

فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی، ویژه‌نامه شماره ۶۶، بهار ۱۳۹۲، ۱۹۴ - ۱۶۱

مدیریت ریسک تأمین با استفاده از ابزار ارزش در معرض ریسک مبتنی بر تئوری مقدار فرین

معصومه مهرعلی دهنوی*
دکتر عبدالله آقایی**
دکتر مصطفی ستاک***

پذیرش: ۹۲/۱/۳۱

دریافت: ۹۰/۴/۲۷

مدیریت ریسک زنجیره تأمین / ریسک تأمین / ارزش در معرض ریسک / تئوری
مقدار فرین تعمیم‌یافته / جریان نقد در معرض ریسک

چکیده

افزایش رقابت تجاری موجب تمرکز سازمان‌ها بر فعالیت‌های محوری خود و استفاده از راه کارهای برون‌سپاری و شکل‌گیری زنجیره تأمین شده است. وجود عواملی نظیر مسائل سیاسی، نوسانات تقاضا، تغییرات راهبردی، ناپایداری‌های مالی و حوادث طبیعی موجب افزایش عدم قطعیت و بروز ریسک‌هایی در زنجیره تأمین می‌شود. مدیریت چنین ریسک‌هایی جهت کاهش آسیب‌پذیری زنجیره تأمین، ضروری می‌باشد. با توجه به اینکه مدیریت ریسک تأمین یکی از اساسی‌ترین بخش‌های مدیریت ریسک زنجیره تأمین به‌شمار می‌رود، در این تحقیق به بررسی موضوع مدیریت ریسک تأمین پرداخته شده است. همچنین روشی

* کارشناس ارشد مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی. m_mehrali@sina.kntu.ac.ir

** عضو هیأت علمی دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی. aaghaie@kntu.ac.ir

*** عضو هیأت علمی دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی. setak@kntu.ac.ir

برای کمی نمودن ریسک‌هایی نظیر دیرکرد در تحویل، مشکلات کیفیتی، حوادث طبیعی و ریسک مالی تأمین‌کننده با استفاده از ابزارهایی مانند ارزش در معرض ریسک^۱، تئوری مقدار فرین^۲ و جریان نقدی در معرض ریسک^۳ پیشنهاد شده است و در ادامه، مدلی برای انتخاب و تخصیص سفارشات میان تأمین‌کنندگان جهت حداقل نمودن ریسک تأمین، با در نظر گرفتن عوامل ریسک، ارائه شده است. در پایان نیز مثالی برای نشان دادن کارایی مدل پیشنهادی، ارائه گردیده است.

طبقه‌بندی JEL: D81-G32



1. Value at Risk (VaR).
2. Extreme Value theory(EVT).
3. Cash Flow at Risk(CFaR).

مقدمه

افزایش رقابت تجاری و روند عمومی تمرکز بر فعالیت‌های محوری، سازمان‌ها را مجبور به استفاده از راه‌کارهای برون‌سپاری نموده و به شکل‌گیری زنجیره تأمین منجر شده است. طبق تعریف هیوگز^۱، یک زنجیره تأمین شامل تمام مراحل است که به صورت مستقیم یا غیرمستقیم در تکمیل و برآورده کردن خواسته‌های مشتری درگیر هستند. زنجیره تأمین نه تنها شامل تولیدکننده و تأمین‌کنندگان است، بلکه انتقال‌دهنده‌ها، انباردارها، خرده‌فروش‌ها و مشتریان را نیز دربرمی‌گیرد. به اعتقاد سیمچی لوی و همکاران^۲، مدیریت زنجیره تأمین نیز مجموعه‌ای از رویکردهایی است که برای یکپارچه‌سازی مؤثر تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان، انبارها و فروشگاه‌ها به کار می‌رود تا کالا به میزان مناسب تولید شده و به مقدار مناسب در زمان و مکان مناسب توزیع گردد. در نتیجه هزینه سیستم کمینه شده و همچنین نیازمندی‌های سطح سرویس برآورده می‌شود.

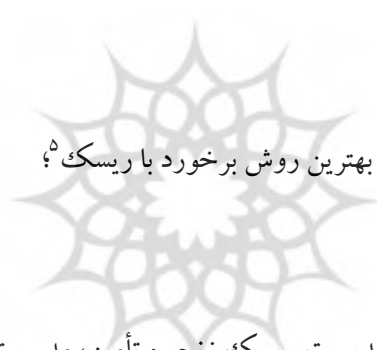
امروزه رقابت شدید در بازارهای جهانی، ظهور محصولات با چرخه عمر کوتاه و بالارفتن انتظارات مشتریان، سازمان‌های تجاری را مجبور به سرمایه‌گذاری روی زنجیره تأمین خود و مدیریت آن، نموده است. علاوه بر این، بروز عواملی نظیر مسائل سیاسی، نوسانات تقاضا، تغییرات راهبردی، ناپایداری‌های مالی و حوادث طبیعی موجب افزایش عدم قطعیت و بروز ریسک‌هایی در زنجیره تأمین شده و باعث شکل‌گیری مدیریت ریسک زنجیره تأمین گردیده است.

تعاریف مختلفی برای واژه ریسک وجود دارد؛ براساس تعریف وان^۳، ریسک، احتمال به‌وجود آمدن خسارت و ضرر، امکان ایجاد ضرر، عدم قطعیت، پراکندگی نتایج واقعی از نتایج موردانتظار، احتمال متفاوت بودن نتیجه از خروجی موردنظر می‌باشد. همچنین همان‌طور که در استاندارد استرالیا^۴ عنوان شده است، انجمن سلطنتی^۵ انگلستان ریسک را

1. Hugos(2006).
2. Simchi-Levi et al(2000).
3. Vaughan(1999).
4. Australian standard(1999).
5. Royal Society.

به‌عنوان «احتمال وقوع یک پیشامد ناسازگار در طول یک دوره زمانی معین» تعریف نموده است.

برای مقابله با ریسک‌ها و کاهش احتمال وقوع و یا کم نمودن پیامدهای آن‌ها، مدیریت ریسک ضروری است. مدیریت ریسک یک رویکرد علمی برای مقابله با ریسک‌های خالصی^۱ (ریسک‌هایی که تنها شامل احتمال وقوع و عدم وقوع ضرر می‌باشد) است که افراد یا واحدهای تجاری با آن روبه‌رو می‌شوند. بر اساس نظر «وان» فرآیند مدیریت ریسک شامل مراحل زیر است:



۱. تعیین اهداف^۲؛

۲. شناسایی ریسک‌ها^۳؛

۳. ارزیابی ریسک‌ها^۴؛

۴. بررسی گزینه‌ها و انتخاب بهترین روش برخورد با ریسک^۵؛

۵. پیاده‌سازی تصمیمات^۶؛

۶. ارزیابی و بازنگری^۷.

بر اساس تعریف تنگ^۸، مدیریت ریسک زنجیره تأمین، مدیریت ریسک‌های موجود در زنجیره تأمین از طریق هماهنگی و همکاری میان اجزای زنجیره تأمین است، به‌گونه‌ای که سوددهی و پیوستگی زنجیره تأمین را تضمین نماید. در حقیقت مدیریت ریسک زنجیره تأمین فصل مشترک مدیریت زنجیره تأمین و مدیریت ریسک می‌باشد.

اگرچه مدیریت زنجیره تأمین همواره تأکید زیادی روی ریسک داشته، اما در سال‌های اخیر به‌دلیل رقابت جهانی، تلاش برای کسب مزیت رقابتی، افزایش پیچیدگی زنجیره

1. Pure Risks.

2. Determination of Objective.

3. Identification of the Risks.

4. Evaluation of the Risks.

5. Consideration of alternatives and selection of the risk treatment device.

6. Implementation of the decision.

7. Evaluation and review.

8. Tang(2006).

تأمین و استفاده از تأمین کنندگان جهانی، موضوع مدیریت ریسک زنجیره تأمین توجهات بسیاری را به خود جلب کرده است.

در این تحقیق به بررسی موضوع مدیریت ریسک تأمین پرداخته و مدلی برای انتخاب و تخصیص سفارشات میان تأمین کنندگان برای حداقل نمودن ریسک تأمین ارائه می‌شود. در بخش دوم، ادبیات تحقیق موضوع مدیریت ریسک زنجیره تأمین مورد بررسی قرار می‌گیرد. در بخش سوم، به معرفی ریسک تأمین و ابزارهای ارزش در معرض ریسک، تئوری مقدار فرین و جریان نقدی در معرض ریسک پرداخته و روش محاسبه ریسک با استفاده از این ابزارها ارائه می‌شود. همچنین مدل پیشنهادی مدیریت ریسک تأمین در بخش چهارم معرفی و شرح داده شده و برای نشان دادن آن، در بخش پنجم مثالی ارائه می‌گردد. در انتها نیز نتایج حاصل از این تحقیق مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱. ادبیات تحقیق

افراد زیادی به موضوع مدیریت ریسک زنجیره تأمین پرداخته‌اند؛ برای مثال: جوناکیز و لوئیس^۱، چارچوبی برای طراحی یک سیستم پشتیبانی تصمیم چند عاملی، جهت مدیریت ریسک‌های موجود در زنجیره‌های تأمین مربوط به تولید ارائه نموده‌اند. واگنر و نشات^۲، تئوری گراف روشی را برای کمی کردن و کاهش آسیب‌پذیری^۳ زنجیره تأمین ارائه نموده‌اند. در روش دیگری که توسط تانسل و آلپن^۴ ارائه گردیده از شبکه‌های پتری زمانی^۵ برای تحلیل زنجیره تأمین با در نظر گرفتن ریسک‌های مختلف استفاده شده است. آن‌ها از تکنیک تجزیه و تحلیل حالت‌های خطا و آثار و وضع بحرانی آن‌ها^۶ برای شناسایی و ارزیابی ریسک‌ها استفاده نمودند و اثر ریسک‌های مختلف بر روی سیستم و نیز تأثیر فعالیت‌های کاهش ریسک بر کارایی سیستم را مورد ارزیابی قرار دادند.

