مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال یازدهم، شماره دوم (پیاپی ۴۱)، تابستان ۹۳، ص ص ۱۰۵-۹۵
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱

ارایه مدل دو هدفه برنامه‌ریزی تسهیلات برای مساله لجستیک امدادی با به‌کارگیری روش بهینه‌سازی استوار

محمدمهدی پایدار*[۱]، اشکان داودی درزی[۲]، ابوالقاسم یوسفی بابادی[۳]
۱- استادیار، دانشگاه صنعتی بابل، گروه مهندسی صنایع، بابل، ایران
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم و فنون مازندران، گروه مهندسی صنایع، بابل، ایران
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه یزد، گروه مهندسی صنایع، یزد، ایران

رسید مقاله: ۸ دی ۱۳۹۲
پذیرش مقاله: ۵ خرداد ۱۳۹۳

چکیده
هرساله بسیاری از انسان‌ها در سرتاسر جهان تحت تأثیر انواع مختلفی از حوادث طبیعی قرار می‌گیرند. همچنین هزینه‌ی زیادی صرف کمک‌رسانی به افراد آسیب‌دیده می‌شود. لجستیک امدادی به‌عنوان ستون فقرات تمامی عملیات امدادی و کمک‌رسانی و به‌عنوان یکی از زیرسیستم‌های اصلی لجستیک و زنجیره تأمین محسوب می‌شود. یکی از مشکلاتی که در لجستیک امدادی با آن مواجه هستیم غیرقابل‌پیش‌بینی بودن حوادث است که غیرقطعی کردن برخی از پارامترها را به دنبال دارد. در این مقاله مدلی دو هدفه ارایه می‌شود که شامل چندین مرکز تأمین، توزیع و تقاضا (نقاط آسیب‌پذیر) است. هدف اول کمینه کردن مجموع هزینه‌ها و هدف دوم بیشینه کردن رضایت‌مندی متقاضیان (آسیب‌دیدگان) است. برای حل مدل پیشنهادی در گام اول با استفاده از روش بهینه‌سازی استوار، مدل را تبدیل به یک مدل قطعی می‌کنیم. در گام دوم با به‌کارگیری روش برنامه‌ریزی آرمانی مدل دو هدفه قطعی شده را حل می‌نماییم. در نهایت با حل یک مثال جامع به ارزیابی مدل و تجزیه و تحلیل آن پرداخته که می‌تواند به درک مسایل واقعی کمک کند.

کلمات کلیدی: لجستیک، زنجیره تأمین، لجستیک امدادی، عدم قطعیت، بهینه‌سازی استوار، برنامه‌ریزی آرمانی.

۱ مقدمه
حوادث غیرمترقبه بر حیات انسانی موثر بوده؛ طی دو دهه اخیر صدها میلیون انسان زندگی خویش را در حلقه آسیب‌ها و خسارات ناشی از این‌گونه حوادث احساس کرده‌اند و میلیون‌ها نفر جان‌باخته و حجم خساراتی بالغ بر صدها میلیون دلار، رشد توسعه اجتماعی و اقتصادی جوامع انسانی را با مانع روبه‌رو کرده است.کشور ایران نیز

