Archive of SID

پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری
دوره 4، شماره 2، تابستان 1398

طراحی مدل تخصیص فرآورده‌های خونی در شرایط عدم‌قطعیت (مورد مطالعه: سازمان انتقال خون یزد)

محبوبه زارع زاده[1]، زهرا ناجی عظیمی[2*]، علی مروتی شریف آبادی[3]، محمدعلی پیرایش[4]

1- دانشجوی دکتری مدیریت ، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
2- دانشیار، گروه مدیریت، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
3- دانشیار، گروه مدیریت، دانشکده مدیریت، اقتصاد و حسابداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران
4- دانشیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

پذیرش: 97/9/28 دریافت: 98/2/17

چکیده

خون و فرآورده‌های آن، سرمایه‌ای باارزش در حفظ جان بیماران است و در مواردی، تنها داروی حیاتی و شفابخش برای بیماران است؛ بنابراین باید از ضایع شدن و مصرف غیر بهینه آن خودداری شود. مسئله تخصیص خون و فرآورده‌هایش، یکی از انواع مسائل تخصیص است که یافتن جواب بهینه آن، می‌تواند منجر به کاهش مرگ‌ومیر و اتلاف هزینه شود. در این پژوهش، مسئله تخصیص فرآورده‌های خونی در حالت تصادفی ارائه و مدل تصادفی در سازمان انتقال خون و بیمارستان‌های استان یزد به کار گرفته شده است.

در این مطالعه، تمرکز بر روی فرآورده‌های پلاکت و گلبول قرمز خون به دلیل میزان تقاضای بیشتر و ویژگی فسادپذیری آن‌ها است. هدف از این پژوهش، کمینه‌سازی هزینه‌های تهیه و کمینه‌سازی کمبود و اتلاف فرآورده‌های پلاکت و گلبول‌قرمزخون با درنظرگرفتن محدودیت‌های مسئله است. مدل ارائه شده به وسیله نرم‌افزار ILOGCPLEX 12.6.1 در محیط نرم‌افزاری Microsoft Visual Studio کدنویسی و اجرا شده است.

واژگان کلیدی: خون و فرآورده‌های خونی؛ مسئله تخصیص؛ مدل برنامه‌ریزی تصادفی.

* نویسنده مسئول مقاله: E- mail: znajiazimi@um.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

1- 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 [1] . تأمین خون سالم و کافی موردنیاز بیمارستان‌ها و مدیریت آن در شرایط عادی و بحرانی چالشی است که سیستم سلامت دولت‌ها همیشه با آن مواجه هستند. نیاز به اهداکنندگان خون و فرآورده‌های آن همیشه وجود دارد؛ درحالی‌که عرضه آن از سوی اهداکنندگان تا حدودی نامنظم و تقاضا برای فرآورده‌های خونی اغلب تصادفی است [2]. تأمین‌کنندگان خون، اهداکنندگانی هستند که به‌طور داوطلب با مراجعه به یکی از پایگاه‌های اهدای خون، اقدام به خون‌دهی می‌کنند. واحدهای خونی به دلیل فسادپذیری‌شان به بانک خون منتقل شده و در آن‌جا پس از انجام آزمایش‌های لازم به‌طور موقتی نگهداری و سپس برحسب نیاز به دست مصرف‌کنندگان (بیمارستان‌ها و مراکز بهداشتی-درمانی) می‌رسند. یک واحد خون می‌تواند به پنج فرآورده خونی تقسیم شود: سلول‌های قرمز خون، پلاسما، سلول‌های سفید خون، سرم و پلاکت‌ها. همه اجزای خون به‌جز پلاسمای خون خاصیت فاسدشدنی دارند. بانک‌های خون با مشکلات مختلفی روبرو هستند. دو نمونه از این مشکلات مسئله کمبود و اتلاف خون و فرآورده‌های آن است. منظور از هزینه‌های کمبود همان هزینه‌های تهیه یا خرید واحد خونی است که در زمان لازم فراهم نیست و کمبود آن باعث افزایش نرخ مرگ‌ومیر می‌شود. از طرف دیگر، زمانی که یک واحد خونی آماده‌شده مورداستفاده قرار نمی‌گیرد، فاسد و منقضی شده و دور انداخته می‌شود و موجب ایجاد هزینه‌های اتلاف می‌شود؛ بنابراین، تطبیق عرضه و تقاضا به شیوه‌ای کارآمد درباره این محصول کار چندان ساده‌ای نیست.

