مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال یازدهم، شماره سوم (پیاپی ۴۲)، پاییز ۹۳، ص ص ۹۱-۷۱
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱

مدل مکانیابی- مسیریابی چند هدفه در مدیریت زنجیره‌ی امداد با رویکرد دوره‌ای

فرناز برزین‌پور[۱]، محسن صفاریان*[۲]، احمد ماکویی[۳]، ابراهیم تیموری[۴]

۱- استادیار، دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده مهندسی صنایع، تهران، ایران
۲- دانشجوی دکتری، دانشگاه علم و صنعت ایران، گروه مهندسی صنایع، تهران، ایران
۳- دانشیار، دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده صنایع، تهران، ایران
۴- دانشیار، دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده مهندسی صنایع، تهران، ایران

رسید مقاله: ۱ اسفند ۱۳۹۲
پذیرش مقاله: ۲۷ خرداد ۱۳۹۳

چکیده

وقوع حوادث و سوانح طبیعی و بحران‌های ناشی از آن بیانگر اهمیت برنامه‌ریزی‌های دقیق برای مقابله با اثرات ناشی از آن‌ها می‌باشد؛ بنابراین لجستیک امداد بلایا یکی از فعالیت‌های اصلی در بحث مدیریت بلایاست. در این مقاله، فاز پاسخ از چرخه‌ی مدیریت بلایا مورد بررسی قرار گرفته و یک مدل سه هدفه برای مکانیابی و مسیریابی وسایل نقلیه و توزیع کالا بین مناطق آسیب‌دیده در شرایط فازی ارایه گردیده است که شامل عدم قطعیت در زمان جابه‌جایی و هم‌چنین میزان تقاضاهای موجود در انبارهای منطقه‌ای مستقر در نقاط آسیب‌دیده و موجودی کالا در مراکز تامین در دوره‌های مختلف می‌باشد. در این مدل سه هدف در نظر گرفته شده است که در آن، دو هدف شامل حداقل کردن مجموع زمان‌های رسیدن به مناطق آسیب‌دیده و هم‌چنین حداکثر کردن رضایت‌مندی مناطق آسیب‌دیده الویت بالاتری دارد که با بیشینه کردن مجموع حداقل نسبت‌های پوشش تقاضا به‌دست می‌آید و به نوعی عدالت در توزیع کالا را موجب می‌گردد و هدف دیگر حداقل کردن هزینه‌ها شامل هزینه‌های راه‌اندازی، جابه‌جایی و هزینه کمبود است که در اولویت بعدی قرار دارد. برای حل مدل چند هدفه از روش معیار جامع برای تک‌هدفه کردن مدل استفاده گردیده و یک مطالعه‌ی موردی بر روی استان خراسان جنوبی انجام شده است.

کلمات کلیدی: لجستیک امداد، مکانیابی و مسیریابی، مسیریابی انباشته‌ای، برنامه‌ریزی چند هدفه، عدم قطعیت

* عهده دار مکاتبات
آدرس الکترونیکی: mo_saffarian@iust.ac.ir

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]

۱ مقدمه

با توجه به افزایش حوادث غیر مترقبه، هر ساله میلیون‌ها نفر از مردم تحت تاثیر سوانح و بحران‌های طبیعی و یا غیرطبیعی قرار می‌گیرند و در دهه‌ی اخیر تعداد افرادی که قربانی شده‌اند به صورت چشم‌گیری افزایش یافته است و ماهیت بحران‌ها به گونه‌ای است که پاسخگویی به آن‌ها باید در زمان اندک صورت پذیرد [۱]. برنامه‌ریزی مناسب، می‌تواند نقش موثری در کاهش اثرات ناشی از این بحران‌ها داشته باشد. بعضی مطالعات تخمین می‌زنند که بحث لجستیک و مدیریت زنجیره‌ی تامین بیش از ۸۰٪ از کل عملیات را شامل می‌شود [۲]. همان‌طور که از ادبیات موضوع بر می‌آید، مدل‌های تحقیق در عملیات کاربرد موفقیت‌آمیزی برای پشتیبانی انواع گوناگون عملیان بشردوستانه دارد [۳]. لجستیک می‌تواند موجب هماهنگی بیشتر در تحویل کالاها بین انبارهای منطقه‌ای و نقاط آسیب‌دیده گردد. در برنامه‌ریزی لجستیک امداد اهداف متضادی وجود دارد، مانند کمینه کردن تقاضای ارضا نشده، هزینه‌ی توزیع و زمان تاخیر و هم‌چنین بیشینه کردن سطح رضایت‌مندی و عدالت در توزیع کالا. این اهداف با هم در تناقض است و نیاز به برنامه‌ریزی یکپارچه و صحیح برای پاسخگویی مناسب به نیازهای افراد آسیب‌دیده دارد. یکی از زمینه‌های مهم در این خصوص، تعیین انبارهای منطقه‌ای فعال و هم‌چنین تخصیص مناسب کالا می‌باشد، طوری‌که بیش‌ترین افراد در کم‌ترین زمان انتظار، کالای مورد نیاز خود را دریافت کنند.. انجام تحقیقات در حوزه‌ی مدیریت بلایا اهمیت فراوانی دارد و تا کنون تحقیقات قابل توجهی در این زمینه انجام شده است. لازم به ذکر است که تحقیقات انجام شده قدمت چندانی ندارد و از اواخر دهه‌ی ۸۰ شروع شده است. در ادامه به مرور مختصر تحقیقات انجام شده در فاز پاسخ زنجیره‌ی امداد پرداخته می‌شود. این مقاله شامل ۵ بخش است که در بخش ۲، به مرور ادبیات موضوع می‌پردازیم و در بخش ۳، مدل ریاضی پیشنهاد شده ارایه می‌گردد. در بخش ۴، حل مدل برای مطالعه‌ی موردی برای استان خراسان جنوبی مطرح می‌شود و در بخش ۵ نتیجه گیری و تحقیقات آتی ارایه می‌گردد.

۲ مرور ادبیات موضوع

نات یکی از اولین تحقیقات مربوط به حوزه‌ی حمل و نقل را در لجستیک امداد در سال ۱۹۸۸ انجام دارد. در این تحقیق یک مدل برنامه‌ریزی خطی جهت تعیین برنامه‌ی زمان‌بندی حمل و نقل برای حمل مواد غذایی ارایه شد [۴]. اوه و حقانی [۵] در سال ۱۹۹۶ به ارایه‌ی مدلی برای حمل و نقل کالاهای مختلف مانند غذا، پوشاک، دارو و نیروهای امدادی با چند نوع وسیله‌ی نقلیه برای عملیات امداد پرداختند. باربارosوگلو و همکاران [۶] در تحقیقی به توسعه و ارایه‌ی مدل ریاضی جهت حل مساله در خصوص زمان‌بندی عملیاتی و تاکتیکی فعالیت هلیکوپترها پرداختند. باربارosوگلو و آردا [۷] در سال ۲۰۰۴ مدلی را ارایه کردند که بحث عدم قطعیت را مطرح نمود و یک چارچوب برنامه‌ریزی تصادفی دو مرحله‌ای را برای برنامه‌ریزی حمل و نقل در فاز پاسخ زنجیره امداد بلایا ارایه کردند. ازدامار و همکاران [۸] در سال ۲۰۰۴ به بررسی برنامه‌ریزی لجستیکی در مواقع اضطراری برای ارسال کالا به مراکز توزیع در مناطق آسیب‌دیده پرداختند. نولز و همکاران [۹] در تحقیق خود به ارایه‌ی مدل چند هدفه برای حمل ونقل کالاها در فاز پاسخ توجه نشان دادند که مدلشان دارای سه تابع هدف شامل کاهش ریسک

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]

پاسخگویی، کاهش فواصل پوشش هر وسیله‌ی نقلیه و کاهش مجموع زمان‌های سفر بود. لین و همکاران [۱۰] در سال ۲۰۱۱ به ارایه‌ی یک مدل لجستیکی چند دوره‌ای، چند کالایی و چندوسیله‌ی نقلیه برای برنامه‌ریزی لجستیکی کالاهای مهم و اولویت‌دار در فاز پاسخ به بلایا پرداختند. مدل مذکور دارای دو تابع هدف بود که یکی کمینه کردن تقاضای پاسخ داده نشده و دیگری حداقل نمودن زمان سفر. برکوته و همکاران [۱۱] یک مدل ریاضی برای برنامه‌ریزی حمل و نقل کالاها در فاز پاسخ ارایه کردند و در آن به کمینه کردن زمان سفر وسایل نقلیه پرداختند. عشقی و نجفی [۱۲] نیز در سال ۲۰۱۳ یک مدل دو هدفه برای کاهش تقاضاهای برآورده نشده و کاهش تعداد مصدومانی که به بیمارستان نرسیدند ارایه کردند.

جنبه‌ی دیگری از مساله‌ی مسیریابی که در این تحقیق به آن پرداخته شده است، مسائل مسیریابی دوره‌ای است که در آن، سرویس‌دهی به مشتریان باید به صورت دوره‌ای و در افق برنامه‌ریزی صورت گیرد. هدف از مسیریابی دوره‌ای مشخص کردن مسیرهای حرکت جهت سرویس‌دهی به مشتریان در هر دوره می‌باشد به گونه‌ای که کل هزینه‌های مسیریابی در افق برنامه‌ریزی حداقل گردد. مساله‌ی مسیریابی دوره‌ای را اولین بار در سال ۱۹۷۴ بلترامی و بودین مطرح کردند [۱۳]؛ اما اولین مدل ریاضی مساله‌ی مسیریابی دوره‌ای را در سال ۱۹۸۴ کریسدوفیدس و بیزلی ارایه کردند [۱۴].

استفان راس و گوتجار [۱۵] در سال ۲۰۱۱ یک مدل سه هدفه‌ی بهینه‌سازی با یک بخش اقتصادی میان مدت و یک بخش اقتصادی کوتاه مدت و یک تابع هدف سوانح ارایه نمودند و سپس یک روش ابتکاری برای حل آن طراحی کردند، ضمن اینکه یک روش متاهیوریستیک را بر پایه‌ی الگوریتم ژنتیک ارایه دادند.

