

تحلیلی بر ریسک‌های تأمین‌کنندگان در زنجیره تأمین با رویکرد ترکیبی تحلیل رابطه‌ای خاکستری و VIKOR فازی

سید حبیب‌اله میرغفوری^۱، علی مروتی شریف‌آبادی^۲، فائزه اسدیان اردکانی^۳

چکیده: با افزایش پیچیدگی، سطح عدم اطمینان و ریسک موجود در زنجیره تأمین نیز افزایش می‌یابد. از این رو مدیریت ریسک زنجیره تأمین، یکی از موضوعاتی است که مورد توجه سازمان‌ها قرار گرفته است. در این پژوهش به دلیل اهمیت تأمین‌کنندگان در زنجیره تأمین، موضوع مدیریت ریسک زنجیره تأمین از این دیدگاه مورد بررسی قرار گرفته است. در این مطالعه از ترکیب تحلیل رابطه‌ای خاکستری و VIKOR فازی، به منظور ایجاد مدل ارزیابی برای رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر ریسک تأمین‌کننده استفاده شده است. نوآوری پژوهش در تلفیق روش‌های دلفی فازی، تحلیل رابطه‌ای خاکستری و VIKOR فازی در شناسایی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر ریسک‌های وارده از سوی تأمین‌کنندگان است. این پژوهش برای نخستین بار در صنعت فولاد آلیاژی انجام شده است. برای این امر، عوامل مؤثر بر ریسک‌های وارده از سوی تأمین‌کنندگان بر صنعت فولاد آلیاژی، با استفاده از روش دلفی فازی شناسایی و با استفاده از تلفیق دو رویکرد تحلیل رابطه‌ای خاکستری و VIKOR فازی، رتبه‌بندی شدند. پس از تجزیه و تحلیل، "منبع‌یابی منفرد یا محدود" و "محدودیت ظرفیت تأمین‌کننده" مهم‌ترین عوامل شناخته شدند. با شناسایی مهم‌ترین عوامل مؤثر بر ریسک، راهبردهای لازم برای کاهش این عوامل ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی: ریسک زنجیره تأمین، ریسک تأمین‌کنندگان، دلفی فازی، تحلیل رابطه‌ای خاکستری، VIKOR فازی.

۱. دانشیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری دانشگاه یزد، ایران

۲. استادیار گروه مدیریت صنعتی دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، ایران

۳. کارشناس ارشد مدیریت صنعتی گرایش تولید، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۰۱/۱۹

تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹۱/۰۴/۲۸

نویسنده مسئول مقاله: فائزه اسدیان اردکانی

E-mail: faezehasadian@stu.yazd.ac.ir

مقدمه

مدیریت زنجیره تأمین در اوایل دهه ۱۹۹۰ معرفی شد. این مفهوم در سال‌های اخیر به دلیل جهانی شدن بازارهای کسب و کار، اهمیت بیشتری پیدا کرده است (Li et al, 2006). استدلال زنجیره تأمین را شبکه‌ای از سازمان‌ها می‌داند که با ارتباط بالادستی به پایین‌دستی در فرآیندها و فعالیت‌هایی مشارکت داشته و از طریق محصولات و خدمات ارائه شده به مشتری نهایی، ایجاد ارزش می‌کنند. به گفته‌ای زنجیره تأمین شامل دو یا چند سازمان است که از طریق جریان مواد، اطلاعات و پول به هم مرتبط هستند (Stadtler, 2005).

امروزه عواملی مانند جهانی شدن، برون‌سپاری و افزایش تنوع محصولات و خدمات، منجر به افزایش پیچیدگی در زنجیره تأمین شده است. با افزایش پیچیدگی، سطح عدم اطمینان و ریسک موجود در زنجیره نیز افزایش می‌یابد. از این رو مدیریت ریسک به یک موضوع اساسی در زنجیره تأمین تبدیل شده و نقش مهمی در عملکرد زنجیره و استمرار پویایی سازمان ایفا می‌کند. بنابراین سازمان‌ها برای غلبه بر ریسک‌های زنجیره تأمین، بایستی از راهبردهای کاهش مناسب استفاده کنند (Xia & Chen, 2011).

ریسک‌های وارده به زنجیره تأمین، به تناسب عامل واردکننده ریسک، به انواع مختلفی تقسیم می‌شوند. یکی از ریسک‌های موجود در زنجیره تأمین، ریسک‌های وارده از ناحیه تأمین‌کنندگان است. در این پژوهش به دلیل اهمیت تأمین‌کنندگان در زنجیره تأمین، مدیریت ریسک زنجیره تأمین از این دید مورد بررسی قرار گرفته است. برای این امر، پس از مرور جامع ادبیات با استفاده از روش دلفی فازی، عوامل مؤثر بر ریسک‌های وارده از سوی تأمین‌کننده در شرکت فولاد آلیاژی ایران شناسایی و سپس این عوامل با استفاده از تلفیق دو روش تحلیل رابطه‌ای خاکستری و VIKOR فازی رتبه‌بندی شدند. هدف از این پژوهش، کمک به شرکت فولاد آلیاژی ایران در راستای شناسایی این ریسک‌ها و اتخاذ تصمیم‌هایی برای کاهش سطح ریسک است. این نوشتار در پنج بخش تدوین شده است. پس از بیان مقدمه، در بخش دوم به بیان پیشینه نظری و تجربی پژوهش پرداخته شده است. در بخش سوم روش‌شناسی پژوهش، مراحل انجام پژوهش و روش‌های مورد استفاده بیان شده است. یافته‌های پژوهش در بخش چهارم ارائه شده و در نهایت، نتیجه‌گیری و پیشنهادهایی برای مطالعات بعدی در بخش پنجم مطرح شده است.

پیشینه پژوهش

مدیریت زنجیره تأمین نتیجه تکامل مدیریت انبارداری است (Li et al, 2006). مدیریت زنجیره تأمین فرآیند برنامه‌ریزی، پیاده‌سازی و کنترل مؤثر عملیات زنجیره تأمین (Melo et al, 2009)

و روشی مؤثر در حفظ مزیت رقابتی و بهبود عملکرد سازمان است (Li et al, 2006). زنجیره تأمین شامل تمام فعالیت‌های مرتبط با جریان مواد و اطلاعات از تأمین‌کنندگان مواد اولیه تا تحویل محصول به مشتری نهایی است و بر بهبود خدمت‌رسانی به مشتری، سودآوری و عملکرد سازمان تمرکز دارد (Vinodh et al, 2011). تنوع در تقاضای مشتریان، پیشرفت‌های اخیر سیستم‌های اطلاعاتی، رقابت در محیط جهانی و افزایش قوانین و مقررات دولتی، سازمان‌ها را ملزم به تمرکز بر زنجیره تأمین کرده است (Kilincei & Onal, 2011).

رقابت جهانی تغییر فناوری و جست‌وجوی پیوسته برای کسب مزیت رقابتی، سبب افزایش رقابت و دشواری مدیریت زنجیره تأمین سازمان‌ها شده است (Ritchie & Brindley, 2007). به بیان دیگر، به‌کارگیری مدیریت زنجیره تأمین در سازمان‌ها، با وجود کاربرد گسترده آن، عدم اطمینان‌هایی را به‌همراه دارد. از این رو مدیریت ریسک زنجیره تأمین یکی از موضوعاتی است که مورد توجه سازمان‌ها قرار گرفته است.

مدیریت ریسک، فعالیت‌ها و اقداماتی است که در برخورد با ریسک اتخاذ می‌شود و امور برنامه‌ریزی ریسک، ارزیابی ریسک (شناسایی و تجزیه و تحلیل ریسک)، انتخاب اقدامات پاسخ‌گویی به ریسک و پایش و کنترل ریسک را در برمی‌گیرد (Kerzner, 2001). هدف مدیریت ریسک افزایش احتمالات و دوره تکرار رخدادهای مطلوب و کاهش احتمال وقوع رخدادهای نامطلوب یا کاهش شدت اثرات منفی آن است (Conrog & Soltan, 1998).

نورمن و جانسون معتقدند، عوامل مختلفی مانند جهانی‌شدن، افزایش برون‌سپاری، کاهش تعداد تأمین‌کنندگان و افزایش تقاضا برای تحویل به‌موقع محصول، ریسک را افزایش داده و موجب تشدید اهمیت مدیریت ریسک زنجیره تأمین شده‌اند (Norrman & Jansson, 2004). ریسک زنجیره تأمین را می‌توان اختلال در ارتباطات بین اعضای مختلف زنجیره تأمین تعریف کرد. این اختلال می‌تواند به‌طور بالقوه بر جریان‌های محصول، مواد و اطلاعات تأثیر داشته باشد (Lavastre et al, 2012).

ریسک در زنجیره تأمین، تغییرات بالقوه‌ای است که ارزش افزوده را در هر یک از بخش‌های زنجیره تأمین کاهش می‌دهد (Bogataja & Bogataj, 2007).

اختلالات زنجیره تأمین می‌تواند اثرات منفی بلندمدتی بر عملکرد مالی سازمان‌ها داشته باشند. به‌همین دلیل ضرورت مدیریت ریسک زنجیره تأمین در کسب‌وکارهای امروزی به‌اثبات رسیده است (Wagner & Neshat, 2010).

