فصلنامه مهندسی حمل و نقل، دوره ۱۲، شماره ٤، تابستان ۱٤۰۰، ص. ۸۵۳-۸۳۳
مقاله علمی-پژوهشی

ارائه مدل بهینه‌سازی استوار پویا برای مساله مسیریابی-زمانبندی در لجستیک بشردوستانه و حل آن با استفاده از الگوریتم فراابتکاری گروه‌بندی (مطالعه موردی: زلزله تهران)

ملیحه خورسی دامغانی، دانشجوی دکتری، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
سید کمال چهارسوقی (مسئول مکاتبات)، استاد، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
Email: skch@modares.ac.ir
علی حسین‌زاده کاشان، استادیار، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
علی بزرگی امیری، استادیار، گروه مهندسی صنایع، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰٦/۳۱

چکیده

هر ساله بحران‌های طبیعی مختلف، تعداد زیادی از افراد سراسر دنیا را تحت تاثیر خود قرار می‌دهند. بعد از وقوع یک بحران، ارسال منابع امدادی از طریق لجستیک امداد سریع و کارا مهم‌ترین اقدام برای کاهش درد و رنج افراد تحت تاثیر است. سرعت و کارایی برنامه‌های امدادی به توانایی لجستیک در تهیه، دریافت، انتقال و توزیع موجودی‌ها به مناطق آسیب‌پذیر بستگی دارد. تصمیم‌گیری در زمان وقوع بحران معمولاً بر اساس تجربه صورت می‌گیرد. از اینرو، فراهم کردن یک ابزار کارآمد برای مدیریت عملیات‌های بشردوستانه مهم است. در این مقاله دوتا از اصلی‌ترین تصمیمات لجستیکی در زمان وقوع بحران، یعنی مسیریابی و زمانبندی وسایل نقلیه برای توزیع منابع به نقاط آسیب‌دیده مورد توجه قرار گرفته است. برای این منظور یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی پویا، چند کالایی، چند انبار، چند سفره تحت شرایط عدم قطعیت توسعه داده شده است که همزمان چندین ویژگی مهم مسائل دنیای واقعی را دربر می‌گیرد. برنامه‌ریزی چند دوره‌ای استفاده شده این امکان را برای برنامه‌ریزان فراهم می‌کند که در صورت هر گونه تغییر در پارامترها، برنامه‌های لجستیکی را با در نظر گرفتن وقایع جدید و اقدامات انجام شده قبلی به‌هنگام نموده و بر کارایی برنامه‌ریزی‌های انجام شده بیافزاید. در نتیجه پیچیدگی مدل بیان شده، یک الگوریتم فراابتکاری گروه‌بندی برای حل مساله بیان شده و برای نخستین بار مساله از دیدگاه گروه‌بندی دیده می‌شود. برای ارزیابی درست‌نمایی و کارایی مدل ارائه شده، مطالعه موردی از کلان‌شهر تهران ارائه شده است. یافته‌ها، کاربردی بودن مدل بیان شده را برای حل مسائل واقعی نشان می‌دهند.

واژگان کلیدی: لجستیک بشردوستانه، مساله مسیریابی-زمانبندی، الگوریتم فراابتکاری مبتنی بر استراتژی‌های تکامل گروه‌بندی

۱. مقدمه

بحران‌های[1] طبیعی به عنوان حوادث غیرمنتظره، تلفات بیشمار و خسارت‌های اقتصادی سنگینی را ایجاد می‌کنند. با توجه به گزارش پایگاه داده حوادث اضطراری[2] (EM-DAT) که دربرگیرنده داده‌های مربوط به وقوع و پیامدهای بحران‌ها از سال ۱۹۰۰ تا کنون است، بین سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱٦ به طور متوسط در هر سال ۳٥٤ بحران طبیعی رخ داده است که در نتیجه آن حدود ٦۸۰۰۰ نفر مرده، ۲۰۰ میلیون نفر آسیب‌دیده و ۱٥۳ بیلیون دلار خسارت اقتصادی ایجاد شده است [Centre for Research on the Epidemiology of Disasters CRED, 2016]. بنابراین برنامه‌ریزی برای کاهش اثرات مخرب این بحران‌ها به اصلی‌ترین مسائل مدیران سازمان‌های مربوط تبدیل شده است. با وجود نیاز به ابزارهای کمک در تصمیم‌گیری، تصمیم‌گیران سازمان‌های بشردوستانه اغلب تصمیمات غیربهینه مبتنی بر درک خود و تجربیات گذشته اتخاذ می نمایند [Institute, 2005]. تصمیم‌گیری‌های ناکارآمد ما را برآن داشته که یک ابزار قوی برای کمک به تصمیم‌گیران ارائه نماییم.

عملیات‌های مربوط به مدیریت بحران که قبل، در حین و بعد از بحران اجرا می‌شوند چهار مرحله متوالی تسکین، آمادگی، پاسخ و بازیابی را شامل می‌شوند. یکی از مهم‌ترین مسائل در فاز پاسخ به بحران، لجستیک منابع امدادی است. لجستیک امداد[3] یا لجستیک بشردوستانه[4] به عنوان "فرآیند برنامه‌ریزی، اجرا و کنترل حمل و ذخیره‌سازی کالاها و منابع از نقطه مبدأ به مقصد با هدف کاهش رنج افراد آسیب‌دیده" تعریف می‌شود [Thomas & Kopczak, 2005].

بعد از وقوع بحران و ارزیابی خسارت‌های ایجاد شده، شبکه حمل و نقل برای توزیع کالاهای امدادی به نقاط تقاضا طراحی می‌شود. سپس منابع مورد نیاز از مجموعه مراکز توزیع که قبلا فعال شده‌اند به مجموعه نقاط تقاضا که در منطقه آسیب‌دیده پراکنده شده‌اند، توزیع می‌شوند. با وجود اینکه شباهت‌هایی میان لجستیک بشردوستانه و لجستیک تجاری وجود دارد، شرایط بعد از بحران شرایط منحصربفردی را تحمیل می‌کند که این دو مساله را متمایز می‌سازد. همان‌طور که بالسیک و همکارانش در سال ۲۰۰۸ بیان کردند این ویژگی‌ها شامل دسترسی محدود به منابع ضروری، فقدان اطلاعات کامل، ریسک بالای تاخیر در توزیع منابع، زیرساخت‌های ارتباطی و حمل و نقل آسیب‌دیده، ساختار موقتی شبکه امدادرسانی که بعد از وقوع بحران‌ها برپا می‌شود و اهداف بشردوستانه می‌شوند [Balcik, Beamon, & Smilowitz, 2008]. واضح است که لجستیک بشردوستانه چندین مساله بهینه‌سازی مثل مکان‌یابی، تخصیص، زمانبندی و مسیریابی را دربر می‌گیرد. تمرکز این مقاله بر روی مساله مسیریابی و زمانبندی وسیله نقلیه است. تحقیق در زمینه مسیریابی–زمانبندی امداد بحران به عنوان یکی از اصلی‌ترین تصمیمات لجستیکی، می‌تواند سهم مهمی در حمایت از فعالیت‌های آژانس‌های امدادی در تصمیم‌های عملیاتی‌شان و کمک به حفظ جان افراد داشته باشد. این تصمیمات اغلب به صورت آنی اتخاذ می‌شوند که منجر به ناکارآمدی استفاده از منابع، پاسخ کند و توزیع نامناسب یا غیرمنصفانه منابع می‌شود [M. Huang, Smilowitz, & Balcik, 2012].

در مساله درنظر گرفته شده، وسایل نقلیه می‌توانند از چندین مرکز توزیع برای ارسال منابع عازم شده و ممکن است چندین سفر[5] را طی کنند و محدودیت‌های مربوط به ظرفیت وسیله نقلیه، طول سفر و ... با هدف حداقل کردن زمان رسیدن به نقاط تقاضا برای تحویل منابع مورد نیاز در مناطق آسیب‌دیده، برآورده می‌شوند. همان‌طور که اطلاعات تکمیلی در دسترس قرار می‌گیرند، تصمیم‌ها روی یک افق برنامه‌ریزی چند دوره‌ای به‌هنگام می‌شوند. ویژگی‌ها و محدودیت‌های لحاظ شده، مدل

را برای مواجهه با چالش‌ها در شرایط بحران مناسب می‌سازد. برای مثال برخلاف اغلب تحقیقات انجام شده، که در آنها همه اطلاعات راجع به تقاضا، تامین و ساختار شبکه از پیش مشخص بوده و بدون تغییر باقی می‌مانند، این تحقیق بی‌ثباتی محیط عملیاتی بعد از بحران‌ها را لحاظ کرده و به منظور واقعی‌سازی مدل، فرض عدم‌قطعیت و پویایی داده‌های ورودی را درنظر می‌گیرد. در این رویکرد امکان به‌هنگام‌سازی برنامه در دفعات متعدد وجود دارد. به عبارتی مرکز مدیریت بحران می‌تواند در ابتدای واکنش با استفاده از تخمین‌های اولیه انجام شده، برنامه‌ریزی را انجام و برای اجرا ابلاغ نماید. سپس با بررسی بیشتر و دریافت اطلاعات از مراکز رابط اطلاعات مستقر شده، تخمین‌های انجام شده را به‌هنگام‌سازی کرده و برنامه‌ریزی‌های انجام شده را متناسب با اطلاعات جدید و اقدامات انجام شده قبلی به‌هنگام نماید. بنابراین در صورت وقوع هر رویداد جدید در شبکه، نظیر افزایش یا کاهش در تقاضا، افزایش یا کاهش ظرفیت‌ها، تغییر در شبکه به دلایلی نظیر انسداد راه‌ها، ترافیک راه‌ها و غیره، مرکز مدیریت بحران می‌تواند برنامه‌های لجستیکی را با در نظر گرفتن وقایع جدید و اقدامات انجام شده قبلی به‌هنگام نموده و بر کارایی برنامه‌ریزی‌های انجام شده بیافزاید. همچنین در شرایط توزیع نهایی منابع باتوجه به اینکه اندازه ناوگان کوچک بوده و یا زمان برنامه‌ریزی بیشتر از زمان مسیر طی شده توسط وسیله نقلیه است، این امکان برای ناوگان وسایل نقلیه وجود دارد که چندین سفر را اجرا کنند. بنابراین تعداد وسایل نقلیه مورد نیاز به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع در فاز پاسخ کاهش می‌یابد. سوال اساسی که در این مقاله به آن پاسخ داده خواهد شد این است که مسیرهای برنامه توزیع کالاهای امدادی چگونه اجرا گردد بطوریکه محدودیت‌های ظرفیت و زمان توزیع برآورده گردد و درد و رنج افراد آسیب دیده حداقل گردد؟ برای این منظور یک مدل برنامه‌ریزی خطی پویای استوار، چند کالایی، چند انبار و چند سفره توسعه داده شده است.

