فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی، شماره ۹۸، بهار ۱۴۰۰، ۱۸۳-۱۵۵

مدل‌سازی ریسک‌ها در پیکره‌بندی مجدد زنجیره‌تأمین سبز برای توسعه محصول جدید (مطالعه موردی: محصولات مصرفی پرگردش)

ملیحه سبزواری* سید مجتبی سجادی**

سید محمد حاجی مولانا ***

دریافت: ۹۸/۳/۱۲ پذیرش: ۹۸/۱۲/۱۸

پیکره‌بندی زنجیره‌تأمین / مدیریت زنجیره‌تأمین سبز / توسعه محصول جدید / مدیریت ریسک

چکیده

با توجه به محیط فعالیت به‌شدت رقابتی امروزه توسعه محصولات جدید در پاسخ به نیاز مشتریان و تلاش جهت کاهش آلایندگی‌های زیست‌محیطی به‌عنوان مزیت رقابتی شرکت‌ها محسوب می‌گردد. توسعه یک محصول جدید منجر به پیکره‌بندی مجدد زنجیره‌تأمین می‌گردد بنابراین نیازمند اتخاذ تصمیمات استراتژیکی، فنی و عملیاتی مناسب می‌باشد. تصمیمات فوق عبارت‌اند از تخصیص کارخانه به محصول، انتخاب تأمین‌کنندگان مناسب، میزان تولید محصول و ذخیره مواد اولیه، میزان حمل‌ونقل و میزان خرید مواد اولیه. علاوه بر این توسعه محصول جدید همراه با ریسک‌های زیادی است که استفاده از استراتژی‌های مناسب جهت کاهش آنها می‌تواند منجر به افزایش شانس موفقیت معرفی محصول در بازار گردد. مقاله حاضر به بررسی تولید یک محصول جدید در یک زنجیره‌تأمین سبز چندلایه، چند منبعی می‌پردازد. پس از شناسایی ریسک‌های

*. دکتری مهندسی صنایع، گروه مهندسی صنایع، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران malihe.sabzevari@yahoo.com

**. دانشیار، گروه کسب و کار جدید، دانشکده کارآفرینی، دانشگاه تهران، تهران، ایران msajadi@ut.ac.ir

***. استادیار، گروه مهندسی صنایع، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران molana@srbiau.ac.ir

■ سید مجتبی سجادی، نویسنده مسئول

مختلف توسعه محصول جدید با استفاده از یک مدل ریاضی بهینه‌سازی، به شناسایی بهترین استراتژی‌های پاسخگویی به ریسک‌های شناسایی‌شده و نیز اتخاذ تصمیمات فنی،استراتژیکی و عملیاتی بهینه می‌پردازیم. مسئله پیشنهادی متشکل است از سه تابع هدف که عبارت‌اند از تابع هدف اقتصادی، تابع هدف کاهش آلایندگی و تابع هدف کاهش ریسک. مسئله به‌صورت یک مدل ریاضی برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط با پارامترهای قطعی فرموله شده است. اعتبار سنجی مدل پیشنهادی توسط یک مسئله نمونه در صنعت محصولات مصرفی پر گردش صورت پذیرفته است. نتایج حاصل از اجرای مدل بیانگر اثرگذاری حضور یک محصول جدید و انتخاب استراتژی‌های کاهنده ریسک بر روی پیکره‌بندی مجدد زنجیره‌تأمین سبز می‌باشد. همچنین نتایج حاصل از تحلیل حساسیت نشان‌دهنده کارایی مدل پیشنهادی می‌باشد.

طبقه‌بندی: C61 :JEL

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

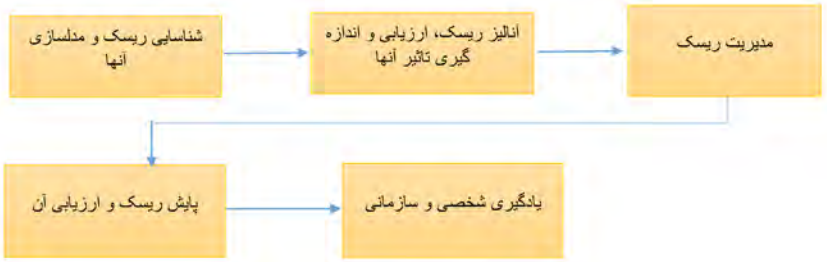
مقدمه

امروزه با توجه به محیط خارجی شدیداً رقابتی و متغیر، سرعت تغییر نیازها و انتظارات مشتریان، شرکت‌ها در پی ایجاد مزیت رقابتی نسبت به رقبا می‌باشند. با توجه به تأثیرپذیری زنجیره‌تأمین از محیط پیرامون آن داشتن زنجیره‌تأمینی منطبق با محیط موضوعی است که طی سال‌های اخیر موردتوجه محققان قرارگرفته است. همچنین کوتاه شدن چرخه عمر محصولات، طراحی محصول جدید[1] (NPD) و معرفی آن به بازار از عوامل مهم ارضای نیازهای مشتریان و بقا در بازار می‌باشد.

اگرچه محصولات جدید ایجادکننده فرصت‌های رقابتی برای شرکت‌ها می‌باشند اما نمی‌توان ریسک‌های قابل‌توجه این محصولات را نادیده گرفت. مطالعات تجربی نرخ بالایی از شکست این محصولات، به‌خصوص در بازارهای مصرف را نشان داده است. عدم مدیریت ریسک‌های NPD می‌تواند منجر به شکست معرفی محصول به بازار گردد. طبق آمار معتبر بین‌المللی ۸۵ درصد از ایده‌های جدید هیچ‌گاه به بازار نمی‌رسند. همچنین ۴۰ درصد از محصولات جدید شکست می‌خورند. اگرچه پذیرش این آمار سخت است ولی واقعیت این است که توسعه محصول جدید یک موضوع بسیار ریسکی و بااهمیت است. بر طبق نتایج مطالعات انجام‌شده در سال ۲۰۱۲ نرخ موفقیت NPD در اروپا ۵۶٫۸% و در آسیا ۴۸٫۶% بوده است.

در مفهوم NPD، ریسک، به‌احتمال شکست NPD به دلایل متعددی نظیر شکست در بازار، محدودیت‌های تکنولوژیکی و موانع سازمانی اطلاق می‌گردد. ازاین‌رو به‌کارگیری استراتژی‌های مناسب مدیریت ریسک در زمان معرفی یک محصول جدید ضروری می‌نماید. مدیریت فاکتورهای شکست محصول، مدیریت ریسک زنجیره‌تأمین[2] (SCRM) نامیده می‌شود که سه وظیفه مهم شناسایی وقایع ناخواسته، تخمین احتمال وقوع آن‌ها و کاهش تأثیر منفی آن‌ها را شامل می‌گردد[3]. مدیریت ریسک زنجیره‌تأمین رویکردی سیستماتیک جهت شناسایی، ارزیابی، کاهش و کنترل عوامل ریسک در زنجیره‌تأمین باهدف کاهش اثرات منفی این عوامل بر عملکرد زنجیره‌تأمین می‌باشد. شکل زیر فعالیت‌های اصلی SCRM را نمایش می‌دهد:

1. New Product Development
2. Supply Chain Risk Management
3. Brandenburg, (2017)



شکل ۱- فعالیت‌های مدیریت ریسک زنجیره‌تأمین

از طرفی امروزه،آلودگی محیط‌زیست به‌عنوان یکی از چالش‌های اصلی است که اگر به آن پرداخته نشود منجر به انقراض نوع بشر می‌گردد.از میان انواع آلودگی‌ها، آلودگی هوا به علت انتشار گازهای گلخانه‌ای یکی از مواردی است که نیاز به توجه فوری دارد. گرم شدن زمین نیز از اثرات افزایش مقدار گازهای گلخانه‌ای موجود در هوا است که افراد را دچار مشکل می‌نماید. با توجه به اینکه انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌خصوص دی‌اکسید کربن یکی از اثرات جانبی مهم واحدهای صنعتی تشکیل‌دهنده زنجیره‌تأمین می‌باشد لذا دولت‌ها تحت‌فشار جهت ایجاد محدودیت‌هایی به‌منظور کاهش این آلودگی‌ها می‌باشند. بنابراین پیکربندی یک زنجیره‌تأمین با حداقل میزان آلوده‌کنندگی از مسائلی است که در سال‌های اخیر موردتوجه و ضرورت قرارگرفته شده است.ازاین‌رو توجه به تأثیرات زیست‌محیطی در کنار رضایت مشتریان در تصمیمات مربوط به توسعه محصول و پیکربندی زنجیره‌تأمین ضروری می‌نماید.