1. Giannakis and Louis(2011).

2. Wagner and Neshat(2010).

3. Vulnerability.

4. Tuncel and Alpan(2010).

5. Timed Petri Nets.

6. Failure Mode, Effects and Criticality Analysis (FMECA).

وو و اولسون^۱ نیز سه مدل ارزیابی ریسک زنجیره تأمین شامل برنامه‌ریزی محدود شده تصادفی^۲، تحلیل پوششی داده‌ها^۳ و برنامه‌ریزی چندهدفه^۴ را ارائه نمودند و نتایج حاصل از آن‌ها را مورد بررسی و مقایسه قرار دادند. مدل برنامه‌ریزی چندهدفه برای در نظر گرفتن ریسک عواملی مانند تأخیر در تحویل، کیفیت و تقاضا به صورت پارامترهای غیرقطعی و دارای توزیع احتمال در نظر گرفته شده، اما روشی برای کمی نمودن ریسک‌ها ارائه نشده است.

ایزارون و همکاران^۵، یک رویکرد برنامه‌ریزی تصادفی چندهدفه برای طراحی زنجیره تأمین تحت عدم قطعیت ارائه نموده‌اند. در این مدل، تقاضا، تدارکات، فرآیندها، حمل و نقل، کمبود و هزینه‌های توسعه به‌عنوان پارامترهای غیرقطعی و تصادفی در نظر گرفته شده است. توابع هدف آن‌ها به صورت کمینه کردن مجموع هزینه‌های سرمایه‌گذاری فعلی و هزینه‌های آتی مورد انتظار برای فعالیت‌های پردازش، حمل و نقل، کمبود و توسعه ظرفیت، کمینه کردن انحراف (واریانس) هزینه کل و نیز کمینه کردن ریسک مالی یا احتمال دست نیافتن به یک بودجه مشخص، بوده و برای حل مدل و یافتن جواب بهینه-پارتو از تکنیک‌های دستیابی به هدف استفاده شده است.

در روش دیگری که توسط گو و همکارانش^۶ ارائه شده، الگوریتمی برای روبه‌رو شدن با موضوع شبکه‌های تأمین جهانی چندمرحله‌ای با هدف بیشینه‌سازی سود و کمینه کردن ریسک پیشنهاد شده است و در آن ریسک‌هایی نظیر ریسک تأمین، تقاضا، نرخ مبادله ارز و شکست^۷ مورد بررسی قرار گرفته است.

-
1. Wu and Olson(2008).
 2. Chance Constrained Programming (CCP).
 3. Data Envelopment Analysis (DEA).
 4. Multi-Objective Programming (MOP).
 5. Azaron et al(2008).
 6. Goh et al(2007).
 7. Disruption.

در بسیاری از مقالات نیز تنها رویکردهای مفهومی و راه کارهای کاهش ریسک ارائه شده است. به عنوان مثال، اوک و گاپالا کریشن^۱ به بررسی انواع ریسک‌های موجود در زنجیره تأمین خرده‌فروشی پرداخته‌اند. آن‌ها ریسک‌ها را به دو دسته کلی ریسک‌های ذاتی با فراوانی بالا و ریسک‌های شکست با فراوانی کم تقسیم نموده و راه کارهای عمومی برای کاهش این ریسک‌ها ارائه نموده‌اند. ماتوک و همکارانش^۲ نیز یک چارچوب مفهومی پنج مرحله‌ای برای مدیریت ریسک تأمین کنندگان شامل شناسایی ریسک تأمین کنندگان، ارزیابی ریسک‌های تأمین کنندگان، گزارش و تصمیم‌گیری در مورد ریسک‌ها، مدیریت ریسک و بررسی نتایج کارایی مدیریت ریسک ارائه نموده‌اند.

یکی از زمینه‌هایی که در حوزه مدیریت ریسک زنجیره تأمین بسیار مورد توجه است، «مدیریت ریسک تأمین» می‌باشد. مقالات زیادی در زمینه مدیریت ریسک تأمین ارائه شده و روش‌هایی برای در نظر گرفتن ریسک تأمین به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل ریسک زنجیره تأمین معرفی شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد در بیشتر مقالات، از جمله مقالات سایدیزین و همکاران^۳، سایدیزین و ال‌رام^۴، سایدیزین^۵، سایدیزین و اسمیت^۶، رویکردها و راه کارهای کاهش‌ی نظیر راه کارهای بهبود فرآیند و راه کار استفاده از بافر، برای مدیریت ریسک تأمین ارائه شده است و یا به بررسی مدیریت ریسک تأمین در هنگام انتخاب تأمین‌کننده و در نظر گرفتن عوامل ریسک به عنوان فاکتورهایی در تصمیم‌گیری چندمعیاره پرداخته شده است و تنها تعداد محدودی مدل ریاضی برای حداقل نمودن ریسک تأمین ارائه شده که در اغلب آن‌ها نیز روشی برای کمی نمودن ریسک‌ها ارائه نشده است؛ نظیر مقالات ارائه شده توسط وو و همکاران^۷، کال و تالیوری^۸، میکلی و همکاران^۹.

1. Oke and Gopalakrishnan (2009).
2. Matook et al (2009).
3. Zsidisin et al (2000,2004,2005).
4. Zsidisin and Ellram (2003).
5. Zsidisin (2003).
6. Zsidisin and Smith (2005).
7. Wu et al (2006).
8. Kull and Talluri (2008).
9. Micheli et al (2008).

شونهر و همکاران^۱، روشی برای تصمیم‌گیری در مورد منبع‌یابی با توجه به ریسک‌های زنجیره‌تأمین ارائه و آن را برای یک کمپانی در آمریکا پیاده‌سازی نموده‌اند. از طریق بحث و گفت‌وگو ۱۷ عامل ریسک زنجیره‌تأمین را شناسایی نموده و به گروه‌های اصلی و زیرگروه‌هایی تقسیم کرده‌اند. سپس از تکنیک فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی برای تعیین وزن و اهمیت هر یک از این عامل‌ها و مشخص کردن بهترین گزینه از میان گزینه‌های موجود برای یافتن تأمین‌کننده جدید با در نظر گرفتن عامل‌های شناسایی شده، استفاده نموده‌اند.

لِواری^۲ با استفاده از تکنیک‌های فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی روشی را برای انتخاب تأمین‌کنندگان با در نظر گرفتن ریسک مربوط به تأمین‌کنندگان و ریسک مرتبط با حوادث طبیعی و انسانی و ریسک حمل‌ونقل اجناس از محل تأمین‌کننده تا کارخانه و غیره ارائه نموده است.

راویندرن و همکاران^۳، مسئله انتخاب تأمین‌کننده با در نظر گرفتن ریسک را به صورت یک مسئله بهینه‌سازی چندمعیاره مدل‌سازی و حل نموده‌اند. آن‌ها در ابتدا با استفاده از روش‌های رتبه‌بندی چندهدفه از میان تأمین‌کنندگان بالقوه تعدادی تأمین‌کننده را انتخاب نموده و در گام بعد مدلی برای تخصیص سفارشات به تأمین‌کنندگان با در نظر گرفتن ریسک ارائه نموده‌اند. آن‌ها ریسک‌ها را به دو گروه ارزش در معرض ریسک و عدم موفقیت در اهداف^۴ تقسیم‌بندی نمودند و از تئوری مقدار فرین برای کمی کردن گروه ارزش در معرض ریسک (مربوط به ریسک وقوع حوادث طبیعی) و از تابع زیان تاگوچی برای کمی کردن گروه ریسک عدم موفقیت در اهداف (مربوط به ریسک کیفیت) استفاده کردند و آن‌ها را به عنوان تابع هدف در مدل‌های چندهدفه بهبود فرآیند تخصیص سفارشات به تأمین‌کنندگان استفاده نمودند.

-
1. Schoenherr et al(2008).
 2. Levary(2008).
 3. Ravindran et al(2010).
 4. Miss the Target (MtT).

