پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری
دوره ۶، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰، صص۶۶-۹۰
نوع مقاله: پژوهشی

مسیریابی- مکان‌یابی زنجیره تأمین فرآورده‌های خونی در شرایط وقوع بحران زلزله با در نظر گرفتن میزان ریشتر زلزله (نمونه پژوهش: شهر تهران)

میثم کرمی‌پور [۱]، محمد علی افشار کاظمی*[۲]، عزت اله اصغری زاده[۳]، عادل آذر[۴]

۱- دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد و مدیریت، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۲- دانشیار، گروه مدیریت صنعتی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۳- دانشیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، تهران، ایران .
۴- استاد، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

تاریخ ارسال: ۱۳۹۹/۰۷/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۱۹

چکیده:

زنجیره تأمین خون یکی از بخش‌های استراتژیک نظام سلامت می‌باشد. خون به عنوان یک مسئلهٔ حیاتی و بسیار مهم که در زمان وقوع زلزله تقاضای آن به شدت افزایش پیدا می‌کند، شناخته می‌شود. تأمین خون کافی، به خصوص در شرایط اضطراری، چالشی بزرگ است. مکان‌یابی مناسب پایگاه‌های اهداء خون در مدیریت عرضه نقش به سزایی دارد. در این مقاله، مسئله مسیریابی- مکان‌یابی زنجیره تأمین فرآورده‌های خونی در شرایط وقوع بحران زلزله، با در نظر گرفتن میزان ریشتر زلزله (نمونه پژوهش: شهر تهران)، مورد مطالعه قرار گرفته است. اهدف این مقاله عبارتند از: کمینه کردن هزینه‌ها و زمان ارسال فرآورده‌های خونی، مکان‌یابی مراکز خون‌گیری و مراکز درمانی موقت و مسیریابی فاز توزیع. در این مقاله از روش اقلیدسی و الگوریتم کوتاه‌ترین مسیر جهت تعیین مسیر وسایل نقلیه و برای مکان‌یابی از نرم‌افزارهای Arc Map و Arc Gis استفاده شده است. نتایج حاکی از آن است که برای کاهش هزینه‌ها باید پایگاه‌هایی نزدیک به مراکز خون برای احداث انتخاب شوند و با توجه به مطلوبیت، اهداکنندگان به پایگاه‌های نزدیک تخصیص یابند تا مطلوبیت بیشتری کسب کنند و مراکز درمانی موقت باید در مناطق مناسبی تأسیس شوند تا حداکثر آسیب‌دیدگان پوشش‌دهی شوند. همچنین نتایج نشان داد که کاربران زنجیره تأمین فرآورده‌های خونی، با توجه به تعیین مسیرهای امن، قادر به تصمیم‌گیری صحیح خواهند بود.

کلید واژه‌ها: مسیریابی، ریشتر زلزله، زنجیره تأمین خون، عدم قطعیت، مکان‌یابی.

---

* نویسنده مسئول مقاله E-mail: dr.mafshar@gmail.com

۱- مقدمه

در میان حوزه‌های مختلف در سیستم‌های سلامت، طب انتقال خون دارای اهمیت به خصوصی است و این به دلیل شرایط خاص خون و فرآورده‌های خونی می‌باشد. با وجود پیشرفت‌های پزشکی، هنوز برای این مایع حیاتی، جایگزین مصنوعی پیدا نشده است و انسان‌ها تنها منابع تأمین آن هستند [۱]. علاوه بر این، عواملی چون تصادفات رانندگی و بیماری‌ها سبب شده است که روزانه تعداد زیادی از افراد نیاز به تزریق خون داشته باشند؛ بنابراین با توجه به تقاضای بالای خون، نیاز به عرضه زیادی از این کالا می‌باشد، ولی این در حالی است که طبق آمار منتشرشده از سازمان انتقال خون، تعداد بسیار کمی از افراد واجد شرایط برای اهدای خون، اقدام به انجام این عمل می‌نمایند. همچنین، با اینکه تولید فرآورده‌های مختلف خونی نیاز به صرف هزینه‌های بالایی دارد، به دلیل عدم مدیریت درست شبکه خون، بسیاری از فرآورده‌های خونی قبل از استفاده منقضی می‌شوند و این موضوع بیانگر این است که با وجود مقدار زیادی کمبود، اتلاف چشمگیری در این کالای ضروری مشاهده می‌شود [۲]. از این رو، مدیریت کارا و مناسب زنجیره تأمین خون به عنوان یکی از پرکاربردترین حوزه‌های تحقیق در عملیات در سال‌های اخیر، کانون توجه محققان قرار گرفته است؛ بنابراین این نوسانات شدید، باعث ایجاد چالش‌های زیادی در مدیریت شبکه خون می‌شود و به دلیل اینکه عدم برآورد تقاضای این مایع نجات‌بخش، سبب مشکلات جدی برای بیماران می‌شود، تحقیق در این حوزه در راستای ایجاد یک شبکه کارا با کمترین اتلاف و کمبود اهمیت چشمگیری دارد. علاوه بر مدیریت شبکه خون در شرایط عادی، مدیریت خون در مواقع بحرانی نیز دارای اهمیت ویژه‌ای است. امروزه بحران‌هایی همچون جنگ، حملات تروریستی و حوادث طبیعی مانند سیل و زلزله سبب می‌شود که تعداد زیادی از افراد در یک دوره زمانی دچار جراحات شدیدی شده و نیاز مبرم به دریافت خون داشته باشند؛ بنابراین مدیریت درست و کارآمد خون در شرایط رخداد بحران بسیار حیاتی می‌باشد که در این تحقیق، به این موضوع پرداخته می‌شود. از آنجایی که ایران ششمین کشور دنیا از لحاظ لرزه‌خیزی است و زلزله‌های بزرگی را تجربه کرده است، در این تحقیق، شبکه خون در شرایط وقوع بحران زلزله مورد مطالعه قرار می‌گیرد. ایران بر روی یکی از دو کمربند بزرگ لرزه‌خیزی جهان موسوم به آلپ- هیمالیا قرار دارد. گسل‌های خطرناکی در بسیاری از شهرها و مراکز جمعیتی در کشور ایران وجود دارد و این امر سبب می‌شود که این مکان‌ها

مستعد رخداد زلزله‌های مخرب باشند و به تبع آن امکان خسارات مالی و جانی بسیاری وجود دارد [۳]. در این تحقیق زنجیره تأمین خون در شرایط وقوع بحران مورد مطالعه قرار می‌گیرد و تمامی اجزای زنجیره از اهداکنندگان تا انتها زنجیره یعنی بیماران درنظرگرفته می‌شود تا بررسی همه جانبه‌ای در این موضوع صورت بگیرد. پس از وقوع بحرانی چون زلزله موج هیجانی از اهداکنندگان خون به وجود می‌آید که در این میان افرادی وجود دارند که تا به حال تجربه اهدای خون را نداشته‌اند؛ بنابراین میزان عرضه خون در دوره‌های اول پس از وقوع زلزله افزایش چشمگیری نسبت به حالت عادی دارد، از طرفی چون زلزله سبب آسیب رساندن به بسیاری از تسهیلات ثابت اهدای خون شده است، نیاز به تسهیلات سیار جمع‌آوری خون می‌باشد تا مقدار مورد نیاز خون از جمعیت اهداکنندگان دریافت شود. در این مقاله تعیین تعداد بهینه و مکان مناسب تسهیلات سیارخون‌گیری با هدف پوشش دهی ماکزیمم اهداکنندگان صورت می‌گیرد. خون‌های جمع‌آوری شده باید در اسرع وقت به مراکز خون ارسال شود تا بتوان از آن‌ها فرآورده‌های مختلف خونی را تولید نمود. از طرفی بسیاری از اهداکنندگان برای اولین بار خون اهدا نموده‌اند، بنابراین نیاز است که روی آن‌ها تمامی آزمایش‌های سلامت صورت گیرد ولی چون تعداد لابراتوارهای این مرکز برای تست سلامت خون‌ها محدود است، ممکن است که از همه اهداکنندگان خون دریافت نشود. سپس در لابراتوارها فرآورده‌های خونی مختلف اعم از گلبول قرمز، پلاسما و پلاکت تولید می‌شود و در بانک خون مرکز خون قرار می‌گیرد تا با توجه به تقاضای موجود به مراکز تقاضا ارسال شود. لازم به ذکر است که به دلیل وقوع بحران تعداد زیادی از بیمارستان‌ها خارج از دسترس شده‌اند و نمی‌توانند بیماران را پذیرش کنند. از طرفی به دلیل رخداد زلزله تعداد زیادی از افراد دچار آسیب‌ها و جراحات جدی چون خونریزی شدید، زخم باز در سر، سینه یا شکم و سوختگی‌های شدید شده‌اند و نیاز فوری به تزریق فرآورده‌های مختلف خونی دارند؛ بنابراین با توجه به حجم بالای تقاضای به وجود آمده و اختلال در بعضی از مراکز درمانی، نیاز مبرم به تأسیس مراکز درمانی موقت است. این مراکز باید در مناطق مناسبی تأسیس شوند تا حداکثر آسیب‌دیدگان پوشش‌دهی شود. همان‌طور که ذکر شد، به دلیل وجود اختلال و خرابی در مسیرها، بعضی بیمارستان‌ها قادر به دریافت فرآورده از مرکز خون نمی‌باشند. همچنین در بعضی از مراکز درمانی ممکن است که مازاد فرآورده وجود داشته باشد و با توجه به فسادپذیری این محصولات، می‌توان آن‌ها را به بیمارستان‌هایی که نیازمند به این فرآورده‌ها می‌باشند، ارسال نمود تا تقاضایشان تأمین شود؛ بنابراین با توجه

