

# مسیریابی و زمان‌بندی وسایل حمل و نقل برای توزیع کمک‌های امدادی با در نظر گرفتن تحویل جزئی و انبار چندگانه

فاطمه صبحی، کارشناس ارشد، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران  
علی بزرگی امیری (نویسنده مسئول)، استادیار، دانشکده مهندسی صنایع، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

E-mail: alibozorgi@ut.ac.ir

پذیرش: ۹۵/۰۶/۱۷

دریافت: ۹۴/۰۸/۰۵

## چکیده

در سال‌های اخیر شمار تلفات ناشی از حوادث ساخته دست بشر یا بلایای طبیعی از قبیل سیل، زلزله، طوفان و ... افزایش چشمگیری یافته است. ابعاد وسیع خسارات و تلفات ناشی از این بلایا سبب شده است که طی سال‌های اخیر امداد رسانی به مناطق آسیب دیده و کاهش اثرات بلایا مورد توجه قرار بگیرد. که لازمه این کار مدیریت صحیح در زمان وقوع فاجعه است که سبب برنامه‌ریزی، سازماندهی، هدایت و کنترل فعالیت‌های ضروری می‌شود. تأمین اقلام امدادی مورد نیاز پناهگاه‌ها یکی از مهمترین اقدامات در فاز پاسخ به فاجعه است. در این مقاله یک شبکه سه سطحی متشکل از انبارهای وسایل، مراکز تأمین اقلام امدادی و پناهگاه‌ها در نظر گرفته شده و یک مدل ریاضی برای مسیریابی و زمان‌بندی همزمان وسایل حمل و نقل جهت توزیع اقلام امدادی ارائه شده است. در فرآیند توزیع اقلام امدادی، امکان خدمت گرفتن از هر مرکز تأمین اقلام توسط چندین وسیله حمل و نقل، انبارهای چندگانه برای شروع حرکت وسایل امدادی و محدودیت ظرفیت برای وسایل و میزان عرضه اقلام در نظر گرفته شده است. به جهت اهمیت موضوع مدت زمان خدمت‌دهی در فاز پاسخ به فاجعه، هدف مدل پیشنهادی، کمینه‌سازی کل زمان رسیدن وسایل حمل و نقل به مراکز تأمین و پناهگاه‌ها با در نظر گرفتن پنجره‌های زمانی سخت بیان شده است. در ادامه برای نشان دادن کارایی مدل پیشنهادی، منطقه چهار شهر تهران به عنوان مطالعه موردی مورد بررسی قرار گرفته و مدل بر روی آن اجرا و نتایج محاسباتی ارائه گردیده است. همچنین نتایج نشان می‌دهند که میزان موجودی اقلام امدادی در مراکز تأمین، روی کل زمان امداد رسانی تأثیر گذار است.

واژه‌های کلیدی: بلایا، وسایل حمل و نقل، توزیع اقلام امدادی، مسیریابی و زمان‌بندی

## ۱. مقدمه

بین سال‌های ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۰، بر اثر بلایای طبیعی ۳۱۳ میلیون نفر در سراسر جهان، جان خود را از دست داده‌اند، در واقع هر ساله، حدود ۷۰۰۰۰ نفر می‌میرند و بیش از ۲۰۰ میلیون نفر تحت تاثیر بلایا قرار می‌گیرند [Rezaei-Malek and Tavakkoli-Moghaddam, 2014] وقوع این حوادث طبیعی اغلب با صدمات مالی و جانی بسیار زیادی همراه است. بر اساس ماهیت تصادفی و غیرقابل پیش بینی بودن این‌گونه حوادث، امروزه ارائه طرح‌های پیشگیرانه و جامع مورد توجه محققان قرار گرفته است [Bozorgi-Amiri et al. 2012]. تصمیمات مسیریابی و زمان‌بندی در مراحل مختلف امداد رسانی به عنوان حوزه جدیدی در تحقیقات شناخته می‌شوند و در ادبیات کمتر به بررسی همزمان این مسائل مخصوصاً در فاز پاسخ به بلایا پرداخته شده است. در ادامه مطالعات انجام شده در این زمینه بیان شده‌اند.

آبدلگاواد و آبدلهای یک مدل مسیریابی، زمان‌بندی و تخصیص برای انتقال افراد سالم از مناطق حادثه دیده به پناهگاه‌ها ارائه کردند که امکان خدمت‌دهی به هر نقطه حادثه دیده توسط چندین وسیله در نظر گرفته شده است و مسأله را به شکل تک هدفه، تک دوره-ای، قطعی و در مسیر باز معرفی کرده‌اند [Abdelgawad and Abdulhai, 2011]. "بیش" یک مدل مسیریابی و تخصیص برای انتقال افراد سالم از مناطق حادثه‌دیده به پناهگاه‌ها ارائه کرد که امکان خدمت‌دهی به هر نقطه حادثه‌دیده توسط چندین وسیله در نظر گرفته شده است و مسأله را به شکل تک هدفه، چند دوره‌ای، قطعی و در مسیر باز معرفی کرده است [Bish, 2011]. حامدی و همکاران یک مدل مسیریابی و زمان‌بندی برای توزیع اقلام امدادی از مراکز امداد رسانی به پناهگاه‌ها ارائه کردند که امکان خدمت‌دهی به هر پناهگاه توسط چندین وسیله در نظر گرفته شده است و مسأله را به شکل چند هدفه، تک دوره‌ای، قطعی و در مسیر باز معرفی کرده‌اند [Hamedi, Haghani and Yang, 2012]. وهلگمیوس و همکاران یک مدل مسیریابی و زمان‌بندی برای توزیع اقلام امدادی از مرکز امداد رسانی به نقاط حادثه‌دیده ارائه دادند که امکان خدمت‌دهی به هر نقطه حادثه‌دیده فقط توسط یک وسیله در نظر گرفته شده است و مسأله را به شکل تک هدفه، چند دوره‌ای، قطعی و در