جدول ۱- اهم مقالات بررسی شده در زمینه مدیریت ریسک زنجیره تأمین بین

سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳

بخش مورد بررسی	تکنیک	نوع ریسک	نوع مطالعه (رویکرد)	سال	نویسنده	
اولویت‌بندی	-	ریسک‌های مرتبط با تأمین	مفهومی	۲۰۱۳	پونیا موریسی ^۱	۱
مدیریت ریسک	-	فرآیند، کنترل، تأمین، تقاضا، محیط	مطالعه میدانی	۲۰۱۲	لاواستر و همکاران ^۲	۲
ارزیابی ریسک	دلفی	ریسک‌هایی با منشاء انسانی	مدل‌سازی	۲۰۱۲	مارکمن و همکاران ^۳	۳
-	-	جریان مواد، نقدینگی و جریان اطلاعات	مرور ادبیات	۲۰۱۱	تنگ و موسی	۴
مدیریت ریسک	سیستم پشتیبانی تصمیم چندعاملی ^۴	-	مفهومی	۲۰۱۰	جوناکیز و لوئیس	۵
ارزیابی ریسک	تئوری گراف‌ها	تأمین و تقاضا	مدل‌سازی	۲۰۱۰	واگنر و نشاط	۶
شناسایی، ارزیابی و مدیریت ریسک	شبکه‌های پتری زمانی و تکنیک FMEA	ریسک‌های مرتبط با تأمین‌کننده، لجستیک، تولیدکننده و مشتری	شبیه‌سازی	۲۰۱۰	تانسل و آلپن	۷
مدیریت ریسک	برنامه مختلط عدد صحیح خطی ^۶	ریسک مالی	مدل‌سازی	۲۰۱۰	سیبیو ^۵ و همکاران	۸

1. Punniyamoorthy (2013).

2. Lavastreet al (2012).

3. Markmannet al (2012).

4. Multi-agent based decision support system.

5. Sabio et al.

6. Mixed-Integer Linear Problem (MILP).

بخش مورد بررسی	تکنیک	نوع ریسک	نوع مطالعه (رویکرد)	سال	نویسنده	
مدیریت ریسک	تکنیک‌های بهینه‌سازی چندمعیاره، تئوری ارزش بی‌نهایت، تابع زیان تاگوچی و AHP	ریسک تأمین و شکست	مدل‌سازی	۲۰۱۰	راویندرن و همکاران	۹
ارزیابی ریسک	مدل ساختاری تفسیری	تأمین	مطالعه میدانی	۲۰۱۰	الیس و همکاران	۱۰
مدیریت ریسک		ریسک رابطه‌ای ^۱	مفهومی	۲۰۱۰	جیا و رادرفورد	۱۱
-	-	-	مرور ادبیات	۲۰۱۰	اولسون و وو	۱۲
شناسایی، ارزیابی و مدیریت	ماتریس احتمال-اثر	-	مطالعه میدانی	۲۰۰۹	سان و هونینگ	۱۳
شناسایی و ارزیابی	ارزیابی روند تأمین و تقاضا	تأمین	مطالعه موردی	۲۰۰۹	تورناو و همکاران	۱۴
شناسایی ریسک	مهندسی فرآیند متمرکز بر ارزش ^۲	-	مدل‌سازی	۲۰۰۹	نیجر و همکاران	۱۵
شناسایی ریسک	ارائه راه کارهای عمومی برای کاهش ریسک	تأمین، تقاضا و ریسک‌های فاجعه‌آمیز	مطالعه موردی	۲۰۰۹	اوک و گاپالاکریشنن	۱۶
مدیریت ریسک	روشی برای تصمیم در مورد منبع بابتی تکی یا دوتایی	ریسک شکست	مدل‌سازی	۲۰۰۹	یوئه و همکاران	۱۷

1. Relational risk.

2. Value-focused process engineering.

بخش مورد بررسی	تکنیک	نوع ریسک	نوع مطالعه (رویکرد)	سال	نویسنده	
شناسایی ریسک	تئوری اقتضایی ^۱	تأمین	مفهومی	۲۰۰۹	ترکمن و مک کورمک	۱۸
-	بررسی تأثیر چابکی به عنوان روشی برای مدیریت ریسک شکست	ریسک شکست	مفهومی	۲۰۰۹	برون اسکیدل و سیرش	۱۹
شناسایی، ارزیابی و مدیریت ریسک	تجزیه و تحلیل عوامل	ریسک تأمین	مفهومی	۲۰۰۹	ماتوک و همکاران	۲۰
	برنامه ریزی تصادفی و مدل چندهدفه برای موازنه هزینه و ریسک	ریسک مالی	شبیه سازی	۲۰۰۹	یو و همکاران	۲۱
شناسایی ریسک	-	-	مطالعه موردی	۲۰۰۹	بلوس و دیگران	۲۲
-	-	-	مرور ادبیات	۲۰۰۹	ونانی و همکاران	۲۳
-	-	-	مرور ادبیات	۲۰۰۹	پیدرو و همکاران	۲۴
مدیریت ریسک	رویکرد برنامه ریزی تصادفی چندهدفه ^۲	ریسک مالی	مدل سازی	۲۰۰۹	ایزارون و همکاران	۲۵
ارزیابی ریسک	فرآیند تحلیل سلسله مراتبی	تأمین، تقاضا، لجستیک، حوادث طبیعی و غیره	مطالعه موردی	۲۰۰۸	شونهر و همکاران	۲۶

1. Contingency theory.

2. Multi-objective stochastic programming approach.

بخش مورد بررسی	تکنیک	نوع ریسک	نوع مطالعه (رویکرد)	سال	نویسنده	
مدیریت ریسک	انعطاف پذیری	تأمین، تقاضا و فرآیند	مدل سازی	۲۰۰۸	تنگ و تاملین	۲۷
مدیریت ریسک	برنامه ریزی محدودیت شانس، تحلیل پوششی داده و برنامه ریزی چندهدفه	تأمین، تقاضا	مدل سازی	۲۰۰۸	وو و اولسون	۲۸
ارزیابی ریسک	بررسی اثر افزایش موجودی در میزان شکست و ریسک تأمین	تأمین	شبیه سازی	۲۰۰۸	کال و کلاس	۲۹
مدیریت ریسک	فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، روشی برای انتخاب تأمین کنندگان با در نظر گرفتن ریسک	تأمین، ریسک حوادث طبیعی و انسانی و ریسک حمل و نقل	مطالعه موردی	۲۰۰۸	لواری	۳۰
مدیریت ریسک	مدیریت ریسک تأمین هنگام انتخاب تأمین کننده	ریسک تأمین	مطالعه میدانی	۲۰۰۸	میکلی و همکاران	۳۱
مدیریت ریسک	-	ریسک شکست	مفهومی	۲۰۰۷	کریگند و همکاران	۳۲
مدیریت ریسک	یکپارچه نمودن ابعاد ریسک و عملکرد	-	مفهومی	۲۰۰۷	ریچی و بردلی	۳۳
مدیریت ریسک	مدل های تصادفی	تأمین، تقاضا، نرخ مبادله ارز و شکست	مدل سازی	۲۰۰۷	گو و همکاران	۳۴
مدیریت ریسک	تئوری گراف و مدل ساختاری تفسیری	ریسک های مربوط به اطلاعات	مفهومی	۲۰۰۷	فیسل و همکاران	۳۵
-	-	-	مرور ادبیات	۲۰۰۷	خان و بورنس	۳۶

بخش مورد بررسی	تکنیک	نوع ریسک	نوع مطالعه (رویکرد)	سال	نویسنده	
-	-	-	مرور ادبیات	۲۰۰۶	تنگ	۳۷
شناسایی و ارزیابی و مدیریت ریسک	تکنیک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی	تأمین	مدل سازی	۲۰۰۶	وو و همکاران	۳۸
مدیریت ریسک	مدل ساختاری تفسیری	-	مفهومی	۲۰۰۶	فیسل و همکاران	۳۹
مدیریت ریسک	بررسی ارتباط آسیب پذیری و ریسک	تأمین، تقاضا و ریسک های فاجعه آمیز	مطالعه میدانی	۲۰۰۶	واگنر و بود	۴۰
ارزیابی و مدیریت ریسک	-	حوادث طبیعی، اعتصاب، شکست های اقتصادی و تروریسم	مفهومی	۲۰۰۵	کلاینورفر و سعد	۴۱
شناسایی، ارزیابی و مدیریت ریسک	-	تأمین، تقاضا و محیطی	مفهومی	۲۰۰۵	جو تیر	۴۲
شناسایی ریسک	-	-	مفهومی	۲۰۰۵	گوی ناتو	۴۳
مدیریت ریسک	-	شکست	مطالعه موردی	۲۰۰۵	بلاکخورست و همکاران	۴۴
شناسایی ریسک	برنامه اقتضایی تجاری	تأمین	مطالعه موردی	۲۰۰۵	سایدیزین و همکاران	۴۵
مدیریت ریسک	-	تأمین	مطالعه موردی	۲۰۰۵	سایدیزین و اسمیت	۴۶
شناسایی، ارزیابی و مدیریت ریسک	-	-	مطالعه موردی	۲۰۰۴	نرمن و جانسون	۴۷

بخش مورد بررسی	تکنیک	نوع ریسک	نوع مطالعه (رویکرد)	سال	نویسنده	
مدیریت ریسک	IDEFO	تأمین	مطالعه موردی	۲۰۰۴	سینها و همکاران	۴۸
مدیریت ریسک	-	-	مطالعه موردی	۲۰۰۴	فینچ	۴۹
شناسایی، دسته‌بندی و مدیریت ریسک	-	شکست‌ها، تأخیرها، سیستم‌ها، پیش‌بینی، دارایی‌های ذهنی، تهیه، دریافت، موجودی و ظرفیت	مفهومی	۲۰۰۴	چوپرا و سودهی	۵۰
مدیریت ریسک	تئوری عاملیت (Agency Theory)	تأمین	مطالعه میدانی	۲۰۰۳	سایدیزین و ال‌رام	۵۱
شناسایی و دسته‌بندی	-	تأمین	مطالعه موردی	۲۰۰۳	سایدیزین	۵۲
شناسایی ریسک	-	تأمین	مفهومی	۲۰۰۳	سایدیزین	۵۳
شناسایی، ارزیابی و مدیریت ریسک	-	تأمین	مفهومی	۲۰۰۳	هارلانداو همکاران	۵۴
مدیریت ریسک	-	-	مفهومی	۲۰۰۰	ریچیو بردلی	۵۵
مدیریت ریسک	برنامه‌ریزی تصادفی	مالی	مدل‌سازی	۲۰۰۰	اپلکوئیست	۵۶

