مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال شانزدهم، شماره سوم (پیاپی ۶۲)، پاییز ۹۸، ص ص ۵۳-۳۷
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱

توسعه مدل استوار در زنجیره‌تأمین سه سطحی با پارامترهای غیرقطعی و تصادفی (مطالعه موردی شرکت چینی تقدیس)

فائزه مردانیان شهری[۱]، غلامرضا جمالی[۲*]
۱- کارشناسی ارشد، دانشگاه خلیج فارس، گروه مدیریت صنعتی، بوشهر، ایران
۲- استادیار، دانشگاه خلیج فارس، گروه مدیریت صنعتی، بوشهر، ایران

رسید مقاله: ۱۱ اردیبهشت ۱۳۹۶
پذیرش مقاله: ۱۴ اسفند ۱۳۹۷

چکیده
هدف از مقاله حاضر ارایه یک مدل بهینه‌سازی سه هدفه استوار برای زنجیره‌ی‌تأمین شرکت چینی تقدیس می‌باشد. مدل با استفاده از روش تکنیک AHP وزن‌دهی و به مساله تک هدفه تبدیل و با استفاده از رویکرد برتسیمس و سیم استوار شده است. با در نظرگرفتن داده‌های شرکت چینی تقدیس شامل دو محصول سرویس ۳۰ پارچه پرنسس و سرویس ۳۰ پارچه فلت در یک دوره معین، سه پارامتر تقاضا، کیفیت و ظرفیت تأمین‌کننده به عنوان منابع استوار شناخته شدند. زنجیره‌ی تأمین شرکت چینی تقدیس سه سطحی در نظر گرفته شد و شامل ۸ تأمین کننده، ۶ ماده اولیه (چهار ماده اولیه تک تأمین کننده‌ای، یک ماده اولیه دو تأمین‌کننده‌ای و یک ماده اولیه سه تأمین‌کننده‌ای)، یک کارخانه و ۱۳ مشتری می‌گردد. روابط بین متغیرهای مدل، خطی و ماهیت پارامترهای نامطمئن تصادفی بوده و سیاست تولید شرکت مبتنی بر استراتژی ساخت برای سفارش (MTO) می‌باشد. مدل با استفاده از نرم‌افزار LINGO16 حل گردید. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش سطح حفاظت از مقدار ۱ به ۵، مقدار تابع هدف بدتر شده؛ ولی مقدار تولید از هر محصول افزایش می‌یابد؛ بنابراین هر چه عدم اطمینان بیش‌تر شود محصول بیش‌تری برای مواجه با این عدم اطمینان باید تولید گردد.

کلمات کلیدی: برنامه‌ریزی ریاضی، بهینه‌سازی استوار، صنعت چینی‌سازی، مدیریت زنجیره‌ی‌تأمین.

۱ مقدمه
مدیریت زنجیره‌ی‌تأمین به علت اهمیت و کاربرد فراوان مورد توجه بسیاری از پژوهشگران و صنعتگران قرار گرفته است. بر اساس تعریف انجمن تخصصی زنجیره‌ی‌تأمین، مدیریت زنجیره‌ی‌تأمین شامل برنامه‌ریزی و مدیریت تمام فعالیت‌های دخیل در منبع‌یابی، تدارکات، بازاریابی و فعالیت‌های مدیریت آماده‌سازی می‌باشد [۱]. مدیریت زنجیره‌ی‌تأمین به‌طور اثربخش به دلیل منابع مختلف، عدم اطمینان و روابط متقابل و پیچیده بین اجزای

* عهده‌دار مکاتبات
آدرس الکترونیکی: gjamali@pgu.ac.ir

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]
[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.3.2.5]

مختلف زنجیره‌ی‌تأمین، بسیار مشکل می‌باشد [۲]. شرایط ناپایدار محیطی از یک‌سو و رقابت روز افزون از سویی دیگر بر عدم قطعیت موجود در زنجیره‌ی‌تأمین افزوده است. سطح بالای عدم اطمینان در زنجیره‌ی‌تأمین توانایی زنجیره را در پیش‌بینی شرایط آینده با مشکل مواجه می‌کند. در حقیقت توجه به بهینه‌سازی در زنجیره‌تامین در شرایط عدم قطعیت منجر به کاهش هزینه‌ها و بهبود کیفیت و در نتیجه رسیدن به یک مزیت و موقعیت رقابتی خواهد شد [۳]. برای مدیریت عدم‌اطمینان حاکم بر زنجیره‌تأمین، روش‌های متعددی ارایه شده است؛ اما باید به اعتبار این روش‌ها توجه کرد. می‌توان برای رویارویی با عدم‌قطعیت به مفهوم استواری در زنجیره‌تامین پرداخت؛ زیرا برنامه‌ریزی از نوع استوار تضمین‌کننده مدیریت عدم‌اطمینان حاکم بر زنجیره‌ی‌تأمین می‌باشد. بدین منظور در این پژوهش از برنامه‌ریزی ریاضی استوار بهره گرفته می‌شود تا پاسخ‌های حاصله از آن به دلیل استواری قابل اتکا باشد. صنعت چینی با توجه به مواد اولیه متنوع و شرایط خاص تولیدی خود با عدم اطمینان های بسیار روبه‌رو است. وابستگی به نرخ ارز برای تأمین مواد اولیه، همچنین هزینه‌های متغیر حمل و نقل و تاثیر ناپایداری هوای محیط داخلی کارخانه بر کیفیت چینی از جمله مسایلی هستند که برنامه‌ریزی قطعی را در این صنعت با چالش مواجه می‌کنند. هدف از این پژوهش آن است تا با بهره‌گیری از رویکرد استواری به برنامه‌ریزی ریاضی در زنجیره‌ی‌تأمین شرکت چینی تقدیس در شرایط عدم اطمینان بپردازد. نوآوری پژوهش حاضر در نظر گرفتن سه هدف برای مدل‌سازی استوار زنجیره‌تامین صنعت چینی می‌باشد. نوآوری دیگر این تحقیق لحاظ کردن کیفیت به عنوان یک هدف برای زنجیره‌تامین صنعت چینی است.

۲ پیشینه نظری پژوهش

امروزه زنجیره‌ی تامین بیش‌تر از گذشته توسعه یافته و جهانی شده است. اگر چه این مفهوم موجب کاهش انعطاف‌پذیری و افزایش آسیب‌پذیری گردیده با وجود این می‌تواند هزینه‌های عملیاتی را کاهش دهد [۴]. مدیریت زنجیره‌ی‌تأمین در اوایل دهه ۱۹۸۰ میلادی توسط وبر و الیور در واکنش به محیط رقابتی کسب‌وکار معرفی شد [۵]. به گونه‌ای که راس از مدیریت کیفیت زنجیره‌ی‌تأمین به‌عنوان آخرین مرحله در حرکت به سوی مدیریت کیفیت جامع یاد می‌کند که عبارتست از: "مشارکت کلیه اعضای یک زنجیره در بهبود مستمر و هم‌زمان کلیه فرآیندهای مرتبط با کیفیت محصولات و خدمات خود که برای ایجاد بهره‌وری، ارزش‌افزوده و نهادینه نمودن کیفیت در سطح زنجیره‌ی‌تأمین و رضایت هرچه بیش‌تر مشتریان نهایی صورت می‌گیرد" [۶].

از دیدگاه ماریادوس و همکاران مدیریت زنجیره‌تامین شامل استفاده کارآمد از قابلیت‌های منابع داخلی و خارجی، تکنولوژی و ایجاد یک زنجیره‌تامین یکپارچه و هماهنگ، در نتیجه انتقال از رقابت بین شرکت ها به رقابت بین زنجیره‌های تامین و در نهایت کارایی شرکت می‌باشد [۷].

