

## مدل‌سازی تعیین مسیر بهینه دسترسی به مناطق زلزله زده

(مطالعه موردی: منطقه بهمنی بوشهر)

حمید شاهبندرزاده<sup>۱</sup>، رحیم قاسمیه<sup>۲</sup>

پروین گشمردی<sup>۳</sup>

۱. نویسنده مسئول: استادیار دانشگاه خلیج فارس بوشهر،  
گروه مدیریت صنعتی، ایران.

Email: Shahbandarzadeh@pgu.ac.ir

۲. استادیار دانشگاه خلیج فارس بوشهر، گروه مدیریت  
صنعتی، ایران.

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی،  
دانشگاه خلیج فارس بوشهر، ایران.

دریافت: ۹۴/۶/۴ پذیرش: ۹۴/۹/۲۰

### چکیده

**مقدمه:** با افزایش جمعیت شهری و به تناسب آن افزایش ترافیک معابر، یکی از مهم‌ترین مسائل یافتن راه‌حلی برای کم کردن زمان امداد رسانی درون شهری است. از آنجاکه زمان، در پاسخگویی به بحران بسیار حائز اهمیت است، مسیریابی تیم‌های ارزیابی به عنوان یک مسئله مطرح شده است. بررسی ادبیات موضوعی نشان می‌دهد، پژوهش‌های اندکی در داخل کشور به مبحث مدل‌سازی ریاضی در مدیریت بحران پرداخته‌اند. هدف این تحقیق، یافتن کوتاه‌ترین مسیر ممکن بین تمام نقاط اصلی یک منطقه آسیب‌دیده برای تیم ارزیابی خسارات است، به طوری که تیم ارزیابی، همه نقاط اصلی یک منطقه را فقط یک‌بار بازدید و در نهایت به نقطه مبدأ بازگردد.

**روش:** در این پژوهش با استفاده از مدل‌های تحقیق در عملیات برای مسیریابی تیم‌های ارزیابی خسارات زلزله، منطقه بهمنی شهر بوشهر به عنوان نمونه انتخاب شد. در این ناحیه، میدان‌ها، چهارراه‌ها، سه-راه‌ها و همچنین نقاط پرجمعیت، به عنوان نقاط اصلی (جمعاً نوزده گره) انتخاب شدند. یک گره به عنوان ایستگاه، در خارج از ناحیه و بقیه گره‌ها به عنوان نقاط حادثه‌دیده در نظر گرفته شد.

**یافته‌ها:** مسئله مسیریابی تیم‌های ارزیابی خسارات با استفاده از نرم‌افزار لینگو با ۱۸ گره و ۲۸ مسیر موجود بین این گره‌ها کدنویسی و کوتاه‌ترین مسیر دستیابی به همه گره‌ها مشخص شد.

**نتیجه‌گیری:** با توجه به یافته‌ها می‌توان گفت که این تحقیق راهنمای مؤثری برای مدیریت بحران استان به شمار می‌آید، زیرا با مشخص شدن کوتاه‌ترین مسیر، امداد رسانی سریع‌تر و در نتیجه تلفات جانی کاهش می‌یابد.

**کلمات کلیدی:** مدیریت بحران، مسئله مسیریابی تیم ارزیابی خسارات، مدل ریاضی، نرم‌افزار لینگو.

## مقدمه

نبود یک برنامه ریزی صحیح و کارا در برخورد با بحران زلزله و افزایش خسارت های جانی و مالی پس از وقوع زلزله، مسئله بزرگی است که اکثر کشورها مخصوصاً کشورهای توسعه نیافته با آن روبه رو هستند. زمانی که شرایط اضطراری مانند زلزله رخ می دهد، تقاضا برای منابع و تجهیزات ضروری افزایش می یابد. انتقال مجروحان به یک مکان امن در کوتاه ترین زمان ممکن، اصلی ترین مسئله در مدیریت بحران تلقی می شود. عوامل زیادی، از جمله جمع آوری اطلاعات صحیح و به موقع از محل حادثه، نوع و میزان منابع مورد نیاز، آماده کردن منابع مورد نیاز، برنامه ریزی برای اعزام این منابع به محل، مشخص کردن مسیر ایمن برای حمل و نقل و تخصیص منابع و... می تواند بر این مسئله تأثیرگذار باشد. با شناسایی مسیر امن و کوتاه می توان از خسارت های جانی و مالی زیادی جلوگیری کرد. نبود توجه به حداقل کردن زمان مسیریابی مناطق بحرانی مشکلاتی از قبیل افزایش حادثه برای مصدومان و بیماران که در نتیجه کمبود آب، مواد غذایی، دارو و همچنین نداشتن سرپناه مناسب برای پس لرزه های احتمالی را به همراه دارد و همچنین میزان تلفات انسانی را افزایش می دهد. یک مشکل اساسی که معمولاً بعد از وقوع زلزله ایجاد می شود، خرابی و ویرانی بخشی از زیرساخت های شبکه حمل و نقل است. در هنگام وقوع بحران، ممکن است درصدی از مسیرهای موجود در شبکه شهری قابل دسترسی نباشد. این مسئله مهم، مشکلات زیادی را بر سر راه ارسال و

