ارائه مدل مکان‌یابی-تخصیص در شبکه زنجیره تأمین خون در حالت عدم قطعیت با در نظر گرفتن اختلال و ارتباط عرضی بین بیمارستان‌ها

زهرا محمدیان بهبهانی[۱،*]، آرمین جبار زاده[۲]،

۱و *- دانشجوی کارشناسی ارشد، رشته مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران

۲ - نویسنده مسئول: استادیار دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران

(z.mohammadian.b@gmail.com)

چکیده

این تحقیق به ارائه یک مدل غیرقطعی بهینه‌سازی چندهدفه طراحی شبکه زنجیره تأمین خون با تمرکز بر مکان‌یابی و تخصیص مراکز مختلف در صورت بروز اختلال می‌پردازد. غیرقطعی در نظر گرفتن اهدا علاوه بر تقاضا، در نظر گرفتن ارتباط عرضی بین بیمارستان‌ها به‌منظور افزایش قدرت تأمین تقاضا و مقابله با کمبود در بیمارستان‌ها، برنامه‌ریزی برای همه فرآورده‌های خونی، وجود مراکز ثابت، موقت و بانک‌های خون با ظرفیت‌های محدود و همچنین بررسی دو تابع هدف زمان و هزینه گامی در راستای نزدیک کردن مدل‌های موجود در ادبیات موضوع به واقعیت می‌باشد. از طرفی به‌منظور تأکید بر اهمیت بحث خرابی و دسترس‌پذیری مسیر در زمان بروز اختلال و نیز با توجه به ماهیت عدم قطعیت در مسئله مذکور، این موضوع در تحقیق پیش روی مورد بررسی قرار گرفته است. در نهایت مدل ارائه شده با استفاده از داده‌های شهر تهران و با استفاده از مطالعات پیشین در حوزه زنجیره تأمین انتقال خون و نیز با به‌کارگیری روش محدودیت اپسیلون و رویکرد بهینه‌سازی استوار حل‌شده و نتایج مورد ارزیابی قرار گرفته است.

واژگان کلیدی: زنجیره تأمین خون؛ مکان‌یابی-تخصیص؛ اختلال؛ ارتباط عرضی؛ عدم قطعیت

۱. مقدمه

خون انسان یک منبع کمیاب است که فقط به‌وسیله خود انسان تولید می‌شود و در حال حاضر هیچ محصول یا فرآیند شیمیایی دیگری نیست که به‌عنوان جایگزین آن مورد استفاده قرار گیرد. تأمین خون سالم و کافی موردنیاز بیمارستان‌ها و مدیریت آن چالشی است که سیستم سلامت دولت‌ها همیشه با آن مواجه هستند. نیاز به اهداکنندگان خون و فرآورده‌های آن همیشه وجود دارد، در حالی که عرضه آن از سوی اهداکنندگان تا حدودی نامنظم و تقاضا برای فرآورده‌های خونی اغلب تصادفی است (زنده‌دل، ۱۳۹۳: ۳۴-۳۳).

تطبیق عرضه و تقاضا به شیوه‌های کارآمد درباره این محصول کار چندان ساده‌ای نیست. خون و فرآورده‌های خونی، محصولاتی فاسدشدنی هستند که این کار را مشکل‌تر می‌کند. کمبود خون نیز هزینه‌های بالایی را برای جامعه به همراه می‌آورد، زیرا باعث افزایش نرخ مرگ و میر می‌شود؛ بنابراین طراحی یک زنجیره تأمین مناسب برای تأمین خون موردنیاز، موضوعی است که باید به آن توجه داشت. از آنجایی که زنجیره تأمین در هر حوزه‌ای همه فعالیت‌های مربوط به جمع‌آوری، تحویل، بازرسی و توزیع را انجام می‌دهد؛ در مبحث انتقال خون نیز با برنامه‌ریزی مناسب برای دریافت خون از اهدا دهندگان، بررسی سلامت خون و تحویل آن به مراکز تقاضا (بیمارستان‌ها و واحدهای درمانی) علاوه بر کاهش هزینه‌های سازمانی باعث افزایش سطح خدمت و رضایت واحدهای متقاضی در امر خون‌رسانی می‌شود.

همان‌طور که ذکر شد میزان تقاضا و اهدای خون قطعی نیستند. از این رو در این مقاله علاوه بر غیرقطعی در نظر گرفتن تقاضا، اهدای خون نیز به‌صورت تصادفی در نظر گرفته شده است تا به شرایط واقعی جامعه نزدیک‌تر باشد. یکی دیگر از موضوعاتی که در

Archive of SID

www.SID.ir

این تحقیق به آن پرداخته شده امکان بروز اختلال در مسیر بین تسهیلات ثابت یا موقت خون و مراکز خون می‌باشد که با توجه به در نظر گرفتن سناریوهای مختلف در مدل، مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین در این مطالعه به‌منظور افزایش دسترس‌پذیری در تأمین تقاضای مورد نیاز بیمارستان‌ها و مقابله با بروز کمبود به علت عدم وجود موجودی کافی در یک بیمارستان، بین بیمارستان-ها ارتباط عرضی منظور گردیده است. لازم به ذکر است که در مقاله پیش روی حالت چندمحصولی در نظر گرفته شده و علاوه بر خون کامل برای سایر فرآورده‌های خونی نیز برنامه‌ریزی صورت گرفته است.

مابقی مطالب ارائه شده در این مقاله به این صورت است که بخش دوم از مقاله ادبیات حوزه زنجیره تأمین انتقال خون را به‌طور مختصر مرور می‌کند. مدل ریاضی توسعه داده شده در بخش سوم معرفی می‌گردد. در بخش چهارم مدل با استفاده از داده‌های واقعی در نرم افزار گمز اجرا شده و نتایج حاصل از حل مدل مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در نهایت در بخش پنجم به ارائه جمع‌بندی و پیشنهادهای آتی در زمینه موضوع مورد بحث پرداخته می‌شود.

