Archive of SID

مدل‌سازی مکان‌یابی هاب زنجیره امدادرسانی در مدیریت بحران بر مبنای نیاز مصدومین تصادفات جاده‌ای

سیده فاطمه حسینی‌نژاد، گروه مهندسی صنایع، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
احمد ماکویی*، استاد، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
رضا توکلی مقدم، استاد، پردیس دانشکده فنی، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه تهران، تهران، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول:amakui@iust.ac.ir

دریافت: ۹۷/۰۳/۲۶- پذیرش: ۹۷/۰۸/۰۵
صفحه ۳۳۵-۳۲۱

چکیده

میلیون‌ها تن از مردم هر ساله تحت تاثیر بحران‌های طبیعی نظیر سیل و زلزله، و بحران‌های غیرطبیعی (انسان ساز) نظیر تصادفات جاده‌ای هستند. رشد سریع مالکیت وسایل نقلیه موتوری در سال‌های اخیر در ایران، به همراه جوان بودن جمعیت و گوناگونی انواع وسایل نقلیه باعث شده تا نیاز به اقدامات گسترده در خصوص امدادرسانی در حوادث انسان‌ساز افزایش یابد. بنابرین آمادگی برای واکنش‌های سریع و انجام عملیات مربوط به مدیریت بحران، مانند فراهم کردن مراکز امدادی و ایجاد زنجیره امداد برای کاهش آسیب و تلفات ناشی از آن و انتقال آسیب‌دیدگان از مناطق بحرانی به مراکز امدادی از پیش تعیین شده، ضروری به نظر می‌رسد. از سویی در مکانیابی مراکز امدادی از پیش تعیین شده، ذینفعان مختلفی وجود دارند که دیدگاه‌ها، توانمندی‌ها و نیازهای مختلفی دارند. یکی از ذینفعان، کاربران جاده‌ای و مصدومان حوادث جاده‌ای هستند که حداقل کردن زمان امداد و حداکثر نمودن ظرفیت مراکز امدادرسانی از جمله نیازهای ایشان است. در این مقاله تلاش گردید به مدل‌سازی تعیین مکان هاب‌های امدادی با اولویت مطالبات مصدومین حوادث جاده‌ای پرداخته شود. در این مدل زمان به صورت فازی در نظر گرفته شده و از روش‌های حل دقیق و الگوریتم فرابتکاری NSGAII برای حل مدل استفاده شده است.

واژه‌های کلیدی: مدیریت بحران، تصادفات جاده‌ای، مکانیابی هاب، مدلسازی ریاضی، الگوریتم ژنتیک

۱- مقدمه

ایران با بیش از ۱,۶۰۰,۰۰۰ کیلومتر مربع مساحت، کشوری پهناور با شرایط مختلف جغرافیایی و آب و هوایی می‌باشد. گستردگی عرض جغرافیایی، امتداد کوهستان‌ها، تغییرات چشم‌گیر ارتفاعات و بالاخره موقعیت سرزمین نسبت به دریاها و گستره‌های آبی منجر به ایجاد بحران‌های طبیعی و غیرطبیعی (انسان‌ساز) بسیاری گردیده است. همانگونه که بحران‌های طبیعی مسبب اثرات زیانبار بسیاری شده است، بحران‌های غیرطبیعی نیز قربانیان زیادی گرفته و خسارات عمده‌ای بر پیکره اقتصادی و اجتماعی کشور وارد می‌سازد. تصادفات جاده‌ای، سقوط هواپیما، آتش‌سوزی و ... از جمله حوادث غیرطبیعی هستند که با گسترش زندگی ماشینی، جوامع بشری بیش از پیش با آن‌ها روبه‌روست. امدادرسانی در حوادث جاده‌ای همیشه به طور نسبی در جابجایی مسافر و کالا مطرح بوده است، ولی در دو دهۀ اخیر بدلیل افزایش تصادفات و تلفات ناشی از آن، این موضوع از اهمیت بیشتری برخوردار شده است. بر اساس آمار سازمان بهداشت جهانی سالانه ۱/۲۵

www.SID.ir

Archive of SID

میلیون نفر در تصادفات رانندگی کشته می‌شوند و بین ۲۰ تا ۵۰ میلیون نفر نیز دچار مصدومیت می‌گردند. از میان آمار ارائه شده بیش از ۹۰٪ تلفات تصادفات رانندگی در کشورهای با درآمد متوسط و کم، اتفاق می‌افتد که تنها مالک ٤٨٪ وسایل‌نقلیه ثبت شده می‌باشند. در صورت ادامه روند موجود، طبق پیش‌بینی سازمان بهداشت جهانی، تصادفات رانندگی به پنجمین عامل مرگ‌ومیر تا سال ۲۰۲۰ تبدیل خواهد شد و متوسط رشد جهانی تلفات رانندگی از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۲۰ به بیش از ٦٨٪ خواهد رسید که این میزان برای کشورهای در حال توسعه به مراتب بیشتر می‌باشد. در ایران نیز حوادث رانندگی دومین عامل فوت و اولین عامل عمر از دست رفته می‌باشد و ٦٠٪ از حوادث منجر به جرح و فوت به حوادث رانندگی تعلق دارد، درحالیکه در آمار جهانی این رقم ۲۵٪ می‌باشد. براین اساس تصادفات جاده‌ای باعث تخریب وضعیت توسعه اقتصادی، اجتماعی و سلامت شده و باید مانند هرگونه بحران جدی به این مساله پرداخته شود. وضعیت نامناسب حوادث جاده‌ای در ایران باعث شد بانک جهانی در بررسی و مطالعات خود، وضعیت حوادث جاده‌ای ایران را بحرانی عنوان کند. این بحران با عوارض شدید مالی و جانی همراه هستند. هرچند خسارات مالی در درازمدت تاحدودی قابل جبران است اما خسارات جانی غیرقابل جبران بوده و از دست دادن افراد که سرمایه‌های اصلی هر کشوری محسوب می‌شوند به‌عنوان ناگوارترین بخش این تراژدی مطرح می‌باشد. امدادرسانی سریع و به‌موقع پس از یک حادثه برای نجات جان حادثه‌دیدگان یکی از مهمترین اصولی است که در سایه انتخاب راهبرد صحیح و اتخاذ تصمیمات به‌موقع به‌عنوان یک ضرورت مطرح می‌باشد و می‌تواند اثرات زیانبار و مخرب ناشی از این اتفاقات را تا حد مطلوبی کاهش دهد. برای مدیریت بحران ناشی از حوادث جاده‌ای و کاهش تصادفات و تلفات ناشی از آن تدابیر مختلفی را می‌توان دنبال نمود. یکی از این تدابیر گسترش زنجیره امداد جاده‌ای و مکانیابی مناسب هاب امدادی به‌منظور امدادرسانی است. دراین مقاله تلاش گردید برای سهولت امدادرسانی به آسیب‌دیدگان، هاب‌های امدادی درسطح جاده‌ها مکانیابی گردد تا از تعداد تلفات حوادث رانندگی در سطح جاده‌ها و شدت آسیب ناشی از آن کاسته شود. لذا مدلی ارائه گردید تا از دیدگاه مصدومین حوادث جاده‌ای که حداقل نمودن زمان امداد و حداکثرنمودن ظرفیت مراکز امدادرسانی است، مکانیابی صورت پذیرد. به این منظور برای انتقال مصدومین از دو روش زمینی و هوایی استفاده می‌شود.

