

تحلیل کمی ریسک‌های موجود در مدیریت زنجیره تأمین سبز با استفاده از مدل‌سازی ریاضی

حمید شاهبندرزاده* محمد حسین کبگانی**

دریافت: ۹۴/۱۲/۱۵

پذیرش: ۹۵/۶/۱۶

زنجیره تأمین سبز / ریسک / مدل‌سازی ریاضی / غیرخطی / فازی

چکیده

امروزه پذیرش و اجرای موفق ایده و طرح سبز در فعالیت‌های کسب و کار در زنجیره تأمین به گونه‌ای است که چشم‌انداز آن به سادگی قابل رؤیت نیست. تمام تولیدات و فعالیت‌های زنجیره تأمین سبز با ریسک‌های متفاوتی همراهند و این ریسک‌ها و منابع‌شان، می‌توانند موجب اختلال در همواری فعالیت‌های زنجیره تأمین سبز شوند. بنابراین، مدیریت و کاهش پیچیدگی ریسک در زنجیره تأمین سبز اهمیت بسیاری دارد. از این رو، پژوهش حاضر به تبیین مدلی برای شناسایی ریسک‌های پراهمیت زنجیره تأمین سبز پرداخته است. ابعاد اصلی مدل مذکور از بررسی ادبیات نظری زنجیره تأمین سبز گرفته شده که با تحلیل عاملی تأییدی مورد تأیید قرار گرفته است. ریسک‌های اصلی این مدل عبارتند از: ریسک تولیدی فنی، ریسک تأمین، ریسک باز یافت محصول، ریسک اعتباری، ریسک تقاضا و ریسک دولتی - سازمانی. در این پژوهش، جهت تعیین میزان اهمیت هر یک از ابعاد مدل، از نظر کارشناسان حوزه

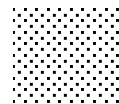
*. استادیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران.

Shahbandarzadeh@pgu.ac.ir

** مری گروه مدیریت صنعتی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران.

Mh.kabgani@mail.pgu.ac.ir

صنایع و اساتید دانشگاه و همچنین مدل سازی غیر خطی فازی استفاده شده و نتایج حاصل از این مدل سازی ریاضی نشان می دهد بعد ریسک تولیدی - فنی در رتبه اول قرار گرفته است.



طبقه بندی JEL: C61, L11

مقدمه

امروزه مدیریت زنجیره تأمین به عنوان یکی از کلیدی‌ترین عوامل موفقیت کسب و کارهای تولیدی به شمار می‌آید و در سال‌های اخیر، زنجیره تأمین برخی صنایع توجه بسیار زیادی به منابع طبیعی و تجدیدناپذیر موجود معطوف داشته و تأمین سبز به فعالیتی بسیار مفید برای صنایع (به‌منظور بهبود توانایی‌های زیست‌محیطی در شرایط کاهش مصرف منابع و حصول اطمینان از تولید پایدار در کسب و کار) تبدیل شده است. همچنین، زنجیره تأمین سبز نه تنها شامل تفکر زیست‌محیطی در کسب و کار است، بلکه باعث تضمین توسعه پایدار صنایع نیز می‌شود. در این مسیر کسب حداکثر مزیت رقابتی پایدار باعث می‌شود بسیاری از صنایع به فکر ایجاد و شروع تفکر سبز درون فعالیت‌های کسب و کار خود شوند.

به هر حال، پذیرش و اجرای موفق ایده و طرح سبز در فعالیت‌های کسب و کار در زنجیره تأمین به گونه‌ای است که چشم‌انداز آن به سادگی قابل رؤیت نبوده و تمام تولیدات و فعالیت‌های زنجیره تأمین سبز با ریسک‌های متفاوتی همراه است. این ریسک‌ها و منابع‌شان می‌توانند موجب اختلال در همواری فعالیت‌های زنجیره تأمین سبز شود. بنابراین، مدیریت و کاهش پیچیدگی ریسک در زنجیره تأمین سبز اهمیت بالایی دارد. از این رو، برای کمک به صنایع، تمرکز بر توسعه برخی مسئولیت‌ها و همچنین تعیین استراتژی‌های مفیدی که می‌تواند در پذیرش و اجرای مدیریت زنجیره تأمین سبز مؤثر باشند، امری ضروری به شمار می‌آید.

همچنین، برای رقابت مؤثر در بازار جهانی، سازمان‌ها باید بر بهبود توانایی عملیاتی خود با مدیریت مؤثر زنجیره تأمین تمرکز داشته باشند. از این رو، نقش سازمان و یک بنگاه اقتصادی برای به حداقل رساندن اثرات مخرب فرآیندهای تولیدی بر محیط‌زیست باید افزایش یابد. بنابراین، سازمان‌ها با کاهش بسته‌بندی و ضایعات، ارزیابی فروشندگان براساس عملکرد زیست‌محیطی، افزایش تولید محصولات سازگار با محیط‌زیست و... به کنترل میزان ریسک زنجیره تأمین کمک می‌کنند. همچنین، بهینه‌سازی میزان انرژی و مواد و مسائل زیست‌محیطی در چرخه عمر محصولات به دو موضوع پراهمیت برای عموم مردم و سازمان‌ها تبدیل شده است. به همین دلیل، هدف این پژوهش بیان دو نکته ضروری است:

(۱) شناسایی ریسک‌های موجود در زنجیره تأمین سبز و پیشنهاد آن به مدیران واحدهای

صنعتی.

۲) اولویت‌بندی ریسک‌های موجود در زنجیره تأمین سبز جهت پاسخ‌دهی مؤثر به آن‌ها با استفاده از تکنیک‌های بهینه‌سازی که جواب مناسبی را فراهم می‌آورند.

۱. ادبیات موضوع

تحولات عمده محیط کسب و کار، نظیر جهانی شدن کسب و کار و سرعت بالای تغییرات در فناوری، باعث افزایش رقابت و دشواری مدیریت در سازمان‌ها شده و برای مدیریت مؤثر در سازمان‌ها، رویکردهای نوین مدیریت و تکنیک‌های خاصی توصیه شده است. شناسایی ریسک‌ها و مدیریت ریسک‌ها یکی از این رویکردهای جدید است که برای تقویت و ارتقای اثربخشی سازمان‌های بزرگ استفاده می‌شود. از سوی دیگر، با افزایش رقابت در بازارهای جهانی، تلاش سازمان‌ها برای بقا در این بازارها افزایش یافته و این موضوع، سبب پیدایش فلسفه مدیریت زنجیره تأمین شده است. سازمان‌ها برای افزایش سهم بازار و رونق کسب و کار از استراتژی‌های گوناگونی مانند برون‌سپاری و یا تنوع‌بخشی به محصولات خود استفاده می‌کنند. گرچه این راهکارها مؤثرند ولی زنجیره تأمین را آسیب‌پذیر ساخته و در معرض خطر قرار می‌دهند.^۱

امروزه می‌دانیم که پیشینه مدیریت زنجیره تأمین سبز و توسعه پایدار آن، برگرفته از تلاش اندیشمندان مختلف دو دهه اخیر است. براساس پژوهشی که کیم و همکارانش^۲ در سال ۲۰۱۲ انجام دادند، مدیریت زنجیره تأمین سبز با محدودیت‌های متعددی همچون فعالیت‌های صنعتی، خریدهای یکپارچه، تولید و فرآیندهای مربوط به تحویل کالا به مشتریان روبه‌رو است.^۳ مدیریت زنجیره تأمین سبز به‌عنوان سمبل دوستدار محیط‌زیست معرفی می‌شود که دربرگیرنده اقداماتی مورد سنجش در طول طراحی شبکه زنجیره تأمین از قبیل: تدارکات و خرید مواد سبز، تکنیک‌ها و استراتژی‌های تولید سبز، شبکه‌های توزیع، بازاریابی سبز و غیره است^۴ و افزودن تفکر «سبز» در زنجیره تأمین دربرگیرنده تعامل تنگاتنگ بین مدیریت زنجیره تأمین و محیط‌زیست است.^۵ با این حال، تاکنون نیز پذیرش

۱. هندی (۱۳۸۶).

2. Kim et al (2012).

3. Luthra and Kumar and Kumar and Haleem (2011).

4. Min & Kim (2012).

5. Mathiyazhagan et al (2013).

تفکر سبز از سوی بسیاری از مؤسسات و بنگاه‌های اقتصادی در طرح‌های برنامه‌ریزی زنجیره تأمین خود با دشواری همراه است.^۱

از این‌رو می‌توان مدیریت زنجیره تأمین را تلفیقی از هنر و علم دانست که روش یافتن مواد خام مورد نیاز شرکت‌ها برای تولید یا خدمت‌رسانی را بهبود می‌بخشد. به بیانی دیگر، مدیریت زنجیره عبارتی است که برای توصیف مدیریت جریان مواد، اطلاعات و سرمایه در طول کل زنجیره تأمین، از تأمین‌کنندگان اجزاء و مواد تا مونتاژکنندگان نهایی و توزیع‌کنندگان (انبار و خرده‌فروشان) و در نهایت به مشتری به کار می‌رود. در حقیقت، در مقایسه با مدیریت موجودی چند مرحله‌ای که موجودی را در چندین موقعیت بررسی می‌کند، اغلب شامل خدمات پس از فروش و برگشتی‌ها و گردش مجدد نیز می‌شود. مدیریت زنجیره تأمین‌کنندگان، شامل هماهنگی اطلاعات و مواد بین چند شرکت است.^۲ همچنین امروزه سیر تحولات پرشتاب جهانی، سازمان‌ها را بر آن داشته تا برای غلبه بر شرایط نامطمئن پیرامون خود به تحقیق در زمینه مدیریت ریسک در زنجیره تأمین بپردازند. تأمین‌کنندگان باید قطعات و مواد را با بهترین کیفیت و کم‌ترین هزینه تولید کنند و شرط آن، شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌های مؤثر در زنجیره تأمین است.^۳

در دنیای رقابتی کنونی، مدیریت زنجیره تأمین یکی از مسائل اساسی پیش‌روی بنگاه‌های اقتصادی است که تمام فعالیت‌های سازمان را به‌منظور تولید محصولات و ارائه خدمات مورد نیاز مشتریان تحت تأثیر قرار می‌دهد. از این‌رو، توجه به فرصت‌ها و تهدیدات موجود در عرصه تجارت جهانی و ارزیابی توان سازمان در رویارویی با ریسک‌های این عرصه اهمیت انکارناپذیری دارد. همچنین، مدیریت ریسک در زنجیره تأمین، وظیفه شناسایی، تحلیل، ارائه راهکارهای مناسب برای پاسخ‌گویی، کنترل و پایش ریسک‌ها در چرخه‌های اقتصادی و تولیدی را بر عهده دارد.^۴

از مدیریت زنجیره تأمین سبز تعاریف متعددی انجام شده است. به‌زعم ژو و همکارانش^۵ مدیریت زنجیره تأمین سبز مجموعه‌ای است از سیاست‌های مدیریت زنجیره تأمین که در ارتباط مستقیم با محیط‌زیست شامل: طراحی، کسب، تولید، توزیع، استفاده مجدد کالاها و

1. Govindan et al (2014).

۲. مظاهری، کرباسیان و شیرویه‌زاد (۱۳۹۰).

