

ارائه مدل زمان بندی بهینه سیستم امداد رسانی در شرایط بحران با در نظر گیری ظرفیت حداکثری ناوگان؛ مطالعه موردی: شهر قزوین

امیررضا ممدوحی، سید امیرمحمد خطیبی، سیامک حسینی

- ۱- استادیار گروه مهندسی برنامه ریزی حمل و نقل، دانشکده عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس تهران،
- ۲- دانشجوی دکتری حرفه ای مدیریت کسب و کار (DBA)، سازمان مدیریت صنعتی، تهران،
- ۳- کارشناس ارشد مهندسی برنامه ریزی حمل و نقل، دانشکده عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس تهران.

چکیده

جلوگیری از تبدیل بلایای طبیعی به فجایع طبیعی مستلزم بالابردن توان مدیریتی و برنامه ریزی های مدیریت بحران است. به این منظور در روند خدمت رسانی در چنین حوادثی، ثانیه ها و دقیق نقش به سزایی در نجات انسان ها دارند. در این راستا، این پژوهش با در نظر گیری یک بیمارستان و ناوگان امداد رسانی آن، به عنوان ارگان اصلی ارائه خدمات درمانی در شهر قزوین، و نیز به کارگیری فواصل واقعی مناطق مختلف این شهر از این محل، در صد بهینه سازی زمان لازم برای انتقال مجروحین در شرایط بحران به بیمارستان در یک زنجیره تأمین سه مرحله ای می باشد که ظرفیت ناوگان امداد رسانی نیز در مسأله لحاظ شده است. پیچیدگی مسأله فوق از نوع NP-hard می باشد. بنابراین پیدا کردن جواب بهینه در زمان معقول، برای مسأله با استفاده از روش های دقیق غیرممکن است. در این مقاله برای حل مسأله، از یک الگوریتم ژنتیک پویا دارای کروموزوم هایی با ساختار متغیر استفاده می شود. هم چنین به منظور بررسی صحت نتایج به دست آمده از این الگوریتم، نتایج با جواب های روش جستجوی تصادفی مقایسه گردیده است. نتایج، نشان از برتری الگوریتم ژنتیک ارائه شده دارد و نشان دهنده کاهش میانگین جواب ها در مواردی نظیر افزایش تعداد وسایل امدادی و ظرفیت آن ها و کاهش زمان امداد رسانی اولیه و نیز افزایش میانگین جواب ها با افزایش تعداد مجروحین است.

واژگان کلیدی: مدیریت بحران، زمان بندی بهینه، زنجیره تأمین، الگوریتم ژنتیک پویا، ظرفیت

۱- مقدمه

بلاای طبیعی، جنگ و حمله‌های تروریستی، از جمله مخاطراتی است که به شدت حیات انسان‌ها را تهدید می‌کند. از این‌رو، در روند خدمت‌رسانی در چنین حوادثی، ثانیه‌ها و دقایق نقش به‌سزایی در نجات انسان‌ها دارند. کشور ایران نیز به دلیل قرار گرفتن بر روی گسل و سیل خیز بودن مناطق مختلف آن و هم‌چنین وضعیت نابسامان کشورهای همسایه، در معرض حوادث طبیعی و غیرطبیعی می‌باشد که می‌تواند آسیب‌ها و هزینه‌های جبران‌ناپذیر فراوانی را بر کشور تحمیل نماید. بنابراین، هنگام وقوع بلاها، تلاش‌ها جهت نجات و امداد رسانی می‌تواند خسارات جانی را کاهش و با ارائه خدمات امدادی به بازماندگان، رفاه را برایشان فراهم آورد [۱]. از جمله این تلاش‌ها می‌توان به جمع‌آوری اطلاعات از مناطق آسیب‌دیده، تخلیه‌ی افراد آسیب‌دیده و مصدوم به نقاط انتقال و ارسال آن‌ها به تسهیلات بهداشتی و درمانی نظیر بیمارستان برای دریافت خدمات پزشکی و اورژانسی اشاره نمود.