از طرفی توسعه یک محصول جدید منجر به اتخاذ تصمیمات جدید در طراحی زنجیره‌تأمین می‌گردد که این تصمیمات به پیکره‌بندی زنجیره‌تأمین معروف‌اند و به سه دسته تصمیمات استراتژیکی، فنی و عملیاتی طبقه‌بندی می‌گردند.

انتخاب تأمین‌کنندگان، مراکز توزیع مناسب و تخصیص کارخانه به محصول از نوع تصمیمات استراتژیکی بوده، تصمیمات عملیاتی به انتخاب نوع حمل‌ونقل محصول و انتخاب استراتژی‌های مناسب برای پاسخگویی به ریسک‌ها می‌پردازد و تصمیمات فنی شامل تصمیم‌گیری در مورد مقادیر تولید واحدهای تولیدکننده، مقادیر خرید مواد اولیه در واحدهای تولیدکننده، مقدار فروش محصولات، مقدار حمل‌ونقل محصولات در شبکه و سطح موجودی کارخانه‌ها و مراکز توزیع می‌باشد. با توجه به موارد بیان‌شده، در این مقاله

به مدل‌سازی ریاضی پیکربندی یک زنجیره‌تأمین در توسعه محصول جدید، جهت تحقق اهداف مالی(سود)،کاهش آلودگی و کاهش ریسک‌های پیش از راه‌اندازی محصول جدید پرداخته‌شده است. ازآنجاکه افزایش رقابت و افزایش انتظارات مصرف‌کنندگان در صنعت کالاهای مصرفی پر گردش منجر به افزایش فشار وارده به تولیدکنندگان جهت توسعه این محصولات و کوتاه شدن چرخه عمر آن‌ها می‌گردد صنعت فوق به‌عنوان مطالعه موردی جهت تست مدل پیشنهادی مورداستفاده قرارگرفته است.

مقاله حاضر در چندین قسمت تدوین‌شده است: در قسمت اول، به‌مرور ادبیات تحقیق پرداخته‌شده است. تعریف مسئله و مدل‌سازی که شامل مفروضات، مجموعه پارامترها، متغیرها، مدل تصمیم و مدل‌سازی ریاضی مسئله می‌باشد، در قسمت دوم بیان گردیده است. در قسمت سوم نتایج محاسباتی ناشی از اعتبارسنجی مدل پیشنهادی با استفاده از یک مسئله نمونه بیان‌شده است و در قسمت پایانی نیز به نتیجه‌گیری و پیشنهاد جهت تحقیقات آتی پرداخته‌شده است.

۱. پیشینه تحقیق

طبق تعریف ارائه‌شده توسط اولریچ و اپینگر[1] (۲۰۰۹) فرایند NPD شامل زنجیره فعالیت‌ها و گام‌هایی است که توسط یک شرکت جهت اختراع، طراحی و تبلیغات یک محصول جدید مورداستفاده واقع می‌گردد.این فرایند با داشتن یک ایده برای محصول جدید آغاز می‌گردد.منابع متعددی نظیر مشتریان، مدیریت ارشد، کارمندان، رقیبان و تکنولوژی‌های جدید می‌توانند برای تولید این ایده جدید مورداستفاده قرار گیرند.از طرفی تحقیقات در حوزه توسعه محصول جدید ضروری است زیرا که موفقیت در معرفی آن، می‌تواند منجر به افزایش سود کلی شرکت تا حدود ۳۱% گردد. معرفی محصول جدید لازمه بقای هر شرکت است. شرکت‌هایی که از یک فرایند علمی برای تولید و ارائه آن به بازار استفاده می‌نمایند با نرخ شکست بسیار پایین مواجه می‌گردند.

تحقیقات اولیه در حوزه انتشار محصول جدید در سال ۱۹۶۰ آغاز گردید. امینی و لی (۲۰۱۱) به ارائه یک مدل بهینه‌سازی یکپارچه باهدف پیکربندی زنجیره‌تأمین و با در نظر

1. Ulrich & Eppinger

گرفتن تقاضای پویا در این حوزه پرداختند. آن‌ها در سال ۲۰۱۲ با بررسی قابلیت خرید از چندین تأمین‌کننده به توسعه مدل قبلی خود پرداختند. چنین رویکردی به تولیدکننده جهت حفظ قدرت چانه‌زنی و حفاظت در برابر نوسانات تقاضا و اختلال عرضه در طول چرخه عمر محصول جدید کمک می‌نماید. گوار و امینی(۲۰۱۷) مسئله پیکره‌بندی زنجیره‌تأمین حلق بسته [1](CLSCC) در توسعه محصول جدید و بازیافت دوباره آن را موردبررسی قراردادند و به ارائه یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط (MILP[2]) پرداختند.در مدل پیشنهادی به تعیین برنامه فروش/تولید بهینه در کنار پیکره‌بندی CLSCC پرداخته‌شده است. در مطالعه دیگری، نپال و همکاران(۲۰۱۱) با ارائه مدلی به بررسی تأثیر هزینه‌های موجودی، منابع و تصمیمات سازش‌پذیر در طول پیکره‌بندی زنجیره بر میزان افزایش کارایی و پایداری آن پرداختند[۱۰]. در تحقیق ارائه‌شده توسط جعفریان و بشیری(۲۰۱۴) یک مدل بهینه‌سازی جهت پیکره‌بندی زنجیره‌تأمین پویا و بهینه‌سازی زمان راه‌اندازی محصول جدید در زنجیره‌تأمین فوق ارائه گشته است. در مدل ارائه‌شده برنامه‌ریزی تولید، فروش و حمل‌ونقل و زمانهای تحویل نیز لحاظ شده است. افروزی و همکاران(۲۰۱۶) یک مدل زنجیره‌تأمین که به یکپارچه‌سازی تصمیم‌گیری در مورد تولید محصولات قدیمی و توسعه محصولات جدید و تأثیرات آن‌ها در پیکره‌بندی زنجیره‌تأمین می‌پردازد، ارائه نمودند. در مطالعه دیگری نیز به توسعه مدل فوق با فرضیاتی نظیر وجود عدم قطعیت در پارامترهای مربوط به تقاضا و ظرفیت‌های تأمین‌کنندگان پرداختند. مارکوس برندنبرگ (۲۰۱۵) با استفاده از مدل برنامه‌ریزی آرمانی به بررسی معیارهای اقتصادی و محیطی در توسعه محصولات جدید در صنعت لوازم‌آرایشی پرداخت که در آن‌یک رویکرد سناریو محور جهت بررسی تأثیر عدم قطعیت تقاضا مورداستفاده قرارگرفته است. برندنبرگ در سال (۲۰۱۷) با استفاده از یک رویکرد ترکیبی در پیکره‌بندی زنجیره‌تأمین سازگار با محیط‌زیست در توسعه محصول جدید به توسعه مدل قبلی ارائه‌شده خود پرداخت. در مطالعه فوق از شبیه‌سازی سیستم‌های پیشامد گسسته جهت تخمین عملکرد محیطی، عملیاتی و مالی گزینه‌های مختلف پیکره‌بندی زنجیره‌تأمین با در نظر گرفتن مفهوم "ارزش در ریسک" در ارزیابی ریسک‌های مختلف زنجیره‌تأمین، استفاده‌شده است. گریوز و ویلم (۲۰۰۵) به بررسی پیکره‌بندی مجدد زنجیره‌تأمین به‌منظور

1. Closed Loop Supply Chain Configuration
2. Mixed Integer Linear Programming

توسعه یک محصول جدید با تصمیم‌گیری در مورد تعیین تأمین‌کنندگان، مواد اولیه، فرایندها و نوع حمل‌ونقلی که در هر مرحله از زنجیره‌تأمین باید انتخاب گردد، پرداختند. جهانی و همکاران(۲۰۱۷) نیز به پیکربندی مجدد یک شبکه زنجیره‌تأمین موجود در شرایط معرفی محصول جدید به بازار پرداختند. در تحقیق فوق همبستگی میان تقاضا و قیمت نیز در مدل‌سازی موردبررسی قرارگرفته است.