مسئله‌ی اصلی این پژوهش تخصیص بهینه فرآورده‌های خونی (پلاکت و گلبول قرمز خون) از سازمان انتقال خون به بیمارستان‌ها و واحدهای درمانی است. در مدل ارائه‌شده در این مقاله سعی می‌شود تا میزان کمبود و اتلاف فرآورده‌های خونی به حداقل ممکن برسد. از طرفی، تقاضای بیمارستان‌ها و مراکز بهداشتی درمانی نیز به‌صورت تصادفی در نظر گرفته شده است. با توجه به بررسی مطالعات انجام‌شده

www.SID.ir

Archive of SID

در حوزه خون و فرآورده‌های آن، مدل حاضر با محدودیت‌ها و تابع هدفی که در ادامه می‌آید، برای اولین‌بار است که در حالت تصادفی ارائه می‌شود.

2- پیشینه پژوهش

مسئله تخصیص یکی از مسائل پایه‌ای در پژوهش عملیاتی است که از زمان ارائه آن تاکنون در کاربردهای مختلف ازجمله تخصیص خون و فرآورده‌های خونی گسترش یافته است. در پژوهشی که توسط کوستاس [3] در سال 1984 در زمینه تخصیص خون به بیمارستان‌ها در کشور انگلیس انجام شده است، از یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح برای تخصیص خون به بیمارستان‌ها با هدف کاهش خون منقضی شده استفاده شده است. ازجمله محدودیت‌های مدل، برابر بودن تعداد واحد خونی ارسال شده به بیمارستان‌ها با مقدار تقاضای آن‌ها است. همچنین واحدهای خونی ارسال‌شده به بیمارستان‌ها از موجودی بانک خون تأمین می‌شود و روش آن‌ها برای تأمین خون بیمارستان‌ها FIFO بوده است.

آنجلیس[1] و همکاران [4] در سال 2001 یک مدل برنامه‌ریزی خطی چندهدفه، چندمحصوله و چنددوره‌ای را برای مدیریت بهتر سیستم اهدا-انتقال خون در کشور ایتالیا ارائه داده‌اند. هدف این پژوهش کمینه‌سازی مقدار خون وارداتی از خارج سیستم است. برخی محدودیت‌هایی که ایشان در این پژوهش در نظر گرفتند شامل محدودیت میزان تخصیص گلبول‌قرمزخون در هر روز، میزان موجودی گلبول قرمز در داخل سیستم و میزان خون وارداتی از خارج سیستم است.

تته[2] [5] در سال 2008 پژوهشی در زمینه تخصیص بهینه پلاکت با هدف به حداکثررساندن منافع با در نظر گرفتن منافع اجتماعی منهای هزینه نگهداری و هزینه موارد منقضی شده انجام داده است. ازجمله محدودیت‌های به کار رفته در مدل، محدودیت ارسال فرآورده خونی به روش FIFO و محدودیت موجودی است. در این پژوهش جهت حل مدل، از یک روش ابتکاری و یک مدل برنامه‌ریزی خطی با روش افق‌گردشی[3]، استفاده شده است.

---

1. Angelis
2. Tetteh
3. Rolling horizon method

www.SID.ir

Archive of SID

یوو جون[1] [6] در سال 2012 پژوهشی در زمینه زمان‌بندی، مکان‌یابی و تخصیص خون در سیستم‌های تأمین خون اضطراری (مانند شرایط بعد از زلزله) انجام داده و یک مدل پویای چندمرحله‌ای با هدف به حداقل رساندن هزینه‌های عملیاتی مطرح کرده‌اند. در این پژوهش، بیان شده که حوادث غیرمترقبه‌ای مثل زلزله در زندگی انسان وجود دارد که موجب افزایش ناگهانی تقاضای خون می‌شود و در آن زمان، تأمین خون سالم و کافی یک چالش بزرگ است. آن‌ها چند دوره زمانی را در مدل در نظر گرفته و مسئله مورد نظر خود را در یک مطالعه موردی در پکن مورد بررسی قرار دادند.

ادوومی[2] و همکاران [7] در سال 2012 پژوهشی در زمینه بهینه‌سازی تخصیص خون در سیستم بانک خون آفریقای جنوبی انجام داده‌اند. آن‌ها در پژوهش خود یک مدل ریاضی به‌منظور حداقل‌سازی مقدار واحد خون وارد شده از خارج سیستم ارائه کرده‌اند. در این مقاله، الگوریتم‌های متعددی شامل الگوریتم‌ژنتیک (GA)[3]، الگوریتم ژنتیک تطبیقی (AGA)[4]، الگوریتم ژنتیک بازسازی شبیه‌سازی شده (SAGA)[5]، الگوریتم ژنتیک بازسازی شبیه‌سازی شده تطبیقی (ASAGA)[6] و الگوریتم بالارفتن از تپه (HC)[7] برای حل مسئله ارائه شده و در نهایت، الگوریتمHC بهترین نتایج را حاصل کرده است.

در مطالعه دیگری که توسط کوین[8] و همکاران [8] در سال2013 در زمینه تخصیص فرآورده‌های خونی با هدف کاهش ضایعات خون و تأمین نیازهای بیمار انجام شده است، محققان مسئله تخصیص خون را با استفاده از مسئله کوله‌پشتی‌های چندگانه[9] مدل‌سازی کرده‌اند. آن‌ها از دو روش برنامه‌ریزی پویا و الگوریتم GRASP برای حل مدل استفاده کرده‌اند. محدودیت‌های مدل مورد مطالعه شامل محدودبودن ظرفیت‌مرکزخون، محدودیت‌های مرتبط با استفاده از روش FIFO در ارائه خون، محدودیت طول عمر فرآورده‌های خونی و محدودیت زمان انتظار برای دریافت

1. Yue & Jun
2. Adewumi
3. Genetic Algorithm
4. Adaptive Genetic Algorithm
5. Simulated Annealing Genetic Algorithm
6. Adaptive Simulated Annealing Genetic Algorithm
7. Hill Climbing
8. Kevin
9. *Multiple* Knapsack Problem

www.SID.ir

Archive of SID

واحدهای خونی است. نتایج به‌دست‌آمده در این مدل، نشانگر کارایی بیشتر الگوریتم GRASP نسبت به برنامه‌ریزی پویا بوده است.

میکیل[1] و همکاران [9] در سال 2014 در مطالعه‌ای با موضوع تخصیص خون در سیستم بانک خون از نظریه صف[2] و مسئله کوله‌پشتی به‌منظور کمینه‌سازی واردات خون و فرآورده‌های خونی و حداقل‌کردن میزان اتلاف خون استفاده کرده‌اند. محدودیت‌های مدل ارائه شده بدین صورت است که حجم خون تخصیص داده‌شده در روز نباید از حجم کل خون در دسترس بیشتر باشد. همچنین هر واحد خونی نباید بیشتر از 30 روز نگهداری شود زیرا منقضی شده و باید سوزانده شود. در این پژوهش، از شبیه‌سازی براساس داده‌های تصادفی برای حل مسئله استفاده شده است و نتایج نشان دهنده کاهش فراوان واردات انواع خون و حداقل شدن ضایعات خونی بوده است.

میکیل و همکاران [10] در سال 2015 در پژوهشی با موضوع بهینه‌سازی مسئله تخصیص خون، به‌منظور حداقل‌کردن خون وارداتی از خارج سیستم، مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی را مورد استفاده قرار داده‌اند. همچنین ایشان برای حل مدل، روش‌های فراابتکاری را به کار برده‌اند. محدودیت در نظر گرفته شده در این مدل برابربودن مقدار کل واحدهای خونی عرضه‌شده با مقدار به‌دست‌آمده از داخل و خارج سیستم است. محققان مسئله را به‌صورت یک مسئله کوله‌پشتی مدل‌سازی کرده و با دو الگوریتم فراابتکاری جستجوی ممنوع[3] (TS) و الگوریتم شبیه‌سازی تبریدی[4] (SA) به حل مسئله پرداخته‌اند. همچنین در ادامه یک الگوریتم ترکیبی از الگوریتم‌های جستجوی ممنوع و شبیه‌سازی تبریدی ایجاد کرده‌اند که نتایج بهتری را نسبت به نتایج اجرای جداگانه الگوریتم‌ها ارائه داده است.

