حل یک مدل لجستیکی تحویل کالاهای اولویت دار در فاز پاسخگویی به زلزله با استفاده از الگوریتم ژنتیک و روش‌های MODM: مطالعه موردی شهرکرمان

تاریخ دریافت مقاله: مرداد ۱۳۹۵
تاریخ پذیرش مقاله: آبان ۱۳۹۵

[۱]محمد علی فرقانی، [۲]زین العابدین صادقی، [۳]اسماعیل افزون

[۱] استادیار، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان ، کرمان، ایران.
[۲] استادیار، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.
[۳] مسئول مکاتبات. دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت بحران، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران. ایمیل: esmaeelafzoon@yahoo.com

چکیده

اتخاذ تصمیمات صحیح و انجام اقدامات مناسب و بهنگام در هر فاز از چرخه‌ی مدیریت بحران منجر به کاهش خسارات احتمالی در زمان وقوع حادثه و کاهش آسیب پذیری جامعه می‌شود. برای اتخاذ تصمیمات مناسب نیاز به ابزارهای تصمیم‌گیری است. روش‌های تصمیم‌گیری چند هدفه (MODM) از جمله روش‌هایی است که برای انتخاب بهترین گزینه موجود مورد استفاده قرار گرفته و هر روزه بر میزان و گستره استفاده از آنها افزوده می‌شود. به همین منظور در این مطالعه، دو روش جمع وزندار و روش معیار جامع، که دو روش پرکاربرد و از خانواده‌ی روش‌های تصمیم گیری چندهدفه می‌باشند، برای حل یک مدل لجستیکی چند هدفه جهت تحویل کالاهای اولویت دار در عملیات امدادرسانی بحران مورد استفاده قرار می‌گیرد تا از این طریق بتوان تصمیمات مناسبی را برای تحویل کالاهای امدادی به نحوی اتخاذ نمود که مجموع نیازهای براورده نشده کالاها به حداقل ممکن رسد. هم چنین، به علت محدودیت روش دقیق در پاسخ دهی در زمان مناسب با کیفیت مناسب، مطالعه موردی در خصوص بحران زلزله در شهر کرمان با استفاده از الگوریتم ژنتیک مورد بررسی قرار گرفته است که نتایج نشان می دهد در صورت مسیریابی بهینه وسایط نقلیه مذکور و در نظر گرفتن وسایط نقلیه مناسب می توان به تصمیم گیرندگان امر مدیریت بحران در این منطقه مورد مطالعه، جهت افزایش خدمت رسانی در هنگام بحران کمک شایانی کرد. در ضمن، در این مسأله روش معیار جامع نسبت به روش جمع وزن دار عملکرد بهتری دارد.

واژه‌گان کلیدی: تصمیم گیری چندهدفه، لجستیک امدادرسانی، تحویل اولویت دار، روش معیار جامع، روش جمع وزندار.

مقدمه

با توجه به افزایش حوادث غیرمترقبه در سالهای اخیر(عشقی و همکارن،۲۰۰۸)هر ساله میلیون‌ها نفر از مردم تحت تأثیر سوانح و بحران‌های طبیعی و یا غیر طبیعی قرار می‌گیرند و در دهه ی اخیر تعدا افرادی که قربانی شده اند به طور چشم‌گیری افزایش یافته است (توماس و همکاران،۲۰۰۵). لذا با بروز شرایط بحرانی و در نتیجه کاهش توانمندی‌ها به دلیل آسیب دیدگی زیرساخت‌ها، تقاضا برای کالاها و خدمات لجستیکی افزایش می‌یابد چرا که قسمت اعظم مدیریت بحران، چیزی جز مدیریت لجستیک نیست (داگلاس،۱۹۹۷). بنابراین اتخاذ تصمیمات صحیح و انجام اقدامات مناسب و بهنگام در هر فاز، منجر به کاهش خسارات مالی در زمان وقوع حادثه و کاهش آسیب پذیری جامعه خواهد شد. در واقع تصمیم‌گیری به چگونگی انتخاب بهترین گزینه‌های ممکن می‌پردازد به طوری که گزینه منتخب بتواند بهترین نتایج را به همراه داشته باشد. . بسیاری از تصمیمات به اندازه‌ای پیچیده‌اند که فرد تجزیه و تحلیل کننده با فردی که تصمیم نهایی را می‌گیرد؛ متفاوت است. این تحلیل‌گراست که تشخیص دهد از کدام روش را استفاده کند و یا در چه موقعیتی کدام روش را به کار ببرد (جلایی و میرعبداللهی،۲۰۱۱). روش‌های تصمیم‌گیری چند هدفه (MODM[۱]) از جمله روش‌هایی است که برای انتخاب بهترین گزینه موجود مورد استفاده قرار می‌گیرد و هر روزه بر میزان و گستره‌ی استفاده از آنها افزوده می‌شود. بنابراین در چنین شرایطی وجود یک معیار تجربی یا علمی که قادر باشد عملکرد بهتر و نیز صائب بودن جواب‌های حاصل را از اجرای این تکنیک‌ها سنجش نماید؛ بیش از پیش اهمیت می‌یابد. با در نظر گرفتن اهم این مسائل لازم است تا بطور خلاصه به مرور ادبیات تحقیقات کمی که غالباً به بررسی زنجیره‌ای و لجستیکی مدیریت بحران می‌پردازند پرداخته شود.

البته مجموعه تحقیقات تکنیکی صورت گرفته در حوزه مدیریت فاجعه [۲] که سعی در ارائه مفاهیم و مدل‌های کمی جهت ایجاد حداکثر بهبود ممکن در لجستیک امدادی را دارند قدمت چندانی نداشته و شروع از آن از اواخر دهه‌ی ۶۰ میلادی می‌باشد (کانهای و همکاران،۲۰۱۲). یکی از اولین تحقیقات در این حوزه توسط (نات[۳] ،۱۹۸۸) انجام گرفته است که مسأله را با استفاده از برنامه‌ریزی خطی جهت تعیین برنامه‌ی زمانبندی وسایل نقلیه جهت حمل و نقل غذاها در مناطق آسیب دیده مدل نمود که زمینه استفاده از حمل و نقل برای امدادرسانی را حوزه‌ی مدیریت فاجعه فراهم آورد. روز به روز توجه مجامع علمی به بحث لجستیک و مسیریابی در حوزه ی مدیریت بلایا افزوده شده است؛ به طوری که مقاله (کانهای و همکاران ،۲۰۱۲) با فراهم آوردن مروری متمرکز با استفاده از تجزیه و تحلیل محتوا بر روی مدل‌های بهینه سازی سعی در شناسایی شکاف‌های تحقیقاتی را دارد که می تواند به محققان در جهت گیری در تحقیقات آتی کمک شایانی کند.

۱ Multiple Objective Decision Making

۲ Disater Management

۳ Knatt

از جمله تحقیقات صورت گرفته می‌توان به تحقیق اوه و حقانی در سال ۱۹۹۶ اشاره نمود که به ارائه‌ی مدلی جهت حمل و نقل حجم زیادی از کالاهای متفاوت نظیر غذا، لباس، دارو، تجهیزات پزشکی و نیروهای انسانی جهت حداقل کردن مرگ[۴] با چندین نوع وسایط نقلیه برای عملیات امداد پرداخته است. یا (تزنگ و همکاران[۵]،۲۰۰۷) یک سیستم تحویل امدادرسانی با برنامه‌ریزی چند هدفه با هدف افزایش بهره وری و اطمینان از تحویل عادلانه‌ی کالا به تمام نقاط تقاضا را برای یک مورد واقعی ارائه دادند. (سعادت سرشت و همکاران،۲۰۰۹) از برنامه ریزی چندهدفه و جی آی اس برای انتخاب مناطق امن با بخش بندی مسأله به سه مرحله و به کارگیری جی آی اس به عنوان ابزار اصلی برای حل مسأله، گامی نو در راستای توسعه در این حوزه داشتند (جبل عاملی و همکاران،۱۹۹۶). با رویکرد برنامه ریزی امکانی چندهدفه به مدل سازی مسأله سیستم توزیع امداد با تقاضاها و عرضه‌های نادقیق، هزینه‌های راه اندازی و هزینه‌های حمل و نقل نادقیق پرداختند (چانگ و همکاران،۲۰۱۳) یک الگوریتم ترکیبی ژنتیک و جستجوی حریص چند هدفه را برای تنظیم یک برنامه ی زمانبندی لجستیک اضطراری امکان پذیر برای تصمیم گیری ارائه دادند. مدل مذکور تصمیم‌گیران را قادر می‌سازد تا درخواست‌های مختلف تقاضا و الزامات مورد نیاز را برای به دست آوردن یک برنامه‌ی زمانبندی مسیریابی چند قرارگاهی برای تحویل منابع امدادی به یک روش کارا وارد نمایند.