ساندرا یولریچ نگوو و همکاران [۱۶] در سال ۲۰۱۰ یک مدل مسیریابی حمل و نقل ظرفیت دار انباشته معرفی کردند که در آن هدف مینیمم کردن جمع زمان‌های رسیدن وسیله‌ی نقلیه به متقاضیان بود. لیانگ جان و زورن فنگ [۱۷] در سال ۲۰۱۳ یک روش ابتکاری دو مرحله‌ای برای حل مساله‌ی مسیریابی حمل و نقل ظرفیت دار انباشته ارایه کردند.

برزین‌پور و همکاران [۱۸] یک مدل برنامه‌ریزی چندهدفه‌ی مکانیابی و تخصیص سه سطحی در حالت فازی ارایه دادند و سپس برای حل آن از الگوریتم ژنتیک مناسب استفاده کردند.

هدف اصلی این مقاله، ارایه‌ی یک مدل برای مسائل تصمیم‌گیری لجستیک امداد می‌باشد که در آن باید هزینه‌های مساله حداقل و زمان‌های رسیدن به مناطق آسیب‌دیده نیز حداقل گردد و سطح سرویس که منجر به رضایت‌مندی افراد آسیب‌دیده می‌شود حداکثر گردد. با توجه به فضای غیرقطعی حاکم بر مساله نظریه‌ی مجموعه‌های فازی برای مواجهه با عدم قطعیت مورد استفاده قرار گرفته است. دلیل نگاه فازی به مدل این است که اولا در بسیاری از مسائل واقعی داده‌های تاریخی کافی برای پارامترهای دارای عدم قطعیت وجود ندارد؛ بنابراین به ندرت می‌توان توزیع درستی برای پارامترهای نامعین به‌دست آورد و ثانیا در بیشتر کارهای گذشته در زمینه‌ی طراحی لجستیک امداد تحت شرایط عدم قطعیت، عدم قطعیت پارامترها از طریق برنامه‌ریزی تصادفی مبتنی بر سناریو مدل‌سازی شده است که در این حالت تعداد زیاد سناریوها جهت بیان عدم قطعیت می‌تواند به مشکلات و چالش‌های محاسباتی منجر شود [۱۹].

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]

۳ مدل ریاضی پیشنهادی

شرح مدل به این شکل است که چند منطقه کاندیدا برای استقرار انبارهای مرکزی موقت به عنوان تامین‌کننده‌ی کالا برای مناطق آسیب‌دیده وجود دارد، هم‌چنین چندین انبار منطقه‌ای مستقر در مناطق آسیب‌دیده به عنوان نقاط تقاضا وجود دارد که میزان تقاضای آن‌ها در دوره‌های مختلف به صورت اعداد فازی مثلثی در اختیار است. مدل به صورت دوره‌ای در نظر گرفته شده که دوره‌ها می‌تواند به صورت روزانه یا هفتگی باشد. به عبارتی هر روز یا هر هفته به عنوان یک دوره در نظر گرفته شود. در هر دوره یک وسیله‌ی نقلیه از یک انبار مرکزی موقت شروع به حرکت می‌کند و پس از ملاقات انبارهای منطقه‌ای به همان انبار مرکزی برگشت می‌کند. لازم به ذکر است که یک وسیله‌ی نقلیه در هر دوره می‌تواند چندین سفر داشته باشد به این شرط که مدت سفرهای آن از محدودیت زمان در دسترس تجاوز نکند.

۳-۱ فرضیات مدل

- ✓ در نظر گرفتن مساله در چندین دوره‌ی برنامه‌ریزی.
- ✓ در نظر گرفتن چندین منطقه برای استقرار انبار مرکزی موقت و چندین انبار منطقه‌ای که در مناطق آسیب‌دیده قرار دارد و در حکم نقاط تقاضا می‌باشد.
- ✓ یک وسیله‌ی نقلیه در هر دوره می‌تواند چندین سفر داشته باشد.
- ✓ هر سفر از انبار مرکزی شروع شده، پس از تحویل کالا به یک‌سری انبار منطقه‌ای مجدد، به همان انبار مرکزی برگشت کند.
- ✓ در نظر گرفتن چند نوع وسیله‌ی نقلیه.
- ✓ مدت زمان مجاز برای استفاده از هر نوع وسیله‌ی نقلیه در یک دوره محدود است.
- ✓ در نظر گرفتن چند نوع کالا.
- ✓ حداکثر تعداد انبار مرکزی موقتی که می‌تواند در یک دوره فعال باشد محدود است.

۳-۲ شناسگرهای مدل

i , j: اندیس مربوط به مناطق آسیب‌دیده و انبارهای مرکزی موقت

i_1 : اندیس مربوط به مراکز تامین کننده کالا

t : اندیس مربوط به دوره‌ی زمانی

m: اندیس مربوط به وسیله‌ی نقلیه

c: اندیس مربوط به کالا

v: اندیس مربوط به مسیر

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]

۳-۳ پارامترهای مدل

$\tilde{d}_{ict}$: مقدار تقاضای منطقه‌ی آسیب‌دیده i برای کالای c در دوره‌ی t

$Wcap_{wmt}$: ظرفیت وزنی وسیله‌ی نقلیه m از انبار w در دوره‌ی t

$Vcap_{wmt}$: ظرفیت حجمی وسیله‌ی نقلیه m از انبار w در دوره‌ی t

$\tilde{w}_{wmijt}$: فاصله‌ی زمانی بین دو گره i و j با وسیله‌ی نقلیه m ام مربوط به انبار مرکزی w در دوره‌ی t

$\tilde{c}_{wmijt}$: هزینه‌ی جابه‌جایی بین دو گره i و j با وسیله‌ی نقلیه m ام مربوط به انبار مرکزی w در دوره‌ی t

$\tilde{c}'_{i,wct}$: هزینه‌ی تخصیص هر واحد کالای c از مرکز تامین i_1 به انبار مرکزی موقت w در دوره‌ی t

$i\tilde{n}v_{i,ct}$: موجودی کالای c در مرکز تامین i_1 در دوره‌ی t

LT_{wmt}: مدت زمان بارگیری وسیله‌ی نقلیه m در انبار w در دوره‌ی t

α_c : مدت زمان تخلیه‌ی هر واحد کالای c

nw_t : حداکثر تعداد انبارهای فعال در در دوره‌ی t

q_w : هزینه‌ی راه‌اندازی انبار w

p_c : هزینه‌ی کمبود هر واحد کالای c

h_{wmt} : مدت زمان کاری مجاز وسیله‌ی نقلیه m از انبار w در دوره‌ی t

$I = \{k+1, k+2, ..., k+n\}$: مجموعه‌ی نقاط آسیب‌دیده

$M_{wt} = \{1, 2, ..., m_{wt}\}$: مجموعه وسایل نقلیه در دوره‌ی t در انبار w

m_{wt}: تعداد وسایل نقلیه در انبار w در دوره‌ی t

$C = \{1, 2, ..., c\}$: مجموعه‌ی انواع کالاها

$I_1 = \{1, 2, ..., i_1\}$: مجموعه‌ی تمام مراکز تامین

$T = \{1, 2, ..., t\}$: تعداد دوره‌های افق برنامه‌ریزی

$I' = \{1, 2, ..., K, K+1, ..., k+n, k+n+1, k+n+2, ..., k+n+k\}$: مجموعه‌ی تمام مناطق آسیب‌دیده و انبارهای مرکزی

$W = \{1, 2, ..., k\}$: مجموعه‌ی انبارهای مرکزی

$Mbig$: عدد بسیار بزرگ

۴-۳ متغیرهای تصمیم مدل

x_{wijmvt} : اگر وسیله‌ی نقلیه m که از انبار w شروع شده است، در سفر v در دوره‌ی t از گره i به گره j حرکت کند ۱ و در غیر این‌صورت ۰ است.

$x'_{i,wct}$: مقدار کالای c تخصیص داده شده از مرکز تامین i_1 به انبار مرکزی موقت w در دوره‌ی t

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]

$time_{wmivt}$: زمان رسیدن وسیله‌ی نقلیه m به منطقه‌ی آسیب‌دیده i در سفر v در دوره‌ی t که از انبار w شروع می‌شود.

d'_{wicmvt} : میزان تقاضای برآورده شده منطقه‌ی آسیب‌دیده i از کالای c در سفر v از دوره‌ی t با وسیله‌ی m که از انبار w شروع شده است.

inv'_{ict} : موجودی مازاد کالای c از دوره‌ی t به دوره‌ی $t+1$ در انبار i

y_{wt}: اگر انبار مرکزی w در دوره‌ی t فعال باشد ۱ و در غیر این‌صورت ۰ است.

de_{ict}: تقاضای برآورده نشده که از دوره‌ی t به دوره‌ی $t+1$ منتقل می‌شود.

