

برنامه‌ریزی تاکتیکی استوار زنجیره تأمین جهانی سه‌سطحی تحت شرایط اختلال تحریم با در نظر گرفتن عمر قفسه‌ای (مطالعه موردی: زنجیره تأمین دارو)

مهسا سلسبیل^۱، محمدعلی شفیعا^۲، میرسامان پیشوایی^۳، کامران شهانقی^۴

چکیده: در دو دهه اخیر به دلیل جهانی شدن زنجیره تأمین، تغییرات فراوانی در شرایط زنجیره‌ها رخ داده است. راهبران و مدیران کلان، همواره با ریسک‌های جدیدی روبه‌رو هستند که با برنامه‌ریزی باید برای مقابله با آن‌ها آماده شوند. در سال‌های اخیر، تحریم به‌عنوان یکی از جدی‌ترین ریسک‌ها تأثیرات مخرب خود را بر زنجیره‌های تأمین گذاشته است؛ درحالی‌که در پژوهش‌های مربوط به زنجیره تأمین جهانی، مسئله اختلال مغفول مانده است. هدف این پژوهش مدل‌سازی زنجیره دارو در سطح تاکتیکی در شرایط اختلال تحریم است. جریان فیزیکی و مالی و اختلال آن دو در شرایط تحریم، به‌صورت هم‌زمان مدل‌سازی شده است. برای تکمیل جریان مالی نسبت‌های مالی نیز وارد مدل شده‌اند. عدم قطعیت مسئله با استفاده از یکی از جدیدترین رویکردهای بهینه‌سازی استوار به‌نام برنامه‌ریزی امکانی استوار مدل‌سازی شده است. مدل بر روی مجموعه دارویی آترا پیاده شد و نتایج آن توسط نرم‌افزار گمز تحلیل و اعتبارسنجی شد. نتایج از یک سیستم استوار در برابر اختلال تحریم نشان دارد که بدون تخطی از محدودیت‌های مسئله، تصمیمات مناسب برای برخورد با مسئله را نمایان می‌سازد.

واژه‌های کلیدی: اختلال تحریم، برنامه‌ریزی تاکتیکی، برنامه‌ریزی امکانی استوار، زنجیره تأمین دارو، عمر قفسه‌ای.

۱. کارشناس ارشد، مهندسی سیستم‌های اقتصادی اجتماعی، دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران

۲. دانشیار فناوری صنعتی، دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران

۳. استادیار مهندسی سیستم‌های اقتصادی اجتماعی، دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران

۴. استادیار مهندسی سیستم‌های اقتصادی اجتماعی، دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه علم و صنعت، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۱۰/۲۹

تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹۴/۰۲/۰۶

نویسنده مسئول مقاله: مهسا سلسبیل

E-mail: Mahi.salimi@gmail.com

مقدمه

لجستیک یکی از بخش‌های اصلی زندگی روزمره است و بر جریان فیزیکی، جریان اطلاعات و انبارش از مواد خام تا توزیع کالای نهایی تمرکز دارد (گیانی، لاپورته و موسمانو، ۲۰۰۴). مشاهدات بانک جهانی طی سال‌های ۲۰۰۷، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۲ بیانگر این است که از میان کشورهای با درآمد سرانه هم‌سطح، کشورهایی که عملکرد لجستیکی بهتری داشته‌اند، شاهد ۱ درصد رشد بیشتر در تولید ناخالص داخلی و ۲ درصد رشد بیشتر در تجارت بوده‌اند (سلیمانی، ۱۳۹۲). در سال‌های اخیر تغییرات زیادی در زنجیره‌های تأمین ایجاد شده است. یکی از مهم‌ترین تغییرات، ریسک‌ها و اختلال‌های متعددی است که زنجیره تأمین مواد مختلف را تهدید می‌کند. اختلال در زنجیره تأمین پس از حملات یازدهم سپتامبر ۲۰۰۱ توجه بیشتری را به خود جلب کرد. یک اختلال، رخدادی که جریان مواد در زنجیره تأمین را قطع می‌کند و به توقف ناگهانی جریان محصولات منجر می‌شود، تعریف شده است (وو، بلک‌هرست و گریدی، ۲۰۰۷). از عوامل تشدید آسیب‌پذیری زنجیره تأمین در برابر اختلال می‌توان به محیط رقابتی، افزایش پیچیدگی، برون‌سپاری و مشارکت، بافرهای محدودشده، تجمع بیش‌ازحد عملیات، برنامه‌ریزی و اجرای ضعیف (هنریکز و سینگهال، ۲۰۰۵)، وابستگی به مشتری و تأمین‌کننده، تأمین‌کننده متمرکز یا تک‌منبعی بودن، و اتکا به منابع جهانی (پک، ۲۰۰۵) اشاره کرد. همان‌طور که اشاره شد یکی از عوامل مهم در آسیب‌پذیری زنجیره تأمین، جهانی بودن آن است و این در حالی است که در سال‌های اخیر گرایش عمومی زنجیره‌های تأمین به سمت جهانی‌شدن است (چوپرا و میندل، ۲۰۰۷). زنجیره‌های تأمین جهانی در مسیر فعالیت خود با ریسک‌های متفاوتی روبه‌رو هستند که می‌توان آن‌ها را به دو گروه عمده تقسیم کرد: ریسک‌های ناشی از روابط داخلی زنجیره تأمین و ریسک‌های نشأت‌گرفته از خارج آن (گه، لیم و منگ، ۲۰۰۷). زنجیره‌های تأمین باید در همه تصمیم‌های خود برگ خریدهای جدیدی مانند نرخ ارز، مسائل گمرکی و مواردی از این دست را وارد کنند که بر عدم اطمینان و در نتیجه پیچیدگی محیط تصمیم‌گیری می‌افزاید (تانگ، ۲۰۰۶). به‌منظور مدیریت اختلال بالقوه شناسایی شده در زنجیره تأمین، باید شرایط و منابع رخداد و همچنین نتایج مستقیم و غیرمستقیم آن‌ها مطالعه و بررسی شود تا بتوان به راهکارهای مناسبی برای مقابله با آن اندیشید. تحریم در سال‌های اخیر یکی از مشکلات اصلی زنجیره‌های تأمین بوده و جریان فیزیکی و مالی زنجیره‌های موجود را تحت شعاع قرار داده است. اختلال در جریان فیزیکی موجب برهم خوردن برنامه‌ریزی تأمین مواد از تأمین‌کنندگان خارجی شده و اختلال در جریان مالی نقل و انتقال پول را تحت تأثیر قرار داده است. به‌دلیل ایجاد مشکل در نقل و انتقال پول، یکی از استراتژی‌ها، استفاده از صراف‌ها و بانک‌های واسطه بوده

که زنجیره‌های متعدد از آن استفاده کرده‌اند. البته باید اذعان کرد که این رویکرد هزینه زیادی را به سازمان تحمیل می‌کند؛ اما در شرایطی که کالا استراتژیک باشد، هزینه تحمیل شده به سیستم توجیه‌پذیر است. این هزینه‌های تحمیل شده به سیستم، عملکرد سازمان را از جهات سودآوری به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهند. شاخص‌های مالی یک بخش از شاخص‌های مهم سنجش عملکرد یک سازمان است (طاهری، ۱۳۸۶). توجه به این شاخص‌ها به‌ویژه در شرایط بحران مانند شرایط تحریم دارای اهمیت ویژه‌ای است؛ چراکه در این شرایط هزینه‌ها دارای عدم قطعیت است و ممکن است هزینه‌های سنگینی به سیستم تحمیل شود و عملکرد آن را تحت تأثیر قرار دهد و سازمان را به مجموعه‌ای زیان‌ده تبدیل کند. این پژوهش در پی آن است که یک زنجیره تأمین جهانی چندسطحی را تحت شرایط اختلال تحریم که موجب اختلال در دو جریان فیزیکی و مالی شده، با استفاده از برنامه‌ریزی امکانی استوار که دارای مزیت‌هایی نسبت به برنامه‌ریزی امکانی است، مدل‌سازی کند.

پیشینه تحقیق

در زنجیره‌های جهانی، اجزای زنجیره تأمین در یک کشور قرار ندارند و در کشورهای متعددی پراکنده‌اند. ویدال و گوتسچالسکی (۲۰۰۱) در پژوهشی زنجیره تأمین جهانی را با هدف افزایش سود و بدون در نظر گرفتن پارامتر غیرقطعی مدل‌سازی کرده و تعرفه، نرخ ارز و مالیات را در مدل خود وارد کردند و از الگوریتم متاهوریستیک و تجزیه‌ای برای حل آن بهره بردند. هاجینیکولا و کومار (۲۰۰۲) نیز پژوهشی مشابه را فقط با در نظر گرفتن نرخ ارز، مدل‌سازی ریاضی کردند و پیشنهادهای مدیریتی ارائه دادند. ناگورنی، کروز و ماتسیپورا (۲۰۰۳) با در نظر گرفتن عدم قطعیت نرخ ارز، فصل جدیدی از پژوهش‌ها در حوزه زنجیره تأمین جهانی را گشودند. در این پژوهش رویکرد پویایی به مجموعه برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری وجود داشته است. اوه و کریمی (۲۰۰۴) نیز به طراحی شبکه در حوزه زنجیره تأمین پرداختند و پارامترهای جهانی بیمه، مالیات و تعرفه گمرکی را در پژوهش خود در نظر گرفتند و با استفاده از برنامه‌ریزی خطی مدل‌سازی را انجام دادند. همین پژوهشگران (اوه و کریمی، ۲۰۰۵) در سال بعد مطالعه قبلی خود را تکمیل کردند و با افزودن مفروضات چنددوره‌ای و چندمحصولی بودن، مدل خود را گسترش دادند. صادقی مقدم، مومنی و نالچبگر (۱۳۸۸) در پژوهشی به برنامه‌ریزی یکپارچه تأمین، تولید و توزیع زنجیره تأمین پرداختند. در این پژوهش جریان مواد به نسبت جریان‌های مالی و اطلاعاتی مهم تشخیص داده شده و صرفاً به مدل‌سازی آن پرداخته شده است. وجه تمایز مدل‌سازی فعلی نسبت به این پژوهش، مدل‌سازی همزمان جریان مالی و مواد در زنجیره جهانی

