ارائه یک رویکرد برنامه‌ریزی امکانی تک هدفه جهت مدل‌سازی لجستیک بشردوستانه

علی بزرگی امیری
دانشجوی دکتری دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
alibozorgi@iust.ac.ir

محمدسعید جبل عاملی،
دانشیار دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
jabal@iust.ac.ir

مهدی حیدری
استادیاردانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

زکریا کریمی راد
دانشجوی کارشناسی دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، واحد بهشهر، ایران
raadz۱۳@gmail.com

چکیده

برنامه‌ریزی لجستیکی در شرایط وقوع بحران و بلایا، یکی از فعالیت‌های کلیدی مدیریت امداد بلایا می‌باشد. اهمیت درنظر گرفتن عدم قطعیت در مدل‌سازی لجستیک امداد، سبب ایجاد و توسعه ابزارهای تصمیم‌گیری مناسب برای غلبه بر پارامترهای غیرقطعی و نادقیق در مساله طراحی سیستم لجستیک امداد شده است. در این مقاله، یک رویکرد جدید برنامه‌ریزی امکانی تک‌هدفه برای مدل‌سازی مساله لجستیک امداد با تقاضاها، هزینه‌های راه‌اندازی و حمل و نقل نادقیق ارائه شده است. هدف مدل پیشنهادی، کمینه‌سازی مجموع هزینه‌های راه‌اندازی، حمل و نقل و هزینه‌های کمبود می‌باشد. برای حل مدل برنامه-ریزی امکانی ارائه شده، یک رویکرد حل برنامه‌ریزی فازی تعاملی پیشنهاد شده است. کارایی و اثربخشی مدل و رویکرد حل پیشنهادی، از طریق حل یک مطالعه موردی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج محاسباتی نشان از سودمندی رویکرد پیشنهادی برای مسائل واقعی دارد.

کلید واژه:
مدیریت امداد بلایا، لجستیک بشردوستانه، برنامه‌ریزی امکانی

مقدمه

هر ساله بلایای طبیعی همانند زلزله، سیل، طوفان و خشکسالی قسمت‌های مختلفی از جهان را گرفتار می‌کند. وقوع این حوادث طبیعی اغلب با صدمه به جان و مال انسان‌ها همراه است. از آنجایی که به دلیل عواملی نظیر رشد جمعیت، تغییرات شرایط جوی، یکپارچگی سامانه ها بحران های طبیعی در حال افزایش می‌باشد، پیش بینی می شود که امدادهای فعلی ناکافی باشند[1]. از طرفی ماهیت بحرانهای طبیعی به گونه ای است که پاسخگویی به آنها باید

در زمان اندک صورت پذیرد.

ماهیت تصادفی بودن و غیر قابل پیش بینی بودن بحرانهای طبیعی ایجاب می‌نماید که طرحهای بحرانی جامعی جهت کاهش و تسکین خطرات و نتایج ناشی از بحران ارائه شود. برنامه ریزی جهت رویارویی با این قبیل پیامدها و آگاهی عمومی‌مردم موجب کاهش مرگ و کاهش ازدست رفتن داراییها و مصدومیتها شده است که این امر رویکرد اصلی در واکنشهای امدادی می‌باشد[2]. در چنین شرایط اضطراری و پیچیده، تصمیم گیرنده باید با سرعت و به صورت موثر به مشکلات لجستیکی پاسخ دهد و افراد آسیب دیده را از نقاط آسیب به مراکز مستقر شده مورد نظر انتقال دهد. در راستای نیل به این اهداف، پشتیبانی و امدادرسانی حوزه ای است که بهبود در آن می تواند نتایج اثربخشی را حاصل کند. در واقع قسمت اعظم مدیریت بحران، چیزی جز مدیریت لجستیک نیست[3]. علاوه براین لجستیک موجب هماهنگی بیشتر در تحویل کالاها و ارتباطات شده و موجب افزایش سرعت تحویل و پاسخگویی می‌گردد[4و5].

یکی از راهبردهای لجستیکی ممکن جهت کاهش زمان تاخیر، مکان‌یابی از پیش و ذخیره سازی موجودی در نزدیکی مکان آسیبدیده می‌باشد[4]. این استراتژی لجستیکی از عملیاتهای نظامی‌که در جنگ جهانی دوم مورد استفاده قرار گرفته اقتباس شده است. بنابراین بطور کلی می‌توان گفت جهت نیل به اهداف مدیریت بحران، لجستیک به عنوان حوزه‌ای است که می‌تواند بهبود زیادی ایجاد کند. و مکان‌یابی از پیش انبارهای موجودی از استراتژیهای مخصوص لجستیکی، جهت حرکت به سوی پاسخگویی سریعتر و بهتر می‌باشد.

مکانیابی انبارهای از پیش، مکانیابی را از بعد جغرافیایی با توجه به فاکتورهایی نظیر هزینه، عدالت و زمان پاسخ در متن لجستیک امداد بلایا مورد بررسی قرار می‌دهد. این بحث بیشتر در فاز قبل از بحران (فاز آمادگی) جهت تعیین مکان انبارها برای از پیش ذخیره سازی کالاهای امدادی مورد توجه جدی قرار می گیرد[6].

باکلی و اسمیت در سال1996 مدل تخصیص منابع در شبکههای تخلیه اضطراری دریک ایالت و استان را ارائه نمودند[7]. آکیهال در سال 2006 به ارائه یک مدل جهت مکانیابی مراکز مدیریت بحران جهت مدیریت کالاهای امدادی پرداخته است[2]. جیا و همکاران در سال 2007 مدل‌های مکانیابی تسهیلات را برای موقعیت‌های اضطراری با مقیاس بزرگ مرور نمودند و آن را به سه بخش تقسیم نمودند:

مدل‌های پوشش، مدل‌های مکانیابی میانه و مدل‌های مکانیابی مرکز. همچنین آنها روش‌های هیوریستیک ارائه دادند[8]. یی و کومار در سال 2007 به ارائه یک الگوریتم متاهیورستیک (الگوریتم بهینه‌سازی مورچگان) جهت حل مسئله لجستیک در اقدامات امدادی به هنگام بحران پرداخته اند[9]. تزنگ و همکارانش در سال 2007 یک مدل قطعی چند معیاره برای توزیع کالاهای اضطراری به مناطق آسیب‌دیده با درنظرگرفتن هزینه، زمان پاسخ و رضایت مندی مشتریان ارائه داده و آن را به کمک روش برنامه‌ریزی چندهدفه فازی حل نمودند[10]. شئو در سال 2007 به ارائه یک رویکرد خوشه‌بندی فازی جهت دسته‌بندی مناطق آسیب‌دیده و عملیات لجستیک اضطراری به هنگام پاسخ به نیازهای امدادی

اضطراری در دوره‌های نجات مربوط به بحران پرداخته است[11]. بالکیک و بیمون در سال 2008 تصمیمات مکانیابی تسهیلات در زنجیره امداد را برای پاسخ‌دهی به بلایای ناگهانی در نظر گرفته‌اند[4].