به‌طور کلی، با بررسی مقالات منتشر شده در حوزه مدیریت ریسک تأمین می‌توان دریافت که بیشتر مقالات به ارائه مدل‌های مفهومی و راه‌کارهای کاهش ریسک پرداخته‌اند و یا ریسک تأمین را به‌عنوان معیاری در انتخاب تأمین‌کنندگان (در تحلیل سلسله‌مراتبی) در نظر گرفته‌اند. در این میان تنها تعداد اندکی از مقالات به بررسی انواع ریسک‌های تأمین و ارائه مدل‌های ریاضی برای کمی نمودن و کاهش ریسک‌های تأمین

پرداخته‌اند که آن‌ها نیز تمامی ریسک‌های تأمین را به صورت جامع پوشش نداده‌اند. بر این اساس می‌توان گفت خلاء مدل‌های ریاضی برای کمی نمودن ریسک‌ها و نیاز به ارائه مدل جامعی که تمامی ریسک‌های تأمین را به صورت هم‌زمان در یک مدل ریاضی در نظر بگیرد، حس می‌شود. از این رو این مقاله به دنبال شناسایی ریسک‌های تأمین، ارائه روشی برای کمی نمودن ریسک‌های تأمین با استفاده از روش‌های ارزش در معرض ریسک، تئوری مقدار فرین و جریان نقد در معرض ریسک و در نهایت مدیریت ریسک تأمین از طریق ارائه مدلی برای انتخاب تأمین‌کنندگان و تخصیص سفارش میان آن‌ها جهت حداقل نمودن ریسک‌های تأمین (نظیر تأخیر در دیرکرد، مشکلات کیفیت، حوادث طبیعی و ریسک مالی و ثبات اقتصادی تأمین‌کننده) می‌باشد.

۲. روش تحقیق

در ابتدا لازم است عوامل ریسک تأمین (با توجه به مقالات ارائه شده در این حوزه) شناسایی گردند. سپس با توجه به ویژگی رخدادهای فرین که در ادامه شرح داده می‌شود و ویژگی عوامل ریسک شناسایی شده، روش تئوری مقدار فرین که برای کمی نمودن این ریسک‌ها پیشنهاد شده است، معرفی می‌گردد.

مراحل زیر برای محاسبه میزان ریسک ضروری است:

- شناسایی ریسک‌های تأمین؛
- تعیین روش محاسبه میزان ضرر؛
- تعیین روش محاسبه احتمال وقوع؛
- محاسبه ریسک.

پس از شناسایی ریسک‌ها و تعیین نحوه محاسبه آن‌ها، مدلی برای انتخاب تأمین‌کنندگان با در نظر گرفتن عوامل ریسک ارائه می‌گردد.

۱-۲. شناسایی ریسک‌های تأمین

سایدیزین^۱، ریسک تأمین را «احتمال وقوع حادثه‌ای مرتبط با تأمین به دلیل قصور و شکست در تأمین‌کننده و یا بازار تأمین که نتایج آن به عدم توانایی سازمان در برآورده‌سازی تقاضای مشتری و یا تهدید نمودن ایمنی و حیات او منجر شود.» تعریف نموده و همچنین ریسک کسب و کار^۲، محدودیت در ظرفیت تأمین‌کننده^۳، ریسک کیفیت، تغییرات فنی تولید^۴، تغییرات در طراحی محصول^۵ و حوادث طبیعی^۶ را به‌عنوان عوامل اصلی ریسک تأمین معرفی نموده است. با توجه به عوامل معرفی شده از سوی سایدیزین و ادبیات مربوط به مدیریت ریسک تأمین، این مقاله «ریسک مالی تأمین‌کننده» (ریسک کمبود نقدینگی که نشان‌دهنده عدم ثبات تجاری آن است)، «تأخیر در تحویل» به دلیل محدودیت در ظرفیت تأمین‌کننده و عوامل دیگری نظیر عدم هماهنگی با تغییرات فنی تولید، «ریسک کیفیت» محصولات خریداری شده از تأمین‌کننده و «ریسک وقوع حوادث طبیعی» برای تأمین‌کننده را به‌عنوان عوامل ریسک تأمین در نظر گرفته و به دنبال حداقل نمودن آن می‌باشد.

«ریسک تغییرات در طراحی محصول» نیز زمانی رخ می‌دهد که تأمین‌کنندگان قادر به ایجاد تغییرات در طراحی محصول و اصلاحات در فرآیند تولید خود برای تأمین نیازمندی‌های سازمان خریدار نباشند. بر اساس پیشنهاد سایدیزین و ال‌رام^۷ برای مدیریت این ریسک می‌توان از راه کارهای مدیریت مبتنی بر رفتار^۸ نظیر طراحی محصول با مشارکت تأمین‌کنندگان، به اشتراک‌گذاری اطلاعات، بازبینی پیشرفت کار و فعالیت‌های تأمین‌کننده و روابط نزدیک با تأمین‌کنندگان، برای تطبیق اهداف تأمین‌کننده با اهداف خریدار استفاده نمود.

-
1. Zsidisin(2003).
 2. Business risk.
 3. Supplier capacity constraints.
 4. Production technological changes.
 5. Product design changes.
 6. Disasters.
 7. Zsidisin and Ellram(2003).
 8. Behavior-Based Management.

با توجه به بررسی‌های انجام‌شده، ریسک‌های دیرکرد در تحویل، مشکلات کیفیتی، حوادث طبیعی و ریسک مالی تأمین‌کنندگان، به‌عنوان ریسک‌های تأمین در نظر گرفته شده و در ادامه روش کمی نمودن آن‌ها بررسی می‌گردد.

۲-۲. محاسبه میزان ضرر با استفاده از ارزش در معرض ریسک (VaR) و تئوری مقدار فرین (EVT)

دیرکرد در تحویل و مشکلات کیفیتی از سوی تأمین‌کنندگان ممکن است به‌طور مکرر به وقوع بپیوندد، اما به‌ندرت به شکست و توقف در فعالیت‌های تولیدی کارخانه منجر می‌شود، اما در صورت وقوع چنین اتفاقی (مختل شدن فعالیت‌های سازمان) اثرات شدیدی ایجاد نموده و به ریسک و ضرر مالی برای کارخانه منجر می‌شود. با توجه به اینکه این ویژگی‌ها با مشخصات و ویژگی‌های رخدادهای فرین (که در ادامه به آن اشاره خواهد شد) تطابق دارد، پیشنهاد می‌شود دیرکرد در تحویل و مشکلات کیفیتی که با احتمال کمی رخ می‌دهند و همچنین حوادث طبیعی را به‌عنوان رخدادهای فرین در نظر گرفته و از تئوری مقدار فرین برای کمی نمودن میزان ریسک ناشی از وقوع آن‌ها استفاده شود. همچنین استفاده از جریان نقدی در معرض ریسک برای نشان دادن ریسک کمبود نقدینگی و ثبات مالی تأمین‌کننده و به‌عنوان معیاری برای ریسک مالی تأمین‌کننده پیشنهاد می‌شود.

همان‌طور که کلر بریندلی^۱ بیان نموده است، ریسک از دو جزء شدت اثر (مخاطره) و احتمال وقوع تشکیل شده است و به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

ریسک = احتمال وقوع یک پیشامد \times اثر وقوع (میزان ضرر)

در اینجا برای محاسبه میزان اثر و ضرر حاصل از وقوع پیشامد از روش ارزش در معرض ریسک و تئوری فرین استفاده می‌شود.

معرفی روش ارزش در معرض ریسک (VaR) و تئوری مقدار فرین (EVT) همان‌طور که رستی اندریا و سیرونی اندریا^۱ بیان نموده‌اند ارزش در معرض ریسک در اوایل دهه ۹۰ میلادی به‌عنوان ابزار مدیریت ریسک مالی و معیاری برای اندازه‌گیری ریسک بازار معرفی شد. ارزش در معرض ریسک به‌عنوان معیاری برای تعیین حداکثر خسارتی که یک سازمان، در یک سطح اطمینان معین و در طول یک دوره زمانی تعیین شده متحمل می‌شود، به کار می‌رود. به عبارت دیگر، مدل‌های ارزش در معرض ریسک به این پرسش پاسخ می‌دهند که «ماکزیمم خسارتی که در طول یک دوره معین به سازمان تحمیل می‌شود چه میزان است؟» و با احتمال خیلی کمی (سطح اطمینان-۱) خسارت واقعی از این میزان بیشتر خواهد شد.

مقدار سطح اطمینان میزان بیزاری از ریسک را نشان می‌دهد، به طوری که هرچه میزان بیزاری از ریسک بیشتر باشد سطح اطمینان در نظر گرفته شده نیز بیشتر خواهد بود. روش‌های زیادی برای تخمین و برآورد کردن VaR وجود دارد، یکی از این روش‌ها تئوری مقدار فرین می‌باشد که در دهه ۹۰ میلادی توسط لانگین و همکاران^۲ معرفی شد. براساس نظر رادپور و همکاران^۳، با فرض اینکه مدیران ریسک به تمرکز بر مقادیر کرانی توزیع مقادیر خسارات آتی و به‌طور کلی خسارات سنگین تمایل دارند، بنابراین بیشترین نگرانی باید در زمینه تخمین دقیق نوع دنباله توزیع خسارات باشد. به همین جهت تئوری مقدار فرین می‌تواند روش مناسب و ارزشمندی برای برآورد VaR به شمار آید. لازم به ذکر است احتمال وقوع این حوادث (رخدادهای فرین) پایین است، ولی اثرات بزرگی به‌همراه دارد.