و حل آن با رویکرد بهینه‌سازی استوار است. گه، لیم و منگ (۲۰۰۷) نیز با در نظر گرفتن تقاضا، تأمین و هزینه به‌عنوان پارامترهای غیرقطعی زنجیره تأمین جهانی، مسئله را با استفاده از برنامه‌ریزی تصادفی مدل‌سازی کردند. میلر و ماتا (۲۰۰۸) نیز برنامه‌ریزی تولید و توزیع را باهدف حداکثرسازی سود و با استفاده از الگوریتم‌های هیوریستیک مدل‌سازی و حل کردند و در انتها نیز پیشنهادهای مدیریتی برای مدیریت ریسک بیان داشتند. تنها پارامتر زنجیره تأمین جهانی که در این پژوهش در نظر گرفته شده، مالیات است. امیری و جهانی (۱۳۸۹) در پژوهشی به ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان پرداختند و با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها مدلی برای انتخاب تأمین‌کنندگان ارائه کردند. این پژوهش انتخاب تأمین‌کننده را به‌عنوان یکی از تصمیمات خود مدنظر دارد، ولی وجه تمایزهایی مانند مدل‌سازی زنجیره تأمین در سطح جهانی و مدل‌سازی جریان مالی و فیزیکی به‌صورت همزمان را نیز داراست. یو، واسیک و گراسمن (۲۰۰۹) مدیریت ریسک را تحت عدم قطعیت تقاضا و هزینه حمل‌ونقل مدل‌سازی کردند. روش حل مسئله، برنامه‌ریزی تصادفی دومرحله‌ای برای شرایط چنددوره‌ای و چندمحصولی بود. پرون، هانسن، لدیگابل و ملادنووویچ (۲۰۱۰) در نظر داشتند درآمد کل را بعد از پرداخت مالیات به حداکثر برسانند. یک مدل خطی ارائه شده و با استفاده از الگوریتم هیوریستیک حل شده است. در این پژوهش روش‌های دیگری برای حل مسئله نیز ارائه و با هم مقایسه شده است. آچار، کدی‌پاشاوغلو و شیپریجن (۲۰۱۰) در پژوهش خود به ارائه ساختاری برای تولیدکنندگان جهانی پرداختند و تأثیرات عدم قطعیت تقاضا، تأمین و زمان تأخیر بر هزینه و عملکرد سیستم خدمات را بررسی کردند. پژوهشگران از روش‌های بهینه‌سازی و شبیه‌سازی برای برخورد با مسئله استفاده کردند و جواب‌های بهینه مسئله را با مدل‌سازی عدد صحیح مختلط به‌دست آوردند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد عدم قطعیت تقاضا تأثیر بیشتری نسبت به عدم قطعیت‌های دیگر بر نتایج دارد. سوسا، لیو، پاپاگئورگیو و شاه (۲۰۱۱) به برنامه‌ریزی تخصیص پویا در صنعت دارو پرداخته‌اند. هدف پژوهش ماکزیمم کردن ارزش خالص فعلی تحت عدم قطعیت نرخ ارز است که با برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط مدل‌سازی شده و با استفاده از الگوریتم تجزیه حل شده است. راج سینگ، میشر، جین و خورانا (۲۰۱۲) یک مدل چندسطحی طراحی شبکه را که عدم قطعیت‌های متعددی اعم از تأخیر در دریافت محصولات، نرخ ارز و تولید را در برداشته ارائه دادند و سناریوهای متعددی را برای نشان دادن کاربردی بودن مدل تعریف کردند. لیو و پاپاگئورگیو (۲۰۱۳) یک مدل چندهدفه برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط را بدون در نظر گرفتن عدم قطعیت ارائه کردند و از روش لکسیکوگرافی و بهینه پارتویی برای حل آن بهره بردند. میرغفوری، مروتی شریف‌آبادی و اسدیان اردکانی (۱۳۹۱) تحلیلی بر ریسک تأمین‌کنندگان در زنجیره تأمین انجام

دادند و از روش دلفی فازی، تحلیل رابطه‌ای خاکستری و VIKOR برای این کار استفاده کردند. آنان با استفاده از این رویکردهای کیفی به‌صورت کلی عوامل مؤثر بر ریسک‌های وارد را رتبه‌بندی کردند و از تحلیل‌های کمی برای تحلیل‌های جزئی‌تر بهره‌بردند. سان (۲۰۱۴) یک مدل برنامه‌ریزی تولید با در نظر گرفتن عدم قطعیت نرخ ارز به‌صورت عدد فازی معرفی کرد و یک الگوریتم تجزیه‌ای برای حل آن ارائه داشت. هوشمندی ماهر، امیری و الفت (۱۳۹۳) پژوهشی به‌منظور انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سفارش با لحاظ عدم اطمینان ارائه کردند و از فرایند تحلیل شبکه و الگوریتم ژنتیک برای این کار بهره‌بردند که وجه تمایز آن با پژوهش فعلی، جهانی بودن زنجیره فعلی، مدل‌سازی اختلال در سطح جهانی و مدل‌سازی جریان مالی است.

همان‌طور که مشخص است در پژوهش‌های انجام‌گرفته به بحث اختلال و عدم قطعیت و چگونگی تأثیر آن بر شبکه توجه چندانی نشده است. جریان مالی در زنجیره تأمین جهانی مغفول مانده و تمام پارامترهای زنجیره تأمین جهانی به‌صورت یکجا در نظر گرفته نشده است. نوآوری‌های پژوهش فعلی را می‌توان در سه دسته زیر جمع‌بندی کرد: مدل‌سازی زنجیره تأمین جهانی در شرایط اختلال - در شرایطی که استراتژی انتخاب‌شده نقل و انتقال از طریق واسطه‌ها باشد - با توجه به غالب پارامترهای موجود در زنجیره تأمین جهانی (نرخ ارز، بیمه، تعرفه‌های گمرکی، مالیات)، مدل‌سازی جریان فیزیکی و مالی و اختلال این دو جریان به‌صورت همزمان، استفاده از برنامه‌ریزی امکانی استوار برای مدل‌سازی مسئله که دارای مزایایی است. دلیل استفاده از این نوع برنامه‌ریزی نسبت به سایر روش‌ها عبارت از:

- برنامه‌ریزی امکانی استوار یک رویکرد برای برخورد با عدم قطعیت موجود در مسئله بوده و فراتر از یک روش حل ساده است که با دو شاخصه استواری بهینگی و استواری شدنی بودن بسیاری از مشکلات موجود در رویکردهای دیگر را ندارد؛
- برنامه‌ریزی امکانی استوار یک رویکرد ریسک‌گریز که برای شرایط اختلال تحریم که وضعیت پیچیده‌ای دارد و دارای ابهام زیادی است، مناسب است؛
- از طرفی این رویکرد برای برنامه‌ریزی بلندمدت مناسب است و در قبال بسیاری از آینده‌های محتمل پیش‌رو عملکرد خوبی با کمترین نوسان را دارد و کمترین تأسف را از خود باقی می‌گذارد.

از این‌رو این رویکرد که به‌عنوان یکی از رویکردها در سال ۲۰۱۲ و توسط پیشوایی و همکارانش ارائه شده، برای برنامه‌ریزی این پژوهش انتخاب شده است. سایر رویکردها چنین ویژگی‌هایی را به‌طور یکجا دارا نیستند.

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش فعلی یک تحقیق کاربردی است و نحوه گردآوری اطلاعات براساس مطالعه موردی انتخاب شده است. فرایند جمع‌آوری اطلاعات برای مدل‌سازی به این صورت بوده است. ۱. از طریق مصاحبه با مدیر بازرگانی مجموعه آترا اطلاعات لازم برای شناخت اجزای زنجیره تأمین، ارتباطات میان آن‌ها، چگونگی تأثیر تحریم بر مجموعه و راهبردهای اتخاذشده در شرایط تحریم جمع‌آوری شده است؛ ۲. مستندات و گزارش‌های مربوط به آترا، مطالعه شده و اطلاعات مذکور تکمیل شده است. حاصل این گام و گام قبلی استخراج چارچوب کلی و مفروضات مدل بوده است. ۳. مدل‌سازی ریاضی انجام گرفته و داده‌های عددی لازم از مجموعه اخذ شده است. رویکرد مورد استفاده در این پژوهش «تحقیق در عملیات» است که در اصطلاح «او-آر»^۱ نامیده می‌شود. این روش جزو رویکردهای «تفکر سیستمی سخت» است. برای تحلیل داده‌ها از برنامه‌ریزی خطی و برای برخورد با عدم قطعیت مسئله از رویکرد برنامه‌ریزی امکانی استوار استفاده شده و در نرم‌افزار بهینه‌سازی گمز مدل‌سازی شده است.

مدل‌سازی

در این بخش مدل در قالب مفروضات عمومی شرح داده شده و قابلیت‌ها و توانایی‌های آن تشریح می‌شود و در بخش بعد به صورت موردی بر روی مجموعه آترا پیاده‌سازی می‌شود. زنجیره تأمین فعلی یک زنجیره جهانی سه‌سطحی و شامل تأمین‌کنندگان خارجی مواد اولیه، تولیدکنندگان و مشتریان است. شایان ذکر است که محصولات به‌طور مستقیم از تولیدکننده به مشتری ارسال می‌شود. مفروضاتی که مدل بر پایه آن ساخته شده است به شرح زیر است: ظرفیت تسهیلات محدود است. تأمین‌کنندگان در مقدار ماده قابل تأمین دچار محدودیت‌اند. شبکه لجستیک چندکالایی و چنددوره‌ای است. تعداد و محل قرارگیری تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان و مشتری‌ها ثابت و از قبل مشخص است. مرکز تولید دارای قابلیت ذخیره اطمینان برای مواقع بحرانی است. امکان برآورد کردن تقاضای مشتریان از مراکز تولید متعددی وجود دارد. تقاضای مشتریان باید در انتهای هر دوره زمانی پاسخ داده شود و امکان برآورده کردن آن در دوره‌های بعدی وجود ندارد. در صورت اختلال تأمین‌کننده در شرایط تحریم، نقل و انتقال کالا و پول از طریق واسطه‌ها برقرار می‌شود به این ترتیب که مرکز تولید، هزینه‌ای به واسطه‌ها پرداخت می‌کند و کالای سفارش داده‌شده را تحویل می‌گیرد. ماده اولیه خریداری شده از تأمین‌کنندگان دارای عمر قفسه‌ای است و باید در دوره عمر خود به محصول نهایی تبدیل شود.

