تأمین‌کننده (معدن) احیا معادن

ریسک‌ها		معیارها									
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	RI
RC1	RE11	2/667	6/667	1/167	7/833	8/167	7/333	6/000	2/167	6/667	1/632
	RE12	3/000	5/667	1/500	8/167	4/667	9/000	8/833	3/667	7/333	1/435
RC2	RE21	5/000	6/667	0/833	8/500	4/667	7/333	6/667	4/000	5/333	1/490
	RE22	1/167	3/000	3/000	4/000	5/000	7/000	8/500	3/333	5/667	1/211
	RE23	6/667	3/000	1/000	4/667	2/667	9/000	8/833	4/000	6/667	1/324
	RE24	5/333	1/667	1/333	3/333	3/333	8/500	8/833	5/333	8/667	1/279
RC3	RE31	6/667	7/000	1/000	7/000	7/000	4/667	1/500	3/333	7/000	2/131
	RE32	5/000	5/667	1/000	8/000	8/167	5/667	3/333	2/000	3/000	1/734
	RE33	5/000	3/333	1/167	3/333	3/000	8/833	8/667	3/333	5/333	1/269
	RE34	5/000	5/000	1/500	8/333	7/333	5/000	3/667	3/667	0/833	1/402
	RE35	1/500	7/833	3/000	8/000	6/667	6/333	5/333	4/667	5/333	1/495
	RE36	2/667	3/000	1/000	4/333	3/667	8/833	8/667	2/667	1/000	0/933
	RE37	3/333	6/000	1/500	8/833	6/667	5/000	7/000	5/333	1/000	1/226
	RE38	2/333	5/667	0/667	6/000	7/833	5/667	7/000	3/667	5/667	1/369
RC4	RE41	4/667	6/667	3/333	6/667	7/833	6/333	7/000	3/000	8/667	1/996
	RE42	5/667	7/667	4/000	6/000	7/833	7/333	8/000	4/333	9/167	1/990
	RE43	5/333	7/833	3/333	7/000	9/167	9/167	6/667	3/000	5/333	1/891
	RE44	1/333	9/000	2/000	7/833	9/500	8/500	8/667	2/333	4/667	1/432
RC5	RE51	5/000	9/500	2/667	9/333	9/000	5/000	7/000	3/333	9/667	2/181
	RE52	5/333	8/333	3/333	8/000	8/833	6/667	7/667	2/167	9/833	2/212
	RE53	7/333	8/167	4/333	8/500	9/667	7/667	6/667	1/833	9/833	2/463
	RE54	3/000	3/333	5/667	3/333	1/000	8/000	9/167	3/333	3/333	1/142
RC6	RE61	0/500	7/000	8/500	2/000	0/667	2/000	6/667	0/667	1/167	1/065
	RE62	1/500	6/667	7/667	2/000	3/333	2/000	4/333	3/000	8/833	1/820
	RE63	1/167	7/000	9/000	3/000	1/333	0/833	2/167	2/333	8/667	2/001
	RE64	1/333	7/833	4/667	5/333	1/000	0/500	1/833	3/667	3/000	1/721
	RE65	1/333	8/000	6/333	3/333	0/833	1/833	4/000	2/667	0/833	1/150
RC7	RE71	3/333	7/000	6/667	5/333	1/167	0/833	2/333	1/167	5/333	2/359
	RE72	1/000	7/667	6/667	3/333	3/000	2/167	1/000	2/000	0/833	1/457
	RE73	1/167	8/000	7/667	3/000	3/333	2/167	2/000	2/667	1/000	1/433
	RE74	1/500	8/833	5/333	1/333	1/167	2/000	4/000	1/667	0/667	1/143
RC8	RE81	2/667	8/333	8/833	2/667	1/000	5/667	4/667	2/000	9/500	1/688
	RE82	1/667	9/000	8/833	3/333	1/000	6/333	4/667	3/667	1/333	1/115
RC9	RE91	7/000	7/667	8/333	6/333	5/000	0/833	3/333	2/667	4/667	2/891
	RE92	3/333	8/333	6/667	3/333	3/333	4/333	6/000	5/667	9/167	1/797
RC10	RC101	3/000	7/000	5/667	3/333	3/000	7/333	6/667	8/667	5/000	1/377
	RC102	0/833	6/000	5/333	3/000	1/000	8/500	8/167	8/833	2/667	0/834
	RC103	3/333	3/333	5/333	1/000	1/167	8/500	7/000	9/000	7/000	1/111