به علت افزایش ریسک‌های تأثیرگذار بر شبکه‌های زنجیره‌تأمین، در سال‌های اخیر مطالعات زیادی در حوزه مدیریت ریسک زنجیره‌تأمین انجام‌شده است. که به ارائه نمونه‌هایی در این زمینه می‌پردازیم.

کلیبی و همکاران(۲۰۱۰) بر پایه‌گذاری شبکه‌های زنجیره‌تأمین پایدار و منعطف تأکید نمودند و به ارائه پیشنهادهایی جهت کاهش جریانات نقدی در افق برنامه‌ریزی چند دوره‌ای که به‌عنوان یک معیار منعکس‌کننده عدم قطعیت در زنجیره‌تأمین می‌باشد، پرداخته‌اند[۱۸].

کاییس و همکاران(۲۰۰۷) به ارائه روشی جدید در مدیریت پروژه توسعه محصول جدید پرداختند.روش فوق منجر به کاهش هم‌زمان ریسک در فرایند طراحی و توسعه محصول جدید می‌پردازد. کاهش ریسک‌ها با استفاده از پنج الگوریتم محاسباتی پس از مقداردهی اولیه به ریسک‌ها و رتبه‌بندی آن‌ها صورت می‌پذیرد.

برای مطالعات بیشتر در این حوزه می‌توان به مقالات مروری که به ذکر تعدادی از آن‌ها می‌پردازیم اشاره نمود. تنگ و منا (۲۰۱۱) به بررسی مدل‌های مختلف کمّی مدیریت ریسک زنجیره‌تأمین و مقایسه استراتژی‌های مختلف مدیریت ریسک زنجیره با موارد واقعی که در مقالات مختلف ارائه‌شده بود، پرداختند. بر طبق نتایج حاصل از مطالعه فوق در مدل‌های کمّی ریسک، به ریسک در جریان اطلاعات کمتر پرداخته‌شده است. پراکاش و همکاران (۲۰۱۷) بر بنا نهادن و شناسایی تئوری‌های مدیریت ریسک زنجیره‌تأمین با به‌کارگیری تکنیک‌هایی نظیر آزمون‌های فرض، شبیه‌سازی، نظرسنجی و مطالعات موردی و ... تأکید نمودند.

پیدرو و همکاران (۲۰۰۹)نیز به بررسی روش‌های برنامه‌ریزی زنجیره‌تأمین تحت شرایط عدم قطعیت، در مقالات مختلف پرداختند و یک طبقه‌بندی برای دسته‌بندی مدل‌ها ایجاد نمودند. خجسته قمری و تاکاشی (۲۰۱۸) بعد از بررسی مقالات اخیر در مدیریت ریسک زنجیره‌تأمین به این حقیقت دست یافتند که شرکت‌ها در تلاش‌اند تا ریسک‌های زنجیره‌تأمین

را باهدف کاهش هزینه، افزایش سود و یا افزایش ارزش خالص فعلی[1] (NPV) پرداختند.

اکثر مطالعات انجام‌شده در زمینه مدیریت ریسک در طراحی یا پیکربندی مجدد زنجیره‌تأمین تنها به بررسی ریسک‌های مالی بدون توجه به سایر ریسک‌ها نظیر ریسک‌های عملیاتی و پایداری که توسط هکمن و همکاران پیشنهادشده است پرداخته‌اند. جدول (۱) اکثر مطالعاتی که به پیکربندی زنجیره‌تأمین جهت توسعه محصول جدید پرداخته‌اند به همراه مشخصات آن‌ها ارائه می‌نماید.همان‌طور که جدول فوق نشان می‌دهد در هیچ‌یک از مطالعات گذشته به مدیریت ریسک زنجیره در کنار سایر اهداف در توسعه محصول جدید پرداخته نشده است بنابراین تحقیق حاضر با ارائه مدلی ریاضی جهت پیکربندی زنجیره‌تأمین در توسعه محصول جدید باهدف کاهش ریسک‌های زیست‌محیطی و بررسی ریسک‌های مربوط به تولید محصول جدید و استراتژی‌های پاسخگو به آن‌ها ضمن پر نمودن خلأ تحقیقاتی، توسعه‌ای بر مطالعات پیشین در این زمینه می‌باشد.

جدول ۱- مرور ادبیات مطالعات پیکره‌بندی زنجیره‌تأمین در توسعه محصول جدید

نوع مدل	اهداف	منابع	تعداد سطوح زنجیره	تعداد محصولات	نویسندگان
قطعی MILP	اقتصادی	چند منبعی	چندلایه	چندتایی	افروزی و همکاران
قطعی MILP	اقتصادی رضایت مشتری	چند منبعی	چندلایه	چندتایی	افروزی و همکاران
غیرقطعی MINLP[1]	اقتصادی رضایت مشتری	تک	تک	تک	امینی و لی
ABM[2]	اقتصادی	چند منبعی	تک	تک	امینی و لی
غیرقطعی MILP	اقتصادی محیطی	چند منبعی	چندلایه	تک	برندنبرگ

1. Net Present Value

نوع مدل	اهداف	منابع	تعداد سطوح زنجیره	تعداد محصولات	نویسندگان
غیرقطعی DES	اقتصادی محیطی رضایت مشتری	چند منبعی	چندلایه	تک	برندنبرگ
قطعی MILP	اقتصادی	چند منبعی	چندلایه	تک	گریوز و ویلم
قطعی MINLP	اقتصادی	تک	تک	تک	گوار و امینی
قطعی MILP	اقتصادی	چند منبعی	چندلایه	تک	جعفریان و بشیری
غیرقطعی MINLP	اقتصادی	چند منبعی	چندلایه	تک	جهانی و همکاران
غیرقطعی MINLP	اقتصادی	تک	چندلایه	تک	نپال و همکاران
قطعی MILP	اقتصادی محیطی مدیریت ریسک	چند منبعی	چندلایه	تک	تحقیق حاضر

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۳. تعریف مسئله و مدل‌سازی

به‌منظور مشخص نمودن پارامترهای مدل پیشنهادی ریسک‌های بالقوه مربوط به توسعه محصول جدید در زنجیره‌تأمین و احتمال وقوع آن توسط کارشناسان، خبرگان، ساختار زنجیره‌تأمین و مطالعات مربوطه در این حوزه شناسایی و تعیین گردید. همچنین استراتژی‌های مقابله با هر یک از ریسک‌ها به همراه میزان کاهش ناشی از آن‌ها تعیین گردید.

مسئله پیشنهادی متشکل است از سه تابع هدف که عبارت‌اند از تابع هدف سود، تابع هدف کاهش آلایندگی و تابع هدف کاهش ریسک. با استفاده از مدل پیشنهادی در جستجوی یافتن استراتژی‌های پاسخگوی بهینه هر ریسک،تصمیمات استراتژیکی، عملیاتی و فنی بهینه می‌باشیم. مفروضات مدل پیشنهادی به شرح زیر می‌باشد:

- هر کارخانه دارای قابلیت طراحی و معرفی یک محصول جدید به بازار در طول افق برنامه‌ریزی می‌باشد.
- زنجیره‌تأمین موردبررسی از سه لایه، شامل چندین تأمین‌کننده، تولیدکننده، و توزیع‌کننده تشکیل‌شده است.
- جهت تولید محصول جدید از مواد اولیه جدید با استفاده از سیستم موجود استفاده می‌نماییم.
- تولیدکنندگان دارای دو نوع موجودی که عبارت‌اند از ماده خام و موجودی محصول نهایی، می‌باشند.
- مقدار ظرفیت تولید هر تولیدکننده و هر مرکز تأمین، دارای یک مقدار حداقلی و حداکثری می‌باشد.
- سیاست تولیدکنندگان و تأمین‌کنندگان بر اساس سیاست فشاری[1] است.
- در زنجیره‌تأمین سیاست ساخت برای ذخیره[2] در نظر گرفته‌شده که بر اساس تخمین میزان تقاضا می‌باشد.
- تقاضای بازار عمده‌فروشان، مراکز توزیع و خرده‌فروشان از انبار مراکز توزیع، تأمین می‌شود.
- اگر تقاضایی در زمان درست خود ارضا نشود، سفارشات عقب‌افتاده مجاز نیست و بنابراین فروش ازدست‌رفته خواهد بود.
- کاهش ریسک در یک قسمت از زنجیره‌تأمین، باعث افزایش ریسک در قسمت دیگری از زنجیره‌تأمین نخواهد شد. درواقع ریسک‌ها از همدیگر مستقل فرض شده‌اند.
- برای حمل‌ونقل محصول، دو نوع معمولی و سریع‌السیر در نظر گرفته‌شده است که با توجه به مدل به دنبال انتخاب کمترین آلاینده محیطی هستیم.
- ریسک (R_w) از احتمال وقوع یک پیشامد ناخواسته ضرب‌در تأثیر آن پیشامد محاسبه گشته شده است. احتمال وقوع پیشامد با بررسی همه فاکتورهای به وجود آورنده آن تخمین زده می‌شود. همچنین از داده‌های گذشته، دانش خبرگان در محاسبه این احتمالات می‌تواند استفاده نمود. برای محاسبه تأثیر پیشامد ریسک نیز می‌توان از