۳. زند حسامی و ساوجی (۱۳۹۱).

۴. ابراهیم‌نژاد، موسوی و قربانی کیا (۱۳۸۶).

5. Zhu et al (2008).

خدمات سازمان است.^۱ در تعریفی دیگر، از مدیریت زنجیره تأمین سبز به عنوان یک طرح سازمانی مهم که نقش بسیار مؤثری در میزان بهره‌وری و همکاری بین اعضای زنجیره دارد، یاد شده است. به عبارت بهتر، مدیریت زنجیره تأمین سبز به منزله رویکرد استراتژیکی است که به دنبال معیار سنجش زیست‌محیطی از فعالیتهای زنجیره تأمین یک سازمان است.^۲ همچنین، مدیریت زنجیره تأمین سبز مدیریت منابع انسانی را به منظور دستیابی به پایداری سازمانی و عرضه پایدار زنجیره با یکدیگر مرتبط می‌سازد.^۳

توجه داشته باشید که درک نادرست از مفهوم سبز بودن می‌تواند به ایجاد اختلالاتی در زنجیره تأمین منجر شود.^۴ البته باید گفت که اجرا و عملیاتی کردن ایده سبز در کسب و کار شامل پیچیدگی‌های مختلفی در برخی از ابعاد آن است. به این ترتیب، ریسک‌های موجود می‌تواند بر اجرای کسب و کارهای مختلف زنجیره تأمین سبز مؤثر باشد. بنابراین، برای مدیریت مؤثرتر فرآیندها و فعالیت‌هایی که با مدیریت زنجیره تأمین سبز در ارتباط است، درک بهتر و عمیق از ریسک‌های موجود در این زنجیره اهمیت به‌سزایی دارد.^۵ این ریسک‌ها می‌تواند از منابع مختلفی حاصل شود. بنابراین، باید به یاد داشت که صنایع مختلف ممکن است با ریسک‌های متفاوتی روبه‌رو باشند که بر سبز بودن زنجیره تأمین آن‌ها مؤثرند.^۶

از دیدگاه زنجیره عملیاتی و عرضه ریسک به عنوان انحراف از نتایج مورد انتظار و رویدادهای منفی موجود در زنجیره تأمین معرفی می‌شود.^۷ که این موضوع، موجب کاهش کارایی و بهره‌وری فعالیت‌ها^۸ و فرآیندهای زنجیره تأمین می‌شود.^۹ درمورد زنجیره تأمین سبز نیز باید گفت که ریسک را می‌توان نوعی رویداد غیرقابل پیش‌بینی قلمداد کرد که ممکن است بر روی مواد سبز مؤثر باشد و این خود می‌تواند موجب قطع جریان دوستدار محیط‌زیست مواد و تمام محصولات سبز از نقطه مبدأ به نقطه مصرف شود. این ریسک‌ها شامل اختلال در عرضه مواد اولیه، کمبود نیروی کار ماهر، شکست سیاست‌های مدیریتی،

1. Zhu and Sarkis and Lai (2008).
2. Parmigiani and Klassen & Russo (2011).
3. Jabbour & Sousa (2015).
4. Mangla and Kumar & Barua (2014).
5. Ma and Yao & Huang (2012).
6. Mangla and Kumar and Barua (2015).
7. Hora & Klassen (2013).
8. Gurnani and Mehrotra & Ray (2012).
9. Sodhi and Son & Tang (2012).

بی‌نظمی اطلاعات، ریسک‌های فناوری اطلاعات و ریسک‌های بازار است.^۱ همچنین، عواقب ناشی از آن‌ها می‌تواند موجب تأخیر در تحویل کالا، آسیب کالا، مشکلات مالی، از دست دادن کسب و کار و... شود.

در پژوهشی که هو و همکارانش^۲ براساس تکنیک‌های کمی انجام دادند، منابع ریسک‌های موجود در زنجیره تأمین سبز از عواملی همچون عوامل داخلی و بیرونی سازمان، عرضه، فناوری اطلاعات، جریان دانش، محیط‌زیست و اجتماعی ناشی می‌شود. کیانلی^۳ در پژوهش خود ریسک مدیریتی را به‌عنوان مهم‌ترین ریسک در زنجیره تأمین سبز برشمرده و معتقد است سنجش عملکرد مدیریت موجب بهره‌وری بالای زنجیره تأمین می‌شود. همچنین، براساس پژوهش ساچین و همکارانش، ریسک‌های موجود در زنجیره تأمین سبز به ریسک عملیاتی، ریسک مالی، ریسک قوانین و مقررات دولتی و ریسک تقاضا طبقه‌بندی می‌شود. از دیگر ریسک‌های مدیریت زنجیره تأمین سبز می‌توان به میزان تعهد مدیریت ارشد، توسعه و گسترش استراتژی زنجیره تأمین سبز، اختصاص منابع در دسترس به زنجیره تأمین سبز، هماهنگ‌سازی تدرکات، میزان استفاده از تکنولوژی‌های مدرن، تسهیم اطلاعات بین اعضای زنجیره تأمین، انعطاف‌پذیری در سیستم‌های تولید، دسترسی به تأمین‌کنندگان قابل اطمینان اشاره کرد. از این‌رو، به نظر می‌رسد کنترل این ریسک‌ها می‌تواند موجب بهبود و موفقیت مدیریت زنجیره تأمین سبز شود.^۴

ارزیابی ریسک یکی از ارکان مدیریت ریسک بوده و هدف آن اندازه‌گیری ریسک‌ها براساس شاخص‌های مختلف از قبیل میزان تأثیر و احتمال وقوع است و هرچه نتایج این مرحله دقیق‌تر باشد، فرآیند مدیریت ریسک با درجه اطمینان بالاتری انجام می‌شود. همچنین، رتبه‌بندی ریسک‌ها، قسمت کلیدی این فرآیند به‌شمار آمده و امکان تعیین ارجحیت هر ریسک در مقابل سایر ریسک‌ها را فراهم می‌کند؛ در نتیجه، تصمیم‌گیرندگان می‌توانند درباره میزان تخصیص منابع موجود برای مقابله با هر ریسک برنامه‌ریزی کنند.^۵

به‌طور عمومی ریسک‌های زنجیره تأمین سبز به چند دسته کلی تقسیم می‌شوند: ریسک عملیاتی، ریسک تقاضا، ریسک اعتباری، ریسک عرضه.^۶ برخی پژوهشگران عواملی

1. Wang et al (2012).

2. Hu et al (2009).

3. Qianlei (2012).

4. Kumar and Singh & Shankar (2015).

۵. حیاتی، عطایی، خالو کاکایی و صیادی (۱۳۹۳).

6. Ma & Sun (2015).

همچون طراحی سبز، سیستم‌های اطلاعاتی، میزان حمایت مدیران عالی سازمان، کمیابی نیروی کار ماهر، انتخاب و ارزیابی تأمین‌کنندگان را نیز از ریسک‌های مرتبط با زنجیره تأمین سبز می‌دانند.^۱

عدم قطعیت و ریسک در زنجیره تأمین بر شکل، طرح و عملیات آن تأثیر به‌سزایی دارد. از دیدگاه دیگر، تجارت و کسب و کار، به دلیل وجود ریسک و عدم قطعیت‌ها است که معنا می‌یابد. به عبارت بهتر، اگر کاری با ریسک و خطر همراه نباشد، ارزش اقتصادی ندارد؛ به این دلیل که در آن فعالیت، ارزش افزوده‌ای ایجاد نمی‌شود. عدم قطعیت‌ها و عدم اطمینان در دو سطح تاکتیکی (کوتاه‌مدت) و بلندمدت مطرح است. در رابطه با عدم قطعیت کوتاه‌مدت، می‌توان به مواردی همچون تقاضا برای یک کالا و یا مجموعه کالاها اشاره کرد؛ در حالی که عدم قطعیت بلندمدت شامل مواردی مانند گسترش بازار یا توسعه خط تولید است. اما مخاطرات سطح تاکتیکی (کوتاه‌مدت) نسبت به طرح‌های بلندمدت بسیار متفاوت است. ریسک سطح تاکتیکی و هزینه‌های تحمیلی پیامد آن، قابل محاسبه و پیش‌بینی است در حالی که خطر و ریسک در سطح طرح‌ریزی‌های بلندمدت به علت وجود پدیده عدم قطعیت، خیلی بیش‌تر بوده و حتی اشکال مختلفی از دیدگاه‌های گوناگون دارد.^۲

۲. مدل مفهومی پژوهش

پس از بررسی مبانی نظری که بیش‌تر از مطالعه ادبیات و متون جدید کسب شده است، مدل مفهومی مربوط طراحی شد. براساس مدل زیر، ریسک‌های مربوط به زنجیره تأمین سبز به شش دسته تقسیم شده است. ریسک‌های مورد اشاره در این مدل عبارتند از: ریسک‌های تولیدی - فنی، ریسک‌های مربوط به تأمین‌کنندگان، ریسک‌های بازیافت محصول، ریسک‌های اعتباری، ریسک‌های تقاضا و ریسک‌های دولتی - سازمانی. همچنین، در این پژوهش برای تأیید ساختار مدل از روش تحلیل عاملی تأییدی استفاده شده که نتایج آن در بخش روش پژوهش ذکر خواهد شد. مدل این پژوهش پس از مطالعه و تحقیقات بسیار به صورت جدول (۱)، نهایی شده است.

1. Wu & Chang (2015).

۲. موسوی و عمو زاد خلیلی (۱۳۸۶).