۲. مرور ادبیات

مطالعه درباره مدیریت زنجیره تأمین محصولات فاسدشدنی که فرآورده‌های خونی نیز یک زیرمجموعه مهم از آن به شمار می‌رود توسط ون زایل (Van zyl، ۱۹۶۴: ۱) آغاز شد. کندال و لی (Kendall, Lee، ۱۹۸۰: ۱۱۵۷-۱۱۴۵) با توسعه یک مدل برنامه‌ریزی آرمانی، اهداف چندگانه سطوح موجودی، در دسترس بودن خون تازه، کاهش میزان خون فاسد شده و هزینه‌های جمع‌آوری را بررسی کردند. ناهمیاس (Nahmias، ۱۹۸۲: ۹۵-۸۶) مدلی در رابطه با مدیریت موجودی محصولات فاسدشدنی ارائه داد. وی در این مطالعه اندکی به بررسی فرآورده‌های خونی پرداخت. ژاکوبز و همکاران (Jacobs, et al. ۱۹۹۶: ۵۰-۴۰) در مورد نحوه زمان‌بندی فعالیت‌های جمع‌آوری و توزیع فرآورده‌های خونی تصمیم‌گیری کردند و به بررسی مسئله مکان‌یابی مجدد پایگاه‌های اهدای خون در نورفاک ویرجینیا پرداختند. آن‌ها در این مطالعه از مدل‌های برنامه‌ریزی عدد صحیح استفاده کردند. دسکین و همکارانش (Daskin, et al.، ۲۰۰۲: ۱۰۶-۸۳) یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح غیرخطی به‌منظور تأمین تقاضای بیمارستان‌ها ارائه دادند. همچنین آن‌ها مراکز توزیع را مکان‌یابی کرده و تصمیمات موجودی را نیز لحاظ کردند. در نهایت مدل پیشنهادی آن‌ها با روش‌های ابتکاری حل شده است. پیرسکالا (Pierskalla، ۲۰۰۵: ۱۴۵-۱۰۳) در مورد بانک خون منطقه‌ای مطالعاتی را انجام داد. شاهین و همکارانش (Şahin et al.، ۲۰۰۷: ۷۰۴-۶۹۲) چندین مدل ریاضی مکان‌یابی-تخصیص تک دوره‌ای را به‌منظور بررسی خدمات انتقال خون در ترکیه ارائه دادند. ستین و سارول (Cetin, Sarul، ۲۰۰۹: ۱۲۴-۱۱۲) مدل برنامه‌ریزی ترکیبی ریاضی که ترکیبی از مدل‌های مکان‌یابی پیوسته گرانش و مدل‌های مکان‌یابی گسسته پوشش بود را به کار گرفتند. تابع هدف مسئله با استفاده از تکنیک برنامه‌ریزی آرمانی غیرخطی فرموله شد و هدف آن کاهش زمان سفر بین بانک خون و بیمارستان‌ها، کاهش هزینه‌های ثابت مکان‌یابی بانک‌های خون بود ضمناً شاخصی با عنوان نابرابری عدالت اجتماعی را نیز در این مطالعه در نظر گرفتند. همیلمایر و همکاران (Hemmelmayr, et al.، ۲۰۰۹: ۱۲۴-۱۱۲) با استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی عدد صحیح در مورد انتخاب بیمارستان‌هایی که باید به‌صورت روزانه توسط وسایل حمل خون از پایگاه‌های اهدای خون پوشش داده شوند، تصمیم‌گیری کردند. نویسندگان عدم قطعیت در تقاضا را نیز لحاظ کرده و مقدار خون مورد نیاز هر بیمارستان را در هر روز تعیین کردند. ناگورنی و همکارانش (Nagurney, et al.، ۲۰۱۲: ۷۲-۴۹) یک مدل زنجیره تأمین خون شامل مراکز جمع‌آوری، تسهیلات آزمایشگاهی و تسهیلات ذخیره‌سازی و مراکز توزیع را مورد مطالعه قرار دادند. نویسندگان با به کار گیری یک رویکرد بهینه‌سازی چند معیاره به بررسی هزینه‌های عملیاتی کل زنجیره و ریسک‌های ناشی از کمبود و یا مازاد موجودی پرداختند. با توجه به عمر کوتاه پلاکت خون، ژو و همکارانش (Zhou, et al.، ۲۰۱۱: ۴۳۸-۴۲۰) مدیریت موجودی این فرآورده خونی را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها از رویکرد برنامه‌ریزی دینامیکی برای مدل خود استفاده کردند. آلفنسو و همکاران (Alfonso, et al.، ۲۰۱۲: ۷۸-۶۳) در مطالعه خود به ارائه مدلی در حوزه مکان‌یابی تسهیلات ثابت و سیار جمع‌آوری خون در فرانسه پرداختند و چگونگی مدیریت اهدا دهندگان را نیز مورد بررسی قرار دادند. شا و هانگ (Zhou, et al.، ۲۰۱۲: ۲۸-۲۱) به ارائه یک مدل زنجیره تأمین خون در شرایط بحران بعد از وقوع زلزله در پکن پرداختند و از روش آزادسازی لاگرانژ برای مسئله مکان‌یابی-تخصیص استفاده کردند. از جمله مطالعاتی که در زمینه طراحی شبکه صورت گرفته است می‌توان به مقاله جبار زاده و همکاران (Jabbarzadeh, et al.، ۲۰۱۴: ۲۴۴-۲۲۵) اشاره کرد که در سطح استراتژیک و در مورد احداث مراکز ثابت و موقت خون در زمان بحران و چگونگی تخصیص این مکان‌ها به بیمارستان‌ها تصمیم‌گیری می‌کند. فهیم نیا و همکاران (Fahimnia, et al.، ۲۰۱۵) به طراحی شبکه زنجیره تأمین کارا و مؤثر در

Archive of SID

www.SID.ir

شرایط وقوع بحران پرداختند و دو تابع هدف هزینه و زمان را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها برای حل مد از یک رویکرد ترکیبی استفاده کردند که روش محدودیت اپسیلون و آزادسازی لاگرانژ را به‌طور هم‌زمان به کار می‌گیرد. عاروان و همکارانش (Arvan, et al.، ۲۰۱۵: ۶۸-۵۷) مسئله طراحی شبکه همراه با مکان‌یابی تسهیلات را با هدف حداقل کردن هزینه‌ها و زمان و در نظر گرفتن فسادپذیری بررسی کرد و ارتباط عرضی بین بیمارستان‌ها را نیز در نظر گرفت. در این مطالعه مراکز جمع‌آوری و مراکز خون مکان‌یابی شده‌اند و سپس تخصیص بیمارستان‌ها و مراکز صورت گرفته است. ظهیری و همکارانش (Zahiri, et al.، ۲۰۱۴: ۱) نیز به طراحی یک زنجیره تأمین دوسطحی شامل اهدا دهندگان و مراکز ثابت و موقت پرداختند که شامل تصمیمات مکان‌یابی و تخصیص است. در این مطالعه ظرفیت هر یک از مراکز ثابت و موقت مشخص می‌باشد و ارتباط عرضی بین مراکز وجود دارد. در مقاله پیش روی نیز برای هر یک از مراکز ثابت، مراکز موقت، مراکز خون و بیمارستان‌ها ظرفیت مشخص در نظر گرفته شده است و در مراکز خون و بیمارستان‌ها موجودی نگهداری می‌شود.

در مدل‌سازی زنجیره تأمین خون از مدل‌سازی‌های متنوعی استفاده شده است. بخصوص روش‌های شبیه‌سازی، برنامه‌ریزی دینامیکی، برنامه‌ریزی عدد صحیح، برنامه‌ریزی آرمانی و رویکردهای چندهدفه که بعضی از روش‌های معمول در ادبیات این موضوع هستند. این رویکردها به‌تنهایی یا ترکیبی با دیگر روش‌ها برای تجزیه و تحلیل مسائل واقعی مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین رویکردهای گوناگونی مانند مسائل مکان‌یابی، مکان‌یابی-تخصیص، مکان‌یابی-مسیریابی و مکان‌یابی-مسیریابی-تخصیص وجود دارند. برخی مقالاتی که در حوزه مکان‌یابی-تخصیص وجود دارند از جمله مقاله پیش روی، سعی دارند که حداکثر پوشش تقاضا را داشته باشند. لازم به ذکر است که به دلیل حساسیت موضوع در مورد تحویل به‌موقع خون و فسادپذیر بودن آن اغلب از مسائل مسیریابی وسایل نقلیه همراه با پنجره‌های زمانی در زنجیره تأمین خون استفاده نمی‌شود (زنده‌دل، ۱۳۹۳: ۳۴-۳۳).

