

ارائه مدل جدید چندهدفه برای مکان‌یابی مراکز توزیع امداد در شرایط فازی

مصطفی کاظمی

دانشیار مدیریت، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

محمد اسفندیار^۱

دانشجوی دکتری مدیریت تحقیق در عملیات، دانشگاه فردوسی مشهد، پردیس بین‌الملل، مشهد، ایران

حدیث نجاریان

کارشناسی ارشد مدیریت، دانشگاه مازندران، ساری، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۱/۳۰

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۱۲/۰۶

چکیده

جغرافیای انسانی در دهه‌های اخیر دستخوش تحولات مهمی گردیده که این تغییرات نه تنها در روش بلکه در کارکرد ظهور یافته است. یکی از موضوعات بالقوه قدرتمندی که در تحقیقات میدانی جغرافیا در حال نشو و نما هست بر مسائل مربوط جغرافیای شهری، برنامه‌ریزی شهری و نقش آنان در سازمان‌دهی فضایی تأکید می‌ورزد. یکی از موضوع‌هایی که بیشتر شهرهای بزرگ جهان با آن دست‌به‌گریبان هستند، موضوع «حوادث طبیعی» است. با توجه به ماهیت غیرمترقبه بودن حوادث طبیعی و لزوم اتخاذ سریع و صحیح تصمیم‌ها و اجرای عملیات، مبانی نظری و بنیادی دانشی تحت عنوان «مدیریت بحران» به وجود آمده است یکی از اقداماتی که جهت مدیریت بحران صورت می‌گیرد اندیشیدن تدابیری جهت امدادسانی پس از وقوع آن است. این موضوع لزوم مکان‌یابی مراکز توزیع امداد را به‌خوبی نمایان ساخته است. در این تحقیق رویکردی چندهدفه برای مراکز توزیع امداد طراحی شده است. مدل پیشنهادی یک مدل دو هدفه است. هدف اول کمینه‌سازی هزینه انتقال و هدف دوم، بیشینه‌سازی مطلوبیت مراکز توزیع است. وجه تمایز این مدل نسبت به مدل‌های معرفی شده در این زمینه ارائه تابع هدف فازی به‌منظور تعیین مطلوبیت مراکز است. همچنین برای حل این مدل روش LP توسعه یافته بکار رفته است.

واژگان کلیدی: مراکز توزیع امداد، تصمیم‌گیری چندهدفه، تحلیل سلسه مراتب فازی، روش LP

۱- مقدمه

جغرافیای انسانی در دهه‌های اخیر دستخوش تحولات مهمی گردیده که این تغییرات نه تنها در روش بلکه در کارکرد ظهور یافته است. یکی از موضوعات بالقوه قدرتمندی که در تحقیقات میدانی جغرافیا در حال نشو و نما هست بر مسائل مربوط جغرافیای شهری، برنامه‌ریزی شهری و نقش آنان در سازمان‌دهی فضایی تأکید می‌ورزد. با گسترش شهر و شهرنشینی و افزایش تدریجی تعداد شهرهای بزرگ در جهان به‌خصوص در کشورهای در حال توسعه از جمله ایران، از یک‌طرف توسعه شهرها تمرکز و تجمع جمعیت و افزایش بارگذاری‌های محیطی و اقتصادی بر شهرها از طرف دیگر، ضمن توجه بیشتر به شهرها، منجر به پذیرش نقش‌ها و عملکردهای متعدد شده است. یکی از آسیب‌های شهرنشینی نوین، روبه‌رو شدن انبوه انسان‌ها با بلایای طبیعی است؛ این وضعیت، زمینه متأثر شدن جمعیت انسانی را به‌طور انبوه از پدیده‌های مختلف فراهم ساخته است. پیامدهای بحران ناشی از بلایای طبیعی، محدود به حوزه خاص خود نشده و در حیات اجتماعی، حوزه‌های دیگر را هم متأثر می‌سازد. شواهد نشان می‌دهند که بحران‌های فرهنگی، اجتماعی، اقتصادی و سیاسی در نتیجه بحران ناشی از بلایای طبیعی به سرعت شکل گرفته و بروز می‌کنند؛ با توجه به ماهیت غیرمترقبه بودن بلایای طبیعی و لزوم اتخاذ سریع و صحیح تصمیم‌ها و اجرای عملیات، مبانی نظری و بنیادی دانشی تحت عنوان «مدیریت بحران» به وجود آمده است. این دانش به مجموعه فعالیت‌هایی اطلاق می‌شود که قبل، حین و بعد از وقوع حوادث طبیعی، جهت کاهش اثرات این حوادث و کاهش آسیب‌پذیری انجام گیرد. این موضوع ارتباط خاصی با مباحث برنامه‌ریزی و مدیریت شهری و جغرافیا دارد.

برنامه‌ریزی پیش از وقوع بحران (بلایای طبیعی) از مسائل مهمی است که امروزه پیش روی مدیران شهری به‌ویژه در حوزه مدیریت بحران قرار دارد. هر ساله بیش از ۵۰۰۰ بلای طبیعی روی زمین رخ می‌دهد که حدود ۷۵۰۰۰ کشته و ۲۰۰ میلیون مصدوم به‌جای می‌گذارد (Wassenhove, 2006, 475-489). زمین‌لرزه‌های مخرب، طوفان، سیل و شیوع بیماری در سال‌های اخیر به سرعت رو به رشد است و این حوادث مانعی بر سر راه توسعه پایدار و امنیت اجتماعی در سراسر جهان است (Nishikawa, 2003) ماهیت تصادفی بودن و غیرقابل پیش‌بینی بودن بحران‌های طبیعی ایجاب می‌نماید که طرح‌های بحرانی جامعی جهت کاهش و تسکین خطرات و نتایج ناشی از بحران ارائه شود. برنامه‌ریزی جهت رویارویی با این قبیل پیامدها و آگاهی عمومی مردم موجب کاهش مرگ و کاهش از دست رفتن دارایی‌ها و مصدومیت‌ها شده است که این امر رویکرد اصلی در واکنش‌های امدادی هست (Sheu, 2007, 655-659). در چنین شرایط اضطراری و پیچیده، تصمیم‌گیرنده باید با سرعت و به‌صورت مؤثر به مشکلات امدادی پاسخ دهد و افراد آسیب‌دیده را از نقاط آسیب به مراکز مستقر شده مورد نظر انتقال دهد. در راستای نیل به این اهداف، پشتیبانی و امداد رسانی حوزه‌ای است که بهبود در آن می‌تواند نتایج اثربخشی را حاصل کند. علاوه بر این لجستیک امداد موجب هماهنگی بیشتر در تحویل کالاها و ارتباطات شده و موجب افزایش سرعت تحویل پاسخگویی می‌گردد.

برای داشتن یک امدادسانی مؤثر نیاز به سیستم چابک و مطلوب داریم، از این جهت انتخاب مکانی مناسب برای توزیع کالاهای امدادی یکی از تصمیمات و برنامه‌ریزی‌های پیش از وقوع بحران محسوب می‌شود تا انتقال کالاها و برآورده کردن نیازهای اولیه برای تداوم حیات افراد که از ابتدایی‌ترین و مهم‌ترین اقدامات پس از وقوع زلزله هست قابل‌اجرا باشد. یکی از راهبردهای لجستیکی ممکن جهت کاهش زمان تأخیر، مکان‌یابی از پیش و ذخیره‌سازی موجودی در نزدیکی مکان آسیب‌دیده هست.

هدف این تحقیق ارائه یک مدل ریاضی برای مکان‌یابی مراکز توزیع امداد از میان کاندیدهای نامزد برای پخش و توزیع مواد موردنیاز افراد در نقاط آسیب‌دیده جهت کاهش خسارات جانی افراد است. این مدل از انعطاف‌پذیری بالایی در اجرای مسائل واقعی برخوردار است و در تمامی بلایای طبیعی با شرایط خاص کاربرد دارد و حتی می‌توان مدل را با تغییرات جزئی در مفاهیم کلی مدل، برای انتقال افراد به پناهگاه‌ها و مراکز درمانی نیز بکار برد.