۲-پیشینه تحقیق

مسائل مکان‌یابی تسهیلات از دهه ۱۹٦۰ جایگاه مهمی در بین مسائل تحقیق در عملیات پیدا نمود. به‌طورکلی واژه مکان‌یابی اشاره به مدلسازی، فرمول‌بندی و حل مسائلی دارد که می‌توان آنها را به‌منظور قراردادن تسهیلات در فضای موجود به بهترین نحو، تعریف کرد. بدون شک مکان‌یابی درست تسهیلات اثرات بسیار زیادی در منافع اقتصادی، ارائه خدمات مناسب و رضایت مشتریان دارد. ازسوی دیگر، هزینه‌های بالای مربوط به ساخت تسهیلات و دستیابی به مشخصات مربوطه، پروژه‌های مکان‌یابی را به سرمایه‌گذاری بلندمدت تبدیل کرده است. از جمله مسائلی که در حوزه مکانیابی تسهیلات مورد توجه محققین بوده است مکانیابی هاب می‌باشد. مسئله مکان‌یابی هاب دارای قدمت کوتاهی است و جزء علوم نوین مکان‌یابی به شمار می‌آید. اولین مقاله انتشار یافته در این مورد توسط توه و همکارانش در مورد کاربرد هاب در خطوط هوایی و فرودگاه‌ها در سال ۱۹۸۵ انتشار یافت(Youssef et al., 2002). هرچند که قبل از او حکیمی مقاله‌ای در سال ۱۹٦٤ در این زمینه منتشر کرده بود، ولی چون مدت زیادی فاصله بود تا مقاله بعدی انتشار یابد و مسئله تحت عنوان مکان‌یابی هاب شناخته شود مبدأ شروع مقالات هاب سال ۱۹۸۵ قرار داده شده است(O'kelly,1987). آکیهال به ارائه یک مدل جهت مکان‌یابی مراکز مدیریت بحران جهت مدیریت کالاهای امدادی پرداخته است (Akkihal,2006). جیا و همکاران مدل‌های مکان‌یابی تسهیلات را برای موقعیت‌های اضطراری با مقیاس بزرگ مرور نمودند (Jia,2007). تزنگ و همکارانش یک مدل قطعی چندمعیاره برای توزیع کالاهای اضطراری به مناطق آسیب‌دیده با درنظرگرفتن هزینه، زمان پاسخ و رضایت‌مندی مشتریان ارائه داده‌اند(Tzeng et al.,2007). براتکرن و همکاران مدل‌های مکان‌یابی آمبولانس‌ها و سایر وسایل نقلیه اضطراری را در سه دسته طبقه‌بندی کردند: مدل‌های قطعی، مدل‌های احتمالی و مدل‌های پویا (Brotcorne et al.,2003). مت و زابینسکی یک مدل بهینه‌سازی احتمالی برای آمادگی در برابر حوادث و واکنش با

www.SID.ir

Archive of SID

وجود عدم‌قطعیت هزینه و تقاضا ارائه دادند. آنها در جهت کمک به تصمیم‌گیری درباره مکان و تخصیص تجهیزات پزشکی که باید در شرایط اضطراری استفاده شود، یک مدل حمل و نقل ارائه دادند که در تصمیمات مسیریابی در فاز پاسخگویی سودمند است (Mete & Zabinsky,2010).

کمپل مسائل مکان‌یابی p–هاب پوشش را معرفی کرد. اوکلی و میلر در حوزه مسائل مکان‌یابی هاب تحقیق پیمایشی ارائه دادند. کلین سویچ نقش مسائل مکان‌یابی هاب را در مخابرات بررسی کرد و برایان و اوکلی نقش مکان‌یابی هاب را در صنعت حمل و نقل هوایی بررسی کردند (Farahani,2013). کمپل و همکاران مسائل مکان‌یابی هاب را دسته‌بندی کردند. هاماچر و همکاران فرمولی برای مسائل مکان‌یابی p–هاب با تخصیص چندگانه ارائه دادند که قابلیت حل مسائل با ابعاد بزرگ را داراست. آلومور و کارا مقاله مروری در حوزه مکان‌یابی هاب را ارائه دادند که تاکید آن‌ها بیشتر روی مدل‌های شبکه مکان‌یابی بود. نیز کاستا و همکاران مساله مکان‌یابی چندهدفه‌ای ارائه دادند که تابع هدف اول هزینه کلی حمل و نقل را حداقل می‌کند در حالی که دیگری بیشینه زمانی که هاب برای پردازش جریان می‌گیرد را حداقل می‌کند. حکمت‌فر و پیشوایی با استفاده از فرمول کوادراتیک برای مسائل p–هاب میانه به شکل قابل‌ملاحظه‌ای تعداد متغیرهای تصمیم را کاهش دادند (Farahani,2013). جیانگ و ژانگ آثار همکاری بین خطوط هوایی هاب و قطارهای سریع السیر با درنظرگرفتن محدودیت در ظرفیت فرودگاه‌ها را ارائه نمودند(Jiang & Zhang, 2014). پیرو و همکارانش یک روش ابتکاری برای مساله p–هاب میانه r تخصیصه را ارائه دادند، که در آن هر گره به r تا از p هاب استقراریافته تخصیص پیدا می‌کند (Peiró et al.,2014). رییک و همکارانش مسائل مکان‌یابی–مسیریابی هاب چندکالایی و با ترکیب مسیرهای وسایل نقلیه با تقاضای برداشت یا تحویل مشتری‌ها درنظر گرفتند(Rieck et al.,2014). چو و همکاران مدل احتمالی جدیدی برای حمل‌ونقل در هاب‌ها با دوره انعطاف‌پذیر ارائه کردند که هدف آن کاهش هم‌زمان حجم کار و زمان انتظار است (Chou et al.,2014). کریمی و ستاک مدل هاب با تخصیص چندگانه را ارائه دادند که با آزادکردن فرض کامل بودن شبکه، مجموع هزینه‌ها را حداقل می‌کند (Karimi & Setak, 2014).

هالسکائو مساله هاب را برای هلیکوپترهای مستقر در صنایع نفتی و گازی داخل دریا در نظر گرفت که به خاطر نارضایتی از توربولانس و صدای ناهنجار هلیکوپتر تعداد تسهیلات حداقل می‌شود (Halskau,2014). رودریگز مارتین و همکارانش یک مساله را در نظر گرفتند که در آن تعدادی مرکز هاب تاسیس می‌شود و به هر گره چندین نقطه تقاضا تخصیص داده می‌شود که هر تسهیل تنها دارای یک وسیله نقلیه است که باید به کل نقاط تخصیصی خدمت‌رسانی کند و این مساله از طریق روش انشعاب و تحدید حل شده است (Rodríguez et al.,2014). لی و مون شبکه هاب را برای مدل‌سازی شبکه لجستیک پستی کره جنوبی در نظر گرفتند که در مدل ارائه شده از محدودیت‌های واقعی پست کشور کره استفاده شده است (Lee & Moon, 2014).

ساساکی و همکارانش شبکه حمل و نقلی با تخصیص چندگانه و در مقیاس بزرگ را در نظر گرفتند (Sasaki et al.,2014). اکلی شبکه هاب شرکت حمل و نقل هوایی را با داده‌های واقعی و با درنظرگرفتن پروازهای بین‌المللی و داخلی ایالات متحده مورد مطالعه قرار داده است (O'Kelly,2014). آی‌کاساس و همکارانش مطالعه‌ای انجام دادند که طی آن یک مدل کاربردی برای شبیه‌سازی فرودگاه‌های هاب و طراحی ترمینال جدید ارائه شد(i Casas et al.,2014).

شهابی و یونیکریشنان فرمول روباستی را ارائه کردند که تخصیص تکی و چندگانه و بدون ظرفیت و با عدم‌قطعیت تقاضا در شبکه‌های هاب ایالات متحده را در نظر گرفته بود (Shahabi &Unnikrishnan,2014). استرادا و همکاران مقاله‌ای در راستای تعیین استراتژی حمل‌ونقل با توجه به شبکه هاب نوشتند (Estrada & Robusté,2015). محموداوغلاری و همکاران مقاله‌ای در حوزه‌ی مکان‌یابی هاب رقابتی نوشتند که مکان بهینه هاب‌ها را با توجه به رقابت دو شرکت تجاری در سه سطح هاب‌های مرکز ثقل، میانی و مرکزی پیدا می‌کرد(Mahmutogullari & Kara,2016). ابیازی‌ثانی و قنبری مقاله‌ای با رویکرد حل فراابتکاری جستجوی ممنوعه برای یک شبکه هاب نوشتند (Abyazi-Sani & Ghanbari,2016). مراکلی و یامان مقاله‌ای در راستای مکان‌یابی هاب با در نظر گرفتن عدم‌قطعیت در پارامتر تقاضا ارائه کردند (Meraklı & Yaman, 2016). عزیزی و همکارانش نیز مکان‌یابی هاب را با توجه به خرابی تسهیلات

www.SID.ir

Archive of SID

مدل‌سازی نمودند (Azizi et al.,2016). رضایی ملک و همکاران نیز یک مدل برنامه‌ریزی چندهدفه ارائه دادند تا یک شبکه لجستیک امداد طراحی نمایند (Rezaei-Malek et al.,2016).

