فصلنامه مدیریت کسب و کار، شماره ۴۶، تابستان ۱۳۹۹

طراحی مدل استوار شبکه پویای زنجیره تامین محصولات متنوع جهانی در شرایط عدم قطعیت

محمد مختاری[۱]
ابوتراب علیرضائی[۲]
حسن جوانشیر[۳]
محمود مدیری[۴]

تاریخ دریافت مقاله : ۹۸/۱۱/۱۳ تاریخ پذیرش مقاله : ۹۹/۰۲/۳۰

چکیده

یکی از مهم‌ترین اقلام جهت مدیریت بحران‌هایی مانند زلزله، سیل، بیماری‌های با نرخ شیوع بالا و... کالاهای سیمانی محسوب می‌شوند. به این منظور در این تحقیق به مدل‌سازی جهت طراحی شبکه پویای زنجیره تأمین کالای سیمانی برای کاهش کمبود بعد از بحران پرداخته‌شده است. تسهیلات مورد استفاده در مدل این تحقیق از دو نوع موقتی و دائمی است که تسهیلات موقتی جهت برآورده کردن تقاضای شدید به وجود آمده بعد از بحران مورد استفاده قرار می‌گیرد. پارامتر زمان یکی از مهمترین پارامترها بدلیل فسادپذیری محصولات سیمانی و همچنین نیاز به تأمین تقاضا در زمان مشخص است که در این تحقیق به مدل‌سازی این پارامتر در شرایط عادی و بعد از بروز بحران پرداخته شده است. حادثه‌دیدگان بلایا از اولویت متفاوتی نسبت به هم برای تأمین تقاضا برخوردار هستند که در این مدل علاوه بر مدل‌سازی این موضوع استفاده از اقلام جایگزین یا مشابه نیز در نظر گرفته شده است. از برنامه‌ریزی استوار جهت ایجاد تصمیمات استوار به دلیل حساس بودن تأمین تقاضا استفاده گردیده است. برای حل مدل در ابعاد بزرگ‌تر از الگوریتم‌های فرا ابتکاری ژنتیک، بهینه سازی ازدحام ذرات و تبرید شبیه سازی استفاده شده که بنا بر نتایج حاصله از اجرای الگوریتم‌ها برای ابعاد مختلف، الگوریتم ژنتیک از کیفیت بیشتری برخوردار است. با توجه به اهمیت پیش بینی تقاضا در دوره برنامه ریزی در این تحقیق از روش شبکه عصبی فازی تطبیقی برای پیش بینی تقاضا استفاده شده است که FCM بهترین الگوریتم شناسایی الگو و تطبیق پذیری شناخته شده است.

کلمات کلیدی

طراحی شبکه زنجیره تامین، پویا، استوار، جهانی، عدم قطعیت

۱-گروه مدیریت صنعتی گرایش تولید عملیات، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. mokhtari.iau@gmail.com
۲-گروه مدیریت صنعتی، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.(نویسنده مسئول) AbouTorabalirezaei@gmail.com
۳- گروه مهندسی صنایع، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. h_javanshir@azad.ac.ir
۴-گروه مدیریت صنعتی، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. M_Modiri@Azad.ac.ir

مقدمه

در سال‌های اخیر، خسارات و صدمات ناشی از حوادث طبیعی و ساخت دست بشر به‌صورت چشمگیری افزایش یافته است به‌طوری که هر ساله حدود 70,000 نفر از مردم کشته شده و نزدیک به 200,000,000 نفر تحت تأثیر این بلایا قرار می‌گیرند(پیشوایی و ترابی،۲۰۱۰). تحقیقات زیادی برای شناخت اقدامات مقتضی در مراحل مختلف حادثه انجام‌شده است، مراحلی که با عناوین پیش از حادثه، حین حادثه و پس از حادثه یاد می‌شوند. سازمان‌های امدادی می‌توانند با ایجاد یک شبکه از پیش تعیین‌شده به موقعیت‌های ضروری اتفاق افتاده با کارایی هر چه بیشتر واکنش نشان دهند. شبکه‌ای که در آن مقدار اقلام و مکان انبارهای ذخیره‌سازی و سایر تسهیلات مشخص هستند. هدف از این تحقیق ارائه مدل طراحی شبکه پویای زنجیره تأمین کالای سیمانی به‌منظور کاهش کمبود بعد از بحران است که در این فصل به بیان کلیات مسئله و اهداف تحقیق پرداخته‌شده است(ژانگ[1] و همکاران،۲۰۱۲).

طراحی شبکه پویای زنجیره تأمین یکی از تصمیمات سطح استراتژیک محسوب می‌شود. بحران‌ها با نوسانات شدید در متغیرهای مدل‌های ریاضی شبکه زنجیره تأمین همراه هستند. ازاین‌رو پرداختن به طراحی شبکه برای کاهش کمبود محصول و مالی ناشی از بحران کمک بسزایی به سازمان‌ها برای مدیریت بحران‌هایی مانند زلزله می‌کند(وانگ[2]ر و همکاران،۲۰۰۶). یکی از محصولات حساس و پر تقاضا بعد از بروز بحران کالا و در یک عبارت بهتر کالای سیمانی است. عدم برآورد تقاضا در زمان لازم می‌تواند کمبود سنگین را به شبکه تحمیل کرده و باعث تبدیل بحران به فاجعه شود. از طرفی تسهیلات موردنیاز برای تأمین تقاضا، از هزینه‌های راه‌اندازی بالایی برخوردار هستند که احداث آن‌ها، باعث افزایش هزینه‌های سیستم می‌شود(شیمیزو[3] و همکاران،۲۰۱۲). به همین دلیل برای کاهش کمبود در این تحقیق به طراحی شبکه زنجیره تأمین پرداخته‌شده است که دو فاز پیش و بعد از وقوع بحران را در نظر گرفته و اقدام به تخصیص و ظرفیت‌یابی تسهیلات می‌نماید. برای کاهش هزینه‌های سیستم با این فرض که بعد از وقوع بحران با نوسان شدید تقاضا برای کالای سیمانی مواجه هستیم، در مدل‌سازی تحقیق از دو نوع تسهیل استفاده‌شده است.

تسهیلات دائمی مانند مراکز انبار اصلی، تسهیلات پردازش محصول و ... هستند که با دید به آینده و بعد از وقوع و با توجه به هزینه‌ها، تخصیص و ظرفیت‌یابی می‌شوند. تسهیلات موقتی به‌طور معمول و مطابق چیزی که در واقعیت اتفاق می‌افتد برای تأمین تقاضای شدید ایجاد و استفاده می‌شوند. در نظر گرفته شوند(شن[4] و همکاران،۲۰۱۱). در ضمن این تسهیلات امکان جابجایی دارند. با توجه به اینکه شرایط قبل و بعد از وقوع در مدل‌سازی وارد شده است شبکه پویا بوده و دارای پنجره زمانی است. از

طرفی دیگر زمان تأمین کالا پارامتری بسیار مهم تلقی می‌شود که در مدل‌سازی در کنار پنجره زمانی موردتوجه قرار می‌گیرد. برآورد تقاضا و استواری مدل اهمیت بالایی دارد چون محصولات موردبررسی کالا می‌باشند که نقش مهمی در حیات حادثه دیدگان ایفا می‌کنند. ازاین‌رو از برنامه‌ریزی استوار در مدل‌سازی به منظور استوارسازی جواب بدست آمده با رویکرد سناریومحور استفاده‌شده است. با توجه به اینکه مجموعه‌ای از محصولات با هم ارسال و مورد بررسی و تحلیل برای پردازش قرار می‌گیرند، مدل‌سازی چندمحصولی انجام گردید. از طرف دیگر در مدل‌سازی، زمان تولید و حمل نقل محصولات سیمانی که به طور معمول از جنس فسادپذیر هستند و تأمین به موقع آن‌ها بسیار مهم می‌باشد در نظر گرفته شده است. به صورت فهرست‌وار مفروضات مسئله در ادامه مطرح گردیده است:

- تقاضا دارای عدم قطعیت بوده و تحت سناریوهای مختلف تغییر می‌کند که احتمال رخداد هر سناریو مشخص است.

- درصدی از حادثه دیدگان بعد از عدم تأمین به موقع تقاضا، تلف شده(کمبود از نوع از دست رفته) و درصدی دیگر در دوره بعد با جریمه تأمین تقاضا می شوند(کمبود از نوع پس افت).

- از برنامه‌ریزی استوار مبتنی بر سناریو جهت استوار سازی مدل استفاده شده است.

- تابع هدف مدل از نوع چند هدفه است که علت این موضوع بهینه‌سازی زمان و هزینه‌های ریالی شبکه است که با توجه به اهمیت زمان تأمین تقاضا و فسادپذیری محصولات امکان تبدیل به یکدیگر را ندارند.

- تصمیم‌گیری در رابطه با استقرار یک تسهیل، ظرفیت تسهیل، تصمیم‌گیری در رابطه با تسهیلات موقتی و جابجایی آن‌ها در دوره‌های مختلف به صورت متمرکز و با در نظر گرفتن کل هزینه‌های شبکه انجام خواهد پذیرفت.

- سطوح تأمین‌کنندگان، مراکز پردازش و تولید، مراکز توزیع و تقاضا در مدل‌سازی مطرح گردیده است.

- مدل دارای پنجره زمانی است. که مرحله قبل از بحران یک دوره و بعد از بحران متناسب با سناریوها مشخص خواهد شد.