۱-۲. ریسک تولیدی - فنی

این ریسک شامل هرگونه وقفه ناشی از خرابی دستگاه‌ها و ماشین‌آلات است که می‌تواند بر میزان کارایی و بهره‌وری زنجیره تأمین سبز در صنایع اثر بگذارند. همچنین، این ریسک دربرگیرنده میزان دقت و یا نقص در طراحی روش فرآیند سبز از قبیل سوءمدیریت مواد سبز، فعالیت‌ها، روش‌ها و... نیز می‌شود. از سوی دیگر، نبود درک و یا دانش کافی نسبت به فرآیند سبز در میان نیروی کار می‌تواند موجب کاهش عملکرد مناسب زنجیره تأمین شود. از این‌رو، در این پژوهش ریسک تولیدی - فنی شامل مواردی همچون خرابی ماشین‌آلات، نحوه چیدمان و طراحی، کمیابی نیروی کار ماهر و سطح تکنولوژی سبز و تغییر چرخه عمر محصول سبز است.

۲-۲. ریسک تأمین

تدارکات سبز و همچنین میزان سازگاری موادخام با محیط‌زیست، موجب افزایش هزینه‌های تأمین‌کننده می‌شود. بنابراین، تهیه تدارکات سبز بر عملکرد زیست‌محیطی یک تأمین‌کننده مؤثر بوده و نیز، از دست دادن تأمین‌کنندگان کلیدی موجب توقف فعالیت و یا کاهش میزان بهره‌وری یک زنجیره تأمین سبز می‌شود. از سوی دیگر، از منظر چشم‌انداز صنعتی، میزان کیفیت مربوط به تأمین‌کنندگان مواد سبز نیز بهره‌وری زنجیره تأمین سبز را تحت تأثیر قرار می‌دهد. افزون بر این، ناتوانی در برآوردن خواسته‌های مشتریان محصولات سبز به علت خطا در میزان پیش‌بینی، می‌تواند موجب کاهش کارایی زنجیره تأمین سبز شود. از این‌رو، ریسک تأمین شامل مواردی همچون از دست دادن تأمین‌کنندگان کلیدی، هزینه خرید و تدارکات سبز، کمبود مواد اولیه سبز و میزان کیفیت مربوط به تأمین‌کنندگان، ناتوانی برآوردن خواسته‌ها است.

۳-۲. ریسک بازیافت محصول

ریسک‌های مرتبط با طراحی شبکه پشتیبانی بازیافت بر انتخاب شیوه‌های مؤثر برای پذیرش زنجیره تأمین سبز مؤثر است. همچنین، عدم قطعیت مربوط به مشاهده، بازرسی و غربال محصولات معیوب بازگشتی در ایستگاه بازفرآوری نیز عملکرد زنجیره تأمین سبز را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. افزون بر آن، ضایعات ناشی از طراحی مجدد محصولات نیز یکی

جدول ۱- خلاصه پژوهش‌های انجام شده در حوزه ریسک زنجیره تأمین سبز

طبقه‌بندی ریسک‌های موجود در زنجیره تأمین سبز					
ریسک دولتی - سازگاری	تحریم، جنگ و تروریسم بین‌المللی				
	تغییر مجموعه قوانین دولتی - سازمانی				
	شکست سیاست‌های مدیریتی				
	شکست سیاست‌های دولتی				
ریسک تقاضا	پیش‌بینی نادرست تقاضا برای محصول سبز				
	از دست دادن مشتریان کلیدی				
	میزان رقابت با سایرین				
	پویایی بازار محصولات سبز				
ریسک اعتباری	محدودیت‌های مبادلاتی				
	نرخ ارز				
	نرخ تورم				
	منابع مالی (میزان وجه نقد)				
ریسک بازافت	ضایعات				
	مشکلات ناشی از طراحی مجدد محصول				
	ظرفیت مراکز بازافت				
ریسک تأمین (عرضه)	نا توانانی در بر آوردن خواسته ها				
	میزان کیفیت مربوط به تأمین کنندگان مواد سبز				
	کمبود مواد اولیه سبز				
	هزینه های خرید مواد اولیه سبز				
ریسک تولیدی - فنی	تغییر چرخه عمر محصول سبز				
	سطح تکنولوژی سبز				
	کمیابی نیروی کار ماهر و آشنا با فرآیند تولید سبز				
	نحوه چیدمان و طراحی محصول				
	خرابی ماشین آلات و تجهیزات				
سال	۲۰۱۶	۲۰۱۷	۲۰۱۸	۲۰۱۹	۲۰۲۰
نویسنده	این پژوهش بانگ و لی ^۱ وانگ و همکاران ^۲ کوبیلی ^۳ رومین و همکاران ^۴ منگلا و همکاران ^۵ منگلا و همکاران ^۶				

طبقه‌بندی ریسک‌های موجود در زنجیره تأمین سبز													
ریسک دولتی - سازمانی		ریسک تقاضا		ریسک اعتباری		ریسک بازگشت		ریسک تأمین (عرضه)		ریسک تولیدی - فنی		سال	نویسنده
تحریم، جنگ و تروریسم بین‌المللی		پیش‌بینی نادرست تقاضا برای محصول سبز		محدودیت‌های مبادلاتی		مشکلات ناشی از طراحی مجدد محصول		ناتوانی در برآوردن خواسته‌ها		تغییر چرخه عمر محصول سبز			
تغییر مجموعه قوانین دولتی - سازمانی		از دست دادن مشتریان کلیدی		نرخ ارز		ظرفیت ناشی از طراحی مجدد محصول		میزان کیفیت مربوط به تأمین‌کنندگان مواد سبز		سطح تکنولوژی سبز			
شکست سیاست‌های مدیریتی		میزان رقابت با سایرین		نرخ تورم		ظرفیت مراکز بازیافت		کمبود مواد اولیه سبز		تغییر چرخه عمر محصول سبز			
شکست سیاست‌های دولتی		پویایی بازار محصولات سبز		منابع مالی (میزان وجه نقد)		ظرفیت مراکز بازیافت		هزینه‌های خرید مواد اولیه سبز		سطح تکنولوژی سبز			
		محدودیت‌های مبادلاتی		ضایعات		ظرفیت مراکز بازیافت		تغییر چرخه عمر محصول سبز		کم‌یابی نیروی کار ماهر و آشنا با فرآیند تولید سبز			
				مشکلات ناشی از طراحی مجدد محصول		ظرفیت مراکز بازیافت		تغییر چرخه عمر محصول سبز		نحوه چیدمان و طراحی محصول			
										خرابی ماشین‌آلات و تجهیزات			

دیگر از عوامل مؤثر بر عملکرد زنجیره تأمین سبز بوده و از این رو، ریسک بازیافت محصول شامل مواردی همچون ظرفیت مراکز بازیافت، مشکلات ناشی از طراحی مجدد محصول و میزان ضایعات می‌شود.

۴-۲. ریسک اعتباری

بر مبنای این ریسک، هر مشکلی که در راستای یافتن منابع مالی رخ دهد، می‌تواند هدف پذیرش زنجیره تأمین سبز در کسب و کارهای مختلف را تحت تأثیر خود قرار دهد. همچنین، نوسانات نرخ تورم و نرخ ارز نیز باعث افزایش نگرانی‌های مالی شده و این امر موجب عدم پذیرش زنجیره تأمین سبز در بسیاری از کسب و کارها می‌شود. از این رو، ریسک اعتباری شامل منابع مالی (وجه نقد)، نرخ تورم و محدودیت‌های مبادلاتی است.

۵-۲. ریسک تقاضا

پیچیدگی اطلاعات سبز در فرآیند زنجیره تأمین سبز مشکلاتی برای سازماندهی زنجیره تأمین سبز به منظور پیش‌بینی میزان تقاضای محصولات سبز فراهم آورده و از کارایی زنجیره می‌کاهد. همچنین، در این زمینه پویایی بازار ناشی از تجمع همه منابع بازار و ترجیحات مصرف‌کننده در زمینه مصرف محصول سبز است. به این دلیل، پویایی بازار اثر قابل توجهی در میزان تقاضای محصول سبز داشته و این امر به نوبه خود میزان بازدهی و کارایی زنجیره تأمین سبز را تحت تأثیر قرار می‌دهد. افزون بر این، از دست دادن مشتریان کلیدی نیز بر روند پذیرش و پیاده‌سازی زنجیره تأمین سبز مؤثر است. در این پژوهش، ریسک تقاضا عبارت است از عواملی همچون میزان پویایی بازار محصول سبز، میزان رقابت با سایرین، از دست دادن مشتریان کلیدی و پیش‌بینی نادرست تقاضا برای محصولات سبز.

۶-۲. ریسک دولتی - سازمانی

گاهی با تغییر قوانین و مقررات دولتی و سازمانی، اثراتی در پذیرش زنجیره تأمین سبز در کسب و کارهای مختلف ایجاد می‌شود. از این رو، با شکست سیاست‌های دولتی و همچنین عدم موفقیت سیاست‌های مدیریت در سطح سازمان، میزان کارایی و بهره‌وری

زنجیره تأمین سبز کاهش می‌یابد. از سوی دیگر، نبود اطلاعات کافی و دقیق نبودن آن‌ها در سلسله‌مراتب زنجیره تأمین سبز فعالیت‌های آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. از این‌رو، این ریسک دربرگیرنده عواملی همچون شکست سیاست‌های مدیریتی و دولتی، تغییر مجموعه قوانین و مقررات دولتی و سازمانی و همچنین تحریم، جنگ و تروریسم بین‌المللی است.

۳. روش پژوهش

این پژوهش، با رویکردی کمی - مدل‌سازی، هدف اهمیت‌سنجی و اولویت‌بندی هریک از ریسک‌های زنجیره تأمین سبز را دنبال می‌کند. بر این اساس، در این پژوهش برای تأیید مدل اولیه از تحلیل عاملی تأییدی (پرسشنامه اول) استفاده شده که نتایج مربوط به آن در ادامه بیان می‌شود. از این‌رو، پرسشنامه تحلیل عاملی در اختیار ۱۲۰ نفر از اساتید دانشگاه، خبرگان حوزه مدیریت تولید و عملیات و دانشجویان دوره دکترا و کارشناسی ارشد مدیریت قرار داده شد. همچنین، با به‌کارگیری فنون تصمیم‌گیری چندشاخصه در محیط فازی و با نظرسنجی (پرسشنامه دوم) از چند متخصص و مدیر حوزه صنعت، هدف ارزیابی را محقق می‌کند. به این منظور، از تکنیک اولویت‌گذاری غیرخطی فازی - تکنیک میخایلو ف - (که در ادامه بحث گام‌های این تکنیک بیان می‌شود) برای به‌دست آوردن وزن و اهمیت هر کدام از ریسک‌های مورد اشاره در مدل مفهومی استفاده می‌شود.