این مقاله در شش بخش ارائه شده است. در بخش دوم: مروری بر پژوهش‌های گذشته موضوع تحقیق و در بخش سوم: مروری بر ادبیات روش‌های مورد استفاده در این مسئله و در بخش چهارم: مسئله لجستیک امداد و مدل ریاضی آن تشریح شده است. در بخش پنجم: مدل‌سازی حل برای مدل تشریح شده است و بخش ششم: مطالعه موردی جهت اعتبار سنجی مدل ارائه شده است و در نهایت، نتیجه‌گیری و پیشنهادها است. اعتبارسنجی مدل ارائه شده است. در نهایت، نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها آتی آمده است.

۲- پیشینه تحقیق

باربارا سوگلو و همکاران ((Barbarosoglu, et al, 2002, 118-133)) یک مدل برنامه‌ریزی سلسله مراتبی چند معیاره با تابع هدف کمینه کردن هزینه‌ها برای برنامه‌ریزی تدارکات پیشنهاد داده است. برای حل این مدل. تجزیه سلسله مراتبی دومرحله‌ای استفاده شده که دو مدل ریاضی عدد صحیح ترکیبی با دو تابع هدف متضاد را نتیجه می‌دهد.

اودماز و همکاران ((Ozdamar, et al, 2004, 217-245)) مدل چند دوره‌ای برای شبکه‌های مبتنی بر برنامه‌ریزی تدارکات کالا در واکنش به بلایای طبیعی ارائه کرده است. مدل پیشنهاد شده ابتدا مقدار کالا بین دو گره مجاور در شبکه حمل‌ونقل را تعیین کرده، سپس با الگوریتم دیگری با استفاده از این مقادیر مبدأ و مقصد از حمل‌ونقل کالا در شبکه را تعیین می‌کند.

تیزنگ تی اچ و همکاران ((Tzeng, et al, 2007, 673-686)) با ارائه‌ی مدل چندهدفه با تابع هدف‌های کمینه کردن هزینه‌ی کل، زمان مسافت‌های پیموده شده، حداقل رضایت در طول دوره برنامه‌ریزی را افزایش داده و توزیع کمک‌های اضطراری، سیستم‌های تحویل کمک‌رسانی در زندگی واقعی را طراحی کرده‌اند.

در مطالعه‌ی دیگر توسط کومار و همکارانش ((Kumar, et al, 2007, 660-672)) انجام شده که یک مدل برنامه‌ریزی برای اعزام کالاها از مراکز توزیع به مناطق آسیب‌دیده و برای حمل‌ونقل افراد مجروح از مناطق آسیب‌دیده به مراکز درمانی طراحی شده است. بالکیک و همکاران ((Balcik, et al, 2008, 51-63)) مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح ترکیبی

ارائه دادند که برنامه‌ای برای تحویل وسایل نقلیه و تخصیص عادلانه منابع، باهدف به حداقل رساندن هزینه‌های حمل‌ونقل و به حداکثر رساندن منافع برای کمک به گیرندگان در نظر گرفته شده است.

ژان و لیو (Zhan & Lio, 2011) یک مدل برنامه‌ریزی آرمانی تصادفی با توجه به عدم اطمینان تقاضا، عرضه و در دسترس بودن مسیرهای حمل‌ونقل در شبکه اضطراری لجستیک که مسئولیت رسیدگی به آن را دارد ارائه داده‌اند. این مدل بر روی به حداقل رساندن زمان مسافت‌های پیموده شده و تقاضای برآورده نشده، با استفاده از محدودیت‌های احتمالی و برنامه‌ریزی سناریو متمرکز است.

لین باتا و رگرسون (Lin, et al, 2011, 132-145) مدلی چند آیتمی (کالا)، چند خودرویی، چند دوره‌ای و چندهدفه برای تحویل مواد ضروری اولویت‌بندی شده در انجام عملیات امداد رسانی در عملیات کمک‌رسانی فاجعه پیشنهاد کرده است. این مدل شامل دو تابع هدف، کاهش کل تقاضاهای ناراضی و کل زمان سفرها برای همه تورها و تمام وسایل نقلیه است.

در تحقیق دیگر توسط ساسچا ولگیموت (Wohlgemuth, et al, 2012, 261-271) یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح ترکیبی چندمرحله‌ای باهدف کمینه کردن زمان مسیرهای حمل‌ونقل و تعداد وسایل حمل‌ونقل استفاده شده ارائه شده که تقاضا و شرایط حمل‌ونقل، متغیر است. افشار و حقانی (Afshar & Haghani, 2012) با توسعه یک مدل جامع که عملیات لجستیک یکپارچه را در پاسخ به بلایای طبیعی شرح می‌دهد یک مدل ریاضی با تابع هدف کمینه کردن مقدار تقاضای برآورده نشده با توجه به ضرورت (اولویت، اهمیت) تقاضا برای کنترل جریان چندین کالاهای امدادی در شبکه پاسخ پیشنهاد داده است.

جیان‌هو ژان‌آ و جین‌لی بی (Zhang, et al, 2012, 11066-11071) مسئله تخصیص منابع اضطراری با محدودیت‌های متعدد منابع و بلایای ثانویه ممکن بیان شده و مدلی با منابع چندگانه و چند انبار اضطراری با توجه به حوادث ثانویه مختلف که با مدل ریاضی عدد صحیح تدوین و فرموله شده است. در مقاله‌ای دیگر توسط برکن (Berkoune, et al, 2012, 23-32) به مدل حمل‌ونقل اشاره شده و از آنجاکه راه‌حل‌های بهینه ممکن است تنها برای مسائلی با اندازه‌های کوچک به دست آید یک الگوریتم ژنتیکی توسعه داده شده برای مقابله با شرایط واقعی پیشنهاد دادند. اخیراً مسئله مسیریابی توسط لیان جیون کن همکاران بررسی شده است که هدف آن به حداقل رساندن زمان رسیدگی به نقاط تقاضا (مشتریان) بیان شده و روشی فرا ابتکاری دومرحله‌ای را برای حل مسئله پیشنهاد شده است (Liangjun, et al, 2013, 633-638). در مقالات بالا کمتر به موضوعات مطلوبیت مراکز توزیع امداد پرداخته شده و هیچ‌یک به ارائه مدلی مبنی بر مکان بهینه‌ی توزیع با در نظر گرفتن مطلوبیت مکان و هزینه آن باهم نپرداختند.

۳- ادبیات تحقیق

۳-۱- روش تحلیل سلسله مراتبی فازی

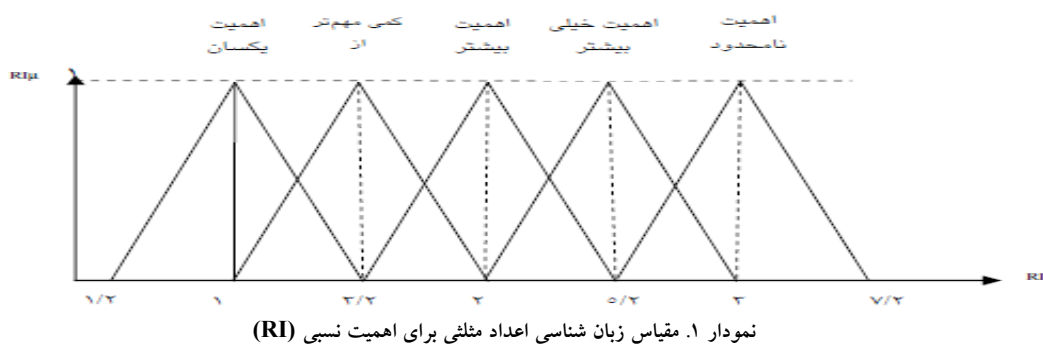
تئوری مجموعه‌های فازی که نخستین بار پرفسور لطفی زاده آن را ارائه کرد، در حل مسائلی که نمی‌توان پارامترها و کمیت‌ها را به‌طور دقیق بیان کرد، استفاده شد. فازی بودن به انواع مختلف ابهام و عدم اطمینان و به‌خصوص به

ابهامات مربوط به بیان زبانی و طرز فکر بشری بستگی دارد و با عدم اطمینانی که به وسیله نظریه احتمال بیان می‌شود، فرق دارد. رویکرد فازی ابزار بسیار مناسبی برای برخورد و کنار آمدن با عدم اطمینان و مدل‌سازی متغیرهای زبانی است.