اگر چه مکانیابی و تعیین ظرفیت تسهیلات در مدیریت بلایا جزء مباحث کلیدی هستند ولی تحقیقات کمی در این زمینه به عنوان برنامه‌ریزی از پیش، متمرکز شده است[4].

از سوی دیگر، یکی از مشخصه‌های اصلی زنجیره امداد حضور اهداف و ارجحیت‌های مختلف است که منجر به تضادهای بالقوه و ناکارایی در عمل می‌شوند که در تحقیقات گذشته کمتر بدان پرداخته شده است.

به جهت اهمیت عدم قطعیت در مدیریت بلایا، تعدادی از محققین بحث بهینه سازی تصادفی در برنامه ریزی امداد بلایا را مورد توجه قرار دادند[12-15]. باربارا سوگولو و آردا در سال 2004 به مدلسازی عدم اطمینان در پاسخگویی‌های امدادی پرداخته‌اند. آنها به توسعه یک چارچوب برنامه‌ریزی تصادفی دو مرحله‌ای جهت برنامه‌ریزی حمل و نقل در پاسخگویی‌ها به هنگام بحران پرداخته‌اند[12]. چانک و همکارانش در سال 2007 جهت مساعدت آژانس‌های دولتی دو مدل برنامه‌ریزی تصادفی جهت تعیین مراکز انبارهای منابع نجات و مقدار تجهیزات نجات مورد نیاز در آنها و توزیع تجهیزات نجات ارائه دادهاند، بطوری که در مدل اول هدف کمینه کردن فاصله از تجهیزات نجات و در مدل دوم هدف کمینه کردن هزینه‌های استقرار و متوسط هزینه تجهیزات نجات می‌باشد[13] برادلی و برونی در سال 2009یک مدل احتمالی برای تعیین مکان بهینه تسهیلات اضطراری در یک محیط غیرقطعی ارائه داند. آنها برنامه ریزی با محدودیت‌های شانسی را درون یک مدل برنامه ریزی تصادفی ادغام نمودند[14]. میتی و زنبینسکی در سال 2010 یک مدل بهینه سازی تصادفی جهت برنامه ریزی برای انبارش و توزیع اقلام پزشکی در شرایط اضطراری ارائه دادند[15].

بهر حال دو ایراد اساسی در استفاده از رویکرد بهینهسازی تصادفی وجود دارد: (1) در بسیاری از مسائل واقعی دادههای تاریخی کافی برای پارمترهای دارای عدم قطعیت وجود ندارد، بنابراین به ندرت میتوان توزیع درست و واقعی پارامترهای نامعین را بدست آورد. (2) در بیشتر کارهای گذشته بر روی طراحی لجستیک امداد تحت شرایط عدم قطعیت، عدم قطعیت پارامترها، از طریق برنامهریزی تصادفی مبتنی بر سناریو مدلسازی شده است. در این مطالعات بیان شده که تعداد زیاد سناریوها جهت نشاندادن عدم قطعیت میتواند منجربه مشکلات و چالشهای محاسباتی شود[13].

بعنوان یک گزینه مناسب، نظریه مجموعه های فازی قادر است چارچوبی را برای مهار انواع مختلف عدم قطعیت شامل ضرایب فازی به جهت کمبود دانش بهمراه انعطاف پذیری در محدودیتها و اهداف (بطور همزمان) ارائه میدهد[16]. با توجه بهترین تحقیقات صورت گرفته، هیچ کار مطالعاتی که رویکرد بهینه سازی فازی را در متن طراحی برنامه ریزی لجستیک امداد بکار گرفته باشد، وجود ندارد.

هدف اصلی این مقاله، ارائه یک مدل برنامه‌ریزی امکانی چندهدفه برای مساله عملیات لجستیک امداد میباشد. در مدل پیشنهادی، تعداد بهینه تسهیلات، مکان بهینه تسهیلات و ظرفیت مورد نیاز هر مکان بعنوان یک مرکز توزیع امداد (RDC) تعیین خواهد شد تا از این طریق بتوان کالاهای اضطراری را با کمترین هزینه و بالاترین سطح سرویس (رضایت مندی)

به نقاط و افراد آسیب‌دیده ارسال نمود. برخلاف رویکردهای گذشته، مدل پیشنهادی، عدم قطعیت را از طریق مدل برنامه‌ریزی امکانی در نظر می‌گیرد و تلاش می‌کند تا عدم قطعیت و مقادیر غیر قطعی پارامترها نظیر تقاضای نقاط آسیبدیده، عرضه و هزینه ها را برحسب مجموعه‌های فازی ارائه دهد.

در ادامه، مقاله بصورت زیر سازماندهی شده است: در بخش اول، بحث برنامه امکانی چندهدفه به عنوان ابزاری جهت مدلسازی عدم قطعیت آورده شده است. در بخش دوم، مساله لجستیک امداد و فرمولاسیون آن تشریح شده است. در بخش سوم، روش حل بکار گرفته برای مدل پیشنهادی بیان شده است. در بخش چهارم، مثال عددی جهت اعتبارسنجی مدل ارائه شده است. در نهایت، نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات آتی آمده است.

1. رویکرد برنامه‌ریزی امکانی چندهدفه

امروزه با توجه به اینکه پارامترهای زیادی در فرآیند تصمیم گیری وارد میشوند، از هدفهای چندگانه برای نیل به مطلوبیت مورد نظر استفاده میشود. همچنین با وجود عدم قطعیت حاکم بر شرایط تصمیم گیری، به کار بردن اعداد فازی رویکرد مناسبی جهت رسیدن به فضای واقعی میباشد. در این راستا برنامه‌ریزی خطی چندهدفه امکانی، شیوهای برای حل مسائل فازی چندهدفه با اعداد فازی مثلثی میباشد. در این مقاله یک رویکرد برنامه‌ریزی خطی امکانی چندهدفه دو مرحله ای برای مدلسازی و حل بهکار گرفته میشود که در این بخش به توضیح این روش خواهیم پرداخت.