1. Push Strategy
2. Make-to-stock

داده‌های گذشته، دانش خبرگان و تکنیک‌های شبیه‌سازی بهره جست. برای جزئیات بیشتر می‌توان به مقاله اکلان و لم (۲۰۱۵) مراجعه نمود.

پارامترها، اندیس‌ها و متغیرهای مورداستفاده در مدل‌سازی در قسمت بعدی شرح داده‌شده است. سپس، به معرفی مدل پیشنهادی خواهیم پرداخت.

اندیس‌ها و مجموعه‌ها

P محصول جدید با اندیس p

S مجموعه تأمین کنندگان با اندیس s

L مجموعه تولید کنندگان با اندیس l

R مجموعه نواحی تقاضا با اندیس r

K مجموعه مواد خام با اندیس k

M نوع حمل و نقل که دو نوع سریع السیر $m=1$ و معمولی $m=2$ می‌باشد

X مجموعه کارخانه‌ها و نواحی تقاضا با اندیس x

W مجموعه ریسک‌ها با اندیس w

Ω_L مجموعه استراتژی‌های پاسخگو با اندیس Ω

ϑ مجموعه اتصالات حمل و نقل $\vartheta \subseteq (S \cup L)\times(L \cup R)\times M$

δ_θ مدت حمل و نقل از طریق اتصال $\theta\in\vartheta$

اسکالر

B بودجه تخصیص داده شده برای ریسک ها

π^{cap} هزینه سرمایه

پارامترها

پارامترهای مربوط به ریسک

R'_w مقدار کاهش در ریسک w بعد از اجرای استراتژی پاسخگوی Ω

R_w سطح ریسک w قبل از اجرای استراتژی‌های پاسخگو

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

R_w^* مقدار هدف هر ریسک

قیمت‌ها و هزینه‌ها

$\pi_{p,r}^{sell}$ قیمت فروش محصول جدید p در ناحیه r

$\pi_{i,x}^{store}$ هزینه ذخیره هر واحد i که $i \in \{k, p\}$ است در $x \in L \cup R$

$\pi_{s,l,m}^{trans}$ هزینه حمل و نقل از مرکز تأمین s به کارخانه l با حمل و نقل نوع

$\pi_{l,r,m}^{trans}$ هزینه حمل و نقل از کارخانه l به ناحیه تقاضای r با حمل و نقل نوع

$\pi_{k,s}^{raw}$ هزینه ماده خام k در مرکز تأمین s

$\pi_{p,l}^{conv}$ هزینه تولید محصول جدید p در کارخانه l

$c_{\square}$ هزینه اجرای استراتژی Ω

ظرفیت‌ها

$\mu_{k,s}^{raw}$ حداقل مقدار سفارش‌دهی ماده خام k از تأمین کننده s

$cap_{k,s}^{raw}$ ظرفیت تولید ماده خام k در تأمین کننده s

$\mu_{p,l}^{conv}$ حداقل مقدار تولید کالای جدید p در کارخانه l

$cap_{p,l}^{conv}$ ظرفیت تولید محصول جدید p در کارخانه l

تقاضا

$d_{p,r,t}$ تقاضای محصول جدید p در ناحیه تقاضای r

ساختار محصول

$\varphi_{k,p}$ مقدار ماده خام k که برای تولید محصول جدید p مورد استفاده قرار می‌گیرد.

پارامترهای آلایندگی

$\tau_{i,\theta}^{trans}$ آلایندگی که توسط ارسال یک واحد $i \in \{k, p\}$ با اتصال $e \in \vartheta$ ایجاد می‌شود.

$\tau_{i,x}^{store}$ آلایندگی که توسط ذخیره‌سازی یک واحد $i \in \{k, p\}$ در مکان $x \in L \cup R$ ایجاد می‌شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

متغیرها

متغیرهای هزینه

c_t^{store} هزینه ذخیره‌سازی در دوره t

c_t^{trans} هزینه حمل و نقل در دوره t

c_t^{raw} هزینه ماده خام در دوره t

c_t^{conv} هزینه تولید محصول در دوره t

c_t^{risk} هزینه کلی ریسک در دوره t

متغیرهای تصمیم

$q_{p,r,t}^{sales}$ مقدار فروش محصول جدید p در ناحیه تقاضای r در دوره t

$q_{i,x,t}^{store}$ مقدار ذخیره $i \in \{k, p\}$ در مکان $x \in L \cup R$ در دوره t

$q_{k,(s,l),m,t}^{trans}$ مقدار حمل و نقل ماده خام k از تأمین کننده s به کارخانه l با حمل و نقل نوع m در دوره t

$q_{p,(l,r),m,t}^{trans}$ مقدار حمل و نقل محصول جدید p از کارخانه l به مرکز توزیع r با حمل و نقل نوع m در دوره t

$q_{k,s,t}^{raw}$ مقدار ماده خام خریداری شده k که از تأمین کننده s در دوره t خریداری می‌شود

$q_{p,l,t}^{conv}$ مقدار تولید محصول جدید p در کارخانه l در دوره t

$q_{p,r,t}^{lost}$ مقدار فروش از دست رفته محصول جدید p در ناحیه تقاضای r در دوره t

$q_{i,x,t-1}^{store}$ میزان ذخیره ماده $i \in \{k, p\}$ در مکان $x \in L \cup R$ در دوره قبلی

متغیرهای تصمیم دودویی

$$z_{\Omega} = \begin{cases} 1 & \text{اگر استراتژی } \Omega \text{ انتخاب شود} \\ 0 & \text{در غیر اینصورت} \end{cases}$$

$$y_{s,t}^{raw} = \begin{cases} 1 & \text{اگر تامین کننده } s \text{ در دوره } t \text{ انتخاب شود} \\ 0 & \text{در غیر اینصورت} \end{cases}$$

$$y_{p,l}^{conv} = \begin{cases} 1 & \text{اگر کارخانه } l \text{ محصول } p \text{ را تولید کند} \\ 0 & \text{در غیر اینصورت} \end{cases}$$

۲-۱. مدل پیشنهادی

طبق آنچه که در بخش‌های قبل بیان گردید مدل پیشنهادی از سه تابع هدف تشکیل‌شده است که عبارت‌اند از: تابع هدف مالی که به دنبال حداکثرسازی سود اقتصادی،تابع هدف آلایندگی که به دنبال کاهش میزان آلودگی ایجادشده و تابع هدف ریسک که به حداکثرسازی میزان کاهش ریسک می‌پردازد و به ترتیب به‌صورت زیر می‌باشند:

$$\max \quad Pr = \sum_{t\in T}\sum_{r\in R}\pi_{p,r}^{sell} q_{p,r,t}^{sales} - (c_t^{store} + c_t^{trans} + c_t^{raw} + c_t^{conv} + c_t^{risk}) \tag{1}$$

$$Min \quad EMIS = \sum_{t\in T}\sum_{i\in\{k,p\}}\sum_{\theta\in\vartheta}\tau_{i,\theta}^{trans}.q_{i,\theta,t}^{trans} + \sum_{t\in T}\sum_{i\in\{k,p\}}\sum_{x\in L\cup R}\tau_{i,x}^{store}.q_{i,x,t}^{store} \tag{2}$$

$$Max \quad Risk\left(reduction\right) = \sum_{w=1}^{W}\sum_{\Omega=1}^{\Omega_L}\left(\frac{R_{w\Omega}^{'} z_{\Omega}}{R_w}\right) \tag{3}$$