در ادامه، مقاله به صورت زیر سازمان‌دهی شده است: در بخش دوم مروری بر تحقیقات انجام شده در حوزه پاسخ به بحران ارائه می‌شود. بخش سوم به بیان تفضیلی مساله و فرضیات آن می‌پردازد و سپس مدل برنامه‌ریزی ریاضی مربوطه در بخش چهار ارائه می‌گردد. روش حل مساله در بخش پنجم ارائه شده است. در بخش ششم، مطالعه موردی جهت اعتبارسنجی مدل ارائه شده و نتایج بیان می‌شوند و در نهایت، نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات آتی برای تحقیق در بخش هفتم بیان خواهد شد.

۲. بررسی ادبیات

مساله مسیریابی وسیله نقلیه[۶] (VRP) مربوط به توزیع فیزیکی است که شامل حمل کالاها از مراکز توزیع اصلی به مراکز توزیع میانی و از آنجا به مشتری‌ها با استفاده از مسیرهای شدنی است. تعریف مسیر نسبتاً وسیع است. در حالت کلی، هر توالی از گره‌ها مسیر شدنی نامیده می‌شود تا زمانیکه وسیله اختصاص یافته جریان بی‌وقفه‌ای از منابع را در شبکه داشته و از ظرفیت آن تجاوز نکند. VRP یک مساله NP-hard کلاسیک است که توجه تحقیقاتی وسیعی را به خود جلب کرده است. این مساله اولین‌بار توسط دنتزیگ و رمزر در سال ۱۹۵۹ معرفی شد [Dantzig & Ramser, 1959].

ازدمار و همکارانش در سال ۲۰۰٤ یک مدل جریان شبکه چندکالایی با هدف کمینه‌سازی تقاضاهای برآورده نشده ارائه کردند [Özdamar, Ekinci, & Küçükyazici, 2004]. یی و کومار یک مدل یکچارچه برای توزیع منابع و تخلیه افراد آسیب‌دیده از منطقه تحت تاثیر معرفی کردند [Yi & Kumar, 2007] سپس ازدمار و یی به توسعه الگوریتم حل برای این مساله پرداختند [Özdamar & Yi, 2008]. بالسیک و همکارانش در سال ۲۰۰۸ با استفاده از یک مدل دو مرحله‌ای به تعیین مسیرهای توزیع و تخصیص منابع امدادی پرداختند [Balcik et al., 2008]. کمپبل و همکارنش به بیان مدل و روش حل ابتکاری برای مساله مسیریابی امداد بحران و بررسی اثر اهداف مختلف بر روی مسیرها پرداختند [Campbell,

Vandenbussche, & Hermann, 2008]. شن و همکارانش در سال ۲۰۰۹ یک مدل برنامه‌ریزی تصادفی دو مرحله‌ای برای مساله مسیریابی در زمان حملات تروریستی بیان کردند [Shen, Dessouky, & Ordóñez, 2009]. هوانگ و همکارانش مساله مسیریابی توزیع یک نوع کالا از یک مرکز توزیع با لحاظ اهداف بشردوستانه معرفی کردند [M. Huang et al., 2012]. نجفی و همکارانش به توسعه مدل ارائه شده توسط ازدمار و همکارانش پرداختند که مدلشان توانایی تعدیل طرح‌ها را با توجه به اطلاعات جدید دارد [Najafi, Eshghi, & de Leeuw, 2014]. شریف و سالاری کاربرد مساله مسیریابی باز همراه با مساله پوشش فروشنده را برای توزیع منابع امدادی بیان کردند [Talebian Sharif & Salari, 2015]. ونگ و همکارانش مساله مسیریابی و ارسال منابع را با استفاده از مدل شبکه فضا–زمان ارائه کردند [Wang, Song, & Shi, 2015]. بزرگی و خورسی در سال ۲۰۱۶ به ارائه یک مدل مکان‌یابی–مسیریابی–موجوی قبل و بعد از بحران پرداختند. مدل آنها اختلال در مراکز توزیع و مسیرهای را درنظر می‌گیرد [Bozorgi-Amiri & Khorsi, 2016]. ریورا و همکارانش دو مدل مبتنی بر گروه‌بندی مجموعه‌ها برای مساله مسیریابی با چندین استفاده از یک وسیله نقلیه در پاسخ به بلایا ارائه کردند. مدل‌های معرفی شده تنها یک انبار برای ارسال کالا درنظر می‌گیرد. آنها یک الگوریتم دقیق برای حل مساله ارائه کردند که در آن مساله را به مساله کوتاهترین مسیر تبدیل می‌کند [Rivera, Afsar, & Prins, 2016]. هوانگ و سونگ تئوری عدم‌قطعیت را برای مساله مسیریابی در توزیع منابع اضطراری بکار گرفتند [X. Huang & Song, 2018]. سب و همکارانش به مدلسازی سه تصمیم توزیع منابع، تخلیه افراد آسیب‌دیده و انتقال کارکنان عملیات امدادرسانی بطور همزمان پرداختند [Al Theeb & Murray, 2017]. فرر و همکارانش یک مدل چندمعیاره شامل هزینه، زمان، اولویت، انصاف، امنیت و قابلیت اطمینان برای توزیع نهایی پس از وقوع بحران معرفی کردند [Ferrer et al., 2018].

هرچند بطور گسترده در لجستیک بشردوستانه به VRP پرداخته شده است ولی ویژگی‌هایی که مساله را به شرایط اضطرارهای واقعی نزدیک می‌کند در ادبیات موجود چندان مورد توجه قرار نگرفته است. برای مثال در اغلب کارهای قبلی هر وسیله نقلیه تنها یک سفر را اجرا می‌کند و تعداد وسایل نقلیه نیز نامحدود درنظر گرفته می‌شود. این فرضیات در شرایط بحران غیرواقعی هستند و معمولا در این وضعیت‌ها با کمبود تعداد وسایل نقلیه نسبت به حجم بالای تقاضاها روبرو هستیم. بنابراین لازم است از وسایل نقلیه محدود موجود به بهترین شکل استفاده شود. در مواردی که پاسخ سریع مهم‌ترین وظیفه است و تعداد وسایل نقلیه محدود است، برای هر وسیله نقلیه این امکان وجود دارد که چندین سفر را طی کند. علاوه بر افزایش بهره‌وری در استفاده از وسیله نقلیه به عنوان یکی از اصلی‌ترین منابع در توزیع مرحله پایانی لجستیک، در شرایط لجستیک بشردوستانه که در آن مسیرهای وسایل نقلیه نسبت به افق برنامه‌ریزی کوتاه است و یا ظرفیت وسیله نقلیه کوچک و تقاضا از ظرفیت وسیله نقلیه تجاوز می‌کند این ویژگی تنها راه‌کار عملی است [Cattaruzza, Absi, Feillet, & Absi, 2016].

رایج‌ترین معیار عملکرد برای ارزیابی حل‌های مسیریابی وسیله نقلیه تجاری هزینه کل سفر مربوط به مسیرها است. طرح‌های مسیریابی در عملیات‌های بحران نمی‌توانند بر اساس ملاحضات پولی ارزیابی شوند. جنبه مالی نقش مهمی را ایفا می‌کند اما سوال اساسی این است که چگونه ارائه خدمت می‌تواند درد و رنج افراد تحت تاثیر را کاهش داد. البته جنبه مالی به جای تابع هدف می‌تواند به عنوان محدودیت لحاظ می‌شود. معیارهای مناسب برای مسائل مسیریابی امداد بحران زمان پاسخ (زمان سپری شده برای برآورده‌سازی نیازهای ضروری)، خدمت منصفانه (تفاوت در کمک‌های فراهم شده برای مردم در مکان‌های مختلف)، برآورده‌سازی تقاضا (حجم کالاهای توزیع شده میان جمعیت) و

هزینه حمل و نقل هستند. اهمیت هر معیار به فاز مدیریت بحران وابسته است. برای مثال زمان پاسخ اصلی‌ترین دغدغه در فاز پاسخ است در حالی که هزینه در فاز بازسازی مهم‌تر است.

با توجه به عدم‌قطعیت چشمگیر در وضعیت‌های پاسخ به فاجعه، اطلاعات ممکن است یا در دسترس نباشند و یا اطلاعات موجود غیرقابل اطمینان باشند [Van Wassenhove, 2006]. در چنین وضعیت‌هایی درنظر گرفتن داده‌های قطعی به نظر غیر واقعی می‌رسد. عدم‌قطعیت داده‌ها در سال‌های اخیر بیشتر مورد توجه قرار گرفته است.

با توجه به این که وضعیت پس از بحران بسیار پویا است و اطلاعات به طور پیوسته در طی زمان تغییر می‌کنند، بنابراین اتخاذ تصمیمات در یک مرحله به نظر غیرمنطقی است. برای رویارویی با این مساله، در این کار یک روش برنامه‌ریزی چند دوره‌ای استفاده شده است تا اینکه همزمان با دریافت اطلاعات جدید طرح به‌روزرسانی گردد.

تا کنون تکنیک‌های حل مختلفی در ادبیات برای مساله VRP ارائه شده است که شامل الگوریتم‌های دقیق [Barbarosoğlu & Arda, 2004; Özdamar et al., 2004]، الگوریتم‌های ابتکاری [M. Huang et al., 2012; Najafi et al., 2014; Özdamar & Yi, 2008] و الگوریتم‌های فراابتکاری [Shen et al., 2009; Yi & Kumar, 2007; آقایی و همکارانش، ۱۳۹۵] است. فعالیت‌های مدیریت بحران در فاز پاسخ نیازمند پاسخ سریع و بنابراین زمان محاسباتی کوتاه است. با توجه به پیچیدگی محاسباتی مساله بیان شده، روش‌های دقیق ممکن است نیازمند زمان محاسباتی زیادی برای مثال‌های بزرگ باشند. بنابراین اغلب تحقیقات انجام شده به طراحی روش‌های ابتکاری و فراابتکاری پرداخته‌اند. همان‌طور که توسط حسین‌زاده و همکارانش در سال ۲۰۱۳ بیان شده، VRP می‌تواند به عنوان مساله گروه‌بندی بیان شود [Husseinzadeh Kashan, Husseinzadeh Kashan, & Karimiyan, 2013]. با این وجود، تا کنون هیچ کاری به این موضوع نپرداخته است. در این پژوهش برای نخستین بار در مفهوم لجستیک بشردوستانه مساله مسیریابی از دیدگاه گروه‌بندی دیده شده و با استفاده از یک الگوریتم فراابتکاری گروه‌بندی حل می‌شود.