منطق فازی هدفش این است که اساسی را برای استدلال گری تقریبی با استفاده از تئوری مجموعه فازی فراهم آورد. با توجه به اینکه تصمیم‌گیری انسان با مفاهیم نادقیق و مبهم همراه است، این مفاهیم بیشتر به صورت متغیرهای زبانی بیان می‌شوند. بر اساس منطق فازی این عناصر نادقیق عوامل مهمی در هوشمندی انسان به شمار می‌روند (Kwong, et al, 2002, 367-377).

متدلوژی FAHP با ترکیب AHP ساعتی و تئوری مجموعه فازی توسعه داده شد. این متدلوژی برای انتخاب یک گزینه و تصدیق مسائل به وسیله ادغام مفاهیم مجموعه فازی و تجزیه و تحلیل ساختار سلسله مراتبی طراحی شد. ایده‌ی اساسی در AHP گرفتن دانش خبرگان، نسبت به پدیده‌ی مورد مطالعه است. کاربرد متدلوژی فازی به تصمیم‌گیرنده اجازه می‌دهد، داده‌های کمی و کیفی را در مدل تصمیم ادغام کند. با وجود این باید گفت AHP سستی قادر به انعکاس درست فرآیندها نیست؛ به ویژه در شرایطی که مسائل تعریف نشده‌اند یا حل آن مستلزم عدم اطمینان در داده است (Percin, 2008, 263-284). برای جبران این نقص، دو پژوهشگر هلندی به نام‌های لارهن و پدریک، روشی را برای فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی پیشنهاد کردند که بر اساس روش حداقل مجزورات لگاریتمی بنا شده بود. تعداد محاسبات و پیچیدگی مراحل باعث شد، این روش چندان مورد استفاده قرار نگیرد. در سال ۱۹۹۶، روش دیگری تحت عنوان روش تحلیل توسعه‌ای، توسط یک پژوهشگر چینی به نام یونگ-چانگ ارائه شد که اعداد این پژوهش اعداد فازی هستند (آذر، رجب‌زاده، ۱۳۸۹).

در این پژوهش از دیدگاه FAHP، مطابق با روش تجزیه و تحلیل توسعه‌ای چانگ برای ارائه‌ی قضاوت‌های تصمیم‌گیرندگان استفاده می‌شود تا عوامل مؤثر بر وفاداری الکترونیکی در سازمان‌های ارائه‌دهنده‌ی خدمات الکترونیک را اولویت‌بندی کنیم. در این بررسی، مقایسات تصمیم‌گیرنده با واژه‌های زبان شناسی توصیف شده است و با اعداد فازی بیان می‌شود که در نمودار شماره (۱) نشان داده شده است.



در ادامه خلاصه‌ی روش تحلیل توسعه‌ای چانگ ارائه می‌شود که منطبق بر اصول فازی به کمک فرآیند تحلیل سلسله مراتبی است. مراحل اجرای روش به صورت زیر است:

مرحله ۱: ترسیم درخت سلسله مراتبی: ابتدا ساختار سلسله مراتبی تصمیم با استفاده از سطوح هدف، معیار و زیرمعیار تشکیل داده می‌شود.

مرحله ۲: تشکیل ماتریس مقایسات زوجی: ماتریس‌های توافقی را مطابق با درخت تصمیم و با استفاده از نظرات خبرگان تشکیل داده، نرخ ناسازگاری آن‌ها حساب می‌شود.

مرحله ۳: میانگین حسابی نظرات: میانگین حسابی نظرات تصمیم‌گیرندگان را محاسبه کرده تا ماتریس زیر حاصل شود.

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{M}_{12} & \dots & \tilde{M}_{1n} \\ \tilde{M}_{21} & 1 & \dots & \tilde{M}_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tilde{M}_{n1} & \tilde{M}_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

میانگین حسابی نظرات تصمیم‌گیرندگان از رابطه‌ی (۱) به دست می‌آید.

$$sum = \sum_{j=1}^n A_{ij} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad Mean = sum/n \quad (1)$$

سپس با استفاده از اعداد مثلثی فازی حد بالا و پایین هر ستون ماتریس و معکوس آن را به دست می‌آوریم. فرض کنید $\tilde{A}_{ij} = \{\tilde{M}_{ij}\}$ یک ماتریس میانگین مقایسه زوجی فازی باشد که به صورت بالا تعریف می‌شود. آنگاه رابطه‌ی (۲) برقرار خواهد بود.

$$\tilde{M}_{ij} = \frac{1}{\tilde{M}_{ij}} \quad (2)$$

مرحله ۴: استفاده از روش تحلیل توسعه ای (EA) برای بی‌مقیاس کردن:

حال برای حل مدل با روش EA، در هر یک از سطوح ماتریس مقایسات زوجی، ارزش Sk که خود یک عدد فازی مثلثی به صورت (li, mi, ui) است، مطابق رابطه‌ی (۱) محاسبه می‌شود که در آن، k بیانگر شماره سطر و i و j به ترتیب نشان‌دهنده‌ی گزینه‌ها و شاخص‌ها هستند.

$$k = \sum_{j=1}^n M_{kj} * \left[\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n M_{ij} \right]^{-1} \quad (3)$$

مرحله ۵: تعیین درجه احتمال بزرگ تر بودن: در این روش، پس از محاسبه‌ی Skها درجه بزرگی آن‌ها را نسبت به هم باید به دست آورد. به‌طورکلی، اگر M1 و M2 دو عدد فازی مثلثی باشند (طبق جدول شماره (۱)، روابط (۴) و (۵) درجه بزرگی M1 بر M2 را نشان می‌دهد (با توجه به نمودار شماره (۲)).

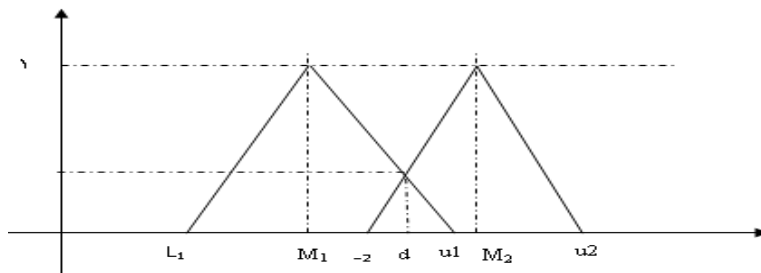
جدول ۱. مقیاس تبدیل مثلثی فازی

مقیاس شغاهی	مقیاس مثلثی فازی	مقیاس معکوس مثلثی فازی
تنها برابر	(1,1,1))	(1,1,1))
برابری مهم	(1/2,1,3/2))	(2/3,1,2))
اهمیت کم	(1,3/2,2))	(1/2,2/3,1))
اهمیت زیاد	(3/2,5/2,3))	(1/3,2/5,1/2))
اهمیت خیلی زیاد	(2,5/2,3))	(1/3,2/5,1/2))
بیشترین درجه اهمیت	(5/2,3,7/2))	(2/7,1/3,2/5))

$$v(M_1 \geq M_2) = hgt(M_1 \cap M_2) \quad v(M_1 \geq M_2) = 1, \dots, M_1 \geq M_2 \quad (4)$$

و گرنه داریم:

$$hgt(M_1 \geq M_2) = \frac{u_1 - l_2}{(u_1 - l_2) + (m_2 - m_1)} \quad (5)$$



نمودار ۲. اشتراک بین M1 و M2

مرحله ۶: محاسبه‌ی وزن شاخص‌ها به صورت بی‌مقیاس شده: برای محاسبه‌ی وزن شاخص‌ها در ماتریس مقایسات زوجی به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$W'(X_i) = \min \{V(S_i \geq S_k)\} \quad k = 1, 2, \dots, n; k \neq i \quad (6)$$

بنابراین، بردار وزن شاخص‌ها طبق رابطه‌ی (۷) خواهد بود.

$$W' = [W'(X_1), W'(X_2), \dots, W'(X_n)]^t \quad (7)$$

که همان بردار ضرایب نابهنجار AHP فازی است. بر اساس رابطه‌ی $W_i = \frac{W'_i}{\sum W'_i}$ اوزان بهنجار شده شاخص‌ها به دست می‌آید (آذر، رجب‌زاده، ۱۳۸۹).