در هر حال بررسی دقیق تر مطالعات مطرح شده که از رویکرد برنامه‌ریزی چندهدفه استفاده نموده‌اند نشان می‌دهد که با توجه به توابع هدف روش حل متفاوتی را اتخاذ نموده‌اند. به طور مثال از آن جایی که (عشقی و نجفی،۲۰۱۳) هدف نجات مصدومان و انتقال سریع آنها به بیمارستان از اهمیت بیشتری نسبت به هدف ارسال کالا برای بازماندگان برخودار است لذا برای حل مدلشان از روش لکسیکوگرافی استفاده نموده‌اند. یا (تزنگ و همکاران ،۲۰۰۷) برای حل مدلشان از روش برنامه ریزی فازی مبتنی بر عملگر max-min استفاده نمودند. هم چنین (جبل عاملی و همکاران،۲۰۱۱) روش برنامه ریزی فازی زیمرمن با استفاده از یک عملگر max-min را برای حل مدلشان باز نویسی کردند. (محمدی و همکاران،۲۰۱۵) با توجه به این که توابع هدف مورد نظرشان هم جنس‌اند، اما مقادیر آنها با هم متفاوت است و هم اندازه نیستند از روش نرمال سازی (روش ترکیبی محدب) به ساده سازی مدل و حل آن می‌پردازند. یعقوبی و همکاران با توجه به اینکه یک بار در خصوص تأسیس مکان‌ها برای یک دوره بلندمدت تصمیم‌گیری می‌شود روش محدودیت اپسیلون[۶] که از روش‌های حل دقیق هست را توصیه می‌نمایند.

نکته‌ای که قابل توجه است این است که در اغلب مسائل واقعی به علت تقابل اهداف مدل، جواب موجهی که یک تابع هدف را بهینه کند نمی‌توان موجب بهینه کردن سایر توابع هدف گردد. لذا تصمیم‌گیران در این وضعیت نیازمند یک جواب کارا و ترجیحی است. اما از آنجایی که در مسائل واقعی تولید مجموعه‌ای از جواب‌های مناسب و ارائه اطلاعات آن به مدیران سودمندتر است نیز روش معیار جامع که جز روش‌های ترجیحی است مورد استفاده قرار می‌گیرد. گاه در مسائل با اهدافی با میزان اهمیت متفاوت روبرو هستیم، از این رو، روش مجموع وزندار را که از مزایای آن می‌توان به توانایی تولید مجموعه‌ای از جواب‌های چیره ناپذیر برای تصمیم‌گیرنده است.

حال با توجه به اهمیت تصمیم‌گیری در عملیات لجستیکی در هنگام وقوع حوادث و تأثیری که طراحی یک شبکه‌ی توزیع مناسب روی کاهش زمان امدادرسانی به آسیب دیدگان و هزینه‌ی حمل و نقل می‌گذارد. هدف اصلی این پژوهش، بررسی عمکرد دو روش متداول از تکنیک تصمیم‌گیری چند هدفه با رویکرد مسیریابی تورهای بهینه در تحویل کالاهای امدادی اولویت دار است تا موجب بهبود فرآیند تصمیم گیری در طراحی شبکه توزیع کالاهای اولویت دار پس از وقوع سوانح طبیعی شود. در این راستا مدل ریاضی ارائه شده توسط (آقای لین و همکاران[۷]،۲۰۱۱) را مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

در ادامه، باقیمانده‌ی این مقاله به صورت زیر سازماندهی می‌شود: در بخش دوم، به تجزیه و تحلیل مسأله می‌پردازد و مدل لجستیکی چندهدفه بیان می‌گردد. در بخش سوم، مطالعه موردی در خصوص بحران زلزله در شهر کرمان ارائه شده است و روش حل مدل و تحلیل تابع هدف را برای دو حالت جمع وزندار و ال پی متریک با نرم بی‌نهایت در بخش چهارم مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهد. در نهایت در بخش پنجم، به نتیجه‌گیری و جمع بندی می‌پردازد.

مدل لجستیک چند هدفه

در این قسمت به تجزیه و تحلیل مسأله پرداخته می‌شود و مدل ریاضی مورد استفاده بیان می‌گردد.

۱: تجزیه و تحلیل مسأله

در این تحقیق، فرض می‌شود مجموعه‌ای از نقاط آسیب دیده (گره‌های متعددی) به صورت جغرافیایی پراکنده شده‌اند و ارائه خدمات (تحویل کالاهای امدادی) تنها توسط یک انبار مرکزی صورت می‌گیرد. فرض بر این است منابع در انبار مرکزی به صورت نامحدود وجود دارد و تقاضای گره‌های مختلف طی یک افق برنامه‌ریزی شده پیش از شروع برنامه‌ریزی مشخص شده است و برای سادگی مدل سازی، تقاضا در طول همه‌ی دوره‌ی زمانی برنامه‌ریزی شده بدون

۴ Loss of life

۵ Tzeng at el

۶ε-constraint

۷ Lin at el

تغییر فرض شده است. کالاهای اولویت دار مختلف باید از طریق شبکه حمل و نقل به گره‌های مختلف تحویل داده شوند که با توجه به اهمیت کالاها، سطح ضرورت آنها با هم فرق می‌کند. لذا برای هر نوع از کالا، دوره‌ی زمانی مجاز تحویل از پیش تعریف است که انتظار می‌رود یک گره خاص برای دریافت آن کالا منتظر بماند. اگر نتواند کالا را در دوره زمانی مجاز تحویل دهد، هزینه‌ی جریمه برای آن در نظر گرفته می‌شود اگر چه می‌تواند دیرتر هم تحویل داده شود. تأخیر بیشتر در تحویل کالا نیز بر شدت هز ینه جریمه می‌افزاید.

هم چنین، تعداد کاملاً برابری از وسایل نقلیه چندگانه و محدودی برای حمل و نقل کالاهای اولویت دار مورد استفاده قرار گرفته است که این وسایل نقلیه دارای ظرفیت‌های وزنی و حجمی محدودی است. برای هر خودرو، در هر دوره یک تور برای تحویل کالاها به یک یا چند گره اختصاص داده شده است به طوری که هر تور از از انبار مر کزی (دپو[۸]) آغاز می‌گردد و بعد از ارئه خدمت به یک یا چند گره نیز دوباره به دپو باز می‌گردد. کل زمان کاری برای فقط یک دوره‌ی زمانی نیز محدود در نظر گرفته شده است. بنابراین، مجموع کل زمان سفر هر تور نمی‌تواند برای یک وسیله نقلیه نمی‌تواند از ساعت کاری محدود شده تجاوز کند. علاوه بر این، هر گره می‌تواند چندین بار توسط یک وسیله نقلیه تک یا وسایل نقلیه متعدد برای ارائه‌ی خدمات ملاقات گردد و هم چنین، تقاضا می‌تواند به طور کامل یا جزئی در یکبار تحویل ارضا گردد.

۲: پارامترها و متغیرهای تصمیم مدل

الف. مجموعه ها

$I = \{1,2,\dots,\bar{i}\}$: مجموعه ی انواع کالاها و $\bar{i}$ تعداد کل انواع کالاهاست؛

$J = \{1,2,\dots,\bar{j}\}$: مجموعه‌ی گره‌ها و $\bar{j}$ تعداد کل گره‌هاست؛

$K = \{1,2,\dots,\bar{k}\}$: مجموعه‌ی تور و $\bar{k}$ تعداد کل تورهاست؛

$L = \{1,2,\dots,\bar{l}\}$: مجموعه‌ی وسایل نقلیه و $\bar{l}$ تعداد کل وسایل نقلیه است؛

$T = \{1,2,\dots,\bar{t}\}$: مجموعه‌ی دوره‌ها و $\bar{t}$ تعداد کل دوره‌های زمانی برنامه‌ریزی شده است؛

ب. پارامترهای مسیریابی

J_K: مجموعه‌ی گره‌هایی که وسیله نقلیه در تور k ملاقات خواهد کرد؛

t_k: زمان سفر در تور k ام؛

$[0, to_i]$: پنجره‌ی زمانی برای تحویل کالای i بدون هزینه‌ی جریمه، جایی که to_i حداکثر زمان انتظار قابل پذیرش برای دریافت آیتم i است؛

C_k: هزینه ی سفر در تور k ام؛

H: کل ساعت کاری قابل پذیرش در یک تک دوره؛

W: حداکثر وزن بارگیری یک وسیله نقلیه؛

V : حداکثر ظرفیت حجم یک وسیله نقلیه؛

M: یک عدد بزرگ؛

u: شاخص طول مدت تأخیر بعد از حداکثر زمان انتظار قابل پذیرش زمانی که تقاضا درخواست شده، جایی که $\bar{t} - to_i \le u \le \bar{t}, \forall i$؛

v: شاخص دوره‌ی زمانی تحویل سفارش تأخیر داشته تحویل آیتم i ام که می‌تواند بعد از تقاضا درخواست شده در دوره‌ی زمانی t آماده شود، جایی که $t+1 \le v \le t+\bar{t}-to_i, \forall i$؛

پ. پارامترهای تقاضا

D_{ijt}: تقاضای آیتم i در گره ی jدر زمان t ؛

p_{iu}: هزینه جریمه آیتم iاگر سطح شدت تأخیر u هست؛

fp_i: هزینه جریمه آیتم i اگر تقاضای ناراضی بعد از انجام عملیات وجود داشته باشد؛

a_i : وزن هر واحد کالای i؛

b_i : حجم هر واحد کالای i؛

ت. متغیر های تصمیم تحویل

X_{ijklt}: مقدار کالای تحویل شده iدر گره‌ی jروی تور kتوسط وسیله نقلیه lدر دوره‌ی زمانی t به طور فوری بعد از درخواست روی داده ؛

w_{ijklmn} : مقدرا سفارش تأخیر داشته از آیتم i تحویل شده به گره‌ی j روی تور k ام توسط وسیله نقلیه lدر دوره‌ی m برای تقاضا در دوره‌ی n، جایی که $m,n \in T, n < m$؛

S : حداکثر اختلاف سطح خدمات بین هر دو گره؛

s_J: سطح خدمات گره‌ی j؛

ث. متغیرهای تصمیم مسیریابی

۸ Depot

y_{klt}: معادل یک هست زمانی که تور k برای وسیله نقلیه l در دوره‌ی t اختصاص داده شده است و در غیر اینصورت صفر است.