توزیع کالاهای امدادی از انبارهای محلی به مناطق حادثه دیده و همچنین انتقال مجروحان به نقاط امن ایجاد می کند. (۱) بنابراین ارسال یک تیم ارزیابی خسارات به نقاط آسیب دیده برای شناسایی مسیر و همچنین جمع آوری اطلاعات مربوط به تقاضای هر ناحیه لازم و ضروری است. مدل های تحقیق در عملیات در وضعیتی مانند دسترسی نداشتن به اطلاعات دقیق در شرایط پس از بحران، خراب شدن و از بین رفتن مسیرهای حمل و نقل شهری و برون شهری و محدود بودن زمان امداد رسانی در صورتی که حجم فعالیت ها و هماهنگی های مورد نیاز بسیار بالا و فشرده است، می تواند به سازمان های امداد و نجات در کاهش تلفات جانی و به حداکثر رساندن استفاده از منابع محدود، کمک کننده باشد. (۲)

پیشینه نظری تحقیق از مقاله هانگ و همکاران (۲۰۱۳) گرفته شد که پژوهش مشابهی با عنوان رویکرد تقریب مستمر برای مسیریابی تیم های ارزیابی در امداد رسانی انجام دادند. در تحقیقات آنها روی ارسال تیم های ارزیابی (ARP<sup>1</sup>) به منظور برآورد میزان خسارات و نیازها تمرکز بیشتری شده است و از آنجاکه در این مسئله زمان اهمیت بسیاری دارد تابع هدف آنها به صورت حداقل کردن مجموعه زمان سفر تیم ها به همه مناطق آسیب دیده در نظر گرفته شده است. یک مدل تقریبی پیوسته برای حل مسئله مسیریابی این تیم ها ارائه شد و نتایج آنها با روش های پیچیده تر گسسته مانند جستجوی ممنوع مقایسه شده است. روش آنها نیاز

<sup>1</sup> Assessment Routing Problem

به اطلاعات دقیق و محاسبات پیچیده برای مدیریت بحران را کاهش می‌دهد. (۳)

زمان در مدیریت بحران زلزله نقش حیاتی دارد و این مهم جز با طراحی بهینه شبکه‌ای مسیرها به دست نمی‌آید. مسئله مسیریابی در بحران باهدف پیمودن تمام مسیرهای در دسترس در کوتاه‌ترین زمان ممکن می‌باشد که منجر به کاهش تلفات انسانی و افزایش امدادسانی در منطقه آسیب‌دیده می‌شود. اهدافی که در این پژوهش مدنظر است، عبارت‌اند از: الف) تهیه یک مدل ریاضی مناسب برای تعیین کوتاه‌ترین مسیر ممکن در امدادسانی مناطق زلزله‌زده برای کمک به مدیریت بحران شهری؛ ب) ارائه نرم‌افزار مناسب برای حل مدل ریاضی ارائه‌شده.

### پیشینه تحقیق

اولین تحقیق در زمینه پاسخ به فاجعه در ۱۹۸۸ توسط نات<sup>۱</sup> انجام شد، این محقق در این تحقیق به ارائه یک مدل برنامه‌ریزی خطی برای تعیین برنامه زمان‌بندی وسایط نقلیه برای حمل‌ونقل غذاهای حجیم در مناطق فاجعه پرداخته است. اگرچه این مدل از اولین مدل‌های ارائه‌شده در حوزه فاجعه بود، اما اولین تحقیق جدی است که در این زمینه انجام شده است به طوری که بسیاری از تحقیقات، این تحقیق را مبنا قرار داده‌اند. (۴)

اوه<sup>۲</sup> و حقانی<sup>۳</sup> به تجزیه و تحلیل حمل و نقل حجم زیادی از کالاهای متفاوت نظیر غذا، لباس، لوازم و تجهیزات پزشکی، داروها، ماشین‌آلات و نیروهای

انسانی در یک رویکرد کارا برای حداقل کردن مرگ‌ومیر با چند نوع وسیله حمل و نقل برای عملیات امداد پرداخته است. (۵)

نکته قابل توجه این است که به هنگام وقوع فاجعه، زیرساخت حمل‌ونقل برای تجهیزات امدادی اغلب غیرقابل اتکا و اعتماد می‌باشد. بارباروسوگلو<sup>۴</sup> و ازدمار<sup>۵</sup> در سال ۲۰۰۲ در مقاله‌های خود با تمرکز بر استفاده از بالگردها، این وابستگی را از بین بردند. آن‌ها در مقاله خود به توسعه مدل‌های ریاضی برای حل مسائل تصمیم‌گیری در زمان‌بندی عملیاتی و تاکتیکی فعالیت‌های بالگرد پرداخته‌اند. سلسله‌مراتب مذکور در مقاله آن‌ها به صورتی است که در مراحل بالاتر تصمیمات تاکتیکی و در مراحل پایین‌تر تصمیمات مسیریابی بارگیری اتخاذ می‌شود. (۵)

کمپل و همکاران بعد از مطالعه مشکلات مربوط به پاسخگویی به بلاای طبیعی، به تجزیه و تحلیل مسیریابی وسایل نقلیه با لحاظ دو هدف مینیمم کردن حداکثر زمان ورود و مینیمم کردن میانگین زمان رسیدن تیم‌ها به محل حادثه پرداختند. (۶)

