Archive of SID

ارائه مدل بهینه‌سازی ریاضی برای زنجیره تأمین چند محصولی با امکان وقوع اختلال در تأمین‌کننده در شرایط تحریم (مطالعه موردی صنایع تعمیراتی پالایشگاهی)

امیر رحیمی‌منش[۱]، حمزه امین‌طهماسبی[۲،*] و کامبیز شاهرودی[۳]

اطلاعات مقاله

دریافت مقاله:۱۳۹۸/۰۹/۰۶

پذیرش مقاله:۱۳۹۸/۱۱/۱۶

واژگان کلیدی:

زنجیره تأمین،

بهینه‌سازی ریاضی،

اختلال،

مدل دو مرحله تصادفی،

تقریب میانگین نمونه‌گیری.

چکیده

در این پژوهش مدل بهینه‌سازی شده ریاضی برای زنجیره تأمین چند محصولی با امکان وجود اختلال در تأمین‌کننده در شرایط تحریم، ارائه شده است. یک زنجیره تأمین شامل هم‌راستایی و هم‌سویی شرکت‌هایی است که محصولات یا خدمات را به بازار عرضه می‌کنند. در راستای مدیریت زنجیره تأمین چند محصولی، نیاز به تأمین اقلام و مواد اولیه جهت استفاده در فرآیندها وجود دارد و تأمین این اقلام با عدم قطعیت مواجه است به‌گونه‌ای که ممکن است تأمین‌کنندگان، بخشی از تقاضای سفارش داده شده را در زمان مورد نیاز در اختیار سفارش‌دهنده قرار ندهند. به‌منظور مقابله با این شکل از عدم قطعیت، دو نوع تأمین کننده مورد نظر است. دسته اول تأمین‌کننده‌های ارزان قیمت ولی غیرمطمئن است و در مقابل، دسته‌دوم تأمین‌کننده‌ها وجوددارند که مطمئن هستند ولی گران‌تر از دسته اول می‌باشند. اقلام دریافتی از تأمین‌کننده‌ها، در فرآیند تولید یا تعمیرات مورد استفاده قرار می‌گیرد و مدلی مدون برای مدیریت این فرآیند می‌بایست ارائه‌گردد. جهت ادغام این تصمیمات در قالب مدل‌یکپارچه، مدل‌تصمیم‌گیری دومرحله‌ای تصادفی بکار رفته است و در حل مسئله پیشنهادی از روش تقریب میانگین نمونه‌گیری استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که با استفاده از مدل دومرحله‌ای تصادفی به‌اندازه ۶/۸۴ درصد در خروجی‌های مسئله بهبود ایجاد می‌شود و همین‌طور استفاده از تأمین‌کننده گران در کنار تأمین‌کننده ارزان منجر به بهبود خروجی‌های مدل به‌اندازه ۱۴/۹ درصد گردید.

۱- مقدمه

حفظ عملکرد سازمان در شرایط تحریم از اهمیت بسزایی در مدیریت سازمان‌ها برخوردار است. شرایط تحریم با اثر گذاری بر ظرفیت تسهیلات زنجیره‌تأمین تأثیر معناداری بر شرایط رقابت خواهدداشت [۱]. مفهوم مدیریت زنجیره تأمین اولین بار توسط الیور و وبر در سال ۱۹۸۲ شناخته شده‌است و از آن زمان تا به‌حال برای حل چالش‌های مختلف تکامل یافته است. در این چارچوبِ در حال تغییر که در آن جهانی‌سازی پایدار نقش مهمی ایفا می‌کند، در حال حاضر زنجیره تأمین بیشتر در معرض اختلال قرار دارد [۲]. فرآیند تصمیم‌گیری در زنجیره‌تأمین، ریسک‌هایی را در بر دارد که می‌توانند پیشرفت شرکت در ارائه محصولی جدید، توسعه در بازارهای مختلف و برون‌سپاری کارهای تولیدی را تحت‌تأثیرقرار دهند. شرکت‌ها می‌توانند با در نظر گرفتن ریسک‌ها در تصمیمات خود و به‌کارگیری استراتژی مناسب کاهش ریسک، در پاسخ به وقایع پیش‌بینی‌نشده،

* پست الکترونیک نویسنده مسئول: amintahmasbi@guilan.ac.ir

۱. دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رشت، رشت، ایران.

۲. استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی شرق، دانشگاه گیلان، رودسر، ایران.

۳. استادیار، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رشت، رشت، ایران.

www.SID.ir

Archive of SID

خوب عمل کنند. سلیقه‌ای بودن، عدم اطمینان و ابهام از جمله فاکتورهای کلیدی هستند که موجب می‌شوند پرداختن به ریسک دشوار باشد؛ بنابراین، تحلیل، کاهش و کنترل ریسک توصیه‌هایی را برای تصمیم‌گیری مناسب فراهم
می‌کنند [۳]. مطالعه اتفاقات روی داده در مواردی که یک شرکت نزدیک به ضرر دهی باشد، می‌تواند به شناسایی موضوعات سیستماتیک کمک کند و از این طریق باعث ارتقاء انعطاف‌پذیری سازمانی شود. بااین‌حال، آنچه مهم است، چگونگی یادگیری بنگاه‌ها از حوادث ناگوار است و اینکه چگونه یادگیری آن‌ها در مواجهه با اختلال در زنجیره‌تأمین، به استراتژی‌های پاسخ‌دهی تبدیل می‌شود [۴]. زنجیره‌های تأمین در پاسخ به تغییر محیط‌های تجاری و فن‌آوری به‌طور فزاینده‌ای پویا شده‌اند. این امر چالش‌هایی را در مدیریت جریان مواد ایجاد کرده و خطر بیشتری برای اختلال ایجادکرده‌است. نتایج مطالعات نشان می‌دهد که پویایی زنجیره‌تأمین تأثیر مثبت قابل‌توجهی بر جهت‌گیری اختلال زنجیره‌تأمین و انعطاف‌پذیری زنجیره‌تأمین دارد و انعطاف‌پذیری زنجیره‌تأمین نیز از جهت‌گیری اختلال زنجیره‌تأمین تأثیر می‌پذیرد [۵]. اختلال در زنجیره‌تأمین تهدیدهای عمده‌ای را برای تداوم کسب‌وکار به وجود می‌آورد، به‌خصوص هنگامی‌که این اختلال شامل شکست متوالی و آسیب دارایی‌های نیازمند کار تعمیراتی باشد [۶]. با به وجود آمدن اختلال در ورودی کلیدی عملیات پایین دستی فرآوری نفت مانند پالایشگاه‌های نفت، این اختلال بر مشتریان تجاری و مشتریان خانگی محصولات نفتی تصفیه‌شده تأثیر می‌گذارد. بهبود انعطاف‌پذیری در زنجیره تأمین صنایع نفتی و پالایشگاهی و انعطاف‌پذیری زیرساخت تأمین محصولات نفتی یکی از راه‌های مواجهه با اختلال است [۷]. یکی از مسائل مهم در طراحی یک زنجیره‌تأمین، مسئله انتخاب تأمین‌کننده است. پیچیدگی این مسئله در حقیقت به این دلیل است که هر کدام از تأمین‌کنندگان بخشی از نیازهای خریدار را برآورده می‌کنند و به همین دلیل انتخاب تأمین‌کننده ملزم به یک رویکرد ساختاریافته و سیستمی است [۸]. در دهه اخیر نحوه تأمین مواد اولیه و انتخاب تأمین‌کنندگان در زنجیره‌تأمین چالشی برای بیشتر سازمان‌ها بوده‌است. ازآنجاکه عملکرد تأمین-کنندگان، اثر اساسی بر موفقیت یا شکست زنجیره‌تأمین دارد، انتخاب تأمین‌کننده، یک وظیفه راهبردی شناخته می‌شود. انتخاب تأمین‌کنندگان فرآیندی است که در طی آن تأمین‌کنندگان به‌عنوان یک جزء از زنجیره‌تأمین، مورد تحلیل و انتخاب قرار می‌گیرند [۸].

در این پژوهش، هدف اصلی، بررسی اثر اختلال در تأمین کننده در زنجیره‌تأمین چند محصولی است. برای تولید اقلام و محصولات در یک زنجیره‌تأمین، نیاز است تا یک سری از اقلام و مواد اولیه، تأمین‌گردد که با تأمین این اقلام و انجام فرآیند تولید زمینه جهت برآورده‌سازی نیاز مشتری نهایی فراهم می‌شود. در چنین شرایطی عدم فراهم‌آوری هرکدام از مواد اولیه توسط تأمین‌کنندگان منجر به عدم توانایی در تولید محصول نهایی و هزینه‌های دیرکرد و هزینه‌هایی ازاین‌دست می‌گردد. با توجه به شرایط بازار، تحریم‌های دولت‌ها، عوامل غیرقطعی و قوانین مختلف موجود در بازارهای رقابتی این امکان وجود دارد تا تأمین مواد اولیه با اختلال مواجه گردد. مسئله انتخاب مجموعه مناسبی از تأمین‌کنندگان کارا و تخصیص سفارش به آن‌ها، یکی از مهم‌ترین تصمیمات استراتژیک برای ایجاد یک سیستم زنجیره‌تأمین کارا و بهینه در محیطی رقابتی و دارای عدم قطعیت است [۹]. در چنین شرایطی در عمل استراتژی‌های متعددی جهت مقابله با اختلال در دسترس است که ازجمله می‌توان به نگهداری موجودی اضافی، همکاری با تعداد بیشتری تأمین‌کننده و یا استفاده از استراتژی‌های منبع‌یابی جایگزین اشاره نمود. استراتژی نسبتاً معقولی که در این زمینه توسط بسیاری از مصرف کنندگان مورد استفاده قرار می‌گیرد، استراتژی‌های منبع-یابی جایگزین یا اقتضائی است که در این پژوهش از آن استفاده می‌شود. مدیریت اختلال زنجیره‌تأمین، شامل مدیریت ریسک‌های اختلال خارجی و داخلی زنجیره‌تأمین است که با رویکرد هماهنگ بین اعضای زنجیره‌تأمین به-منظور کاهش آسیب‌پذیری زنجیره‌تأمین انجام می‌شود. مدیریت ریسک اختلال، لزوماً به اختلال بین اعضای حاضر در زنجیره‌تأمین نمی‌پردازد بلکه ممکن است در حوزه‌ی مدیریت ریسک‌های اختلال درون شرکت‌ها باشد.

البته هدف مدیریت ریسک اختلال زنجیره‌تأمین، جلوگیری از رخداد شکست‌هایی است که می‌تواند کل زنجیره‌تأمین را متأثر نماید. یافتن و تحلیل این ریسک‌ها مهم‌ترین کار در فرآیند مدیریت ریسک و اختلال زنجیره‌تأمین است.

www.SID.ir

Archive of SID

تانگ[1] معتقد است جهت دستیابی به زنجیره‌تأمین رقابتی که توانایی اجتناب از ریسک و اختلال را دارا باشد، لازم است مدیران اهداف خود را بر بهبود و هماهنگی ارتباطاتِ اجزاء زنجیره‌تأمین متمرکز کنند و در این راستا به چهار رویکرد پایه برای مدیریت ریسک اختلال به شرح زیر اشاره می‌کند:۱-مدیریت‌تأمین ۲-مدیریت‌محصول ۳-مدیریت تقاضا ۴-مدیریت‌اطلاعات [۱۰]. کریستوفر و لی[2] بر این‌باور هستند که در فرآیند مقاوم‌سازی زنجیره‌تأمین نسبت به اختلال، می‌بایست کارایی زنجیره را در کنار سایر رویکرد هایی که آسیب پذیری زنجیره را کاهش می‌دهند، بررسی نمود [۱۱]. با توجه به مسائلی که سازمان به علت اختلال در زنجیره تأمین با آن مواجه‌می‌شود، راهکارهای مختلفی برای مقابله با آن‌ها در زنجیره‌تأمین ارائه‌گردیده است.

از این میان می‌توان به مواردی چون ارتقاء پایداری در زنجیره‌تأمین [۱۲]، ارتقاء خاصیت‌بازگشت‌پذیری در زنجیره‌تأمین [۱۳ و ۱۴]، ارتقاء امنیت زنجیره‌تأمین [۱۵ و ۱۶] و ارتقاء چابکی در زنجیره‌تأمین [۱۷]، اشاره‌نمود. می توان راهبردهای مدیریت‌اختلال در زنجیره‌تأمین را به دو گروه راهبردهای پیشگیرانه و مدیریت‌اختلال تقسیم کرد. جنبه‌های نوآوری این پژوهش عبارت‌است از:۱- توسعه رویکردهای منبع‌یابی اقتضائی جهت مقابله با اختلال، ۲- مدل‌سازی مسئله در قالب مدل‌های دو مرحله‌ای تصادفی.