در این پژوهش، از روش آلفای کرونباخ به‌منظور سنجش پایایی پرسشنامه مربوطه استفاده شده است. پایایی یک سنج، توانایی آن در کسب نتایج سازگار است. در این روش (محاسبه آلفا) پایایی به‌عنوان سازگاری درونی عملیاتی می‌شود که میزان همبستگی درونی میان‌گویه‌های یک مقیاس را شکل می‌دهند. جدول (۲) مقدار آلفای کرونباخ به‌دست آمده برای ریسک‌های اصلی پژوهش را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشخص است، تمام اعداد به‌دست آمده نشانگر مقادیر خوبی هستند. همچنین، مقدار آلفای کرونباخ کل پرسشنامه ۰/۹۱۹ است که میزان مطلوبی ارزیابی می‌شود.

جدول ۲- مقدار آلفای کرونباخ برای هریک از ریسک‌های اصلی مدل

ریسک‌های زنجیره تأمین سبز	ضریب آلفای کرونباخ
ریسک تولیدی - فنی	۰/۷۴۸
ریسک تأمین	۰/۷۶۳
ریسک بازیافت محصول	۰/۷۳۲
ریسک اعتباری	۰/۸۹۲
ریسک تقاضا	۰/۸۷۳
ریسک قوانین دولتی و سازمانی	۰/۷۱۴

جهت تحلیل عاملی تأییدی از روش درست‌نمایی ماکزیمم^۱ برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شده است. ابتدا جدول کفایت مدل (شامل شاخص KMO) آورده شده است.

جدول ۳- مقدار شاخص KMO برای ریسک‌های زنجیره تأمین سبز

ریسک‌های زنجیره تأمین سبز	شاخص KMO
ریسک تولیدی - فنی	۰/۸۱۴
ریسک تأمین	۰/۷۶۴
ریسک بازیافت محصول	۰/۶۷۸
ریسک اعتباری	۰/۷۹۱
ریسک تقاضا	۰/۷۴۸
ریسک قوانین دولتی و سازمانی	۰/۶۶۳

اندازه کفایت نمونه‌گیری KMO آزمون مقدار واریانس درون داده‌ها است که اگر مقدار آن از ۰/۶ بالاتر باشد، قابل پذیرش بوده و هرچه به یک نزدیک‌تر باشد بهتر است.

۳-۱. مراحل روش اولویت‌گذاری غیرخطی فازی

مرحله ۱) ترسیم درخت سلسله‌مراتبی: در این مرحله ساختار سلسله‌مراتب تصمیم را با استفاده از سطوح هدف معیار و گزینه ترسیم کنید.

1. Maximum likelihood.

مرحله ۲) تشکیل ماتریس قضاوت فازی: ماتریس‌های توافقی قضاوت فازی را براساس نظرات تصمیم‌گیرندگان تشکیل دهید. از این رو لازم است از اعداد فازی در تبیین ترجیحات افراد و نظرسنجی آن‌ها استفاده شود (این مهم در این پژوهش انجام شده است).

جدول ۴- مقیاس‌های زبانی برای مقایسات زوجی و معادل فازی آن‌ها

مقایسات زوجی	مقیاس‌های فازی مثلثی
خیلی کم	(۱، ۲، ۳)
کم	(۲، ۳، ۴)
متوسط	(۳، ۴، ۵)
زیاد	(۴، ۵، ۶)
خیلی زیاد	(۵، ۶، ۷)

مرحله ۳) صورت‌بندی و حل مدل: مدل را با استفاده از حدود بالا و پایین درایه‌های ماتریس حاصل، تدوین و حل کنید. مدل غیرخطی به کاررفته در این پژوهش به صورت زیر است:

$$\begin{aligned}
 & \text{Maximise} \quad \lambda \\
 & \text{s.t:} \\
 & (m_{ij} - l_{ij})\lambda w_j - w_i + l_{ij}w_j \leq 0 \\
 & (u_{ij} - m_{ij})\lambda w_j + w_i - u_{ij}w_j \leq 0 \\
 & \sum_{k=1}^n w_k = 1 \\
 & w_k > 0, \quad k = 1, 2, \dots, n; \quad i = 1, 2, \dots, n-1; \quad j = 2, 3, \dots, n, \quad j > i
 \end{aligned} \tag{1}$$

به علت غیرخطی بودن مدل، حل آن به روش سیمپلکس ممکن نیست و باید آن را با استفاده از روش‌های مقداری و نرم‌افزاری مناسب (مانند Lingo) حل کرد. مقادیر بهینه مثبت برای شاخص نشانگر این امر است که تمام نسبت‌های وزن‌ها کاملاً در قضاوت اولیه صدق می‌کنند، اما در صورت منفی بودن این شاخص، می‌توان فهمید که قضاوت‌های فازی قویاً ناسازگار بوده و نسبت‌های وزنی تقریباً در این قضاوت‌ها صدق کرده است^۱.

۴. تدوین مدل ریاضی

مراحل مربوط به ارزیابی و رتبه‌بندی ریسک‌ها در این مقاله به دو بخش عمده تقسیم می‌شود: (۱) تعیین ماتریس مقایسات زوجی براساس ادغام نظر کارشناسان (۲) کاربرد مدل‌سازی ریاضی در رتبه‌بندی و به‌دست آوردن وزن‌های ریسک‌های مختلف مدل پژوهش. در جدول (۵) تعداد افراد شرکت‌کننده در این پژوهش برای بخش تصمیم‌گیری نشان داده شده است.

جدول ۵- تعداد اساتید دانشگاه و کارشناسان شرکت‌کننده در این پژوهش

تعداد	سمت
۵	اساتید دانشگاه
۵	خبرگان حوزه صنعت

۴-۱. رتبه‌بندی ریسک‌های اصلی مدل

طی نظرسنجی به‌عمل‌آمده براساس جمع‌بندی نظرات خبرگان ماتریس مقایسات زوجی ریسک‌های اصلی نسبت به هم در جدول (۶) نشان داده شده است.

جدول ۶- ماتریس مقایسات زوجی ریسک‌های اصلی مدل مفهومی براساس ادغام نظرات کارشناسان

	W ₁			W ₂			W ₃			W ₄			W ₅			W ₆		
W ₁	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
W ₂	۲/۶۶	۳/۱۴	۵/۵	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
W ₃	۱/۶۲	۳/۵۲	۴/۵	۱/۳۲	۲/۶۷	۳/۴	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
W ₄	۱/۲۹	۲/۳۹	۲/۸۷	۰/۹۵	۱	۱/۱	۰/۷	۰/۸	۱	-	-	-	-	-	-	-	-	-
W ₅	۱/۱۵	۱/۸۹	۲/۵۷	۰/۸	۰/۹	۱/۵۶	۰/۳۷	۰/۴۹	۰/۷۶	۰/۸	۰/۹	۱/۱	-	-	-	-	-	-
W ₆	۱/۱۳	۱/۷	۲/۳	۰/۸	۰/۹	۱/۱	۰/۳۳	۰/۵۳	۰/۶۶	۰/۸	۰/۹	۱/۱	۰/۷	۰/۸	۱	-	-	-

براساس جدول (۶) مدل غیرخطی برای ریسک‌های اصلی مدل به صورت روابط (۲) است.

$$\begin{aligned}
 & \text{Maximise} \quad \lambda & (2) \\
 & \text{St :} \\
 & (3/14 - 2/66)\lambda w_1 - w_2 + 2/66w_1 \leq 0 \\
 & (5/5 - 3/14)\lambda w_1 + w_2 - 5/5w_1 \leq 0 \\
 & (3/52 - 1/62)\lambda w_1 - w_3 + 1/62w_1 \leq 0 \\
 & (4/5 - 3/52)\lambda w_1 + w_3 - 4/5w_1 \leq 0 \\
 & (2/67 - 1/32)\lambda w_2 - w_3 + 1/32w_2 \leq 0 \\
 & (3/4 - 2/67)\lambda w_2 + w_3 - 3/4w_2 \leq 0 \\
 & (2/39 - 1/29)\lambda w_1 - w_4 + 1/29w_1 \leq 0 \\
 & (2/87 - 2/39)\lambda w_1 + w_4 - 2/87w_1 \leq 0 \\
 & (1 - 0/95)\lambda w_2 - w_4 + 0/95w_2 \leq 0 \\
 & (1/1 - 1)\lambda w_2 + w_4 - 1/1w_2 \leq 0 \\
 & (0/8 - 0/7)\lambda w_3 - w_4 + 0/7w_2 \leq 0 \\
 & (1 - 0/8)\lambda w_3 + w_4 - w_3 \leq 0 \\
 & (1/89 - 1/15)\lambda w_1 - w_5 + 1/15w_1 \leq 0 \\
 & (2/57 - 1/89)\lambda w_1 + w_5 - 2/57w_1 \leq 0 \\
 & (0/9 - 0/8)\lambda w_2 - w_5 + 0/8w_2 \leq 0 \\
 & (1/56 - 0/9)\lambda w_2 + w_5 - 1/56w_2 \leq 0 \\
 & (0/49 - 0/37)\lambda w_3 - w_5 + 0/37w_3 \leq 0 \\
 & (0/76 - 0/49)\lambda w_3 + w_5 - 0/76w_3 \leq 0 \\
 & (0/9 - 0/8)\lambda w_4 - w_5 + 0/8w_4 \leq 0 \\
 & (1/1 - 0/9)\lambda w_4 + w_5 - 1/1w_4 \leq 0 \\
 & (1/7 - 1/13)\lambda w_1 - w_6 + 1/13w_1 \leq 0 \\
 & (2/3 - 1/7)\lambda w_1 + w_6 - 2/3w_1 \leq 0 \\
 & (0/9 - 0/8)\lambda w_2 - w_6 + 0/8w_2 \leq 0 \\
 & (1/1 - 0/9)\lambda w_2 + w_6 - 1/1w_2 \leq 0 \\
 & (0/53 - 0/33)\lambda w_3 - w_6 + 0/33w_3 \leq 0 \\
 & (0/66 - 0/53)\lambda w_3 + w_6 - 0/66w_3 \leq 0 \\
 & (0/9 - 0/8)\lambda w_4 - w_6 + 0/8w_4 \leq 0 \\
 & (1/1 - 0/9)\lambda w_4 + w_6 - 1/1w_4 \leq 0 \\
 & (0/8 - 0/7)\lambda w_5 - w_6 + 0/7w_5 \leq 0 \\
 & (1 - 0/8)\lambda w_5 + w_6 - w_5 \leq 0 \\
 & w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5 + w_6 = 1 \\
 & w_k \geq 0, \quad k = 1, 2, 3, 4, 5, 6
 \end{aligned}$$

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، محاسبه مدل فوق نیز با استفاده از نرم‌افزار Lingo انجام شده و اهمیت هریک از ریسک‌های اصلی زنجیره تأمین سبز و همچنین میزان سازگاری λ به صورت جدول (۷) محاسبه شده و براساس آن، مقدار مثبت برای شاخص سازگاری λ بیانگر سازگاری قابل قبول ماتریس است.