۲-۳- روش معیار جامع

از مناسب‌ترین روش‌های ارزیابی در حالت عدم کسب اطلاعات از تصمیم‌گیرنده، روش‌های خانواده LP متریک می‌باشند که با تغییر اوزان اهمیت اهداف، نیازی به کسب اطلاعات از تصمیم‌گیرنده ندارند. این روش‌ها برای تصمیم‌گیرنده ساده است ولی تحلیل‌گر باید مفروضاتی درباره ارجحیت‌های تصمیم‌گیرنده در نظر بگیرد. برای گنجاندن اوزان اهمیت اهداف در این روش از رویکرد زیر استفاده می‌شود.

$$L - P = \left\{ \sum_{k=1}^k w_k \left[\frac{f_k(x^{*k}) - f_k(x^k)}{f_k(x^{*k}) - f_k(x^*)} \right]^p \right\}^p \quad (8)$$

مدل فوق را رویکرد معیار جهانی وزن دار استاندارد می‌نامند. چانکونگ و همیز (Chankong & Haimes, 1983) و

ماینتین (Miettinen, 1999) ثابت کردند که برای بهینگی پارتو، کمینه‌سازی معادله ۵ با در نظر گرفتن $\sum_{k=1}^k w_k = 1, w \geq 0$

کافی است. برای هر نقطه بهینه پارتو x^p یک بردار اوزان اهمیت معیارها W و یک مقدار عددی P وجود دارد، بطوری که x^p جوابی برای رویکرد ω است. مقدار P حتی در صورت غیر محدب بودن فضای جواب، قابلیت ارائه همه نقاط بهینه پارتو را نشان می‌دهد.

در تحقیق (Messac, et al, 2000, 171-188) نشان داده شده که با افزایش مقدار P ، اثربخشی روش WGC در رویکرد (۹) جهت ارائه مجموعه کاملی از نقاط بهینه پارتو افزایش خواهد یافت.

با استفاده از یک مقدار بزرگ P ، مجموعه کاملی از نقاط بهینه پارتو ارائه می‌دهد. مدل مین ماکس وزن دار که مورد خاصی از روش WGC با $P = \infty$ است، به صورت مدل زیر خواهد بود:

$$\begin{aligned} & \min Y \\ & \text{sto :} \\ & y \geq w_k \left[\frac{f_k(X^*) - f_k(x)}{f_k(X^*) - f_k(x^*)} \right], \forall k = 1, 2, \dots, k \quad (9) \\ & g_i(x) \leq b_i, \forall i = 1, 2, \dots, i \\ & x \in E^n, y \geq 0 \end{aligned}$$

در روش‌های WGC هدف حداقل کردن انحراف توابع هدف یک مدل چندهدفه از راه حل ایده آل است. یو نقطه X^* را یک نقطه ایده آل ایده آل می‌نامند. برای دستیابی به نقطه ایده آل، هر تابع هدف به طور مجزا و به ازای $x \in X$ بهینه می‌شود. یعنی راه حل ایده آل از حل k مسئله یک هدفه به صورت زیر حاصل می‌گردد:

$$\begin{aligned} & \text{optimize : } f_k(x), \forall k = 1, 2, \dots, k \\ & \text{st : } g_l(x) \leq 0, \forall l = 1, 2, \dots, l \quad (10) \\ & x \in E^n \end{aligned}$$

مختصات نقطه ایده آل به صورت $\{f_1(X^{*1}), f_2(X^{*2}), \dots, f_k(X^{*k})\}$ بوده و X^{*i} هدف i ام را بهینه می‌سازد. از طرفی X^* بردار جواب ضد ایده آل است، بطوری که برای دسترسی به راه حل ضد ایده آل، می‌توان k مسئله به ازای هر تابع هدف در فضای جواب را در صورتی که ماکزیمم کردن اهداف مد نظر باشد کمینه نمود.

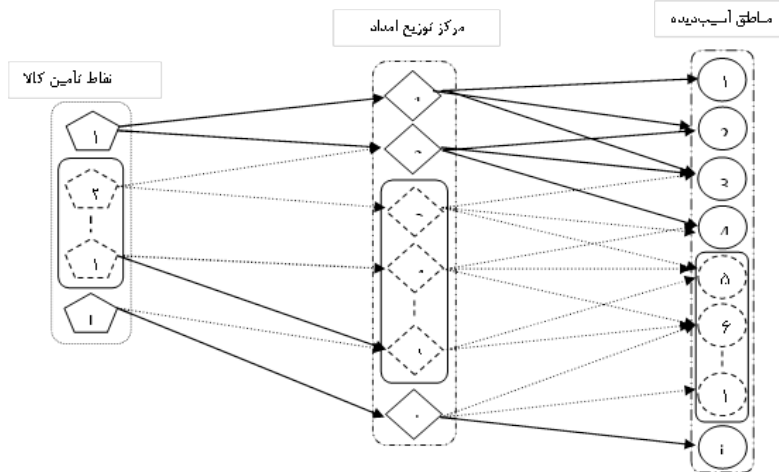
۴- مکان‌یابی مراکز توزیع با رویکرد برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفه در شرایط فازی

در طراحی سیستم‌های توزیع امداد از سه بخش اصلی استفاده شده است. نقاط تأمین اولین بخش این سیستم هست که نقش بسیار مهمی در نگهداری کالاهای موردنیاز دارند. این نقاط معمولاً به صورت کمپ‌هایی از قبل در مکان‌های بسیار بزرگ و استراتژیک طراحی می‌گردد و اجناس امدادی موردنیاز

را برای افرادی که در نقاط آسیب‌دیده قرار دارند، تأمین می‌کند. بخش دوم بدنه این سیستم مراکز توزیع می‌باشند که حلقه واسطه نقاط آسیب‌دیده و مراکز تأمین هست. بخش نهائی این مدل نقاط آسیب‌دیده می‌باشند. در این سیستم g تا کالای امدادی، I نقطه تأمین، i مرکز توزیع و J نقطه آسیب‌پذیر موجود دارد. هدف مدل طراحی شده در این پژوهش این است که تعداد مراکز بهینه برای توزیع کالاهای امدادی انتخاب شود به طوری که بتواند نیازهای همگی نقاط را در کوتاه‌ترین زمان ممکن و با بالاترین مطلوبیت پوشش دهد.

۴-۱- فرضیات مدل

- کالاهای امدادی موردنیاز شبکه در این سیستم شامل ۳ نوع کالا اساسی است که این نوع کالاها نیاز به سردخانه یا وسیله حمل‌ونقل خاص نمی‌باشد.
- فقط نواحی آسیب‌دیده‌ای در نظر گرفته می‌شوند که امکان دسترسی از طریق شبکه حمل‌ونقل جاری میسر باشد.



