

# مدل سازی و حل مسئله مکان یابی تخصیص دو هدفه در لجستیک امداد رسانی با در نظر گرفتن زیرساخت ها

شیرین علیزاده: کارشناسی ارشد مهندسی صنایع- مؤسسه آموزش عالی آیندگان  
رضا حسن زاده\*: دکترای مهندسی صنایع- استادیار مؤسسه آموزش عالی روزبهان ساری rhz\_1974@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۹/۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۹/۲۶

## چکیده

بحران حادثه ای است که سبب آسیب، ویرانی، مرگ و رنج بشر و تخریب سلامت انسان هنگام حادثه و بعد از آن می شود. این حوادث به طور طبیعی یا به وسیله بشر به طور ناگهانی به وجود می آیند. از بیشتر خسارت های بشری و خرابی ها می توان با پیش بینی های بهتر و برنامه ریزی های خاص جلوگیری کرد. تعیین بهترین مکان هنگام وقوع حادثه برای جلوگیری از تلفات بیشتر امری ضروری است. مکان های امداد رسانی باید طوری انتخاب شوند که پس از وقوع حادثه در کمترین زمان ممکن به تقاضای آسیب دیدگان پاسخ دهند. بعد از وقوع بحران نیروهای امدادی، کالاهای امدادی و تجهیزات مورد نیاز برای امداد رسانی حادثه دیدگان به مناطق حادثه دیده اعزام می شوند. از این رو مکان انبارهای از قبل تعیین شده در تسهیل امداد رسانی نقش بسیار مهمی دارند. بنابراین انتخاب محل هایی مناسب برای انبارها از اهداف اصلی ما در این مقاله است. در این مقاله یک مدل دو هدفه خطی برای مرحله آماده سازی بحران برای تعیین بهترین مکان ها برای امداد رسانی در نظر گرفته شده است. اهداف ما به حداقل رساندن حداکثر وزن مکان ها و هزینه هاست که با توجه به محدودیت ها، در نظر گرفتن حداکثر فواصل مجاز با مکان های آسیب دیده، جاده های اصلی و بیمارستان های مجهز مسئله مکان یابی تخصیص مدل سازی شده است. مسائلی در ابعاد مختلف طراحی شده و با استفاده از سه روش دقیق برنامه ریزی آرمانی، LP متریک و مجموع وزنی حل شده است. نتایج حاصل از نظر معیارهای مختلف همچون اهداف و زمان مورد مقایسه قرار گرفتند و نتایج آن بیان شد.

واژه های کلیدی: لجستیک امداد، مکان یابی تخصیص، مدیریت بحران، بهینه سازی دو هدفه

## Modeling and solving the problem of locating bi-objective allocation in humanitarian logistics with regard to urban infrastructure

Shirin Alizade<sup>1</sup>, Reza Hassanzadeh<sup>2</sup>

### Abstract

Crisis are the inevitable realities of human life; which is an accident that occurs naturally or suddenly or increasingly by human and to address it, there is a need for urgent and fundamental measures. When the crisis occurs, pre-determined storage locations will play an important role in relief; therefore, the selection of suitable places for warehouses is one of our main goals in this research. In this research, a bi-objective linear programming model with integer variables is developed. The proposed model attempt to minimize total cost along with maximizing the minimum weight of open shelter areas while deciding on the location of shelter areas, the assigned population points to each open shelter area and controls the utilization of open shelter areas. In order to solve proposed model, some of well-known multi-objective, exact methods include a weighted sum method, LP-metric method, and goal programming approach are employed. Finally, the best open shelter areas with considering the minimum cost is obtained, which these results can be useful for crisis organizations.

**Keywords:** Relief Logistic; Location Allocation; Emergency Management; Multi-Objective Optimization

1. Department of Industrial Engineering, University College of Ayandegan, Tonekabon, Iran

2. Department of Industrial Engineering, University College of Rouzbahan, Email: Sari, Iranrhz\_1974@yahoo.com

۳۳

شماره هجدهم

پاییز و زمستان  
۱۳۹۹

دوفصلنامه  
علمی و پژوهشی



مدل سازی و حل مسئله مکان یابی تخصیص دو هدفه در لجستیک امداد رسانی با در نظر گرفتن زیرساخت ها

در جامعه امروزی که به نظر می‌رسد حوادث در گوشه کنار کره خاکی رخ می‌دهند، اهمیت مدیریت بحران غیرقابل انکار است. هیچ کشوری و هیچ جامعه‌ای در مقابل خطرات حوادث ایمن نیستند. با وجود این می‌توان برای حوادث آماده بود و به آنها واکنش نشان داد و یا بعد از آنها دوباره به شرایط اولیه بازگشت و تخریب‌ها را به مقدار مشخصی محدود کرد. هر ساله بلایای طبیعی مانند سیل، زلزله، طوفان و خشکسالی هزاران نفر را کشته و میلیون‌ها دلار خسارت مالی به ما وارد می‌کند. در بسیاری از کشورها فاجعه سیل دارای بالاترین بسامد وقوع در میان تمام بلایای طبیعی است. بنابراین مهم است که تیم مدیریت بحران سیل یک برنامه جامع و محتاط را در واکنش به فاجعه سیل داشته باشند [۱]؛ بنابراین داشتن طرح‌های جامع شرایط بحران و نیز ارزیابی و بهبود این برنامه‌ها به طور مستمر امری ضروری به حساب می‌آید و همچنین واکنش‌های مناسب و درست در هر مرحله در این چرخه به آمادگی بهتر و بیشتر، هشدارهای بهتر، کاهش آسیب پذیری و یا جلوگیری از حوادث در زمان تکرار چرخه می‌انجامد. یکی از مسائل مهمی که در سال‌های اخیر در تمامی کشورها و از جمله ایران بدان پرداخته شده مسئله‌ی مدیریت بحران است. مدیریت بحران را می‌توان قاعده‌ای برای پیشگیری یا مواجه شدن با ریسک‌های احتمالی وقوع هر بحران طبیعی و غیرطبیعی تعریف کرد. در واقع مدیریت بحران مجموعه‌ای از فرایندها را قبل، حین و پس از وقوع هر بحران پیش‌بینی و برنامه‌ریزی می‌کند تا بتواند تا حد ممکن از تلفات مالی و انسانی هر بحران جلوگیری کند یا آنها را کاهش دهد. مدیریت بحران شامل چهار فاز است که عبارتند از: پیشگیری و کاهش، آمادگی، پاسخ و بهبود.

محاسبات انجام‌شده در فاز پیشگیری با هدف جلوگیری از تبدیل شدن یک خطر به فاجعه یا بحران و یا کاهش آثار مهلک آن انجام می‌شود. این فاز از مدیریت بحران با سه فاز دیگر در نیاز به برنامه‌ریزی بلندمدت و سرمایه‌گذاری بالا متفاوت است. به خاطر ماهیت ارزیابی‌های پیشگیرانه این مرحله یکی از مهمترین فازهای چرخه‌ی مدیریت در مقابل تأثیرات بحران است. در فاز آمادگی برای پاسخ‌گویی مناسب در هنگام وقوع بحران، برنامه‌ها و راهکارهایی پیش‌بینی و طراحی می‌شوند که از آن جمله می‌توان به مواردی همچون تعیین محل استقرار مراکز توزیع، میزان نگهداری و ذخیره‌ی کالاهای امدادی و نحوه‌ی برقراری ارتباط پس از وقوع بحران اشاره کرد. در فاز پاسخ نیاز است که بلافاصله بعد از وقوع بحران نیروهای امدادی کالاهای امدادی و تجهیزات مورد نیاز برای امداد رسانی حادثه‌دیدگان به مناطق حادثه‌دیده اعزام و تقسیم شوند. هنگامی که بحران اتفاق می‌افتد، مکان انبارهای از قبل تعیین شده نقش مهمی در امداد رسانی خواهند داشت، بنابراین انتخاب محل‌های مناسب برای انبارها یکی از اهداف اصلی ما در این پژوهش است. یکی دیگر از فازهای مهم مدیریت بحران، فاز پاسخ‌گویی بوده و از جمله اقدامات مهم در این فاز، توزیع امداد و تخلیه قربانیان و مجروحان است. در طول بحران‌ها سازمان‌های کمک‌رسانی مختلف معمولاً با مشکلات