- به منظور پیش بینی تقاضا از شبکه عصبی فازی تطبیقی استفاده شده است.

درواقع ما در این تحقیق به دنبال ارائه یک مدل بهینه‌سازی زنجیره تأمین سبز برای صنعت سیمان در شرایط عدم قطعیت به‌صورت پویا در بعد زمان هستیم که ما را به تصمیم‌گیری در سه سطح استراتژیک، تاکتیکی و عملیاتی در زنجیره تأمین که منجر به تعیین مقادیری ازجمله ظرفیت، مکان،

ظرفیت توسعه، افق ماندگاری و... تسهیلات زنجیره می‌شود، یاری می‌دهد.

پیشینه تحقیق

اوزدامار و همکاران[5] (۲۰۰۴)، برنامه‌ریزی تدارکات در شرایط اضطراری شامل ارائه کالاها (به‌عنوان مثال مواد پزشکی و پرسنل، تجهیزات تخصصی نجات و تیم‌های نجات، مواد غذایی و غیره) در مراکز توزیع در مناطق آسیب‌دیده در اسرع وقت است، به‌طوری‌که عملیات امدادرسانی سریع‌تر شود. در این مقاله، یک مدل برنامه‌ریزی که سیستم تدارکات اضطراری را یکپارچه‌سازی می‌کند ، طراحی شده است. این مدل به مسئله حمل‌ونقل وابسته به زمان می‌پردازد که باید در طی زمان‌های ارائه شده برای تأثیر کمک تکرار شود. این مدل برنامه‌های جدیدی را که شامل درخواست‌های جدید برای مواد کمک، منابع جدید و وسایل حمل‌ونقل می‌شود، بازسازی می‌کند که در طول زمان افق برنامه‌ریزی فعلی قابل‌دسترسی است. این مدل یک برنامه تحویل و انتخاب برای وسایط نقلیه با در نظر داشتن افق برنامه‌ریزی زمانی بهینه می‌کند و همچنین مقادیر بهینه و انواع بارهای برداشت شده و تحویل شده در این مسیرها را مشخص می‌کند. در زمینه تدارکات اضطراری، عرضه در مقادیر محدود در دوره زمان فعلی و در تاریخ‌های مشخص‌شده در آینده در دسترس است. تقاضای کالاها با اطمینان در تاریخ فعلی شناخته شده است، اما می‌تواند برای تاریخ‌های آینده پیش‌بینی شود. برخلاف محیط تجاری، وسایل نقلیه مجبور نیستند به انبار بازگردند، زیرا دفعه بعدی که طرح دوباره تولید می‌شود، یک گره که کالاها را دریافت می‌کند، ممکن است تبدیل به یک انبار شود یا یک انبار سابق ممکن است هیچ کاری نداشته باشد. در نتیجه، هیچ تورهای حلقه بسته وجود ندارد و وسایل نقلیه در آخرین توقف خود صبر می‌کنند تا دستور بعدی از مرکز هماهنگی تدارکات دریافت کنند. ازاین‌رو، سفارشات اعزام وسایل نقلیه شامل مجموعه‌ای از مسیرهای "شکسته" است که در پاسخ به تقاضای عرضه / تقاضای وابسته به زمان تولید می‌شود. مدل ریاضی توصیف یک تنظیم است که به‌طور قابل‌توجهی متفاوت از مسائل مسیریابی معمولی خودرو است. در حقیقت، این مشکل ترکیبی است که مشکل جریان شبکه چند کالا و مشکل مسیریابی خودرو را ادغام می‌کند. در این حالت، وسایل نقلیه نیز به‌عنوان کالاهای مورداستفاده قرار می‌گیرند. این مدل به راحتی به دو مسئله جریان چند محصولی تقسیم می‌شود، که یکی از آن‌ها خطی (برای کالاهای متعارف) و یک عدد صحیح دوم (برای جریان‌های وسیله نقلیه) است. در رویکرد راه‌حل، این مدل‌ها با محدودیت‌های قوس آرام با استفاده از آرام‌سازی لاگرانژان همراه می‌شوند. همگرایی الگوریتم پیشنهادشده بر روی نمونه‌های آزمایش کوچک و همچنین در یک سناریوی زلزله اندازه واقع‌بینانه مورد آزمایش قرارگرفته است.

کوروپو[۶](۲۰۱۰)، مدیریت سیستم خون‌رسانی در زمان فاجعه، یکی از اصلی‌ترین چالش‌ها برای سیستم‌های انتقال خونی است که ممکن است در معرض بلایای طبیعی مثل سیل، زلزله، تی سونامی، و یا در معرض تهدیدهای بیولوژیکی مانند، آنفولانزای اپیدمیک، و یا نابودی‌های ساخته دست بشر یا تروریسم باشند. سریلانکا در طول زمان‌ها بسیاری از این موقعیت‌ها را تجربه کرده است. یکی از اصلی‌ترین آن‌ها سونامی بود که در ۲۶ دسامبر ۲۰۰۴ روی داد و بیش ۳۰,۰۰۰ نفر جان خود را از دست دادند. و ۲۳,۰۰۰ نفر زخمی شدند. و تقاضا برای خدمات بهداشتی با افزایش تعداد مرده‌ها و افراد مجروح به شدت افزایش یافت. مرکز خدمات بهداشتی باید سیستم انتقال خون را به‌طور مؤثری مدیریت نماید و به‌طور مؤثری از اهداکنندگان خون در روزهای اول بروز حادثه خون بگیرد. و همچنین به خاطر اینکه سریلانکا طی مهر و موم‌های متمادی گرفتار جنگ داخلی شدید بود بنابراین سیستم انتقال خون سریلانکا می‌تواند الگوی مناسبی برای مدیریت انتقال خون باشد.

بنتال[۷] و همکاران(۲۰۱۱)، در این مقاله یک متدولوژی برای طراحی استوار لجستیک ارائه داده است که می‌تواند عدم قطعیت‌های تقاضا در زنجیره تأمین امداد بشردوستانه را کاهش دهد. به‌ویژه اینکه، این رویکرد بهینه‌سازی استوار را برای پاسخگویی پویا در لجستیک اضطراری و به‌منظور استفاده در فرایند تخلیه ترافیکی در زمان بروز بلا همراه با وجود عدم قطعیت تقاضا در زمان است. این مقاله یک مدل انتقال سلولی مبتنی بر مدل ترافیک پویای بهینه است. در این مقاله یک مدل مین ماکس اتخاذ شده است و یک متد بهینه‌سازی استوار به منظور استفاده در مسائل بهینه‌سازی پویا بسط داده شده است. و یک رویکرد همتای استوار قابل تنظیم توسعه داده شده است. آزمایشات شبیه‌سازی نشان می‌دهد که این راه‌حل ارائه شده، نتایج بسیار خوبی در مقایسه با راه‌حل قطعی و تصمیم‌گیری برنامه‌ریزی تصادفی مبتنی بر نمونه‌گیری را به دست می‌آورد. و یک بینش کلی مربوط به بهینه‌سازی استوار و حمل‌ونقل که ممکن است کاربرد وسیع‌تری در زنجیره تأمین کمک‌های بشردوستانه داشته باشد.

شا و هانگ[۸](۲۰۱۲)، حوادث غیرمترقبه بخصوص زلزله، تأثیرات زیادی بر زندگی انسان‌ها دارند. خون یک فاکتور بسیار مهم برای زنده ماندن انسان‌ها بخصوص پس از یک زلزله مهیب است. که در جریان این واقعه، افزایش ناگهانی تقاضا رخ خواهد داد بنابراین، در اختیار داشتن زنجیره‌ای کارا و مطمئن یک چالش بزرگ محسوب می‌شود. در این مقاله، یک مدل برنامه‌ریزی اضطراری برای زنجیره تأمین خون پیشنهاد داده شده است.و یک متد پشتیبانی تصمیم را برای برنامه‌ریزی مهندسی سیستم اضطراری تأمین خون توسعه داده شده است. یک مدل چند زمانی تخصیص- مکان‌یابی به همراه یک الگوریتم فرا

ابتکاری مبتنی بر رویکرد آزادسازی لاگرانژ و نهایتاً، یک مطالعه موردی مربوط به شهر پکن ارائه داده‌شده است.

ابولین [۹]و همکاران(۲۰۱۳)، مسئله مکان‌یابی تسهیلات یکی از مسائل بسیار مهم است که بر عملیات امدادرسانی بسیار مؤثر است .مدل مکان‌یابی این مطالعه بر اساس تنظیم جریان کالاهای امدادی از انبار اصلی به سمت انبارهای قاره‌ای و سپس به سمت انبار منطقه‌ای و از آنجا به طرف محل بروز حادثه، طراحی شده است. در نظر داشتن این مسیر جریان مواد یک سازمان امدادی آماده باش برای مقابله با فاجعه در کمترین زمان ممکن ایجاد می‌نماید. هدف این مطالعه ترکیب سیستم " درست به‌موقع" و رقابتی در زنجیره تأمین اضطراری است که زمانی که فاجعه اتفاق افتاد، کشور آسیب‌دیده می‌تواند از نزدیک‌ترین انبار و تسهیلات منطقه‌ای که حاوی کالاهای امدادی و کالاهای موردنیاز برای رفع نیاز حادثه دیدگان است، درخواست کمک نماید. علاوه بر این، انبار منطقه‌ای پس از توزیع کالاهای لازم در منطقه آسیب‌دیده سری برای جایگزینی موجودی خود سفارشی را به انبار بالادست ارسال می‌کند. با این روش همیشه آمادگی برای پاسخگویی به وقوع فاجعه وجود دارد.