به چالش تأمین فرآورده‌های خونی از مرکز خون، در این مقاله، وجود ارتباط عرضی بین بیمارستان‌ها و تأمین فرآورده‌های خونی هم از مرکز خون و هم از سایر بیمارستان ممکن می‌باشد. با توجه به موارد مذکور، در این مقاله زنجیره تأمین خون در شرایط وقوع زلزله و بادرنظر گرفتن تمام سطوح زنجیره یعنی از اهداکنندگان تا نقاط تقاضا، بررسی شده و تصمیمات مکان‌یابی تسهیلات سیار خون‌گیری، مکان‌یابی مراکز درمانی موقت ارائه می‌گردد. همچنین از اهداف این مقاله به دلیل محدودیت بودجه و نزدیک شدن این تحقیق به واقعیت، کمینه کردن هزینه‌ها و زمان ارسال فرآورده‌های خونی می‌باشد. بر همین اساس در این تحقیق مسئله مسیریابی- مکان‌یابی زنجیره تأمین فرآورده‌های خونی در شرایط وقوع بحران زلزله، با در نظر گرفتن میزان ریشتر زلزله (نمونه پژوهش: شهر تهران) مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

۲- پیشینه تحقیق

گانپینار و سنتینو[۱] [۱] (۲۰۱۵) به ارائه مدلی با هدف بهبود کارآیی شبکه خون‌رسانی در مرکز خون و بیمارستان پرداختند و از رویکرد برنامه‌ریزی تصادفی برای قطعی‌سازی مسئله استفاده نمودند. فریدونی و شهانقی [۴] (۲۰۱۶) به ارائه مدلی در حوزه زنجیره تأمین خون در شرایط بحران پرداخته‌اند که شامل تصمیماتی از قبیل مکان‌یابی مراکز جمع‌آوری خون، آزمایشگاه‌های تست و تهیه محصولات خونی و تخصیص اهداکنندگان به تسهیلات جمع‌آوری می‌باشد. مسئله به صورت فازهای جمع‌آوری، تولید و توزیع مطرح‌شده و شامل مراکز اهدا، جمع‌آوری، آزمایشگاه و بیمارستان می‌باشد که ابتدا فقط تقاضا به صورت پارامتر غیرقطعی فرض شده و توسط رویکرد رباست قطعی سازی می‌شود. رمضانیان و بهبودی [۵] (۲۰۱۷) برای سطح جمع‌آوری خون، مدل ریاضی ارائه دادند که هدف آن کمینه‌کردن هزینه‌های کل شبکه است. همچنین در این پژوهش تعداد و مکان بهینه مراکز خون‌گیری و تخصیص اهداکنندگان به آن مراکز مورد بررسی قرار گرفته شد. صالحی و همکاران [۶] (۲۰۱۷) مدل برنامه‌ریزی خطی تک‌هدفه برای زنجیره تأمین خون در شرایط بحران ارائه دادند که هدف آن کمینه کردن هزینه‌های کل سیستم است. این مسئله شامل اهداکنندگان، تسهیلات جمع‌آوری و مراکز خون است که به تأمین و فراوری محصولات مختلف خون مانند پلاکت، پلاسما و خون کامل با درنظرگرفتن گروه‌های خونی و سازگاری آن‌ها بعد از رخداد بحران می‌پردازد. کامیاب‌نیا و همکاران [۷] (۲۰۱۸) مدلی برای زنجیره

تأمین پلاکت در شرایط بحرانی ارائه دادند و از دو رویکرد فازی و فازی-رباست برای قطعی سازی مسئله استفاده شده است و اهداف آن کمینه‌سازی هزینه کل و همچنین، حداقل‌سازی کمبود فرآورده پلاکت در نقاط تقاضا می‌باشد. به عنوان تحقیق دیگری در این حوزه، می‌توان به پژوهش انصافیان و همکاران [۸] (۲۰۱۸) اشاره نمود که در آن به ارائه تحقیقی بر روی فرآورده پلاکت پرداختند. مدل ارائه شده در قالب یک مدل برنامه‌ریزی یکپارچه عدد صحیح مختلط و چند دوره‌ای است. ابتدا مدل زنجیره‌ای مارکف برای پیش‌بینی تعداد اهداکنندگان در هر پریود با استفاده از شرایط جاری و ماتریس گذر احتمالی حل شده و پس‌ازآن برنامه‌ریزی ریاضی به‌طور قطعی ارائه می‌شود. در مرحله بعدی با در نظر گرفتن تقاضا به‌صورت غیرقطعی، مدل به‌صورت دومرحله‌ای تصادفی توسعه داده شده است. سامانی و همکاران [۹] (۲۰۱۹) به ارائه یک مدل یکپارچه برای زنجیره تأمین خون در شرایط معمولی پرداختند که در آن، پارامترهای عرضه، تقاضا و هزینه به‌صورت غیرقطعی است و از تمام مدل‌های برنامه‌ریزی امکانی استوار به عنوان یک رویکرد رباست- فازی، برای قطعی سازی مدل استفاده شده است. حسینی مطلق و همکاران [۱۰](۲۰۱۹) مقاله‌ای در شبکه خون‌رسانی و در شرایط غیرقطعی ارائه نمودند و از رویکرد رباست منعطف[۲] برای قطعی‌سازی مدل استفاده کردند.

منصوری و همکاران [۱۱] (۲۰۱۸) در مقاله‌ای تحت عنوان "ارائه یک مدل بهینه‌سازی استوار دوهدفه برای طراحی شبکه تأمین خون اضطراری تحت عدم‌قطعیت" به بررسی و تحقیق پرداختند. بر این اساس، یک مدل دوهدفه مکان‌یابی-تخصیص برای عرضه خون تحت عدم قطعیت در این مقاله ارائه شده است. اهداف مدل دربرگیرنده کمینه‌کردن میزان کمبود خون در مراکز خون و نیز کمینه‌کردن مجموع هزینه‌های عملیاتی شامل هزینه‌های جابه‌جایی تسهیلات موقت و هزینه جمع‌آوری و انتقال خون در دوره‌های زمانی پس از وقوع بحران است. با توجه به عدم وجود اطلاعات کافی در مورد ویژگی‌های بحران و به منظور برنامه‌ریزی دقیق‌تر، میزان تقاضا، حجم خون اهدایی، هزینه‌های ارسال خون و جابه‌جایی تسهیلات به صورت مولفه‌های غیرقطعی در نظر گرفته شده‌اند. برای مدل‌سازی عدم‌قطعیت، از روش بهینه‌سازی استوار مبتنی بر مجموعه عدم‌قطعیت جعبه‌ای بهره گرفته شده است و برای حل مدل دوهدفه از روش جامع وزنی چبیشف استفاده شده است. درنهایت با اجرای مثال عددی، همتای استوار مدل پیشنهادی با مدل قطعی مقایسه شده و نتایج حاصل از تحلیل حساسیت‌های مختلف ارائه شده است.

صالحی سربیژن و همکاران [۱۲] (۲۰۱۹) در مقاله‌ای به مدلسازی و حل مسئله مسیریابی تولید چند محصولی مبتنی بر برونسپاری و ریسک تصادف در حمل‌ونقل به تحقیق پرداختند. در این مطالعه یک مدل مسیریابی تولید با دو هدف کاهش هزینه‌ها و ریسک تصادف در حمل‌ونقل، با در نظر گرفتن برون‌سپاری، چند محصولی و چند دوره‌ای پیشنهاد شده است. از آنجایی که این مسئله NP-hard می‌باشد، به منظور حل مسئله از الگوریتم ژنتیک رتبه‌بندی نامغلوب[۳] استفاده شده است. برای اعتبارسنجی مدل جواب‌های به دست آمده از روش محدودیت اپسیلون در ابعاد کوچک با جواب‌های به دست آمده از الگوریتم مقایسه شده است. همچنین برای اعتبارسنجی الگوریتم پیشنهادی و بررسی کارآیی آن در ابعاد بزرگ، نتایج حاصل از NSGA II روی مسائل نمونه در مقایسه با الگوریتم ژنتیک چندهدفه[۴] با استفاده از چندین شاخص مورد آزمون قرار گرفته است. نتایج حاکی از آن است که با وجود زمان اجرای کمتر در الگوریتم پیشنهادی، در شاخص پراکندگی الگوریتم NSGA II و در شاخص تعداد جواب‌های لایه پارتو الگوریتم MOGA دارای کارایی مناسب‌تری است.

آذر و همکاران [۱۳] (۲۰۱۶) در پژوهشی به طراحی مدل ریاضی یکپارچه برای زنجیره تأمین با حلقه بسته پرداختند. هدف این پژوهش ارائه یک روش یکپارچه برای زنجیره تأمین با حلقه بسته است که شامل دو مرحله است. در مرحله اول، چارچوبی برای معیارهای انتخاب تأمین کننده و پیمانکار در زنجیره‌های معکوس پیشنهاد می‌شود. به علاوه، از روش فازی برای ارزیابی آن‌ها بر اساس معیارهای کمی و کیفی استفاده شده است. خروجی این مرحله ارزش هر یک از تأمین کننده‌ها و پیمانکارها بر حسب قطعات است. در مرحله دوم یک مدل برنامه‌ریزی خطی چندهدفه عدد صحیح مختلط چند دوره‌ای ارائه می‌شود، به طوری که انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص کالا به آن‌ها (تصمیمات استراتژیک)، انتخاب پیمانکار و تخصیص کالا به آن‌ها (تصمیمات تاکتیکی) و تعداد بهینه قطعات و محصولات در تصمیمات عملیاتی[۵] را تعیین کند. توابع هدف به ترتیب حداکثر کردن سود، حداقل کردن هزینه کارخانه و هزینه نگهداری موجودی سطح اطمینان قطعات و همین طور حداکثر ساختن ارزش تأمین کننده‌ها و پیمانکاران است و تابع هدف دیگر مربوط به تخصیص کالا بین پیمانکاران یا انجام کار بازیافت توسط خود کارخانه است. همچنین در پژوهشی دیگر آذر و همکاران [۱۴] (۲۰۱۶) به طراحی مدل زنجیره تأمین حلقه بسته با رویکرد برنامه‌ریزی فازی استوار جدید پرداختند. مدل پیشنهادی دارای ویژگی‌هایی برحسب مقدار میانگین امکانی، تغییرپذیری امکانی تابع هدف و تخطی از محدودیت‌های امکانی است. برای توسعه رویکرد پیشنهادی از

برنامه‌ریزی با محدودیت‌های اعتبار و میانگین انحراف مطلق امکانی استفاده می‌شود. با استفاده از یک مثال عددی بر روی پارامترهای استواری بهینگی (تغییرپذیری امکانی) و استواری شدنی تحلیل حساسیت صورت گرفت و برای اعتبار سنجی مدل و ارزیابی استواری جواب‌های به دست آمده از مدل پیشنهادی، پارامترهای مدل ۱۰ بار به طور تصادفی تولید و سپس عملکرد جواب‌های به دست آمده بر حسب تغییرپذیری و میانگین هزینه با مدل میانگین فازی مورد مقایسه قرار می‌گیرد. نتایج نشان می‌دهد که مدل پیشنهادی قادر است با صرف یک هزینه قابل قبول استواری مدل را افزایش دهد؛ در پژوهشی دیگر آذر و همکاران [۱۵] (۲۰۱۵) به بررسی و تحقیق در حوزه زنجیره تأمین پرداختند. در این پژوهش، از دو رویکرد بهینه‌سازی ریاضی و شبیه‌سازی دینامیکی به منظور طراحی مدل کمی مدیریت سفارش‌های زنجیره تأمین برای دو قطعه مورد استفاده در زنجیره تأمین یک شرکت خودروسازی استفاده شد. نتایج نشان داد که رویکرد هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت در مدیریت سفارش‌های زنجیره تأمین از رویکرد هزینه‌یابی سنتی کاراتر عمل می‌کند.

پژوهش صورت گرفته توسط حمدان و دیابط[۶] [۱۶] (۲۰۱۹) در حوزه خون‌رسانی، مرتبط با فرآورده گلبول قرمز بوده و برای مقابله با عدم قطعیت موجود از برنامه‌ریزی تصادفی دو سطحی بهره برده‌اند که سطح اول تصمیمات، مرتبط با تعیین مکان مراکز خون‌گیری و سطح دوم تصمیمات تولید و نگهداری فرآورده‌های خونی می‌باشد. راجندران و راویندرا[۷] [۱۷] (۲۰۱۹) پژوهشی بر روی زنجیره تأمین فراورده پلاکت انجام دادند، به طوری که پارامتر تقاضا در آن به‌صورت غیرقطعی بوده و برای قطعی‌سازی مدل از برنامه‌ریزی تصادفی بهره جستند. ازوگ و همکاران[۸] [۱۸] (۲۰۱۹) تحقیقی در حوزه خون ارائه دادند که در آن گروه‌های خونی و ویژگی سازگاری بین گروه‌ها را در یک مدل دینامیک، درنظر گرفتند. آن‌ها از الگوریتم‌های جستجوی همزیست، ترکیب شبیه‌سازی تبرید با جستجوی همزیست و در نهایت ترکیب ژنتیک با جستجوی همزیست برای حل مدل استفاده کردند. نتایج حاصل مشخص کرد که ترکیب الگوریتم ژنتیک با جستجوی همزیست نسبت به دو الگوریتم دیگر مناسب‌تر است. همچنین حبیبی و همکاران [۱۹] (۲۰۱۸)، کروپ و همکاران[۹] [۲۰] (۲۰۱۶)، مباشر و همکاران[۱۰] [۲۱] (۲۰۱۸)، مانسار و همکاران[۱۱] [۲۲] (۲۰۱۸)، پسندیده و همکاران [۲۳] (۲۰۱۸)، بزرگی امیری و دودمان [۲۴] (۲۰۱۸) پژوهش‌هایی مرتبط با زنجیره تأمین خون ارائه دادند. در ادامه خلاصه‌ای از پژوهش‌هایی که در این مقاله بررسی گردید، در جدول (۱) که تعیین شکاف تحقیقاتی می‌باشد، ارائه شده است؛ جدول مذکور شامل نه

ستون اصلی با عناوین منابع، شرایط مسئله، نوع فرآورده، سطح مسئله، تابع هدف، روش حل، تصمیمات مدل، سایر مشخصات و روش حل می‌باشد.