1.1. مرحله 1

در مرحله اول، یک مساله برنامه‌ریزی امکانی که شامل ضرایب فازی مثلثی می‌باشد به یک مساله برنامه‌ریزی خطی چندهدفه تبدیل شده و سپس از طریق روش زیمرمن و با استفاده از یک عملکر max-min به یک مدل برنامه‌ریزی خطی تک هدفه تبدیل می‌شود [16].

$$Max \sum_{i=1}^{n} \tilde{c}_i x_i \quad (1)$$
$$s.t. \quad x \in X = \{x | Ax \leq \tilde{b} \; and \; x \geq 0\}$$

که و در آن، اگر نرمالیزه باشد امکان آن برابر1، بیشترین مقدار بدبینانه و بیشترین مقدار خوش‌بینانه میباشد. بنابراین تابع هدف به صورت زیر درمی‌آید.

$$Max \; ((c^p)^T x, (c^m)^T, (c^o)^T) \quad (2)$$

مساله برنامه‌ریزی خطی چندهدفه جهت حل معادله 2 می‌تواند به صورت زیر فرموله گردد[17].

$$Min \; f_1 = (c^m - c^p)^T x$$
$$Min \; f_2 = c^{mT} x \quad (3)$$

$$Min\ f_3 = (c^0 - c^m)^T x,$$

$x \in X$ s.t.

حال با استفاده از روش مجموعه‌های فازی زیمرمن [16] مساله دنبال می‌شود به طوری که:

$$\begin{aligned} &Max\ Z = [c_1x, c_2x, \dots, c_lx]^T \\ &Min\ W = [c_1x, c_2x, \dots, c_rx]^T \\ &Ax \leq b,\ x \geq 0 \text{ s.t.} \end{aligned} \qquad (4)$$

توابع عضویت برای اهداف به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$\begin{aligned} &\mu_k(Z_k) = (Z_k(x) - Z_k^{NIS})/(Z_k^{PIS} - Z_k^{NIS}) && k = 1, 2, \dots, l \\ &\mu_k(W_s) = (W_s^{NIS} - W_s(x))/(W_s^{NIS} - W_s^{PIS}) && s = 1, 2, \dots, r \end{aligned} \qquad (5)$$

که ZkPIS و WsPIS جواب‌های ایده‌آل مثبت(PIS) و ZkNIS و WsNIS جواب‌های ایده‌آل منفی(NIS) می‌باشند.

اکنون با استفاده از عملگر max-min و درجه مطلوبیت، مساله برنامه‌ریزی خطی چندهدفه به عنوان یک مساله برنامه ریزی تک هدفه به صورت زیر نوشته می‌شود :

$$\begin{aligned} &Max\ \lambda^{(1)} \\ &\lambda^{(1)} \leq (Z_k(x) - Z_k^{NIS})/(Z_k^{PIS} - Z_k^{NIS}) \text{ s.t.} && k = 1, 2, \dots, l \\ &\lambda^{(1)} \leq (W_s^{NIS} - W_s(x))/(W_s^{NIS} - W_s^{PIS}) && s = 1, 2, \dots, r \\ &x \in X,\ \lambda \in [0, 1] \end{aligned} \qquad (6)$$

چون جواب به دست آمده از مرحله 1، همواره نمایانگر بهترین جواب ممکن نیست، لذا در صورت وجود جواب بهتر از مرحله 2 به عنوان یک عملگر جبران کننده برای بهبود آن استفاده میکنیم.

2.1. مرحله 2

در این مرحله درجه مطلوبیت مرحله 1 به عنوان یک محدودیت در مرحله 2 در نظر گرفته می‌شود و عملگر میانگین حسابی به عنوان میانگین های هر محدودیت جهت ماکزیممشدن در تابع هدف قرار می‌گیرد[18].

$$\begin{aligned} &Max\ \lambda_{ks}^{(2)} = \frac{1}{l+r}\sum_{i=1}^{l+r}\lambda_i \\ &\lambda^{(1)} \leq \lambda_k^{(2)} \leq (Z_k(x) - Z_k^{NIS})/(Z_k^{PIS} - Z_k^{NIS}) \text{ s.t.} && k = 1, 2, \dots, l \\ &\lambda^{(1)} \leq \lambda_s^{(2)} \leq (W_s^{NIS} - W_s(x))/(W_s^{NIS} - W_s^{PIS}) && s = 1, 2, \dots, r \\ &x \in X,\ \lambda \in [0, 1] \end{aligned} \qquad (7)$$

2. مدلسازی مساله سیستم توزیع امداد

قبل از ارائه مدل برنامهریزی امکانی جندهدفه، در این بخش فرضیات، نماها، پارامترها و متغیرهای مدل معرفی میگردند.