مسیر بسته معرفی کرده‌اند [Wohlgemuth, Oloruntoba and Clausen, 2012]. وکس و همکاران یک مدل مسیریابی برای عملیات امداد و نجات در نقاط حادثه‌دیده ارائه دادند که امکان خدمت‌دهی به هر نقطه حادثه‌دیده فقط توسط یک واحد امداد و نجات در نظر گرفته شده است و مسأله را به شکل تک هدفه، تک دوره‌ای، فازی و در مسیر بسته معرفی کرده‌اند [Schryen and Neumann, 2012]. گان و همکاران یک مدل مسیریابی و زمان‌بندی برای توزیع اقلام امدادی از مرکز امداد رسانی به نقاط حادثه‌دیده با در نظر گرفتن تابع مطلوبیت، ارائه دادند که امکان خدمت‌دهی به هر نقطه حادثه‌دیده فقط توسط یک وسیله در نظر گرفته شده است و مسأله را به شکل تک هدفه، تک دوره‌ای، فازی و در مسیر بسته معرفی کرده‌اند [Gan et al. 2013]. لی و همکاران یک مدل زمان‌بندی برای ارائه خدمات درمانی در بیمارستان‌ها با بیان مفهوم مراکز توزیع و تقسیم منابع به دو دسته‌ی تجدیدپذیر و تجدید ناپذیر، ارائه دادند که امکان خدمت‌دهی به هر بیمارستان فقط توسط یک مرکز توزیع در نظر گرفته شده است و مسأله را به شکل تک هدفه، تک دوره‌ای، قطعی و با ظرفیت نامحدود مراکز توزیع معرفی کرده‌اند [Lee et al. 2013]. لی و همکاران یک مدل زمان‌بندی برای توزیع اقلام پزشکی به بیمارستان‌ها با بیان مفهوم مراکز توزیع ارائه دادند که امکان خدمت‌دهی به هر بیمارستان فقط توسط یک مرکز توزیع در نظر گرفته شده است و مسأله را به شکل تک هدفه، تک دوره‌ای، قطعی و با ظرفیت محدود مراکز توزیع معرفی کرده‌اند [Lee, Lei and Dong, 2013]. پرامیودیتا و همکاران یک مدل مسیریابی، مکان‌یابی و تخصیص برای عملیات آواربرداری از نقاط حادثه‌دیده به انبارها ارائه دادند که امکان خدمت‌دهی به هر نقطه حادثه‌دیده فقط توسط یک وسیله در نظر گرفته شده است و مسأله را به شکل تک هدفه، تک دوره‌ای، پویا و در مسیر بسته معرفی کرده‌اند [Pramudita, Taniguchi and Qureshi, 2014]. ازدومار و همکاران یک مدل مسیریابی و زمان‌بندی برای عملیات آواربرداری از نقاط حادثه‌دیده ارائه دادند که امکان خدمت‌دهی به هر نقطه حادثه‌دیده فقط توسط یک وسیله در نظر گرفته شده است و مسأله را به شکل چند هدفه، چند دوره‌ای، پویا و در مسیر بسته معرفی کرده‌اند [Özdamar, Aksu and Ergunes, 2014]. وکس و همکاران یک مدل مسیریابی برای عملیات امداد و نجات در نقاط حادثه‌دیده ارائه دادند که امکان

## مسیریابی و زمان‌بندی وسایل حمل و نقل برای توزیع کمک‌های امدادی با در نظر گرفتن تحویل جزئی و انبار چندگانه

از مراکز امداد رسانی ارائه دادند که امکان خدمت‌دهی به هر نقطه‌ی حادثه‌دیده فقط توسط یک وسیله در نظر گرفته شده است. مسأله را به شکل تک دوره‌ای، غیر قطعی و در مسیر بسته معرفی کرده‌اند [Caunhye et al., 2015]. تالاریکو و همکاران یک مدل مسیریابی و زمان‌بندی برای انتقال مصدومان از مناطق حادثه‌دیده به بیمارستان‌ها ارائه دادند. که امکان خدمت‌دهی به هر منطقه‌ی آسیب‌دیده فقط توسط یک وسیله در نظر گرفته شده است و مسأله را به شکل تک دوره‌ای، غیر قطعی و در مسیر بسته معرفی کرده‌اند [Talarico, Meisel and Sorensen, 2015]. در جدول ۱، دسته‌بندی مقالات براساس معیارهای مهم نشان داده شده است.

خدمت‌دهی به هر نقطه‌ی حادثه‌دیده فقط توسط یک واحد امداد و نجات در نظر گرفته شده است و مسأله را به شکل تک هدفه، تک دوره‌ای، قطعی و در مسیر بسته معرفی کرده‌اند [Wex et al., 2014]. گان و همکاران یک مدل مسیریابی و زمان‌بندی برای توزیع اقلام امدادی از مرکز امداد رسانی به نقاط حادثه‌دیده با در نظر گرفتن تابع مطلوبیت، ارائه دادند که امکان خدمت‌دهی به هر نقطه‌ی حادثه‌دیده فقط توسط یک وسیله در نظر گرفته شده است و مسأله را به شکل تک هدفه، تک دوره‌ای، قطعی و در مسیر بسته معرفی کرده‌اند [Gan et al., 2015]. کنهی و همکاران یک مدل مسیریابی و مکان‌یابی برای توزیع اقلام امدادی

جدول ۱. دسته‌بندی مقالات

نویسندگان	نوع تصمیم‌گیری		نوع مدل		شرایط مسیر			ظرفیت		نوع وسیله		پنجره زمانی	
	تخصیص مکانیاب	زمان‌بندی	قطعی	غیر قطعی	نوع مسیر	تعداد انبارها	تحویل جزئی	وسایل	تسهیلات	ناهمگن	همگن	وجود پنجره‌ی زمانی	عدم وجود پنجره‌ی زمانی
Bish et al. (2011)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Abdelgawad and Abdulhai (2011)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Hamedi et al. (2012)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Wohlgemuth et al. (2012)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Wex et al. (2012)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Gan et al. (2013)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Lee et al. (2013)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Lee et al. (2013)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Pramudita et al. (2014)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ozdamar et al. (2014)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Wex et al. (2014)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Gan et al. (2015)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Caunhye et al. (2015)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Talarico et al. (2015)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
This article	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

پس از وقوع فاجعه، از جمله مهم‌ترین اقدامات حیاتی در فاز پاسخ‌گویی، تأمین نیازهای اساسی بازماندگان در پناهگاه‌ها است. با توجه به بافت هر منطقه و شدت وقوع فاجعه، تعداد افرادی که در هر منطقه‌ی حادثه دیده، زنده می‌مانند و نیاز به خدمات درمانی ندارند، متفاوت است و به دلیل تهدید زیر ساخت‌ها در مناطق آسیب دیده، عملیات توزیع اقلام امدادی باید در کمترین زمان ممکن و از طریق مسیرهای کارآ انجام گیرد.