جدول ۱. خلاصه تحقیقات انجام شده و تعیین شکاف تحقیقاتی پژوهش

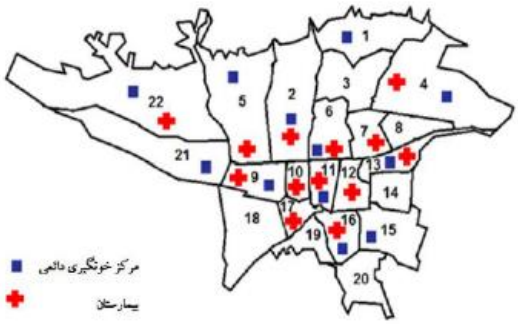
رویکردهای قطعی‌سازی			سایر مشخصات																				منابع	
ترکیبی	استوار	تصادفی	انتقال فراورده بین بیمارستان‌ها	حالات مختلف خرابی در بحران	مسیریابی	تخصیص	مکان‌یابی	ابتکاری & فرابتکاری	دقیق	تابع هدف					سطح مسئله				نوع فراورده		شرایط مسئله		نویسنده	سال انتشار
										چند هدفه				تک هدفه	بیمارستان	تولید	جمع‌آوری	یکپارچه	چند محصولی	تک محصولی	عادی	بحرانی		
										ساپر	زمان	کمبود	هزینه											
		*						*						*							*		ازوگ و همکاران	۲۰۱۹
	*					*	*		*					*			*			*	*		رمضانیان و بهبودی	۲۰۱۷
	*					*	*		*					*		*	*		*			*	صالحی و همکاران	۲۰۱۷
		*							*					*	*				*			*		گانپینار و سنتینو	۲۰۱۵
*														*	*	*						*	فریدونی و شهانقی	۲۰۱۶
		*				*			*					*					*	*		*		انصافیان و یعقوبی	۲۰۱۷
		*						*						*	*	*			*				راجندران و راویندرا	۲۰۱۹
			*				*		*		*	*	*			*	*		*			*	حمدان و دیابط	۲۰۱۹
*						*			*		*	*			*	*			*	*			کامیاب‌نیا و همکاران	۲۰۱۷
*							*		*	*	*							*		*		*	سامانی و همکاران	۲۰۱۹

رویکردهای قطعی‌سازی			سایر مشخصات							تابع هدف					سطح مسئله				نوع فراورده		شرایط مسئله		منابع	
										چند هدفه														
ترکیبی	استوار	تصادفی	انتقال فراورده بین بیمارستان‌ها	حالات مختلف خرابی در بحران	مسیریابی	تخصیص	مکان‌یابی	ابتکاری و فراابتکاری	دقیق	سایر	زمان	کمبود	هزینه	تک هدفه	بیمارستان	تولید	جمع‌آوری	یکپارچه	چند محصولی	تک محصولی	بحرانی	عادی	سال انتشار	نویسنده
	*					*	*		*					*				*	*			*	۲۰۱۹	حسینی مطلق و همکاران

۳- مطالعه موردی

ایران ششمین کشور دنیا از لحاظ لرزه‌خیزی است و زلزله‌های بزرگی را تجربه کرده است، ایران بر روی یکی از دو کمربند بزرگ لرزه‌خیزی جهان موسوم به آلپ- هیمالیا قرار دارد. ایران جزء ده کشور بلاخیز و ششمین کشور زلزله‌خیز دنیاست که کمربند زلزله ۹۰ درصد خاک آن را در برگرفته و زلزله مسبب بیشترین تلفات انسانی در آن می‌باشد؛ اما آنچه حائز اهمیت است، قرار داشتن بسیاری از شهرها و کلان‌شهرهای آن بر روی گسل‌ها یا در مجاورت آن‌هاست که در پی وقوع زلزله، تلفات جانی و خسارت‌های مالی فراوانی را در مناطق شهری به دنبال خواهد داشت [۲۵]. در این میان شهر تهران در کوهپایه رشته‌کوه البرز قرار دارد و بخش کوچکی از منطقه وسیع کمربند لرزه‌خیز آلپ-هیمالیا محسوب می‌شود [۲۶]. تهران به دلیل خاصیت لرزه‌خیزی بالا، در طول تاریخ شاهد زمین‌لرزه‌های ویرانگری بوده که از جمله می‌توان به زمین‌لرزه‌های سال‌های بین ۲۸۰-۳۱۲ پیش از میلاد با بزرگی تقریبی ۷ ریشتر، سال ۸۵۵ میلادی با بزرگی ۷/۱ ریشتر، سال ۹۵۸ میلادی با بزرگی ۷/۷ ریشتر و در نهایت سال ۱۸۳۰ میلادی با بزرگی ۷/۱ ریشتر اشاره کرد [۲۷]. با توجه به مطالعات صورت گرفته شهر تهران دارای ۱۲ مرکز ثابت خون‌گیری شکل (۱) است که مشخصات و مختصات جغرافیایی آن در جدول (۲) نشان داده شده است. پس از وقوع زلزله این مراکز به عنوان نقاط ثابت و سایر مسیرها به عنوان نقاط سایر کاندید در نظر گرفته می‌شوند. از بین مراکز خون یادشده، مرکز خون وصال به عنوان تنها مرکز تولید خون در ایران فعالیت می‌کند و به همین منظور به عنوان مرکز خون در نظر گرفته می‌شود. این مرکز

از نظر ایمنی در سطح بالایی قرار دارد و برای یک نقطه مرکزی پس از وقوع زلزله هیچ‌گونه محدودیتی ندارد.



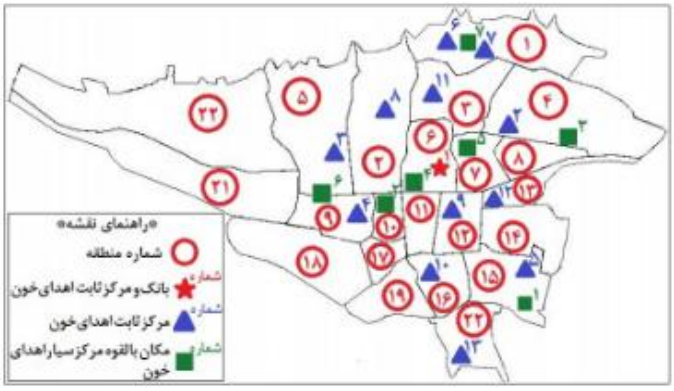
شکل ۱. مراکز ثابت خون‌گیری در مناطق ۲۲ گانه تهران

جدول ۲. مراکز ثابت خون‌گیری در مناطق ۲۲ گانه شهر تهران

مراکز خون	منطقه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
تجریش	۱	۵۱,۴۳۰۸۸	۳۵,۸۰۶۵۳
میلاد	۲	۵۱,۳۷۹۳۰	۳۵,۷۴۵۵۶
نارمک	۴	۵۱,۴۸۶۴۱	۳۵,۷۲۰۸۷
صادقیه	۵	۵۱,۳۳۳۳۹	۳۵,۷۲۱۹۷
وصال	۶	۵۱,۳۹۷۵۵	۳۵,۷۰۵۷۹
آزادی	۹	۵۱,۳۵۴۸۲	۳۵,۶۹۶۷۵
ولیعصر	۱۱	۵۱,۳۹۰۸۸	۳۵,۶۸۸۴۲
پیروزی	۱۳	۵۱,۴۶۴۰۵	۳۵,۶۸۷۵۴
افسریه	۱۵	۵۱,۴۸۶۶۰	۳۵,۶۴۵۸۹
خراسان	۱۶	۵۱,۴۴۳۱۹	۳۵,۶۶۵۵۲
امام خمینی	۲۱	۵۱,۴۱۹۴۲	۳۵,۶۸۵۴۲
چیتگر	۲۲	۵۱,۱۷۴۱۷	۳۵,۷۱۴۷۳