جدول ۱ ویژگی‌های مختلف مدل‌های مربوطه در ادبیات را با مدل ارائه شده در این مقاله را با هم مقایسه می‌کند.

به منظور لحاظ نکاتی که در بالا اشاره شد یک مدل بهینه‌سازی برای مساله مسیریابی-زمانبندی جدید با ویژگی‌های چندین کالا، چندین انبار چندین سفر و چند دوره‌ای که برای شرایط بحران واقعی‌تر است، بیان می‌شود. سهم اصلی این تحقیق عبارتند از:

۱. بیان یک مدل جامعی که تصمیم‌گیری راجع به زمانبندی و مسیر توزیع منابع را در عملیات‌های بشردوستانه ترکیب می‌کند و بطور همزمان چندین ویژگی مربوط به مسائل دنیای واقعی شامل: عدم‌قطعیت، چندین انبار، چندین سفر و چند دوره‌ای را دربر می‌گیرد.

۲. دیدن مساله از منظر گروه‌بندی، براساس اطلاعات ما، این برای اولین بار است که مساله به صورت گروه‌بندی بیان می‌شود و با استفاده از یک الگوریتم فراابتکاری گروه‌بندی حل می‌گردد.

۳. پیاده‌سازی مدل برروی یک مساله دنیای واقعی.

جدول ۱. طبقه‌بندی مقالات مربوط

منابع	نوع داده‌ها				خصوصیات مدل						تابع هدف	روش حل
	قطعی	تصادفی	چند انبار	چند کالایی	چند وسیله نقلیه	چند سفره	پیش یا پس پردازش	مسیریابی بدون فرآیند	محدودیت زمان رانندگی	چند دوره‌ای		
Özdamar, Ekinci, & Küçükyazici, 2004	✓		✓	✓	✓					✓	برآورده‌سازی تقاضا	دقیق
Yi & Kumar, 2007	✓		✓	✓	✓					✓	برآورده‌سازی تقاضا	فراابتکاری (ACO)
Balcik et al., 2008	✓			✓	✓					✓	هزینه	دقیق
Campbell, Vandenbussche, & Hermann, 2008	✓							✓			زمان سفر	ابتکاری
Shen, Dessouky, & Ordóñez, 2009		✓			✓			✓			برآورده‌سازی تقاضا	فراابتکاری (TS)
M. Huang et al., 2012	✓				✓						زمان سفر+برآورده‌سازی تقاضا+انصاف	ابتکاری
Najafi, Eshghi, & de Leeuw, 2014	✓		✓	✓	✓					✓	برآورده‌سازی تقاضا	ابتکاری
Talebian Sharif & Salari, 2015	✓				✓			✓	✓		هزینه	ابتکاری
Wang, Song, & Shi, 2015	✓		✓	✓	✓					✓	برآورده‌سازی تقاضا	ابتکاری
Martínez-Salazar et al., 2015	✓					✓	✓	✓	✓		زمان انتظار	GRASP
Rivera, Afsar, & Prins, 2016	✓					✓	✓	✓	✓		زمان انتظار	دقیق
Al Theeb & Murray, 2017	✓		✓	✓	✓			✓	✓	✓	برآورده‌سازی تقاضا	ابتکاری
Huang & Song, 2018		✓			✓						زمان انتظار	فرابتکاری (GA)
Ferrer et al., 2018	✓				✓			✓			هزینه+زمان سفر+قابلیت اطمینان+انصاف	ابتکاری
This paper		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	زمان انتظار	فراابتکاری (GES)

۳. بیان مساله

شبکه لجستیک امداد در نظر گرفته شده شامل دو عنصر اصلی می‌باشد که عبارتند از: مراکز توزیع امداد و نقاط تقاضا. انبارهای توزیع کالا که نزدیک نقاط تقاضا قرار گرفته‌اند نقش مراکز توزیع را بازی می‌کنند و حوزه‌های آسیب‌دیده، نقاط تقاضا هستند.

فرض بر آن است که مکان مراکز توزیع از پیش مشخص شده و در هر مکان منابع امدادی کافی ذخیره شده است. تعداد ناوگان وسیله نقلیه موجود در هر انبار نیز مشخص و محدود است. هر

وسیله با توجه به محدوده زمانی در دسترس می‌تواند یک یا چندین سفر را انجام دهد. وسیله نقلیه در هر سفر تعدادی نقطه تقاضا را ملاقات کرده و سپس برای انجام سفر بعدی به انبار برمی‌گردد. نقاط تقاضا نیز با توجه به ارزیابی‌های اولیه انجام شده توسط آژانس‌ها و سازمان‌های مربوطه مشخص می‌گردد. هر مکان تقاضا می‌تواند یکبار در هر دوره سرویس

دریافت نماید. تقاضا برای چندین نوع کالای امدادی در هر مکان تقاضا وجود دارد. مجموعه کالاهای مورد نیاز ممکن است با توجه به فاکتورهای مختلفی مثل نوع و اثر بحران، جمعیت و شرایط اجتماعی و اقتصادی منطقه متغییر باشد. اطلاعات مربوط به تقاضا، زمان سفر و مسیرهای ارتباطی شبکه غیرقطعی بوده و با ارزیابی‌های انجام شده توسط سازمان‌های مربوطه از منطقه تحت تاثیر بعد از وقوع بحران حاصل می‌شود. زمانی که اطلاعات جدید بدست می‌آید، طرح‌ها با استفاده از چارچوب چند دوره‌ای برای دوره‌های آتی به‌روز می‌شوند.

از آنجاییکه تصمیمات مسیریابی و زمانبندی باید منجر به توزیع سریع، کافی و منصفانه منابع گردد، هدفی که در مدل ارائه شده در این گزارش مورد توجه قرار گرفته‌اند عبارتند از: کمینه‌سازی کل زمان رسیدن به نقاط تقاضا برای برآورده‌سازی نیازها. با توجه به اینکه یکی از اصلی‌ترین چالش‌ها در انجام عملیات‌های امدادرسانی فراهم کردن خدمت به افراد تحت تاثیر خیلی سریع و به‌هنگام است، تابع هدف به صورت مینیم‌سازی زمان‌های رسیدن به نقاط تقاضا تعریف می‌شود و به این ترتیب بهره‌وری در استفاده از مهم‌ترین منبع در پاسخ به بحران یعنی زمان پاسخ افزایش داده می‌شود همچنین ارئه خدمت به ذینفعان در کوتاه‌ترین زمان ممکن انجام می‌گیرد. باتوجه به شرایط فوق فرضیات مساله به شرح زیر است.

- ابعاد برنامه‌ریزی‌ها درون شهری است.
- افق برنامه‌ریزی به چندین دوره تقسیم می‌شود و تصمیمات طی چندین مرحله گرفته می‌شوند.
- چندین انبار با تعداد وسایل نقلیه همگن و محدود وجود دارد.
- مناطق تحت تاثیر و مراکز توزیع مشخص است.
- چند نوع کالا مختلف در واکنش به بحران مورد استفاده قرار می‌گیرد. این کالاها توسط مرکز مدیریت بحران و با توجه به عواملی نظیر نوع فاجعه، شدت یا بزرگی بحران، مشخصات نقاط آسیب‌دیده، استراتژی‌های واکنش و غیره تعیین می‌شود.
- هر وسیله نقلیه دارای محدودیت وزنی و حجمی در ارسال موجودی‌های اضطراری هستند و می‌تواند هر نوع کالای را حمل کند و در هر دوره چندین سفر را انجام دهد.
- هر سفر از یک انبار شروع شده و به همان انبار ختم می‌شود.
- زمان کاری هر وسیله در هر دوره از مدت زمان مشخصی تجاوز نمی‌کند.
- هر نقطه تقاضا باید یکبار در هر دوره از هر انبار کالا یا خدمت دریافت نماید.
- مقدار پارامترهای مختلف از جمله مقدار تقاضا، زمان سفر، راههای ارتباطی میان بخش‌های مختلف و ... غیرقطعی و پویا هستند. عدم‌قطعیت پارامترها با استفاده از مجموعه‌ای از سناریوهای گسسته و به صورت یک تخمین اولیه بیان شده و امکان تغییر آنها پس از انجام برنامه‌ریزی وجود دارد.

٤. توسعه مدل

با توجه به فرضیات مطرح شده در قسمت قبل، در این قسمت معرفی پارامترها و تغییرها و سپس به ارائه مدل می‌پردازیم.