انتقال اقلام امدادی از مراکز تأمین به پناهگاه‌ها مطابق با شکل ۱ بدین صورت است که هر وسیله‌ی حمل و نقل مانند کامیون، تریلی و ... در صورت اعزام، از انباری که در آن مستقر است حرکت خود را آغاز کرده و سپس با در نظر گرفتن ظرفیت وسیله، میزان موجودی اقلام در مراکز تأمین، میزان احتیاجات پناهگاه‌ها و پنجره‌های زمانی، به بارگیری اقلام امدادی از مراکز تأمین پرداخته و بهترین مسیر را برای انتقال این کالاها به یکی از پناهگاه‌ها انتخاب می‌کند. با توجه به شبکه‌ی معرفی شده، فرضیات اساسی مسأله عبارتند از:

۱. تعداد و مکان انبارهای وسایل، مراکز تأمین اقلام امدادی و پناهگاه‌ها شناخته شده است.
۲. مقدار تقاضای هر پناهگاه شناخته شده است.
۳. مقدار عرضه اقلام امدادی هر مرکز تأمین شناخته شده است.
۴. امکان خدمت گرفتن از هر مرکز تأمین اقلام امدادی توسط چندین وسیله‌ی حمل و نقل، در نظر گرفته شده است.
۵. وسایل حمل و نقل ناهمگن و با ظرفیت محدود در نظر گرفته شده‌اند.
۶. هر وسیله حمل و نقل در صورت اعزام، از انبار محل استقرارش حرکت را آغاز کرده و پایان حرکت آن نامشخص و به سمت یکی پناهگاه‌ها در نظر گرفته شده است.
۷. زمان‌های حمل و نقل بین تمام نقاط شبکه شناخته شده و به صورت سیمتریک بوده است و از رابطه نامساوی مثلثی پیروی می‌کند.

با بررسی مطالعات گذشته و دسته‌بندی مقالات در جدول ۱، شکاف‌های موجود در ادبیات مربوط به مسائل مسیریابی و زمان‌بندی در فاز پاسخ به فاجعه را می‌توان به صورت زیر برشمرد:

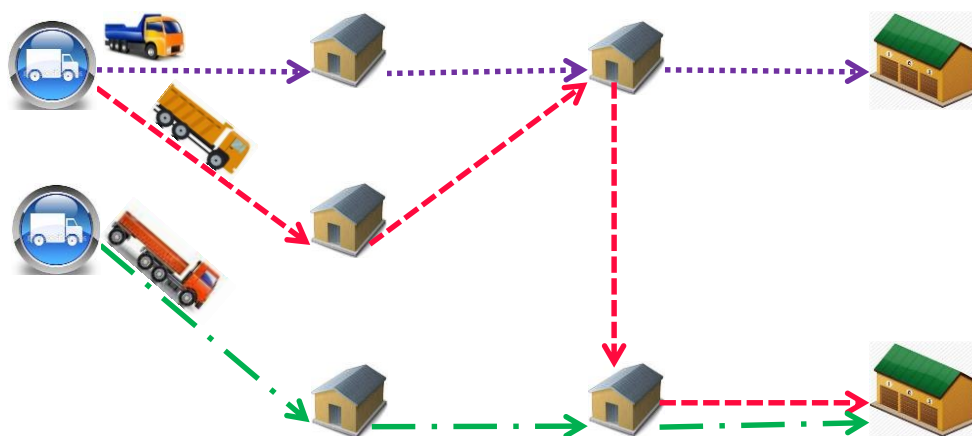
- اکثر مقالات مسیریابی و زمان‌بندی در حوزه فاجعه، به بررسی مسائل مسیریابی و زمان‌بندی به طور مستقل پرداخته‌اند و کمتر به موضوع مسیریابی و زمان‌بندی همزمان عملیات امداد رسانی توجه شده است.
- اکثر مقالات مسیریابی و زمان‌بندی در فاز پاسخ به فاجعه، دو سطحی در نظر گرفته شده‌اند.
- در مقالات مسیریابی به ویژگی‌هایی از قبیل امکان ارائه‌ی خدمت به هر گره توسط چندین وسیله حمل و نقل، انبار چندگانه برای شروع حرکت وسایل، مسیر باز و ناوگان ناهمگن وسایل کمتر توجه شده است.
- در اکثر مقالات، ظرفیت تسهیلاتی مانند مراکز تأمین اقلام امدادی، وسایل حمل و نقل و ... نامحدود در نظر گرفته شده است.

در این مقاله یک مدل جدید مسیریابی و زمان‌بندی<sup>۱</sup> همزمان برای توزیع اقلام امدادی از مراکز تأمین به پناهگاه‌ها معرفی شده است. در فرآیند توزیع اقلام امدادی امکان خدمت گرفتن از هر مرکز تأمین توسط چندین وسیله<sup>۲</sup> و انبار چندگانه<sup>۳</sup> برای شروع حرکت وسایل حمل و نقل در نظر گرفته شده و برای این که مسأله به مسأله دنیای واقعی نزدیک‌تر گردد محدودیت تعداد و ظرفیت برای وسایل امدادی، محدودیت میزان عرضه‌ی اقلام امدادی در مراکز تأمین و محدودیت پنجره‌های زمانی<sup>۴</sup> برای زمان رسیدن وسایل به پناهگاه‌ها ارائه گردیده است.

در ادامه، ساختار مقاله به صورت زیر تنظیم گردیده است: در بخش دوم تشریح مسئله‌ی مورد بررسی، در بخش سوم مدل‌سازی ریاضی مسئله، مطالعه موردی منطقه چهار شهرداری تهران در بخش چهارم، نتایج حل در بخش پنجم و در بخش ششم، نتیجه‌گیری و پیشنهادهای آتی ارائه شده است.

## ۲. تشریح مسئله

مسیریابی و زمان بندی وسایل حمل و نقل برای توزیع کمک های امدادی با در نظر گرفتن تحویل جزئی و انبار چندگانه



شکل ۱. شبکه توزیع اقلام امدادی

۸. پنجره‌ی زمانی برای زمان رسیدن وسایل حمل و نقل به پناهگاه‌ها در نظر گرفته شده است.  
 ۹. امکان عدم استفاده از هر مرکز تأمین اقلام امدادی وجود دارد.

$s_i$  مقدار عرضه اقلام امدادی مرکز تأمین  $i \in N$   
 $d_i$  تقاضای پناهگاه  $i \in S$  برای اقلام امدادی  
 $b_i$  حداکثر زمان رسیدن وسایل حمل و نقل به گره- $i \in S$  ی

$Cap_v$  ظرفیت وسیله حمل و نقل  $v \in V$   
 $Dt_i$  زمان ارائه خدمت در گره  $i \in E \cup S$   
 $Mbig$  مقدار خیلی بزرگ  
 $X_{vij}$  برابر یک است اگر وسیله حمل و نقل  $v \in V$  از گره‌ی  $i \in N$  به گره  $j \in N$  حرکت کند، در غیر این صورت برابر صفر است.

برابر یک است اگر وسیله حمل و نقل  $v \in V$  به گره  $i \in E \cup S$  تخصیص داده شود، در غیر این صورت برابر صفر است.

برابر یک است اگر وسیله‌ی حمل و نقل  $v \in V$  اعزام شود، در غیر این صورت برابر صفر است.  
 $Z_v$  تعداد اقلام امدادی که از مرکز تأمین  $i \in E$  توسط وسیله حمل و نقل  $v \in V$  بارگیری می‌شوند یا تعداد اقلامی که توسط وسیله حمل و نقل  $v \in V$  در پناهگاه  $i \in S$  تخلیه می‌شوند.