۳: مدل لجستیکی پاسخ به بحران

$$min. \sum_i \sum_j \sum_{u=1}^{\bar{t}-to_i} \sum_{t=1}^{\bar{t}-to_{i-u+1}} (d_{ijt} - \sum_k \sum_l (x_{ijklt} + \sum_{u=t+1}^{t+u} w_{ijklvt})).p_{iu} + \sum_i ((\sum_j \sum_t d_{ijt} - \sum_j \sum_k \sum_l \sum_t (x_{ijklt} + \sum_{m>t,m\in t} w_{ijklmt})).fp_i) \quad (۱)$$

$$min. \sum_k \sum_l C_k \, y_{klt} \quad (۲)$$

$$\min. \ S \quad (۳)$$

$$S \geq s_p - s_q \qquad \forall p,q \in J, p \neq q \quad (۴)$$

$$S \geq s_q - s_p \qquad \forall p,q \in J, p \neq q \quad (۵)$$

$$s_j = \frac{\sum_i \sum_k \sum_l \sum_t (x_{ijklt} + \sum_{m>t,m\in T} w_{ijklmt})}{\sum_i \sum_t d_{ijt}}, \forall j \in J \quad (۶)$$

$$\sum_K t_k y_{klt} \leq H \qquad \forall l, \forall t \in T \quad (۷)$$

$$x_{ijklt} \leq M y_{klt} \qquad \forall i, \forall j \in J_k, \forall k, \forall l, \forall t \quad (۸)$$

$$w_{ijkltn} \leq M y_{klt} \qquad \forall i, \forall j \in J_k, \forall k, \forall l, \forall t, \forall n < t \quad (۹)$$

$$\sum_k \sum_l \sum_t x_{ijklt} + \sum_k \sum_l \sum_{m>t,m\in T} \sum_t w_{ijklmt} \leq \sum_t d_{ijt} \qquad \forall i, \forall j \quad (۱۰)$$

$$\sum_i \sum_j a_i \, (x_{ijklt} + \sum_{n<t,n,t\in T} w_{ijkltn}) \leq W \qquad \forall k, \forall l, \forall t \quad (۱۱)$$

$$\sum_i \sum_j b_i \, (x_{ijklt} + \sum_{n<t,n,t\in T} w_{ijkltn}) \leq V \qquad \forall k, \forall l, \forall t \quad (۱۲)$$

$$x_{ijklt} \geq 0 \qquad \forall i, \forall j \in J_k, \forall k, \forall l, \forall t \quad (۱۳)$$

$$w_{ijklmn} \geq 0 \qquad \forall i, \forall j \in J_k, \forall k, \forall l, \forall m \in T, \forall n \in T \quad (۱۴)$$

$$x_{ijklt} = 0 \qquad \forall i, \forall j \notin J_k, \forall k, \forall l, \forall t \quad (۱۵)$$

$$w_{ijklmn} = 0 \qquad \forall i, \forall j \notin J_k, \forall k, \forall l, \forall m \in T, \forall n \in T \quad (۱۶)$$

$$y_{klt} \in \{0,1\} \qquad \forall k, \forall l, \forall t \quad (۱۷)$$

در این مدل، تابع هدف (۱) یک تابع جریمه است که هدف آن حداقل نمودن میزان تقاضای ناراضی بعد از انجام عملیات امدادرسانی در این دوره‌ی زمانی به ویژه‌ی برای کالا با اولویت بالاتر است. هر کالا فقط می‌تواند در در طول مدت دوره‌ی to_i بعد از دوره‌ی t که آن کالا درخواست شده است تأخیر داشته باشد. اگر تقاضای اولیه‌ی دوره‌ی t دیرتر از دوره‌ی to_i دارای تأخیر باشد، یک جریمه (پنالتی) برای آن در نظر گرفته می‌شود. این تابع هدف دارای دو بخش است. بخش اول (زمان to_i) کل هزینه جریمه تعلق گرفته به طول مدت دوره‌ی برنامه ریزی شده را نشان می دهد که این مجموع هزینه ی جریمه برای سطوح مختلف شدت تأخیر در طول دوره‌ی برنامه‌ریزی شده است. بخش دوم (بعد از p_{iu}) هزینه‌ی جریمه‌ی تعلق گرفته به پایان دوره‌ی زمانی برنامه ریزی شده برای تقاضایی که نمیتواند بعد از پایان عملیات تحویل داده شود و آن تلاش می‌کند تا کالاها با اولویت بالاتر را در پایان عملیات امدادرسانی تحویل دهد.

تابع هدف (۲) به دنبال حداقل سازی مجموع مدت زمان سفر برای همه‌ی تورها و همه‌ی وسایل نقلیه است. در واقع این تابع هدف به دنبال این هست که تعداد زیادی وسایل نقلیه را با توجه به محدودیت زمان کاری به تورها اختصاص دهد تا بیشترین مقدار تحویل کالاها صورت گیرد (با این فرض که میزان تقاضا در سناریوی بحران طبیعی بزرگ خواهد بود). تابع هدف شماره‌ی (۳) نیز مورد استفاده قرار گرفته است تا اختلاف میزان نرخ رضایت بین دو گره را به حداقل برساند. این تابع هدف مصمم هست تا میزان ارائه‌ی خدمات میان گره‌ها را متعادل سازد. واژه‌ی مناسب مورد استفاده برای توصیف این تابع هدف "مطلوبیت"[۹] است.

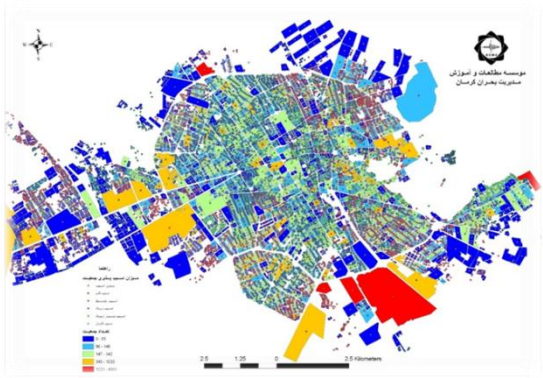
در ضمن در راستای تحقق این اهداف، معادله (۵-۴) مورد استفاده قرار گرفته است تا حداکثر سطح خدمات بین هر دو گره را تعیین کند و در معادله (۶) نرخ رضایت هر گره محاسبه می‌گردد. معادله‌ی (۷) کل زمان سفر مربوط به تمام تورهای اختصاص یافته به هر وسیله نقلیه‌ی منفرد در این دوره که نمی‌تواند بیشتر از ساعات کاری محدود شده در یک دوره در دسترس باشد را نشان می‌دهد. معادله‌ی (۸) و (۹) نشان می‌دهد که تحویل‌ها فقط در صورتی می‌تواند انجام شود که تورهای متناظر آن انتخاب شده باشد. هم چنین، معادله‌ی (۱۰) نشان می‌دهد که کل تحویل‌ها نمی‌تواند از تقاضا در جریان دوره‌ی برنامه‌ریزی شده تجاوز کند. معادله (۱۱) و (۱۲) وزن کل بارگیری مربوط به محدودیت ظرفیت وزن و حجم وسیله نقلیه را مورد توجه قرار می‌دهند. معادله‌های (۱۶-۱۳) مورد استفاده قرار گرفته‌اند تا اطمینان حاصل گردد که وسایل نقلیه فقط می‌توانند روی گره‌های اختصاص داده شده در تورها توقف نموده و کالاها را تحویل دهند. در نهایت، معادله‌ی (۱۷) نشان می‌دهد y_{klt} که یک متغیر باینری است.