۳-الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک به‌عنوان یکی از اولین روش‌های فراابتکاری که براساس الگوبرداری از یک رفتار طبیعی شکل گرفته است از همان بدو تشکیل و تدوین خود مورد توجه همه دانشمندان واقع شد و حتی می‌توان گفت افقی تازه در برابر دیدگان دانشمندان این عرصه قرار داد، افقی که با تلاش دانشمندان در سال‌های بعد هم به بسط و گسترش این روش کمک کرد و هم موجب الگوبرداری دانشمندان از بسیاری پدیده‌های طبیعی دیگر شد. این مطالعات بعدها به ایجاد الگوریتم‌هایی نظیر کلونی مورچگان، کرم شب‌تاب، سیستم ایمنی مصنوعی و ... منجر شد. از این رو می‌توان به جرات الگوریتم ژنتیک را در صدر دسته‌ای از الگوریتم‌ها با نام الگوریتم‌های برپایه جمعیت دانست(Deb et al.,2002).

روش NSGA یک روش متداول برای حل مسائل با چند تابع هدف بر مبنای الگوریتم ژنتیک می‌باشد . این الگوریتم یک روش کارامد به منظور حل مسائل با چند تابع هدف می‌باشد ولی به‌منظور انتخاب ذره های غالب و در پیچیدگی محاسباتی دارای نقاط ضعفی نیز هست. به همین منظور روش اصلاح شده با نام NSGA-II توسعه داده شده است. این روش از الگوریتم NSGA بهتر عمل می‌کند، زیرا از اطلاعات N_P و S_P یعنی مجموع اعضای جمعیتی که توسط عضو P مغلوب شده است و تعداد دفعاتی که عضو P توسط سایر اعضا مغلوب شده است استفاده میکند. برای اجرای الگوریتم NSGA-II گام های زیر را باید اجرا نمود(Deb et al.,2002):

۱- جمعیت اولیه تصادفی به اندازه Popsize ,....,i=1 تولید کنید و k تعداد تکرار الگوریتم NSGA-II را برابر ۱ قرار دهید.

۲- در این مرحله می بایست اعضای جمعیت را بر مبنای مغلوب بودن، مرتب و آنها را در جبهه ها تقسیم‌بندی نمود. هر چه شماره جبهه‌ها کمتر باشد به آن معناست که اعضای جمعیتی که در آن هستند تعداد بیشتری از ذرات را مغلوب کرده‌اند. به‌همین منظور گام‌های زیر را برای هر یک از ذرات مانند P اجرا کنید:

۲-۱- S_P را به عنوان مجموع اعضای جمعیتی که توسط عضو مانند P مغلوب می‌شود در نظر بگیرید و مقدار آن را تهی قرار دهید.

۲-۲- N_P را به عنوان تعداد دفعاتی که عضو P توسط سایرین مغلوب می‌شود در نظر بگیرید و مقدار آن را برابر صفر قرار دهید.

۲-۳- برای هر عضو از اعضای جمعیت ,.... ,n=1 Popsize همانند q مراحل زیر را انجام دهید.

۲-۳-۱- اگر P توانست عضو q را مغلوب کند آنگاه q را به مجموعه S_P اضافه کنید.

۲-۳-۲- اگر q توانست p را مغلوب کند آنگاه یک واحد به مجموعه N_P اضافه کنید.

۳- اگر بعد از بررسی تمام اعضا جمعیت N_P برابر صفر شود آنگاه می‌توان نتیجه گرفت که P توسط هیچ عضو دیگری مغلوب نشده است. بنابراین P به جبهه f_1 اضافه می‌شود.

٤- تمامی مراحل زیر را تا زمانی که تعداد عضوهای موجود در جبهه i برابر صفر نیست ادامه دهید:

٤-۱- مجموعه عضوهایی که در جبهه i+1 در نظر گرفته می‌شود را Q و آن را برابر صفر قرار دهید و سپس برای هر ذره P که در مجموعه f_i قرار دارد مراحل زیر را انجام دهید:

٤-۲- برای هر عضو مانند q که در مجموعه S_P که در جبهه f_i قرار دارد مراحل زیر را انجام دهید:

٤-۲-۱- یک واحد از N_P کم کنید. این کار نشان‌دهنده آن است که عضو q چند بار مغلوب شده است.

٤-۲-۲- اگر N_P برابر صفر شود نشان دهنده آن است که عضو q در جبهه f_{i+1} قرار می‌گیرد در این صورت می‌بایست Q را با q جابجا کنید.

٤-۳- یک واحد به i اضافه کنید.

۵- پس از جبهه‌بندی اعضا برمبنای میزان مغلوب کردن سایر اعضا به‌منظور ایجاد نسل بعدی تعدادی از آنها انتخاب می‌شوند. به‌منظور تعیین اعضا از روش دودویی استفاده می‌شود. به این منظور در ابتدا دو عضو به صورت تصادفی انتخاب می‌شوند و بین آنها مقایسه انجام می‌گیرد و هر کدام که بهتر بود به مخزن جواب‌ها اضافه می‌شود. ملاک بهتر بودن جواب‌ها براساس دو معیار زیر می‌باشد:

www.SID.ir

Archive of SID

۵-۱- اولویت رتبه: در این حالت جواب‌هایی که دارای رتبه پایین‌تر و یا جبهه پایین‌تر است انتخاب می‌شوند. زیرا ذرات این جبهه می‌توانند ذرات بیشتری را مغلوب کنند.

۵-۲- در بعضی از موارد ممکن است دو عضو که انتخاب شده‌اند در یک رتبه قرار گیرند. به عبارت دیگر ممکن است هر دو در یک جبهه قرار گیرند. در این صورت از معیاری به نام فاصله ازدحامی استفاده می‌شود که در ادامه توضیحاتی در مورد آن داده می‌شود.

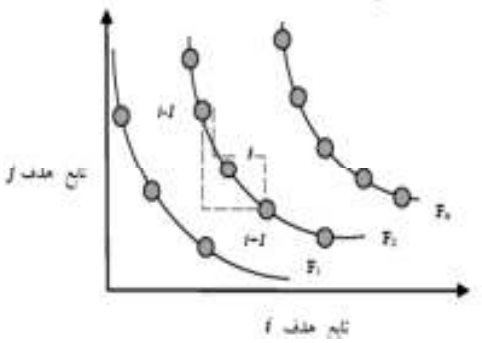
۵-۲-۱- برای هر جبهه f_i ، n_i را به عنوان تعداد اعضای موجود در آن جبهه در نظر بگیرید.

۵-۲-۲- فاصله بین اعضا در جبهه ها را f_i بنامید و فاصله همه اعضا با یکدیگر را برابر صفر قرار دهید.

۵-۲-۳- برای هر عضو مانند j در جبهه f_i هر یک از توابع هدف مساله همانند m را در نظر بگیرید و مراحل زیر را انجام دهید:

۵-۲-۳-۱- در جبهه f_i تمامی اعضا را بر مبنای تابع هدف m مرتب کنید به عبارت دیگر ذرات موجود در جبهه f_i را بر مبنای توابع هدف هدفشان به صورت مجزا مرتب کنید.

۵-۲-۳-۲- بعد از مرتب کردن اعضا در جبهه f_i بر مبنای تابع هدفm فاصله ازدحامی ذرات اول و آخر را برابر بی‌نهایت قرار دهید. دلیل این امر آن است که در کنار اعضا، عضو دیگری وجود ندارد که آن را پوشش دهد.



شکل۱. روش محاسبه فاصله ازدحامی در جبهه‌ها
(Deb et al.,2002)

۵-۲-۴- پس از محاسبه فاصله ازدحامی آن عضوی که فاصله ازدحامی بیشتری داشته باشد انتخاب می‌گردد.

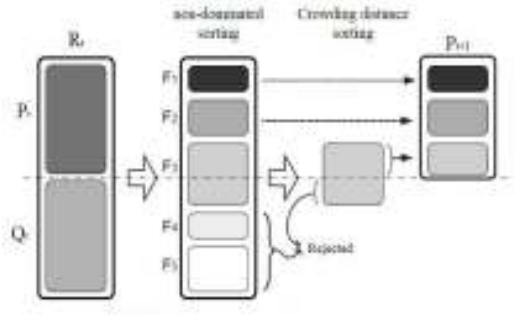
۶- بعد از انتخاب اعضا در مرحله قبل یک حوضچه بوجود می‌آید که جمعیت منتخب نامیده می‌شود. سپس به منظور ایجاد جمعیت فرزندان از عملگرهای ژنتیکی استفاده می‌شود. عملگرهای ژنتیکی بکار رفته در این پژوهش عملگرهای تقاطعی و جهشی می‌باشند.