به باور یوتنر، مدیریت ریسک زنجیره تأمین، فعالیت مدیریتی است که به‌منظور شناسایی و مدیریت ریسک‌ها در زنجیره تأمین از طریق همکاری در بین اعضای زنجیره برای کاهش

آسیب‌پذیری زنجیره تأمین تعریف می‌شود (Jüttner, 2005). به گفته دیگر، مدیریت ریسک‌های زنجیره تأمین از طریق هماهنگی و همکاری میان شرکای زنجیره تأمین، برای تضمین سوددهی و دوام آن را مدیریت ریسک زنجیره تأمین گویند (Tang & Nurmaya Musa, 2011). همان‌گونه که بیان شد پدیده ریسک زنجیره تأمین، در دهه‌های اخیر توجه بسیاری را به خود جلب کرده است. محققان از دیدگاه‌های متفاوتی به بیان این پدیده پرداخته‌اند که در ادامه به تعدادی از این مطالعات اشاره می‌شود:

یوتنر در سال ۲۰۰۵، مطالعه‌ای جامع در مورد مفاهیم و مدل‌های ارائه‌شده در زمینه ریسک زنجیره تأمین انجام داد (Jüttner, 2005). در پژوهشی دیگر مفاهیم و یافته‌های سایر مطالعات در زمینه شناسایی و تجزیه و تحلیل ریسک در زنجیره تأمین ارائه شده است (Vilko & Hallikas, 2012).

متوک و همکاران نیز چارچوب مفهومی پنج مرحله‌ای برای مدیریت ریسک تأمین‌کنندگان، شامل شناسایی ریسک تأمین‌کنندگان، ارزیابی ریسک‌های تأمین‌کنندگان، گزارش و تصمیم‌گیری در مورد ریسک‌ها، مدیریت ریسک و بررسی نتایج کارایی مدیریت ریسک ارائه کرده‌اند (Matook et al, 2009).

معین‌زاده و حاج‌فتحعلی‌ها در مطالعه‌ای با استفاده از فرایند تحلیل شبکه‌ای^۱ فازی، وزن‌های عوامل مؤثر بر ریسک زنجیره تأمین را محاسبه و با به کارگیری FVIKOR اعضای زنجیره تأمین رتبه‌بندی و در نهایت عضوی که دارای بیشترین ریسک در زنجیره بود، تعیین شد (Moeinzadeh & Hajfathaliha, 2010).

شونهر و همکاران نیز در سال ۲۰۰۸ به ارزیابی ریسک زنجیره تأمین با استفاده از AHP پرداختند. محققان در این پژوهش، پس از شناسایی عوامل ریسک زنجیره تأمین با استفاده از AHP، اهمیت هر یک از این عوامل و در نتیجه بهترین گزینه از میان گزینه‌های موجود برای یافتن تأمین‌کننده جدید را مشخص کردند (Schoenherr et al, 2008).

به اعتقاد صاحب‌نظران این حوزه، نخستین گام در مدیریت ریسک، شناسایی عوامل مؤثر بر ریسک است. این امر به درک عدم اطمینان‌هایی که در آینده ممکن است در زنجیره تأمین ایجاد شود، کمک می‌کند (Tuncel & Alpan, 2010; Wu et al, 2006).

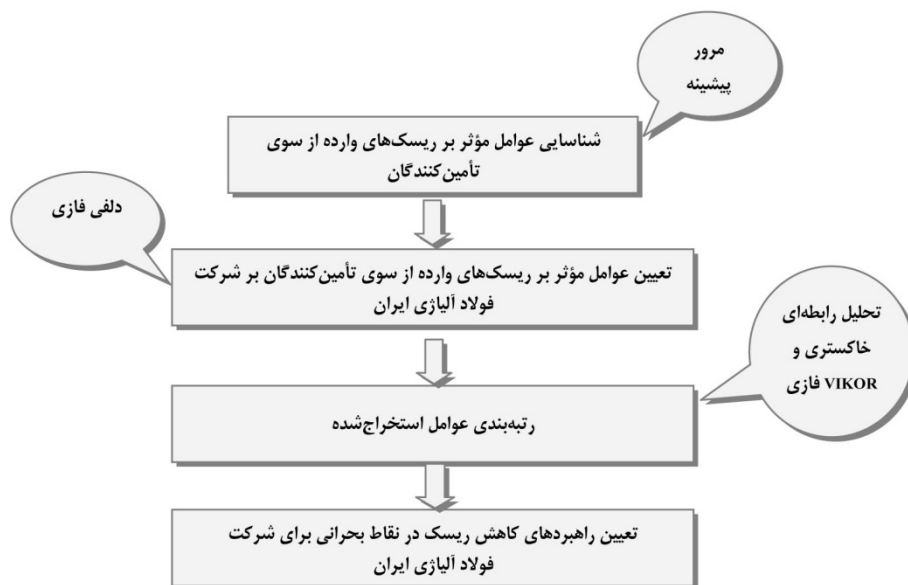
در جدول شماره ۱ به برخی از پژوهش‌هایی که به بررسی عوامل مؤثر بر ریسک زنجیره تأمین پرداخته‌اند، اشاره می‌شود:

جدول ۱. عوامل مؤثر بر ریسک‌های وارده از سوی تأمین‌کننده

عوامل مؤثر بر ریسک‌های وارده از سوی تأمین‌کننده	منبع
اشتباهات در تحویل مواد اولیه	Micheli et al., 2008; Moeinzadeh & Hajfathaliha, 2010.
منبع‌یابی مفرد یا محدود	Moeinzadeh & Hajfathaliha, 2010; Kara et al., 2008; Tang & Nurmayaya Musa, 2011; Chopra & Sodhi, 2004; Micheli et al., 2008.
ناتوانی در ایجاد نوآوری در مواد اولیه	Micheli et al., 2008; Thun & Hoenig, 2011; Cucchiella & Gastaldi, 2006.
فاصله جغرافیایی بین تأمین‌کنندگان و سازمان	Micheli et al., 2008; Levary, 2008; Micheli et al., 2009; Schoenherr et al., 2008; Tuncel & Alpan, 2010; Vilko & Hallikas, 2012; Kara et al., 2008; Pujawan & Geraldin, 2009.
ناتوانی در به‌کارگیری فناوری جدید	Micheli et al., 2008; Micheli et al., 2009; Thun & Hoenig, 2011; Xia & Chen, 2011; Chopra & Sodhi, 2004; Moeinzadeh & Hajfathaliha, 2010; Kara et al., 2008; Zsidisin & Ellram, 2003.
محدودیت ظرفیت	Norrmann & Jansson, 2004; Cucchiella & Gastaldi, 2006; Micheli et al., 2008; Micheli et al., 2009; Tang & Nurmayaya Musa, 2011; Chopra & Sodhi, 2004.
عدم اعتماد به سازمان	Faisal et al., 2006; Faisal et al., 2007; Cheng et al., 2012
خطاهای پیش‌بینی	Chopra & Sodhi, 2004; Wu et al., 2006; Blackhurst et al., 2008; Zsidisin & Ellram, 2003; Pujawan & Geraldin, 2009.
کمبود کارکنان ماهر	Juttner et al., 2003; Moeinzadeh & Hajfathaliha, 2010; Tuncel & Alpan, 2010; Wu et al., 2006; Vilko & Hallikas, 2012; Norrmann & Jansson, 2004.
خرابی ماشین‌آلات حین تولید	Juttner et al., 2003; Moeinzadeh & Hajfathaliha, 2010; Kara et al., 2008; Thun & Hoenig, 2011; Tuncel & Alpan, 2010; Norrmann & Jansson, 2004.
برنامه‌ریزی نامناسب و تغییرات ناگهانی تولید	Khan et al., 2008; Moeinzadeh & Hajfathaliha, 2010; Kara et al., 2008; Tang & Nurmayaya Musa, 2011.
عدم اطمینان در سیستم‌های اطلاعاتی	Chopra & Sodhi, 2004; Wu et al., 2006; Blackhurst et al., 2008; Norrmann & Jansson, 2004; Vilko & Hallikas, 2012; Cucchiella & Gastaldi, 2006; Juttner et al., 2003; Thun & Hoenig, 2011.
تغییرپذیری تقاضا	Wu et al., 2006; Cucchiella & Gastaldi, 2006; Manuj & Mentzer, 2008; Moeinzadeh & Hajfathaliha, 2010; Kara et al., 2008; Tang & Nurmayaya Musa, 2011; Tuncel & Alpan, 2010; Norrmann & Jansson, 2004.
عوامل طبیعی	Chopra & Sodhi, 2004; Wu et al., 2006; Blackhurst et al., 2008; Norrmann & Jansson, 2004; Tang, 2006; Cucchiella & Gastaldi, 2006; Khan et al., 2008; Juttner et al., 2003; Moeinzadeh & Hajfathaliha, 2010; Thun & Hoenig, 2011; Hittle & Leonard, 2011.
عوامل سیاسی	Wu et al., 2006; Cucchiella & Gastaldi, 2006; Norrmann & Jansson, 2004; Tang, 2006; Yi et al., 2011; Juttner et al., 2003; Moeinzadeh & Hajfathaliha, 2010; Chan & Kumar, 2007; Thun & Hoenig, 2011; Tang & Nurmayaya Musa, 2011.
عوامل اقتصادی	Manuj & Mentzer, 2008; Moeinzadeh & Hajfathaliha, 2010; Chan & Kumar, 2007.

روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش از نوع هدف کاربردی و از دید شیوه گردآوری داده‌ها پیمایشی است. جامعه آماری آن، خبرگان شرکت فولاد آلیاژی ایران بوده که با بخش تأمین در ارتباط هستند و از سابقه، تجربه و تحصیلات مرتبط در این زمینه برخوردارند. از آنجایی که صنایع فولاد بعد از نفت و گاز، دومین صنعت پر حجم تجارت دنیا را تشکیل داده و سبب پیشرفت صنعتی هر کشوری می‌شوند، این پژوهش صنعت فولاد آلیاژی را قلمرو مکانی انتخاب کرده است. در صنعت فولاد آلیاژی نسبت به صنایعی چون نفت و گاز و حتی فولاد غیرآلیاژی، به دلیل تنوع مواد اولیه و وجود تأمین‌کنندگان متعدد، بحث تأمین به صورت جدی‌تری مطرح است. در این مطالعه با مرور جامع ادبیات، عوامل مؤثر بر ریسک‌های وارده از سوی تأمین‌کنندگان شناسایی شدند. پس از آن با استفاده از روش دلفی فازی، عوامل مؤثر بر ریسک‌های وارده از سوی تأمین‌کنندگان بر شرکت مورد مطالعه استخراج شدند. برای جمع‌آوری داده‌ها، پرسش‌نامه‌های مربوطه در اختیار خبرگان قرار گرفت. در نهایت این عوامل با استفاده از رویکرد تلفیقی تحلیل رابطه‌ای خاکستری و VIKOR فازی رتبه‌بندی شدند و با توجه به رتبه‌های به‌دست‌آمده، راهبردهای لازم برای کاهش آنها ارائه شده است. در شکل شماره ۱، مراحل اجرای پژوهش نشان داده شده است.



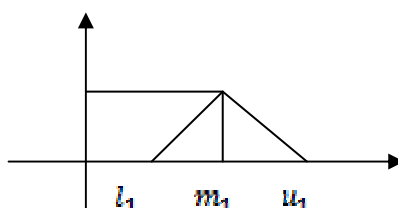
شکل ۱. چارچوب اجرایی پژوهش

در ادامه روش‌های مورد استفاده در پژوهش به تفصیل بیان شده است.

روش دلفی فازی

روش دلفی، در پی دستیابی به توافق عمومی در دیدگاه متخصصان است. هنگامی که برای موضوعات چندبُعدی، چندهدفی و مسائل تصمیم‌گیری پیچیده به کار می‌رود، تکرار فراوان مراحل زمان‌گیر پرسش و پاسخ برای رسیدن به اجماع نسبی دیدگاه‌ها، مشکل بزرگی تلقی می‌شود (Duru et al, 2012).

نظریه فازی را پروفیسور زاده^۱ در سال ۱۹۶۵ برای لحاظ کردن عدم اطمینان و ابهام در حل مسائل مختلف بیان کرد (Rostamzadeh & Sofian, 2011). در این پژوهش از عدد فازی مثلثی استفاده شده است که ساختار مربوط به آن در شکل شماره ۲ نشان داده شده است. یک عدد فازی مثلثی به صورت $\tilde{a}(l_1, m_1, u_1)$ نشان داده می‌شود که $l \leq m \leq u$ است. تابع عضویت آن به صورت زیر است (Buyukozkan, et al., 2011).



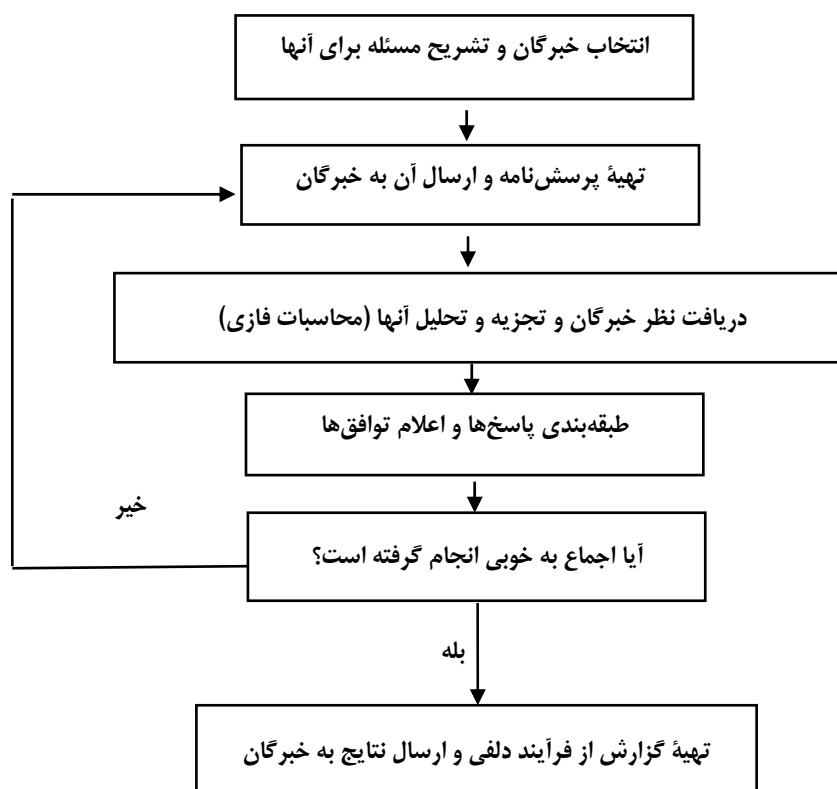
شکل ۲. عدد فازی مثلثی

$$\mu_{\tilde{a}}(x) = \begin{cases} 0 & x < l \quad or \quad x > u \\ \frac{x-l}{m-l} & l \leq x \leq m \\ \frac{u-x}{u-m} & m \leq x \leq u \end{cases}$$

روش دلفی فازی در دهه ۱۹۸۰ میلادی، از سوی کافمن و گوپتا برای غلبه بر نقص‌های موجود ابداع شد (Cheng & Lin, 2002). ویژگی این روش، ارائه چارچوبی انعطاف‌پذیر است

1. Zadeh

که بسیاری از موانع مربوط به عدم دقت و صراحت را تحت پوشش قرار می‌دهد. بسیاری از مشکلات در تصمیم‌گیری‌ها مربوط به اطلاعات ناقص و نادقیق هستند. همچنین تصمیم‌های اتخاذ شده خبرگان بر اساس صلاحیت فردی آنان بوده و به شدت ذهنی است. اغلب، در نظرات خبرگان عدم قطعیت وجود دارد. از آنجا که این نوع عدم 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 (Hsu et al, 2010). در واقع مراحل اجرایی روش دلفی فازی، ترکیبی از اجرای روش دلفی و انجام تحلیل‌ها روی اطلاعات با استفاده از تعاریف نظریه مجموعه‌های فازی است. الگوریتم اجرای روش دلفی فازی در شکل شماره ۳ نمایش داده شده است (میرسپاسی و همکاران، ۱۳۸۹).



شکل ۳. الگوریتم اجرای روش دلفی فازی

تحلیل رابطه‌ای خاکستری

نظریه خاکستری^۱ را دنگ در سال ۱۹۸۲ مطرح کرد (Deng, 1982). این نظریه برای تصمیم‌گیری در شرایط وجود اطلاعات ناقص مورد استفاده قرار می‌گیرد. به گفته‌ای، زمانی که نمونه‌ها کوچک و اطلاعات در مورد پدیده کم باشد، می‌توان از این نظریه استفاده کرد (Liu & Lin, 2006). این نظریه در زمینه‌های بسیاری چون، حل مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره با نام تحلیل رابطه‌ای خاکستری (GRA)^۲ به کار گرفته شده است. تحلیل رابطه‌ای خاکستری جزئی از نظریه خاکستری است و برای حل مسائلی به کار می‌رود که از روابط پیچیده‌ای بین عوامل و متغیرهایشان برخوردارند (Morán et al, 2006). نظریه سیستم‌های خاکستری الگوریتمی است که روابط غیرقطعی اعضای یک سیستم با یک عضو مرجع را تحلیل می‌کند و قابلیت استفاده در حل مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره را دارد.