N: مجموعه کلیه گره‌ها با شمارنده‌های j, i

DC : مجموعه مراکز توزیع با شمارنده‌های $D = d, d'$، $|DC|$

DN : مجموعه گره‌های تقاضا با شمارنده‌های $K = k, k'$، $|DN|$

B : مجموعه کالاها با شمارنده b،

V: مجموعه وسایل نقلیه با شمارنده v،

T : طول دوره برنامه‌ریزی با شمارنده t ،

S : مجموعه سناریوهای ممکن با شمارنده‌های s, s'،

R : مجموعه تعداد سفرهایی که هر وسیله می‌تواند طی کند با شمارنده r،

d_{bkts} : میزان تقاضا کالای b در گره تقاضا k در دوره t و سناریو s

t_{ijts}: زمان لازم برای پیمودن فاصله گره i تا j در دوره t و سناریو s

CV: ظرفیت حجمی وسیله نقلیه

CW: ظرفیت وزنی وسیله نقلیه

C_b : حجم هر واحد کالای b

W_b : وزن هر واحد کالای b

δ_{ijts}: ماتریس صفر و یک مربوط به قابلیت دسترسی از کمان i به j در زمان t و سناریو s

t_{max} : ماکزیمم زمان کاری هر وسیله نقلیه در هر دوره

λ: وزن اختصاص داده شده به استواری جواب

γ: وزن تخصیص داده شده برای جریمه کردن انحراف از محدودیت کنترل (استواری مدل)

p_s: احتمال وقوع سناریو s

M_{big}: عدد بزرگ

Z_{vrijts} : متغییر صفر و یک. اگر وسیله نقلیه v در r امین سفر در دوره t و سناریو s از گره i به گره j حرکت کند یک، در غیر این صورت صفر

st_{rvts}: زمان شروع سفر r ام وسیله نقلیه v در دوره t و سناریو s

et_{rvts} : زمان پایان سفر r ام وسیله نقلیه v در دوره t و سناریو s

snt_{irvts} : زمان رسیدن وسیله نقلیه v در r امین سفر به گره i در دوره t و سناریو s

ρ_{vts} : میزان انحراف محدودیت کنترل مربوط به وسیله نقلیه v در دوره t و سناریو s

$$Min\ Z = \sum_{s=1}^{S}\sum_{t=1}^{T}\sum_{r=1}^{R}\sum_{v=1}^{V}\sum_{j=1}^{K}\sum_{i=1}^{N} p_s(snt_{jrvts}Z_{vrijts}) + \lambda\sum_{s=1}^{S} p_s\left|\sum_{t=1}^{T}\sum_{r=1}^{R}\sum_{v=1}^{V}\sum_{j=1}^{K}\sum_{i=1}^{N} snt_{jrvts}Z_{vrijts} - \sum_{\acute{s}=1}^{S}\sum_{t=1}^{T}\sum_{r=1}^{R}\sum_{v=1}^{V}\sum_{j=1}^{K}\sum_{i=1}^{N} p_{\acute{s}}(snt_{jrvt\acute{s}}Z_{vrijt\acute{s}})\right| + \gamma\sum_{v=1}^{V}\sum_{t=1}^{T}\sum_{s=1}^{S} p_s\,\rho_{vts} \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^{N}\sum_{v=1}^{V}\sum_{r=1}^{R} Z_{vrikts} = 1 \qquad \forall k \in DN, t \in T, s \in S \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^{N}\sum_{k=1}^{K}\sum_{b=1}^{B} C_b d_{bkts}\, Z_{vrikts} \le CV \qquad \forall v \in V, r \in R, t \in T, s \in S \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^{N}\sum_{k=1}^{K}\sum_{b=1}^{B} W_b d_{bkts}\, Z_{vrikts} \le CW \qquad \forall v \in V, r \in R, t \in T, s \in S \quad (4)$$

$$Z_{vrijts} \le M_{big}.\delta_{ijts} \qquad \forall i, j \in N, v \in V, r \in R, t \in T, s \in S \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^{N} Z_{vrikts} - \sum_{i=1}^{N} Z_{vrkits} = 0 \qquad \forall k \in DN, r \in R, v \in V, t \in T, s \in S \quad (6)$$

$$\sum_{k=1}^{K} Z_{vrdkts} \le 1 \qquad \forall d \in DC, r \in R, v \in V, t \in T, s \in S \quad (7)$$

$$snt_{kvrts} \geq st_{rvts} + t_{dkts} - M_{big}(1 - Z_{vrdkts}) \qquad \forall d \in DC, k \in DN, r \in R, v \in V, t \in T, s \in S \qquad (۸)$$

$$snt_{kvrts} \leq st_{rvts} + t_{dkts} + M_{big}(1 - Z_{vrdkts}) \qquad \forall d \in DC, k \in DN, r \in R, v \in V, t \in T, s \in S \qquad (۹)$$

$$snt_{kvrts} \geq snt_{k'vrts} + t_{k'kts} - M_{big}(1 - Z_{vrk'kts}) \qquad \forall k' \neq k \in DN, r \in R, v \in V, t \in T, s \in S \qquad (۱۰)$$

$$snt_{kvrts} \leq snt_{k'vrts} + t_{k'kts} + M_{big}(1 - Z_{vrk'kts}) \qquad \forall k' \neq k \in DN, r \in R, v \in V, t \in T, s \in S \qquad (۱۱)$$

$$snt_{krvts} \geq M_{big}.(1 - \sum_{i=1}^{N} Z_{vrikts}) \qquad \forall k \in DN, r \in R, v \in V, t \in T, s \in S \qquad (۱۲)$$

$$snt_{drvts} = st_{rvts} \qquad \forall d \in DC, r \in R, v \in V, t \in T, s \in S \qquad (۱۳)$$

$$et_{r-1vts} = st_{rvts} \qquad \forall r \in R, v \in V, t \in T, s \in S \qquad (۱۴)$$

$$et_{rvts} = st_{rvts} + \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} t_{ijts}.Z_{vrijts} \qquad \forall r \in R, v \in V, t \in T, s \in S \qquad (۱۵)$$

$$\sum_{j=1}^{N}\sum_{i=1}^{N}\sum_{r=1}^{R} t_{ijts}.Z_{vrijts} - \rho_{vts} \leq t_{max} \qquad \forall v \in V, t \in T, s \in S \qquad (۱۶)$$

$$Z_{vrijts} \leq M_{big}.\sum_{k=1}^{K} Z_{vrdkts} \qquad \forall i, j \in N, d \in DC, \forall k \in DN, r \in R, v \in V, t \in T, s \in S \qquad (۱۷)$$

$$Z_{vrdd'ts} = 0 \qquad \forall d \neq d' \in DC, r \in R, v \in V, t \in T, s \in S \qquad (۱۸)$$

$$snt, st, et \geq 0, \qquad Z \in \{0,1\} \qquad (۱۹)$$

تابع هدف مساله به دنبال کمینه‌سازی مجموع زمان رسیدن به نقاط تقاضا در طول افق برنامه‌ریزی است. روش بهینه‌سازی استوار بیان شده توسط [Yu & Li, 2000] برای مواجه با عدم‌قطعیت بکار گرفته شده که از یک شکل جریمه قدرمطلق برای بدست آوردن معیار استواری حل در تابع هدف استفاده می‌کند. تابع هدف (معادله ۱) شامل سه عبارت است. عبارت‌های اول و دوم به ترتیب مقدار مورد انتظار و تغییر پذیری زمان‌های رسیدن را نشان می‌دهند و بیان کننده استوار بودن حل هستند. عبارت سوم در معادله ۱ مربوط به نشدنی بودن محدودیت کنترل (عبارت ۱۶) است و معیار استواری مدل را محاسبه می‌کند. واضح است که این تابع هدف غیر خطی است و می‌تواند به یک تابع خطی با محدودیت‌های خطی توسط متغییر انحراف غیرمنفی (θ) برای هر سناریو به صورت زیر تبدیل شود.

$$\begin{aligned} Min\ Z = & \sum_{s=1}^{S}\sum_{t=1}^{T}\sum_{r=1}^{R}\sum_{v=1}^{V}\sum_{k=1}^{K}\sum_{i=1}^{N} p_s(snt_{krvts}Z_{vrikts})z \\ & + \lambda\sum_{s=1}^{S} p_s\left(\sum_{t=1}^{T}\sum_{r=1}^{R}\sum_{v=1}^{V}\sum_{k=1}^{K}\sum_{i=1}^{N} snt_{krvts}Z_{vrikts}\right. \\ & \left. - \sum_{ś=1}^{S}\sum_{t=1}^{T}\sum_{r=1}^{R}\sum_{v=1}^{V}\sum_{k=1}^{K}\sum_{i=1}^{N} p_{ś}(snt_{krvtś}Z_{vriktś}) + 2\theta_s\right) + \gamma\sum_{v=1}^{V}\sum_{t=1}^{T}\sum_{s=1}^{S} p_s\,\rho_{vts} \end{aligned} \qquad (۲۰)$$

s.to.

$$\sum_{t=1}^{T}\sum_{r=1}^{R}\sum_{v=1}^{V}\sum_{k=1}^{K}\sum_{i=1}^{N} snt_{krvts}Z_{vrikts} - \sum_{ś=1}^{S}\sum_{t=1}^{T}\sum_{r=1}^{R}\sum_{v=1}^{V}\sum_{k=1}^{K}\sum_{i=1}^{N} p_{ś}.(snt_{krvtś}Z_{vriktś}) + \theta_s \geq 0 \quad \forall s \in S \qquad (۲۱)$$

$$\theta_s \geq 0 \qquad \forall s \in S \qquad (۲۲)$$

محدودیت (۲) تضمین می‌کند که هر گره تقاضا در هر دوره دقیقاً یکبار ملاقات می‌شود. محدودیت‌های (۳) و (٤) به ترتیب نشان دهنده ظرفیت حجمی و وزنی وسیله نقلیه هستند و تضمین می‌کنند که مقدار کالای بارگذاری شده روی هر وسیله نقلیه از ظرفیت حجمی و وزنی آن تجاوز نمی‌کنند. محدودیت (۵) سفر وسایل نقلیه را به کمان‌های موجود در شبکه محدود می‌کند. محدودیت (٦) بیان می‌کند که وسایل نقلیه در صورت ورود به گره تقاضا آن را ترک می‌کند. محدودیت (۷) نشان می‌دهد که یک وسیله در مرکز توزیع ممکن است از انبار خارج نشود. محدودیت‌های (۸) – (۱۲) زمان رسیدن به گره‌ها را تعیین می‌کنند. محدودیت‌های (۸) و (۹) زمان رسیدن به گره j در صورتیکه وسیله نقلیه از مرکز توزیع عازم آن شده باشد را محاسبه می‌کند در حالیکه محدودیت‌های (۱۰) و (۱۱) این مقدار را برای شرایطی که وسیله نقلیه از گره تقاضا دیگر عازم گره j شده باشد محاسبه می‌کند. محدودیت (۱۳) زمان رسیدن به مرکز توزیع (انبار) را تعیین می‌کند. محدودیت (١٤) بیان می‌کند که زمان شروع سفری بعدی برابر با زمان پایان سفر قبلی است. محدودیت (۱۵) زمان پایان هر سفر را محاسبه می‌کند. محدودیت (١٦) محدودیت کنترل مساله است و زمان سفرهای انجام شده توسط هر وسیله نقلیه در هر دوره را به زمان دردسترس در آن دوره محدود می‌کند. اگر کل زمان سفرهای هر وسیله در هر دوره کمتر از کل زمان دردسترس باشد مقدار انحراف محدودیت صفر خواهد شد ($\rho_{vts} = 0$) در غیر این صورت این مقدار برابر خواهد بود با $\rho_{vts} = \sum_{j=1}^{N}\sum_{i=1}^{N}\sum_{r=1}^{R} t_{ijts}.Z_{vrijts} - t_{max}$ و توسط عبارت آخر تابع هدف، جریمه می‌شود. محدودیت (۱۷) مشخص می‌کند که وسایل نقلیه در صورتیکه انبار را ترک کنند گره (گره‌های) تقاضا را ملاقات می‌کنند. محدودیت (۱۸) از جابه‌جایی وسایل نقلیه بین مراکز توزیع جلوگیری می‌کند. در نهایت محدودیت (۱۹) منطقه موجه برای متغییرهای مساله را بیان می‌کند.