۳-۵ مدل ریاضی پیشنهاد شده

$$\min f_1 = \sum_{t\in T}\sum_{i_1\in I_1}\sum_{w\in W}\sum_{c\in C}\tilde{c}'_{i,wct}x'_{i,wct} + \sum_{t\in T}\sum_{w\in W}\sum_{m\in M_{wt}}\sum_{j\in I\setminus\{1,2,\dots,k\}}\sum_{i\in I\setminus\{n+k+1,\dots,n+2k\}}\sum_{v\in TR}\tilde{c}_{wmijt}x_{wmijvt} + \sum_{w\in W}\sum_{t\in T}\max(0, y_{wt} - \sum_{l=1}^{t-1} y_{wl})q_w + \sum_{t\in T}\sum_{c\in C}\sum_{i\in I}(de_{ict})\times p_c \quad (1)$$

$$\min f_2 = \sum_{w\in W}\sum_{t\in T}\sum_{v\in TR}\sum_{i\in I}\sum_{m\in M_{wt}} time_{wmivt} \quad (2)$$

$$\max f_3 = \sum_{t\in T}\sum_{c\in C}\min_{i\in I}\left[\frac{\sum_{w\in W}\sum_{m\in M_{wt}}\sum_{v\in TR} d'_{wicmvt}}{\tilde{d}_{ict}}\right] \quad (3)$$

$$\sum_{i\in I} x_{wwimvt} - \sum_{i\in I} x_{wi(k+n+w)mvt} = 0 \qquad \forall m\in M_{wt}, t\in T, v\in TR, w\in W \quad (4)$$

$$\sum_{j\in I\setminus\{i\}} x_{wjimvt} - \sum_{j\in I\setminus\{i\}} x_{wijmvt} = 0 \qquad \forall i\in I, w\in W, m\in M_{wt}, v\in TR, t\in T \quad (5)$$

$$\sum_{i\in I\setminus\{n+k+1,\dots,n+2k\}}\sum_{j\in I\setminus\{1,\dots,k\}} x_{wijmvt} \le \left(\sum_{i\in I} x_{wwimvt}\right)\times Mbig \qquad \forall w\in W, m\in M_{wt}, v\in TR, t\in T \quad (6)$$

$$\sum_{c\in C}\sum_{i_1\in I_1} x'_{i,wct} + \sum_{i\in I\setminus\{n+k+1,\dots,n+2k\}}\sum_{j\in I\setminus\{1,2,\dots,k\}}\sum_{m\in M_{wt}}\sum_{v\in TR} x_{wijmvt} \le Mbig y_{wt} \qquad \forall w\in W, t\in T \quad (7)$$

$$\sum_{i\in I'\setminus\{n+k+1,\dots,n+2k\}}\sum_{j\in I\setminus\{i\}}\sum_{c\in C} wh_c x_{wijmvt} d'_{wjcmvt} \le wcap_{wmt} \qquad \forall w\in W, m\in M_{wt}, t\in T, v\in TR \quad (8)$$

$$\sum_{i\in I'\setminus\{n+k+1,\dots,n+2k\}}\sum_{j\in I\setminus\{i\}}\sum_{c\in C} v_c x_{wijmvt} d'_{wjcmvt} \le vcap_{wmt} \qquad \forall w\in W, m\in M_{wt}, t\in T, v\in TR \quad (9)$$

$$time_{wm(n+k+w)(v-1)t} + LT_{wmt} + \tilde{w}_{wmwjt} + \sum_{c\in C}\alpha_c d'_{wjcmvt} - (1 - x_{wwjmvt})Mbig \le time_{wmjvt} \quad (10)$$

$$\forall w\in W, j\in I'\setminus\{1,\dots,k\}, m\in M_{wt}, v\in TR, t\in T$$

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]

$$time_{wmivt} + \tilde{w}_{wmijt} + \sum_{c\in C} \alpha_c d'_{wjcmvt} - \left(1 - x_{wijmvt}\right) Mbig \le time_{wmjvt} \quad (11)$$

$$\forall w \in W, i \in I' \setminus \{n+k+1,...,n+2k\}, j \in I' \setminus \{1,...,k\}, m \in M_{wt}, v \in TR, t \in T$$

$$time_{j-n-kmjvt} \le h_{(j-n-k)mt} \qquad \forall v \in TR, t \in T, j \in \{n+k+1,...,n+2k\}, m \in M_{(j-n-k)t} \quad (12)$$

$$inv'_{wct} = \sum_{i_1 \in I_1} x'_{i_1wct} + inv'_{wc(t-1)} y_{w(t-1)} - \sum_{i\in I} \sum_{m\in M_{wt}} \sum_{v\in TR} d'_{wicmvt} \qquad \forall c \in C, t \in T, w \in W \quad (13)$$

$$de_{ict} = \tilde{d}_{ict} + de_{ict-1} - \sum_{w\in W} \sum_{m\in M_{wt}} \sum_{v\in TR} d'_{wicmvt} \qquad \forall i \in I, c \in C, t \in T \quad (14)$$

$$d'_{wjcmvt} \le \tilde{d}_{jct} \sum_{i\in I' \setminus \{n+k+1,...,n+2k\}} x_{wijmvt} \qquad \forall w \in W, j \in I, c \in C, m \in M_{wt}, v \in TR, t \in T \quad (15)$$

$$\sum_{w\in W} x'_{i_1wct} \le i\tilde{n}v_{i_1ct} \qquad \forall t \in T, c \in C, i_1 \in I_1 \quad (16)$$

$$\sum_{j\in I} x_{wwjmvt} \le 1 \qquad \forall m \in M_{wt}, w \in W, v \in TR, t \in T \quad (17)$$

$$Time_{wmwvt} \ge Time_{wm(n+k+w)(v-1)t} \qquad \forall m \in M_{wt}, w \in W, v \in TR, t \in T \quad (18)$$

$$Time_{wmwvt} \le Time_{wm(n+k+w)vt} \qquad \forall m \in M_{wt}, w \in W, v \in TR, t \in T \quad (19)$$

$$\sum_{t\in T} \sum_{v\in TR} \sum_{w\in W} \sum_{m\in M_{wt}} \sum_{i\in W, i\ne w} \sum_{j\in I} x_{wijmvt} = 0 \quad (20)$$

$$\sum_{t\in T} \sum_{v\in TR} \sum_{w\in W} \sum_{m\in M_{wt}} \sum_{i\in I} \sum_{j\in\{n+k+1,...,n+2k\}, j\ne n+k+w} x_{wijmvt} = 0 \quad (21)$$

$$\sum_{w\in W} y_{wt} \le nw_t \qquad \forall t \in T \quad (22)$$

$$x_{wijmvt} \in \{0,1\} \qquad \forall w \in W, i \in I', j \in I', m \in M_{wt}, v \in TR, t \in T \quad (23)$$

$$inv'_{jct} \ge 0 \quad \&\text{integer} \qquad \forall j \in \{1,...,k\}, c \in C, t \in T \quad (24)$$

$$de_{ict} \ge 0 \quad \&\text{integer} \qquad \forall i \in I, c \in C, t \in T \quad (25)$$

$$d'_{wicmvt} \ge 0 \quad \&\text{integer} \qquad \forall w \in W, i \in I, c \in C, m \in M_{wt}, v \in TR, t \in T \quad (26)$$

$$y_{wt} \in \{0,1\} \qquad \forall w \in W, t \in T \quad (27)$$

$$time_{wmjvt} \ge 0 \qquad \forall w \in W, j \in I, m \in M_{wt}, v \in TR, t \in T \quad (28)$$

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]

$$x'_{i,wct} \geq 0 \qquad \forall w \in W, t \in T, c \in C, i_1 \in I_1 \qquad (۲۹)$$

مدل ریاضی پیشنهاد شده، دارای سه تابع هدف می‌باشد. تابع هدف (۱) جهت مینیمم کردن هزینه‌های سیستم شامل هزینه‌ی راه‌اندازی انبارهای مرکزی موقت و هزینه جابه‌جایی کالا و هزینه‌ی کمبود کالا است و تابع هدف (۲) جهت مینیمم کردن جمع زمان‌های رسیدن به مناطق آسیب‌دیده است. تابع هدف (۳) جهت رعایت انصاف در توزیع کالاست که در آن باید حداقل نسبت کالای دریافتی به تقاضای واقعی، ماکزیمم گردد. تابع هدف (۲) و (۳) برای تسریع در ارایه‌ی خدمات و هم‌چنین عدالت در توزیع کالا برای افزایش رضایت‌مندی آسیب‌دیدگان ارایه شده است.

مدل ریاضی ارایه شده دارای محدودیت‌های (۴) تا (۲۹) است. محدودیت (۴) مربوط به شروع و پایان هر مسیر سفر بوده، تضمین می‌کند که هر مسیر از یک انبار شروع شده، به همان انبار ختم گردد. محدودیت (۵) بیان می‌کند که ورودی و خروجی به هر منطقه در هر دوره با هم برابر است و به نوعی پیوستگی مسیر را تضمین می‌کند و باعث می‌شود هر وسیله‌ی نقلیه پس از ورود به یک منطقه حتما از آن خارج شود. محدودیت (۶) بیان می‌کند که یک منطقه در صورتی می‌تواند با یک وسیله‌ی نقلیه دیده شود که آن وسیله از انبار مربوط خارج شده باشد. محدودیت (۷) نشان می‌دهد که در صورتی می‌توان از مراکز تامین به یک انبار مرکزی موقت و یا از انبار مرکزی موقت به مناطق آسیب دیده کالا ارسال کرد که آن انبار مرکزی موقت در آن دوره فعال باشد. محدودیت (۸) تضمینی برای رعایت ظرفیت وزنی وسایل نقلیه است و محدودیت (۹) تضمینی برای محدودیت حجمی وسایل نقلیه می‌باشد. محدودیت‌های (۱۰) و (۱۱) رابطه‌ی بین زمان رسیدن به نقاط تقاضایی که با هم در ارتباط هستند نمایش می‌دهد و هم‌چنین از ایجاد زیر تورها جلوگیری می‌کند. محدودیت (۱۲) بیان‌کننده‌ی محدودیت در مدت زمان کارکرد یک وسیله‌ی نقلیه در یک دوره می‌باشد و بیان می‌کند که زمان رسیدن به یک انبار با وسیله‌ی نقلیه باید کمتر از مدت زمان کارکرد آن وسیله نقلیه باشد. به عبارت دیگر در یک دوره از یک وسیله‌ی نقلیه بیش‌تر از مدت زمان کارکرد مجاز آن استفاده نشود.