بالسیک و همکاران یک مدل توزیع برای پاسخگویی بعد از وقوع بحران ارائه کرده‌اند. این مدل توزیع شامل تحویل کالاهای امدادی از مراکز توزیع محلی به حادثه‌دیدگان می‌شود. آنها یک مدل مختلط عدد صحیح دومرحله‌ای را برای توسعه یک زمان‌بندی تحویل برای هر وسیله نقلیه ارائه کرده‌اند. تابع هدف مسئله شامل کاهش هزینه حمل‌ونقل و حداکثر کردن سود برای دریافت‌کنندگان کالاهای امدادی

<sup>1</sup> Knott

<sup>2</sup> Oh

<sup>3</sup> Haghani

<sup>4</sup> Barbarosoglu

<sup>5</sup> Ozdamar

مراتبی، ابتدا خوشه بندی نقاط تقاضا را انجام می دهد و سپس مسیریابی می کند. (۱۰)

مسئله بهینه یابی ارسال تیم های جستجو و نجات در مناطق آسیب دیده به صورت یک برنامه چند مرحله ای تصادفی توسط لیچان چن و هوکس فرمول نویسی شده است. با توجه به این حقیقت که احتمال نجات افراد در طول زمان کاهش می یابد تصمیم های پیچیده ای باید در زمان کم و حالت مناسب گرفته شود. از این رو در مقاله آنها به مسئله تعیین بهینه ارسال تیم های امداد و نجات به مناطق آسیب دیده شامل انتخاب محل هایی که باید تحت پوشش قرار گیرند با تابع هدف حداکثر کردن تعداد نجات یافتگان پرداخته شده است. (۱۱)

یک مدل فازی برای پیش بینی تقاضای مربوط به کمک در شرایط بحران توسط بینگژن سان<sup>۱</sup> و همکارانش (۲۰۱۱) ارائه شده است. این مدل پیشنهادی می تواند روی داده های ناقص و نامناسب نیز به خوبی کار کند و از آنجا که داده های بزرگ و کامل به ندرت وجود دارد این مدل از مزیت ویژه ای برخوردار است. (۱۲)

### روش تحقیق

در مواقع بحرانی تابع هدف می تواند حداقل کردن تقاضای بررسی نشده که احتمالاً ناشی از محدودیت منابع یا سردرگم بودن پاسخ دهندگان اولیه است یا حداقل کردن زمان سفر، حداقل کردن تعداد وسایل نقلیه و حداقل کردن مسیر پیموده شده باشد. البته تأمین نشدن تقاضا در شرایط بحرانی می تواند باعث افزایش تلفات شود و در واقع توابع هدف دیگر مانند

می شود. در مرحله اول، مدل تمامی مسیرهای ممکن برای تحویل کالاهای امدادی را تولید می کند. سپس با استفاده از مسئله فروشنده دوره گرد، مسیریابی با کمترین زمان سفر استخراج می شوند. در مرحله دوم با استفاده از خروجی فاز اول، یک مدل برنامه ریزی عدد صحیح مختلط برای تعیین مسیرهای تحویل وسایل نقلیه در گره های پیش رو و همچنین میزان کالاهای امدادی که باید با هر وسیله نقلیه به هر نقطه تقاضا ارسال شود تعیین می شود. (۷)

نولز و همکاران به ارائه یک مدل چند هدفه حمل و نقل برای پاسخ به فاجعه طبیعی پرداخته اند. مدل ارائه شده دارای سه تابع هدف است که به ترتیب شامل کاهش ریسک پاسخگویی، کاهش فواصل پوششی هر وسیله نقلیه و کاهش مجموعه زمان های سفر می شود. (۸)

لین و همکاران مدل لجستیک برای تحویل کالاها به صورت اولویت بندی شده در عملیات امداد رسانی ارائه کرده اند. از ویژگی های این مدل ارائه شده می توان به چند کالایی، چند وسیله ای، چند دوره ای، پنجره زمانی نرم و تحویل کالا به صورت بخش بخش اشاره کرد. (۹)

از مار و دمیر روش خوشه بندی سلسله مراتبی و مسیریابی برای یکپارچه کردن مسیریابی وسایل حمل و نقل برای فعالیت های بعد از بحران در مقیاس واقعی و بزرگ ارائه کرده اند. این روش یک الگوریتم خوشه بندی چند سطحی است که گره های تقاضا را در هر سطح برنامه ریزی به گروه های کوچک تری خوشه بندی می کند. در واقع این مدل با استفاده از یک مدل جریان شبکه ای به صورت سلسله

<sup>1</sup> Bingzhen Sun

زمان سفر و مسافت نیز برای حداقل کردن تقاضای بررسی نشده است. بنابراین تشکیل یک تیم ارزیابی خسارات برای شناسایی تقاضاهای هر ناحیه لازم و ضروری است. از آنجاکه زمان در پاسخگویی به بحران از اهمیت بالایی برخوردار است مسیریابی تیم‌های ارزیابی به‌عنوان یک مسئله مسیریابی مطرح می‌شود. مطالعه انجام شده در این مقاله یک مطالعه کاربردی توصیفی است که نتایج آن برای سازمان مدیریت بحران بوشهر قابل استفاده است.