* عهده دار مکاتبات
آدرس الکترونیکی: paydar@nit.ac.ir

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

بین ۱۰ کشور بلاخیز جهان قرار دارد و همواره در معرض وقوع حوادث، سوانح و رویدادهای بحران‌زای متعددی بوده که به‌دنبال آن متحمل زیان‌های هنگفت جانی و مالی شده است از این رو وظیفه زنجیره‌های امدادی تأمین نیازهای اساسی جهت کمک‌رسانی به مجروحین در مکان مناسب و در سریع‌ترین زمان ممکن است [۱]. از طرفی ماهیت تصادفی و غیرقابل‌پیش‌بینی بودن بحران‌های طبیعی ایجاب می‌کند طرح‌های اضطراری جامعی برای کاهش خطرات و نتایج بحران ارایه شود [۲]. یکی از رویکردهای لجستیکی برای کاهش زمان دیرکرد واکنش، مکان‌یابی از پیش و انبار کردن موجودی در نزدیکی مکان آسیب‌دیده است[۳]. به دلیل اهمیت لجستیک امدادی بسیاری از مطالعات بر روی فعالیت‌های عملیاتی لجستیک در زنجیره امداد و به هدف بهینه‌سازی توزیع کالاهای امدادی بوده است. حقانی و اوه [۴] به تجزیه و تحلیل حمل و نقل حجم زیادی از کالاهای متفاوت مانند غذا، لباس، لوازم پزشکی و غیره با چند نوع وسیله حمل و نقل برای عملیات امداد پرداختند. باکلی و اسمیت [۵] در یک استان و ایالت مدل تخصیص منابع در شبکه‌های تخلیه اضطراری را ارایه کردند. بیامون و کوتلبا [۶] به توسعه یک مدل کنترل موجودی احتمالی که مقدار بهینه سفارش‌ها و زمان سفارش‌دهی را در فاز پاسخ امدادهای طولانی مدت نشان می‌دهد؛ پرداختند. یی و کومار [۷] یک الگوریتم بهینه‌سازی مورچگان برای حل مساله لجستیک در اقدامات امدادی به‌هنگام بحران طراحی کردند. بالکیک و بیمون [۳] مدلی برای مکان‌یابی تسهیلات در زنجیره امداد به‌هنگام بلایای ناگهانی ارایه دادند.

به‌دلیل اینکه در لجستیک امدادی بسیاری از پارامترها غیرقطعی‌اند؛ تعدادی از محققین این موضوع را در شرایط عدم قطعیت مورد مطالعه قراردادند. به لحاظ تاریخی بهینه‌سازی در شرایط غیرقطعی در اواخر دهه ۱۹۵۰ شروع شد و هم در زمینه تئوری و هم در زمینه الگوریتم به سرعت پیشرفت کرد. رویکردهای زیادی برای بهینه‌سازی در شرایط غیرقطعی مورد استفاده قرار گرفته است که از آن جمله، کمینه کردن امید ریاضی، کمینه کردن انحراف از آرمان‌ها، کمینه کردن بیشترین هزینه‌ها را می‌توان نام برد. در این میان می‌توان سه رویکرد اصلی را متمایز کرد: برنامه‌ریزی احتمال، برنامه‌ریزی فازی و برنامه‌ریزی پویای احتمالی. در اواسط دهه ۱۹۵۰ برنامه‌ریزی احتمالی به عنوان یک رویکرد برای مدل کردن عدم قطعیت داده‌ها معرفی شده است. باربا‌روسوگلو و آردا [۸] مدلی در زمینه حمل و نقل در شرایط بحرانی و عدم قطعیت ارایه دادند. چانگ و همکارانش [۹] برای کمک به آژانس‌های دولتی دو مدل برنامه‌ریزی تصادفی برای تعیین مراکز انبارهای منابع نجات و ظرفیت آن‌ها و توزیع تجهیزات ارایه نمودند. مته و زبینسکی [۱۰] یک مدل بهینه‌سازی تصادفی برای برنامه‌ریزی نگه‌داری و توزیع اقلام پزشکی در شرایط بحرانی ارایه کردند.

مسایل تصمیم‌گیری اغلب به دلیل عدم دقت، تغییرپذیری مستمر و ناتوانی در دیدن وقایع آینده با عدم اطمینان‌هایی موجه هستند. نویسندگان بسیاری بحث استواری را مورد تحقیق و بررسی قرار داده‌اند و نتیجه کار آن‌ها منجر به حوزه تحقیقاتی وسیعی شده است [۱۱].

لئونگ و همکاران [۱۲] در مقاله‌ای با عنوان"یک مدل بهینه‌سازی استوار برای مساله برنامه‌ریزی تولید چندسایتی در شرایط عدم قطعیت" به بهینه‌سازی استوار در حوزه برنامه‌ریزی تولید در یک زنجیره تأمین پرداختند. ان جی، سان و فولر [۱۳] در مقاله‌ای با عنوان"تخصیص محموله‌های نیمه‌رسانا با استفاده از

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

بهینه‌سازی استوار" مساله تخصیص مجموعه‌ای از دسته‌های تولید را به منظور پاسخ‌دهی به سفارشات مشتری مد نظر قرار داده‌اند.