قابل‌ملاحظه‌ای در حمل‌ونقل مقادیر زیاد از وسایل و کالاهای امدادی مختلف از جمله غذا، لباس، دارو و تدارکات پزشکی، ماشین‌ها و پرسنل از نقاط مختلف مبدا تا مقصدهای مختلف در مناطق حادثه مواجه می‌شوند. حمل‌ونقل تدارکات و پرسنل امدادی باید به سرعت انجام شود تا میزان نجات جمعیت آسیب‌دیده به حداکثر و هزینه‌ی چنین عملیاتی به حداقل ممکن برسد. در این پژوهش یک مدل دو هدفه برنامه‌ریزی خطی برای مرحله آمادگی‌سازی مدیریت بحران با استفاده از زیرساخت‌های شهری استفاده می‌شود تا با توجه به محدودیت‌های موجود و اهداف حداکثرسازی کمترین وزن مکان‌ها و به حداقل رساندن هزینه‌های کل پس از وقوع حادثه بتوان مسئله مکان‌یابی را حل کرد.

به‌طور کلی، هدف از این پژوهش ارائه مدلی تازه برای مکان‌یابی مراکز امداد سیار، مدیریت موجودی و ملاحظات هزینه‌ای برای برنامه‌ریزی و پاسخ‌گویی هرچه بیشتر و بهتر در برابر حوادث است. در این مدل، به بررسی و تعیین بهترین مکان‌ها با اهداف حداکثرسازی کمترین وزن مکان‌ها و حداقل‌سازی هزینه‌ها با در نظر گرفتن محدودیت ظرفیت انبار، منابع و محدودیت‌های دیگر پرداخته می‌شود.

## مروری بر ادبیات مسئله

حال به بررسی پیشینه تحقیق در حوزه لجستیک بلایا در شاخه‌های مختلفی نظیر مکان‌یابی مراکز درمانی و اسکان، جریان در شبکه، حمل‌ونقل، مسیریابی و موجودی و نیز تحقیقات انجام‌شده مربوط به لجستیک امداد پرداخته می‌شود. یکی از فازهای مهم مدیریت بحران فاز پاسخ‌گویی بوده و از جمله اقدامات مهم در این فاز، توزیع امداد و تخلیه قربانیان و مجروحان است. همچنین مکان‌های بهینه برای ساخت انبارهای انتقال موقت که معمولاً به شکل چادرهای امدادی است، باید تعیین شده تا افراد حادثه‌دیده که بر اثر وقوع حادثه مکان زندگی خود را از دست داده‌اند، به این مناطق منتقل شوند.

بنابراین یکی از راهکارهای مؤثر برای کاهش هزینه‌های مالی و صدمات جانی ناشی از بحران‌ها این است که مکان‌های مناسب برای ساخت انبارهای انتقال موقت در زمان وقوع بحران تعیین شود و همچنین برنامه‌ریزی‌های مناسب برای تخصیص بخش‌های مختلف شبکه امداد به این مراکز در نظر گرفته شود. بنابراین مکان‌یابی مناسب انبارهای انتقال موقت و تخصیص بهینه آنها می‌تواند خسارت‌های جانی و مالی را کاهش داده و هرگونه اقدام نادرست در این شرایط سبب افزایش چشمگیر این خسارات می‌شود. مکان‌یابی تسهیلات معمولاً قبل از وقوع بحران و در فاز آمادگی برای تعیین مکان صورت می‌گیرد؛ اما در مواردی نیز مکان‌یابی در فاز پاسخ‌گویی کاربرد دارد.

در مسئله مکان‌یابی شاخه‌هایی نظیر مکان‌یابی مراکز امداد، درمان، اسکان و توزیع وجود دارد. برخی از تحقیقاتی که بر مکان‌یابی تسهیلات متمرکز بوده‌اند، در زیر بررسی می‌شوند:

بزرگی و همکاران [۲]، یک مدل احتمالی استوار چندهدفه را برای لجستیک امداد بحران در شرایط عدم قطعیت ارائه کردند. در این مقاله پارامترهای تقاضا، عرضه، هزینه خرید و حمل و نقل به صورت احتمالی در نظر گرفته شد. مدل عدالت در توزیع را در نظر گرفته و اهداف شامل به حداقل رساندن هزینه کل و به حداکثر رساندن رضایت مندی است. مدل با استفاده از روش برنامه‌ریزی توافقی حل شده و برای مجموعه‌ای از سناریوها در نواحی از ایران به کار گرفته شد.

چانگ و همکاران [۱] برای تعیین یک سیستم توزیع منابع امداد و نجات در شرایط وقوع سیل یک مدل برنامه‌ریزی احتمالی دو مرحله‌ای را ارائه دادند که در آن مکان و مقدار تقاضا با عدم قطعیت همراه است. در مرحله اول، آنها مناطق حادثه را گروه‌بندی کردند؛ با این هدف که فاصله حمل و نقل موردانتظار بین آنها به کمترین مقدار برسد. مرحله دوم شامل یک مدل مکان‌یابی-تخصیص است که هدف آن به کمترین مقدار رساندن هزینه‌ها از جمله هزینه ساخت تسهیلات، هزینه‌های حمل و نقل و هزینه کمبود تقاضاست. آنها همچنین برای بررسی یک مطالعه موردی از وقوع سیل در شهر تایبیه، از سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش تقریب نمونه‌گیری استفاده کردند.

جبارزاده و همکاران [۳] یک مدل طراحی شبکه استوار برای زنجیره تأمین خون را ارائه دادند که مدل توسعه داده شده آنها می‌تواند برای مکان‌یابی و تخصیص تسهیلات در دوره‌های پس از فاجعه به کار گرفته شود. مدل استوار شامل هدف به حداقل رساندن کل هزینه‌های عملیات برای تأمین خون از جمله هزینه مکان‌یابی و ساخت تأسیسات ثابت، جابه‌جایی تأسیسات موقتی، هزینه تدارکات و حمل و نقل است. در نهایت، یک تجزیه و تحلیل برای بررسی استواری مدل و استواری جواب و همچنین یک مقایسه بین روش بهینه‌سازی استوار و رویکرد ارزش مورد انتظار صورت گرفته است.

افشار و حقانی [۴]، مدلی ریاضی برای لجستیک زنجیره تأمین یکپارچه برای عملیات امداد در شرایط بحران ارائه کردند. مدل به صورت چند کالایی بوده و نه تنها مسیرهای بهینه برای توزیع امداد را در نظر می‌گیرد، بلکه مکان‌های بهینه برای تسهیلات موقت در لایه‌های مختلف زنجیره امداد را هم تعیین می‌کند. مجموعه‌ای از آزمایشات عددی برای آزمودن مدل طراحی شد و با تحلیل آنها قابلیت مدل ارزیابی شد.

کمپل و جونز [۵]، در این زمینه که تأمین‌کننده‌ها در زمان آماده‌سازی برای بلایایی مانند طوفان و حمله تروریست‌ها در کجا مستقر شوند، مطالعاتی انجام دادند. آن‌ها محاسباتی را برای تعیین میزان بهینه انبارش و کل هزینه مورد انتظار تحویل به نقاط تقاضا از نقاط عرضه انجام دادند و از یک آنالیز حساسیت برای نشان دادن اینکه چگونه پارامترهای مختلف بر میزان انبارش و هزینه تأثیر می‌گذارند، استفاده کردند. آنها نشان دادند که چگونه مدل هزینه‌ای آنها می‌تواند برای انتخاب بهترین مکان برای نقطه عرضه از میان مجموعه‌ای از گزینه‌ها به کار برده شود و چگونه می‌تواند در الگوریتم مکان‌یابی موجود برای انتخاب نقاط مختلف

عرضه استفاده شود. آزمایشات محاسباتی آنها شامل مجموعه‌ای از روابط بین فاصله و ریسک بوده و نشان داد که این عوامل چگونه بر انتخاب مکان و سطوح انبارش تأثیر می‌گذارد.