$T_{vi}$  زمان رسیدن وسیله حمل و نقل  $v \in V$  به گره  $i \in N$

### ۳. مدل سازی ریاضی

در این بخش مدل ریاضی مسئله تشریح شده آورده شده است.

#### ۳-۱- مجموعه‌ها و اندیس‌ها

$E$  مجموعه مراکز تأمین اقلام امدادی  
 $S$  مجموعه پناهگاه‌ها  
 $V$  مجموعه وسایل حمل و نقل که مشخص می‌شود با  $v \in V$   
 $D$  مجموعه انبارهای وسایل حمل و نقل  
 $D(v)$  محل استقرار مجموعه وسایل حمل و نقل  
 $N$  مجموعه کل نقاط در فرآیند توزیع اقلام ( اجتماع سه مجموعه  $D(v)$ ،  $E$  و  $S$  ) که مشخص می‌شود با  $i, j \in N$

#### ۳-۲- پارامترها و متغیرها

$c_{ij}$  زمان حمل و نقل از گره  $i \in N$  به گره  $j \in N$

۳-۳ تابع هدف و محدودیت‌ها

تابع هدف

$$\text{Min} \sum_{v \in V} \sum_{i \in E \cup S} T_{vi} \quad (1)$$

محدودیت‌های مربوط به مسیریابی وسایل حمل و نقل و تعادل جریان در گره‌های شبکه

$$\sum_{j \in E} \sum_{i \in D(v)} X_{vij} = Z_v \quad \forall v \in V \quad (2)$$

$$\sum_{i \in D(v) \cup E} X_{vij} = \sum_{i \in E \cup S} X_{vji} \quad \forall j \in E, \forall v \in V \quad (3)$$

$$\sum_{j \in E \cup D(v)} X_{vji} = Y_{vi} \quad \forall i \in E, \forall v \in V \quad (4)$$

$$\text{Cap}_v Y_{vi} \geq Q_{vi} \quad \forall i \in E \cup S, \forall v \in V \quad (5)$$

$$Y_{vi} \leq Q_{vi} \quad \forall i \in E \cup S, \forall v \in V \quad (6)$$

$$\sum_{j \in E \cup S} X_{vji} = Y_{vi} \quad \forall i \in S, \forall v \in V \quad (7)$$

$$\sum_{v \in V} Q_{vi} = d_i \quad \forall i \in S \quad (8)$$

$$X_{vii} = 0 \quad \forall i \in N, \forall v \in V \quad (9)$$

محدودیت‌های مرتبط با تعداد و ظرفیت وسایل حمل و نقل و میزان عرضه‌ی اقلام امدادی در مراکز تأمین

$$\sum_{v \in V} Q_{vi} \leq s_i \quad \forall i \in E \quad (10)$$

$$\sum_{i \in E} Q_{vi} \leq \text{Cap}_v Z_v \quad \forall v \in V \quad (11)$$

$$\sum_{i \in S} Q_{vi} = \sum_{i \in E} Q_{vi} \quad \forall v \in V \quad (12)$$

$$\sum_{v \in V} Z_v \leq V \quad (13)$$

محدودیت‌های مرتبط با زمان‌بندی حرکت وسایل امدادی و رعایت پنجره‌های زمانی

$$T_{vi} = 0 \quad \forall i \in D(v), \forall v \in V \quad (14)$$

$$(T_{vi} + Dt_i + c_{ij}) - M_{big} (1 - X_{vij}) \leq T_{vj} \quad \forall j \in E, \forall v \in V, \forall i \in D(v) \cup E \quad (15)$$

$$(T_{vi} + Dt_i + c_{ij}) - M_{big} (1 - X_{vij}) \leq T_{vj} \quad \forall j \in S, \forall v \in V, \forall i \in E \cup S \quad (16)$$

$$T_{vi} \leq b_i \quad \forall i \in S, \forall v \in V \quad (17)$$

محدودیت‌های مربوط به مشخص نمودن نوع متغیرها

$$X_{vij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in N, \forall j \in N, \forall v \in V \quad (18)$$

$$Y_{vi} \in \{0,1\} \quad \forall i \in E \cup S, \forall v \in V \quad (19)$$

$$Z_v \in \{0,1\} \quad \forall v \in V \quad (20)$$

$$Q_{vi} \geq 0 \quad \forall i \in E \cup S, \forall v \in V \quad (21)$$

$$T_{vi} \geq 0 \quad \forall i \in N, \forall v \in V \quad (22)$$

$Y_{vi}$  مقدار یک را اختیار کند و در محدودیت (۶) زمانی که  $Q_{vi}$  مقدار صفر را اختیار می‌کند باعث می‌شود  $Y_{vi}$  مقدار صفر را انتخاب کند. محدودیت (۷) بیانگر این است که اگر وسیله‌ای به یک پناهگاه اختصاص یابد قبل از آن پناهگاه فقط یک مرکز تأمین اقلام امدادی قرار گرفته است. محدودیت (۸) میزان تقاضای هر پناهگاه را برای اقلام امدادی نشان می‌دهد. محدودیت (۹) از ایجاد حلقه در هر گره از شبکه جلوگیری می‌کند. محدودیت (۱۰) حداکثر میزان موجودی اقلام امدادی برای هر مرکز تأمین را نشان می‌دهد. محدودیت (۱۱) بیان‌کننده حداکثر ظرفیت هر وسیله حمل و نقل است. محدودیت (۱۲) بیانگر این است که هر وسیله حمل و نقل تعداد اقلامی که از مراکز تأمین مختلف بارگیری می‌کند با تعداد اقلامی که در

تابع هدف (۱) کل زمان رسیدن وسایل حمل و نقل به مراکز تأمین اقلام امدادی و پناهگاه‌ها را نشان می‌دهد. محدودیت (۲) بیان‌کننده این است که در صورت اعزام وسیله حمل و نقل، آن وسیله از انباری که در آن مستقر شده به سمت یکی از تأمین‌کننده‌ها شروع به حرکت می‌کند. محدودیت (۳) محدودیت تعادل جریان برای مراکز تأمین اقلام امدادی را نشان می‌دهد. محدودیت (۴) بیان‌کننده این است که اگر وسیله‌ای به یک مرکز تأمین اختصاص یابد قبل از آن، فقط انبار محل استقرار وسیله یا یک مرکز تأمین دیگری وجود دارد. محدودیت‌های (۵) و (۶) بیانگر رابطه بین دو متغیر  $Y_{vi}$  و  $Q_{vi}$  را برای هر مرکز تأمین اقلام امدادی و هر پناهگاه نشان می‌دهند که در محدودیت (۵) زمانی که  $Q_{vi}$  مقدار بزرگتر از صفر می‌گیرد سبب می‌شود که

۲. گسل نارمک که جز گسل‌های فرعی است، ۲٫۵ کیلومتر طول دارد. راستای این گسل غرب-شرق می‌باشد. منطقه‌ی چهار بر حسب تقسیمات شهرداری تهران شامل ۹ ناحیه است که در شکل ۲ نشان داده شده‌اند. در این مقاله، نواحی ۱، ۶ و ۷ مورد مطالعه و به عنوان مناطق آسیب دیده در نظر گرفته می‌شوند.