۹ Fairness

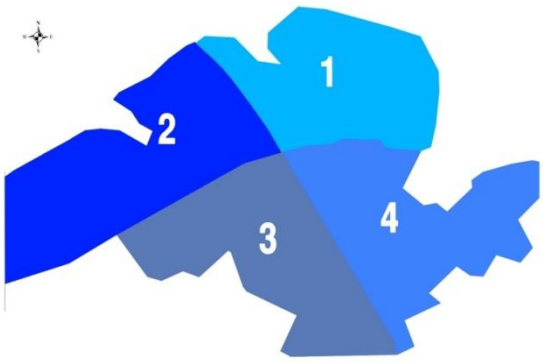
مطالعه موردی

با توجه به این که مدل ریاضی ارائه شده، تحویل کالاهای اولویت دار را مورد توجه قرار داده است، در این قسمت، مدل لجستیکی ارائه شده را برای عملیات امدادرسانی بحران زلزله شبیه سازی شده در منطقه اختیار آباد واقع در ۱۶ کیلومتری شهر کرمان به بزرگی ۶/۳ ریشتر در عمق ۳۰ کیلومتری در مدت زمان نوسان ۱۸ ثانیه به کار می‌گیریم. شهر کرمان در سال مورد نظر دارای ۶۷۷۶۵۰ نفر جمعیت بوده است.

مرکز مطالعات و آموزش مدیریت بحران شهرداری کرمان نرم افزار کارمانیا خطر با استفاده از محیط GIS سناریونویسی و برنامه نویسی نموده است. با استفاده از این نرم افزار می‌توان نقشه‌های آسیب پذیری سازه‌ها و سایر امکانات را تهیه و آمار تلفات و اقلام مورد نیاز امدادرسانی را برآورد نمود. در شکل شماره‌ی ۱، نقشه‌ی آسیب پذیری مناطق شهری شهر کرمان مشخص شده‌اند. طبق شکل شماره‌ی ۲، چهار منطقه شهری شهر کرمان به عنوان نقاط آسیب در نظر گرفته شده است که کالاهای ضروری برای مداوای مجروحان و آب و غذا را میان مردم ناحیه در یک دوره‌ی زمانی ۷ روزه تقسیم می‌کنند. در نتیجه، داده‌ی تقاضا به صورت یک ماتریس ۳ آیتمی، ۴ گره‌ای و دوره زمانی ۷ روزه بدست آمده است. همچنین نقطه‌ای به عنوان محل تقسیم مواد مورد نیاز (دپو) تعریف شده است که در این مسئله به صورت تصادفی تعریف شده است.



شکل (۱) نقشه‌ی آسیب پذیری و میزان تخریب



شکل (۲) خوشه بندی گره‌ها در شهر کرمان بر اساس مناطق شهری

در جدول شماره‌ی ۱، تعدادهای خانوارهای بدون خدمات آب، تعداد خانوارهای آواره که پراکنده شده‌اند و نیاز به غذا دارند و هم چنین تعداد مصدومان نوع اول (سرپایی) که به مداوا نیاز دارند نشان داده شده است. از آنجایی که نرم افزار کارمانیا خطر برآورده‌های صورت گرفته را برای دوره‌ی زمانی یک روزه شبیه سازی می‌کند، داده‌های تقاضا را برای دوره ۷ روزه یکسان در نظر می‌گیریم هر چند که در این مدت زمان شرایط بهبود می‌یابد. دیگر پارامترهای مورد نیاز برای اجرای مدل لجستیکی در جدول شماره‌ی ۲ نشان داده است، برخی از این پارامترها با استفاده از داده‌های واقعی در عمل به دست آمده است (نات و همکاران، ۱۹۸۸)

جدول (۱) میزان تقاضای کالاها در هر گره

آیتم \ گره	۱	۲	۳	۴	جمع
دارو مجروحین نوع اول	۶۱۵۰	۱۱۴۰۰	۹۶۵۰	۶۸۵۰	۳۴۴۴۲
آب	۲۱۶۰۰	۱۲۵۰۰	۲۴۶۰۰	۲۷۶۵۰	۸۶۳۵۰
غذا	۳۱۳۰۰	۲۵۰۰۰	۲۸۸۰۰	۳۳۸۰۰	۱۲۵۲۲۰

جدول (۲) مقادیر سایر پارامترها

پارامتر	وسیله نقلیه	آیتم:(دارو برای مجروحین نوع یک، آب و غذا)			ساعت کاری	دوره زمانی
مقادیر	ظرفیت:11580kg	وزن: 86.5kg	حجم:$0.22m^3$	STW=[0,1]	۱۲ساعت	۷روز
	حجم: $56m^3$	وزن: 400kg	حجم: $4.3m^3$	STW=[0,2]		
		وزن: 700kg	حجم: $2.3m^3$	STW=[0,3]		

۱:رویه حل مدل برنامه ریزی خطی چندهدفه

همان طور که می‌دانید روش‌ها و رویکردهای متفاوتی برای حل مدل تصمیم‌گیری چند هدفه وجود دارد که برخی به تعامل و کسب اطلاعات از تصمیم گیرنده احتیاج ندارند و برخی دیگر به کسب اطلاعات و تعامل با تصمیم گیرنده قبل، حین و بعد از حل مسأله نیازمند هستند. در این مسأله با توجه به مطالعه‌ی موردی و اهمیت نظر تصمیم گیرنده و تولید جواب های چیره ناپذیر، به بررسی کارایی و مقایسه نتایج دو روش معیار جامع و روش جمع وزندار پرداخته می‌شود.

روش معیار جامع یکی از رویکردهای شناخته شده برای مواجه با مسائل چندهدفه می‌باشد که نیازی به کسب اطلاعات از تصمیم‌گیرنده ندارد. منظور از این مجموعه روش‌ها حداقل نمودن انحراف توابع هدف موجود از یک مدل چندهدفه نسبت به یک راه حل ایده آل می‌باشد. مدل یک تصمیم‌گیری چندهدفه بدین قرار است:

$$Min\left(\mathrm{f}_1(x),\mathrm{f}_2(x),...,\mathrm{f}_k(x)\right) \quad (۱۸)$$

$$g_i(x)\geq 0 \quad (۱۹)$$

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

$$MinF(x)=\left[\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{f_i^*(x)-f_i(x)}{f_i^*(x)}\right|^p\right]^{\frac{1}{p}} \quad (۲۰)$$

$$g_i(x)\geq 0 \quad (۲۱)$$

از آن جا که حل مدل‌های برنامه ریزی چند هدفه به مطلوبیت و سلایق تصمیم‌گیران بسیار وابسته است در این تحقیق تنها به تولید یک جواب اکتفا نشده است. بدین منظور با استفاده از روش جمع وزندار؛ با تغییر وزن توابع هدف مجموعه‌ای از جواب های چیره ناپذیر ایجاد گردید و با جواب تولید شده از روش معیار جامع مورد مقایسه قرار می‌گیرد. در روش جمع وزندار، رابطه‌ی فوق به جای توابع هدف قرار می‌گیرد:

$$MinF(x)=\sum_{i=1}^{n}w_i f_i(x) \quad (۲۲)$$

$$g_i(x)\geq 0 \quad (۲۳)$$

که w_i ضرایب اهداف را شامل می‌شود که اهداف را به مقیاس در آورده و به مطلوبیت تبدیل می‌نماید.

۲: روش حل

در دهه‌ی پنجاه و شصت، بهینه سازی بیشتر به مدل‌های خطی و غیرخطی پیوسته، مربوط می‌شد. بهینه‌سازی ترکیبی که مربوط به مسائل بهینه سازی با متغیرهای گسسته می‌شود در دهه‌ی ۷۰ مورد توجه قرار گرفت (باندر و همکاران[۱۰]، ۲۰۰۲).

یک روش ناشیانه برای حل مسائل بهینه‌سازی ترکیبی، شمارش کامل است؛ که در آن برای تمامی ترکیب‌های ممکن، مقدار تابع هدف محاسبه شده و در نهایت، بهترین جواب موجه انتخاب می‌شود. هر چند این شیوه در نهایت به جواب دقیق مساله می‌رسد؛ اما به دلیل زیاد بودن ترکیبات ممکن در مسائل واقعی، عملاً استفاده از آن غیر ممکن است. با توجه به مشکلات مربوط به روش شمارش کامل، تلاش بسیاری برای توسعه‌ی روش‌های موثرتر و کاراتر صورت گرفته است. در همین راستا، الگوریتم‌های مختلفی به وجود آمده است که مشهورترین نمونه‌های آن، شاخه و کران و شمارش ضمنی‌اند.

۱۰ Bander at el

ایده اصلی روش شاخه و کران، تقسیم ناحیه موجه به زیربخش‌های قابل کنترل تر و در صورت نیاز تقسیم آنها به زیر بخش‌های کوچکتر است. در روش عمومی شاخه و کران، برای حل مسائل برنامه‌ریزی مختلط، پس از مشخص شدن مقادیر تعدادی از متغیرهای صحیح، در هر شاخه یک برنامه‌ریزی خطی برای تعیین مقادیر سایر سایر متغیرها حل می‌شود.

روش شمارش ضمنی حالت خاصی از روش شاخه و کران است که در هر شاخه مقادیر تمام متغیرهای صحیح مشخص‌اند. این روش وقتی کارایی دارد که پس از مشخص شدن متغیرهای صحیح، حل باقی مانده‌ی مساله برای برای تعیین متغیرهای پیوسته ساده باشد و نیازی به حل یک برنامه‌ریزی خطی نباشد.