جبار زاده و همکاران(۲۰۱۴)، در این مقاله یک مدل استوار برای طراحی زنجیره تأمین خون در زمان‌های پس از وقوع بلا ارائه داده‌اند. و یک مدل بهینه‌سازی کاربردی را توسعه داده شده است که می‌تواند در تصمیم‌گیری‌های مربوط به تخصیص – مکان‌یابی تسهیلات زنجیره تأمین خون به صورت چند دوره زمانی پس از وقوع فاجعه کمک کند. کاربرد مدل پیشنهادی در یک مطالعه موردی که در آن داده‌های واقعی برای طراحی یک شبکه برای تأمین اضطراری خون در حین بلایای بالقوه استفاده می‌شود، مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج بررسی‌ها در مورد ایجاد یک موازنه نسبی بین راه‌حل استوار و مدل استوار مسئله، به یک دیدگاه عملی مهم رسیده است. و همچنین، عملکرد مدل پیشنهادی "بهینه‌سازی استوار" نیز با رویکرد "ارزش مورد انتظار" مقایسه شده است.

باتینی [۱۰]و همکاران(۲۰۱۵) با ارائه مدل ریاضی بر مبنای خدمت رسانی یکپارچه به وضعیت شبکه‌ای اورژانسی در سیستم مراقبت‌های بهداشتی سعی در کاهش هزینه‌های سالانه سیستم‌های بهداشت عمومی و بهبود عملکرد داشتند. آن‌ها اذعان نمودند که جنبه‌های حیاتی متنوعی در طراحی استراتژیک و توسعه شبکه‌های لجستیک مراقبت‌های بهداشتی اثر دارد. بحث مفهومی به صورت تجربی بر اساس چالش ایجاد شده از طریق توسعه شبکه‌های تأمین مراقبت متمرکز بهداشت و پشتیبانی با اجرای سرمایه‌گذاری‌های جدید مبتنی بر تکتولوژیو سیستم‌های اطلاعاتی و مراکز لجستیک پیشرفته برای مدیریت موجودی مواد بیمارستانی حاصل می‌شود. این مطالعه به سمت توسعه یک "نمودار حلقه علت اصلی شبکه تأمین

مراقبت‌های بهداشتی" جدیدتر ، برای تجزیه و تحلیل و پیش بینی الگوی رشد یک شبکه لجستیک مراقبت‌های بهداشتی در پیچیدگی آن ، و درک این موضوع است که شبکه تأمین چقدر با مزایای ارائه شده توسط لجستیک جدید با مقیاس اقتصادی و خطر شکست در عدم قطعیت مطابقت خواهد داشت.

احمدی و همکاران (۲۰۱۵) ، با توجه به خرابی شبکه و استفاده چندگانه از وسایل نقلیه و زمان امداد رسانی استاندارد ، یک مدل مسیریابی موقعیت مکانی چند انبار را ارائه دادند. مدل مکان‌های انبارهای محلی و مسیریابی برای توزیع آخرین مسیر بعد از زلزله را تعیین می‌کند. مدل برای تعیین موقعیت مراکز توزیع به یک برنامه تصادفی دو مرحله ای با زمان سفر تصادفی گسترش یافته است. موارد کوچک برای بهینه بودن در GAMS حل شده است. یک الگوریتم جستجوی متغیر محلی برای حل مدل قطعی طراحی شده است. نتایج محاسباتی مطالعه موردی نشان می‌دهد که تقاضای ناهمگون را می‌توان با هزینه بیشتر تعداد انبارها و وسایل نقلیه محلی بطور قابل توجهی کاهش داد.

جین[11] و همکاران (۲۰۱۵) یک مدل بهینه سازی شده برای تخصیص منابع پزشکی با محدودیت ظرفیت ارائه دادند. مدل شدت صدمات قربانیان را در دوره جستجوی اولیه و نجات و احتمال زنده ماندن آنها در نظر می‌گیرد که به طور متناسب با زمان سپری شده کاهش می‌یابد.آن‌ها یک مدل برنامه نویسی عدد صحیح مختلط برای انتخاب مکان و جریان شبکه یک کلینیک در محل برای پشتیبانی از کمک‌های اولیه در نزدیکی مناطق فاجعه ایجاد کردند. همچنین برای به حداکثر رساندن تعداد بیمارانی که احتمال زنده ماندن آن‌ها از حد حاشیه است به عنوان یک تابع هدفدر نظر گرفته شد.

طبق پژوهش آلم[12] و همکاران(۲۰۱۶)،تدارکات اضطراری در بلایا مملو از برنامه ریزی و چالش‌های عملیاتی است ، از جمله عدم اطمینان در مورد ماهیت و بزرگی فاجعه ، عدم وجود اطلاعات موثق در مورد مکان و نیاز قربانیان ، تصادفی احتمالی منابع و کمک‌های مالی ، پیوندهای حمل و نقل نامناسب ، کمبود منابع و غیره. در این مقاله ، یک مدل جریان تصادفی شبکه دو مرحله‌ای جدید برای کمک به تصمیم گیری در مورد چگونگی تأمین سریع کمک‌های بشردوستانه به قربانیان یک فاجعه در این زمینه تهیه شده است. این مدل ویژگی‌های عملی را که تا کنون توسط ادبیات مورد غفلت واقع شده است ، از جمله تخصیص بودجه ، اندازه‌ی ناوگان انواع مختلف وسایل نقلیه ، تهیه و بارهای مختلف سرب در یک افق چند پویا پویا در نظر می گیرد. در تلاش برای بهبود سیاست تحقق تقاضا، برخی از برنامه‌های افزودنی از مدل را از طریق اقدامات ریسک پیشرفته ، مانند نیمه نهایی و شرط بودن در معرض خطر ارائه داده شده است.یک الگوریتم اکتشافی ساده دو فازی برای حل مسئله در مدت زمان معقول و محاسباتی نیز پیشنهاد شده است. آزمایشات عددی مبتنی بر سیل و رانش زمین در ایالت ریودوژانیرو، برزیل، نشان

می‌دهد که این مدل می‌تواند به برنامه ریزی و سازماندهی امداد کمک کند تا سطح خدمات خوبی را در اکثر سناریوها ارائه دهد، و اینکه این بستگی به نوع فاجعه و منابع بستگی دارد.

فهیم نیا(۲۰۱۷)، تأمین اضطراری خون در بلایای طبیعی و انسان‌شناختی به چالش بزرگی است . این مقاله یک مدل طراحی زنجیره تأمین دو هدف تصادفی را برای کارآمدی (کاهش هزینه) و تاثیرگذاری (حداقل کردن زمان تحویل) عرضه درتامین خون در بلایای طبیعی ارائه می‌دهد. شبکه تأمین خون تحت بررسی شامل اهداکنندگان خون، امکانات خونگیری موبایل، مراکز خون محلی و منطقه‌ای و نقاط تقاضا است . روش حل‌ترکیبی، ترکیبی از محدودیت ε و روش لاگرانژ است. آزمایش‌های عددی و مباحث بعدی، تمرکز بر (۱) بررسی کاربرد مدل پیشنهادی در حل مسائل با اندازه‌های مختلف، (۲) بررسی اختلاف احتمالی بین هزینه‌های زنجیره تأمین و زمان تحویل، (۳) شناسایی مناطق بهینه زنجیره تأمین ، منظور بهبود کارآمدی و کارایی سرمایه گذاری زنجیره تأمین و (۴) ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی تصادفی.

رمضانیان و بهبودی(۲۰۱۷)، اهدای خون یک حرکت داوطلبانه است و اهداکنندگان نقش مهمی در زنجیره تأمین خون دارند. افزایش مراکز اهدای خون برای غلبه بر کمبود و زیان‌های ناشی از آن بسیار مؤثر است.پارامترهایی شامل میزان فاصله هر اهداکننده تا مراکز اهدای خون، فاکتورهای مربوط به گذشته اهداکنندگان در مراکز اهدای خون، و همچنین بودجه تبلیغات در هر مرکز و جنبه‌های اجتماعی در این مطالعه در نظر گرفته شده است و برای توابع سوددهی مورد استفاده قرار گرفته است. و هدف آن بالا بردن انگیزه اهداکنندگان برای اهدا خون بوده است، ابتدا یک مدل قطعی مکان‌یابی- تخصیص با استفاده از بهینه‌سازی با برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط ارائه شده است. با توجه به ماهیت تصادفی پارامترهای تقاضا و هزینه، مدل فوق‌الذکر برای تعیین عدم قطعیت با استفاده از رویکرد بهینه‌سازی استوار است که می‌تواند بر محدودیت‌های روش‌های مبتنی بر سناریو فائق آید، یعنی بدون ایجاد تغییرات زیادی در پیچیدگی مدل قطعی.