جدول ۷- وزن و رتبه‌بندی ریسک‌های اصلی مدل پژوهش برگرفته از مدل غیرخطی فازی

ریسک‌ها	کد معیار	وزن	رتبه	مقدار تابع هدف
دولتی و سازمانی	w_1	۰/۰۶۶۰۵۷۹۰	۶	۰/۰۹۲۹۷۱۲۴
بازيافت محصول	w_2	۰/۱۷۸۶۶۱۹	۳	
تولیدی- فنی	w_3	۰/۲۵۸۲۵۷۸	۱	
اعتباری	w_4	۰/۱۸۳۱۸۱۵	۲	
تأمین (عرضه)	w_5	۰/۱۶۵۵۹۲۶	۴	
تقاضا	w_6	۰/۱۴۸۲۸۴۳	۵	

۲-۴. رتبه‌بندی عوامل مربوط به ریسک تولیدی - فنی

طی نظرسنجی به‌عمل‌آمده براساس جمع‌بندی نظرات خبرگان ماتریس مقایسات زوجی عوامل مربوط به ریسک تولیدی- فنی نسبت به هم در جدول (۸) نشان داده شده است.

جدول ۸- ماتریس مقایسات زوجی عوامل مربوط به ریسک تولیدی - فنی براساس ادغام نظرات کارشناسان

	w_1			w_2			w_3			w_4			w_5		
w_1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
w_2	۱/۱۵	۱/۶۵	۲/۰۶	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
w_3	۱/۶۵	۲/۷۱	۳/۷۴	۱/۶۵	۲/۷۱	۷۴/۳	-	-	-	-	-	-	-	-	-
w_4	۱/۱۵	۱/۸۹	۲/۵۷	۱	۱/۳۲	۵۶/۱	۰/۳۷	۰/۴۹	۰/۷۶	-	-	-	-	-	-
w_5	۱/۱۳	۱/۳۹	۲/۴۷	۱/۱	۱/۲۹	۳۹/۲	۰/۸	۰/۹	۱	۰/۹	۱	۱/۵	-	-	-

براساس جدول (۸)، مدل غیرخطی برای عوامل مربوط به ریسک تولیدی - فنی به‌صورت روابط (۳) است.

(۳)

Maximise λ

St :

$$\begin{aligned}
 (1/65 - 1/15)\lambda w_1 - w_2 + 1/15w_1 &\leq 0 \\
 (2/06 - 1/65)\lambda w_1 + w_2 - 2/06w_1 &\leq 0 \\
 (2/71 - 1/65)\lambda w_1 - w_3 + 1/65w_1 &\leq 0 \\
 (3/74 - 2/71)\lambda w_1 + w_3 - 3/74w_1 &\leq 0 \\
 (2/71 - 1/65)\lambda w_2 - w_3 + 1/65w_2 &\leq 0 \\
 (3/74 - 2/71)\lambda w_2 + w_3 - 3/74w_2 &\leq 0 \\
 (1/89 - 1/15)\lambda w_1 - w_4 + 1/15w_1 &\leq 0 \\
 (2/57 - 1/89)\lambda w_1 + w_4 - 1/89w_1 &\leq 0 \\
 (1/32 - 1)\lambda w_2 - w_4 + w_2 &\leq 0 \\
 (1/56 - 1/32)\lambda w_2 + w_4 - 1/56w_2 &\leq 0 \\
 (0/49 - 0/37)\lambda w_3 - w_4 + 0/37w_2 &\leq 0 \\
 (0/76 - 0/49)\lambda w_3 + w_4 - 0/76w_3 &\leq 0 \\
 (1/39 - 1/13)\lambda w_1 - w_5 + 1/13w_1 &\leq 0 \\
 (2/47 - 1/39)\lambda w_1 + w_5 - 2/47w_1 &\leq 0 \\
 (1/29 - 1/1)\lambda w_2 - w_5 + 1/1w_2 &\leq 0 \\
 (2/39 - 1/29)\lambda w_2 + w_5 - 2/39w_2 &\leq 0 \\
 (0/9 - 0/8)\lambda w_3 - w_5 + 0/8w_3 &\leq 0 \\
 (1 - 0/9)\lambda w_3 + w_5 - w_3 &\leq 0 \\
 (1 - 0/9)\lambda w_4 - w_5 + 0/9w_4 &\leq 0 \\
 (1/5 - 1)\lambda w_4 + w_5 - 1/5w_4 &\leq 0
 \end{aligned}$$

همان گونه که مشاهده می‌شود، محاسبه مدل فوق نیز با استفاده از نرم‌افزار Lingo انجام شده و اهمیت هریک از عوامل مربوط به ریسک عملیاتی و همچنین میزان سازگاری λ به صورت جدول (۹) محاسبه شده است. براساس این جدول، مقدار مثبت برای شاخص سازگاری λ بیانگر سازگاری قابل قبول ماتریس است.

جدول ۹- وزن و رتبه‌بندی عوامل مربوط به ریسک تولیدی - فنی
برگرفته از مدل غیرخطی فازی

عوامل	کد عامل	وزن	رتبه	مقدار تابع هدف
خرابی ماشین آلات	W_1	۰/۱۱۶۲۱۴۶	۵	
کمیابی نیروی کار ماهر	W_2	۰/۱۵۱۴۷۵۶	۴	۰/۳۰۶۸۲۴۵
سطح تکنولوژی سبز	W_3	۰/۲۹۹۱۹۹۷	۱	
نحوه چیدمان و طراحی	W_4	۰/۱۸۴۵۷۰۲	۳	
تغییر چرخه عمر محصول سبز	W_5	۰/۲۴۸۵۳۹۹	۲	

۳-۴. رتبه‌بندی عوامل مربوط به ریسک تأمین

طی نظرسنجی به عمل آمده براساس جمع‌بندی نظرات خبرگان ماتریس مقایسات زوجی عوامل مربوط به ریسک تأمین نسبت به هم در جدول (۱۰) نشان داده شده است.

جدول ۱۰- ماتریس مقایسات زوجی زیر عوامل مربوط به ریسک تأمین براساس ادغام نظرات کارشناسان

	W_1			W_2			W_3			W_4		
W_1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
W_2	۵/۱	۳	۵/۳	-	-	-	-	-	-	-	-	-
W_3	۳/۵	۴/۵	۵/۵	۵/۱	۲	۵/۲	-	-	-	-	-	-
W_4	۲/۵	۳/۷۵	۴/۹۶	۲/۱	۶۱/۱	۳/۲	۱/۰۵	۱/۵	۲/۲	-	-	-

Maximise λ (۴)

St :

$$\begin{aligned}
 (3 - 1/5)\lambda w_1 - w_2 + 1/5w_1 &\leq 0 \\
 (3/5 - 3)\lambda w_1 + w_2 - 3/5w_1 &\leq 0 \\
 (4/5 - 3/5)\lambda w_1 - w_3 + 3/5w_1 &\leq 0 \\
 (5/5 - 4/5)\lambda w_1 + w_3 - 5/5w_1 &\leq 0 \\
 (2 - 1/5)\lambda w_2 - w_3 + 1/5w_2 &\leq 0 \\
 (2/5 - 2)\lambda w_2 + w_3 - 2/5w_2 &\leq 0 \\
 (3/75 - 2/5)\lambda w_1 - w_4 + 2/5w_1 &\leq 0 \\
 (4/96 - 3/75)\lambda w_1 + w_4 - 4/96w_1 &\leq 0 \\
 (1/61 - 1/21)\lambda w_2 - w_4 + 1/21w_2 &\leq 0 \\
 (2/3 - 1/61)\lambda w_2 + w_4 - 2/3w_2 &\leq 0 \\
 (1/5 - 1/05)\lambda w_3 - w_4 + 1/05w_3 &\leq 0 \\
 (2/2 - 1/5)\lambda w_3 + w_4 - 2/2w_3 &\leq 0 \\
 w_1 + w_2 + w_3 + w_4 &= 1 \\
 w_k &\geq 0, k = 1, 2, 3, 4
 \end{aligned}$$

همان گونه که مشاهده می‌شود، محاسبه مدل (۴) نیز با استفاده از نرم‌افزار Lingo انجام شده که اهمیت هریک از عوامل مربوط به ریسک تأمین و همچنین میزان سازگاری λ به صورت جدول (۱۱) محاسبه شده و براساس آن، مقدار مثبت برای شاخص سازگاری λ بیانگر سازگاری قابل قبول ماتریس است.

جدول ۱۱- وزن و رتبه‌بندی عوامل مربوط به ریسک تأمین برگرفته از مدل غیرخطی فازی

ویژگی ها	کد معیار	وزن	رتبه	مقدار تابع هدف
هزینه‌های خرید	W_1	۰/۳۲۶۹۳۰۰	۲	۰/۳۲۲۸۴۱۷
کمبود مواد اولیه سبز	W_2	۰/۱۹۶۷۷۷۴	۳	
میزان کیفیت مربوط به تأمین‌کنندگان	W_3	۰/۳۹۰۷۷۲۵	۱	
ناتوانی در برآورده‌سازی خواسته‌ها	W_4	۰/۰۸۵۵۲۰۱۵	۴	

۴-۴. رتبه‌بندی عوامل مربوط به ریسک بازیافت

طی نظرسنجی به‌عمل‌آمده براساس جمع‌بندی نظرات خبرگان ماتریس مقایسات زوجی عوامل مربوط به ریسک بازیافت نسبت به هم در جدول (۱۲) نشان داده شده است.