محدودیت (۱۳) جهت تعیین تعادل موجودی کالاهای مراکز توزیع موقت در دوره‌های مختلف است؛ یعنی میزان کالای منتقل شده از دوره‌ی قبل در یک مرکز توزیع به‌علاوه‌ی میزان کالای ورودی از مراکز تامین به آن مرکز توزیع برای هر نوع کالا برابر میزان کالای منتقل شده از آن مرکز توزیع به مناطق آسیب دیده به‌علاوه‌ی کالای منتقل شده به دوره‌ی بعد در آن مرکز توزیع باشد. محدودیت (۱۴) جهت تعیین و مشخص نمودن تقاضاهای برآورده نشده‌ی هر منطقه‌ی آسیب‌دیده در هر دوره است. محدودیت (۱۵) نشان می‌دهد که در صورتی منطقه‌ی آسیب‌دیده j با وسیله‌ی m در سفر v از دوره‌ی t کالا دریافت می‌کند که وسیله‌ی نقلیه‌ی m در سفر v از دوره‌ی t به منطقه‌ی j وارد شود. محدودیت (۱۶) بیان می‌کند که از هر مرکز تامین در هر دوره حداکثر به اندازه موجودی آن مرکز، کالا خارج شود. محدودیت (۱۷) می‌گوید که می‌توان از وسیله‌ی نقلیه‌ی m در انبار i استفاده نکرد. به عبارت دیگر اجباری در استفاده از کلیه‌ی وسایل نقلیه وجود ندارد. محدودیت (۱۸) پیوستگی

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]

زمانی سفرها را نشان می‌دهد؛ یعنی هر سفر که به پایان می‌رسد، سفر بعدی از لحاظ زمانی در ادامه‌ی زمان‌های طی شده تا آن هنگام باشد. محدودیت (۱۹) باعث می‌شود شماره‌ی سفرها پشت سر هم قرار گیرد و اگر احیانا پشت سر هم نباشد مشکلی از لحاظ پیوستگی زمانی پیش نیاید. به عبارتی اگر به عنوان مثال سفر ۱ انجام شده است و سفر بعدی می‌خواهد صورت گیرد، زمان شروع آن سفر در ادامه‌ی سفر یک صورت پذیرد. محدودیت (۲۰) بیان می‌کند که وسیله‌ی نقلیه از انباری که به آن تعلق ندارد حرکت نکند. به عبارت دیگر هر وسیله‌ی نقلیه از انباری حرکت کند که در آن مستقر است. محدودیت (۲۱) می‌گوید اگر وسیله‌ی نقلیه‌ای در سفری از یک دوره به انبار $n+k+w$ ختم می‌شود، از انبار متناظر آن، یعنی انبار w شروع شده باشد نه انبار دیگری. محدودیت (۲۲) بیان‌کننده‌ی حداکثر تعداد انبار مرکزی موقتی است که در دوره‌ی t می‌تواند فعال باشد. محدودیت‌های (۲۳) تا (۲۹) برای تعریف محدوده‌ی مجاز متغیرهای تصمیم می‌باشد.

تابع هدف اول مدل ارایه شده یک تابع با ضرایب فازی مثلثی است؛ بنابراین می‌توانیم آن‌را به سه تابع هدف به صورت زیر تبدیل کنیم:

$$\min f_{11} = \sum_{t\in T}\sum_{i_1\in I_1}\sum_{w\in W}\sum_{c\in C}\left(c^{'u}_{i,wct} - c^{'m}_{i,wct}\right)x^{'}_{i,wct} + \sum_{t\in T}\sum_{w\in W}\sum_{m\in M_{wt}}\sum_{j\in I\setminus\{1,2,\ldots,k\}}\sum_{i\in I\setminus\{n+k+1,\ldots,n+2k\}}\sum_{v\in TR}\left(c^{u}_{wmijt} - c^{m}_{wmijt}\right)x_{wmijvt} + \sum_{w\in W}\sum_{t\in T}\max(0, y_{wt} - \sum_{l=1}^{t-1} y_{wl})q_w + \sum_{t\in T}\sum_{c\in C}\sum_{i\in I}(de_{ict})\times p_c \quad (۳۰)$$

$$\min f_{12} = \sum_{t\in T}\sum_{i_1\in I_1}\sum_{w\in W}\sum_{c\in C}c^{'m}_{i,wct}x^{'}_{i,wct} + \sum_{t\in T}\sum_{w\in W}\sum_{m\in M_{wt}}\sum_{j\in I\setminus\{1,2,\ldots,k\}}\sum_{i\in I\setminus\{n+k+1,\ldots,n+2k\}}\sum_{v\in TR}c^{m}_{wmijt}x_{wmijvt} + \sum_{w\in W}\sum_{t\in T}\max(0, y_{wt} - \sum_{l=1}^{t-1} y_{wl})q_w + \sum_{t\in T}\sum_{c\in C}\sum_{i\in I}(de_{ict})\times p_c \quad (۳۱)$$

$$\max f_{13} = \sum_{t\in T}\sum_{i_1\in I_1}\sum_{w\in W}\sum_{c\in C}\left(c^{'m}_{i,wct} - c^{'l}_{i,wct}\right)x^{'}_{i,wct} + \sum_{t\in T}\sum_{w\in W}\sum_{m\in M_{wt}}\sum_{j\in I\setminus\{1,2,\ldots,k\}}\sum_{i\in I\setminus\{n+k+1,\ldots,n+2k\}}\sum_{v\in TR}\left(c^{m}_{wmijt} - c^{l}_{wmijt}\right)x_{wmijvt} + \sum_{w\in W}\sum_{t\in T}\max(0, y_{wt} - \sum_{l=1}^{t-1} y_{wl})q_w + \sum_{t\in T}\sum_{c\in C}\sum_{i\in I}(de_{ict})\times p_c \quad (۳۲)$$

از آنجا که تابع هدف (۳) غیرخطی است؛ بنابراین ابتدا خطی شده و سپس فازی زدایی می‌گردد. هم‌چنین محدودیت‌های (۱۰)، (۱۱)، (۱۴)، (۱۵) و (۱۶) نیز فازی است که باید فازی زدایی گردد. برای فازی زدایی از روش مرکز ناحیه استفاده می‌شود[۲۰].

$$\max f_4 = \sum_{t\in T}\sum_{c\in C} y_{tc} \quad (۳۳)$$

$$y_{tc} \le \frac{\sum_{w\in W}\sum_{m\in M}\sum_{v\in TR} d'_{wicmvt}}{\tilde{d}_{ict}} \qquad \forall i\in I, t\in T, c\in C \quad (۳۴)$$

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]

$$y_{tc} \le \frac{\sum_{w\in W}\sum_{m\in M}\sum_{v\in TR} d'_{wicmvt}}{\frac{\left(d^{u}_{jct}-d^{l}_{jct}\right)+\left(d^{m}_{jct}-d^{l}_{jct}\right)}{3}+d^{l}_{jct}} \qquad \forall i\in I, t\in T, c\in C \qquad (35)$$

$$time_{wm(n+k+w)(v-1)t}+LT_{wmt}+\frac{\left(w^{u}_{wmwjt}-w^{l}_{wmwjt}\right)+\left(w^{m}_{wmwjt}-w^{l}_{wmwjt}\right)}{3}+w^{l}_{wmwjt}+\sum_{c\in C}\alpha_c d'_{wjcmvt} \qquad (36)$$
$$-\left(1-x_{wwjmvt}\right)Mbig \le time_{wmjvt}$$

$$\forall w\in W, j\in I'\setminus\{1,...,k\}, m\in M_{wt}, v\in TR, t\in T$$

$$time_{wmivt}+\frac{\left(w^{u}_{wmijt}-w^{l}_{wmijt}\right)+\left(w^{m}_{wmijt}-w^{l}_{wmijt}\right)}{3}+w^{l}_{wmijt}+\sum_{c\in C}\alpha_c d'_{wjcmvt}+\left(1-x_{wijmvt}\right)Mbig \le ti_{wmjvt} \qquad (37)$$

$$\forall w\in W, i\in I'\setminus\{n+k+1,...,n+2k\}, j\in I'\setminus\{1,...,k\}, m\in M_{wt}, v\in TR, t\in T$$

$$de_{ict}=\frac{\left(d^{u}_{jct}-d^{l}_{jct}\right)+\left(d^{m}_{jct}-d^{l}_{jct}\right)}{3}+d^{l}_{jct}+de_{ict-1}-\sum_{w\in W}\sum_{m\in M}\sum_{v\in TR} d'_{wicmvt} \qquad \forall i\in I, c\in C \quad t\in T \qquad (38)$$

$$d'_{wjcmvt} \le \left[\frac{\left(d^{u}_{jct}-d^{l}_{jct}\right)+\left(d^{m}_{jct}-d^{l}_{jct}\right)}{3}+d^{l}_{jct}\right]\sum_{i\in I'\setminus\{n+1\}} x_{ijmvt} \qquad \forall w\in W, j\in I, c\in C, \quad m\in M_{wt}, v\in TR, t\in T \qquad (39)$$

$$\sum_{w\in W} x'_{i,wct} \le \frac{\left(inv^{u}_{i,ct}-inv^{l}_{i,ct}\right)+\left(inv^{m}_{i,ct}-inv^{l}_{i,ct}\right)}{3}+inv^{l}_{i,ct} \qquad \forall t\in T, c\in C, i_1\in I_1 \qquad (40)$$

در محدودیت‌های (۸) و (۹) عبارت $x_{wijmvt}d'_{wjcmvt}$ غیر خطی است که با جای‌گذاری $dy_{wijcmvt}$ به جای آن و هم‌چنین اضافه کردن سه محدودیت زیر، خطی می‌گردد.

$$dy_{wijcmvt} \le d'_{wjcmvt} \qquad (41)$$
$$\forall t\in T, w\in W, m\in M_{wt}, i\in I'\setminus\{k+n+1,...,k+n+k\}, j\in I'\setminus\{1,...,k\}, c\in C$$

$$dy_{wijcmvt} \le Mbig.x_{wijmvt} \qquad (42)$$
$$\forall t\in T, w\in W, m\in M_{wt}, i\in I'\setminus\{k+n+1,...,k+n+k\}, j\in I'\setminus\{1,...,k\}, c\in C$$

$$dy_{wijcmvt} \ge d'_{wjcmvt}-Mbig(1-x_{wijmvt}) \qquad (43)$$
$$\forall t\in T, w\in W, m\in M_{wt}, i\in I'\setminus\{k+n+1,...,k+n+k\}, j\in I'\setminus\{1,...,k\}, c\in C$$

محدودیت (۱۳) نیز مانند روش فوق خطی می‌شود.