۷- پس از تعیین فرزندان حاصل از عملگرهای ژنتیکی P_t، این جمعیت با جمعیت اصلی Q_t ادغام می‌شود. هر حوضچه به مقدار n ظرفیت دارد و تعدادی از ذرات که باهم ادغام شده‌اند باید حذف شوند. به‌همین منظور برای رسیدن به ظرفیت n باید مراحل زیر را انجام داد:

۷-۱- ابتدا اعضا را براساس روش بیان شده در مرحله ۲ جبهه‌بندی کنید.

۷-۲- فاصله ازدحامی هر یک از ذرات را در جبهه‌ها مشخص نمایید.

۷-۳- از جبهه f_1 شروع کنید و اعضای آنرا بر طبق CD انتخاب کرده و به حوضچه جمعیت جدید$(K+1)$ بریزید. این مرحله را تا زمانی ادامه دهید تا ظرفیت حوضچه جمعیت جدید$(K+1)$ به n برسد. پس از ایجاد جمعیت $(K+1)$ به مرحله ۲ بروید و این مراحل را به اندازه تعیین شده تکرار کنید (Deb et al.,2002).



شکل ۲. نحوه ایجاد جمعیت جدید
(Deb et al.,2002)

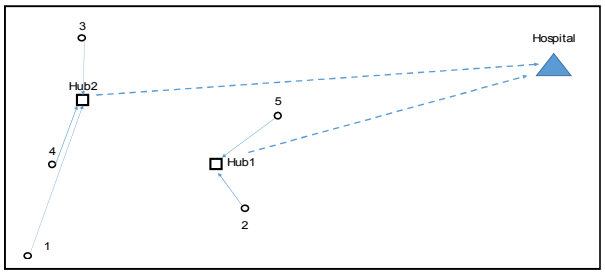
- نمایش جواب اولیه و مکانیزم ایجاد آن

کارایی یک الگوریتم و کیفیت جواب‌های خروجی به طور کامل وابسته به نحوه نمایش جواب در فضای جواب می‌باشد. نمایش جواب باید به گونه‌ای باشد که بتوان به راحتی و تقریبا وسیع فضای جواب را جستجو کرد. مکانیزم ایجاد جواب به صورتی تصادفی است. در این مقاله نمایش جواب به صورت یک رشته عددی بیان می‌شود. کروموزوم اول که دو سطری

www.SID.ir

Archive of SID

می‌باشد، نشان دهنده آن است که مصدوم گره i به وسیله کدام وسیله حمل به کدامیک از هاب‌های امدادی منتقل می‌شود. طول این کروموزوم به اندازه تعداد گره‌ها درنظر گرفته شده است. سطر اول این کروموزوم، نشان دهنده تخصیص گره به هاب امدادی می‌باشد که شماره هاب امدادی در سطر اول به صورت تصادفی قرار می‌گیرد. برای تعیین وسیله حمل انتقال مصدوم از گره به هاب امدادی نیز شماره وسیله حمل به صورت تصادفی در سطر دوم قرار می‌گیرد. شکل ٤ نحوه تخصیص گره‌ها به هاب‌ها را نمایش می‌دهد. کروموزوم دوم نیز که به صورت دو سطری می‌باشد نشان دهنده، انتقال مصدوم اورژانسی از هاب امدادی به بیمارستان شهری است که طول این کروموزوم برابر با تعداد هاب‌های امدادی می‌باشد. شکل ۳ نحوه تخصیص هاب‌ها به بیمارستان‌ها را نمایش می‌دهد.



شکل ۳. نمایی از نحوه تخصیص گره‌ها

- تابع برازش، استراتژی انتخاب و عملگرها

تابع برازش همان تابع هدف مسئله است، یعنی هر کروموزوم تبدیل به جواب متناظر شده و در تابع هدف قرار می‌گیرد، آنگاه اگر تابع هدف برای هر جواب بهتر باشد کروموزوم متناظر با آن جواب مناسب‌تر خواهد بود. برای تبدیل هر کروموزوم به جواب موجه و شدنی، ابتدا کروموزوم اول درنظر گرفته می‌شود و در ادامه گره‌هایی که مصدوم اورژانسی دارند با توجه به تخصیص هاب امدادی مربوط به آن گره (کروموزوم اول)، به بیمارستانی که به آن هاب امدادی تخصیص داده شده است انتقال می‌یابد (کروموزوم دوم).

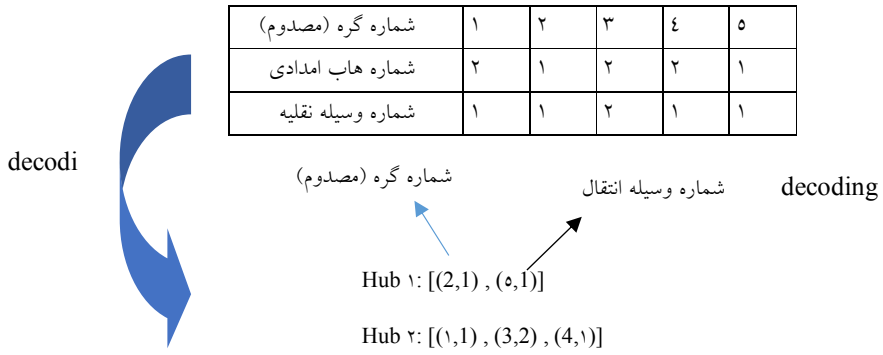
با توجه به جمعیت فعلی، جمعیت بعدی از طریق استراتژی‌های انتخاب و عملگرهای تقاطع و جهش بدست می‌آیند. عملگر انتخاب افرادی را که دارای پتانسیل لازم برای جابه‌جایی از جمعیت فعلی هستند را انتخاب می‌کند. در این پژوهش از استراتژی انتخاب تورنامت استفاده شده است. بدین صورت که در ابتدا ۲ عضو از جمعیت به تصادف انتخاب می‌شوند و سپس اگر رتبه ۲ عضو انتخاب شده یکسان نباشد، عضوی که دارای رتبه کمتری باشد برنده می‌شود در غیر این‌صورت عضوی که دارای فاصله ازدحامی بیشتر است انتخاب می‌شود. با توجه به این که بسته به نوع مسئله (باینری، حقیقی، ...) نوع عملگر تقاطع نیز می‌تواند متفاوت باشد و از طرفی چون در این پژوهش دو نوع کروموزوم وجود دارد، بنابراین جواب‌های بدست آمده نیز شامل این دو نوع کروموزوم می‌باشند.

پس می‌توان عمل تقاطع را یا بر روی کروموزوم اول و یا کروموزوم دوم و یا برروی هر دو کروموزوم انجام داد. لذا سه استراتژی در نظر گرفته شده است بدین منظور یک عدد تصادفی بین ۱ تا ۳ در نظر گرفته می‌شود. حال اگر عدد تصادفی ۱ شود عملگر تقاطع برروی کروموزوم اول انجام می‌گیرد و اگر عدد تصادفی ۲ شود عملگر تقاطع برروی کروموزوم دوم صورت می‌گیرد و اگر عدد تصادفی ۳ شود عمل تقاطع برروی هر دو کروموزوم به صورت مجزا انجام می‌شود. برای انجام عملگر تقاطع، از دو عملگر تقاطع تک نقطه‌ای و دو نقطه‌ای استفاده شده است.

در خصوص عملگر جهش نیز مانند عملگر تقاطع عمل می‌شود. به این صورت که زمانی که عدد تصادفی انتخاب شده ۱ باشد، جهش برروی کروموزوم اول صورت می‌گیرد و زمانی که عدد تصادفی ۲ باشد جهش بر روی کروموزوم دوم و اگر عدد تصادفی ۳ شود جهش بر روی هر دو کروموزوم صورت می‌گیرد. نحوه اعمال عملگر جهش بدین صورت است که بعد از اینکه ژنی برای جهش انتخاب شد یک عدد تصادفی بین حد بالا و پایین از پیش تعیین شده انتخاب می‌شود و سپس جایگزینی انجام می‌گیرد.