آلمیدا و همکاران [۶]، در فاز آمادگی و پاسخ‌گویی، رویکردی چند هدفه را برای مکان‌یابی پناهگاه‌های اورژانسی و تعیین مسیرهای تخلیه در مناطق شهری ارائه کردند. از آنجایی که یک مسیر یا یک پناهگاه ممکن است بر اثر آتش‌سوزی غیرقابل استفاده شود، یک مسیر و یک پناهگاه پشتیبان برای هر ساختمان در نظر گرفته شد. در این مدل اهداف شامل به حداقل رساندن فاصله رسیدن به پناهگاه‌ها، به حداقل رساندن ریسک مواجهه با آتش‌سوزی در مسیر و پناهگاه‌ها و به حداقل رساندن زمان انتقال از پناهگاه‌ها به بیمارستان هستند.

جیا و همکاران [۷]، یک مدل و رویکرد حل برای تعیین مکان تسهیلات تدارکات درمانی در پاسخ‌گویی‌های اضطراری در مقیاس بزرگ ارائه کردند. آنها عدم قطعیت تقاضا و ناکافی بودن موجودی پزشکی را با مهیا کردن اینکه هر نقطه تقاضا توسط چند تسهیل که در فواصل متفاوت مکان‌یابی شده‌اند پاسخ داده می‌شود، مورد توجه قرار دادند. مسئله به عنوان یک مسئله پوشش کامل فرموله شد و ۳ روش ابتکاری الگوریتم ژنتیک، مکان‌یابی-تخصیص و آزادسازی لاگرانژ برای حل استفاده شد.

گریو و همکاران [۸] با هدف به حداقل رساندن اثرات نامطلوب حوادث یک مدل برنامه‌ریزی تصادفی برای تدارکات در زمان وقوع حادثه سیل را ارائه دادند. در مدل آنها برای تأمین منابع به اندازه کافی برای برآورده کردن تقاضاها با احتمال معین به بهینه‌سازی سطوح موجودی برای تأمین اضطراری کالاها و همچنین در دسترس بودن وسایل نقلیه توجه شده است. مدل شامل هدف به حداقل ممکن رساندن سه بخش است: هزینه حمل و نقل محصولات به نقاط آسیب‌دیده، هزینه جابه‌جایی وسایل نقلیه بین انبارها و هزینه نگهداری موجودی. در نهایت، مدل را با استفاده از روش تقریب میانگین نمونه حل کردند.

نجفی و همکاران [۹] با تمرکز بر روی مدل بهینه‌سازی استوار، یک مدل چند هدفه، چند وسیله‌ای، چند کالایی و چند دوره‌ای را برای مدیریت هر دو جریان کالاها و افراد مجروح در پاسخ به موقعیت‌های مختلف حادثه زلزله ارائه دادند. مدل شامل سه هدف سلسله‌مراتبی تحت عنوان: ۱- به حداقل رساندن تعداد افراد مجروح سرویس داده نشده، ۲- به حداقل رساندن تقاضای برآورده نشده در طول افق برنامه‌ریزی و ۳- به حداقل رساندن تعداد وسایل نقلیه استفاده شده در طول دوره پاسخ‌دهی است.

### مدل‌سازی ریاضی مسئله

در مقاله منتخب که مورد استفاده قرار گرفته، روشی مبتنی بر برنامه‌ریزی خطی تلفیقی یکپارچه برای انتخاب مکان‌های پناهگاه‌های موقت پیشنهاد شده است. در این مدل ریاضی به دنبال حداکثر وزن ناحیه سرپناه باز هستیم؛ در حالی که برای تصمیم‌گیری در مورد مکان‌های سرپناه، امتیازات اختصاص داده شده به هر منطقه سرپناه باز و کنترل استفاده از مناطق سرپناه باز

ارائه شده است [۱۰]. اما مدل ارائه شده در این مقاله یا شبکه در نظر گرفته شده در این تحقیق شامل سه سطح بالفعل (مناطق حادثه دیده، بیمارستان ها و مجموعه هلال احمر) و یک سطح بالقوه (مراکز درمانی و مراکز اسکان موقت) است. تعیین مکان، تعداد و ظرفیت تسهیلات امدادی و تخصیص بخش های مختلف باید به گونه ای انجام شود که با توجه به محدودیت های موجود اهداف در نظر گرفته شده در مسئله به بهترین شکل برآورده شوند. مدل ارائه شده در این مقاله دو هدفه، چندکالایی، تک دوره ای و تک وسیله ای است.

### مفروضات مسئله

در ادامه، مفروضات مدل به تفکیک آورده شده است:

- تعداد و مکان مجموعه هلال احمر و مناطق حادثه دیده ثابت و مشخص است.
- مکان های بالقوه برای ساخت مراکز اسکان موقت و مراکز درمانی موقت مشخص است.
- فاصله بین مناطق حادثه دیده، مجموعه هلال احمر، بیمارستان ها، مراکز اسکان موقت و مراکز درمانی موقت مشخص است.
- مدل به صورت چندکالایی در نظر گرفته شده است.
- ظرفیت مجموعه هلال احمر و مراکز اسکان موقت محدود هستند. محدود بودن ظرفیت مدل را پیچیده تر کرده و نیز آن را به دنیای واقعی نزدیک تر می سازد.
- مدل به صورت دو هدفه بوده و اهداف هزینه ای و مکان یابی را به طور همزمان در نظر می گیرد.

روش مدل سازی در این تحقیق، برنامه ریزی عدد صحیح خطی است؛ به طوری که تعدادی از متغیرها به صورت صفر و یک بوده و سایر متغیرها نیز عدد صحیح هستند.

در این پژوهش، یک مدل برنامه ریزی عدد صحیح مختلط ارائه شده است. در این حالت یک منطقه اگر ایجاد شده باشد و جمعیت به آن اختصاص داده شود، پناهگاه نامزد «باز» گفته می شود. از سوی دیگر، یک منطقه اگر امکانات پناه دادن به آن نامزد داده نشده باشد، پناهگاه نامزد «بسته» گفته می شود. هدف این مدل ریاضی انتخاب بهترین ترکیب ممکن از مناطق پناهگاه (یعنی بیشینه کردن حداقل وزن مناطق پناهگاه ساخته شده) است؛ در حالی که هر منطقه را به نزدیک ترین منطقه پناهگاه ساخته شده اختصاص دهد، ظرفیت مناطق پناهگاه برآورده شده باشد، کمترین استفاده از تفاوت دوتایی استفاده از مناطق پناهگاه ساخته شده انجام گیرد و مطمئن شدن از اینکه هر منطقه پناهگاه ساخته شده دارای یک جاده اتصال اصلی و یک مؤسسه سلامت در فاصله آستانه خاص باشد. همچنین هدف دوم مسئله به حداقل رساندن هزینه ها شامل هزینه ثابت تأسیس، هزینه حمل و نقل، هزینه نگهداری و هزینه تقاضای پاسخ داده نشده است.