شکل (۱). شبکه توزیع امداد

۴-۲- پارامترها و متغیرهای مدل

- a_{ij} : مطلوبیت مرکز توزیع امداد i برای نقطه آسیب‌دیده j
- c_{li} : هزینه انتقال هر واحد کالا از نقطه تأمین l به مرکز توزیع امداد i
- c_{ij} : هزینه انتقال هر واحد کالا از مرکز توزیع امداد i به نقطه آسیب‌دیده j
- x_{gli} : مقدار کالای نوع g منتقل شده از نقطه تأمین l به مرکز توزیع امداد i
- y_{gij} : مقدار کالای نوع g منتقل شده از مرکز توزیع امداد i به نقطه آسیب‌دیده j
- f_i : هزینه احداث مرکز توزیع امداد i
- S_{gl} : مقدار کالای در دسترس g در مرکز تأمین l
- D_{gj} : مقدار کالای امدادی موردنیاز نوع g در نقطه آسیب‌دیده j
- z_i : اگر مرکز توزیع امداد i برای توزیع انتخاب شود برابر است با ۱ و در غیر این صورت برابر ۰ هست
- a_{ij}^k : مطلوبیت مرکز توزیع امداد i برای نقطه آسیب‌دیده j با در نظر گرفتن شاخص k ام
- w^k : وزن شاخص k ام برای $k=1,2,3,\dots,k$
- c_k : شاخص k ام برای $k=1,2,3,\dots,k$
- l : تعداد نقاط تأمین
- i : تعداد مرکز توزیع امداد
- j : تعداد نقاط آسیب‌دیده

g: تعداد کالای امدادی

۳-۴- مدل کلی تحقیق

$$\max \sum \sum a_{ij} \times X_{ij} \quad (1)$$

$$\min \sum (f_i \times z_i) + \sum \sum C_{li} \times X_{gli} + \sum \sum C_{ij} \times Y_{gij} \quad (2)$$

s.t :

$$\sum_i X_{g,li} = \sum_j Y_{g,ij} \quad \forall g, i \quad (3)$$

$$\sum_i \sum_j Y_{g,ij} \leq \sum_j D_{gj} \quad \forall g \quad (4)$$

$$\sum_i \sum_j Y_{g,ij} \leq \sum_j S_{gl} \quad \forall g \quad (5)$$

$$\sum_i Y_{g,ij} \leq D_{gj} \quad \forall g, j \quad (6)$$

$$X_{g,li} \leq M \times Z_i \quad \forall g, l, i \quad (7)$$

$$Y_{g,ij} \leq M \times Z_i \quad \forall g, i, j \quad (8)$$

$$\sum_i X_{g,li} \leq s_{g,l} \quad \forall g, l \quad (9)$$

$$X_{g,li} \in \{0,1,2,\dots\} \quad \forall g, l, i$$

$$Y_{g,ij} \in \{0,1,2,\dots\} \quad \forall g, l, j$$

$$Z_i \in \{0,1\} \quad \forall i$$

هدف اول افزایش مطلوبیت مراکز توزیع امداد و هدف دوم حداقل کردن مجموع هزینه‌های راه‌اندازی، هزینه‌های حمل‌ونقل از نقاط تأمین به مراکز توزیع امداد و هزینه حمل‌ونقل از مراکز توزیع امداد به نقاط آسیب‌دیده هست. محدودیت (۳) معادله تعادل جریان برای هر کالا در هر مرکز توزیع امداد را نشان می‌دهد و تضمین می‌کند که کالاهایی که به یک مرکز توزیع امداد وارد می‌شوند، از آن خارج خواهند شد. محدودیت (۴) به این معناست که کالاها اجازه داده نمی‌شوند که بیکار باشند و می‌بایست ارسال شوند. محدودیت (۵) به این معناست که نمی‌توان کالایی که وجود ندارد را فرستاد.

محدودیت (۶) از ارسال کالاهای امدادی اضافی به نقاط آسیب‌دیده جلوگیری می‌کند. محدودیت (۷) و (۸) از ورود و خروج کالا به مرکز توزیع امدادی که راه‌اندازی نشده‌اند، جلوگیری می‌کند. محدودیت (۹) بدین معناست که کل کالاهای در دسترس در نقاط تأمین، قابل ارسال به مراکز توزیع امداد هستند. محدودیت‌های (۱۰) تا (۱۱)، محدودیت‌های غیر منفی بودن، صفر و یک و عدد صحیح بودن متغیرهاست.

۵- متدولوژی حل

۵-۱- الگوریتم حل

برای حل مدل مذکور لازم است ابتدا همه توابع به شکل بیشینه‌سازی درآمده و بردار تابع هدف به صورت زیر

$$\text{تعریف شود: } f(X) = [f_1(X), f_2(X)] \quad (11)$$

حل مدل حاصل از محدودیت آن با هر یک از درایه‌های بردار F (x) به قصد بیشینه‌سازی جواب ایده آل زیر را حاصل می‌کند.

$$f(\tilde{X}) = [f_1(\tilde{X}_1), f_2(\tilde{X}_2)] \quad (۱۲)$$

با توجه به جواب ایده آل و توابع LP بارزش $p=2$ تابع زیر حاصل می‌شود:

$$\text{Min } L - 2 = \sqrt{\sum_{k=1}^2 \gamma_k \left[\frac{f_k(\tilde{X}_k) - f_k(X)}{f_k(\tilde{X}_k)} \right]^2} \quad (۱۳)$$

با کمینه‌سازی دستگاه حاصل از محدودیت‌های مدل بالا و تابع هدف L2 جواب مؤثر حاصل خواهد شد.

اما قبل از دستیابی به جواب مؤثر باید γ برای $k=1, 2$ محاسبه شود.

روش‌های متعددی برای دستیابی به γ وجود دارد. در اینجا روشی ارائه می‌شود که ضمن محاسبه γ نقطه نظرات

DM را به‌طور مستقیم در محاسبه L2 و انتخاب توابع هدف و وزن دهی به آن‌ها اعمال می‌نماید.

حل مدل حاصل از محدودیت و با هر یک از درایه‌های بردار $F(x)$ به‌قصد کمینه‌سازی تابع هدف اگر جواب زیر را

حاصل کند.

$$f_1(\hat{X}_1), f_2(\hat{X}_2) \quad (۱۴)$$

در آن صورت بازه تغییرات تابع $f_k(x)$ به‌صورت زیر خواهد بود.

$$\leq \left(\frac{f_k(\tilde{x}_k) - f_k(x)}{f_k(\tilde{x}_k)} \right)^2 \leq \left(\frac{f_k(\tilde{x}_k) - f_k(\hat{x}_k)}{f_k(\tilde{x}_k)} \right)^2, k=1, 2 \quad (۱۵)$$

تأثیر یا نقش هر تابع هدف k برای $k=1, 2, \dots, 4$ در فرمول L2 برابر $\left(\frac{f_k(\tilde{x}_k) - f_k(x)}{f_k(\tilde{x}_k)} \right)^2$ است که خود

این عبارت بین صفر تا $\left(\frac{f_k(\tilde{x}_k) - f_k(\hat{x}_k)}{f_k(\tilde{x}_k)} \right)^2$ در حال تغییر است. لذا می‌توان نقش تغییرات تابع $f_k(x)$ در

تغییر تابع L2 را متناسب با محدوده بالا دانست.

$$d_k = \left(\frac{f_k(\tilde{x}_k) - f_k(\hat{x}_k)}{f_k(\tilde{x}_k)} \right)^2, k=1, 2 \quad (۱۶)$$

مقادیر d_k دامنه تغییرات تابع هدف است.

می‌دانیم که DM هنگام تصمیم‌گیری در خصوص تعیین میزان اهمیت توابع فوق باید وزن‌هایی را تعیین کند. با این

فرض که این وزن‌ها با اعدادی بین صفر تا صد بیان شوند، انتظار داریم تأثیری معادل وزن‌های تعیین‌شده در نزدیک

کردن توابع هدف به مقادیر بهینه آن‌ها حادث شود. لذا باید γ برای k در به‌گونه‌ای تخمین زده شود که وزن‌های

تعیین‌شده DM برای هر $f_k(x)$ با توجه به دامنه تغییرات تابع $f_k(x)$ یعنی dk تأثیری به‌اندازه وزن تعیین‌شده

توسط DM روی تابع LP داشته باشد، لذا ابتدا dk ها نرمال‌سازی می‌شوند.

$$u_k = \frac{d_k}{\sum_k d_k}, k=1, 2 \quad (۱۷)$$

UK که حداکثر درصد تأثیر هر یک از توابع هدف $f_k(x)$ را در LP نشان می‌دهد، مقدار نرمال شده d_k است.