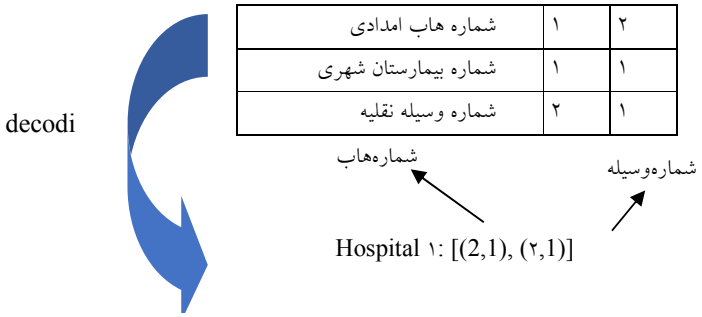
www.SID.ir

Archive of SID



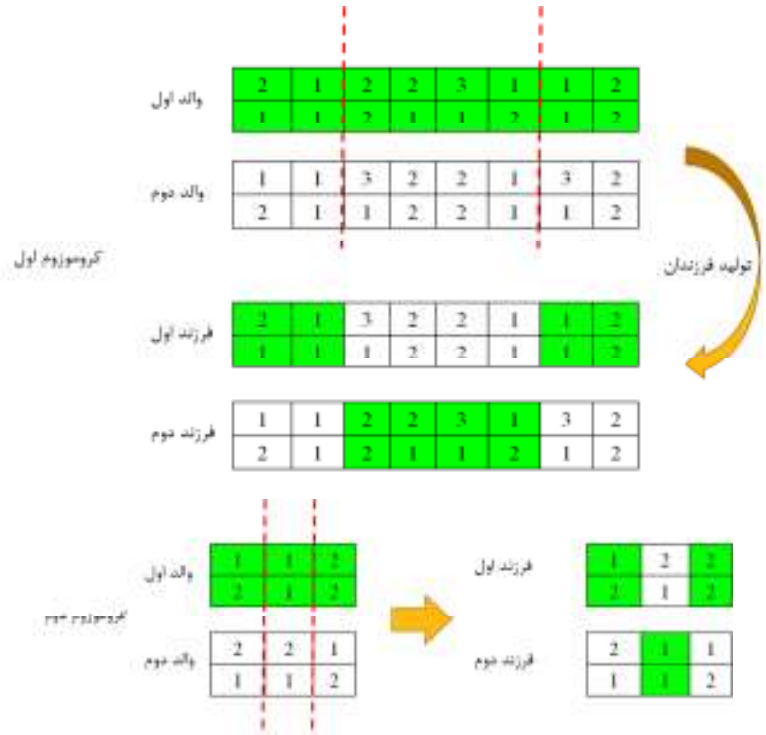
شماره گره (مصدوم)	١	٢	٣	٤	٥
شماره هاب امدادی	٢	١	٢	٢	١
شماره وسیله نقلیه	١	١	٢	١	١

شکل ٣. کروموزوم اول برای تخصیص گره‌ها به هاب‌های امدادی



شماره هاب امدادی	١	٢
شماره بیمارستان شهری	١	١
شماره وسیله نقلیه	٢	١

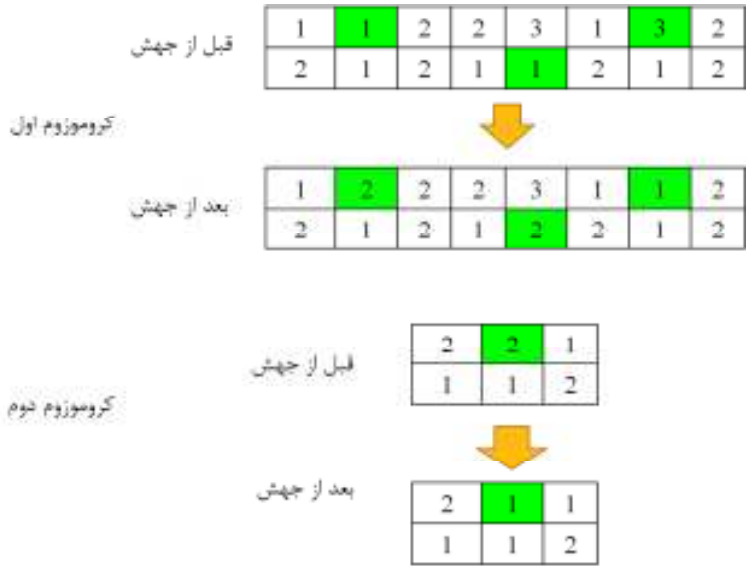
شکل ٤. کروموزوم دوم برای تخصیص هاب‌ها به بیمارستان شهری



شکل ٥. تقاطع دو نقطه‌ای برای دو کروموزوم پیشنهادی

www.SID.ir

Archive of SID



شکل٦. عملگر جهش برای دو کروموزوم پیشنهادی

٤- مجموعه‌های فازی

تئوری‌مجموعه‌های فازی اولین بار توسط لطفی‌زاده در سال ١٩٦٥ مطرح گردید. منطق فازی، روشی است که شیوه‌های مرسوم برای طراحی و مدل‌سازی را که نیازمند ریاضیات نسبتاً پیچیده است، با استفاده از مقادیر و شرایط زبانی با هدف ساده‌سازی و کارامدتر شدن طراحی سیستم جایگزین می‌کند. این نظریه، قادر است بسیاری از مفاهیم، متغیرها و سیستم‌هایی را که نادقیق و مبهم هستند صورتبندی ریاضی کرده و زمینه را برای استدلال، استنتاج، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط عدم‌اطمینان، فراهم آورد. در سیستم‌های دارای عدم‌قطعیت زیاد و پیچیدگی‌های بالا، منطق فازی روشی مناسب برای مدل‌سازی به‌شمار می‌رود (Yager & Zadeh, 2012).

در منطق فازی هر عدد مقداری تقریبی است. انجام محاسبات با اعداد فازی بسیار زمان‌بر و پیچیده می‌باشد. برای تسهیل و کاربردی نمودن اعداد فازی از اعداد فازی مشخصی در محاسبات استفاده می‌شود. که به آن‌ها اعداد فازی مثلثی، ذوزنقه‌ای و ... می‌گویند. عدد فازی مثلثی یک عدد فازی است که با سه عدد حقیقی به صورت $F=(l, m, u)$ نمایش داده می‌شود. کران بالا که با u نشان داده می‌شود بیشینه مقادیری است که عدد فازی F می‌تواند اختیار کند. کران پایین که با l نشان داده می‌شود کمینه مقادیری است که عدد فازی F می‌تواند اختیار کند. مقدار m محتمل‌ترین مقدار یک عدد فازی است. مشخص است اگر x بین l و m باشد آنگاه هر چه بزرگتر باشد درجه عضویت آن نیز بزرگتر خواهد شد تا جائیکه برای x= m درجه عضویت برابر یک می‌شود. اگر x بین m و u باشد هرچه بزرگتر باشد، درجه عضویت کوچکتر خواهد شد و در x=u درجه عضویت صفر خواهد شد. در این مقاله از عدد فازی مثلثی برای بیان زمان آماده‌سازی وابسته به توالی استفاده شده است (Yager & Zadeh, 2012).

گاهی لازم است که دو عدد فازی را با هم مقایسه کرده تا مشخص شود که کدام یک بزرگ‌تر از دیگری است. گاهی نیز به دلیل متغیرهای زیاد و محاسبات گسترده اعداد فازی، باید اعداد فازی را به اعداد قطعی تبدیل کرد که به این کار غیرفازی‌سازی (تبدیل اعداد فازی به اعداد قطعی) گفته می‌شود. در این تحقیق از روش غیرفازی‌سازی مورد استفاده در مقاله ملاعلیزاده و همکاران استفاده شده است. در این روش، برای غیرفازی‌سازی اعداد فازی، از آنها انتگرال گرفته می‌شود. براین اساس، مقدار انتگرال کل برابر است با ترکیب محدب مقدار انتگرال چپ و راست با استفاده از شاخص خوشبینی $\alpha\epsilon[0,1]$. انتگرال چپ به کار رفته در این روش، منعکس‌کننده دیدگاه خوش‌بینانه و انتگرال راست به کار رفته در آن اشاره به دیدگاه بدبینانه دارد(Molla-Alizadeh et al.,2013).

www.SID.ir

Archive of SID

۵- مدل پیشنهادی

در این قسمت برای بیان مسئله، ابتدا مجموعه‌های مورد استفاده و پارامترهای ورودی مسئله ذکر می‌گردد و در ادامه، متغیرهای مدل تشریح و در پایان مدل ریاضی مسئله بیان می‌شود.