جلوگیری از تبدیل بلاهای طبیعی به فجایع انسانی مستلزم بالابردن توان مدیریتی و برنامه‌ریزی‌های مدیریت بحران است. از این‌رو سیستم حمل‌ونقل مصدومین به‌هنگام تخریب زیرساخت‌های شهری، نقش غیرقابل انکاری را ایفا می‌کند. بنابراین وجود حمل‌ونقل اضطراری و نیز ایجاد خطوط اضطراری، مبتنی بر علوم مهندسی و کاربردی، در چنین شرایطی الزامی به‌نظر می‌رسد [۲]. به‌منظور دستیابی به این مهم، بایستی دستگاه‌های ذی‌ربط، با مدنظر قراردادن شرایط بحران، نسبت به تنظیم یک برنامه زمان‌بندی مناسب برای ناوگان امداد رسانی به محل حضور مصدومین و افراد نیازمند کمک‌های اولیه اقدام نمایند تا بتوانند در حداقل زمان ممکن، بیشترین توان عملیاتی خود را به‌عرضه‌ی ظهور بگذارند. بر این اساس، مطالعه‌ی حاضر سعی دارد با ارائه‌ی یک مدل جهت زمان‌بندی یکپارچه سیستم مدیریتی، برای انتقال افراد بالقوه‌ی نیازمند، از محل حادثه به بیمارستان، با حداکثر منفعت ممکن (حداقل زمان اجرای طرح امداد رسانی)، با استفاده از مفهوم زنجیره‌ی تأمین و نیز به‌کارگیری یک الگوریتم حل فراابتکاری، قدم مثبتی در حرکت بهینه‌ی ناوگان امداد و نجات بردارد. در این راستا، این پژوهش با در نظرگیری یک بیمارستان و ناوگان امداد رسانی آن، به‌عنوان ارگان اصلی ارائه خدمات درمانی در شهر قزوین، و نیز به‌کارگیری فواصل واقعی مناطق مختلف این شهر از این محل، درصدد بهینه‌سازی زمان لازم برای انتقال مجروحین در شرایط بحران به بیمارستان مذکور می‌باشد.

۲- ادبیات فنی موضوع

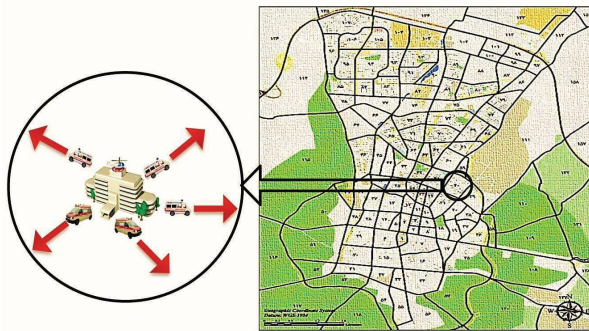
مدیریت زنجیره تأمین یکی از موضوعات مهمی است که تاکنون در حوزه تولید، تحقیقات زیادی درباره‌ی آن صورت پذیرفته‌است. مدیریت زنجیره تأمین را می‌توان به‌صورت وظیفه یکپارچه‌سازی واحدهای سازمانی در طول زنجیره تأمین و هماهنگ‌سازی جریان‌های مواد، اطلاعات و وضعیت مالی، به‌منظور برآوردن تقاضای مشتری و با هدف بهبود رقابت‌پذیری یک زنجیره تأمین تعریف کرد [۳]. با ظهور پدیده جهانی‌سازی، هماهنگی در میان مراحل مختلف زنجیره تأمین، به‌منظور دستیابی به یک سیستم با اثربخشی ایده‌آل، یکی از موضوع‌هایی است که به‌طور هم‌زمان مورد توجه بخش صنعت و پژوهشگران دانشگاهی قرار گرفته‌است. در رابطه با مبحث زمان‌بندی در زنجیره تأمین، تاکنون تحقیقات مختلفی صورت پذیرفته‌است. ژنو و همکاران، به بررسی مسأله زمان‌بندی در زنجیره تأمین صنایع الکترونیکی با در نظر گرفتن حمل‌ونقل هوایی پرداخته‌اند. آن‌ها حالت تأخیر در فرآیند مونتاژ را به دلایلی چون خرابی ماشین‌آلات، کمبود مواد و ...، در نظر گرفته و یک الگوریتم اصلاح زمان‌بندی را ارائه نمودند [۴]. لی و ووامر، به بررسی مسأله ترکیب بندی زنجیره‌ی تأمین با در نظر گرفتن محدودیت منابع پرداختند [۵]. زندیه و ملاعلی‌زاده زواردهی به بررسی یکپارچگی مسأله زمان‌بندی تولید و حمل‌ونقل هوایی پرداخته‌اند. بدین منظور مدل‌های متنوعی به‌منظور کمینه نمودن هزینه کل زنجیره تأمین شامل هزینه‌های حمل‌ونقل، بازه ساخت، هزینه‌های زودکرد و هزینه‌های دیرکرد ارائه شده‌است [۶].

با توجه به ماهیت زنجیره تأمین، در سال‌های اخیر استفاده از این مفهوم در مسائل مدیریت بحران کاربرد فراوان پیدا کرده‌است. فوروتا و همکارش با مکان‌یابی نقاط انتقال و ایستگاه‌های هلیکوپتر جهت امداد رسانی بهتر و سریع‌تر در شرایط بحران، دو مدل را با هدف حداقل کردن زمان ارائه‌ی خدمات و هم‌چنین حداقل نمودن حداکثر زمان خدمت‌رسانی بررسی نمودند [۷]. بهشتی‌نیا و مقیمی، به ارائه مدلی جهت انتقال مصدومین به مراکز درمانی با رویکرد انتقال دو مرحله‌ای و حمل‌ونقل اشتراکی پرداختند [۸]. هم‌چنین امیری و صوحی، مسأله مسیریابی و زمان‌بندی وسایل حمل‌ونقل برای توزیع کمک‌های امدادی بررسی نمودند [۹].

۳- تعریف مسأله

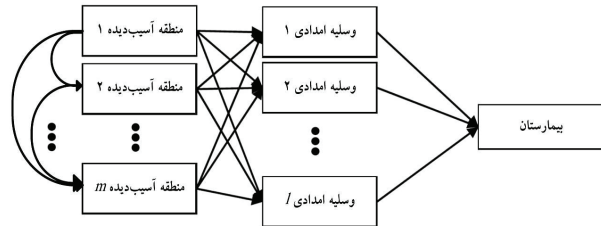
همان‌طور که پیش‌تر اشاره گردید، این مقاله به بررسی زمان‌بندی ناوگان امداد رسانی جهت انتقال مجروحین به بیمارستان در شرایط بحران در یک زنجیره تأمین سه مرحله‌ای، در شهر قزوین می‌پردازد.

با توجه به ظرفیت هریک از وسایل امدادی، این وسایل می‌توانند یک تا چندین مجروح واقع در نواحی مختلف را در یک طی مسیر، حمل نمایند. با توجه به فرضیات در نظر گرفته شده، هدف مسأله چگونگی تخصیص و ترتیب امداد رسانی به مجروحین توسط وسایل امدادی است، به طوری که حداکثر زمان امداد رسانی کمینه گردد.



شکل ۲: نواحی ترافیکی شهر قزوین و موقعیت بیمارستان

مرحله اول شامل مناطق مختلف آسیب دیده، مرحله دوم شامل ناوگان امداد و نجات و مرحله سوم شامل یک بیمارستان است. در این مسأله، فرض بر این است که یک بیمارستان به عنوان ارگان اصلی خدمات درمانی در زمان بحران فعالیت دارد. همچنین فرض می‌شود عملیات انتقال مجروح در شرایط بحران، در نواحی ترافیکی مختلف شهر قزوین [۱۰]، توسط وسیله امداد رسانی ناوگان این مرکز، صورت می‌پذیرد (شکل ۱).



شکل ۱: ساختار زنجیره تأمین در مسأله مورد بررسی

مدادی، با توجه به موقعیت مکانی مجروح و با در نظر گیری سرعت متوسط در شرایط اوج ترافیک شهر [۱۱]، به صورت نسبی در نظر گرفته شده است. منظور از نسبت در بحث فوق، فرض در نظر گیری فواصل جغرافیایی امداد رسانی به صورت متوسط فاصله‌ی موقعیت مجروح در بازه‌های مسافتی ۰ تا ۲، ۲ تا ۴، ۴ تا ۸، ۸ تا ۱۶ و بیشتر از ۱۶ کیلومتر، نسبت به بیمارستان مطابق شکل (۲) می‌باشد. در این جا فرض بر این است که امداد رسانی اولیه (اقداماتی از قبیل آزاد سازی فرد مجروح، کمک‌های اولیه، انتقال وی به محلی امن و ...) دارای زمانی تصادفی در بازه ۰ تا ۳۰ دقیقه می‌باشد و امداد رسانی در مناطق مختلف به ترتیب صورت می‌پذیرد و تا تمام نشدن امداد رسانی به یک فرد به سراغ فرد بعدی رفته نخواهد شد. شایان ذکر است که در تمام مراحل انتقال مجروح به بیمارستان، هیچ فردی به دلیل شدت جراحات وارده از مسأله حذف نمی‌گردد و بیمارستان ظرفیت پذیرش تمامی مجروحین را داراست. همچنین فرض شده است که مدت زمان انتقال مجروح به وسیله نقلیه، دارای زمانی ثابت ۵ دقیقه‌ای بوده که در فرمولاسیون ریاضی، این مقدار به زمان طی مسیر ناوگان اضافه می‌گردد. به علاوه، وسایل نقلیه امدادی، پس از انتقال مجروحین به بیمارستان، از مسأله حذف نمی‌گردند و می‌توانند دوباره مورد استفاده قرار گیرند. شایان ذکر است زمان رفت و برگشت هر یک از وسایل در مسأله لحاظ می‌گردد. با توجه به ظرفیت هریک از وسایل امدادی، این وسایل می‌توانند یک تا چندین مجروح واقع در نواحی مختلف را در یک طی مسیر، حمل نمایند. به علاوه، وسایل نقلیه امدادی، پس از انتقال مجروحین به بیمارستان، از مسأله حذف نمی‌گردند و می‌توانند دوباره مورد استفاده قرار گیرند.

۴- فرمولاسیون مسأله

در این بخش، مدل ریاضی عدد صحیح مختلط مسأله مورد بررسی، ارائه می‌شود. پارامترها و متغیرهای تصمیم مسأله در جدول (۱) ارائه شده است. به علاوه نماد M مورد استفاده در مدل سازی بیان گر یک عدد حقیقی بسیار بزرگ است.

جدول ۱: پارامترها و متغیرهای مورد استفاده در مدل سازی ریاضی

نماد	معرفی	نماد	معرفی
n	تعداد مجروحین	H_i	زمان امداد رسانی اولیه به مجروح i جهت آماده سازی انتقال وی به وسیله امدادی
m	تعداد مناطق حضور مجروحین	C_{it}	زمان آماده بودن مجروح i جهت انتقال به بیمارستان
l	تعداد وسایل امداد و نجات	C_{2i}	زمان رسیدن مجروح i به بیمارستان
i	شاخص مجروح $i=1,2,\dots,m$	C'_i	زمان سوار نمودن مجروح i در وسایل امدادی
s	شاخص منطقه $s=1,2,\dots,m$	C_{max}	حداکثر زمان تکمیل فرایند امداد رسانی
b	شاخص تعداد امداد رسانی به مجروحین (تعداد محموله) $b=1,2,\dots,n$	av_{ib}	زمانی آماده بودن وسیله امدادی k ام برای حرکت به سمت مجروح
k	شاخص وسیله امدادی $k=1,2,\dots,l$	X_{si}	اگر مجروح i ام در منطقه s قرار داشته باشد برابر ۱، در غیر این صورت برابر با صفر
Cap_k	ظرفیت حمل وسیله امدادی k ام	y_{iw}	اگر در هر یک از مناطق مجروح i نسبن به مجروح اولویت داشته باشد برابر ۱، در غیر این صورت برابر با صفر
t_s	فاصله زمانی متوسط موقعیت مجروحین در منطقه m و بیمارستان	Z_{ikb}	اگر مجروح i ام به k امین امداد رسانی از وسیله امدادی k ام اختصاص یابد برابر ۱، در غیر این صورت برابر با صفر

مجموعه محدودیت‌های (۱) تضمین می‌کند که هر مجروح تنها در یک منطقه قرار دارد. مجموعه محدودیت‌های (۲) ارتباط بین زمان آماده سازی مجروح جهت انتقال و انجام امدادهای اولیه در محل را در نظر می‌گیرد. مجموعه محدودیت‌های (۳) فرض عدم انجام هم‌زمان چند رسیدگی به مجروحان مختلف در یک منطقه را بیان می‌کند. مجموعه محدودیت‌های (۴) مقداری از متغیرهای زائد مسأله را حذف می‌کند. مجموعه محدودیت (۵) رابطه بین زمان آمادگی بودن مجروح جهت انتقال و زمان سوار نمودن وی در مرحله حمل و نقل را بیان می‌کند.

$$\sum_{k=1}^l \sum_{b=1}^n Z_{kib} = 1 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^n Z_{kib} \leq Cap_k \quad k = 1, 2, \dots, l \quad (10)$$

$$av_{k(b+1)} \leq C_{2i} + M(1 - Z_{kib}) \quad b = 1, 2, \dots, n \quad (11)$$

$$av_{k(b+1)} \geq C_{2i} - M(1 - Z_{kib}) \quad k = 1, 2, \dots, l \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^n Z_{ki(b+1)} \leq M \times \sum_{i=1}^n Z_{kib} \quad b = 1, 2, \dots, (n-1) \quad (13)$$

$$C_{max} \geq C_{2i} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (14)$$

$$x_{si} \in \{0, 1\} \quad i, w, b = 1, 2, \dots, n$$

$$y_{iw} \in \{0, 1\} \quad k = 1, 2, \dots, l$$

$$Z_{kib} \in \{0, 1\} \quad s = 1, 2, \dots, m$$

۵- الگوریتم ژنتیک پویا

همان‌گونه که ذکر شد، به‌علت NP-hard بودن مسأله، استفاده از روش‌های دقیق برای حل مسأله در زمان معقول ممکن نیست و باید از روش‌های ابتکاری یا فراابتکاری برای حل مسأله استفاده کرد. به‌علت این‌که در ادبیات موضوع استفاده از الگوریتم ژنتیک از اقبال بیشتری نسبت به سایر روش‌های فراابتکاری برخوردار بوده‌است، بنابراین در این مقاله سعی شده‌است تا از الگوریتم ژنتیک به‌عنوان یک الگوریتم تکاملی، به‌منظور حل مسأله استفاده شود. در این قسمت به‌منظور حل مسأله یک الگوریتم ژنتیک ارائه می‌شود می‌شود که الگوریتم ژنتیک پویا نامیده شده‌است و دارای کروموزوم‌هایی با ساختار متغیر است. ساختار کروموزوم در الگوریتم ژنتیک ارائه شده دویعدی است. بعد عمودی نشان‌دهنده مناطق مختلف و وسایل نقلیه امدادی و بعد افقی نشان‌دهنده مجروحین تخصیص یافته و ترتیب آن‌ها به هریک از مناطق و وسایل امدادی است. برای هریک از مناطق و وسایل امدادی یک رشته آرایه وجود دارد که طول و ترتیب عناصر آن نشان‌دهنده تعداد و ترتیب مجروحین تخصیص یافته به آن مناطق یا وسیله است. اگر تعداد مجروحین تخصیص یافته به مناطق یا وسیله امدادی کم یا زیاد شود، طول رشته متناظر نیز کم یا زیاد خواهد شد. وجه تمایز الگوریتم ژنتیک پویا نسبت به الگوریتم‌های ژنتیک کلاسیک به این‌صورت است که در الگوریتم‌های ژنتیک کلاسیک طول کروموزوم‌ها ثابت است، در صورتی‌که در الگوریتم ژنتیک ارائه شده کروموزوم از چند رشته تشکیل شده‌است که طول آن‌ها متغیر است. به‌منظور توضیح بیشتر، فرض کنید ۵ مجروح، ۳ منطقه و ۲ وسیله امدادی وجود دارند. وسیله امدادی اول قادر به حمل دو محموله و وسیله امدادی دوم قادر به حمل سه محموله است. فرض کنید تخصیص مجروحین به مناطق و وسایل امدادی و همچنین اولویت امداد رسانی اولیه و حمل حمل آن‌ها به‌صورت جدول (۲) باشد. آن‌گاه ساختار کروموزومی که بیان‌کننده تخصیص جدول (۲) باشد، به‌صورت نشان

مجموعه محدودیت (۶) رابطه بین زمان آماده بودن وسیله‌نقلیه امدادی برای حرکت به‌سمت منطقه حضور مجروح ۱ و سوار نمودن هر مجروح را در نظر می‌گیرد. مجموعه محدودیت (۷) زمان آماده بودن هر وسیله‌نقلیه امدادی برای حمل مجروحان بار اول خود را برابر صفر تعیین می‌کند. مجموعه محدودیت (۸) رابطه بین زمان سوار نمودن هر مجروح با زمان رسیدن آن‌ها به بیمارستان را با توجه به فاصله زمانی بین منطقه حضور مجروح و بیمارستان در نظر می‌گیرد. مجموعه محدودیت‌های (۹) اختصاص مجروح ۱ به یک وسیله امدادی و به یک طی محموله از مجروحان تضمین می‌کند. مجموعه محدودیت‌های (۱۰) کوچک‌تر بودن مجموع ظرفیت‌های اشغالی توسط مجروحان هر محموله از ظرفیت وسیله‌نقلیه امدادی که محموله روی آن حمل می‌شود را در نظر می‌گیرد. مجموعه محدودیت‌های (۱۱) رابطه تساوی بین زمان رساندن به بیمارستان مجروحان تخصیص داده شده به یک وسیله امدادی و زمان آماده بودن آن وسیله نقلیه برای جمع‌آوری مجروحان تخصیص داده شده به محموله بعدی را بیان می‌کند. مجموعه محدودیت (۱۲) عدم اختصاص مجروحان به محموله ۱+b ام از وسیله امدادی k در صورتی‌که به محموله‌ی b ام آن کاری تخصیص داده نشده باشد را در نظر می‌گیرد. مجموعه محدودیت‌های (۱۳) Cmax را با توجه به زمان اتمام رساندن مجروحان به بیمارستان تعیین می‌کند.

پیچیدگی مسأله فوق از نوع NP-hard می‌باشد. بنابراین پیدا کردن جواب بهینه در زمان معقول، برای مسأله غیر ممکن است. هم‌چنین از آن‌جا که مسأله مورد بررسی در این تحقیق به‌نوعی تعمیم مسأله زمان‌بندی ماشین‌های موازی نیز است، همین نتیجه را می‌توان از NP-hard بودن مسأله نیز به‌دست آورد. در این مقاله برای حل مسأله از یک الگوریتم ژنتیک دارای کروموزوم‌هایی با ساختار متغیر استفاده می‌شود.

$$\begin{aligned} \text{Min} Z &= C_{\max} \\ \text{s.t.} : \\ \sum_{s=1}^m x_{si} &= 1 \quad i = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (1)$$

$$C_{li} \geq H_i + M(1 - x_{si}) \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$C_{li} + M(2 + y_{iw} - x_{si} - x_{sw}) \geq C_{1w} + H_i \quad s = 1, 2, \dots, m \quad (3)$$

$$C_{1w} + M(3 - y_{iw} - x_{si} - x_{sw}) \geq C_{li} + H_w \quad i, w = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

$$y_{iw} = 0 \quad s = 1, 2, \dots, m \quad (5)$$

$$C'_i \geq C_{li} \quad i \geq w \quad (6)$$

$$C'_i \geq av_{ib} + t_s - M(1 - Z_{kib}) \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

$$av_{ki} = 0 \quad k = 1, 2, \dots, l \quad (8)$$

$$C_{2i} \geq C'_i + 5 + t_s + M(1 - \sum_{b=1}^n Z_{kib}) \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (9)$$

۶- نتایج محاسباتی

در این بخش ابتدا مسائل مختلف، با اندازه‌های مختلف، مورد بررسی قرار گرفته‌است. سپس به مقایسه و ارزیابی الگوریتم‌های ارائه شده با یکدیگر پرداخته می‌شود.

۶-۱ داده‌های حل مسأله

مسأله مورد بررسی دارای پارامترهای مختلفی است که برای برخی از آن‌ها سطوحی چون بالا، پایین و متوسط در نظر گرفته شده و به پنج دسته تقسیم شده‌اند. این پنج دسته عبارتند از: (۱) تعداد مجروحین، (۲) تعداد مناطق (۳) وسایل امدادی، (۴) ظرفیت وسایل امدادی، (۵) زمان امداد رسانی اولیه. برای پارامتر تعداد مجروحین سه مقدار ۱۰، ۱۰۰ و ۱۰۰۰، برای تعداد مناطق آسیب‌دیده ۱ حالت ۵ منطقه‌ای، برای تعداد وسایل امدادی چهار حالت با توزیع یکنواخت در بازه‌های [۱،۵]، [۵،۱۰]، [۱۰،۲۰] و [۲۰،۴۰]، ظرفیت وسایل امدادی سه مقدار ۱، ۲ و ۸، و سه حالت با توزیع یکنواخت در بازه‌های [۱،۱۰]، [۱۰،۲۰] و [۲۰،۳۰] برای زمان امداد رسانی در نظر گرفته شده‌اند. از ترکیب سطوح مختلف برای پارامترهای مسأله ۱۰۸ (۳×۳×۳×۳×۳) نوع مسأله به وجود می‌آید که به صورت تصادفی ایجاد شده‌اند. این ۱۰۸ مسأله با استفاده از الگوریتم ژنتیک حل گردیده‌است. شایان ذکر است که کلیه نتایج به وسیله زبان برنامه‌نویسی Matlab ۲۰۱۴a به دست آمده‌است.

۶-۲ ارزیابی نتایج

الگوریتم ژنتیک دارای ۴ پارامتر، `popsize`، `termination`، `permut` و `percross` است که در این پژوهش به ترتیب مقادیر ۵۰، ۱۰، ۰/۲ و ۰/۱ به آن‌ها اختصاص یافته‌است. به ازای این مقادیر، هریک از ۱۰۸ مثال تصادفی ایجاد شده، با الگوریتم ژنتیک پویا حل گردید که نتایج آن در جدول (۳) ارائه شده‌است. به منظور ارزیابی نتایج به دست آمده از این الگوریتم، جواب‌ها با نتایج حاصل از روش جستجوی تصادفی مقایسه شده‌اند.

جدول (۳) شامل دو معیار (۱) میانگین جواب‌های به دست آمده از الگوریتم ژنتیک پویا، (۲) میانگین جواب‌های به دست آمده از روش جستجوی تصادفی می‌باشد. شایان ذکر است فواصل زمانی طی مسیر وسایل امدادی، با توجه به موقعیت مکانی مجروح در نواحی ترافیکی قزوین [۱۰] و با در نظرگیری سرعت متوسط در شرایط اوج ترافیک شهر [۱۱]، به صورت نسبی در نظر گرفته شده‌است. نتایج نشان‌دهنده برتری الگوریتم ژنتیک پویا نسبت به روش جستجوی تصادفی در تمام حالات است. با بررسی نتایج به دست آمده، مشاهده می‌شود که با افزایش تعداد مجروحین، میانگین جواب‌های به دست آمده از هر دو روش افزایش پیدا می‌کند. به علاوه افزایش تعداد وسایل

داده شده در شکل (۳) خواهد بود. در ادامه، سایر پارامترها و عملگرهای این الگوریتم ژنتیک شرح داده می‌شوند.

جدول ۲: مجروحین تخصیص یافته و ترتیب آن‌ها

منطقه ۱	۲
منطقه ۲	۱→۵→۳
منطقه ۳	۴
آمبولانس ۱	۳→۵→۲→۴
آمبولانس ۲	۱

منطقه ۱	۲	۳	۴
منطقه ۲	۱	۵	
منطقه ۳	۴		
آمبولانس ۱	۳	۵	۲
آمبولانس ۲	۱		

شکل ۳: ساختار کروموزوم در الگوریتم ژنتیک پویا

جمعیت اولیه: اندازه جمعیت اولیه توسط پارامتر `popsize` مشخص می‌شود.

تابع شایستگی: تابع شایستگی برای هر کروموزوم برابر با $1/Max(C_{max})$ می‌باشد که C_{max} ، از زمان‌بندی کروموزوم مربوط به دست می‌آید و $max(C_{max})$ ، بیان‌گر حداکثر مقدار C_{max} در بین کروموزوم‌های هر نسل جمعیت فعلی است.

عمل تلفیق: در الگوریتم ژنتیک ارائه شده از عملگر تلفیق یکنواخت پارامتری شده، استفاده شده‌است. تعداد عملیات تلفیق در هر تکرار ثابت و توسط ضریبی از `popsize` به نام `percross` که از پارامترهای الگوریتم ژنتیک است، مشخص می‌شود.