محدودیت‌های تشکیل‌دهنده مدل پیشنهادی به‌صورت زیر نمایش داده می‌شوند

$$c_t^{store} = \sum_{i\grave{o}\{k.p\}}\sum_{x\grave{o}L\cup R}\pi_{i.x}^{store}.q_{i.x.t}^{store} \qquad \forall t\grave{o}T \tag{4}$$

$$c_t^{trans} = \sum_{i\grave{o}\{k.p\}}\sum_{\theta\grave{o}\vartheta}\pi_{\theta}^{trans} q_{i.\theta.t}^{trans} \qquad \forall t\grave{o}T \tag{5}$$

$$c_t^{raw} = \sum_{k\grave{o}K}\sum_{s\in S}\pi_{k,s}^{raw} q_{k,s,t}^{raw} \qquad \forall t\grave{o}T \tag{6}$$

$$c_t^{conv} = \sum_{p\grave{o}P}\sum_{l\in L}\pi_{p,l}^{conv} q_{p,l.t}^{conv} \qquad \forall t\grave{o}T \tag{7}$$

$$c_t^{risk} = \sum_{\Omega}(z_{\Omega}c_{\Omega})/365 \qquad \forall t\grave{o}T \tag{8}$$

$$\mu_{k,s}^{raw}.y_{s,t}^{raw} \le q_{k,s,t}^{raw} \qquad \forall t\in T, s\grave{o}S, k\in K \tag{9}$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

$$q^{raw}_{k,s,t} \le CAP^{raw}_{k,s} \cdot y^{raw}_{s,t} \qquad \forall t \in T, s \grave{o} S, k \in K \qquad (10)$$

$$\mu^{conv}_{p,l} \cdot y^{conv}_{p,l} \le q^{conv}_{p,l,t} \qquad \forall p \in P, l \in L, t \in T \qquad (11)$$

$$q^{conv}_{p,l,t} \le CAP^{conv}_{p,l} \cdot y^{conv}_{p,l} \qquad \forall t \in T, l \in L, p \in P \qquad (12)$$

$$q^{raw}_{k,s,t} = \sum_{l \grave{o} L} \sum_{(s,l,m) \in \vartheta} q^{trans}_{k,(s,l),m,t} \qquad \forall k \grave{o} K, s \grave{o} S, t \in T \qquad (13)$$

$$q^{store}_{p,l,t} = q^{store}_{p,l,t-1} + q^{conv}_{p,l,t} - \sum_{r \in R} \sum_{(l,r,m) \in \vartheta} q^{trans}_{p,(l,r),m,t} \qquad \forall l \in L, t \in T \qquad (14)$$

$$q^{store}_{p,r,t} = q^{store}_{p,r,t-1} - q^{sales}_{p,r,t} + \sum_{l \in L} \sum_{\theta \in \vartheta} q^{trans}_{p,\theta,t-\delta_\theta} \qquad \forall r \in R, t \in T \qquad (15)$$

$$q^{store}_{k,l,t} = q^{store}_{k,l,t-1} - \sum_{p \grave{o} P} \varphi_{k,p} \cdot q^{conv}_{p,l,t} + \sum_{s \in S} \sum_{\theta \in \vartheta} q^{trans}_{k,\theta,t-\delta_\theta} \qquad \forall t \in T, l \in L, k \grave{o} K \qquad (16)$$

$$q^{sales}_{p,r,t} + q^{lost}_{p,r,t} = d_{p,r,t} \qquad \forall r \in R, t \in T \qquad (17)$$

$$\sum_{\Omega=1}^{\Omega_L} z_\Omega c_\Omega \le B \qquad (18)$$

$$R_w - \sum_{\Omega \in \Omega_L} \left(R'_{w\Omega} \cdot z_\Omega \right) \le R^*_w \qquad \forall w \in W \qquad (19)$$

$$\sum_{\Omega \in \Omega_L} R'_{w\Omega} \cdot z_\Omega \ge 0 \qquad \forall w \in W \qquad (20)$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

محدودیت‌های (۴) تا (۸) به ترتیب بیانگر هزینه‌های ذخیره‌سازی، حمل‌ونقل، خرید ماده خام، هزینه تولید محصول جدید و هزینه‌های کاهش ریسک می‌باشند. به علت اینکه هزینه‌ها در مدل‌سازی برحسب واحد روزانه مورداستفاده قرارگرفته‌اند اما انتخاب استراتژی‌های پاسخگو به ریسک سالانه انتخاب می‌گردد بنابراین مجموع هزینه این استراتژی‌ها بر عدد ۳۶۵ تقسیم‌شده است.

میزان حداقل و حداکثر مقدار انباشته‌ای که می‌توان از طرف مرکز تأمین خرید و میزان

حداقل و حداکثر تولید در کارخانه به ترتیب در محدودیت‌های (۹) تا (۱۲) نشان داده شده است. با توجه به فرض نمودن استراتژی فشار در جریان مواد محدودیت (۱۳) بیانگر انتقال مقادیر تولیدشده در طرف تأمین به کارخانه‌ها و محدودیت (۱۴) بیانگر انتقال محصول تولیدشده جدید از کارخانه به مراکز توزیع می‌باشند. محدودیت‌های (۱۵) و (۱۶)به ترتیب نشان‌دهنده قابلیت ذخیره‌سازی محصول نهایی برای یک مدت در کارخانه و تعادل مواد برای محصول نهایی و مواد اولیه می‌باشند. محدودیت (۱۷) بیانگر فروش‌ها و مقادیر فروش ازدست‌رفته در صورت عدم ارضا تقاضا می‌باشد. محدودیت (۱۸) محدودیت بودجه را برای هزینه‌های کاهش ریسک نشان می‌دهد.محدودیت (۱۹) بیانگر این است که حداکثر مقادیر نهایی ریسک باید کمتر یا مساوی با مقدار هدف در نظر گرفته شده برای ریسک‌ها بعد از اجرای استراتژی‌های پاسخگو باشد. محدودیت (۲۰) نشان‌دهنده غیر منفی بودن کاهش کلی سطح ریسک می‌باشد

۲-۲. روش حل پیشنهادی

از روش معیار جامع جهت حل مدل بهینه‌سازی پیشنهادی استفاده‌شده است. روش معیار جامع با جایگزینی یک هدف بجای چند هدف به دنبال کاهش میزان انحراف هر تابع هدف از مقدار بهینه آن، بدون در نظر گرفتن دیگر توابع هدف، می‌باشد. در تحقیق حاضر معیار جامع وزن‌دهی شده نرمال شده مورداستفاده قرارگرفته است. به‌منظور نمایش سه تابع هدف با درجه اهمیت مختلف از وزن‌های $(w_{Pr}, w_{risk}, w_{EMIS})$ استفاده‌شده است. تابع هدف معیار جامع به‌صورت زیر می‌باشد:

$$MAX\ Z' = w_{Pr}\cdot\frac{Pr - Pr^{min}}{Pr^{max} - Pr^{min}} + w_{risk}\cdot\frac{risk - risk^{min}}{risk^{max} - risk^{min}} + w_{EMIS}\cdot\frac{EMIS^{max} - EMIS}{EMIS^{max} - EMIS^{min}} \quad (۱۹)$$

$X^{\min}$ و X^{max} که $X \in \{Pr, Risk, EMIS\}$ نشان دهنده حداقل و حداکثر مقدار X در ماتریس بازده می‌باشد. ماتریس بازده یک ماتریس $n \times n$ است که عنصر (i,j) نشان دهنده مقدار تابع هدف j با بهینه کردن تابع هدف i می‌باشد.