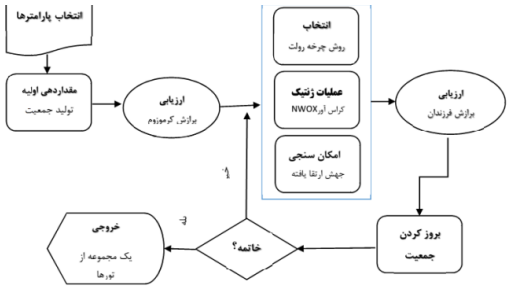
حال همان طور که توضیحاتی پیرامون روش‌های دقیق حل مسائل بهینه سازی ارائه شد. باید توجه داشت که روش های مذکور برای حل مسائل با ابعاد پیچیده کارایی کارایی خود را از دست می‌دهند و عملکردی بهتر از شمارش کامل نخواهد داشت. از سویی دیگر، درک لحظه‌ها در زمان بحران بسیار مهم است و تصمیم‌گیری در مدت زمان مناسب صورت بپذیرد. به دلایل بالا، اخیراً تمرکز بیشتری بر روی روش‌های ابتکاری صورت گرفته است.

روش جستجوی ابتکاری، روشی است که با جستجو در بین جواب‌های ممکن، جوابی خوب (نزدیک به بهینه) در زمانی مطلوب برای مساله ارائه می‌دهد. معمولاً هیچ تضمینی برای بهینه بودن جواب وجود ندارد و حتی نمی‌توان میزان نزدیکی جواب به دست آمده به جواب بهینه را تعیین کرد.

یکی از این روش‌های فرا ابتکاری، الگوریتم ژنتیک است که با ذهنی باز شروع به حل مساله می‌کند چرا که الگوریتم‌های ژنتیک هیچ چیز در مورد مسائلی که حل می‌کنند نمی‌دانند و به همین جهت به آنها، الگوریتم‌های کور[11] گفته می‌شود. هم چنین سرعت همگرایی این الگوریتم از روش‌هایی مانند SA بیشتر است (رگو و همکاران[12]،۲۰۰۵). از آنجا که در این مقاله از الگوریتم ژنتیک برای حل مساله لجستیک امداد مبتنی بر VRP بهره گرفته‌ایم، در قسمت بعد به معرفی کامل این الگوریتم می‌پردازیم.

۳: حل مساله به کمک الگوریتم ژنتیک

ایده اصلی الگوریتم‌های تکاملی در سال ۱۹۶۰ از سوی ریچنبرگ مطرح شد. الگوریتم ژنتیک که منشعب از این الگوریتم‌ها است، در حقیقت روش جستجوی رایانه‌ای بر پایه الگوریتم بهینه‌سازی و براساس ساختار ژن و کورموزم است که به وسیله پروفسور هلند در دانشگاه میشیگان مطرح و پس از وی توسط جمعی از دانشجویان، مانند گلدبرگ در سال ۱۹۸۹ توسعه یافت. الگوریتم ژنتیک از تئوری تکامل طبیعی و تنازع بقا برای حل مسائل الهام گرفته است. یکی از مزیت‌های اصلی این الگوریتم نسبت به سایر روش‌های بهینه‌سازی در این است که الگوریتم GA با جمعیت یا محموعه‌ای از نقاط در یک لحظه خاص کار دارد، در حالی که در روش‌های قدیم بهینه سازی از تنها بر روی یک نقطه خاص عمل می‌گردد. این بدین معناست که الگوریتم ژنتیک تعداد زیادی از طرح‌ها را در یک زمان پردازش می کند. این الگوریتم در ابتدا با مجموعه‌ای از جواب‌های تصادفی (کروموزم) که به آن جمعیت اولیه گفته می‌شود، آغاز و سپس مقدار شایستگی هر کروموزم با توجه به تابع شایستگی تعیین می‌گردد. کروموزم‌های با شایستگی بالاتر شانس بیشتری برای تولید فرزند دارند. همان طور که در شکل ۳ می‌شود این الگوریتم با تولید تعدادی جواب اولیه اقدام به بهینه‌سازی مسئله در طول چند نسل می‌کند. تصادفی بودن الگوریتم باعث می‌شود تا جواب‌های جدید و فضاهای متنوع جواب جستجو شوند و جواب های بهینه استخراج شوند. در پیاده سازی الگوریتم ژنتیک، برای انتخاب کروموزوم‌ها برای انتقال به نسل بعد ما از روش چرخ رولت استفاده کردیم که این روش فاکتور تصادفی بودن را حفظ می‌کند. در این الگوریتم ترکیب رده‌بندی شده غیر پوششی اصلاح شده[13] کیکرلو (لین و همکاران،۲۰۱۱) برای ترکیب نسل ها مورد توجه قرار گرفته شده است و با توجه به ویژگی های کروموزم ارائه شده این ترکیب اصلاح شده است و جهش (جهش وارد شده) به منظور تولید فرزند پردازش می‌شود.



شکل (۳) فلوچارت الگوریتم ژنتیک پیشنهادی

۳. ۱: جمعیت اولیه

الگوریتم ژنتیک به جای کار بر روی متغیرهای مساله، با کد شدن جواب‌ها، یعنی کروموزم‌ها سر و کار دارد. در حقیقت عمل کد کردن جواب‌ها، یکی از اصلی‌ترین کارها در پیاده سازی الگوریتم ژنتیک بر روی مسائل مختلف است. نمونه‌ای از ارائه کروموزم های استفاده در تحقیق ما در شکل ۴ نشان داده شده است. کروموزم‌های در مطالعه ما برای یک مساله لجستیک با ۴ گره طراحی شده است. ردیف اول، ردیف مرجع است که از آن برای نشان دادن تعداد گره‌هایی که در یک تور ملاقات خواهند شد استفاده می‌شود و ردیف دوم، گره‌های حاضر در تور را نشان می‌دهد. به طور مثال در اولین تور فقط گره ۲ ملاقات می شود. لازم به ذکر است عدد "۰"

۱۱ blind watch makers

۱۲ Rego at el

۱۳ modified Non-Wrapping Order Crossove

دپو را نشان می‌دهد. در این مثال تعداد شش تور وجود دارد که عبارتند از: (۰–۲–۰)، (۰–۱–۰)،(۰–۳–۰)،(۰–۳–۴–۰) و (۰–۲–۳–۰) و (۰–۱–۴–۳–۰).

شماره تور :	الف	ب	پ	ت		ث		ج		
ردیف مرجع :	۱	۱	۱	۲		۲		۳		
گره حاضر در تور	۲	۱	۳	۳	۴	۳	۲	۱	۴	۳

شکل (۴) یک مثال از بازسازی کروموزم

در این مقاله یک روند کاملاً تصادفی برای ایجاد جمعیت اولیه (انتخاب تصادفی مکان ژن‌ها با محتوای گره‌های موجود، در کروموزم‌ها) صورت می‌پذیرد که با توجه به تعداد حالات ممکن حداکثر ۴۰ کروموزم را تشکیل می‌دهند.

۳. ۲: عملگر انتخاب

مطابق نظریه تکاملی داروین، جمعیت، بیشتر به داشتن موجوداتی تمایل دارد که با تغییر کروموزم‌های جمعیت، ساختار و رفتار آن تکامل یابد.

در الگوریتم ژنتیک نیز وظیفه اصلی عملگر انتخاب، هدایت الگرویتم به نواحی امید بخش فضای شدنی است. به دلیل آن که در الگوریتم ژنتیک اندازه جمعیت ثابت است، عملگر انتخاب با با شناسایی جواب های خوب، ساختن کپی از آن ها و حذف جواب های بد، علاوه بر حفظ جمعیت، باعث زیاد شدن جواب های خوب در جمعیت نیز می‌شود. روش های مختلفی برای این عمل وجود دارد که می توان به روش های چرخ رولت، انتخاب مسابقه‌ای و انتخاب رتبه‌ای اشاره نمود. در این مقاله از روش چرخ رولت[۱۴] در استفاده شده است.

در این روش که توسط هالند پیشنهاد شد؛ سطح چرخش به بخش هایی تقسیم می شود که تعداد آن ها برابر تعداد اعضای جامعه جاری (والدین و فرزندان) است. سطح هر بخش متناسب با برازندگی جواب متناظر است. چرخ به گردش در می آید و پس از توقف، جواب مقابل پیکان انتخاب می‌شود. این فرایند N بار انجام می‌شود تا جمعیت جدیدانتخاب شود. احتمال انتخاب کروموزم k–ام برابر است با:

$$p_k = \frac{F_k}{\sum_{i=1}^{N} F_i} \qquad (۲۴)$$

که F_k در این فرمول معرف میزان برازندگی کروموزم k– ام است. برای پیاده سازی مدل رولت در کامپیوتر، از یک شبیه سازی به صورت زیر بهره می گیریم:
ابتدا تمام جواب‌های جمعیت به صورت یک دنباله در آورده می شوند و احتمال انتخاب هر یک (یعنی مقدار p_kبرای کروموزم k– ام) محاسبه می‌شود. سپس مقدار احتمال تجمعی (q_k) برای هر جواب از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$q_k = \sum_{i=1}^{k} p_i \qquad (۲۵)$$

با ایجاد عدد تصادفی r در فاصله‌ی $[0,1]$، اندیس k به صورت زیر تعیین می‌شود:

$$k = \min\{j : q_j \geq r\} \qquad (۲۶)$$

به عبارت دیگر، کوچکترین اندیسی که احتمال تجمعی بیشتر از r داشته باشد، انتخاب می‌شود.