۲- مرور ادبیات

پژوهش‌های زیادی درباره فرآیندانتخاب تأمین‌کننده در شرایط اختلال صورت‌گرفته‌است که هر کدام از جنبه خاصی به این مسئله پرداخته‌اند. در مدل‌های موجودی با اختلال، مدل‌های کاهش اثر اختلال با موجودی اضافی و مدل‌های با چند تأمین‌کننده بخش اصلی ادبیات این حوزه را تشکیل می‌دهند. درحالی‌که در مدل‌های با تک‌تأمین کننده تنها از راهبردنگهداری موجودی اضافه جهت کاهش اثر اختلال استفاده‌می‌شود. در مدل‌های با چندین تأمین کننده، سفارش‌ها بین چند منبع تقسیم می‌گردد که موجب کاهش اثر اختلال بر روی کل مجموعه خواهدشد. اگرچه مدل‌های تک منبعی موجب ارائه‌ی مزایای قیمتی نظیر تخفیف، هزینه‌ی کمتر مدیریت‌تأمین‌کننده و ... می‌شود ولی در صورت وقوع اختلال بر روی این تأمین‌کننده، سیستم کاملاً آسیب‌پذیر خواهد بود.

پارلار و برکین[3] نخستین پژوهشی است که با پشتوانه ریاضیاتی به بررسی مدل‌های موجودی با امکان وقوع اختلال می‌پردازد. امکان وقوع اختلال در تحقیق ایشان به معنای عدم امکان دسترسی به تأمین‌کننده در برخی اوقات است؛ یعنی این‌که در برخی از موارد تأمین‌کننده در حالت در دسترس و در برخی از مواقع در حالت غیرقابل‌دسترس بوده و عدم قطعیت در عرضه و منبع در نظرگرفته شده‌است. ایشان مدل موجودی برای مسئله EOQ[4] با فرض اختلال در عرضه و سیاست سفارش در نقطه صفر (ZIO[5]) را ارائه‌دادند [۱۸]. زینپ- سورکت و کیو[6] به بررسی زمانی پرداختند که راهبرد سفارش با مقدار با فرض ZIO نسبت به سفارش تااندازه‌ای خاص با نقطه سفارش مثبت، بهتر است. فرض اصلی ایشان، اختلال در دوره‌های فعالیت یا عدم‌فعالیت تأمین‌کننده و فروشنده بود [۱۹].

از میان پژوهش‌های اصلی که تک‌تأمین‌کننده را مدنظر قرار داده‌اند می‌توان به این‌موارد اشاره‌نمود: ژیاوو و کیو[7] تک تأمین‌کننده با دو فروشنده‌ی رقیب برای مسئله‌ی روزنامه فروش را بررسی‌کردند [۲]. کرن[8] به بررسی مدلی با بازده تصادفی برای مدل موجودی تک دوره‌ای با تقاضای قطعی پرداخت [۲۱]. بهرامی و همکاران یک زنجیره‌تأمین دو سطحی تحت قرارداد مدیریت موجودی توسط فروشنده که در آن یک تأمین‌کننده چندین کالا را برای چندین فروشنده به‌منظور برآورده‌سازی تقاضای آن‌ها تولید و برایشان ارسال می‌نماید، توسعه‌دادند [۲۲]. سیمچی لوی[9] و همکاران به ارائه‌ی راهبرد هیبرید انعطاف‌پذیری فرآیند و موجودی جهت مقابله با اختلال می‌پردازند. مدل به‌صورت مدل احتمالی دومرحله‌ای مدل‌سازی گردیده‌است به‌گونه‌ای که در مرحله‌ی اول سازمان به تخصیص موجودی می‌پردازد و در مرحله‌ی دوم تصمیم‌گیری، سازمان زمان‌بندی تولید را با استفاده از انعطاف‌دهی در فرآیند و موجودی به‌منظور حداقل‌سازی دیرکرد مشخص‌می‌نماید [۲۳]. از میان پژوهش‌هایی که چند تأمین‌کننده را مدنظر قرار داده‌اند می توان به این موارد اشاره‌نمود: سونگ[10] و همکاران به بررسی

[1] Tang
[2] Christopher and Lee
[3] Parlar and Berkin
[4] Economic Order Quantity
[5] Zero Inventory Ordering
[6] Zeynep Sargut and Qi
[7] Xiao and Qi
[8] Keren
[9] Simchi-Levi
[10] Song

www.SID.ir

Archive of SID

چند تأمین‌کننده هنگامی‌که چند نوع عدم‌قطعیت نظیر عدم‌قطعیت عرضه‌ی مواد اولیه، زمان تولید غیرقطعی و تقاضای غیرقطعی وجود دارد، پرداختند. در پژوهش ایشان، فرآیند مدیریت‌سیاست یکپارچه‌ی سفارش‌دهی مواد اولیه و کنترل تولید با استفاده از رویکرد برنامه‌ریزی پویا مدل شد [۲۴]، فیروزی[1] و همکاران به ارائه‌ی سیاست بهینه برای دو محصول با مرور دوره‌ای موجودی پرداختند که احتمال در دسترس‌بودن تأمین کننده غیرمشخص است. علاوه براین دو نوع هزینه‌ی ثابت که به هرکدام از محصولات اختصاص می‌یابد مورد بررسی قرارگرفت [۲۵]. سوایک[2] یک رویکرد مدل‌سازی دو دوره ای نوین برای کاهش اختلال زنجیره‌تأمین ارائه‌نمود که در آن، افق برنامه‌ریزی به دو دوره قبل از اختلال و بعد از اختلال تقسیم می‌شود [۲۶]. پال[3] و همکاران به ارائه‌ی یک سیستم تک‌مرحله‌ای تولید- موجودی پرداخت که در آن سیستم به‌صورت غیر منتظره با اختلال محدود یا اختلال کلی مواجه‌می‌گردد. ایشان یک‌مدل ریاضی برای برنامه‌ریزی مجدد تولید بعد از رخ‌دادن اختلال جهت حداکثرکردن سود در دوره‌ی بازیابی را ارائه دادند [۲۷]. پال و همکاران به مقایسه‌ی تحقیقات انجام‌شده با رویکرد تولید - موجودی و مدیریت‌اختلال در زنجیره‌تأمین پرداختند. شاخص‌های تمایز اصلی در نظر گرفته‌شده در پژوهش ایشان، عبارت‌است از فاکتورهای ریسکِ فضای واقعی، نظیر فرآیند تولید غیرمطمئن، ریسک و اختلال تولید، عرضه، تقاضا و حمل‌ونقل بود [۲۸]. یائو و مینر[4] مدل‌های چند تأمین‌کننده در زنجیره‌های تأمین مواجه با اختلال را بررسی کردند [۲۹]. شائو[5] به بررسی اثر ارضاء تقاضا به‌صورت عرضی در یک زنجیره‌تأمین پرداخت [۳۰] و مورالز و همکاران[6] مسئله مسیریابی موجودی و اثر اختلال بر روی شبکه را موردبررسی قرارداد [۳۱].

با توجه به مطالب ذکرشده و مطالعات پیشین در حوزه اختلال در تأمین‌کننده، می‌توان مهم‌ترین انگیزه‌های پرداختن به این موضوع را به‌صورت عوامل زیر برشمرد:

۱- با توجه به مطالعات صورت‌گرفته، پژوهشی که در آن مدل‌سازی ریاضی برای زنجیره تأمین چند محصولی با امکان وقوع اختلال در تأمین‌کننده در شرایط تحریم انجام شده‌باشد، یافت‌نشد و این امر را می‌توان مهم‌ترین نوآوری این پژوهش قلمداد کرد که به‌نحوی آن را جزء اولین مطالعات از این حیث قرارمی‌دهد.۲- در هیچ‌کدام از مطالعات پیشین از راهبرد منبع یابی اقتضائی برای حل مسئله اختلال در زنجیره‌تأمین چند محصولی استفاده نشده است.۳- مدل‌سازی مسئله در قالب مدل تصادفی دو مرحله ای انجام‌گرفته‌است و برای حل آن از روش تقریب میانگین نمونه استفاده‌شده‌است.

در جدول ۱، وجوه تمایز پژوهش‌های پیشین در حوزه مدل های موجودی با اختلال از منظر نوع عدم قطعیت، راهبرد مقابله با آن، متغیر تصمیم‌گیری سفارش، تعداد اقلام، نوع تقاضا، ساختار زمانی، سیاست مرور موجودی، راهبرد منبع یابی، نوع اختلال، مراحل زنجیره‌تأمین، زمان تدارک و نوع دیرکرد نشان‌داده‌شده‌است.

تحلیل پژوهش‌های انجام‌شده بر اساس داده‌های جدول ۱ مبنای ارائه‌ی شکاف تحقیق و ارائه‌ی مدل پیشنهادی بر اساس این شکاف است. جهت تحلیل ادبیات موضوع، پژوهش ها به زیر بخش‌هایی تقسیم می‌گردد این زیربخش-ها شامل حوزه‌هایی است که در ادبیات و پژوهش‌های مربوط به موجودی با اختلال به‌عنوان ویژگی‌های مدل پیشنهادی پژوهشگران مورد بررسی قرارگرفته‌است. این حوزه‌ها شامل «عدم قطعیت در عرضه و تقاضا، اختلال بازده برنولی-بازده تصادفی، ساختارزمانی، منبع‌یابی، سیاست تحمل برای مدتی، تصمیم‌گیرنده‌ی ریسک گریز و ریسک خنثی، ادبیات تک محصولی-چندمحصولی، سفارش‌های عقب‌افتاده-سفارش ازدست‌رفته، روش‌حل و مدل‌سازی، زمان در راه سفارش و توسعه‌ی ادبیات» است. علت این تقسیم‌بندی این است که در ادبیات پژوهش‌های موجود، این حوزه‌ها به‌عنوان مرزهای پژوهش توسط پژوهشگران مد نظر قرارگرفته‌است. از میان پژوهش‌هایی که در سال‌های اخیر صورت پذیرفته است، پژوهش‌هایی که حالت چند منبعی را در نظرگرفته‌اند رو به افزایش‌است که بخشی از آن‌ها به حالت تأمین‌کننده اقتضائی اختصاص‌دارد. با توجه به اینکه استفاده از تأمین‌کننده اقتضائی می‌تواند موجب افزایش انعطاف‌پذیری در مدل‌های موجودی گردد، پیاده سازی این مدل‌ها در عمل بیشتر امکان‌پذیر است.