در مسئله مسیریابی تیم‌های ارزیابی به علت اهمیت داشتن زمان در شرایط بحران، تابع هدف، حداقل کردن جمع زمان رسیدن تیم‌ها به همه گره‌ها در نظر گرفته می‌شود. مسئله ARP (مسیریابی تیم‌های ارزیابی) مسیریابی را مشخص می‌کند که یک تعداد مشخص از وسایل نقلیه به‌منظور ارزیابی همه ناحیه‌ها (گره‌ها) در یک منطقه زلزله‌زده باید بپیمایند. این مسیرها به‌گونه‌ای انتخاب می‌شوند که جمع زمان رسیدن تیم‌ها حداقل شود. برای تعریف مدل کلی، یک منطقه با  $N$  نقطه (گره) در نظر گرفته شده است. که باید تقاضای هر یک از این نقاط به‌وسیله تیم ارزیابی بررسی شود. در این لحظه هیچ توزیع کمی صورت نمی‌گیرد. و فقط میزان نیاز هر نقطه مشخص می‌شود. علاوه بر  $N$  نقطه یک ایستگاه در خارج از محدوده سرویس در نظر گرفته شده که تیم‌ها از آنجا ارسال می‌شوند. در مدیریت لجستیک برای شرایط بحرانی برخلاف مدیریت لجستیک برای شرایط تجاری که مکان انبار ترجیحاً باید در مرکز منطقه سرویس باشد، این ایستگاه بهتر است در خارج از منطقه آسیب‌دیده در نظر گرفته شود. که از خطرات احتمالی بحران در

امان باشد. در اینجا ایستگاه به‌عنوان نقطه ۱ و نقطه‌های معرف گره‌ها به‌عنوان  $2, \dots, N$  نام‌گذاری شده‌اند.  $t_{ij}$  به‌عنوان زمان سفر از نقطه  $i$  به  $j$  در نظر گرفته شده است. در این مدل از آنجایی که خودروها فقط برای بازدید و ارزیابی نقاط زلزله‌زده اعزام می‌شوند و قرار بر امدادسانی نیست، خودروها بدون سرنشین و میزان کالای امدادی در نظر گرفته شده‌اند و هیچ محدودیتی برای نقاط قابل بازدید وجود ندارد. تابع هدف، بررسی همه نقاط در حداقل‌ترین جمع زمان رسیدن را ایجاد می‌کند.

$$t_{ij} = (LT_{ij} + WT_i) \quad (1) \text{ رابطه}$$

$$Z^{IP} = \text{Min} \sum_{i=1}^N a_i \quad (2) \text{ رابطه}$$

$X_{ij}$  معرف مسیرهای بین نقاط می‌باشد که یک متغیر دودویی (باینری) است و به این صورت تعریف می‌شود:

$$\begin{aligned} & \text{اگر مسیر } (i, j) \text{ انتخاب شود} & 1 \\ & \text{در غیر این صورت} & 0 \end{aligned} \quad (3) \text{ رابطه}$$

در اینجا دو زمان تعریف شده است یکی زمان سفر ( $LT_{ij}$ ) که بیانگر زمانی است که طول می‌کشد تا تیم از یک نقطه به نقطه دیگر برود و دیگری زمان کار ( $WT_i$ ) یا زمانی است که در ناحیه یا نقطه  $n$  صرف ارزیابی خسارات می‌شود. با توجه به اینکه شرایط به‌صورت آشوب و غیرقابل پیش‌بینی است، زمانی که صرف ارزیابی هر گره می‌شود با تولید دنباله اعداد تصادفی که از توزیع نرمال پیروی می‌کند ایجاد شده است. محدودیت‌های این مسئله بهینه‌سازی، از مدل فروشنده دوره‌گرد که کمپل در سال ۲۰۰۸ بیان کرد، استفاده شده است که به‌صورت زیر فرمول‌نویسی شده است. (۳)

$$\sum_{j \in \{0, \dots, N\}} X_{ij} = 1 \quad (4) \text{ رابطه}$$

با لینک‌های خارج شده از انبار به  $K$  خودرو محدود می‌کند. درواقع تمام مسیرها و گره‌ها فقط باید به وسیله تعداد خودروهایی که از مبدأ خارج شده‌اند بازدید شوند. در این مقاله تعداد خودروها یک در نظر گرفته شده است. رابطه شماره ۶ قیدی است که جریان را متعادل می‌کند. درواقع زمان سفر از گره  $i$  تا گره  $j$  برابر با زمان سفر از گره  $j$  تا گره  $i$  است. رابطه‌های شماره ۷ و ۸ قیدهایی هستند که اطمینان حاصل می‌کنند که زمان‌های رسیدن به درستی تعیین شده‌اند و همچنین با یک عدد ثابت بزرگ مثل  $M$  به صورت قیدهایی حذف زیرسفرها عمل می‌کنند، درواقع این عدد  $M$  باعث می‌شود که آن مسیرهای بین گره‌ها که در واقعیت وجود ندارد را انتخاب نکنند. این عدد بزرگ باید از مجموع فاصله همه گره‌ها بیشتر باشد. درنهایت دو رابطه ۹ و ۱۰ به ترتیب معرف  $X_{ij}$  به عنوان یک متغیر دودویی است که مسیر بین دو گره  $i$  و  $j$  را مشخص می‌کند، اگر گره  $i$  به گره  $j$  راه داشت،  $X_{ij}$  یک و در غیراین صورت صفر می‌باشد.  $a_i$  به عنوان یک متغیر عدد صحیح است. (۳)