در هر سیستم عمومی عوامل متعددی مؤثرند که تأثیر متقابل آنها، وضعیت و روند رشد و توسعه سیستم را تعیین می‌کنند. اغلب در تجزیه و تحلیل سیستم‌ها تلاش می‌شود، عوامل با اهمیت بیشتر شناسایی شوند؛ اما در عمل در هر سیستم، عوامل ناشناخته یا کمتر شناخته شده‌ای نیز وجود دارند. یکی از روش‌هایی که برای روبه‌رویی با این‌گونه سیستم‌ها استفاده می‌شود، تحلیل رابطه‌ای خاکستری است که از اجزای مهم نظریه سیستم خاکستری به‌شمار می‌رود. یادآوری می‌شود که تحلیل رابطه‌ای خاکستری، لزوماً بر داده‌های خاکستری استوار نیست. داده خاکستری داده‌ای است که مقدار واقعی آن نامشخص و بازه‌ای که در آن قرار دارد، مشخص است. ایده اصلی تحلیل رابطه‌ای خاکستری که یک روش تجزیه و تحلیل کمی است، بر این نکته بنا شده که مقدار نزدیکی و همبستگی رابطه بین دو عامل مختلف در یک فرآیند پویای در حال رشد است که بایستی بر اساس میزان شباهت منحنی‌های آنان سنجیده شود. هر چه میزان این شباهت بیشتر باشد؛ یعنی درجه بالاتری از رابطه بین سری‌ها وجود دارد و برعکس. برای سنجش میزان این شباهت از درجه رابطه خاکستری استفاده می‌شود. براساس تعریف، اگر فرض شود، $m + 1$ سری رفتاری مربوط به یک سیستم به‌صورت رابطه شماره ۱ موجود است:

$$X_i = (x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(n)) \quad i = 1, 2, \dots, m \quad \text{رابطه ۱}$$

1. Grey Theory
2. Grey relation analysis

در این صورت با فرض $\zeta \in (0, 1)$ ضریب رابطه خاکستری و درجه روابط خاکستری به ترتیب با روابط ۲ و ۳ تعریف می‌شوند:

$$\gamma_{0i} = \gamma(x_0(k), x_i(k)) = \frac{\min_i \min_k |x_0(k) - x_i(k)| + \zeta \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|}{|x_0(k) - x_i(k)| + \zeta \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$\gamma(x_0, x_i) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \gamma(x_0(k) < x_i(k)) \quad \text{رابطه (۳)}$$

در روابط بالا γ ضریب تمایز نامیده می‌شود. درجه رابطه خاکستری $\gamma(x_0, x_i)$ اغلب به شکل γ_{0i} و ضریب رابطه خاکستری $\gamma(x_0(k), x_i(k))$ در نقطه k اغلب به شکل $\gamma_{0i}(k)$ نشان داده می‌شود (محمدی و مولایی، ۱۳۸۹).

VIKOR فازی

روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، روش‌هایی هستند که با استفاده از معیارهای کمی و کیفی چندگانه، به رتبه‌بندی گزینه‌های تصمیم‌گیری پرداخته و تصمیم‌گیرندگان را در انتخاب یاری می‌کنند (Utkin, 2009). روش‌های متعددی برای تصمیم‌گیری با چندین معیار ارائه شده است. اپریک‌وایس^۱ نخستین بار در سال ۱۹۹۸، VIKOR را برای حل مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره و دستیابی به بهترین راه‌حل توافقی معرفی کرد (Chen & Wang, 2009). به گفته‌ای این روش بر رتبه‌بندی و انتخاب مجموعه‌ای از گزینه‌ها و تعیین راه‌حل‌های سازگار برای مسئله‌ای با معیارهای متفاوت به کار برده می‌شود و به تصمیم‌گیرندگان برای دستیابی به راه‌حل مطلوب در تصمیم‌گیری کمک می‌کند (Devi, 2011). در سال ۲۰۰۵ رویکرد VIKOR فازی برای نخستین بار از سوی ونگ و همکاران معرفی شد. VIKOR فازی فرایندی نظام‌مند و منطقی برای دستیابی به بهترین راه‌حل است که برای حل مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Chen & Wang, 2009). در این پژوهش برای رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر ریسک‌های وارده از طرف تأمین‌کنندگان، از روش VIKOR فازی استفاده شده است. در ادامه گام‌های این روش مطرح شده است (Aghajani Bazzazi et al, 2011):

1. Opricovic

(۱) ایجاد ماتریس تصمیم‌گیری؛ ساختار این ماتریس به شکل زیر است:

$$D = \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix}$$

در این ماتریس، A_i نشان‌دهنده گزینه i ام، x_j نشان‌دهنده شاخص j ام و x_{ij} نشان‌دهنده ارزش گزینه A_i با توجه به شاخص C_j است.

(۲) بی‌مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم‌گیری با استفاده از رابطه شماره ۴:

$$f_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad \text{رابطه ۴}$$

(۳) محاسبه مقدار ایده‌آل مثبت و منفی هر شاخص، مطابق با ماتریس استاندارد شده D راه‌حل ایده‌آل مثبت $f^+ = \{f_1^+, f_2^+, f_3^+, \dots, f_n^+\}$ و راه‌حل ایده‌آل منفی $f^- = \{f_1^-, f_2^-, f_3^-, \dots, f_n^-\}$ است. راه‌حل ایده‌آل مثبت و منفی نیز با استفاده از روابط ۵ و ۶ محاسبه می‌شود:

$$f_j^+ = \max_j f_{ij} \quad \text{رابطه ۵}$$

$$f_j^- = \min_j f_{ij} \quad \text{رابطه ۶}$$

تعیین فاصله بین $\tilde{a}(l_1, m_1, u_1)$ و $\tilde{b}(l_2, m_2, u_2)$ با استفاده از رابطه ۷:

$$D(\tilde{a}, \tilde{b}) = \frac{\sqrt{3}}{3} \sqrt{(l_1 - l_2)^2 + (m_1 - m_2)^2 + (u_1 - u_2)^2} \quad \text{رابطه ۷}$$

(۴) در این گام S_i ، R_i و Q_i با استفاده از روابط ۸، ۹ و ۱۰ محاسبه می‌شوند که در این روابط S_i و R_i ، به ترتیب مقدار مطلوب و نامطلوب هر یک از گزینه‌ها و W_j وزن هر یک از معیارها است.

$$S_i = \sum_{j=1}^n W_j \frac{D(f_j^+, f_{ij})}{D(f_j^+, f_j^-)} \quad \text{رابطه ۸}$$

$$R_i = \max_j \left[W_j \frac{D(f_j^+, f_{ij})}{D(f_j^+, f_j^-)} \right] \quad \text{رابطه ۹}$$

$$Q_i = v \frac{(S_i - S^-)}{(S^+ - S^-)} + (1-v) \frac{(R_i - R^-)}{(R^+ - R^-)} \quad \text{رابطه ۱۰}$$

در رابطه ۱۰، Q_i مقدار شاخص VIKOR برای گزینه i ام، $S^+ = \max_i S_i$ ، $S^- = \min_i S_i$ ، $R^+ = \max_i R_i$ و $R^- = \min_i R_i$ است. v حداکثر مطلوبیت گروهی است که معمولاً برابر با ۰/۵ در نظر گرفته می‌شود.

۵) رتبه‌بندی گزینه‌ها؛ بر اساس روش VIKOR گزینه‌هایی که کمترین میزان Q را دارند، بهترین گزینه هستند.

تلفیق تحلیل رابطه‌ای خاکستری و VIKOR فازی

هدف این پژوهش ارائه یک رویکرد مؤثر برای ارزیابی ریسک زنجیره تأمین است. با توجه به این که مسئله حاضر، یک مسئله تصمیم‌گیری چندمعیاره است، این مطالعه با ترکیب تحلیل رابطه‌ای خاکستری و VIKOR فازی، چارچوب تصمیم‌گیری چندمعیاره جدیدی ارائه می‌دهد. استفاده از این رویکرد ترکیبی، ابزار مؤثری برای مقابله با مسائل تصمیم‌گیری، از جمله ارزیابی‌های ذهنی در محیط‌های فازی است (Kuo & Liang, 2011). در این پژوهش با استفاده از ترکیب تحلیل رابطه‌ای خاکستری و VIKOR فازی در شرایط عدم اطمینان، عوامل مؤثر بر ریسک‌های وارده از سوی تأمین‌کنندگان رتبه‌بندی شدند. تلفیق روش تحلیل رابطه خاکستری و تئوری فازی، روش تصمیم‌گیری چندمعیاره جدیدی است که منجر به دستیابی به تمام اطلاعات مبهم و غیر دقیق می‌شود (Tseng, 2009).

این مطالعه از ترکیب تحلیل رابطه خاکستری و VIKOR فازی برای ایجاد مدل ارزیابی کامل و دقیقی در رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر ریسک تأمین‌کننده استفاده کرده است. از تحلیل رابطه خاکستری به منظور محاسبه درجه ارتباط خاکستری مورد استفاده در روش VIKOR فازی استفاده می‌شود.

در ادامه مراحل مربوط به تلفیق دو روش تحلیل رابطه‌ای خاکستری و VIKOR فازی مطرح شده است (Kuo & Liang, 2011).

ابتدا ماتریس تصمیم‌گیری فازی نرمالایز شده با استفاده از روابط زیر محاسبه می‌شود که به صورت \tilde{R} نشان داده می‌شود.

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n}$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{l_{ij}^-}{u_j^*}, \frac{m_{ij}^-}{u_j^*}, \frac{u_{ij}^-}{u_j^*} \right), \quad j \in B,$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{l_{ij}^-}{u_{ij}^*}, \frac{l_{ij}^-}{m_{ij}^-}, \frac{l_{ij}^-}{l_{ij}^-} \right), \quad j \in C, \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

$$u_j^* = \max_i u_{ij} \quad \text{if } j \in B,$$

$$l_j^- = \min_i l_{ij} \quad \text{if } j \in C,$$

در رابطه بالا؛ B مربوط به معیار مثبت و C معیار منفی است. در روش نرمالایز شده بالا (رابطه ۱۱)، اعداد فازی مثلثی نرمالایز شده در محدوده بین ۰ و ۱ قرار می‌گیرند.

بعد از نرمالایز کردن مقیاس معیارهای مختلف، راه‌حل ایده‌آل مثبت و منفی (A^* و A^-) با استفاده از رابطه ۱۲ محاسبه می‌شود.

$$A^- = \min_i (\tilde{r}_{ij}^-) \quad A^* = \max_i (\tilde{r}_{ij}^+) \quad , \quad j = 1, 2, \dots, n \quad \text{رابطه (۱۲)}$$

برای محاسبه فاصله هر گزینه از راه‌حل ایده‌آل مثبت و منفی، از ضریب ارتباط خاکستری فازی موزون استفاده شده است که به صورت رابطه شماره ۱۳ تعریف می‌شود.

$$\gamma(\tilde{r}_{0j}^u, \tilde{r}_{ij}^u), \quad u = *, -$$

$$\gamma(\tilde{r}_{0j}^u, \tilde{r}_{ij}^u) = \frac{\min_i \min_j \tilde{d}_{ij}^{wu} + \zeta \max_i \max_j \tilde{d}_{ij}^{wu}}{\tilde{d}_{ij}^u + \zeta \max_i \max_j \tilde{d}_{ij}^{wu}}, \quad \text{رابطه (۱۳)}$$

$$= \frac{\min_i \min_j d(\tilde{W}_j \tilde{r}_{0j}^u, \tilde{W}_j \tilde{r}_{ij}^u) + \zeta \max_i \max_j d(\tilde{W}_j \tilde{r}_{0j}^u, \tilde{W}_j \tilde{r}_{ij}^u)}{d(\tilde{r}_{0j}^u, \tilde{r}_{ij}^u) + \zeta \max_i \max_j d(\tilde{r}_{0j}^u, \tilde{r}_{ij}^u)}$$

ضریب تمایز است ($\zeta \in [0, 1]$) در مرحله بعد \tilde{S}_i و \tilde{R}_i با استفاده از رابطه ۱۴ محاسبه می‌شود.

$$\tilde{S}_i = \sum_{j=1}^n \gamma(\tilde{r}_{0j}^*, \tilde{r}_{ij}^*), \quad \tilde{R}_i = \max_j \gamma(\tilde{r}_{0j}^-, \tilde{r}_{ij}^-), \quad i = 1, 2, 3, \dots, m; \quad j = 1, 2, 3, \dots, n \quad \text{رابطه (۱۴)}$$

با استفاده از مقادیر به دست آمده از رابطه ۱۴ مقدار \tilde{Q}_i محاسبه می‌شود.

$$\tilde{Q}_i = v \left(\frac{\tilde{S}_i^* - \tilde{S}_i^-}{\tilde{S}^* - \tilde{S}^-} \right) + (1-v) \left(\frac{\tilde{R}_i - \tilde{R}^*}{\tilde{R} - \tilde{R}^*} \right), \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \quad \text{رابطه (۱۵)}$$

$$\tilde{S}^* = \max_i \tilde{S}_i, \quad \tilde{S}^- = \min_i \tilde{S}_i, \quad \tilde{R}^* = \min_i \tilde{R}_i, \quad \tilde{R} = \max_i \tilde{R}_i$$

۱۷، حداکثر مطلوبیت گروهی است که به شکل معمول برابر با $0/5$ در نظر گرفته می شود. در نهایت گزینه ها با توجه به مقادیر Q به دست آمده رتبه بندی می شوند.

یافته های پژوهش

در این مرحله از پژوهش تلاش بر آن است تا با استفاده از تلفیق دو روش تحلیل رابطه ای خاکستری و VIKOR فازی، مهم ترین عوامل مؤثر بر ریسک های وارده از سوی تأمین کنندگان در شرکت فولاد آلیاژی ایران شناسایی و رتبه بندی شوند. برای این امر، عوامل مؤثر بر ریسک های وارده از سوی تأمین کنندگان در شرکت فولاد آلیاژی ایران، با استفاده از ادبیات تحقیق استخراج شدند که به شرح زیر است:

۱. اشتباهات در تحویل مواد اولیه؛
۲. منبع یابی منفرد یا محدود؛
۳. ناتوانی در ایجاد نوآوری در مواد اولیه؛
۴. فاصله جغرافیایی بین تأمین کنندگان و سازمان؛
۵. ناتوانی در به کارگیری فناوری جدید؛
۶. محدودیت ظرفیت؛
۷. عدم اعتماد به سازمان؛
۸. خطاهای پیش بینی؛
۹. کمبود کارکنان ماهر؛
۱۰. خرابی ماشین آلات در هنگام تولید؛
۱۱. برنامه ریزی نامناسب و تغییرات ناگهانی تولید؛
۱۲. عدم اطمینان در سیستم های اطلاعاتی؛
۱۳. تغییرپذیری تقاضا؛
۱۴. عوامل طبیعی؛
۱۵. عوامل سیاسی؛
۱۶. عوامل اقتصادی.

برای تعیین مهم ترین عواملی که در میزان ریسک وارده از سوی تأمین کننده بر شرکت مؤثرند و خبرگان در مورد آنها هم عقیده هستند، از روش دلفی فازی استفاده شده است. با توجه به موارد بیان شده، در این پژوهش خبرگانی انتخاب شدند که نسبت به صنعت فولاد آلیاژی آشنایی کامل داشتند. پرسش نامه مربوط به روش دلفی فازی با هدف کسب نظر خبرگان در مورد

میزان موافقت آنها با عوامل استخراج شده، تدوین شد. از آنجا که خبرگان دارای خصوصیت‌های متفاوتی هستند، از ذهنیت‌های متفاوتی نیز برخوردارند و اگر به گزینه‌ها بر اساس ذهنیت‌های متفاوت پاسخ داده شود، تجزیه و تحلیل متغیرها بی‌ارزش است؛ ولی با تعریف دامنه متغیرهای کیفی، خبرگان با ذهنیت یکسان به سؤال‌ها پاسخ خواهند داد. بنابراین متغیرهای کیفی به صورت اعداد فازی دوزنقه‌ای و در طیف سه‌تایی کم (۰،۲،۴،۰)، متوسط (۳،۴،۶،۷) و زیاد (۶،۸،۱۰،۱۰) تعریف می‌شوند (Chang, 1998).

در نخستین مرحله استفاده از روش دلفی فازی، باید خبرگان برگزیده‌شده در خصوص موضوع، روش و مدت پژوهش توجیه شوند. برخی از ویژگی‌های اصلی برای انتخاب خبرگان بدین شرح است: با مسئله مورد بحث درگیر باشند، اطلاعات مداوم از مسئله برای ادامه همکاری داشته باشند، دارای انگیزه کافی برای شرکت در فرایند دلفی باشند و احساس کنند اطلاعات حاصل از یک توافق گروهی برای خود آنها نیز ارزشمند خواهد بود (اصغری‌پور، ۱۳۸۲).

ویژگی دیگر خبرگان منتخب، لزوم داشتن نگرشی جامع از عوامل مؤثر بر ریسک‌های وارده از سوی تأمین‌کنندگان است. از آنجا که صنعت مورد نظر برای بررسی موضوع پژوهش، صنعت فولاد آلیاژی است، بنابراین در بین خبرگان منتخب باید افرادی از مدیران و متخصصان صنعت فولاد آلیاژی و افراد آشنا به مسائل مربوط به تأمین‌کنندگان حضور داشته باشند. با توجه به این ویژگی‌ها، درنهایت با استفاده از روش قضاوتی ده نفر از خبرگان به‌عنوان نمونه انتخاب شدند و آمادگی اولیه برای اجرای طرح برای آنان به‌وجود آمد.

پس از تعیین خبرگان چهار دور روش دلفی تکرار شد. در دور اول فهرستی از عوامل مؤثر بر ریسک‌های وارده از سوی تأمین‌کننده در اختیار خبرگان قرار گرفت. در گام بعدی میانگین مربوط به نظرات خبرگان در مورد میزان اهمیت هر عامل براساس روابط شماره ۱۵ و ۱۶ محاسبه شد (Cheng & Lin, 2002).

$$A^{(i)} = (a_1^i, a_2^i, a_3^i, a_4^i), \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad \text{رابطه ۱۶}$$

$$A_m = (a_{m1}^i, a_{m2}^i, a_{m3}^i, a_{m4}^i) = \left(\frac{1}{n} \sum a_1^{(i)}, \frac{1}{n} \sum a_2^{(i)}, \frac{1}{n} \sum a_3^{(i)}, \frac{1}{n} \sum a_4^{(i)} \right) \quad \text{رابطه ۱۷}$$

در روابط ۱۶ و ۱۷، $A^{(i)}$ بیانگر دیدگاه خبره i ام 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 به صورت گزینه‌های کم، متوسط و زیاد انتخاب کنند. اختلاف نظر هر یک از خبرگان بر اساس رابطه شماره ۱۸ محاسبه می‌شود (Cheng & Lin, 2002). در حقیقت

براساس این رابطه، هر یک از خبرگان می‌توانند نظر خود را با میانگین نظرات بسنجند و در صورت تمایل، نظرات قبلی خود را تعدیل کنند.

$$e = (a_{m1} - a_1^{(i)}, a_{m2} - a_2^{(i)}, a_{m3} - a_3^{(i)}, a_{m4} - a_4^{(i)})$$

$$= \left(\frac{1}{n} \sum a_1^{(i)} - a_1^i, \frac{1}{n} \sum a_2^{(i)} - a_2^i, \frac{1}{n} \sum a_3^{(i)} - a_3^i, \frac{1}{n} \sum a_4^{(i)} - a_4^i \right) \quad \text{رابطه ۱۸}$$

با استفاده از رابطه ۱۸، اختلاف نظرات خبرگان محاسبه و در پرسش‌نامه‌ای تنظیم شد. سپس هر یک از خبرگان با توجه به ارزیابی مجدد نظر قبلی خود، نظرات جدید را اعلام کردند. در این مرحله با محاسبه اختلاف میانگین‌های دور اول و دوم، با استفاده از روابط فاصله میان اعداد فازی (رابطه ۱۹)، میزان اجماع نظر خبرگان محاسبه می‌شود. چنانچه اختلاف محاسبه شده از ۰/۲ کمتر باشد، فرایند دلفی فازی متوقف می‌شود (Cheng & Lin, 2002).

$$S(A_{m2}, A_{m1}) = \left| \frac{1}{4} [(a_{m21} + a_{m22} + a_{m23} + a_{m24}) - (a_{m11} + a_{m12} + a_{m13} + a_{m14})] \right| \quad \text{رابطه ۱۹}$$

جدول ۲. اختلاف میانگین دیدگاه‌های خبرگان در دور اول و دوم

اختلاف میانگین	عوامل مؤثر بر ریسک‌های وارده از سوی تأمین‌کننده
۰	اشتباهات در تحویل مواد اولیه
۱/۴	منبع‌یابی منفرد یا محدود
۰	ناتوانی در ایجاد نوآوری در مواد اولیه
۰/۷	محدودیت ظرفیت
۰/۷	عدم اعتماد به سازمان
۰	خطای پیش‌بینی
۲/۱	کمبود کارکنان ماهر
۰	برنامه‌ریزی نامناسب و تغییرات ناگهانی تولید
۱/۴	ناتوانی در به‌کارگیری فناوری جدید
۰	عدم اطمینان در سیستم‌های اطلاعاتی
۰	تغییرپذیری تقاضا
۰/۷	فاصله جغرافیایی بین تأمین‌کنندگان و سازمان
۰	عوامل طبیعی
۰	عوامل سیاسی
۰	عوامل اقتصادی

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

همان‌گونه که جدول شماره ۲ نشان می‌دهد، در مورد عامل برنامه‌ریزی نامناسب و تغییرات ناگهانی تولید، اعضای گروه خبره به وحدت نظر رسیده‌اند و میزان اختلاف نظر کمتر از ۰/۲ است. بنابراین نظرسنجی در خصوص این عامل متوقف شد.

با توجه به آنکه اختلاف میانگین‌ها برای عوامل منبع‌یابی منفرد یا محدود، محدودیت ظرفیت، عدم اعتماد به سازمان، کمبود کارکنان ماهر، ناتوانی در به‌کارگیری فناوری جدید و فاصله جغرافیایی بین تأمین‌کنندگان و سازمان بیش از ۰/۲ است، می‌توان نتیجه گرفت هنوز اجماع قابل قبولی بین نظر خبرگان وجود ندارد. بنابراین پس از محاسبه اختلاف نظر هر خبره نسبت به میانگین، بر اساس رابطه شماره ۱۸ با اعمال تغییرات لازم در عوامل، پرسش‌نامه جدید طراحی و همراه با دیدگاه قبلی فرد و میزان اختلاف آنها با میانگین دیدگاه سایر خبرگان، بار دیگر به خبرگان ارسال شد. جدول شماره ۳ نتایج اختلاف میانگین دیدگاه‌های خبرگان در دور دوم و سوم را نشان می‌دهد.

جدول ۳. اختلاف میانگین دیدگاه‌های خبرگان در دور دوم و سوم

اختلاف میانگین	عوامل مؤثر بر ریسک‌های وارده از سوی تأمین‌کننده
۰	منبع‌یابی منفرد یا محدود
۰/۷	محدودیت ظرفیت
۰	عدم اعتماد به سازمان
۰/۷	کمبود کارکنان ماهر
۰	ناتوانی در به‌کارگیری فناوری جدید
۰/۷	فاصله جغرافیایی بین تأمین‌کنندگان و سازمان

همان‌گونه که جدول شماره ۳ نشان می‌دهد، در مورد عوامل منبع‌یابی منفرد یا محدود، عدم اعتماد به شرکت و ناتوانی در به‌کارگیری فناوری جدید، اعضای گروه خبره به وحدت نظر رسیده‌اند و میزان اختلاف نظر کمتر از ۰/۲ است. بنابراین نظرسنجی در خصوص این عوامل

متوقف شد. با توجه به آن که اختلاف میانگین‌ها برای عوامل محدودیت ظرفیت، کمبود کارکنان ماهر و فاصله جغرافیایی بین تأمین‌کنندگان و سازمان بیش از ۰/۲ است، می‌توان نتیجه گرفت که هنوز اجماع قابل قبولی بین نظر خبرگان وجود ندارد.

بنابراین پس از محاسبهٔ اختلاف نظر هر خبره نسبت به میانگین، براساس رابطه شماره ۱۸ با اعمال تغییرات لازم در عوامل، پرسش‌نامه جدید طراحی شد و بار دیگر، همراه با دیدگاه قبلی فرد و میزان اختلاف آنها با میانگین دیدگاه خبرگان دیگر، به آنها ارسال شد. جدول شماره ۴، نتایج اختلاف میانگین دیدگاه‌های خبرگان در دور سوم و چهارم را نشان می‌دهد.

جدول ۴. اختلاف میانگین دیدگاه‌های خبرگان در دور سوم و چهارم

اختلاف میانگین	عوامل مؤثر بر ریسک‌های وارده از سوی تأمین‌کننده
۰	محدودیت ظرفیت
۰	کمبود کارکنان ماهر
۰	فاصله جغرافیایی بین تأمین‌کنندگان و سازمان

با توجه به آنکه اختلاف میانگین‌ها بیش از ۰/۲ نیست، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که اجماع خوبی بین نظر خبرگان وجود دارد و فرآیند دلفی فازی متوقف می‌شود. در نهایت با استفاده از روش دلفی فازی، هفت عامل به‌منزله عوامل مؤثر بر ریسک‌های وارده از سوی تأمین‌کنندگان شامل، منبع‌یابی منفرد یا محدود، محدودیت ظرفیت، عدم اعتماد به شرکت، کمبود کارکنان ماهر، برنامه‌ریزی نامناسب و تغییرات ناگهانی تولید، ناتوانی در به‌کارگیری فناوری جدید و فاصله جغرافیایی بین تأمین‌کنندگان و شرکت شناسایی شدند.

پس از شناسایی عوامل مؤثر بر ریسک تأمین‌کنندگان در شرکت فولاد آلیاژی ایران با استفاده از روش دلفی فازی، برای رتبه‌بندی این عوامل با استفاده از تلفیق دو روش تحلیل رابطه‌ای خاکستری و VIKOR فازی، پرسش‌نامه‌های مربوطه بین خبرگان توزیع شد. این افراد نظرات خود را در قالب اعداد فازی زیر بیان کردند (جدول ۵).

جدول ۵. قضاوت‌های فازی مورد استفاده در این پژوهش (میزان اهمیت) (Vahdani et al, 2011)

عبارات کلامی	بسیار کم	کم	نسبتاً کم	متوسط
اعداد فازی	(۰، ۰/۲)	(۰، ۰/۱، ۰/۲)	(۰، ۰/۲، ۰/۳)	(۰/۱، ۰/۳، ۰/۵)
عبارات کلامی	نسبتاً بالا	بالا	بسیار بالا	
اعداد فازی	(۰/۴، ۰/۵، ۰/۶)	(۰/۶، ۰/۷، ۰/۸)	(۰/۷، ۰/۹، ۱)	

ماتریس نرمالایز شده، به صورت جدول شماره ۶ است:

جدول ۶. ماتریس نرمالایز شده تصمیم‌گیری

فرد ۱۰	...	فرد ۱	پاسخ فازی افراد خبره عوامل مؤثر بر ریسک‌های وارده از سوی تأمین‌کننده
(۰/۷۵، ۰/۸۷۵، ۱)	...	(۰/۳۰۷، ۰/۴۶۱، ۰/۶۱۵)	۱. منبع‌یابی منفرد یا محدود
(۰، ۰، ۰/۳۷۵)	...	(۰/۵۳۸، ۰/۷۶۹، ۱)	۲. محدودیت ظرفیت
(۰/۷۵، ۰/۸۷۵، ۱)	...	(۰/۳۰۷، ۰/۴۶۱، ۰/۶۱۵)	۳. عدم اعتماد به شرکت
(۰/۲۵، ۰/۳۷۵، ۰/۵)	...	(۰/۵۳۸، ۰/۷۶۹، ۱)	۴. کمبود کارکنان ماهر
(۰/۷۵، ۰/۸۷۵، ۱)	...	(۰/۵۳۸، ۰/۷۶۹، ۱)	۵. برنامه‌ریزی نامناسب و تغییرات ناگهانی تولید
(۰/۴۳۷، ۰/۶۲۵، ۰/۸۱۲)	...	(۰/۳۰۷، ۰/۴۶۱، ۰/۶۱۵)	۶. ناتوانی در به‌کارگیری فناوری جدید
(۰، ۰، ۰/۳۷۵)	...	(۰/۳۰۷، ۰/۴۶۱، ۰/۶۱۵)	۷. فاصله جغرافیایی بین تأمین‌کنندگان و شرکت

در گام بعدی مقادیر راه‌حل ایده‌آل مثبت و منفی (A^* و A^-) محاسبه شدند. جدول شماره ۷ این مقادیر را نشان می‌دهد.