### اندیس ها:

I مجموعه مکان های نامزد

J مجموعه ای از مناطق پناهگاه  
R مجموعه ی هلال احمر و تأمین کنندگان محصولات مورد نیاز  
P مجموعه محصولات مورد احتیاج

### پارامترها:

$W_i$	که اعدادی بین صفر i وزن مکان های نامزد و یک می باشد
$d_i^{health}$	و نزدیک ترین مرکز i فاصله بین مکان نامزد بهداشت
$d_i^{road}$	و نزدیک ترین جاده i فاصله بین مکان نامزد اصلی
$Demand_j$	از نظر متر مربع تقاضای کل منطقه
$cap_i$	i ظرفیت مکان نامزد
$distSorted_{ij}$	زامین مکان نامزد نزدیک به نقطه تقاضای i
$DistHealth$	مقدار آستانه برای منطقه پناهگاه - فاصله مرکز سلامت
$DistRoad$	مقدار آستانه برای منطقه پناهگاه - فاصله جاده اصلی
$\alpha$	مقدار آستانه برای تفاوت استفاده دو به دو از مناطق پناهگاه نامزد
$\beta$	مقدار آستانه برای کمترین استفاده از پناهگاه های ساخته شده
$f_i$	هزینه ثابت برپایی و تأسیس مکان صحرائی i
$TC_{ri}$	هزینه حمل و نقل محصولات از تأمین کننده i به مکان r
$Dem_{pi}$	p برای محصول i تقاضای مکان
$Sup_{rp}$	r توسط تأمین کننده p میزان عرضه محصول
$SHC_{ip}$	میزان هزینه کمبود برای تقاضای پاسخ داده i در مکان p نشده محصول
$HC_{ip}$	در p میزان هزینه نگهداری برای محصول امکان

### متغیر تصمیم:

$X_i$	برابر با یک اگر مکان نامزد i به عنوان منطقه پناهگاه انتخاب شود؛ در غیر این صورت برابر با صفر است
$y_{ij}$	برابر با یک اگر منطقه پناهگاه ز به مکان نامزد i اختصاص یابد؛ در غیر این صورت برابر با صفر است
$W_{min}$	حداقل وزن مناطق پناهگاه نامزد عملیاتی
$Q_{pri}$	میزان محصول نوع p ارسالی از تأمین کننده r به مکان i
$Shortage_{ip}$	میزان تقاضای پاسخ داده نشده محصول p برای مکان i

$$x_i \in \{0,1\} \quad \forall i \in I \quad \text{رابطه ۱۴:}$$

$$y_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, j \in J \quad \text{رابطه ۱۵:}$$

$$Q_{pri} \geq 0, shortage_{ip} \geq 0, Inv_{ip} \geq 0 \quad \text{رابطه ۱۶:}$$

$$\forall p \in P, i \in I, r \in R$$

تابع هدف (۱) به بیشینه کردن حداقل وزن مناطق پناهگاه ساخته شده می پردازد. تابع هدف (۲) به کمینه سازی هزینه کل شامل هزینه ساخت، هزینه حمل و نقل، هزینه نگهداری و هزینه کمبود می پردازد. محدودیت (۳) مطمئن می شود که میزان محصولات ارسالی از تأمین کننده به مکان ساخته شده منتخب کوچک تر مساوی از عرضه آن تأمین کننده باشد. محدودیت (۴) نشان می دهد که میزان محصولات ارسالی از تأمین کننده به مکان ساخته شده منتخب برابر با موجودی و کمبود آن منطقه است. محدودیت (۵) نشان می دهد که حداکثر مقداری که می تواند وجود داشته باشد، برابر با حداقل وزن مناطق پناهگاه ساخته شده است. محدودیت (۷) نشان می دهد که هر مکان احتیاج دارد که به یک منطقه پناهگاه تخصیص یابد. محدودیت های (۸) و (۹) بیانگر اعمال آستانه فاصله از جاده های اصلی و مراکز بهداشت است. محدودیت های (۱۰) و (۱۱) به کنترل استفاده از مناطق پناهگاه عملیاتی می پردازند. محدودیت های (۱۲) و (۱۳) اطمینان حاصل می کنند که هر منطقه به نزدیک ترین منطقه پناهگاه ساخته شده اختصاص داده شود. همچنین معادلات (۱۴) تا (۱۶) بیانگر علامت و نوع متغیرها اعم از صفر و یک بودن و مثبت بودن آنهاست.

### توضیحات تکمیلی درباره مدل

این مسئله از تعدادی نقاط تأمین اقلام امدادی، مجموعه ای از نقاط بالقوه برای مکان یابی تسهیلات موقت یا دائم به عنوان نقاط ارسال و در نهایت نقاط تقاضا (مکان های آسیب دیده) تشکیل شده است. هدف اصلی در این زنجیره رسیدن به برنامه ای کارا در فاز پاسخ گویی بحران برای ارسال کافی کالاهای امدادی ضروری از انبارها یا توسط تأمین کنندگان مشخص به مناطق آسیب دیده است (محدودیت ۳ و ۴). برنامه ریزی مؤثر فعالیت های لجستیکی برای کاهش هرچه بیشتر تلفات و مرگ و میر افراد بر اثر حوادث است. همچنین در این جریان منابع موجود، کالاها و وسایل نقلیه معمولاً ناکافی است. با داشتن برنامه ای کارا می توان به بیشترین اهداف ممکن رسید.

از جمله اقدامات مهم در فاز پاسخ گویی، توزیع امداد و تخلیه قربانیان و مجروحان است. مجروحان باید از مناطق حادثه دیده به مراکز درمانی که به صورت موقت در منطقه ساخته شده اعزام شوند (محدودیت ۶). بنابراین مکان بهینه برای ساخت این مراکز درمانی موقت باید تعیین شود. از بین اماکن ساخته شده، مکان هایی که وزن، تقاضا و ظرفیت بیشتری داشته باشند، برای استفاده در اولویت قرار گرفته و کوشش شده که کمترین مکان ها

میانگین موجودی محصول  $p$  برای مکان  $i$   $Inv_{ip}$

مدل ریاضی پیشنهادی:

$$\max F_1 = W_{\min} \quad \text{رابطه ۱:}$$

$$\min F_2 = \sum_{i \in I} f_i \times x_i + \sum_{i \in I} \sum_{r \in R} \sum_{p \in P} TC_{ri} \times Q_{pri} \quad \text{رابطه ۲:}$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{p \in P} shortage_{ip} \times SHC_{ip} + \sum_{i \in I} \sum_{p \in P} Inv_{ip} \times H_i$$

$$\sum_{i \in I} Q_{pri} \leq \sup_{rp} \quad \forall r \in R, p \in P \quad \text{رابطه ۳:}$$

$$\sum_{i \in I} Q_{pri} + Inv_{ip} = Dem_{pi} + shortage_{ip} \quad \forall i \in I \quad \text{رابطه ۴:}$$

$$W_{\min} \leq x_i w_i + (1 - x_i) \quad \forall i \in I \quad \text{رابطه ۵:}$$

$$\sum_{j \in J} y_{ij} \times Demand_j \leq cap_i \times x_i \quad \forall i \in I \quad \text{رابطه ۶:}$$

$$\sum_{i \in I} y_{ij} = 1 \quad \forall j \in J \quad \text{رابطه ۷:}$$

$$d_i^{health} \times x_i \leq DistHealth \quad \forall i \in I \quad \text{رابطه ۸:}$$

$$d_i^{road} \times x_i \leq DistRoad \quad \forall i \in I \quad \text{رابطه ۹:}$$

$$\frac{\sum_{j \in J} y_{ij} \times Demand_j}{cap_i} \geq \beta x_i \quad \forall i \in I \quad \text{رابطه ۱۰:}$$

$$\frac{\sum_{j \in J} y_{ij} \times Demand_j}{cap_i} - \frac{\sum_{j \in J} y_{kj} \times Demand_j}{cap_k} \leq \alpha + (1 - x_i) + (1 - x_k) \quad \forall i \in I, k \in I, i \neq k \quad \text{رابطه ۱۱:}$$

$$y_{dist Sorted(1,j)} = x_{dist Sorted(1,j)} \quad \forall j \in J \quad \text{رابطه ۱۲:}$$

$$y_{dist Sorted(i,j)} \geq x_{dist Sorted(i,j)} \quad \text{رابطه ۱۳:}$$

$$\sum_{k=1}^{i-1} x_{dist Sorted(k,j)} \quad \forall j \in J, i = 2, \dots, I$$



جدول ۱: طراحی مسائل در ابعاد مختلف برای مدل پیشنهادی

مشخصات مدل				شماره مسئله	بعد مسئله
j	i	r	p		
۱۰	۵	۵	۳	۱	کوچک
۱۵	۸	۵	۳	۲	کوچک
۲۰	۱۰	۸	۳	۳	متوسط
۲۵	۱۵	۱۰	۴	۴	متوسط
۳۰	۲۰	۱۵	۵	۵	بزرگ
۴۰	۳۰	۲۵	۱۰	۶	بزرگ

بعد بزرگ مسئله هستند و با استفاده از سه روش چند هدفه شامل روش مجموع وزنی، روش برنامه‌ریزی آرمانی و LP متریک به بررسی این مسائل می‌پردازیم. به این صورت که مسئله در نرم‌افزار لینگو کدنویسی شده و سپس حل شده است. در انتها نتایج حاصله در معیارهای مختلفی همچون اهداف و زمان با هم مقایسه شده و بهترین روش انتخاب می‌شود که برای یکی از مسائل مرتبط با مقادیر متغیرهای به دست آمده تشریح می‌شود.

شش مسئله در ابعاد مختلف با اعداد نزدیک به دنیای واقعی طراحی شده؛ به طوری که مسائل ۱ و ۲ در بعد کوچک، مسائل ۳ و ۴ در بعد متوسط و مسائل ۵ و ۶ بیانگر بعد بزرگ مسئله هستند. این مسائل در جدول ۱ ارائه شدند.

همه محاسبات با استفاده از الگوریتم شاخه و کران در نرم‌افزار لینگو ۹ روی رایانه شخصی با پردازشگر ۲،۲ گیگاهرتز و ۴ گیگابایت حافظه داخلی تحت ویندوز ۸ اجرا شده است. همچنین وزن اهداف با توجه به اهمیت موضوع توسط خبرگان به صورت  $Weight1=0.4$  و  $Weight2=0.6$  تعریف شده است.

در این بخش پس از حل مسئله با داده‌های بخش قبل و به ازای وزن‌های یادشده جدول ۲ به دست خواهد آمد. همانطور که مشخص است بهترین جواب‌ها در هر مسئله برای هر یک از معیارهای سه‌گانه شامل تابع هدف اول، تابع هدف دوم و زمان محاسباتی به صورت هایبالات مشخص شده است.

همچنین برای تشخیص بهترین نتایج در قالب اشکال (۱) تا (۳) ترسیم شده‌اند.

همانطور که از تصویر ۱ نمایان است، روش مجموع وزنی دارای کمترین زمان حل در تمامی مسائل است و پس از آن روش برنامه‌ریزی آرمانی با اندکی اختلاف دومین جایگاه از بعد زمانی را داراست. اما بیشترین زمان به روش LP متریک اختصاص یافت که هر چه بعد مسئله افزایش می‌یابد، این اختلاف با دو روش دیگر مشهودتر می‌شود. از آنجایی که کمترین مقدار در زمان محاسباتی مناسب‌تر است، لذا روش مجموع وزنی، روش برنامه‌ریزی آرمانی و روش LP متریک به ترتیب بهترین روش‌ها از نظر زمان محاسباتی هستند.

همانطور که از تصویر ۲ مشخص است، روش برنامه‌ریزی آرمانی دارای بهترین (بیشترین) مقدار تابع هدف اول در تمامی

استفاده شوند (محدودیت ۱۰ و ۱۱). همچنین مکان‌های بهینه برای ساخت مراکز اسکان موقت که معمولاً به شکل چادرهای امدادی است، باید تعیین شده (محدودیت ۷) تا افراد حادثه‌دیده که بر اثر وقوع حادثه مکان زندگی خود را از دست داده‌اند، به این مناطق منتقل شوند و در واقع کمترین مکان‌هایی ساخته شود که وزن بالایی دارند (محدودیت ۵) و در نزدیک‌ترین نقاط پیش‌بینی شده احداث می‌شوند (محدودیت ۱۲ و ۱۳). مجروحانی که نیازمند خدمات پزشکی بیشتری هستند، به علت کمبود امکانات در این مراکز درمانی موقت باید به بیمارستانها و مراکز بهداشت منتقل شوند. در واقع فاصله پناهگاه ساخته‌شده تا مراکز بهداشت و جاده اصلی باید از حد تعیین شده کمتر باشد (محدودیت ۸ و ۹). افراد در مراکز اسکان موقت نیازمند کالاهای ضروری مانند آب، غذا، دارو و ... بوده که این نیازها باید از راه انتقال کالاهای امدادی از مراکز توزیع به این مناطق تأمین شود. مدل پیشنهادی مقاله شامل سه سطح بالفعل (مناطق حادثه‌دیده، بیمارستان‌ها و مجموعه هلال‌احمر) و یک سطح بالقوه (مراکز درمانی و مراکز اسکان موقت) است. تعیین مکان، تعداد و ظرفیت تسهیلات امدادی و تخصیص بخش‌های مختلف باید به شکلی انجام شود که با توجه به محدودیت‌های موجود، اهداف در نظر گرفته شده در مسئله به بهترین شکل محقق شوند.

در این مقاله دو هدف به حداقل رساندن کل هزینه‌ها و پیشینه‌سازی حداقل وزن مناطق ساخته‌شده را در نظر گرفته‌ایم. در این مدل مسئله مکان‌یابی و تخصیص به‌طور همزمان در نظر گرفته شده و شبکه‌ای جامع شامل مناطق آسیب‌دیده، تأمین‌کننده، بیمارستان‌ها، مراکز درمانی و اسکان موقت با در نظر گرفتن چند نوع کالا مد نظر بوده است. علاوه بر این ارائه سه روش کارآمد برای حل مسئله دو هدفه و مقایسه این سه روش از جمله نوآوری‌های این پژوهش بوده است.

### روش‌های حل مسئله

برای سنجش عملکرد مدل پیشنهادی از چند مسئله با اعداد نزدیک به دنیای واقعی استفاده شده است. به این منظور شش مسئله در ابعاد مختلف طراحی شده؛ به طوری که مسائل ۱ و ۲ در بعد کوچک، مسائل ۳ و ۴ در بعد متوسط و مسائل ۵ و ۶ بیانگر

جدول ۲: نتایج حاصل از اجرای مسائل

مسئله	روش‌ها	تابع هدف اول	تابع هدف دوم	زمان محاسباتی
۱	مجموع وزنی	۰/۶۸	۸۰۱۹۱۷۰	۸
	Lp-metric	۰/۹۵	۸۰۲۰۱۷۰	۱۴
	برنامه ریزی آرمانی	۰/۹۵	۸۰۲۰۱۷۰	۹
۲	مجموع وزنی	۰/۷۴	۱۶۴۲۱۰۴۰	۱۴
	Lp-metric	۰/۸۵	۱۶۴۴۶۰۴۰	۶۴
	برنامه ریزی آرمانی	۰/۸۵	۱۶۴۴۶۰۴۰	۱۶
۳	مجموع وزنی	۰/۶۸	۱۸۰۳۲۲۱۰	۲۸
	Lp-metric	۰/۹۰	۱۸۰۳۳۲۱۰	۸۶
	برنامه ریزی آرمانی	۰/۹۰	۱۸۰۳۳۲۱۰	۳۵
۴	مجموع وزنی	۰/۶۸	۴۲۶۷۸۴۳۰	۷۶
	Lp-metric	۰/۸۵	۴۲۶۸۳۴۴۰	۲۴۱
	برنامه ریزی آرمانی	۰/۹۰	۴۲۷۰۷۴۳۰	۹۰
۵	مجموع وزنی	۰/۷۴	۵۵۸۱۳۲۲۰	۹۳
	Lp-metric	۰/۸۵	۵۵۸۳۶۷۲۰	۳۰۴
	برنامه ریزی آرمانی	۰/۸۵	۵۵۸۳۶۷۲۰	۱۱۲
۶	مجموع وزنی	۰/۷۴	۱۵۶۳۷۱۰۰۰	۴۴۸
	Lp-metric	۰/۶۸	۱۵۶۴۳۷۰۰۰	۱۰۲۳
	برنامه ریزی آرمانی	۰/۹۰	۱۵۶۴۳۴۰۰۰	۴۸۱

۳۹

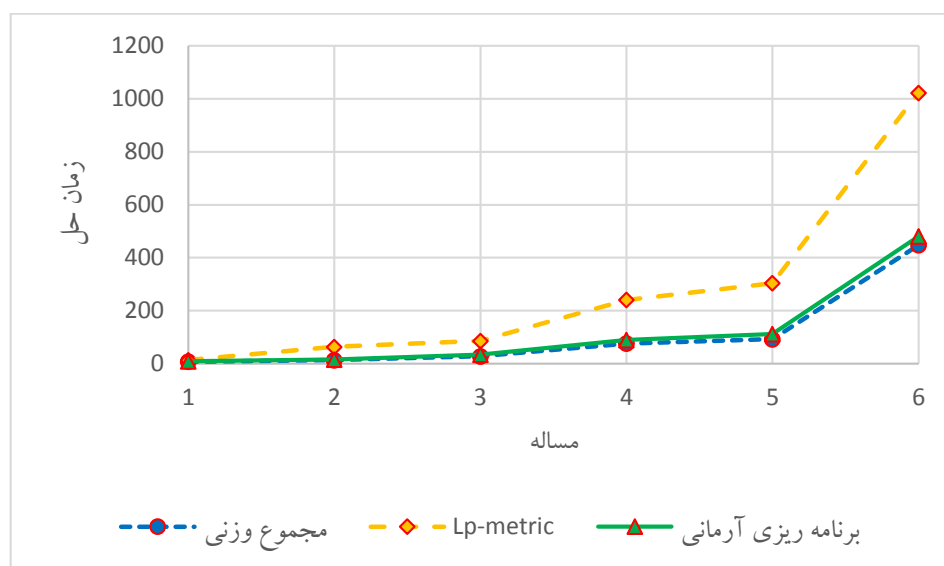
شماره هجدهم

پاییز و زمستان  
۱۳۹۹

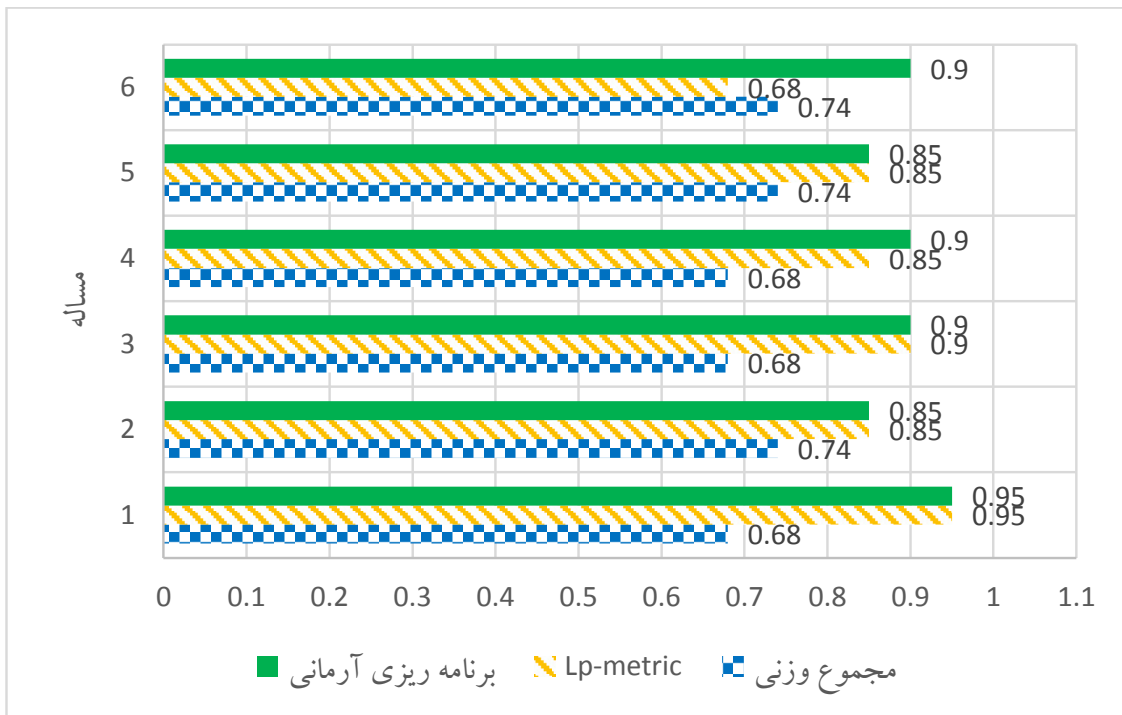
دوفصلنامه  
علمی و پژوهشی



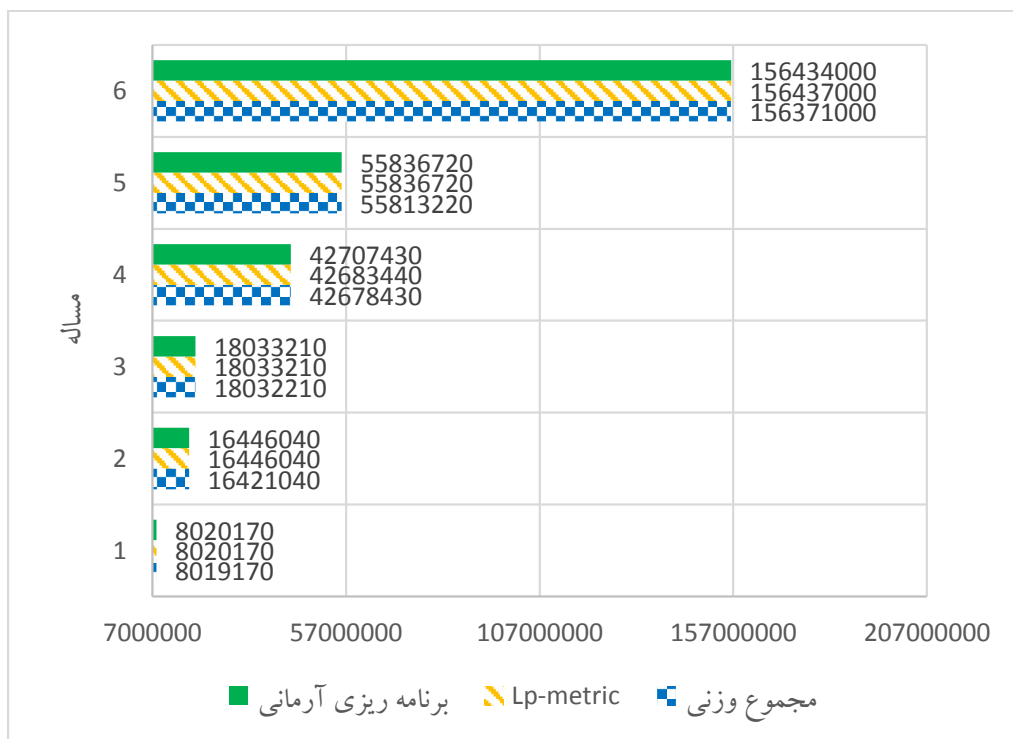
مدل سازی و حل مسئله مکان‌یابی تخصیص دو هدفه در  
لجستیک امداد رسانی با در نظر گرفتن زیرساخت‌ها



تصویر ۱: مقایسه نتایج برای ۶ زیرمسئله از نظر زمان محاسباتی



تصویر ۲: مقایسه نتایج برای ۶ زیرمسئله از نظر تابع هدف اول



تصویر ۳: مقایسه نتایج برای ۶ زیرمسئله از نظر تابع هدف دوم

برنامه‌ریزی آرمانی، روش LP متریک و روش مجموع وزنی به ترتیب بهترین روش‌ها از نظر تابع هدف اول هستند. از تصویر ۳ می‌توان دریافت که روش مجموع وزنی دارای بهترین (کمترین) مقدار تابع هدف دوم در تمامی مسائل است و پس از آن روش برنامه‌ریزی آرمانی با اندکی اختلاف دومین جایگاه

مسائل است. همچنین روش LP متریک در ابعاد کوچک با برنامه‌ریزی آرمانی نتایج مشابهی داشت که با افزایش ابعاد مسئله این نتایج با تغییراتی روبه‌رو شد. در نهایت روش مجموع وزنی دارای کمترین میزان تابع هدف اول در تمامی مسائل است. از آنجایی که تابع هدف اول مختص پیشینه‌سازی است، لذا روش



جدول ۳: مقادیر لازم برای روش DIS

مسئله	تابع هدف اول			تابع هدف دوم			زمان محاسباتی		
	WS	LP	GP	WS	LP	GP	WS	LP	GP
۱	۰/۶۸	۰/۹۵	۰/۹۵	۸۰۱۹۱۷۰	۸۰۲۰۱۷۰	۸۰۲۰۱۷۰	۸	۱۴	۹
۲	۰/۷۴	۰/۸۵	۰/۸۵	1.64E+07	1.64E+07	1.64E+07	۱۴	۶۴	۱۶
۳	۰/۶۸	۰/۹۰	۰/۹۰	1.80E+07	1.80E+07	1.80E+07	۲۸	۸۶	۳۵
۴	۰/۶۸	۰/۸۵	۰/۹۰	4.27E+07	4.27E+07	4.27E+07	۷۶	۲۴۱	۹۰
۵	۰/۷۴	۰/۸۵	۰/۸۵	5.58E+07	5.58E+07	5.58E+07	۹۳	۳۰۴	۱۱۲
۶	۰/۷۴	۰/۶۸	۰/۹۰	1.56E+08	1.56E+08	1.56E+08	۴۴۸	۱۰۲۳	۴۸۱
میانگین (F <sub>i</sub> )	۰/۷۱	۰/۸۴۶۷	۰/۸۹۱۶	۴۹۵۵۵۸۴۵	۴۹۵۷۶۰۹۷	۴۹۵۷۹۵۹۵	۱۱۱/۱۶۷	۲۸۸/۶۶۷	۱۲۳/۸۳۳
F <sub>i</sub> *	۰/۸۹۱۶۷			۴۹۵۵۵۸۴۵			۱۱۱/۱۶۷		

جدول ۴: نتایج حاصل از روش DIS

برنامه ریزی آرمانی	Lp-metric	مجموع وزنی	criterion
۰	-۰/۰۵۰۴۶۷	-۰/۲۰۳۷۳۸	تابع هدف اول
۰/۰۰۰۴۷۹۲۵۷	۰/۰۰۰۴۰۸۷	۰	تابع هدف دوم
۰/۱۱۳۹۴۳۰۲۸	۱/۵۹۶۷۰۱۶	۰	زمان محاسباتی
۰/۱۱۴۴۲۲۲۸۶	۱/۶۴۷۵۷۷۶	۰/۲۰۳۷۳۸	فاصله مستقیم

مقدار میان F<sub>i</sub> ها و برای معیار تابع هدف دوم کمترین مقدار میان F<sub>i</sub> ها انتخاب می‌شوند که این نتایج در جدول ۳ ارائه شده است. در این جدول روش مجموع وزنی با حروف اختصاری WS، روش برنامه ریزی آرمانی با حروف اختصاری GP و روش Lp-metric با حروف LP نمایش داده شده‌اند.

سپس مقادیر را با استفاده از فرمول (۱۷) نرمال کرده و مقادیر فاصله مستقیم را برای هر روش با استفاده از فرمول (۱۸) محاسبه می‌کنیم. هرچه مقدار فاصله مستقیم کمتر باشد، آن روش با جواب‌های ایده‌آل فاصله کمتری دارد و بهترین روش است. این مقادیر در جدول ۴ ارائه شده‌اند.

$$F_i^N = \frac{F_i - F_i^*}{F_i^*} \quad \text{رابطه ۱۷}$$

$$Direct\ distance = \sum_i F_i^N \quad \text{رابطه ۱۸}$$

با توجه به مقادیر فاصله مستقیم، روش برنامه ریزی آرمانی بهترین روش و با کمترین فاصله با نقطه ایده‌آل انتخاب شد. حال برای روش منتخب متغیرهای حاصل از مسئله اول را تشریح می‌کنیم. این مقادیر در جدول ۵ ارائه شده که در میان این متغیرها، مکان‌های ساخته شده، مقادیر تخصیص یافته، مقادیر

از بعد مقدار تابع هدف دوم را داراست. همچنین روش LP متریک نیز در ابعاد کوچک با برنامه ریزی آرمانی نتایج مشابهی داشت که با افزایش ابعاد مسئله این نتایج با تغییراتی روبه‌رو شد. از آنجایی که تابع هدف دوم مختص کمینه‌سازی است، لذا روش مجموع وزنی، روش برنامه ریزی آرمانی و روش LP متریک به ترتیب بهترین روش‌ها از نظر تابع هدف دوم هستند.

### انتخاب بهترین روش

از آنجایی که روش‌های مورد استفاده در ابعاد گوناگون از نظر معیارهای زمان محاسباتی، تابع هدف اول و تابع هدف دوم دارای نتایج گوناگونی هستند، لذا نمیتوان بهترین روش را تشخیص داد. پس برای انتخاب بهترین روش از میان سه روش پیشنهادی از روش پالایش و جابه‌جایی راه حل ایده‌آل DIS استفاده شده است [۱۱]. برای دریافت اطلاعات بیشتر به خواننده توصیه می‌شود که به منابع رجوع کند. در این روش ابتدا F<sub>i</sub> ها را برای هر روش محاسبه می‌کنیم که از میانگین گرفتن از شش مسئله برای هر معیار حاصل می‌شود. همچنین برای محاسبه راه حل ایده‌آل (F<sub>i</sub>\*) بهترین مقدار از نظر معیار مورد نظر را از بین روشها انتخاب می‌کنیم. به عنوان مثال F<sub>i</sub>\* برای معیار زمان محاسباتی کمترین مقدار میان F<sub>i</sub> ها، برای معیار تابع هدف اول بیشترین

جدول ۵: نتایج حاصل از روش برنامه‌ریزی آرمانی برای مسئله اول

variable	value	variable	value	variable	value	variable	value	variable	value
DP2	۱۰۰۰	Y(3,3)	۱	SHORTAGE(2,2)	.	Q(1,3,1)	.	Q(2,4,5)	.
DM2	.	Y(3,4)	۱	SHORTAGE(2,3)	۵۲۰	Q(1,3,2)	.	Q(2,5,1)	.
DP1	.	Y(3,5)	۱	SHORTAGE(2,4)	۳۲۰	Q(1,3,3)	.	Q(2,5,2)	۲۹۰
DM1	.	Y(3,6)	۱	SHORTAGE(2,5)	.	Q(1,3,4)	.	Q(2,5,3)	۱۰
OBJ1	۰/۹۵	Y(3,7)	۱	SHORTAGE(3,1)	.	Q(1,3,5)	۶۰۰	Q(2,5,4)	.
OBJ2	۸۰۲۰۱۷۰	Y(3,8)	۱	SHORTAGE(3,2)	۱۹۰۰	Q(1,4,1)	.	Q(2,5,5)	.
W_MIN	۰/۹۵	Y(3,9)	۱	SHORTAGE(3,3)	۱۷۵۰	Q(1,4,2)	۷۲۰	Q(3,1,1)	۸۰۰
X(1)	.	Y(3,10)	۱	SHORTAGE(3,4)	.	Q(1,4,3)	.	Q(3,1,2)	.
X(2)	.	Y(4,1)	.	SHORTAGE(3,5)	.	Q(1,4,4)	.	Q(3,1,3)	۲۰۰
X(3)	۱	Y(4,2)	.	INV(1,1)	.	Q(1,4,5)	.	Q(3,1,4)	۲۰۰
X(4)	.	Y(4,3)	.	INV(1,2)	.	Q(1,5,1)	۲۰	Q(3,1,5)	.
X(5)	.	Y(4,4)	.	INV(1,3)	.	Q(1,5,2)	.	Q(3,2,1)	.
Y(1,1)	.	Y(4,5)	.	INV(1,4)	.	Q(1,5,3)	۸۰۰	Q(3,2,2)	.
Y(1,2)	.	Y(4,6)	.	INV(1,5)	.	Q(1,5,4)	.	Q(3,2,3)	.
Y(1,3)	.	Y(4,7)	.	INV(2,1)	.	Q(1,5,5)	.	Q(3,2,4)	۵۰۰
Y(1,4)	.	Y(4,8)	.	INV(2,2)	.	Q(2,1,1)	.	Q(3,2,5)	۸۰۰
Y(1,5)	.	Y(4,9)	.	INV(2,3)	.	Q(2,1,2)	.	Q(3,3,1)	.
Y(1,6)	.	Y(4,10)	.	INV(2,4)	.	Q(2,1,3)	.	Q(3,3,2)	.
Y(1,7)	.	Y(5,1)	.	INV(2,5)	.	Q(2,1,4)	.	Q(3,3,3)	.
Y(1,8)	.	Y(5,2)	.	INV(3,1)	.	Q(2,1,5)	.	Q(3,3,4)	.
Y(1,9)	.	Y(5,3)	.	INV(3,2)	.	Q(2,2,1)	.	Q(3,3,5)	۱۵۰۰
Y(1,10)	.	Y(5,4)	.	INV(3,3)	.	Q(2,2,2)	.	Q(3,4,1)	.
Y(2,1)	.	Y(5,5)	.	INV(3,4)	.	Q(2,2,3)	.	Q(3,4,2)	.
Y(2,2)	.	Y(5,6)	.	INV(3,5)	.	Q(2,2,4)	۳۲۰	Q(3,4,3)	.
Y(2,3)	.	Y(5,7)	.	Q(1,1,1)	.	Q(2,2,5)	۳۰	Q(3,4,4)	۱۵۰۰
Y(2,4)	.	Y(5,8)	.	Q(1,1,2)	.	Q(2,3,1)	.	Q(3,4,5)	.
Y(2,5)	.	Y(5,9)	.	Q(1,1,3)	۵۰	Q(2,3,2)	.	Q(3,5,1)	۱۲۰۰
Y(2,6)	.	Y(5,10)	.	Q(1,1,4)	۶۵۰	Q(2,3,3)	.	Q(3,5,2)	.
Y(2,7)	.	SHORTAGE(1,1)	۷۸۰	Q(1,1,5)	.	Q(2,3,4)	.	Q(3,5,3)	.
Y(2,8)	.	SHORTAGE(1,2)	.	Q(1,2,1)	.	Q(2,3,5)	۴۲۰	Q(3,5,4)	.
Y(2,9)	.	SHORTAGE(1,3)	.	Q(1,2,2)	۲۰۰	Q(2,4,1)	.	Q(3,5,5)	.
Y(2,10)	.	SHORTAGE(1,4)	.	Q(1,2,3)	.	Q(2,4,2)	۳۶۰		
Y(3,1)	۱	SHORTAGE(1,5)	.	Q(1,2,4)	۱۰۰	Q(2,4,3)	.		
Y(3,2)	۱	SHORTAGE(2,1)	۸۰۰	Q(1,2,5)	۳۵۰	Q(2,4,4)	.		