۳. ۳. عملگرهای تقاطع و جهش

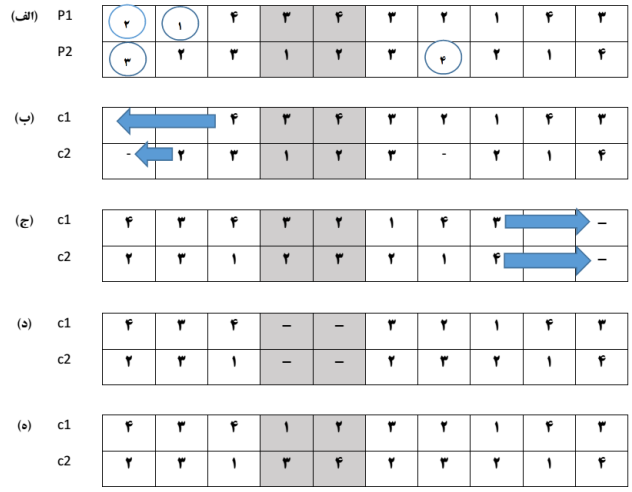
عملگر انتخاب به تنهایی قادر به تولید کروموزم جدید در جمعیت نیست. تولید کروموزم های جدید توسط عملگرهای ژنتیکی به نام تقاطع و جهش صورت می‌پذیرد که ماهیتی احتمالی دارند.

تقریباً تمام عملگرهای تقاطعی، دو کروموزم را به طور تصادفی به عنوان والدین برگزیده و به طور تصادفی به قسمت یا قسمت‌هایی از از دو کروموزم والد را با هم عوض می‌کند. به هر یک از دو کروموزم حاصل یک نوازد گفته می‌شود. عملگر جهش، جهش طبیعی را شبیه سازی می کند و باعث ورود اطلاعات جدید به جامعه می‌شود؛ به این ترتیب که به صورت تصادفی مقدار یک یا چند ژن از یک کروموزم را عوض می‌کند. کروموزم مورد نظر اغلب حاصل فرایند تقاطع است.

در این مقاله با توجه به نوع مساله عملگرهای تقاطع و جهش خاصی استفاده می‌شوند که به نظر می‌رسد که در کوتاه شدن زمان رسیدن به جواب راضی کننده موثر باشند. ترکیب NWOX اصلاحی کیکرلو با کپی کردن والدین p_1و p_2به عنوان دو فرزند c_1 و c_2 شروع می شود. موقعیت a به طور تصادفی از بازه ی $[1,1-\delta]$ انتخاب شده است. δ فاصله کروموزم و $\delta \geq \bar{J}$ و $b = \lfloor (\delta - a)/\bar{J} \rfloor + 1$ فاصله موقعیت بعد از موقعیت a است. فرض می‌شود که $U_1(i)$و $U_2(i)$ به ترتیب ارزش موقعیت iدر والدین p_1و p_2 را نشان می‌دهد. از این رو، ارزش $u_2(a), u_2(a+1), \ldots, u_2(a+b)$ به طور جداگانه از سمت چپ به سمت راست به طور جداگانه در c_1 جستجو می‌گردد و فقط موقعیت "اولین یافته" که ما به دنبال آن ارزش هستیم که به وسیله‌ی "سوراخ" جایگزین می‌گردد همان طور که در شکل ۵ قسمت (b) مشاهده می‌شود. رویکرد مشابه‌ای برای c_2 تکرار می‌نماییم تا سوراخ در اولین موقعیت یافته براساس ارزش $u_1(a)$ تا $u_1(a+b)$ جایگزین شود. سپس، یک حرکت لغزشی انجام می‌شود تا حفره‌ها به سوی موقعیت aتا $a+b$ حرکت کنند. مقادیر بدون حفره به تدریج به سمت چپ می‌روند تا زمانی که همه آنها به طور پیوسته با هم گروه‌بندی شوند. همه مقادیر بدون حفره باقیمانده در این منطقه تا زمان ترک حفره از این منطقه به تدریج به سمت راست می‌روند همان طور که در قسمت (d) شکل ۵ مشاهده

۱۴ Roulette Wheel Selection

می‌شود. سپس، ارزش $u_1(a),u_1(a+1),...,u_1(a+b)$ از والد p_2 در موقعیت $a,a+1,...,a+b$ والد c_1 قرار می‌گیرد. به طور مشابه، ارزش $u_1(a),u_1(a+1),...,u_1(a+b)$ والد p_1 در موقعیت $a,a+1,...,a+b$ فرزند c_2 قرار می‌گیرد همان طور که در قسمت (e) شکل ۵ می‌بینید.



شکل(۵) گام های عملگر تقاطع NWOX اصلاحی کیکرلو

در الگوریتم ژنتیک به کار رفته در مطالعه حاضر، مکانیزم ارزیابی شایستگی بسیار حائز اهمیت می‌باشد که سالم بودن فرزندان تولید شده را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. در صورتی که همه تورهای موجود در این کروموزم معتبر باشند در آن صورت فرزند مورد نظر شایسته خواهد بود. توری معتبر است که یک مکان در بیش از یک تور ملاقات نشده است. علاوه بر این، بر اساس قضایای ۱ و ۲ (که بعداً بیان خواهند شد) ما می توانیم آن تورهایی بیش از یک گره مشترک دارند یا جزو تورهای چرخه‌ای k–جزیی هستند را حذف نماید. مزیت انجام این این عمل جلوگیری از هدر رفتن زمان ارزیابی شایستگی آن تورهایی که در راه حلی در روند بهینه سازی چندهدفه نیستند می‌شود. حال اگر توری نامعتبر در کروموزم وجود داشته باشد با اعمال جهش ارتقا یافته سعی در اصلاح آن تورهای نامعتبر می‌نماییم. جهش ارتقا یافته در این مطالعه نیز به دنبال حذف کردن زمان آن مکان‌ها (گره‌ها) یی است که چندین بار ملاقات شده‌اند و یا باعث نقض قضایای ۱ و ۲ می شود. هم چنین گره‌هایی دیگری در تورها به جای گره های حذف شده به صورت تصادفی جایگزین می‌گردد. این عمل آنقدر تکرار می‌شود تا همه تورها معتبر گردند.

قضیه ۱. یک مجموعه تور بهینه وجود دارد که بیان می‌دارد هیچ دو توری نمی‌تواند بیش از یک گره تحویل جزیی مشترکی[۱۵] داشته باشد.

قضیه ۲. بر اساس ویژگی SDVRP، در مسائل لجستیک چندهدفه، هیچ تور چرخه ای K–جزیی در مجموعه تورهای بهینه Y* برای $K \geq 2$ وجود ندارد[۱۶].

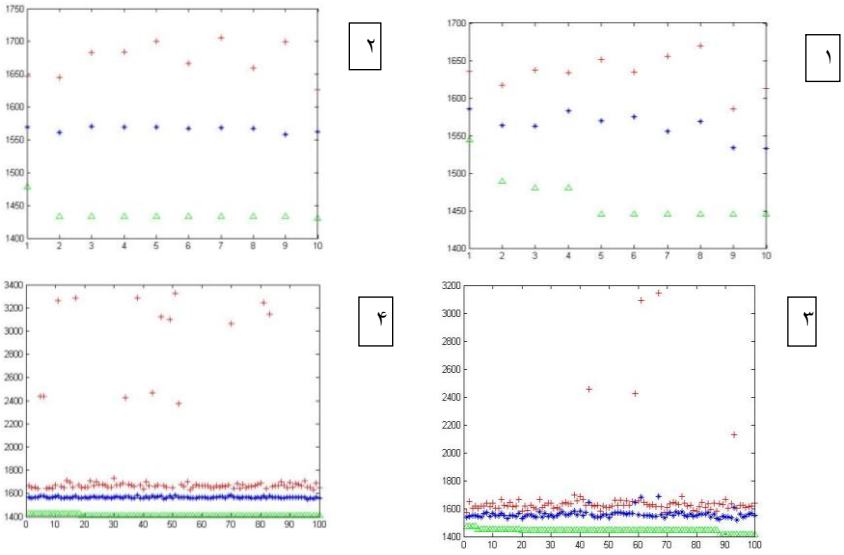
۳. ۴: روند بهینه سازی توسط الگوریتم ژنتیک

با توجه به اطلاعات فوق، مدل مربوطه با استفاده از نرم افزار Matlab 2014a بر روی یک رایانه همراه با حافظه‌ی 4G DDR3 و پردازنده ی سه هسته ای Core(TM) i3-2370M @ 2* 2.40 GHz تحت ویندوز 8.1 Pro اجرا می‌شود.

در زیر سه نمونه از نمودارهای حل مسئله را شاهد هستید. لازم به ذکر است خط افقی نمودارها نشان دهنده تعداد تکرار و محور عمودی نشان دهنده‌ی مقدار تابع هدف است.