با توجه به تحقیقات موجود، کمتر پژوهشی در ارتباط با حل مدل مکان‌یابی چند هدفه در لجستیک امدادی به روش بهینه‌سازی استوار مبتنی بر سناریو، مشاهده گردیده است. مزیت‌های مدل ارایه‌شده را می‌توان در موارد زیر بیان کرد.

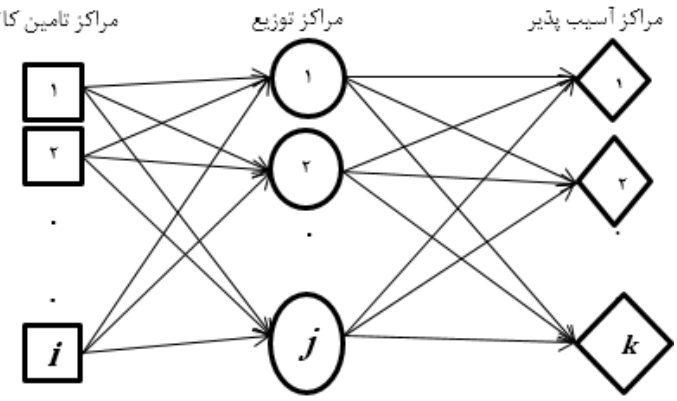
- اهمیت لجستیک امدادی و کمک‌رسانی به مردم در شرایط متفاوت در نظر گرفته می‌شود.
- در مدل ارایه‌شده دو هدف به‌طور همزمان مورد بررسی قرار می‌گیرند. هدف اول که کمینه کردن مجموع هزینه‌ها از جمله هزینه حمل و نقل، هزینه کالاهای پاسخ داده نشده، هزینه راه‌اندازی است و هدف دوم بیشینه کردن رضایتمندی آسیب‌دیدگان می‌باشد.

۲ بیان مساله

شکل (۱) یک شبکه لجستیک امدادی را با سه بخش اصلی نشان می‌دهد. این سه بخش شامل مراکز تأمین کالا، مراکز توزیع کالا و مراکز مصرف(آسیب‌پذیر) است. ابتدا کالاهای مورد نیاز در مراکز تأمین، خریداری یا تولید می‌شوند. زمانی که یک حادثه یا یک موقعیت بحرانی مانند زلزله یا سیل پیش می‌آید؛ کالاها بر اساس میزان تقاضا به مراکز توزیع و از این مراکز به نقاط آسیب‌پذیر ارسال می‌شوند.

در مدل ارایه‌شده فرضیات مساله به صورت زیر است:

- مراکز توزیع کالا دارای محدودیت ظرفیت هستند.
- هزینه‌های حمل و نقل، مقدار کالاهای موجود در مرکز تأمین و مقدار تقاضا غیرقطعی می‌باشند.
- سه سناریو در شرایط اقتصادی خوب، متوسط و بد وجود دارد.



شکل ۱. شبکه لجستیک امدادی

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

۲-۱ شناساگرها

I: مجموعه مراکز تأمین کالا $i \in I$

J: مجموعه مراکز توزیع کالاهای امدادی $j \in J$

K: مجموعه مراکز تقاضا $k \in K$

M: مجموعه کالاهای امدادی $m \in M$

S: مجموعه سناریوهای موجود $s \in S$

۲-۲ پارامترها

F_j: هزینه راه‌اندازی مرکز توزیع j

Cap_j : ظرفیت مرکز توزیع j

SO_{mis} : مقدار کالای نوع m موجود در مرکز تأمین i در سناریو s

D_{mks}: مقدار کالای نوع m مورد نیاز در منطقه آسیب‌دیده k در سناریو s

C_{mijs}: هزینه انتقال هر واحد کالای نوع m از مرکز تأمین i به مرکز توزیع j در سناریو s

B_{mjks}: هزینه انتقال هر واحد کالای نوع m از مرکز توزیع j به منطقه آسیب‌دیده k در سناریو s

ω_{mk} : هزینه جریمه پاسخ داده نشده هر واحد کالای نوع m در منطقه آسیب‌دیده k

۲-۳ متغیرها

X_{mijs} : مقدار کالای نوع m منتقل‌شده از مرکز تأمین i به مرکز توزیع j در سناریو s

Y_{mjks}: مقدار کالای نوع m منتقل‌شده از مرکز توزیع j به منطقه آسیب‌دیده k در سناریو s

δ_{mks} : مقدار پاسخ داده نشده هر واحد کالای نوع m در منطقه آسیب‌دیده k در سناریو s

Z_j: اگر مرکز توزیع j راه‌اندازی شود برابر یک است، در غیر این‌صورت صفر می‌شود.