یک زنجیره‌ی تأمین شامل مجموعه‌ای از تأمین‌کنندگان، تسهیلات، محصولات، مشتریان و روش‌های اداره کردن خرید، موجودی و توزیع می‌شود که مواد خام توسط تأمین‌کنندگان تهیه می‌شود و محصولات نهایی توسط تأمین‌کننده نهایی مصرف می‌شود [۸]. با توجه به تعاریف، زنجیره‌ی‌تأمین شامل سه بخش اصلی تأمین‌کننده، کارخانه و توزیع‌کننده می‌باشد. اغلب تأمین کنندگان توانایی لازم برای تأمین کافی مواد اولیه را

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.3.2.5]

نداشته درحالی‌که تولیدکنندگان صنایع گوناگون روابط نزدیک‌تری با تأمین‌کنندگان خود دارند [۹]. در تصمیم‌گیری برای انتخاب تأمین‌کننده، دو نکته از اهمیت خاصی برخوردار است. نکته اول شاخصی است که مورد استفاده قرار می‌گیرد و دیگری روش‌هایی است که می‌تواند برای مقایسه تأمین‌کنندگان استفاده شود. در بیش‌تر صنایع، هزینه موادخام و اجزای تشکیل‌دهنده محصول، قسمت عمده‌ای از بهای تمام شده محصول را در بر می‌گیرد [۱۰]. این هزینه در برخی موارد تا میزان ۷۰ درصد هزینه نهایی را شامل می‌شود. در شرکت‌های صاحب فن‌آوری بالا این میزان تا حد ۸۰ درصد قابل افزایش است. در چنین شرایطی، بخش تدارکات می‌تواند نقش کلیدی در کارایی و اثربخشی سازمان ایفا کند و تأثیر مستقیمی روی کاهش هزینه‌ها، سودآوری و انعطاف‌پذیری یک شرکت داشته باشد [۱۱]. مجموعه مناسب و درست انتخاب شده از تأمین‌کنندگان به ایجاد تفاوت راهبردی در توانایی سازمان در کاهش هزینه‌ها و بهبود کیفیت محصولات نهایی منجر خواهد شد [۱۲].

در تصمیم‌گیری برای انتخاب تأمین‌کننده ، معیاری که مورد استفاده قرار می‌گیرد از اهمیت خاصی برخوردار است. اولین تحقیق در زمینه انتخاب تأمین‌کنندگان توسط دیکسون در سال ۱۹۶۶ انجام و منجر به شناسایی ۲۳ معیار شد. در سال ۱۹۹۱ وبر و همکاران در پژوهش بر روی ۷۴ مقاله منتشر شده بین سال‌های ۱۹۶۶ تا ۱۹۹۱ به دسته‌بندی معیارهای انتخاب تأمین‌کننده بر اساس معیارهای دیکسون پرداخته‌اند [۱۳]. در بین شیوه‌های انتخاب تأمین‌کننده، برنامه‌ریزی ریاضی قابل اتکاتر است. برنامه‌ریزی ریاضی (MP) به تصمیم‌گیرنده اجازه می‌دهد که مساله تصمیم را در قالب یک تابع هدف ریاضی از نوع حداکثرکردن (برای نمونه حداکثرکردن سود) یا از نوع حداقل‌کردن (برای نمونه حداقل‌کردن هزینه‌ها) فرموله کند. در واقع مدل‌های ریاضی نسبت به مدل‌های رتبه‌بندی عینی‌تر هستند؛ زیرا که تصمیم‌گیرنده، اجباراً باید تابع هدف را به طور صریح و واضح بیان کند. به عبارتی مدل‌های ریاضی در اغلب موارد تنها معیارهای کمی را لحاظ می‌کنند [۱۴]. استواری به معنای توانایی سیستم برای مهیا کردن خروجی مطلوب حتی در حضور اختلالات داخلی و خارجی است. عدم قطعیت‌ها در نارسایی محیطی و بخشی سیستم باید در نظر گرفته شود تا بتوان یک سیستم را استوار نامید [۴]. هدف شیوه‌های استواری مقابله با تغییرات و ارایه یک راه‌حل بهینه یا نزدیک به بهینه تحت طیف گسترده‌ای از سناریوهای عرضه و تقاضاست [۱۵]. مسایل تصمیم‌گیری اغلب به دلیل عدم دقت، تغییرپذیری مستمر و ناتوانی در دیدن وقایع آینده با عدم اطمینان‌هایی مواجه هستند. نویسندگان بسیاری بحث استواری را مورد تحقیق و بررسی قرار داده و نتیجه کار آن‌ها منجر به حوزه تحقیقاتی وسیعی شده‌است [۱۶]. بحث استواری مدل از مباحث بسیار مهمی بوده که در مدل‌سازی و متعاقباً تحقیق درعملیات نیز مطرح می‌باشد. در حقیقت چنانچه مدل‌ها استوار باشند، خطر به‌کارگیری اشتباه یا استفاده غلط آن بسیار کم‌تر خواهد شد؛ زیرا استواری به این مفهوم است که خروجی مدل نباید خیلی نسبت به مقادیر دقیق پارامترها و ورودی‌های مدل حساس باشد [۱۷]. به‌طور کلی در برنامه‌ریزی ریاضی قطعی فرض می‌شودکه داده‌های ورودی به‌طور مشخص و معادل با مقادیر اسمی است. این نگرش تأثیر عدم اطمینان را روی کیفیت و موجه بودن مدل مدنظر قرار نمی‌دهد. در حقیقت داده‌هایی که مقادیر متفاوتی را از مقادیر اسمی‌شان اختیار می‌کنند، ممکن است منجر به این مساله شوند که تعدادی از محدودیت‌ها نقض گردند و جواب بهینه ممکن است مدت طولانی بهینه نمانده یا؛

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.3.2.5]

حتی موجه‌بودن آن از بین برود. این مهم، موضوعی را به ذهن متبادر می‌سازد که روش‌های حل به‌گونه‌ای طراحی و ارایه شوند که در مقابل عدم اطمینان داده‌ها ایمنی ایجاد کنند. این روش‌ها، "استوار" نامیده می‌شوند [۱۸]. بن تال و نمیروفسکی در بیان اهمیت استواری در حوزه‌های کاربردی واقعی بیان می‌کنند: "در کاربردهای دنیای واقعی برنامه‌ریزی خطی نادیده انگاشتن؛ حتی یک عدم اطمینان کوچک در داده‌ها می‌تواند به جواب بهینه‌ای منجر گردد که از دیدگاه عملی کاملاً بیهوده و بی‌معنی باشد؛ بنابراین باید مدل‌هایی توسعه یابند که در خصوص عدم اطمینان داده‌ها حفاظت و ایمنی ایجاد نمایند [۱۹]. رویکردهای مختلف استوار سطوح متفاوتی از محافظه‌کاری را تأمین می‌کنند. هرچه سطح محافظه‌کاری بالاتر باشد مقدار تابع هدف از مقدار بهینه فاصله بیش‌تری می‌گیرد. انتخاب از میان این مدل‌ها باید بر اساس حساسیت کاربرد مورد نظر صورت گیرد. اولین گام و پژوهش در این راستا از سویستر برای تولید جوابی که برای همه داده‌های متعلق به یک مجموعه محدب موجه است، ارایه شد. مدل جواب‌هایی ارایه می‌نماید که در قبال بهینگی مساله اسمی برای اطمینان از استواری به شدت محافظه‌کارانه (با محافظه‌کاری بالا) عمل می‌کند. بدین معنی که در این رویکرد برای اطمینان از استوار بودن جواب، به مقدار زیادی از بهینگی مساله اسمی دور می‌شود. در این مدل هر داده ورودی می‌تواند هر مقداری را از یک بازه بگیرد. در این مدل تمامی پارامترهای دارای عدم قطعیت در بدترین مقدار خود ثابت شده‌اند [۱۸، ۱۹]. برتسیمس و سیم رویکرد متفاوتی را برای کنترل سطح محافظه‌کاری ارایه کرده‌اند. این رویکرد از این مزیت برخوردار است که منجر به یک مدل بهینه‌سازی خطی می‌شود [۲۰].

علاوه بر پژوهش‌های مذکور که مبتنی بر نوسان پارامترها در یک بازه است، پژوهش‌های دیگری نیز در حوزه مدل‌سازی ریاضی انجام شده است. از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به تحقیق مالوی و همکاران که مبتنی بر مفهوم سناریو است، اشاره کرد. در سال ۱۹۹۵ مالوی و همکاران، در پژوهشی با عنوان "بهینه‌سازی استوار: سیستم‌های با مقیاس بزرگ" به بحث بهینه‌سازی استوار مسایل برنامه‌ریزی ریاضی با داده‌های نوسانی (نامطمئن) می پردازد. این بهینه‌سازی مرتبط با مسایلی است که جنس داده‌های آن از نوع سناریو باشد. آنان در این تحقیق بیان می‌دارند که در کاربردهای تحقیق در عملیات، مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی با داده‌های نوسانی، خطادار و ناکامل مورد استفاده است. مواجهه با این نوع داده‌ها از طریق تحلیل حساسیت یا فرمول‌بندی برنامه‌ریزی احتمالی با مشکلاتی مواجه می‌باشد. همچنین برای حالتی که مقادیر داده‌های مساله توسط مجموعه‌ای از سناریوها توصیف شود (در مقایسه با تخمین‌های نقطه‌ای) از برتری‌های مدل پیشنهادی سخن به میان می‌آورند. از نظر آنان دو تعریف مهم در حوزه مدل استوار وجود دارد؛ یعنی جواب استوار و مدل استوار که در ذیل به هر یک اشاره می‌گردد: یک جواب برای مدل بهینه‌سازی، جوابی استوار نامیده می‌شود، اگر آن جواب برای همه سناریوهای داده‌های ورودی مدل" نزدیک "به بهینه باقی بماند و همچنین مدلی استوار است که " تقریباً " برای همه سناریوهای داده‌های ورودی موجه باشد [۲۱].

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.3.2.5]

۳ پیشینه تجربی پژوهش

جمیلی [۲۲] در پژوهشی با عنوان" الگوریتم ابتکاری و مدل ریاضی استوار برای زمان‌بندی و مسیریابی یکپارچه هواپیما با درنظرگرفتن مساله اختصاص ناوگان" یک مدل ریاضی استوار عدد صحیح مختلط برای زمان‌بندی و مسیریابی یکپارچه هواپیما با درنظرگرفتن مساله اختصاص ناوگان ارایه داده‌است. سپس برای یافتن پاسخ مناسب برای مسایل مقیاس بزرگ در میزان مناسبی از زمان یک الگوریتم ابتکاری مبتنی بر الگوریتم شبیه‌سازی تبرید (SA) معرفی کرده است. مدل با داده‌های عددی حل شده‌است. در انتها تاثیر راه‌حل استواری با حالت قطعی مقایسه شده و نتیجه منجر به ارایه الگوریتم ترکیبی‌ای شد که نسبت به الگوریتم تبرید و روش بهینه‌سازی ازدحام ذرات دارای راه حل موثرتری می‌باشد. مرادی و همکاران [۲۳] در پژوهش خویش یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی، عدد صحیح آمیخته، تخصیص- مکان‌یابی، چند محصولی، چند منبعی، چند مرحله‌ای، چند ظرفیتی ارایه دادند و به مقایسه دو رویکرد استواری یکی با درجه محافظه‌کاری قابل کنترل و دیگری به شدت محافظه‌کارانه در طراحی شبکه زنجیره‌ی‌تأمین پرداختند. آنان بیان می‌کنند که رویکرد محافظه‌کاری قابل کنترل در ازای سطوح مختلف محافظه‌کاری بیش‌تر، کاهش بیش‌تر تابع هدف را نشان می‌دهد.

شفیعی کیسمی و همکاران [۲۴] در پژوهشی با عنوان " یک مدل زنجیره‌تامین یکپارچه پیکره‌بندی و مدیریت تدارکات تحت عدم قطعیت: یک رویکرد بهینه‌سازی استوار مبتنی بر مجموعه‌ای" مدلی استوار برای مقابله با دو مساله پیکره‌بندی زنجیره‌تامین و انتخاب تامین‌کننده در شرایط عدم اطمینان ارایه می‌کنند. شبکه زنجیره‌تامین شامل یک جریان رو به جلو از تامین‌کننده با ارایه تخفیفات قیمتی به مشتری و یک جریان معکوس از مناطق مشتری به مراکز در دسترس و تجهیزات تولید است که جریان رو به عقب شامل جمع‌آوری، جداسازی و مراکز انهدام می‌باشد. تابع هدف مینیمم‌کردن هزینه کل شبکه زنجیره‌تامین است. در این پژوهش تقاضا و هزینه به عنوان پارامترهای استوار در نظر گرفته شده است. قهطرانی و نجفی [۲۵] در پژوهشی به بررسی مساله انتخاب سبد مالی با استفاده از رویکرد بهینه‌سازی استوار پرداخته‌اند. این پژوهش اذعان می‌دارد مدل استوار داده شده در عمل در مقابل نوسان‌پذیری داده‌ها استوار بوده و مهم‌تر اینکه انعطاف‌پذیری بیش‌تری در تحلیل مالی برای سرمایه‌گذاری ارایه می‌دهد. یانگ و وو [۲۶] در پژوهشی با عنوان "مقایسه استواری ساختارهای زنجیره‌تامین دو کاناله و سه کاناله تحت اختلالات تقاضا بیان می‌دارد که ساختار عمودی یکپارچه زنجیره‌ی تأمین بیش‌ترین استواری را دارد. صفایی قادیکلائی، مدهوشی و جمالیان [۲۷] در پژوهشی با عنوان "ارایهٔ مدل مفهومی برای انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار" پس از بررسی زنجیره‌ی‌تأمین شرکت سایپا به ارایه مدلی پرداخته‌اند که در نتیجه آن انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار به ترتیب اولویت به ابعاد «رفاه اجتماعی»، «اقتصادی» و «زیست محیطی» بستگی دارد.

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.3.2.5]

جدول ۱. برخی از حوزه‌های کاربردی استواری

حوزه ها	منبع
تولید و سیستم‌های تولیدی	[۲۸]
زنجیره‌تامین	[۴]، [۲۶]، [۲۹]، [۳۰]، [۳۱]
کوتاه‌ترین مسیر	[۳۲]، [۳۳]، [۳۴]، [۳۵]
کنترل موجودی	[۳۶]، [۳۷]، [۳۸]
انتخاب تأمین کننده	[۱۳]، [۳۹]
خدمات هواپیمایی	[۴۰]، [۴۱]، [۴۲]
مسایل زمان‌بندی	[۴۳]،[۴۴]،[۴۵]
مساله تخصیص	[۴۶]
مکان‌یابی	[۴۷]
استراتژی و تصمیم‌های استراتژیک	[۴۸]
ارزیابی عملکرد	[۴۹]، [۵۰]

٤ پرسش‌های پژوهش

سوال‌های این پژوهش به شرح زیر می‌باشند:

مؤلفه‌های استوارمندی زنجیره‌تامین صنعت چینی کدامند؟

ساختار مدل استوار زنجیره‌تامین صنعت چینی به چه صورت است؟

٥ روش‌شناسی پژوهش

پژوهش فعلی یک تحقیق کاربردی است و نحوه‌ی گردآوری اطلاعات بر اساس مطالعه موردی انتخاب شده است. ابتدا با مرور پیشینه نظری و سپس از طریق مصاحبه با مدیران شرکت چینی تقدیس، اجزای زنجیره‌ی تأمین و ارتباط بین آن‌ها شناسایی شد سپس عوامل متغیر و نامطمئن مجموعه، محدودیت‌های پیش‌رو و شرایط محیطی داخلی و خارجی شناسایی گردید. مدل مربوط بر اساس اطلاعات تدوین شده و داده‌های عددی لازم اخذ گردید. برای تحلیل داده‌ها از برنامه‌ریزی خطی و برای رویارویی با عدم اطمینان از رویکرد بهینه‌سازی استوار برتسیمس و سیم استفاده شد. تابع هدف، یک مدل ریاضی چند هدفه است که از روش وزن‌دهی به مساله یک هدفه تبدیل گردید. مدل ریاضی استوار نهایی با نرم‌افزار لینگو مدل‌سازی و حل گردید.

٦ تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

گام‌های صورت گرفته در این بخش به شرح زیر می‌باشد:

- توسعه مدل استوارمندی زنجیره‌تامین شرکت چینی تقدیس
- تبدیل مدل چندهدفه به یک هدفه و محاسبه اوزان اهداف
- پیاده‌سازی و حل عددی مدل

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.3.2.5]

الف) توسعه مدل استوارمندی زنجیره‌تامین شرکت چینی تقدیس

در این بخش مفروضات به صورت کلی آورده می‌شوند سپس به صورت موردی بر روی شرکت چینی تقدیس پیاده‌سازی می‌گردند. زنجیره‌ی‌تأمین چینی، سه سطحی و شامل تأمین‌کننده خارجی و داخلی، تولیدکننده و مشتری است. پیش‌فرض‌های این پژوهش بدین شرح می‌باشد:

۱. کلیه مواد اولیه سالم است و میزان مواد اولیه معیوب صفر می‌باشد.

۲. میزان موجودی نهایی صفر است.

۳. سیاست تولید مبتنی بر استراتژی ساخت برای سفارش (MTO) است.

۴. انبار کالای ساخته شده وجود ندارد.

۵. کمبود قطعه و نگهداری ذخیره احتیاطی لازم در انبار مجاز نیست.

۶. روابط بین متغیرهای مدل خطی است.

۷. ماهیت پارامترهای نامطمئن تصادفی است.

۸. نوسان داده‌های نامطمئن از توزیع متقارن پیروی می‌کند.

اندیس‌های مدل به شرح زیر است:

i : محصول (سرویس چینی)

j : مشتری

k : کارخانه

m : مواد اولیه

n : تأمین‌کننده

t : دوره زمانی

s : سطح محافظه‌کاری

g : تابع هدف (آرمان)

پارامترهای مدل باتوجه به اینکه مدل‌سازی در فضای عدم‌اطمینان با تاکید بر استواری انجام می‌پذیرد، به سه دسته تفکیک می‌شوند: پارامترهای قطعی، غیر قطعی و پارمترهای استواری. توزیع داده‌های غیر قطعی در یک بازه با توزیع متقارن تعریف شده است. هر پارامتر بازه‌ای شامل دو پارامتر عدد وسط بازه و عدد نیم‌طول بازه است. با این تعاریف پارامترهای مدل در چهار دسته طبقه‌بندی می‌شوند:

۱-پارامترهای قطعی

۲-پارامترهای استواری

۳-عدد اسمی پارامترهای غیر قطعی

۴-نیم طول بازه پارامترهای غیر قطعی

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.3.2.5]

جدول ۲. پارامترهای مدل

پارامتر	نماد	شرح
پارامترهای قطعی	Pc_{mn}	هزینه خرید ماده اولیه
	Ch_{mn}	هزینه نگهداری ماده اولیه
	Cr_{im}	ضریب مصرف ماده اولیه m در محصول i ام
	Cap_k	ظرفیت خط تولید کارخانه k ام
	Tc_{mnk}	هزینه حمل و نقل ماده اولیه m از تأمین کننده n تا کارخانه k
	O_g	مقدار آرمان gام
	W_g	وزن آرمان g ام
پارامترهای استواری	Γqu_s	ضریب سطح محافظه‌کاری پارامتر کیفیت مدل استوار در حالت s ام
	ΓCap_s	ضریب سطح محافظه‌کاری پارامتر ظرفیت مدل استوار در حالت s ام
	Γdem_s	ضریب سطح محافظه‌کاری پارامتر تقاضا مدل استوار در حالت s ام
عدد اسمی پارامترهای غیرقطعی	$\overline{D}_{ijt}$	عدد اسمی تقاضای محصول i ام در دوره t ام توسط مشتری j ام
	$\overline{qu}_{ik}$	عدد اسمی سطح نامطلوب کیفیت محصول i ام در کارخانه k ام
	$\overline{C}_{mn}$	عدد اسمی ظرفیت تأمین‌کننده nام برای تأمین ماده اولیه m ام
نیم طول بازه پارامترهای غیرقطعی	D_{ijt}	نیم طول بازه نوسانی تقاضای محصول i ام در دوره t ام توسط مشتری j ام
	qu_{ik}	نیم طول بازه نوسانی سطح نامطلوب کیفیت محصول i ام در کارخانه k ام
	C_{mn}	نیم طول بازه‌ای که عدد اسمی ظرفیت تأمین‌کننده در آن نوسان می‌کند

متغیرهای مدل به دو نوع استواری و اصلی تقسیم بندی می‌شوند. متغیرهای استواری عبارتند از: Zqu ، $Zdem_{ijt}$ ، $Zcap_{mn}$ ، Pqu_{ik} ، $Pcap_{mn}$ ، $Pdem_{ijt}$ و متغیرهای اصلی نیز در جدول شماره ۳ نشان داده شده‌اند.

جدول ۳. متغیرهای مدل

متغیر	نماد	شرح
متغیرهای اصلی	X_{ikt}	میزان تولید محصول i ام در کارخانه k ام در دوره t ام
	X_{ikjt}	میزان تولید محصول i ام در کارخانه k ام در دوره t ام و تخصیص یافته به مشتری j ام
	S_{mnkt}	میزان تأمین ماده اولیه m ام از تأمین کننده n ام در دوره t ام برای کارخانه kام
	I_{mnkt}	میزان موجودی ماده اولیه m ام از تأمین کننده n ام در دوره t ام و در کارخانه k ام
	P_g	متغیر انحراف مثبت از هدف
	ne_g	متغیر انحراف منفی از هدف

مدل ارایه‌شده برای زنجیره‌تأمین چینی دارای سه هدف حداکثرکردن تولید و توزیع، کمینه‌کردن سطح نامطلوب کیفیت (حداکثرکردن کیفیت) محصولات و کمینه کردن هزینه کل تأمین مواد اولیه می‌باشد. این اهداف عبارتند از:

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.3.2.5]

$$Max \sum_{i}^{I}\sum_{t}^{T}\sum_{k}^{K} X_{ikt} + \sum_{i}^{I}\sum_{k}^{K}\sum_{j}^{J}\sum_{t}^{T} X_{ikjt} \quad (۱)$$

$$Min \sum_{i}^{I}\sum_{t}^{T}\sum_{k}^{K} qu_{ik} X_{ikt} \quad (۲)$$

$$Min \sum_{m=1}^{M}\sum_{n}^{N}\sum_{t}^{T}\sum_{k}^{K} Pc_{mn} S_{mnkt} + \sum_{m}^{M}\sum_{n}^{N}\sum_{t}^{T}\sum_{k}^{K} Tc_{mnk} S_{mnkt} + \sum_{m}^{M}\sum_{n}^{N}\sum_{t}^{T}\sum_{k}^{K} Ch_{mn} I_{mntk} \quad (۳)$$

رابطه (۱) بیانگر هدف حداکثرکردن تولید و سفارش است. رابطه (۲) بیانگر هدف کمینه‌کردن مقدار عدد منفی کیفیت در تولیدات کارخانه می‌باشد و رابطه (۳) بیانگر حداقل‌کردن مجموع هزینه‌های خرید مواد اولیه، حمل مواد اولیه از تأمین کننده تا کارخانه و هزینه نگهداری ماده اولیه می باشد.

محدودیت‌های مدل شامل محدودیت توازن تولید و توزیع، محدودیت ظرفیت هر تأمین‌کننده، محدودیت ظرفیت تولید کارخانه، محدودیت تقاضای ماده اولیه و محدودیت تقاضای هر مشتری می‌باشد.

$$\sum_{n}^{N} S_{mntk} = \sum_{i}^{I} Cr_{im} X_{ikt} - \sum_{n}^{N} I_{mnkt-1} + \sum_{n}^{N} I_{mnkt} \qquad \forall k, m, t \quad (۴)$$

$$\sum_{k}^{K} S_{mntk} \le C_{mn} \qquad \forall m, n, t \quad (۵)$$

$$\sum_{i}^{I} X_{ikt} \le Cap_{k} \qquad \forall k, t \quad (۶)$$

$$X_{ikt} = \sum_{j}^{J} X_{ikjt} \qquad \forall i, k, t \quad (۷)$$

$$\sum_{k}^{K} X_{ikjt} \ge \overline{D}_{ijt} \qquad \forall i, t, j \quad (۸)$$

$$\sum_{k}^{K} X_{ikjt} \le \overline{D}_{ijt} + D_{ijt} \qquad \forall i, t, j \quad (۹)$$

$$X_{ikt}, X_{ikjt}, I_{mnkt}, S_{mntk} \ge 0 \qquad \forall m, n, k, t$$

رابطه (۴) بیانگرمحدودیت برابری میزان تقاضا ماده اولیه mام از تأمین کننده nام در دوره tام با میزان مصرف ماده اولیه در هر محصول منهای موجودی اول دوره ماده اولیه بعلاوه موجودی پایان دوره ماده اولیه است. رابطه (۵) نشان‌دهنده این است که میزان ماده اولیه درخواستی از تأمین‌کننده باید از ظرفیت تولید آن تأمین‌کننده کم‌تر باشد. رابطه (۶) می‌گوید میزان محصول تولیدی باید از ظرفیت تولید کارخانه کم‌تر باشد. رابطه (۷) بیانگر توازن تولید و توزیع است. رابطه‌های (۸) و (۹) نشانگر این است که میزان محصولی که برای مشتری فرستاده می‌شود نباید از تقاضای مشتری کم‌تر باشد که موجب کمبود شود و از طرفی نباید باعث تخصیص بیش از حد به مشتری شود.

لازم به ذکر است که درمباحث بهینه‌سازی استوار به ازای هر مساله اسمی یک مدل استوار ارایه می‌گردد که همتای استوار نامیده می‌شود، که عبارتست از: مدل ریاضی معادل با مدل اسمی یک مساله که بحث استوارسازی روی آن اعمال شده (مدل اسمی تغییریافته) و در صورت حل، جواب‌های حاصله از آن همان

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.3.2.5]

جواب‌های استوار مساله است. به عبارتی با حل مدل همتای استوار جواب‌های استوار برای مساله اصلی ارایه می‌گردد. همتای استوار مساله اسمی بالا به شرح زیر می‌باشد:

$$Max \sum_{i}^{I}\sum_{t}^{T}\sum_{k}^{K} X_{ikt} + \sum_{i}^{I}\sum_{k}^{K}\sum_{j}^{J}\sum_{t}^{T} X_{ikjt} \quad (۱۰)$$

$$Min \sum_{i}^{I}\sum_{t}^{T}\sum_{k}^{K} \overline{qu}_{ik} X_{ikt} + \sum_{i}^{I}\sum_{k}^{K}\sum_{t}^{T} Pqu_{ikt} + Zqu \times \Gamma qu_{s} \quad (۱۱)$$

$$Min \sum_{m}^{M}\sum_{n}^{N}\sum_{t}^{T}\sum_{k}^{K} Pc_{mn} S_{mnkt} + \sum_{m}^{M}\sum_{n}^{N}\sum_{t}^{T}\sum_{k}^{K} Tc_{mnk} S_{mnkt} + \sum_{m}^{M}\sum_{n}^{N}\sum_{t}^{T}\sum_{k}^{K} Ch_{mn} I_{mntk} \quad (۱۲)$$

s.t.

$$\sum_{n}^{N} S_{mntk} = \sum_{i}^{I} Cr_{im} X_{ikt} - \sum_{n}^{N} I_{mnkt-1} + \sum_{n}^{N} I_{mnkt} \qquad \forall k, m, t \quad (۱۳)$$

$$\sum_{k}^{K} S_{mntk} + ZCap_{mn}\Gamma Cap_{s} + PCap_{mn} \le \overline{C}_{mn} \qquad \forall m, n, t \quad (۱۴)$$

$$\sum_{i}^{I} X_{ikt} \le Cap_{k} \qquad \forall k, t \quad (۱۵)$$

$$X_{ikt} = \sum_{j}^{J} X_{ikjt} \qquad \forall i, k, t \quad (۱۶)$$

$$\sum_{k}^{K} X_{ikjt} - Pdem_{ijt}\Gamma dem_{s} \ge \overline{D}_{ijt} \qquad \forall i, t, j \quad (۱۷)$$

$$\sum_{k}^{K} X_{ikjt} \le \overline{D}_{ijt} + D_{ijt} \qquad \forall i, t, j \quad (۱۸)$$

$$ZCap_{mn} + PCap_{mn} \ge C_{mn} \qquad \forall m, n \quad (۱۹)$$

$$Zdem_{ijt} + Pdem_{ijt} \ge D_{ijt} \qquad \forall i, j, t \quad (۲۰)$$

$$Pqu_{ikt} + Zqu \ge qu_{ikt} \qquad \forall i, k, t \quad (۲۱)$$

$$X_{ikt}, X_{ikjt}, I_{mnkt}, S_{mntk} \ge 0 \qquad \forall m, n, k, t \quad (۲۲)$$

$$Pqu_{ikt}, Zqu, PCap_{mn}, ZCap_{mn}, Pdem_{ijt}, Zdem_{ijt} \ge 0 \qquad \forall m, n, k, t \quad (۲۳)$$

رابطه‌های (۱۹)، (۲۰) و (۲۱) محدودیت‌های استواری هستند که حین تبدیل مدل به همتای استوار به مدل اضافه شده‌اند.

ب) تبدیل مدل چند هدفه به یک هدفه

مدل ارایه شده یک مدل چندهدفه است که باید به یک مساله با یک تابع هدف تبدیل شود. با استفاده از روش وزن‌دهی که رویکردی معمول برای حل مدل‌های چندهدفه می‌باشد، مدل را به یک مساله تک‌هدفه تبدیل نموده و از آنجایی که تمامی توابع هدف هم‌مقیاس نیستند آن‌ها را بهنجار می‌کنیم. برای وزن‌دهی به اهداف تکنیک AHP استفاده گردید. بدین منظور پرسشنامه مقایسات زوجی تدوین و با نظر ۹ نفر از مدیران و کارشناسان شرکت چینی تکمیل شد. نرخ سازگاری(CR) برابر ۰/۰۸۷ محاسبه گردید که با توجه به اینکه این مقدار از ۰/۱

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.3.2.5]

کم‌تر می‌باشد؛ لذا می‌توان گفت که اوزان به‌دست آمده قابل اتکا بوده است [۵۱]. جدول زیر وزن‌های به‌دست آمده را برای هر کدام از اهداف نشان می‌دهد.

جدول ٤. وزن اهداف

هدف	پارامتر	مقدار
کمینه‌کردن سطح نامطلوب کیفیت	W_1	۰/۴۵
حداکثرکردن تولید و توزیع	W_2	۰/۱۹
کمینه‌کردن هزینه	W_3	۰/۳۶

ج) پیاده‌سازی و حل عددی مدل

برای نشان دادن کاربردی بودن، مدل با استفاده از داده‌های شرکت چینی تقدیس حل گردید. زنجیره‌ی‌تأمین شرکت چینی سه سطحی و شامل ۸ تأمین کننده ، ۶ ماده اولیه، یک کارخانه و ۱۳ مشتری است. ۴ ماده اولیه تک تأمین‌کننده‌ای، ۱ ماده اولیه ۲ تأمین‌کننده‌ای و یک ماده اولیه سه تأمین‌کننده‌ای می‌باشد. دو محصول سرویس ۳۰ پارچه پرنسس و سرویس ۳۰ پارچه فلت در یک دوره مورد بررسی قرار گرفت.