جدول ۱۲- ماتریس مقایسات زوجی زیر عوامل مربوط به ریسک بازیافت براساس ادغام نظرات کارشناسان

	W_1			W_2			W_3		
W_1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
W_2	۲/۴۰	۳/۳۰	۵/۶۰	-	-	-	-	-	-
W_3	۲/۲	۲/۹۸	۴/۵	۱/۰۹	۲/۰۵	۴/۰۲	-	-	-

$$\text{Maximise } \lambda \quad (5)$$

St :

$$(3/30 - 2/40)\lambda w_1 - w_2 + 2/40w_1 \leq 0$$

$$(5/60 - 3/30)\lambda w_1 + w_2 - 5/60w_1 \leq 0$$

$$(2/98 - 2/2)\lambda w_1 - w_3 + 2/2w_1 \leq 0$$

$$(4/5 - 2/98)\lambda w_1 + w_3 - 4/5w_1 \leq 0$$

$$(2/05 - 1/09)\lambda w_2 - w_3 + 1/09w_2 \leq 0$$

$$(4/02 - 2/05)\lambda w_2 + w_3 - 4/02w_2 \leq 0$$

$$w_1 + w_2 + w_3 = 1$$

$$w_k \geq 0, k = 1, 2, 3$$

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، محاسبه مدل (۵) نیز با نرم‌افزار Lingo انجام شده و اهمیت هر یک از عوامل مربوط به ریسک بازیافت و همچنین میزان سازگاری λ نیز در جدول (۱۳)

آورده شده است. همان گونه که در این جدول مشاهده می شود، مقدار مثبت برای شاخص سازگاری λ بیانگر سازگاری قابل قبول ماتریس است.

جدول ۱۳- وزن و رتبه بندی عوامل مربوط به ریسک بازیافت برگرفته از مدل غیرخطی فازی

ویژگی ها	کد معیار	وزن	رتبه	مقدار تابع هدف
مشکلات ناشی از طراحی مجدد	W_1	۰/۳۵۵۹۶۹۹	۲	۰/۳۶۷۷۶۸۶
ظرفیت مراکز بازیافت	W_2	۰/۵۱۳۶۸۵۷	۱	
ضایعات	W_3	۰/۱۳۰۳۴۴۴	۳	

۴-۵. رتبه بندی عوامل مربوط به ریسک اعتباری

طی نظرسنجی به عمل آمده براساس جمع بندی نظرات خبرگان ماتریس مقایسات زوجی عوامل مربوط به ریسک اعتباری نسبت به هم در جدول (۱۴) آورده شده است.

جدول ۱۴- ماتریس مقایسات زوجی زیر عوامل مربوط به ریسک اعتباری براساس ادغام نظرات کارشناسان

	W_1			W_2			W_3			W_4		
W_1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
W_2	۱/۲۹	۲/۳۹	۲/۸۷	-	-	-	-	-	-	-	-	-
W_3	۱/۴۱	۲/۵۴	۳/۴۲	۱/۱۵	۱/۵۷	۲/۴۰	-	-	-	-	-	-
W_4	۱/۱۵	۲/۲	۳/۰۴	۱/۱	۱/۴۵	۲/۱	۰/۷	۰/۸	۱/۱	-	-	-

Maximise λ

(۶)

St :

$$\begin{aligned}
 (2/39 - 1/29)\lambda w_1 - w_2 + 1/29 w_1 &\leq 0 \\
 (2/87 - 2/39)\lambda w_1 + w_2 - 2/87 w_1 &\leq 0 \\
 (2/54 - 1/41)\lambda w_1 - w_3 + 1/41 w_1 &\leq 0 \\
 (3/42 - 2/54)\lambda w_1 + w_3 - 3/42 w_1 &\leq 0 \\
 (1/57 - 1/15)\lambda w_2 - w_3 + 1/15 w_2 &\leq 0 \\
 (2/40 - 1/57)\lambda w_2 + w_3 - 2/40 w_2 &\leq 0 \\
 (2/2 - 1/15)\lambda w_1 - w_4 + 1/15 w_1 &\leq 0 \\
 (3/04 - 2/2)\lambda w_1 + w_4 - 3/04 w_1 &\leq 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(1/45 - 1/1)\lambda w_2 - w_4 + 1/1w_2 &\leq 0 \\ (2/1 - 1/45)\lambda w_2 + w_4 - 2/1w_2 &\leq 0 \\ (0/8 - 0/7)\lambda w_3 - w_4 + 0/7w_3 &\leq 0 \\ (1/1 - 0/8)\lambda w_3 + w_4 - 1/1w_3 &\leq 0 \\ w_1 + w_2 + w_3 + w_4 &= 1 \\ w_k &\geq 0, k = 1, 2, 3, 4\end{aligned}$$

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، محاسبه مدل (۶) فوق با نرم‌افزار Lingo انجام شده و اهمیت هریک از عوامل مربوط به ریسک اعتباری و همچنین میزان سازگاری λ به صورت جدول (۱۵) محاسبه شده است. همان‌گونه که در این جدول مشاهده می‌شود، مقدار مثبت برای شاخص سازگاری λ بیانگر سازگاری قابل قبول ماتریس است.

**جدول ۱۵- وزن و رتبه‌بندی عوامل مربوط به ریسک اعتباری
برگرفته از مدل غیرخطی فازی**

ویژگی‌ها	کد معیار	وزن	رتبه	مقدار تابع هدف
محدودیت‌های مبادلاتی	W_1	۰/۲۳۵۷۸۷۹	۳	۰/۵۹۳۷۴۹۹
نرخ تورم	W_2	۰/۳۰۸۳۶۷۳	۲	
منابع مالی	W_3	۰/۳۳۴۵۰۰۰	۱	
نرخ ارز	W_4	۰/۱۲۱۳۴۴۷	۴	

۴-۶. رتبه‌بندی عوامل مربوط به ریسک تقاضا

طی نظرسنجی به عمل آمده براساس جمع‌بندی نظرات خبرگان ماتریس مقایسات زوجی عوامل مربوط به ریسک تقاضا نسبت به هم در جدول (۱۶) نشان داده شده است.

**جدول ۱۶- ماتریس مقایسات زوجی زیر عوامل مربوط به ریسک تقاضا براساس
ادغام نظرات کارشناسان**

	W_1			W_2			W_3			W_4		
W_1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
W_2	۱/۲۲	۲/۵۷	۲/۷۰	-	-	-	-	-	-	-	-	-
W_3	۱/۵۰	۲/۸۱	۳/۸۴	۱/۳۵	۲/۹۵	۳/۵۶	-	-	-	-	-	-
W_4	۱/۳۲	۲/۳۵	۲/۶۶	۱/۲۲	۲/۶۴	۳/۱۵	۱/۰۲	۱/۶۸	۲/۹۵	-	-	-

$$\begin{aligned}
 & \text{Maximise} \quad \lambda \\
 & \text{St :} \\
 & (2/57 - 1/22)\lambda w_1 - w_2 + 1/22w_1 \leq 0 \\
 & (2/70 - 2/57)\lambda w_1 + w_2 - 2/70w_1 \leq 0 \\
 & (2/81 - 1/50)\lambda w_1 - w_3 + 1/50w_1 \leq 0 \\
 & (3/84 - 2/81)\lambda w_1 + w_3 - 3/84w_1 \leq 0 \\
 & (2/95 - 1/35)\lambda w_2 - w_3 + 1/35w_2 \leq 0 \\
 & (3/56 - 2/95)\lambda w_2 + w_3 - 3/56w_2 \leq 0 \\
 & (2/35 - 1/32)\lambda w_1 - w_4 + 1/32w_1 \leq 0 \\
 & (2/66 - 2/35)\lambda w_1 + w_4 - 2/66w_1 \leq 0 \\
 & (2/64 - 1/22)\lambda w_2 - w_4 + 1/22w_2 \leq 0 \\
 & (3/15 - 2/64)\lambda w_2 + w_4 - 3/15w_2 \leq 0 \\
 & (1/68 - 1/02)\lambda w_3 - w_4 + 1/02w_3 \leq 0 \\
 & (2/95 - 1/68)\lambda w_3 + w_4 - 2/95w_3 \leq 0 \\
 & w_1 + w_2 + w_3 + w_4 = 1 \\
 & w_k \geq 0, \quad k = 1, 2, 3, 4
 \end{aligned}
 \tag{۷}$$

همان گونه که مشاهده می شود، محاسبه مدل فوق نیز با نرم افزار Lingo انجام شده و اهمیت هریک از عوامل مربوط به ریسک تقاضا و همچنین میزان سازگاری λ در جدول (۱۷) آورده شده است که براساس آن، مقدار مثبت برای شاخص سازگاری λ بیانگر سازگاری قابل قبول ماتریس است.

جدول ۱۷- وزن و رتبه بندی عوامل مربوط به ریسک تقاضا برگرفته از مدل غیرخطی فازی

ویژگی ها	کد معیار	وزن	رتبه	مقدار تابع هدف
پویایی بازار محصولات سبز	W_1	۰/۳۵۴۳۷۹۵	۱	۰/۱۶۲۱۱۴۰
میزان رقابت با سایرین	W_2	۰/۳۱۴۴۴۶۳	۲	
از دست دادن مشتریان کلیدی	W_3	۰/۱۹۵۳۸۳۲	۳	
پیش بینی نادرست تقاضا برای محصول سبز	W_4	۰/۱۳۵۷۹۰۹	۴	

۷-۴. رتبه بندی عوامل مربوط به ریسک قوانین دولتی و سازمانی

طی نظرسنجی به عمل آمده براساس جمع بندی نظرات خبرگان ماتریس مقایسات زوجی عوامل مربوط به ریسک قوانین دولتی و سازمانی نسبت به هم در جدول (۱۸) نشان داده شده است.