دوره عمر قفسه‌ای یا تاریخ انقضا به این صورت تعریف می‌شود که در آن دوره، مواد دارویی، ویژگی‌ها و مشخصه‌های استاندارد خود را مانند زمان تولید خود دارند و پس از اتمام آن دوره، غیرقابل مصرف می‌شوند (مؤسسه غذا و داروی ایالات متحده آمریکا، ۱۹۸۷). دوره عمر قفسه‌ای پس از رسیدن به مکان تولید محاسبه شده است. محصول نهایی تولیدشده در مرکز تولید نیز دارای دوره عمر مشخصی است که باید در همان دوره به دست مصرف‌کننده برسد. با توجه به شرایط تحریم، برنامه‌ریزی باید به گونه‌ای باشد که پرتی (از بین رفتن کالا) در سیستم وجود نداشته باشد. دوره عمر مواد اولیه و محصولات تولیدشده مضرب صحیحی از طول دوره‌هاست. سیستم ارسال کالا به مشتری و استفاده از ماده اولیه خریداری شده نیز FIFO است. پارامترهای نرخ ارز و تقاضای مشتریان دارای عدم قطعیت‌اند. هدف از مدل‌سازی فعلی به حداقل رساندن هزینه‌های شبکه در طول تأمین است. در ادامه به شرح متغیرها، محدودیت‌ها و تابع هدف پرداخته خواهد شد. تأمین‌کنندگان در شرایط تحریم شرایط مختلفی دارند؛ یعنی ارتباط با ایشان به طور کامل قطع یا از طریق واسطه‌ها و صراف‌ها برقرار می‌شود. بدین صورت که این دلالت‌ها با گرفتن هزینه از قبل تعیین شده کالا را از تأمین‌کننده در شرایط تحریم دریافت می‌کنند و به دست تولیدکننده می‌رسانند یا دستخوش هیچ تغییری نمی‌شوند. این شرایط با دو پارامتر h_{js} و a_{js} مدل شده است که چگونگی تأثیر تحریم را مدل‌سازی می‌کند. در صورتی که به دلیل شرایط تحریم ارتباط با تأمین‌کننده زام در سناریوی s قطع شده باشد، h_{js} مقدار ۱ و در غیر این صورت صفر خواهد بود. در صورتی که به دلیل تحریم، جریان مالی با تأمین‌کننده زام در سناریوی s از طریق واسطه‌ها برقرار شود، a_{js} مقدار ۱ و در غیر این صورت صفر خواهد بود. تابع هدف در پی مدیریت و کاهش هزینه‌های ناشی از تأمین است. wa_s احتمال رخداد هر یک از سناریوهاست. $COGS_t$ مجموع هزینه کالاهای فروخته شده در انتهای دوره t است. pc_t هزینه تولید در مجموع مراکز تولید در انتهای دوره t است که از ضرب مقدار تولید $qp_{po}^{t,s}$ در هزینه تولید هر واحد $pcost_{po}^t$ به دست می‌آید. tc_t هزینه حمل و نقل در انتهای دوره t است. پارامتر $troi_{poi}^t$ هزینه حمل هر واحد محصول از مکان تولید به مشتری و متغیر $qo_{poi}^{t,s}$ مقدار ماده حمل شده است. پارامتر $trjo_{ejo}^t$ مشتری هزینه حمل هر واحد ماده اولیه از تأمین‌کننده به مرکز تولید (بر حسب یورو)، $\bar{e}x_t$ مقدار نرخ ارز و متغیر $qj_{ejo}^{t,s}$ مقدار ماده اولیه حمل شده است. sc_t هزینه نگهداری در انتهای دوره است. ho_o^p هزینه نگهداری هر واحد محصول در مکان تولید و متغیر $io_{po}^{t,s}$ موجودی محصول در مرکز تولید در انتهای دوره در هر سناریو، he_o^e هزینه نگهداری هر واحد ماده اولیه در مکان تولید و متغیر $im_{e,o}^{t,s}$ موجودی ماده اولیه در مرکز تولید در انتهای دوره در هر سناریو است. $gocost_t$ هزینه گمرکی در انتهای دوره است. av_t عوارض گمرکی در انتهای دوره، mv_t

مالیات بر واردات در انتهای دوره و hg_t حقوق گمرکی در انتهای دوره است. ag_t ارزش گمرکی مجموع کالاها در انتهای دوره، $pprice_{e,j}^t$ قیمت خرید ماده اولیه از تأمین‌کننده بر حسب نرخ ارز در انتهای دوره، bi_e^t بیمه ماده اولیه در انتهای دوره، al_t نرخ حقوق گمرکی در انتهای دوره است. tii_t نرخ مالیات بر واردات در انتهای دوره، na_t نرخ عوارض گمرکی در انتهای دوره است. متغیر $dcost_t$ هزینه اختلال در شرایط تحریم، $scost_{ejo}^t$ هزینه ناشی از وجود صراف‌ها برای انتقال هر واحد ماده اولیه از تأمین‌کننده به مرکز تولید در انتهای دوره و $bcost_{ejo}^t$ هزینه ناشی از وجود بانک‌های واسطه برای هر واحد ماده اولیه از تأمین‌کننده به مرکز تولید در انتهای دوره است. مدل توسعه داده شده تک‌هدفه است و در پی کاهش هزینه‌های کلی سیستم اعم از حمل‌ونقل، تولید، عملیات، نگهداری، هزینه‌های گمرکی و هزینه‌های مربوط به اختلال تحریم است. محدودیت‌ها نیز در دو دسته کلی قرار می‌گیرند. دسته اول محدودیت‌های جریان فیزیکی (از رابطه‌های ۱۱ تا ۲۲) و دسته دوم مربوط به محدودیت‌های جریان مالی (از رابطه ۲۳ تا انتها) است.

$$min f = \sum_{s \in S} wa_s * \sum_t cogs_t = \sum_{s \in S} wa_s * \sum_t (pc_t + tc_t + sc_t + gocost_t + dcost_t) \quad \text{رابطه ۱}$$

$$pc_t = \sum_{p,o} qp_{po}^{t,s} * pcost_{po}^t \quad \text{رابطه ۲}$$

$$tc_t = \sum_{p,o,i} troi_{poi}^t * qo_{poi}^{t,s} + \sum_{e,j,o} (trjo_{ejo}^t * \bar{e}x_t) * qj_{ejo}^{t,s} \quad \text{رابطه ۳}$$

$$sc_t = \sum_{p,o} ho_o^p * \frac{io_{po}^{t,s} + io_{po}^{t-1,s}}{2} + \sum_{e,o} he_o^e * \frac{im_{e,o}^{t,s} + im_{e,o}^{t-1,s}}{2} \quad \text{رابطه ۴}$$

$$gocost_t = av_t + mv_t + hg_t \quad \text{رابطه ۵}$$

$$ag_t = (\sum_{e,j} \bar{e}x_t * pprice_{e,j}^t * \sum_o qj_{ejo}^{t,s} + \sum_e bi_e^t * \bar{e}x_t * \sum_{j,o} qj_{ejo}^{t,s}) \quad \text{رابطه ۶}$$

$$hg_t = ag_t * al_t \quad \text{رابطه ۷}$$

$$mv_t = (ag_t + hg_t) * tii_t \quad \text{رابطه ۸}$$

$$av_t = (ag_t + hg_t) * na_t \quad \text{رابطه ۹}$$

$$dcost_t = \sum_{e,j,o} (1 - h_{js}) * a_{js} * (scost_{ejo}^t + bcost_{ejo}^t) * qj_{ejo}^{t,s} \quad \text{رابطه ۱۰}$$

محدودیت‌های مدل به شرح زیر است.

$$\sum_{s \in S} wa_s = 1 \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

$$im_{e,o}^{t,s} = im_{e,o}^{t-1,s} + \sum_j qj_{ejo}^{t,s} (1 - h_{js}) - \sum_p \rho_{pe} \cdot qp_{po}^{t,s} \quad \text{رابطه (۱۲)}$$

$$\forall e, o, t, s$$

$$\sum_o qj_{ejo}^{t,s} \leq ue_{ej}^{t,s} \quad \forall e, j, t, s \quad \text{رابطه (۱۳)}$$

$$io_{po}^{t,s} = io_{po}^{t-1,s} + qp_{po}^{t,s} - \sum_i qo_{poi}^{t,s} \quad \forall p, o, t, s \quad \text{رابطه (۱۴)}$$

$$pl_{po}^t \leq qp_{po}^{t,s} \leq pu_{po}^t \quad \forall p, o, t, s \quad \text{رابطه (۱۵)}$$

$$\sum_o qo_{poi}^{t,s} \geq \tilde{d}_{ip}^t \quad \forall i, p, t, s \quad \text{رابطه (۱۶)}$$

$$\min^{(t+Ex_e, T)} \sum_{\hat{t}=1} \sum_p \rho_{pe} \cdot qp_{po}^{\hat{t},s} - \sum_{\hat{t}=1}^t \sum_j qj_{ejo}^{\hat{t},s} (1 - h_{js}) \geq 0 \quad \text{رابطه (۱۷)}$$

$$\forall e, o, s, t \neq T$$

$$\min^{(t+Ep_p - u_p, T)} \sum_{\hat{t}=1} \sum_i qo_{poi}^{\hat{t},s} - \sum_{\hat{t}=1}^t qp_{po}^{\hat{t},s} \geq 0 \quad \text{رابطه (۱۸)}$$

$$\forall p, o, s, t \neq T, u_p > 1$$

$$\sum_j aj_{j,o,t,s} \leq Ut_o \quad \forall o, t, s \quad \text{رابطه (۱۹)}$$

$$\sum_o ao_{o,i,t,s} \leq Ua_i \quad \forall i, t, s \quad \text{رابطه (۲۰)}$$

$$qj_{e,j,o,t,s} \leq M1 * aj_{j,o,t,s} \quad \forall e, j, o, t, s \quad \text{رابطه (۲۱)}$$

$$qo_{p,o,i,t,s} \leq M2 * ao_{o,i,t,s} \quad \forall p, o, i, t, s \quad \text{رابطه (۲۲)}$$

$$nts_t = \sum_{s \in S} wa_s \cdot \sum_p price_p^{t,s} \cdot \sum_{o,i} qo_{poi}^{t,s} \quad \forall t \quad \text{رابطه (۲۳)}$$

$$dpr_t = dr_t \cdot fa_t \quad \forall t \quad \text{رابطه ۲۴}$$

$$ebit_t = nts_t - cogs_t - dpr_t \quad \forall t \quad \text{رابطه ۲۵}$$

$$ip_t = ltr_t \cdot ltl_t + str_t \cdot stl_t \quad \forall t \quad \text{رابطه ۲۶}$$

$$ti_t = ebit_t - ip_t \quad \forall t \quad \text{رابطه ۲۷}$$

$$nopat_t = (1 - tr_t) \cdot ti_t \quad \forall t \quad \text{رابطه ۲۸}$$

$$fa_t + ca_t = e_t + stl_t + ltl_t \quad \forall t \quad \text{رابطه ۲۹}$$

$$ca_t = cash_t + ra_t + inr_t \quad \forall t \quad \text{رابطه ۳۰}$$

$$fa_t = fa_{t-1} + fai_t \quad \forall t \quad \text{رابطه ۳۱}$$

$$inr_t = \sum_{s \in S} wa_s \cdot \sum_{p,o} pcost_{po}^t \cdot io_{po}^{t,s} \quad \forall t \quad \text{رابطه ۳۲}$$

$$e_t = e_{t-1} + ne_t + nis_t \quad \forall t \quad \text{رابطه ۳۳}$$

$$\frac{ca_t - inr_t}{stl_t} \geq qr_t \quad \forall t \quad \text{رابطه ۳۴}$$

$$\frac{cash_t}{stl_t} \geq cr_t \quad \forall t \quad \text{رابطه ۳۵}$$

$$\frac{nts_t}{fa_t} \geq fattr_t \quad \forall t \quad \text{رابطه ۳۶}$$

$$\frac{stl_t + ltl_t}{fa_t + ca_t} \leq tdr_t \quad \forall t \quad \text{رابطه ۳۷}$$

$$\frac{stl_t + ltl_t}{e_t} \leq der_t \quad \forall t \quad \text{رابطه ۳۸}$$

$$\frac{ltl_t}{ltl_t + e_t} \leq ltdr_t \quad \forall t \quad \text{رابطه ۳۹}$$

$$\frac{ebit_t + dpr_t}{ip_t} \geq ccr_t \quad \forall t \quad \text{رابطه ۴۰}$$

$$\frac{nopat_t}{nts_t} \geq pmr_t \quad \forall t \quad \text{رابطه (۴۱)}$$

$$\frac{nopat_t}{fa_t+ca_t} \geq roar_t \quad \forall t \quad \text{رابطه (۴۲)}$$

$$\frac{nopat_t}{e_t} \geq roer_t \quad \forall t \quad \text{رابطه (۴۳)}$$

$$\begin{aligned} & cash_t, cogs_t, dpr_t, ebit_t, e_t, fa_t, io_{po}^{t,s}, im_{e,o}^{t,s}, ip_t, inr_t, nts_t, \\ & nis_t, ne_t, nopat_t, qp_{po}^{t,s}, qj_{ejo}^{t,s}, qo_{poi}^{t,s}, ra_t, sc_t, stl_t, ltl_t, ti_t, \\ & tc_t, pc_t, ca_t, av_t, gococ_t, mv_t, ag_t, hg_t, dcost_t \geq 0 \end{aligned} \quad \text{رابطه (۴۴)}$$