موجودی‌های ذخیره‌شده، کمبودها، حداقل وزن مکان‌های نامزد و غیره ارائه شده است.

### نتیجه‌گیری

در این تحقیق فاز پاسخ‌گویی در مدیریت بحران مورد بررسی قرار گرفت. با بررسی ادبیات موجود، نقص‌هایی شناسایی و کوشش شد در مدل ارائه شده این کمبودها پوشش داده شوند. شرایط بعد از وقوع زلزله در دنیای واقعی مدل شده و مسائل مکان‌یابی و تخصیص به‌طور همزمان در نظر گرفته شده است؛ از

این رو مدل جامعی در این حوزه است. تصمیمات مکان‌یابی برای مراکز درمانی و اسکان موقت در نظر گرفته شد.

در ابتدا، مسائل مقدماتی شامل تعریف مسئله و بیان موضوع تحقیق تشریح شده و کاربردهای عملی آن و روش انجام تحقیق بیان شد و سپس مروری بر ادبیات موضوع آورده شده است. مقالات منتشر شده در ژورنال‌های معتبر و سایر منابع موجود در مراکز علمی و پایگاه‌های الکترونیکی در این حوزه در دسته‌های مسائل مکان‌یابی و تخصیص بررسی شد. سپس با توجه به بررسی‌های انجام‌شده شکاف‌های تحقیقاتی شناسایی شد. برای معرفی مدل، ابتدا مسئله و مفروضات معرفی و پس از آن مسئله

7. Jia, H., Ordóñez, F., & Dessouky, M. M. (2007). Solution approaches for facility location of medical supplies for large-scale emergencies. *Computers & Industrial Engineering*, 52(2), 257-276.
8. Garrido, R. A., Lamas, P., & Pino, F. J. (2015). A stochastic programming approach for floods emergency logistics. *Transportation research part E: logistics and transportation review*, 75, 18-31.
9. Najafi, M., Eshghi, K., & Dullaert, W. (2013). A multi-objective robust optimization model for logistics planning in the earthquake response phase. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 49(1), 217-249.
10. Kılıcı, F., Kara, B. Y., & Bozkaya, B. (2015). Locating temporary shelter areas after an earthquake: A case for Turkey. *European Journal of Operational Research*, 243(1), 323-332.
11. Pasandideh, S. H. R., Niaki, S. T. A., & Asadi, K. (2015). Optimizing a bi-objective multi-product multi-period three echelon supply chain network with warehouse reliability. *Expert Systems with Applications*, 42(5), 2615-2623.

مدل سازی شد. پس از معرفی مدل پیشنهادی به بررسی روش های حل دقیق که شامل روش های مجموع وزنی، برنامه ریزی آرمانی و LP متریک است پرداخته شد. شش مسئله در ابعاد مختلف طراحی شده؛ به طوری که مسائل ۱ و ۲ در بعد کوچک، مسائل ۳ و ۴ در بعد متوسط و مسائل ۵ و ۶ بیانگر بعد بزرگ مسئله هستند و با استفاده از سه روش چند هدفه مذکور به بررسی این مسائل پرداخته شد. نتایج حاصله از نظر معیارهای مختلفی همچون اهداف و زمان با هم مقایسه شد و چون روش ها عملکرد متفاوتی در معیارهای نام برده داشتند، تصمیم گیری برای انتخاب بهترین روش کمی پیچیده شد. پس برای انتخاب بهترین گزینه از روش "پالایش و جابجایی راه حل ایده آل" استفاده شد که در نهایت روش برنامه ریزی آرمانی به عنوان بهترین روش انتخاب شد. همچنین برای این روش منتخب در مسئله اول مقادیر متغیرهای به دست آمده ارائه شد که در میان این متغیرها مکان های ساخته شده، مقادیر تخصیص یافته، مقادیر موجودی های ذخیره شده، کمبودها و حداقل وزن مکان های نامزد شده ارائه شده است.

استفاده از رویکردهایی مانند رویکردهای فازی، بهینه سازی استوار، تصادفی و احتمالی برای در نظر گرفتن عدم قطعیت؛ در نظر گرفتن مسیریابی توزیع امداد و تخلیه قربانیان در مسئله؛ استفاده از روش های تقریبی مثل الگوریتم های فراابتکاری مانند ژنتیک؛ بهینه سازی ازدحام ذرات؛ کلونی مورچگان و جستجوی ممنوعه به عنوان مطالعات آتی مرتبط پیشنهاد می شود.

## منابع

1. Chang, M. S., Tseng, Y. L., & Chen, J. W. (2007). A scenario planning approach for the flood emergency logistics preparation problem under uncertainty. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 43(6), 737-754.
2. Bozorgi-Amiri, A., Jabalameli, M. S., & Al-e-Hashem, S. M. (2013). A multi-objective robust stochastic programming model for disaster relief logistics under uncertainty. *OR spectrum*, 35(4), 905-933.
3. Jabbarzadeh, A., Fahimnia, B., & Seuring, S. (2014). Dynamic supply chain network design for the supply of blood in disasters: a robust model with real world application. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 70, 225-244.
4. Afshar, A., & Haghani, A. (2012). Modeling integrated supply chain logistics in real-time large-scale disaster relief operations. *Socio-Economic Planning Sciences*, 46(4), 327-338.
5. Campbell, A. M., & Jones, P. C. (2011). Prepositioning supplies in preparation for disasters. *European Journal of Operational Research*, 209(2), 156-165.
6. Alçada-Almeida, L., Tralhao, L., Santos, L., & Coutinho-Rodrigues, J. (2009). A multiobjective approach to locate emergency shelters and identify evacuation routes in urban areas. *Geographical analysis*, 41(1), 9-29.