جدول ۱۸- ماتریس مقایسات زوجی زیر عوامل مربوط به ریسک قوانین دولتی و سازمانی براساس ادغام نظرات کارشناسان

	W ₁			W ₂			W ₃			W ₄		
W ₁	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
W ₂	۱/۳۲	۱/۸۷	۲/۹۳	-	-	-	-	-	-	-	-	-
W ₃	۱/۴۱	۲/۵۴	۳/۴۲	۱/۲۵	۲/۳۱	۳/۱۴	-	-	-	-	-	-
W ₄	۱/۱	۱/۶۶	۲/۵۳	۱/۲	۲/۱	۲/۹۶	۱/۰۲	۲/۰۳	۲/۵	-	-	-

(۸)

Maximise λ

St :

$$(1/87 - 1/32)\lambda w_1 - w_2 + 1/32w_1 \leq 0$$

$$(2/93 - 1/87)\lambda w_1 + w_2 - 2/93w_1 \leq 0$$

$$(2/54 - 1/41)\lambda w_1 - w_3 + 1/41w_1 \leq 0$$

$$(3/42 - 2/54)\lambda w_1 + w_3 - 3/42w_1 \leq 0$$

$$(2/31 - 1/25)\lambda w_2 - w_3 + 1/25w_2 \leq 0$$

$$(3/14 - 2/31)\lambda w_2 + w_3 - 3/14w_2 \leq 0$$

$$(1/66 - 1/1)\lambda w_1 - w_4 + 1/1w_1 \leq 0$$

$$(2/53 - 1/66)\lambda w_1 + w_4 - 2/53w_1 \leq 0$$

$$(2/1 - 1/2)\lambda w_2 - w_4 + 1/2w_2 \leq 0$$

$$(2/96 - 2/1)\lambda w_2 + w_4 - 2/96w_2 \leq 0$$

$$(2/03 - 1/02)\lambda w_3 - w_4 + 1/02w_3 \leq 0$$

$$(2/5 - 2/03)\lambda w_3 + w_4 - 2/5w_3 \leq 0$$

$$w_1 + w_2 + w_3 + w_4 = 1$$

$$w_k \geq 0, k = 1, 2, 3, 4$$

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، مدل فوق با نرم‌افزار Lingo محاسبه شده و اهمیت هر یک از عوامل مربوط به ریسک قوانین دولتی و سازمانی و همچنین میزان سازگاری λ در جدول (۱۹) نشان داده شده است که براساس آن، مقدار مثبت برای شاخص سازگاری λ بیانگر سازگاری قابل قبول ماتریس است.

همچنین، بعد از حصول وزن ریسک‌ها و زیرمعیارهای مدل، می‌توان وزن‌های نرمالایز شده هر یک از زیرمعیارها و همچنین رتبه کلی‌شان را محاسبه کرد (جدول ۲۰).

جدول ۱۹- وزن و رتبه‌بندی عوامل مربوط به ریسک قوانین دولتی و سازمانی برگرفته از مدل غیرخطی فازی

ویژگی ها	کد معیار	وزن	رتبه	مقدار تابع هدف
شکست سیاست‌های مدیریتی	W_1	۰/۳۵۰۵۲۴۴	۱	۰/۱۶۵۱۹۱۴
شکست سیاست‌های دولتی	W_2	۰/۲۹۵۳۴۱۸	۲	
مجموعه قوانین دولتی و سازمانی	W_3	۰/۲۰۷۲۴۲۴	۳	
تحریم، جنگ و ترور بین‌المللی	W_4	۰/۱۴۶۸۹۱۴	۴	

جدول ۲۰- وزن نرمالایز شده و رتبه‌بندی ریسک‌های زنجیره تأمین سبز

شماره	ریسک‌های زنجیره تأمین سبز	وزن	زیر معیارها	وزن	وزن نرمالایز شده	رتبه
۱	ریسک تولیدی - فنی	۰/۲۵۸۲۵۷۸	خرابی ماشین‌آلات و تجهیزات	۰/۱۱۶۲۱۴۶	۰/۰۳۰۰۱۳۳۲۷	۱۵
			نحوه چیدمان و طراحی محصول	۰/۱۸۴۵۷۰۲	۰/۰۴۷۶۶۶۶۹۴	۱۰
			کمیابی نیروی کار ماهر و آشنا با فرآیند تولید سبز	۰/۱۵۱۴۷۵۶	۰/۰۳۹۱۱۹۷۵۵	۱۳
			سطح تکنولوژی سبز	۰/۲۹۹۱۹۹۷	۰/۰۷۷۲۷۰۶۵۶	۲
			تغییر چرخه عمر محصول سبز	۰/۲۴۸۵۳۹۹	۰/۰۶۴۱۸۷۳۶۸	۴
۲	ریسک تأمین (مردم)	۰/۱۶۵۵۹۲۶	هزینه‌های خرید مواد اولیه سبز	۰/۳۲۶۹۳۰۰	۰/۰۵۴۱۳۷۱۸۹	۸
			کمبود مواد اولیه سبز	۰/۱۹۶۷۷۷۴	۰/۰۳۲۵۸۴۸۸۱	۱۴
			میزان کیفیت مربوط به تأمین کنندگان مواد سبز	۰/۳۹۰۷۷۲۵	۰/۰۶۴۷۰۹۰۳۴	۳
			ناتوانی در برآورده‌سازی خواسته‌ها	۰/۰۸۵۵۲۰۱۵	۰/۰۱۴۱۶۱۵۰۴	۲۲
۳	ریسک باز یافت	۰/۱۷۸۶۶۱۹	ظرفیت مراکز باز یافت	۰/۵۱۳۶۸۵۷	۰/۰۹۱۷۷۵۶۹۸	۱
			مشکلات ناشی از طراحی مجدد محصول	۰/۳۵۵۹۶۹۹	۰/۰۶۳۵۹۸۰۰۶	۵
			ضایعات	۰/۱۳۰۳۴۴۴	۰/۰۲۳۲۸۷۴۸۶	۱۷
۴	ریسک اعتباری	۰/۱۸۳۱۸۱۵	منابع مالی (میزان وجه نقد)	۰/۳۳۴۵۰۰۰	۰/۰۶۱۲۷۴۲۱۲	۶
			نرخ تورم	۰/۳۰۸۳۶۷۳	۰/۰۵۶۴۸۷۱۸۵	۷
			نرخ ارز	۰/۱۲۱۳۴۴۷	۰/۰۲۲۲۲۸۱۰۴	۱۹
			محدودیت‌های مبادلاتی	۰/۲۳۵۷۸۷۹	۰/۰۴۳۵۷۵۰۳۲	۱۲

رتبه	وزن نرمالایز شده	وزن	زیر معیارها	وزن	ریسک‌های زنجیره تأمین سبز	شماره
۹	۰/۰۵۲۵۴۸۹۱۶	۰/۳۵۴۳۷۹۵	پویایی بازار محصولات سبز	۰/۱۴۸۲۸۴۳	ریسک کم	۵
۱۱	۰/۰۴۶۶۲۷۴۴۹	۰/۳۱۴۴۴۶۳	میزان رقابت با سایرین			
۱۶	۰/۰۲۸۹۷۲۲۶۱	۰/۱۹۵۳۸۳۲	از دست دادن مشتریان کلیدی			
۲۰	۰/۰۲۰۱۳۵۶۵۹	۰/۱۳۵۷۹۰۹	پیش‌بینی نادرست تقاضا برای محصول سبز			
۱۸	۰/۰۲۳۱۵۴۹۰۶	۰/۳۵۰۵۲۴۴	شکست سیاست‌های دولتی	۰/۰۶۶۰۵۷۹۰	ریسک متوسط	۶
۲۱	۰/۰۱۹۵۰۹۶۵۹	۰/۲۹۵۳۴۱۸	شکست سیاست‌های مدیریتی			
۲۳	۰/۰۱۳۶۹۰۱۰۳	۰/۲۰۷۲۴۴	تغییر مجموعه قوانین دولتی - سازمانی			
۲۴	۰/۰۰۹۷۰۳۳۳۷	۰/۱۴۶۸۹۱۴	تحریم، جنگ و تروریسم بین‌المللی			

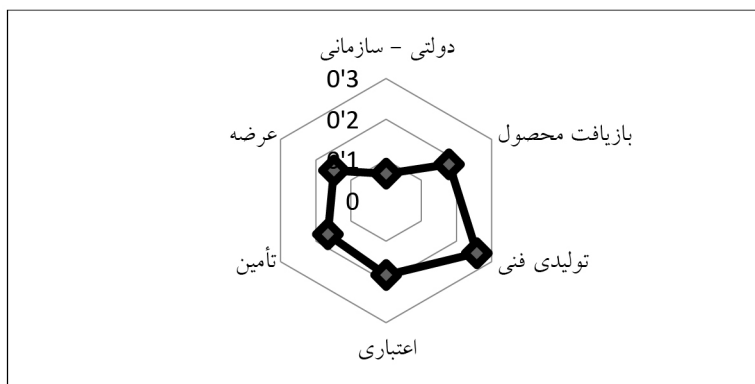
جمع‌بندی و ملاحظات

امروزه بسیاری از صنایع با توجه به نیازهای مشتریان و همچنین در نظر گرفتن کمیابی برخی منابع و همچنین سیاست‌های دولتی به‌سوی اخذ و پذیرفتن مشوق‌های سبز بودن در فرآیند برنامه‌ریزی زنجیره تأمین خود حرکت می‌کنند. با این حال، ممکن است میزان اثربخشی زنجیره تأمین سبز تحت ریسک‌های موجود در آن کم شود. همچنین، بسیاری از صنایع نیز به مدیریت ریسک زنجیره تأمین سبز خود نیازمندند. البته باید گفت در شرایط دنیای واقعی برای بسیاری از صنایع میزان پاسخگویی و مدیریت تمام ریسک‌ها با توجه به محدودیت‌های موجود در آن بسیار دشوار است. از این رو، اولویت‌بخشی به انجام اقدامات مناسب برای کاهش ریسک‌های موجود در زنجیره تأمین سبز، موجب مدیریت اثربخش فرآیند زنجیره تأمین سبز در سازمان می‌شود. به همین منظور، در پژوهش حاضر به تبیین مدلی جهت شناسایی ریسک‌های موجود در زنجیره تأمین سبز و معرفی ابعاد آن پرداخته شده است.

بنابراین، این پژوهش با استفاده از تحلیل عاملی تأییدی، که طی آن انتظار می‌رود طرح و نقشه خاصی از عوامل پنهان در ماورای متغیرها را بیازماید و همچنین انتظار می‌رود متغیرها چیدمان خاصی داشته باشند، انجام شده و به دنبال تهیه مدلی است که فرض می‌شود داده‌های تجربی را بر پایه چند پارامتر نسبتاً اندک، توصیف تبیین یا توجیه کند. نتایج تحلیل عاملی تأییدی (جدول ۳) نشان می‌دهد اندازه کفایت نمونه‌گیری KMO آزمون

مقدار واریانس درون داده‌ها بالاتر از ۰/۶ و قابل پذیرش بوده و مقدار آلفای کرونباخ برای تمام ابعاد مدل ارائه شده نیز برابر ۰/۹۱۹ است.

با مشاهده مدل استخراج شده از ادبیات نظری و با استناد به نمودار (۱) و همچنین نتایج مدل سازی ریاضی مدل، می توان به نتایج زیر دست یافت:



نمودار ۱- نمودار راداری ریسک‌های موجود در زنجیره تأمین سبز

براساس نتایج این پژوهش می توان گفت مهم ترین ریسک در زنجیره تأمین سبز، ریسک تولیدی - فنی بوده که رتبه اول را با وزنی معادل با ۰/۲۵۸ به خود اختصاص داده است. براساس این نتیجه، برای بهبود اثربخشی زنجیره تأمین سبز، مدیران صنایع باید بیشترین تمرکزشان را بر موضوعاتی همچون تربیت نیروی کار ماهر و آشنا با فرآیند تولید سبز، در نظر گرفتن چرخه عمر محصول و همچنین توجه به امر نگهداری و تعمیرات برای پیشگیری از خرابی تجهیزات و ماشین آلات اختصاص دهند. دومین ریسک پراهمیت در پژوهش فوق، ریسک اعتباری است که وزنی معادل با ۰/۱۸۳ را به خود اختصاص می دهد. این یافته نشان می دهد تأمین منابع مالی برای اجرا و عملیاتی سازی فرآیند زنجیره تأمین سبز بسیار پراهمیت بوده و محدودیت های مبادلاتی می تواند اثربخشی فرآیند این زنجیره را کاهش دهد. براساس نتایج حاصل از این پژوهش، ریسک بازیافت یکی دیگر از مهم ترین ریسک هایی است که مدیران صنایع باید به آن توجه کافی و لازم را داشته باشند؛ زیرا بازیافت سه فایده مهم برای محیط زیست دارد: به کمک بازیافت در مصرف منابع طبیعی

صرفه‌جویی می‌شود، زیرا به‌جای استفاده از مواد خام برای تولید محصولات جدید، از مواد بازیافتی استفاده می‌شود. یکی دیگر از فواید بازیافت، صرفه‌جویی در مصرف انرژی است. البته برای بازیافت مواد زائد نیز مقداری انرژی لازم است اما انرژی لازم برای بازیافت خیلی کم‌تر از انرژی مورد نیاز برای تولید محصولات جدید از مواد خام است.

همچنین روش پیشنهادی این پژوهش به مدیران کمک می‌کند تا بر مشکل ذهنی بودن نظرات انسانی و همچنین عدم قطعیت موجود در فرآیند زنجیره تأمین سبز غلبه کنند. افزون بر آن، استفاده از مدل‌سازی ریاضی برای رتبه‌بندی ریسک‌های موجود در زنجیره تأمین سبز توانسته است مسأله را به‌صورت بهینه حل کند.

منابع

- ابراهیم نژاد، س. ا.، موسوی، س. م.، و کیا، آ. قربانی (۱۳۸۶)؛ «شناسایی و تحلیل ریسک‌های زنجیره تأمین در چارچوب تصمیم‌گیری چند معیاره فازی». نخستین کنفرانس بین‌المللی مدیریت زنجیره تأمین و سیستم‌های اطلاعات.
- حیاتی، م.، عطایی، م.، خالو کاکایی، ر. و ا. ر. صیادی (۱۳۹۳)؛ «ارائه مدلی برای ارزیابی ریسک‌های زنجیره تأمین با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه»، فصلنامه علمی - پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی، سال دوازدهم، ش ۳۴، صص ۴۰-۱۹.
- زند حسامی، ح. و آ. ساوجی (۱۳۹۱)؛ «مدیریت ریسک در مدیریت زنجیره تأمین»، مدیریت توسعه و تحول، دوره ۴، ش ۹، صص ۴۴-۳۷.
- مظاهری، ع.، کرباسیان، م. و ه. شیرویه‌زاد (۱۳۹۰)؛ «شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌های زنجیره تأمین در سازمان‌های تولیدی با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی»، مدیریت زنجیره تأمین، سال سیزدهم، ش ۳۴.
- موسوی، س. م.، و ح. عموزاد خلیلی (۱۳۸۶)؛ «مدیریت استراتژیک ریسک در زنجیره تأمین»، دومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت استراتژیک.
- هندی، ا. م. (۱۳۸۶)؛ «مدیریت ریسک در زنجیره تأمین»، نخستین کنگره بین‌المللی مدیریت ریسک.
- Kumar, R., K. Singh, R. and R. Shankar (2015); "Critical Success Factors for Implementation of Supply Chain Management in Indian Small and Medium Enterprises and Their Impact on Performance", *IIMB Management Review*, no.27, pp.92-104.
- Ma, J., and L. Sun (2015); "Complex Dynamics of a MC-MS Pricing Model for a Risk-Averse Supply Chain with After-Sale Investment", *Commun Nonlinear Sci Numer Simulat*.
- Mangla, S., Kumar, P. and M. Barua (2015); "Prioritizing the Responses to Manage Risks in Green Supply Chain: An Indian Plastic Manufacturer Perspective", *Sustainable Production and Consumption*.
- Wu, H.-H. and S. Y. Chang (2015); "A Case Study of Using DEMATEL Method to Identify Critical Factors in Green Supply Chain Management", *Applied Mathematics and Computation*.
- Govindan, K., Mathiyazhagan, K., Kannan, D. and A. Noorulhaq (2014); "Barriers Analysis for Green Supply Chain Management Implementation in Indian Industries Using Analytic Hierarchy Process", *Int. J. Prod. Econ*, no.147(B), pp.555-568.
- Green, K., Zellbst, P., Meacham, J. and V. Bhadauria (2012); "Green Supply Chain Manage-Ment Practices: Impact on Performance", *Supply Chain Manage*, no.17(3), pp.290-305.
- Gurnani, H., Mehrotra, A. and S. Ray (2012); "Supply Chain Disruptions:Theory and Practice of Managing Risk", *Springer*, London Dordrecht Heidelberg, New York.
- Hora, M. and R. Klassen (2013); "Learning from Others' Misfortune: Factors Influencing

- Knowledge Acquisition to Reduce Operational Risk”, *Oper. Manage.* no. 31, pp.52-61.
- Hu, A., Hsu, C., Kuo, T. and W. Wu (2009); “Risk Evaluation of Green Components to Hazardous Substance Using FMEA and FAHP”; *Expert Systems with Applications*, no.36 (3), pp.7142–7147.
- Jabbour, C. and A. Sousa Jabbour (2015); “Green Human Resource Management and Green Supply Chain Management: Linking Two Emerging Agendas”, *J. Clear Prod.*; Online at:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.034>.
- Luthra, S., Kumar, V., Kumar, S. and A. Haleem (2011); “Barriers To Implement Green Supply Chain Management in Automobile Industry Using Interpretive Structural Modeling Technique an Indian Perspective”, *J. Ind. Eng. Manage.* no.4 (2), pp.231-257.
- Luthra, S., Qadri, M., Garg, D. and A. Haleem (2014); “Identification of Critical Success Factors to achieve High Green Supply Chain Management Performances in Indian Automoto-bile Industry”, *Int J Logist Syst Manage*, no.18(2), pp.170–99.
- Ma, R., Yao, L. and R. Huang (2012); “The Green Supply Chain Management Risk Analysis”, *Adv. Mater. Res.* no.573–574, pp.734–739.
- Mangla , S.K; Kumar , P; Barua , M.K. (2015); “Risk Analysis in Green Supply Chain Using Fuzzy AHP Approach”, A Case Study of Recycling Resources and Conservation. Online at:(<http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.01.001>).
- Mangla, S., Kumar, P. and M. Barua (2013); “Flexible Decision Modeling for Evaluating Green Supply Chain Risks Using Fuzzy AHP Methodology”, *GLOGIFT*, no.13, pp.575–83.
- Mangla, S., Kumar, P. and M. Barua (2014); “A Flexible Decision Framework for Building Risk Mitigation Strategies in Green Supply Chain Using SAP-LAP and IRP Approaches”, *Global J.Flexible Syst. Manag*, no.15 (3), pp.203–218.
- Mathiyazhagan, k., Govindan, k. and A. Noorul Haq (2013); “An ISM Approach for the Barrier Analysis in Implementing Green Supply Chain Management”, *J. Cleaner Prod.* no.47, pp.283–297.
- Min, H. and I. Kim (2012); “Green Supply Chain Research: Past, Present and Future”, *Logist. Res*, no.4 (1/2), pp.39–47.
- Muduli, K., Govindan, K., Barve, A., Kannan, D. and Y. Geng (2013); “Role of Behavioural Factors in Green Supply Chain Management Implementation in Indian Mining Industries”, *Resour Conserv Recycl*, no.76, pp.50–60.
- Odeyale, S., Oguntola, A. and E. Odeyale (2013); “Evaluation and Selection of an Effective Green Supply Chain Management Strategy: A Case Study”, *Int J Res Stud Manage*, no.3(1), pp.27–39.
- Parmigiani, A., Klassen, R. and M. Russo (2011); “Efficiency Meets Accountability: Performance Implications of Supply Chain Configuration, Control, and Capabilities”, *J. Oper. Manage*, no.29 (3), pp.212–223.

- Pitta, D. (2009); "Issues in a Down Economy: Blue Oceans and New Product Development", *Journal of Product & Brand Management*, no.18(4), pp.292-296.
- Qianlei, L. (2012); "The Study on the Risk Management of Agricultural Products Green Supply Chain Based on Systematic Analysis", *Business Computing and Global Informatization BCGIN*, IEEE 2nd International Conference, Shanghai, pp.250-253.
- Ruimin, M., Yao, L. and R. Huang (2012); "The Green Supply Chain Management Risk Analysis", *Adv Mater Res*, no.573-574, pp. 734-9.
- Sarkis, J., Zhu, Q. and K. Lai (2011); "An Organizational Theoretic Review of Green Supply Chain Management Literature", *Int J Prod Econ*, no.130, pp.1-15.
- Sodhi, M., Son, B. and C. Tang (2012); "Researchers' Perspectives on Supply Chain Risk Management", *Prod. Oper. Manage*, no.21 (1), pp.1-13.
- Wang, X., Chan, H., Yee, R. and I. Diaz-Rainey (2012); "A Two Stage Fuzzy-AHP Model for Risk Assessment of Implementing Green Initiatives in the Fashion Supply Chain", *Int. J. Prod. Econ*, no.135 (2), pp.595-606.
- Yang, Z. and J. Li (2010); "Assessment of Green Supply Chain Risk Based on Circular Economy", IEEE 17 th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 1276-80.
- Zanjirchi, S. M. (2012); *Fuzzy AHP*, Tehran: Saneei Shahmirzadi.
- Zhu, Q., Sarkis, J. and K. Lai (2008); "Green Supply Chain Management Implications for Closing the Loop", *Transp. Res*, no.44 (1), pp.1-18.