[1] Firouzi
[2] Sawik
[3] Paul
[4] Yao and Minner
[5] Shao
[6] Morales

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱: خلاصه‌ی مرور ادبیات مدل‌های موجودی با اختلال

نوع دیرکرد	فروش عقب افتاده	✓					✓	✓	✓					✓				
	فروش از دست رفته												✓			✓		
زمان تدارک	غیرصفر-غیرثابت																	✓
	غیرصفر-ثابت				✓	✓												
	صفر	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
مراحل زنجیره	تک مرحله						✓	✓	✓	✓			✓		✓			
	چند مرحله		✓					✓			✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
نوع اختلال	بازده تصادفی	✓										✓	✓					✓
	بازده برنولی						✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓		
راهبرد منبع یابی	تک منبعی								✓		✓	✓				✓		
	چند منبعی	✓					✓							✓		✓		
	منبع یابی مشروط			✓			✓						✓		✓			✓
سیاست مرور	پیوسته								✓	✓	✓			✓				
	پریودیک						✓					✓	✓					
ساختار سازمانی	پیوسته			✓							✓							
	پریودیک						✓					✓			✓	✓		✓
	تک پریود	✓							✓	✓			✓	✓				
تقاضا	غیرثابت						✓				✓				✓			
	ثابت			✓		✓						✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
تعداد اقلام	چند			✓						✓			✓			✓		✓
	تک	✓	✓			✓			✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	
متغیر تصمیم گیری سفارش	نقطه سفارش مجدد					✓				✓								
	میزان سفارش					✓			✓				✓	✓	✓	✓	✓	✓
	سفارش تا اندازه خاص					✓							✓					
راهبرد مقابله	منبع یابی	✓			✓	✓		✓		✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓
	نگهداری موجودی	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓					
نوع عدم قطعیت	تقاضا		✓		✓			✓	✓	✓								
	عرضه	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
منبع		[۳۲]	[۳۳]	[۳۴]	[۳۵]	[۳۶]	[۳۷]	[۳۸]	[۳۹]	[۴۰]	[۴۱]	[۱۹]	[۴۲]	[۴۳]	[۴۴]	[۴۵]	[۴۶]	پژوهش فعلی

ZIO

www.SID.ir

Archive of SID

نوع دیرکرد	فروش عقب افتاده				✔											✔		
	فروش از دست رفته	✔				✔	✔		✔	✔		✔				✔	✔	✔
زمان تدارک	غیرصفر-غیرثابت		✔		✔													
	غیرصفر-ثابت									✔					✔	✔	✔	
	صفر	✔		✔			✔	✔	✔		✔	✔					✔	✔
مراحل زنجیره	تک مرحله														✔	✔	✔	
	چند مرحله				✔			✔	✔	✔		✔	✔	✔				✔
نوع اختلال	بازده تصادفی					✔						✔			✔			
	بازده برنولی							✔	✔	✔				✔	✔	✔	✔	✔
راهبرد منبع یابی	تک منبعی			✔					✔									
	چند منبعی		✔		✔					✔	✔						✔	✔
	منبع یابی مشروط					✔	✔	✔			✔		✔	✔	✔	✔	✔	
سیاست مرور	پیوسته							✔			✔							
	پریودیک			✔	✔		✔	✔	✔	✔		✔	✔			✔	✔	✔
ساختار سازمانی	پیوسته				✔		✔					✔						
	پریودیک			✔				✔	✔	✔	✔			✔				✔
	تک پریود						✔					✔				✔	✔	
تقاضا	غیرثابت		✔		✔				✔				✔	✔				
	ثابت	✔				✔		✔		✔	✔			✔		✔	✔	✔
تعداد اقلام	چند		✔	✔				✔	✔					✔				✔
	تک	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔		✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	
متغیر تصمیم گیری سفارش	نقطه سفارش مجدد			✔	✔										✔			
	میزان سفارش						✔		✔	✔		✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔
	سفارش تا اندازه خاص			✔	✔			✔				✔	✔	✔		✔	✔	✔
راهبرد مقابله	منبع یابی		✔			✔	✔	✔	✔		✔		✔					✔
	نگهداری موجودی	✔		✔				✔		✔		✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔
نوع عدم قطعیت	تقاضا				✔				✔								✔	
	عرضه	✔	✔	✔		✔	✔	✔		✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔		✔
منبع		[۲۳]	[۲۴]	[۲۵]	[۴۷]	[۴۸]	[۴۹]	[۲۹]	[۳۰]	[۳۱]	[۵۰]	[۵۱]	[۵۲]	[۵۳]	[۵۴]	[۵۵]	[۵۶]	[۵۷]

www.SID.ir

Archive of SID

از طرف دیگر بیشتر پژوهش‌های صورت‌پذیرفته در ادبیات موضوع حوزه‌ی اختلال در موجودی، حالت تک‌محصولی را در نظر می‌گیرند. تعداد بسیار کمتری از پژوهش‌ها در حالت چند محصولی صورت پذیرفته‌است. گورنانی[1] و همکاران و هوپ و یین[2] یک سیستم مونتاژ را در نظر می‌گیرند که چند محصول در آنجا تولیدمی‌شود [۵۸ و ۵۹]، تاملین[3] امکان جایگزینی دو محصول را در نظر می‌گیرد[۳۴]، اشمیت و سینگ [4]فرض دومحصول که در چند کارخانه تولیدمی‌شود را مدنظر قرار می‌دهد. [۶۰]. در پژوهش حاضر ضمن توسعه رویکرد منبع‌یابی اقتضایی در زنجیره‌تأمین چند محصولی، از مدل دومرحله‌ای تصادفی برای مدل‌سازی مسئله استفاده شده‌است.

۳- معرفی مسئله و مدل‌سازی

مسئله مورد پژوهش در محیط چندآیتمی، چندمحصولی در محیط تولیدی مورد بررسی‌قرارمی‌گیرد. در این پژوهش، هدف اصلی، بررسی اثر اختلال در زنجیره‌تأمین برای یک زنجیره‌تأمین شامل تأمین‌کننده اقلام اولیه، تولیدکننده محصولات و مشتری نهایی است. در زنجیره‌تأمین چند محصولی عدم فراهم‌آوری هر کدام از مواد اولیه توسط تأمین کنندگان منجر به عدم توانایی در تولید محصول نهایی و هزینه‌های دیرکرد و هزینه‌هایی از این‌دست می گردد. با توجه به شرایط بازار و عوامل غیرقطعی موجود در بازارهای رقابتی، این امکان وجود دارد تا تأمین مواد اولیه با اختلال مواجه گردد. در این پژوهش عملاً اختلال به طور مستقیم بر روی تأمین مواد اولیه مدنظر قرارگرفته است. در بسیاری صنایع نظیر صنایع تعمیراتی، غذایی، دارویی و سایر صنایعی که تاریخ انقضاء برای اقلام مصرفی وجود دارد امکان نگهداری انبوهی از مواد اولیه میسر نیست. همین‌طور همکاری با تعداد بسیار از تأمین‌کنندگان نیز هزینه‌ی بالایی برای مدیریت تأمین‌کنندگان به سیستم موجودی تحمیل می‌نماید. استراتژی نسبتاً معقولی که در این زمینه توسط بسیاری از مصرف‌کنندگان مورد استفاده قرارمی‌گیرد، استراتژی‌های منبع‌یابی اقتضائی است. در این سیاست، سفارش‌ها در ساختار دومرحله‌ای داده‌می‌شود به‌گونه‌ای که در مرحله‌ی‌اول سفارش‌ها به تأمین‌کننده‌های ارزان‌تر ارائه می‌شود و در مرحله‌ی‌دوم به محض اینکه مشخص شد که تأمین‌کنندگان ارزان چه مقدار کالا را برآورده کرده است، سفارش‌ها به تأمین کننده‌ی گران‌تر ارائه می‌گردد. واضح است که تأمین‌کننده گران‌تر در عمل می‌بایست مطمئن‌تر عمل‌نماید.

تأمین‌کننده‌ی ارزان دارای عدم‌قطعیت از نوع بازده تصادفی[5] و همین‌طور عدم قطعیت در زمان تدارک می باشند. در ارتباط با عدم قطعیت از نوع بازده تصادفی، تنها بخشی از سفارش داده شده توسط این تأمین‌کننده تحویل داده می‌شود. جهت استفاده از تأمین‌کننده‌ی گران (مطمئن) در مرحله‌ی دوم می‌بایست آیتم‌ها را از این تأمین کننده رزرو نمود (پیش پرداخت به این تأمین‌کننده پرداخت نمود) در صورتی‌که نیاز به سفارش به تأمین‌کننده گران احساس شود، حداکثر می‌توان تا مقدار رزروشده به او سفارش داد. درصورتی‌که در چنین وضعیتی سفارشی به تأمین‌کننده‌ی گران ارائه نگردد یا اینکه تأمین‌کننده از حالت در دسترس خارج‌گردد، هزینه‌ی رزرو موجودی عملاً از دست‌رفته محسوب می‌شود. میزان اضافه از هرکدام از آیتم‌ها در انتهای افق تصمیم‌گیری با ارزش دفتری (هزینه ی اسقاط) مورد محاسبه قرار می‌گیرند. زمان تدارک برای آیتم‌ها به‌صورت غیرقطعی در نظرگرفته شده‌است. هدف مدل از بعد سفارش‌دهی، تعیین مقادیر سفارش به هر کدام از تأمین‌کننده‌ها است. همچنین این مدل، انجام تأمین با قیمت پایین‌تر از تأمین‌کننده‌ی ارزان و نیز استفاده از درجه اطمینان بالاترِ تأمین‌کننده‌ی گران را به همراه خواهد داشت. فرض استفاده از تأمین‌کننده ارزان و تأمین‌کننده گران تنها از طریق مدل‌سازی مسئله با مفاهیم مدل‌های تصادفی دو مرحله‌ای میسر است. لذا سفارش‌ها در ساختار دومرحله‌ای ارائه می‌شود به‌گونه‌ای که در مرحله‌ی اول سفارش‌ها به تأمین کننده‌های ارزان ارائه می‌شود و همین طور میزان رزرو از تأمین کننده‌گران مشخص می‌شود و در مرحله‌ی دوم به‌محض اینکه اطلاعات بیشتری از پارامترهای غیرقطعی مشخص شد، سفارش‌ها به تأمین‌کننده‌ی گران ارائه می‌شود.

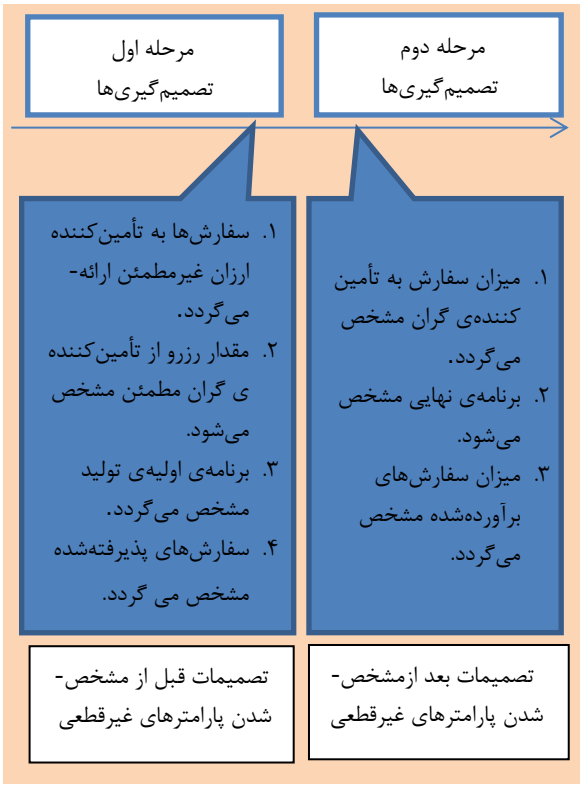
عدم تأمین هر کدام از اقلام اولیه، موجب عدم توانایی در تولید محصول نهایی مربوطه می‌شود. چنین فرضی موجب می‌شود که فرآیند سفارش‌دهی مواد اولیه و تولید

[1] Gurnani
[2] Hopp and Yin
[3] Tomil
[4] Schmitt and Singh
[5] Random Yield

www.SID.ir

Archive of SID

محصولات نهایی وابستگی بیشتری داشته باشند. لذا این مدل سعی‌دارد تا رابطه‌ی میان سفارش‌دهی برای مواد اولیه و برنامه‌ریزی تولید را نیز برقرار نماید. واضح است که هرکدام از محصولات نهایی نیازمند اقلام و مواد اولیه است. با توجه به اینکه در فرآیند تولید تمامی مواد اولیه می‌بایست تأمین‌گردند و عملاً رابطه‌ی مستقیمی می‌بایست بین برنامه ی تولید هر کدام از محصولات نهایی و تأمین مواد اولیه برقرار شود، در مدل پیشنهادی برنامه‌ی تولید در کنار برنامه سفارش دهی مواد اولیه مشخص می‌گردد.



شکل ۱: ساختار فرایند تصمیم‌گیری مدل

برنامه اصلی تولید می‌بایست در ابتدای افق تصمیم‌گیری مشخص‌شود لذا در مدل پیشنهادی، برنامه تولید اصلی، تولید و میزان سفارش‌های پذیرفته‌شده برای محصولات نهایی، از مشتری نهایی، در مرحله اول تصمیم‌گیری هم زمان با تعیین سفارش‌ها به تأمین‌کننده غیرمطمئن مشخص می‌گردد. همین‌طور از آنجا که مدل در شرایط عدم قطعیت مدل‌سازی شده‌است، میزان تقاضای قطعی برآورده شده در مرحله‌دوم مشخص می‌شود و میزان انحرافات از سفارش‌های پذیرفته‌شده به سیستم، هزینه تحمیل می نماید. شکل (۱) نشان‌دهنده‌ی ساختار فرایند تصمیم‌گیری است.