یکی دیگر از مواردی که در مقالات و مدل‌ها باید به آن توجه شود، غیرقطعی بودن اهدای خون است. اگر شرایط را برای کشور خودمان بررسی کنیم، درمی‌یابیم که اهدای خون در کشور ما در فصول مختلف سال متفاوت است. در فصل تابستان به دلیل افزایش سفرهای تابستانی و در پی آن تصادفات و جراحات، نیاز به خون به طرز چشمگیری افزایش پیدا می‌کند. این در حالی است که به دلیل گرمای هوا و سایر شرایط میزان اهدای خون در فصل تابستان کاهش می‌یابد. هم‌چنین در مناسبت‌های مذهبی-فرهنگی مانند ماه رمضان میزان اهدای خون کاهش و در ماه محرم افزایش می‌یابد. از طرفی با توجه به اینکه تا ۳ ماه بعد از اهدای خون فرد نمی‌تواند اهدای خون مجدد داشته باشد، در زمان بعد از اوج اهدا با کاهش شدید مواجه خواهیم شد؛ لذا در مقاله پیش روی برای در نظر گرفتن این مسئله رویکردی در نظر گرفته شده است. به این ترتیب که دو دسته مراکز خون ثابت و موقت به‌صورت بالقوه وجود دارند. در صورتی که مراکز ثابت بتوانند پاسخگوی نیاز بیمارستان‌ها باشند به باز شدن مراکز موقت نیازی نیست ولی در صورتی که در برخی دوره‌ها مثلاً در فصل تابستان با افزایش میزان تقاضای خون رو به رو شویم، مراکز موقت در برخی نقاط فعال خواهند شد.

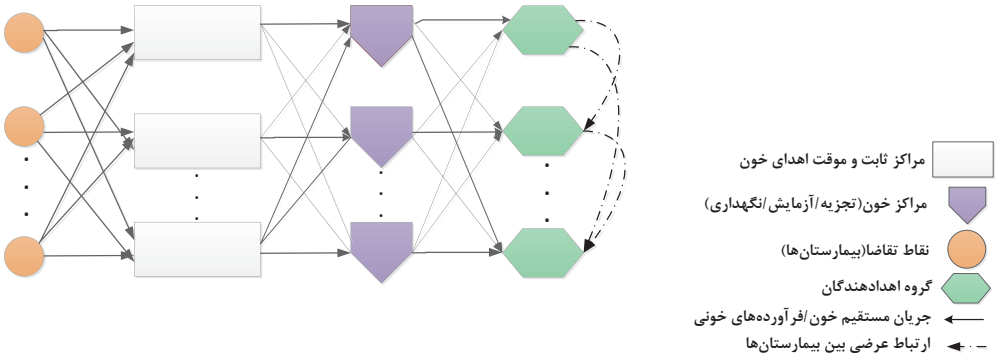
در این مقاله یک مدل طراحی شبکه چندهدفه و چند دوره‌ای با در نظر گرفتن اختلال و ارتباط عرضی بین بیمارستان‌ها به‌منظور کاهش هزینه‌ها (شامل هزینه‌های عملیاتی، نگهداری و موجودی و حمل‌ونقل) و کاهش زمان (شامل زمان‌های پردازش و حمل‌ونقل) در زنجیره تأمین انتقال خون ارائه شده است. همچنین به‌منظور تک‌هدفه کردن مدل و حل آن از روش محدودیت اپسیلون استفاده شده است.

۳. تعریف مسئله

در این مقاله، مسئله طراحی شبکه انتقال خون با تقاضا و اهدای غیرقطعی مورد مطالعه قرار گرفته است که شامل مفروضاتی در این زمینه می‌باشد. مسئله شامل چندین مرکز جمع‌آوری و اهدای خون ثابت و موقت، مراکز پردازش خون و نقاط تقاضا می‌باشد که زنجیره مربوط به آن در شکل ۱ مشاهده می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- فرم شماتیک شبکه زنجیره تأمین انتقال خون مورد نظر

در این مطالعه حالت چندمحصولی و مراکز ثابت و موقت در زنجیره تأمین خون در نظر گرفته شده است. لازم به ذکر است که در ادبیات مراکز ثابت و موقت در زمان وقوع بحران‌هایی مانند زلزله بررسی شده است ولی در این تحقیق مراکز موقت در دوره‌های زمانی که با کاهش قدرت تأمین (کاهش میزان اهدا) رو به رو هستیم و به‌منظور افزایش دسترسی اهدا دهندگان فعال خواهند شد. گروه اهدا دهندگان خون اهدایی خود را از طریق مراکز ثابت یا موقت به مراکز خون می‌رسانند. در این میان یکی از مفروضات مورد بررسی در این مطالعه امکان بروز اختلال در مسیر حرکت واحدهای خونی از تسهیلات به مراکز خون در سناریوهای مختلف است؛ که مدل پیشنهادی برای این حالت برنامه‌ریزی‌هایی را انجام می‌دهد. در مرحله بعد این خون‌ها در مراکز خون مورد از جهت سلامت و انجام تست‌های مورد نیاز، مورد پردازش قرار می‌گیرد و از طریق عملیات سانتریفیوژ به فرآورده‌های خونی متفاوت تجزیه می‌گردد. سپس مراکز خون فرآورده‌های خونی مورد نیاز بیمارستان‌ها را از موجودی نگهداری شده خود تأمین می‌کند. یکی دیگر از مفروضاتی که در این تحقیق مورد توجه است این است که در برخی شرایط به‌منظور افزایش توان مقابله با کمبود و تسریع در فرآیند تأمین خون در شرایط اضطرار، تأمین خون مورد نیاز بیمارستان‌ها ممکن است از طریق سایر بیمارستان‌ها تأمین شود.

هدف کلی این تحقیق طراحی یک شبکه زنجیره تأمین انتقال خون با تأکید بر مسئله مکان‌یابی-تخصیص با در نظر گرفتن اختلال و وجود ارتباط عرضی بین نقاط تقاضا است. توابع هدف مدل پیشنهادی شامل حداقل سازی هزینه‌های ایجاد تسهیلات ثابت و موقت، هزینه‌های عملیاتی، هزینه‌های حمل‌ونقل، پردازش و نگهداری و هم‌چنین حداقل سازی زمان انجام فعالیت‌های پردازش و حمل‌ونقل‌ها در زنجیره تأمین است.

۴. مدل‌سازی

در این بخش ابتدا اندیس‌ها و مجموعه‌های مورد استفاده، پارامترها و متغیرهای مدل معرفی می‌شوند و سپس مدل نهایی ارائه خواهد شد.

۱،۴. اندیس‌ها و مجموعه‌ها

i: اندیس گروه‌های اهدا دهندگان $i \in I$

j: اندیس مکان‌های کاندیدا برای ایجاد تسهیلات $j \in J$

k: اندیس مراکز خون $k \in K$

l: اندیس نقاط تقاضا (بیمارستان‌ها) $l \in L$

f_1: گلبول‌های قرمز $f_1 \in F$

f_2: پلاسما $f_2 \in F$

f_3: پلاکت $f_3 \in F$

f_4: خون کامل $f_4 \in F$

t: اندیس دوره‌های زمانی $t \in T$

$F = (f_1 \cup f_2 \cup f_3 \cup f_4)$: مجموعه فرآورده‌های خونی متفاوت

Archive of SID
www.SID.ir

۲،۴. پارامترهای مدل

f_j: هزینه ثابت ایجاد یک تسهیل ثابت در مکان j

e: هزینه ثابت ایجاد یک تسهیل موقت

g_k: هزینه ثابت باز بودن مرکز خون k

o^s_{ijt}: هزینه عملیاتی جمع‌آوری خون از اهدا دهندگان گروه i در مکان j در دوره t تحت سناریوی s

ob^s_{kt}: هزینه عملیاتی در مرکز خون k در دوره t تحت سناریوی s

oh^s_{lt}: هزینه عملیاتی در بیمارستان l در دوره t تحت سناریوی s

oL^s_{flmt}: هزینه عملیاتی انتقال فراورده خونی f از بیمارستان l به بیمارستان m در دوره t تحت سناریوی s

ab_{jk}: هزینه حمل‌ونقل از مکان j به مکان k

ah_{kl}: هزینه حمل‌ونقل از مکان k به مکان l

h_f: هزینه نگهداری موجودی فرآورده خونی f

d^f_{lts}: تقاضای محصول f در نقطه تقاضای l در دوره t تحت سناریوی s

p_s: احتمال وقوع سناریو s

r_{ij}: مسافت بین اهدا دهندگان گروه i و تسهیل موجود در مکان j

rr: مسافت پوشش داده شده توسط تسهیلات خون

b: ظرفیت تسهیل موقت در مکان j

c_j: ظرفیت تسهیل ثابت در مکان j

u_k: حداکثر ظرفیت ذخیره خون در مرکز خون k

hc_l: ظرفیت نقاط تقاضا l (به‌عنوان مثال بیمارستان‌ها)

m^s_i: حداکثر خون تأمین‌شده از اهدا دهندگان گروه i تحت سناریوی s

M: یک عدد خیلی بزرگ

th_{kl}: زمان سفر در طول مسیر (k,l)

tb_{jk}: زمان سفر در طول مسیر (j,k)

tL_{lm}: زمان سفر در طول مسیر (l,m)

tc_{kf}: زمان پردازش فرآورده خونی f در مرکز خون k برای فرآورده خونی f

tq_{lf}: زمان پردازش فرآورده خونی f در بیمارستان l برای فرآورده خونی f

VH_{jks}: مقدار ۱ دارد اگر در سناریوی s در طول مسیر (j,k) اختلال رخ دهد و در غیر این صورت مقدار صفر دارد.

۳،۴. متغیرهای تصمیم مدل

X_j: مقدار ۱ دارد اگر تسهیل ثابت در مکان j باز باشد و در غیر این صورت مقدار صفر دارد.

Z^s_{jt}: مقدار ۱ دارد اگر تسهیل موقت در مکان j و در سناریوی s باز باشد و در غیر این صورت مقدار صفر دارد.

V_k: مقدار ۱ دارد اگر مرکز خون k در سناریوی s باز باشد و در غیر این صورت مقدار صفر دارد.

Y^s_{ijt}: مقدار ۱ دارد اگر تسهیل در مکان j به اهدا دهندگان گروه i در دوره زمانی t در سناریوی s تخصیص داده شود و در غیر این صورت مقدار صفر دارد.

w^s_{klt}: مقدار ۱ دارد اگر بیمار ستان l به مرکز خون k در دوره زمانی t و در سناریوی s تخصیص داده شود و در غیر این صورت مقدار صفر دارد.

WH^s_{lmt}: مقدار ۱ دارد اگر بیمار ستان l با بیمار ستان m در دوره زمانی t و در سناریوی s ارتباط عرضی داشته باشند و در غیر این صورت مقدار صفر دارد.

Q^s_{ijkt}: تعداد واحد خون جمع‌آوری شـــده از تســـهیل موجود در مکان j و از گروه اهدا دهندگان نوع i در دوره t و در سناریوی s به مرکز خون k فرستاده می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

QB^s_{klft} تعداد واحد فرآورده خونی f که از مرکز خون k در دوره t و در سناریوی s به نقطه تقاضای l فرستاده می‌شود.

:

QH^s_{fl} تعداد واحد فرآورده خونی f که از بیمارستان l در دوره t و در سناریوی s به بیمارستان m فرستاده می‌شود.

:mt

IB^s_{kft}: سطح موجودی فرآورده خونی f در مرکز خون k در انتهای دوره t و تحت سناریوی s

IH^s_{lft}: سطح موجودی فرآورده خونی f در بیمارستان l در انتهای دوره t و تحت سناریوی s

۴،۴. تابع هدف مدل

مدل ارائه شده در این تحقیق یک مدل غیرقطعی چندهدفه در طراحی شبکه زنجیره تأمین انتقال خون است که به دنبال حداقل کردن دو تابع هدف هزینه و زمان با توجه به محدودیت‌های موجود می‌باشد. به‌منظور تک‌هدفه کردن توابع هدف این مسئله از روش محدودیت اپسیلون استفاده شده است. با توجه به اهمیت تابع هدف زمان در مسائل زنجیره تأمین انتقال خون به دلیل فسادپذیری فرآورده‌های خونی، تابع هدف زمان به‌عنوان تابع هدف اصلی در روش محدودیت اپسیلون در نظر گرفته شده و تابع هدف هزینه در محدودیت‌ها لحاظ می‌گردد که رویکرد این روش در بخش ۵،۱ شرح داده خواهد شد. تابع هدف اول مربوط به حداقل کردن هزینه‌ها که شامل هزینه‌های ثابت احداث مراکز خون و تسهیلات ثابت و موقت، هزینه‌های عملیاتی، هزینه‌های نگهداری موجودی و هزینه‌های حمل‌ونقل می‌باشد. برای مقابله با عدم قطعیت‌های موجود در هر سناریو در تابع هدف هزینه از رویکرد بهینه‌سازی استوار استفاده شده است که در (۱) آورده شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

$$\begin{aligned}
\text{MinF}_1 &= \sum_{j\in J} f_j X_j + \sum_{j\in J}\sum_{t\in T}\sum_{s\in S} p_s eZ^s_{jt} + \sum_{k\in K} g_k V_k + \\
&\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K}\sum_{t\in T}\sum_{s\in S} p_s o^s_{ijt} Q^s_{ijkt} + \sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K}\sum_{t\in T}\sum_{s\in S} p_s ob^s_{kt} Q^s_{ijkt} + \sum_{k\in K}\sum_{l\in L}\sum_{f\in F}\sum_{t\in T}\sum_{s\in S} p_s oh^s_{lt} QB^s{}_{klft} + \\
&\sum_{m\in L}\sum_{l\in L}\sum_{f\in F}\sum_{t\in T}\sum_{s\in S} p_s oL^s_{flmt} QH^s{}_{lmft} + \\
&\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K}\sum_{t\in T}\sum_{s\in S} p_s ab_{jk} Q^s_{ijkt} + \sum_{k\in K}\sum_{l\in L}\sum_{f\in F}\sum_{t\in T}\sum_{s\in S} p_s ah_{kl} QB^s{}_{klft} + \\
&\sum_{k\in K}\sum_{f\in F}\sum_{t\in T}\sum_{s\in S} p_s h_f IB^s_{kft} + \sum_{f\in F}\sum_{l\in L}\sum_{t\in T}\sum_{s\in S} p_s h_f IH^s_{flt} +
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&\Big[(\sum_{j\in J} f_j X_j + \sum_{j\in J}\sum_{t\in T}\sum_{s\in S} p_s eZ^s_{jt} + \sum_{k\in K} g_k V_k + \\
&\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K}\sum_{t\in T}\sum_{s\in S} p_s o^s_{ijt} Q^s_{ijkt} + \sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K}\sum_{t\in T}\sum_{s\in S} p_s ob^s_{kt} Q^s_{ijkt} + \sum_{k\in K}\sum_{l\in L}\sum_{t\in T}\sum_{s\in S} p_s oh^s_{lt} QB^s{}_{klft} + \\
&\sum_{m\in L}\sum_{l\in L}\sum_{f\in F}\sum_{t\in T}\sum_{s\in S} p_s oL^s_{flmt} QH^s{}_{lmft} + \\
&\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K}\sum_{t\in T}\sum_{s\in S} p_s ab_{jk} Q^s_{ijkt} + \sum_{k\in K}\sum_{l\in L}\sum_{f\in F}\sum_{t\in T}\sum_{s\in S} p_s ah_{kl} QB^s{}_{klft} + \\
&\sum_{k\in K}\sum_{f\in F}\sum_{t\in T}\sum_{s\in S} p_s h_f IB^s_{kft} + \sum_{f\in F}\sum_{l\in L}\sum_{t\in T}\sum_{s\in S} p_s h_f IH^s_{flt} + \\
+\lambda\ &\\
&-(\sum_{j\in J} f_j X_j + \sum_{j\in J}\sum_{t\in T}\sum_{s'\in S} p_{s'} eZ^{s'}_{jt} + \sum_{k\in K} g_k V_k + \\
&\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K}\sum_{t\in T}\sum_{s'\in S} p_{s'} o^{s'}_{ijt} Q^{s'}_{ijkt} + \sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K}\sum_{t\in T}\sum_{s'\in S} p_{s'} ob^{s'}_{kt} Q^{s'}_{ijkt} + \sum_{k\in K}\sum_{f\in F}\sum_{l\in L}\sum_{t\in T}\sum_{s'\in S} p_{s'} oh^{s'}_{lt} QB^{s'}{}_{klft} + \\
&\sum_{m\in L}\sum_{l\in L}\sum_{f\in F}\sum_{t\in T}\sum_{s'\in S} p_{s'} oL^{s'}_{flmt} QH^{s'}{}_{lmft} + \\
&\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K}\sum_{t\in T}\sum_{s'\in S} p_{s'} ab_{jk} Q^{s'}_{ijkt} + \sum_{k\in K}\sum_{l\in L}\sum_{f\in F}\sum_{t\in T}\sum_{s'\in S} p_{s'} ah_{kl} QB^{s'}{}_{klft} + \\
&\sum_{k\in K}\sum_{f\in F}\sum_{t\in T}\sum_{s'\in S} p_{s'} h_f IB^{s'}_{kft} + \sum_{f\in F}\sum_{l\in L}\sum_{t\in T}\sum_{s'\in S} p_{s'} h_f IH^{s'}_{flt} + \sum_{s\in S} 2\theta_s p_s \Big]
\end{aligned} \qquad (۱)$$