۴- روش کار

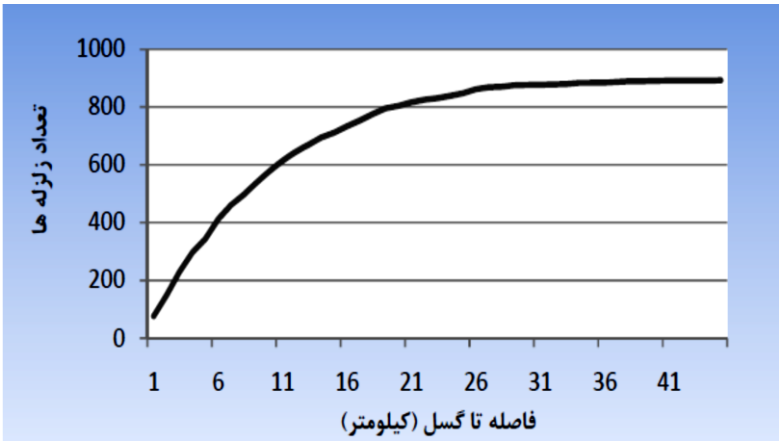
در این مقاله ابتدا در نرم‌افزار Arc Map داده‌های مربوط که برای تعیین نقاط سیار به صورت داده‌های مسیری مهیا شده است مورد استفاده قرار گرفت. اهمیت و وزن‌دهی معیارها نیز در بخش مرتبط به اهمیت لایه‌ها وارد نرم‌افزار Arc Map گردید و با روش کوتاه‌ترین مسیر که با فاصله اقلیدسی اهمیت داده شده به همپوشانی وزن‌های به‌دست‌آمده پرداخته شد که بهترین نقاط اجباری برای عبور مسیر تعیین می‌شوند. با استفاده از فرمان Raster Calculator در نرم‌افزار Arc Map ابتدا هر یک از لایه‌های تهیه شده با توجه به قیود مسئله وزن‌دار می‌شوند و در واقع لایه‌ها برای اهمیت دار شدن مهیا می‌شوند. به منظور تعیین نقاط سیار اجباری یکی ازفاکتورهای مهم، دسترسی به ایستگاه‌های آتش‌نشانی هنگام وقوع زلزله می‌باشد. این موضوع با توجه به شدت زلزله وزن‌های مختلف پیدا خواهد کرد. همچنین فضاهای باز و پمپ‌های گاز با توجه به حساسیت بالا در هنگام وقوع زلزله و مناطق سیار انتقال خون و پمپ بنزین و فضاهای اداری به دلیل نوع ساختمان و قرار گرفتن در ناحیه جمعیتی و تراکم جمعیتی یکی از پارامترهای مؤثر در ایجاد مسیر و نقاط‌های سیار انتقال خون می‌باشد؛ بدین منظور با استفاده از روش درون‌یابی در محیط نرم‌افزار Arc Map مناطقی که فضای باز بیشتری دارند، وزن‌دهی شده و مورد استفاده قرار می‌گیرد. پس از وزن‌دهی لایه‌ها با استفاده از روش اقلیدسی در نرم‌افزار Arc Map و با استفاده از روش و الگوریتم کوتاه‌ترین مسیر انجام می‌گیرد، بدین منظور با استفاده از افزونه Short Path در نرم‌افزار مسیرهای پیشنهادی مشخص شدند. در گام نهایی با تلفیق لایه‌های اهمیت یافته در الگوریتم کوتاه‌ترین مسیر با استفاده از همپوشانی نقشه نهایی منطقه مورد مطالعه تهیه شد که در مرحله بعدی با استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری و قیود موجود در مسئله، بهینه‌ترین مسیر پیشنهاد شده است.



شکل ۲. نقاط حساس و اجباری در مسیریابی مراکز درمانی و انتقال خون موقت

۵- یافته‌های پژوهش

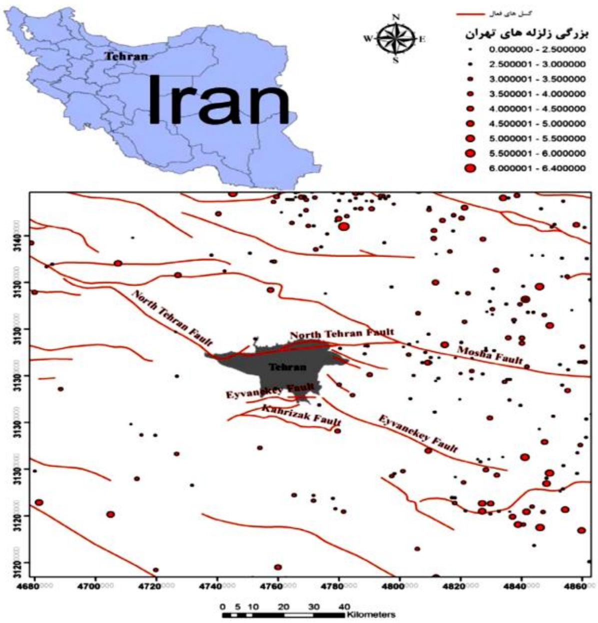
با توجه به گسل‌های تهران (شکل ۳) مناطق آسیب‌پذیری با توجه به تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در نرم‌افزار Arc Map مشخص شده است. با استفاده از لایه جمعیت شهر تهران و همچنین فاصله از گسل میزان افراد آسیب‌دیده پس از وقوع زلزله‌های چند ریشتری پیش‌بینی گردید.



شکل ۳. فراوانی زلزله و فاصله از گسل‌ها

با توجه به وجود ۲۲ منطقه در تهران، کل مناطق به صورت بالقوه بـه عنـوان اهداکننده و

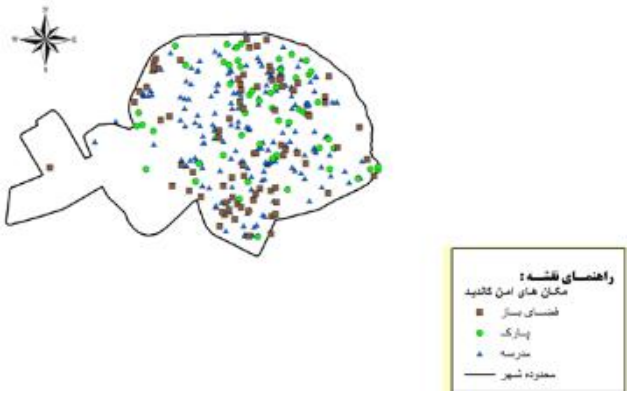
متقاضی خون در نظر گرفته شده‌اند. امکان فعال شدن سه گسل مشاء، شمال تهران و شهر ری به ترتیب در سناریوهای اول، دوم و سوم درنظرگرفته شده است. همچنین سه فرآورده اصلی و رایج خون، یعنی گلبول قرمز، پلاسما و پلاکت در نظر گرفته شده است. با توجه به آمار سازمان انتقال خون ایران، ۵۳/۵، ۳۱ و ۱۵/۵ درصد از تقاضا به ترتیب مربوط به گلبول قرمز، پلاکت و پلاسما است. با توجه به نظر کارشناسان سازمان انتقال خون ایران فرض شده است که در زمان وقوع زلزله ۱/۲ درصد از مصدومان و ۰/۳ درصد از غیرمصدومان در هر ۴ روز به فرآورده‌های خونی نیاز دارند. افق زمانی ۶ روز (۳ دوره زمانی ۲ روزه) لحاظ شده است و از آنجا که تقاضای مصدومان در روزهای اول بعد از زلزله بیشتر و به تدریج کم می‌شود، در زمان وقوع زلزله در دوره‌های اول، دوم و سوم، به ترتیب ۵۰، ۳۰ و ۲۰ درصد از تقاضا وجود دارد. در شکل (۴) نیز فراوانی زلزله‌ها با توجه به فاصله از گسل نمایش داده شده است.



شکل ۴. گسل‌های تهران و زلزله‌های دوره‌های قبلی

۶- نقاط سیار و ثابت امن (نقاط عرضه)

آنچه که در زمان وقوع بحران اتفاق می‌افتد، علاوه بر خسارت‌های جانی و مالی، خسارت‌های اجتماعی فراوانی نیز به دنبال دارد؛ بنابراین به منظور کاهش خسارات اجتماعی و روانی در تأمین سرپناه و اسکان موقت آسیب دیدگان، مسیریابی این مراکز بایستی با توجه به یک سری ملاحظات صورت گیرد که در شکل (۵) نمایش داده شده است.

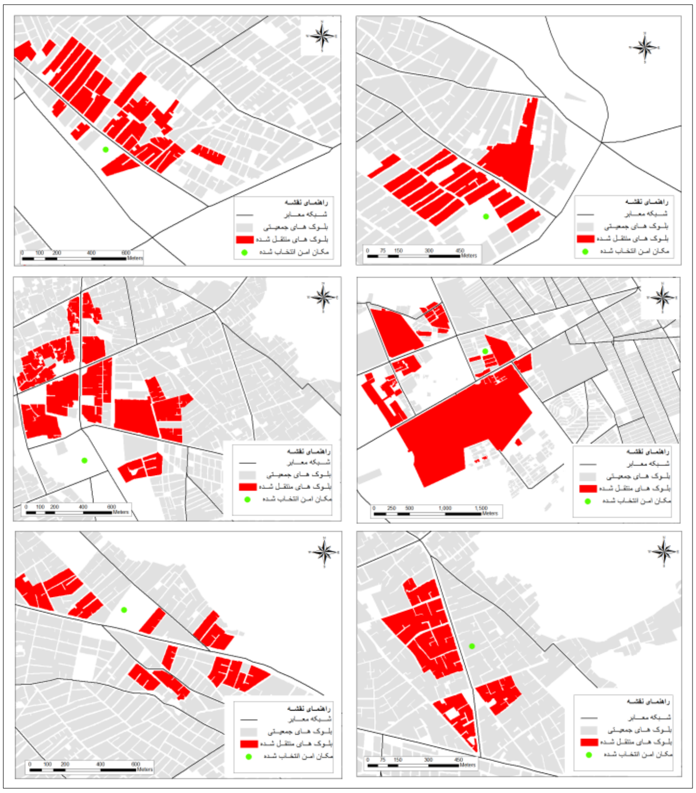


شکل ۵: نقاط سیار پیشنهادی در سناریوی موجود

جدول ۳: تعداد نقاط قابل‌استفاده برای ایستگاه سیار

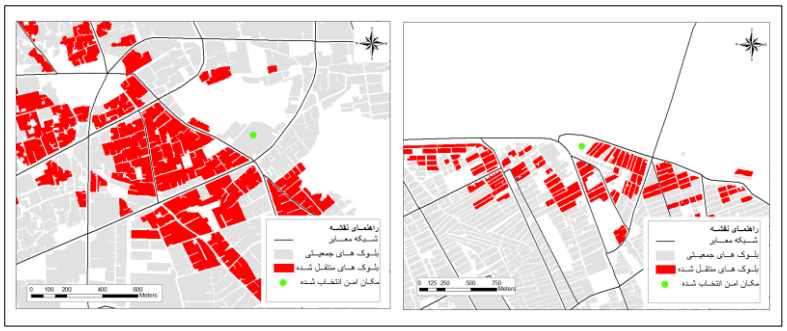
مساحت (هکتار)	تعداد	گروه
۹۳/۵	۵۹	پارک‌ها و فضای سبز
۸۸/۵	۱۸۱	مدارس
۲۳۷	۸۱	فضاهای باز
۴۱۹	۳۲۱	مجموع

هدف نهایی و نتیجه اصلی این مقاله تخصیص هر یک از بلوک‌های جمعیتی به یکی از مسیرهای نهایی انتخاب شده می‌باشد. در این مقاله با توجه به در نظر گرفتن مساحتی بیش از نیاز بلوک‌های جمعیتی، هر بلوک در نهایت به یک مسیر اختصاص می‌یابد. پس از اینکه مسیرهای بهینه در این مقاله مشخص شدند، تعدادی از نتایج تخصیص در شکل‌های زیر نمایش داده شده‌اند.

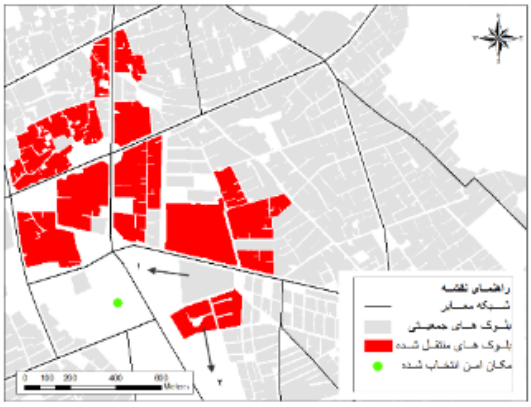


شکل ۶. نحوه تخصیص بلوک‌های جمعیتی

شکل ۷. تخصیص بلوک‌های جمعیتی و مسیر بهینه



شکل ۸. تخصیص بلوک‌های جمعیتی و مسیر بهینه

میثم کرمی‌پور و همکاران ـــ\n\n  \n

شکل ۹. نحوه تخصیص و عدم تخصیص نقاط سیار

همان‌گونه که در شکل (۹) مشخص می‌باشد، بلوک شماره ۲ به نقطه سیار منتقل شده ولی این انتقال برای بلوک شماره ۱ میسر نشده است. با استخراج اطلاعات مربوط به هر بلوک و با توجه به نکات اخیر، می‌توان این‌گونه بیان کرد که مدل بر اساس اختصاص بلوک‌های با جمعیت بیشتر به مسیر نزدیک‌تر طراحی شده است؛ بنابراین ابتدا بلوک شماره ۲ تخصیص یافته است. تمامی بلوک‌هایی که به نقاط سیار مورد نظر منتقل شده‌اند، جمعیتی بیشتر از بلوک شماره ۱ داشته‌اند. این وضعیت در مورد تمامی بلوک‌ها و نحوه تخصیص آن‌ها صدق می‌کند. با این وجود، حتی اگر بلوک جمعیتی به یک مکان امن نزدیک باشد، در صورتی به آن منتقل می‌شود که جمعیت آن نسبت به بلوک‌های متقاضی دیگر بیشتر باشد و مکان امن مورد نظر گنجایش پذیرش را دارا باشد.

جدول ۴. جمعیت و فاصله دو بلوک

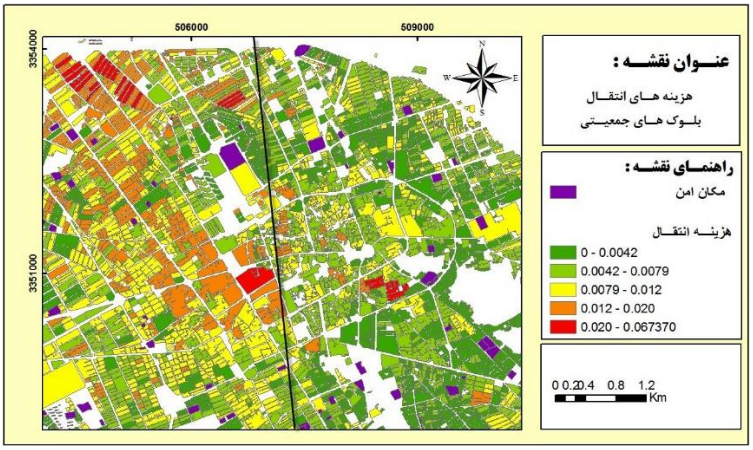
شماره بلوک	جمعیت	فاصله
۱	۳۳	۶۳۷
۲	۱۴۵	۲۲۹

هدف از مسیریابی و انتقال خون تخصیص حداقل کردن فاصله جابجایی برای هر بلوک جمعیتی می‌باشد. با استفاده از اطلاعات مسافت طی شده توسط هر بلوک جمعیتی به مسیر امن تخصیص یافته شده و همچنین جمعیت بلوک مورد نظر، طبق رابطه (۱) می‌توان هزینه

نهایی انتقال هر بلوک جمعیتی به مکان امن را به دست آورد.

$$Cost_{trans_{Dij}} = pop(D_i) \times d_{Dij} \qquad (۱)$$

که در رابطه فوق $Cost_{trans_{Dij}}$ هزینه انتقال جمعیت بلوک ساختمانی D_i به مسیر j، $pop(D_i)$ جمعیت بلوک ساختمانی i و d_{Dij} فاصله شبکه‌ای بلوک جمعیتی D_i تا مسیر j می‌باشد.



شکل ۱۰. هزینه‌های انتقال بلوک‌های جمعیتی

در این مقاله وجود یک مکان در یک گروه نسبت به حضور آن در گروه دیگر بسیار متفاوت می‌باشد. به همین دلیل هزینه‌های ایجاد شده و نحوه تخصیص تحت تأثیر قرار خواهند گرفت. این مسئله در جدول (۵) نشان داده شده است.

جدول ۵. نحوه تغییر هزینه‌های تخصیص

Iteration	Best Utility Function	Over/under flow	Number of sites
۱	۱/۳۸۷۶	۰/۰۷۳۱	۶۴
۲	۰/۶۳۵۵	۰/۰۷۶	۸۳
۳	۰/۶۳۵۵	۰/۰۷۶	۸۳
۴	۰/۶۳۵۵	۰/۰۷۶	۸۳
۵	۰/۶۳۵۵	۰/۰۷۶	۸۳
۶	۰/۶۳۵۵	۰/۰۷۶	۸۳
۷	۰/۵۹۸۰۵	۰/۰۷۸۳۶	۱۰۷
۸	۰/۵۹۸۰۵	۰/۰۷۸۳۶	۱۰۷
۹	۰/۵۹۸۰۵	۰/۰۷۸۳۶	۱۰۷
۱۰	۰/۵۹۸۰۵	۰/۰۷۸۳۶	۱۰۷
۱۱	۰/۴۹۸۴	۰/۰۷۶	۱۱۰
۱۲	۰/۴۹۸۴	۰/۰۷۶	۱۱۰
۱۳	۰/۴۹۸۴	۰/۰۷۶	۱۱۰
۱۴	۰/۴۹۸۴	۰/۰۷۶	۱۱۰
۱۵	۰/۴۹۸۴	۰/۰۷۶	۱۱۰
۱۶	۰/۴۹۸۴	۰/۰۷۶	۱۱۰
۱۷	۰/۴۹۸۴	۰/۰۷۶	۱۱۰
۱۸	۰/۴۸۰۷	۰/۰۶۳۸	۱۰۳
۱۹	۰/۴۸۰۷	۰/۰۶۳۸	۱۰۳

همانگونه که مشخص می‌باشد، در تکرار اول ترکیب‌های با تعداد مکان کم انتخاب شده‌اند. به مرور و با تأثیر فرومون در مسئله، ترکیب مسیر انتخاب شده عوض می‌شود و در مواردی با افزایش تعداد مکان هزینه‌ها نیز کاهش می‌یابد؛ اما در مواقعی کاهش هزینه‌ها با کاهش مکان‌های انتخاب شده صورت می‌گیرد. این حالت به این دلیل اتفاق می‌افتد که ترکیب جدید با انتخاب و عدم انتخاب یکسری مکان امن به ترکیبی دست پیدا کرده است که علاوه بر کاهش تعداد مکان انتخاب شده، هزینه‌های تخصیص را نیز کاهش داده است.

۷- نتیجه‌گیری

در این مقاله تعیین تعداد بهینه و مسیر مناسب تسهیلات سیار خون‌گیری با هدف پوشش‌دهی ماکزیمم اهداکنندگان صورت گرفت. در لابراتوارها فرآورده‌های خونی مختلف اعم از گلبول قرمز، پلاسما و پلاکت تولید می‌شود و در بانک خون مرکز خون قرار می‌گیرد تا با توجه به تقاضای موجود به مراکز تقاضا ارسال شود. با توجه به اینکه بسیاری از مسیرها برای ارسال فرآورده‌ها به نقاط درمانی خراب شده و غیرقابل استفاده‌اند، مسیریابی مناسبی باید برای ناوگان حمل‌ونقل در فاز توزیع انجام شود. تأسیس مراکز درمانی موقت باید در مناطق مناسبی تأسیس شوند تا حداکثرآسیب‌دیدگان پوشش‌دهی شود. به دلیل نبود جایگزین طبیعی یا مصنوعی برای خون انسان و هزینه‌های زیاد جمع‌آوری و تبدیل خون کامل به فرآورده‌های خونی، برنامه‌ریزی و مدیریت مصرف این فرآورده‌ها از اهمیت بسزایی برخوردار است. از طرفی وقوع بحران‌هایی مانند زلزله و تأمین نیاز آسیب‌دیدگان به خون در چنین شرایطی، یکی از چالش‌ها و نگرانی‌های موجود در پی رخداد بحران می‌باشد که اهمیت تأمین خون را نمایان‌تر می‌نماید. در این مقاله به مسئله مسیریابی- مکان‌یابی زنجیره تأمین فرآورده‌های خونی در شرایط وقوع بحران زلزله با در نظر گرفتن میزان ریشتر زلزله پرداخته شد. دراین تحقیق از یک مطالعه موردی واقعی در شهر تهران استفاده شده است. همچنین در این مقاله از نرم‌افزار Arc Map و Arc Gis برای تعیین نقاط سیار استفاده گردید. اهمیت و وزن‌دهی معیارها نیز در بخش مرتبط به اهمیت لایه‌ها وارد نرم‌افزار Arc Map گردید و با روش کوتاه‌ترین مسیر که با فاصله اقلیدسی اهمیت داده شده به همپوشانی وزن‌های به‌دست‌آمده پرداخته شد که بهترین نقاط اجباری برای عبور مسیر تعیین گردیدند؛ به طوری که کمترین میزان تلفات در اثر بحران به وقوع بپیوندد و واحدهای خونی در اسرع وقت به مناطق دارای تقاضا برسند. نتایج نشان داد که برقراری توازنی بین جنبه‌های کمی و کیفی در تصمیم‌گیری در زنجیره های تأمین فرآورده‌های خون امری ضروری است ودر نظر گرفتن عواملی نظیر: دسترس‌پذیری و شرایط ترافیکی و سرعت حمل‌ونقل، تأثیر زیادی در انتخاب مکان‌های مناسب برای مراکز جمع‌آوری خون دارد.

۸- پیشنهادات اجرایی تحقیق

با توجه به نتایج به دست آمده، پیشنهادات اجرایی زیر برای مدیران و تصمیم گیرندگان در زنجیره تأمین خون پیشنهاد می‌شود تا با عمل به آن بتوان به نتایج بهتری در زمینه مدیریت

زنجیره تأمین خون دست یافت:

❖ باید نگاه یکپارچه به مباحث زنجیره تأمین خون وجود داشته باشد. توجه صرف به یک بخش یا تصمیم در زنجیره و عدم توجه به سایر تصمیمات می‌تواند کاربردی بودن نتایج را به شدت کاهش دهد. به عنوان نمونه، مباحث مربوط به مکان‌یابی و مسیریابی به شدت با یکدیگر وابسته و دارای ارتباط تنگاتنگ هستند. از این روی، تصمیمات مجزا برای هر یک از این تصمیمات می‌تواند از دقت و کاربردی بودن نتایج حاصل بکاهد و در برخی موارد آن را غیرعملی سازد.

❖ در هنگام تصمیم‌گیری باید توجه لازم به شرایط و مسائل دنیای واقعی وجود داشته باشد. مباحثی نظیر ترافیک، عدم قطعیت، وابستگی زمان و سرعت حمل‌ونقل به ساعات روز، مدل شود. غفلت از این موارد می‌تواند منجر به غیرکاربردی شدن و حتی فریبنده بودن نتایج شود.

❖ با توجه به اهمیت بحث خون و فرآورده‌های خونی در سلامتی بیماران، به خصوص در شرایط وقوع بحران، لازم است تا مدیران و تصمیم‌گیرندگان در این قبیل زنجیره‌ها از نگاه صرف مالی به مسائل خودداری نموده و افزون بر شاخص‌های مالی، فاکتورهای دیگری را نیز در نظر بگیرند. مواردی نظیر زمان حمل‌ونقل، الزام به ارضای تقاضاها، کیفیت محصول و مواردی از این دست فاکتورهایی هستند که باید در کنار بحث‌های مربوط به هزینه لحاظ شوند.

❖ با توجه به احتمال وقوع حوادث طبیعی در کشور و خسارات فراوانی مالی و به خصوص جانی این حوادث در کشور، لازم است برنامه‌ریزی‌های دقیقی بر مبنای سناریوهای مختلف از قبل و در شرایط آرامش انجام شود و مراکز و نقاط پایلوت و استقرار و همچنین تخصیص‌های بالقوه از پیش برنامه‌ریزی شود، چرا که در شرایط وقوع بحران، تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی مناسب بسیار دشوار و در برخی موارد غیرممکن می‌شود.

۸-۱- پیشنهادات برای مطالعات آتی

با توجه به نتایج به دست آمده در این مقاله، مطالب زیر برای علاقه‌مندان می‌تواند زمینه مطالعات آتی را فراهم نماید.

❖ استفاده از اتوبوس‌های متحرک اهدای خون به عنوان تسهیل در جمع‌آوری فرآورده‌های خونی.

❖ بحث کیفیت و همچنین گروه‌بندی و طبقه‌بندی انواع خون‌ها مورد توجه قرار گیرد.

❖ با توجه به اینکه شرایط بحران مدنظر است، می‌توان از دو نوع مدل حمل نقل هوایی و زمینی استفاده نمود به عبارت دیگر می‌توان مدل را طوری تعریف کرد که اگر در اثر حادثه وخرابی راه، زمان سفر از حد مجاز تعریف شده تجاوز کند، روش زمینی به هوایی تبدیل شود.

❖ اتخاذ تدابیری نظیر خوشه‌بندی بیمارستان‌ها و مراکز درمانی جهت پشتیبانی از یکدیگر در شبکه‌ای بزرگ و تحت عدم قطعیت.

❖ در نظر گرفتن احتمال خرابی مراکز خون و از کار افتادن مراکز درمانی و بیمارستان‌ها.

۹- پی‌نوشت‌ها

1. Gunpinar & Centeno.
2. Flexible robust approach.
3. non-dominated sorting genetic algorithm.
4. multi objective genetic algorithm.
5. Process designs.
6. Hamdan & Diabat.
7. Rajendran & Ravindran.
8. Ezugwu et al
9. Kurup et al.
10. Mobasher et al.
11. Mansur et al.

۱۰- منابع

[1] Gunpinar, S., & Centeno, G. (2015). Stochastic integer programming models for reducing wastages and shortages of blood products at hospitals. *Computers & Operations Research, 54*, 129-141.

[2] Zahiri, B., Torabi, S. A., Mousazadeh, M., & Mansouri, S. A. (2015). Blood collection management: Methodology and application. *Applied Mathematical Modelling*, 39(23-24), 7680-7696. (in Persian)

[3] Negaresh, d. H., (2001) "Earthquake, cities and faults", *Geographical Research*, No. 1. (in Persian)

[4] Fereiduni, M., & Shahanaghi, K. (2016). A robust optimization model for blood supply chain in emergency situations. *International Journal of Industrial Engineering Computations, 7*(4), 535-554.

[5] Ramezanian, R., & Behboodi, Z. (2017). Blood supply chain network design under uncertainties in supply and demand considering social aspects. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 104*, 69-82.

[6] Salehi, F., Mahootchi, M., & Husseini, S. M. M. (2017). Developing a robust stochastic model for designing a blood supply chain network in a crisis: A possible earthquake in Tehran. *Annals of Operations Research*, 1-25.

[7] Kamyabniya, A., Lotfi, M. M., Naderpour, M., & Yih, Y. (2018). Robust platelet logistics planning in disaster relief operations under uncertainty: a coordinated approach. *Information Systems Frontiers, 20*(4), 759-782.

[8] Ensafian, H., Yaghoubi, S., & Yazdi, M. M. (2017). Raising quality and safety of platelet transfusion services in a patient-based integrated supply chain under uncertainty. *Computers & Chemical Engineering, 106*, 355-372.

[9] Samani, M. R. G., Hosseini-Motlagh, S. M., Sheshkol, M. I., & Shetab-Boushehri, S. N. (2019). A bi-objective integrated model for the uncertain blood network design with raising products quality. *European Journal of Industrial Engineering*, *13*(5), 553-588.

[10] Hosseini-Motlagh, S. M., Samani, M. R. G., & Cheraghi, S. (2019). Robust and stable flexible blood supply chain network design under motivational initiatives. *Socio-Economic Planning Sciences*, 100725.

[11] Mansoori, Soheil, Bozorgi Amiri, Ali, Biatloo, Fatemeh. (2018). Provide a robust two-objective optimization model for the design of an emergency blood supply network under uncertainty. *New Research in Decision Making*, 3 (2), 249-274.

[12] Salehi Sarbijan, Morteza, Behnamian, Javad. (2019). Modeling and solving the problem of routing the production of several products based on outsourcing and accident risk in transportation. *New Research in Decision Making*, 5 (2), 137-163.

(in Persian)

[13] Kolyaei, M., Azar, A., Amini, M., & Rajabzadeh Gatari, A. (2016). Design of integrated mathematical model for closed-loop supply chain. *Management Research in Iran*, *20*(1), 1-32. (in Persian)

[14] Farrokh, M., Azar, A., & Jandaghi, G. (2016). A novel robust fuzzy programming approach for closed loop supply chain design. *Modern Research in Decision Making*, *1*(3), 131-160. (in Persian)

[15] Jafarnejad, A., Safari, H., Azar, A., & Ebrahimi, S. A. (2015). Supply chain orders management based on both traditional and activity-based costing and their comparison. *Management Research in Iran*, *18*(4), 23-42. (in Persian)

[16] Hamdan, B., & Diabat, A. (2019). A two-stage multi-echelon stochastic blood supply chain problem. *Computers & Operations Research*, *101*, 130-143.

[17] Rajendran, S., & Ravindran, A. R. (2019). Inventory management of platelets along blood supply chain to minimize wastage and shortage. *Computers & Industrial Engineering*, *130*, 714-730.

[18] Ezugwu, A. E., Olusanya, M. O., & Govender, P. (2019). Mathematical model formulation and hybrid metaheuristic optimization approach for near-optimal blood assignment in a blood bank system. *Expert Systems with Applications*, *137*, 74-99.

[19] Habibi-Kouchaksaraei, M., Paydar, M. M., & Asadi-Gangraj, E. (2018). Designing a bi-objective multi-echelon robust blood supply chain in a disaster. *Applied Mathematical Modelling*, *55*, 583-599.

[20] Kurup, R., Anderson, A., Boston, C., Burns, L., George, M., & Frank, M. (2016). A study on blood product usage and wastage at the public hospital, Guyana. *BMC research notes*, *9*(1), 1-6.

[21] Mobasher, A., Ekici, A., & Özener, O. Ö. (2015). Coordinating collection and appointment scheduling operations at the blood donation sites. *Computers & Industrial Engineering*, *87*, 260-266.

[22] Mansur, A., Vanany, I., & Arvitrida, N. I. (2018). Challenge and opportunity

research in blood supply chain management: a literature review. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 154, p. 01092). EDP Sciences. (in Persian)

[23] Yousefinejad Attari, Mehdi, Pasandideh, Seyed Hamid Reza, Aghaei, Afsaneh, Akhavan Niaki, Seyed Taghi. (2019). Reducing the cost of waste and shortage of different blood products of hospitals by considering the compatibility of different groups. *Industrial Management Studies*, 17 (53), 1-31. doi: 10.22054 / jims.2017.16777.1598.

[24] Dodman, Mansour, Bozorgi Amiri, Ali. (1398). Designing an integrated blood supply chain network under conditions of uncertainty, taking into account lateral transfers. *Industrial Management Perspective*, 9 (4).9-40.

[25] Javadi Azar, R., Vosoughi, B., Ghaffari Razin, M., (2015). "Analysis of crustal deformation in Iran with Novozhilov medium period criterion using finite element method", *Journal of Surveying Science and Technology*, Pp. 85 -93. (in Persian)

[26] Samaei, Meqdad, Barzegari, Amir, Qoyimi Panah, Mohammad Reza, Jafari, Farhad, Shami, Abolfazl. (2019). Simulation of probable scenarios of earthquake occurrence in Tehran. *Journal of Earth Sciences*.26 (103), 141-156 .doi: 10.22071/gsj.2017.4677. (in Persian)

[27] Pourmohammadi, M. R., & Mosayebzadeh, A. (2008). The vulnerability of Iranian cities against earthquake and the role of neighborhood participation in providing assistance for them. (in Persian)