بدین ترتیب، یک مدل برنامه‌ریزی خطی چندهدفه‌ی قطعی به‌صورت زیر حاصل می‌شود:

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]

MOLP

$$\min Z = (f_{۱۱}, f_{۱۲}, -f_{۱۳}, f_{۲}, -f_{۳}) \quad (۴۴)$$

$$s.t. \quad (۴)-(۹)،(۱۲)،(۱۳)،(۱۷)-(۲۹)،(۳۵)-(۴۳)$$

۳-۶ روش معیار جامع برای حل مسایل چند هدفه

مدل چندهدفه‌ی زیر را در نظر بگیرید

$$\max\left(f_{۱}(x),...,f_{k}(x)\right) \quad (۴۵)$$

$$g_{i}(x) \geq ۰ \quad (۴۶)$$

هر یک از توابع هدف مدل، به طور مستقل در نظر گرفته می‌شود و بر روی محدودیت‌ها، بهینه می‌گردد. فرض کنید که جواب‌های بهینه‌ی مستقل حاصل از هر مساله با $f_i^*(x)$ نمایش داده شود، حال مدل زیر تشکیل می‌گردد.

$$\min F(x) = \left[\sum_{i=۱}^{n} w_i \left|\frac{f_i^*(x) - f_i(x)}{f_i^*(x)}\right|^r\right]^{\frac{۱}{r}} \quad (۴۷)$$

$$g_{i}(x) \geq ۰ \quad (۴۸)$$

در مدل فوق w_i میزان اهمیت تابع هدف مربوطه را نشان می‌دهد که با تصمیم‌گیرنده مشخص می‌شود. بنابراین می‌توان با حل مدل تک هدفه‌ی تولید شده، مدل چند هدفه اولیه را حل کرد [۲۱].

برای حل مدل طراحی شده که یک مساله با سه هدف مختلف با میزان اهمیت متفاوت است از روش معیار جامع که یک رویکرد بسیار مناسب برای حل مدل‌های چند هدفه در چنین حالتی می‌باشد استفاده شده است. دلیل استفاده از این روش وجود چند هدف مختلف با میزان اهمیت متفاوت در مدل مربوطه است. مدل طراحی شده پس از تبدیل به مدل تک هدفه به کمک نرم افزار لینگو حل شده، جواب مساله به‌دست آمده است.

برای اعتبارسنجی مدل طراحی شده، یک مساله کوچک درنظر گرفته شده است. پس از حل آن مساله مشاهده شد که ضمن رعایت کلیه‌ی محدودیت‌های مدل شامل: محدودیت ظرفیت وسایل نقلیه، محدودیت زمانی استفاده از وسایل نقلیه، محدودیت عرضه‌ی کالا در نقاط تامین و سایر محدودیت‌ها، مدل سعی نموده است استقرار مراکز توزیع موقت و هم‌چنین تخصیص کالا از مراکز تامین به مراکز توزیع موقت فعال و هم‌چنین مسیریابی وسایل نقلیه را در دوره‌های مختلف طوری انجام دهد که همزمان بحث هزینه، سرعت توزیع کالا و عدالت در توزیع مورد توجه قرار گیرد که این موضوع نشان از صحت و درستی مدل طراحی شده دارد. در ادامه برای بررسی مدل طراحی شده، مدل مساله براساس اطلاعات مربوط به استان خراسان جنوبی به عنوان یکی از استان‌های حادثه خیز کشور مورد استفاده قرار گرفته است.

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]

٤ حل مدل در مطالعه‌ی موردی

٤-١ تشریح مطالعه‌ی موردی

در این قسمت یک مثال به عنوان مطالعه‌ی موردی ارایه و تشریح می‌شود. در این مثال اطلاعات مربوط به استان خراسان جنوبی در نظر گرفته شده است که در آن با توجه به موقعیت جغرافیایی و پراکندگی جمعیتی استان سه منطقه شامل بیرجند، قاین و فردوس به عنوان نقاط کاندیدا برای استقرار مراکز توزیع موقت که به عنوان مراکزی برای دریافت کالا از مراکز تامین و سپس انتقال کالا برای مناطق آسیب‌دیده است، در نظر گرفته می‌شوند، در هر کدام از این شهرها تعدای وسیله‌ی نقلیه با مشخصات متفاوت در اختیار است و حداکثر تعداد انبار مرکزی که در هر دوره می‌تواند فعال باشد برابر ۲ در نظر گرفته شده است. هم‌چنین ۹ منطقه‌ی آسیب‌دیده وجود دارد که به عنوان نقاط تقاضا عمل می‌کنند. اطلاعات مساله شامل زمان جابه‌جایی بین مناطق مختلف بر اساس اطلاعات واقعی و میزان تقاضای نقاط آسیب‌دیده و موجودی انبارهای مرکزی در دوره‌های مختلف، به صورت تخمینی در نظر گرفته شده است. لازم به ذکر است با توجه به ماهیت عدم قطعیت در داده‌های مساله، آن‌ها را به صورت اعداد فازی مثلثی در نظر می‌گیریم.

شکل (۱) نقشه‌ی مربوط به استان خراسان جنوبی و موقعیت مناطق مختلف را نسبت به هم نشان می‌دهد. جدول (۱) تعداد وسایل نقلیه‌ی موجود در انبارهای مرکزی را به همراه ظرفیت حجمی و وزنی آن‌ها نشان می‌دهد. در جدول (۲)، زمان جابه‌جایی بین مناطق مختلف که به صورت اعداد فازی مثلثی می‌باشد، ارایه شده است و هزینه‌ی جابه‌جایی را نیز متناسب با زمان جابه‌جایی و به صورت اعداد فازی مثلثی در نظر می‌گیریم.



شکل ۱. نقشه‌ی استان خراسان جنوبی

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]

جدول ۱. تعداد و ظرفیت وسایل نقلیه‌ی موجود در انبارهای مرکزی موقت در دوره‌های مختلف

دوره	انبار مرکزی	وسیله‌ی نقلیه	ظرفیت وزنی وسیله‌ی نقلیه (کیلو گرم)	ظرفیت حجمی وسیله‌ی نقلیه (متر مکعب)
۱	۱	۱	۲۴۰۰۰	۸۰
		۲	۱۵۰۰۰	۶۰
	۲	۱	۲۴۰۰۰	۸۰
		۲	۱۵۰۰۰	۶۰
	۳	۱	۱۵۰۰۰	۶۰
		۲	۱۵۰۰۰	۶۰
۲	۱	۱	۲۴۰۰۰	۸۰
		۲	۱۵۰۰۰	۶۰
	۲	۱	۲۴۰۰۰	۸۰
		۲	۱۵۰۰۰	۶۰
	۳	۱	۱۵۰۰۰	۶۰
		۲	۱۵۰۰۰	۶۰
۳	۱	۱	۲۴۰۰۰	۸۰
		۲	۱۵۰۰۰	۶۰
		۳	۲۴۰۰۰	۸۰
	۲	۱	۲۴۰۰۰	۸۰
		۲	۱۵۰۰۰	۶۰
		۳	۲۴۰۰۰	۸۰
	۳	۱	۱۵۰۰۰	۶۰
		۲	۱۵۰۰۰	۶۰
		۳	۱۵۰۰۰	۶۰

جدول (۳) هزینه‌ی تخصیص کالا از مراکز تامین به انبارهای مرکزی موقت را نشان می‌دهد. در مطالعه‌ی انجام شده می‌خواهیم حداکثر دو انبارمرکزی موقت راه اندازی کنیم که کالاها از مراکز تامین به آن‌ها منتقل شده و سپس کالاهای امدادی از انبارهای مرکزی موقت برای مناطق آسیب‌دیده ارسال گردد.

مدل برای حالتی که تعداد دوره‌ی برنامه‌ریزی برابر۳ دوره‌ی ۷۲ ساعتی می‌باشد، در نظر گرفته شده است. هم‌چنین حداکثر مدت زمان مجاز یک وسیله‌ی نقلیه در یک دوره ۳۹۶۰ دقیقه می‌باشد. میزان تقاضای نقاط آسیب‌دیده یا به عبارتی انبارهای منطقه‌ای به صورت اعداد فازی مثلثی در جدول (۴) آمده است.

جدول (۵) نشان‌دهنده‌ی حجم و وزن و زمان تخلیه‌ی کالاهای امدادی است و جدول (۶) موجودی هر نوع کالا در مراکز تامین برای دوره‌های مختلف را نشان می‌دهد که به صورت اعداد فازی مثلثی شد.

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]

جدول ۲. زمان جابه‌جایی بین انبارهای مرکزی و مناطق آسیب‌دیده(دقیقه)

	منطقه ۱ (بیرجند)	منطقه ۲ (قاین)	منطقه ۳ (زیرکوه)	منطقه ۴ (نهبندان)	منطقه ۵ (سربیشه)
انبار مرکزی ۱	(۱۰،۱۲،۱۵)	(۹۶،۱۰۵،۱۱۵)	(۱۲۵،۱۴۳،۱۵۰)	(۱۷۳،۱۹۰،۲۲۰)	(۵۷،۷۰،۸۳)
انبار مرکزی ۲	(۷۶،۸۵،۹۹)	(۱۰،۱۵،۲۰)	(۴۶،۵۳،۶۱)	(۱۸۴،۲۰۳،۲۱۸)	(۹۶،۱۰۵،۱۲۰)
انبار مرکزی ۳	(۱۲۰،۱۲۹،۱۴۸)	(،۹۸،۱۱۴،۱۲۵)	(۱۷۰،۱۸۱،۱۹۴)	(۲۶۰،۲۷۹،۲۹۰)	(۱۷۰،۲۸۱،۱۹۵)
منطقه ۱	۰	(۹۱،۱۰۰،۱۱۴)	(۱۲۰،۱۳۸،۱۴۵)	(۱۸۳،۲۰۰،۲۳۰)	(۶۷،۸۰،۹۳)
منطقه ۲	(۹۱،۱۰۰،۱۱۴)	۰	(۶۱،۶۸،۷۶)	(۱۹۹،۲۱۸،۲۳۳)	(۱۱۱،۱۲۰،۱۳۵)
منطقه ۳	(۱۲۰،۱۳۸،۱۴۵)	(۶۱،۶۸،۷۶)	۰	(۲۶۰،۲۸۵،۲۹۸)	(۱۷۱،۱۸۸،۲۰۰)
منطقه ۴	(۱۸۳،۲۰۰،۲۳۰)	(۱۹۹،۲۱۸،۲۳۳)	(۲۶۰،۲۸۵،۲۹۸)	۰	(۸۹،۹۸،۱۰۹)
منطقه ۵	(۶۷،۸۰،۹۳)	(۱۱۱،۱۲۰،۱۳۵)	(۱۷۱،۱۸۸،۲۰۰)	(۸۹،۹۸،۱۰۹)	۰
منطقه ۶	(۹۷،۱۱۶،۱۲۷)	(۹۰،۹۸،۱۰۷)	(۱۷۰،۱۸۹،۱۹۰)	(۲۵۰،۲۶۳،۲۷۷)	(۱۵۶،۱۶۵،۱۷۶)
منطقه ۷	(۸۰،۹۰،۱۰۸)	(۱۱۲،۱۳۰،۱۴۴)	(۶۲،۶۸،۷۶)	(۱۴۲،۱۶۰،۱۷۸)	(۴۷،۵۰،۶۱)
منطقه ۸	(۲۱۱،۲۲۵،۲۴۰)	(۱۹۰،۲۰۶،۲۲۵)	(۲۵۹،۲۷۴،۲۸۸)	(۳۵۲،۳۷۱،۳۸۸)	(۲۶۱،۲۷۴،۲۹۳)
منطقه ۹	(۱۳۰،۱۳۹،۱۵۸)	(۱۰۸،۱۲۴،۱۳۵)	(۱۸۰،۱۹۱،۲۰۴)	(۲۷۰،۲۸۹،۳۰۰)	(۱۸۰،۱۹۱،۲۰۵)

	منطقه ۶ (سرایان)	منطقه ۷ (اسدیه)	منطقه ۸ (بشرویه)	منطقه ۹ (فردوس)
انبار مرکزی ۱	(۱۰۲،۱۲۱،۱۳۲)	(۷۵،۸۵،۱۰۳)	(۲۱۶،۲۳۰،۲۴۵)	(۱۳۵،۱۴۴،۱۶۳)
انبار مرکزی ۲	(۷۵،۸۳،۹۲)	(۹۷،۱۱۵،۱۲۹)	(۱۷۵،۱۹۱،۲۱۰)	(۹۳،۱۰۹،۱۲۰)
انبار مرکزی ۳	(۱۲،۱۶،۲۰)	(۱۵۶،۱۷۰،۱۸۷)	(۸۸،۹۳،۹۸)	(۸،۱۰،۱۲)
منطقه ۱	(۹۷،۱۱۶،۱۲۷)	(۸۰،۹۰،۱۰۸)	(۲۱۱،۲۲۵،۲۴۰)	(۱۳۰،۱۳۹،۱۵۸)
منطقه ۲	(۹۰،۹۸،۱۰۷)	(۱۱۲،۱۳۰،۱۴۴)	(۱۹۰،۲۰۶،۲۲۵)	(۱۰۸،۱۲۴،۱۳۵)
منطقه ۳	(۱۷۰،۱۸۹،۱۹۰)	(۶۲،۶۸،۷۶)	(۲۵۹،۲۷۴،۲۸۸)	(۱۸۰،۱۹۱،۲۰۴)
منطقه ۴	(۲۵۰،۲۶۳،۲۷۷)	(۱۴۲،۱۶۰،۱۷۸)	(۳۵۲،۳۷۱،۳۸۸)	(۲۷۰،۲۸۹،۳۰۰)
منطقه ۵	(۱۵۶،۱۶۵،۱۷۶)	(۴۷،۵۰،۶۱)	(۲۶۱،۲۷۴،۲۹۳)	(۱۸۰،۱۹۱،۲۰۵)
منطقه ۶	۰	(۱۶۴،۱۷۵،۱۸۶)	(۱۰۰،۱۰۹،۱۲۱)	(۲۲،۲۶،۳۰)
منطقه ۷	(۱۶۴،۱۷۵،۱۸۶)	۰	(۲۵۰،۲۶۳،۲۷۷)	(۱۶۶،۱۸۰،۱۹۷)
منطقه ۸	(۱۰۰،۱۰۹،۱۲۱)	(۲۵۰،۲۶۳،۲۷۷)	۰	(۷۸،۸۳،۸۸)
منطقه ۹	(۲۲،۲۶،۳۰)	(۱۶۶،۱۸۰،۱۹۷)	(۷۸،۸۳،۸۸)	۰

٤-۲- حل مدل طراحی شده

برای حل مدل طراحی شده مراحل زیر انجام شده است.

در مرحله‌ی اول مدلسازی مساله‌ی برنامه‌ریزی چند هدفه صورت می‌گیرد. در مرحله‌ی دوم، تعیین داده های نادقیق از ضرایب تابع هدف و محدودیت ها با توزیع امکان مثلثی صورت می‌گیرد و در مرحله‌ی سوم، محدودیت‌های نادقیق به محدودیت‌های قطعی جدید مطابق معادلات (۳۵) تا (۴۰) تبدیل می‌گردد. سپس در

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]

مرحله چهارم مدل چندهدفه طراحی شده با روش معیار جامع به یک مدل تک هدفه تبدیل و در نهایت مدل تک هدفه به کمک لینگو حل می‌شود.

جدول ۳. هزینه‌ی تخصیص هر واحد کالا از مراکز تامین به انبارهای مرکزی موقت

		انبار مرکزی ۱ (بیرجند)	انبار مرکزی ۲ (قاین)	انبار مرکزی ۳ (فردوس)
مرکز تامین ۱ (مشهد)	کالای ۱	(۳۳۰،۳۴۵،۳۵۷)	(۲۸۰،۲۹۴،۳۰۲)	(۲۸۵،۲۹۵،۳۰۰)
	کالای ۲	(۶۸۰،۷۰۴،۷۲۸)	(۵۲۰،۵۲۸،۵۳۹)	(۵۳۵،۵۴۶،۵۵۹)
مرکز تامین ۲ (زاهدان)	کالای ۱	(۳۰۰،۳۲۰،۳۳۵)	(۳۶۷،۳۷۶،۳۹۰)	(۳۸۵،۳۹۸،۴۰۹)
	کالای ۲	(۶۲۰،۶۵۰،۶۷۰)	(۷۲۰،۷۲۴،۷۳۱)	(۷۵۰،۷۶۱،۷۹۶)
مرکز تامین ۳ (کرمان)	کالای ۱	(۳۶۵،۳۷۸،۳۸۹)	(۴۲۵،۴۳۵،۴۵۸)	(۴۳۰،۴۴۲،۴۴۹)
	کالای ۲	(۷۲۰،۷۳۲،۷۴۸)	(۸۱۰،۸۱۷،۸۲۹)	(۸۲۵،۸۳۴،۸۴۶)

جدول ٤. میزان تقاضای کالا در مناطق آسیب‌دیده (۱۰۰*)

		منطقه ۱ (بیرجند)	منطقه ۲ (قاین)	منطقه ۳ (زیرکوه)	منطقه ۴ (نهبندان)	منطقه۵ (سربیشه)
دوره ۱	کالای ۱	(۱۶۰،۱۶۵،۱۷۰)	(۱۷۰،۱۸۰،۱۹۸)	(۲۲۰،۲۳۰،۲۴۵)	(۲۵،۲۷،۳۰)	(۱۸،۱۸،۲۰)
	کالای ۲	(۱۱۰،۱۱۵،۱۲۵)	(۱۴۰،۱۴۵،۱۵۵)	(۱۵۰،۱۶۰،۱۷۵)	(۲۸،۳۰،۳۳)	(۱۹،۲۰،۲۴)
دوره ۲	کالای ۱	(۱۵۰،۱۵۳،۱۷۸)	(۱۵۰،۱۶۰،۱۶۵)	(۲۲۰،۲۴۰،۲۵۰)	(۲۸،۳۰،۳۱)	(۱۹،۲۰،۲۰)
	کالای ۲	(۱۰۰،۱۰۵،۱۱۲)	(۱۲۰،۱۲۷،۱۳۸)	(۱۶۰،۱۶۵،۱۷۵)	(۳۲،۳۵،۳۸)	(۲۰،۲۵،۲۷)
دوره۳	کالای ۱	(۱۸۰،۱۸۷،۱۸۹)	(۱۹۰،۱۹۵،۲۰۵)	(۲۱۵،۲۲۵،۲۳۵)	(۲۳،۲۵،۲۶)	(۱۷،۱۸،۱۸)
	کالای ۲	(۱۱۵،۱۲۰،۱۲۴)	(۱۴۰،۱۴۲،۱۴۶)	(۱۴۵،۱۵۳،۱۶۰)	(۲۵،۲۷،۲۸)	(۱۹،۲۰،۲۲)

		منطقه ۶ (سرایان)	منطقه ۷ (اسدیه)	منطقه ۸ (بشرویه)	منطقه ۹ (فردوس)
دوره ۱	کالای ۱	(۲۸،۳۰،۳۳)	(۲۱۶،۲۲۵،۲۳۵)	(۲۳،۲۵،۳۰)	(۳۷،۴۰،۴۳)
	کالای ۲	(۲۶،۳۰،۳۴)	(۱۴۵،۱۴۹،۱۵۸)	(۲۵،۲۷،۳۰)	(۴۵،۴۰،۴۰)
دوره ۲	کالای ۱	(۳۰،۳۰،۳۳)	(۱۸۵،۱۹۵،۲۰۰)	(۲۸،۳۰،۳۲)	(۴۰،۴۰،۴۲)
	کالای ۲	(۳۰،۳۲،۳۶)	(۱۴۰،۱۴۴،۱۴۹)	(۳۱،۳۳،۳۶)	(۴۰،۴۵،۴۷)
دوره۳	کالای ۱	(۲۵،۲۷،۳۰)	(۲۲۰،۲۲۴،۲۳۲)	(۲۰،۲۰،۲۴)	(۳۲،۳۵،۳۸)
	کالای ۲	(۲۵،۲۸،۳۰)	(۱۵۲،۱۵۵،۱۶۲)	(۲۲،۲۵،۳۰)	(۳۴،۳۸،۴۰)

مدل با نرم افزار لینگوی ۱۱ و بر روی کامپیوتری با مشخصات intel(r) core(tm) i3 cpu M330@2.13Ghz و 4G RAM حل گردید که نتایج آن در جدول (۷)، (۸) و (۹) آورده شده است. برای استفاده از روش معیار جامع، هر یک از توابع هدف به صورت مستقل حل شده، مقدار بهینه‌ی آن تعیین می‌شود و سپس با در نظر گرفتن ضریب ۰/۱ برای تابع هدف اول و ضریب ۰/۴۵ برای توابع هدف دوم و ضریب ۰/۴۵ برای تابع هدف

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]

سوم بر اساس نظر خبرگان و کارشناسان، و هم‌چنین در نظر گرفتن r =۱ ، مدل، به یک مساله‌ی تک هدفه تبدیل شده است. ضرایب فوق بیانگر این است که در این مساله زمان رسیدن به مناطق آسیب‌دیده و عدالت در توزیع از اهمیت بیش‌تری نسبت به هزینه برخوردار است.

جدول۵. وزن، حجم و زمان تخلیه‌ی کالاها

کالا	وزن کالاها (کیلو گرم)	حجم کالاها (متر مکعب)	زمان تخلیه(دقیقه)
کالای ۱	۰/۵	۰/۰۰۱۵	۰/۰۲
کالای ۲	۱/۵	۰/۰۰۴	۰/۰۲

جدول (۷) میزان کالاهای تخصیص داده شده از مراکز تامین به مراکز توزیع موقت یا همان انبارهای مرکزی موقت در دوره‌های مختلف را نشان می‌دهد. به عنوان مثال در دوره‌ی اول از مرکز تامین کرمان تعداد ۱۴۲۰۰ واحد از کالای ۱ و تعداد ۹۴۰۰ واحد از کالای ۲ به مرکز توزیع موقت بیرجند تخصیص می‌یابد. هم‌چنین از مرکز تامین زاهدان نیز تعداد ۱۹۸۰۰ واحد از کالای ۱ و تعداد ۱۲۰۰۰ واحد از کالای ۲ به مرکز توزیع موقت بیرجند ارسال می‌شود و در نهایت از مرکز تامین مشهد تعداد ۲۱۰۰۰ واحد از کالای ۱ و ۱۷۰۰۰ واحد از کالای ۲ به مرکز توزیع موقت قاین تخصیص می‌یابد.

جدول ٦. موجودی مراکز تامین دوره‌های مختلف(۱۰۰*)

	کالا	مرکز تامین ۱ (مشهد)	مرکز تامین ۲ (زاهدان)	مرکز تامین ۳ (کرمان)
دوره ۱	کالای امدادی ۱	(۲۰۴،۲۱۱،۲۱۵)	(۱۸۹،۱۹۵،۲۰۹)	(۱۳۷،۱۴۲،۱۴۸)
	کالای امدادی ۲	(۱۶۵،۱۷۰،۱۷۵)	(۱۱۵،۱۱۹،۱۲۶)	(۸۹،۹۴،۹۸)
دوره ۲	کالای امدادی ۱	(۲۶۰،۲۶۵،۲۷۰)	(۲۴۲،۲۵۱،۲۵۹)	(۱۱۲،۱۲۴،۱۳۷)
	کالای امدادی ۲	(۲۲۵،۲۳۷،۲۴۷)	(۱۳۱،۱۳۷،۱۴۶)	(۹۲،۹۸،۱۰۲)
دوره ۳	کالای امدادی ۱	(۳۷۶،۳۹۳،۳۹۸)	(۲۳۷،۲۴۵،۲۵۴)	(۱۴۱،۱۴۹،۱۶۰)
	کالای امدادی ۲	(۲۷۸،۲۸۵،۲۹۰)	(۱۵۳،۱۶۱،۱۶۸)	(۱۰۱،۱۰۸،۱۱۸)

همان‌طور که مشاهده شد سعی شده است مراکز توزیع موقت کالاهی مورد نیاز خود را از نزدیک‌ترین مرکز تامین دریافت نمایند که همین امر باعث کاهش هزینه‌های سیستم و سرعت تامین کالا می‌شود و به نوعی صحت و اعتبار مدل را نشان می‌دهد. در جدول (۸) برای هر وسیله‌ی نقلیه، دنباله‌ی مربوط به مسیر طی شده به این شکل است که عدد ابتدای لیست، نشان‌دهنده‌ی انبار مرکزی موقتی است که وسیله‌ی نقلیه از آن شروع به حرکت می‌کند و عدد انتهایی لیست نیز نشان‌دهنده‌ی انبار مرکزی موقتی می‌باشد که وسیله‌ی نقلیه به آن برگشت می‌کند. همان‌طور که در جدول نشان داده شده است، یک وسیله‌ی نقلیه می‌تواند در یک سفر از یک دوره از انبار مرکزی موقت شروع به حرکت کند و دنباله‌ای از مناطق آسیب‌دیده را طی و پس از پوشش درصدی از تقاضای

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]

انبارهای منطقه‌ای در همان دوره به انبار مرکزی موقت برگشت کند و در صورت نیاز و داشتن زمان لازم، سفر دیگری را انجام دهد. به عنوان مثال برای دوره‌ی اول وسیله‌ی نقلیه ۱ در سفر اول خود از مرکز توزیع موقت واقع در بیرجند شروع به حرکت می‌کند و در طول مسیر به ترتیب شهرهای بیرجند، سربیشه و نهبندان را طی و در نهایت به مرکز توزیع موقت اولیه برگشت کند؛ اما وسیله‌ی نقلیه ۲ مستقر در مرکز توزیع موقت بیرجند دو سفر انجام می‌دهد، در سفر اول از بیرجند شروع کرده، به شهر اسدیه می‌رود و سپس به مرکز توزیع اولیه برمی‌گردد و در ادامه در سفر دوم خود از بیرجند به اسدیه رفته، از آنجا به زیرکوه می‌رود و در نهایت به بیرجند برمی‌گردد. با توجه به فاصله‌ی زمانی بین مناطق مختلف مشاهده می‌شود که مدل سعی می‌کند مسیریابی وسایل نقلیه را طوری انجام دهد که در کم‌ترین زمان ممکن مناطق اسیب‌دیده کالای مورد نظر خود را دریافت کنند که این موضوع نیز صحت ودرستی مدل طراحی شده را به خوبی نشان می‌دهد. در جدول (۸) هم‌چنین میزان کالایی را که وسیله‌ی نقلیه در هر سفر از یک دوره باید به همراه داشته باشد تا بتواند میزان درصد تعیین شده از تقاضای مناطق آسیب‌دیده را برآورده سازد، نشان داده شده است. برای تعیین میزان کالایی که در هر منطقه باید تحویل گردد می‌توان از جدول (۹) استفاده کرد.

جدول۷. میزان کالاهای جابه‌جا شده از مراکز تامین کالا به مراکز توزیع موقت (۱۰۰*)

			بیرجند	قاین	فردوس
دوره ۱	کالای ۱	کرمان	۱۴۲		
		زاهدان	۱۹۸		
		مشهد		۲۱۰	
	کالای ۲	کرمان	۹۴		
		زاهدان	۱۲۰		
		مشهد		۱۷۰	
دوره ۲	کالای ۱	کرمان	۱۲۴		
		زاهدان	۲۵۱		
		مشهد		۲۶۵	
	کالای ۲	کرمان	۹۷		
		زاهدان	۱۳۸		
		مشهد		۲۳۶	
دوره ۳	کالای ۱	کرمان	۱۵۰		
		زاهدان	۲۴۵		
		مشهد		۳۸۹	
	کالای ۲	کرمان	۱۰۹		
		زاهدان	۱۶۱		
		مشهد		۲۸۴	

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]

به عنوان مثال برای تعیین میزان کالای نوع ۱ که باید در دوره‌ی اول به منطقه‌ی سربیشه تحویل گردد برابر ۵۷/۹٪ از میزان تقاضای آن منطقه می‌باشد که تقریبا برابر ۱۰۴۲ واحد کالاست. هم‌چنین میزان کالای نوع ۲ که باید در دوره‌ی اول به سربیشه تحویل گردد ۵۵/۶٪ از تقاضای آن می‌باشد که تقریبا برابر ۱۱۱۲ واحد کالاست. برای به‌دست آوردن سایر مقادیر نیز به همین صورت عمل می‌شود. با توجه به اینکه موجودی مراکز تامین از کل تقاضاهای مناطق آسیب‌دیده کم‌تر است بنابراین همه‌ی تقاضاها برآورده نمی‌شود، بلکه بر اساس اصل توزیع عادلانه‌ی کالاها سعی می‌شود مناطق آسیب‌دیده به صورت متوازن کالا دریافت کنند.

جدول (۹) نشان می‌دهد که هر یک از مناطق آسیب‌دیده چه درصدی از تقاضای خود را در دوره‌ی مربوطه دریافت می‌کند. مثلا در دوره‌ی اول منطقه‌ی آسیب‌دیده (یک) ۵۸/۲٪، منطقه‌ی آسیب‌دیده (دو) ۵۷/۹٪، منطقه‌ی آسیب‌دیده (سه) ۵۷/۸٪، منطقه‌ی آسیب‌دیده (چهار) ۵۹/۳٪، منطقه‌ی آسیب‌دیده (پنج) ۵۷/۹٪، منطقه‌ی آسیب‌دیده (شش) ۶۰٪، منطقه‌ی آسیب‌دیده (هفت) ۵۷/۸٪، منطقه‌ی آسیب‌دیده (هشت) ۵۷/۷٪ و منطقه‌ی آسیب‌دیده (نه) ۶۰٪ از میزان تقاضای کالای نوع اول را دریافت می‌کنند. همان‌طور که در جدول (۹) مشاهده می‌شود در هر دوره سعی بر این است که مناطق آسیب‌دیده به صورت متوازن و بر اساس شرط عدالت در توزیع، کالاهای مختلف را دریافت کنند. بررسی اعداد فوق نشان می‌دهد که مدل سعی کرده است بر اساس تابع هدف سوم خود، کالای امدادی را تقریبا به صورت منصفانه و عادلانه و به نسبت مساوی بین مناطق آسیب‌دیده توزیع کند که همین امر به درستی بیانگر صحت مدل طراحی شده می‌باشد.