۳. نتایج محاسباتی

۳-۱. کارایی مدل پیشنهادی

پس از معرفی مدل پیشنهادی، لازم است ابتدا کارایی مدل ارائه‌شده مورد ارزیابی قرار گیرد. بدین منظور کارایی مدل توسط یک مسئله نمونه در صنعت محصولات مصرفی پرگردش مورد بررسی قرارگرفته است. مسئله مورد بررسی یک زنجیره‌تأمین سه لایه شامل شش تأمین‌کننده ماده خام، سه کارخانه تولیدی و نه مرکز توزیع می‌باشد که قابلیت تولید محصول جدید را با استفاده از تسهیلات موجود و چهار ماده خام تولیدی دارا می‌باشد. گام‌های اولیه جهت مدل‌سازی مسئله فوق به‌صورت زیر می‌باشد:

۱. شناسایی و اندازه‌گیری ریسک‌های NPD در زنجیره موردنظر.
۲. معرفی استراتژی‌های پاسخگو جهت مقابله با هر یک از ریسک‌ها.
۳. تعیین احتمال وقوع هر ریسک و میزان کاهش عددی ریسک بعد از اجرای استراتژی‌های پاسخگو توسط خبرگان در حوزه مربوطه.

ریسک‌ها و استراتژی‌های پاسخگو مربوط به هر ریسک در جدول (۲) نمایش داده‌شده است.

برخی از ریسک‌های مربوط به NPD و استراتژی‌های مناسب پاسخگوی آن‌ها در صنعت محصولات مصرفی، با مصاحبه از خبرگان صنایع مختلف و همچنین مطالعه مقالات در حوزه ریسک محصولات جدید اقتباس گشته که توسط جدول (۲) نشان داده‌شده است. در خصوص ریسک مربوط به پذیرش مشتریان که اشاره به استقبال مشتریان از محصول جدید دارد، جهت‌گیری فعال بازاریابی[1] از استراتژی‌هایی است که برای کاهش این ریسک می‌توان به کار گرفت. در جهت‌گیری فعال بازاریابی، باهدف ارائه راه‌حل‌های مناسب و رضایت‌بخش، تلاش می‌شود تا نیازهای نهفته مشتریان شناسایی و درک گردد. شرکت‌هایی که دارای گرایش بازار فعال هستند توانایی بهتری در شناسایی، تمایزگذاری و درک نیازهای پنهان و آشکار مشتریان را دارند و همچنین می‌توانند ریسک عدم انطباق تکنولوژی و نیازهای مشتریان را کاهش داده و به‌سرعت به سیگنال‌های بازار برای بهبود احتمال موفقیت NPD واکنش نشان دهند. استراتژی‌های بازاریابی برای کاهش ریسک اشاره به استفاده از ابزارهای

1. Proactive Marketing Orientation

مختلف مانند وب‌سایت، ارسال ایمیل، بازاریابی دهان‌به‌دهان، رسانه‌های اجتماعی و ... دارد که از آن‌ها می‌توان جهت معرفی محصول جدید بهره برد.انتخاب درست هر استراتژی می‌تواند میزان ریسک عدم پذیرش محصول جدید توسط مشتریان را کاهش دهد. در خصوص چرخه عمر محصول باید در نظر داشت که هر محصول جدیدی چهار دوره معرفی، رشد، بلوغ و افول را می‌گذراند که مدیران برای این ریسک می‌توانند به دنبال طراحی و معرفی یک محصول جدید به‌عنوان استراتژی پاسخگوی به این ریسک باشند. برای مقابله با ریسک مشکلات کیفیتی، استراتژی پاسخگوی برنامه پیشرفته کیفیت محصول[1] (APQP) ابزار بسیار مناسبی است. پیچیدگی محصولات و زنجیره‌های تأمین، منجر به افزایش احتمال عدم موفقیت راه‌اندازی محصولات جدید می‌گردد. APQP یک فرایند ساختاری است که به‌منظور اطمینان از رضایت مشتری از محصولات یا فرآیندهای جدید انجام می‌گردد. هدف APQP تسهیل ارتباط بین تیم طراحی و بقیه سازمان بوده و روشی کاملاً کاربردی است، بنابراین تیم‌ها می‌توانند به‌منظور طراحی محصولی مطابق با انتظارات مشتری با حداقل هزینه و نیروی کار باهم همکاری نمایند. در صورت بروز مشکل، در مراحل اولیه شناسایی می‌شوند، درحالی‌که هزینه تغییر یا رفع آن‌ها کمترین میزان ممکن را دارد. این امر باعث کاهش کلی هزینه‌های چرخه عمر طراحی، تولید و پشتیبانی از یک محصول می‌گردد.اغلب هزینه‌های طراحی زودتر انجام می‌شود،اما هزینه‌های تولید و پشتیبانی بسیار کمتر است.

جدول ۲- ریسک‌ها و استراتژی‌های پاسخگو به آن‌ها

ریسک‌ها	استراتژی پاسخگو به ریسک‌ها
۱. پذیرش مشتریان	۱. انتخاب استراتژی‌های درست بازاریابی(کانال بازاریابی سازمان‌دهی شده) ۲. جهت‌گیری فعال بازاریابی ۳. برند سازی ۴. تبلیغات
۲. چرخه عمر محصول	۱. طراحی و معرفی یک محصول جدید

1. Advanced product quality planning

ریسک‌ها	استراتژی پاسخگو به ریسک‌ها
۳ . رقیبان	۱. کاهش قیمت تمام‌شده ۲. تولید ناب ۳. استفاده از آفرهای فروش
۴. پیش‌بینی ناصحیح	۱. تحقیقات بازار
۵. مشکلات توزیع برق	۱. خرید ژنراتور
۶. مشکلات تأمین‌کنندگان	۱. نظارت بر تأمین‌کننده ۲. ارتقای دانش تأمین‌کنندگان ۳. تأمین‌کننده افزونه
۷. کنسل شدن سفارشات	۱. جستجو در هر دوره برای یافتن مشتری‌های جدید (به ازای یک درصد کنسلی سفارشات در هر دوره باید ماهی یک درصد توزیع‌کننده جدید بیابیم)
۸. مشکلات کیفیتی	۱. APQP ۲. ایزو
۹. ریسک تغییر درآمدی	۱. تحقیقات بازار ۲. طرح توجیهی
۱۰. حوادث طبیعی	۱. بیمه ۲. افزودن تجهیزات

پارامترهای مورداستفاده در مدل‌سازی مسئله، به‌صورت قطعی در نظر گرفته‌شده و توسط تابع توزیع یکنواخت به‌صورت تصادفی تولید گشته که توسط جدول ۳ نمایش داده‌شده است.

جدول ۳- مقادیر پارامترهای ورودی

پارامتر	بازه مربوط به هر پارامتر
$\mu_{k,s}^{raw}$	(0,100000)
$cap_{p,l}^{conv}$	(15000,150000)
$cap_{k,s}^{raw}$	(0,500000)

$\pi_{i,x}^{store}$	(0,0.25)
$\pi_{k,s}^{raw}$	(0,3.2)
$\varphi_{k,p}$	(0,0.9)
$\pi_{s,l,m}^{trans}, \pi_{l,r,m}^{trans}$	اگر m=1 باشد...(0.3,0.5) اگر m=2 باشد...(0.1,0.2)
c_{Ω}	(100000,400000)
$\tau_{i,x,m=1}^{store}$	(0.0001,0.0003)
$\tau_{i,x,m=2}^{store}$	(0.0004,0.0007)
$\tau_{i,\theta,m=1}^{trans}$	(0.0005,0.0008)
$\tau_{i,\theta,m=2}^{trans}$	(0.0007.0.002)
R_w	(0.25,0.33)
$R_{w\,\Omega}^{'}$	(0,0.06)
$\pi_{p,l}^{conv}$	(0.19,2.2)
$\pi_{p,r}^{sell}$	(4.45,10.6)
$\mu_{p,l}^{conv}$	(3000,200000)
$d_{p,r,t}$	(5000,100000)
W	10
Ω_L	20
B	$3000,000
R_w^*	0.199

نتایج حاصل از حل مدل برای مسئله فوق توسط جداول(۴) تا (۱۲)نمایش داده‌شده است. لازم به توضیح است که مسئله برای یک دوره حل شده است و تنها محصول این زنجیره، محصول جدید می‌باشد.