۳-۱- برنامه‌ریزی تصادفی دومرحله‌ای[1]

روش سنتی نمایش ریاضی برنامه‌ریزی احتمالی دومرحله‌ای به شکل زیر است که در آن متغیرها و پارامترها مرحله‌ی اول و دوم طبق معادلات (۱) الی (۴) قابل‌تمایز می‌باشند.

$$\min\left\{a^{T}x+\sum_{s\in S}p^{s}\times b^{sT}\times y^{s}\right\} \qquad (۱)$$

subject to

$$Ax=c \qquad (۲)$$

$$B^{s}x+C^{s}\times y^{s}=d^{s},s\in S \qquad (۳)$$

$$x,y^{s}\geq 0,s\in S \qquad (۴)$$

در مدل بالا مقادیر x و y به ترتیب متغیرهای مرحله‌ی اول و دوم می‌باشند. A، B و C ضرایب ماتریس‌های تکنولوژی است. c و d مقادیر سمت راست و s نمایانگر سناریوی مربوطه است.p نیز احتمال مجموعه سناریو است.

۳-۲- مدل تصادفی دومرحله‌ای برای مدل پیشنهادی

طبق فرضیات ارائه‌شده در بخش قبلی مدل‌سازی مسئله به شکل زیر صورت می‌پذیرد. در ادامه اندیس‌ها، پارامترها، متغیرها و مدل‌سازی مسئله ارائه‌گردیده‌است.

اندیس‌ها

اندیس ماده اولیه مورد نیاز برای تولید	$\mathbf{i}$
اندیس محصولات جهت تولید	p
اندیس سفارش‌های ارسالی	o
اندیس تأمین‌کننده‌ی ارزان غیرمطمئن	c
اندیس تأمین‌کننده‌ی گران مطمئن	e
اندیس پریود $(\mathbf{t=1,2,\dots,T})$	t
اندیس سناریو	s

مجموعه‌ها

مجموعه مواد اولیه موردنیاز برای تولید محصول $\mathbf{p}$	$\mathbf{IT(p)}$
مجموعه تأمین‌کننده ارزان که می‌توانند ماده اولیه $\mathbf{i}$ از محصول $\mathbf{p}$ را ارائه‌دهند	$C(i,p)$
تأمین‌کننده‌ی گران که می‌تواند ماده اولیه $\mathbf{i}$ از محصول $\mathbf{p}$ را ارائه‌دهند	$E(i,p)$
مجموعه محصولاتی که تولید آن‌ها در تصمیم گیری مورد بررسی تعمیر قرار می‌گیرند.	$\mathbf{P}$
مجموعه‌ی سناریوهای قابل وقوع	S

[1] Two-stage Stochastic Programming

www.SID.ir

Archive of SID

پارامترها

احتمال سناریو **s**	$\mathbf{PRS_s}$
هزینه نگه‌داری یک واحد محصول **p** در دوره‌ی **t**	$HP_{p,t}$
عایدی حاصل از فروش یک واحد محصول **p**	RO_p
هزینه تولید یک‌واحد محصول **p**	PC_p
هزینه رزرو یک‌واحد از ماده اولیه **i** برای محصول **p** از تأمین‌کننده‌ی گران **e** در دوره‌ی **t**	$RC_{i,p,e,t}$
قیمت واحد آیتم **i** برای محصول **p** از تأمین‌کننده ی ارزان **c** برای تحویل در دوره‌ی **t**	$CP_{i,p,c,t}$
قیمت واحد آیتم **i** برای محصول **p** از تأمین‌کننده ی گران **e** برای تحویل در دوره‌ی **t**	$EP_{i,p,e,t}$
ارزش دفتری ماده اولیه‌ی **i** از محصول **p** در ابتدای افق تصمیم‌گیری	$BI_{i,p}$
ارزش دفتری ماده اولیه‌ی **i** از محصول **p** در انتهای افق تصمیم‌گیری	$BE_{i,p}$
موجودی اولیه ماده اولیه‌ی **i** از محصول **p**	$II_{i,p}$
هزینه نگهداری یک واحد از ماده اولیه‌ی **i** برای یک دوره	H_i
بازده ماده اولیه‌ی **i** در پریود **t** از تأمین‌کننده ارزان **c** برای سناریوی **s**	$y_{i,c,t,s}$
متوسط بازده ماده اولیه‌ی **i** متعلق به محصول **p** از تأمین‌کننده ارزان **c**	$\bar{y}_{i,p,c}$
حداقل درصدی از مقدار رزرو شده از ماده اولیه‌ی **i** از تأمین‌کننده گران e که باید سفارش داده‌شود.	$\alpha_{i,e}$
حداقل مقدار مورد نیاز از ماده اولیه‌ی **i** از محصول **p** در پایان افق	$MIE_{i,p}$
حداکثر مقدار مورد نیاز از آیتم **i** از محصول **p** در پایان افق	$MAE_{i,p}$
ظرفیت تأمین‌کننده‌ی **c** برای ماده اولیه‌ی **i** از محصول **p**	$CC_{i,p,c}$
ظرفیت تأمین‌کننده‌ی **e** برای ماده اولیه‌ی **i** از محصول **p**	$CE_{i,p,e}$
اگر تأمین‌کننده‌ی **e** در سناریوی **s** در دسترس باشد مقدار یک می‌گیرد. در غیر این صورت صفر	$B_{e,s}$
مقدار مورد نیاز از ماده اولیه‌ی **i** برای تولید یک واحد محصول **p**	$\gamma_{i,p}$
زمان تدارک ماده اولیه‌ی **i** از محصول **p** از تأمین کننده‌ی **e** برای سناریوی **s**	$LDE_{i,p,e,}$
زمان تدارک ماده اولیه‌ی **i** از محصول **p** از تأمین کننده‌ی **c** برای سناریوی **s**	$LDC_{i,j,p,}$
میزان جریمه بابت تغییر مثبت (تولید زودتر) در برنامه‌ی تولید برای محصول **p**	PDP_p
میزان جریمه بابت تغییر منفی (انجام دیرتر) در برنامه‌ی تولید برای محصول **p**	NDP_p
میزان موردنیاز نیروی انسانی برای تولید یک واحد محصول **p**	RS_p
ظرفیت موجود از نیروی انسانی در دوره‌ی **t**	SC_t

متغیرهای مرحله‌ی اول

مقدار سفارش پذیرفته‌شده از محصول نوع **p** در دوره‌ی **t**	$\mathbf{AO_{p,t}}$
مقدار رزرو شده (پیش‌پرداخت شده) از ماده اولیه‌ی **i** برای محصول **p** از تأمین‌کننده‌ی **e** در دوره‌ی **t**	$RQ_{i,p,e,t}$
میزان سفارش از ماده اولیه‌ی **i** از محصول p به تأمین‌کننده‌ی ارزان **c** برای دوره‌ی **t**	$OC_{i,p,c,t}$
برنامه‌ی اولیه‌ی تولید محصول **p** در زمان **t**	$IMP_{p,t}$

متغیرهای مرحله‌ی دوم

میزان باقیمانده‌ی پرداخت که برای ماده اولیه **i** برای محصول **p** در دوره‌ی **t** برای سناریوی **s** درصورت تحویل کالا می‌بایست به تأمین کننده‌ی **e** پرداخته‌شود	$\mathbf{RP_{i,p,e,t,s}}$
سطح موجودی ماده اولیه‌ی **i** از محصول **p** در پایان دوره‌ی **t** برای سناریوی **s**	$I_{i,p,t,s}$
سطح موجودی محصول نهایی محصول **p** در پایان دوره‌ی **t** برای سناریوی **s**	$IP_{p,t,s}$
میزان قطعی تولید محصول **p** در زمان **t** برای سناریوی **s**	$AMP_{p,t,s}$
میزان قطعی سفارش از ماده اولیه **i** از محصول **p** به تأمین‌کننده‌ی گران **e** برای دوره‌ی **t** برای سناریوی **s**	$OE_{i,p,e,t,s}$
میزان مصرف‌شده از ماده اولیه **i** از محصول **p** در پایان دوره‌ی **t** برای سناریوی **s**	$C_{i,p,t,s}$
میزان سرمایه‌گذاری که برای ماده اولیه **i** برای محصول p در دوره‌ی **t** برای سناریوی **s** از تأمین‌کننده‌ی **e** ازدست‌رفته‌است.	$LP_{i,j,p,e,t,s}$
میزان تغییر مثبت (انجام زودتر) در برنامه‌ی تولید محصول **p** برای سناریوی **s**	$DMP^{+}_{j,p,s}$
میزان تغییر منفی (انجام دیرتر) در برنامه‌ی تولید محصول **p** برای سناریوی **s**	$DMP^{-}_{j,p,s}$

www.SID.ir

Archive of SID

مدل‌سازی ریاضی

$$\text{Max}\left\{\left[\sum_{p\in P}\sum_{t=1}^{T}(RO_p - PC_p)AO_{p,t} - \sum_{p\in P}\sum_{i\in IT(p)}\sum_{e\in E(i,p)}\sum_{t=1}^{T}RC_{i,p,e,t}\times RQ_{i,p,e,t} - \sum_{p\in P}\sum_{i\in IT(p)}\sum_{c\in C(i,p)}\sum_{t=1}^{T}CP_{i,p,c,t}\times \bar{y}_{i,p,c}\times OC_{i,p,c,t}\right] - \sum_{s=1}^{S}PRS_s \times \left[+\sum_{p\in P}\sum_{i\in IT(p)}\sum_{e\in E(i,p)}\sum_{t=1}^{T}RP_{i,p,e,t,s} + \sum_{p\in P}\sum_{i\in IT(p)}(BI_{i,p}\times II_{i,p} - BE_{i,p} + \sum_{p\in P}\sum_{i\in IT(p)}\sum_{t=1}^{T}(H_{i,p}\times I_{i,p} + \sum_{p\in P}\sum_{t=1}^{T}(HP_{p,t}\times IP_{p,t,s} + \sum_{p\in P}\sum_{t=1}^{T}(PDP_p\times DMP^{+}_{p,} + \sum_{p\in P}\sum_{t=1}^{T}(NDP_p\times DMP^{-}_{p,}\right]\right\} \quad (۵)$$

Subject to:

$$\begin{cases} II_{i,p} + \sum_{c\in C(i)} y_{i,p,c,1,s}\times OC_{i,p,c,1} + \sum_{e\in E(i)} OE_{i,p,e,1,s} = I_{i,p,1,s} + C_{i,p,1,s}, \forall p\in P, i\in IT(p), s \\ I_{i,p,t-1,s} + \sum_{c\in C(i)} y_{i,p,c,t,s}\times OC_{i,p,c,t} + \sum_{e\in E(i)} OE_{i,p,e,t,s} = I_{i,p,t,s} + C_{i,p,t,s}, \forall p\in P, i\in IT(p), t=2,\dots,T, s \end{cases} \quad (۶)$$

$$I_{i,p,T,s} \geq MIE_{i,p}, \forall p\in P, i\in IT(p), s \quad (۷)$$

$$I_{i,p,T,s} \leq MAE_{i,p}, \forall p\in P, i\in IT(p), s \quad (۸)$$

$$\sum_{t=1}^{T} OC_{i,p,c,t} \leq CC_{i,p,c}, \qquad \forall p\in P, i\in IT(p), c\in C(i) \quad (۹)$$

$$\sum_{t=1}^{T} RQ_{i,p,e,t} \leq CE_{i,p,e}, \forall p\in P, i\in IT(p), e\in E(i) \quad (۱۰)$$

$$RC_{i,p,e,t}\times RQ_{i,p,e,t} + RP_{i,p,e,t,s} - LP_{i,p,e,t,s} = EP_{i,p,e,t}\times OE_{i,p,e,t,s}, \forall p\in P, i\in IT(p), e\in E(i), t, s \quad (۱۱)$$

$$OE_{i,p,e,t,s} \leq B_{e,s}\times RQ_{i,p,e,t}, \forall p\in P, i\in IT(p), t, e\in E(i), s \quad (۱۲)$$

$$\alpha_{i,p,e}\times B_{e,s}\times \sum_{t=1}^{T} RQ_{i,p,e,t} \leq \sum_{t=1}^{T} OE_{i,j,p,e,t,s}, \forall p\in P, j\in J(p), i\in IT(p), e\in E(i), s \quad (۱۳)$$

$$C_{i,p,t,s} = \gamma_{i,p}\times AMP_{p,t,s}, \forall p\in P, i\in IT(p), t, s \quad (۱۴)$$

$$\sum_{t=1}^{LDC_{i,p,c}} OC_{i,p,c,t} = 0, \forall p\in P, i\in IT(p), c\in C(i) \quad (۱۵)$$

www.SID.ir

Archive of SID

$$\sum_{t=1}^{LDE_{i,p,e,s}} OE_{i,p,e,t,s} = 0, \forall p \in P, i \in IT(p), e \in E(i), s \quad (۱۶)$$

$$IP_{p,t-1,s} + AMP_{p,t,s} = IP_{p,t,s} + AO_{p,t}, \forall p \in P, t, s \quad (۱۷)$$

$$IMP_{p,t} - AMP_{p,t,s} = DMP^{+}_{p,t,s} - DMP^{-}_{p,t,s}, \forall p \in P, t, s \quad (۱۸)$$

$$\sum_{p \in P} RS_p \times IMP_{p,t} \leq SC_t, \forall t \quad (۱۹)$$

$$\sum_{p \in P} RS_p \times AMP_{p,t,s} \leq SC_t, \forall t, s \quad (۲۰)$$

$$RQ_{i,p,e,t}, OC_{ip,c,t}, IMP_{p,t}, RP_{i,p,e,t,s}, I_{i,p,t,s}, AMP_{p,t,s}, OE_{i,p,e,t,s}, C_{i,p,t,s}, DMP^{+}_{p,s}, DMP^{-}_{p,s} \geq 0 \quad (۲۱)$$