### نرم افزار لینگو

فرایند حل مسائل ریاضی محاسبات زیادی نیاز دارد که بهترین شیوه، استفاده از برنامه‌های کامپیوتری است. امروزه بسیاری از مدل‌های بهینه‌سازی تحقیق در عملیات اعم از مدل‌های خطی، غیرخطی یا عدد صحیح به کمک نرم‌افزارهای کامپیوتری از جمله این نرم‌افزارها گمیس<sup>۱</sup>، GINO، لیندو<sup>۲</sup>، لینگو<sup>۳</sup>، QSB و

<sup>1</sup> GAMS

<sup>2</sup> LINDO

<sup>3</sup> LINGO

$$\text{رابطه (۵)} \quad \sum_{j \in \{0, \dots, N\}} X_{0j} K \leq K$$

$$\text{رابطه (۶)} \quad \sum_{j \in \{0, \dots, N\}} X_{ji} = 0, \forall i \in \{0, \dots, N\}$$

$$\sum_{j \in \{0, \dots, N\}} X_{ij}$$

$$\text{رابطه (۷)} \quad a_j \leq +M(1 - X_{ij}), \forall i, j \in \{1, \dots, N\}$$

$$t_{ij} + a_i$$

$$\text{رابطه (۸)} \quad a_i \geq t_{0i} X_{0i}, \forall i \in \{1, \dots, N\}$$

$$\text{رابطه (۹)} \quad X_{ij} \in \{0, 1\}, \forall i, j \in \{0, \dots, N\}$$

$$\text{رابطه (۱۰)} \quad a_i \text{ integer}, \forall i \in \{1, \dots, N\}$$

مسئله مسیریابی تیم‌های ارزیابی خسارات یک نوع مسئله فروشنده دوره‌گرد است. مسئله فروشنده دوره‌گرد از معروف‌ترین مسائل بهینه‌سازی ترکیباتی است. در این مسئله گراف  $G=(N,E)$  طوری تعریف می‌شود که  $N$  بیان کننده مجموعه گره‌ها و  $E$  نشان دهنده مجموعه یال‌ها می‌باشد. هدف در این مسئله یافتن مسیری هامیلتونی با کوتاه‌ترین طول، روی گره‌های مجموعه  $N$  می‌باشد. به طوری که حرکت فروشنده از یک شهر شروع و از هر شهر دقیقاً یک بار عبور کرده و به شهر مبدأ بازگردد. در اینجا تیم ارزیابی باید از ایستگاه یک حرکت کند، تمام مسیرها را طی کند و به ایستگاه مبدأ (ایستگاه یک) بازگردد. محدودیت‌ها بیانگر این است که از هر نقطه حتماً یک بار تیم ارزیابی خارج و یک بار وارد شود در واقع یک گره دو بار بازدید نشود و همچنین مسیرهای تکراری نیز حذف شده است علاوه بر آن شرط دودویی بودن  $X_{ij}$  نیز برقرار می‌باشد. فرمول شماره (۲) تابع هدف است که مجموع زمان سفر تیم ارزیابی به همه گره‌ها و ارزیابی آن‌ها را حداقل می‌کند. رابطه شماره ۴ محدودیتی است که از بررسی همه نقاط اطمینان حاصل می‌کند (همه گره‌ها حتماً باید ارزیابی شوند). رابطه شماره ۵ قیدی است که تعداد وسایل نقلیه را

تورا<sup>۱</sup> به سادگی قابل تجزیه و تحلیل می‌باشند. در این مقاله از نرم‌افزار لینگو استفاده شده است.

نرم‌افزار لینگو ابزاری ساده برای بهره‌گیری از قدرت برنامه‌ریزی خطی و غیرخطی در فرموله کردن مسائل خیلی بزرگ به صورت مختصر و تجزیه و تحلیل آنها و همچنین بهینه‌سازی مسائل است. بهینه‌سازی به شما کمک می‌کند تا جوابی را با بیشترین سود، خروجی، یا رضایتمندی یا جوابی با کمترین هزینه، تلفات یا ناراحتی به دست آورید. اغلب این مسائل با استفاده مؤثر از منابعی همچون پول، زمان، ماشین، نیروی کار، موجودی و... در ارتباط است. لینگو زبانی جامع و فراگیر برای تسهیل تمام مدل‌های بهینه‌سازی از مسائل تحقیق در عملیات گرفته تا اقتصاد مهندسی شبیه‌سازی، کنترل کیفیت، کنترل پروژه و کنترل موجودی است. (۱۳)

لینگو بعد از گمس قوی‌ترین نرم‌افزار تحقیق در عملیات است. از برتری‌های آن نسبت به لیندو یا گمس، قدرت آن در مدل‌سازی مسائلی است که توسط لیندو مدل شده‌اند، بدون نیاز به تعیین نوع مدل توسط کاربر می‌باشد. (۱۳) در این پژوهش مدل ریاضی در نرم‌افزار لینگو کدنویسی شده است. متغیر وابسته  $Z^{IP}$  نشان‌دهنده مجموع زمان ارزیابی کل ناحیه توسط تیم ارزیابی است که باید در این مسئله حداقل شود. همچنین متغیر  $x_{ij}$  نشان‌دهنده بود و نبود مسیر بین دو گره  $i$  و  $j$  است به این صورت در نظر گرفته شده است که اگر مسیر بین دو گره وجود داشت یک در نظر بگیرد و اگر مسیر وجود نداشت صفر در نظر بگیرد. برای محاسبه