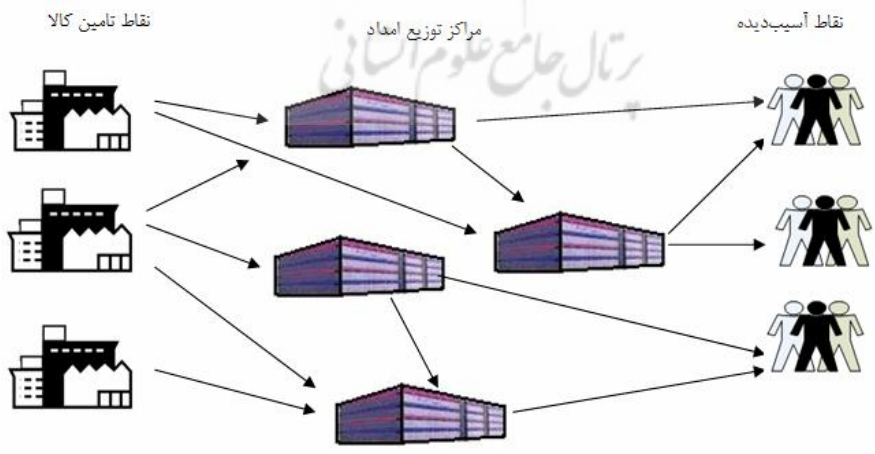
1.2. بیان مساله

سیستم توزیع امداد شامل سه بخش اصلی می‌باشد (شکل 1) که عبارتند از : نقاط تامین، مراکز توزیع امداد و نقاط آسیب دیده. نقاط تامین کالاهای امدادی نقش اساسی را در زنجیره امداد بازی می‌کنند و اجناس امدادی مورد نیاز را برای افرادی که در نقاط آسیب دیده قرار دارند، تامین می‌کنند. تامین دارای عدم قطعیت فرض شده است. بطور کلی، N گره، M نوع کالای امدادی، I تامین کننده و K نقطه آسیب پذیر وجود دارد. هدف بررسی J نقطه کاندید بعنوان مراکز توزیع امداد است تا اینکه کارایی و اثربخشی مدل مورد بررسی قرار گیرد و سیستم توزیع بهینه شناسایی شود. برای انتخاب محل انبارش از یک مجموعه مرکز توزیع امداد کاندید، موارد زیر باید مورد توجه قرار گیرند:

الف) میزان گنجایش انبار؛ ب) نزدیکی به افراد آسیب‌دیده جهت کاهش هزینه‌های حمل و نقل؛

قبل از مدل سازی، فرضیات اصلی مساله به شرح ذیل عنوان می‌گردند:

- چندین گره جهت تامین کالاهای امدادی در شبکه وجود دارد.
- میزان تقاضای کالاهای امدادیتوام با عدم قطعیت است که در اینجا با تقاضای فازی مواجه میباشیم.
- سه نوع کالای امدادی (چادر، آب و نوشیدنی و بسته‌های غذایی) در نظر گرفته شده است.
- فقط نواحی آسیب‌دیده ای در نظر گرفته می‌شوند که امکان دسترسی از طریق شبکه حمل و نقل جاری میسر باشد.
- ناوگان حمل و نقل جهت ارسال کالا محدودیت خاصی ندارد.



شکل (1.) طرح کلی زنجیره توزیع امداد

2.2. نماها و پارامترها و متغیرهای مدل

با توجه به فرضیات مطرح شده، نماها، پارامترها و متغیرهای مدل عبارتند از :

I : مجموعه نقاط تامین

J : مجموعه مراکز توزیع امداد

K : مجموعه نقاط آسیبپذیر

M : مجموعه کالاهای امدادی

i : شناساگر مربوط به نقاط تامین

j : شناساگر مربوط به مراکز توزیع امداد

k : شناساگر مربوط به نقاط آسیبپذیر

m : شناساگر مربوط به کالای امدادی

: هزینه برپاسازی مرکز توزیع امداد j.

: مقدار کالای امدادی مورد نیاز نوع m در نقطه آسیبدیده k.

: مقدار کالای جمع شده نوع m در نقطه تامین i.

: مقدار کالای نوع m منتقل شده از نقطه تامین i به مرکز توزیع امداد j.

: مقدار کالای نوع m منتقل شده از مرکز توزیع امداد j به ناحیه آسیبدیده k..

: هزینه انتقال هر واحد کالا از نقطه تامین i به مرکز توزیع امداد j.

: هزینه انتقال هر واحد کالا از مرکز توزیع امداد j به نقطه آسیبدیده k.

: هزینه کمبود هر واحد کالا در نقطه آسیبدیده k.

: اگر مرکز توزیع امدادj جهت باز شدن انتخاب شود برابر 1 و درغیر این صورت برابر 0 میباشد.

3.2. تابع هدف و محدودیتها

$$\sum_j (\tilde{F}_j \times Z_j) + \sum_i \sum_j \tilde{c}_{ij} \times X_{m\,ij} + \sum_j \sum_k \tilde{c}_{jk} \times Y_{m\,jk} + \sum_m \sum_k \pi_k \times (\tilde{D}_{m\,k} - \sum_j Y_{m\,jk}) \quad (8)$$

s.t:

$$\sum_j \sum_k Y_{m\,jk} \le \sum_k \tilde{D}_{m\,k} \qquad \forall m \quad (9)$$

$$\sum_j \sum_k Y_{m\,jk} \le \sum_i \tilde{S}_{m\,i} \qquad \forall m \quad (10)$$

$$\sum_i X_{m\,ij} = \sum_k Y_{m\,jk} \qquad \forall m, j \quad (11)$$

$$\sum_j X_{m\,ij} \le \tilde{S}_{m\,i} \qquad \forall m, i \quad (12)$$

$$\sum_j Y_{m\,jk} \le \tilde{D}_{m\,k} \qquad \forall m, k \quad (13)$$

$$X_{m\,ij} \le M \times Z_j \qquad \forall m, i, j \quad (14)$$

$$Y_{m\,jk} \le M \times Z_j \qquad \forall m, j, k \quad (15)$$

$$X_{m\,ij} \in \{0, 1, \dots\} \qquad \forall m, i, j \quad (16)$$

$$Y_{m\,jk} \in \{0, 1, \dots\} \qquad \forall m, j, k \quad (17)$$

$$Z_j = \{0, 1\} \qquad \forall j \qquad (18)$$

هدف حداقل کردن مجموع هزینه‌های راهاندازی، هزینه‌های حمل و نقل از نقاط تامین به مراکز توزیع امداد و هزینه حمل و نقل از مراکز توزیع امداد به نقاط آسیب‌دیده. محدودیت (9) به این معناست که کالاها اجازه داده نمیشوند که بیکار باشند و میبایست ارسال شوند. محدودیت (10) به این معناست که نمیتوان کالایی که وجود ندارد را فرستاد. محدودیت (11) معادله تعادل جریان برای هر کالا در هر مرکز توزیع امداد را نشان می‌دهد و تضمین میکند که کل کالاهایی که به یک مرکز توزیع امداد وارد میشوند، از آن خارج خواهند شد. محدودیت (12) بدین معناست که کل کالاهای در دسترس در نقاط تامین، قابل ارسال به مراکز توزیع امداد هستند. محدودیت (13) از ارسال کالاهای امدادی اضافی به نقاط آسیبدیده جلوگیری میکند.

محدودیت (14) و (15) از ورود و خروج کالا به مرکز توزیع امدادی که راه اندازی نشده اند، جلوگیری می‌کند. محدودیتهای (16) تا (18)، محدودیتهای غیرمنفی بودن، صفر و یک و عددصحیح بودن متغیرهاست.

3. ایجاد مدل برنامه ریزی امکانی چندهدفه سیستم توزیع امداد

با توجه به توابع هدف و محدودیتهای اشاره شده در بخش قبل، با یک مدل برنامه ریزی خطی امکانی چندهدفه مواجهیم. برای حل این مساله، رویکرد دومرحلهای توضیح داده شده در بخش دوم را بکار گرفته خواهد شد. در مرحله اول، مساله اصلی به یک مساله برنامه‌ریزی خطی چندهدفه معادل تبدیل شده و از طریق روش زیمرمن با استفاده از یک عملگر max-min به یک مدل برنامه‌ریزی خطی تک هدفه تبدیل می‌شود. سپس، در مرحله دوم، درجه مطلوبیت مرحله 1 به عنوان محدودیت در مرحله 2 در نظر گرفته می‌شود و عملگر میانگین حسابی جهت ماکزیمم شدن در تابع هدف قرار می‌گیرد.

3.1. تبدیل تابع هدف هزینه کل نادقیق و محدودیتهای نادقیق

در این مرحله تابع هدف مساله برنامه‌ریزی خطی امکانی (رابطه 8) که شامل ضرایب فازی مثلثی میباشند، به کمک رابطه (3) به یک مساله برنامه‌ریزی خطی چندهدفه تبدیل میشوند. لذا خواهیم داشت:

$$f_{11}^{l}) = \sum_j((F_j^m - F_j^l) \times Z_j) + \sum_i \sum_j (c_{ij}^m - c_{ij}^l) \times X_{m,ij} + \sum_j \sum_k (c_{jk}^m - c_{jk}^l) \times Y_{m,jk} + \sum_m \sum_k \pi_k \times \left) - \sum_j Y_{m,jk}\right) \qquad (22\text{-}1)$$

$$\min f_{12} = f_{12}^m = \sum_j (F_j^m \times Z_j) + \sum_i \sum_j c_{ij}^m \times X_{m,ij} + \sum_j \sum_k c_{jk}^m \times Y_{m,jk} + \sum_m \sum_k \pi_k \times (D^m{}_{m,k} - \sum_j Y_{m,jk}) \qquad (22\text{-}2)$$

$$\min f_{13} = (f_{13}^u - f_{13}^m) = \sum_j((F_j^u - F_j^m) \times Z_j) + \sum_i \sum_j (c_{ij}^u - c_{ij}^m) \times X_{m,ij} + \sum_j \sum_k (c_{jk}^u - c_{jk}^m) \times Y_{m,jk} + \sum_m \sum_k \pi_k \times ((D^u{}_{m,k} - D^m{}_{m,k}) - \sum_j Y_{m,jk}) \qquad (22\text{-}3)$$

$$\max f_2 = \sum_m W_m$$

محدودیتهای فازی مدل (محدودیتهای 10، 12، 13و20) نیز با روش "مرکز ناحیه" بصورت زیر فازیزدایی میشوند[14].

$$\sum_j \sum_k Y_{m,j,k} \le \min \left[\frac{\sum_k \frac{(D^u_{m,k}-D^l_{m,k})+(D^m_{m,k}-D^l_{m,k})}{3} + D^l_{m,k}}{\sum_i \frac{(S^u_{m,i}-S^l_{m,i})+(S^m_{m,i}-S^l_{m,i})}{3} + S^l_{m,i}} \right] \quad \forall m \quad (23)$$

$$\sum_j X_{m,i,j} \le \frac{(S^u_{m,i}-S^l_{m,i})+(S^m_{m,i}-S^l_{m,i})}{3} + S^l_{m,i} \quad \forall m,i \quad (24)$$

$$\sum_j Y_{m,j,k} \le \frac{(D^u_{m,k}-D^l_{m,k})+(D^m_{m,k}-D^l_{m,k})}{3} + D^l_{m,k} \quad \forall m,k \quad (25)$$

$$W_m \le \frac{\sum_j Y_{m,j,k}}{\frac{(D^u_{m,k}-D^l_{m,k})+(D^m_{m,k}-D^l_{m,k})}{3}+D^l_{m,k}} \quad \forall m,k \quad (26)$$

2.3. روش حل پیشنهادی

برای حل مساله برنامه‌ریزی خطی چندهدفه ایجاد شده، با توجه به روابط بخش اول، توابع عضویت برای هدفهای مساله به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$\mu_{f_{11}} = \begin{cases} 1 & , \ f_{11} \ge f_{11}^{PIS} \\ \frac{f_{11}-F_{11}^{NIS}}{F_{11}^{PIS}-F_{11}^{NIS}} & , \ f_{11}^{NIS} \le f_{11} \le f_{11}^{PIS} \\ 0 & , \ f_{11} \ge f_{11}^{NIS} \end{cases} \quad (28)$$

$$\mu_{f_{12}} = \begin{cases} 1 & , \ f_{12} < f_{12}^{PIS} \\ \frac{F_{12}^{NIS}-f_{12}}{F_{12}^{NIS}-F_{12}^{PIS}} & , \ f_{12}^{PIS} \le f_{12} \le f_{12}^{NIS} \\ 0 & , \ f_{12} > f_{12}^{NIS} \end{cases} \quad (29)$$

البته همانند می‌باشد. حال کافیست تا جواب‌های ایده آل مثبت و منفی به هر تابع هدف به صورت زیر تعیین گردند:

$$F_{11}^{PIS} = \text{Max}\,(f_{11}^m - f_{11}^l) \ , \ F_{11}^{NIS} = \text{Min}\,(f_{11}^m - f_{11}^l) \quad (30\text{-}1)$$

$$F_{12}^{PIS} = \text{Min}\, f_{12}^m \ , \ F_{12}^{NIS} = \text{Max}\, f_{12}^m \quad (30\text{-}2)$$