معادله‌ی (۵) نشان‌دهنده‌ی تابع هدف است که شامل عایدی منهای هزینه‌های مرحله اول و دوم است. هزینه‌های مرحله‌ی اول شامل هزینه‌ی رزرو از تأمین‌کننده گران و هزینه‌ی سفارش‌دهی به تأمین‌کننده‌ی ارزان می‌باشد. هزینه‌های مرحله‌ی دوم شامل هزینه‌های مربوط به پرداخت باقیمانده‌ی سفارش به تأمین‌کننده‌ی گران، هزینه ی موجودی مصرفی، هزینه‌ی نگهداری موجودی و هزینه ی انحراف از برنامه‌ی تولید است. معادله (۶) نشان‌دهنده محدودیت بالانس موجودی مواد اولیه می‌باشد. معادله (۷) بیانگر این است که موجودی نهایی از یک ماده اولیه در پایان دوره از یک حد مشخصی بیشتر باشد. معادله‌ی (۸) بیانگر آن است که موجودی نهایی از یک ماده اولیه در پایان دوره از یک حد مشخصی کمتر باشد. معادله‌ی (۹) نشان می‌دهد که میزان سفارش داده‌شده به تأمین‌کننده‌ی ارزان کمتر از ظرفیت تأمین‌کننده‌ی ارزان است. معادله‌ی (۱۰) نشان می‌دهد که میزان رزرو شده از تأمین‌کننده‌ی گران کمتر از ظرفیت تأمین کننده‌ی گران است. معادله‌ی (۱۱) نشان‌دهنده‌ی پرداخت باقیمانده‌ی هزینه‌ی تأمین از تأمین کننده‌ی گران می‌باشد که البته برای برخی از سناریوها مقدار پیش‌پرداخت شده نیز از دست می‌رود. معادله‌ی (۱۲) تضمین می‌نماید که میزان سفارش به تأمین‌کننده‌ی گران از میزان رزرو شده کمتر است. همین‌طور تضمین می‌نماید درصورتی‌که در طول افق تصمیم‌گیری تأمین‌کننده‌ی گران از دسترس خارج شود، امکان سفارش به این تأمین‌کننده وجود نخواهد داشت. معادله‌ی (۱۳) بیان‌کننده‌ی این است که در صورتی‌که تأمین کننده‌ی گران در دسترس باقی بماند حداقل می‌بایست درصدی از کالای رزروشده را خریداری نمود. معادله‌ی (۱۴) نشان‌می‌دهد که در صورتی که برنامه‌ی تولید برای یک دوره‌ی خاص تعیین گردد، آنگاه می‌بایست مواد اولیه مربوط به آن تأمین‌گردیده باشد. معادله‌ی (۱۵) نشان‌دهنده‌ی محدودیت زمان تدارک غیر قطعی برای تأمین‌کننده‌ی ارزان است. معادله‌ی (۱۶) نشان دهنده‌ی محدودیت زمان تدارک غیرقطعی برای تأمین کننده‌ی گران است. معادله‌ی (۱۷) محدودیت بالانس موجودی محصولات تولیدی می‌باشد. معادله‌ی (۱۸) مشخص‌کننده‌ی انحراف مثبت و منفی برنامه‌ی نهایی و برنامه‌ی اولیه‌ی تولید است. معادله‌ی (۱۹) تضمین می نماید که برنامه‌ی اولیه‌ی تولید با توجه به ظرفیت نیروی انسانی تعیین‌گردد. معادله‌ی (۲۰) تضمین می‌نماید که برنامه‌ی نهایی تولید با توجه به ظرفیت نیروی انسانی تعیین‌گردد. معادله‌ی (۲۱) مثبت‌بودن متغیرها را بیان می‌نماید.

در طی سال‌های اخیر روش‌های متعددی به‌منظور حل مسائل زنجیره‌تأمین چندسطحی معرفی شده ولی بیشتر این

رویکردها بر پایه شرایط قطعی و تک‌هدفه هستند. به‌علاوه رویکردهای تک‌هدفه موجود نیز فرض می‌کنند که اهداف مستقل از یکدیگر هستند. ازاین‌رو یک متد بهینه‌سازی چند هدفه مقاوم بر اساس رویکردِ تابعِ مطلوبیت ارائه‌شده‌است که از مزایا و ویژگی‌های زیر برخوردار است. ۱- پارامترهای مدل، احتمالی فرض می‌شود تا فاصله بین مدل ریاضی و دنیای واقعی به حداقل ممکن برسد.

۲- انحراف استاندارد اهداف به‌عنوان یک‌دسته از اهداف جدید به مدل وارد شده تا تأثیر فاکتورهای اختلال در

www.SID.ir

Archive of SID

فرآیند به حداقل ممکن برسد.

۳- به‌دلیل استفاده از رویکرد Maxmin، از تحمیل قسمت عمده هزینه‌ها به یکی از سطوح زنجیره جلوگیری می‌شود و در بحث هماهنگی زنجیره، عدالت در تقسیم هزینه‌ها رعایت می‌شود.

۴- رویکرد پیشنهادی تضمین می‌کند که همه اهداف در ناحیه مطلوب قرار بگیرند.

۵- رویکرد پیشنهادی نسبت به همبستگی بالقوه بین اهداف پایا است.

۶- اهمیت نسبی اهداف در نظر گرفته‌می‌شود [۶۱].

تاکنون روش‌های حل متنوعی برای حل مدل‌های دو مرحله‌ای تصادفی خطی[۲۴] پیشنهادشده‌است. یکی از متدهایی که برای حل این مسائل مورد استفاده‌می‌گیرد، متد تجزیه‌ی بندرز است. در این رویکرد برای هر جواب مرحله‌ی اول که توسط مسئله‌ی اصلی[۲۵] ایجاد می‌گردد، مسئله با متغیرهای مرحله‌ی دوم به ازای مقدار ثابت مرحله ی اول حل می‌گردد. این رویکرد عموماً تحت نام متد ال-شیپ[۲۶] نام‌گذاری می‌گردد. متد ال-شیپ به ایجاد برش های شدنی[۲۷] برای مسائل دومرحله‌ای که دارای بخش جبران کامل[۲۸] نمی‌باشند، در کنار برش‌های بهینگی[۲۹] با ایجاد خطی‌سازی خارجی[۳۰] تابع جبران، با استفاده از تجزیه ی بندرز می‌پردازد.اگرچه استفاده از متدهای بالا این مزیت را برای تصمیم‌گیرنده فراهم می‌آورد که بتواند به جواب بهینه دست پیداکند ولی استفاده از متدهای با مبنای تجزیه، معایب قابل‌توجهی نیز دارد. ازجمله‌ی معایب اصلی این مدل‌ها می‌توان موارد زیر را مطرح نمود. اول اینکه این مدل‌ها تنها زمانی قابل استفاده هستند که تعداد سناریو های مورد استفاده محدود باشند. به‌طورکلی زمانی که تعداد سناریوها افزایش می‌یابد، فارغ از اینکه از کدام‌یک از متدهای بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد با توجه به محدودیت حجم حافظه‌ی پردازشگرها امکان استفاده از این مدل‌ها وجود نخواهدداشت. ایراد دوم این مدل‌ها این است که با تغییر کوچک در نوع متغیرها (پیوسته، باینری، عدد صحیح) متد حل دچار تغییر اساسی می‌گردد و متد قبلی عملاً ناکارا می‌گردد. اگرچه متدهای کاهش تعداد سناریوی متفاوتی ارائه‌گردیده است، روش تقریب میانگین نمونه[۳۱] با توجه به ارائه‌ی شکاف بهینگی دارای بالاترین کارایی می باشد. با توجه به اینکه مسائل طراحی شبکه زنجیره‌تأمین به‌طورکلی از نوع مسائل با پیچیدگی حل بالا هستند و برای شبکه‌های بزرگ زنجیره تأمین، تعداد متغیرهای تصمیم گیری، محدودیت‌ها و به‌ویژه متغیرهای باینری افزایش خواهدیافت و تعداد سناریوها و دوره‌های زمانی تأثیر افزایشی بر تعداد محدودیت‌ها و متغیرها خواهندداشت، در نتیجه دشواری‌های محاسباتی با افزایش اندازه شبکه، تعداد سناریوها و دوره‌های زمانی در برنامه‌ریزی به شکل معنا داری افزایش خواهدیافت به همین جهت استفاده از روش تقریب میانگین نمونه برای حل مدل‌های تصادفی دو مرحله‌ای پیشنهاد می‌گردد [۶۲]. تقریب میانگین نمونه یک روش برای کاهش اندازه مدل تصادفی است که با تعداد بسیار زیادی از سناریوها مواجه‌است.

۳-۳- مراحل روش تقریب میانگین نمونه‌گیری

قدم‌های الگوریتم تقریب میانگین نمونه‌گیری به شکل زیر است.

- **مرحله‌ی آغاز**

M مسئله به‌صورت رندم تولید می‌شود $(m = 1,2, \dots, M)$. مجموعه‌ی سناریوی N_m به‌گونه‌ای که $|N_m| = N$ باشد در نظر گرفته می‌شود. هر مسئله شامل N سناریو است که به‌صورت مستقل و با احتمال یکسان انتخاب گردیده‌اند. همین‌طور یک مجموعه مرجع که به‌خوبی بزرگ است انتخاب می‌شود $(N' \gg N)$. مقدار x_m نشان‌دهنده‌ی مجموعه‌ی جواب‌های مربوط به مرحله ی اول برای مسئله‌ی m است.

- **مرحله‌ی اول**

برای هر کدام از m مسئله‌ی تولیدشده، مدل تنها با سناریوهای مربوط به هر کدام از این مسائل حل می‌گردد و مقدار تابع‌هدف v_N^m در نظر گرفته‌می‌شود. مشخص است که با افزایش سایز سناریوهای در نظر گرفته‌شده جواب این مرحله‌ی به جواب مسئله‌ی اصلی نزدیک می‌شود.

- **مرحله‌ی دوم**

مقدار میانگین و واریانس نتایج به‌دست‌آمده در مرحله‌ی اول به شکل زیر محاسبه می‌گردد.

[24] Two-Stage Stochastic linear Programing
[25] Master Problem
[26] L-Shape
[27] Feasibility cuts
[28] Complete Recourse
[29] Optimality Cuts
[30] Outer Linearization
[31] Sample Average Approximation

www.SID.ir

Archive of SID

$$\bar{v}_{N,M} = \frac{1}{M}\sum_{m=1}^{M} v_N^m \quad (۲۲)$$

$$\sigma^2_{\bar{v}_{N,M}} = \frac{1}{M \times (M-1)} \times \sum_{m=1}^{M} \left(v_N^m - \bar{v}_{N,M}\right)^2 \quad (۲۳)$$

$\bar{v}_{N,M}$ یک حد بالای آماری برای مقدار بهینه‌ی تابع‌هدف برای مسئله‌ی اصلی است.

• مرحله‌ی سوم

با جایگذاری مقدار به‌دست‌آمده از متغیرهای مرحله اول در مرحله‌ی دوم، برای مسئله، با در نظر گرفتن مجموعه سناریوی مرجع، تقریب بهتری از تابع‌هدف مسئله اصلی به دست

می‌آید که با $f_{N'}(\bar{x})$ نمایش داده می‌شود. این مقدار حد پایین مسئله اصلی است که می‌توان این کار را برای بهترین جواب به‌دست‌آمده از متغیرهای مرحله‌ی اول، در مرحله‌ی دوم انجام داد و بهترین جواب را مدنظر قرارداد [۶۳]. همین‌طور واریانس $f_{N'}\left(\sigma^2_{\bar{v}_{N,M}}\right)$ برای سناریوهای مختلف محاسبه می‌گردد و با $\sigma^2_{N'}(\bar{x})$ نمایش داده می‌شود.

• مرحله‌ی چهارم

از طریق روابط زیر مقادیر شکاف بهینگی و واریانس تقریب گر مراحل دوم و سوم محاسبه می‌شود.

$$GAP = \bar{v}_{N,M} - f_{N'}(\bar{x}) \quad (۲۴)$$

$$\sigma^2_{gap} = \sigma^2_{\bar{v}_{N,M}} + \sigma^2_{N'}(\bar{x}) \quad (۲۵)$$

بازه اطمینان بهینگی با استفاده از رابطه زیر محاسبه‌می گردد.

$$\bar{v}_{N,M} - f_{N'}(\bar{x}) + z_\alpha \times \sigma_{gap} \quad (۲۶)$$

که در آن $z_\alpha = F^{-1}(1-\alpha)$ و $F(z)$ میزان تجمعی تابع توزیع نرمال است.

۴- نتایج

داده‌های مورد استفاده برای ارزیابی این مدل، اطلاعات مربوط به ۱۲۶ نوع قطعه‌ی یدکی اصلی موردنیاز جهت انجام تعمیرات در پالایشگاه است. این اقلام برای بخش‌های مختلف از تعمیرات موردنیاز می‌باشند. این‌گونه اقلام عمدتاً اقلام مصرفی است که به‌مرور نیازمند تعویض است. به منظور حفظ اطلاعات شرکت مورد پژوهش داده‌های اصلی در عدد ثابتی ضرب گردیده‌است. برای هر قلم از کالاها حداقل یک تأمین کننده‌ی عادی و اضطراری وجود دارد. درصورتی‌که هرکدام از این نوع تأمین‌کنندگان در دسترس نباشند می‌توان با مقدار هزینه بالایی برای خرید، از تأمین کنندگان مشابه استفاده نمود. هزینه‌ی نگهداری موجودی عملاً متناسب با نرخ‌بهره‌ی پرداختی توسط شرکت تعمیر کار در نظر گرفته‌شده‌است که به علت گران‌قیمت‌بودن اقلام می‌باشد. نرخ رزرواسیون، بسته به رویکرد تأمین‌کننده‌ها بین ۰/۱۵ تا ۰/۳ در نظرگرفته شده است. اقلام موردنیاز توسط ۸ تأمین‌کننده‌ی ارزان مجزای مستقل قابل تهیه می باشد. برای تأمین‌کننده‌های با تغییرپذیری متوسط در میزان بازده عملاً سه‌سطح بازده در نظرگرفته شده است برای تأمین‌کننده‌های با تغییرپذیری بیشتر، پنج‌سطح بازده در سناریوهای قابل وقوع مدنظر قرار گرفته‌شده‌است. با این رویکرد تعداد سناریوها ۵۴۹۱۵ است. برای حل مدل از نرم‌افزار گمز استفاده‌شده‌است و خروجی‌های آن به‌شرح‌ذیل می‌باشد.

۴-۱- نتایج متد تقریب میانگین نمونه‌گیری

همان‌طور که در مرحله‌ی دوم متد تقریب میانگین نمونه-گیری نیز اشاره‌گردید، $\bar{v}_{N,M}$ حد پایینی برای مسئله‌ی اصلی ایجاد می‌نماید. این مقادیر برای $M = 200$ و $N = 100, 200, 300$ در جدول ۲ نمایش داده شده‌است.

جدول ۲: حد پایین مسئله

	$N = 100$	$N = 200$	$N = 300$
$\bar{v}_{N,M}$	۴۷۸۳/۴۹	۴۷۶۹/۱۹	۴۷۶۳/۱۴
$\sigma^2_{\bar{v}_{N,M}}$	۲۴۶/۹۹	۱۲۶/۱۸	۸۶/۶۵

مرحله‌ی سوم از متد تقریب میانگین نمونه‌گیری به‌ارائه‌ی حدبالا برای مسئله و کیفیت جواب‌های به‌دست‌آمده توسط متد تقریب میانگین نمونه‌گیری و بازه‌ی اطمینان ۹۵ درصد برای مسئله می‌پردازد. این مقادیر در جدول ۳ نمایش‌داده شده‌است.

جدول ۳: حد بالای مسئله

	$\mathbf{M = 200, N = 100, N' = 100}$	$\mathbf{M = 200, N = 200, N' = 200}$	$\mathbf{M = 200, N = 300, N' = 300}$
Upperbound ($f_{N'}(\bar{x})$)	۴۷۲۰/۹۸	۴۷۳۴/۵۸	۴۷۴۱/۱۴
$z_\alpha \times \sigma_{gap}(\alpha = 0/95)$	۴۲/۶۲	۳۷/۷۶	۳۴/۷۶
Confidence Interval	۱۰۵/۱۳	۷۲/۳۷	۵۶/۷۷

www.SID.ir

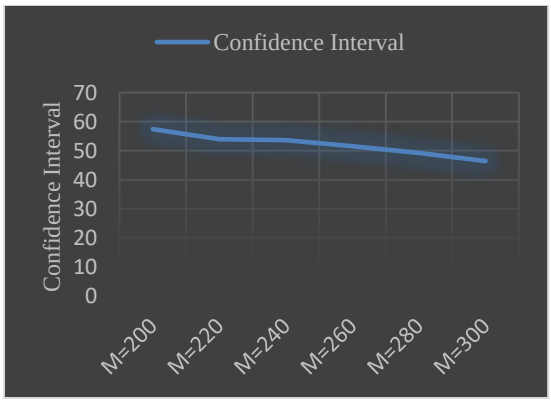
Archive of SID

مشخص‌است که با افزایش سایز نمونه‌ی مورد بررسی (M)، عملاً بازه‌ی اطمینان تنگ‌تری برای مسئله انتخاب می‌گردد. این امر در شکل (۲) نمایش‌داده‌شده‌است.

به‌منظور نمایش اثر استفاده از مدل تصادفی دومرحله‌ای، مقدارتابع هدف به‌دست‌آمده با استفاده از مقدار متوسط برای پارامتر غیرقطعی با مقدار جواب به‌دست‌آمده برای مدل اصلی مقایسه‌گردیده‌است و عملاً اختلاف این مقادیر به‌عنوان ارزش جواب مدل تصادفی[۳۲] در نظرگرفته‌شده‌است. مقدار ارزش جواب مدل تصادفی به شکل زیر محاسبه‌می‌گردد.

$$VSS = \bar{\bar{f}}_N(\bar{X}) - \bar{\bar{f}}_N\left(X^{MeanValue}\right) \qquad (۲۷)$$

که $\bar{\bar{f}}_N(\bar{X})$ مقدار وسط بین حد بالا و حد پایین به‌دست‌آمده برای تابع‌هدف از متد تقریب میانگین نمونه‌گیری برای $\bar{X}$ است و $\bar{\bar{f}}_N\left(X^{MeanValue}\right)$ نشان‌دهنده‌ی مقدار تابع‌هدف برای مسئله‌ی با پارامتر متوسط است. مقادیر مقایسه‌ای برای $\bar{X}^{1000}$، $\bar{X}^{2000}$، $\bar{X}^{3000}$ و $X^{MeanValue}$ در جدول شماره ۴ قابل مشاهده‌است.



شکل ۲: بازه‌ی اطمینان مسئله

جدول ۴: ارزش جواب‌های مدل تصادفی

	$X^{MeanValue}$	$\bar{x}(M=200,N=100,N'=1000)$	$\bar{x}(M=200,N=200,N'=2000)$	$\bar{x}(M=200,N=300,N'=3000)$
OF	۴۴۵۴/۵۸	۴۷۴۲	۴۷۵۲	۴۷۵۹/۱
VSS	-	۳۰۱/۶	۳۰۱/۹۵	۳۰۴/۶۹

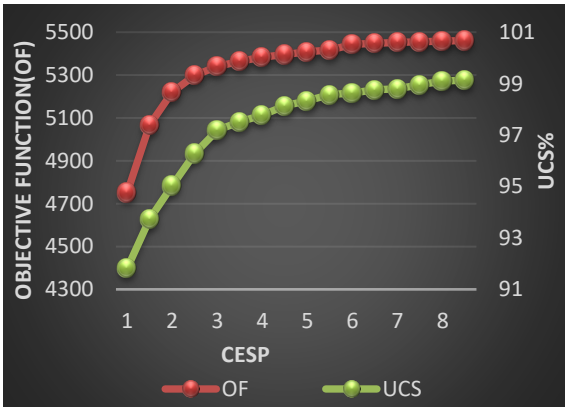
بر اساس نتایج به‌دست‌آمده با استفاده از مدل تصادفی، حدوداً ۶/۸۴ درصد نسبت به مدل با پارامترهای متوسط در جواب‌ها، بهبود حاصل‌می‌گردد.

[32] Value of Stochastic Solution(VSS)
[33] Coefficient of Expensive Supplier Price(CESP)

$$Imp=VSS(\bar{X}^{3000})/OF(X^{MeanValue})$$
$$Imp= ۳۰۴/۶۹/\ ۴۴۵۴/۵۸=٪۶/۸۴$$

۴-۲- تحلیل حساسیت اثر قیمت تأمین‌کننده‌ی گران بر روی مدل

اگرچه در مدل ارائه شده، استفاده از تأمین‌کننده‌ی گران فی‌نفسه می‌تواند موجب ارتقاء انعطاف‌پذیری در مدل‌گردد، ولی هرچه قیمت این تأمین‌کننده‌ها افزایش می‌یابد، میزان استفاده از آن‌ها کاهش می‌یابد. نرخ کاهش در میزان استفاده از تأمین‌کننده‌ی گران برای قیمت‌های بالا بسیار کمتر است به‌گونه‌ای که بعد از حد آستانه‌ای افزایش هزینه‌ی تأمین کننده‌ی گران، بر روی خروجی‌های مسئله اثر کوچکی می‌گذارد. در این بخش از «ضریب قیمت تأمین کننده‌ی گران[۳۳]» برای بررسی اثر تغییر قیمت تأمین‌کننده‌های گران بر روی مدل اصلی استفاده می‌گردد به‌گونه‌ای که با ضرب این ضریب در داده‌های واقعی، مسئله‌ی جدید با داده‌های جدید تولید می‌گردد. رفتار مدل با دو شاخص سنجیده می‌گردد. این دو شاخص عبارت است از شاخص «تابع هدف[۳۴]» و شاخص «میزان استفاده از تأمین‌کننده‌ی ارزان[۳۵]». رفتار مدل برای مقادیر مختلف CESP در شکل (۳) نشان داده شده است.