۵. روش حل

با توجه به اینکه مساله بیان شده جزء مسائل NP-Hard است و حل آن توسط نرم‌افزارهای تجاری تقریباً غیر ممکن بوده و یا مدت زمان زیادی به طول می‌انجامد، در این بخش یک الگوریتم فراابتکاری مبتنی بر استراتژی‌های تکامل گروه‌بندی[۷] (GES) برای حل مساله در دست ارائه شده می‌شود. الگوریتم دو فاز را دربر می‌گیرد. برای حل مساله مسیریابی رویکرد ابتدا کلاستر سپس مسیریابی استفاده شده است. بنابراین ابتدا در فاز اول یک الگوریتم گروه‌بندی برای تخصیص نقاط تقاضا به مراکز توزیع استفاده شده سپس در فاز دوم توالی گره‌های ملاقات شده توسط هر وسیله نقلیه، در هر سفر تعیین می‌شود. در این بخش ابتدا یک توصیف مختصری از نمایش حل ارائه شده سپس الگوریتم توصیف می‌شود.

۵-۱ نمایش جواب

همان طور که توسط فالکانور تعریف شده است، مساله گروه‌بندی عبارتند از تفکیک یک مجموعه V از اشیاء در قالب تعدادی زیر مجموعه دو به دو ناسازگار است، بگونه‌ای که:

$$V = \cup_{i=1}^{D} V_i \, , V_i \cap V_j = \emptyset, i \neq j \qquad (۲۳)$$

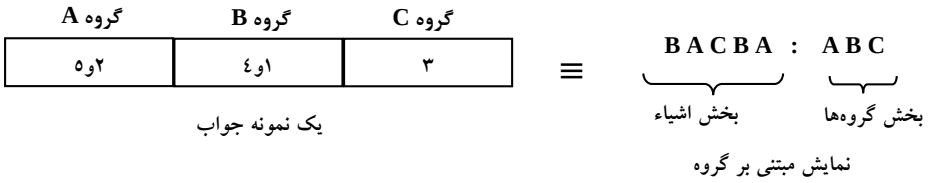
بعبارت دیگر، در مسائل گروه‌بندی هدف تفکیک اعضای مجموعه V در D گروه متفاوت است بگونه‌ای که هر یک از اعضا دقیقاً در یک گروه قرار گیرد [Falkenauer, 1994]. شکل ۱ یک طرح نمایش گروه‌بندی را نشان می‌دهد. در این طرح نمایش ساختار هر جواب شامل D گروه است و طول جواب برابر تعداد گروه‌هاست. هر جواب دو بخش اصلی را دربر می‌گیرد. بخش اشیاء و بخش گروه‌ها. بخش اشیاء یک آرایه $1 \times n$ است که در آن n تعداد اشیائی است که باید گروه‌بندی شوند. بخش گروه‌ها شامل ترتیبی از D عنوان گروه است. هر یک از اعضا در بخش اشیاء می‌تواند هر یک از عنوان گروه را بگیرد که مشخص کننده گروهی است که به آن متعلق است. در مساله ما سفرها نقش گروه‌ها را ایفا می کنند. گره‌هایی که در یک سفر ملاقات می‌شوند نشان دهنده عناصر مربوط به یک

گروه هستند. بنابراین جواب مساله با یک بردار $1 \times (D \times V \times R)$ نمایش داده می‌شود که در آن D برابر تعداد مراکز توزیع، V برابر تعداد وسایل نقلیه در هر مرکز توزیع و R برابر حداکثر تعداد سفرهایی که هر وسیله نقلیه می‌تواند بپیماید و بیت‌های بردار مربوطه با اعداد صحیح غیرتکراری بین ۱ تا K پر می‌شوند.

۵-۲ الگوریتم GES

در این بخش یک الگوریتم فراابتکاری مبتنی بر استراتژی‌های تکامل گروه‌بندی (GES)، برای حل مساله در دست بیان می‌شود. الگوریتم GES اولین‌بار توسط [Kashan, Akbari, & Ostadi, 2015] به عنوان یک نسخه‌ای از استراتژی‌های تکاملی[۸] (ES) متناسب با ساختار مسائل گروه‌بندی ارائه گردید. الگوریتم مورد استفاده برای حل مساله دردست شامل دو فاز است که در شکل ۳ نشان داده شده است. در فاز اول (فاز گروه‌بندی)، تخصیص مشتری‌ها به گروه‌ها بر اساس الگوریتم تولید حل جدید[۹] (NSG) انجام می‌شود. در فاز دوم الگوریتم نزدیکترین همسایه[۱۰] (NNA) برای ایجاد یک تور قابل قبول بین گره‌های اختصاص داده شده به هر مرکز و مرکز توزیع مربوط، پیاده می‌شود. گام‌های الگوریتم به طور خلاصه به صورت زیر تعریف می‌شود:

در گام ۱ پارامترهای الگوریتم و مساله تعریف می‌شوند. یک حل به صورت تصادفی در فضای قابل قبول مساله در گام ۲ ایجاد می‌شود. گام ۳ به ایجاد جواب جدید مبتنی بر جواب دردست می‌پردازد. برای این منظور مراحل زیر به تعداد جواب‌ها (بچه‌هایی) که باید تولید شوند اجرا می‌شوند. i) الگوریتم NSG برای تخصیص جدید گره‌ها به گروه‌ها اجرا می‌شود. ii) توالی گره‌های تخصیص داده شده به هر گروه توسط الگوریتم NNA تعیین می‌شود. پارامترهای الگوریتم GES در گام ٤ به‌روز رسانی می‌شوند. در نهایت در گام ۵ جواب‌های ایجاد شده اولویت‌بندی می‌شوند و بهترین جواب موجود به تکرار بعدی منتقل می‌شود. مراحل ۳ تا ۵، تا زمانیکه معیار توقف برآورده گردد، اجرا می‌شوند.



شکل ۱. طرح نمایش گروه‌بندی

۵-۲-۱ فاز ۱: گروه‌بندی

مساله مسیریابی مثل خیلی از مسائل بهینه‌سازی ترکیبی از جمله مساله رنگ‌آمیزی گراف، مساله بسته‌بندی، مساله زمانبندی گروهی ماشین‌آلات و غیره، یک فاز گروه‌بندی (تخصیص) را دربر می‌گیرد که در آن مجموعه عناصر به گروه‌ها یا مجموعه‌های مجزا تقسیم می‌شوند. بنابراین برای حل فاز گروه‌بندی مساله مسیریابی از الگوریتم NSG بیان شده در الگوریتم GES استفاده می‌شود. در الگوریتم NSG یک حل جدید طی دو فاز ایجاد می‌شود: فاز وراثت و فاز پس از تخصیص. فاز وراثت تعیین کننده بخشی‌هایی از والد است که باید توسط فرزند به ارث برده شود. تعداد آیتم‌های مشترک بین والد و فرزند در گروه d و تکرار t (n_{jd}^t) به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$n_{jd}^t = \left\lfloor 1 - Beta_d(\alpha^t, \beta) \left| x_{jd}^t \right| \right\rfloor \qquad (٢٤)$$

جاییکه $|.|$ اندازه مجموعه و $Beta_d(\alpha^t,\beta)$ یک عدد تصادفی است که از توزیع بتا با پارامترهای α^t و β پیروی می‌کند.

در فاز پس از تخصیص آیتم‌های باقی مانده که در فاز قبل به هیچ گروهی تخصیص داده نشده‌اند به دوشکل تعیین تکلیف می‌شوند. این آیتم‌ها یا به گروه‌های موجود تخصیص می‌یابند و یا با تشکیل گروه‌های جدید به این گروه‌ها اختصاص می‌یابند. به این ترتیب یک جواب کامل ایجاد می‌گردد. شکل ۲ شبه کد مربوط به این الگوریتم را بیان می‌کند. خواننده برای مطالعه بیشتر به [Kashan et al., 2015] ارجاع داده می‌شود.

شروع

گام اول. (فاز وراثت)

به ازای *هر گروه از* $d=1$ *تا* D

x_{jd}^t *را درنظربگیرید که نشان‌دهنده گره‌های ملاقات شده در* d^{th}*مین گروه والد در تکرار* t *است.*

تعداد آیتم‌هایی که از گروه d*ام در تکرار* t *از والد به فرزند منتقل می‌شود (*n_{jd}^t*) را محاسبه کنید* $n_{jd}^t=\lfloor 1-Beta_d(\alpha^t,\beta)|x_{jd}^t|\rfloor$

پایان حلقه

گام دوم (فاز پس از تخصیص)