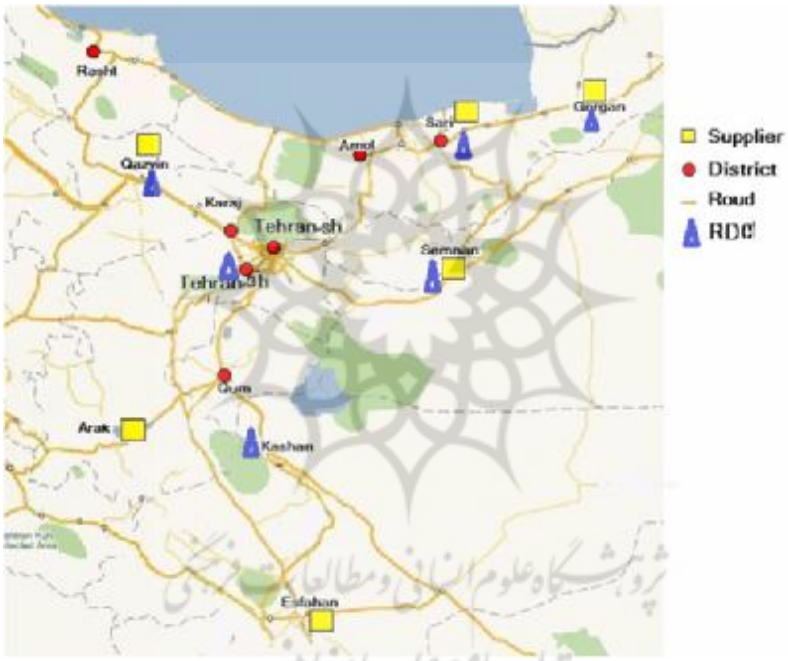
$$F_{13}^{PIS} = \text{Min}\,(f_{13}^u - f_{13}^m) \ , \ F_{13}^{NIS} = \text{Max}\,(f_{13}^u - f_{13}^m) \quad (30\text{-}3)$$

اکنون با استفاده از یک عملگر max-min، مساله مساله برنامه‌ریزی خطی چندهدفه به کمک رابطه (6) به یک مساله برنامه‌ریزی خطی تک هدفه تبدیل می‌شود. سپس، از مرحله 2 به عنوان یک عملگر جبران کننده برای بهبود جواب بهدست آمده از مرحله 1 استفاده میکنیم.

4. مثال عددی

4.1. تشریح مثال

درشکل 2، نواحی که ممکن است تحت تاثیر بحران آسیب ببینند، مشخص شده اند. 6 نقطه تامین، 6 نقطه کاندید جهت راه اندازی مراکز توزیع امداد و 7 نقطه آسیب پذیر بر روی نقشه در نظر گرفته شده است. 3 نوع کالای امدادی آب، بسته غذایی و چادر در نظرگرفته شده که مقادیر آنها با یکدیگر برابر است. ظرفیت 6 نقطه تامین برای هر کالای امدادی در جدول 1 نشان داده شده است. جدول 2، میزان تقاضای کالاهای متفاوت را برای هر نقطه آسیب پذیر نشان میدهد. تقاضای کالاهای مختلف، یکسان در نظر گرفته شده اند.



شکل(2) نقشه مطالعه موردی: نقاط تامین، مراکز توزیع امداد و نقاط آسیبپذیر

هزینه راه‌اندازی مراکز توزیع امداد شهرهای گرگان، ساری، قزوین، سمنان، تهران-غرب و کاشان برابر عدد فازی مثلثی (1200000, 1000000, 900000) فرض شده است. در جداول 3 و 4، هزینه حمل و نقل بین دو نقطه (مبتنی برفاصله بینابین دو نقطه) آمده است. هزینه جریمه نیز برابر 0/35 تخمین زده شده است. مدل ارائه شده تلاش میکند تا به کمک یک مدل برنامه‌ریزی خطی امکانی چندهدفه، همزمان، بیشترین مقدار محتمل هزینه‌های کل نادقیق را کمینه نماید، احتمال کسب هزینه‌های کل پایینتر را بیشینه نماید و ریسک بدست آوردن هزینه‌های کل بالاتر را کمینه نماید.

جدول (1) مقدار هر نوع کالا موجود در هریک از نقاط تامین (*1000)

تامین(S)	گرگان	ساری	قزوین	سمنان	اراک	اصفهان
$(S(s_p, s_m, s_o$	(382.450.562)	(340.400.500)	(510.600.750)	(467.550.687)	(595.700.875)	(680.800.1000)

جدول (2) مقدار تقاضای هر نوع کالا در هریک از نقاط آسیب‌دیده (*1000)

تقاضا(D)	ساری	آمل	رشت	تهران-غرب	تهران-شرق	کرج	قم
$(D(d_p,d_m,d_o$	(225.270.315)	(170.212.255)	(250.300.320)	(1215.1485.1710)	(880.1080.1280)	(350.437.525)	(330.405.480)

جدول (3)هزینه انتقال هر واحد کالا از نقاط تامین به مراکز توزیع امداد (*10^{-2})

مراکز توزیع| نقاط تامین	گرگان			ساری			قزوین			سمنان			تهران-غرب			کاشان		
گرگان	(0	0	0)	(30	50	(62	(137	150	160)	(60	70	90)	(97	110	125)	(166	180	207)
ساری	(33	50	70)	(0	0	0)	(85	90	102)	(55	70	80)	(63	80	89)	(108	120	142)
قزوین	(140	150	180)	(85	90	102)	(0	0	0)	(55	70	87)	(28	40	65)	(63	70	79)
سمنان	(67	80	92)	(67	75	86)	(71	85	97)	(0	5	13)	(42	50	64)	(105	120	144)
اراک	(236	250	261)	(118	130	155)	(48	60	81)	(136	150	176)	(35	50	65)	(43	70	85)
اصفهان	(260	280	305)	(158	170	197)	(204	220	230)	(111	130	152)	(68	90	112)	(55	60	70)

جدول (4)هزینه انتقال هر واحد کالا از مراکز توزیع امداد به نقاط آسیب‌دیده (*10^{-2})

نقاط آسیب| مراکز توزیع	ساری			آمل			رشت			تهران غرب			تهران شرق			کرج			قم		
گرگان	(35	50	77)	(52	70	95)	(190	200	222)	(111	130	148)	(118	135	152)	(122	140	168)	(132	150	171)
ساری	(0	5	19)	(7	15	25)	(107	120	145)	(63	80	89)	(55	65	79)	(95	110	138)	(128	140	160)
قزوین	(85	90	102)	(72	90	114)	(26	40	62)	(28	40	68)	(19	35	51)	(4	20	39)	(31	45	56)
سمنان	(67	75	86)	(60	80	103)	(147	160	183)	(42	50	64)	(32	45	58)	(44	60	79)	(87	100	117)
تهران غرب	(63	80	89)	(67	85	98)	(98	110	136)	(0	5	8)	(4	10	12)	(10	15	33)	(21	35	55)
کاشان	(108	120	142)	(113	130	156)	(148	160	171)	(51	70	91)	(57	75	86)	(39	55	82)	(19	35	60)

2.4. گام‌های حل

رویه حل برای مساله برنامه‌ریزی چندهدفه امکانی در گام‌های زیر بیان شده است:

گام 1: مدلسازی مساله برنامه‌ریزی چندهدفه امکانی نادقیق به کمک توابع هدف چندگانه و محدودیت‌ها مطابق معادلات (1) تا (21).