۲-٤ توابع هدف

همان‌طورکه قبلاً بیان شد این مدل شامل دو هدف است. هدف اول کمینه کردن مجموع هزینه‌ها می‌باشد:

$$Min\ F_1 = \sum_j f_j z_j + \sum_i \sum_m \sum_j C_{mijs} X_{mijs} + \sum_j \sum_m \sum_k B_{mjks} Y_{mjks} + \sum_m \sum_k \omega_{mk} \left(D_{mks} - \sum_j Y_{mjks} \right) \qquad (1)$$

هدف دوم بیشینه کردن رضایتمندی آسیب‌دیدگان است که با کمترین نسبت کالاهای امدادی ارسال‌شده (به مرکز آسیب‌دیدگان)، به تقاضای آن مرکز به‌دست می‌آید:

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

$$Max\ F_{2s} = \sum_{m} \min_{k} \left\{ \frac{\sum_{j} Y_{mjks}}{D_{mks}} \right\} \qquad (۲)$$

به دلیل غیرخطی بودن تابع هدف دوم، آن را به صورت زیر به مدل خطی تبدیل می‌کنیم:

$$Max\ F_{2s} = \sum_{m} N_{ms} \qquad (۳)$$

$$N_{ms} \le \frac{\sum_{j} Y_{mjks}}{D_{mks}} \qquad \forall s \in S, m \in M, k \in K \qquad (۴)$$

که در آن N_{ms} متغیری آزاد برای خطی کردن رابطه‌ی (۲) است.

۲-۵ محدودیت‌ها

$$D_{mks} = Y_{mjks} + \delta_{mks} \qquad \forall s \in S, m \in M, j \in J, k \in K \qquad (۵)$$

$$\sum_{i \in I} X_{mijs} = \sum_{k \in K} Y_{mjks} \qquad \forall s \in S, m \in M, j \in J \qquad (۶)$$

$$\sum_{j \in J} X_{mijs} \le SO_{mis} \qquad \forall s \in S, m \in M, i \in I \qquad (۷)$$

$$\sum_{i \in I} X_{mijs} \le cap_{j} \qquad \forall s \in S, m \in M, j \in J \qquad (۸)$$

$$X_{mijs} \le M.Z_{j} \qquad \forall s \in S, m \in M, j \in J, i \in I \qquad (۹)$$

$$Y_{mjks} \le M.Z_{j} \qquad \forall s \in S, m \in M, j \in J, k \in K \qquad (۱۰)$$

$$X_{mijs}, Y_{mjks}, \delta_{ks} \ge 0 \qquad \forall s \in S, m \in M, j \in J, i \in I, k \in K \qquad (۱۱)$$

$$Z_{j} \in \{۰,۱\} \qquad \forall i \in I \qquad (۱۲)$$

محدودیت (۵) به این معناست که مقدار تقاضای موجود که در مناطق آسیب‌پذیر می‌باشد؛ برابر است با مقدار کالایی که به این مناطق ارسال می‌شود به‌علاوه‌ی کمبود کالایی که در این مناطق به وجود می‌آید. محدودیت (۶) بیان می‌کند که کل کالاهایی که به یک مرکز توزیع امداد فرستاده می‌شوند؛ باید از آن خارج شوند. محدودیت(۷) به این نکته توجه دارد که کل کالاهایی که از یک منبع به مراکز توزیع امداد ارسال می‌شود نمی‌تواند از ظرفیت آن منبع بیشتر شود. محدودیت (۸) ظرفیت محدود مراکز توزیع کالاهای امدادی را نشان می‌دهد. محدودیت (۹) و (۱۰) بیان می‌کنند که در صورت وجود مرکز توزیع j امکان انتقال کالاها وجود دارد.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

محدودیت (۱۱) از نامنفی بودن متغیرهای مساله اطمینان حاصل می‌کند. محدودیت (۱۲) راه‌اندازی یا عدم راه‌اندازی مرکز توزیع j را نشان می‌دهد.