مجموعه :

N : مجموعه گره‌های تقاضا

H : مجموعه گره‌هایی که می‌توانند هاب امدادی در آن استقرار یابد.

G : مجموعه گره‌هایی که به عنوان بیمارستان شهری درنظرگرفته می‌شوند.

S : مجموعه شیوه حمل و نقل می‌باشد که حمل و نقل جاده‌ای و هوایی را شامل می‌شود.

پارامترها:

$Caph_h$: ظرفیت هاب امدادی hام برای پذیرش مصدومان

$Caps_g$: ظرفیت پذیرش مصدومان در بیمارستان شهری gام

$Cost_h$: هزینه احداث هاب امدادی h ام

$\tilde{t}_{ihs}$: زمان انتقال مصدوم ازگره iام به هاب امدادی hام توسط شیوه حمل sام که به صورت فازی می باشد.

$\tilde{t}'_{hgs}$: زمان انتقال مصدوم از هاب امدادیhام به بیمارستان شهری gام توسط شیوه حمل sام که به صورت فازی می باشد.

B: حداکثر بودجه در دسترس برای احداث هاب امدادی

W_g: جریمه انحراف از ظرفیت بیمارستان شهری g ام

W_b : جریمه انحراف از بودجه

y_i: اگر مصدومان i ام از نوع مصدومان اورژانسی باشد؛ ۱ در غیر اینصورت صفر است.

متغیرها:

x_{ihs} : اگر مصدوم از گره iام به هاب امدادیhام با شیوه حمل s منتقل شود ۱ در غیر اینصورت صفر است.

Hub_h: اگر مکان hام به عنوان محل استقرار هاب امدادی انتخاب شود ۱ در غیر اینصورت صفر است.

Z_{ihgs} : اگر هاب امدادی h ام مصدوم iام اورژانسی خود را به بیمارستان شهریgام با شیوه حمل s ام بفرستد ۱ در غیر اینصورت صفر است.

S_g: میزان انحراف از ظرفیت بیمارستان شهری g ام را تعیین می‌کند.

S_b : میزان انحراف از بودجه مصوب را تعیین می‌کند.

مدل:

(۱)
$$\min F_1 = \sum_{i=1}^{N}\sum_{h=1}^{H}\sum_{s=1}^{S} x_{ihs} * \tilde{t}_{ihs} + \sum_{i=1}^{N}\sum_{h=1}^{H}\sum_{g=1}^{G}\sum_{s=1}^{S} Z_{ihgs} * \tilde{t}'_{hgs}$$

(۲)
$$\min F_2 = \sum_{g=1}^{G} (W_g * S_g) + W_b * S_b$$

(۳)
$$\sum_{h=1}^{H}\sum_{s=1}^{S} x_{ihs} = 1 \qquad \forall i \in N$$

(٤)
$$\sum_{g=1}^{G}\sum_{h=1}^{H}\sum_{s'}^{S} Z_{ihgs'} = \sum_{h=1}^{H}\sum_{s=1}^{S} x_{ihs} * y_i \qquad \forall i \in N$$

www.SID.ir

Archive of SID

$$\sum_{i=1}^{N}\sum_{s=1}^{S} x_{ihs} \le M * Hub_h \qquad \forall h \in H \tag{۵}$$

$$\sum_{h=1}^{H} Hub_h * Cost_h \le B + S_b \tag{۶}$$

$$\sum_{i=1}^{N}\sum_{s=1}^{S} x_{ihs} \le Caph_h \qquad \forall\, h \in H \tag{۷}$$

$$\sum_{i=1}^{N}\sum_{h=1}^{H}\sum_{s=1}^{S} Z_{ihgs} \le Caps_g + S_g \qquad \forall\, g \in G \tag{۸}$$

$$x_{ihs} \in \{0.1\} \qquad \forall i \in N\,.h \in H.s \in S \tag{۹}$$

$$Z_{ihgs} \in \{0.1\} \qquad \forall i \in N\,.h \in H.g \in G\,.s.s' \in S \tag{۱۰}$$

$$Hub_h \in \{0.1\}\ \forall h \in H \tag{۱۱}$$

$$Sb.S_g \ge 0 \qquad \forall\, g \in G \tag{۱۲}$$

در مدل ارائه شده تابع هدف اول قصد دارد میزان زمان حمل و نقل در شبکه را کاهش دهد. تابع هدف دوم قصد دارد با افزایش جریمه ناشی از پذیرش بیمار خارج از ظرفیت، میزان انحراف از ظرفیت را کنترل نماید. محدودیت سوم بیان می کند که مصدوم هر گره فقط می‌تواند تنها به یک هاب امدادی ارسال گردند. محدودیت چهارم بیان می‌کند در صورتی مصدوم گره i از هاب h به بیمارستان شهری g می‌رود که مصدوم از نوع اورژانسی باشد. محدودیت پنجم تضمین می‌کند که در صورتی مصدوم گره i به هاب h می‌رود که هاب h قبلا احداث شده باشد. محدودیت ششم بیان می‌کند که مجموع هزینه ثابت هاب امدادی استقرار یافته نباید از بودجه در دسترس بیشتر باشد. محدودیت هفتم تعداد مصدوم ارسال شده به هر هاب امدادی باید از ظرفیت آن هاب کمتر باشد. محدودیت هشتم میزان پذیریش مصدومان برای هر بیمارستان شهری نباید از ظرفیت آن بیمارستان بیشتر باشد. محدودیت نهم تا دوازدهم نوع متغیرهای مسئله را نشان می‌دهد.

- حل مدل

در این مرحله ابتدا یک مثال عددی فرضی که در جداول بعدی ارائه می‌شود، توسط نرم‌افزار GAMS حل می‌شود. همزمان مسئله پیشنهادی را با الگوریتم NSGAII حل کرده و در نهایت خروجی دو روش با هم مقایسه می‌گردد. باید این را در نظر گرفت که خروجی الگوریتم NSGAII به صورت جبهه پارتو می‌باشد که برای مقایسه با خروجی حل دقیق، بهترین مقدار هر یک از توابع در جبهه پارتو در نظر گرفته می‌شود. برای حل مدل یک مسئله آزمایشی بصورت تصادفی تولید می‌شود. اطلاعات مربوط به این مسئله آزمایشی در جدول ۱ آمده است. این مسئله شامل ۵ گره، ۲ هاب امدادی، ۱ بیمارستان شهری و ۲ وسیله انتقال مصدوم می‌باشد. همچنین فرض کنید که حداکثر بودجه در دسترس برای احداث هاب امدادی, $B = 100$ جریمه انحراف از بودجه $Wb = 500$ می‌باشد.مسئله مورد نظر با رویکرد شاخه‌وبرش توسط نرم‌افزار GAMSحل شده است و نتایج بدست آمده در جدول ۲ نمایش داده شده است. بعد از اجرای مدل به صورت دقیق، باید مدل پیشنهادی با استفاده از الگوریتم NSGAII اجرا شود که نتایج اجرای مدل در جدول ۳ نمایش داده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۱. داده‌های ورودی

$\tilde{t}_{ihs}$			$\tilde{t}'_{hgs}$					
s	1	2	s	1	2	h	1	2
$\tilde{t}_{11s}$	[60 66 70]	[0.6 0.66 0.7]	$\tilde{t}'_{11s}$	[150 160 170]	[1 3 5]	$Caph_h$	5	5
$\tilde{t}_{12s}$	[75 81 85]	[0.75 0. 81 0.85]	$\tilde{t}'_{21s}$	[110 120 130]	[1 2 3]	$Cost_h$	40	90
$\tilde{t}_{21s}$	[20 25 28]	[0.2 0.25 0.28]						
$\tilde{t}_{22s}$	[55 62 65]	[0.55 0.62 0.65]	i	1	2	3	4	5
$\tilde{t}_{31s}$	[22 25 26]	[0.22 0.25 0.26]	y_i	1	1	1	1	0
$\tilde{t}_{32s}$	[68 72 75]	[0.68 0.72 0.75]						
$\tilde{t}_{41s}$	[72 75 78]	[0.720.750.78]	g	1				
$\tilde{t}_{42s}$	[20 22 25]	[0.2 0.22 0.25]	$Caps_g$	5				
$\tilde{t}_{51s}$	[68 70 72]	[0.68 0.7 0.72]	W_g	1000				
$\tilde{t}_{52s}$	[25 27 30]	[0.25 0.27 0.3]						

جدول ۲. نتایج به دست آمده از حل مسئله با استفاده از نرم افزار GAMS

$Hub_h = 1$	$Z_{ihgs} = 1$	$X_{ihs} = 1$
Hub_1	Z_{1212}	X_{112}
Hub_2	Z_{2212}	X_{212}
	Z_{3212}	X_{312}
	Z_{4212}	X_{422}
Sg=0		X_{522}
Sb=30		
$f_1 = 9.62$	$f_2 = 15000$	

جدول ۳. نتایج بدست آمده از حل مسئله با استفاده از NSGAII

$Hub_h = 1$	$Z_{ihgs} = 1$	$X_{ihs} = 1$
Hub_1	Z_{1112}	X_{112}
	Z_{2112}	X_{212}
	Z_{3112}	X_{312}
	Z_{4112}	X_{412}
Sg=0		X_{512}
Sb=0		
$f_1 = 14.59$	$f_2 = 0$	

همانطور که می‌توان از نتایج جداول ۲ و ۳ به دست آورد؛ مدل در ابعاد کوچک به راحتی به جواب می‌رسد. خروجی‌ها، نسبت به همدیگر نامغلوب بوده و در نتیجه هیچ ارجحیتی نسبت به هم ندارند یعنی تصمیم‌گیرنده می‌تواند یکی از جواب‌ها را به اختیار انتخاب کند.

www.SID.ir

Archive of SID

٦- اجرای مدل مطالعاتی فرضی

در این مرحله تلاش گردید مورد مطالعاتی فرضی طراحی گردد. همچنین از الگوریتم NSGAII برای رسیدن به جواب نزدیک به بهینه استفاده می‌شود. اطلاعات مربوط به این مسئله فرضی در جدول ٤ آمده است. این مسئله شامل ۱۰ گره، ٤ هاب امدادی، ٤ بیمارستان شهری، ۲ وسیله انتقال مصدوم می‌باشد. همچنین فرض شد که حداکثر بودجه در دسترس برای احداث هاب امدادی$B = 100$ و جریمه انحراف از بودجه $W_b=500$ می‌باشد. در این ابعاد از مسئله، با توجه به بزرگتر شدن ابعاد مسئله نرم افزار GAMS نتوانست به جواب برسد. بنابراین مسئله به دلیل NP-HARD بودن تنها توسط الگوریتم ژنتیک در نرم‌افزار MATLAB مسئله با استفاده از الگوریتم NSGAII حل گردید. این الگوریتم تنها یک جواب نمی‌دهد بلکه مجموعه‌ای از جواب‌ها به نام جواب‌های پارتو را ارائه می‌دهد. جواب‌های خروجی نسبت به همدیگر نامغلوب بوده و در نتیجه هیچ ارجحیتی نسبت به هم ندارند یعنی تصمیم‌گیرنده می‌تواند یکی از جواب‌ها را انتخاب کند. در ادامه یک جواب انتخابی از نتایج بدست آمده در جدول ٥ به نمایش گذاشته شده است.

جدول ٤. داده‌های مورد مطالعاتی فرضی

h	1	2	3	4	
$Caph_h$	3	5	4	4	
$Cost_h$	40	90	75	65	

i	1	2	3	4
y_i	1	0	1	1
i	5	6	7	8
y_i	1	0	1	1
i	9	10		
y_i	0	1		

g	1	2	3	4
$Caps_g$	5	3	4	3
W_g	1000	1200	800	900

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ٤. داده های مورد مطالعاتی فرضی

$\tilde{t}_{ihs}$						$\tilde{t}'_{hgs}$		
s	1	2	s	1	2	S	1	2
$\tilde{t}_{11s}$	[50 60 70]	[0.50 0.60 0.7]	$\tilde{t}_{21s}$	[30 35 40]	[0.3 0.35 0.40]	$\tilde{t}'_{11s}$	[120150180]	[2 5 7]
$\tilde{t}_{12s}$	[63 75 85]	[0.63 0.75 0.85]	$\tilde{t}_{22s}$	[50 60 70]	[0.50 0.60 0.70]	$\tilde{t}'_{21s}$	[110120130]	[1 2 3]
$\tilde{t}_{13s}$	[80 83 87]	[0.80 0.83 0.87]	$\tilde{t}_{23s}$	[45 48 51]	[0.45 0.48 0.51]	$\tilde{t}'_{12s}$	[200240260]	[3 4 6]
$\tilde{t}_{14s}$	[75 82 88]	[0.75 0.82 0.88]	$\tilde{t}_{24s}$	[53 55 58]	[0.53 0.55 0.58]	$\tilde{t}'_{22s}$	[240260270]	[4 6 7]
$\tilde{t}_{31s}$	[32 35 38]	[0.32 0.35 0.38]	$\tilde{t}_{41s}$	[70 75 78]	[0.70 0.75 0.78]	$\tilde{t}'_{13s}$	[130180200]	[3 5 8]
$\tilde{t}_{32s}$	[22 25 28]	[0.220.250.28]	$\tilde{t}_{42s}$	[18 22 28]	[0.18 0.22 0.28]	$\tilde{t}'_{23s}$	[110120130]	[1 2 3]
$\tilde{t}_{33s}$	[22 32 42]	[0.22 0.32 0.42]	$\tilde{t}_{43s}$	[55 57 60]	[0.55 0.57 0.60]	$\tilde{t}'_{14s}$	[150190210]	[5 7 9]
$\tilde{t}_{34s}$	[15 20 28]	[0.15 0.20 0.28]	$\tilde{t}_{44s}$	[32 38 42]	[0.32 0.38 0.42]	$\tilde{t}'_{24s}$	[280280290]	[8 8 9]
$\tilde{t}_{51s}$	[75 82 88]	[0.75 0.82 0.88]	$\tilde{t}_{61s}$	[55 63 72]	[0.55 0.63 0.72]			
$\tilde{t}_{52s}$	[22 35 40]	[0.22 0.35 0.40]	$\tilde{t}_{62s}$	[43 53 63]	[0.43 0.53 0.63]	$\tilde{t}'_{hgs}$		
$\tilde{t}_{53s}$	[63 65 68]	[0.63 0.65 0.68]	$\tilde{t}_{63s}$	[65 70 72]	[0.65 0.70 0.72]	S	1	2
$\tilde{t}_{54s}$	[32 42 52]	[0.32 0.42 0.52]	$\tilde{t}_{64s}$	[33 42 48]	[0.33 0.42 0.48]	$\tilde{t}'_{31s}$	[110 115 130]	[1 1.5 2]
$\tilde{t}_{71s}$	[22 35 40]	[0.22 0.35 0.40]	$\tilde{t}_{81s}$	[42 45 48]	[0.42 0.45 0.48]	$\tilde{t}'_{41s}$	[140 145 150]	[2 3 4.5]
$\tilde{t}_{72s}$	[48 50 53]	[0.48 0.50 0.53]	$\tilde{t}_{82s}$	[32 35 38]	[0.32 0.35 0.38]	$\tilde{t}'_{32s}$	[210 220 260]	[4 5 6]
$\tilde{t}_{73s}$	[35 42 48]	[0.35 0.42 0.48]	$\tilde{t}_{83s}$	[35 40 48]	[0.35 0.40 0.48]	$\tilde{t}'_{42s}$	[160 170 180]	[2 3 4]
$\tilde{t}_{74s}$	[22 28 35]	[0.22 0.28 0.35]	$\tilde{t}_{84s}$	[22 23 25]	[0.22 0.23 0.25]	$\tilde{t}'_{33s}$	[110 120 130]	[1 2 3]
$\tilde{t}_{91s}$	[60 65 68]	[0.60 0.65 0.68]	$\tilde{t}_{101s}$	[45 50 58]	[0.45 0.50 0.58]	$\tilde{t}'_{43s}$	[200 240 260]	[3 4 6]
$\tilde{t}_{92s}$	[25 32 38]	[0.25 0.32 0.38]	$\tilde{t}_{102s}$	[35 40 42]	[0.35 0.40 0.42]	$\tilde{t}'_{34s}$	[120 150 180]	[2 5 7]
$\tilde{t}_{93s}$	[45 50 55]	[0.45 0.50 0.55]	$\tilde{t}_{103s}$	[33 38 42]	[0.33 0.38 0.42]	$\tilde{t}'_{44s}$	[130 180 200]	[3 5 8]
$\tilde{t}_{94s}$	[45 48 55]	[0.45 0.48 0.55]	$\tilde{t}_{104s}$	[22 25 28]	[0.22 0.25 0.28]			