۵ نتیجه‌گیری و تحقیقات آتی

فعالیت‌های لجستیکی در مدیریت زنجیره‌ی امداد یکی از اقدامات مهم و اساسی در فاز پاسخ مدیریت زنجیره‌ی امداد می‌باشد و برنامه‌ریزی مناسب در این حوزه می‌تواند موجب افزایش کارایی در مواجهه با بلایا گردد. در این تحقیق یک مدل برنامه‌ریزی چند هدفه برای مکانیابی انبارهای مرکزی موقت و مسیریابی وسایل نقلیه در لجستیک امداد بلایا توسعه داده شده است که در آن حالت چند انبار مرکزی و چند نوع کالا و چند دوره‌ای بودن مساله مورد توجه قرار گرفت. در این مدل سه هدف اساسی شامل حداقل کردن هزینه، حداقل کردن مجموع زمان‌های رسیدن به مناطق آسیب‌دیده و حداکثر کردن حداقل نسبت تقاضاهای برآورده شده برای رعایت انصاف در توزیع کالاهای امدادی در طول افق برنامه‌ریزی وجود دارد. در نهایت پس از حل مدل، مسیر بهینه به همراه درصد پوشش برای رعایت انصاف در توزیع کالاها حاصل می‌شود. با بررسی نتایج حاصل از مدل طراحی شده مشاهده می‌شود که استقرار مراکز توزیع موقت فعال و نحوه‌ی تخصیص کالا و هم‌چنین مسیریابی وسایل نقلیه به صورتی انجام می‌شود که ضمن حداقل کردن هزینه‌های مربوط به مساله، همزمان سرعت در توزیع و تحویل کالا و هم‌چنین عدالت در توزیع کالا برای مناطق آسیب دیده برای افزایش رضایت آسیب‌دیدگان نیز مورد توجه و نظر قرار گیرد. با توجه به ماهیت عدم قطعیت در شرایط بحران، مدل فرضیات اساسی عدم قطعیت در میزان تقاضا و میزان موجودی کالاها در انبارهای مرکزی را با در نظر گرفتن اطلاعات به صورت فازی مورد توجه قرار داده است. در ادامه مدل پیشنهادی به کمک روش معیار جامع و با در نظر گرفتن

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]

ضرایب مناسب به یک مدل تک هدفه تبدیل شده، سپس به کمک نرم افزار لینگو مدل تک هدفه به‌دست آمده حل گردیده است و یک مطالعه موردی برای استان خراسان جنوبی به عنوان یکی از استان‌های حادثه‌خیز کشور صورت گرفته است.

از آنجا که مدل طراحی شده توسعه‌ای از یک مساله‌ی مکانیابی، تخصیص و مسیریابی است؛ بنابراین یک مساله‌ی NP_Hard می‌باشد و درنتیجه حل آن برای مسائل با ابعاد بزرگ به کمک روش‌های دقیق بسیار زمان‌بر است؛ لذا یکی از مواردی که به عنوان تحقیقات آتی می‌توان در نظر گرفت، ارایه‌ی روش‌های ابتکاری و فراابتکاری جهت تسریع در حل مدل با ابعاد بزرگ می‌باشد. هم‌چنین اضافه نمودن جریمه در هنگام تاخیر و پاداش برای سرعت عمل بازگشت و نیز انعطاف‌پذیری در انبارهای مقصد، می‌تواند به عنوان حالت تعمیم‌یافته مدل فعلی مدنظر قرار گیرد.

جدول۸. نتایج حاصل از اجرای مساله‌ی ارایه شده

دوره	انبار مرکزی موقت	وسیله نقلیه	سفر	مسیر طی شده	میزان کالای ۱ موجود در وسیله نقلیه(۱۰۰*)	میزان کالای ۲ موجود در وسیله نقلیه(۱۰۰*)
۱		۱	۱	۱-۱-۵-۴-۱	۱۲۳	۸۸
	۱	۲	۱	۱-۷-۱	۱۳۱	۵۶
		۲	۲	۱-۷-۳-۱	۸۶	۷۰
	۲	۱	۱	۲-۲-۶-۹-۸-۲	۵۷	۱۳۰
		۲	۱	۲-۲-۳-۲	۱۵۳	۴۰
۲	۱	۱	۱	۱-۷-۵-۴-۱	۱۵۱	۱۰۹
		۲	۱	۱-۱-۱	۱۱۳	۶۲
		۲	۲	۱-۱-۷-۳-۱	۱۱۱	۶۴
		۱	۱	۲-۲-۳-۲	۸۰	۱۰۱
	۲	۲	۱	۲-۲-۲	۱۱۲	۶۲
		۲	۲	۲-۶-۹-۸-۲	۷۳	۷۳
۳		۱	۱	۱-۱-۱	۱۵۱	۹۳
	۱	۲	۱	۱-۷-۵-۴-۱	۱۸۶	۳۸
		۳	۱	۱-۷-۳-۱	۵۸	۱۳۹
		۱	۱	۲-۲-۲	۱۶۱	۱۰۶
	۲	۲	۱	۲-۲-۶-۹-۸-۲	۶۹	۷۷
		۳	۱	۲-۳-۲	۱۵۹	۱۰۱

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]

جدول ۹. درصد پوشش تقاضای انبارهای منطقه‌ای در دوره‌های مختلف

		منطقه۱ (بیرجند)	منطقه۲ (قاین)	منطقه۳ (زیرکوه)	منطقه۴ (نهبندان)	منطقه ۵ (سربیشه)	منطقه ۶ (سرایان)	منطقه۷ (اسدیه)	منطقه ۸ (بشرویه)	منطقه۹ (فردوس)
دوره ۱	کالای ۱	٪۵۸/۲	٪۵۷/۹	٪۵۷/۸	٪۵۹/۳	٪۵۷/۹	٪۶۰	٪۵۷/۸	٪۵۷/۷	٪۶۰
	کالای ۲	٪۵۳	٪۵۲/۴	٪۵۳/۱	٪۵۳/۳	٪۵۵/۶	٪۵۳/۳	٪۵۳	٪۵۵/۶	٪۵۲/۴
دوره ۲	کالای ۱	٪۷۰/۶	٪۷۹/۹	٪۷۰/۵	٪۷۳/۳	٪۷۵	٪۷۱	٪۷۰/۵	٪۷۳/۳	٪۷۰/۷
	کالای ۲	٪۶۶	٪۶۶/۴	٪۶۵/۳	٪۶۵/۷	٪۶۸/۸	٪۶۶/۷	٪۶۶	٪۶۶/۷	٪۶۵/۹
دوره ۳	کالای ۱	٪۸۱/۶	٪۸۱/۷	٪۸۱/۸	٪۸۴	٪۸۳/۳	٪۸۱/۵	٪۸۱/۸	٪۸۵/۷	٪۸۲/۹
	کالای ۲	٪۷۷/۵	٪۷۷/۶	٪۷۷/۸	٪۷۷/۸	٪۸۰	٪۷۸/۶	٪۷۷/۶	٪۸۰/۸	٪۷۸/۴

منابع

[۱۸] برزین‌پور، ف.، صفاریان، م.، تیموری، ا.، (۱۳۹۳). الگوریتم فراابتکاری برای حل مدل برنامه‌ریزی چند هدفه مکانیابی و تخصیص سه سطحی در لجستیک امداد. مجله تحقیق در عملیات و کاربردهای آن، ۱۱(۲)، ۵۰-۲۷.

[1] Thomas, A. S., Kopczak, L. R., (2005). From logistics to supply chain management: the path forward in the humanitarian sector. http://www.fritzinstitute.org/PDFs /WhitePaper/ From Logisticsto.pdf.

[2] Van Wassenhove, L. N., (2006). Humanitarian aid logistics: supply chain management in high gear. Journal of the Operational Research Society, 57, 475–489.

[3] Van Wassenhove, L. N., Pedraza Martinez A. J., (2010). Using OR to adapt supply chain management best practices to humanitarian logistics. International Transactions in operational Research, 19, 307-322.

[4] Knott, R., (1988). Vehicle Routing for Emergency Relief Management: a Knowledge - Based Approach. Disaster, 12, 285–293.

[5] Oh, S., Haghani, A., (1996). Formulation and Solution of a Multi-Commodity, Multi-Modal Network Flow Model for Disaster Relief Operations. Transport. Res., 30, 231–250.

[6] Barbarosoglu, G., Ozdamar, L., Cevik, A., (200). An Interactive Approach for Hierarchical Analysis of Helicopter Logistics in Disaster Relief Operations. European Journal of Operation Research, 140, 118–133.

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

[8] Ozdamar, L., Ekinci, E., Kucukyazici, B., (2004). Emergency Logistics Planning in Natural Disasters. Annals of Operations Research, 129, 217–245.

[9] Nolz, P.C., Semet, F., Doerner, K.F., (2011). Risk approaches for delivering disaster relief supplies, OR Spectrum, 33, 543–569.

[10] Lin, Y. H., 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, 132-145

[11] Berkoune, D., Renaud, J., Rekik, M, Ruiz, A., (2012). Transportation in Disaster Response Operations. Socio-Economic Planning Sciences, 46, 23-32.

[12] Eshghi, K., Najafi, M., (2013). A Logistics Planning Model to Improve the Response Phase of Earthquake, International Journal of Industrial Engineering & Production Management, 23, 401-416.

[13] Beltrami, E. J., Bodin, L. D., (1974). Networks and Vehicle Routing for Municipal Waste collection. Networks, 4(1), 65-94.

[14] Christofides, N., Beasley, J. E., (1984). The Period Routing Problem. Networks, 14(2), 237 – 256.

[15] Rath, S., Gutjahr, W. J., (2011). A math-heuristic for the warehouse location–routing problem in disaster relief. Computers &Operations Research IN Press.

[16] Ngueveu, S. U., Prins, C., Calvo, R. W., (2010). An effective memetic algorithm for the cumulative capacitated vehicle routing problem. Computers & Operations Research, 37, 1877-1885.

[17] Ke, L., Feng, Z. (2013). A two-phase metaheuristic for the cumulative capacitated vehicle routing problem. Computers & Operations Research, 40, 633–638.

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]

[19] Pishvaee, M. S., Torabi, S. A., (2010). A Possibilistic Programming Approach for Closed-Loop Supply Chain Network Design under Uncertainty. Fuzzy Sets and Systems, 161(20), 2668-2683.
[20] Jabal-Ameli, M. S., Bozorgi-Amiri, A., Heydari, M., (2011). A Multi-Objective Possibilistic Programming Model for Relief Logistics Problem. International Journal of Industrial Engineering & Production Management, 22, 65-75.
[21] Rao, S. S., (1996). Engineering optimization: theory and practice, 3rd ed. John Wiley & Sons, New Jers.

[Downloaded from mail.jorlu.ir on 2026-11-28]