با نظرسنجی از خبرگان مدیریت بحران منطقه‌ی چهار، در صورت وقوع فاجعه حدود ۱۰٪ از جمعیت هر ناحیه تحت تأثیر بلایا قرار می‌گیرند و به طور متوسط ۵۰٪ با تلفات جانی رو به رو خواهند شد و جمعیت سالم و نیازمند تخلیه به پناهگاه‌ها با توجه به بافت هر ناحیه و دیگر عوامل مؤثر در هر ناحیه، مشخص خواهد شد.

در این مقاله، فرهنگسرای اشراق، مجموعه‌ی ورزشی گلشن، مجموعه ورزشی آرش میر اسماعیلی و دانشگاه آزاد تهران شمال به عنوان پناهگاه‌ها و پایگاه عراقی، پایگاه بروجردی و زمین چمن همت به عنوان مراکز تأمین اقلام امدادی و سوله بحران حکیمیه و سوله بحران پارک پلیس به عنوان انبارهای وسایل معرفی گردیده‌اند. برای توزیع اقلام امدادی، حداکثر سه تریلی در سوله بحران حکیمیه و چهار کامیون در سوله بحران پارک پلیس مستقر هستند.

پناهگاه تخلیه می‌کند با هم برابر است. محدودیت (۱۳) حداکثر تعداد وسایل حمل و نقل در دسترس را نشان می‌دهد. محدودیت (۱۴) بیانگر این است که زمان شروع حرکت هر وسیله حمل و نقل از انبار محل استقرارش، صفر در نظر گرفته می‌شود. محدودیت‌های (۱۵) و (۱۶) زمان رسیدن هر وسیله حمل و نقل به هر مرکز تأمین اقلام امدادی و هر پناهگاه را به ترتیب نشان می‌دهند. محدودیت (۱۷) بیان کننده پنجره زمانی برای زمان رسیدن وسایل امدادی به پناهگاه‌ها است. محدودیت‌های (۱۸) تا (۲۲) نشان دهنده نوع متغیرها است.

#### ۴. مطالعه موردی

شهر تهران شامل ۲۲ منطقه است که شهرداری منطقه‌ی چهار شهر تهران به عنوان یکی از پرجمعیت‌ترین، وسیع‌ترین، مهاجر پذیرترین و پر ساخت و سازترین محله‌های تهران است که با ویژگی‌هایی همچون وجود نابرابری اجتماعی- اقتصادی شدید، جوان بودن میانگین سنی جمعیت، وجود اقشار آسیب‌پذیر و ... این منطقه را از سایر مناطق تهران قابل تمایز و تفکیک می‌کند. گسل‌هایی که در اطراف منطقه چهار ثبت گردیده است عبارتند از:

۱. گسل‌های شیان و کوثر که هر دو در شمال تهران- پارس و به طول ۱۳ کیلومتر قرار داشته و راستای کلی آن‌ها شمال غربی- جنوب شرقی است.



شکل ۲. نقشه منطقه چهار شهر تهران

جدول ۲. مرکز و جمعیت نیازمند تخلیه در نواحی منطقه‌ی چهار شهر تهران



مسیریابی و زمان‌بندی وسایل حمل و نقل برای توزیع کمک‌های امدادی با در نظر گرفتن تحویل جزئی و انبار چندگانه

ناحیه	مرکز تقاضا	جمعیت	جمعیت تحت تأثیر	جمعیت بازمانده	احتمال مجروح شدن	جمعیت سالم
۱	خیابان سیف	۵۷۵۵۸	۵۷۵۶	۲۸۷۸	۰,۵	۱۴۳۹
۶	خیابان ۱۹۲ شرقی	۱۵۹۷۴۳	۱۵۹۷۴	۷۹۸۷	۰,۷	۲۳۹۶
۷	تقاطع خیابان استقلال و هنگام	۱۸۲۵۹۵	۱۸۲۶۰	۹۱۳۰	۰,۷	۲۷۳۹

جدول ۳. زمان‌های حمل و نقل بین گره‌ها (دقیقه)

گره‌ها	فرهنگسرای اشراق	مجموعه ورزشی گلشن اسماعیلی	مجموعه ورزشی آرش میر	دانشگاه آزاد تهران شمال	پایگاه عراقی	پایگاه بروجردی	زمین چمن همت	سوله بحران حکیمیه	سوله بحران پارک پلیس
فرهنگسرای اشراق	-	۱,۷	۷,۲	۷,۸	۸,۲	۸,۵	۳,۹	۴	۳,۶
مجموعه ورزشی گلشن	۱,۷	-	۸,۴	۸,۶	۹,۲	۱۰	۴,۷	۲,۶	۳,۲
مجموعه ورزشی آرش میر اسماعیلی	۷,۲	۸,۴	-	۲,۷	۱,۲	۱,۶	۴,۱	۱۱	۶,۷
دانشگاه آزاد تهران شمال	۷,۸	۸,۶	۲,۷	-	۱,۸	۱	۴	۱۱,۲	۶,۲
پایگاه عراقی	۸,۲	۹,۲	۱,۲	۱,۸	-	۱	۴,۹	۱۲	۷,۳
پایگاه بروجردی	۸,۵	۱۰	۱,۶	۱	۱	-	۴,۵	۱۱,۵	۶,۸
زمین چمن همت	۳,۹	۴,۷	۴,۱	۴	۴,۹	۴,۵	-	۷,۳	۲,۶
سوله بحران حکیمیه	۴	۲,۶	۱۱	۱۱,۲	۱۲	۱۱,۵	۷,۳	-	۵,۳
سوله بحران پارک پلیس	۳,۶	۳,۲	۶,۷	۶,۲	۷,۳	۶,۸	۲,۶	۵,۳	-

در جدول ۳ زمان‌های حمل و نقل بین تمام گره‌های شبکه نشان داده شده و اطلاعات مربوط به مقدار عرضه اقلام امدادی در مراکز تأمین، مقدار تقاضای پناهگاه‌ها و ... در جدول ۴ بیان گردیده است. همچنین محل استقرار هر وسیله حمل و نقل و ظرفیت آن در جدول ۵ نشان داده شده است.