جدول ٥. نتایج بدست آمده از حل مسئله با استفاده از NSGAII

$Hub_h = 1$	$Z_{ihgs} = 1$		$X_{ihs} = 1$	
Hub_1 . Hub_2	Z_{1332}	Z_{7142}	X_{131}	X_{621}
Hub_3 . Hub_4	Z_{3232}	Z_{8411}	X_{231}	X_{711}
Sg=0	Z_{4411}	Z_{10232}	X_{322}	X_{842}
Sb=170	Z_{5232}		X_{441}	X_{931}
			X_{521}	X_{1021}
$f_1 = 723.27$	$f_2 = 46.4$			
$f_3 = 682.48$	$f_4 = 85000$			

www.SID.ir

Archive of SID

۷-نتیجه‌گیری

تصادفات جاده‌ای از جمله بلایای غیرطبیعی و انسان‌سازی است که قربانیان زیادی گرفته و خسارات عمده‌ای بر پیکره اقتصادی و اجتماعی کشورها وارد می‌سازد. هر اقدامی که بتواند منجر به کاهش تلفات ناشی از تصادفات جاده‌ای گردد منافع بلندمدتی خواهد داشت. مکان‌یابی هاب امدادی، اثرات بسیار زیادی در منافع اقتصادی و ارائه خدمات مناسب دارد و چنانچه منطبق با خواست کاربران جاده‌ای باشد، رضایت مشتریان را در بر دارد. لذا این مقاله تلاش نمود مدلی به منظور مکانیابی هاب امدادی در جاده‌های برونشهری پیشنهاد نماید و با در نظر گرفتن پارامتر زمان به صورت فازی به شرایط واقعی نزدیکتر گردد. ابتدا مدل پیشنهادی، با استفاده از نرم‌افزار GAMS و آنگاه مدل با الگوریتم ژنتیک چندهدفه (NSGAII) پیاده‌سازی گردید و خروجی آن دو با هم مقایسه شد. خروجی روش‌های مطروحه در ابعاد کوچک نسبت به همدیگر نامغلوب بوده و در نتیجه هیچ ارجحیتی بر هم ندارند یعنی تصمیم گیرنده می‌تواند یکی از جواب‌ها را انتخاب کند. سپس یک مورد مطالعاتی فرضی در ابعاد متفاوت از مثال قبلی حل گردید که با توجه به بزرگتر شدن ابعاد مسئله نرم افزار GAMS نتوانست به جواب برسد. بنابراین مسئله به‌دلیل NP-HARD بودن تنها خروجی نرم‌افزار MATLAB حل و نتایج ارائه گردید.

۸- مراجع

-Abyazi-Sani, R., & Ghanbari, R. (2016), "An efficient tabu search for solving the incapacitated single allocation hub location problem". Computers & Industrial Engineering, 93, pp.99-109.

-Akkihal, A. R. (2006), "Inventory pre-positioning for humanitarian operations (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).

-Azizi, N., Chauhan, S., Salhi, S., & Vidyarthi, N. (2016), "The impact of hub failure in hub-and-spoke networks: Mathematical formulations and solution techniques". Computers & Operations Research, 65, pp.174-188.

-Brotcorne, L., Laporte, G., & Semet, F. (2003), "Ambulance location and relocation models. European journal of operational research", 147(3), pp.451-463.

-Chou, Y. C., Chen, Y. H., & Chen, H. M. (2014), Pickup and delivery routing with hub transshipment across flexible time periods for improving dual objectives on workload and waiting time. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 61, pp.98-114.

-Deb, K., Pratap, A., Agarwal, S., & Meyarivan, T. A. M. T. (2002), A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II. IEEE transactions on evolutionary computation, 6(2), 182-197.

-Estrada-Romeu, M., & Robusté, F. (2015), "Stopover and hub-and-spoke shipment strategies in less-than-truckload carriers". Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 76, pp.108-121.

-Farahani, R. Z., Hekmatfar, M., Arabani, A. B., & Nikbakhsh, E. (2013), "Hub location problems: A review of models, classification, solution techniques, and applications". Computers & Industrial Engineering, 64(4), pp.1096-1109.

-Halskau, Ø., (2014), "Offshore helicopter routing in a hub and spoke fashion: Minimizing expected number of fatalities". Procardia Computer Science, 31, pp.1124-1132.

-i Casas, P. F., Casanovas, J., & Ferran, X., (2014), "Passenger flow simulation in a hub airport: An application to the Barcelona International Airport". Simulation Modeling Practice and Theory, 44, pp.78-94.

-Jiang, C., & Zhang, A., (2014), "Effects of high-speed rail and airline cooperation under hub airport capacity constraint". Transportation Research Part B: Methodological, 60, pp.33-49.

www.SID.ir

Archive of SID

median problem". Computers & Operations Research, 43, pp.50-60.

-Rezaei-Malek, M., Tavakkoli-Moghaddam, R., Zahiri, B., & Bozorgi-Amiri, A., (2016), "An interactive approach for designing a robust disaster relief logistics network with perishable commodities". Computers & Industrial Engineering, 94, pp.201-215.

-Rieck, J., Ehrenberg, C., & Zimmermann, J., (2014), "Many-to-many location-routing with inter-hub transport and multi-commodity pickup-and-delivery". European journal of operational research, 236(3), pp.863-878.

-Rodríguez-Martín, I., Salazar-González, J. J., & Yaman, H., (2014), "A branch-and-cut algorithm for the hub location and routing problem". Computers & Operations Research, 50, pp.161-174.

-Sasaki, M., Campbell, J. F., Krishnamoorthy, M., & Ernst, A. T. (2014), "A Stackelberg hub arc location model for a competitive environment". Computers & operations research, 47, pp.27-41.

-Shahabi, M., & Unnikrishnan, A., (2014), "Robust hub network design problem". Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 70, pp.356-373.

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

-Yager, R. R., & Zadeh, L. A., (Eds.). (2012), "An introduction to fuzzy logic applications in intelligent systems (Vol. 165)". Springer Science & Business Media.

-Youssef, H., Sait, S. M., & Khan, S. A., (2002), "Topology design of switched enterprise networks using a fuzzy simulated evolution algorithm". Engineering Applications of Artificial Intelligence, 15(3-4), pp.327-340.

-Jia, H., Ordóñez, F., & Dessouky, M., (2007), "A modeling framework for facility location of medical services for large-scale emergencies". IIE transactions, 39(1), pp.41-55.

-Karimi, H., & Setak, M., (2014), "Proprietor and customer costs in the incomplete hub location-routing network topology". Applied Mathematical Modeling, 38(3), pp.1011-1023.

-Lee, J. H., & Moon, I., (2014), "a hybrid hub-and-spoke postal logistics network with realistic restrictions: A case study of Korea Post". Expert systems with applications, 41(11), pp.5509-5519.

-Mahmutogullari, A. I., & Kara, B. Y., (2016), "Hub location under competition". European Journal of Operational Research, 250(1), pp.214-225.

-Mete, H. O., & Zabinsky, Z. B., (2010), "Stochastic optimization of medical supply location and distribution in disaster management". International Journal of Production Economics, 126(1), pp.76-84.

-Meraklı, M., & Yaman, H. (2016), "Robust intermodal hub location under polyhedral demand uncertainty". Transportation Research Part B: Methodological, 86, pp.66-85.

-Molla-Alizadeh-Zavardehi, S., Nezhad, S. S., Tavakkoli-Moghaddam, R., & Yazdani, M. (2013), "Solving a fuzzy fixed charge solid transportation problem by metaheuristics". Mathematical and Computer Modeling, 57(5), pp.1543-1558.

-O'kelly, M. E. (1987), "A quadratic integer program for the location of interacting hub facilities". European Journal of Operational Research, 32(3), pp.393-404.

-O'Kelly, M. E. (2014), "Air freight hubs in the FedEx system: analysis of fuel use". Journal of Air Transport Management, 36, pp.1-12.

-Peiró, J., Corberán, Á., & Martí, R. (2014), "GRASP for the incapacitated r-allocation p-hub

www.SID.ir