اگر DM درصد ترجیحات خود را به صورت معادل W_k درصد برای هر یک از توابع $k = 1, 2, \dots, 4$ $f_k(x)$ تعریف کند، آنگاه خواهیم داشت:

$$\gamma_k = \frac{w_k}{u_k}, k = 1, 2 \quad (18)$$

اگر مقادیر به دست آمده γ_k در تابع هدف L2 قرار داده شود عبارت زیر حاصل می‌گردد.

$$L_2 = \sqrt{\sum_{k=1}^2 \frac{w_k}{u_k} \left[\frac{f_k(\tilde{x}_k) - f_k(x)}{f_k(\tilde{x}_k)} \right]^2} \quad (19)$$

حال با حل مدل فوق و با در نظر گرفتن ترجیحات DM، منتخب نهائی تعیین خواهد شد. در این قسمت الگوریتم حل به طور کامل تشریح می‌گردد. این الگوریتم شامل ۸ مرحله هست.

۲-۵- مراحل الگوریتم

مرحله ۱: مدل‌سازی مسئله انتخاب مراکز توزیع

در این مرحله برای مدل‌سازی انتخاب مراکز توزیع از رویکرد برنامه‌ریزی صفر و یک استفاده می‌گردد که یک تابع مطلوبیت به مدل ابتدائی مسئله اضافه شده است. این مرحله یکی از نقاط قوت این الگوریتم هست زیرا این انعطاف‌پذیری آن در مدل‌های گوناگون ارائه شده است.

مرحله ۲: تعیین شاخص برای مشخص نمودن مطلوبیت مراکز توزیع

برای تصمیم‌گیری در مورد این موضوع، باید شاخص‌ها تعریف گردد. فرض می‌شود تصمیم‌گیرنده k شاخص را تعیین نمود؛ بنابراین C_k نشان‌دهنده شاخص k ام است.

مرحله ۳: تعیین وزن شاخص‌ها

فرض می‌شود W^{C_k} وزن شاخص k ام باشد. ما از یک رویکرد توسعه یافته برای تعیین اوزان استفاده می‌کنیم.

مرحله ۴: تعیین میزان مطلوبیت هر یک از مراکز توزیع برای نقاط آسیب‌دیده با در نظر گرفتن شاخص‌ها

فرض می‌شود $a_{ij}^{C_k}$ مطلوبیت i امین مرکز توزیع برای j امین نقطه آسیب‌دیده با در نظر گرفتن شاخص k ام هست.

جدول ۲

جدول ۲: میزان مطلوبیت با در نظر گرفتن شاخص‌ها

C_k	...	C_3	C_2	C_1	شاخص
$a_{ij}^{C_k}$...	$a_{ij}^{C_3}$	$a_{ij}^{C_2}$	$a_{ij}^{C_1}$	مطلوبیت

منبع: یافته‌های پژوهش

مرحله ۵: تعیین مطلوبیت مراکز توزیع امداد برای هر نقطه آسیب‌دیده

فرض می‌شود a_{ij} میزان مطلوبیت مراکز توزیع i ام برای نقطه آسیب‌دیده j ام باشد، بنابراین برای تعیین a_{ij} از روش SAW استفاده شده است.

$$a_{ij} = \sum_{k=1}^q w^{C_k} \cdot a_{ij}^{C_k}$$

مرحله ۶: نوشتن تابع هدف مطلوبیت

تابع هدف برای این مسئله عبارت است از:

$$Utility Function : \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^s a_{ij} X_{ij}$$

مرحله ۷: مدل‌سازی مسئله انتخاب مراکز توزیع امداد چندگانه

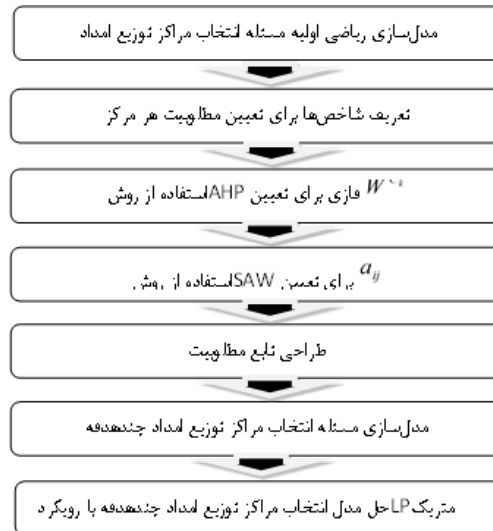
بعد از نوشتن تابع مطلوبیت، توابع هدف مسئله انتخاب مراکز توزیع امداد چندگانه به صورت زیر است:

مرحله ۸: حل مسئله انتخاب مراکز توزیع امداد چندهدفه

در این مرحله مسئله حل می‌گردد. توجه با این موضوع که تعداد تصمیم‌گیرنده و مقدار تخصیص یافته به هر یک از

نقاط آسیب‌دیده توسط تصمیم‌گیرنده مشخص می‌شود.

شکل متدولوژی تحقیق را نشان می‌دهد.



شکل (۲) - الگوریتم روش پیشنهادی

منبع: نگارندگان

۶- مطالعه موردی

منطقه موردبررسی برای پیاده‌سازی مدل فوق شهر تهران هست. در شکل، نواحی که ممکن است تحت تأثیر بحران آسیب ببینند، مشخص شده‌اند. ۳ نقطه تأمین، ۵ مرکز توزیع و ۸ نقطه آسیب‌پذیر در این مطالعه موردی در نظر گرفته شده است. کالاهای امدادی موردنیاز در این تحقیق شامل آب‌معدنی، چادر و کمپوت‌های غذاهای آماده هست.

جدول نقاط تأمین، مراکز توزیع و نقاط آسیب‌دیده را نشان می‌دهد.

میزان ظرفیت ۳ نقطه تأمین برای هر کالای امدادی در جدول ۱ نشان داده شده است. میزان تقاضای کالاهای متفاوت را برای هر نقطه آسیب‌پذیر در جدول ۲ نشان داده شده است.

هزینه راه‌اندازی مراکز توزیع امداد پارک لاله، پارک شهر، بوستان بعثت، پارک پردیسان و پارک ملت برابر با ۱۲۰۰۰۰۰۰۰ فرض شده است. هزینه حمل‌ونقل بین دو نقطه برابر با فاصله بین نقاط در نظر گرفته شده است. هزینه جرمه نیز ۴۰٪ هست.