**۵. نتایج حل و یافته‌ها**

مسئله‌ی مطرح شده با استفاده از نرم‌افزار GAMS 23.0.2 و حل کننده CPLEX بر روی رایانه‌ای با مشخصات Intel Core i7 4702MQ 2.20GHz up to 3.20 GHz and

حل مسئله 6GB RAMDDR3 under Win Seven اجرا شد. زمان حل مسئله ۳۱,۶۲ ثانیه بوده و کل زمان رسیدن وسایل حمل و نقل به مراکز تأمین اقلام امدادی و پناهگاه‌ها، ۴۱۱,۷ دقیقه به دست آمده است. در جدول ۶ مسیر حرکت هر وسیله حمل و نقل، تعداد کالاهایی که از هر مرکز تأمین بارگیری و در پناهگاه مربوطه تخلیه می‌شوند و زمان رسیدن وسیله امدادی به هر یک از مراکز تأمین و پناهگاهی که ملاقات می‌کند، نشان داده شده است.

فاطمه صبوحي، علي بزرگي اميري

جدول ۴. اطلاعات مربوط به گره‌های شبکه

گره‌ها	مقدار عرضه (کالا)	مقدار تقاضا (کالا)	پنجره زمانی (دقیقه)	زمان ارائه خدمت (دقیقه)
فرهنگسرای اشراق	-	۱۸۷۴	۹۰	۳۰
مجموعه ورزشی گلشن	-	۱۷۰۰	۹۰	۳۰
مجموعه ورزشی آرش میر اسماعیلی	-	۱۷۰۰	۹۰	۳۰
دانشگاه آزاد تهران شمال	-	۱۳۰۰	۹۰	۳۰
پایگاه عراقی	۲۲۰۰	-	-	۳۰
پایگاه بروجردی	۲۲۰۰	-	-	۳۰
زمین چمن همت	۲۲۰۰	-	-	۳۰

جدول ۵. نحوه استقرار وسایل حمل و نقل

شماره وسایل حمل و نقل	محل استقرار وسایل حمل و نقل	ظرفیت هر وسیله حمل و نقل (کالا)
۱ و ۲	سوله‌ی بحران حکیمیه	۱۳۰۰
۳	سوله‌ی بحران حکیمیه	۱۰۰۰
۴ و ۵	سوله‌ی بحران پارک پلیس	۸۵۰
۶ و ۷	سوله‌ی بحران پارک پلیس	۷۰۰

جدول ۶. نتایج حاصل از حل مدل

وسيله	مسیر حرکت هر وسیله	تعداد اقلامی که در هر مسیر بارگیری یا تخلیه می‌شوند (کالا)	زمان رسیدن به گره (دقیقه)
۱	سوله بحران حکیمیه - پایگاه عراقی - فرهنگسرای اشراق	۰-۱۲۰۰-۱۲۰۰	۰-۱۲-۵۰,۲
۲	سوله بحران حکیمیه - پایگاه بروجردی - دانشگاه آزاد تهران شمال	۰-۱۳۰۰-۱۳۰۰	۰-۱۱,۵-۴۲,۵
۳	سوله بحران حکیمیه - پایگاه عراقی - مجموعه ورزشی آرش میر اسماعیلی	۰-۱۰۰۰-۱۰۰۰	۰-۱۲-۴۳,۲
۴	سوله بحران پارک پلیس - زمین چمن همت - مجموعه ورزشی گلشن	۰-۸۵۰-۸۵۰	۰-۲,۶-۳۷,۳
۵	سوله بحران پارک پلیس - زمین چمن همت - مجموعه ورزشی گلشن	۰-۸۵۰-۸۵۰	۰-۲,۶-۳۷,۳
۶	سوله بحران پارک پلیس - پایگاه بروجردی - فرهنگسرای اشراق	۰-۶۷۴-۶۷۴	۰-۶,۸-۵۰,۲
۷	سوله بحران پارک پلیس - زمین چمن همت - پایگاه بروجردی - مجموعه ورزشی آرش میر اسماعیلی	۰-۴۷۴-۲۲۶-۷۰۰	۰-۲,۶-۳۷,۱-۶۸,۷

همچنین وسیله شماره‌ی ۷ از سوله بحران پارک پلیس حرکت خود را آغاز کرده و سپس در زمین چمن همت، ۴۷۴ قلم امدادی را پس از گذشت ۲,۶ دقیقه از لحظه‌ی شروع حرکت، بارگیری کرده و به پایگاه بروجردی رفته و در آن‌جا ۲۲۶ قلم امدادی را پس از گذشت ۳۷,۱ دقیقه بارگیری نموده و در نهایت پس از گذشت ۶۸,۷ دقیقه به مجموعه ورزشی آرش میر اسماعیلی می‌رسد و ۷۰۰ قلم امدادی را در این پناهگاه تخلیه می‌کند.

همان طور که در جدول ۶ نشان داده شده است، به عنوان نمونه وسیله شماره ۱ از سوله بحران حکیمیه حرکت خود را آغاز نموده و پس از گذشت ۱۲ دقیقه از زمان شروع حرکت، در پایگاه عراقی ۱۲۰۰ قلم امدادی را بارگیری کرده و نهایتاً پس از گذشت ۵۰,۲ دقیقه به فرهنگسرای اشراق می‌رسد و ۱۲۰۰ کالا را به این پناهگاه تحویل می‌دهد.

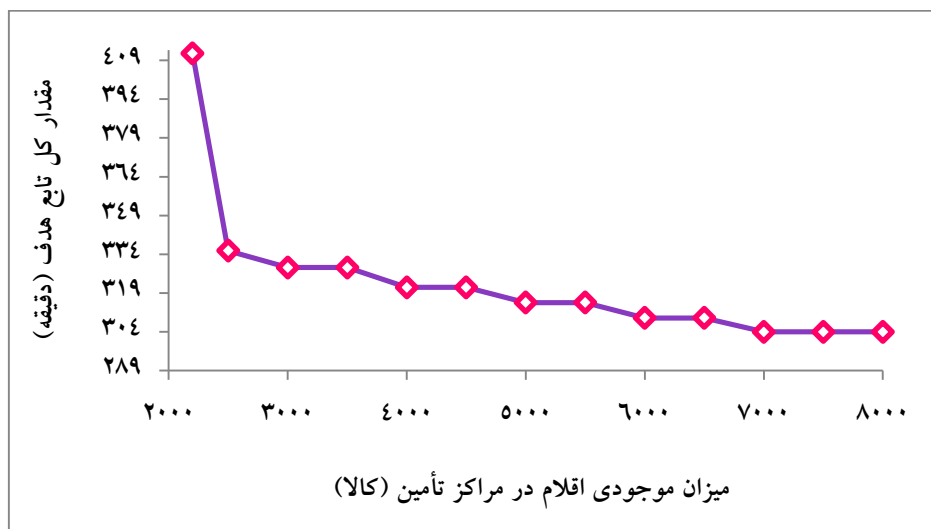
یکی دیگر از تصمیمات کلیدی قبل از وقوع فاجعه، انتخاب وسایل با ظرفیت مناسب برای توزیع اقلام امدادی به بازماندگان در فاز پاسخ است که ظرفیت وسایل امدادی روی زمان خدمت-دهی به بازماندگان در پناهگاه‌ها تأثیر گذار است. همان طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود کل زمان رسیدن وسایل امدادی به پناهگاه‌ها با افزایش ظرفیت وسایل، کاهش می‌یابد. به گونه‌ای که با افزایش ظرفیت ناوگان وسایل ناهمگن از ۲٪ به ۴٪ کالا، کل زمان ارائه‌ی خدمات ۶۷٫۹ دقیقه کاهش می‌یابد و با صرف هزینه و افزایش ظرفیت وسایل امدادی تا ۶٪، کل زمان ارائه‌ی خدمات ۷۶٫۲ دقیقه کاهش می‌یابد. بنابراین برنامه‌ریزان حوزه مدیریت فاجعه، می‌توانند با توجه به زمان خدمت‌دهی مورد انتظار به بازماندگان، بودجه و امکانات در دسترس، بهترین ناوگان ناهمگن از وسایل امدادی مورد نیاز برای توزیع اقلام امدادی را انتخاب کنند.

#### ۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادهای آتی

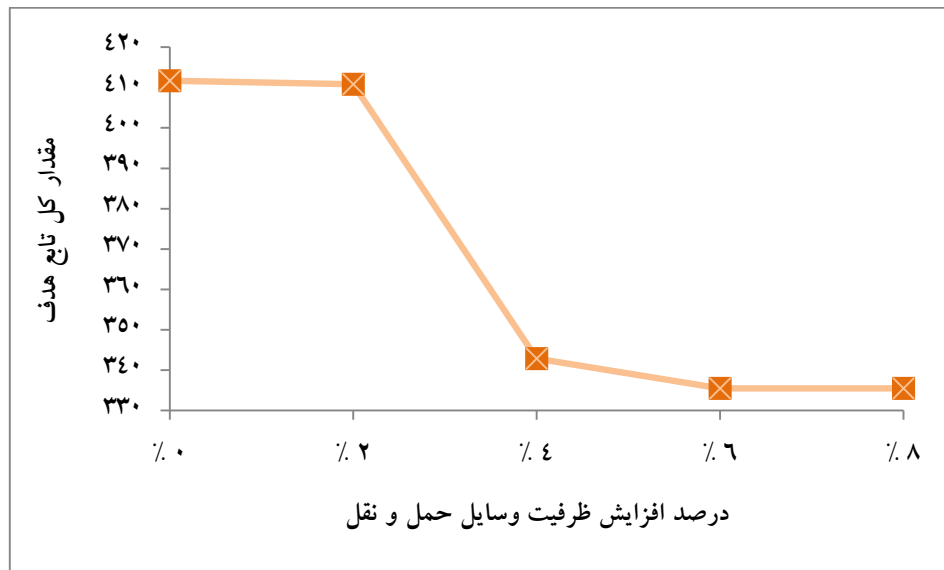
یکی از مهمترین دغدغه مدیران در فاز پاسخ به فاجعه، نحوه تأمین اقلام امدادی برای افراد سالم در پناهگاه‌ها است که معمولاً در تصمیم‌گیری‌ها، به این فعالیت امدادی در زمان مناسب و از طریق مسیرهای کارآ توجه خاصی نمی‌شود. بنابراین در این مقاله یک مدل جدید برای یک شبکه سه سطحی متشکل از انبارهای وسایل، مراکز تأمین اقلام امدادی و پناهگاه‌ها برای مسیریابی و زمان‌بندی همزمان وسایل حمل و نقل جهت توزیع اقلام امدادی براساس نیاز پناهگاه‌ها ارائه گردیده است.

از آن جایی که تلاش تصمیم‌گیران در حوزه مدیریت فاجعه، بهره‌گیری بهتر از امکانات برای کاهش زمان پاسخگویی به نیازهای افراد است بنابراین در این مقاله تحلیل حساسیت‌هایی بر روی پارامترهای میزان موجودی اقلام امدادی در مراکز تأمین و ظرفیت وسایل امدادی انجام گرفته است.

یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های برنامه‌ریزان این حوزه، تعیین سطح موجودی مراکز تأمین هست که آن‌ها بتوانند با توجه به امکانات، محدودیت‌های موجود و اهدافی که مدنظرشان هست، تصمیم بگیرند چه تعداد مراکز تأمین اقلام امدادی با چه مقدار سطح موجودی در نظر بگیرند تا بهترین و در سریع‌ترین زمان ممکن، نیازهای بازماندگان را پاسخ دهند. برای تحقق این هدف، در مقاله‌ی مورد نظر، نمودار مربوط به تحلیل حساسیت این پارامتر تأثیرگذار در شکل ۳ رسم گردیده است که در آن میزان موجودی اقلام امدادی در مراکز تأمین از ۲۰۰۰ کالا تا ۸۰۰۰ کالا مورد بررسی قرار گرفته و مقدار کل تابع هدف به ازای هر مقدار نشان داده شده است. همان طور که در شکل ۳ ملاحظه می‌شود به عنوان نمونه با افزایش میزان عرضه اقلام امدادی در مراکز تأمین از ۲۲۰۰ به ۲۵۰۰ قلم امدادی، کل زمان رسیدن وسایل به تأمین‌کننده‌ها و پناهگاه‌ها به میزان ۷۶٫۳ دقیقه کاهش می‌یابد. با صرف هزینه و استفاده از تسهیلات بیشتر، با افزایش میزان عرضه تا ۷۰۰۰ قلم امدادی در این مراکز تأمین، مقدار کل تابع هدف کاهش یافته، اما عرضی اقلام امدادی بیشتر از این مقدار در مقدار کل زمان ارائه خدمات تأثیری ندارد و نمودار به ازای ۷۰۰۰ قلم امدادی به پایداری رسیده است.



شکل ۳. نمودار آنالیز حساسیت مدل نسبت به میزان عرضه اقلام امدادی در مراکز تأمین



شکل ۴. نمودار آنالیز حساسیت مدل نسبت به درصد افزایش ظرفیت وسایل حمل و نقل

و محدودیت ظرفیت برای وسایل امدادی در نظر گرفته شده تا بتوان فجایع را بهتر مدیریت کرد.

۳. برای حداکثر استفاده از تسهیلات مانند مراکز تأمین اقلام امدادی امکان خدمت گرفتن از هر تسهیل توسط چندین وسیله حمل و نقل امری بسیار مهم است که در این مدل ارائه شده در نظر گرفته شده است.