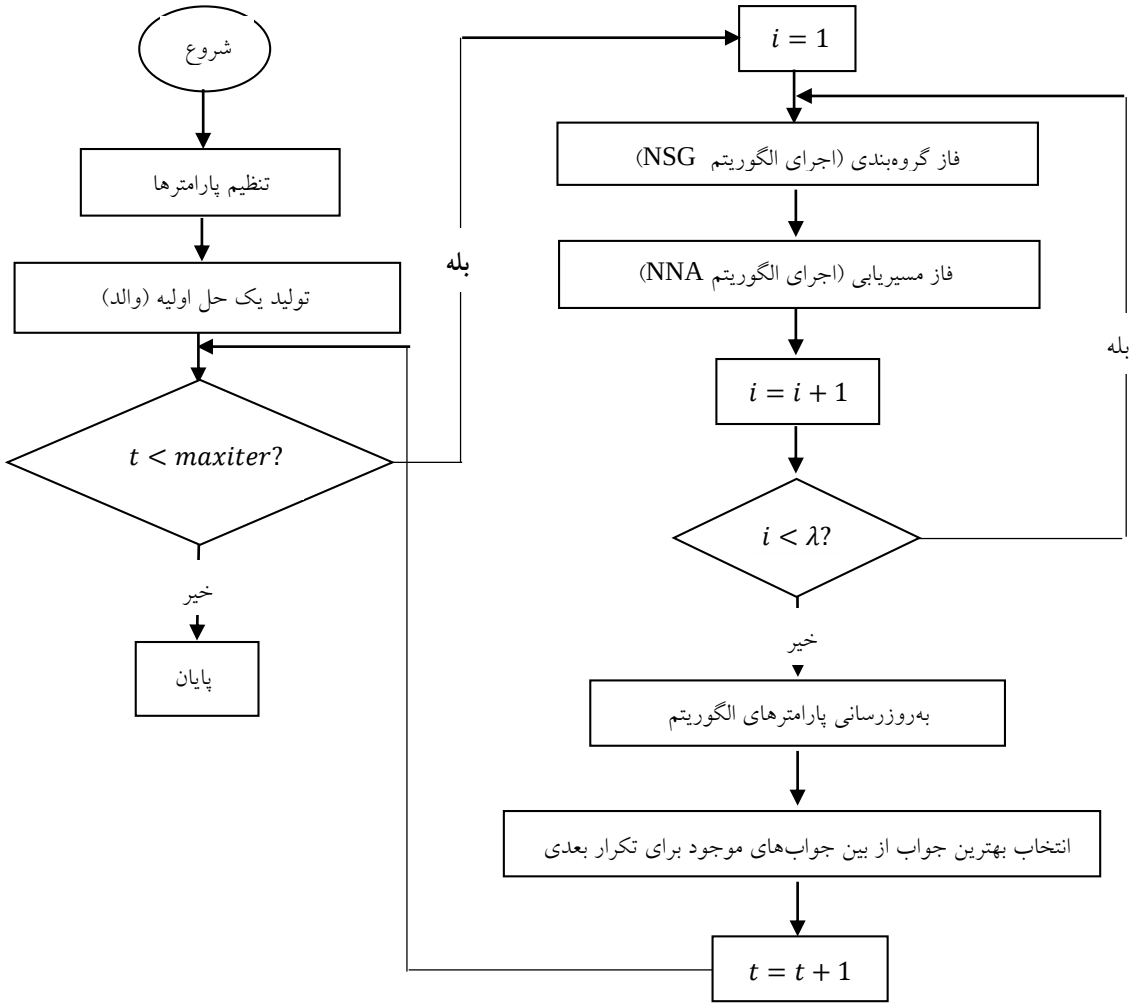
برای رسیدن به یک جواب کامل، گره‌های انتخاب نشده در فاز اول را به گروه‌های (سفرهای) موجود یا جدید تخصیص دهید .

پایان

شکل ۲. شبه کد الگوریتم NSG

۵-۲-۲ فاز ۲: مسیریابی

در فاز مسیریابی، هر الگوریتم ابتکاری می‌تواند برای ساخت مسیرها استفاده شود. الگوریتم NNA برای ساخت مسیرها در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است. در این الگوریتم، وسایل نقلیه سفر خود را از انبار شروع کرده و سپس به نزدیکترین گره از بین گره‌هایی که تا کنون ملاقات نشده‌اند، می‌رود و گره ملاقات شده به مسیر اضافه می‌شود تا اینکه همه گره‌ها به مسیر اضافه شوند. در انتها وسیله نقلیه به انبار باز می‌گردد.



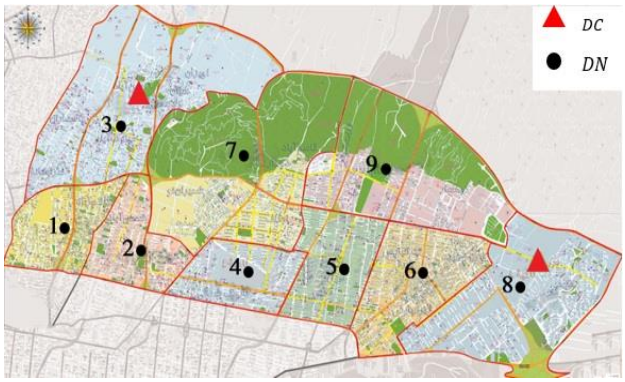
شکل ۳. فلوچارت الگوریتم GES

٦. تشریح مطالعه موردی

مدل بیان شده بر روی یک مساله واقعی در هنگام وقوع زلزله در شهر تهران پیاده می‌شود. کلان شهر تهران به عنوان پایتخت ایران و با جمعیتی حدود ۹ میلیون نفری (نزدیک ۱۲ میلیون در روز) که در خود جای داده است و همچنین با توجه به تجمع مراکز سیاسی، اقتصادی و اجتماعی کشور در این شهر، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد در عین حال یکی از نواحی مستعد بلایای طبیعی به شمار می‌آید. در این میان زلزله به عنوان یکی از مخرب‌ترین بلایای طبیعی در صورت وقوع، سبب تلفات و خسارات جانی و مالی زیادی می‌شود. گسل‌های فعال منطقه و زلزله‌های تاریخی روی داده، نشانگر آن است که از وقوع آخرین زلزله شدید در سال ۱۲۰۹ هجری خورشیدی حدود ۱۷۳ سال می‌گذرد، در حالی که دوره بازگشت زلزله در منطقه حدود ۱۵۰ سال است. بنابراین احتمال وقوع زلزله شدید در گستره تهران بزرگ، دور از انتظار نیست [JICA, 2000]. از این‌رو مطالعه و برنامه‌ریزی کلان شهر تهران از دیدگاه زلزله و خطرات احتمالی حاصل از زلزله‌های محتمل، برای ایجاد امکانات مناسب در زمان بحران بسیار ضروری می‌باشد.

منطقه ٤ واقع در شمال شرقی تهران به عنوان مطالعه موردی این تحقیق انتخاب شده است. این منطقه که به ۹ ناحیه تقسیم می‌شود، ۱۰ درصد از مساحت کل شهر تهران (٦١،٢٨٨،٣٦٧ متر

مکعب) و حدود ۱۱ درصد از جمعیت شهر تهران (۹۱۹،۰۰۱ نفر) را دربر می‌گیرد. نقاط تقاضا و مراکز توزیع در این مطالعه موردی در شکل ٤ نمایش داده شده‌اند. در منطقه ٤ شهر تهران چندین پایگاه چندمنظوره از بین ساختمان‌هایی با کاربرد عمومی مثل مدرسه، مسجد و پارک، برای انجام فعالیت‌های پشتیبانی بعد از وقوع بحران پیش‌بینی شده که از میان آنها پایگاههای موجود در ناحیه ۳ و ۸ نسبت به دیگر پایگاهها آسیب‌پذیری کمتری دارند به همین دلیل به عنوان مرکز توزیع در این تحقیق درنظر گرفته شده‌اند. در سال ۲۰۰۰ میلادی، آژانس همکاری بین‌المللی ژاپن[11] (JICA) مطالعه جامعی بر روی مدیریت و پیشگیری بحران شهر تهران انجام داد. براساس گزارش این آژانس، از میان بسیاری از گسل‌های فعال در منطقه، محتمل‌ترین گسل‌های خطرناک کلان‌شهر تهران عبارتند از: گسل مشاء، گسل شمال تهران و گسل جنوب و شمال ری [JICA, 2000]. در نتیجه سناریو گسل مشاء، سناریو گسل شمال تهران و سناریو گسل جنوب و شمال ری به عنوان سناریوهای پیشنهادی زلزله در این تحقیق در نظر گرفته می‌شوند. احتمال وقوع هر سناریو متناسب با طول گسل متناظر، به ترتیب برابر با ۰،٤، ۰،۳۵ و ۰،۲۵ در نظر گرفته شده است. کل افق برنامه‌ریزی شامل سه دوره‌ی ۷۲ ساعته با طول‌های برابر است. همچنین ساعت کاری هر وسیله نقلیه در هر دوره ۱۸ ساعت درنظر گرفته شده و هر وسیله نقلیه حداکثر ۲ سفر می‌تواند داشته باشد. سازمان پیشگیری و مدیریت بحران شهر تهران[12] (TDMMO) با استفاده از سامانه تخمین سریع خسارت و تلفات[13] (DES) به تخمین خسارت و تلفات انسانی ناشی از زلزله‌های احتمالی در شهر تهران می‌پردازد که براساس آن تعداد افراد کشته شده، مجروح و بی‌خانمان برای هر سناریو احتمالی تعیین می‌گردد. با کمک این سامانه، تقاضا برای کالاها در هر ناحیه براساس تعداد افراد بی‌خانمان برای سناریوهای درنظر گرفته شده، تعیین و در جدول ۲ نشان داده شده است. راولز و همکارانش نشان دادند که ورود افراد بی‌خانمان به پناه‌گاهها به صورت تدریجی است و حدود ۳۰ درصد افراد در ۲٤ ساعت اولیه، ۹۰ درصد در ٤۸ ساعت اولیه و ۱۰۰ درصد آنها در ۷۲ ساعت اولیه به پناه‌گاهها می‌رسند [Rawls & Turnquist, 2012]. بنابراین تعداد تقاضاها برای دوره‌های مختلف براساس این نظر محاسبه شده است. زمان‌های سفر روی لینک‌های شبکه براساس شبکه راههای اضطراری که TDMMO برای شهر تهران در هنگام وقوع زلزله طراحی نموده، محاسبه شده است (tdmmo.tehran.ir). یک بسته‌ای از کالاهای امدادی شامل آب، غذا و دارو به عنوان کالای ارسالی به نقاط تقاضا درنظر گرفته شده است. وزن و حجم مربوط به این بسته و وزن و حجم هر وسیله نقلیه در جدول ۳ بیان شده است. ٤ تا وسیله نقلیه برای برای توزیع کالاها به نقاط تقاضا در مراکز توزیع درنظر گرفته شده است.