شکل ۳: اثر قیمت تأمین‌کننده‌ی گران بر روی مدل

همان‌طور که از شکل (۳) مشخص‌است با افزایش مقدار ضریب CESP تقریباً از یک حد آستانه به بعد، نرخ افزایش مقدار تابع‌هدف تقریباً قابل‌اغماض می‌گردد. این امر نشان‌می‌دهد که بعد از این حد تقریباً استفاده از تأمین‌کننده‌ی گران اثربخشی خود را از دست‌می‌دهد؛ و تقریباً تمام نیازها از طریق تأمین کننده‌ی ارزان تأمین‌می‌شود. در واقع اختلاف بین مقدار تابع‌هدف برای مطالعه‌ی موردی و

[34] Objective Function(OF)
[35] Utilization of Cheap Supplier(UCS)

www.SID.ir

Archive of SID

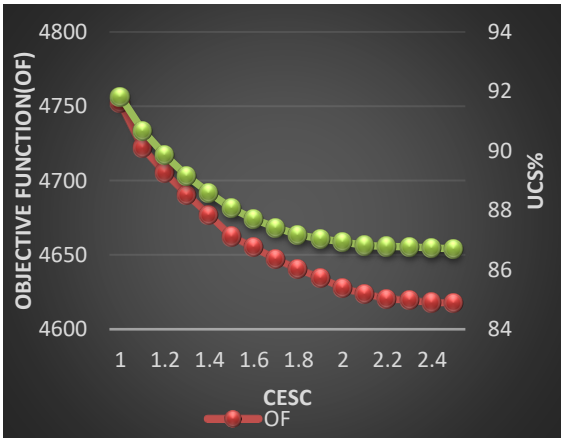
مسئله‌ی حدی CESP برابر ۸/۵ نشان‌دهنده‌ی « ارزش منبع‌یابی اقتضائی[۳۶]» برای مسئله‌ی مورد بررسی‌است. مقدار عددی ارزش منبع‌یابی اقتضائی(VCS) طبق معادله‌ی زیر محاسبه می‌گردد.

$$VCS = OF_{cesp=8/5} - OF_{CESP=1} = 709/04$$

بنابراین مشخص است که تا زمانی که تأمین‌کننده‌ی گران‌تر بتواند با قیمت‌های رقابتی به ارائه‌ی آیتم مورد نظر بپردازد، بخشی از تأمین کالا از این کانال صورت می‌گیرد ولی زمانی که قیمت این تأمین‌کننده‌ها به سطح غیرقابل قبول می‌رسد، استفاده از این تأمین‌کننده به حداقل می‌رسد؛ بنابراین می‌توان چنین برداشت‌نمود که با استفاده از تأمین اقتضائی به اندازه $\frac{VCS}{OF_{CESP=1}} = ۰/۱۴۹$ موجب صرفه‌جویی در هزینه‌ها می‌شود.

۴-۳-تحلیل حساسیت ظرفیت تأمین‌کننده‌ی گران بر روی مدل تصادفی دومرحله‌ای

با توجه به اینکه ظرفیت تأمین‌کننده‌ی گران نیز بر روی تابع هدف اثر مستقیم دارد، در این بخش به تحلیل حساسیت بر روی میزان تابع‌هدف پرداخته‌شده‌است. در این بخش از «ضریب ظرفیت تأمین‌کننده‌ی گران[۳۷]» به‌منظور بررسی اثر ظرفیت تأمین‌کننده‌ی گران بر رو مدل استفاده‌شده‌است. مشخص‌است که از حد آستانه‌ای به بعد، هرچه ظرفیت تأمین‌کننده‌ی گران بیشتر گردد عملاً بر روی مدل اثر قابل توجهی وجودنخواهدداشت. این امر به آن علت است که برای آن حالت‌ها، از تأمین‌کننده‌ی گران تا حد ظرفیت آن استفاده نمی‌گردد. رفتار مدل برای مقادیر مختلف CESC در شکل (۴) نشان‌داده‌شده‌است.



شکل ۴: اثر ظرفیت تأمین‌کننده‌ی گران بر روی مدل

۵- نتیجه‌گیری

در این تحقیق اثر اختلال در تأمین‌کننده را در زنجیره تأمین چند محصولی مورد بررسی قراردادیم. صنایع تعمیراتی پالایشگاهی به‌عنوان مطالعه موردی مورد بررسی قرارگرفته است. نوع سازمان در نظر گرفته‌شده سازمان‌های مرتبط با خدمات و تعمیرات نگهداری است که جهت انجام تعمیراتِ تجهیزات، می‌بایست اقلام یدکی را از شرکت‌های معتبر بین‌المللی تهیه‌کنند. تهیه‌ی اقلام یدکی در این نوع صنایع با اختلال و عدم قطعیت مواجه می‌باشند. ازآنجایی‌که اقلام یدکی در صنایع با فناوری پیشرفته، از استاندارد‌های خاصی پیروی می‌کنند و به‌صورت خاص طراحی و ساخته می‌شوند، امکان ساخت این اقلام توسط سایر سازمان‌ها و یا مؤسسات داخلی وجودندارد. همین‌طور امکان ذخیره‌سازی انبوهی از این اقلام نیز در سیستم وجودندارد. لذا در این پژوهش، بنا براین بوده است تا با بررسی سیستم های تأمین اقلام، به ارائه‌ی مدل‌های موجودی مناسب برای این حوزه پرداخته‌شود.

اقلام موردنیاز در صنایع تعمیراتی درصورتی‌که سفارش تعمیراتی پذیرفته‌شده‌باشد، تهیه‌می‌گردند. در غیر این‌صورت خرید اقلام یدکی در عمل صورت نمی‌گیرد. علل چنین رویکردی به دلایل زیر است. اول اینکه با توجه به خاص‌بودن اقلام قابل تهیه، تنها زمانی نیاز به این اقلام احساس می‌شود که سفارش تعمیرات برای محصولات وابسته وجودداشته‌باشد و درصورت تأمین این اقلام قبل از زمانی که نیاز به آن‌ها احساس می‌شود تا زمان نیاز این اقلام به‌صورت موجودی غیر قابل استفاده نگهداری می‌شوند که موجب تحمیل هزینه‌های نگهداری موجودی به سیستم می‌گردد. همین‌طور برخی از اقلام دارای عمر کارکردی محدود می‌باشند که نگهداری بیشتر از حد این اقلام موجب ازدست‌رفتن سرمایه با توجه به گذشت تاریخ مصرف اقلام می‌گردد. با توجه به اینکه تعداد اقلام مربوطه در این حوزه زیاد است، امکان ارائه‌ی سیستم موجودی مجزا وجودندارد؛ بنابراین پس از اینکه نیاز به اقلام احساس شد، سفارش برای تأمین این اقلام ارسال می‌شود.

مدل به‌گونه‌ای مدل‌سازی گردیده‌است که برای تعمیر هرکدام از محصولات می‌بایست تمامی اقلام موردنیاز تعمیرات تأمین گردند. مسئله‌ی مربوطه در محیط چند

[36] Value of Contingency Sourcing(VCS)

[37] Coefficient of Expensive Supplier Capacity(CESC)

www.SID.ir

Archive of SID

آیتمی، چندمحصولی مورد مدل‌سازی قرارگرفته‌است که به‌منظور تعمیر هرکدام از محصولات نیازاست تا آیتم‌ها (قطعه یدکی) مربوطه تأمین گردند و عدم تأمین هر کدام از آیتم‌ها موجب عدم توانایی در تعمیر محصول مربوطه می‌گردد. سفارش‌ها در ساختار دو مرحله‌ای مورد مدل-سازی قرارگرفته‌است، به‌گونه‌ای که در مرحله‌ی اول سفارش‌ها به تأمین‌کننده‌های ارزان ارائه می‌شود و در مرحله‌ی دوم به‌محض اینکه اطلاعات بیشتری از پارامترهای غیرقطعی مشخص‌شد، سفارش‌ها به تأمین کننده‌ی گران ارائه‌می‌گردد. هدف مدل از بعد سفارش‌دهی این است‌که مقادیر بهینه‌ی سفارش‌ها را هم جهت بهره-برداری از قیمت پایین‌تر تأمین‌کننده‌ی ارزان و هم استفاده از درجه اطمینان بالاتر تأمین‌کننده‌ی گران در زمان دسترسی تعیین نماید. این مدل رابطه‌ی میان سفارش‌دهی برای اقلام یدکی و برنامه‌ریزی تعمیرات را نیز برقرار می-نماید. نتایج این مدل با در نظرگرفتن شرایط اختلال و شرایط عدم‌اختلال نشان داده‌است که ارزش مدل تصادفی مورد استفاده حدود ۶ درصد است و همین‌طور بهره‌گیری از استراتژی منبع‌یابی اقتضائی با استفاده از تأمین‌کننده‌ی گران می‌تواند منجر به بهبود ۱۴ درصدی در مقادیر تابع-هدف گردد. به‌عنوان تحقیقات آتی توصیه‌می‌شود توسعه مدل ارائه‌شده در جهات زیر توسط مدیران و تصمیم‌گیران این حوزه صورت‌پذیرد.

۱- مدل ارائه‌شده در چهارچوب تصمیم‌گیری دومرحله‌ای مدل گردیده‌است. درحالی‌که این امکان وجوددارد تا با بررسی مدل به‌صورت تک‌مرحله‌ای نیز به مدل‌سازی و سفارش‌دهی به هر دودسته تأمین‌کنندگان نیز پرداخته شود.

۲- در مدل پیشنهادی فرض‌شده‌است که پرداخت به تأمین کننده ارزان بر اساس میزان قطعه‌ی دریافتی است در حالی‌که این امکان وجوددارد که پرداخت بر مبنای میزان سفارش صورت بگیرد.

۳- این امکان وجوددارد که در طول بازه‌ی زمانی بررسی موجودی با توجه به شرایط و با توجه به تاریخ انقضاء، محصولات یا سایر عوامل قابلیت استفاده را از دست بدهند که در مدل‌های توسعه‌یافته این امکان وجود دارد که این فرض در نظر گرفته‌شود.

۴- به‌منظور حل مدل در این تحقیق از روش تقریب میانگین نمونه‌گیری (SAA) استفاده گردیده‌است. پیشنهاد
می‌شود در توسعه‌های آتی از تلفیق روش SAA با متدهای تجزیه دیگر، جهت بهبود کارکرد مدل استفاده گردد.

۵- این امکان وجوددارد که برای مقدار رزروشده حد پایینی را در مدل مدنظر قرارداد.

۶- مدل ارائه‌شده هزینه‌ی مدیریت‌تأمین‌کننده را مدنظر قرار نمی‌دهد. می‌توان با این فرض به ارائه‌ی مدل کلی‌تر اقدام‌نمود.

۷- امکان در نظرگرفتن سایر پارامترها نظیر تقاضا نیز برای مدل به‌صورت غیرقطعی وجوددارد.
می‌توان مدل دومرحله‌ای تصادفی را به مدل استوار توسعه‌داد و مدل دومرحله‌ای استوار را تحلیل نمود.

مراجع

[۱]علی‌اکبر حسنی، "طراحی زنجیره‌تأمین رقابتی تحت شرایط تحریم با در نظرگرفتن استراتژی‌های بازگشت‌پذیر: نمونه‌موردی صنایع تجهیزات پزشکی ایران"، کنفرانس بین‌المللی اقتصاد در شرایط تحریم، بابلسر، ایران، ۳۱ شهریور، دوره ۳، ۱۳۹۴.

[2] J.P. Ribeiro and A. Barbosa-Povoa, "Supply Chain Resilience: Definitions and Quantitative Modelling Approaches– A Literature Review" , Computers & Industrial Engineering, Vol. 115, No. 1, January 2018, pp. 109-122.

[3] M. Abdel-Basset, M. Gunasekaran, M. Mohamed and N.Chilamkurti, "A framework for risk assessment, management and evaluation: Economic tool for quantifying risks in supply chain", Future Generation Computer Systems, Vol. 90, No. 1, January 2019, pp. 489-502.

[4] A. Azadegan, R. Srinivasan, C. Blome and K. Tajeddini, "Learning from near-miss events: An organizational learning perspective on supply chain disruption response", International Journal of Production Economics, Vol. 216, No. 11, October 2019, pp. 215-226.

www.SID.ir

Archive of SID

[5] W. Yu, M. A. Jacobs, R. Chavez and J. Yang "Dynamism, disruption orientation, and resilience in the supply chain and the impacts on financial performance: A dynamic capabilities perspective", International Journal of Production Economics, Vol. 218, No. 24, December 2019, pp. 352-362.

[6] N. Goldbeck, P. Angeloudis, and W. Ochieng, "Optimal supply chain resilience with consideration of failure propagation and repair logistics", Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, Vol. 133, No. 2, January 2020, 101830.

[7] M. Yuan, H. Zhang, B. Wang, L. Huang, K. Fang and Y. Liang, "Downstream oil supply security in China: Policy implications from quantifying the impact of oil import disruption", Energy Policy, Vol. 136, No. 4, January 2020, 111077.

[۸] وحید نعمتی ابوذر و محمدعلی بهشتی‌نیا، "ترکیب روش‌های فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی و تاپسیس فازی برای انتخاب تأمین-کنندگان (مطالعه‌موردی: شرکت تبلیغاتی)"، نشریه مدل‌سازی در مهندسی، دوره ۱۵، شماره ۴۸، بهار ۱۳۹۶، صفحه ۶۸-۸۴.