مقدار پارامتر آرمان g ام

این پارامتر به ازای هر بار حل مدل بدون در نظرگرفتن عدم اطمینان پارامترها برای هر آرمان به دست می‌آید.

جدول ۵. مقدار هر آرمان

آرمان	مقدار آرمان
O_1	۹۱۱/۷۷۶۵
O_2	۹۰/۹۴۸۳۴
O_3	۱۹/۹۴۵۶۲

پارامتر Γ تنظیم‌کننده میزان محافظه‌کاری است. در این پژوهش ۵ حالت در نظرگرفته شده به‌طوری‌که در هر حالت سه سطح محافظه‌کاری مرتبط با سه منبع نامطمئن وجود دارد. این حالت‌ها از کاملا خوشبینانه به سمت حالت کاملا بدبینانه میل می‌کند.

جدول ٦. سطوح محافظه‌کاری پارامترهای استواری مدل

حالت‌های سطوح حفاظت	۱	۲	۳	۴	۵
Γqu_s	۰	۶	۱۲	۱۸	۲۴
Γcap_s	۰	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	۱
Γdem_s	۰	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	۱

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.3.2.5]

۷ تحلیل یافته‌های پژوهش

مدل نهایی استوار با استفاده از داده‌های واقعی استخراج شده از شرکت چینی تقدیس حل گردید. با توجه به اینکه ۵ سطح حفاظت در نظر گرفته شده است؛ لذا به ازای هر حالت یک مدل حل می‌گردد. نتایج به‌دست آمده برای مقادیر تابع هدف و میزان تولید از هر محصول در جدول ۷ آورده شده است.

جدول ۷. مقادیر تابع هدف و X_{ikt}

حالت‌های سطوح حفاظت(s)	تابع هدف	میزان تولید	
		محصول پرنسس	محصول فلت
۱	۰/۰۵۷۷۷	۱۰۹۶	۱۲۲۶
۲	۰/۱۳۱۸۷۶۸	۱۲۰۶	۱۳۶۴
۳	۰/۲۰۵۹۸۲	۱۳۱۸	۱۵۰۶
۴	۰/۲۸۰۰۸۶۸	۱۴۳۰	۱۶۴۶
۵	۰/۳۵۴۱۹۱۸	۱۵۴۰	۱۷۸۵

همان‌طور که در جدول ۷ ملاحظه می‌شود با افزایش سطح حفاظت از ۱ به ۵ مقدار تابع هدف بدتر شده و میزان تولید نیز افزایش می‌یابد. که این با مفهوم استواری مدل سازگار است. به‌معنای دیگر هر چه عدم اطمینان بیش‌تر شود محصول بیش‌تری برای مواجه با این عدم اطمینان باید تولید گردد. جدول ۸ مقدار انحراف از هر هدف را در سطوح مختلف حفاظت نشان می‌دهد.

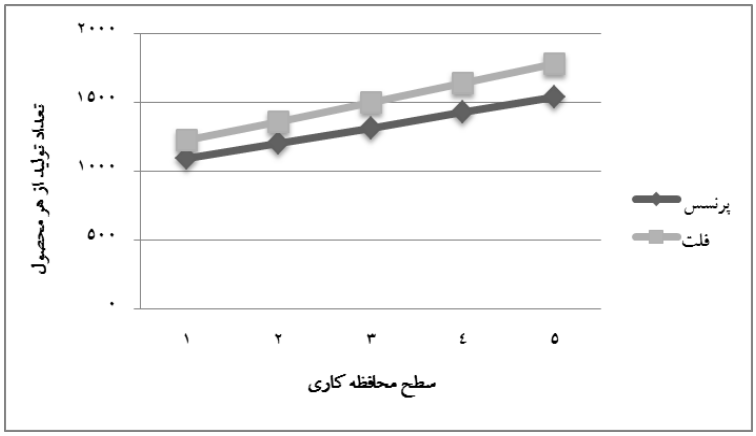
جدول ۸. مقادیر انحراف از اهداف در حالت‌های مختلف سطوح حفاظت

حالت‌های سطوح محافظه‌کاری(S)	مقدار انحراف از هدف اول	مقدار انحراف از هدف دوم	مقدار انحراف از هدف سوم
	p_1	ne_2	p_3
۱	۰/۰۰۰۰۳۲۵	۲۷/۶۵	۰/۰۰۰۰۰۴۵۸۳۳۷۵
۲	۹۹/۷۳	۲۰/۷۴	۲/۱۷۸۶۳۳
۳	۱۹۹/۴۸	۱۳/۸۳	۴/۳۵۷۲۶
۴	۲۹۹/۲۲	۶/۹۱	۶/۵۳۵۸۹۰
۵	۳۹۸/۹۵	۰	۸/۷۱۴۵۱۸

با توجه به جدول ۸ می‌توان گفت که مقدار انحراف از هدف اول و سوم با افزایش سطح حفاظت افزایش می‌یابد؛ اما مقدار انحراف از هدف دوم با افزایش سطح حفاظت بهتر می‌شود. شکل ۱ نیز نشان دهنده میزان تولید درهر سطح حفاظت است که با افزایش سطوح حفاظت مقادیر تولید افزایش می‌یابد.

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.3.2.5]



شکل ۱. میزان تولید از هر محصول به ازای هر سطح حفاظت

نمودار فوق بیانگر سه نکته مهم به شرح زیر می‌باشد:

۱. با افزایش سطوح حفاظت مقادیر تولید نیز افزایش می‌یابد. این رفتار مبین این است که هرچه عدم اطمینان بیش‌تر شود باید محصول بیش‌تری برای مواجه با آن (عدم اطمینان) تولید گردد.
۲. مقادیر تولید دو محصول پرنسس و فلت در سطح محافظه‌کاری اول کم‌ترین و درسطح محافظه‌کاری پنجم بیش‌ترین اختلاف را دارند.
۳. مقدار تولید محصول فلت در همه سطوح محافظه‌کاری، بیش‌تر از مقدار تولید پرنسس بوده است. در توجیه این وضعیت می‌توان گفت که کیفیت محصول فلت بیش‌تر از کیفیت محصول پرنسس بوده است. کوچک‌تربودن عدد اسمی سطح نامطلوب کیفیت محصول فلت نسبت به محصول پرنسس در تابع هدف دوم نیز مصداق این امر می‌باشد.

۸ نتیجه‌گیری و پیشنهادها

مقاله حاضر با هدف توسعه یک مدل ریاضی استوار سه‌هدفه در زنجیره‌ی‌تأمین شرکت چینی تقدیس انجام گرفت. رویکرد مزبور روش متفاوتی را برای کنترل سطح محافظه‌کاری ارایه نموده است. این رویکرد از این مزیت برخوردار است که منجر به یک مدل بهینه‌سازی خطی خواهد گردید. رویکردهای مختلف استوار سطوح متفاوتی از محافظه‌کاری را در نظر می‌گیرند. مدل توسعه داده شده در این پژوهش با استفاده از تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) وزن‌دهی و به مساله تک هدفه تبدیل و سپس با استفاده از رویکرد برتسیمس و سیم [۱۸] استوار گردید. سه منبع تقاضا، کیفیت و ظرفیت تأمین‌کننده به عنوان منابع استوار شناخته شدند. زنجیره‌ی‌تأمین شرکت چینی تقدیس سه سطحی در نظر گرفته شد که شامل هشت تأمین‌کننده، شش ماده اولیه (چهار ماده اولیه تک تأمین‌کننده‌ای، یک ماده اولیه دو تأمین‌کننده‌ای و یک ماده اولیه سه تأمین‌کننده‌ای)، یک کارخانه و سیزده مشتری می‌گردد. همچنین روابط بین متغیرهای مدل، خطی و ماهیت پارامترهای نامطمئن تصادفی بوده و سیاست تولید شرکت مبتنی بر استراتژی ساخت برای سفارش (MTO) بوده است. مدل با استفاده

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]
[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.3.2.5]

از نرم‌افزار LINGO16 حل گردید. نتایج نشان داد که هرچه سطح محافظه‌کاری بالاتر باشد مقدار تابع هدف از مقدار بهینه فاصله بیش‌تری می‌گیرد. به‌عبارت دیگر با افزایش سطح حفاظت از مقدار ۱ به ۵، مقدار تابع هدف بدتر می‌گردد. با این حال مقدار تولید از هر محصول افزایش می‌یابد؛ زیرا هر چه عدم اطمینان بیش‌تر شود محصول بیش‌تری برای مواجه با این عدم اطمینان باید تولید گردد. مقدار انحراف از هدف اول و سوم با افزایش سطح حفاظت افزایش یافته؛ اما مقدار انحراف از هدف دوم با افزایش سطح حفاظت بهتر گردید. نتایج مبین این بود که مقادیر تولید دو محصول پرنسس و فلت در سطح محافظه‌کاری اول کم‌ترین و در سطح محافظه‌کاری پنجم بیش‌ترین اختلاف را داشته و مقدار تولید محصول فلت در همه سطوح محافظه‌کاری، بیش‌تر از مقدار تولید پرنسس بوده است. این مهم و همچنین کوچک‌تر بودن عدد اسمی سطح نامطلوب کیفیت محصول فلت نسبت به محصول پرنسس در تابع هدف دوم تاییدی بر بالاتر بودن کیفیت محصول فلت از کیفیت محصول پرنسس می‌باشد؛ بنابراین می‌توان انتظار داشت که مدیران شرکت در شرایط عدم اطمینان بالا رویکرد و سیاستگذاری تولید خود را بر روی محصول فلت معطوف نمایند.

نتایج این پژوهش می‌تواند به‌عنوان یک نقشه راه برای تصمیم‌گیری مدیران و خبرگان صنعت چینی با توجه به رقابت شدید در این صنعت از یکسو و ناپایداری محیط داخلی شرکت‌ها از سوی دیگر، به‌کار آید. آنچه این‌گونه شرکت‌ها به دنبال آن هستند تثبیت جایگاه خویش در بازار رقابتی بوده که نیازمند نگاهی عمیق‌تر به زنجیره‌ی‌تأمین خود می‌باشد. از دیگر مزایای این پژوهش قابلیت پیش‌بینی متغیرهای زنجیره‌ی‌تأمین شرکت‌های تولیدی چینی مظروف می‌باشد. امروزه اهمیت توجه به زنجیره‌ی تأمین بر هیچ مدیر و صنعتی پوشیده نیست؛ اما آنچه تاثیر بسیاری بر این زنجیره می‌گذارد ناپایداری‌هایی است که به‌نظر غیر قابل کنترل بوده؛ اما توانسته است تاثیر ژرفی بر زنجیره‌ی تأمین بگذارد. این عدم اطمینان هرچه که باشد در قالب مفهوم استواری کم‌ترین تاثیر را بر زنجیره‌ی تأمین می‌گذارد.

از آنجایی که در مدل مورد مطالعه پژوهش حاضر سه هدف در نظر گرفته شده است؛ لذا پیشنهاد می‌گردد پژوهشگران در مطالعات بعدی اهداف دیگری را در نظر گیرند و وارد مدل نمایند. همچنین با توجه به ماهیت شرکت مورد بررسی و شرایط محیطی سه پارامتر کیفیت، تقاضا و ظرفیت تأمین‌کننده به‌عنوان منابع عدم اطمینان شناخته شدند؛ لذا می‌توان در پژوهش‌های بعد منابع دیگری مانند هزینه را به‌عنوان منبع استواری لحاظ نمود. این پژوهش بر مبنای رویکرد برتسیمس و سیم انجام شده است. پژوهشگران می‌توانند سایر رویکردهای بهینه‌سازی استوار را سرلوحه کار خویش قرار دهند. همچنین پژوهشگران می‌توانند پژوهش حاضر را با رویکرد فازی و یا خاکستری انجام دهند و نتایج را با هم مقایسه کنند. پیاده‌سازی مدل استوار در زنجیره‌تامین حلقه بسته پیشنهاد دیگر این پژوهش به سایر محققان می‌باشد.

منابع

[۳] آذر، ع.، موسوی، س. (۱۳۹۳). طراحی مدل احتمالی و استوار یکپارچه سه مرحله‌ای برای انتخاب تأمین‌کننده با رویکرد عدم قطعیت. مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، ۱۱(۱)، ۱-۱۸.

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.3.2.5]

[۶] صفری، ح.، محبی منش، ا. (۱۳۹۰). ارایه مدل مفهومی مدیریت کیفیت زنجیره تأمین (SCQM) و بررسی وضعیت آن در صنعت خودروی ایران (مطالعه ی موردی: پروژه تندر ۹۰ شرکت ایران خودرو). مدیریت صنعتی، ۷(۳)، ۷۷-۹۸.

[۱۲] هوشمندی ماهر، م. ، امیری، م.، الفت، ل. (۱۳۹۳). مدل ریاضی انتخاب تأمین کننده و تخصیص سفارش در زنجیره‌تامین با لحاظ عدم اطمینان درمتغیرهای طراحی. مدیریت صنعتی، ۶(۱)، ۱۵۱-۱۸۰

[۱۳] ربیعه، م.، آذر، ع.، مدرس یزدی، م.، فطانت فرد حقیقی، م. (۱۳۹۰). طراحی مدل ریاضی منبع یابی استوار چند هدفه: رویکردی در کاهش ریسک زنجیره تأمین (مورد مطالعه: زنجیره تأمین ایران خودرو). چشم انداز مدیریت صنعتی(۱)، ۵۷-۷۷.

[۲۰] آذر، ع.، نجفی، ا.، نجفی، س. (۱۳۹۰). مدل سازی ریاضی استوار، رویکردی نوین در بودجه ریزی عمومی ایران. پژوهش های مدیریت در ایران- مدرس علوم انسانی ، ۱۵(۲)، ۱-۱۹.

[۲۳] مرادی، م.، صلاحی، م.، بردسیری، م.، جمالیان، ع. (۱۳۹۳). یک مدل جدید استوار در طراحی شبکه زنجیره‌تامین تحت عدم قطعیت. مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن ، ۹-۲۶.

[۲۵] قهطرانی، ع.، نجفی، ا. (۱۳۹۳). بهینه سازی استوار سبد مالی با استفاده از رویکرد ارزش در معرض خطر شرطی موزون. مهندسی صنایع و مدیریت شریف، ۳۰-۱(۱.۲)، ۳-۱۰.

[۲۷] صفایی قادیکلائی، ع.، مدهوشی، م.، جمالیان، ا. (۱۳۹۴). ارائۀ مدل مفهومی برای انتخاب تأمین کنندگان پایدار (مطالعۀ موردی: شرکت سایپا). مدیریت صنعتی، ۷(۴)، ۷۶۷-۷۸۴.

[۳۹] ربیعه، م.، آذر، ع.، مدرس یزدی، م.، فطانت فرد حقیقی، م. (۱۳۹۰). مدل ریاضی منبع یابی چند هدفه استوار - فازی:رویکردی در مدیریت ریسک زنجیره‌تامین ایران خودرو. پژوهش های مدیریت در ایران- مدرس علوم انسانی، ۱۵(۱)، ۵۱-۷۶.