فرم کلی توزیع تعمیم‌یافته مقدار فرین با رابطه زیر نمایش داده می‌شود:

$$F_{\lambda, \delta, \kappa}(x) = \begin{cases} \exp \left\{ - \left[1 - \kappa \left(\frac{x - \lambda}{\delta} \right) \right]^{1/\kappa} \right\}, & 1 - \kappa \left(\frac{x - \lambda}{\delta} \right) \geq 0, \kappa \neq 0 \\ \exp \left\{ - \exp \left(\frac{x - \lambda}{\delta} \right) \right\}, & -\infty < x < \infty, \kappa = 0 \end{cases} \quad (1)$$

1. Resti. Andrea, Sironi. Andrea (2007).

2. Longin et al.

۳. رادپور و همکاران (۱۳۸۸).

که $F_{\lambda, \delta, \kappa}(x)$ تابع توزیع تجمعی متغیر حداکثر (مقادیر فرین) می باشد (وقتی متغیرهای تصادفی مستقل از هم بوده و دارای توزیع یکسان باشند).

این توزیع سه پارامتر دارد؛ λ پارامتر مربوط به موقعیت توزیع و δ پارامتر معیار توزیع است و κ شاخص دنباله بوده و بر شکل یا تراکم دنباله توزیع دلالت دارد.

توزیع مقدار فرین تعمیم یافته دارای سه حالت خاص است: اگر $\kappa > 0$ ، توزیع مقدار فرین تعمیم یافته به توزیع فرجت^۱، اگر $\kappa = 0$ ، توزیع مقدار فرین تعمیم یافته به توزیع گامبل^۲ و اگر $\kappa < 0$ ، توزیع مقدار فرین تعمیم یافته به توزیع وایبال^۳ بدل می شود.

طبق مطالعات یانگ^۴ روش های بسیاری برای تخمین و برآورد پارامترهای توزیع مقدار فرین تعمیم یافته وجود دارد که می توان به حداکثر درست نمایی^۵، روش رگرسیون، روش گشتاور، روش گشتاور احتمال وزنی^۶ اشاره کرد. با توجه به اینکه برای نمونه های با اندازه کوچک، روش گشتاور احتمال وزنی کمترین میزان اریب^۷ را دارد، در این مقاله از روش گشتاور احتمال وزنی برای برآورد پارامترهای توزیع مقدار فرین تعمیم یافته استفاده شده است.

فرض کنید نمونه ای تصادفی با اندازه n از توزیع $F_{\lambda, \delta, \kappa}(x)$ وجود دارد، تخمین گشتاورها بر اساس نمونه های مرتب شده به صورت صعودی $x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_n$ بسیار راحت تر خواهد بود. آماره $\hat{\beta}_r$ یک برآورد کننده نااریب برای گشتاور β_r می باشد.

$$\hat{\beta}_r[p_{i,n}] = n^{-1} \sum_{i=1}^n p_{i,n}^r \cdot x_i \quad (2)$$

به طوری که $0 < a < 1$ $P_{i,n} = (i-a) / n$ بوده و هدف از به کارگیری a ایجاد نقاطی است که به طور همگن در بازه $[0,1]$ گسترده شده اند. در نتیجه، برآورد کننده های پارامترهای توزیع مقدار فرین تعمیم یافته به صورت زیر خواهد بود (هاسکینگ، ۱۹۸۵):

1. Frechet Distribution.
2. Gumbel Distribution.
3. Weibull Distribution.
4. Yang(2007).
5. Maximun likelihood.
6. Probability Weighted Moments.
7. Biase.

$$c = \frac{2\beta_1 - \beta_0}{3\beta_2 - \beta_0} - \frac{\log 2}{\log 3} \quad (۳)$$

$$\hat{\kappa} = 7.859c + 2.9554c^2 \quad (۴)$$

$$\hat{\delta} = \frac{(2\beta_1 - \beta_0)\hat{\kappa}}{\Gamma(1 + \hat{\kappa})(1 - 2^{\hat{\kappa}})} \quad (۵)$$

$$\hat{\lambda} = \beta_0 + \frac{\hat{\kappa}}{\hat{\delta}}(\Gamma(1 + \hat{\kappa}) - 1) \quad (۶)$$

همچنین لازم است پس از برآورد پارامترها، آزمون برازندگی بر روی داده‌ها صورت گیرد و پیروی کردن داده‌ها از توزیع مقدار فرین تعمیم یافته بررسی شود که برای این کار پیشنهاد می‌شود از تست کولموگوروف-اسمیرنوف^۱ استفاده شود.

۲-۳. محاسبه احتمال وقوع پیشامد

در اینجا فرض می‌کنیم وقوع پیشامدها از تابع توزیع پواسون پیروی می‌کنند و با در دست داشتن داده‌ها به راحتی می‌توان پارامتر مربوط به این توزیع را برآورد نمود. تابع توزیع احتمال پواسون به صورت زیر است:

$$P_k = \frac{e^{-\lambda} \lambda^k}{k!} \quad k = 0, 1, 2, \dots \quad (۷)$$

برآورد λ به روش حداکثر درست‌نمایی به صورت $\hat{\lambda} = \bar{x}$ است که \bar{x} میانگین نمونه می‌باشد.

۲-۴. محاسبه ریسک

پس از تعیین تابع میزان ضرر از طریق استفاده از ارزش در معرض ریسک و تئوری مقدار فرین و تعیین تابع احتمال وقوع پیشامد لازم است آن دو را ترکیب نموده و تابع توزیع

1. Kolmogorov- Smirnov.

ریسک را معین کنیم. روش‌های محدودی برای این کار وجود دارد، ساده‌ترین روش، استفاده از شبیه‌سازی و تحلیل سناریو ساختاریافته است که مراحل آن به صورت زیر می‌باشد:

مراحل تعیین تابع توزیع ریسک

۱. محاسبه پارامتر λ براساس داده‌های در دسترس و تولید اعداد تصادفی از توزیع پواسون با پارامتر λ ، که تعداد دفعات وقوع پیشامد مورد نظر در دوره معین (فراوانی پیشامد) را نشان می‌دهد.

۲. تولید اعداد تصادفی بین صفر و یک، به تعداد لازم (مساوی با فراوانی پیشامد که در گام اول تعیین شده است) و استفاده از آن به عنوان احتمال وقوع پیشامد (P) در رابطه (۸).

۳. استفاده از تابع توزیع مقدار فرین تعمیم یافته و محاسبه میزان ضرر (x) طبق رابطه (۸).

$$x = \frac{\delta(1 - (-\ln p)^{\kappa})}{\kappa} + \lambda \quad (8)$$

۴. جمع اعداد به صورت ستونی و محاسبه میزان ریسک در یک دوره. باید مراحل فوق به دفعات زیادی (برای مثال، ده هزار بار) اجرا شود تا جدول توزیع ریسک تعیین گردد.

۲-۵. محاسبه ریسک مالی با استفاده از جریان نقدی در معرض ریسک (CFaR)

طبق تعریف اریک بانکز^۱، نقدینگی به معنی در دسترس بودن وجه نقد می‌باشد، بنابراین می‌توان ریسک نقدینگی را ریسک زیان ناشی از فقدان وجه نقد و یا به عبارت دیگر ریسک ناشی از عدم توانایی در تأمین وجه به میزان قابل قبول (از نظر اقتصادی) تعریف کرد. براساس نظر خبرگان، ریسک کمبود نقدینگی یکی از مهم‌ترین دلایل وجود ریسک مالی تأمین کنندگان می‌باشد. یکی از روش‌های موجود برای کمی نمودن ریسک نقدینگی، «جریان نقدی در معرض ریسک» می‌باشد. جریان نقدی در معرض ریسک طیف وسیعی از عواملی که سازمان را با ریسک مواجهه می‌سازند، در نظر گرفته و تأثیر آن‌ها را بر درآمد سازمان اندازه می‌گیرد. در واقع، جریان نقدی در معرض ریسک به این پرسش

پاسخ می‌دهد که «احتمال آنکه جریان نقدی واقعی کمتر از میزان برنامه‌ریزی شده باشد، چقدر است؟»

جریان نقدی تحت تأثیر عوامل زیادی است. طبق مدل تحلیل جریان نقدی در معرض ریسک ارائه شده توسط سازمان تاووز پرین^۱، جریان نقدی تحت تأثیر تغییرات نرخ بهره^۲، نرخ ارز^۳، قیمت اقلام و هزینه‌ها و عوامل اقتصاد کلان نظیر تورم، قرار دارد. برای محاسبه جریان نقدی در معرض ریسک ابتدا باید اطلاعات مربوط به عوامل ذکر شده و مقدار آن‌ها برای دوره‌های مشخص در اختیار بوده و همچنین میزان جریان نقدی سازمان در دوره‌های مربوطه جمع‌آوری گردد و با استفاده از روش رگرسیون ضریب تأثیر هر یک از عوامل بر روی جریان نقدی سازمان مشخص شده و تابع جریان نقدی به دست آید. همچنین با توجه به مقادیر عوامل تأثیرگذار بر روی جریان نقدی، تابع توزیع آن‌ها را به دست آورده و با تولید اعداد تصادفی از توابع موردنظر و با در نظر گرفتن ضرایب به دست آمده از رگرسیون، میزان جریان نقدی و ارزش در معرض ریسک آن محاسبه می‌شود.

۳. مدل مدیریت ریسک تأمین

پس از بررسی شرایط تأمین کنندگان موجود و به کارگیری تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و در نظر گرفتن معیارهای مهم مرتبط با تأمین، می‌توان فهرستی از تأمین کنندگان بالقوه از میان تأمین کنندگان موجود تهیه نمود و با در نظر گرفتن فاکتورهای ریسک نظیر تأخیر در تحویل، مشکلات کیفیت، حوادث طبیعی و مشکلات مالی تأمین کنندگان و ثبات اقتصادی آن‌ها، میزان سفارش برای هر یک از محصولات از هر تأمین کننده را مشخص نمود تا ریسک کلی تأمین شرکت حداقل شود.

مدل ارائه شده توسط راوایندرن و همکاران^۴ و یانگ^۵ به عنوان مبنایی برای ارائه مدل مورد استفاده قرار گرفت و عوامل ریسک اشاره شده در بالا به آن اضافه گردید و براساس

1. Towers Perrin.
2. Interest Rates.
3. Exchange Rate.
4. Ravindranet al(2010).
5. Yang(2007).

آن، مدل پیشنهادی زیر ارائه گردید. با در نظر گرفتن چند محصول و چند تأمین کننده بالقوه، نمادهای به کار گرفته شده در مدل طبق جدول (۲) می باشد.

جدول ۲- نمادهای به کار گرفته شده در مدل

شاخص ها	شرح
i	تعداد محصولات مورد نیاز
k	تعداد تأمین کنندگان بالقوه
متغیرهای تصمیم	شرح
x_{ik}	میزان محصول خریداری شده نوع i از تأمین کننده k
Z_{ik}	متغیر صفر و یک که نشان دهنده این است که آیا محصول i از تأمین کننده k خریداری شده است یا خیر
Z_k	متغیر صفر و یک که نشان دهنده این است که آیا تأمین کننده k انتخاب شده است یا خیر ($Z_k = 1$ اگر حداقل یکی از محصولات از تأمین کننده k خریداری شده باشد)
پارامترها	شرح
P_{ik}	هزینه خرید یک واحد از محصول i از تأمین کننده k
FC_k	هزینه ثابت سفارش دهی به تأمین کننده k
D_{ik}	تابع توزیع دیرکرد در تحویل برای محصول i از سوی تأمین کننده k
Q_{ik}	تابع توزیع تعداد محصولات معیوب از نوع i که از تأمین کننده k خریداری شده اند
$VarD_{ik}$	میزان ریسک دیرکرد در تحویل از سوی تأمین کننده k برای محصول i
$VarQ_{ik}$	میزان ریسک مربوط به محصولات معیوب نوع i خریداری شده از تأمین کننده k
$VarND_k$	میزان ریسک ناشی از وقوع حوادث طبیعی برای تأمین کننده k
$CFaR_k$	میزان ریسک مالی تأمین کننده k (ریسک کمبود نقدینگی)
Cap_{ik}	ظرفیت تأمین کننده k برای تولید محصول i
DE_i	میزان تقاضای محصول i
N max	حداکثر تعداد تأمین کنندگان انتخاب شده
N min	حداقل تعداد تأمین کنندگان انتخاب شده

با توجه به این نمادها، مدل کلی حداقل نمودن ریسک تأمین به صورت زیر خواهد بود:

$$\min \sum_i \sum_k P_{ik} \cdot x_{ik} + \sum_k FC_k \cdot z_k \quad (۹)$$

$$\min \sum_i \sum_k D_{ik} \cdot x_{ik} \quad (۱۰)$$

$$\min \sum_i \sum_k Q_{ik} \cdot x_{ik} \quad (۱۱)$$

$$\min \sum_i \sum_k VaRD_{ik} \cdot x_{ik} \quad (۱۲)$$

$$\min \sum_i \sum_k VaRQ_{ik} \cdot x_{ik} \quad (۱۳)$$

$$\min \sum_i \sum_k VaRND_{ik} \cdot x_{ik} \quad (۱۴)$$

$$\min \sum_i \sum_k CFaR_{ik} \cdot x_{ik} \quad (۱۵)$$

Subject to:

$$z_{ik} \leq x_{ik} \leq z_{ik} \cdot Cap_{ik} \quad \forall i, k \quad (۱۶)$$

$$\sum_k x_{ik} \geq DE_i \quad \forall i \quad (۱۷)$$

$$z_k \leq \sum_i z_{ik} \leq m \cdot z_k \quad \forall k \quad (۱۸)$$

$$N \min \leq \sum_k z_k \leq N \max \quad (۱۹)$$

$$x_{ik} \geq 0 \quad z_k, z_{ik} \in \{0,1\} \quad (۲۰)$$

تابع هدف اول، هزینه کلی خرید محصولات را حداقل می‌نماید که شامل دو جزء هزینه متغیر خرید و هزینه ثابت ارتباط با تأمین کننده است. تابع هدف دوم و سوم به ترتیب برای حداقل نمودن تعداد قطعات دارای تأخیر در تحویل و تعداد قطعات معیوب می‌باشند

و فرض می‌شود مقدار آن‌ها از تابع توزیع مشخصی پیروی می‌کند. تابع هدف چهارم، پنجم، ششم و هفتم به ترتیب برای حداقل نمودن ریسک تأخیر در تحویل، کیفیت (قطعات معیوب)، حوادث طبیعی و ریسک مالی تأمین‌کننده می‌باشند.

محدودیت اول (رابطه ۱۶)، محدودیت ظرفیت هر تأمین‌کننده برای محصولات مختلف را در صورتی که تأمین‌کننده مورد نظر انتخاب شود، اعمال نموده و متغیر صفر و یک Z_{ik} این محدودیت را برای تأمین‌کننده k فقط در صورتی که این تأمین‌کننده انتخاب شود، فعال می‌کند. محدودیت ذکر شده در رابطه ۱۷ به محدودیت تقاضا اشاره دارد. به این معنی که مجموع میزان محصول خریداری شده از تأمین‌کنندگان مختلف باید تقاضای محصول مورد نظر را پوشش دهد. رابطه ۱۸ (محدودیت سوم) نشان‌دهنده این است که تأمین‌کننده k انتخاب می‌شود اگر حداقل یکی از محصولات از وی خریداری شود. محدودیت چهارم به حداقل و حداکثر تعداد تأمین‌کنندگانی که باید انتخاب شوند، اشاره دارد. محدودیت آخر نیز وضعیت متغیرها را نشان می‌دهد.

همان‌طور که قبلاً نیز ذکر شد دیرکرد در تحویل و مشکلات کیفیتی از سوی تأمین‌کنندگان ممکن است به‌طور مکرر به وقوع بپیوندد و تنها در موارد اندکی به شکست و توقف در فعالیت‌های تولیدی کارخانه و مواجهه نمودن آن با ریسک، منجر شوند. به‌همین دلیل تابع هدف‌های دوم و سوم برای حداقل نمودن میزان دیرکرد در تحویل و تعداد قطعات معیوب خریداری شده و توابع هدف چهارم و پنجم برای حداقل نمودن ریسک ایجادشده ناشی از دیرکرد در تحویل و مشکلات کیفیتی در نظر گرفته شده‌اند. به‌عنوان مثال، اگر دیرکرد در تحویل از سوی تأمین‌کننده تا احتمال تجمعی ۹۰ درصد به ریسک منجر نشده و تنها اعداد مربوط به ۱۰ درصد باقی‌مانده که نشان‌دهنده تأخیرهای زیاد با احتمال وقوع کم می‌باشد، به ریسک برای کارخانه منجر شود، قسمت اول در تابع هدف دوم در نظر گرفته شده و برای این کار در هر بار اجرای مدل اعداد تصادفی با احتمال وقوع کمتر از ۹۰ درصد از تابع توزیع دیرکرد در تحویل خوانده شده و به‌عنوان میزان دیرکرد در تحویل منظور می‌شود. قسمت مربوط به ریسک دیرکرد نیز بر اساس اطلاعات گذشته و دفعاتی که دیرکرد از سوی تأمین‌کننده مورد نظر به ریسک برای

کارخانه منجر شده است و با استفاده از تئوری مقدار فرین محاسبه شده و در تابع هدف چهارم در نظر گرفته می‌شود. برای حداقل نمودن میزان قطعات معیوب خریداری شده و ریسک کیفیت نیز به همین ترتیب عمل می‌شود.

۴. مثال عددی

برای اجرای مدل مدیریت ریسک تأمین، لازم است اطلاعات مربوط به هزینه‌ها، تابع توزیع دیرکرد در تحویل، تابع توزیع تعداد قطعات معیوب، ریسک ناشی از دیرکرد، ریسک ناشی از مشکلات کیفیتی، ریسک ناشی از وقوع حوادث طبیعی، ریسک مالی تأمین‌کننده (جریان نقدی در معرض ریسک تأمین‌کننده) و حداقل و حداکثر تعداد تأمین‌کنندگان مورد نیاز، در دسترس باشد.

در اینجا فرض شده است برای تأمین دو محصول مورد نیاز شرکت، هشت تأمین‌کننده بالقوه در دسترس هستند که از میان آن‌ها باید حداقل سه تأمین‌کننده و حداکثر شش تأمین‌کننده انتخاب شوند. همچنین میزان تقاضا برای محصول اول ۳۰۰۰ و برای محصول دوم ۳۵۰۰ واحد در یک دوره می‌باشد.

بر مبنای اطلاعات ارائه شده از یک شرکت ایرانی، تابع توزیع هزینه خرید یک واحد از محصولات نوع یک و دو از تأمین‌کنندگان مختلف، تابع توزیع دیرکرد در تحویل و درصد قطعات معیوب، تعیین و در جدول (۳) آورده شده است.

جدول ۳- اطلاعات مربوط به توابع توزیع هزینه، دیرکرد در تحویل و درصد

قطعات معیوب

تأمین‌کنندگان		تابع توزیع هزینه خرید (واحد هزینه: هزار تومان)		تابع توزیع دیرکرد در تحویل (واحد: روز)		تابع توزیع درصد قطعات معیوب	
		محصول ۱	محصول ۲	محصول ۱	محصول ۲	محصول ۱	محصول ۲
تأمین‌کننده ۱		Norm(14,1)	Norm(6,1)	Norm(8,4)	Norm(5,3)	Expo(1.5)	Expo(.90)
تأمین‌کننده ۲		Norm(13,8,2)	Norm(6,8,5)	Norm(6,1)	Norm(6,2)	Expo(1)	Expo(.93)
تأمین‌کننده ۳		Norm(13,5)	Norm(6,9,7)	Norm(7,5)	Norm(6,1)	Expo(2.5)	Expo(.90)

تابع توزیع درصد قطعات معیوب		تابع توزیع دیرکرد در تحویل (واحد: روز)		تابع توزیع هزینه خرید (واحد هزینه: هزار تومان)		تأمین کنندگان
محصول ۱	محصول ۲	محصول ۱	محصول ۲	محصول ۱	محصول ۲	
Expo(.95)	Expo(2)	Norm(5,.7)	Norm(6,.4)	Norm(6,1)	Norm(14.2,1.5)	تأمین کننده ۴
Expo(.90)	Expo(1.2)	Norm(6,.8)	Norm(8,.5)	Norm(6.5,.8)	Norm(13,2)	تأمین کننده ۵
Expo(1.4)	Expo(1.6)	Norm(5,.3)	Norm(9,1)	Norm(6.9,1.2)	Norm(13.8,1)	تأمین کننده ۶
Expo(.95)	Expo(1.7)	Norm(4,.1)	Norm(8,.3)	Norm(7,.6)	Norm(13.5,.5)	تأمین کننده ۷
Expo(.91)	Expo(1.1)	Norm(7,.2)	Norm(6,.3)	Norm(7,2)	Norm(13.2,1.5)	تأمین کننده ۸

همچنین هزینه ثابت ارتباط با تأمین کننده و ظرفیت تولید هر تأمین کننده برای هر یک از محصولات به صورت جدول (۴) می باشد.

جدول ۴- اطلاعات مربوط به هزینه ثابت و ظرفیت تولید

ظرفیت تولید		هزینه ثابت ارتباط با تأمین کننده	تأمین کنندگان
محصول ۲	محصول ۱		
۱۰۰۰۰	۱۰۰۰	۷۰۰	تأمین کننده ۱
۱۰۰۰۰	۲۰۰۰	۷۰۰	تأمین کننده ۲
۲۰۰۰۰	۲۵۰۰	۲۰۰۰	تأمین کننده ۳
۲۰۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	تأمین کننده ۴
۱۰۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	تأمین کننده ۵
۱۵۰۰۰	۵۰۰	۷۰۰	تأمین کننده ۶
۱۵۰۰۰	۱۵۰۰	۲۰۰۰	تأمین کننده ۷
۱۰۰۰۰	۱۰۰۰	۷۰۰	تأمین کننده ۸

با داشتن اطلاعات مورد نیاز در دوره های مشخص از جمله اطلاعات مربوط به دفعات دیرکرد در تحویل و دفعات بروز مشکلات کیفیتی که موجب مواجهه شرکت با ریسک شده اند و همچنین تعداد وقوع حوادث طبیعی که موجب مختل شدن فعالیت تأمین کننده و

ایجاد ریسک برای شرکت شده‌اند، بر اساس روشی که در بخش سوم توضیح داده شد می‌توان تابع توزیع میزان ریسک دیر کرد در تحویل، مشکلات کیفیتی و حوادث طبیعی را محاسبه نمود و با توجه به سطح اطمینان مورد نظر شرکت میزان ریسک مربوطه را تعیین کرد. همچنین بر اساس روش جریان نقدی در معرض ریسک و با توجه به سطح اطمینان مورد نظر نیز می‌توان ریسک مالی تأمین کننده را مشخص نمود. میزان ریسک‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد در جدول‌های (۵) تا (۸) آورده شده است.

جدول ۵- میزان ریسک «دیر کرد در تحویل» در سطح اطمینان ۹۵ درصد

تأمین کننده محصول	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
محصول ۱	۱۲۳۷۲۹	۱۱۴۳۵۶	۱۴۵۳۹۲	۱۳۲۷۵۶	۱۲۵۸۷۴	۱۶۵۳۹۲	۱۳۷۶۲۱	۱۶۵۷۲۱
محصول ۲	۱۳۴۵۶۷	۱۲۳۸۷۹	۱۸۷۲۳۴	۱۳۴۲۶۶	۱۴۳۸۴۵	۱۴۵۲۸۷	۱۴۸۷۲۳	۱۲۳۱۱۱

جدول ۶- میزان ریسک «کیفیت» در سطح اطمینان ۹۵ درصد

تأمین کننده محصول	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
محصول ۱	۱۶۵۲۱۸	۱۳۷۴۳۱	۱۶۷۲۱۸	۱۴۴۵۲۲	۱۵۵۲۷۸	۱۶۷۲۴۳	۱۴۳۴۳۷	۱۴۴۵۶۹
محصول ۲	۱۴۴۳۶۱	۱۵۳۴۶۵	۱۲۸۷۳۴	۱۳۶۷۴۵	۱۴۸۲۶۱	۱۳۳۶۱۲	۱۵۶۷۳۲	۱۴۱۶۵۶

جدول ۷- میزان ریسک «حوادث طبیعی» در سطح اطمینان ۹۵ درصد

تأمین کننده محصول	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
محصول ۱	۱۹۸۷۲۳	۱۷۸۵۶۶	۱۸۷۴۵۶	۲۰۵۴۲۳	۱۷۸۹۴۵	۱۷۹۸۲۰	۲۱۰۹۴۵	۱۹۰۴۳۷
محصول ۲	۲۰۹۸۳۴	۱۹۸۵۴۶	۱۸۸۴۵۶	۲۱۲۷۳۶	۱۸۹۷۴۰	۱۹۰۲۶۵	۱۹۹۸۶۲	۲۰۲۷۶۵

جدول ۸- میزان «ریسک مالی تأمین کننده» در سطح اطمینان ۹۵ درصد

تأمین کننده	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
ریسک جریان نقدی	۴۲۹۶۵۰۰	۴۱۰۴۳۲۷	۴۵۶۳۰۹۰	۴۰۲۰۵۴۲	۳۹۰۸۹۴۵	۴۱۳۲۹۲۰	۴۴۵۱۰۹۴	۴۱۰۰۴۳۷

توجه به این نکته ضروری است که در ابتدا لازم است داده‌های مسئله نرمال گردند؛ برای این کار بزرگ‌ترین داده مربوط به هر گروه انتخاب شده و اعداد مربوطه بر آن تقسیم گشته و سپس در ۱۰۰۰ ضرب شده‌اند تا همه اعداد در بازه ۰ تا ۱۰۰۰ قرار گیرند.

مدل ارائه شده شامل چندین تابع هدف است که با در نظر گرفتن اهمیت هر یک از توابع هدف و تعیین وزن برای آن‌ها، به مدلی با یک تابع هدف تبدیل شده است (در اینجا برای سه تابع هدف اول ضریب ۰/۲ و برای چهار تابع هدف دیگر ضریب اهمیت ۰/۱ در نظر گرفته شده است). لازم به ذکر است با در نظر گرفتن هزینه‌های تحمیل شده به شرکت به ازای هر یک روز دیرکرد در تحویل و هر یک قطعه معیوب، توابع هدف دوم و سوم نیز به واحد هزینه تبدیل شده‌اند.

نتایج حاصل از یک مرتبه اجرای مدل با استفاده از نرم‌افزار GAMES به صورت زیر

می‌باشد:

- انتخاب تأمین کننده دوم و هشتم برای محصول اول و میزان سفارش به ترتیب ۲۰۰۰ و ۱۰۰۰.
- انتخاب تأمین کننده چهارم و هفتم برای محصول دوم و میزان سفارش به ترتیب ۲۰۰۰ و ۱۵۰۰۰.

با توجه به اینکه در اجرای مدل از اعداد تصادفی برای هزینه، میزان دیرکرد در تحویل و تعداد قطعات معیوب استفاده شده، مدل، پنج مرتبه اجرا شده است و نتایج حاصل از آن‌ها در جدول (۹) آورده شده است.

جدول ۹- نتایج حاصل از پنج مرتبه اجرای مدل

میزان سفارش	محصول ۲	میزان سفارش	محصول ۱	دفعات اجرا
۱۵۰۰۰ و ۲۰۰۰۰	۷ و ۴	۱۰۰۰ و ۲۰۰۰	۸ و ۲	۱
۱۵۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ و ۱۰۰۰۰	۶ و ۳ و ۱	۱۰۰۰ و ۲۰۰۰	۸ و ۲	۲
۱۵۰۰۰ و ۲۰۰۰۰	۶ و ۴	۱۰۰۰ و ۲۰۰۰	۸ و ۲	۳
۱۵۰۰۰ و ۲۰۰۰۰	۶ و ۴	۱۰۰۰ و ۲۰۰۰	۸ و ۲	۴
۱۵۰۰۰ و ۲۰۰۰۰	۶ و ۴	۱۰۰۰ و ۲۰۰۰	۸ و ۲	۵

بر اساس میزان تواتر انتخاب تأمین کنندگان (که در اصطلاح مد نامیده می‌شود) در مورد انتخاب، تصمیم‌گیری می‌شود. با توجه به نتایج ارائه شده در جدول (۹)، برای محصول اول باید از دو تأمین‌کننده دوم و هشتم با میزان سفارش به ترتیب ۲۰۰۰ و ۱۰۰۰ واحد استفاده شود و همچنین بهتر است تأمین‌کنندگان چهارم و ششم برای محصول دوم و با سفارش به ترتیب ۲۰۰۰ و ۱۵۰۰۰ واحد، انتخاب شوند، گرچه گزینه‌های دیگری نیز وجود دارد. با توجه به داده‌های مسئله، انتخاب تأمین‌کننده دوم برای محصول اول کاملاً منطقی و درست به نظر می‌رسد، همچنین مقدار توابع هدف برای محصول اول، برای تأمین‌کننده هشتم نیز در بسیاری از موارد نسبت به باقی تأمین‌کنندگان کمتر بوده و انتخاب منطقی است. اگرچه ممکن است به دلیل تصادفی بودن اعداد، در اجراهای بیشتر نتایج متفاوتی حاصل شود.

برای بررسی صحت مدل و نیز بررسی مؤثر بودن ریسک‌هایی نظیر ریسک مالی تأمین‌کننده و ریسک وقوع حوادث طبیعی، مقدار وزن این معیارها در تابع هدف و نیز مقادیر ریسک تأمین‌کنندگان را در اجراهای مختلف تغییر دادیم که این تغییرات به انتخاب تأمین‌کنندگان متفاوتی منجر شد؛ مثلاً، با افزایش ریسک مالی تأمین‌کننده دوم، این تأمین‌کننده برای محصول اول انتخاب نشد. بر این اساس می‌توان گفت در نظر گرفتن همه عوامل ریسک تأمین در هنگام انتخاب تأمین‌کنندگان از اهمیت بسیاری برخوردار است.

نتیجه‌گیری و ملاحظات

با توجه به اهمیت تأمین و تأمین‌کنندگان به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اجزای زنجیره تأمین، در این مقاله به موضوع مدیریت ریسک تأمین پرداخته شده است. برای این منظور در ابتدا عوامل ریسک تأمین شناسایی شده و دیرکرد در تحویل، مشکلات کیفیتی تأمین‌کننده، حوادث طبیعی و عدم ثبات مالی تأمین‌کننده به‌عنوان ریسک‌های تأمین در نظر گرفته شده است. همچنین با استفاده از روش ارزش در معرض ریسک، تئوری مقدار فرین و جریان نقدی در معرض ریسک، به‌عنوان روشی برای کمی‌سازی عوامل ریسک ارائه گردیده است. در این روش براساس اطلاعات مربوط به دفعات وقوع مشکلات و حوادث مذکور و زیان وارد شده به سازمان به‌دلیل وقوع آن‌ها، میزان ریسک ناشی از وقوع چنین حوادثی محاسبه شده است. همچنین مدلی برای کمینه‌سازی ریسک تأمین از طریق تخصیص سفارشات میان تأمین‌کنندگان با در نظر گرفتن عوامل ریسک ارائه گردیده است. با توجه به اهمیت مدیریت ریسک در کل زنجیره تأمین می‌توان از ابزارهای معرفی‌شده برای کمی نمودن سایر ریسک‌های موجود در زنجیره نیز استفاده کرد و مدلی برای مدیریت ریسک در هنگام طراحی زنجیره تأمین ارائه نمود.

منابع

رادپور، میثم؛ رسول‌زاده، علی؛ رفیعی، احسان و لهراسبی، علی‌اصغر (۱۳۸۸)؛ «مدیریت ریسک بازار: رویکرد ارزش در معرض ریسک»، تهران، شرکت ماتریس تحلیلگران سیستم‌های پیچیده.

Australian standard: Risk Management, AS/NZS 4360:1999.

Azaron. A, Brown. K.N, Tarim. S.A, Modarres. M (2008); "A Multi-Objective Stochastic Programming Approach for Supply Chain Design Considering Risk", *Production Economics* 116, pp. 129-13.

Clare Brindley (2004); Supply Chain Risk, England, ASHGATE.

Erik Banks (2005); Liquidity Risk Managing Asset and Funding Risk, New York, Palgrave Macmillan.

Giannakis. Mihalis, Louis. Michalis (2011); "A Multi-Agent Based Framework for Supply Chain Risk Management", *Journal of Purchasing&SupplyManagement*, 17(1), pp. 23-31.

Goh. Mark, Lim. Joseph Y.S, Meng. Fanwen (2007); "A Stochastic Model for Risk Management in Global Supply Chain Networks", *European Journal of Operational Research*, 182, pp. 164-173.

Hosking J. R. M., Wallis J. R., Wood E. F.(1985); "Estimation of the Generalized Extreme-Value Distribution by the Method of Probability Weighted Moments", *Technometrics*, Vol. 27, No. 3, pp. 251-261.

Hugos. Michael (2006); Essentials of supply chain management, Hoboken, New Jersey, John Wiley & Sons.

Kull. Thomas J and Talluri. Srinivas (2008); "A Supply Risk Reduction Model Using Integrated Multi Criterion Decision Making", *IEEE Transactions On Engineering Management*, 55(3).

Lavastre. Olivier, Gunasekaran. Angappa, Spalanzani. Alain (2012); Supply chain risk management in French companies, *Decision Support Systems*, 52(4), pp. 828-838.

Levary. Reuven R (2008); "Using the Analytic Hierarchy Process to Rank Foreign Suppliers Based on Supply Risks", *Computers & Industrial Engineering* 55, pp. 535-542.

Markmann. Christoph, Darkow. Inga-Lena, Gracht. Heiko (2012), A Delphi-Based Risk Analysis -Identifying and Assessing Future Challenges for

- Supply Chain Security in a Multi-Stakeholder Environment, Technological Forecasting and Social Change, In Press.
- Matook. Sabine, Lasch. Rainer, Tamaschke. Rich (2009); "Supplier Development with Benchmarking as Part of a Comprehensive Supplier Risk Management Framework", *International Journal of Operations & Production Management*, 29(3).
- Micheli. Guido J.L, Cagno. Enrico, Zorzini. Marta (2008); "Supply Risk Management vs Supplier Selection to Manage the Supply Risk in the EPC Supply Chain", *Management Research News*, 31(11).
- Oke. Adegoke, Gopalakrishnan. Mohan (2009); "Managing Disruptions in Supply Chains: A Case Study of a Retail Supply Chain", *International Journal Production Economics* 118, pp. 168–174.
- Punniyamoorthy. Murugesan, Thamaraiselvan. Natarajan, Manikandan. Lakshminarayanan (2013); "Assessment of Supply Chain Risk: Scale Development and Validation", *Benchmarking: An International Journal*, 20 (1), pp. 79 – 105.
- Ravindran. A. Ravi, Bilsel. R. Ufuk, Wadhwa. Vijay and Yang. Tao (2010); "Risk Adjusted Multicriteria Supplier Selection Models with Applications", *International Journal of Production Research*, 48(2), pp. 405–424.
- Resti. Andrea, Sironi. Andrea (2007); Risk Management and Shareholders' Value in Banking From Risk, England, John Wiley & Sons Ltd.
- Schoenherr. Tobias, Tummala. V.M. Rao, Harrison. Thomas 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, pp. 100–111.
- Simchi-Levi. David, Kaminsky. Philip, Simchi-Levi. Edith (2000); Designing and Managing the Supply Chain, Concepts, Strategies and Case Studies, MacGrow-Hill.
- Tang. Christopher S (2006); "Perspectives in Supply Chain Risk Management", *Int. J. Production Economics*, 103, pp. 451–488.
- Tuncel. Gonca, Alpan. Gulgun (2010); "Risk Assessment and Management for Supply Chain Networks: A Case Study", *Computers in Industry* 61, pp. 250–259.

- Vaughan. Emmett J and Vaughan. Therese (1999); *Fundamentals of Risk and Insurance*, 8th Edition, John Wiley & Sons.
- Wagner. Stephan M, Neshat. Nikrouz (2010); "Assessing the Vulnerability of Supply Chains Using Graph Theory", *Int. J. Production Economics* 126, pp. 121–129.
- Wu. Desheng, Olson. David L (2008); "Supply Chain Risk, Simulation, and Vendor Selection", *International Journal Production Economics* 114, 646– 655.
- Wu. Teresa, Blackhurst. Jennifer, Chidambaram. Vellayappan (2006); "A Model for Inbound Supply Risk Analysis", *Computers in Industry* 57, 350–365.
- Yang. Tao (2007); *Multi Objective Optimization Models for Managing Supply Risk In Supply Chains*, a Thesis in Industrial Engineering and Operations Research.
- Zsidisin. George A (2003a); "A Grounded Definition of Supply Risk", *Journal of Purchasing & Supply Management* 9, pp. 217–224.
- Zsidisin. George A (2003b); "Managerial Perceptions of Supply Risk", *The Journal of Supply Chain Management*, 39(1), 14-25.
- Zsidisin. George A and Smith. M. E (2005); "Managing Supply Risk with Early Supplier Involvement: A Case Study and Research Propositions". *Journal of Supply Chain Management*, 41(4), 44.
- Zsidisin. George A, Ellram. Lisa M (2003); "An Agency Theory Investigation of Supply Risk Management", *The Journal of Supply Chain Management*, 39(3), pp. 15-27.
- Zsidisin. George A, Ellram. Lisa M, Carter. Joseph R, Cavinato. Joseph L (2004); "An analysis of supply risk assessment techniques", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34(5), 397-413.
- Zsidisin. George A, Melnyka. S. A, Ragatz. G. L (2005); "An Institutional Theory Perspective of Business Continuity Planning for Purchasing and Supply Management", *International Journal of Production Research*, 43(16), 3401-3420.
- Zsidisin. George A, Panelli. Alex, Upton. Rebecca (2000); "Purchasing Organization Involvement In Risk Assessments, Contingency Plans, and Risk Management: an Exploratory Study", *Supply Chain Management: An International Journal*, 5 (4), pp. 87-197.