جدول 4 ماتریس تصمیم برای تأمین کنندگان سنگ آهن ذوب آهن

گروه‌های ریسکی	رویدادهای ریسکی	تأمین کنندگان سنگ آهن					
		میشدوان (S1)	شرق ایران (S2)	جلال آباد (S3)	بافق (S4)	امیرسنگان (S5)	احیا معادن (S6)
RC1	RE 11	1/594	1/640	1/561	1/644	2/032	1/632
	RE 12	1/512	1/538	1/493	1/447	1/655	1/435
RC2	RE 21	1/737	1/822	1/648	2/169	1/564	1/490
	RE 22	1/109	1/140	0/952	0/730	1/224	1/211
	RE 23	0/530	1/244	0/388	0/525	1/543	1/324
	RE 24	0/433	1/101	0/332	0/390	1/304	1/279
RC3	RE 31	2/468	2/506	2/580	2/278	2/562	2/131
	RE 32	2/402	1/956	1/822	1/992	1/764	1/734
	RE 33	1/653	1/601	1/440	1/106	1/509	1/269
	RE 34	1/651	1/452	1/362	1/621	1/793	1/402
	RE 35	1/371	2/357	1/603	1/355	1/320	1/495
	RE 36	1/164	1/024	0/859	1/164	1/022	0/933
	RE 37	1/467	1/269	1/406	1/220	1/877	1/226
	RE 38	1/501	1/529	1/513	2/001	1/583	1/369
RC4	RE 41	2/456	2/621	2/472	1/807	2/159	1/996
	RE 42	2/266	2/128	2/430	2/172	2/048	1/990
	RE 43	1/973	2/175	2/213	1/788	1/744	1/891
	RE 44	1/819	1/691	1/784	2/172	1/490	1/432
RC5	RE 51	2/653	2/926	2/667	2/441	2/324	2/181
	RE 52	2/586	3/117	2/374	2/306	2/078	2/212
	RE 53	2/902	3/123	2/770	2/406	2/298	2/463
	RE 54	1/116	0/939	1/148	1/235	1/052	1/142
RC6	RE 61	1/088	0/970	1/340	2/299	1/356	1/065
	RE 62	1/299	1/226	1/226	1/288	2/108	1/820
	RE 63	1/302	1/360	1/753	1/285	2/160	2/001
	RE 64	2/870	1/565	2/743	2/501	1/933	1/721
	RE 65	2/372	1/461	1/385	2/093	1/335	1/150
RC7	RE 71	2/821	2/122	2/692	2/596	2/787	2/359
	RE 72	1/322	1/275	1/318	2/238	1/359	1/457
	RE 73	1/371	1/450	1/296	2/440	1/645	1/433
	RE 74	2/358	2/487	1/495	2/488	1/126	1/143
RC8	RE 81	2/872	2/502	2/650	1/350	1/849	1/688
	RE 82	2/150	1/393	2/760	1/509	1/092	1/115
RC9	RE 91	1/264	1/947	1/163	2/054	2/313	2/891
	RE 92	1/871	1/602	1/680	1/578	1/734	1/797
RC10	RE 101	1/228	1/080	1/298	1/238	1/448	1/377
	RE 102	0/818	0/795	1/049	0/837	0/975	0/834
	RE 103	0/639	0/872	0/992	1/078	1/142	1/111



جدول 5 مقادیر اوزان و آستانه‌ها برای معیارها (38 رویداد ریسکی)