[۹] ساموئل یوسفی و مصطفی جهانگشای رضایی، "ارائه مدل ترکیبی برای انتخاب تأمین‌کنندگان کارا در محیط رقابتی و تحت عدم قطعیت تقاضا"، نشریه مدل‌سازی در مهندسی، دوره ۱۵، شماره ۵۱، زمستان ۱۳۹۶، صفحه ۲۹۹-۳۱۷.

[10] C.S.Tang, "Perspectives in supply chain risk management", International Journal of Production Economics, Vol. 103, No. 2, October 2006, pp.451-488.

[11] M. Christopher and H.Lee, "Mitigating supply chain risk through improved confidence", International Journal of Physical Distribution & Logistics Management,Vol. 34, No. 5, June 2004, pp. 388-396.

[12] C.S.Tang, "Robust strategies for mitigating supply chain disruptions", International Journal of Logistic:Research and Applications, Vol. 9, No. 1, January 2007, pp. 33-45.

[13] J. B.Rice, F.Caniato, and J.Fleck, "Supply chain response to terrorism Creating resilient and secure supply chains", Report by MIT Center for Transportation and Logistics, April 2003.

[14] Y.Sheffi and J.Rice, "A supply chain view of the resilient enterprise", MIT Sloan management review, October 2005.

[15] H. L.Lee and S.Whang, "Higher supply chain security with lower cost: Lessons from total quality management", International Journal of Production Economics, Vol. 96, No. 3, June 2005, pp. 289-300.

[16] Y.Sheffi, "Supply chain management under the threat of international terrorism", International Journal of Logistics Management, Vol. 12, No. 2, July 2001, pp.1-11.

[17] G. Li, Y. Lin, S.Wang, and H. Yan, "Enhancing agility by timely sharing of supply information", Supply Chain Management: An International Journal, Vol. 11, No. 5, September 2006, pp.425-435.

[18] M. Parlar and D. Berkin, "Future supply uncertainty in EOQ models", Naval Research Logistics (NRL),Vol. 38, No. 1, February 1991, pp. 107-121.

[19] F.Zeynep Sargut and L. Qi, "Analysis of a two-party supply chain with random disruptions", Operations Research Letters, Vol. 40, No. 2, March 2012, pp. 114-122.

[20] T. Xiao and L. Qi, "Price competition, cost and demand disruptions and coordination of a supply chain with one manufacturer and two competing retailer",Omega,Vol. 36, No. 5, October 2008, pp. 741-753.

[21] B.Keren, "The single-period inventory problem: Extension to random yield from the perspective of the supply chain", Omega, Vol. 37, No. 4, August 2009, pp. 801-810.

[۲۲] زهرا بهرامی، سید حمیدرضا پسندیده و محمد محمدی، "مدل‌سازی و حل یک سیستم مدیریت موجودی توسط فروشنده چندکالایی با محدودیت‌های تصادفی گنجایش انبار و بودجه"، نشریه مطالعات مدیریت صنعتی، دوره ۱۶، شماره ۵۱، زمستان ۱۳۹۷، صفحه ۱-۲۷.

[23] D.Simchi-Levi, H. Wang, and Y. Wei, "Increasing supply chain robustness through process flexibility and inventory", Production And Operations Management, Vol. 27, No. 8, August 2018, pp. 1476-1491.

[24] Dp. Song, Jx. Dong and J. Xu, "Integrated inventory management and supplier base reduction in a supply chain with multiple uncertainties", European Journal of operational research, Vol. 232, No. 3, February 2014, pp. 522-536.

www.SID.ir

Archive of SID

[25] F. Firouzi, E. Baglieri and M. Jaber, "Two-product inventory management with fixed costs and supply uncertainty", Applied Mathematical Modelling, Vol. 38 ,No .23, December 2014, pp. 5635-5650.

[26] T. Sawik, "Two-period vs. multi-period model for supply chain disruption management", International Journal of Production Research, Vol. 57, No. 14, August 2018, pp. 4502-4518.

[27] S. K. Paul, R. Sarker and D. Essam, "Managing disruption in an imperfect production–inventory system", Computers & Industrial Engineering, Vol. 84, No. 3, June 2015, pp. 101-112.

[28] S. K. Paul, R. Sarker and D. Essam,"managing risk and disruption in production-inventory and supply chain systems: a review", Journal of Industrial & Management Optimization, Vol. 12, No. 3, July 2015, pp. 1009-1029.

[29] M. Yao and S. Minner, "Review of multi-supplier inventory models in supply chain management", An update 2017.

[30] X. F. Shao, "Production disruption, compensation, and transshipment policies", Omega, Vol. 74, No. 1, Jan 2018, pp. 37-49.

[31] F. Morales, C. Franco and G. Mendez-Giraldo, "Dynamic inventory routing problem: Policies considering network disruptions", International Journal of Industrial Engineering Computations, Vol. 9, No. 4, October 2018, pp. 523-534.

[32] M. Dada, N. C. Petruzzi, and L. B. Schwarz, "A newsvendor's procurement problem when suppliers are unreliable", Manufacturing & Service Operations Management, Vol. 9, No. 9, August 2007, pp. 9-32.

[33] A. Schmitt, L.Snyder, and Z. J. M. Shen, "Centralization versus Decentralization: Risk Pooling, Risk Diversification, and Supply Chain Disruptions. Risk Diversification, and Supply Chain Disruptions", Omega, Vol. 52, April 2015, pp. 201-212.

[34] B. Tomlin, "Disruptionmanagement strategies for short life-cycle products", Naval Research Logistics (NRL), Vol. 56, No. 4, June 2009, pp. 318-347.

[35] B. Tomlin, "Impact of supply learning when suppliers are unreliable", Manufacturing & Service Operations Management, Vol. 11, No. 1, February 2009, pp. 192-209.

[36] L. Qi, Z .J. M. Shen, and L. V. Snyder, "A Continuous-Review Inventory Model with Disruptions at Both Supplier and Retailer", Production and Operations Management, Vol. 18, No. 5, June 2009, pp. 516-532.

[37] A. J. Schmitt, L. V. Snyder, and Z. J. M. Shen, "Inventory systemswith stochastic demand and supply: Properties and approximations", European Journal of operational research, Vol. 206, No. 2, Desember 2009, pp. 313-328.

[38] A. J. Schmitt,"Strategies for customer service level protection under multi-echelon supply chain disruption risk", Transportation Research Part B: Methodological, Vol. 45, No. 8, September 2011, pp. 1266-1283.

[39] A. J. Schmitt and L. V. Snyder, "Infinite-horizon models for inventory control under yield uncertainty and disruptions", Computers & Operations Research, Vol. 39, No. 4, August 2010, pp. 850-862.

[40] Y. He and S.Wang, "Analysis of production-inventory system for deteriorating itemswith demand disruption", International Journal of Production Research, Vol. 50, No. 16, August 2012, pp. 4580-4592.

[41] A. J. Schmitt and M. Singh, "A quantitative analysis of disruption risk in a multi-echelon supply chain", International Journal of Production Economics, Vol. 139, No. 1, January 2012, pp. 22-32.

[42] S. S. Ahiska, S. R. Appaji, R. E. King, and D. P. Warsingjr, "A Markov decision process-based policy characterization approach for a stochastic inventory control problem with unreliable sourcing", International Journal of Production Economics, Vol. 144, No. 2, August 2013, pp. 485-496.

[43] F. Hu, C. C. Lim, and Z. Lu, "Coordination of supply chains with a flexible ordering policy under yield and demand uncertainty", International Journal of Production Economics, Vol. 146, No. 2, Desember 2013, pp. 686-693.

[44] X. Yan and Y. Wang, "Supplier selection problem for a retailer under random yield", Journal of Industrial and Production Engineering, Vol. 31, No. 6, July 2014, pp. 339-349.

[45] T. Sawik, "Joint supplier selection and scheduling of customer orders under disruption risks: Single vs. dual sourcing", Omega, Vol. 43, No. 2, March 2014, pp. 83-95.

www.SID.ir

Archive of SID

[46] T.Sawik, "Optimization of cost and service level in the presence of supply chain disruption risks: Single vs. multiple sourcing", Computers & Operations Research, Vol. 51, No. 1, November 2014, pp. 11-20.

[47] K. K. Movahed and Z. H. Zhang, "Robust design of (s, S) inventory policy parameters in supply chains with demand and lead time uncertainties", International journal of systems science, Vol. 46, No. 12, September 2015, pp. 2258-2268.

[48] V. Gupta, B. He, and S. P. Sethi, "Contingent sourcing under supply disruption and competition", International Journal of Production Research, Vol. 53, No. 10, August 2014, pp. 3006-3027.

[49] T. Sawik, "On the fair optimization of cost and customer service level in a supply chain under disruption risks", Omega, Vol. 53, No. 1, June 2015, pp. 58-66.

[50] N. A.Darom, H. Hishamuddin, R. Ramli, and Z. M. Nopiah, "An inventory model of supply chain disruption recovery with safety stock and carbon emission consideration", Journal of cleaner production, Vol. 197, No. 1, October 2018, pp. 1011-1021.

[51] F. Lucker, S. Chorpa, and R. Seifert, "Disruption risk management in serial multi-echelon supply chains: Where to hold risk mitigation inventory and reserve capacity", Information and Operations Management, Vol. 12, No. 2, March 2019, pp. 298-315.

[52] L. D. Simchi, H. Wang, and Y. Wei, "Increasing supply chain robustness through process flexibility and inventory", Production and Operations Management, Vol. 27, No. 8, August 2018, pp. 1476-1491.

[53] H. Huang, Y. He, and D. Li, "Pricing and inventory decisions in the food supply chain with production disruption and controllable deterioration", Journal of cleaner production, Vol. 180, No. 1, April 2018, pp. 280-296.

[54] O. Sokolinskiy, B. Melamed, and B. Sopranzetti, "Precautionary replenishment in financially-constrained inventory systems subject to credit rolloverrisk and supply disruption", Annals of Operations Research, Vol. 271, No. 2, Desember 2018, pp. 971-997.

[55] F. Lucker, R. W. Seifert, and I. Bicer, "Roles of inventory and reserve capacity in mitigating supply chain disruption risk", International Journal of Production Research, Vol. 57, No. 4, August 2018, pp. 1238-1249.

[56] C. Saithong, H. T. Luong, "Effect of supply disruption on inventory policy", European Journal of Industrial Engineering, Vol. 13, No. 2, March 2019, pp. 178-212.

[57] J. He, F. Alavifard, D. Ivanov, and H. Jahani, "A real-option approach to mitigate disruption risk in the supply chain", Omega, Vol. 88, No. c, October 2019, pp. 133-149.

[58] H. Gurnani, R. Akella, and J. Lehoczky, "Supply management in assembly systems with random yield and random demand", IIE transactions, Vol. 32, No. 8, August 2000, pp. 701-714.

[59] W. J. Hopp and Z. Yin, "Protecting supply chain networks against catastrophic failures. not yet published", Working Paper, Evanstone, IL: North Western, 2006.

[60] A. J. Schmitt and M. Singh, "A quantitative analysis of disruption risk in a multi-echelon supply chain" International Journal of Production Economics, Vol. 139, No. 1, January 2012, pp. 22-32.

[۶۱]علی سلماس نیا، علی زندیه و محمدرضا نامدار، "بهینه‌سازی هم‌زمان میانگین و واریانس توابع‌هدف در زنجیره تأمین غیرقطعی"، نشریه مدل‌سازی در مهندسی، دوره ۱۶، شماره ۵۳، تابستان ۱۳۹۷، صفحه ۳۲۵-۳۳۸.

[۶۲]علی‌اکبر حسنی، "برنامه‌ریزی تصادفی دومرحله‌ای مبتنی بر روش تقریب میانگین نمونه و الگوریتم تجزیه بندرز شتاب‌یافته برای طراحی شبکه زنجیره‌تأمین حلقه‌بسته تحت عدم‌قطعیت"، نشریه مدل‌سازی در مهندسی، دوره ۱۵، شماره ۴۹، تابستان ۱۳۹۶، صفحه ۲۱۷-۲۳۴.

[63] N. Aydin and A. Murat, "A swarm intelligence based sample average approximation algorithm for the capacitated reliable facility location problem", International Journal of Production Economics, Vol. 145, No. 1, October 2013, pp.173-183.

www.SID.ir