فضلی-خلف و همکاران (۲۰۱۷) ، یک مدل ریاضی جدید سه هدفی را برای طراحی شبکه زنجیره تامین خون در شرایط اضطراری پیشنهاد دادند. این مدل ریاضی با هدف به حداقل رساندن کل هزینه‌های زنجیره تأمین و زمان حمل و نقل بین تأسیسات و در عین حال به حداکثر رساندن قابلیت اطمینان کل آزمایش خون اهدا شده در آزمایشگاه ها تعبیه گردید. این مدل پنج تاژک شامل گروه‌های اهدا کننده خون، امکانات جمع آوری خون، آزمایشگاه‌ها، مراکز خون و بیمارستان‌ها را در نظر می‌گیرد. وسایل حمل و نقل مختلف با سرعت و ظرفیت متغیر در این مدل در نظر گرفته شده است تا بتواند خون را بین

امکانات حمل کند. از آنجا که ، بسیاری از پارامترهای اصلی مدل ریاضی با عدم اطمینان در برنامه های دنیای واقعی لکه دار می شوند ، دو برنامه نویسی محدودیت شانس انعطاف پذیر توانمند(RPFCCP)[۱۳] مدل‌های برنامه نویسی محدودیت شانس انعطاف پذیر احتمالی توسعه یافته‌اند تا راه حل‌های ضد خطر و نیرومندی را ارائه دهند. تصمیم گیرندگان. علاوه بر این ، کاربرد مدل ریاضی چند هدفه پیشنهادی در یک مطالعه موردی در دنیای واقعی با استفاده از داده‌های واقعی در پایتخت ایران، تهران، که یک مکان بالقوه برای یک زلزله مخرب محسوب می‌شود، بررسی شده است. با استفاده از تحقق مختلف، کاربرد و کارایی مدل‌ها در مطالعه موردی بررسی شده است. نتایج نشان داد که مدل RPFCCP قادر است عدم اطمینان در پارامترهای تابع هدف و محدودیت‌ها را به صورت کارآمدتری اداره کند و قادر به ارائه راه حل‌های قوی و ریسک پذیر برای مسئله است که در برابر سناریوهای مختلف مقاوم هستند.

سابق و همکاران (۲۰۱۷) ، یک مدل ریاضی جدید چند هدفه جدید را در زنجیره تأمین دارویی برای پاسخ به فاجعه طبیعی با توجه به کیفیت و مفاهیم سبز ارائه دادند. مدل ارائه شده شامل سه عملکرد هدف است. اولین هزینه کل تولید شامل هزینه‌های تولید ، هزینه‌های خرید ، افتتاح هزینه‌های کارخانه تولید، افتتاح مراکز توزیع، هزینه حمل و نقل و هزینه بی کیفیت (هزینه های ارزیابی و پیشگیری) را به حداقل می‌رساند. دوم اثرات زیست محیطی محصولات و حمل و نقل را به حداقل می‌رساند. سوم، نیروهای بشردوستانه را به حداکثر می‌رساند. قبل از وقوع فاجعه، برای پیش بینی کارآمد مقادیر هدف، از شبکه عصبی انتشار کوله پشتی(BP)[۱۴] الگوریتم ژنتیکی ترکیبی (GA) شبکه عصبی مصنوعی و بهینه‌سازی ذرات(PSO) استفاده شده است. سرانجام، اثربخشی راه حل پیشنهادی ، تکنیک بهینه سازی چند هدفه پیشنهادی و امکان سنجی آن را به عنوان یک روش مناسب اتخاذ می کند. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که BP عملکرد بالایی داشت، که R2 آن ۰,۹۹ بود. پیامدهای مدیریتی این پژوهش بر بهبود بهره وری و اثربخشی زنجیره تأمین مراقبت‌های بهداشتی برای پاسخ به فاجعه طبیعی تأکید می‌کند: صرفه جویی در وقت ، به حداقل رساندن هزینه‌ها ، به حداقل رساندن تأثیرات زیست محیطی، استفاده از منابع به طور مؤثرتر (مانند مالی، انسانی، فنی، دارایی، حمل و نقل)، نشان دادن مسئولیت اجتماعی برای جوامع آسیب دیده از فاجعه و بهبود مداوم مدیریت زنجیره تأمین مراقبت‌های بهداشتی.

دیواودی[۱۵] و همکاران (۲۰۱۸) ، یک فرایند یکپارچه، بهره برداری بهم پیوسته و شبکه ارتباطی متقابل بین آژانس‌های عامل برای ایجاد یک زنجیره تأمین مدیریت موثر در برابر بلایای حیاتی ارائه دادند.آن‌ها بیان نمودند که مشکلات سنتی مدیریتی که در عملیات مدیریت حوادث مشاهده شده است عبارتند از: عدم همکاری بین اعضا، اختلال در دستورات، سوء استفاده از موارد امدادی، عدم اشتراک

اطلاعات، عدم اعتماد به نفس و عدم هماهنگی. این مطالعه با هدف درک مسائل مربوط به نگرش منفی نسبت به عملیات مدیریت حوادث با استفاده از تئوری ناهماهنگی شناختی انجام شده است. تحقیقات کیفی در ۶۴ منطقه در بنگلادش انجام شد. پنج ساختار به دلیل تأثیر آنها بر نگرش و قصد رفتاری اعضای شرکت کننده در زنجیره تأمین اضطراری دولت برای مدیریت حوادث مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که تعارض اداری، تعصب سیاسی و رشد حرفه‌ای تأثیر معنی‌داری بر نگرش دارد. تأثیر ناامنی بر نگرش معنادار نیست. این تحقیق سهم نظری قابل توجهی در نظریه عدم تفاهم شناختی در زمینه زنجیره تأمین مدیریت بحران دارد.

کااو[۱۶] و همکاران(۲۰۱۸)، تمرکز پژوهش خود را در راستای نجات جان وکاهش رنج قربانیان آسیب دیدگان بلایای طبیعی، به طراحی استراتژی‌های توزیع امداد در مورد دیدگاه ذینفع با توجه به پایداری سیستم قرار دادند. این دغدغه به عنوان یک مدل برنامه نویسی عدد صحیح چند منظوره مختلط برای به حداکثر رساندن رضایتمندی قربانیان، و به حداقل رساندن بیشترین انحراف از رضایت درک شده قربانیان برای همه نقاط تقاضا و مراحل فرعی تدوین شده است. سپس ، الگوریتم ژنتیکی برای حل این مدل ریاضی ارائه شده است. برای اعتبارسنجی روش‌های پیشنهادی، یک مطالعه موردی از زلزله ونچوان[۱۷] نشان داده‌شده است. نتایج محاسباتی نشان می‌دهد که الگوریتم ژنتیکی در اینجا می‌تواند به تجارت بین کیفیت راه حل و زمان محاسبه توزیع امداد با نگرانی از پایداری دست یابد. علاوه بر این ، این روش نشان می‌دهد که این روش ابزاری برای تصمیم گیرندگان برای بهینه سازی ساختار شبکه توزیع اموال و موجودی و همچنین کاهش رنج قربانیان فراهم می‌کند. به طور فزاینده، این مقاله انتظار دارد که نه تنها مدل و روش پیشنهادی را تأیید کند ، بلکه اهمیت و تمایل به بررسی دیدگاه ذینفعان در مورد پایداری در مسئله توزیع امداد را برجسته کند.

گاریدو[۱۸]وهمکاران(۲۰۱۹)، یک چارچوب مدل‌سازی برای‌کمک‌به‌تصمیم‌گیرندگان‌دربرنامه‌ریزی‌های استراتژیک برای امداد رسانی موثر پس از وقوع زلزله ارائه داده اند.هدف این است که ضمن حفظ کل هزینه‌های ثابت در بودجه، عملیات را در بهترین سرعت ممکن و با کمترین خطا انجام دهند و میزان انحراف از بودجه پیش بینی به حداقل ترین مقدار خود برسد.چارچوب مدل‌سازی منابع موجود در مناطق آسیب دیده بالقوه را پیدا و اختصاص می‌دهد و ظرفیت حمل و نقل بصورت پویا در آن مناطق مستقر می‌شود. عدم اطمینان تقاضا مستقیماً از طریق یک فرآیند تصادفی تصادفی درج می‌شود. تازگی این رویکرد سه برابر است. این وابستگی وابستگی زمانی و مکانی را در بر می‌گیرد و ناهمگونی را طلب می‌کند. این در دسترس بودن ظرفیت حمل و نقل در مناطق مختلف است. این محدودیت‌های سختگیرانه در

بودجه را شامل می‌شود که از رضایت کامل خواسته‌ها جلوگیری می‌کند. مدل حاصل یک مدل برنامه نویسی مخلوط عدد صحیح تصادفی با اندازه بزرگ است که می‌تواند تقریباً از طریق نمونه تقریبی نمونه حل شود. مثالی ارائه شده است و تجزیه و تحلیل حساسیت کاملی انجام می‌شود. نتایج عددی نشان می‌دهد که زمان پاسخگویی به میزان موجودی موجودی در هر دوره بسیار حساس است. علاوه بر این، کلیه پارامترهای لجستیک (به استثنای ظرفیت موجودی) تقریباً در زمان پاسخ کلی تأثیر یکسانی دارند. کشش برای همه این پارامترها نشان دهنده بازده ثابت مقیاس است.