	RE 11	RE 12	RE 21	RE 22	RE 23	RE 24	RE 31	RE 32	RE 33	RE 34	RE 35	RE 36	RE 37
W	0/005	0/001	0/009	0/016	0/147	0/171	0/003	0/008	0/011	0/006	0/027	0/007	0/014
q	0/05	0/05	0/04	0/04	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1
p	0/5	0/5	0/5	0/5	0/4	0/6	0/4	0/35	0/35	0/5	0/5	0/45	0/5
v	1	1	1	1	2	1/5	1	0/8	0/8	0/8	1	0/8	1
	RE 38	RE 41	RE 42	RE 43	RE 44	RE 51	RE 52	RE 53	RE 54	RE 61	RE 62	RE 63	RE 64
W	0/009	0/010	0/003	0/005	0/011	0/005	0/011	0/007	0/004	0/057	0/029	0/026	0/031
q	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/15	0/02	0/3	0/05	0/1	0/3
p	0/3	0/45	0/45	0/45	0/5	0/3	0/3	0/45	0/4	0/6	0/5	0/45	0/6
v	1	0/8	0/8	1	1	1	1	1	0/6	1/5	0/8	1/5	1
	RE 65	RE 71	RE 72	RE 73	RE 74	RE 81	RE 82	RE 91	RE 92	RE 101	RE 102	RE 103	
W	0/041	0/006	0/027	0/031	0/065	0/040	0/071	0/056	0/002	0/005	0/006	0/020	
q	0/2	0/1	0/1	0/1	0/1	0/3	0/2	0/1	0/08	0/1	0/2	0/2	
p	0/5	0/4	0/4	0/5	0/5	0/5	0/5	0/5	0/15	0/4	0/5	0/5	
v	1	1	1/5	1	1	1/5	1/5	2	2	1	0/9	0/8	

براساس گام سوم و رابطه (4) برای هر کدام از معیارها، ماتریس هم‌مانگی جزئی محاسبه می‌شود که به دلیل حجم زیاد داده‌ها و جداول از ذکر آنها خودداری شده است. سپس برای هر کدام از معیارها با استفاده از رابطه (5) ماتریس هم‌مانگی کل محاسبه شده است (جدول 6). در ادامه همانند گام سوم، براساس رابطه (6) با توجه به آستانه رد و آستانه ترجیح، ماتریس ناهم‌مانگی جزئی را برای هر معیار محاسبه کرده و بر اساس آنها با استفاده از رابطه (7) ماتریس ناهم‌مانگی کل به دست آمده است (جدول 7).

جدول 6 ماتریس هم‌مانگی کل

C	S1	S2	S3	S4	S5	S6
S1	1	0/571	0/881	0/786	0/517	0/545
S2	0/818	1	0/850	0/776	0/704	0/842
S3	0/839	0/495	1	0/671	0/522	0/571
S4	0/801	0/553	0/807	1	0/505	0/537
S5	0/700	0/797	0/761	0/660	1	0/938
S6	0/670	0/770	0/762	0/658	0/868	1



در ادامه همانند گام سوم، براساس رابطه (6) با توجه به آستانه رد و آستانه ترجیح، ماتریس ناهمبستگی جزئی را برای هر معیار محاسبه کرده و بر اساس آنها با استفاده از رابطه (7) ماتریس ناهمبستگی کل به دست آمده است (جدول 7). با توجه به رابطه (8) با تلفیق ماتریس همبستگی کل و ماتریس ناهمبستگی کل، ماتریس اعتبار محاسبه شده است (جدول 8).

جدول 7 ماتریس ناهمبستگی کلی

D	S1	S2	S3	S4	S5	S6
S1	0	0/061	0/005	0/075	0/168	0/133
S2	0/043	0	0/055	0/079	0/043	0/030
S3	0/033	0/117	0	0/098	0/193	0/170
S4	0/058	0/111	0/074	0	0/162	0/114
S5	0/111	0/071	0/073	0/092	0	0/003
S6	0/125	0/076	0/084	0/124	0/005	0

جدول 8 ماتریس اعتبار

S	S1	S2	S3	S4	S5	S6
S1	1	0/571	0/881	0	0	0/299
S2	0/818	1	0/850	0/068	0	0/842
S3	0/839	0/359	1	0	0	0/241
S4	0	0/431	0/807	1	0	0/537
S5	0/700	0	0/705	0/660	1	0/938
S6	0/639	0/449	0/757	0	0/868	1

با توجه به ماتریس S محاسبه شده در گام قبل (جدول 8)، براساس روابط (9 و 10) شاخص‌های λ و $S(\lambda)$ به ترتیب 0/938 و 0/24 به دست آمدند. همچنین براساس نظر خبرگان مقادیر α و β به ترتیب برابر (0,15) و (0,38) تعیین شدند. از این رو براساس رابطه (11) ماتریس مقایسه نهایی (T) در جدول 9 به دست آمد.