شکل (۳)- نقشه مطالعه موردی (شهر تهران): نقاط تأمین، مراکز توزیع امداد و نقاط آسیب‌پذیر منبع: سایت شهرداری تهران

جدول (۳): میزان ظرفیت ۳ کالا در نقاط تأمین

مقدار هر نوع کالا موجود در هر یک از نقاط تأمین			
عرضه {s}	پارک چیتگر	بوستان ولایت	پارک لویزان
[g1, g2, g3]	[900,900,1000]	[1800, 2500,2200]	[1500,1 800,2900]

منبع: <http://map.tehran.ir>

جدول (۴): میزان تقاضا ۳ نوع کالا در نقاط آسیب‌دیده

مقدار هر نوع کالا موجود در هر یک از نقاط تأمین							
منطقه ۱۸	منطقه ۱۵	منطقه ۱۲	منطقه ۱۱	منطقه ۹	منطقه ۶	منطقه ۵	منطقه ۳
[170,170,300]	[220, 200,160]	[300, 140,200]	[100, 150,200]	[130, 160,130]	[270, 140,250]	[220, 200,180]	[120, 180,150]

منبع: <http://map.tehran.ir>

جدول (۵): مسافت بین نقاط تأمین و مراکز توزیع

مراکز توزیع امداد					
پارک ملت	پارک پردیسان	بوستان بعثت	پارک شهر	پارک لاله	نقاط تأمین
۲۲	۵.۱۷	۷	۵.۱۰	۱۳	بوستان ولایت
۱۵	۵.۱۷	۲۰	۱۷	۵.۱۶	پارک لویزان
۲۶	۵.۲۰	۲۹	۵.۲۳	۵.۲۴	پارک چیتگر

منبع: <http://map.tehran.ir>

جدول (۶): مسافت بین مراکز توزیع و نقاط آسیب‌دیده

نقاط آسیب‌دیده								
	منطقه ۱۸	منطقه ۱۵	منطقه ۱۲	منطقه ۱۱	منطقه ۹	منطقه ۶	منطقه ۵	منطقه ۳
مراکز توزیع	۱۳	۱۷	۹	۳	۱۰	۶	۱۰	۷
	۱۳	۱۲	۵.۴	۵.۲	۹	۵.۶	۵.۱۲	۵.۹
امداد	۵.۱۴	۹	۵.۳	۸	۱۲	۱۲	۱۸	۵.۱۳
	۱۷	۲۴	۱۶	۱۰	۱۳	۵.۹	۱۱	۵.۷
	۲۲	۲۲	۵.۱۵	۱۱	۵.۱۷	۵.۸	۱۶	۵

منبع: <http://map.tehran.ir>

مراحل حل مدل

مرحله اول: بر اساس مدل طراحی شده داده‌های جمع‌آوری شده، مدل این مطالعه موردی نوشته می‌شود.
 مرحله دوم: معیارهای کلی مکان‌یابی مراکز امداد عبارت‌اند از: ۱. اثربخشی ۲. ایمنی ۳. مجهز بودن
 اثربخشی: منظور از اثربخشی مراکز امداد و اسکان آن است که در این مراکز بتوانند با توجه به شرایط ایجادشده بر اثر سانحه، بیشترین امدادسانی را به محیط پیرامون خود ارائه دهند.
 ایمنی: منظور از ایمنی، امن بودن محل استقرار مراکز توزیع در مقابل خطرات ناشی از شرایط بحران است که می‌تواند در خود محل پایگاه حادث شود و یا در اثر وقوع آن‌ها، اطراف محل پایگاه را متأثر سازد.
 مجهز بودن: به منظور تأمین نیازهای اولیه آسیب دیدگان، مراکز توزیع باید مجهز باشند (اسلامی، ۱۳۸۵)

ملت	پردیسان	بعثت	شهر	لاله	
WMI	EI	WMI	SMI	-	پارک لاله
VSMI	SMI	WMI	-		پارک شهر
SMI	WMI	-			بوستان بعثت
EI	-				پارک پردیسان
-					پارک ملت

مجهز بودن	ایمنی	اثربخشی	
SMI	WMI	-	اثربخشی
EI	-		ایمنی
-			مجهز بودن

C3	C2	C1	
[0. 32,0. 15,0. 18,0. 20,0. 15]	[0. 34,0. 26,0. 13,0. 11,0. 16]	[0. 29,0. 31,0. 24,0. 03,0. 13]	$a_{1j}^{C_k}$

مرحله سوم: در این مرحله با استفاده از نقطه نظرات تصمیم‌گیرنده وزن مربوط به شاخص‌ها تعیین می‌گردد. وزن شاخص‌های این تحقیق برابرند با:

مرحله چهارم: اکنون مطلوبیت $a_{ij}^{C_k}$ ، i امین مرکز توزیع امداد برای j امین نقطه آسیب‌دیده با در نظر گرفتن شاخص k محاسبه می‌شود. برای مثال از ماتریس زیر برای محاسبه مطلوبیت $a_{1j}^{C_1}$ ، i امین مرکز توزیع امداد برای 1 نقطه آسیب‌دیده با در نظر گرفتن شاخص ۱ بر اساس دیدگاه تصمیم‌گیرنده به دست می‌آید.

بعد از پیاده‌سازی روش AHP فازی میزان مطلوبیت برابر است با:

$$a_{1j}^{C_1} = (0.29, 0.31, 0.24, 0.03, 0.13)$$

بنابراین با توجه به نظر تصمیم‌گیرنده داریم:

$$a_{1j} = 0.5 \times (0.29, 0.31, 0.24, 0.03, 0.13) + 0.25 \times (0.32, 0.15, 0.18, 0.20, 0.15) + 0.25 \times (0.34, 0.26, 0.13, 0.11, 0.16) = (0.31, 0.26, 0.2, 0.09, 0.14)$$

مرحله پنجم: در این بخش، بر اساس تمامی مقادیر مطلوبیت به دست آمده در مرحله قبل، میزان مطلوبیت هر مکان را برای هر نقطه آسیب دیده به دست می آوریم.

بنابراین ماتریس مطلوبیت برای هر یک از مراکز برابر است با: a_{ij} , $i = 1, \dots, 5$, $j = 1, \dots, 8$

منطقه ۳	منطقه ۵	منطقه ۶	منطقه ۹	منطقه ۱۱	منطقه ۱۲	منطقه ۱۵	منطقه ۱۸	
۳۱.۰	۱۶.۰	۱۷.۰	۳۴.۰	۳۳.۰	۳۰.۰	۱۸.۰	۰۸.۰	پارک لاله
۲۶.۰	۲۹.۰	۱۶.۰	۲۴.۰	۳۵.۰	۳۴.۰	۱۹.۰	۱۷.۰	پارک شهر
۲۰.۰	۰۵.۰	۱۳.۰	۰۹.۰	۱۷.۰	۱۶.۰	۲۸.۰	۳۳.۰	بوستان بعثت
۰۹.۰	۲۵.۰	۲۶.۰	۲۲.۰	۱۴.۰	۰۸.۰	۲۳.۰	۳۲.۰	پارک پردیسان
۱۴.۰	۲۵.۰	۲۸.۰	۱۱.۰	۰۱.۰	۱۲.۰	۲۳.۰	۱۰.۰	پارک ملت

مرحله ۶: تابع هدف مطلوبیت مسئله نوشته می شود.

$$UtilityFunction = \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^8 a_{ij} Y_{ij} = 0.31X_{11} + 0.16X_{12} + \dots + 0.10X_{58}$$

مرحله ۷: در این مرحله، مدل چندهدفه این مسئله با روش Ip متریک توسعه یافته و با استفاده از نرم افزار GAMS حل می گردد. نتایج محاسباتی و یافته ها ارائه شده در جداول زیر موجود است:

جدول (۷) - میزان کالاهای حمل شده سه گانه از نقاط تأمین به مراکز توزیع

پارک ملت	پارک پردیسان	بوستان بعثت	پارک شهر	پارک لاله	
					بوستان ولایت
		۸۲۰	۵۹۰		آب معدنی
		۶۷۰	۴۹۰	۱۸۰	چادر
		۷۹۰	۱۱۰		کمپوت غذایی
					پارک لویزان
					آب معدنی
					چادر
				۵۲۰	کمپوت غذایی

منبع: یافته های پژوهش

جدول (۸) - میزان کالاهای حمل شده سه گانه از نقاط تأمین به مراکز توزیع

منطقه ۳	منطقه ۵	منطقه ۶	منطقه ۹	منطقه ۱۱	منطقه ۱۲	منطقه ۱۵	منطقه ۱۸	
								پارک لاله
								آب معدنی
							۱۸۰	چادر
							۹۰	کمپوت غذایی
								پارک شهر
							۱۰۰	آب معدنی
							۱۵۰	چادر
							۱۱۰	کمپوت غذایی
								بوستان بعثت
							۱۷۰	آب معدنی
							۱۷۰	چادر
							۳۰۰	کمپوت غذایی
								پارک ملت
								آب معدنی
								چادر
								کمپوت غذایی

منبع: یافته های پژوهش

۷- تجزیه و تحلیل نتایج

همان‌طور که از نتایج به‌دست‌آمده در جدول (۷) مشخص است، در مرحله اول کالاهای فرستاده‌شده به مراکز توزیع امداد فقط از منابع تأمین بوستان ولایت و پارک لویزان ارسال گردید و از منبع پارک چیتگر کالایی به مراکز توزیع ارسال نگردید. بیشترین کالای ارسالی به مراکز پارک شهر و بوستان بعثت ارسال گردید و کمترین ارسال به پارک لاله و پارک ملت بوده است.