جدول ۴- مقادیر بهینه فروش محصول جدید در نواحی تقاضا ($q_{p,r,t}^{sales}$)

متغیرها	مقادیر بهینه
r_1	۷۲۹۰٫۰۰
r_2	۳۱۳۵۰
r_3	۴۱۸۲۰
r_4	۱۰۴۲۵۰
r_5	۲۰۶۸۵٫۰۰
r_6	۵۲۲۶۰

جدول ۵- مقادیر بهینه ذخیره مواد اولیه و محصول نهایی

ماده خام	توزیع‌کننده	تولیدکننده	مقادیر بهینه
۱	-------	۱	۸۶۴۶۴٫۳
۲	-------	۱	۵۸۳٫۵۰
۳	-------	۱	۱۵۷۰٫۵۰
۴	-------	۱	۱۸۱۷٫۲
۱	-------	۲	۵۸۳٫۵۰
۲	-------	۲	۲۵۸۳۰٫۷۰
۳	-------	۲	۳۲۳۵۰
۴	-------	۲	۱۵۱۷٫۲
-------	۱	-------	۴۲۸۲۰
-------	۲	-------	۱۰۴۲۵۰
-------	۳	-------	۲۴۳۶۹٫۱۰
-------	۴	-------	۵۴۳۶٫۲

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

ماده خام	توزیع‌کننده	تولیدکننده	مقادیر بهینه
-------	۵	-------	۹۸۷۶۸
-------	۶	-------	۸۹۷۶۵۰
-------	۷	-------	۴۲۸۲۰
-------	۸	-------	۱۰۴۲۵۰

جدول ۶- مقادیر حمل‌ونقل محصول نهایی از کارخانه‌ها به مراکز توزیع

نوع حمل‌ونقل	تولیدکننده	توزیع‌کننده	مقادیر بهینه
۱	۱	۱	۳۱۲۳۰
۱	۱	۲	۱۵۳۵۰
۱	۱	۳	۱۲۲۶۵,۰۰
۱	۱	۵	۰۵+۱,۰۴E
۱	۱	۷	۸۴۶۰
۱	۱	۸	۲۰۲۶۰
۲	۱	۱	۴۳۲۰۸
۲	۱	۲	۱۷۸۹۰
۲	۱	۳	۳۴۵۶۲
۲	۱	۵	۸۷۶
۲	۱	۷	۵۶۷۴۳
۲	۱	۸	۴۵۳۲۰
۱	۲	۳	۱۱۸۲۰
۱	۲	۵	۳۲۶۲۵
۱	۲	۷	۰۴+۱,۲۲E

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

نوع حمل‌ونقل	تولیدکننده	توزیع‌کننده	مقادیر بهینه
۱	۲	۸	۰۴+۵,۲۳E
۲	۲	۳	۳۶۷۵۴
۲	۲	۵	۱۰۶۷۸۵
۲	۲	۷	۸۷۶۵۷
۲	۲	۸	۵۶۷۴۳۱

جدول ۷- مقادیر حمل‌ونقل از تأمین‌کنندگان به کارخانه‌ها

نوع حمل	ماده اولیه	کارخانه	تأمین‌کننده	مقادیر بهینه
۲	۱	۱	۱	۴۶۳۲
۲	۱	۲	۱	۳۷۰۰۰
۲	۱	۱	۲	۲۱۷۵
۱	۱	۱	۳	۹۵۷۶۰
۲	۲	۱	۴	۶۹۷,۷
۲	۲	۲	۴	۱۱۷۰,۵
۲	۳	۱	۶	۸۰۵۴,۱۷
۲	۴	۱	۶	۱۴۴۵
۲	۱	۱	۱	۲۶۵۸
۱	۱	۲	۱	۴۵۷۲۱
۱	۱	۱	۲	۱۹۸۶۷۵
۲	۱	۲	۲	۱۹۷۶۰
۲	۱	۲	۳	۳۴۲۱۷۰
۱	۲	۲	۴	۱۲۱۰
۲	۲	۱	۵	۱۸۰۰

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

نوع حمل	ماده اولیه	کارخانه	تأمین‌کننده	مقادیر بهینه
۲	۳	۲	۶	۹۶۹۸۶
۲	۴	۲	۶	۵۶۳۱۰

جدول ۸- مقادیر بهینه خرید از تأمین‌کننده‌ها و تولید در کارخانه‌ها

ماده خام	تأمین کننده	مقادیر بهینه تأمین	کارخانه	مقادیر بهینه تولید
۱	۱	۲۳۷۰۰۰	۱	۱۰۵۲۵۰
۱	۲	۱۷۰۰۰۰	۲	۱۰۳۱۶۵
۱	۳	۳۱۲۷۴۲,۳	------	------
۲	۴	۶۲۰۸,۹	------	------
۲	۵	۲۴۹۹,۷	------	------
۳	۶	۶۹۵۰۰	------	------
۴	۶	۴۹۰۰	------	------

جدول ۹- مقادیر فروش از دسته رفته در مراکز توزیع

توزیع‌کننده	مقادیر بهینه فروش ازدست‌رفته
۴	۱۵۴۱۰
۶	۷۳۶۰۰
۷	۵۶۸۷۰
۸	۵۵۱۵۰

پس از اجرای مدل پیشنهادی از بین استراتژی‌های پاسخگو به جز استراتژی‌های ۱۵، ۹، ۸، ۶، ۴، ۳ مابقی انتخاب شدند. نتایج بیانگر عدم صرفه اقتصادی تولید در مرکز تولیدی ۳ و عدم مناسب بودن مراکز توزیع ۹،۶،۴ می‌باشد. جدول (۱۰) مقادیر بهینه توابع هدف و وزن‌هایی که طبق نظر خبرگان به توابع هدف تخصیص‌یافته‌اند نشان می‌دهد.

جدول ۱۰- مقادیر بهینه توابع هدف و وزن‌های مربوطه

توابع هدف	وزن تابع هدف	مقادیر بهینه توابع هدف
Pr	۰٫۸	۷۹۷۶۸۶۶٫۷۸
Risk	۰٫۱۵	۵٫۹۷۴
EMIS	۰٫۰۵	۸۲۰٫۷

۳-۲. تحلیل حساسیت مدل پیشنهادی

به‌منظور اعتبار سنجی مدل پیشنهادی به تحلیل حساسیت آن پرداخته‌شده است. به‌این منظور به بررسی رفتار مدل با تغییر برخی از پارامترهای مهم نظیر پارامتر مالی و ظرفیت تولید مواد اولیه در مسئله نمونه معرفی‌شده در بخش قبل، پرداخته شده است. لازم به ذکر است از میزان تغییرات ۲۰ درصد برای پارامتر بودجه تخصیص‌یافته به استراتژی‌های پاسخگوی ریسک در این تحلیل حساسیت استفاده‌شده است. جدول (۱۱) نتایج حاصل از تحلیل حساسیت انجام‌شده را نمایش می‌دهد.

جدول ۱۱- نتایج حاصل از تغییرات بودجه تخصیصی جهت کاهش ریسک‌های تولید محصول جدید

کارخانه منتخب تولید محصول جدید	استراتژی انتخاب‌نشده	تابع هدف آلایندگی	تابع هدف ریسک	تابع هدف سود	بودجه تخصیصی
۱,۲	۲,۴,۶,۷,۹,۱۱,۱۳,۱۶,۱۷	۹۸۶٫۸	۴٫۹۱	۷۸۰۷۹۹۹٫۰۳۶	$۲,۴۰۰,۰۰۰
۱,۲	۳,۴,۶,۸,۹,۱۵	۸۲۰٫۷	۵٫۹۷	۷۹۷۶۸۶۶٫۷۸	$۳,۰۰۰,۰۰۰
۱,۲	۴,۷,۱۵	۸۹۰٫۶	۶٫۷۳	۷,۹۹۳,۵۳۲,۲۳	$۳,۶۰۰,۰۰۰

طبق نتایج جدول (۱۱) با افزایش بودجه تخصیصی به مدیریت ریسک‌ها میزان سود و مقدار ریسک بهبود می‌یابند اما به علت افزایش میزان حمل‌ونقل و ذخیره ناشی از افزایش تولید، میزان آلایندگی افزایش می‌یابد. همچنین افزایش میزان بودجه تخصیصی منجر به افزایش تعداد استراتژی‌های پاسخگوی منتخب می‌گردد. همان‌طور که مشاهده می‌شود تولید محصول جدید در کارخانه سوم مقرون‌به‌صرفه نمی‌باشد.

حال با ثابت در نظر گرفتن بودجه تخصیصی به مدیریت ریسک به میزان ۳،۰۰۰،۰۰۰ دلار به بررسی رفتار مدل با تغییر پارامتر ظرفیت تأمین مواد اولیه تأمین‌کنندگان پرداخته‌شده است. نتایج حاصل توسط جدول(۱۲) نمایش داده‌شده است.