جدول 9 ماتریس مقایسه نهایی

T	S1	S2	S3	S4	S5	S6
S1	1	0	1	0	0	0
S2	1	1	1	0	0	1
S3	1	0	1	0	0	0
S4	0	0	1	1	0	0
S5	1	0	1	0	1	1
S6	0	0	1	0	1	1

در آخرین گام به منظور رتبه‌بندی گزینه‌ها (تأمین‌کنندگان) یک بار به صورت نزولی و یک بار به صورت صعودی رتبه‌بندی انجام گرفت و در نهایت با استفاده از اشتراک ارزش رتبه‌بندی صعودی و نزولی، رتبه‌بندی نهایی حاصل شد. در شکل 3 به ترتیب از بالا به پایین رتبه‌بندی نزولی، صعودی و نهایی انجام شده است.



شکل 3 رتبه‌بندی نهایی تأمین‌کنندگان

با توجه به نتایج رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان بر مبنای ریسک با استفاده از روش الکنتره 3 مشاهده می‌شود که معادن شرق ایران، امیرسنگان، بافق، احیای معادن، میشدوان و جلال‌آباد به ترتیب برای شرکت ذوب آهن اصفهان دارای بیشترین میزان ریسک می‌باشند. از این رو معدن جلال‌آباد از بین گزینه‌های موجود دارای ریسک کمینه است.

6- نتیجه‌گیری

زنجیره تأمین فولاد تمام فعالیت‌های مرتبط با جریان و تبدیل کالاها از مرحله ماده خام (سنگ آهن) تا تحویل محصول به مصرف‌کننده نهایی و نیز جریان‌های اطلاعاتی مرتبط با آنها را



شامل می‌شود. انتخاب تأمین‌کننده سنگ آهن با استفاده از مجموعه معینی از معیارها و سنجه‌ها برای شناسایی تأمین‌کنندگان با بالاترین قابلیت برای برآورد ساختن نیازهای شرکت با شرایط و ضوابط قابل قبول است. انتخاب تأمین‌کننده یکی از مهم‌ترین مسائل تصمیم‌گیری است. وجوه اصلی این پژوهش که جنبه نوآوری آن را نیز شامل می‌شود، عبارتند از: 1- شناسایی جامع و دسته‌بندی سلسله مراتبی ریسک‌های تأمین در صنعت فولاد به گونه‌ای که ضمن برخوردار بودن از جامعیت کافی، ریسک‌ها از یکدیگر مستقل بوده و یا کمترین اشتراک را داشته باشند؛ 2- معرفی مجموعه‌ای از معیارها به منظور ارزیابی دقیق‌تر و واقع‌بینانه‌تر ریسک‌ها در مقایسه با دیگر تکنیک‌های سنتی و مرسوم ارزیابی ریسک؛ 3- ارائه و تعریف یک شاخص ترکیبی به منظور اندازه‌گیری دقیق و کمی ریسک تأمین‌کنندگان سنگ آهن که در آن تمام معیارهای معرفی شده با اوزان اهمیت نسبی متفاوت و نیز جنبه اثرگذاری آنها لحاظ شده است و 4- ارائه رویکردی بر مبنای روش الکترا 3 برای ارزیابی بر مبنای ریسک و اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان. در نهایت به منظور ارزیابی چگونگی کارکرد رویکرد ارائه شده، تأمین‌کنندگان (معادن) سنگ آهن کارخانه ذوب آهن اصفهان بر مبنای ریسک ارزیابی و اولویت‌بندی شده و بهترین گزینه (دارای ریسک کمینه نسبی) تعیین شده است. پیشنهاد می‌شود که با پژوهش‌های تکمیلی برای بهبود و جامعیت مدل انتخاب تأمین‌کننده، از معیارها و شاخص‌های دیگری که ممکن است در این پژوهش به آنها اشاره نشده باشد، استفاده شود. همچنین پیشنهاد می‌شود برای ارزیابی از داده‌های فازی استفاده شود. در نهایت نیز از سایر روش‌های تصمیم‌گیری نیز استفاده کرده و نتایج آن با این پژوهش مقایسه شود.

7- سپاسگزاری

انجام این پژوهش مرهون حمایت معاونت خرید و تأمین مواد اولیه شرکت ذوب آهن اصفهان بوده که بدینوسیله کمال تشکر و قدردانی را بعمل می‌آورد.

8- منابع

- [1] Waters D., Highways A.; Supply chain risk management: Vulnerability and resilience in logistics; London; Philadelphia: Kogan Page Publishers, 2011.



- [2] Verma R., Pullman M. E.; "An analysis of the supplier selection process"; *Omega, International Journal of Management Science*, Vol. 26, No. 6, 1998, pp. 739–750.
- [3] Goffin K., Szejczewski M., New C.; "Managing suppliers: when fewer can mean more"; *Int. J. Phys. Distrib. Logist. Manag.*, Vol. 27, No. 7, 1997, pp. 422–436.
- [4] Ghodsypour S. H., O'brien C.; "A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming"; *Int. J. Prod. Econ.*, Vol. 56-57, 1998, pp. 199–212.
- [5] Tracey M., Tan C. L.; "Empirical analysis of supplier selection and involvement, customer satisfaction, and firm performance"; *Supply Chain Manag. An Int. J.*, Vol. 6, No. 4, 2001, pp. 174–188.
- [6] Feng D., Chen L., Jiang M.; "Vendor selection in supply chain system: An approach using fuzzy decision and AHP"; in *Services Systems and Services Management, Proceedings of ICSSSM'05*, International Conference, Vol. 1, 2005, pp. 721–725.
- [7] Wang T. Y., Yang Y. H.; "A fuzzy model for supplier selection in quantity discount environments"; *Expert Syst. Appl.*, Vol. 36, No. 10, 2009, pp. 12179–12187.
- [8] میرفخرالدینی س. ح.، عندلیب اردکانی د.، رضایی اصل م.؛ به‌کارگیری فنون تصمیم‌گیری چند شاخصه جهت ارزیابی عوامل ریسک زنجیره تأمین: (مورد مطالعه: حوزه فناوری اطلاعات بنگاه‌های کوچک و متوسط)؛ *مطالعات مدیریت صنعتی*، شماره 21، 1390.
- [9] شرافتی ع.؛ مدیریت ریسک زنجیره تأمین با رویکرد مدیریت ریسک‌های وارده از طرف تأمین‌کنندگان مطالعه موردی در شرکت مهندسی و ساخت تجهیزات نیروگاهی مینا (توگا)؛ اولین همایش ارتقای توان داخلی با رویکرد ساخت داخل، 1388.



[10] بابایی م، شاهنده نوک‌آبادی ع؛ انتخاب استراتژیک تأمین‌کنندگان براساس رویکرد فازی و بادر نظر گرفتن ریسک تأمین‌کنندگان؛ هفتمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع، 1389.

[11] میرغفوری س. ح، مروتی شریف‌آبادی ع، اسدیان اردکانی ف؛ تحلیلی بر ریسک‌های تأمین‌کنندگان در زنجیره تأمین با رویکرد ترکیبی تحلیل رابطه‌ای خاکستری و ویکور فازی؛ فصلنامه مدیریت زنجیره تأمین، شماره 2، 1391.

[12] Schoenherr T., Rao Tummala V. M., Harrison T. P.; "Assessing supply chain risks with the analytic hierarchy process: Providing decision support for the offshoring decision by a US manufacturing company"; *J. Purch. Supply Manag.*, Vol. 14, No. 2, Jun. 2008, pp. 100–111.

[13] Levary R. R.; "Using the analytic hierarchy process to rank foreign suppliers based on supply risks"; *Comput. Ind. Eng.*, Vol. 55, No. 2, Sep. 2008, pp. 535–542.

[14] Kull T., Talluri S.; "A supply risk reduction model using integrated multicriteria decision making"; *Eng. Manag. IEEE*, Vol. 55, No. 3, 2008, pp. 409–419.

[15] Shemshadi A., Toreihi M., Shirazi H., Tarokh M. J.; "Supplier selection based on supplier risk: An ANP and fuzzy TOPSIS approach"; *Journal of mathematics and computer science*, Vol. 2, No.1, 2011, pp. 111-121.

[16] Yongsheng L. I. U., Hui L. I. U.; "Research of the suppliers' risk evaluation and prevention based on the type a cooperation relationship"; *Int. Bus.*, Vol. 5, No. 1, 2012, pp. 107–112.

[17] Lockamy A., McCormack K.; "Analyzing risks in supply networks to facilitate outsourcing decisions"; *Int. J. Prod. Res.*, Vol. 48, No. 2, 2010, pp. 593–611.

[18] Jung K., Lim Y., Oh J.; "A model for measuring supplier risk: Do operational capability indicators enhance the prediction accuracy of supplier risk?"; *Br. J. Manag.*, Vol. 22, No. 4, 2011, pp. 609–627.

[19] Curkovic S., Scannell T., Wagner B.; "Using FMEA for supply chain risk management"; *Mod. Manag. Sci. Eng.*, Vol. 1, No. 2, 2013, p. 251.



- [20] Aghai S., Mollaverdi N., Sabbagh M. S.; "A fuzzy multi-objective programming model for supplier selection with volume discount and risk criteria"; *Int. J. Adv. Manuf. Technol*, 2014, pp. 1–10,.
- [21] Thun J. H., Hoenig D.; "An empirical analysis of supply chain risk management in the German automotive industry"; *Production Economics*, Vol. 131, No. 1, 2011, pp. 242-249.
- [22] Craighead C. W., Blackhurst J., Rungtusanatham M. J., Handfield R. B.; "The severity of supply chain disruptions: Design Characteristics and Mitigation Capabilities"; *Decision Sciences*, Vol. 38, No. 1, 2007, pp. 131–156.
- [23] Norrman A., Jansson U.; "Ericsson's proactive supply chain risk management approach after a serious sub-supplier accident"; *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 34, No. 5, 2004, pp. 434-456.
- [24] Ritchie B., Brindley C.; "Disintermediation, disintegration and risk in the SME global supply chain"; *Management Decision*, Vol. 38, No. 8, 2000, pp. 575-583.
- [25] Jia F., Rutherford C.; "Mitigation of supply chain relational risk caused by cultural differences between China and the West"; *International Journal of Logistics Management*, Vol. 21, No. 2, 2010, pp. 251-270.
- [26] Tuncel G., Alpan G.; "Risk assessment and management for supply chain networks: A case study"; *Computers in Industry*, Vol. 61, No. 3, 2010, pp. 250-259.
- [27] Matook S., Lasch R., Tamaschke R.; "Supplier development with benchmarking as part of a comprehensive supplier risk management framework"; *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 29, No. 3, 2009, pp. 241-267.
- [28] Chapman C. B., Ward S. C.; "Project Risk Management: Processes, Techniques and Insights"; Second edition. UK: Chichester, John Wiley, 2003.



- [29] Pipattanapiwong J., "Development of multi-party risk and uncertainty management process for an infrastructure project"; Doctoral Dissertation, Kochi University of Technology, Japan, 2004.
- [30] McDermott R. E., Mikulak R. J., Beauregard M. R.; "The basics of FMEA"; New York: Quality Resources, 1996.
- [31] Klein J. H., Cork R. B.; "An approach to technical risk assessment"; *International Journal of Project Management*, Vol. 16, No. 6, 1998, pp. 345-351.
- [32] Waterland L. R., Venkatesh, S., Unnasch S.; Safety and performance assessment of ethanol/diesel blends (E-Diesel); California, Cupertino, 2003.
- [33] Baccarini D., Archer R.; "The risk ranking of projects: A methodology"; *International Journal of Project Management*, Vol. 19, No. 3, 2001, pp. 139-145.
- [34] Pertmaster S.; "Pertmaster Project Risk v7.5: Tutorial, manual and help"; Available on: <http://www.pertmaster.com>, 2003.
- [35] Xu L., Liu G.; "The study of a method of regional environmental risk assessment"; *Journal of Environmental Assessment*, Vol. 90, No. 11, 2009, pp. 3290-3296.
- [36] عطایی، م؛ "تصمیم‌گیری چند معیاره"؛ شاهرود: دانشگاه صنعتی شاهرود، 1389.
- [37] Ishizaka A.; Multi-criteria decision analysis: Methods and software; John Wiley & Sons, 2013.
- [38] Zhang K., Shi Q.; "Safety evaluation in power supply enterprises using the ELECTRE III and TOPSIS methods"; *In Intelligent Systems and Applications (ISA)*, 2nd International Workshop, 2010, pp. 1-4.
- [39] Roy B.; Multicriteria methodology for decision aiding; Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1996.
- [40] Roy B.; "ELECTRE III: Un algorithme de classements fondé sur une représentation floue des préférences en présence de critères multiples"; *Cah. du CERO*, Vol. 20, No. 1, 1978, pp. 3-24.



- [41] Hillson D.; "Using a risk breakdown structure in project management"; *Journal of Facilities Management*, Vol. 2, No. 1, 2003, pp. 85-97.
- [42] PMI (Project Management Institute); A guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide); Pennsylvania, USA: Newtown Square, 2008.