محدودیت ۱۱ مربوط به مجموع وزن سناریوهاست که باید برابر با مقدار یک باشد. محدودیت ۱۲ نشان از مقدار ماده اولیه موجود در مرکز تولید ۰ در هر دوره و تحت هر سناریو دارد که از هر دوره به دوره بعد منتقل می‌شود. ρ_{pe} ضریب استفاده از هر ماده اولیه برای هر محصول است. محدودیت ۱۳ مربوط به میزان توان هر تأمین‌کننده در تأمین هر ماده اولیه در دوره‌ها و سناریوهای مختلف است. $ue_{ej}^{t,s}$ ماکزیمم مقداری را نشان می‌دهد که تأمین‌کننده توان دارد تا از ماده اولیه در هر دوره و هر سناریو تأمین کند. محدودیت ۱۴ نشان‌دهنده موجودی کالای p در انتهای دوره t در مرکز تولید o ، تحت هر سناریو است و از هر دوره به دوره بعد منتقل می‌شود. هر مرکز تولید دارای یک حداقل و حداکثر ظرفیت تولید برای هر محصول در هر دوره یعنی pl_{po}^t و pu_{po}^t است که در محدودیت ۱۵ نشان داده شده است. مجموع کالای منتقل شده در هر دوره، از مراکز تولید به مشتریان باید برابر با تقاضای ایشان باشد که در محدودیت ۱۶ نشان داده شده است. \bar{d}_{ip}^t تقاضای هر محصول توسط مشتری در انتهای هر دوره را نشان می‌دهد. محدودیت ۱۷ برای جلوگیری از فساد ماده اولیه خریداری شده از تأمین‌کننده نوشته شده است (تمام مواد اولیه باید در دوره عمر خود به محصول نهایی تبدیل شوند). Ex_e عمر قفسه‌ای هر ماده اولیه را نشان می‌دهد. محدودیت ۱۸ نشان می‌دهد کالای نهایی تولیدشده باید حداکثر تا u_p دوره قبل از اتمام دوره مصرف خود، به دست مشتری برسد تا قابل مصرف باشد. Ep_p عمر قفسه‌ای هر محصول نهایی را نشان می‌دهد. محدودیت ۱۹ نشان می‌دهد که حداکثر چند جریان بین هر تولیدکننده و تأمین‌کننده‌ها می‌تواند برقرار شود. در صورتی که در دوره t و سناریوی s جریان از تأمین‌کننده j به تولیدکننده o برقرار شود، متغیر $aj_{j,o,t,s}$ مقدار 1 و در غیر این صورت مقدار 0 می‌گیرد. Ut_o حداکثر تعداد تأمین‌کننده برای هر

مرکز تولید را نشان می‌دهد. محدودیت ۲۰ نیز این موضوع را بین مشتریان و تولیدکننده‌ها نشان می‌دهد؛ بدین صورت که تقاضای هر مشتری حداکثر از چند تولیدکننده قابل پاسخ‌دهی است. در صورتی که در دوره t و سناریوی s جریان از تولیدکننده o به مشتری i برقرار شود، متغیر $a_{o,i,t,s}$ مقدار ۱ و در غیر این صورت مقدار ۰ می‌گیرد. U_{a_i} حداکثر تعداد مرکز تولید برای هر مشتری را نشان می‌دهد. محدودیت‌های ۲۱ و ۲۲ ارتباط میان متغیرهایی صفر و یک، تخصیص و متغیرهای جریان را نشان می‌دهد که در صورت مقدار گرفتن متغیرهای صفر و یک، متغیرهای جریان فعال می‌شوند. $M1$ و $M2$ دو عدد بسیار بزرگ هستند. ارزش خالص فروش nts_t در محدودیت ۲۳ نشان داده شده است. $price_p^{ts}$ قیمت فروش هر محصول در انتهای دوره در هر سناریو است. محدودیت ۲۴ نشان از میزان استهلاک دارایی‌های ثابت در طول هر دوره dpr_t (متغیر) دارد. dr_t نرخ استهلاک در انتهای دوره و متغیر fa_t دارایی‌های ثابت در انتهای دوره را نشان می‌دهد. مقدار درآمد قبل از بهره و مالیات ($ebit_t$) تأثیر فراوانی بر نسبت‌های مالی دارد؛ در صورتی که هزینه تمام‌شده کالا ($cogs_t$) و نرخ کاهش یافته ارزش دارایی‌ها (dpr_t) از میزان درآمد کل (nts_t) کم شود، این مقدار به دست می‌آید که در محدودیت ۲۵ نشان داده شده است. متغیر بهره پرداختی (ip_t) بر درآمد مشمول مالیات (ti_t) تأثیر گذاشته که آن هم بر روی سود خالص عملیاتی ($nopat_t$) تأثیر دارد. نرخ بهره پرداختی، درآمد مشمول مالیات و سود خالص عملیاتی به ترتیب در محدودیت‌های ۲۶، ۲۷ و ۲۸ نشان داده شده است. tr_t نرخ مالیات بر ارزش افزوده در انتهای دوره، str_t و ltr_t نرخ بهره کوتاه‌مدت و بلندمدت در انتهای دوره و متغیرهای ltl_t و stl_t بدهی‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت سازمان را نشان می‌دهد. باید گفت که سود خالص عملیاتی نشان از عملکرد سازمان دارد و معمولاً به سرمایه‌گذاران اعلام می‌شود. محدودیت ۲۹ معادله اولیه ترازنامه یک سازمان را نشان می‌دهد که برابری دارایی‌ها با بدهی‌ها و حقوق صاحبان سهام است. دارایی‌های ثابت fa_t و جاری ca_t تشکیل دهنده دارایی‌ها و بدهی‌های کوتاه و بلندمدت تشکیل دهنده بدهی‌هاست. e_t دارایی‌های خالص در انتهای دوره را نشان می‌دهد. دارایی‌های جاری از سه بخش پول نقد ($cash_t$)، حساب‌های دریافتی (ra_t) و ارزش موجودی (inr_t) تشکیل می‌شود که در معادله ۳۰ نشان داده شده است. به دلیل تغییرات مالی، ترازنامه مالی تغییر می‌کند؛ این مسئله در معادله ۳۱ دیده می‌شود. پارامتر fa_i_t میزان سرمایه‌گذاری برای دارایی‌های ثابت در انتهای هر دوره را نشان می‌دهد. ارزش موجودی شبکه در هر دوره از طریق فرمول ۳۲ اندازه‌گیری می‌شود. معادله ۳۳ نیز نشان از دارایی‌های خالص دارد که با مجموع دارایی‌های خالص دوره قبل، ارزش جدید ایجادشده در همان دوره ne_t و سهام جدید همان دوره nis_t برابر است. ادامه محدودیت‌ها مربوط به نسبت‌های مالی است. اهمیت این نسبت‌ها در

تجزیه و تحلیل میزان ارزش آفرینی اقتصادی و عملکرد مالی مجموعه بسیار نمود پیدا می‌کند. این مسئله به‌ویژه در شرایط تحریم بسیار مهم است؛ چراکه در صورت عدم مدیریت صحیح هزینه‌ها و عدم اتخاذ تصمیمات مناسب، نه تنها ارزش آفرینی اقتصادی نخواهد بود، بلکه ممکن است سازمان‌ها در راستای ضرردهی اقتصادی عمل کنند. رابطه ۳۴ نشان‌دهنده نسبت QR_t است. حد پایین نسبت QR_t در انتهای دوره را نشان می‌دهد. این نسبت رابطه دقیق‌تری برای توانایی پرداخت بدهی‌های کوتاه‌مدت است. نرخ پول موجود در رابطه ۳۵ نشان داده شده است که نسبت پول در دسترس به بدهی‌های فعلی یا کوتاه‌مدت است. این نسبت میزان توانایی سازمان برای بازپرداخت بدهی‌هایش با استفاده از پول در دسترس را نشان می‌دهد (محاسبات مالی، ۱۳۹۲). CR_t کران پایین نرخ پول نقد موجود در انتهای دوره را نشان می‌دهد. نرخ گردش دارایی‌های ثابت در رابطه ۳۶ است که سرمایه‌گذاری بیش از حد در دارایی‌های ثابت و پایین بودن درآمد حاصل از فروش سبب کم شدن این نسبت می‌شود (طاهری، ۱۳۸۶). $fatr_t$ حد پایین نرخ گردش دارایی‌های ثابت در انتهای دوره را نشان می‌دهد. نسبت بدهی (رابطه ۳۷) زیاد معمولاً به معنای این است که شرکت برای تأمین منابع مورد نیاز ناگزیر از استفاده از تسهیلات بیشتری شده است. tdr_t حد بالای نرخ کل بدهی‌ها در انتهای دوره را نشان می‌دهد.

نرخ بدهی به حقوق صاحبان سهام (رابطه ۳۸) نسبت اهرمی است و نشان‌دهنده میزانی از سرمایه‌گذاری بر دارایی‌های کسب و کار است که به وسیله بدهی‌های مالی و حقوق صاحبان سهام تهیه شده است. حد پایین این نسبت نشانه خوبی است و از مقدار ریسک پایین خبر می‌دهد و نسبت بالای آن نشان می‌دهد که سازمان بیش از حد به بیرون وابسته است (طاهری، ۱۳۸۶). der_t حد بالای نرخ بدهی به حقوق صاحبان سهام در انتهای دوره را نشان می‌دهد. $ltdr_t$ حد بالای نرخ بدهی بلندمدت در انتهای دوره را نشان می‌دهد. نرخ پوشش پول (رابطه ۴۰) نشان‌دهنده میزان پول موجود برای پرداخت بهره وام‌ها و قرض‌های گرفته شده است. ccr_t کران پایین نرخ پوشش پول در انتهای دوره را نشان می‌دهد. بازده فروش یا نسبت حاشیه سود (رابطه ۴۱) این نسبت نشان می‌دهد از هر یک ریال فروش، چه مقدار سود به دست می‌آید. pmr_t حد پایین نرخ حاشیه سود در انتهای دوره را نشان می‌دهد. بازده دارایی کل (رابطه ۴۲) شاخصی است که عملکرد اجرایی مدیریت یک شرکت را نشان می‌دهد که تا چه اندازه از دارایی‌های خود خوب استفاده کرده است. $roar_t$ حداقل نرخ بازگشت (بازده) دارایی‌ها در انتهای دوره را نشان می‌دهد. رابطه ۴۳ نیز نرخ بازگشت دارایی‌های صاحبان سهام را نشان می‌دهد. $roer_t$ حد پایین نرخ بازگشت دارایی صاحبان سهام در انتهای دوره را نشان می‌دهد. این نسبت‌ها در قالب محدودیت‌های مالی در مدل وارد شده‌اند تا در حین برنامه‌ریزی برای مجموعه،