جدول ۱۲- نتایج تغییر ظرفیت تأمین‌کنندگان بر متغیرهای مدل

میزان فروش از دست رفته در نواحی تقاضا	کارخانه منتخب تولید محصول جدید	تابع هدف آلایندگی	تابع هدف ریسک	تابع هدف سود	میزان ظرفیت تأمین مواد خام
ناحیه ۴ به میزان۵۴۰۱۰	۱،۲،۳	۸۴۷،۲	۵،۹۷	۸،۵۲۳،۳۰۵،۰۱۵	با افزایش ۲ برابری ظرفیت تأمین‌کنندگان ۳،۲،۱

پیش از افزایش ظرفیت تأمین مواد اولیه از تأمین‌کنندگان و بر طبق نتایج جدول (۹) میزان فروش ازدست‌رفته در نواحی ۹،۷،۶،۴ بالا می‌باشد. حال طبق نتایج جدول (۱۲) افزایش ظرفیت تأمین‌کنندگان مواد خام، منجر به بهبود قابل‌توجهی در میزان سود، ریسک و فروش ازدست‌رفته گردیده است که نهایتاً موجب افزایش رضایت مشتریان خواهد شد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در محیط رقابتی امروزه، توسعه محصول جدید یکی از عوامل موفقیت سازمان‌ها بشمار می‌رود.ازآنجاکه توسعه محصول جدید منجر به پیکره‌بندی مجدد زنجیره‌تأمین گشته و با ریسک‌های بسیار زیادی همراه است همچنین به علت گرم شدن کره زمین ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای توسط واحدهای صنعتی زنجیره‌تأمین توجه به مسائل زیست‌محیطی در کنار سایر اهداف در پیکربندی زنجیره ضروری می‌نماید. با توجه به موارد ذکرشده تحقیق حاضر، به مدل‌سازی ریسک در پیکره‌بندی زنجیره‌تأمین به هنگام توسعه محصول جدید و با توجه به فاکتورهای محیطی و مالی می‌پردازد. زنجیره‌تأمین موردبررسی یک زنجیره چندلایه، چند منبعی است که به شناسایی بهترین استراتژی‌های مدیریت ریسک‌های شناسایی‌شده و

نیز اتخاذ تصمیمات فنی، استراتژیکی و عملیاتی بهینه می‌پردازد. مدل پیشنهادی یک مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط (MILP) با پارامترهای قطعی می‌باشد. به علت کوتاه شدن چرخه عمر محصولات و افزایش فشار وارده برای نوآوری در محصول ناشی از افزایش رقابت و انتظارات مشتری به تولیدکنندگان صنایع مصرفی پر گردش، کارایی مدل پیشنهادی با ایجاد یک مسئله نمونه در این صنعت مورد ارزیابی قرارگرفته است. همچنین به‌منظور اعتبارسنجی مدل پیشنهادی از تحلیل حساسیت پارامترهای مدل استفاده‌شده است. آنالیز حساسیت انجام‌شده اثر تغییرات پارامترهای مختلف را روی متغیرهای تصمیم و توابع هدف نشان می‌دهد. با توجه به خروجی‌ها مشخص شد که با افزایش ظرفیت تولید مواد اولیه در تأمین‌کنندگان و همچنین کاهش هزینه‌های تولید، بهبود زیادی در دو تابع هدف ریسک و سود مشاهده می‌شود. نتایج حاصل از ارزیابی، بیانگر توانایی زنجیره‌تأمین پیکربندی‌شده توسط مدل پیشنهادی جهت توسعه محصول جدید قابلیت کاربرد آن در مسائل واقعی و کاربردی می‌باشد. توسعه زنجیره در ابعاد بزرگ‌تر، در نظر گرفتن عدم قطعیت برخی از پارامترهای مدل نظیر تقاضا یا ظرفیت تأمین‌کنندگان، همبستگی میان ریسک‌ها و بررسی فاکتورهای دیگر نظیر رضایت مشتریان یا پایداری در مدل‌سازی پیشنهادهایی جهت تحقیقات آتی می‌باشند.

منابع

Afrouzy, Z. A., & al., e. (2016). “A fuzzy stochastic multi-objective optimization model to configure a supply chain considering new product development”. Applied Mathematical Modelling, 40(17-18) pp. 7545-75.

Afrouzy, Z. A., Nasseri, S. H., & Mahdavi, I. (2016). “A genetic algorithm for supply chain configuration with new product development”. Computers & Industrial Engineering, 101, pp. 440-454.

Amini, M., & Li., H. (2011). “Supply chain configuration for diffusion of new products: an integrated optimization approach”. Omega, 39, 313-322.

Aqlan, F., & Lam, S. S. (2015). “A fuzzy-based integrated framework for supply chain risk assessment”. International Journal of Production Economics, 161, 54-63.

Aqlan, F., & Lam, S. S. (2016). “Supply chain optimization under risk and uncertainty: A case study for high-end server manufacturing”. Computers & Industrial Engineering, 78-87.

Brandenburg, M. (2015). “Low carbon supply chain configuration for a new product-a

goal programming approach". International Journal of Production Research, 53(21), pp.6588-6610.

Brandenburg, M. (2017)." A hybrid approach to configure eco-efficient supply chains under consideration of performance and risk aspects". Omega, 70, pp. 58-76.

Fourt, L. A., & Woodlock, J. W. (1960). "Early prediction of market success for new grocery products". The Journal of Marketing, 31-38.

Gaur, J., Amini, M., & Rao, A. K. (2017). "Closed-loop supply chain configuration for new and reconditioned products: An integrated optimization model". Omega, 212-223

Graves, S. C., & Willems, S. P. (2005). "Optimizing the supply chain configuration for new products". Management Science, 51(8),pp. 1165-1180.

Heckmann, I., Comes, T., & Nickel, S. (2015). "A critical review on supply chain risk definition, measure and modeling". Omega , 521119-32.

Jafarian, M., & Bashiri, M. (2014). "Supply chain dynamic configuration as a result of new product development". Applied Mathematical Modelling, 38(3), pp. 1133-1146.

Jahani, H., Abbasi, B., & Alavifard, F. (2017). "Supply chain network reconfiguration in new products launching phase". 2017 IEEE International Conference on. (pp. 95-99). IEEE.

Juneja, P. (2008). "Product Development Process - Developing New Market Offerings". https://www.managementstudyguide.com/product-development-rocess.htm.

Kayis, B., Arndt, G., Zhou, M., & Amornsawadwatana, S. (2007)." A risk mitigation methodology for new product and process design in concurrent engineering projects". CIRP Annals-Manufacturing Technology, 56(1)167-170.

Khojasteh-Ghamari, Z., & Takashi, I. (2018). "Supply Chain Risk Management: A Comprehensive Review". (pp. 3-22). Singapore: Springer.

Klibi, W., Martel, A., & Guitoni, A. (2010). "The design of robust value-creating supply chain networks: a critical review". European Journal of Operational Research, 2031283.

Li, H., & Amini., M. (2012). "A hybrid optimization approach to configure a supply chain for new product diffusion: a case study of multiple-sourcing strategy". International Journal of Production Research, 3152-3171.

Markham, S. K., & Lee, H. (2013). "Product Development and Management Association's 2012 Comparative Performance Assessment Study". Journal of Product Innovation Management, 408-429.

Mu, J., Peng, G., & MacLachlan, D. L. (2009). "Effect of risk management strategy on NPD performance". Technovation, 170-180.

Nepal, B., Monplaisir, L., & Oluwafemi, F. (2011). "A multi-objective supply chain configuration model for new products." International Journal of Production Research. 7107-7134.

Peidro, D., Mula, J., Poler, R., & Lario, F. C. (2009).” Quantitative models for supply chain planning under uncertainty: a review”. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 43(3-4), pp. 400-420.

Prakash, S., Gunjan, S., & Ajay Pal Singh, R. (2017). “A critical analysis of supply chain risk management content: a structured literature review”. Journal of Advances in Management Research , 69-90.

Tang, O., & Mena, S. (2011). “Identifying risk issues and research advancements in supply chain risk management”. International Journal of Production Economics, 133125-34.

Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2009). “Product Design and Development. NY: McGraw-Hill”.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی