2ND. INTERNATIONAL CONFERENCE ON
MANAGEMENT & INDUSTRIAL ENGINEERING
ISTANBUL - TURKEY 18 March 2016
دومین کنفرانس بین المللی
مدیریت و مهندسی صنایع
استانبول - ترکیه ۲۸ اسفند ماه ۱۳۹۴

یک مدل چند هدفه بهینه‌سازی با تقاضای فازی برای مراکز امدادرسانی بشردوستانه

عمادالدین انصاریان

کارشناس ارشد مهندسی صنایع – سیستم های اقتصادی اجتماعی

emada700@yahoo.com

امیر یوسفی

کارشناس ارشد مهندسی صنایع – مدیریت سیستم و بهره وری

amiryousefi@live.com

Archive of SID

چکیده

یکی از مسایل پیش روی شهرهای جهان، سوانح طبیعی است. دراین پژوهش، مساله امدادرسانی به صورت ریاضی، مدل‌سازی و زنجیره تامین دو سطحی برای مدل‌سازی در نظرگرفته می‌شود. سطح اول شامل انبارهای کالاهای امدادی مراکز کمک‌رسانی بشردوستانه[1] و سطح دوم در برگیرنده مناطق آسیب‌دیده است. سه پارامتر تقاضای مناطق آسیب‌دیده، میزان کمک‌های مردمی و میزان عرضه‌های دولتی را به صورت پارامترهای فازی درمدل در نظر می‌گیریم. ازجمله چالش‌هایی که در شرایط بحرانی پس از حادثه وجود دارند، کم بودن منابع و فزونی تقاضا نسبت به آن است. لذا، تخصیص بهینه منابع اهمیت فراوانی دارد. در این پژوهش به مکان‌یابی بهینه مراکز امدادرسانی می‌پردازیم با برآورد هم زمان دو هدف؛ یکی کمینه‌سازی مجموع دوره زمانی وسایل حمل و نقل برای خدمت‌رسانی از مراکز کمک‌رسانی بشردوستانه به همه نقاط آسیب‌دیده برای دریافت کالاها و دیگری کمینه‌سازی تقاضاهای پوشش داده نشده همه نقاط آسیب‌دیده برای دریافت کالاهای امدادی از مراکز کمک‌رسانی بشردوستانه. برای آزمون عملکرد مدل، آن را با استفاده از الگوریتم‌های ابتکاری و هوشمند، ارزیابی می‌کنیم که نتایج بدست آمده موید کارآمدی رویکرد پیشنهادی هستند.

واژگان کلیدی: مدل دوهدفه بهینه‌سازی، مراکز امدادرسانی بشردوستانه، تقاضای فازی

1humanitarian aid distribution centers (HADC)

www.SID.ir

مقدمه

بلایای طبیعی همچون زلزله، سیل، طوفان و ... تلفات مالی و انسانی زیادی را همه ساله به دولت‌ها و جوامع مختلف وارد می‌کنند. بر اساس گزارش سال ۲۰۰۹ در خصوص بلایای جهان، بیش از ۷۰۰۰ بحران بین سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۸ به وقوع پیوسته است. ۱/۲میلیون دلار بوده است[۲]، که خسارات انسانی حاصل از این بلایا و هزینه آنها از یک تریلیون دلار نیز افزون‌تر شده است. گفتنی است که تعداد بلایای طبیعی و تعداد افرادی که گرفتار این بلایای طبیعی شده‌اند، در سالهای اخیر بسیار افزایش یافته است. میانگین تعداد بحران‌های سالیانه بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۴، ۵۵٪ بیشتر از میانگین سالیانه بین سال‌های ۱۹۹۵تا ۱۹۹۹ بوده سوانح طبیعی درجای جای کره خاکی در فصل‌های مختلف سال رخ می‌دهند و قربانیان بسیاری بر جای می‌گذارند و خسارت مالی زیادی را به دولت‌ها تحمیل می‌کنند. بلایای طبیعی هم چون سیل، زلزله، سونامی، طوفان های شدید،گردبادها، برخورد شهاب سنگ با زمین و غیره هستند. هر یک ازاین حوادث طبیعی با توجه به شدتی که آن، لجستیک دارند و مکانی که درآن رخ می‌دهند، عواقب متعدد و زیان باری دارند و به همین دلیل آمادگی در مقابل آنها، برنامه‌ریزی، پیش‌بینی و اقدامات پیش‌گیرانه لازم دراین موارد بسیار حیاتی و مهم هستند. در سالهای اخیر، رشد قابل ملاحظه‌ای در شمار تلفات جانی و خسارات مالی به واسطه فجایع انسانی و طبیعی هم‌چون زلزله، سیل، سونامی، و حملات تروریستی پدید آمده‌اند. موسسه بیمه سوییس در گزارش خبری دسامبر خود پیش‌بینی کرده بود که سال ۲۰۱۱ سالی با بزرگ‌ترین فجایع خسارات اقتصادی در تاریخ باشد. (در حدود ۳۵۰ بیلیون دلار آمریکایی).

فاجعه

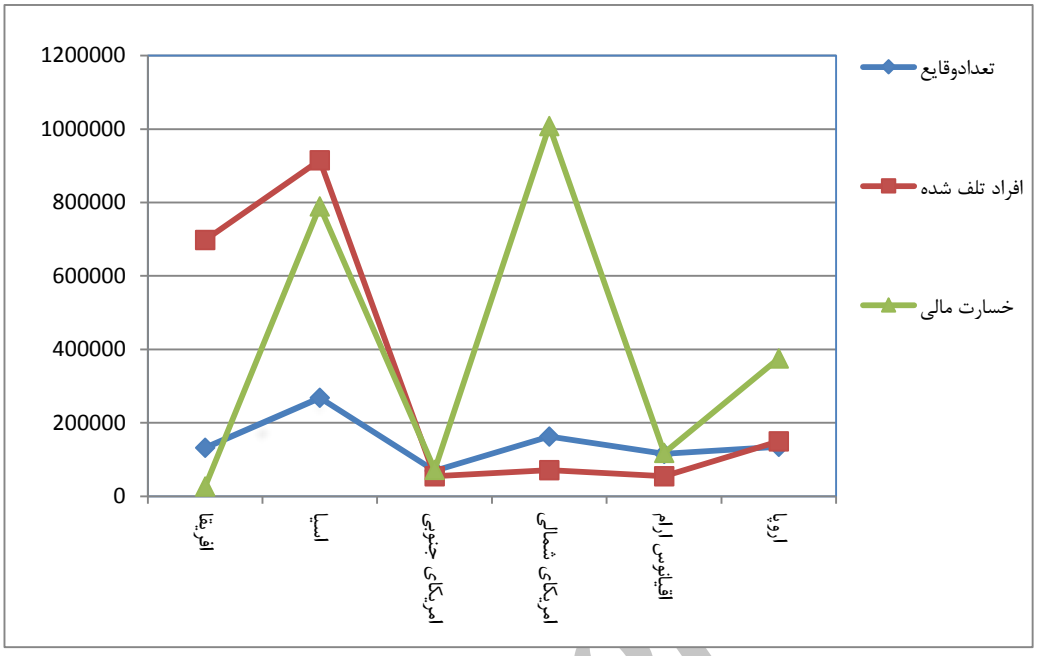
خطر می‌تواند به صورت اتفاقی نادر و سخت باشد که اثراتی منفی بر جان، مال و محیط اطراف ما دارد، و این ممکن است به یک فاجعه منجر شود. لذا هر رویدادی که جان، مال و محیط اطراف ما را به خطر اندازد و ویران کند، می‌تواند به عنوان یک فاجعه در نظر گرفته شود. یکی از اصلی‌ترین فعالیت‌هایی که در هر عملیات امدادرسانی صورت می‌پذیرد و تقریباً ۸۰ درصد حجم کل فعالیت‌ها را شامل می‌شود، لجستیک است. لجستیک امداد رسانی که در چند سال اخیر مطرح شده است، می‌کوشد تا با استفاده از مدل‌های رایج در لجستیک تجاری و در نظر گرفتن شرایط خاص و ویژه‌ای هم چون تقاضای نا مشخص، دسترسی نداشتن به اطلاعات دقیق در شرایط پس از بحران، و محدود بودن زمان امداد رسانی در صورتی که حجم فعالیت‌ها و هماهنگی‌های مورد نیاز بسیار بالا و فشرده است، تا حد امکان تلفات انسانی را کاهش دهد. در جدول۱ و نمودار۱ و همچنین نمودار۲ به بررسی خسارت های ناشی از فجایع طبیعی در سال های اخیر پرداخته شده است.

جدول ۱- خسارت‌های ناشی از فجایع طبیعی با منشا آب و هوایی در قاره‌های مختلف درطی سال‌های ۱۹۷۰ – ۲۰۱۲ [۳]

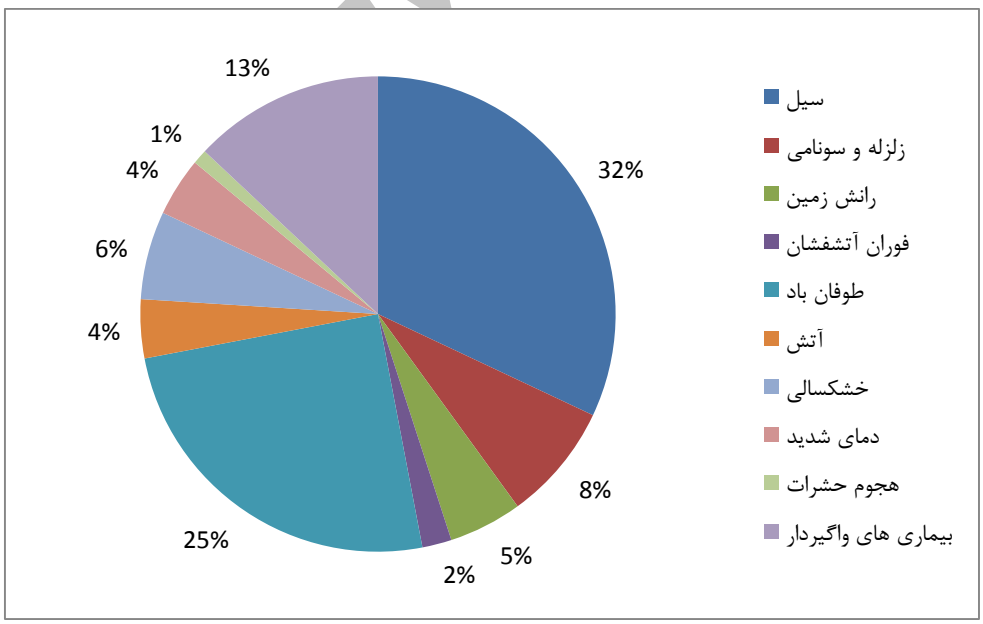
قاره	تعداد وقایع	تعداد افراد تلف شده	خسارات مالی بر دولتها (میلیارد دلار)
آفریقا	۱۳۱۹	۶۹۸۳۸۰	۲۶/۶
آسیا	۲۶۸۱	۹۱۵۳۸۹	۷۸۹/۸
آمریکای جنوبی	۶۹۶	۵۴۹۹۵	۷۱/۸
آمریکای شمالی، مرکزی وکاراییب	۱۶۳۱	۷۱۲۴۶	۱۰۰۸/۵
جنوب غرب اقیانوس آرام	۱۱۵۶	۵۴۶۸۴	۱۱۸/۴
اروپا	۱۳۵۲	۱۴۹۹۵۹	۳۷۵/۷

Archive of SID

www.SID.ir



نمودار ۱- خسارت‌های ناشی از فجایع طبیعی با منشا آب و هوایی درطی سال‌های ۱۹۷۰ – ۲۰۱۲ [۳]



نمودار۲- توزیع بلایای طبیعی با توجه به نوع این حوادث در سال‌های ۲۰۰۵- ۱۹۹۰[۴]

www.SID.ir

لجستیک بشردوستانه

لجستیک بشردوستانه شاخه‌ای از لجستیک است که با فازهای آمادگی و پاسخ یک سیستم مدیریت بحران در ارتباط است. لجستیک بشردوستانه می‌تواند این گونه تعریف شود: فرایند برنامه‌ریزی، اجرا و کنترل کارای جریان و انبارش مقرون به صرفه کالاها و ارتباط‌های مربوط، از نقطه مبدا تا نقطه مصرف با هدف کاهش درد و رنج مناطق آسیب‌دیده، عملکرد آن در برگیرنده دامنه‌ای از فعالیت‌ها شامل آمادگی، برنامه‌ریزی، تدارکات، حمل و نقل، انبارداری، ردیابی و ترخیص کالا از گمرک است.[۵] لجستیک بشردوستانه برای اثربخشی و سرعت برنامه‌ها و عملیات نجات حیاتی است.[۶] برای سیستم‌های لجستک، ضروری است که در طی دوره‌های قبلی و پس از فاجعه کالا، آب، دارو و سایر عرضه‌ها را تهیه و انبارش کنند و نیروی انسانی، ماشین‌آلات، تجهیزات ضروری و مردم آسیب‌دیده را نیز منتقل کنند.

تنوع عملیات لجستیکی نجات، آنچنان گسترده است که لجستیک بشردوستانه گران‌ترین بخش عملیات نجات فاجعه است و تقریبا ۸۰٪ آن را در بر می‌گیرد[۷]. هم‌چنین، عملیات نجات نیازمند اعمال تعدادی از وسایل نقلیه لجستیک، تجهیزات و پرسنل است. اجرای موثر و کارای این عملیات گسترده، با در نظر گرفتن طبیعت بی نظم و آشفته وضعیت پس از فاجعه (به عنوان مثال، وحشت عمومی، ازبین رفتن زیر ساخت‌های ارتباطات و حمل و نقل) درحقیقت عملیات پیچیده و سختی است.

ساختار زنجیره لجستیک بشردوستانه

ساختار زنجیره لجستیک بشردوستانه، شامل سه مرحله اصلی است: بدست آوردن عرضه و تدارکات، استقرار و انبارگردانی و حمل و نقل[۷] مرحله اول در هر زنجیره لجستیک بشردوستانه دستیابی و تدارک اقلام و تجهیزات ضروری است. تلاش‌های اصلی در این مرحله کاهش هزینه‌های خرید (درنظرگرفتن تورم ممکن قیمت‌ها در بازارهای منطقه‌ای پس از فاجعه)، تضمین در دسترس بودن عرضه در زمان‌های مورد نیاز، کاهش زمان تدارک و هماهنگی بین اهداگران با توجه به سایر اقلام بدست آمده هستند[۸]. پس از بدست آوردن اقلام و تجهیزات ضروری در دوره‌های قبلی وپس از فاجعه، سازمان‌های نجات مسئول، موظف به استقرار و ذخیره‌سازی اقلام و تجهیزات در مکان‌های مناسب با در نظرگرفتن مکان مناطق فاجعه دیده می‌شوند. هم‌چنین، ریسک بالا وجود دارد که تسهیلات ممکن است در طی مدت فاجعه از بین بروند و لذا آنها که در لجستیک بشردوستانه استفاده می‌شوند، باید مقاومت بالاتری در برابر فجایع داشته باشند و به صورتی موثر استقرار یابند[۱]. در نهایت، حمل و نقل آخرین مرحله مهم در هر زنجیره لجستیک بشردوستانه است، که در آن پرسنل انسانی، تجهیزات و کالاهای ضروری به مراکز توزیع از پیش تعریف شده، نقاط میانی توزیع، مراکز توزیع منطقه‌ای و در انتها به مناطق حادثه دیده فرستاده می‌شوند. حمل و نقل در طول دوره پس از فاجعه از برخی جهات سخت‌ترین مرحله لجستیک بشردوستانه است.

مدل‌های مکان‌یابی تسهیلات امدادی

مطالعه روی نظریه‌ی مکان‌یابی، رسما در سال ۱۹۰۹ وقتی که آلفرد وبر[1] [۹] درنظرگرفت که چگونه مکان یک انبار را به منظور مینیمم‌سازی فاصله میان انبار و چندین مشتری تعیین کند، آغاز شد. پس از آن، نظریه‌ی مکان‌یابی در بخش‌های مختلفی بکار گرفته شد. حکیمی [۱۰] سعی در پیدا کردن مراکز مخابرات در یک شبکه‌ی ارتباطات و ایستگاه‌های پلیس در بزرگراه‌ها داشت. زعفرانیه و همکاران[۱۱] الگوریتمی برای مساله جایابی تک تسهیلی در دو منطقه با نرم‌های متفاوت پیشنهاد کردند و نشان دادند که جواب بهینه در تقاطع متعامد تسهیلات موجود است. این مساله درحقیقت تعمیم یافته‌ی مساله

1Weber ,A

Archive of SID
www.SID.ir

جایابی تک تسهیلی است. ردریگرز و همکاران[۱] [۱۲] مدلی را برای مساله جایابی تک تسهیلی ناخوشایند پیشنهاد دادند. در این پژوهش، مجموعه‌ای متناهی از جواب بهینه برای یک مساله با فاصله اقلیدسی تعیین شده است. مساله مکان‌یابی به دنبال یافتن مکان‌های بهینه مجموعه‌ای از تسهیلات به منظور تامین درخواست‌های تقاضای مجموعه‌ای از مشتریان است. اغلب فرض می‌شود که درخواست تقاضای مشتریان معین و قطعی است و بعنوان بخشی از پارامترهای ورودی مساله است. واضح است که این در عالم واقعیت کم‌تر اتفاق می‌افتد. و معمولا تقاضای مشتریان با یک سطح بالایی از عدم قطعیت همراه است. مثال‌های ساده‌ای از مسایل مکان‌یابی با تقاضاهای غیرقطعی، که درآن سطوح تقاضا در دوره‌های زمانی مختلف، تغییر می‌کنند عبارتند از مساله سرویس‌های پستی، فرودگاه‌ها، سوپرمارکت‌ها، انبارهای توزیع کالاها با تقاضاهای فصلی. براندو و چیو[۲] [۱۳]، لووکس[۳] [۱۴] و اسنایدر[۴] [۱۵] جنبه‌های مختلف مسایل مکان‌یابی احتمالی را مطالعه کردند. در مدل‌های قطعی مسایل مکان‌یابی- تخصیص، فرض می‌شود که درخواست‌های تقاضاهای مشتریان کاملا مشخص و قطعی هستند، که البته این در جهان واقعی کم‌تر اتفاق می‌افتد. وقتی حالت قطعی در تقاضاهای مشتریان درنظر گرفته می‌شود، ما دقیقا نمی‌دانیم که کدام مشتری درخواست تقاضا دارد و کدام ندارد. بنابراین، یک رویکرد معقول این است که درخواست تقاضای مشتریان بطور تصادفی اتفاق بیافتد که این منجر به افزایش حالت‌های احتمالی در مساله مکان‌یابی چند تسهیلی می‌شود. لوگندران وترل[۵] [۱۶]. یک مساله‌ی مکان‌یابی- تخصیص بدون محدودیت ظرفیت را در حضور تقاضاهای احتمالی قیمت محور در نظر گرفتند و یک مدل بهینه‌سازی به منظور ماکسیمم‌سازی سود خالص انتظاری پیشنهاد کردند. آنها یک روش ابتکاری برای جواب مسایل با اندازه‌ی متوسط و بزرگ ارایه کردند. لوو وپیترز[۶][۱۷]. یک مساله مکان‌یابی تسهیل با ظرفیت نامحدود و تقاضاهای احتمالی را پیشنهاد کردند. زو و لیو[۷] [۱۸]. سه مدل احتمالی عمومی را، که کاملا از مدل‌های برنامه‌ریزی احتمالی پیشین متفاوت هستند، ارایه کردند. این مدل‌ها عبارتند از: مدل مقدار انتظاری، برنامه‌ریزی احتمال اجباری، برنامه‌ریزی احتمال وابسته. هم‌چنین، پژوهشگران الگوریتم سیمپلکس شبکه‌ای، شبیه‌سازی‌های احتمالی و الگوریتم ژنتیک را به منظور جواب کارای مساله با یکدیگر یکپارچه کردند. روش‌های ابتکاری[۸] زیادی برای پیدا کردن جواب‌های بهینه مساله کلاسیک مکان‌یابی‌تخصیص به خوبی اندک الگوریتم‌های دقیق ارایه شده‌اند. روش‌های ابتکاری به منظور جواب سریع مسایل بزرگ و ایجاد جواب‌های اولیه خوب برای الگوریتم‌های دقیق، مورد نیاز هستند. اولین روش ابتکاری مشهور، الگوریتم مکان‌یابی تخصیص تکراری کوپر[۹] [۱۹] است. روش ابتکاری کوپر چند زیر مجموعه از نقاط ثابت ایجاد می‌کند. روش‌های فرا ابتکاری زیادی نیز برای بدست آوردن جواب های این گونه مسایل مطرح شده‌اند ازجمله، شبیه سازی تبرید[۱۰] (موری و چرچ[۲۰]) و جستجوی ممنوعه[۱۱] (بریمبرگ و ملادنویچ[۱۲] [۲۱]). هم‌چنین، تعدادی الگوریتم‌های پیوندی[۱۳] مانند الگوریتم پیوندی شبیه‌سازی تبرید و روش وراثت تصادفی[۱۴] (ارنست وکریشنامورتی[۱] [۲۲]) و الگوریتم پیوندی روش ساده سازی لاگرانژ[۲]و الگوریتم ژنتیک[۳] (گونگ وهمکاران[۴] [۲۳]) نیز پیشنهاد شده‌اند.

1 Rodriguez J. et al.
2Brandeau M.L, and Chio S.S
3Louveaux ,F
4 Snyder, L.V.
5Logendran R.and Terrell, M.
6Louveaux, F.and V, Peeters D
7Zhou J.and Liu, B
8 Heuristicn Method.
9Cooper, L.
10Simulated Annealing
11Tabu Search
12 Brimberg, J.and Mladenovic, N
13 Hybrid Algorithm
14 Random Descent Method

Archive of SID

www.SID.ir

بلیک و همکاران[۲۴] و تورر و همکاران[۵] [۲۵] نشان دادند که امداد در حادثه یک چالش تدارکاتی را می‌طلبد و یک نمونه‌ی خوبی است از پژوهش و تمرین در مجتمع سازی. جیا و همکاران[۶] [۲۶] یک مدل پوشش بیشینه- موقعیت را پیشنهاد دادند تا در مورد تسهیلات در پاسخ به شرایط گسترده بحرانی تصمیم بگیرند. هدفشان این بود که شمار بیشتری را تحت پوشش قرار دهند. وای، کومار[۲۷]. یک کلونی مورچه فوق ابتکاری را برای توزیع امدادها پیشنهاد دادند. رویکرد مطرح شده‌ی مشکل تدارکات ضروری اولیه را به دو فاز متوالی تصمیم‌گیری تقسیم‌بندی کردند: ساختار مسیر یک وسیله نقلیه و یک ساختار ارسال چندمنظوره. شیو[۲۸] رویکردی را برای طراحی توزیع امداد پیشنهاد کرد که شامل سه فاز برای توزیع امداد در نواحی آسیب‌دیده، بلیک و همکاران[۷] [۲۹] به مطالعه در مورد توزیع تدارکات امدادی از مراکز توزیع محلی به مصرف‌کنندگان در نواحی آسیب‌دیده پرداختند. آنها هزینه‌های حمل و نقل را کمترین در نظر گرفتند و هزینه‌های تحمیل شده برای آنهایی را که راضی نبودند یا آن‌طور که باید راضی نبودند به دو گونه‌ی تدارکات امدادی برای متقاضیان تقسیم کردند. بروکنه و همکاران مشکلات حمل و نقل وسایل نقلیه‌ی چندکاره، چندانباره و چند محصوله در یک عملکرد پاسخ را مورد مطالعه قرار دادند. آنها به پیشنهاد یک مدل ریاضی و الگوریتم ژنتیک برای جواب موارد در مقیاس دقیق پرداختند. الگوریتم ژنتیک نه تنها برای یک پاسخ با کیفیت مطلوب مناسب بود بلکه پاسخ‌های جایگزین بسیاری دیگر را تولید می‌کرد برای مدیریت در نیازمندی‌ها ناجی و عظیمی و همکاران[۳۰] به بررسی مساله در جاهایی که افراد، نیازمند بهره‌مندی از کالاهای ضروری هستند و به برخی از مراکز توزیع ماهواره‌ای دسترسی داشته باشند مشروط بر اینکه این مراکز از محل اسکان آنها فاصله زیادی نداشته باشند. این مراکز توزیع ماهواره‌ای با استفاده از وسایل نقلیه غیرمتجانس و با ظرفیت تندرو، از یک انبار مرکزی تغذیه می‌شوند. آنها این وضعیت را به منظور تعمیم پوشش مشکلات ماموریت و معرفی ایده‌ی تحویل شکاف (توزیع) طراحی کرده‌اند. ترانکویست و راولز[۳۲،۳۱] یک الگوی اختصاصی را برای بهینه ساختن طرح پیشگیری برای مقابله با تقاضاهای کوتاه مدت برای فراورده‌های ضروری پیشنهاد دادند. آنها نیازهایی را که ممکن است مطرح شود و نواحی‌ای را که ممکن است این نیاز ها در آنها واقع شوند را قطعی نمی‌دانستند. مورالی و همکاران[۳۳] مساله ی موقعیت- تسهیلات را در نظر گرفتند تا به شناسایی نقاطی از شهر که نیازهای دارویی می‌بایست بین جمعیت توزیع شوند را بیابند آنها شناسایی تسهیلات انبار شده را مد نظر قرار می‌دادند تا این پوشش را به حداکثر برسانند و البته فواصل عملکرد پوششی را مد نظر قرار می‌دادند. اگرچه مشکلات مربوط به موقعیت مسیریابی[۸] (LRP) به‌طور عمیقی در آثار مکتوبی در باب تدارکات شغلی مطالعه شدند، به طور هم‌زمان چند مقاله توجه خود را به مشکلات مربوط به موقعیت و حمل و نقل در مواقع اضطرار معطوف کرده‌اند. دسووکی و همکاران[۳۴] به عنوان مثال دو مدل را به عنوان راه حلی برای مشکلات مربوط به امداد موقعیت و مسیریابی وسایل نقلیه دریافتی برای پاسخ به شرایط اضطرار در موقعیت عظیم پیشنهاد کردند. الگوی اول فاصله‌ی کلی بین نقاط نیاز و امدادهای مد نظر را کمترین می‌کند. الگوی دوم نیازهای برآورده شده در سطح کل نقاط نیازمند را کمینه می‌کند. وای و اوزدومار[۹] [۳۵]. یک الگوی موقعیت- توزیع یکپارچه برای هماهنگ‌سازی تدارکات حمایتی و عملکردهای تخلیه را در فعالیت‌های واکنشی به هنگام حادثه در طرح‌های افقی چندگانه پیشنهاد کردند. مدل پیشنهادی در نظر داشت تا حمل کالاها را از نقاط عمده‌ی تدارکاتی به مراکز توزیع در نواحی آسیب‌دیده و انتقال مصدومین از نواحی آسیب‌دیده به اورژانس‌های موقت یا دایم هماهنگ کند. هدف این است که

1 Ernst A.T.and Krishnamoorthy, M.
2 Lagrange Relaxaion Method
3 Genetic Algorithm
4 Gong, D. Gen M.and Yamazaki
5 Torre L.E.and DolinskayaI, S
6 Jia, H. Ordóñez, F.and Dessouky, M.
7 Balcik B. etl.
8 location - routing problems
9 Yi, W.and ÖzdamarL.

Archive of SID

www.SID.ir

تاخیر در رسانیدن کالاها در مراکز امداد و تدارکات مراقبتی برای مصدومین کمینه شود. اگر آنها با فعالیت‌هایLRP پیشرفته مقایسه شوند، آنگاه مشکلات مسیریابی در شرایط اضطرار ویژگی‌های خاصی را دارند. به عنوان مثال، اورژانس‌های LRP متمرکز هستند بر سلامت افراد و مراتب تحویل (ارایه / توزیع)، را به نسبت هزینه‌های مالی به حداقل می‌رسانند شیو[1] [۳۶]، کوواکس واسپنس[2] [۳۷]، بلیک وهمکاران[3] [۲۴] شماری از موارد چالش برانگیز را در رابطه با مشکلات تدارکات ضروری که ممکن است به آسانی مد نظر قرار داده نشوند، شناسایی کردند. مین و همکاران[4] [۳۸] در بازنگری خود در باب مشکلاتLRP ها خاطرنشان کردند که اگرچه ماهیت چندگانه مشکلات LRP به خوبی شناسایی شده‌اند، چند مقاله دیگر هم این مشکلات چندگانه‌ی LRP را مد نظر قرار دادند. از آن زمان تاکنون هنوز هم شمار محدودی از مقالات مرتبط این مسایل چالش برانگیز را مدنظر قرار داده‌اند. در گرایشی مشابه، تعدادی از مقالات نیز مشکلات مربوط به تدارکات ضروری را مد نظر قرار داده‌اند. تزنگ و همکاران[5] [۳۹] یک الگوی توزیع امدادهای بشردوستانه را که از طرح ریزی‌های چند هدفه استفاده می‌کرد، پیشنهاد کردند. سه هدف در نظر گرفته شده‌اند که بدین قرارند: کمینه‌سازی هزینه‌ها، کمینه‌سازی زمان سفر، و بیشینه‌سازی میزان رضایت نقاط متقاضی. نویسندگان اطلاعات پویا را با در نظر گرفتن یک الگوی چندگانه دست‌کاری کردند که در این الگو بیشتر پارامترها و متغیرها با زمان مرتبط هستند. هدف این الگو اینست که میزان محصولات منتقل شده از محل انبار به محل انتقال و از محل انتقال به نقاط متقاضی نهایی را ارزیابی کند. یک الگوی طراحی چند هدفه نامشخص برای حل مساله استفاده شد. چیرن و همکاران[6] [۴۰] یک روش اکتشافی چند مرحله‌ای را برای حل مساله حمل و نقل پیشنهاد دادند. راه حل اینگونه ارزیابی شد تا ۳ مورد را کمینه کند: تاخیر، جریان زمانی و هزینه‌ی تمام شده برای حمل و نقل. نولز و همکاران[7] [۴۱] یک تور پوششی چندگانه را برای توزیع امدادها برای جمعیت مورد مطالعه قرار دادند. آنها ۳ ضابطه را مد نظر قرار دادند: کاستن از ضوابط مربوط به امدادرسانی، ضوابط مدت تور و ضوابط مسیریابی. آنها یک شیوه‌ی اپسیلون- محدودیت و یک رویکرد پاسخی پیشنهاد دادند. ویتوریانو و همکاران[8] [۴۲] یک الگوی سیال را برای توزیع خدمات انسانی پیشنهاد کردند. آنها از یک الگوی طراحی که به هشت مقوله می‌پرداخت استفاده کردند: هزینه، زمان، تساوی، ارجحیت، اعتبار، و امنیت، آن‌چه را که ما در این پژوهش مد نظر قرار داده‌ایم دقیقا مشابه است با آنچه که توسط تزنگ و همکاران[9] [۳۹] ارایه شده بود. اگرچه او و همکارانش بر جوانب چندبعدی متمرکز بودند، ما به طور عمده بر جزییات الگوی حمل و نقل موقعیت متمرکز شده‌ایم. ما هم‌چنین عملکردهای هدف متفاوت را در نظر گرفته‌ایم و رویکردی متفاوت را برای جواب مساله پیشنهادی دادیم.

مدل‌های جامع

عشقی و نجفی [۴۳] در سال۱۳۹۱ شمسی یک مدل ریاضی برای انجام برنامه‌ریزی لجستیکی با هدف بهبود در نتایج اقدامات لجستیکی پاسخ به زلزله ارایه کردند، تا از این طریق بتوان به نحوی تصمیمات مناسبی برای حمل مصدومان و کالاها اتخاذ کرد. درسال ۲۰۱۲ افشار و حقانی [۴۴] مدلی جامع که عملیات نجات را در مقیاسی بزرگ توصیف می‌کند، پیشنهاد کردند.

1 Sheu, J-B.
2 Kovács, G.and Spens, K, M
3 Balcik, B
4 Min, H.and Jayaraman, V
5 Tzeng, G.H.
6 Chern CC, Chen YL, Kung LC
7 Nolz PC, Doerner KF, Gutjahr WJ
8 Vitoriano B, OrtuñoMT
9 Tzeng GH, Cheng HJ, Huang TD

Archive of SID
www.SID.ir

این مدل نه تنها جزییاتی مانند مسیریابی وسیله نقلیه، برنامه برداشت و تحویل کالاهای امدادی رادر نظر می‌گیرد، بلکه مکان بهینه تسهیلات موقت و نیز محدودیت ظرفیت تسهیلات و سیستم حمل و نقل را نیز در بردارد.

تشریح مساله

پس از وقوع بلایای طبیعی، مهم‌ترین واکنش، خدمت‌رسانی به قربانیان حادثه است. در این پژوهش، هدف رساندن کالاهای امدادی به مردم آسیب‌دیده است. از طرفی، پس از فاجعه، کمک‌های مردمی و دولتی در انباری که بصورت مجازی در نظر گرفته می‌شود جمع می شوند تا به مراکز کمک‌رسانی بشردوستانه انتقال یابند، به گونه‌ای که کم‌ترین زمان عملیات امدادرسانی (شامل برپایی این مراکز و پایان دوره حمل و نقل کالاهای امدادی به همه مناطق آسیب‌دیده) و بیشترین پاسخ گویی به تقاضای مناطق آسیب‌دیده برای دریافت کالاهای امدادی، (که در قالب کمترین تقاضای پوشش داده نشده مناطق آسیب‌دیده است) را در پی داشته باشد. پس از وقوع بحران، تعداد بهینه و مورد نیازی از مراکز کمک‌رسانی بشردوستانه در مکان‌های کاندیدی که از قبل معین شده، برای خدمت‌رسانی به مناطق آسیب‌دیده برپا می‌شوند. از طرفی، این مراکز هر یک دارای ظرفیت‌هایی برای انبارداری کالاهای امدادی هستند. همچنین برپایی هر یک از این مراکز باتوجه به ظرفیت کالاها و ماشین آلاتی که دارند، نیازمند زمان مورد انتظاری است.

فرضیات مساله

- تقاضای نقاط آسیب‌دیده برای کالاهای امدادی بصورت پارامترهایی فازی هستند.
- مجموعه‌ای از انواع کالاهای امدادی در این مدل فرض شده است.
- مجموعه‌ای از انواع وسیله نقلیه به تعدادهای مختلف در مراکز کمک‌رسانی بشردوستانه موجود است.
- هر وسیله نقلیه به وسیله ظرفیت وزنی و حجمی مشخصی محدود برای حمل بار و هم‌چنین دارای زمان کاری روزانه معینی است.
- وزن و حجم هر واحد از کالاهای امدادی مشخص و معین هستند.
- تعداد و مکان نامزد برای برپایی مراکز کمک‌رسانی بشردوستانه معین هستند.
- تعداد و مکان مناطق آسیب‌دیده پس از بحران یا حادثه طبیعی مشخص و معین هستند.
- کمک‌های دولتی و مردمی پس از وقوع بحران به صورت پارامتری فازی در نظر گرفته شده‌اند.

پارامترهای مدل

I: مجموعه نقاط تقاضا $I=\{1,2,\ldots,n\}$

J: مجموعه محصولات $J=\{1,2,\ldots,p\}$

L: مجموعه پایگاه‌های نامزد $L=\{1,2,\ldots,u\}$

H: مجموعه‌ای از انواع وسایل نقلیه در مراکز نامزدl، $H=\{1,2,\ldots, m_l\}$

$\widetilde{d_{ij}}$: تقاضای نقطه i برای محصول j

S_l: ظرفیت پایگاه l

π: حداکثر زمان پوشش

S_{lj}: ظرفیت پایگاه l برای محصول j

Archive of SID
www.SID.ir

t_{il}: زمان مورد نیاز برای سفر از پایگاه lام به نقطه تقاضای iام

L_i: مجموعه‌ی پایگاه‌های کاندیدشده $l\epsilon L$ که می‌توانند نقطه‌ی تقاضای Iام را کم‌تر از زمان max پوشش دهند.

$L_i = \{l\epsilon L | t_{il} \leq \pi\}$

m_l: تعداد انواع وسایل نقلیه‌ی قابل دسترس درپایگاه l، $h=1,2,\ldots, m_l$

u_{hl}: تعداد وسیله قابل دسترس از نوع h درپایگاه l، $k=1,2,\ldots, u_{hl}$

τ_{lh}: زمان از دست رفته‌ی وسیله نقلیه‌ی h درپایگاه l

Q_h: ظرفیت وزنی وسیله‌ی نقلیه‌ی h

V_h: ظرفیت حجمی وسیله‌ی نقلیه‌ی h

a_{jh}: زمان بارگذاری وتخلیه‌ی یک واحد محصول j در وسیله نقلیه‌ی نوع h

D_h: حداکثر زمان کاری روزانه برای وسیله‌ی نقلیه‌ی نوع h

w_j: وزن یک واحد محصول j

v_j: حجم یک واحد محصول j

t'_l: زمان مورد نیاز از مرکزجمع آوری کمک‌های مردمی و دولتی به مجموعه‌ی پایگاه‌های کاندید l

t''_l: زمان مورد نیاز برای برپایی پایگاه l

$\widetilde{or}$: میزان کمک‌های دولتی از محصولات یا کالاهای امدادی که به صورت فازی در نظرگرفته شده است.

$\widetilde{pe}$: میزان کمک‌های مردمی ازمحصولات یا کالاهای امدادی که بصورت فازی در نظرگرفته شده است.

متغیرهای تصمیم

y_l: برابراست با یک، اگر HADC درپایگاه l باز باشد. و صفر در غیر این صورت.

x_{ilhk}: برابر با یک، اگر نقطه‌ی تقاضای i ام از l امین، HADC توسط k امین وسیله‌ی نقلیه‌ی نوع h ملاقات شود. وصفردر غیر این صورت.

Q_{ijlhk}: مقدار محصولJ ای که بوسیله‌ی l امین HADC، توسط k امین وسیله نقلیه‌ی نوع h به نقطه‌ی تقاضای i ام فرستاده می شود.

P_{jl}: مقدار محصول j تهیه شده درپایگاه l .

x'_{lhk} : برابر است با یک اگر l امین پایگاه کاندید از مرکز جمع آوری کمک‌های مردمی ودولتی بوسیله ی k امین وسیله نقلیه ازنوع h ملاقات شود وصفردر غیر این صورت.

Q'_{jlhk} : مقدار دریافتی از محصول J که از مرکز جمع آوری کمک‌های دولتی و مردمی توسط kامین وسیله نقلیه از نوع h به l امینHADC می‌رسد.

$$\text{Min } f_1 = \sum_{i=1}^{n}\sum_{l=1}^{u}\sum_{h=1}^{ml}\sum_{k=1}^{u_{hl}}((2t_{il} + \tau_{lh})x_{ilhk} + \sum_{j=1}^{p}(a_{jh}Q_{ijlhk} + (a_{jh}\acute{Q}_{jlhk} + 2t'_l)x'_{lhk}.y_l)) + \sum_{l=1}^{u}\tilde{t''_l}y_l$$

$$\text{Min } f_2 = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{p}(\tilde{d}_{ij} - \sum_{l=1}^{u}\sum_{h=1}^{ml}\sum_{k=1}^{u_{hl}}Q_{ijlhk})$$

s. t.

(1) $\sum_{l=1}^{u}\sum_{h=1}^{ml}\sum_{k=1}^{u_{hl}}Q_{ijlhk} \leq \tilde{d}_{ij}, \quad i=1,\ldots,n \quad j=1,\ldots,p \quad l\epsilon L_i$

(2) $\sum_{i=1}^{n}\sum_{h=1}^{ml}\sum_{k=1}^{u_{hl}}Q_{ijlhk} \leq P_{jl} + \acute{Q}_{jlhk}.x'_{lhk}, \quad j=1,\ldots,p \quad l=1,\ldots,u$

Archive of SID

www.SID.ir

(3) $\sum_{i=1}^{n}((2t_{il}+\tau_{lh})x_{ilhk}+\sum_{j=1}^{p}(a_{jh}Q_{ijlhk}+(a_{jh}\acute{Q}_{jlhk}+2t_{l}^{'})x_{lhk}^{'}.y_{l}) \leq D_{h}y_{l}$,

$h=1,\dots,ml \quad k=1,\dots,u_{hl} \quad l=1,\dots,u$

(4) $\sum_{j=1}^{p} w_j . Q_{ijlhk} \leq Q_h . x_{ilhk}$, $i=1,\dots,n$ ، $h=1,\dots,ml$ ، $k=1,\dots,u_{hl}$ ، $l\epsilon L_i$

(5) $\sum_{j=1}^{p} w_j . \acute{Q}_{jlhk} \leq Q_h . x_{lhk}^{'}.y_l$, $h=1,\dots,ml$ ، $k=1,\dots,u_{hl}$ ، $l\epsilon L_i$

(6) $\sum_{j=1}^{p} V_j . Q_{ijlhk} \leq V_h . x_{ilhk}$, $i=1,\dots,n$ ، $h=1,\dots,ml$ ، $k=1,\dots,u_{hl}$ ، $l\epsilon L_i$

(7) $\sum_{j=1}^{p} V_j . \acute{Q}_{jlhk} \leq V_h . x_{lhk}^{'}.y_l$, $h=1,\dots,ml$ ، $k=1,\dots,u_{hl}$ ، $l\epsilon L_i$

(8) $\sum_{j=1}^{P}\sum_{h=1}^{ml}\sum_{k=1}^{u_{hl}} \acute{Q}_{jlhk}.x_{lhk}^{'}+\sum_{j=1}^{P} P_{jl} \leq S_l y_l$, $l=1,\dots,u$

(9) $\sum_{h=1}^{ml}\sum_{k=1}^{u_{hl}} \acute{Q}_{jlhk}.x_{lhk}^{'}+P_{jl} \leq S_{lj}$, $l=1,\dots,u$ ، $j=1,\dots,p$

(10) $\sum_{l=1}^{u}\sum_{h=1}^{ml}\sum_{k=1}^{u_{hl}} \acute{Q}_{jlhk} \leq \widetilde{Or}_j+\widetilde{Pe}_j$, $j=1,\dots,p$

$y_l \epsilon \{0,1\}$, $l=1,\dots,u$, $h=1,\dots,ml$, $j=1,\dots,p$,

$i=1,\dots,n$, $k=1,\dots,u_{hl}$, $l\epsilon L_i$, $x_{ilhk}\epsilon\{0,1\}$, $Q_{ijlhk}\geq 0$, $\acute{Q}_{jlhk}\geq 0$, $x_{lhk}^{'}\epsilon\{0,1\}$, $P_{jl}\geq 0$

- **توابع هدف**

تابع هدف اول مینیمم‌سازی زمان تمام دوره‌ی حمل و نقل و خدمت‌رسانی به نقاط آسیب‌دیده است، به طوری که $(2t_{il}+\tau_{lh})x_{ilhk}$، زمان رفت و برگشت از مکان‌های کمک‌رسانی بشردوستانه با وسایل نقلیه‌ی مختلف به نقاط آسیب‌دیده است و τ_{lh} زمان از دست‌رفته برای هر ماشین در هریک از این مراکز است. $a_{jh}Q_{ijlhk}$ زمان بارگذاری و تخلیه‌ی هر واحد محصول بر روی هر نوع ماشین در مقدار فرستاده شده از آن از مراکز کمک‌رسانی بشردوستانه به مناطق آسیب‌دیده، $(a_{jh}\acute{Q}_{jlhk}+2t_{l}^{'})x_{lhk}^{'}.y_l$ زمان رفت و برگشت و هم چنین بارگذاری و تخلیه هر واحد محصول در مقدار استفاده شده از آن از مراکز جمع آوری کمک‌های مردمی و دولتی به مراکز کمک‌رسانی بشردوستانه، و $t_{l}^{''}y_l$ زمان مورد نیاز برای برپایی مراکز کمک‌رسانی بشردوستانه در نقاط نامزد مورد نظر است.

تابع هدف دوم مینیمم‌سازی تقاضای پوشش داده نشده مناطق آسیب‌دیده برای دریافت کالاهای امدادی است، که برابر تقاضای مناطق آسیب دیده منهای مقدار کالاهای امدادی ارسال شده به مناطق آسیب‌دیده است.پ

- **گروه محدودیت‌های مقدار ارسالی کالاهای امدادی**

محدودیت اول دررابطه با، محدودیت مقدار ارسالی کالاهای امدادی مراکز کمک‌رسانی بشردوستانه، به نقاط آسیب دیده است، که نباید بیش از تقاضای این مناطق برای کالاهای امدادی که دارند، باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

محدودیت دوم در رابطه با محدودیت مقدار ارسالی کالاهای امدادی مراکز کمک‌رسانی بشردوستانه به نقاط آسیب‌دیده است که نباید از مجموع مقدار موجودی در مراکز و همین‌طور مقدار کالاهای گردآوری شده از ارسال محل جمع‌آوری کمک‌های دولتی و مردمی بیشتر شود.

- **گروه محدودیت‌های وسایل نقلیه**

محدودیت سوم در رابطه با زمان کاری انواع ماشین‌هایی است که در مراکز کمک‌رسانی بشردوستانه و جمع‌آوری کمک‌های مردمی و دولتی کار می‌کنند، که نباید بیشتر از کار روزانه‌ای که برای آنها تدارک دیده شده، باشد.
محدودیت چهارم در رابطه با مجموع وزن کالاهای ارسال شده هر ماشین، از مراکز کمک‌رسانی بشردوستانه به نقاط آسیب‌دیده است، که نباید بیشتر از حد مجاز وزن قابل تحمل برای ماشین باشد.
محدودیت پنجم در رابطه با مجموع وزن کالاهای ارسال شده هر ماشین، از مرکز جمع‌آوری کمک‌های مردمی و دولتی به نقاط آسیب‌دیده است، که نباید بیشتر از حد مجاز وزن قابل تحمل برای ماشین باشد.
محدودیت ششم در رابطه با مجموع حجم کالاهای ارسال شده هر ماشین، از مراکزکمک‌رسانی بشردوستانه به نقاط آسیب‌دیده است، که نباید بیشتر از حد مجاز حجم قابل تحمل برای ماشین باشد.
محدودیت هفتم در رابطه با مجموع حجم کالاهای ارسال شده هر ماشین، از مرکز جمع‌آوری کمک‌های مردمی و دولتی به نقاط آسیب‌دیده است، که نباید بیشتر از حد مجاز حجم قابل تحمل برای ماشین باشد.

- **گروه محدودیت‌های انبارهای مراکز کمک‌رسانی**

محدودیت هشتم در رابطه با مجموع ارسالی تمامی محصولاتی که با همه ماشین‌ها در تعداد مختلف از محل جمع‌آوری کمک‌های دولتی و مردمی به پایگاه‌هایی که نامزد شده‌اند فرستاده می‌شوند. همچنین، موجودی این پایگاه‌ها از انواع کالاهای امدادی، نباید از ظرفیت پایگاه‌ها بیشتر باشد.
محدودیت نهم در رابطه با مقدار کالای ارسالی است که به ازای همه ماشین‌ها در تعداد مختلف ازمحل جمع‌آوری کمک‌های دولتی و مردمی به ازای هر محصول به پایگاه‌های نامزد شده فرستاده می‌شوند. به علاوه، موجودی این پایگاه از آن محصول، نباید از ظرفیت آن پایگاه برای آن محصول بیشتر باشد.

- **محدودیت مقدار کالای ارسالی از مراکز کمک‌های دولتی و مردمی**

محدودیت دهم مقداری از هر محصول است که با همه ماشین‌ها در تعداد مختلف از محل جمع‌آوری کمک‌های دولتی و مردمی به پایگاه‌ها فرستاده می‌شوند، و نباید از مقدارکمک‌های دولتی و مردمی آن محصول بیشتر باشد.

محاسبات و یافته‌های پژوهش

حل مسایل بزرگ به دلیل زمان مورد نیاز بسیار برای جواب و حافظه زیاد مورد نیاز درکامپیوتر ناممکن است. لذا، در این فصل با توجه به مدل ارایه شده، یک الگوریتم تلفیقی چندهدفه بر مبنای الگوریتم ژنتیک[1] پیشنهاد می‌شود و برای اجرای آن در

1MOGA

Archive of SID
www.SID.ir

محیط برنامه نویسی MATLAB کدبندی می‌شود. برنامه تحت سیستم عامل ویندوز7 و با پردازش‌گر 2.53 Ghz و RAM معادل 4 GB برای مسایل نمونه اجرا و نتایج محاسباتی گزارش می‌شوند.

در این بخش ابتدا چند معیار عملکردی الگوریتم‌های تکاملی را توضیح می‌دهیم. در ادامه، به بررسی مثالی کوچک برای ارزیابی مدل مورد نظر در نرم‌افزار Lingo 11 و هم‌چنین، داده‌های فازی در این پژوهش می‌پردازیم.

معیارها برای عملکرد الگوریتم

- **تعداد نقاط نامغلوب (N)**

تعداد جواب‌های نامغلوب به عنوان یک معیار عملکردی برای سنجش کارایی الگوریتم‌ها نشان دهنده تعداد آلترناتیوهایی است که می‌توان برای انتخاب به تصمیم‌گیرنده ارایه کرد. در واقع، هرچه تعداد این جواب‌ها بیشتر باشد، عملکرد الگوریتم بهتر است.

- **گستردگی جواب‌های نامغلوب (SNS)**

هرچه مقدار این معیار بزرگ‌تر باشد، جواب‌های بدست آمده از پراکندگی بیشتری برخوردارند. این معیار از رابطه زیر بدست می‌آید:

- **فاصله از نقطه ایده‌آل**

این معیار که برای اندازه‌گیری میزان نزدیکی به سطح بهینه پارتو واقعی، به کار می‌رود.

$$\mathrm{MID} = \frac{\sum_{i=1}^{n} c_i}{n}$$

در این رابطه n، تعداد جواب‌ها در مجموعه بهینه پارتو است و c_i فاصله اقلیدسی هر عضو از مجموعه پارتو از نقطه ایده‌آل است

$$\mathrm{SNS} = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(\mathrm{MID} - c_i)^2},$$

که در آن،

$$c_i = \sqrt{(f_{1i} - f_1^*)^2 + (f_{2i} - f_2^*)^2 + \cdots + (f_{mi} - f_m^*)^2}$$

منظور از f_{mi} مقدار m امین تابع هدف در جواب i ام می‌باشد.

- **درجه توازن در رسیدن هم‌زمان به اهداف(RAS)**

در این‌جا، روش دیگری مبتنی بر مسافت پیشنهاد می‌شود. اما ابتدا لازم است که مقدماتی راجع به کیفیت جواب‌ها بیان کنیم. در شکل۱، جواب‌های مناسب برای یک مساله دو هدفه نشان داده شده است. چنان‌که مشاهده می‌شود اگر جوابی در امتداد یک محور باشد، مناسب نیست زیرا آن جواب تنها برای یک هدف مناسب است و برای هدف دیگر عملکرد مناسبی ندارد. ولی جواب‌هایی که با پیکان نشان داده شده‌اند، جواب‌های مناسبی هستند، زیرا به یک توازن قابل قبول بین اهداف مساله رسیده‌اند. حال، با این توصیف، این‌جا لازم است که یک معیار کمی برای اندازه‌گیری میزان رسیدن به این توازن در بین اهداف مختلف مساله تعریف شود. به این منظور، رابطه زیر پیشنهاد می‌شود.

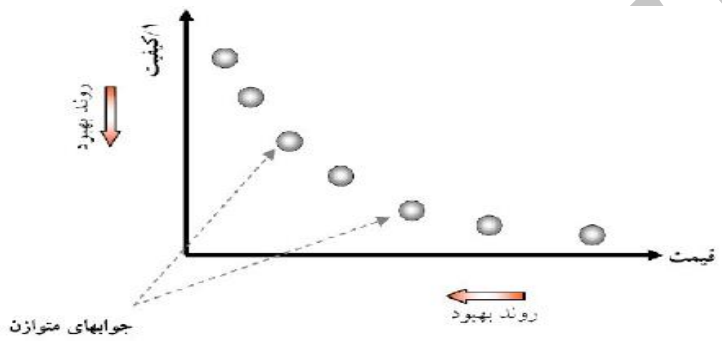
Archive of SID

www.SID.ir

$$RAS = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{f_{1i} - F_i}{F_i} + \frac{f_{2i} - F_i}{F_i}}{n},$$

که درآن،

$$F_i = \min\{f_{1i}, f_{2i}\}.$$



شکل ۱ نمایش جواب‌های مناسب [۵۵]

از جمله خصوصیات این روش می‌توان به این اشاره کرد که وجود جواب‌هایی در امتداد یک محور که مقدار یک هدف در آن مناسب و مقدار هدف دیگر نامناسب باشد (جواب‌های غیر متوازن) باعث افزایش در مقدار معیار می‌شود. امّا بحث مهمّی که در اینجا وجود دارد این است که کدام روش اندازه‌گیری، روش مناسب‌تری است. برای پاسخ به این سوأل اول باید مشخص شود که از نظر تصمیم‌گیرنده چه ملاک‌هایی در مقایسه الگوریتم‌ها مهم‌تر هستند و دوم نقاط قوت و ضعف در هر روش ارزیابی چیست تا بتوان در جای مناسب از آن استفاده کرد. به عنوان مثال، اگر هدف تصمیم‌گیرنده داشتن تعداد جواب‌های بیشتر در مجموعه پارتو باشد معیارهای تعداد نقاط پارتو روش مناسب‌تری نسبت به سایر روش‌هاست. اگر هدف تصمیم‌گیرنده داشتن جواب‌های پارتو با تمرکز بیشتر و نزدیک‌تر به نقطه مبدأ باشد روش پیشنهادی فاصله از نقطه ایده‌آل مناسب‌تر است. و در نهایت، اگر هدف تصمیم‌گیرنده تنها رسیدن به جواب هایی با پراکندگی بالا باشد، آن‌گاه استفاده از معیار SNS پیشنهاد می‌شود. در رابطه با تعداد نقاط پارتو و پراکندگی جواب‌ها می‌توان اینگونه بیان کرد که

- ✓ اگر در الگوریتمی تعداد نقاط در مرز پارتو و پراکندگی جواب‌ها بیش‌تر از الگوریتم رقیب باشد، آن‌گاه این الگوریتم از الگوریتم رقیب کاراتر است.
- ✓ اگر الگوریتمی تعداد نقاط در مرز پارتو برابر با الگوریتم رقیب داشته باشد، ولی پراکندگی بیشتر داشته باشد، آنگاه از الگوریتم رقیب کاراتر است.
- ✓ اگر الگوریتمی تعداد نقاط در مرز پارتو کم‌تر از رقیب داشته باشد، ولی پراکندگی بیشتری داشته باشد، نشان از تجمع توده‌ای نقاط در الگوریتم رقیب است و الگوریتم اول کاراتر است.

Archive
www.SID.ir

- ✓ اگر کیفیت غالب بودن جواب‌های الگوریتمی بیشتر از رقیب باشد، بدون توجه به دیگر معیارهای کیفی، الگوریتم اول کاراتر است.

پس، چنان که می‌بینیم نتایجی که هر یک از این روش‌ها بدست می‌دهند لزوماً یکسان نیستند و نتایج بر اساس مفاهیم خاص هر روش بدست می‌آیند. بدین‌ترتیب، این روش‌ها صرفا تک‌بعدی به مقایسه جواب‌ها می‌پردازند.

ارزیابی مدل

برای بررسی صحت عملکرد مدل پیشنهادی، در این بخش یک مساله نمونه ارایه و سپس با رویکرد جواب Global در نرم افزارLingo به حل آن می‌پردازیم.

مثال

دو ناحیه با جمعیت‌هایی بترتیب ۴۵۰۰۰۰،۳۸۰۰۰۰ دچار سانحه طبیعی شده‌اند و باید به تقاضای فازی این مناطق پاسخ اورژانسی بدهیم. دو منطقه کاندید برای برپایی مراکز کمک‌رسانی بشردوستانه موجودند. از طرفی، مدت زمان مورد نیاز برای برپایی این مراکز هر یک به ترتیب ۴۲۰،۳۰۰ دقیقه است. کمک‌های دولتی و مردمی که به صورت پارامترهای فازی در نظر گرفته شده و به ترتیب در جدول‌های ۶ و ۷ آمده‌اند که به مراکز کمک‌رسانی بشردوستانه انتقال پیدا می‌کنند. دو نوع کالای امدادی که شامل بطری آب و بسته خوراکی در نظر گرفته شده، که محدودیت‌های آن در جدول ۳ آمده است. همچنین دو نوع وسیله نقلیه کامیون و هلیکوپتر برای حمل کالاهای امدادی از مراکز کمک‌رسانی به مناطق آسیب‌دیده در نظر گرفته شده است که محدودیت‌های آن در جدول ۲ آمده است. می‌خواهیم تقاضای فازی مناطق آسیب‌دیده را برای کالاهای امدادی که در جدول ۵ وجود دارد را به گونه‌ای پاسخ دهیم که زمان برپایی تا حمل و نقل وسایل نقلیه برای حمل کالاهای امدادی به نقاط آسیب‌دیده کمینه شود، و هم‌چنین، تقاضای پوشش داده نشده مناطق آسیب دیده نیز کمینه شود.

جدول ۲ - محدودیت‌های وسایل نقلیه

محدودیت وسیله	هلیکوپتر	کامیون(۱۸چرخ)	کامیون(۱۰چرخ)
وزن قابل تحمل (kg)	۶۷۲۰	۲۰۱۶۰	۱۵۷۰۰
حجم قابل تحمل (m^3)	۵۵	۱۸۰	۱۲۵

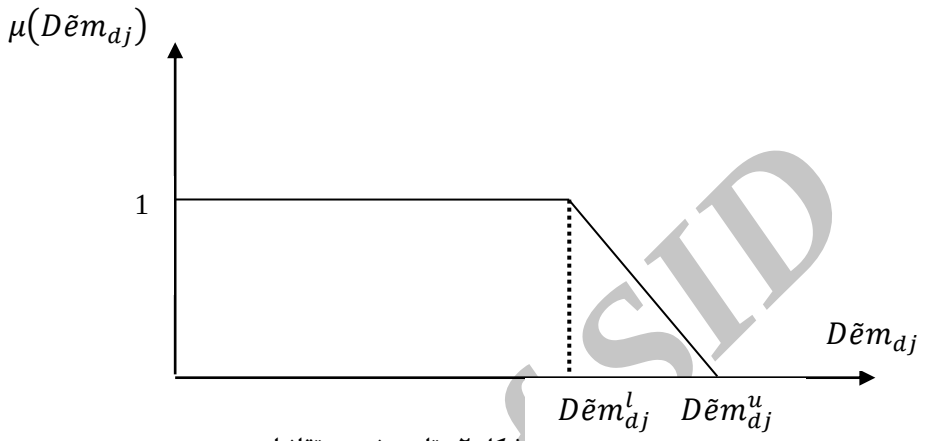
جدول ۳ - محدودیت‌های کالاهای امدادی

محدودیت کالا	آب معدنی	بسته خوراکی
وزن(g)	۱۰۰	۳۰۰
حجم(m^3)	.۰۰۰۱	.۰۰۲۵

Archive of SID

www.SID.ir

حال، به تقاضای فازی مناطق آسیب‌دیده و کمک های دولتی و مردمی می‌پردازیم. تابع عضویت تقاضا را در شکل ۲ رسم می‌کنیم.



شکل ۲- تابع عضویت تقاضا

جدول ۴ و ۵ مربوط به پارامترهای تقاضای فازی $\tilde{\mathrm{Dem}}_{\mathrm{dj}} = [\tilde{\mathrm{Dem}}^{\mathrm{l}}_{\mathrm{dj}}, \tilde{\mathrm{Dem}}^{\mathrm{u}}_{\mathrm{dj}})$ است. تابع عضویت پارامتر تقاضای فازی به صورت زیر تعریف شده است:

$$\mu(\tilde{\mathrm{Dem}}_{\mathrm{dj}}) = {(\tilde{\mathrm{Dem}}^{\mathrm{u}}_{\mathrm{dj}} - \tilde{\mathrm{Dem}}_{\mathrm{dj}})}/{(\tilde{\mathrm{Dem}}^{\mathrm{u}}_{\mathrm{dj}} - \tilde{\mathrm{Dem}}^{\mathrm{l}}_{\mathrm{dj}})}, \qquad \forall \mathrm{d}, \mathrm{j}$$

وارون تابع عضویت بصورت زیر است:

$$\tilde{\mathrm{Dem}}_{\mathrm{dj}} = \tilde{\mathrm{Dem}}^{\mathrm{u}}_{\mathrm{dj}} - \mu(\tilde{\mathrm{Dem}}_{\mathrm{dj}})(\tilde{\mathrm{Dem}}^{\mathrm{u}}_{\mathrm{dj}} - \tilde{\mathrm{Dem}}^{\mathrm{l}}_{\mathrm{dj}}), \qquad \forall \mathrm{d}, \mathrm{j}$$

جدول ۴- اطلاعات پارامتر تقاضا

D^u	j=1	j=2
d=1	2700000	1350000
d=2	2280000	1140000
D^l	j=1	j=2
d=1	900000	450000
d=2	760000	380000
$D^u - D^l$	j=1	j=2
d=1	1800000	900000
d=2	1520000	760000

جدول شماره ۵ از جدول ۴ و با استفاده از رابطه‌ی بالا بدست می‌آید که در آن، $t = \mu(\tilde{\mathrm{Dem}}_{\mathrm{dr}})$.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۵- مقدار پارامتر تقاضا با توجه به درجه عضویت

	j=1	j=2
d=1	2700000 – t(1800000)	1350000 – t(900000)
d=2	2280000 – t(1520000)	1140000 – t(760000)
Dem(t= .3)	j=1	j=2
d=1	2160000	1080000
d=2	1824000	912000
Dem(t= .5)	j=1	j=2
d=1	1800000	900000
d=2	1520000	760000
Dem(t= .9)	j=1	j=2
d=1	1080000	540000
d=2	912000	456000

جدول۵ مربوط به پارامتر فازی عرضه $\widetilde{O_{lj}} = [\widetilde{O_{lj}^{l}}, \widetilde{O_{lj}^{u}})$ دولتی کالاهای امدادی است. تابع عضویت پارامترکالاهای امدادی عرضه شده دولتی به صورت زیر تعریف شده است:

$$\mu(\widetilde{O_{lj}}) = \left.(\widetilde{O_{lj}^{u}} - \widetilde{O_{lj}})\right/\left(\widetilde{O_{lj}^{u}} - \widetilde{O_{lj}^{l}}\right), \qquad \forall l\epsilon U,\ j\epsilon P.$$

وارون تابع عضویت بالا بصورت زیر است:

$$\widetilde{O_{lj}} = \widetilde{O_{lj}^{u}} - \mu(\widetilde{O_{lj}})\left(\widetilde{O_{lj}^{u}} - \widetilde{O_{lj}^{l}}\right)$$

تابع عضویت پارامتر کمک‌های مردمی نیز، به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\mu(\widetilde{P_{lj}}) = \left.(\widetilde{P_{lj}^{u}} - \widetilde{P_{lj}})\right/\left(\widetilde{P_{lj}^{u}} - \widetilde{P_{lj}^{l}}\right), \qquad \forall l\epsilon U,\ j\epsilon P.$$

وارون تابع عضویت فوق بصورت زیر است:

$$\widetilde{P_{lj}} = \widetilde{P_{lj}^{u}} - \mu(\widetilde{P_{lj}})\left(\widetilde{P_{lj}^{u}} - \widetilde{P_{lj}^{l}}\right), \qquad \forall l\epsilon U,\ j\epsilon P.$$

حال از آن‌جای که در این پژوهش، مساله مکان‌یابی مطرح است و از آن‌جایی‌که ما نمی‌دانیم که چه تعداد از مراکز نامزد برای کمک‌رسانی بشر دوستانه کالاهای امدادی فعال می‌شوند، لذا نمی‌توانیم همانند تقاضای نقاط آسیب‌دیده جدول بسازیم، زیرا مراکز نامزدیی که فعال می‌شوند، مشخص نیستند. پس بازه‌های فازی شامل حالت‌های خوش‌بینانه و بدبینانه برای کمک‌های دولتی و مردمی را در جدول‌های ۶ و ۷ تعیین می‌کنیم.

جدول ۶- پارامترهای کمک‌های دولتی و کالاهای امدادی

کالای امدادی (کمک دولتی)	O^{L}	O^{U}

Archive of SID

www.SID.ir

بطری آب	3255000	4345000
بسته خوراکی	1752000	3450000

جدول ۷- پارامترهای کمک‌های مردمی و کالاهای امدادی

کالای امدادی (کمک مردمی)	P^L	P^U
بطری آب	1325000	2451000
بسته خوراکی	585000	1650000

از آن‌جا که نرم افزار لینگو قابلیت حل مدل‌های دو هدفه را ندارد. برای حل این مثال ارایه از روش min-max استفاده می‌کنیم. یعنی مدل برای هر یک از هدف‌ها را حل می‌کنیم و با استفاده از جواب‌های بهینه بدست آمده، از روش مکس- مین استفاده می‌کنیم و جواب بهینه برای دو هدف را به طور هم‌زمان بدست می‌آوریم. نکته قابل توجه دیگر زمان حل مورد نیاز برای مدل توسط نرم‌افزار لینگو است. با اضافه کردن تنها یک نقطه تقاضا یا تعداد وسایل نقلیه مورد نیاز، به این نمونه، Lingo پس ازگذشت چند ساعت هم قادر به جواب مساله نبود و این حاکی از پیچیدگی بالای مساله است و نیاز به استفاده از الگوریتم فراابتکاری را نشان می‌دهد. در جدول ۸ مقادیر پارامتر کمک های دولتی و مردمی قابل مشاهده است.

جدول ۸- مقدار پارامتر کمک‌های دولتی و مردمی با توجه به درجه عضویت ($t = \mu(\widetilde{P_j}) = \mu(\widetilde{O_j})$)

	j=1	j=2
Or=1	4345000 – t(1090000)	3450000 – t(1698000)
Pe=2	2451000 – t(1126000)	1650000 – t(1065000)
(t= .3)	j=1	j=2
Or=1	4018000	2940600
Pe=2	2113200	1330500
(t= .5)	j=1	j=2
Or=1	3800000	2601000
Pe=2	1888000	1117500
(t= .9)	j=1	j=2
Or=1	3364000	1921800
Pe=2	1437600	691500

جدول ۹- مرتبط با جواب مساله و ارزیابی مدل

LINGO			NSGA		
μ	f1	f2	nps	f1	f2
t=.3	12279	4260000	42	[7368,12368]	[5403500,4378600]
t=.5	12361	3260000	30	[7256, 12451]	[4598213, 3285321]
t=.9	12358	1268000	35	[6358, 1278]	[2456872, 1285320]

در مثال ی که با lingo جواب شده است، اولویت با تابع هدف دوم بوده است، زیرا خواستیم که حداکثر تقاضاهایی را که مراکز کمک‌رسانی (با توجه به محدودیت‌های وسایل نقلیه، زمان کاری و ...) برآورده نمی‌سازند، بدانیم. از آن‌جا که دو هدف با هم رابطه ی وارونه دارند (این مطلب در مثال جواب شده به وسیله الگوریتم ژنتیک به طور کامل صدق می‌کند)، بازه بدست آمده

Archive of SID
www.SID.ir

برای توابع هدف اول و دوم و هم‌چنین تعداد نقاط نامغلوبی که از جواب مثال توسط الگوریتم NSGAI پیشنهادی بدست آمده، موید کارآمدی هر چه بهتر این الگوریتم است. از آن‌جا که الگوریتم‌های فراابتکاری ماهیت تصادفی دارند، استفاده از یک مجموعه پارامتر در مسایل مختلف عموماً جواب‌های متفاوتی تولید می‌کند. بر این اساس، تنظیم پارامترهای الگوریتم برای جواب مساله مشخص از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

به منظور انتخاب مقادیر مناسب برای پارامترهای الگوریتم‌های ژنتیک، آزمایشات گسترده‌ای انجام شدند. برای قضاوت در مورد انتخاب پارامترهای خوب از یک مجموعه از مقادیر، دو معیار در نظرگرفته شدند، یکی تعداد جواب‌های بهینه پارتو و دیگری زمان پردازش مورد نیاز درکامپیوتر. این دو معیار در تعارض با یکدیگر هستند، چون به عنوان مثال، با افزایش تعداد جمعیت در الگوریتم ژنتیک می‌توان به جواب بهتری دست یافت که این امر سبب افزایش زمان اجرای الگوریتم مخصوصاً برای مسایل بزرگ می‌شود. حال مسایل متعددی با اندازه‌های مختلف را با استفاده از الگوریتم ژنتیک حل کرده‌ایم و نتایج را در یک جدول آورده‌ایم. پس از آن نمودارهای مرتبط با جواب‌های بدست آمده برای مساله را نیز رسم کرده‌ایم.

تنظیم پارامترها

کارایی الگوریتم‌های فراابتکاری ارتباط مستقیمی با تنظیم پارامترها و عملگرهای آن دارد به طوری که انتخاب نادرست پارامترهای یک الگوریتم فراابتکاری کارا، موجب ناکارآمدی آن خواهد شد. بدین منظور، برای تنظیم پارامترهای یک الگوریتم روش‌های متنوعی وجود دارد از جمله طراحی آزمایشات تاگوچی. اکثر این روشها تجربی هستند. ما در این پژوهش با توجه به طراحی مسایلی در ابعاد مختلف، برای هر دسته از مسایل بگونه‌ای پارامترها را تنظیم کرده‌ایم که با توجه به معیارهای ارزیابی عملکرد الگوریتم نزدیک‌ترین مرز به مرز پارتوی بهینه را بدست آوریم. برای رسیدن به این هدف، ما مقدارهای مختلفی از پارامترها را برای هردسته ازمسایل مورد آزمایش قرار دادیم و نتایج بدست آمده از این مقادیر را با هم مقایسه کردیم تا یک تنظیم تجربی خوب از پارامترهای الگوریتم برای هر دسته از مسایل داشته باشیم. که در جدول ۱۰ یک گزارش تجربی از تنظیم پارامترهای الگوریتم را مشاهده می‌کنید.

جدول۱۰- تنظیم پارامترهای الگوریتم

سایز مسایل	ضریب عملگر تقاطع	ضریب عملگر جهش	اندازه جمعیت اولیه	تعداد تکرار
Small	0.95	0.05	200	80
Medium	0.95	0.05	150	50
Large	0.95	0.06	50	10

تولید مسایل نمونه

برای تنظیم پارامترهای الگوریتم و هم‌چنین مقایسه کارایی الگوریتم پیشنهادی با سایر الگوریتم‌ها ایجاد مسایل نمونه ضروری بوده است از اینرو، باید مسایل نمونه را به گونه‌ای تولید کنیم که فضای جواب مساله BPMSP در ابعاد مختلف به خوبی تحت پوشش قرار گیرند. به همین دلیل، ما سه دسته مسایل در ابعاد (کوچک- متوسط- بزرگ) را مطابق با جدول‌های ۱۱ و ۱۲ پارامترهای هر مساله را که شامل(تعداد مراکز نامزد، تعداد نقاط آسیب‌دیده، تعداد تنوع کالاهای امدادی مورد نیاز و تعداد تنوع وسایل حمل و نقل کالاهای امدادی و ...) بصورت تصادفی با توزیع یکنواخت گسسته تعیین کردیم. و در جدول ۱۳ مسائل نمونه را با الگوریتم مورد نظر انجام داده‌ایم.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱۱- شامل سایز مسایل و اطلاعات پارامترهای مربوط به آن

اندازه‌ی مسایل	بازه‌های پارامترها، بسته به سایز				
	I	L	J	H	K
S	[1 5]	[1 3]	[1 3]	[1 4]	[1 3]
M	[5 10]	[3 7]	[3 5]	[4 5]	[3 5]
L	[10 …]	[8 …]	[6 …]	[6 …]	[5 …]

جدول ۱۲ اطلاعات مربوط به پارامترهای مسایل نمونه

پارامترها	بازه‌ی پارامترها
D_{ij}	[15000 50000]
V_h	[50 150] m^3
Q_h	[15000 30000] kg
W_j	[100 500] g
V_j	[.0001 .0025] m^3
a_{jh}	[.001 .01] min
S_{lj}	[1000000 3000000]

جدول ۱۳ تنظیم مسایل نمونه و جواب آنها با الگوریتم NSGAll

	اندازه‌ی مسایل						NSGAll			
	L	I	H	K	J	SIZE	Cpu time	NPS	SNS	RAS
1	2	2	4	2	2	S	96.1607	13	335.8447	31.6913
2	2	3	4	2	3	S	116.3641	16	376.1543	31.2808
3	2	4	4	3	3	S	142.9444	16	421.9624	33.1085
4	3	5	4	3	3	S	160.1425	10	498.6830	31.2705
5	4	8	4	3	5	M	419.0915	21	851.52	45.4110
6	5	10	4	3	5	M	605.6081	23	1.0570e+03	95.2346
7	7	10	4	3	5	M	1.4194e+03	15	1.0023e+03	38.1048
8	8	12	4	3	6	L	83.0241	10	1.1489e+03	45.5281
9	8	14	4	3	6	L	148.6112	16	1.3258e+03	70.7109
10	10	14	4	3	6	L	182.1533	9	1.2668e+03	37.7109
11	10	17	4	3	6	L	266.9647	12	1.4219e+03	48.66

Archive of SID

www.SID.ir

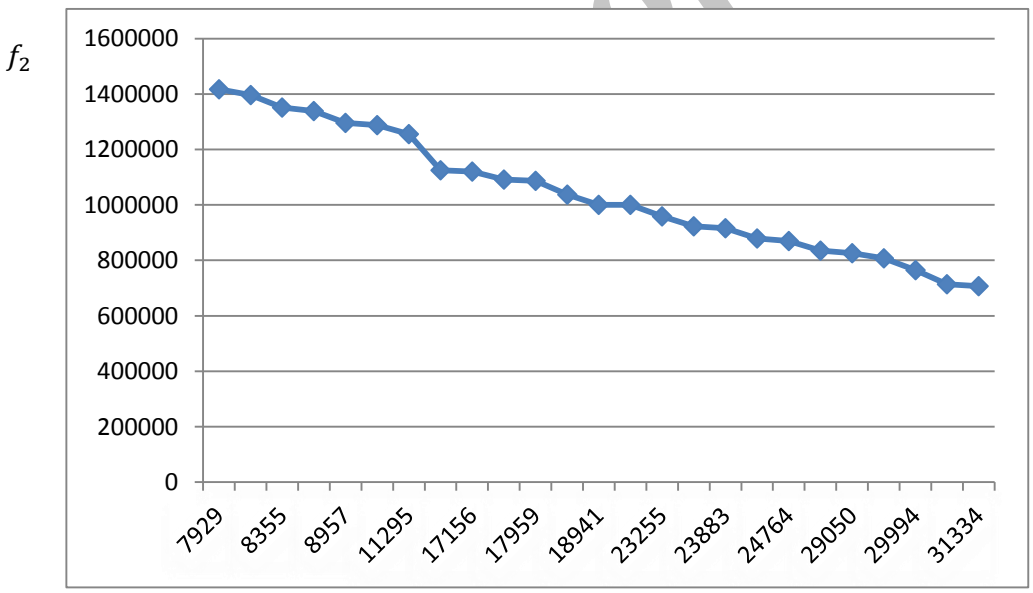
12	10	20	4	3	6	L	598.5029	16	1.6131e+03	64.42

از آن‌جای که افزایش تعداد پارامترهای مساله، سبب بزرگ‌تر شدن ابعاد مساله می‌شود لذا اجرای برنامه مورد نظر، نیاز به رایانه‌های پرسرعت‌تری داشت و از این‌رو، با اضافه شدن ابعاد مساله، از تعداد تکرارهای مساله را کاهش دادیم تا جواب مورد نظر در زمان متعارفی بدست آید.

جدول ۱۴ و نمودار ۳ حل مسئله در سایز Medium را نشان می دهد. در نمودار رابطه عکسی که اهداف باهم دارند مشخص است.

جدول ۱۴ تنظیم مسایل نمونه و جواب آنها با الگوریتم NSGAII

L	I	H	K	J	SIZE
4	8	4	3	5	M



نمودار۳ حل مساله در سایز متوسط

جمع بندی

www.SID.ir

در این قسمت، ابتدا چند معیار برای عملکرد الگوریتم فراابتکاری با ساختار NSGAII را برای مساله مد نظر بیان کردیم و با طراحی مسایل نمونه و اجرای آنان توسط الگوریتم پیشنهادی به ازای پارامترهای مختلف به تنظیم تجربی پارامترهای الگوریتم پرداختیم. مشاهده شد که برای مسایلی در ابعاد بسیار کوچک، می‌توان از برنامه‌های lingo استفاده کرد و جواب‌های قابل قبولی بدست آورد. ولی وقتی در ابعاد مساله تغییر کوچکی ایجاد شود، دیگر lingo قادر به جواب مساله نمی‌شود. لذا، بر آن شدیم تا الگوریتمی هوشمند در رابطه با مدل، که کارایی آن در ابعاد کوچک بسیار نزدیک به جواب به روش lingo است، فراهم سازیم. در جدولی که در انتهای فصل از مثال‌های متنوعی که در ابعاد متفاوتی تدارک دیدیم، مشاهده شد که جواب‌های قابل قبولی با توجه به میزان نقاط نامغلوب و میزان زمان برای پردازش مسایل بدست آمده‌اند، این نشانگرکارا بودن الگوریتم پیشنهادی برای مدل، در این پژوهش است.

نتیجه گیری

در این پژوهش، یک مدل برای برنامه‌ریزی لجستیک عملیات امدادرسانی پیشنهاد شد. در این مدل پیشنهادی، دو هدف دنبال شد. هدف اول، کمینه‌سازی مجموع دوره زمانی حمل و نقل کالاهای امدادی ازمراکز بشردوستانه به مناطق آسیب دیده از برپایی این مراکز تا آخرین دوره حمل و نقل و هدف دوم، کمینه‌سازی تقاضای پوشش داده نشده مناطق آسیب‌دیده است. این دو هدف در تناقض با یکدیگر هستند. زیرا هدف اول در پی کم کردن دوره حمل و نقل و هدف دوم برای پوشش حداکثری درمناطق آسیب‌دیده نیازمند بیشترین حمل و نقلی است که وسایل نقلیه برای حمل کالاهای امدادی انجام می‌دهند.

سپس، مدلی چند کالایی، با پارامتر تقاضای فازی ارایه کردیم و کمک‌های داوطلبانه مردمی و پشتیبانی دولت از طریق عرضه کالای امدادی را به صورت پارامترهای فازی در نظر گرفتیم. هم‌چنین، پارامترهای دیگری را به طور کلی در فصل سوم مطرح کردیم. به وضوح، این مساله از نوع مسایل با پیچیدگی NP HARD است و حل آن به ویژه در اندازه‌های متوسط و بزرگ، با روش‌های سنتی و دقیق امکان پذیر نیست. از این‌رو در پژوهش حاضر یک روش ابتکاری تلفیقی نوین برای جواب این مساله طراحی کردیم که نتایج حاصل از اجرای آن، چه از لحاظ کیفیت جواب ها و چه از لحاظ مدت زمان جواب، در مقایسه با جواب های بدست آمده از نرم افزار Lingo مطلوب بوده‌اند (البته در مسایلی با ابعاد کوچک). از آن‌جای که مساله‌ها با ابعاد بزرگ با روش‌های دقیق شمارشی مثل اپسیلون در محدودیت قابل حل نیستند از این‌رو برآن شدیم که از یک الگوریتم فراابتکاری با ساختار NSGAII استفاده کنیم. برای بررسی و مقایسه بهتر عملکرد الگوریتم‌های پیشنهادی سه دسته مسایل نمونه در ابعاد کوچک، متوسط وبزرگ را طراحی کردیم. و برای هر دسته از مسایل با توجه به طراحی آزمایشات مختلف، به صورت تجربی به تنظیم پارامترهای الگوریتم NSGAII پرداختیم.

در تجزیه و تحلیل عملکرد الگوریتم‌های پیشنهادی با توجه به معیارهای ارزیابی، جواب‌هایی بهینه یا نزدیک به مرز بهینه را در زمان محاسباتی معقول نسبت به الگوریتم NSGAII مشاهده کردیم.

پیشنهادها

بطور کلی، پیشنهادها برای پژوهش‌های آتی را می‌توان از چند جنبه تحلیل و بررسی کرد.

- ✓ **بهبود الگوریتم**

برای بهبود در کیفیت و تنوع جواب‌های پارتو و زمان محاسباتی الگوریتم پیشنهادی می‌توان با بکارگیری یک الگوریتم جستجوی موضعی عملکرد الگوریتم NSGAII پیشنهادی را تا حد مطلوبی افزایش داد، یا با تغییر در عملگرهای الگوریتم کارایی بهتری را بدست آورد.

- ✓ **استفاده از الگوریتم‌های ابتکاری**

برای ایجاد جمعیت اولیه در الگوریتم فراابتکاری پیشنهادی، می‌توان با به‌کارگیری الگوریتم‌های ابتکاری دیگر، جمعیت اولیه بهتری را ایجاد کرد و باعث بهبود عملکرد الگوریتم شد.

Archive of SID
www.SID.ir

برخی از روش‌های گسترش پژوهش

- تلفیق هزینه و زمان در کنار هم، که شامل هزینه‌ی برپایی مراکز و هم‌چنین هزینه‌ی حمل و نقل انواع وسایل نقلیه با توجه به مسافت و نوع وسیله مورد نظر و هم‌چنین مقدار بار حمل شده تا مناطق آسیب‌دیده باشد.
- در نظرگیری احتمال خرابی برای وسایل حمل و نقل کالاهای امدادی.
- در نظر گرفتن کمینه‌سازی تعداد عوامل موثر برای برپایی مراکز بشردوستانه.

منابع

[۱] دکتر محمد جواد اصغرپور، تصمیم گیری‌های چند معیاره، موسسه انتشارات دانشگاه تهران، چاپ نهم ، سال ۱۳۹۰، ۳۵-۷۰.
[2] Universite catholique de Louvain , EM-DAT: THE OFDA/CRED International disaster Database EM-DAT, 11.08, Brussele, Belgium, (2010) 32-41.
[3] ISDR, Disaster statistics 1991-2005: disaster occurrence- Trends century ,International Strategy for Disaster Reduction (ISDR), Geneva, Switzerland, 2006 (accessed Octobr 3, 2010).
[4] http://www.csr.ir/Pdf/Issues443/whole.modirian&bohran.4%20_black_.pdf
[5]A.S. Thomas and L.R. Kopczak, (Eds.), From Logistics to Supply Chain Management: the Path Forward in the Humanitarian Sector, Fritz Institute, San Francisco, CA, 2005.
[6] L.N. Van Wassenhove, Humanitarian aid logistic: supply chain management in high gear, J. Oper. Res. Soc. 57 (2006) 475-489.
[7] R. Tomasini and L.N Wassenhove, Humanitarian Logistics, Palgrave Macmillan, Basingstoke, Hampshiro, 2009.
[8] B. Balcik, B.M. Beamon, C.C. Kerjci, K.M. Muramatsa and M. Ramirez, Coordination in humanitarian relief chains, Int . J. Prod. Econ. 126 (2010) 22-34.
[9] A. Weber Uber den standort der industrien , Tubingen theory of the location of industries university of Chicago press (1909).
[10] S.L. Hakimi. Optimum locations of switching centers and the absolute centers and median of a graph, Operational Research. 12 (1964) 450-459.
[11]M. Zafaranieh , H.T. Kakhki,J. Birimberg , G.O. Wesolowski , A Bass algoritme for the single facility location problem in two regions with different norms , Europen journal of operational research, 190(1) (2008) 79-89.
[12] J.J.S.Rodriguez, C.G. Garcia, J.M. Perez, E.M. Casermeiro, A general model for the undesirable single facility location problem, Operational Research Letters 32 (2004) 427-436.
[13] M.L. Brandeau, S.S. Chio , An overview of representative problems in location research, Manegment science 35 (1989) 74-645.
[14] F. Louveaux, Stochastic location analysis, Location science, 1 (1993) 54-127.
[15] L.V. Snyder, Facility location under uncertainty: a review , IIE Transportation 38 (2006) 54-537.
[16] R. Logendran M.P.Terrell , Uncapacitated plant location-allocation problem with price sensitive stochastic demands. Computer and Operation Research 15 (1988) 189-198.
[17] F.V. Louveaux , D. Peeters, A dual-based procedure for stochastic facility location ,Operation Research. 40 (1992) 73-564.
[18] J. Zhou, B. Liu. New stochastic models for capacitated locatin-allocation problem Computer and Industrial Engineering 45 (2003) 111-125.
[19] L. Cooper, Heuristic methods for location-allocation problems, Siam Reviews 6(1) (1964) 37-53.
[20] A.T. Murray, R.L. Church,. Applying simulated annealing to location-planning models, Journal of Heuristics 2 (1996) 31-53.

Archive of SID

www.SID.ir

[21] J. Brimberg, N. Mladenovic,.Solving the Continues location-allocation problem with tabu search , studies of Locational Annals 8 (1996) 23-32.
[22] A.T. Ernst , M. Krishnamoorthy , Solution algorithms for the capacitated single allocation hub location problems, Annals of Operation Research 86 (1999) 141-159.
[23] D. Gong, M. Gen, G. Yamazaki, W. Xu, Hybrid evolutionary method for capacitated location-allocation problem , Computer and Industrial engineering 33 (1997) 577-580.
[24] B. Balcik and B. Beamon .M,CC. Krejci ,KM. Muramatsu ,M. Ramirez Coordination in humanitarian relief chains: practices , challenges and opportunities. Interna - tional Journal of Production Economics: 126 (2010) 22–34.
[25] LE. Torre , S. DolinskayaI , KR. Smilowitz Disaster relief routing: integrating Research and practice.Socio-Economic Planning Sciences ; 46:(2012) 88–97.
[26] H. Jia , F. Ordóñez , M. Dessouky Solution approaches for facility location of medical supplies for large-scale emergencies. Computers & Industrial Engineering 52: (2007) 76–257.
[27] Yi W,A. Kumar Ant colony optimization for disaster relief operations. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review 43 (2007) 72-660.
[28] J-B. Sheu . An emergency logistics distribution approach for quick response to urgent relief demand in disasters. Transportation Research Part E:Logistics and Transportation Review 43 (2007) 687–709.
[29] B. Balcik ,BM. Beamon , K. Smilowitz Last mile distribution in humanitarian relief. Journal of Intelligent Transportation Systems; 12 (2008) 51–63.
[30] Z. Naji- Azimi, J. Renaud , A. Ruiz , M. Salari A covering tour approach to the location of satellite distribution centers to supply humanitarian aid. European Journal of Operational Research 222(3) (2012) 596–605.
[31] CG. Rawls, MA. Turnquist Pre-positioning planning for emergency response with service quality constraints. OR Spectrum 33 (2011) 98-481.
[32] CG. Rawls ,MA. Turnquist Pre-positioning and dynamic delivery for short-term Response following a natural disaster. Socio-Economic Planning Sciences 46 (2012) 46–54.
[33] P. Murali , F. Ordóñez , M. Dessouky, Facility location under demand uncertainty: response toalarge-scalebio- terrorattack. Socio-Economic Planning Sciences 46 (2012) 78–87.
[34] B. Vitoriano, MT. Ortuño, G. Tirado, J. Montero. A multi-criteria optimization model for humanitarian aid distribution. Journal of Global Optimization 51 (2011) 189–208.
[35] Yi W, L. Özdamar A dynamic logistics coordination model for evacuation and support in disaster response activities. European Journal of Operational Research 179 (2007) 93-1177.
[36] M. Dessouky ,F. Ordóñez, H. Jia, Z. Shen. Rapid distribution of medical supplies. In: HallR, editor. Delay management in health care systems. NewYork, Springer; 51 (2006), pp. 38-309.
[37] G. Kovács , KM. Spens Humanitarian logistics in disaster relief operations. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management; 37 (2007) 99–114.
[38] H. Min , V. Jayaraman , R. Srivastava Combined location– routing problems: a synthesis and future research directions. European Journal of Operational Research 108 (1998) 1–15.
[39] GH. Tzeng, HJ. Cheng, TD. Huang . Multi-objective optimal planning for designing relief delivery systems. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review 43 (2007) 86-673.
[40] CC. Chern, YL. Chen, LC. Kung A heuristic relief transportation planning algorithm for emergency supply chain management. International Journal of Computer Mathematics 14 (2009) 1–27.
[41] PC. Nolz , KF. Doerner , WJ. Gutjahr , RF. Hartl , A bi-objective meta heuristic for disaster relief operations planning. In: Coello CA, etal., editors. Advance in multi – objective nature inspired computing. Berlin, Heidelberg: Springer- Verlag 21 (2010), pp 87-167.
[42] B. Vitoriano, MT. Ortuño, G. Tirado, J. Montero. A multi-criteria optimization model for humanitarian aid distribution. Journal of Global Optimization 51 (2011) 189–208.
[43] K. Eshghi and M. Najafi , A logistics planning model to Improve the response phase of earthquake, International Journal of Industrial Engineering & Production Management 52 (2013) 47-101.
[44] A. Afshar and A. Haghani, Modeling integrated supply chain logistic in real – time large-scale disaster relief operation, Social-Economic Planning Sciences 46 (2012) 327-338.

Archive of SID

www.SID.ir