شکل ٤. منطقه ٤ شهر تهران همراه با مکان نقاط تقاضا و مراکز توزیع

جدول ۲. مقدار تقاضا در هر یک از نقاط تقاضا برای هر دوره و سناریو

	$S=۱$			$S=۲$			$S=۳$		
	$t=۱$	$t=۲$	$t=۳$	$t=۱$	$t=۲$	$t=۳$	$t=۱$	$t=۲$	$t=۳$
۱	۱۲۸۰	۳۸٤۱	٤۲٦۸	۳۳۰٥	۹۹۱۳	۱۱۰۱٥	۹۷۹	۲۹۳٦	۳۲٦۲
۲	٥۸۲	۱۷٤۷	۱۹٤۱	۸۹٤	۲٦۸۳	۲۹۸۲	۳۷۲	۱۱۱٦	۱۲٤۰
۳	٤۱٤	۱۲٤۲	۱۳۸۰	۱٦۰٦	٤۸۱۹	٥۳٥٤	٦۰۰	۱۸۰۰	۲۰۰۰
٤	۱٤٥٦	٤۳٦۷	٤۸٥۲	۳٦۱٥	۱۰۸٤٤	۱۲۰٤۹	۱۱٤۲	۳٤۲٥	۳۸۰٥
٥	٤٤۷۳	۱۳٤۱۹	۱٤۹۱۰	٥۲۷۳	۱٥۸۲۰	۱۷٥۷۸	۳۹٤٦	۱۱۸۳۹	۱۳۱٥٤
٦	۱۷۳٦	٥۲۰۹	٥۷۸۸	۳۹۹۷	۱۱۹۹۲	۱۳۳۲٤	۱٤۹۳	٤۲۰۸	٤٦۷٥
۷	۲٤۳۸	۷۳۱٤	۸۱۲۷	٤٥٦٥	۱۳٦۹٤	۱٥۲۱٦	۲۰٥٥	٦۱٦٤	٦۸٤۹
۸	٤٤٥	۱۳۳٥	۱٤۸٤	۱۱۳۹	۳٤۱۸	۳۷۹۸	٥۸۷	۱۷٦۱	۱۹۷٥
۹	۳٥۹	۱۰۷۸	۱۱۹۸	٦۲٥	۱۸۷٥	۲۰۸۳	٥۲۸	۱٥۸٥	۱۷٦۱

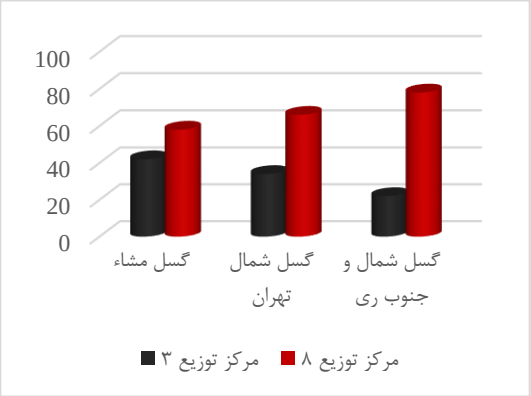
جدول۳. پارامترهای مربوط به حجم و وزن

	حجم (m^3)	وزن (kg)
بسته امدادی	۰,۰۰۷	۲,۱۸
وسیله نقلیه	۸۰	۲٤۰۰۰

٦-۱ نتایج عددی

با توجه به اطلاعات فوق، مدل مربوطه با استفاده از نرم‌افزار MATLAB بر روی یک رایانه همراه با سرعت پردازنده ۲,٦ گیگاهرتز، حافظه جانبی ٦ گیگابایت و پردازنده Intel Core i5 حل گردید و نتایج حل مدل برای عضوی که بهترین مقدار تابع هدف را دارد، ارائه و تحلیل شده است.

طرح توزیع شامل مسیرهای استفاده شده برای انتقال کالا از مراکز توزیع به نقاط تقاضا برای سناریوها و دوره‌های زمانی مختلف مطابق جدول ٤ است. برای نقاط تقاضایی که تقاضای آنها بیشتر از ظرفیت وسیله نقلیه است، ارسال کالا به این صورت انجام شده که یک بار کامل وسیله نقلیه به آنها ارسال شده و مابقی تقاضا به صورت برنامه جدول ٤ برآورده می‌شود. با توجه به برنامه توزیع کالا، مهم‌ترین یال‌های مورد استفاده در شبکه حمل‌ونقل براساس درصد وزنی کالاهایی که از این یال‌ها عبور کرده‌اند در جدول ٥ گزارش شده است. همانطور که مشاهده می‌شود حدود ۸۰ درصد کالاها از طریق ۱۰ یال نشان داده شده ارسال می‌شوند.

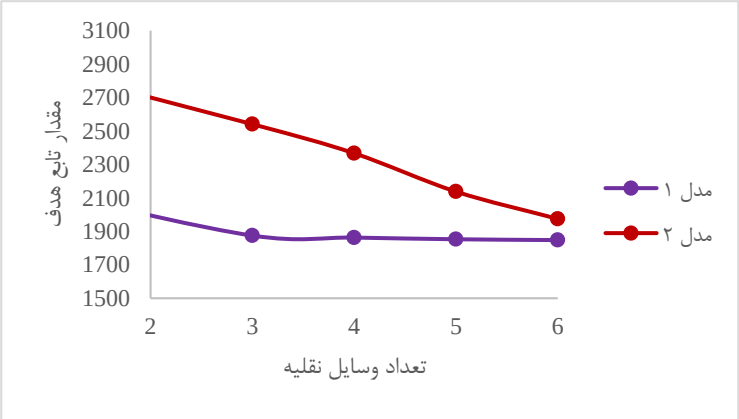


شکل ۵. درصد کالاهای تامین شده توسط هر مرکز توزیع

را در هر سناریو نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، در همه سناریوها حجم تقاضای برآورده شده توسط انبار موجود در ناحیه ۸ بیشتر از انبار موجود در ناحیه ۳ است. بطور متوسط ۳٤ درصد از تقاضاها توسط انبار در ناحیه ۳ و ٦٦ درصد مابقی توسط انبار ناحیه ۸ تامین می‌گردد. بنابراین حجم کالاهای ذخیره شده در انبار ۸ تقریباً باید ۲ برابر کالاهایی باشد که در انبار ۳ ذخیره می‌شود. اثر تغییر تعداد وسایل نقلیه برای دو مدل شامل: ۱)مدل ارائه شده، ۲)مدل با فرض یک سفر برای هر وسیله نقلیه، بر روی مقدار تابع هدف در شکل ٦ نشان داده شده است. همانطور که انتظار می‌رود، با افزایش تعداد وسایل نقلیه مقدار تابع هدف کاهش می‌یابد. برای یک تعداد ثابتی از وسایل نقلیه، مقدار تابع هدف برای مدل ارائه شده نسبت به مدلی که در آن هر وسیله تنها می‌تواند یک سفر را طی کند کمتر است به عبارت دیگر، برای رسیدن به یک مقدار مشخصی از زمان سفر در مدل بیان شده نسبت به مدل با یک سفر به تعداد وسایل نقلیه کمتری نیاز است. بنابراین بهره‌وری استفاده از وسایل نقلیه به عنوان یکی از منابع کمیاب در پاسخ به بحران در مدل ارائه شده نسبت به مدل دیگر بیشتر است.

جدول ٤. مسیرهای استفاده شده برای ارسال کالا

		$S=۱$			$S=۲$			$S=۳$		
		$t=۱$	$t=۲$	$t=۳$	$t=۱$	$t=۲$	$t=۳$	$t=۱$	$t=۲$	$t=۳$
$V=۱$	$r=۱$	۳-۲-۳	۳-۷-٤-۳	۳-۷-۲-۳		۳-٤-۳	۳-۲-۳	۳-۷-٥-٤-۳	۳-۱-۳	
	$r=۲$		۳-۲-۳	۳-٤-۳					۳-۲-۳	
$V=۲$	$r=۱$	۳-۱-۳	۳-۱-۳	۳-۱-۳	۳-۱-۲-۳	۳-۱-۳	۳-۱-۳	۳-۲-۱-۳		۳-۱-۲-۳
	$r=۲$					۳-۲-۷-۳				
$V=۳$	$r=۱$	۸-۹-۷-٤-٥-٦-۸	۸-٥-۸	۸-۹-٦-۸			۸-۷-٤-٥-۸		۸-۹-٦-۸	۸-۷-٤-۸
	$r=۲$		۸-۹-٦-۸				۸-٦-۹-۸			۸-٥-۸
$V=٤$	$r=۱$			۸-٥-۸	۸-۹-٥-٦-۸	۸-٦-۸		۸-۹-٦-۸	۸-۷-٤-۸	۸-۹-٦-۸
	$r=۲$				۸-۷-٤-۸	۸-٥-۹-۸			۸-٥-۸	



شکل ٦. اثر تغییر تعداد وسایل نقلیه بر روی مقدار تابع هدف

جدول ۵. مسیرهای اضطراری استفاده شده در شبکه

رتبه	۱	۲	۳	٤	٥
یال	٥-٨	١-٣	٧-٨	٤-٧	٦-٨
درصد کالا	٪١٥,٦	٪١٢,٣	٪٩	٪٨,٦	٪٧,٩
رتبه	٦	٧	٨	٩	١٠
یال	٤-٥	٣-٧	٣-٤	٢-٧	٩-٦
درصد کالا	٪٧,١	٪٥,٩	٪٥,١	٪٤,٣	٪٤,١

۷. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

افزایش جهانی تعداد بحران‌های طبیعی، برنامه‌ریزی برای کاهش اثرات مخرب این بحران‌ها را به اصلی‌ترین مسائل مدیران سازمان‌های مربوط تبدیل کرده است. با وجود نیاز به ابزارهای کمک در تصمیم‌گیری، تصمیم‌گیران سازمان‌های بشردوستانه اغلب تصمیمات غیربهینه مبتنی بر درک خود و تجربیات گذشته اتخاذ می نمایند که منجر به تصمیم‌گیری‌های ناکارآمد می‌شود. هدف اصلی این تحقیق، ارائه یک ابزار قوی برای کمک به تصمیم‌گیران سازمان‌های مربوطه است. برای این منظور، یک مدل بهینه‌سازی استوار پویای مسیریابی-زمانبندی برای توزیع منابع امدادی به افراد تحت تاثیر بعد از وقوع بحران توسعه داده شده است که به طور همزمان چندین ویژگی مسائل دانیای واقعی مثل چند انبار یا مرکز توزیع، امکان اجرای چندین سفر توسط هر وسیله و تصمیم‌گیری در شرایط پویا و عدم‌قطعیت بعد از بحران را دربر می‌گیرد. مدل برنامه‌ریزی برای زمانبندی و مسیریابی وسایل نقلیه از مراکز توزیع به نقاط تقاضا را تعیین می‌کند، بطوریکه کل زمان ارائه خدمت به نقاط تقاضا حداقل گردد. پیچیدگی مساله به اندازه‌ای است که نیازمند زمان محاسباتی زیادی است. در شرایط بعد از بحران، زمان ارائه خدمت به افراد تحت تاثیر با نرخ بقای افراد متناسب است و زمان پاسخگویی مهم‌ترین نگرانی است. بنابراین ارائه یک روش حل مناسب که بتواند این مساله پیچیده را در کوتاه‌ترین زمان ممکن حل نماید بسیار مهم است. به همین منظور یک الگوریتم فراابتکاری توسعه داده شده است که قادر است حل‌هایی با کیفیت مناسب در زمان کوتاهی ارائه نماید. این الگوریتم که GES نامیده شده است برای حل مسائل گروه‌بندی طراحی شده است. بر اساس دانش ما از حوزه برنامه‌ریزی لجستیک امداد بحران، این نخستین‌بار است که مساله از منظر گروه‌بندی دیده شده است. در نهایت برای ارزیابی مدل ارائه شده، یک مطالعه موردی برای منطقه‌ای از شهر تهران ارائه گردید. برای تحقیق ارائه شده تعدادی از فرصت‌های تحقیقاتی آتی به صورت زیر می‌توان بیان کرد. ۱) گسترش چارچوب مدلسازی برای درنظر گرفتن عملیات‌های لجستیک دیگر مانند تخلیه افراد از حوزه‌های تحت تاثیر، تخصیص وسایل نقلیه و نیروهای کاری برای انجام عملیات‌های امدادی. ۲) درنظر گرفتن محدودیت پنجره زمانی در برآورده‌سازی نیاز افراد آسیب‌دیده و محدودیت در منابع دردسترس. ۳) ترکیب کردن الگوریتم فراابتکاری با روش‌های ابتکاری برای بهبود عملکرد آن.