۱۵ split delivery node in common

۱۶اثبات قضایای ۱ و ۲ در مقاله ۱۱ آورده شده است.



نمودارهای (۱)، (۲)، (۳) و (۴): روند بهبود الگوریتم برای مقادیر مختلف کروموزم‌ها و نسل‌ها

در نمودار شماره یک ملاحظه می‌کنیم که نحوه همگرایی جواب به مقدار ۱۴۵۰ را شاهد هستید؛ در این نمودار، مثلث‌های سبزرنگ بهترین مقدار تابع هدف استخراج شده را نشان می‌دهند که با پیشرفت الگوریتم و رفتن به سمت تکرارهای آخر این مقدار بهبود یافته است. همچنین ستاره‌های آبی رنگ معرف میانگین مقادیر تابع هدف استخراج شده در تکرار مربوطه است که گرچه نوساناتی دارد ولی دیده می‌شود که این مقدار در حال کاهش است. نقاطی که با علامت به علاوه و با رنگ قرمز نشان داده شده‌اند، بدترین مقدار تابع هدف استخراج شده در تکرار مربوطه هستند. در نمودار بالا الگوریتم برای تعداد ۱۰ کروموزوم و ۱۰ نسل تکرار شده است.

نمودار شماره دو برای تعداد ۱۰۰ کروموزوم و ۱۰ تکرار می‌باشد، همانطور که دیده می‌شود به دلیل افزایش ده برابری تعداد کروموزوم‌ها بهبود در همان گام دوم حاصل شده است و مقدار تابع هدف تقریبا با مقدار حاصل شده در اجرای قبل برابری می‌کند (۱۴۳۰,۵). البته باید در نظر داشت که با توجه به فاکتور تصادفی بودن الگوریتم، مقایسه اجراها به این نحو منطقی نخواهد بود و باید مقادیر بهینه در چندین بار اجرای الگوریتم را در نظر گرفت و میانگین آنها را محاسبه کرد. در این جا برای نشان دادن رفتار الگوریتم و تحلیل نقش عناصر موثر نمودارها را آورده‌ایم.

نمودار شماره سه مربوط به حالتی با ۱۰ کروموزوم و ۱۰۰ نسل بهبود می‌باشد که نهایتاً به مقدار تابع هدف ۱۴۱۵ .۴ منجر شده است.

در نمودار شماره چهار الگوریتم برای ۱۰۰ نسل و ۱۰۰ کروموزوم اجرا شده که مقدار ۱۴۱۱,۳ برای تابع هدف حاصل شده است. گرچه افزایش تعداد کروموزوم‌ها و تعداد نسل‌ها منجر به بهبود تابع هدف شده ولی این بهبود به قدر کافی چشمگیر نیست و افزایش محاسبات و چندبرابر کردن حجم محاسبات به صرفه نخواهد بود. گرچه می‌دانیم که مرتبه محاسبات در روش‌های فراابتکاری جندجمله‌ای است و نمایی نیست، یعنی افزایش این مقادیر منجر به چند برابر شدن زمان اجرا نمی‌شود بلکه به صورت خطی زمان اجرا را افزایش می‌دهد.

همچنین ذکر این نکته ضروری است که در اینجا به دلیل کوچک بودن مسأله، زمانهای اجرای الگوریتم آورده نشده است و این مقدار برای تمامی اجراهای الگوریتم مقداری زیر یک دقیقه می‌باشد.

۴: تحلیل تابع هدف

حال تابع هدف را برای دو حالت جمع وزندار و محاسبه با استفاده از نرم بی نهایت محاسبه می‌گردد و برای هر حالت نتایج حاصل از ده بار اجرای الگوریتم را میانگین گرفته می‌شود تا تأثیر تصادفی بودن نتایج تا حدودی برطرف شود. در کنار مقدار تابع هدف مقدار سطح سرویس را نیز آورده شده است، سطح سرویس بیانگر میزان تقاضای برآورده شده در طول هفت دوره است.

جدول (۳) مقایسه دو روش معیار جامع و جمع وزندار

سطح سرویس	مقدار تابع هدف	نحوه محاسبه تابع هدف
۰/۹۸۴۸	۹۲۵/۴۸	L-P متریک با نرم بی نهایت
۰/۹۷۶۸	۳۶۸/۱۷	جمع وزندار
۰/۹۳۹۳	۴۴۳/۷۷	W1=0.4,W2=0.3,W3=0.3
۰/۹۰۴۰	۳۵۰/۸۵	W1=0.3,W2=0.4,W3=0.3
۰/۹۴۹۰	۱۱۶۰/۲	W1=0.3,W2=0.3,W3=0.4
		W1=1,W2=1,W3=1

لازم به ذکر است که تابع هدف اول بیانگر میزان تقاضای برآورد نشده است؛ تابع هدف دوم مربوط به هزینه تورهای انتخاب شده است؛ تابع هدف سوم برای کم کردن میزان اختلاف برآورده شدن تقاضا در گره‌ها تعریف شده است.
همانطور که در جدول شماره ۳ دیده می‌شود، در قسمت محاسبه تابع هدف با استفاده از جمع وزندار، با انتخاب بیشترین ضریب وزن برای تابع هدف اول، بیشترین سطح سرویس حاصل شده است و این عدد به مقدار ۰/۹۷۶۸ رسیده

است. دومین کمترین سطح سرویس هم مربوط به حالتی است که هزینه تورها بیشترین وزن را داشته است؛ با کم کردن هزینه تورهای انتخاب شده، تورهای کمتری برای ارضای تقاضا انتخاب می‌شوند و در نتیجه سطح سرویس کاهش می‌یابد. اما کمترین سطح سرویس مربوط به انتخاب تابع هدف سوم است که مربوط به کمینه کردن اختلاف تقاضای برآورده شده در گره هاست. از این مقدار پایین سطح سرویس می توان این گونه نتیجه گرفت که اختلاف سرویس دهی در گره‌های مختلف بالاست و کاهش این اختلاف منجر به کاهش سطح سرویس کلی در تمامی گره ها می گردد. به عنوان مثال ممکن است در حالت عادی حل مسئله گره هایی داشته باشیم که تقاضای آب و غذا و کمک های اولیه آنها به طور کامل برآورده شده باشد و در عین حال گره هایی وجود داشته باشد که حتی تقاضای کمک های اولیه انها نیز ارضا نشده است؛ فلذا انتخاب ضریب بالا برای این تابع هدف (تابع هدف شماره۲) منجر به در نظر گرفتن این نکته در حل مسئله می‌شود که در نهایت باعث کاهش سطح سرویس می‌گردد.

البته میزان تقاضا و نحوه توزیع تقاضای آیتمهای سه گانه در چهار گره در نحوه مسیریابی تأثیر مستقیم دارد و احتمال دارد توزیع نا متوازن تقاضا منجر به چنین نتایجی شود.

نکته جالب توجه اینجاست که بیشترین سطح سرویس حاصل شده مربوط به حالتی است که از تابع هدف L-P متریک با نرم بی نهایت استفاده شده است؛ ذکر این توضیح ضروری است که تابع هدف با نرم بی نهایت به معنای برابر بودن مقدار تابع هدف با بیشترین مقدار توابع هدف ۱و۲و۳ ؛ در واقع این تابع هدف بیشترین تابع را کمینه می‌کند. با انتخاب این تابع، الگوریتم به سمتی پیشرفت کرده که مقدار سطح سرویس ۰/۹۸۴۸ حاصل شده است.

۵: تحلیل پارامترها

برای بررسی سایر پارامترهای الگوریتم و تحلیل حساسیت الگوریتم در مورد آنها، دو پارامتر اصلی در نظر گرفته شده است؛ نرخ انتخاب والدین برای انجام عملیات تقاطع Pr و همچنین نرخ انتخاب کروموزوم‌ها برای انجام جهش مورد Pm بررسی قرار می‌گیرد. در این قسمت تابع هدف را تابع L-P متریک با نرم بی نهایت در نظر گرفته‌ایم. همچنین سایر پارامترها این گونه انتخاب شدند: تعداد کروموزوم‌ها ۱۰ عدد در نظر گرفته شد و تعداد نسل ها نیز ۱۰ می‌باشد.