از شاخص‌های مالی غفلت نشود. مدل ارائه‌شده در این پژوهش می‌تواند جریان فیزیکی کالاها را با توجه به جریان مالی برنامه‌ریزی کند و با توجه به این پتانسیل، نتایج آن به دنیای واقعی نزدیک‌تر است. در صورتی که جریان فیزیکی بدون توجه به پشتوانه‌های مالی و سایر شاخص‌های مالی برنامه‌ریزی شود، ممکن است که توانایی مالی مجموعه موردنظر توانایی پشتیبانی از جریان فیزیکی را نداشته و برنامه‌ریزی‌ها به هم بخورد. چراکه هر مجموعه‌ای در برنامه‌ریزی مقدار کالای مورد نیاز برای خرید، باید به موجودی‌های نقد و غیر نقد خود توجه کند، بدهی‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت خود را در نظر گرفته و توانایی مجموعه خود را در برآورده کردن بدهی‌های مالی و همچنین سایر شاخص‌های مالی یعنی میزان سودآوری، میزان بازدهی کلی و مواردی از این دست توجه کند. همچنین این مدل چگونگی تأثیر تحریم بر تأمین‌کنندگان و بر زنجیره تأمین را مدل کرده و با این کار یکی از مسائل مهم و مبتلابه در شرایط فعلی را مدل می‌کند. از طرفی چنددوره‌ای و چندمحصولی بودن مدل فعلی، شرایط آن را به دنیای واقعی نزدیک‌تر می‌کند و امکان تطابق آن با شرایط بسیاری از مجموعه‌ها را فراهم می‌آورد.

رویکرد بر خورد با عدم قطعیت: برنامه‌ریزی امکانی استوار^۱

در پژوهش‌هایی مانند پژوهش فعلی که عدم قطعیت مرتبط با نبود داده یا دانش در مورد مقدار دقیق پارامترهای ورودی مسئله است، از برنامه‌ریزی امکانی استفاده می‌شود (پیشوایی، رزمی و ترابی، ۲۰۱۲). پارامترهای غیرقطعی نیز دارای توزیع ذوزنقه‌ای‌اند. اما در مورد چرایی ترجیح برنامه‌ریزی امکانی استوار نسبت به برنامه‌ریزی امکانی، باید اذعان کرد که نتایج و تصمیمات حاصل از روش برنامه‌ریزی امکانی همواره قابل اطمینان نیستند. علت این امر نیز انحرافات محتمل از مقدار متوسط تابع هدف و همچنین تجاوز از حدود محدودیت‌ها و در نتیجه نشدنی بودن محدودیت‌هایی است که دارای پارامترهای غیرقطعی‌اند. علاوه بر این، سطح اطمینان محدودیت‌های دارای پارامترهای غیرقطعی باید به صورت سعی و خطا و فعل و انفعالی مشخص شود که این مسئله به آزمایش‌های وقتگیر نیاز دارد؛ در ضمن تضمینی وجود ندارد که سطح اطمینان‌های انتخاب‌شده همان مقادیر بهینه باشند. روش برنامه‌ریزی امکانی استوار (پیشوایی، رزمی و ترابی، ۲۰۱۲) یک رویکرد ریسک‌گریز برای رویارویی با عدم قطعیت موجود در مسائل است. برطرف کردن این ضعف‌ها با استفاده از دو عامل استواری شدنی بودن و استواری بهینگی امکان‌پذیر است. مدل برنامه‌ریزی امکانی استوار در ادامه آورده شده است. α میزان استواری

نتایج به دست آمده را نشان می دهد که در اینجا از حالت پارامتری درآمده و به متغیر تصمیم گیری تبدیل شده است.

$$\begin{aligned}
 \min f = & \sum_{s \in S} wa_s * \sum_t cogs_t = \\
 & \sum_{s \in S} wa_s * (\sum_{p,o} qp_{po}^{t,s} \cdot pcost_{po}^t + \sum_{p,o,i} troi_{poi}^t \cdot qo_{poi}^{t,s} + \sum_{e,j,o} (trjo_{ejo}^t * \\
 & \frac{ex_1+ex_2+ex_3+ex_4}{4}) \cdot qj_{ejo}^{t,s} + \sum_{p,o} ho_o^p \cdot \frac{io_{po}^{t,s}+io_{po}^{t-1,s}}{2} + \sum_{e,o} he_o^e \cdot \frac{im_{e,o}^{t,s}+im_{e,o}^{t-1,s}}{2} + \\
 & (1 + \alpha_t) + (tii_t + na_t + \alpha_t) * (\sum_{e,j} \frac{ex_1+ex_2+ex_3+ex_4}{4} \cdot pprice_{e,j}^t \cdot \sum_o qj_{ejo}^{t,s} + \\
 & \sum_e bit_e \cdot \frac{ex_1+ex_2+ex_3+ex_4}{4} \cdot \sum_{j,o} qj_{ejo}^{t,s}) + \\
 & \sum_{e,j,o} (1 - h_{js}) \cdot a_{js} \cdot (scost_{ejo}^t + bcost_{ejo}^t) \cdot qj_{ejo}^{t,s} + \\
 & \varphi \left(\sum_{s \in S} wa_s * (\sum_{p,o} qp_{po}^{t,s} \cdot pcost_{po}^t + \sum_{p,o,i} troi_{poi}^t \cdot qo_{poi}^{t,s} + \sum_{e,j,o} (trjo_{ejo}^t * \\
 & ex_4) \cdot qj_{ejo}^{t,s} + \sum_{p,o} ho_o^p \cdot \frac{io_{po}^{t,s}+io_{po}^{t-1,s}}{2} + \sum_{e,o} he_o^e \cdot \frac{im_{e,o}^{t,s}+im_{e,o}^{t-1,s}}{2} + (1 + \alpha_t) + \\
 & (tii_t + na_t + \alpha_t) * (\sum_{e,j} ex_4 \cdot pprice_{e,j}^t \cdot \sum_o qj_{ejo}^{t,s} + \sum_e bit_e \cdot ex_4 \cdot \sum_{j,o} qj_{ejo}^{t,s}) + \right. \\
 & \left. \sum_{e,j,o} (1 - h_{js}) \cdot a_{js} \cdot (scost_{ejo}^t + bcost_{ejo}^t) \cdot qj_{ejo}^{t,s} - \sum_{s \in S} wa_s * \right. \\
 & (\sum_{p,o} qp_{po}^{t,s} \cdot pcost_{po}^t + \\
 & \sum_{p,o,i} troi_{poi}^t \cdot qo_{poi}^{t,s} + \\
 & \sum_{e,j,o} (trjo_{ejo}^t * \\
 & \frac{ex_1+ex_2+ex_3+ex_4}{4}) \cdot qj_{ejo}^{t,s} \sum_{p,o} ho_o^p \cdot \frac{io_{po}^{t,s}+io_{po}^{t-1,s}}{2} + \sum_{e,o} he_o^e \cdot \frac{im_{e,o}^{t,s}+im_{e,o}^{t-1,s}}{2} + (1 + \alpha_t) + \\
 & (tii_t + na_t + \alpha_t) * \\
 & \left. (\sum_{e,j} \frac{ex_1+ex_2+ex_3+ex_4}{4} \cdot pprice_{e,j}^t \cdot \sum_o qj_{ejo}^{t,s} + \sum_e bit_e \cdot \frac{ex_1+ex_2+ex_3+ex_4}{4} \cdot \sum_{j,o} qj_{ejo}^{t,s}) + \right. \\
 & \left. \sum_{e,j,o} (1 - h_{js}) \cdot a_{js} \cdot (scost_{ejo}^t + bcost_{ejo}^t) \cdot qj_{ejo}^{t,s} \right) + \delta \cdot \sum_{i,p,t} (d4_{ip}^t - (1 - \\
 & \alpha) \cdot d3_{ip}^t - \alpha \cdot d4_{ip}^t)
 \end{aligned}$$

محدودیت های تغییر کرده:

$$\sum_o qo_{poi}^{t,s} \geq (1 - \alpha) \cdot d3_{ip}^t + \alpha \cdot d4_{ip}^t \quad \text{رابطه ۴۵}$$

$$\forall i, p, t, s$$

$$0.5 \leq \alpha \leq 1$$

باقی محدودیت ها به مانند مدل قبل است.

$E(Z)$ اولین عبارت در این مدل است که مشابه برنامه ریزی امکانی در پی کمینه سازی میانگین کل هزینه هاست. $\varphi(E_{max} - E(Z))$ مرتبط با استواری بهینگی است که فاصله بین

حداکثر مقدار ممکن تابع هدف از میانگین را کمینه می‌کند. این عبارت بر کم کردن انحرافات بالای مقدار میانگین تابع هدف متمرکز است که چیرگی آن نسبت به سایر عبارات توسط پارامتر φ مشخص می‌شود. $(\alpha \cdot d^{(4)} - (1 - \alpha) \cdot d^{(3)})$ که عبارت سوم تابع هدف است، مرتبط با استواری شدنی بودن است. در این عبارت، با توجه به مقدار محتمل تجاوز در محدودیت‌هایی که دربرگیرنده پارامترهای غیرقطعی‌اند، مقدار جریمه مرتبط با آن محاسبه شده است. این عبارات به مدل کمک می‌کنند تا مقدار سطح اطمینان محدودیت‌ها بهینه شود و به آزمایش‌های متعدد و وقتگیر برای تعیین سطوح اطمینان که در مدل‌های قدیمی برنامه‌ریزی امکانی وجود داشت، نیاز نیست. همچنین در این روش با توجه به عبارات ذکر شده، بهینگی سطوح اطمینان تضمین می‌شود.

پیاده‌سازی و ارزیابی مدل

در این بخش به‌منظور نمایش کاربردی بودن مدل توسعه داده‌شده و همچنین بررسی کارایی مدل برنامه‌ریزی توسعه داده‌شده، داده‌های مستخرج از مطالعه موردی زنجیره تأمین یک شرکت تولیدکننده مواد اولیه دارو با نام آترا به‌کار گرفته شده است. آترا یک کارخانه تولیدکننده مواد اولیه داروست که در شهر کرج واقع شده است. مشتریان این مجموعه در چهار شهر مختلف مشهد، تبریز، اراک و مازندران قرار دارند که خود مجموعه‌های تولیدکننده دارو و به‌عبارتی تولیدکننده ثانویه‌اند. تأمین‌کنندگان این مجموعه در پنج کشور چین، هند، مجارستان، آلمان و ایتالیا قرار دارند که سه کشور آخر در اروپا قرار دارند و در شرایط تحریم دارای عدم قطعیت بیشتری هستند. این مجموعه یکی از کارخانه‌هایی است که به‌دلیل شرایط تحریم در تأمین مواد اولیه خود و برنامه‌ریزی تولید با مشکل مواجه شده است که مهم‌ترین دلیل آن نآمادگی برای برخورد با پدیده تحریم بوده است. مشکل در تأمین مواد اولیه، نارضایتی مشتریان را در پی داشته و سودآوری مجموعه را نیز تحت تأثیر قرار داده است. این مجموعه به‌دلیل مطابقت آن با اهداف پژوهش فعلی به‌عنوان مطالعه موردی انتخاب شده و مدل بر روی آن آزمون شده و برتری آن در مقایسه با برنامه‌ریزی امکانی نشان داده شده است. در مجموع ۹ نوع ماده اولیه از تأمین‌کنندگان خارجی خریداری و در نهایت به ۶ محصول نهایی تبدیل شد. در مدل‌سازی فعلی، برنامه‌ریزی در مدت ۱۲ دوره انجام گرفته است. اطلاعات موجود به‌شرح جدول‌های ۲ و ۳ است. احتمال رخداد هر سناریو در جدول نشان داده شده است. همچنین حدود مالی مورد استفاده نیز به‌شرح جدول ۵ است.