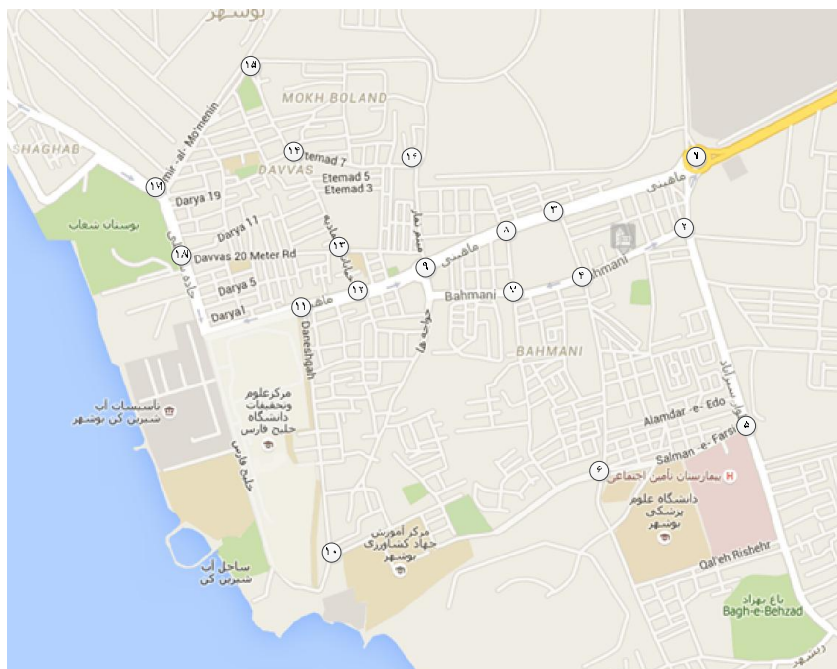
متغیر  $a_i$  که زمان سفر به گره  $i$  می‌باشد. داده‌های مربوط به فاصله بین هر دو گره داده شده که با استفاده از کدنویسی تابع هدف محاسبه می‌شود. داده‌های مربوط به مسیریها نیز به صورت یک ماتریس با ابعاد  $18 \times 18$  به نرم‌افزار داده شده است.

اعتبار صوری که اعتبارسنجی به کاررفته در این پژوهش می‌باشد، بر ارزیابی ذهنی پژوهشگر از اعتبار وسیله اندازه‌گیری استوار است. پژوهشگر با چندین صاحب‌نظر مشورت می‌کند. اگر آنها موافق باشند که مدل پژوهشگر مربوط به مفهوم موردنظر است، محقق می‌تواند فرض کند که مدل وی خالی از اعتبار صوری نبوده و مفهوم را اندازه می‌گیرد.

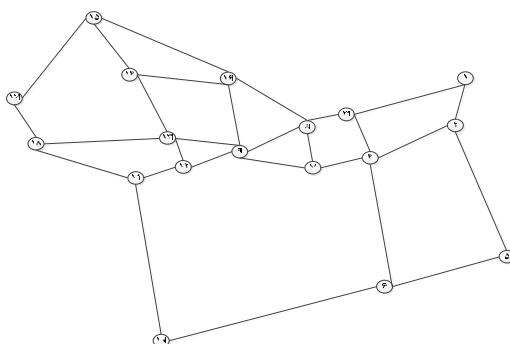
### مورد مطالعه

در این مقاله منطقه بهمنی شهر بوشهر به عنوان نمونه انتخاب شده، که در این ناحیه میدان‌ها، چهارراه‌ها، سه‌راه‌ها و همچنین نقاط پرجمعیت، به عنوان نقاط اصلی (گره‌ها) انتخاب شد، که تعداد این گره‌ها ۱۸ عدد می‌باشد. گره ۱ به عنوان ایستگاه، در خارج از ناحیه و بقیه گره‌ها به عنوان نقاط حادثه‌دیده در نظر گرفته شده است. شکل شماره ۱، الف تصویری واقعی از منطقه بهمنی بوشهر که روی آن گره‌های اصلی با استفاده از دایره روی آن نشان داده شده و شکل شماره ۱، ب تصویر گرافی از این منطقه را نشان می‌دهد، به طوری که یک ایستگاه (گره ۱) و ۱۷ ناحیه آسیب‌دیده، ۱۷، ۲، ...، ۱۰ مشخص شده است که ۲۸ مسیر بین این گره‌ها وجود دارد. قرار است فقط یک تیم ارزیابی خسارات از ایستگاه ۱ به همه مناطق آسیب‌دیده برود که با توجه به مدل ارائه شده باید جمع زمان سفر این تیم ارزیابی حداقل شود.

<sup>1</sup> TORA



(الف)



(ب) شکل شماره ۱: منطقه بهمنی شهر بوشهر با ۱۷ ناحیه و یک ایستگاه

در این شکل، فاصله بین گره‌ها و همچنین مدت‌زمانی که طول می‌کشد تا تیم ارزیابی با یک سرعت ثابت از گره  $i$  به گره  $j$  برود اندازه‌گیری شده است. جدول شماره ۱ فاصله بین گره‌ها را نشان می‌دهد. با فرض اینکه تیم ارزیابی خسارات به‌طور متوسط هر ۱۰۰ متر را در یک دقیقه طی می‌کند که این زمان باید برای ماشین‌های مختلف با سرعت مختلف محاسبه شود.