با توجه به مطالعات پیشین انجام شده شکاف تحقیقاتی حاصل عدم توجه به پویایی در ارائه یک مدل ریاضی استوار در شبکه زنجیره تامین محصولات است، تا در شرایط عدم قطعیت به خوبی بتوانند به شرایط نوسان پاسخ دهند.از این رو به منظور حفظ کارایی مدل در شرایط تغییر وضعیت بازار طی بازه‌های زمانی مشخص اقدام به ارائه مدل ریاضی دینامیک که در بازه‌های زمانی مشخص جواب‌های بهینه مخصوص همان زمان را ارائه می‌دهد، می‌کنیم.زیرا یکی از معضلات مدل‌سازی‌های انجام‌شده برای شرایط واقعی این است که: در صورت تغییر و نوسان پارامترها از مقادیر تعیین‌شده در مدل جواب بهینه دیگر کارایی خود را از دست می‌دهد .برای حل این مشکل ما در این تحقیق سعی در مدل‌سازی و حل مسئله به نحوی داریم که در سناریوها و پریودهای زمانی مختلف موجود درواقعیت بازار سیمان ،مسئله بهینگی خود را به نحو احسن داشته باشد.در این تحقیق از نظام اطلاعات جغرافیایی (GIS) به‌منظور تحلیل در پارامترهای حمل و نقل مدل استفاده می‌کنیم که ما را در برنامه‌ریزی دقیق‌تر و نزدیک به واقعیت، یاری می‌کند.عملیات پیش‌بینی تقاضا با استفاده از تکنیک‌های شبیه‌سازی انجام خواهد شد.با توجه به درصد قابل توجه انتشار آلودگی در صنعت سیمان رویکرد مورد پی گیری در زنجیره تأمین مدنظر، رویکرد سبز می‌باشد.

همچنین پویایی مساله در حدی است که در طول زمان و قابلیت پاسخ‌دهی ان به تغییرات تقاضا که تغییرات ظرفیت را نیز دنبال دارد در حد قابل قبولی می‌باشد .محاسبات پارامترهایی مانند مسافت حمل و نقل و همچنین زمان حمل و نقل بر اساس اطلاعات دقیق و نزدیک به واقعیت صورت پذیرفته است.که این کار با استفاده از GIS نظام اطلاعات جغرافیایی صورت می‌پذیرد. از طرف دیگر در مورد سناریو نویسی سعی خواهد شد سیاست‌های تأثیرگذاری قیمت نیز مورد تحقیق قرار گیرد .تسهیلات مستقر در این تحقیق به دو دسته ثابت و متحرک تقسیم‌بندی می‌شوند که علت اصلی این امر تأثیر رخداد سناریوهای مختلف و وقوع هزینه‌های عدم استفاده از حداکثر ظرفیت می‌باشد.درواقع در این تحقیق کل افق زمانی زنجیره مورد تحلیل قرار می‌گیرند که تغییرات تقاضا و نقل و انتقال تسهیلات که در طبیعت

زنجیره‌های تأمین در بلندمدت وجود دارد نیز بررسی می‌شود.با توجه به سهم صنعت سیمان و بسیاری از صنایع دیگر در انتشار گازهای آلاینده در محیط‌زیست رویکرد زنجیره تأمین سبز در کنار بهینه‌سازی هزینه‌ها ، برای کاهش آثار زیان‌بار زیست محیطی نیز مورد بررسی قرار می گیرد .

ابتدا با توجه به اطلاعات فروش و تقاضا به‌دست‌آمده از کارخانه سیمان و با توجه به پیش‌بینی سناریوهای ممکن شروع به مدل‌سازی مساله نموده که در این مرحله برای هرچه بیشتر نزدیک به واقعیت شدن نتایج مدل از نرم‌افزار GIS به‌منظور آنالیز راه‌ها و مسیرهای ارتباطی بین دو گره در شبکه استفاده می‌شود.سپس با توجه به تحقیقات انجام‌شده برای مدل‌سازی مسائل با جواب بهینه پایدار نسبت به عدم قطعیت ،بهترین تکنیک در مدل‌سازی مورد استفاده قرار می گیرد .سپس با استفاده از داده‌های کارخانه سیمان شروع به حل مدل نموده و به تحلیل نتایج خروجی خواهیم پرداخت.

تجزیه‌وتحلیل انجام گرفته در نتایج عددی، بر نکات زیر تمرکز دارد:

۱. جستجوی تاکتیک‌های متنوع برای مدیریت تنوع عرضه و تقاضا
۲. بررسی توجه همزمان به دو مقوله عرضه و تقاضا
۳. ارزیابی عملکرد روش پیشنهاد شده در مقابل الگوریتم‌های استوار کنونی
۴. بررسی ارزش استواری در حالات مختلف عرضه و تقاضا

مدلسازی

متغیرهای تصمیم

شرح متغیر تصمیم	نماد متغیر تصمیم
مقدار ۱ وقتی یک مرکز توزیع دائمی در محل j احداث گردد و در غیر اینصورت صفر	X_j
مقدار ۱ وقتی یک مرکز توزیع موقتی در محل j تحت سناریو s در دوره g احداث گردد و در غیراینصورت صفر	M_j^s
مقدار ۱ وقتی مرکز توزیع موقتی از نقطه j به نقطه n تحت سناریو s در دوره g انتقال پیدا کند و در غیراینصورت صفر	Z_{jng}^s
مقدار ۱ وقتی یک مرکز توزیع در نقطه j برای پوشش قرار دادن نقطه i در دوره g انتخاب می گردد و در غیراینصورت صفر	Y_{ijg}^s
میزان واحد اقلام نوع p که از تسهیل kام به مرکز توزیع jام در دوره g برای تقاضا i تحت سناریو s تعیین می گردد	Q_{kjipg}^s

مقدار ۱ وقتی که تأمین کننده داخلیlام در دوره g برای اقلام p تحت سناریو s انتخاب می گردد و در غیر اینصورت صفر ۰	AI_{lgp}^{s}
مقدار ۱ وقتی که تأمین کننده خارجیaام در دوره g برای اقلام p تحت سناریو s انتخاب گردد و در غیر اینصورت صفر	AE_{agp}^{s}

مجموعه‌ها

شرح مجموعه‌ها	نماد مجموعه‌ها
مجموعه نقاط تقاضا	I
مجموعه نقاط کاندید جهت استقرار مراکز توزیع	J
مجموعه نقاط کاندید جهت استقرار تسهیلات	K
مجموعه تأمین کنندگان خارجی یا بین المللی	A
مجموعه تأمین کنندگان داخلی	L
مجموعه اقلام سیمانی	P
مجموعه دوره‌های زمانی	G
مجموعه سناریوهای محتمل در آینده	S

پارامترها

شرح پارامتر	نماد پارامتر
زمان انتقال از تأمین کننده خارجی aام به تسهیل kام در دوره g تحت سناریو s	T_{akpg}^{s}
زمان انتقال از تأمین کننده داخلی aام به تسهیل kام در دوره g تحت سناریو s	T_{lkpg}^{s}
زمان انتقال از تسهیل kام به مرکز توزیع jام در دوره g تحت سناریو s	T_{kjpg}^{s}
زمان انتقال از مرکز توزیع jام به نقطه تقاضای iام در دوره g تحت سناریو s	T_{jipg}^{s}
حداکثر زمان ماندگاری کالای pام	TU_{p}^{max}
حداکثر زمان قابل قبول برای تأمین تقاضای کالای pام در دوره gام	$T_{pg}^{s,max}$
هزینه راه اندازی مرکز توزیع ثابت jام	f_j
هزینه راه اندازی مرکز توزیع موقتی jام	fc_j

v_{jng}^{s} هزینه جابجایی مرکز توزیع موقتی jام به نقطه nام در دوره g تحت سناریو s

o_{ijg}^{s} هزینه انتقال کالای pام از مرکز توزیع jام به نقطه تقاضا iام در دوره g تحت سناریو s

E_{lkpg}^{s} هزینه تامین و جابجایی محصول pام در دوره g از تامین کننده lام به مرکز تولید k تحت سناریو s

TR_{pe} در صورتیکه امکان جایگزینی محصول e به جای p وجود داشته باشد ۱ و در غیر اینصورت صفر

CR_{pe} هزینه یا جریمه جایگزینی کالای eام به pام

$bigM$ عدد بسیار بزرگ برای آزاد سازی محدودیت

h_{kp} هزینه نگهداری کالای pام در تسهیل kام

ρ_s احتمال رخداد سناریو s

S_{pkg}^{s} میزان کمبود کالای p در دوره g که از تسهیل k تولید گردیده است تحت سناریو s

ω ضریب جریمه کمبود

μ_j^s احتمال پوشش قرار گرفتن نقطه iام توسط مرکز توزیع jام تحت سناریو s

c_{jg}^{s} تفاوت ظرفیت مرکز توزیع j در دوره g تحت سناریو s

b_{jl}^{s} تفاوت ظرفیت بین تسهیل lام و jام در سناریو sام

u_k ظرفیت هر یک از مراکز تولید

$$\text{Min}\quad Z1 = \sum_{j\in J} f_j X_j + \sum_{j\in J} fc_j M_j^s + \sum_{j\in J}\sum_{j\in J}\sum_{g\in g} v_{jjg}^{s} Z_{jjg}^{s} + \sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K}\sum_{g\in G}\sum_{p\in P} o_{ijg}^{s} Q_{kjipg}^{s} + \sum_{l\in L}\sum_{k\in K}\sum_{p\in P}\sum_{g\in G} E_{lkpg}^{s} AI_{lpg}^{s} + \sum_{a\in A}\sum_{k\in K}\sum_{p\in P}\sum_{g\in G} E_{akpg}^{s} AE_{apg}^{s} + \sum_{k\in K}\sum_{g\in G}\sum_{p\in P} h_{kp} I_{kgp}^{s} + \sum_{k\in K}\sum_{g\in G}\sum_{p\in P} \omega_{kp} S_{kgp}^{s} + \sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K}\sum_{g\in G}\sum_{p\in P} a_{ijg}^{s} Q_{ijkgp}^{s} \quad (1)$$