جدول ۲. مقدار پارامتر h_{js}

S_4	S_3	S_2	S_1	h_{js}
۰	۰	۰	۰	۱
۰	۰	۰	۰	۲
۰	۱	۰	۱	۳
۰	۱	۰	۱	۴
۰	۱	۱	۱	۵

جدول ۳. مقدار پارامتر a_{js}

S_4	S_3	S_2	S_1	a_{js}
۱	۱	۰	۰	۱
۱	۱	۰	۰	۲
۱	۰	۱	۰	۳
۱	۰	۱	۰	۴
۱	۰	۱	۰	۵

جدول ۴. احتمال رخداد هر سناریو

S_4	S_3	S_2	S_1
۰/۳	۰/۴	۰/۲	۰/۱

جدول ۵. حدود مالی پارامترها

پارامتر مالی	مقدار
نسبت جاری	۲
نسبت آنی	۱/۲۵
نرخ پول موجود	۱
نرخ گردش دارایی‌های ثابت	۱/۱
نسبت گردش حساب‌های دریافتی	۱/۶
نرخ کل بدهی‌ها	۰/۶
نرخ بدهی به حقوق صاحبان سهام	۱/۵
حد بالای نرخ بدهی بلندمدت	۰/۸
نرخ پوشش پول	۵
نرخ بازگشت (بازده) دارایی‌ها	۰/۰۱
نرخ بازگشت دارایی صاحبان سهام	۰/۰۲

جدول ۶. نوسانات نرخ ارز در طول دوره

T_{12}	T_{11}	T_{10}	T_9	T_8	T_7	T_6	T_5	T_4	T_3	T_2	T_1
(۴۲۰۰, ۴۴۰۰, ۴۴۰۰, ۴۸۰۰)				(۳۸۰۰, ۴۰۰۰, ۴۲۰۰, ۴۴۰۰)				(۳۶۰۰, ۳۸۰۰, ۴۰۰۰, ۴۲۰۰)			

مدل فعلی در نرم‌افزار بهینه‌سازی گمز مدل‌سازی شده و نتایج آن به شرح زیر است. نتایج اجرای مدل نشان می‌دهد که هر شش محصول باید در تمام دوره‌ها و سناریوها تولید شوند و ارقام به‌گونه‌ای تعیین شده‌اند که هیچ‌گونه دورریزی از محصولات تولیدشده وجود نداشته باشد. این مسئله به محدودیت توان تأمین‌کنندگان در تأمین مواد اولیه نیز مربوط می‌شود که در هر دوره چه میزان از نیاز تولیدکننده را می‌توانند برآورده کنند.

جدول ۷. مقدار تولید در هر دوره و هر سناریو برای هر محصول (کیلوگرم)

S_4	S_3	S_2	S_1	$qp_{po}^{t,s}$
۷۰۷/۵	۷۰۷/۵	۷۰۷/۵	۷۰۷/۵	۱.۱.۱ تا ۱.۱.۱۲
۳۱۲/۵	۳۱۲/۵	۳۱۲/۵	۳۱۲/۵	۲.۱.۱ تا ۲.۱.۱۲
۱۰۲	۱۰۲	۱۰۲	۱۰۲	۳.۱.۱ تا ۳.۱.۱۲
۱۸۸/۵	۱۸۸/۵	۱۸۸/۵	۱۸۸/۵	۴.۱.۱ تا ۴.۱.۱۲
۹۵۵	۹۵۵	۹۵۵	۹۵۵	۵.۱.۱ تا ۵.۱.۱۲
۷۵	۷۵	۷۵	۷۵	۶.۱.۱ تا ۶.۱.۱۲

نتایج حاصل از انتخاب جریان‌های تأمین‌کننده به تولیدکننده نشان می‌دهد که تأمین‌کنندگان دارای ریسک کمتر و درعین حال هزینه کمتر دارای اولویت‌اند. به‌طور مثال بین تأمین‌کننده‌های دوم و چهارم که هر دو دارای هزینه حمل‌ونقل یکسان‌اند، جریان از تأمین‌کننده دوم به مقدار بیشتری به تولیدکننده منتقل می‌شود و این مسئله به دلیل ریسک کمتر این تأمین‌کننده است. نتایج مسئله تک‌منبعی بودن و وابستگی به یک تأمین‌کننده را تأیید نمی‌کند و معتقد است باید از تأمین‌کنندگان با ریسک و هزینه کم خریداری کرد. این مسئله در ادبیات نیز به‌عنوان یکی از دلایل افزایش ریسک زنجیره مطرح شده است (پک، ۲۰۰۵). همچنین به دلیل وجود دوره عمر برای مواد اولیه، خرید این مواد در تمام دوره‌ها اتفاق افتاده و از خرید یکجا پرهیز شده است. این مدل در حالت کلی یک تعادل میان هزینه حمل‌ونقل و ریسک دسترسی که هر تأمین‌کننده در سناریوهای مختلف داراست، برقرار کرده و جریان‌ها و مقدار آن‌ها را در بهینه‌ترین حالت تعیین

می‌کند. نتایجی که برای زنجیره تأمین به دست آمده‌اند نشان از مقاوم بودن سیستم در قبال سناریوهای محتمل پیش رو دارد. به علت داشتن عمر قفسه‌ای مواد اولیه، توصیه به نگهداری ذخیره اطمینان کم در سیستم می‌شود، چراکه با فساد مواد اولیه هزینه بیشتری به مجموعه تحمیل می‌شود.

مقدار اعداد و ارقام تولید و جریان‌ها بین اجزای مختلف زنجیره تأمین به گونه‌ای انتخاب شده است که تقاضای پیش‌بینی شده برای هر دوره مشتریان به خوبی و به موقع پاسخ داده شود. در اینجا به دلیل عدم امکان پاسخگویی تقاضای مشتریان در دوره‌های بعدی، برنامه‌ریزی تولید حساس‌تر است و باید به صورت دقیق‌تر برنامه‌ریزی شود. جدول ۹ مقادیر بهینه حمل و نقل در هر دوره و هر سناریو را نشان می‌دهد. همچنین نتایج نشان می‌دهند که انتخاب تأمین‌کننده به صورت بهینه‌ای انتخاب شده است، به صورتی که سیستم در قبال سناریوهای مختلف و ریسک تأمین مقاوم است و تأثیر چندانی از اختلال تأمین‌کنندگان در شرایط تحریم نمی‌پذیرد.

جدول ۸. مقدار خرید هر ماده اولیه در هر دوره و سناریو (کیلوگرم)

S_4	S_3	S_2	S_1	$q_{ejo}^{t,s}$
-	۷۰۷/۵	۷۰۷/۵	۷۰۷/۵	۱.۲.۱.۱ تا ۱.۲.۱.۱۲
۷۰۷/۵	-	-	-	۱.۴.۱.۱ تا ۱.۴.۱.۱۲
-	۱۶۵/۶۲۵	۱۶۵/۶۲۵	۱۶۵/۶۲۵	۲.۲.۱.۲ تا ۲.۲.۱.۱۰
۱۶۵/۶۲۵	۱۶۵/۶۲۵	۱۶۵/۶۲۵	۱۶۵/۶۲۵	۲.۲.۱.۱۲ تا ۲.۲.۱.۱۱
۱۶۵/۶۲۵	-	-	-	۲.۴.۱.۱ تا ۲.۴.۱.۱۲
-	۱۴۶/۸۷۵	۱۴۶/۸۷۵	۱۴۶/۸۷۵	۳.۲.۱.۲ تا ۳.۲.۱.۱۰
۱۴۶/۸۷۵	۱۴۶/۸۷۵	۱۴۶/۸۷۵	۱۴۶/۸۷۵	۳.۲.۱.۱۲ تا ۳.۲.۱.۱۱
۱۴۶/۸۷۵	-	-	-	۳.۴.۱.۱ تا ۳.۴.۱.۱۲
۶۵/۲۸۰	۶۵/۲۸۰	۶۵/۲۸۰	۶۵/۲۸۰	۴.۲.۱.۱ تا ۴.۲.۱.۱۲
۳۶/۷۲۰	۳۶/۷۲۰	۳۶/۷۲۰	۳۶/۷۲۰	۵.۲.۱.۱ تا ۵.۲.۱.۱۲
۱۸/۸۵۰	۱۸/۸۵۰	۱۸/۸۵۰	۱۸/۸۵۰	۶.۲.۱.۱ تا ۶.۲.۱.۱۲
۱۶۹/۶۵۰	۱۶۹/۶۵۰	۱۶۹/۶۵۰	۱۶۹/۶۵۰	۷.۲.۱.۱ تا ۷.۲.۱.۱۲
۹۵۵	۹۵۵	۹۵۵	۹۵۵	۸.۲.۱.۱ تا ۸.۲.۱.۱۲
۷۵	۷۵	۷۵	۷۵	۹.۲.۱.۱ تا ۹.۲.۱.۱۲

جدول ۹. مقدار محصول حمل‌شده از تولیدکننده به مشتری (کیلوگرم)

S_4	S_3	S_2	S_1	$qO_{poi}^{t,s}$
۱۶۵	۱۶۵	۱۶۵	۱۶۵	۱.۱.۱.۱ تا ۱.۱.۱.۱۲
۱۴۲	۱۴۲	۱۴۲	۱۴۲	۱.۱.۲.۱ تا ۱.۱.۲.۱۲
۱۶۵	۱۶۵	۱۶۵	۱۶۵	۱.۱.۳.۱ تا ۱.۱.۳.۱۲
۲۳۵	۲۳۵	۲۳۵	۲۳۵	۱.۱.۴.۱ تا ۱.۱.۴.۱۲
۹۰	۹۰	۹۰	۹۰	۲.۱.۱.۱ تا ۲.۱.۱.۱۲
۶۵	۶۵	۶۵	۶۵	۲.۱.۲.۱ تا ۲.۱.۲.۱۲
۶۵	۶۵	۶۵	۹۲	۲.۱.۳.۱ تا ۲.۱.۳.۱۲
۶۵	۶۵	۶۵	۶۵	۲.۱.۴.۱ تا ۲.۱.۴.۱۲
۳/۷۵	۳/۷۵	۳/۷۵	۳/۷۵	۳.۱.۱.۱ تا ۳.۱.۱.۱۲
۹/۵	۹/۵	۹/۵	۹/۵	۳.۱.۲.۱ تا ۳.۱.۲.۱۲
۳/۷۵	۳/۷۵	۳/۷۵	۳/۷۵	۳.۱.۳.۱ تا ۳.۱.۳.۱۲
۸۵	۸۵	۸۵	۸۵	۳.۱.۴.۱ تا ۳.۱.۴.۱۲
۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۴.۱.۱.۱ تا ۴.۱.۱.۱۲
۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۴.۱.۲.۱ تا ۴.۱.۲.۱۲
۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۴.۱.۳.۱ تا ۴.۱.۳.۱۲
۱۲۰	۱۲۰	۱۲۰	۱۲۰	۴.۱.۴.۱ تا ۴.۱.۴.۱۲
۲۷۵	۲۷۵	۲۷۵	۲۷۵	۵.۱.۱.۱ تا ۵.۱.۱.۱۲
۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۲۵۰	۵.۱.۲.۱ تا ۵.۱.۲.۱۲
۲۹۰	۲۹۰	۲۹۰	۲۹۰	۵.۱.۳.۱ تا ۵.۱.۳.۱۲
۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	۱۴۰	۵.۱.۴.۱ تا ۵.۱.۴.۱۲
۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۶.۱.۱.۱ تا ۶.۱.۱.۱۲
۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۶.۱.۲.۱ تا ۶.۱.۲.۱۲
۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۶.۱.۳.۱ تا ۶.۱.۳.۱۲
۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۶.۱.۴.۱ تا ۶.۱.۴.۱۲