[۴۹] پیکانی، پ.، روغنیان، ع. (۱۳۹۴). به کارگیری تحلیل پوششی داده ها و بهینه سازی استوار در مساله ی انتخاب سبد سرمایه. مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن ، ۱۲ (۱)، ۶۱-۷۸.

[۵۰] صلاحی، م.، ترابی، ن.، جمالیان، ع. (۱۳۹۳). استوارسازی مدل تحلیل پوششی داده‌های بازده به مقیاس ثابت. مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن ، ۱۱ (۳)، ۱-۱۱.

[۵۱] مومنی، م. (۱۳۸۹). مباحث نوین تحقیق در عملیات. تهران: مولف.

[1] Zhao, S. T., Wu, K., Yuan, X. M., (2016). Optimal Production-Inventory Policy for an Integrated Multi-Stage Supply Chain with Time-Varying Demand .European Journal of Operational Research, 255(2), 364-379.

[2] Wang, J., Shu, Y. F., (2005). Fuzzy decision modeling for supply chain management.Fuzzy Sets and Systems, 150(1), 107-127.

[4] Egri, P., Kadar, B., Vancza, J., (2016). Towards coordination in robust supply networks .IFAC-PapersOnLine,49(12), 41-46.

[5] Fattahi, M., Govindan, K., (2016). Investigating risk and robustness measures for supply chain network design under demand uncertainty: A case study of glass supply chain .International Journal of Production Economic.

[7] Mariadoss, B. J., Chi, T., Tasuhaj, P., Pomirleanu, N., (2016). Influences of Firm Orientations on Sustainable Supply Chain Management. Journal of Business Research , 69 (9), 3406-3414.

[8] Altiparmak, F., Gen, M., Lin, L ., Paksoy, T., (2006). A genetic algorithm approach for multi-objective optimization of supply chain networks . Computers Industrial Engineering, 51(1), 169-215.

[9] Proch, M., Worthmann, K., Schluchterman, J., (2017). A negotiation-based algorithm to coordinate supplier development in decentralized supply chains. European Journal of Operational Research, 256, 412-429.

[10] Ghodsypour, S., O'Brien, C., (1998). A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming .International Journal of Production Economics, 56-7(20), 199-212.

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.3.2.5]

[11] Ghodsypour, S ., O'Brien, C., (2001). The total cost of logistics in supplier selection, under conditions of multiple sourcing, multiple criteria and capacity .International Journal of Production Economics, 73(1), 15-27.
[14] Boer, L., Labro, E., Morlacchi, P., (2001). A review of methods supporting supplier selection . European Journal of Purchasing Supply Management,7(2), 75-89.
[15] Jabbarzadeh, A., Fahimnia, B ., Sheu, J.-B.(2015). An Enhanced Robustness approach for managing supply and demand uncertainties .International Journal of Production Economics.
[16] Hites, R., De Smet, Y., Risse, N., Salazar-Neumann, M ., Vincke, P., (2006). About the applicability of MCDA to some robustness problems .European Journal of Operational Research, 174(1), 322-332.
[17] Kleijnen, J., (2001). Ethical issues in modeling: Some reflections .European Journal of Operational Research,130(1), 223-230.
[18] Bertsimas, D., Sim, M.., (2004). The Price of Robustness .Operations Research, 52(1), 35-53.
[19] Ben-Tal, A., Nemirovski, A., (2000). Robust solutions of Linear Programming problemscontaminated with uncertain data .Math Program, 88(3), 411-424.
[21] Mulvey, J. M., Ruszczyński, A., (1995). A new scenario decomposition method for large-scale Stochastic Optimization. Operations Research , 43 (3), 477-490.
[22] Jamili, A., (2016). A robust mathematical model and heuristic algorithms for integrated aircraft routing and scheduling, with consideration of fleet assignment problem .Journal of Air Transport Managemen, 58, 21-30.
[24] Shafiei Kisomi, M.., Solimanpur, M .,Doniavi, A.,(2016). An integrated supply chain configuration model and procurement management under uncertainty: a set-based robust optimization methodology .Applied Mathematical Modelling, 40(17-18), 8928-7947.
[26] Yang, T., Wu, B., (2015). Robustness Comparison of Three Dual-channel Supply Chain Structures under Demand Disruptions .IFAC-PapersOnLine, 48(3), 2233-2237.
[28] Sakhaii, M., Tavakkoli-Moghaddam, R., Bagheri, M., Vatani, B., (2016). A robust optimization approach for an integrated dynamic cellular manufacturing system and production planning with unreliable machines .Applied Mathematical Modelling,191-169.
[29] Aalaei, A ., Davoudpour, H., (2017). A robust optimization model for cellular manufacturing system into supply chain management .International Journal of Production Economics, 183: 667-679.
[30] Keyvanshokooh, E., Ryan, S. M., Kabir, E., (2016). Hybrid robust and stochastic optimization for closed-loop supply chain network design using accelerated Benders decomposition .European Journal of Operational Research, 249(1), 76-92.
[31] Tang, L., Jing, K., He, J., Stanley, H., (2016). Complex interdependent supply chain networks: Cascading failure and robustness .failure and robustness, 443, 58-69.
[32] Montemanni, R., Gambardella, L., Donati, A., (2004). A branch and bound algorithm for the robust shortest path problem with interval data .Operations Research Letters, 32(3), 225-232.
[33] Catanzaro, D., Labbé ,M., Salazar-Neumann, M., (2011). Reduction approaches for robust shortest path problems .Computers Operations Research, 38(11), 1610-1619.
[34] Cheng, J., Leung, J., Lisser, A., (2016). New reformulations of distributionally robust shortest path problem .Computers Operations Research, 74, 196-204.
[35] Hasuike , T., (2013). Robust shortest path problem based on a confidence interval in fuzzy bicriteria decision making .Journal of Information Sciences, 221, 520-533.
[36] Andrzej, A ., Paweł ,W., (2014). Robust control of the inventory level in warehouses systems . Logistyka,1(6), 1379-1389.
[37] Adida, E ., Perakis, G., (2010). Dynamic Pricing and Inventory Control: Uncertainty and Competition .Operations Research, 181(1), 125-157.
[38] Adida, E ., Perakis, G., (2006). A Robust Optimization Approach to Dynamic Pricing and Inventory Control with no Backorders .Mathematical Programming ,107(1), 97-129.
[40] Chang, Y. H., Yeh, C. H., (2002). A survey analysis of service quality for domestic airlines . European Journal of Operational Research,139(1), 166-177.
[41] Jiang, H., Barnhart, C., (2013). Robust airline schedule design in a dynamic scheduling environment .Journal of Computers Operations Research,40(3), 831-840.
[42] Cadarsoa, L., Marín ,Á., (2011). Integrated Robust Airline Schedule Development .Procedia - Social and Behavioral Sciences, 20, 1041-1050.

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.3.2.5]

[43] Aloulou, M ., Artigues, C., (2007). Worst-case evaluation of flexible solutions in disjunctive .The 2007 International Conference on Computational Science and its applications (ICCSA):(1027-1036). Kuala Lumpur: Springer Berlin Heidelberg.
[44] Jia, Z ., Ierapetritou, M. G., (2007). Generate Pareto optimal solutions of scheduling problems using normal boundary intersection technique .Journal of Computers Chemical Engineering, 31, 268-280.
[45] Aloulou, M ., Della Croce, F., (2008). On the complexity of single machine scheduling problems under scenario-based uncertainty .Operations Research Letters, 36(3), 338-342.
[46] Deinelo, V. G., Woeginger, G. J., (2006). On the robust assignment problem under a fixed number of cost scenarios .Operations Research Letters, 34(2), 175-179 .
[47] Snyder, L. V., Daskin, M. S.(2006). Stochastic p-robust location problem .IIE Transactions, 38(11), 971-985.
[48] Lempert, R. J., Groves, D. G., Popper, S. W., Bankes, S. C., (2006). A general, analytic method for generating robust strategies and narrative scenarios .Management Scienc, 52(4), 514-528.

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2019.16.3.2.5]