$$\text{Min}Z2=\sum_{l\in L}\sum_{k\in K}\sum_{p\in P}\sum_{g\in G} T_{lkpg}^{s} AI_{lpg}^{s} + \sum_{a\in A}\sum_{k\in K}\sum_{p\in P}\sum_{g\in G} T_{akpg}^{s} AE_{apg}^{s} + \sum_{j\in J}\sum_{k\in K}\sum_{p\in P}\sum_{g\in G}\left(X_j + M_j^s + \sum_{l\in J} Z_{jlg}^{s}\right) T_{kjpg}^{s} + \sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{g\in G}\sum_{p\in P} Y_{ijg}^{s} T_{jipg}^{s} \quad (2)$$

$$\text{Min } Z3 = \sum_{p\in P} d_{ekg}^{s} TR_{pe} CR_{pe} \qquad \forall p, e \in P - \{p = e\} \quad (3)$$

$$I_{pk(g-1)}^{s} + \sum_{i\in I}\sum_{j\in J} Q_{kjipg}^{s} - I_{pkg}^{s} + S_{pkg}^{s} - S_{pkg-1}^{s} Re_{pg}^{s} = d_{pkg}^{s} \quad (4)$$

$$\sum_{p\in P} d_{ekg}^{s} TR_{pe} = D_{pkg}^{s} \; \forall p, e \in P \quad (5)$$

$$\sum_{a\in A}\sum_{k\in K} QE_{akpg}^{s} + \sum_{l\in L}\sum_{k\in K} QI_{lapg}^{s} = \sum_{i\in I}\sum_{j\in J} Q_{kjipg}^{s} \quad (6)$$

$$Q_{ijpkg}^{s} \le bigM Y_{ijg}^{s} \quad (7)$$

$$QE^s_{akpg} \le bigM * AE^s_{apg} \ (8)$$

$$QI^s_{lkpg} \le bigM * AI^s_{lpg} \ (9)$$

$$X_j + M^s_j + \sum_{l\in J} Z^s_{jlg} \le 1 \ (10)$$

$$\sum_{j\in J} Z^s_{jjg} \le \sum_{j\in J} Z^s_{jjg-1} \ (11)$$

$$Y^s_{ijg} \le X_j + M^s_j + \sum_{l\in J} Z^s_{jng} \ (12)$$

$$AI^s_{lpg}\, T^s_{lkpg} + AE^s_{apg}\, T^s_{akpg} + \left(X_j + M^s_j + \sum_{l\in J} Z^s_{jlg}\right) T^s_{kjpg} + Y^s_{ijg} T^s_{jipg} \le TU^{max}_p \ (13)$$

$$Y^s_{ijg} T^s_{jipg} \le T^{s,max}_{pg} \ (14)$$

$$\sum_{j\in J}\sum_{k\in K}\sum_{p\in P}\sum_{g\in G} Q^s_{ijkpg} \le m^s_k \ (15)$$

$$\sum_{j\in J}\sum_{k\in K}\sum_{p\in p} Q^s_{ijkpg} \le c^s_{jg} X_j + b^s_{jl} \sum_{l\in J} Z^s_{jlg} + cs^s_{jg} M^s_j \ (16)$$

$$I^s_{kpg} \le u_k \ (17)$$

$$X_j \in \{0,1\}\ \forall j \in J \ (18)$$

$$Y^s_{ijt} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I,\ \forall j \in J, \forall t \in T, \forall s \in S \ (19)$$

$$Z^s_{ijt} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I,\ \forall j \in J, \forall t \in T, \forall s \in S \ (20)$$

$$Q^s_{ijkpg} \ge 0\ \forall g \in G, \forall i \in I,\ \forall j \in J, \forall p \in P, \forall s \in S \ (21)$$

$$I^s_{kpg} \ge 0\ \forall g \in G, \forall s \in S, \forall k \in K, \forall p \in P \ (22)$$

توضیح محدودیت‌ها

رابطه (۱) تابع هدف اول شامل هزینه‌های ریالی شبکه از قبیل تسهیلات ثابت و موقتی، هزینه جابجایی تسهیلات موقتی، هزینه تولید، انتقال و نگهداری کالای سیمانی در کمان‌های شبکه پویای زنجیره تأمین است.

رابطه (۲) تابع هدف دوم شامل زمان‌های انتقال مواد اولیه از تأمین کنندگان داخلی و خارجی به تسهیلات پردازش و فرآوری، انتقال به تسهیلات موقتی و دائمی پخش کالا و سپس رساندن آن به نقاط تقاضا است که برای محصولات سیمانی که اکثرا فسادپذیر بوده و رساندن آن‌ها به دست متقاضی در زمان مناسب از اهمیت بالایی برخوردار است.

رابطه (۳) تابع هدف سوم است که به برآورد تقاضا با محصولات جایگزین پرداخته است. در بسیاری مواقع اضطراری بدلیل عدم وجود کالای اصلی مورد نیاز، از کالاها یا اقلام مشابه ولی با راندمان پایین‌تر استفاده می‌شود که این کار با جریمه در مدل در نظر گرفته شده است.

رابطه (۴) به برآورد تقاضا در دوره‌های مختلف پرداخته است. در صورت عدم تأمین نیاز در دوره مورد نظر کمبود به صورت درصدی پس افت باید برآورد گردد. در واقع در دنیای واقعی وقتی کالا در یک دوره به متقاضی نرسد در دوره بعدی ممکن است کمبود باعث از بین رفتن نیاز به آن کالا شده و به نوعی کمبود از نوع از دست رفته رخ دهد در عوض در برخی موارد دیگر در دوره‌های بعدی نیز می‌توان به ارائه کالا به متقاضی با در نظر گرفتن جریمه به علت دیرکرد، پرداخت.

محدودیت (۵) به‌عنوان بررسی شدنی بودن استفاده از کالای جایگزین در نظر گرفته شده است.

محدودیت (۶) برای تأمین کالای سیمانی متشکل از مواد اولیه قابل تأمین از تأمین کنندگان داخلی و خارجی در نظر گرفته شده است.

محدودیت‌های (۷) و (۸) و (۹) برای جلوگیری از بروز تخصیص ظرفیت تولید به تسهیلاتی که انتخاب نشده اند در نظر گرفته شده‌اند.

روابط (۱۰) و (۱۱) و (۱۲) برای جلوگیری از تخصیص تسهیلات موقتی و دائمی غیر واقعی و همچنین بروز جابجایی‌های غیر منطقی تسهیلات در نظر گرفته شده است.

محدودیت (۱۳) برای جلوگیری از تجاوز زمان انتقال کالای سیمانی به خصوص خون در زنجیره تأمین تا لحظه رسیدن به دست متقاضی در نظر گرفته شده است.

محدودیت (۱۴) برای تأمین تقاضای کالای سیمانی توسط تسهیلات پخش در زمان مقرر برای کاهش کمبود پس از بحران در دوره‌های مختلف تحت سناریوهای مختلف در نظر گرفته شده است.

محدودیت‌های (۱۵) و (۱۶) به منظور رعایت ظرفیت‌های موجود در تسهیلات فرآوری و مراکز پخش در نظر گرفته شده است.

رابطه (۱۷) برای رعایت محدودیت ظرفیت انبار تسهیلات فرآوری در نظر گرفته شده است.

محدودیت‌های (۱۸-۲۲) تشریح متغیرهای تصمیم هستند.

اعتبار سنجی مدل

مدل طراحی شده در این تحقیق به بررسی و گسترش فضای مسئله در ابعاد نزدیک تر به دنیای واقعی پرداخته است. با توجه به اینکه تحقیقات گسترده‌ای در زمینه شبکه‌های زنجیره تامین صورت گرفته است در این تحقیق مدل طراحی شده توسط جبارزاده و همکاران(۲۰۱۶) به عنوان مدل پایه انتخاب شده است. به منظور نوآوری و گسترش فضای مسئله به مدل‌سازی زمان به عنوان یکی از اصلی ترین فاکتورهای مقابله با بحران پرداخته شده است. در مدل پایه به مسافت به عنوان عامل مستقیم در ارسال تقاضا به بیماران نگاه شده است. در صورتیکه در موقع بروز بحران به هیچ وجه مسافت معنای

درستی از فاصله نخواهد بود و باید زمان متناسب با سناریو رخ داده و شدید آسیب آن به مسیرهای مختلف در نظر گرفته شود. از طرف دیگر در سطوح زنجیره مورد بررسی در مدل پایه فقط سه سطح گیرنده خون، فرآوری خون و جداسازی اجزا آن و مراکز توزیع در نظر گرفته شده است که با توجه به شرایط مطالعه موردی‌های مختلف مانند تهران که احتمال تامین خون از داخل شهر بر اثر زلزله ممکن است کمبود بدنبال داشته باشد باید قسمتی از تقاضا از خارج از محدوده تامین گردد به همین دلیل و با توجه به حضور کشورهای خارجی به عنوان تامین کننده در مدل این تحقیق سطح تامین کننده و همچنین تامین کننده بین المللی که زنجیره تامین بین المللی را نیز مطح می‌سازد مدل‌سازی گردیده است.از طرف دیگر تابع هدف مدل از حالت تک هدفه به چند هدفه تبدیل شده است که چالش حل دقیق آن نیز با استفاده از تکنیک برنامه‌ریزی آرمانی چندانتخابی برطرف شده است. در این میان یکی از مهمترین مسائل در مدل‌های بحران تامین کالا در موقع مقرر است. مدل طراحی شده به مبحث پر اهمیت تریاژ پرداخته است. این موضوع به تامین کالایی که در یک دوره مشخص برآورد نشده و با درصدی کمبود به دوره بعد انتقال می‌یابد منظور گردیده است. که در مدل به هیچ وجه به کمبود و برآورد آن در دوره‌های بعدی اشاره‌ای نشده است. چند محصولی بودن و کالای جایگزین نیز از موارد نوآوری این مدل محسوب می‌شود. در این فرض شده است که در شرایط کمبود می‌توان از محصولات جایگزین استفاده نموده ولی جریمه پرداخت کرد و همچین مدل چندمحصولی و چند دوره‌ای طراحی شده است. از طرف دیگر مساله انتخاب و تخصیص سفارش به تامین کننده با توجه به اهمیت آن نیز به مدل اضافه شده است.

حل مدل با استفاده از روش دقیق و الگوریتم‌های فراابتکاری

تغییر تابع هدف از چند هدفه به تک هدفه

مدل ارائه‌شده برای یک مسئله که مشخصات آن در جدول ۴-۱ مشخص گردیده با استفاده از نرم‌افزار GAMS در یک کامپیوتر با CPU ۲,۹ و RAM ۴ در زمان‌های مشخص شده در جدول زیر مورد حل قرار گرفت. به منظور حل مدل ریاضی این تحقیق که از نوع چندهدفه است از روش برنامه‌ریزی آرمانی چندهدفه استفاده گردید. در این روش هر تابع هدف به صورت زیر تبدیل به سه محدودیت می‌شود. تابع هدف جدید حاصل جمع متغیرهای کمکی استفاده شده است که در بهترین حالت مقدار صفر به خود گرفته و آرمان به بهترین شکل ممکن اتفاق می‌افتد. برای محاسبه $Goal_{min}$ یک بار مدل بدون در نظر گرفته شدن سایر توابع هدف در مسئله مینیمم سازی حل شده و مقدار به دست آمده با این شاخص برابر می‌گردد. یکی از مزایای این روش عدم نیاز به نظر خبره برای ضریب اولویت هر یک از

عناصر تابع هدف است. این کار برای دو تابع هدف دیگر مدل نیز اجرا می‌گردد. به منظور حل استوار مدل از روش سناریو محور Molvei استفاده گردیده است. در رابطه زی مقادیر d_j^+ و d_j^- و همینطور e_j^+ و e_j^- متغیرهای کمکی نامنفی هستند که از y برای ایجاد شرایط برابری تا جای ممکن تابع هدف z با بهترین حالت ممکن در نظر گرفته شده است. زمانیکه مقادیر متغیرهای کمکی در مجموع نزدیک به صفر شوند حالت بهینه رخ داده است. اینکار برای سایر توابع هدف به صورت یکپارچه پیاده سازی شده و بدون نیاز به وزن دهی می توان مدل چند هدفه را به یک هدفه تبدیل نمود(سپاترو و همکاران،۲۰۱۴).

$$\text{Min } z=d_1^+ + d_1^- + e_1^+ + e_1^-$$
$$z_1 + d_1^+ - d_1^- = y_1$$
$$y_1 + e_1^+ - e_1^- = Goal_{min}$$
$$Goal_{min} \leq y_1 \leq Goal_{maz}$$

استوار سازی مدل

در این قسمت با استفاده از تکنیک استوارسازی ارائه شده توسط مولوی (۱۹۹۵) که مدل ریاضی مساله را با هدف کاهش انحرافات از تقاضا به صورت زیر تغییر داده و مدل جدید استوار خواهد بود. در روابط زیر ρ_s احتمال رخداد سناریو s می باشد و $\rho_{s'}$ احتمال رخداد سناریو s' است که به معنای آن است که بعد بروز یکی از سناریو های s چه سناریوهای دیگری محتمل خواهند بود. لاندا ضریب انحرافات در مدل مولوی و همچنین θ متغیر کمکی نامنفی است. به منظور استوارسازی مدل این تحقیق پس از تک تابع هدفه کردن آن مطابق بخش قبلی به تغییر مدل ریاضی مطابق رابطه زیر اقدام نموده، سپس با تنظیم مقادیر مدل استوار به حل دقیق و فراابتکاری آن پرداخته شد.

$$\text{Min} \sum_{s\in S} p_s \xi_s + \lambda \sum_{s\in S} p_s \left[\left(\xi_s - \sum_{s'\in S} p_{s'} \xi_{s'} \right) + 2\theta_s \right]$$

subject to:

$$\xi_s - \sum_{s\in S} p_s \xi_s + \theta_s \geq 0 \quad \forall s \in \Omega$$

$$\theta_s \geq 0 \quad \forall s \in \Omega$$

تنظیم پارامترهای الگوریتم های فراابتکاری

به منظور حل مدل با توجه به اینکه هر یک از روش های فراابتکاری ژنتیک، بهینه سازی ذرات و تبرید شبیه سازی شده دارای پارامترهایی هستند که جهت گرفتن بهترین نتیجه باید بصورت کاملا

دقیق و با استفاده از روش استاندارد تنظیم گردند. ازین رو برای تنظیم پارامترهای هر سه الگوریتم از روش تاگوچی که جز روش های پرطرفدار برای این منظور است، استفاده شده است. در این قسمت مقادیر پارامترهای هر یک از الگوریتم ها به تفکیک متناسب با خروجی الگوریتم تاگوچی مشخص خواهند گردید.

پارامترهای الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات

این الگوریتم دارای پارامترهای تعداد تکرار(Max Iteration)، تعداد جمعیت(Pop Size)، پایداری به حالت فعلی(W)، تغییرات پایداری(W Damp)، ضرایب محلی و گروهی (C1,C2) است. که مقادیر ضرایب محلی و گروهی با توجه به تجربه دارای مجموع نزدیک به ۴ هستند. در جدول زیر مقادیر نهایی این پارامترها مشاهده می شود.

نام پارامتر	مقدار
تعداد تکرار(Max Iteration)	۷۰
تعداد جمعیت(Pop Size)	۵۰
پایداری به حالت فعلی(W)	۱
تغییرات پایداری(W Damp)	۰,۹۸
C1	۱,۷
C2	۲,۳

پارامترهای الگوریتم ژنتیک

این الگوریتم دارای پارامترهای تعداد تکرار(Max Iteration)، تعداد جمعیت(Pop Size)، نرخ ترکیب(PC)، نرخ جهش(PM)است که به طور معمول مقادیر نرخ ترکیب و جهش دارای جمع ۱۰۰ درصد هستند. در جدول زیر مقادیر نهایی قابل مشاهده است.

نام پارامتر	مقدار
تعداد تکرار(Max Iteration)	120
تعداد جمعیت(Pop Size)	70
نرخ ترکیب(PC)	73%
نرخ جهش (PM)	27%

پارامترهای الگوریتم تبرید شبیه سازی شده

این الگوریتم دارای پارامترهای تعداد تکرار(Max Iteration)، تعداد همسایگی، دمای اولیه، نرخ کاهش دما است که در شکل زیر قابل مشاهد است.

نام پارامتر	مقدار
تعداد تکرار(Max Iteration)	۱۵۰
تعداد همسایگی	۳۵
نرخ کاهش دما	۰,۱۶

حل دقیق و فراابتکاری مدل

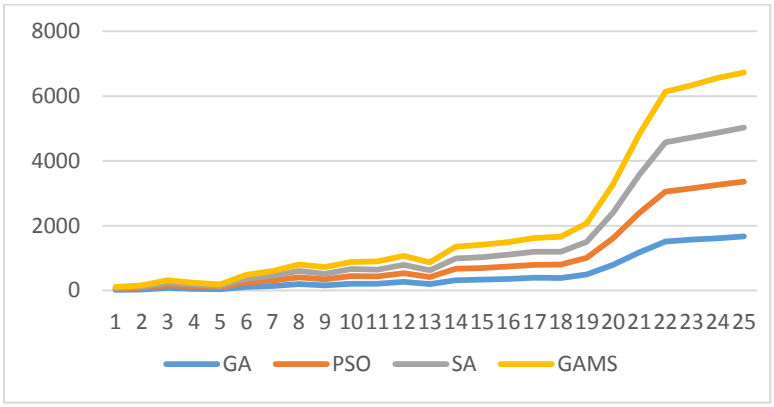
دراین قسمت مدل ارائه شده با استفاده از روش های دقیق و فراابتکاری با رعایت نکات مربوط به هریک با استفاده از داده های استاندارد برای مسائل در ابعاد گوناگون حل شده است. برای حل دقیق از نرم افزار GAMS و برای حل فراابتکاری از نرم افزار MATLAB استفاده شده است. هر دو روش بروی رایانه با مشخصات توضیح داده شده اجرا گردیده اند و نتایج طبق جدول زیر قابل مشاهده است.

جدول ۱ : مقایسه نتایج حاصل از الگوریتم‌های فراابتکاری با روش دقیق در ابعاد کوچک

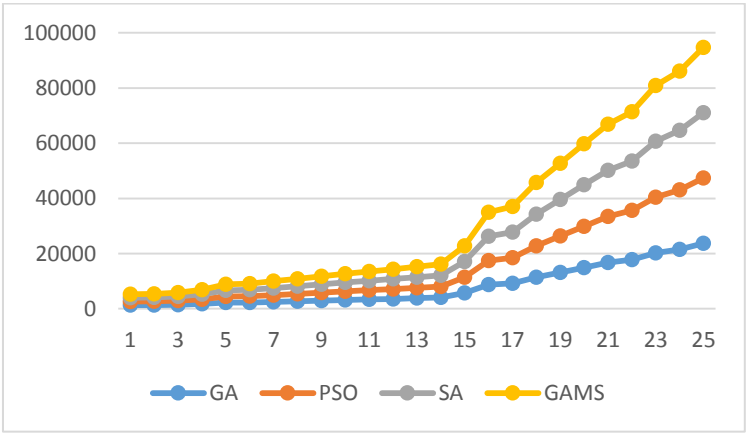
الگوریتم	GA		PSO		SA		GAMS	
مسئله	زمان (S)	Obj	زمان (S)	Obj	زمان(S)	Obj	زمان (S)	تابع هدف
1	22	1322	28	1287	27	1338	35	1285
2	30	1335	57	1356	34	1400	39	1328
3	76	1467	78	1471	77	1459	81	1457
4	52	1732	78	1725	54	1749	56	1692
5	38	2248	57	2224	39	2239	54	2200
6	112	2285	135	2274	118	2318	124	2251
7	141	2473	166	2489	143	2529	156	2470
8	195	2697	213	2718	197	2750	199	2689
9	163	2954	185	2927	166	2949	210	2909
10	208	3176	237	3149	214	3217	221	3128
11	203	3397	229	3367	210	3424	258	3348
12	264	3577	266	3582	265	3628	268	3567
13	198	3815	222	3809	200	3805	254	3786
14	319	4051	350	4013	323	4052	360	4006
15	333	5711	361	5687	337	5742	385	5684
16	358	8746	383	8745	364	8767	391	8721

17	391	9249	404	9245	398	9291	423	9213
18	386	11422	419	11405	391	11476	468	11402
19	495	13184	515	13184	497	13221	570	13166
20	791	14931	820	14963	792	15012	870	14931
21	1181	16736	1208	16722	1182	16721	1254	16695
22	1515	17844	1543	17840	1517	17834	1560	17820
23	1574	20217	1579	20230	1575	20218	1610	20200
24	1612	21539	1645	21520	1617	21553	1689	21500
25	1667	23672	1693	23678	1669	23685	1701	23654

در ادامه نمودارهای مقایسه ای بر اساس زمان و مقادیر تابع هدف به نمایش گذاشته شده است.



نمودار ۱ : نمودار زمان حل مدل با استفاده از روش‌های مختلف در ابعاد کوچک و متوسط



نمودار۲ : نمودار مقایسه‌ای تابع هدف الگوریتم‌ها در ابعاد کوچک و متوسط

نتیجه‌گیری

در این تحقیق به طراحی مدل استوار شبکه پویای زنجیره تأمین کالای سیمانی با هدف کاهش کمبود بعد از وقوع بحران پرداخته شد. طراحی اصولی و کارامد زیرساخت‌های شبکه کالای سیمانی با توجه به وجود نوسانات شدید تقاضا در برهه‌های مختلف زمانی در آن می‌تواند به مقدار قابل‌توجهی در کاهش کمبود از یک سو و کاهش اضافه محصول با امکان فساد سریع با پیش‌بینی درست از سوی دیگر منجر گردد. با توجه به الگوی سناریو محور استفاده شده در تحقیق اغلب سناریوهای ممکن قابل پیاده‌سازی در مدل می‌باشند. این مدل قابلیت استفاده در بسیاری از شبکه‌های مربوط به اقلام دیگر که ماهیت نوسانات شدید تقاضا در پنجره‌های زمانی مختلف را دارند، دارا است. مدل پیشنهادی این تحقیق به مدلسازی زمان به عنوان شاخص حساس و پر اهمیت در برآورد تقاضا بعد از بروز بحران پرداخت که اینکار باعث برنامه ریزی با دقت بیشتر خواهد شد. از طرف دیگر برا اولین بار موضوع تریاژ به منظور نزدیک شده هرچه بیشتر مدل به دنیای واقعی بررسی و مدلسازی گردید. چند محصولی بودن و امکان استفاده از کالای جایگزین در کنار در نظر داشتن سطح تامین کننده که برای کالایی مثل خون از اهمیت بالایی برخودار است از دیگر نوآوری های این تحقیق به حساب می آید. یکی از مسائل مهم دیگر پیش بینی درست و با دقت بالای تقاضا در شرایط بروز بحران است که در این تحقیق برای افزایش دقت جواب خروجی مدل از روش شبکه عصبی مصنوعی فازی تطبیقی برای پیش بینی استفاده گردید. پیاده سازی این مدل قابلیت بالایی در کنترل هدفمند هزینه های شبکه زنجیره تامین در کنار افزایش قابلیت آن در تامین تقاضا دارد.

منابع

1) Aboolian, R., Cui, T. and Shen, Z.J.M. (2013). An Efficient Approach for Solving Reliable Facility Location Models', INFORMS Journal on Computing,25(4),720-729.

2) Ahmadi M, Seifi A and Tootooni B, A humanitarian logistics model for disaster relief operation considering network failure and standard relief time: A case study on san francisco district, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 75 (2015), 145-163.

3) Alem D, Clark A and Moreno A, Stochastic network models for logistics planning in disaster relief, European Journal of Operational Research, 255 (2016), 187-206.

4) Battini D, Faccio M, Persona A, Modelling the Growing Process of Integrated Healthcare Supply Networks, Healthcare Administration,2015.

5) Ben-Tal A, Chung BD, Mandala SR, Yao T, Robust optimization for emergency logistics planning: Risk mitigation in humanitarian relief supply chains, Transportation Research Part B: Methodological,Volume 45, Issue 8, September 2011, Pages 1177-1189.

6) Cao C, Li C, Yang Q, Liu Y, Qu T, A novel multi-objective programming model of relief distribution for sustainable disaster supply chain in large-scale natural disasters, Journal of Cleaner Production,Volume 174, 10 February 2018, Pages 1422-1435.

7) Dwivedi YK, Shareef MA, Mukerji B, Nripendra P. Rana & Kawaljeet Kaur Kapoor, Involvement in emergency supply chain for disaster management: a cognitive dissonance perspective, International Journal of Production Research ,Volume 56, 2018 - Issue 21.

8) Fahimnia B, Jabbarzadeh A, Ghavamifar A, Bell M, Supply chain design for efficient and effective blood supply in disasters, International Journal of Production Economics,Volume 183, Part C, January 2017, Pages 700-709.

9) Fazli-Khalaf M, Khalilpourazari S, Mohammadi M, Mixed robust possibilistic flexible chance constraint optimization model for emergency blood supply chain network design, Annals of Operations Research,pp 1–31,2017.

10) Garrido RA, Aguirre I, Emergency logistics for disaster management under spatio-temporal demand correlation: The earthquakes case, Emergency logistics for disaster management under spatio-temporal demand correlation: The earthquakes case. Journal of Industrial & Management Optimization, doi: 10.3934/jimo.2019058.

11) Jabbarzadeh, B Fahimnia, S Seuring, Dynamic supply chain network design for the supply of blood in disasters: A robust model with real world application, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review,Volume 70, October 2014, Pages 225-244.

12) Jin, S., Jeong, S., Kim, J., & Kim, K. (2015). A logistics model for the transport of disaster victims with various injuries and survival probabilities. Annals of Operations Research, 230(1), 17–33.

13) Kuruppu KKS, Management of blood system in disasters, Biologicals,Volume 38, Issue 1, January 2010, Pages 87-90.

14) Özdamar L, Ekinci E, Küçükyazici B, Emergency Logistics Planning in Natural Disasters, Annals of Operations Research,July 2004, Volume 129, Issue 1–4, pp 217–245.

15) Pishvaee, M. S., J. Razmi, S.A. Torabi (2012b). Robust possibilistic programming for socially responsible supply chain network design: A new approach. Fuzzy Sets and Systems 206: 1-20.

16) Ramezanian R, Behboodi Z, Blood supply chain network design under uncertainties in supply and demand considering social aspects, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review,Volume 104, August 2017, Pages 69-82.

17) Sabegh MHZ, Mohammadi M, Naderi B, Multi-objective optimization considering quality concepts in a green healthcare supply chain for natural disaster response: neural network approaches, International Journal of System Assurance Engineering and Management,November 2017, Volume 8, Supplement 2, pp 1689–1703.

18) Sha Y, Huang J, The multi-period location-allocation problem of engineering emergency blood supply systems, Systems Engineering Procedia,Volume 5, 2012, Pages 21-28.

19) Shen, Z.-J.M., Zhan, R.L., Zhang, J., (2011). The reliable facility location problem: Formulations, heuristics, and approximation algorithms. INFORMS Journal on Computing, 23(3): 470–482.

20) Shimizu, Y. and M. Rusman (2012). Hybrid Approach for Multi-stage Logistics Network Optimization under Disruption Risk. Computer Aided Chemical Engineering, 31: 1035-1039.

21) Wagner, S.M., Bode, C., (2006). An empirical investigation into supply chain vulnerability. Journal of Purchasing and Supply Management, 12(6): 301-312.

22) Zhang, Y.M., Huang, G.H., Lin, Q.G., Lu, H.W., (2012). Integer fuzzy credibility constrained programming for power system management. Energy, 38, 398-405.

یادداشت‌ها :

1 . Zhang
2 . Wagner
3 . Shimizu
4 . Shen
8.Özdamar
9. Kuruppu
10.Ben-Tal
11.Sha & Huang
12. Aboolian
13. Battini
14. Jin
15. Alem
16. Robust Possibilistic Flexible Chance Constraint Programming (RPFCCP)
17. Back Propagation
18. Dwivedi
19. Cao
20. Wenchuan
21. Garrido