گام 2: تعیین داده‌های نادقیق از ضرایب تابع هدف و مقادیر سمت راست با توزیع امکان مثلثی (جداول 1 تا 4)

گام 3: تبدیل هر تابع هدف نادقیق به سه تابع هدف قطعی جدید مطابق معادلات (1-22) تا (3-22).

گام 4: تبدیل محدودیت‌های نادقیق به محدودیت‌های قطعی جدید مطابق معادله (23) تا (26).

گام 5: حل انفرادی هریک از توابع هدف مساله چند هدفه دقیق با محدودیتهای دقیق بعنوان یک مساله تک هدفه و محاسبه جواب ایده آل مثبت و منفی هر تابع هدف کمکی(جدول 5). برای حل، نرمافزار بهینه سازی لینگو8 مورد استفاده قرار گرفته است.

گام 6: یافتن تابع عضویت توابع هدف کمکی، مطابق معادلات (28) و (29).

گام 7: ساخت یک مدل تک هدفه به کمک توابع عضویت و محاسبه درجه رضایت بهینه () مرحله 1 (مطابق معادله 6).

گام 8: گرفتن نتایج بهینه گام7 و اضافه کردن آن به رویکرد مرحله2 بعنوان محدودیت و حل مرحله2 و محاسبه درجه رضایت بهینه() مرحله 2.

گام 9: افزایش به اندازه ی درجه قابل قبول و چک کردن درجه رضایتمندی . اگر هریک از و نتایج z پذیرفته شده‌اند، افزایش ادامه می‌یابد، در غیراینصورت گام به گام مقادیر جواب ایده آل مثبت و منفی کاهش داده میشود تا یک جواب قابل قبول حاصل گردد.

جدول (5) مقادیر ایده آل مثبت و منفی 3تابع کمکی				
		Z_1	Z_2	Z_3
	PIS	5265500	4287500	3092150
	NIS	4025600	42046500	7568125

5. نتایج

در این بخش، نتایج محاسباتی و یافته‌ها ارائه شده است. مساله مورد نظر با استفاده از نرم افزار لینگو 8 بر روی کامپیوتری با مشخصات GHz and 1GB RAM DDR2 under win vista 3-PC Pentium IV اجرا شد. با توجه به دادههای مساله، مراکز توزیع امداد در شهرهای ساری، تهران-غرب و کاشان جهت راه‌اندازی پایگاه امداد، مناسب تشخیص داده شده‌اند. نتایج حل مدل در جدول 6 آورده شده است.

جدول (6) جواب‌های مرحله اول و مرحله دوم بهبود یافته برای درجه‌های مختلف تصمیمگیر

	گرگان	ساری	قزوین	سمنان	تهران-غرب	کاشان	آمل	رشت	تهران-شرق	کرج	قم
Test1 Phase1											
X		1240000			2483518	1860000					
Y		650000			1506312		447430	760000	1940000		279776
Test1 Phase2											
X		1305192	1908371		3636966	2240344					
Y		715000			1615307		517520	780000	2350000	761528	290100

همانطور که از نتایج بدست آمده در جدول 6 مشخص است، در مرحله اول کالاهای فرستاده شده به مراکز توزیع امداد با توجه به میزان تقاضای بالای نقاط تهران-غرب، تهران-شرق و کرج بیشتر به تهران-غرب و کاشان برده شده است، همچنین با توجه به تقاضای بیشتر تهران-شرق و تهران-غرب نسبت به کرج و هزینه انتقال کالای کمتر از تهران-غرب به تهران-شرق و تهران-غرب تا کرج کاملا مبرهن است که هیچ کالایی به کرج فرستاده نشود. در مرحله دوم،

آشکار گردید که با افزوده شدن به تعداد مراکز توزیع (قزوین) و همچنین هزینه های انتقال کالا از آن شهر، کالا به آخرین نقطه آسیب که هیچ کالایی به آن فرستاده نمیشد (کرج)، نیز فرستاده شده است.

رویکرد برنامه ریزی امکانی چندهدفه پیشنهاد شده، درجه رضایتمندی تصمیم گیر را تحت استراتژی کمینه کردن با احتمالترین مقدار و ریسک بدست آوردن هزینه کل بالاتر و همچنین بیشینه کردن احتمال بدست آوردن هزینه کل پائینتر، فراهم میکند. چنانچه مقدار $\lambda=1$ باشد، آنگاه هدف بطور کامل ارضا شده است، اگر باشد، آنگاه هدف در مرحلهی λ برآورده میشود و اگر باشد آنگاه هدف برآورده نمیشود. مطابق جدول 6، درجهی رضایت تصمیم گیر با مقدار هدف (15313930،19767445،10425545) برابر 0,6958 بدست آمد. سپس با بهکار بردن مرحله دوم، مقدار تابع هدف بهبود یافته و به مقدار (9901014،14834750،19358003) با درجهی رضایتمندی 0,7111 تغییر یافت.