تابع هدف دوم مجموع زمان‌های پردازش در مراکز خون و بیمارستان‌ها و همچنین مجموع زمان‌های حمل‌ونقل خون از تسهیلات به مراکز خون، از مراکز خون به بیمارستان‌ها و انتقال بین بیمارستان‌ها را حداقل می‌کند. تابع هدف زمان یک تابع هدف وزن‌دار است که از حاصل‌ضرب زمان‌های سفر در میزان واحد خون جابه‌جا شده در هر مسیر به دست می‌آید. معادله (۲) تابع هدف زمان ارائه شده در این تحقیق را نشان می‌دهد.

$$\begin{aligned}
MinF_2 &= \sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K}\sum_{t\in T}\sum_{s\in S} p_s tb_{jk} Q^s_{ijkt} + \sum_{i\in I}\sum_{j\in J}\sum_{k\in K}\sum_{f\in F}\sum_{t\in T}\sum_{s\in S} p_s tc_{kf} Q^s_{ijkt} + \sum_{k\in K}\sum_{l\in L}\sum_{f\in F}\sum_{t\in T}\sum_{s\in S} p_s th_{kl} QB^s{}_{klft} \\
&+ \sum_{k\in K}\sum_{l\in L}\sum_{f\in F}\sum_{t\in T}\sum_{s\in S} p_s tq_{lf} QB^s{}_{klft} + \sum_{m\in L}\sum_{l\in L}\sum_{f\in F}\sum_{t\in T}\sum_{s\in S} p_s tL_{lm} QH^s{}_{flmt}
\end{aligned}$$

(۲)

Archive of SID

www.SID.ir

۵،۴. محدودیت‌های مدل

محدودیت‌های مربوط به توابع هدف مسئله به شرح زیر می‌باشد.

$$IB^{s}_{kft-1}+\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}Q^{s}_{ijkt}-\sum_{l\in L}QB^{s}_{klft}=IB^{s}_{kft} \qquad \forall k\in K,\forall f\in F,\forall t\in T,\forall s\in S \qquad (۳)$$

$$IH^{s}_{lft-1}+\sum_{k\in K}QB^{s}_{klft}+\sum_{m\in L}QH^{s}_{fmlt}-\sum_{m\in L}QH^{s}_{flmt}=IH^{s}_{lft} \qquad \forall l\in L,\forall f\in F,\forall t\in T,\forall s\in S \qquad (۴)$$

$$\sum_{k\in K}QB^{s}_{klft}+\sum_{m\in L}QH^{s}_{fmlt}-\sum_{m\in L}QH^{s}_{flmt}=d^{f}_{lts} \qquad \forall l\in L,\forall f\in F,\forall t\in T,\forall s\in S \qquad (۵)$$

$$X_{j}+Z^{s}_{jt}\le 1 \qquad \forall j\in J,\forall t\in T,\forall s\in S \qquad (۶)$$

$$Y^{s}_{ijt}\le X_{j}+Z^{s}_{jt} \qquad \forall i\in I,\forall j\in J,\forall t\in T,\forall s\in S \qquad (۷)$$

$$r_{ij}Y^{s}_{ijt}\le rr \qquad \forall i\in I,\forall j\in J,\forall t\in T,\forall s\in S \qquad (۸)$$

$$Q^{s}_{ijkt}\le MY^{s}_{ijt} \qquad \forall i\in I,\forall j\in J,\forall k\in K,\forall t\in T,\forall s\in S \qquad (۹)$$

$$\sum_{j\in J}\sum_{k\in K}\sum_{t\in T}Q^{s}_{ijkt}\le m^{s}_{i} \qquad \forall i\in I,\forall s\in S \qquad (۱۰)$$

$$\sum_{i\in I}\sum_{k\in K}Q^{s}_{ijkt}\le c_{j}\,\mathrm{X}_{j}+\mathrm{b}_{j}\mathrm{Z}^{s}_{jt} \qquad \forall j\in J,\forall t\in T,\forall s\in S \qquad (۱۱)$$

$$\sum_{f\in F}I^{s}_{kft}\le u_{k}V_{k} \qquad \forall k\in K,\forall t\in T,\forall s\in S \qquad (۱۲)$$

$$\sum_{f\in F}I^{s}_{flt}\le hc_{l} \qquad \forall l\in L,\forall t\in T,\forall s\in S \qquad (۱۳)$$

$$QB^{s}_{klft}\le Mw^{s}_{klt} \qquad \forall l\in L,\forall f\in F,\forall k\in K,\forall t\in T,\forall s\in S \qquad (۱۴)$$

$$\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}Q^{s}_{ijkt}\le u_{k}V_{k} \qquad \forall k\in K,\forall t\in T,\forall s\in S \qquad (۱۵)$$

$$QB^{s}_{klft}\le\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}Q^{s}_{ijkt} \qquad \forall k\in K,\forall l\in L,\forall f\in F,\forall t\in T,\forall s\in S \qquad (۱۶)$$

$$w^{s}_{klt}\le V_{k} \qquad \forall l\in L,\forall k\in K,\forall t\in T,\forall s\in S \qquad (۱۷)$$

$$\sum_{k\in K}w^{s}_{klt}\le 1 \qquad \forall l\in L,\forall t\in T,\forall s\in S \qquad (۱۸)$$

$$\sum_{j\in J}Y^{s}_{ijt}\le 1 \qquad \forall i\in I,\forall t\in T,\forall s\in S \qquad (۱۹)$$

$$\sum_{m\in L}QH^{s}_{flmt}\le\sum_{k\in K}QB^{s}_{klft} \qquad \forall l\in L,\forall f\in F,\forall t\in T,\forall s\in S \qquad (۲۰)$$

$$QH^{s}_{flmt}\le MVH_{lmts} \qquad \forall l,m\in L,\forall t\in T,\forall s\in S \qquad (۲۱)$$

$$VH_{lmts}\le w^{s}_{klt} \qquad \forall k\in K,\forall l,m\in L,\forall t\in T,\forall s\in S \qquad (۲۲)$$

$$\sum_{l\in L}VH_{lmts}\le 1 \qquad \forall l,m\in L,\forall t\in T,\forall s\in S \qquad (۲۳)$$

$$X_{j},Z^{s}_{jt},V_{k},w^{s}_{klt},VH_{lmts}\in\{0,1\} \qquad \forall k\in K,\forall j\in J,\forall l\in L,\forall t\in T,\forall s\in S \qquad (۲۴)$$

$$Q^{s}_{ijkt},QB^{s}_{klft},QH^{s}_{flmt},IB^{s}_{kft},IH^{s}_{flt},\sigma^{s}_{flt},WB^{s}_{kft},WL^{s}_{lft}\ge 0 \qquad \forall i\in I,\forall j\in J,\forall k\in K,\forall l\in L,\forall f\in F,\ \forall t\in T,\forall s\in S \qquad (۲۵)$$

محدودیت (۳) محدودیت تعادل موجودی هر مرکز خون است. محدودیت (۴) تعادل موجودی در هر بیمارستان و محدودیت (۵) برآورده کردن تقاضای هر بیمارستان را نشان می‌دهد. محدودیت (۶) بیان می‌کند که در هر ایستگاه باید فقط یک تسهیل

Archive of SID

www.SID.ir

وجود داشته باشد. محدودیت (۷) بیان می‌کند که یک اهدا دهنده تنها به یک تسهیل باز می‌تواند اختصاص داده شود. محدودیت (۸) تضمین می‌کند که اهدا دهندگان با مسافت r به تسهیلی که به آن اختصاص دارند پوشش داده می‌شوند. محدودیت (۹) بیان می‌کند خون اهداشده توسط یک اهدا دهنده فقط از همان تسهیلی که خون را دریافت کرده می‌تواند منتقل گردد. محدودیت (۱۰) حداکثر ظرفیت خون جمع‌آوری شده از اهدا دهندگان گروه i را بیان می‌کند. محدودیت (۱۱) خون‌های جمع‌آوری‌شده در هر تسهیل را به حداکثر ظرفیت آن محدود می‌کند. محدودیت (۱۲) خون‌های جمع‌آوری شده در هر مرکز را به حداکثر ظرفیت آن محدود می‌کند. محدودیت (۱۳) ظرفیت هر بیمارستان را محدود می‌کند. محدودیت (۱۴) تضمین می‌کند که میزان فرآورده خونی مورد نیاز در هر بیمارستان از مرکز خونی که به آن بیمارستان تخصیص داده شده تأمین می‌گردد. محدودیت (۱۵) بیان می‌کند که تسهیلات ثابت و موقت فقط به یک مرکز خون باز می‌تواند تخصیص یابند. محدودیت (۱۶) نشان می‌دهد که میزان واحدهای خونی که به بیمارستان‌ها فرستاده می‌شود از مجموع خونی که به مراکز خون فرستاده می‌شود بزرگ‌تر نیست. محدودیت (۱۷) تضمین می‌کند که بیمارستان‌ها به مراکز خون باز تخصیص داده می‌شوند. محدودیت (۱۹) بیان می‌کند که هر گروه اهدا دهنده تنها به یک تسهیل ثابت یا موقت تخصیص داده می‌شود. محدودیت (۲۰) تضمین می‌کند که واحد خونی که از هر بیمارستان به سایر بیمارستان‌ها فرستاده می‌شود از میزان خونی که از مراکز خون به آن بیمارستان فرستاده می‌شود بیشتر نمی‌باشد. محدودیت (۲۱) بیان می‌کند که انتقال فرآورده خونی از یک بیمارستان به بیمارستان دیگر در صورتی امکان‌پذیر است که امکان انتقال عرضی بین آن دو بیمارستان وجود داشته باشد. محدودیت (۲۲) بیان می‌کند که در صورتی امکان انتقال از یک بیمارستان به سایر بیمارستان‌ها وجود دارد که آن بیمارتان خود به یک مرکز خون تخصیص داشته باشد. محدودیت (۲۳) نشان می‌دهد که هر بیمارستان تنها با یک بیمارستان دیگر می‌تواند ارتباط عرضی داشته باشد. محدودیت‌های (۲۴) و (۲۵) نوع متغیرهای تصمیم را نشان می‌دهند.

۵. نتایج عددی و تحلیل حساسیت

مدل پیشنهادی به‌منظور اعتبارسنجی در نرم‌افزار گمز پیاده‌سازی شده است. داده‌های مورد استفاده از مدل اغلب از داده‌های واقعی شهر تهران و با استخراج از مطالعات قبلی (به‌عنوان نمونه مقاله جبار زاده و همکاران (۲۰۱۴)) و در برخی موارد نیز از داده‌های تصادفی به دست آمده است. ابتدا برای مشاهده صحت عملکرد مدل، مسئله در دو اندازه مختلف حل شده است که نتایج به دست آمده در جدول ۱ مشاهده می‌گردد.

جدول ۱-نتایج عددی حاصل از حل مدل در اندازه‌های مختلف

شماره مسئله	توابع هدف	اندازه مسئله i/j/k/s/t/l	مقدار توابع هدف	زمان حل مسئله (S)
مسئله شماره ۱	تابع هدف هزینه	۳/۴/۳/۵/۳/۸	۷۶۷۴۵۵۵,۸۶۰	۲۹,۵۸۳
	تابع هدف زمان	۳/۴/۳/۵/۳/۸	۱۲۸۹۵۳,۸۰۰	۲۰,۱۰۴
مسئله شماره ۲	تابع هدف هزینه	۵/۵/۴/۸/۴/۸	۱۳۵۸۵۷۴۰	۱۰۲۱,۸۰۶
	تابع هدف زمان	۵/۵/۴/۸/۴/۸	۱۸۷۹۶۴,۲۹۰	۲۵,۸۰۹

۱،۵. روش محدودیت اپسیلون

رویکرد روش به این صورت است که با تشکیل جدول نتایج نهایی[1] بهترین مقدار و بدترین مقدار برای هر تابع هدف به دست می‌آید. سپس فاصله بین این دو مقدار به تعداد دلخواه بازه تقسیم شده و هر یک از اعداد به دست آمده یک اپسیلون به‌حساب می‌آید. با تغییر اپسیلون‌ها می‌توان به جواب پارتو دست یافت. در مورد مسئله پیش روی تابع هدف هزینه به‌عنوان یک محدودیت در نظر گرفته می‌شود که در معادله (۲۶) نیز به چشم می‌خورد.

[1] payoff

Archive of SID

www.SID.ir

$$\begin{aligned} &MinF2(x) \\ &Subject\ to: \\ &F1(x) \le \varepsilon_1 \\ &x \in S \end{aligned} \qquad (۲۶)$$

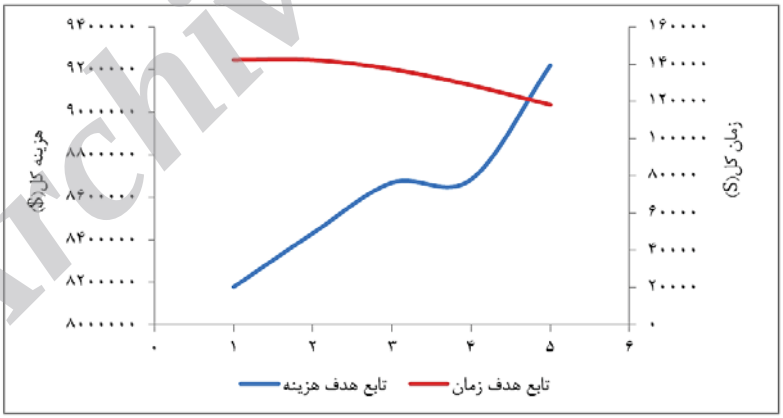
به‌منظور بررسی تغییراتی که بر اثر هزینه‌ها و زمان در پیکره‌بندی و مقدار توابع هدف در زنجیره تأمین خون به وجود می‌آید، مقادیر متفاوتی برای اپسیلون‌ها در نظر گرفته می‌شود. جدول ۲ تأثیر مقادیر مختلف اپسیلون را بر توابع هدف هزینه و زمان و همچنین چگونگی پیکره‌بندی زنجیره تأمین نشان می‌دهد.

جدول ۲- تأثیر مقادیر مختلف اپسیلون بر توابع هدف هزینه و زمان و همچنین چگونگی پیکره‌بندی زنجیره تأمین

تسهیلات موقت	تسهیلات ثابت	مقدار تابع هدف زمان	مقدار تابع هدف هزینه	مقدار اپسیلون مربوط به تابع هدف هزینه
	۱و۲و۳و۴	۱۲۸۶۷۷,۷۰۰	۹۲۱۹۶۸۹,۹۱۰	۷۹۲۵۰۸۶,۸۶۰
۲و۳	۱و۴	۱۳۲۵۸۲,۲۱۱	۸۱۷۷۷۷۹,۱۳۵	۸۱۷۷۷۷۹,۱۳۵
۱	۲و۴	۱۲۸۱۲۰,۰۰۰	۸۴۳۰۴۷۱,۴۱۰	۸۴۳۰۴۷۱,۴۱
	۱و۲و۳و۴	۱۳۶۵۰۶,۶۰۰	۸۶۸۳۱۶۳,۶۸۵	۸۶۸۳۱۶۳,۶۸۵
	۱و۳و۴	۱۳۰۷۶۸,۷۰۰	۸۶۶۸۱۱۷,۹۶۰	۸۹۳۵۸۵۵,۹۶

۲,۵. تعادل بین توابع هدف

در این بخش تأثیر افزایش هزینه‌های ثابت زنجیره تأمین خون (شامل هزینه‌های ثابت احداث مراکز ثابت و موقت و باز بودن مراکز خون) بر توابع هدف مسئله و فعال بودن یا نبودن هر یک از تسهیلات مورد بررسی قرار گرفته‌است. شکل ۲ تعادل بین توابع هدف هزینه و زمان را با توجه به گروه‌های مختلف هزینه‌ها که به‌صورت افزایشی نیز می‌باشند، نشان می‌دهد.



شکل ۲-تعادل بین توابع هدف هزینه و زمان با افزایش هزینه‌ها

همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش هزینه‌های ثابت زنجیره تأمین، تابع هدف هزینه افزایش می‌یابد و به ازای آن تابع هدف زمان کاهش می‌یابد. این امر وجود تناقض بین توابع هدف را به‌خوبی نشان می‌دهد. همان‌طور که می‌دانیم به دلیل فسادپذیری خون و فرآورده‌های خونی، عامل زمان در زنجیره تأمین محصولات خونی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. لذا با توجه به تحلیل انجام شده، می‌توان در ازای افزایش هزینه، زمان را در زنجیره تأمین خون کاهش داد یا به عبارتی دیگر به عامل زمان وزن بیشتری را تخصیص داد. لذا نکته مهم در این‌گونه مسائل برآورد مقدار بهینه برای تابع هدف هزینه است که به زمان بهینه نیز منجر شود. جدول ۲ پیکره‌بندی زنجیره تأمین انتقال خون مورد نظر را به ازای افزایش در هزینه‌ها نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود به ازای هزینه‌های مختلف، زنجیره تأمین انتقال خون حالت‌های مختلفی را نشان می‌دهد.

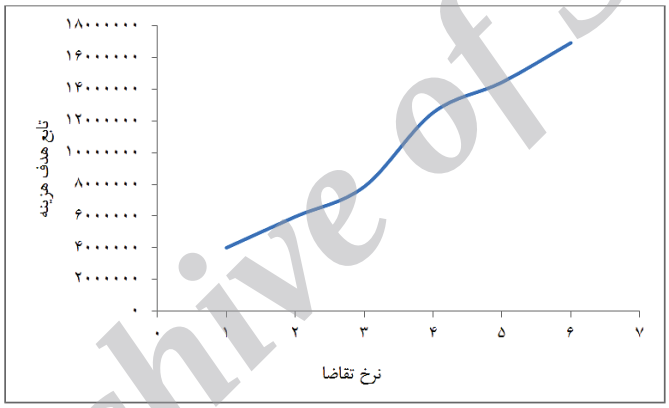
Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۲-پیکره‌بندی زنجیره تأمین انتقال خون مورد نظر به ازای افزایش هزینه‌ها

مراکز خون	تسهیلات موقت	تسهیلات ثابت	مجموعه هزینه‌ها به‌صورت افزایشی
۱و۲و۳	۲	۱و۳و۴	۱
۱و۲و۳	۱	۲و۳و۴	۲
۱و۲و۳		۱و۲و۴	۳
۱و۲و۳	۳	۱و۲و۴	۴
۱و۲و۳	۱و۲و۴	۳	۵

۳,۵. تحلیل حساسیت بر روی نرخ تقاضا

در این بخش تغییرات تابع هدف هزینه با توجه به مقادیر مختلف تقاضا و اهدای خون در شکل ۳ مورد بررسی قرار گرفته است. به‌منظور برآورده کردن تقاضای در زنجیره تأمین انتقال خون در صورت افزایش نرخ تقاضا، هزینه‌های زنجیره روند صعودی را خواهد داشت. نیاز به احداث مراکز و تسهیلات بیشتر برای پاسخگویی به تقاضا و افزایش حمل و نقل‌ها در سطح زنجیره باعث افزایش هزینه‌های کل خواهد شد.