جدول شماره ۱: فاصله بین گره i و گره j

مسیر ij	فاصله بین گره i و گره j به متر	مسیر ij	فاصله بین گره i و گره j به متر
۲ - ۱	۲۰۰	۱۶ - ۹	۴۰۰
۵ - ۲	۸۰۰	۱۵ - ۱۴	۴۰۰
۳ - ۱	۵۰۰	۱۲ - ۹	۲۵۰
۴ - ۲	۳۰۰	۱۳ - ۹	۲۵۰
۴ - ۳	۳۰۰	۱۳ - ۱۲	۱۵۰
۶ - ۴	۸۰۰	۱۴ - ۱۳	۴۵۰
۶ - ۵	۱۳۰۰	۱۶ - ۱۵	۶۵۰
۱۰ - ۶	۱۷۰۰	۱۶ - ۱۴	۵۰۰
۷ - ۴	۲۵۰	۱۷ - ۱۵	۷۰۰
۸ - ۷	۲۵۰	۱۸ - ۱۷	۳۰۰
۸ - ۳	۶۰۰	۱۸ - ۱۳	۶۰۰
۹ - ۷	۴۰۰	۱۱ - ۱۰	۸۵۰
۹ - ۸	۳۰۰	۱۲ - ۱۱	۲۰۰
۱۶ - ۸	۶۵۰	۱۸ - ۱۱	۷۰۰

مدل ریاضی و داده‌های آن در نرم‌افزار لینگو کدنویسی و در مدل لینگو داده‌ها به دقیقه وارد شده است. همچنین گره‌هایی که به هم راه ندارند با یک عدد بزرگ در اینجا ۱۰۰۰ جریمه شده‌اند، چون این عدد جریمه باید از مجموع زمان‌های سفر بیشتر باشد تا مدل آن را انتخاب نکند. کوتاه‌ترین مسیر ممکن (مسیر بهینه) که این تیم ارزیابی تمام نقاط را طی می‌کند به دست می‌آید. شکل ۲ مسیر بهینه بین تمام گره‌ها را نشان می‌دهد.

مسیر بهینه انتخاب شده در شکل شماره ۲ نشان می‌دهد که تیم ارزیابی باید گره‌ها را به این ترتیب طی کند، میدان حر بهمنی (گره ۱)، خیابان شهید ماهینی، سهره (گره ۳)، خیابان آتش‌نشانی، چهارراه (گره ۴)، خیابان بهمنی، میدان بهمنی (گره ۷)، خیابان پژوهش، سهره (گره ۸)، خیابان شهید

ماهینی، میدان شهرپور (گره ۹)، خیابان میثم تمار، سهره (گره ۱۶)، خیابان مخ بلند، میدان دواس (گره ۱۴)، خیابان اعتمادیه، میدان پرستار (گره ۱۵)، خیابان امیرالمؤمنین، سهره (گره ۱۷)، جاده ساحلی، سهره (گره ۱۸)، خیابان دواس، چهارراه (گره ۱۳)، خیابان اعتمادیه، سهره (گره ۱۲)، خیابان شهید ماهینی، سهره (گره ۱۱)، خیابان دانشگاه، سهره (گره ۱۰)، خیابان خواجه‌ها، سهره (گره ۶)، خیابان سلمان فارسی، سهره (گره ۵)، بلوار سبز آباد، میدان (گره ۲)، بلوار سبز آباد، میدان حر بهمنی (گره ۱). همچنین با حل مدل با نرم‌افزار لینگو تابع هدف که مینیمم زمان است مقدار آن ۹۳ دقیقه به دست آمده است که نشان می‌دهد تیم ارزیابی تمام گره‌های منطقه بهمنی را در طول ۹۳ دقیقه ارزیابی می‌کند.



شکل شماره ۲: مسیر بهینه انتخاب شده

مدل ریاضی ارائه شده با استفاده از نرم افزار لینگو کد نویسی شد و سریع ترین مسیر ممکن برای ارزیابی همه این مناطق توسط تیم ارزیاب به دست آمد. مطابق نتیجه، از بین ۲۸ مسیر موجود بین ۱۸ گره، ۱۸ مسیر انتخاب شد که تیم ارزیابی می تواند با طی کردن این مسیر در کوتاه ترین زمان همه نقاط را ارزیابی کند. هوانگ و همکاران نیز در سال ۲۰۱۳ پژوهش مشابهی انجام دادند.

نتایج این پژوهش نه فقط برای سازمان های امداد و نجات، بلکه برای پژوهشگران و تصمیم گیرندگان و خط مشی گذاران سطوح بالای کشور نیز کمک کننده و قابل استفاده است. همچنین نتایج این پژوهش برای شرکت های اتوبوس رانی و شرکت های توزیع کننده انواع کالاها که با مشخص بودن کوتاه ترین مسیر ممکن بین تمام نقاط اصلی شهر می تواند به صرفه و مفید باشد، زیرا در کوتاه ترین زمان می تواند محصولات خود را در همه نقاط توزیع کند.

برای بررسی کارایی روش ارائه شده، نتایج حاصل از خروجی مدل به کارشناسان و تصمیم گیرندگان مربوطه در سازمان مدیریت بحران شهر بوشهر نشان داده شد که نتایج مقبول این کارشناسان واقع شد.