نتیجه گیری

در این تحقیق، یک مدل برنامه‌ریزی امکانی چندهدفه برای سیستم لجستیک امداد بلایا توسعه داده شد. مدل چندهدفه شامل مینیمم کردن هزینه کل لجستیک بود. مدل فرضیات اساسی زیر را در نظر گرفته بود: عدم قطعیت در تقاضا و عرضه برای هر نوع کالا، عدم قطعیت در پارامترهای هزینه‌ای، حالت چندکالایی و ساختار سه سطحی زنجیره امداد. در نهایت، مدل پیشنهادی به عنوان یک مساله برنامه‌ریزی خطی تک هدفه با بکارگیری روش زیمرمن حل شد. برای نشان دادن کارایی مدل، یک مطالعه موردی از منطقه ای از ایران ارائه شد. با توجه به نتایج محاسباتی، اعتقاد بر این است که مدل ارائه شده می‌تواند متدولوژی کارا و معتبری برای مدیریت توزیع امداد در یک محیط عدم قطعیت عرضه کند.

از جمله مواردی که میتوان برای تحقیقات آتی منظور نمود:

- هیچ شکلی برای بیان پاداش، زمانی که کالاهای امدادی زودتر از موعد برسند، وجود ندارد.
- یکی از مشخصه های اصلی زنجیره امداد بلایا حضور اهداف و ارجحیت های مختلف است. میتوان علاوه بر اهداف در نظر گرفته شده در این مقاله، توابع هدف دیگر نظیر کمینه سازی زمان حمل و نقل و یا بحث عدالت توزیع در بین نقاط آسیب دیده را نیز در نظر گرفت.
- میتوان غیر از محدودیتهای مربوط به ظرفیت مراکز تامین و توزیع، محدودیتهای دیگری مانند محدودیت در تجهیزات حمل و نقل و محدودیت در ظرفیت کمان جهت ارسال کالاهای امدادی را نیز در نظر گرفت.
- یک بحران طبیعی خیلی پیچیده تر و گسترده تر از محدوده مطالعه حاضر خواهد بود، لذا رویکردی که قلمرو لجستیک امداد بین المللی را نیز در نظر بگیرد، کارایی و اثربخشی بیشتر مدلها را تضمین خواهد کرد.

منابع

[۱]Aslanzadeh, M ,.Rostami, E.A., Kardar, L“ ,.*Logistics Management and SCM in Disasters* ;in book :*Supply Chain and Logistics in National ,International and Governmental Environment: Concepts and Models* ,”Springer-Verlag Berlin Heidelberg ,۲۰۰۹ ,pp.۲۵۲-۲۲۱ .

[۲] Akkihal, A., “*Inventory Pre-positioning for Humanitarian Operations*”, Thesis for Degree of Master of Engineering in Logistics, MIT CTL, ۲۰۰٦.

[۳] Douglas, L., “*Logistics for Disaster Relief*”, IIE Solutions, ۱۹۹۷, pp. ۲٦-۲۹.

[٤] Balcik, B. and Beamon, B.M., “*Facility location in humanitarian relief*”, International Journal of Logistics, Research and Applications, Vol. ۱۱, No. ۲, ۲۰۰۸, pp. ۱۰۱-۱۲۱.

[٥] Thomas, A., “*Humanitarian Logistics: Enabling Disaster Response*”, the Fritz Institute, ۲۰۰۳. Available http://www.fritzinstitute.org

[٦] Brotcorne, L., Laporte, G., Semet, F., “*Ambulance location and relocation models*”, European Journal Operational Research, Vol. ۱٤۷, No. ۳, ۲۰۰۳, pp. ٤٥۱-٤٦۳.

[۷] Bakuli, D.L., Smith, J.M. “*Resource allocation in state-dependent emergency evacuation networks*”, European Journal of Operational Research, Vol. ۸۹, No. ۳, ۱۹۹٦, pp. ٥٤۳-٥٥٥.

[۸] Jia, H., Ordonez, F., Dessouky, M., “*A modeling framework for facility location of medical services for large-scale emergencies*”, IIE Transactions, Vol. ۳۹, No. ۱, ۲۰۰۷a, pp. ٤۱-٥٥.

[۹] Yi, W., Kumar, A., “*Ant colony optimization for disaster relief operations*”, Transportation Research Part E, Vol. ٤۳, ۲۰۰۷, pp. ٦٦۰–٦۷۲.

[۱۰] Tzeng, G.H., Cheng, H.J., Huang, T.D., “*Multi-objective optimal planning for designing relief delivery systems*”, Transportation Research Part E, Vol. ٤۳, No. ٦, ۲۰۰۷, pp. ٦۷۳-٦۸٦.

[۱۱] Sheu, J.B., “*An emergency logistics distribution approach for quick response to urgent relief demand in disasters*”, Transport Research part E, Vol. ٤۳, No. ٦, ۲۰۰۷, pp. ٦۸۷-۷۰۹.

[۱۲] Barbarosoglu, G., Arda Y., “*A two-stage stochastic programming framework for transportation planning in disaster response*”, Journal of the Operational Research Society, Vol. ٥٥, ۲۰۰٤, pp. ٤۳-٥۳.

[۱۳] Chang, M.S, Tseng, Y.L., Chen, J.W., “*A scenario planning approach for the flood emergency logistics preparation problem under uncertainty*”, Transportation Research Part E, Vol. ٤۳, No. ٦, ۲۰۰۷, pp. ۷۳۷–۷٥٤.

[۱٤] Beraldi, P., Bruni, M.E., “*A probabilistic model applied to emergency service vehicle location*”, European Journal of Operational Research, Vol. ۱۹٦, No. ۱, ۲۰۰۹, pp. ۳۲۳-۳۳۱.

[۱٥] Mete, O. H., Zabinsky, Z.B., “*Stochastic optimization of medical supply location and distribution in disaster management*”, International Journal of Production Economics, Vol. ۱۲٦, No. ۱, ۲۰۱۰, pp. ۷٦-۸٤.

[۱٦] Zimmermann, H.J., “*Fuzzy programming and linear programming with several objective functions*”, Fuzzy sets and Systems, Vol. ۱, ۱۹۷۸, pp. ٤٥–٥٥.

[۱۷] Lai, Y., Hwang, C., “*A new approach to some possibilistic linear programming problems*”, Fuzzy Sets and Systems, Vol. ٤۹, ۱۹۹۲, pp.۱۲۱–۱۳۳.

[۱۸] Ozgen, D., Onut, S., Gulsun, B., Tuzkaya, U.R., Tuzkaya, G., “*A two-phase possibilistic linear programming methodology for multi-objective supplier evaluation and order allocation problems*”, Information Sciences, Vol. ۱۷۸, ۲۰۰۸, pp. ٤۸٥–٥۰۰.