جدول ۷. مقادیر راه‌حل ایده‌آل مثبت و منفی

۱۰	۹	...	۲	۱	
(۰/۷۵، ۰/۸۷۵، ۱)	(۰/۴۳۷، ۰/۶۲۵، ۰/۸۱۲)	...	(۰/۵۳۸، ۰/۷۶۹، ۱)	(۰/۵۳۸، ۰/۷۶۹، ۱)	A^*
(۰، ۰، ۰/۳۷۵)	(۰/۲۵، ۰/۳۷۵، ۰/۵)	...	(۰، ۰، ۰/۴۶۱)	(۰/۳۰۷، ۰/۴۶۱، ۰/۶۱۵)	A^-

در مرحله بعد، میزان ضریب رابطه خاکستری فازی موزون (WFGRC)^۱، محاسبه شده است. جدول‌های شماره ۸ و ۹ مقادیر مربوط به آن را نشان می‌دهد.

1. Weighted Fuzzy Grey Relation Coefficient (WFGRC)

جدول ۸. ضریب رابطه خاکستری فازی موزون هر گزینه از ایده‌آل مثبت $(\gamma(\tilde{r}_{0j}^*, \tilde{r}_{ij}))$

فرد ۱۰	...	فرد ۱	$(\gamma(\tilde{r}_{0j}^*, \tilde{r}_{ij}))$	عوامل مؤثر بر ریسک زنجیره تأمین
۰/۱۵	...	۰/۱۶۴		۱. منبع‌یابی منفرد یا محدود
۰/۲۵۸	...	۰/۱۲۵		۲. محدودیت ظرفیت
۰/۱۵	...	۰/۱۶۴		۳. عدم اعتماد به شرکت
۰/۲۱۴	...	۰/۱۲۵		۴. کمبود کارکنان ماهر
۰/۱۵	...	۰/۱۲۵		۵. برنامه‌ریزی نامناسب و تغییرات ناگهانی تولید
۰/۱۷۹	...	۰/۱۶۴		۶. ناتوانی در به‌کارگیری فناوری جدید
۰/۲۵۸	...	۰/۱۶۴		۷. فاصله جغرافیایی بین تأمین‌کنندگان و شرکت

جدول ۹. ضریب رابطه خاکستری فازی موزون هر گزینه از ایده‌آل منفی $(\gamma(\tilde{r}_{0j}^-, \tilde{r}_{ij}))$

فرد ۱۰	...	فرد ۱	$\gamma(\tilde{r}_{0j}^-, \tilde{r}_{ij})$	عوامل مؤثر بر ریسک زنجیره تأمین
۰/۱۶۸	...	۰/۲۳۹		۱. منبع‌یابی منفرد یا محدود
۰/۲۸۲	...	۰/۲۰۱		۲. محدودیت ظرفیت
۰/۱۶۸	...	۰/۲۳۹		۳. عدم اعتماد به شرکت
۰/۲۳۷	...	۰/۱۹۷		۴. کمبود کارکنان ماهر
۰/۱۶۸	...	۰/۲۰۱		۵. برنامه‌ریزی نامناسب و تغییرات ناگهانی تولید
۰/۱۹۷	...	۰/۲۳۹		۶. ناتوانی در به‌کارگیری فناوری جدید
۰/۲۸۲	...	۰/۲۳۹		۷. فاصله جغرافیایی بین تأمین‌کنندگان و شرکت

در روش VIKOR، درنهایت گزینه‌ها بر اساس مقادیر Q رتبه‌بندی شده و گزینه‌ای که حداقل مقدار Q را به خود اختصاص داده است، بهترین گزینه انتخاب می‌شود (Aghajani Bazzazi et al, 2011). در تلفیق دو روش تحلیل رابطه‌ای خاکستری و VIKOR فازی نیز، گزینه‌ها بر اساس مقدار Q رتبه‌بندی می‌شوند. جدول شماره ۱۰، مقادیر S ، R و Q و رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر ریسک‌های وارده از سوی تأمین‌کنندگان با توجه به مقادیر به‌دست آمده از Q را نشان می‌دهد.

جدول ۱۰. رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر ریسک‌های وارده از سوی تأمین‌کننده با توجه به مقادیر به‌دست‌آمده از Q

عوامل مؤثر بر ریسک‌های وارده از سوی تأمین‌کننده	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
مقادیر S	۱/۱۴۱	۱/۵۲۱	۱/۷۸	۱/۷۰۹	۱/۶۰۲	۱/۷۴۸	۱/۹۶۹
مقادیر R	-۰/۲۸۲	-۰/۲۸۲	-۰/۲۷۲	-۰/۲۷۲	-۰/۲۷۲	-۰/۲۸۲	-۰/۲۸۲
مقادیر Q	۱	۰/۷۷	-۰/۱۱۴	-۰/۱۵۷	-۰/۲۲۱	-۰/۶۳۳	-۰/۵
رتبه‌بندی براساس Q	۷	۶	۱	۲	۳	۵	۴

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

مدیریت ریسک زنجیره تأمین به‌منزله مسئله مهم، در مدیریت زنجیره تأمین پدیدار شده است. این مفهوم، فصل مشترک مدیریت زنجیره تأمین و مدیریت ریسک است. در این پژوهش برای ارزیابی ریسک‌های وارده از سوی تأمین‌کنندگان در زنجیره تأمین، چارچوب تصمیم‌گیری چندمعیاره جدیدی با ترکیب تحلیل رابطه‌ای خاکستری و VIKOR فازی ارائه شده است. در این پژوهش به شناسایی عوامل مؤثر بر ریسک‌های وارده از سوی تأمین‌کنندگان در زنجیره تأمین پرداخته و مهم‌ترین عوامل در شرکت مورد مطالعه، استخراج شده است. در مطالعات آینده، می‌توان از این عوامل برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان استفاده کرد.

پس از تجزیه و تحلیل‌های لازم، "منبع‌یابی منفرد یا محدود"، مهم‌ترین عامل شناخته شد. در شرایطی که تنها یک یا تعداد محدودی تأمین‌کننده برای تأمین مواد اولیه مورد نیاز شرکت وجود داشته باشد، راه‌حل کوتاه‌مدت، تحمل ریسک ناشی از این عامل است و راه‌حل بلندمدت، شناسایی تأمین‌کنندگان جدید و فراهم آوردن شرایطی در بازار، به‌منظور تشویق تأمین‌کنندگان جدید برای تأمین آن محصولات خاص است.

پس از عامل "منبع‌یابی منفرد یا محدود"، عامل "محدودیت ظرفیت تأمین‌کننده" مهم‌ترین عامل شناخته شده است. بنابراین پیشنهاد می‌شود، شرکت قبل از عقد قرارداد با تأمین‌کنندگان، اطلاعات کافی در زمینه ظرفیت آنها کسب کند. همچنین شرکت در مورد تأمین‌کنندگانی که ظرفیت محدودی داشته و قادر به تأمین تمام نیاز شرکت نیستند، جایگزین‌هایی در نظر داشته باشد تا در صورت لزوم از آنها استفاده کند.

در مطالعات اندکی به بررسی میزان تأثیر عوامل مؤثر بر ریسک‌های وارده از سوی تأمین‌کننده پرداخته شده است. این پژوهش علاوه بر شناسایی و ارزیابی عوامل مؤثر بر ریسک‌های وارده از سوی تأمین‌کننده، میزان تأثیر این عوامل را نیز بررسی کرده است. در

مقایسه با سایر روش‌های استفاده شده برای رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر ریسک زنجیره تأمین، روش مورد استفاده در این پژوهش دارای توانمندی بالاتری است. استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری مانند AHP و ANP که در این زمینه مورد استفاده واقع شده با زیاد شدن عوامل در ارزیابی، پایایی خود را از دست داده و ناسازگاری در ارزیابی را ایجاد خواهند کرد.

منابع

- اصغرپور، م. ج. (۱۳۸۲). تصمیم‌گیری گروهی و نظریه‌بازی‌ها با نگرش تحقیق در عملیات. دانشگاه تهران: مؤسسه انتشارات و چاپ.
- محمدی، ع، مولایی، ن. (۱۳۸۹). کاربرد تصمیم‌گیری چند معیاره خاکستری در ارزیابی عملکرد شرکت‌ها، مدیریت صنعتی دانشگاه تهران، ۲: ۱۴۲-۱۲۵.
- میرسپاسی، ن، طلوعی اشلقی، ع، معمارزاده، غ و پیدایی، م. (۱۳۸۹). طراحی مدل تعالی منابع انسانی در سازمان‌های دولتی ایران با استفاده از تکنیک دلفی فازی، مجله پژوهش‌های مدیریت، ۷۸: ۲۳-۱.
- Aghajani Bazzazi, A., Osanloo, M., & Karimi, B. (2011). Deriving preference order of open pit mines equipment through MADM methods: Application of modified VIKOR method. *Expert Systems with Applications*, 38: 2550-2556.
- Blackhurst, J.V., Scheibe, K.P., & Johnson, D.J. (2008). Supplier risk assessment and monitoring for the automotive industry. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 38(2): 143-165.
- Bogataja, D. & Bogataj, M. (2007). Measuring the supply chain risk and vulnerability in frequency space. *International journal Production Economics*, 108: 291-301.
- Buyukozkan, G., G., Cifci, S., Guleryuz. (2011). Strategic analysis of healthcare service quality using fuzzy AHP methodology. *Expert Systems with Applications*, 38 (8): 9407-9424.
- Chan, F. T.S. & Kumar, N. (2007). Global supplier development considering risk factors using fuzzy extended AHP-based approach. *The International Journal of Management Science*, 35 (4): 417-431.
- Chang, P-T. (1998). The fuzzy Delphi method via fuzzy statistics and membership function fitting and application to the human resources, *Fuzzy Sets and Systems*, 112 (3): 511-520.