جدول (۴) تحلیل حساسیت پارامترهای الگوریتم ژنتیک

مقدار تابع و سطح سرویس برای حالات مختلف	Pm=0.2		Pm=0.5		Pm=0.8	
Pr=0.2	٪۰/۹۷۵۶	۹۳۴	٪ ۰/۹۴۸۶	۹۲۶	٪۰/۹۶۱۵	۹۲۵
Pr=0.5	٪۰/۹۸۴۸	۹۲۵	٪ ۰/۹۱۶۵	۹۳۱	٪ ۰/۹۵۵۶	۹۳۱
Pr=0.8	٪۰/۹۸۹۵	۹۲۹	٪ ۰/۹۶۱۸	۹۳۰	٪۰/۹۶۵۹	۹۲۸

همانطور که در اکثر کارهای قبلی حول الگوریتم ژنتیک اشاره شده است، پایین نگه داشتن نرخ جهش به عملکرد مناسب الگوریتم کمک می کند که در ستون اول جدول بالا شاهد صحت این جمله هستیم. همچنین بالا بردن نرخ عملگر تقاطع و تولید فرزندان جدید از کروموزومهای موجود به یافتن جوابهای بهتر در همسایگی جوابهای موجود کمک می‌کند که با توجه به مقادیر نوشته شده در ردیف آخر می‌توان صحت این مدعا را نیز تایید کرد. بدین ترتیب می‌توان دریافت که صحت الگوریتم ژنتیک و نحوه کدنویسی الگوریتم تایید می‌شود. لذا روش استفاده شده در مسئله (که در بخش‌های قبل تشریح شده است) روش کارامدی است و در حالاتی که نرخ جهش مقدار کمی داشته می توان نقش موثر پارامتر نرخ تقاطع را دید که به تدریج با افزایش نرخ تقاطع، مقدار تابع هدف کاهش داشته است؛ به این معنا که جستجوی محلی منجر به بهبود جواب شده است. البته این افزایش نباید از حد معقولی بیشتر شود چرا که این مسئله به عملکرد تصادفی الگوریتم ضربه می‌زند.

البته با توجه به جدول شماره ۴ می‌توان دریافت که با انتخاب تابع هدف و همچنین سیاست مسیریابی مناسب تقاضا، مقدار تابع هدف و سطح سرویس نسبت به پارامترهای الگوریتم ژنتیک حساسیت چندانی از خود نشان می‌دهد و اکثر مقادیر حاصل شده به هم نزدیک هستند. هم چنین، برای بهبود عملکرد الگوریتم، باید یک روش ابتکاری مناسب برای تخصیص تورها و تعیین مقادیر X و W یافت تا از تمامی ظرفیتها استفاده کرد و بیشترین مقدار تقاضا را ارضا کرد.

جمع بندی و پیشنهاد تحقیقات آتی

در تحقیق حاضر، با در نظر گرفتن فرضیاتی چون چند کالایی، چند دوره‌ای، با پنجره زمانی نرم و استراتژی چند جزیی- به منظور نزدیکتر شدن به دنیای واقعی- به حل یک مدل لجستیکی چندهدفه جهت تحویل کالاهای اولویت دار پرداخته شده است. لذا به دلیل اهمیت زمان و هم چنین پیچیدگی بالای مدل های مورد استفاده نیز این امکان وجود دارد که هر راه حلی منجر جواب های موجه نخواهد شد. از این رو، به منظور دستیابی به جواب‌ها با کیفیت مناسب؛ مدل ریاضی مورد استفاده در این پژوهش با استفاده الگوریتم ژنتیک نیز برای مطالعه موردی شهر کرمان حل گردید که نتایج حاصل قابلیت مدل سازی ریاضی مورد استفاده را به خوبی نشان داد به طوری که مقدار تابع هدف و سطح سرویس نسبت به پارامترهای الگوریتم ژنتیک حساسیت چندانی از خود نشان نمی‌دهد. لذا استفاده الگوریتم ژنتیک برای یافتن تورهای مناسب روش مناسبی است، هم چنین لحاظ کردن فاکتور تصادفی بودن در این الگوریتم منجر به جستجوی بهتر فضای جواب می‌شود. ولی توصیه می‌شود که در مورد تخصیص مقادیر تقاضا به کامیونها و وسایل نقلیه هم یک روش ابتکاری و هیوریستیک توسعه داد که با تکیه بر مقادیر تابع هدف جزئی در هر مرحله از تخصیص، به عنوان مثال در هر دوره، تخصیص را انجام دهد.

از سویی دیگر، با توجه به تقابل اهداف در مسائل چندهدفه، تصمیم‌گیران به دنبال داده‌های ترجیحی می‌باشند لذا دو رویکرد روش جمع وزندار و روش معیار جامع مورد استفاده قرار گرفتند که با توجه به نتایج عددی حاصل شده از حل مسئله در بخش پیش، می‌توان دریافت که استفاده از تابع هدف جامع L-P متریک، نتایج بهتری به همراه دارد و معیار تجربی بهتری از روش جمع وزندار می‌باشد. البته استفاده از مجموع وزنی توابع هدف در مورد این مسأله خاص، تفاوت زیادی در رسیدن به جواب ایجاد نکرد ولی در مورد برخی مسائل، انتخاب اوزان و معیارها ممکن است منجر به اختلافات فاحش در مقادیر تابع هدف گردد. لذا استفاده از این دو روش، این امکان را به تحلیل‌گر می‌دهد که با تولید جواب‌های چیره ناپذیر و ارائه آن به تصمیم‌گیران، اطلاعات بیشتری پیرامون گزینه‌های طراحی در اختیار آنان قرار دهد. با توجه به نتایج محاسباتی، اعتقاد بر این است که مدل مذکور می‌تواند متدلوژی کارا و معتبری برای مدیریت تحویل کالاهای امدادی عرضه کند و راه‌گشای مدیران و تصمیم‌گیران حوزه عمل در انتخاب روش مناسب برای حل مسأله بوده و نتایج بهتری همراه داشته باشد.

از جمله مواردی که می‌توان برای تحقیقات آتی در نظر گرفت این است که هیچ شکلی برای بیان پاداش، زمانی که کالاهای امدادی زودتر از موعد برسند وجود ندارد که می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. از آنجا که در این مقاله تولید جواب‌های چیره ناپذیر و ترجیحی برای استفاده مدیران مورد توجه بود از روش معیار جامع و روش جمع وزندار استفاده شد، اما بنا به شرایط مسائل روش‌های دیگر حل برنامه‌ریزی چند هدفه هم چون برنامه ریزی آرمانی یا لکسیکوگرافی نیز می‌توانند به کار گرفته شوند. هم چنین، اگر سطوح تأمین کنندگان متفاوت باشد (که البته در واقعیت چنین هست) می‌توان از برنامه‌ریزی چند سطحی به جای برنامه ریزی چند هدفه استفاده نمود.

فهرست منابع

Bander J.L., White C.C., "A Heuristic Search Approach for a Nonstationary Stochastic Shortest Path Problem with Terminal Cost", TRANSPORTATION SCIENCE,Vol. 36, No. 2, May 2002, pp. 218-230.

Chang. Fu-Sheng, Wu. Jain-Shing, Lee. Chung-Nan, Shen. Hung-Che, (2013), Greedy-search-based multi-objective genetic algorithm for emergency logistics scheduling, Expert Systems with Applications(2013),http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2013.10.026.

Caunhye A. M., Nie X., Pokharel S., "Optimization models in emergency logistics: A literature review", Socio-Economic Planning Sciences 46, 2012,pp 4-13.

Douglas, L., "Logistics for Disaster Relief", IIE Solutions, 1997, pp. 26-29.

Eshghi K., Larson R. C., "Disasetr: lessons from the past 105 years", Prevention and Management", 2008, Vol. 17 (1), pp. 62-82

Eshghi K, Naiafi M, A Logistics Planning Model to Improve the Response Phase of Earthquake , International Journal of Industrial Engineering & Production Management, February 2013, Volume 23, Number 4, pp. 401-416.

Haghani. Ali, Oh. Sei-chang, (1996), Formulation and Solution of a Multi-Commodity, Multi-Modal Network Flow Model for Disaster Relief Operations, Transport. Res., 1996, Vol. 30, pp. 231–250.

Jabalalami M.S, Bozorgi-Amiri A, Hydari M, " A objective programming possibility Model for relief logestic ", 2011, International Journal of Industrial Engineering & Production Management, Volume 22, Number 1, pp. 66-76.

Jolai F, Mirabdollah-Yani R, " Decision theory ", 2011, University of Applied Science : Tehran, Nasr Publication.

Knott, R., "Vehicle Routing for Emergency Relief Management: a Knowledge - Based Approach", Disaster, 1988, Vol. 12, pp. 285–293.

Lin Yen-Hung, Batta Rajan, Rogerson A. Peter, Blatt Alan , Flanigan Marie , "A Logistics Model for Emergency Supply of Critical Items in the Aftermath of a Disaster", Socio-Economic Planning Sciences ,2011, Article in Press.

Mohammadi A, Yaghobi S, Nahofte-Kohne J, Pishvaei M.S, "Location of shelters and relief - Telecom centers with regard to uncertainty ", 2015, Journal of Industrial Management, Tehran University, Volume 7, Number 1, pp. 125-149.

Rego C., Alidaee B., " Metaheuristic Optimization via Memory and Evolution: Tabu Search and Scatter Search", Springer , 1 Ed, 2005.

Saadatseresht, M., Mansourian, A., & Taleai, M. (2009). Evacuation planning using multiobjective evolutionary optimization approach. European Journal of Operational Research, 198: 305-314.

Tzeng G.H., Cheng H.J., Huang T.D., "Multi-objective optimal planning for designing relief delivery systems.", Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review., (2007), Volume 43(6), pp 673-686.

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.

Yaghobi S., Mohammadi A., Nahofati K. J, " Dynamic positioning Location model of transfer points in Disaster.", International Conference on Management Of the twelfth, Sharif University of Technologyو Tehran, Iran.