شکل ۳-تغییرات تابع هدف هزینه با توجه به مقادیر مختلف تقاضا

۶. نتیجه‌گیری

در این تحقیق به ارائه یک مدل بهینه‌سازی چندهدفه طراحی شبکه زنجیره تأمین خون با تمرکز بر مکان‌یابی و تخصیص مراکز مختلف در صورت بروز اختلال پرداخته شد. چندهدفه بودن مدل مربوط به وجود دو تابع هدف هزینه و زمان است که با استفاده از روش محدودیت اپسیلون در نرم‌افزار گمز به اجرا درآمده است. به دلیل اهمیت بالای تابع هدف زمان در مسائل زنجیره تأمین محصولات فسادپذیر از جمله فرآورده‌های خونی، تابع هدف زمان به‌عنوان تابع هدف اصلی در مدل لحاظ شده است و تابع هدف هزینه طبق روش محدودیت اپسیلون در محدودیت‌ها در نظر گرفته شده است. همچنین لازم به ذکر است که با توجه به ماهیت غیرقطعی بودن مسئله به دلیل وجود پارامترهای غیرقطعی اهدا و تقاضای خون، از رویکرد بهینه‌سازی استوار برای مواجهه با عدم قطعیت در سناریوهای مختلف استفاده شده است. در این مطالعه ارتباط عرضی بین بیمارستان‌ها در نظر گرفته شده است که این امر در افزایش قدرت تأمین تقاضا و مقابله با کمبود در بیمارستان‌ها تأثیر به سزایی دارد؛ به این صورت که در صورت عدم توانایی یک بیمارستان در پاسخگویی به تقاضا در یک دوره زمانی، مقدار مورد نیاز از فرآورده‌های خونی از سایر بیمارستان‌هایی که با بیمارستان مورد نظر ارتباط دارند تأمین می‌گردد. این امر باعث می‌شود تا در مدت زمان کمتر و حتی با هزینه کمتری تقاضای بیمارستان مورد نظر پاسخ داده شود و از بروز هزینه‌های سنگین وقوع کمبود جلوگیری شود. با توجه به اینکه بحث خرابی و دسترس‌پذیری مسیر در زمان بروز اختلال بسیار مهم است و نیز با توجه به ماهیت عدم قطعیت در مسئله مذکور وجود اختلال در زنجیره تأمین انتقال خون نیز در این مطالعه در نظر گرفته شده است. همان‌طور که می‌دانیم با توجه به فسادپذیر بودن خون و

Archive of SID
www.SID.ir

اهمیت شدید تأمین تقاضای مورد نیاز فرآورده‌های خونی، وقوع اختلال یکی از عواملی است که باید برای آن برنامه‌ریزی‌های لازم صورت گیرد؛ زیرا در صورت وقوع اختلال در هر یک از مراکز یا مسیرها توانایی تأمین تقاضا در نقاط مختلف کاهش می‌یابد. در نهایت اعتبار مدل پیشنهادی مورد ارزیابی قرار گرفت. چگونگی مکان‌یابی و تخصیص مراکز و تسهیلات مختلف در سناریوهای مختلف یا به عبارتی نحوه پیکره‌بندی زنجیره تأمین خون مورد نظر مورد بررسی قرار گرفت. همچنین تأثیر هزینه‌های مختلف زنجیره بر مقدار بهینه توابع هدف و انتخاب تسهیلات نیز نشان داده شد. از جمله پیشنهادهایی برای مطالعات آتی در حوزه زنجیره تأمین انتقال خون می‌توان به استفاده از سایر رویکردهای مقابله با عدم قطعیت به‌جای رویکرد استوار استفاده کرد. تمرکز بیشتر مقابله با کمبود و پاسخگویی به همه تقاضاها با توجه به هزینه‌های سنگین وقوع کمبود به‌عنوان ایده کاربردی مطرح است؛ همچنین ترکیب مسائل مختلف مانند موجودی و مسیریابی می‌تواند به ارائه مدل‌های جامع در زنجیره تأمین انتقال خون مطرح باشد.

منابع

۱. زنده‌دل، محمد؛ بزرگی امیری، علی؛ عمرانی، هاشم، ۱۳۹۳. ارائه مدل مکان‌یابی پایگاه‌های اهدای خون با در نظر گرفتن اختلال محل استقرار، نشریه تخصصی مهندسی صنایع، ۳۳-۳۴.

2. Arvan, M., Tavakkoli-Moghaddam, R., & Abdollahi, M. (2015). Designing a bi-objective and multi-product supply chain network for the supply of blood. *Uncertain Supply Chain Management*, *3*(1), 57-68.
3. Alfonso, Edgar, et al. "Modeling and simulation of blood collection systems."*Health Care Management Science* 15.1 (2012): 63-78.
4. Cetin, Eyup, and L. Sinem Sarul. "A blood bank location model: A multiobjective approach." *European Journal of Pure and Applied Mathematics* 2.1 (2009): 112-124.
5. Daskin, M. S., Coullard, C. R., & Shen, Z. J. M. (2002). An inventory-location model: Formulation,
solution algorithm and computational results. *Annals of Operations Research*, *110*(1 -4), 83-106.
6. Fahimnia, B., Jabbarzadeh, A., Ghavamifar, A., & Bell, M. (2015). Supply chain design for efficient and effective blood supply in disasters. *International Journal of Production Economics*.
7. Hemmelmayr, Vera, et al. "Vendor managed inventory for environments with stochastic product usage." *European Journal ofOperational Research* 202.3 (2010): 686-695.
8. Jabbarzadeh, A., Fahimnia, B., & Seuring, S. (2014). Dynamic supply chain network design for the supply of blood in disasters: A robust model with real world application. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, *70*, 225-244.
9. Jacobs, D. A., Silan, M. N., & Clemson, B. A. (1996). "An analysis of alternative locations and service areas of American Red Cross blood facilities". *Interfaces*,*26*(3), 40-50.
10. Kendall, Kenneth E., and Sang M. Lee. "Formulating blood rotation policies with multiple objectives." *Management Science* 26.11 (1980): 1145-1157.
11. Nagurney, A., Masoumi, A. H. & Yu, M. (2012). Supply chain network operations management of a blood banking system with cost and risk minimization. *Computational Management Science*, 9, 205-231.
12. Nahmias, S. (1982). "Perishable inventory theory: a review." *Oper Res*. Vol. 30, No. 4, PP. 680-708. Or, I. & Pierskalla, W. P. (1979). A transportation location-allocation model for regional blood banking. *AIIE transactions*, 11, 86-95.
13. Pierskalla, W. (2005). Supply chain management of blood banks. *Operations Research and Health Care*, 103-145.
14. Sha, Y., & Huang, J. (2012). The multi-period location-allocation problem of engineering emergency blood supply systems. *Safety and Emergency and System Engineering*. 5, 21–28.
15. Şahin, Güvenç, Haldun Süral, and Sedef Meral. "Locational analysis for regionalization of Turkish RedCrescent blood services." *Computers & Operations Research* 34.3 (2007): 692-704.

Archive of SID
www.SID.ir

16. Van Zyl, G. J. J. (1964). *Inventory control for perishable commodities*. publisher not identified.
17. Zahiri, B., Mousazadeh, M., & Bozorgi-Amiri, A. (2014). A Robust Stochastic Programming Approach for Blood Collection and Distribution Network Design. *International Journal of Research in Industrial Engineering*, *3*(2), 1.
18. Zhou, Deming, Lawrence C. Leung, and William P. Pierskalla. "Inventory management of platelets in hospitals: optimal inventory policy for perishable products with regular and optional expedited replenishments." *Manufacturing & Service Operations Management* 13.4 (2011): 420-438.

Archive of SID

www.SID.ir

A location-allocation model of blood supply chain under uncertainty considering disruption and transshipment between hospitals

1. Z.Mohammadian Behbahani, z.mohammadian.b@gmail.com
2. A.Jabbarzadeh, arminj@iust.ac.ir

Abstract
This paper presents multi-objective optimization model for designing a blood supply chain network under uncertainty by concentrating on locating and allocating different facilities in disaster. Some assumptions to have more accurate modelling of the real world is considered as follow: uncertainty of demand and donation, transshipment between different hospitals in order to address the demands and cope with the shortage, considering all of the blood products, temporary and permanent capacitated facilities and also considering two different objective functions (include time and cost objective functions). It should be noticed to emphasize the accessibility, disruption and also to cope with the uncertainty, the proposed model is considered in disaster. The model also utilized the ε-constraint and robust optimization method to solve the problem and is implemented on real data sets of Tehran and the previous studies of blood supply chain in Iran. At the end the performance of the proposed model is investigated.

Key words: Blood supply chain, location-allocation, disruption, transshipment, uncertainty

Archive of SID

www.SID.ir