- Chen, L.Y. & Wang, T.C. (2009). Optimizing partners' choice in IS/IT out sourcing projects: The strategic decision of fuzzy VIKOR. *International Journal Production Economics*, 120: 233–242.
- Cheng, C-H. & Lin, Y. (2002). Evaluating the best main battle tank using fuzzy decision theory with linguistic criteria evaluation, *European. Journal of Operational Research*, 142 (1): 174-186
- Cheng, T.C.E., Yip, F.K., & Yeung, A.C.L. (2012). Supply risk management via guanxi in the Chinese business context: The buyer's perspective. *International Journal of Production Economics*, 139 (1): 3-13.
- Chopra, S., & Sodhi, M.S. (2004). Managing risk to avoid supply chain breakdown. *MIT Sloan Management Review*, 46(1): 53-61.
- Conrog, G., & Soltan, H. (1998). conSERV, a project specific risk management concept. *International Journal of Project Management*, 16 (6): 353-366.
- Cucchiella, F., & Gastaldi, M. (2006). Risk management in supply chain: a real option approach. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 17(6): 700-720.
- Deng, J.L. (1982). Control problems of grey system, *Systems and Control letters*, 1: 288–294.
- Devi, K. (2011). Extension of VIKOR method in intuitionistic fuzzy environment for robot selection. *Expert Systems with Applications*, 38: 14163–14168.
- Duru, O., Bulut, E., & Yoshida, S. (2012). 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*, 39: 840–848.
- Faisal, M.N., Banwet, D.K., & Shankar, R. (2006). Supply chain risk mitigation: modeling the enablers. *Business Process Management Journal*, 12 (4): 535-552.
- Faisal, M.N., Banwet, D.K., & Shankar, R. (2007). Information risks management in supply chains: an assessment and mitigation framework. *Journal of Enterprise Information Management*, 20(6): 677-699.
- Hittle, B., & Leonard, K.M. (2011). Decision making in advance of a supply chain crisis, *Management Decision*, 49(7): 1182-1193.
- Hsu, Y-L., Lee, C-H., & Kreng, V.B. (2010). The application of Fuzzy Delphi Method and Fuzzy AHP in lubricant regenerative technology selection, *Expert Systems with Applications*, 37: 419–425.
- Jüttner, U. (2005). Supply chain risk management: Understanding the business requirements from a practitioner perspective. *The International Journal of Logistics Management*, 16(1): 120-141.

- Jüttner, U., Peck, H., & Christopher, M. (2003). Supply Chain Risk Management: Outlining An Agenda For Future Research. *International Journal of Logistics: Research & Applications*, 6(4): 197-210.
- Kara, S., Kayis, B., & Gomez, E. (2008). Managing Supply Chain Risks in Multi-site, Multi-partner Engineering Projects. *Communications of the IBIMA*, 5: 100-112.
- Kerzner, H. (2001). *Project Management a systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*. 7th Edition, John Wiley & Sons.
- Khan, O., Christopher, M. & Burnes, B. (2008). The impact of product design on supply chain risk: a case study. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 38(5): 412-432.
- Kilincei, O., & Onal, S.A. (2011). Fuzzy AHP approach for supplier selection in a washing machine company. *Expert Systems with Applications*, 38: 9656-9664.
- Kuo, M.S. & Liang, G-S. (2011). Combining VIKOR with GRA techniques to evaluate service quality of airports under fuzzy environment. *Expert Systems with Applications*, 38: 1304-1312.
- Lavastre, O., Gunasekaran, A., & Spalanzani, A. (2012). Supply chain risk management in French companies. *Decision Support Systems*, 52: 828-838.
- Levary, R. R. (2008). Using the analytic hierarchy process to rank foreign suppliers based on supplier risks. *Computers & Industrial Engineering*, 55: 535-542.
- Li, S., Ragu-Nathan, B., Ragu-Nathan, T.S., & Rao, S.S. (2006). The impact of supply chain management practices on competitive advantage and organizational performance, *Omega*, 34: 107- 124.
- Liu, S., & Lin, y. (2006). *Grey Information Theory and Practical Applications*, Springer-Verlag London Limited.
- Manuj, I., & Mentzer, J. (2008). Global supply chain risk management strategies. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 38(3): 192-223.
- Matook, S., Lasch, R., & Tamaschke, R. (2009). Supplier Development with Benchmarking as Part of a comprehensive supplier risk management framework. *International journal of Operation & production Management*, 29 (3): 241-267.
- Melo, M.T., Nickel, S., & Saldanha-da-Gama, F. (2009). Facility location and supply chain management-A review. *European Journal of Operational Research*, 196: 401-412.

- Micheli, G. J.L., Cagno, E., & Giulio, A. D. (2009). Reducing the total cost of supply through risk-efficiency-based supplier selection in the EPC industry. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 15: 166-177.
- 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.
- Moeinzadeh, P., & Hajfathaliha, A. (2010). A Combined Fuzzy Decision Making Approach to Supply Chain Risk Assessment. *International Journal of Human and Social Sciences*, 5(13): 859-875.
- Mora'n, J., Granada, E., Mi'guez, J. L., & Porteiro, J. (2006). Use of grey relational analysis to assess and optimize small biomass boilers. *Fuel Processing Technology*, 87: 123-127.
- Norrman, A., & Jansson, U. (2004). Ericsson's proactive supply chain risk management approach after a serious sub-supplier accident. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 34(5): 434-456.
- Pujawan, I. N., & Geraldin, L. H. (2009). House of risk: a model for proactive supply chain risk management. *Business Process Management Journal*. 15(6): 953-967.
- 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): 303-322.
- Rostamzadeh, R., Sofian, S., (2011). Prioritizing effective 7Ms to improve production systems performance using fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS (case study). *Expert Systems with Applications*, 38: 5166-5177.
- Schoenherr, T., Tummalaa, V.M.R., & Harrison, P. T. (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: 100-111.
- Stadtler, H. (2005). Supply chain management and advanced planning-basics, overview and challenges. *European journal of operational research*, 163: 575-588.
- Tang, C.S. (2006). Perspectives in supply chain risk management: a review. *International Journal Production Economics*, 103: 451-488.
- Tang, O., & Nurmaya Musa, S. (2011). Identifying risk issues and research advancements in supply chain risk management. *International Journal Production Economics*, 133: 25-34.
- Thun, J.H., & Hoenig, D. (2011). An empirical analysis of supply chain risk management in the German automotive industry. *International Journal Production Economics*, 131: 242-249.

- Tseng, M.L. (2009). A causal and effect decision making model of service quality expectation using grey-fuzzy DEMATEL approach. *Expert Systems with Applications*, 36: 7738-7748.
- Tuncel, G., & Alpan, G. (2010). Risk assessment and management for supply chain networks: A case study. *Computers in Industry*, 61: 250-259.
- Utkin, L.V. (2009). Multi-Criteria decision making with a special type of information about importance of groups of criteria, *6th International Symposium on Imprecise Probability: Theories and Applications*.
- Vahdani, B., Mousavi, M., & Tavakkoli-Moghaddam, R. (2011). Group decision making based on novel fuzzy modified TOPSIS method. *Applied Mathematical Modelling*, 35: 4257-4269.
- Vilko, J., Hallikas, J.M. (2012). Risk assessment in multi modal supply chains. *International Journal of Production Economics*, 140: 586-595.
- Vinodh, S., Anesh Ramiya, R., & Gautham, S.G. (2011). Application of fuzzy analytic network process for supplier selection in a manufacturing organization. *Expert Systems with Applications*, 38: 272-280.
- Wagner, S. M., & Neshat, N. (2010). Assessing the vulnerability of supply chains using graph theory. *International Journal Production Economics*, 126: 121-129.
- Wu, T., Blackhurst, J., & Chidambaram, V. (2006). A model for inbound supply risk analysis. *Computers in Industry*, 57: 350-365.
- Xia, D. & Chen, B. (2011). A comprehensive decision-making model for risk management of supply chain. *Expert Systems with Applications*, 38: 4957-4966.
- Yi, C.Y., Ngai, E.W.T., & Moon, K.L. (2011). Supply chain flexibility in an uncertain environment: exploratory findings from five case studies. *Supply Chain Management: an International Journal*, 16(4): 271-283.
- Zsidisin, G.A. & Ellram, L.M. (2003). An agency theory investigation of supply risk management. *Journal of Supply Chain Management*, 39(3): 15-29.