۴. جهت انطباق شرایط مسأله تا حد امکان با شرایط دنیای واقعی، انبارهای چندگانه برای شروع حرکت وسایل امدادی در مدل پیشنهادی در نظر گرفته شده است.

برای تحقیقات آتی می‌توان موارد زیر را پیشنهاد نمود: ۱- در نظر گرفتن امکان امداد رسانی از طریق راه‌های هوایی، زمینی و دریایی با انواع وسایل حمل و نقل مانند هلی‌کوپتر، کشتی و ... برای توزیع اقلام امدادی در سریع‌ترین زمان ممکن ۲- استفاده از روش‌های فراابتکاری برای حل مدل در ابعاد بزرگ ۳- توسعه مدل حاضر در حالت چنددوره‌ای برای جوابگوی نیاز پناهگاه‌ها در دوره‌های زمانی کوتاه مدت ۴- توسعه مدل حاضر در حالت چند محصولی و با در نظر گرفتن ضریب اهمیت برای هر یک از اقلام امدادی.

## ۸. پی‌نوشت‌ها

تا تصمیم‌گیران حوزه مدیریت فاجعه را در جهت یک برنامه منسجم یاری داده و بهره‌وری تصمیمات اتخاذ شده در فاز پاسخ را افزایش دهد.

به منظور نمایش کاربردپذیری مدل پیشنهادی، مدل بر روی یک مطالعه‌ی موردی اجرا و حل شد و برای کمک به تصمیم‌گیران برای کاهش کل زمان خدمت‌دهی و بهره‌گیری بیشتر از امکانات موجود، در این مقاله با تحلیل حساسیت بر روی میزان موجودی اقلام امدادی در مراکز تأمین و ظرفیت وسایل حمل و نقل، بهترین مقدار برای این پارامترها تعیین شده‌اند تا با توجه به شرایط، مدیران بهترین تصمیمات را اتخاذ کنند. با توجه به ویژگی‌های مدل ارائه شده، نتایج مدیریتی زیر قابل استخراج است:

۱. یکی از مسائل مهم از دیدگاه تصمیم‌گیران حوزه مدیریت فاجعه، ارائه خدمات به تمام افراد سالم مستقر در پناهگاه‌ها در زودترین زمان ممکن و از طریق انتخاب مسیرهای کارآ با رعایت عدالت است که برای رسیدن به این هدف، در مدل، از محدودیت‌های پنجره زمانی استفاده شده است.

۲. برای این که مسأله به مسأله دنیای واقعی نزدیک‌تر شود، ناوگان ناهمگن برای وسایل حمل و نقل، محدودیت عرضه اقلام امدادی برای مراکز تأمین

-Özdamar, L., Aksu, D. T. and Ergunes, B. (2014) "Coordinating debris cleanup operations in post disaster road networks", *Socio-Economic Planning Sciences*, vol. 48, pp. 249-262.

-Pramudita, A., Taniguchi, E. and Qureshi, A. G. (2014) "Location and routing problems of debris collection operation after disasters with realistic case study", *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 125, pp. 445-458.

-Rezaei-Malek, M. and Tavakkoli-Moghaddam, R. (2014) "Robust humanitarian relief logistics network planning", *Uncertain Supply Chain Management*, vol. 2, pp. 73-96.

-Wex, F., Schryen, G., Feuerriegel, S. and Neumann, D. (2014) "Emergency response in natural disaster management: Allocation and scheduling of rescue units", *European Journal of Operational Research*, vol. 235, pp. 697-708.

-Wex, F., Schryen, G. and Neumann, D. (2012) "Operational emergency response under informational uncertainty: a fuzzy optimization model for scheduling and allocating rescue units", pp. 1-10.

-Wohlgemuth, S., Oloruntoba, R. and Clausen, U. (2012) "Dynamic vehicle routing with anticipation in disaster relief", *Socio-Economic Planning Sciences*, vol. 46, pp. 261-271.

-Caunhye, A. M., Zhang, Y., Li, M. and Nie, X. (2015) "A location-routing model for prepositioning and distributing emergency supplies", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*.

-Talarico, L., Meisel, F. and Sorensen, K. (2015) "Ambulance routing for disaster response with patient groups", *Computers and Operations Research*, vol. 56, pp. 120-133.

- 1- Routing and Scheduling
- 2- Split delivery
- 3- Multiple depots
- 4- Time window

## ۹. مراجع

-Abdelgawad, H. and Abdulhai, B. (2011) "Large-scale evacuation using subway and bus transit: approach and application in city of Toronto", *Journal of Transportation Engineering*, vol. 138, pp. 1215-1232.

-Bozorgi-Amiri, A., Jabalameli, M. S., Alinaghian, M. and Heydari, M. (2012) "A modified particle swarm optimization for disaster relief logistics under uncertain environment", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 60, pp. 357-371.

-Bish, D. R. (2011). "Planning for a bus-based evacuation", *OR Spectrum*, vol. 33, pp. 629-654.

-Gan, X., Wang, Y., Kuang, J., Yu, Y. and Niu, B. (2015) "Emergency vehicle scheduling problem with time utility in disasters", *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2015, pp. 1-7.

-Gan, X., Wang, Y., Yu, Y. and Niu, B. (2013) "An emergency vehicle scheduling problem with time utility based on particle swarm optimization", *Intelligent Computing Theories and Technology*, Springer, pp. 614-623.

-Hamedi, M., Haghani, A. and Yang, S. (2012) "Reliable transportation of humanitarian supplies in disaster response: model and heuristic", *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 54, pp. 1205-1219.

-Lee, K., Lei, L. and Dong, H. (2013) "A solvable case of emergency supply chain scheduling problem with multi-stage lead times", *Journal of Supply Chain and Operations Management*, vol. 11, No. 30, pp. 30-45.

-Lee, K., Lei, L., Pinedo, M. and WANG, S. (2013) "Operations scheduling with multiple resources and transportation considerations", *International Journal of Production Research*, vol. 51, pp. 7071-7090.

## فاطمه صبوحی، علی بزرگی امیری

فاطمه صبوحی، درجه کارشناسی در رشته مهندسی صنایع را در سال ۱۳۹۰ از دانشگاه صنعتی اصفهان و درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی صنایع گرایش صنایع را در سال ۱۳۹۴ از دانشگاه علم و صنعت ایران اخذ نمود. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان زنجیره تأمین امداد بلایا و طراحی زنجیره تأمین تاب‌آور است.



علی بزرگی امیری، درجه کارشناسی و کارشناسی ارشد در رشته مهندسی صنایع را در سال ۱۳۷۸ و ۱۳۸۳ از دانشگاه علم و صنعت ایران اخذ نمود. در سال ۱۳۹۰ موفق به کسب درجه دکتری در رشته مهندسی صنایع- مهندسی 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.