به دلیل دو هدفه بودن تابع هدف و غیرقطعی بودن برخی پارامترها این مدل باید در دو مرحله حل شود. در مرحله اول مدل را از طریق بهینه‌سازی استوار مبتنی بر سناریو قطعی می‌کنیم و در مرحله بعد با استفاده از روش برنامه‌ریزی آرمانی مدل را تک‌هدفه می‌نماییم.

۳ روش بهینه‌سازی استوار مبتنی بر سناریو

روی در سال ۲۰۱۰ در تعریف استواری بحث چند معنی بودن این واژه را مطرح می‌کند و بر این اعتقاد است که چند معنی بودن می‌تواند ناشی از موقعیت یا شرایط باشد. ایشان بیان داشته که در حالت کلی مفهوم یا تفکر استواری می‌تواند با مفاهیمی چون انعطاف‌پذیری، ثبات، پایایی، پایداری، حساسیت (حساس بودن)، عدالت، انصاف و برابری، ارتباط داشته باشد [۱۴]. با این توصیف تعریف ایشان از واژه استوار به شرح ذیل می‌باشد:

استوار صفتی است که به ظرفیتی برای پایداری تخمین‌های مبهم و یا نقاط نامشخص به منظور ممانعت از اثرات نامطلوب تنزل ویژگی‌هایی که مورد نظر است و باید آن را حفظ کرد؛ اطلاق می‌شود.

از نظر مالوی و همکارانش دو تعریف مهم در حوزه مدل استوار وجود دارد؛ یعنی جواب استوار و مدل استوار که در زیر به هر یک اشاره می‌گردد [۱۵]:

یک جواب برای مدل بهینه‌سازی، جوابی استوار نامیده می‌شود اگر آن جواب برای همه سناریوهای داده‌های ورودی مدل نزدیک به بهینه باقی بماند و همچنین مدلی استوار است که تقریباً برای همه سناریوهای داده‌های ورودی موجه باشد.

مالوی و همکارانش فرمولی برای تابع هدف استوار مبتنی بر سناریو ارایه دادند:

$$Min\ Z = \sum_s p_s F_s + \lambda \sum_s p_s \left(F_s - \sum_s p_s F_s \right)^2 \qquad (۱۳)$$

که در آن p_s احتمال رخداد سناریوی s است. این معادله شامل مقدار میانگین توابع هدف وابسته به سناریو به‌علاوه مقدار ثابت λ ضرب در واریانس آن توابع است.

یو و لی [۱۶] بیان می‌دارند که فرمول ارایه‌شده توسط مالوی و همکاران به دلیل داشتن توان دوم و کوادراتیک بودن نیازمند محاسبات زیادی است. ایشان فرمول‌بندی زیر را به جای آن ارایه کردند:

$$Min\ Z = \sum_s p_s F_s + \lambda \sum_s p_s \left[\left(F_s - \sum_s p_s F_s \right) + 2\theta_s \right] \qquad (۱۴)$$

$$F_s - \sum_s p_s F_s + \theta_s \geq 0 \qquad \forall s \in S \qquad (۱۵)$$

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

$$\theta_s \geq 0 \qquad \forall s \in S \qquad (16)$$

که در آن‌ها θ_s متغیر خطی‌ساز و معادلات (۱۵) و (۱۶) برای خطی‌سازی عبارت واریانس به کار رفته‌اند.

٤ قطعی کردن مدل

همان طور که در بخش سوم بیان شد؛ توابع هدف به‌صورت زیر تبدیل می‌شوند:

تابع هدف اول:

$$Min\ F_1' = \sum_j f_j z_j + \sum_{s\in S} P_s F_{1s} + \lambda \sum_{s\in S} P_s \left(F_{1s} - \sum_s P_S F_{1s} + 2\theta_s \right) + w_{mk} \sum_k \sum_s P_s \delta_{mks} \qquad (17)$$

تابع هدف دوم:

$$Max\ F_2' = \sum_m \sum_s p_s N_{ms} \qquad (18)$$

محدودیت‌های زیر جهت خطی سازی تابع هدف استوار اول به مدل اصلی اضافه می‌گردد.

$$F_{1s} - \sum_s p_s F_{1s} + \theta_s \geq 0 \qquad \forall s \in S \qquad (19)$$

$$\theta_s \geq 0 \qquad \forall s \in S \qquad (20)$$

٥ تک هدفه کردن مدل

با به‌کارگیری برنامه‌ریزی آرمانی مدل را تک هدفه می‌کنیم. ابتدا با حل تفکیکی دو زیر مساله با اهداف جداگانه، میزان آرمان‌های توابع هدف ۱ و۲ به‌دست می‌آید. سپس معادله اصلی را با در نظر گرفتن آرمان‌ها و متغیرهای انحراف از آرمان مدل‌سازی می‌کنیم [۱۷]. به دلیل اهمیتی که رضایت‌مندی آسیب‌دیدگان دارد و برای اینکه کالاهای امدادی به طور عادلانه توزیع گردد از روش اولویت‌دار برنامه‌ریزی آرمانی استفاده می‌شود. به‌گونه‌ای که ابتدا تابع هدف اصلی را با کمینه کردن متغیر انحراف از آرمان رضایت‌مندی حل می‌کنیم.

تابع هدف:

$$Max\ F = S_2^- \qquad (21)$$

محدودیت‌ها:

$$\sum_j f_j z_j + \sum_{s\in S} P_s F_{1s} + \lambda \sum_{s\in S} P_s \left(F_{1s} - \sum_s P_s F_{1s} + 2\theta_s \right) + w_{mk} \sum_k \sum_s P_s \delta_{mks} + S_1^- - S_1^+ = goal_1 \qquad (22)$$

$$\sum_m \sum_s P_s N_{ms} + S_2^- - S_2^+ = goal_2 \qquad (23)$$

$$s_i^-, s_i^+ \geq 0 \qquad (24)$$

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

و محدودیت‌های (۴)- (۱۲) و(۱۹)و(۲۰).

که در آن s_i^+, s_i^- متغیرهای انحراف از آرمان می‌باشند.

سپس با به‌دست آوردن مقدار تابع هدف و جای‌گذاری آن در معادله (۲۳)، مساله بار دیگر با کمینه کردن متغیر انحراف از آرمان مجموع هزینه‌ها حل خواهد شد.

تابع هدف:

$$Max\ F = S_۲^+ \qquad (۲۵)$$

محدودیت‌ها:

(۴)- (۱۲)، (۱۹)و(۲۰)،(۲۲)-(۲۴).

٦ حل مثال عددی

برای ارزیابی مدل و کمک به درک مسایل واقعی مثالی با پارامترهای فرضی ارایه شده است. این مساله شامل ۲ مرکز تأمین، ۴ مرکز کاندید توزیع کالا و ۳ مرکز آسیب‌پذیر است. یک نوع کالا در نظر گرفته شده است. بر اساس سوابق اطلاعات بازار، سه نوع سناریوی اقتصادی را برای شرایط آینده می‌توان تعریف نمود: خوب، متوسط و بد که احتمال هر سناریو به ترتیب برابر ۰/۱، ۰/۵ و۰/۴ است. هزینه‌های حمل و نقل بین مراکز، مقدار کالاهای موجود در مرکز تأمین و مقدار تقاضا برای هر سناریو. همچنین هزینه‌های ثابت راه‌اندازی، هزینه جریمه کالاهای پاسخ داده نشده و ظرفیت مراکز توزیع که مستقل از نوع سناریو است؛ مفروض می‌باشد. این مدل با استفاده از داده‌های فرضی، توسط نرم‌افزار گمز ۲۲.۲ حل شده و نتایج زیر به‌دست آمده است:

در حل بهینه تابع هدف اول که یکی از آرمان‌های مدل است به‌طور جداگانه مرکز توزیع ۲ احداث نمی‌شود و هزینه بهینه برابر ۴۴۱۲۸/۶۷۲ می‌گردد. بدون درنظر گرفتن رضایتمندی متقاضیان در این مدل میزان آن در سناریوهای خوب، بد و متوسط به ترتیب ۰/۳۳۳و ۰/۳ و ۰/۲۲ شد (به دلیل افزایش هزینه حمل و نقل در مرکز آسیب‌دیده ۳ کمترین مقدار کالا به این مکان برده می‌شود). در صورتی که در حل بهینه مدل اصلی رضایتمندی در سناریوهای خوب، متوسط و بد به‌ترتیب به ۰/۹۳۳، ۰/۸۹۷و۰/۸۴۷ افزایش می‌یابند.

در حل بهینه تابع هدف دوم که آرمان دوم مساله است؛ تمام مرکز توزیع احداث می‌شوند و مقدار آن (رضایتمندی آسیب‌دیدگان) در سناریوهای خوب، متوسط و بد به‌ترتیب ۰/۹۳۳، ۰/۸۹۷و۰/۸۴۷ می‌گردد.

در حل بهینه مدل اصلی با در نظر گرفتن آرمان‌ها و اولویت داشتن رضایتمندی به هزینه، تمام مراکز توزیع احداث می‌شوند و جریمه انحراف از آرمان تابع هدف اول برابر ۱۰۵۹/۶۴۳ می‌گردد. بنابراین کمینه هزینه با درنظر گرفتن رضایتمندی متقاضیان برابر ۴۵۱۸۸/۳۱۵ می‌شود. جدول(۱) مقدار کالاهای ارسالی را از مراکز تأمین به مراکز توزیع نشان می‌دهد.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

جدول ۱. مقدار کالاهای ارسالی از مراکز تأمین به مراکز توزیع

X_{mijs}	سناریو		
ارسال از i به j	۱	۲	۳
۱.۱	۲۹۲۵	۳۵۰۰	۳۴۸۱
۱.۲	۵۸۸	۳۷۵	–
۱.۳	۲۸۷۸	۲۶۳۶	–
۱.۴	۳۲۳۹	۱۷۳۲	۲۲۳۹
۲.۱	۵۷۵	–	–
۲.۲	۲۹۱۲	۳۱۲۴	۳۵۰۰
۲.۳	۶۲۱	۸۶۳	۳۵۰۰
۲.۴	۲۶۰	۱۷۶۷	۱۲۶۰

جدول (۲) مقدار کالاهای ارسالی را از مراکز توزیع به مراکز تقاضا نشان می‌دهد. جدول (۳) مقدار کالاهای پاسخ داده را نشده در مراکز تقاضا نشان می‌دهد.

جدول ۲. مقدار کالاهای ارسالی از مراکز توزیع به مراکز تقاضا

Y_{mjks}	سناریو		
ارسال از jبه k	۱	۲	۳
۱.۱	۱۵۸۹	۳۵۰۰	–
۱.۲	۹۵۲	–	–
۱.۳	۹۵۷	–	۳۴۸۱
۲.۱	۲۹۲۶	۱۱۶۶	۳۲۷۱
۲.۲	–	۱۳۵۰	۲۲۸
۲.۳	۵۷۳	۹۸۳	–
۳.۱	۱۵۰	–	۱۳۸۸
۳.۲	۱۸۵۳	۵۷۳	–
۳.۳	۱۴۹۶	۲۹۲۶	۲۱۱۱
۴.۲	۹۲۷	۱۷۵۵	۳۵۰۰
۴.۳	۲۵۷۳	۱۷۴۴	–

جدول ۳. مقدار کالاهای پاسخ داده نشده در مراکز تقاضا

δ_{mks}	سناریو		
مرکز k	۱	۲	۳
۱	۳۳۳	۵۳۳	۸۳۹
۲	۲۶۶	۴۲۰	۶۷۱
۳	۴۰۰	۶۴۶	۱۰۰۷

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

۷ نتیجه‌گیری و ارایه پیشنهادات

در این مقاله یک مدل دو هدفه برنامه‌ریزی تسهیلات برای مساله لجستیک امدادی ارایه شد. یکی از اهداف مدل، کمینه‌سازی مجموع هزینه‌ها و هدف دیگر بیشینه‌سازی رضایتمندی آسیب‌دیدگان (عادلانه بودن توزیع کالا) بود. برای حل مدل به دلیل عدم قطعیت و نادقیق بودن برخی از پارامترها از روش بهینه‌سازی استوار مبتنی بر سناریو و برای تک‌هدفه کردن مدل از روش برنامه‌ریزی آرمانی استفاده شد. در انتها مثالی عددی برای درک آسان‌تر و فهم مسایل واقعی حل گردید. یکی از نکات مهم در مدل ارایه‌شده علاوه بر اهمیت لجستیک بشردوستانه، ترکیب دو تابع هدف است که هم به هزینه و هم به راضی بودن متقاضیان به‌طور هم‌زمان توجه می‌شود.

از مباحثی که می‌توان در آینده در این زمینه مورد مطالعه قرار داد، درنظر گرفتن راه‌های مختلف حمل و نقل است که زمان‌های متفاوتی صرف می‌کنند تا به مکان‌های آسیب‌دیده برسند؛ یعنی می‌توان زمان انتقال کالا را به آسیب‌دیدگان در نظر گرفت تا بتوان مقدار آن را کاهش داد.

منابع

[۱] سادات، س. م.، (۱۳۸۰). نقش لجستیک در حوادث غیرمترقبه ـ زلزله، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه امام حسین (ع).

[۲] آریانژاد، م.، (۱۳۸۱). تحقیق در عملیات ۲ (پژوهش عملیاتی ۲ و ۳)، تهران، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، ۳۰۵-۲۸۸.

[۱۴] آذر، ع، موسوی، س. ف.، (۱۳۹۳). طراحی مدل احتمالی و استوار یکپارچه سه مرحله‌ای برای انتخاب تامین‌کننده با رویکرد عدم قطعیت، مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، ۱۱(۱)، ۱۸-۱.

[3] Balcik, B., Beamon, B. M, (2008). Facility Location in Humanitarian Relief. International Journal of Logistics, Research and Applications, 11, 101-121.

[4] Haghani, A., Oh, S. C., (1996). Formulation and solution of a multi-commodity, multi-modal network flow model for disaster relief operations. Transportation Research Part A: Policy and Practice 30, 231–250.

[5] Bakuli, D. L., Smith, J. M., (1996). Resource Allocation in State- Dependent Emergency Evacuation Networks. European Journal of Operational Research, 89, 543-555.

[6] Beamon, B. M., Kotleba, S. A., (2006). Inventory modeling for complex emergencies in humanitarian relief operations. International journal of Logistics: Res. and Appl., 9, 1–18.

[7] Yi, W., Kumar, A., (2007). Ant Colony Optimization for Disaster Relief Operations. Transportation Research Part E, 43, 660–672.

[8] Barbarosoglu, G., Arda Y.,(2004). A Two-Stage Stochastic Programming Framework for Transportation Planning in Disaster Response. Journal of the Operational Research Society, 55, 43-53.

[9] Chang, M. S, Tseng, Y. L., Chen, J. W., (2007). A Scenario Planning Approach for the Flood Emergency Logistics Preparation Problem Under Uncertainty. Transportation Research Part E, 43, 737-754.

[10] Mete, O. H., Zabinsky, Z. B., (2010). Stochastic Optimization of Medical Supply Location and Distribution in Disaster Management. International Journal of Production Economics, Vol. 126, No. 1, 2010, pp. 76-84.

[11] Hites, R., De Smet, H., Risse, N., Salazar-Neumsnn, M., Vincke, P, (2006). About the application of MCDA to some robustness problems. European Journal of Operational Research, 174, 322–332.

[12] Leung, S. C. H., Tsang, S. O. S., Ng, W. L., Wu, Y., (2007). A robust optimization model for multisite production planning problem in an uncertain environment. European Journal of Operational Research, 181, 224-238

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

[13] Ng, T. S., Sun, Y., Fowler, J., (2010). Semiconductor lot allocation using robust optimization. European Journal of Operational Research, 205, 557–570

[15] Mulvey, J.M., Vanderbei, R.J., Zenios, S.A., (1995). Robust optimization of large scale systems. Operations Research, 43, 264–281.

[16] Yu, C. S., Li, H. L., (2000). A robust optimization model for stochastic logistic problems. International journal of production economics, 64, 385-397.

[17] Hamdi Taha. A., (2007). Chapter 8: goal programing, operation research (an introduction) , 8nd Edition, pp. 333-341, new jersey: Pearson Prentice Hall.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]