عمل جهش: در الگوریتم ژنتیک ارائه شده ابتدا یک کروموزوم به صورت تصادفی انتخاب می‌شود و عملگرهای جهش معکوس و تعویض روی آن اجرا می‌شوند. بعد از هر عمل جهش به زمان‌بندی کروموزوم حاصل پرداخته می‌شود و مقدار تابع شایستگی آن محاسبه می‌شود. تعداد تکرار عملگر جهش در هر تکرار ثابت و توسط ضریبی از `popsize` به نام `permut` مشخص می‌شود.

عملگر انتخاب: در هر تکرار جمعیت نهایی پس از اعمال عملگرهای تلفیق و جهش به اندازه `popsize*(percross+permut)` است. برای عملگر انتخاب در این پژوهش ۵۰ درصد از کروموزوم‌های انتخابی برای نسل بعد از عملگر چرخه رولت، ۲۵ درصد عملگر نخبه‌گرایی و ۲۵ درصد به صورت تصادفی انتخاب می‌شوند.

معیار توقف: معیار توقف برای الگوریتم به این صورت است که اگر بهترین مقدار تابع شایستگی کروموزوم‌ها در چند نسل متوالی بهبودی نیابد، الگوریتم به پایان می‌رسد. تعداد این تکرارهای متوالی توسط پارامتری به نام `termination` مشخص می‌گردد.

نقلیه امدادی اثری مثبت بر کاهش زمان امداد رسانی در شرایط بحران دارد. همچنین هنگامی که زمان امداد رسانی اولیه به مجروحین در مرحله‌ی اول مسأله کم باشد، میانگین جواب‌ها نیز کاهش می‌یابد. با افزایش ظرفیت حمل هریک از وسایل نقلیه امدادی نیز میانگین جواب‌ها کاهش می‌یابد.

۷- نتیجه‌گیری

در این پژوهش با در نظر گیری یک بیمارستان و ناوگان امداد رسانی آن، به‌عنوان ارگان اصلی ارائه خدمات درمانی در شهر قزوین، و نیز به‌کارگیری فواصل واقعی مناطق مختلف این شهر از این محل، به بهینه‌سازی زمان لازم برای انتقال مجروحین در شرایط بحران به بیمارستان در یک زنجیره تأمین سه مرحله‌ای با در نظر گیری ظرفیت ناوگان امداد رسانی پرداخته‌شد. همچنین برای حل مدل ریاضی ارائه شده، از دو روش الگوریتم ژنتیک پویا و روش جستجوی تصادفی استفاده گردید. نتایج به‌دست آمده از این پژوهش را می‌توان در قالب موارد زیر خلاصه نمود:

- ۱- الگوریتم ژنتیک پویای استفاده شده در این پژوهش نسبت به روش جستجوی تصادفی در تمام حالات، نتایج بهتری را ارائه می‌نماید.

جدول ۳: مقایسه نتایج الگوریتم ژنتیک پویا و روش جستجوی تصادفی

تعداد مجروحین		
۱۰۰۰	۱۰۰	۱۰
۷۶۳۸/۶	۹۵۰/۸	۱۱۸/۴
۸۶۶۹/۸	۱۲۴۲/۶	۱۴۶/۸
تعداد وسایل امدادی		
U[۴۰،۲۰]	U[۲۰،۱۰]	U[۵،۱۰]
۲۰۱۵/۱	۲۴۱۲/۴	۳۲۵۴/۰
۲۴۵۷/۵	۳۱۷۷/۹	۳۷۱۲/۲
۴۱۶۴/۶		
زمان امداد رسانی		
U[۳۰،۲۰]	U[۱۰،۲۰]	U[۱۰،۱]
۳۳۶۴/۹	۲۹۱۳/۰	۲۴۳۰/۰
۳۷۲۲/۱	۳۲۹۹/۰	۳۰۳۷/۹
ظرفیت وسایل امدادی		
۸	۲	۱
۲۶۲۸/۳	۲۸۸۰/۲	۳۱۹۹/۴
۳۰۱۹/۴	۳۴۶۰/۳	۳۵۷۹/۴
نتایج مربوط به کل مسائل تصادفی		
۲۹۰۲/۶		میانگین جواب‌های الگوریتم ژنتیک پویا (دقیقه)
۳۳۵۳/۰		میانگین جواب‌های روش جستجوی تصادفی (دقیقه)

۸- منابع

- ۱- برزین‌پور، ف.، صفاریان، م. و تیموری، ا. (۱۳۹۳). الگوریتم فراابتکاری برای حل مدل برنامه‌ریزی چندهدفه مکان‌یابی و تخصیص سه‌سطحی در لجستیک امداد. مجله تحقیق در عملیات و کاربردهای آن، سال ۱۱، شماره ۲، ص. ۲۷-۵۰.
- ۲- آراسته، ک.، بزرگی امیری، ع. و جبل‌عاملی، م. س. (۱۳۹۴). مکان‌یابی چندگانه‌ی تسهیلات و نقاط انتقال مجروحین در زمان بحران. مجله تحقیق در عملیات و کاربردهای آن، سال ۱۲، شماره ۱، ص. ۲۱-۳۱.
- 3- Zegordi, S. H., Abadi, I. N. K. and Nia, M. A. B (2010). A novel genetic algorithm for solving production and transportation scheduling in a two-stage supply chain. Computers & Industrial Engineering, Vol 58, No 3, pp. 373-381.