$nopat_t$ سود خالص عملیاتی است و همان‌طور که پیشتر ذکر شد، نشان از عملکرد نهایی مجموعه دارد و به‌طور معمول به سهامداران و سایر شرکا ارائه می‌شود. مقادیر این متغیر در جدول ۱۰ نشان داده شده است. همان‌طور که مشخص است، مقادیر سود عملیاتی دارای مقدار مثبت و چشمگیری در تمام دوره‌هاست که نشان می‌دهد سازمان در شرایط اختلال تحریم دارای عملکرد مناسبی بوده است.

جدول ۱۰. سود خالص عملیاتی در هر دوره

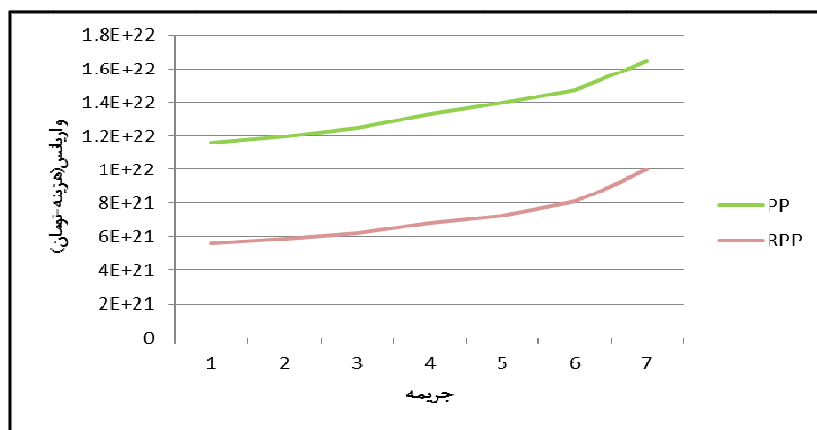
$nopat_t$	
۲/۱۵۱۳۸E+۱۰	۱۰
۲/۱۳۵۹۸E+۱۰	۷
۲/۰۹۵۵۹E+۱۰	۴
۲/۰۲۹۴۶E+۱۰	۱
۲/۱۷۲۶۴E+۱۰	۱۱
۲/۱۵۷۷۵E+۱۰	۸
۲/۰۹۲۴۵E+۱۰	۵
۲/۰۵۱۵۰E+۱۰	۲
۲/۱۹۳۸۹E+۱۰	۱۲
۲/۱۳۰۱۲E+۱۰	۹
۲/۱۱۴۲۲E+۱۰	۶
۲/۰۷۳۵۵E+۱۰	۳

از طرفی تمام پاسخ‌های به‌دست‌آمده تضمین می‌کند که سازمان توجه خوبی به جریان مالی خود کرده است و از برنامه‌ریزی تک‌بعدی جریان فیزیکی پرهیز کرده است. ارقام و اعداد به‌دست‌آمده با استفاده از این مدل برنامه‌ریزی تاکتیکی تضمین می‌کند که سازمان در عین توانایی پرداخت بدهی‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت، توانایی ایجاد ارزش جدید مناسب در هر دوره را داشته و در عین حال بازدهی مناسب دارایی‌ها و سرمایه‌گذاری‌ها را در شرایط اختلال تحریم خواهد داشت و در عین حال سودآوری مناسبی می‌تواند داشته باشد. در واقع با استفاده از این مدل، مجموعه می‌تواند به بسیاری از مطلوبات خود مانند پاسخگویی مناسب به تقاضای مشتری، مدیریت اختلال تحریم، جلوگیری از فساد و دورریز کالا و تضمین اهداف مالی خود دست یابد. برای اندازه‌گیری روایی مدل ارائه‌شده، در ابتدا مفروضات با تک‌تک عبارات و محدودیت‌ها بازبینی شده و روایی عبارات بدین ترتیب بررسی شده است و برای بررسی اعتبار نتایج مدل از «آزمون مقادیر حدی» استفاده شده است. بدین ترتیب که حدود بالا و پایین پارامترها به ترتیب و در مدل‌های مختلف در مدل جایگذاری شده و نتایج آن‌ها با هم مقایسه شده است. نتایج نشان می‌دهد که در حدود پایین، کمترین هزینه و در حدود بالا، بیشترین هزینه از مدل حاصل می‌شود که نشان از اعتبار نتایج حاصل‌شده از مدل دارد. از طرفی سایر نتایج حاصل از مدل مانند مقدار خرید مواد اولیه از تأمین‌کننده، مقدار تولید، مقدار نگهداری و نیز در مدل بازبینی شده است. همه نتایج منطقی‌اند. به‌منظور تحلیل عملکرد مدل پیشنهادی برنامه‌ریزی امکانی استوار، هشت شبیه‌سازی (واقع‌گرایی) به‌صورت تصادفی بر روی پارامترهای غیرقطعی، تحت شش جریمه مختلف که در جدول ۱۱ نشان داده شده، شبیه‌سازی شده و نتایج آن با نتایج برنامه‌ریزی امکانی تحت سطح اطمینان ۰/۷ مقایسه شده و چگونگی برتری آن بر برنامه‌ریزی امکانی نشان داده شده است.

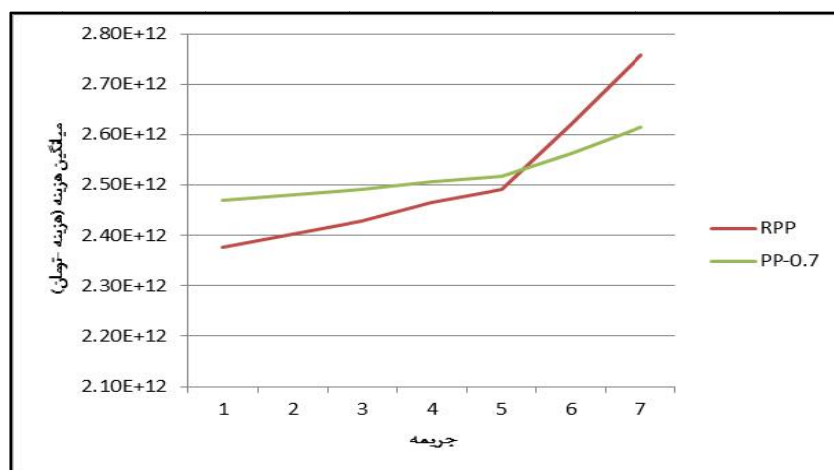
جدول ۱۱. مقدار جریمه (برحسب میلیون)

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
δ	۱۰	۳۰	۵۰	۸۰	۱۰۰	۲۰۰	۳۰۰

برای شبیه‌سازی و اعتبارسنجی مدل، روش زیر به کار گرفته شده است. در ابتدا برای هر پارامتر غیرقطعی که دارای تابع امکانی ذوزنقه‌ای $(\tilde{\beta} = \beta^{(1)}, \beta^{(2)}, \beta^{(3)}, \beta^{(4)})$ است، یک عدد تصادفی به صورت یکنواخت بین نقاط ابتدایی و انتهایی تابع امکانی به صورت $\beta_{real} = [\beta^{(1)}, \beta^{(4)}]$ تولید شده است. سپس به منظور بررسی مطلوبیت خروجی‌های مدل برنامه‌ریزی امکانی و برنامه‌ریزی استوار و مقایسه نتایج آن‌ها، پارامترهای تولیدشده تحت هر شبیه‌سازی، تحت داده‌های اسمی مشخص شده و در مدل قرار داده می‌شوند (پیشوایی، رزمی و ترابی، ۲۰۱۲).



شکل ۱. مقدار واریانس برنامه‌ریزی امکانی و امکانی استوار تحت جریمه‌های مختلف



شکل ۲. مقدار میانگین تابع هدف برنامه‌ریزی امکانی و امکانی استوار تحت جریمه‌های مختلف

نکته‌ای که در شکل ۱ کاملاً مشخص است، کمتر بودن میزان واریانس مدل برنامه‌ریزی امکانی استوار است که همواره از مدل برنامه‌ریزی امکان تحت سطوح مختلف اطمینان بیشتر است. این نکته نیز شایان توجه است که افزایش جریمه‌ها موجب افزایش واریانس شده است، ولی برتری مدل برنامه‌ریزی امکانی استوار همواره حفظ شده است. کمتر بودن میزان واریانس نشان‌دهنده این است که در صورتی که پارامترهای غیرقطعی موجود در مدل هر مقداری از آن طیف پیش‌بینی شده در عدد فازی دوزنقه‌ای را به خود بگیرند، مقدار هزینه‌ای که توسط مدل برنامه‌ریزی امکانی استوار ایجاد می‌شود، به مقدار میانگین نزدیک خواهد بود و انحراف زیادی از آن نخواهد داشت و این مسئله به نوعی اطمینان تصمیم‌گیری را بالا خواهد برد. این در حالی است که واریانس برنامه‌ریزی امکانی بسیار بیشتر از برنامه‌ریزی امکانی استوار بوده و انحراف آن از مقدار میانگین بیشتر است. علاوه بر انحراف استاندارد، باید به میانگین توابع هدف نیز توجه کرد. این مسئله نیز در شکل ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که مشخص است، مقدار میانگین تابع هدف برنامه‌ریزی امکانی استوار در جریمه‌های پایین‌تر کمتر از مقدار میانگین برنامه‌ریزی امکانی در سطح اطمینان ۰/۷ است. مدل برنامه‌ریزی امکانی استوار یک مدل ریسک‌گریز است، ولی در این مدل از محافظه‌کاری بیجا و بی‌مورد جلوگیری می‌کند. به واسطه سطح ریسک‌گریزی ایجادشده توسط مدل برنامه‌ریزی امکانی استوار، خروجی‌های این مدل با ریسک کمتر و تجاوزات کمتر نسبت به مدل‌های برنامه‌ریزی امکانی - تحت مقادیر پایین جریمه‌ها - مواجه می‌شود. از این رو می‌توان اذعان داشت که مدل استوار ارائه‌شده در این پژوهش می‌تواند به‌طور مؤثری به مدیران کمک کند تا در شرایط تحریم، برنامه‌ریزی مناسبی برای پاسخگویی به این بحران داشته باشند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

همان‌طور که ذکر شد، در چند دهه اخیر مبادلات بین کشورهای مختلف افزایش یافته و زنجیره‌های تأمین به‌سوی جهانی شدن پیش رفته‌اند که این مسئله موجب تأثیر و تأثر قوانین کشورهای مختلف بر هم و در نتیجه افزایش پیچیدگی و آسیب‌پذیری زنجیره‌های تأمین شده است. یکی از دلایلی که موجب خسارات فراوان شده است، مقاوم و استوار نبودن سیستم و نبود برنامه‌ریزی مناسب برای برخورد با این پدیده است که در حال حاضر هم مدل‌سازی دقیقی از این مسئله انجام نگرفته است و این پژوهش درصدد است این مدل‌سازی را در زنجیره تأمین دارو مدل‌سازی کند. پس از مدل‌سازی استوار زنجیره تأمین، چگونگی برتری آن نسبت به برنامه‌ریزی امکانی از طریق فاکتورهای میانگین تابع هدف و واریانس نشان داده است. واریانس

مدل برنامه‌ریزی امکانی استوار همواره از برنامه‌ریزی امکانی کمتر است و این تفاوت، چشمگیر است، به گونه‌ای که به راحتی می‌توان ادعا کرد واریانس برنامه‌ریزی امکانی استوار یک‌دوم واریانس برنامه‌ریزی امکانی است. این مسئله دارای اهمیت فراوانی است؛ چراکه کمتر بودن مقدار این پارامتر نشان می‌دهد نتایج حاصل از مدل مربوط، قابلیت اتکای بیشتری دارند و با واریانس کمتری حول میانگین هزینه مربوط تغییر می‌کنند. این مسئله ریسک کمتری را به تصمیم‌گیرندگان تحمیل و با کنترل مناسب پارامترها، تصمیمات مناسبی را در شرایط تحریم ارائه می‌کند. البته باید گفت در شرایط اختلال‌هایی مانند تحریم، همواره باید به‌دنبال رویکردهای ریسک‌گریز بود؛ چراکه عدم قطعیت فضا در شرایط اختلال به‌حدی است که نمی‌توان ریسک جدی در آن فضا مرتکب شد. مقدار میانگین برنامه‌ریزی امکانی استوار، وابستگی فراوانی به مقدار جریمه تعیین شده برای نقض محدودیت دارد. تعیین دقیق جریمه‌ها در مدل برنامه‌ریزی امکانی و برنامه‌ریزی امکانی استوار، بسیار مهم است، چراکه عامل اصلی در عملکرد مدل و تعیین سطوح اطمینان پارامترهای غیرقطعی، جریمه‌ها هستند. برای تعیین این پارامترها بهتر است مجموعه‌ای از مدیران باتجربه سازمان با توجه به تجربه گذشته و همچنین داده‌های موجود از عملکرد گذشته سازمان و میزان عدم قطعیت پارامترها و اهمیتشان، مقدار جریمه‌ها را در جلسات گروهی و به‌صورت توفان فکری مشخص کنند. خروجی‌های مدل همچنین نشان می‌دهند که در هر شرایطی بهتر است تأمین‌کننده‌های با ریسک کمتر انتخاب شوند؛ یعنی ریسک کمتر بر هزینه حمل‌ونقل کمتر اولویت دارد. ریسک کمتر بدین معناست که در دوره‌های متوالی این تأمین‌کننده دچار قطع ارتباط نمی‌شود یا کمتر دچار اختلال مالی می‌شود. از طرفی نتایج نشان می‌دهند باید از وابستگی به یک تأمین‌کننده اجتناب کرد. از دیگر سو، به‌دلیل وجود عمر قفسه‌ای در مواد اولیه دارو و به‌دلیل نوع برنامه‌ریزی که تمایل دارد هیچ‌گونه دورریزی در شرایط تحریم وجود نداشته باشد، نتایج نشان می‌دهند که بهتر است از نگهداری موجودی فراوان در انبارها یا خرید یکجای مواد اولیه از تأمین‌کننده پرهیز کرد. نتایج پژوهش پک (۲۰۰۵) نیز یکی از نتایج این پژوهش را که عدم وابستگی به یک تأمین‌کننده است تأیید می‌کند؛ چراکه با ایجاد مشکل برای این تأمین‌کننده، کل برنامه‌ریزی سیستم به هم می‌ریزد و سیستم را با شکست و بحران جدی مواجه می‌کند. از طرفی ذخیره اطمینان کم در سیستم، یکی از عوامل پیچیدگی سیستم ذکر شده است (هنریکس و سینگهال، ۲۰۰۵)؛ ولی نتایج این پژوهش نشان می‌دهند در صورتی که مواد اولیه یا نهایی دارای عمر قفسه‌ای باشند و سیستم درصد به حداقل رساندن دورریز باشد، نگهداری ذخیره اطمینان زیاد در سیستم به‌صرفه نیست و هزینه بیشتری را به سیستم وارد می‌کند. در مجموع باید گفت با استفاده از این مدل، مجموعه می‌تواند به بسیاری از

مطلوبات خود مانند پاسخگویی مناسب به تقاضای مشتری، مدیریت اختلال تحریم، جلوگیری از فساد و دورریز کالا و تضمین اهداف مالی خود دست یابد. پیشنهادهایی نیز برای تحقیقات آتی به شرح زیر بیان می‌شود: مدل‌سازی کمی و کیفی مقوله تحریم بر روی موارد دیگر، چندهدفه کردن مدل با توجه به اقتضائات مطالعه موردی مربوط، مدل‌سازی سایر راهبردهای میان‌مدت و بلندمدت مورد استفاده در شرایط تحریم، افزودن سایر اجزای زنجیره تأمین اعم از داروخانه‌ها و بیمارستان‌ها به مدل مربوط.

References

- Acar, Y., Kadipasaoglu, S. & Schipperijn, P. (2010). A decision support framework for global supply chain modelling: an assessment of the impact of demand, supply and lead-time uncertainties on performance. *International Journal of Production Research*, 48(11): 3245-3268.
- Amiri, M., Jahani, S., (2010), Select a methodology of IDEA/AHP for evaluation and selection of suppliers, *Journal of Industrial Management*, 2(5): 5-18. (in Persian)
- Chopra, S, Meindel, P. (2007). *Supply chain management – strategy, planning & operation* (3rd edn, Vol. Vol1). Englewood Cliffs: Pearson Prentice-Hall.
- FDA. (1987). *Guideline for submitting documentation for the stability of human drugs and biologizes*. Rockville, Maryland: Food and Drug Administration, Center for Drug and Biologizes, Office of Drug Research and Review.
- Ghiani, G, Laporte, G. & Musmanno, R. (2004). *Introduction to logistic systems planning and control*. Chicester: Wiley.
- Goh, M., Lim, J. Y. S. & Meng, F. (2007). A stochastic model for risk management in global supply chain networks. *European Journal of Operational Research*, 182(1): 164–173.
- Hadjinicola, G., Kumar, K., (2002). Modeling manufacturing and marketing options in international operations. *International Journal of Production Economics*, (75): 287–304.
- Hendricks, K., Singhal, V., (2005). *The Effect of Supply Chain Disruption on Long Term Shareholder Value, Profitability and Share Price Volatility*. Atlanta: Research Report: Georgia Institute of Technology.
- Hushmandi Maher, M., Amiri, M., Olfat, L., (2014), Mathematical model of supplier selection and order allocation in the supply chain considering the uncertainties in design variables, *Journal of Industrial Management*, 6(1), 151-180. (in Persian)

- Liu, S., G.Papageorgiou, L. (2013). Multiobjective optimisation of production, distribution and capacity planning of global supply chains in the process industry. *Omega*, 41: 396–382.
- Miller, T., Matta, R. de. (2008). A Global Supply Chain Profit Maximization and Transfer Pricing Model. *Journal of Business Logistics*, 29(1).
- Mirgafouri, S.H, Morovati Sharifabadi, A., Asadian, F., (2012), Analysis of the risk of suppliers in the supply chain with a combined approach of Grey relational analysis and Vaikor, *Journal of Industrial Management*, 4(2): 153-178. (in Persian)
- Mohasebat Mali, (2013), Calculation Website, <http://accountingexplained.com/financial>.
- Nagurney, A., Cruz, J. & Matsypura, D. (2003). Dynamics of global supply chain supernetworks. *Mathematical and Computer Modelling*, (37): 963–983.
- Oh, H.C., Karimi, I. A. (2005). Global Multiproduct Production–Distribution Planning with Duty Drawbacks. *AIChE Journal*, 52(2).
- Oh, H.C., Karimi, I. A. (2004). Regulatory Factors and Capacity-Expansion Planning in Global Chemical Supply Chains. *Ind. Eng. Chem. Res*, 43(13): 3364–3380.
- Peck, H. (2005). Drivers of Supply Chain Vulnerability: an Integrated Framework. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 35: 210–232.
- Perron, S., Hansen, P., Le Digabel, S. & Mladenovic, N. (2010). Exact and heuristic solutions of the global supply chain problem with transfer pricing. *European Journal of Operational Research*, (202): 864–879.
- Pishvae, M. , Razmi, J. & Torabi, S., (2012). robust possibilistic programming for socially responsible supply chain network design: A new approach. *Fuzzy Sets and Systems*, (206): 1–20.
- Raj Singh, A., Mishra, P. K., Jain, R. & Khurana, M. K. (2012). Design of global supply chain network with operational risks. *Int J Adv Manuf Technol*, (60): 273–290.
- Sadeghi Moghadam, M.R, Momeni, M., Nalchigar, S., (2009), Integrated planning of supply, production and distribution in supply chains using genetic algorithms, *Journal of Industrial Management*, 1(2): 71-88. (in Persian)
- Soleimani, M, (2013), International Hub Logistics- Iran, Institute of Studies and Research of Business, (16). (in Persian)

- Sun, J. (2014). Global Production Planning with Fuzzy Exchange Rates. *Journal of Uncertain Systems*, 8(1): 58–65.
- T. Sousa, R., Liu, S., G. Papageorgiou, L. & Shah, N. (2011). Global supply chain planning for pharmaceuticals. *Chemical Engineering Research and Design*, (89): 2396–2409.
- Taheri, Sh, (2007), How to Analysis the Performance of Organization, Hestan. (in Persian)
- Tang, C. (2006). Perspectives in Supply Chain Risk Managment. *International Journal of Production Economics*, 103: 451–488.
- Vidal, C., Goetschalckx, M. (2001). A global supply chain model with transfer pricing and transportation cost allocation. *European Journal of Operational Research*, (129): 134–158.
- Wu, T., Blackhurst, J. & Grady, P. (2007). Methodology for Supply Chain Disruption Analysis. *International Journal of Production Research*, (45): 1665–1682.
- You, F., Wassick, J. M. & Grossmann, I. E. (2009). Risk Management for a Global Supply Chain Planning Under Uncertainty: Models and Algorithms. *AIChE Journal*, 55(4): 931–946.