۸. پی‌نوشت‌ها

1. Disasters
2. Emergency Events Database (EM-DAT)
3. Relief logistics
4. Humanitarian logistics
5. Multi trip
6. Vehicle Routing Problem (VRP)
7. Grouping evolution strategies (GES)
8. Evolution strategies (ES)
9. New solution generation (NSG)

10. Nearest Neighborhood algorithm (NNA)
11. Japan International Cooperation Agency
12. Tehran Disaster Management and Mitigation Organization (TDMMO)
13. Damage Estimation System (DES)

۹. منابع

-Al Theeb, N., & Murray, C. (2017) "Vehicle routing and resource distribution in postdisaster humanitarian relief operations", International Transactions in Operational Research, Vol. 24, No. 6, pp. 1253–1284.

-Balcik, B., Beamon, B. M., & Smilowitz, K. (2008) "Last mile distribution in humanitarian relief", Journal of Intelligent Transportation Systems: Technology, Planning, and Operations, Vol. 12, No. 2, pp. 51–63.

-Bozorgi-Amiri, A., Khorsi, M., (2016), "A dynamic multi-objective location–routing model for relief logistic planning under uncertainty on demand, travel time, and cost parameters", The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 85, No. 5-8, pp. 1633–1648.

-Campbell, A. M., Vandenbussche, D., & Hermann, W. (2008) "Routing for Relief Efforts", Transportation Science, Vol. 42, No. 2, pp. 127–145.

-Centre for Research on the Epidemiology of Disasters CRED. (2016) EM-DAT | The international disasters database. Retrieved May 3, 2018, from http://www.emdat.be/

-Dantzig, G. B., & Ramser, J. H. (1959) "The truck dispatching problem", Management Science, Vol. 6, No. 1, pp. 80–91.

-Falkenauer, E. (1994) "A New Representation and Operators for Genetic Algorithms Applied to Grouping Problems", Evolutionary Computation, Vol. 2, No. 2, pp. 123–144.

-Ferrer, J. M., Martín-Campo, F. J., Ortuño, M. T., Pedraza-Martínez, A. J., Tirado, G., & Vitoriano, B. (2018) "Multi-criteria optimization for last mile distribution of disaster relief aid: Test cases and applications", European Journal of Operational Research, Vol. 269, No. 2, pp. 501–515.

-Huang, M., Smilowitz, K., & Balcik, B. (2012) "Models for relief routing: Equity, efficiency and efficacy", Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, Vol. 48, No. 1, pp. 2–18.

-Huang, X., & Song, L. (2018) "An emergency logistics distribution routing model for unexpected events", Annals of Operations Research, Vol. 269, No. 1, pp. 223–239.

-Husseinzadeh Kashan, A., Husseinzadeh Kashan, M., & Karimiyan, S. (2013) "A particle swarm optimizer for grouping problems", Information Sciences, Vol. 252, pp. 81–95.

-Institute, F. (2005) "Logistics and the effective delivery of humanitarian relief. Fritz Institute San Francisco", CA.

-JICA, & JICA, C. (2000) "The study on seismic microzoning of the Greater Tehran Area in the Islamic Republic of Iran", Pacific Consultants International Report, OYO Cooperation, Japan.

-Kashan, A. H., Akbari, A. A., & Ostadi, B. (2015) "Grouping evolution strategies: an efficient approach for grouping problems", Applied Mathematical Modelling, Vol. 39, No. 9, pp. 2703–2720.

-Najafi, M., Eshghi, K., & de Leeuw, S. (2014) "A dynamic dispatching and routing model to plan/ re-plan logistics activities in response to an earthquake", OR Spectrum, Vol. 36, No. 2,

pp. 323–356.

-Özdamar, L., Ekinci, E., & Küçükyazici, B. (2004) "Emergency Logistics Planning in Natural Disasters", Annals of Operations Research, Vol. 129, No. 1–4, pp. 217–245.

-Özdamar, L., & Yi, W. (2008) "Greedy neighborhood search for disaster relief and evacuation logistics", IEEE Intelligent Systems, Vol. 23, No. 1, pp. 14–23.

-Rawls, C. G., & Turnquist, M. A. (2012) "Pre-positioning and dynamic delivery planning for short-term response following a natural disaster", Socio-Economic Planning Sciences, Vol. 46, No. 1, pp. 46–54.

-Rivera, J. C., Afsar, H. M., & Prins, C. (2016) "Mathematical formulations and exact algorithm for the multitrip cumulative capacitated single-vehicle routing problem," European Journal of Operational Research, Vol. 249, No. 1, pp. 93–104.

-Shen, Z., Dessouky, M. M., & Ordóñez, F. (2009) "A two-stage vehicle routing model for large-scale bioterrorism emergencies", Networks, Vol. 54, No. 4, pp. 255–269.

-Talebian Sharif, M., & Salari, M. (2015) "A GRASP algorithm for a humanitarian relief transportation problem", Engineering Applications of Artificial Intelligence, Vol. 41, pp. 259–269.

-Thomas, A. S., & Kopczak, L. R. (2005) "From logistics to supply chain management: the path forward in the humanitarian sector", Fritz Institute, Vol. 15, pp. 1–15.

-Van Wassenhove, L. N. (2006) "Humanitarian aid logistics: supply chain management in high gear", Journal of the Operational Research Society, Vol. 57, No. 5, pp. 475–489.

-Wang, L., Song, J., & Shi, L. (2015) "Dynamic emergency logistics planning: models and heuristic algorithm", Optimization Letters, Vol. 9, No. 8, pp. 1533–1552.

-Yi, W., & Kumar, A. (2007) "Ant colony optimization for disaster relief operations", Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, Vol. 43, No. 6, pp. 660–672.

-Yu, C.-S., & Li, H.-L. (2000) "A robust optimization model for stochastic logistic problems", International Journal of Production Economics, Vol. 64, No. 1–3, pp. 385–397.

-آقایی، م.، علینقیان، م .و صبا ، م .س. (١٣٩٦) "مکان یابی مراکز امداد موقت و مسیریابی پویای وسایل نقلیه امداد هوایی در شرایط بحران"، فصلنامه علمی - پژوهشی مهندسی حمل و نقل، دوره ٩، شماره ٤، ص. ٥١٩-٥٤٨.

ملیحه خورسی، درجه کارشناسی در رشته مهندسی صنایع-تکنولوژی صنعتی را در سال ۱۳۸۸ از دانشگاه تفرش و درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی صنایع در سال ۱۳۹۱ را از دانشگاه تفرش اخذ نمود. در حال حاضر دانشجوی دکتری در رشته مهندسی صنایع در دانشگاه تربیت مدرس است. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان لجستیک امداد بشردوستانه، بهینه‌سازی چند هدفه، هوش محاسباتی و توسعه الگوریتمهای الهام گرفته از طبیعت است.

سید کمال چهارسوقی، درجه کارشناسی و کارشناسی ارشد در رشته مهندسی صنایع را از دانشگاه ساوتهمپتون انگلستان اخذ نمود. در سال ۱۳٦٤ موفق به کسب درجه دکتری در رشته مهندسی صنایع از دانشگاه هال انگلستان گردید. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان سیستمهای تولیدی، مدیریت زنجیرهٔ تأمین، سیستمهای اطلاعاتی، مدیریت استراتژیک و نظریهٔ سیستمها بوده و در حال حاضر عضو هیات علمی با مرتبه استاد در دانشگاه تربیت مدرس است.

علی حسین‌زاده کاشان، درجه کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری در رشته مهندسی صنایع را در سال ۱۳۸۲، ۱۳۸٤ و ۱۳۸۸ را از دانشگاه امیرکبیر اخذ نمود. در سال ۱۳۹۰ موفق به کسب درجه پسا دکتری در رشته مهندسی صنایع از دانشگاه امیرکبیر گردید. زمینه های پژوهشی مورد علاقه ایشان مدلسازی ریاضی و رویکردهای الگوریتمیک، هوش محاسباتی و توسعه الگوریتمهای الهام گرفته از طبیعت، بهینه سازی ترکیبی و الگوریتمهای تقریبی، توسعه روش‌های جدید در تصمیم‌گیری چند معیاره و مدلهای احتمالی و بهینه‌سازی مبتنی بر شبیه‌سازی بوده و در حال حاضر عضو هیات علمی با مرتبه استادیار در دانشگاه تربیت مدرس است.

علی بزرگی امیری، درجه کارشناسی و کارشناسی ارشد در رشته مهندسی صنایع را در سال ۱۳۷۸ و ۱۳۸۳از دانشگاه علم و صنعت ایران اخذ نمود .در سااال ۱۳۹۰ موفق به کسب درجه دکتری در رشته مهندسی صنایع – سیستم‌های اقتصادی-اجتماعی از دانشگاه علم و صنعت ایران گردید. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان لجستیک امداد بشردوستانه، مکانیابی و کاربرد تکنیکهای تصمیم‌گیری چندمعیاره بوده و در حال حاضر عضو هیات علمی با مرتبه استادیار در دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه تهران است.