نتایج به‌دست‌آمده از جدول (۸) نشان می‌دهد که پارک شهر و بوستان بعثت به دلیل نزدیک بودن به نقاط آسیب‌دیده و مطلوبیت بسیار بالا بیشترین کالا را ارسال نموده‌اند. و از مراکز پارک لاله و پارک ملت کمترین ارسال را داشته است.

۸- نتیجه‌گیری و پیشنهادت

جهت مدیریت بحران و کاهش خسارات مالی و جانی ناشی از آن می‌بایست برنامه‌ریزی بهینه‌ای جهت رویارویی منطقی با بحران ایجادشده صورت گیرد. بنابراین یکی از برنامه‌ریزی‌های کوتاه‌مدتی که برای بعد از بحران می‌تواند انجام شود انتخاب بهترین مکان جهت استقرار گروه‌های تخصصی امداد است. با توجه به ماهیت مکانی این موضوع و دارا بودن ماهیت فازی برای پارامترهای مؤثر در مکان‌یابی و رویارویی با فاکتورهای زیاد جهت تصمیم‌گیری می‌توان از تلفیق منطق فازی به همراه روش‌های تصمیم‌گیری چندهدفه به‌منظور اخذ تصمیمی بهینه‌تر استفاده کرد. در این مقاله مدلی جامع و چندهدفه برای مکان‌یابی مراکز توزیع امداد شهری بر اساس اصول مدیریت بحران ارائه گردید. این مدل این قابلیت را دارد که مرکز توزیع امداد شهری را بر اساس اصول مدیریت بحران به صورتی مکان‌یابی نماید که بیشترین مطلوبیت را دارا باشد و از طرفی این مراکز کمترین فاصله با نقاط آسیب‌دیده و دارای کمترین هزینه احداث باشد.

برای نشان دادن کارایی مدل، یک مطالعه موردی از شهر تهران ارائه شد. با توجه به نتایج محاسباتی، اعتقاد براین است که مدل ارائه‌شده می‌تواند متدولوژی کارا و معتبری برای مدیریت توزیع امداد در یک محیط بحرانی عرضه کند. از جمله مواردی که می‌توان برای تحقیقات آتی منظور نمود:

- روش پیشنهادی در این پژوهش، به سازمان مدیریت بحران این امکان را می‌دهد تا علیرغم تعدد پارامترها و ارزش‌های متفاوت در شناسایی و انتخاب مکان مطلوب و ایمن برای احداث مراکز توزیع مدیریت بحران با دقت و سهولت بیشتری اقدام نماید.
- در مکان‌یابی مراکز توزیع می‌توان نقش و تأثیر پارامترهای دیگری از جمله نوع دسترسی به جاده‌های اصلی و... را نیز بررسی نمود.
- یکی از مشخصه‌های اصلی زنجیره امداد بلایا حضور اهداف و ارجحیت‌های مختلف است می‌توان علاوه بر اهداف در نظر گرفته‌شده در این مقاله، توابع هدف دیگر را نیز در نظر گرفت.

- می‌توان غیر از محدودیت‌های مربوط به ظرفیت مراکز تأمین و توزیع، محدودیت‌های دیگری مانند محدودیت در تجهیزات حمل‌ونقل و محدودیت در ظرفیت کمان جهت ارسال کالاهای امدادی را نیز در نظر گرفت.

منابع

- آذر عادل، رجب‌زاده علی (۱۳۸۹). تصمیم‌گیری کاربردی رویکرد MADM تهران: نگاه دانش؛
- اسلامی، علیرضا (۱۳۸۵). مکان‌یابی مراکز امداد اسکان (نمونه موردی منطقه یک شهرداری تهران)
- Afshar, A. , Haghani, A. (2012). Modeling integrated supply chain logistics in real-time large-scale disaster relief operations. *Socio-Economic Planning Sciences*, article in press .
- Barbarosoglu, G. , Ozdamar, L. , Cevik, A. (2002). An interactive approach for hierarchical analysis of helicopter logistics in disaster relief operations. *European Journal of Operational Research* 140: 118–133 .
- B. Balcik, B. M. Beamon, K. Smilowitz (2008). Last mile distribution in humanitarian relief . *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 12 (2): 51–63 .
- Chankong, V. and Haimes, Y. Y. (1983). *Multiobjective Decision Making Theory and Methodology*, New york: Elsevier Science Publishing .
- Djamel Berkoune [et. al] (2012). Transportation in disaster response operations, *Socio-Economic Planning Sciences* 46: 23-32 .
- Jiang-Hua Zhang, Jin Li, Zhi-Ping Liu (2012). Multiple-resource and multiple-depot emergency response problem considering secondary disasters .*Expert Systems with Applications* 39: 11066–11071
- Kwong c. k. , H. A Bai. Fuzzy (2002). AHP approach to the determination of importance weights of customer requirements in quality function deployment. *Journal of Intelligent Manufacturing* 13: 367-377 .
- Messac, A. Sukam, C. P. and Melachrinoudis, E. (2000). Aggregate Objective Functions and Pareto Frontiers: Required Relationships and Practical Implications, *Optimization and Engineering*, 1 (2): 171-188 .
- Liangjun Ke n, Zuren Feng (2013). A two-phase metaheuristic for the cumulative capacitated vehicle routing problem .*Computers & Operations Research* 40: 633–638
- Lin, Y. , Batta, R. , Rogerson, A. P. , 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): 132–145 .
- Messac, A. and Ismail-Yahaya, A. I. (2001). Required Relationship Between Objective Function and Pareto Frontier Orders: Practical Implications”, *AIAA Journal*, 39 (11): 2168-2174 .
- Miettinen, K. (1999). *Nonlinear Multiobjective Optimization*, Boston: Kluwer Academic Publishers .
- Nishikawa, S. (2003). Total disaster risk management for sustainable development. In: *Proceeding of the International Conference on TDRM, Japan*

- Percin S. (2008). Use of fuzzy AHP for evaluating the benefits of informationsharing decisions in a supply Uchain. *Journal of Enterprise Information Management* 21: 263-284 .
- Sascha Wohlgemuth, Richard Oloruntoba, Uwe Clausen, (2012). Dynamic vehicle routing with anticipation in disaster relief .*Socio-Economic Planning Sciences* 46: 261-271 .
- Sheu JB. (2007). Challenges of emergency logistics management. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 43 (6): 655-9 .
- Tzeng, G. H. , Cheng, H. J. , Huang, T. D. (2007). Multi-objective optimal planning for designing relief delivery systems. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 43: 673–686 .
- Ozdamar L, Ekinici E, Kucukyazici B. (2004). Emergency logistics planning in natural disasters. *Annals of Operations Research* 129 (1e4): 217-245 .
- Wassenhove LNV. (2006). Humanitarian aid logistics: supply chain management in high gear. *The Journal of the Operational Research Society* 57 (5): 475-89 .
- W. Yi, A. Kumar (2007). Ant colony optimization for disaster relief operations ,*Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 43 (6): 660–672 .
- Zhan, S. , Liu, N. (2011). A multi-objective stochastic programming model for emergency logistics based on goal programming. *Fourth International Joint Conference on Computational Sciences and Optimization*. IEEE Computer Society, Washington, DC, USA .