### نتیجه گیری

پاسخ سریع به نیازهای امداد رسانی به منظور کاهش تأثیر حادثه در نواحی حادثه دیده بعد از رویداد حوادث طبیعی موضوعی مهم در مدیریت بحران است. اطلاع داشتن از وضعیت نواحی آسیب دیده و همچنین نوع و میزان تقاضای این نواحی در مدیریت بحران نقش اساسی دارد، به همین منظور ارسال یک تیم ارزیابی به مناطق بحرانی لازم و ضروری است. این تیم ارزیابی باید در سریع ترین زمان ممکن مناطق آسیب دیده را ارزیابی و نتیجه را به دیگر تیم های امدادی اطلاع دهد. در این مقاله منطقه بهمنی شهر بوشهر به عنوان نمونه انتخاب و مناطق اصلی شهر به عنوان گره مشخص شد، سپس

## References

- Ahmadi, M., Seifi, A. Gharahi, A. (2013), *A humanitarian logistics model to minimize losses aftermath of an earthquake in large-scale and actual size*. Second Disaster Management Journal. Fall and winter 2013. [In Persian]
- De la Torre, L. E., Dolinskaya, I. S., & Smilowitz, K. R. (2012) *Disaster relief routing: Integrating research and practice*, *Socio-economic planning sciences*, 46(1), pp. 88-97.
- Huang, M., Smilowitz, K. R., & Balcik, B. (2013) *A continuous approximation approach for assessment routing in disaster relief*. *Transportation Research Part B: Methodological*, 50, pp. 20-41.
- Eshghi, K. & Najafi, M. (2013), *A Logistics Planning Model to Improve the response Phase of Earthquake*. *International Journal of Industrial Engineering & Production Management*, Vol 4, PP.401-416. [In Persian]
- Oh, S., Haghani, A. (1996). *Formulation and Solution of a Multi-Commodity, Multi-Modal Network flow Model for Disaster Relief Operations*, *Transport. Res*, Vol. 30, pp.231-250.
- Rath, S., & Gutjahr, W. J. (2014). *A math-heuristic for the warehouse location-routing problem in disaster relief*. *Computers & Operations Research*, 42, pp. 25-39.
- Balcik, B., Beamon, B. M., & Smilowitz, K. (2008). *Last mile distribution in humanitarian relief*. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 12(2), pp. 51-63.
- Nolz, Pamela C., Frédéric Semet, Karl F. Doerner. (2011). *Risk approaches for delivering disaster relief supplies*. *OR spectrum* 33. pp. 543-569.
- Lin, Y. H., Batta, R., Rogerson, P. A., Blatt, A., & Flanigan, M. (2011). *A logistics model for emergency supply of critical items in the aftermath of a disaster*. *Socio-Economic Planning Sciences*, 45(4), pp. 132-145.
- Özdamar, L., & Demir, O. (2012). *A hierarchical clustering and routing procedure for large scale disaster relief logistics planning*. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 48(3), pp. 591-602.
- Chen, L., & Miller-Hooks, E. (2012). *Optimal team deployment in urban search and rescue*, *Transportation Research Part B: Methodological*, 46(8), pp.984-999.
- Sun, B., Ma, W., & Zhao, H. (2013). *A fuzzy rough set approach to emergency material demand prediction over two universes*. *Applied Mathematical Modeling*, 37(10), pp.7062-7070
- Zanjirani Farahani, r. Askari, n. Modares Yazdi, m. (2001). *Operations Research Linear Programming*. Termeh publication. pp. 877. [In Persian]

## **Modeling to determine the optimal accessible route to the areas affected by earthquake**

(Case study: Bahmani region in Bushehr city)

**Corresponding author: Hamid Shahbandarzadeh**, Assistant Professor, Department of Industrial Management, Persian Gulf University, Bushehr, Iran

**Email:**Shahbandarzadeh@pgu.ac.ir

**Rahim Ghasemiyeh**, Assistant Professor, Department of Industrial Management, Persian Gulf University, Bushehr

**Parvin Gashmardi**, MA student, Department of Industrial Management, Persian Gulf University, Bushehr, Iran

**Received:** 26 August, 2015

**Accepted:** 11 December, 2015

### **Abstract**

**Background:** With the urban population growth, and accordingly the increase in road traffic, one of the most important factors is to find a suitable solution to decrease the intra-city response time; thus, it is highly important to send a team to the affected areas in order to evaluate the loss and estimate the demand. Since time is critical in responding to crisis, routing of assessment teams was considered as a problem. The literature review shows that a very few studies have addressed the mathematical modeling in crisis management. However, this research aimed to find shortest possible route for Damage Assessment Team in order to assess damages in the affected area. So that the assessment team visited all the main points of the region only once and finally return to starting point.

**Method:** In this study, Bahmani region in Bushehr city was studied and selected by using operations research models for routing earthquake damage assessment teams and the main points of this region were identified as the nodes of the model (19 nodes in total).

**Findings:** By using Lingo software, the mathematical model was coded with 18-nodes and 28-existing paths between these nodes and the shortest path to all these nodes were identified.

**Conclusion:** According to the results, this research may develop an effective guide for crisis management of the province; as a result fast relief provides and fatalities will be reduced by identifying the shortest route.

**Keywords:** crisis management, damage assessment team routing problem, mathematical model, Lingo software