- ۲- با افزایش تعداد مجروحین، میانگین جواب‌های به‌دست آمده از هر دو روش افزایش پیدا می‌کند.
- ۳- افزایش تعداد وسایل نقلیه امدادی اثری مثبت بر کاهش زمان امداد رسانی در شرایط بحران دارد.
- ۴- هنگامی که زمان امداد رسانی اولیه به مجروحین در مرحله‌ی اول مسأله کم باشد، میانگین جواب‌ها نیز کاهش می‌یابد.
- ۵- با افزایش ظرفیت حمل هریک از وسایل نقلیه امدادی نیز میانگین جواب‌ها کاهش می‌یابد. به‌منظور ارتقاء پژوهش حاضر، پیشنهاد می‌گردد تا در مطالعات آتی، با در نظر گیری تعداد چند بیمارستان به‌جای یک بیمارستان، شرایط مدل‌سازی مسأله بهبود داده شود. همچنین پیشنهاد می‌گردد در فرآیند حل مسأله حالت‌های متفاوتی برای وضعیت مناطق آسیب‌دیده در نظر گرفته شود.

Guo, Z., Yang, J., Leung, S. Y. S. -4
A bi-level evolutionary .and Shi, L
optimization approach for integrated
production and transportation scheduling.
-215 .pp ,42 .Applied Soft Computing, Vol
.228

Modeling .(2008) .Li, H. and Womer, K -5
the supply chain configuration problem with
resource constraints. International Journal
.pp ,6 .No ,26 .of Project Management, Vol
.654-646

Zandieh, M. and Molla-Alizadeh- -6
Synchronizing .(2009) .Zavardehi, S
production and air transportation scheduling
using mathematical programming models.
Journal of Computational and Applied
.558-546 .pp ,2 .No ,230 .Mathematics, Vol

.(2013) .Furuta, T. and Tanaka, K. I -7
Minisum And Minimax Location Models
For Helicopter Emergency Medical Service
Systems. Journal of the Operations Research
.242-221 .pp ,56 .Society of Japan, Vol

۸- بهشتی نیا، م. ع. و مقیمی، م. (۱۳۹۴). بهبود کیفیت
انتقال مصدومین هنگام وقوع بلایای طبیعی از نقاط مختلف
جغرافیایی.

۹- بزرگی امیری، ع. و صبوچی، ف. (۱۳۹۴). مسیریابی و
زمان بندی وسایل حمل و نقل برای توزیع کمک های امدادی با
در نظر گرفتن تحویل جزئی و انبار چندگانه.

۱۰- شرکت مهندسی آتیه ساز و آرمان تردد پارس (۱۳۸۹).
ناحیه بندی مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک. گزارش طرح
جامع حمل و نقل و ترافیک شهر قزوین، شهرداری قزوین.

۱۱- عبدالرزاقی، ع. ر. (۱۳۹۵). مدل سازی پذیرش ریسک
راننده قبل از آغاز فاز قرمز. پایان نامه کارشناسی ارشد
مهندسی برنامه ریزی حمل و نقل، دانشکده فنی و مهندسی،
دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره).

**Developing Model of Optimum Scheduling for Relay Transportation System in Crisis Condition respect to Capacity of Fleet
Case study: Qazvin City**

**Amirreza Mamdoohi , Seyyed Amirmohammad Khatibi , Siamak Hosseini
Assistant Professor, Transportation Department, Faculty of Civil & Environmental -^۱
,Engineering, Tarbiat Modares University**

**Doctorate of Business Administration (DBA) Student, Industrial Management -^۲
,Institute, Tehran**

**M.Sc. of Transportation Engineering, Faculty of Civil & Environmental Engineering, -^۳
.Tarbiat Modares University**

Abstract

Avoidance of turning natural disasters to natural tragedies requires upraising in capacitance of management and planning in crisis management. Into this purpose, seconds and minutes should be considered as an essential limitation to save lives in such natural catastrophes in the process of serving. Therefore, this paper presents the optimization of transfer time of injured people in crisis condition to the hospital in the three-stage supply chain, regarding to one hospital and relay's fleet for main remedial serving organ in Qazvin and real distances of regions than this place, respect to the capacity of fleet. Degree of complexity of the problem is NP-hard. So, find an optimal solution in a reasonable time is impossible by using accurate methods. In This paper, a dynamic genetic algorithm has been employed in which contains chromosomes with variable structure in order to solve the problem. In addition, for evaluation of results accuracy from this algorithm, it compare with result from random search method. Results show genetic algorithm is more reliable and demonstrate the improvement of average results with increase of relay vehicle .and capacity of them; also the deterioration of average results with growth of injured people

Keywords: Crisis Management, Optimum Scheduling, Supply Chain, Dynamic Genetic .Algorithm, Capacity of Fleet