به غیر از بحث تخصیص‌خون و فرآورده‌های آن، در زمینه زنجیره تأمین خون هم پژوهش‌هایی انجام شده است؛ ازجمله مطالعاتی که توسط کاتسالیاکی و برایسفورد[5] [11]، قندفروش و سن [12]، بلیین و فورس[1] [1]، ناگورنی و همکاران

1. Micheal
2. Queueing theory
3. Tabu Search Algorithm
4. Simulated Annealing
5. Katsaliaki& Brailsford

www.SID.ir

Archive of SID

[13]، فیلهو و همکاران[2] [14]، جبارزاده و همکاران [15]، ونانیا و همکاران[3] [16]، زهیری و همکاران [17]، گان‌پینار[4] و همکاران [18]، حیدری و همکاران [19] و اسکندری و همکاران [20] انجام شده است، اما از آنجا که هدف این مقاله انجام تخصیص بهینه است، از مرور این مقالات در اینجا خودداری می‌شود.

در پژوهش‌های داخلی، چندان در زمینه تخصیص خون و فرآورده‌های آن کار نشده است. بنابراین در اینجا تنها به چند مورد از پژوهش‌هایی که در زمینه مسئله تخصیص و تخصیص تصادفی در داخل صورت گرفته است، اشاره می‌شود.

عراقی و عشقی [21] در سال 1387 در پژوهشی مسئله تخصیص تصادفی را برای حالتی که هزینه‌ی تخصیص فعالیت‌ها به افراد برابر با صفراست و نیز برای کمینه‌سازی تابع هدفی که بر اساس دو معیار تأخیر در انجام فعالیت‌ها و فعالیت‌های نیمه‌تمام تعریف می‌شود، موردبررسی قرار داده‌اند. در این مسئله فرض شده است که افراد به‌صورت تصادفی و با توزیع احتمال مشخص وارد سیستم شده و میزان حضور آن‌ها در سیستم نیز مقداری احتمالی است که از یک تابع توزیع نرمال با میانگین و واریانس مشخص به دست می‌آید. مهارت افراد نیز به‌صورت تصادفی تعیین شده است. در این پژوهش برای حل مسئله تخصیص تصادفی، از الگوریتم مجموعه مورچگان و برای محاسبه میزان تابع هدف، به ازای جواب‌های تولیدشده توسط مورچگان مختلف، از شبیه‌سازی استفاده شده است و در نهایت، برای چند مسئله فرضی همگرایی مدل نشان داده شده است.

قربانی پور و همکاران [22] در سال 1394 با موضوع حل مسئله گسترش‌یافته تخصیص کارکنان در شرایط عدم قطعیت مسئله تخصیص خدمت‌یاران بخش پیداشدگان به دفاتر این بخش در حرم مطهر رضوی را موردبررسی قرار داده‌اند. در این پژوهش تعداد متقاضیان خدمت، تصادفی و دارای توزیع مشخصی است که بر اساس الگوی حضور متقاضیان خدمت در گذشته معلوم شده است؛ بنابراین، مسئله به‌صورت مسئله تخصیص کارکنان در حالت تصادفی فرموله شده است. در نهایت،

1. Belien & Force
2. Filho, Carvalho,Salviano
3. Vananya, Maryania, Amaliahb, Rinaldy, Muhammad
4. Gunpinar

www.SID.ir

Archive of SID

مدل حاصل با به‌کارگیری روش تلفیقی تحلیل سلسله مراتبی و مجموع ساده وزنی برای محاسبه پارامترهای مدل از طریق شبیه‌سازی مونت کارلو حل شده است.

آذر و همکاران [23] در سال 1392 در پژوهشی به ارائه یک مدل استوار فازی برای تخصیص بودجه به برنامه‌ها و تخصیص بودجه به دانشکده‌ها بر اساس سرانه دانشجویی پرداختند. در این پژوهش به دلیل عدم قطعیت‌های تصادفی و فازی موجود در تعیین پارامترهای مسئله، دو سناریو مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج ارائه شده در دو سطح کلان و عملیاتی نشان از قابلیت بسیار بالای مدل استوار فازی نسبت به مدل قطعی در پاسخگویی به عدم قطعیت موجود در پارامترهای مسئله و همچنین مدیریت سطح ریسک تصمیم دارد.

پور خطیر و همکاران [24] در سال 1396 در پژوهشی با در نظر گرفتن سیاست‌های کلی دانشگاه علوم پزشکی تهران از مدل‌های ریاضی در تخصیص بودجه به بیمارستان‌های زیرمجموعه، استفاده کرده و سپس با هدف پاسخگویی بهتر در مواجهه با شرایط نامطمئن، مدل را با بهره‌گیری از مباحث فازی و استواری، ایجاد کرده‌اند. همچنین برای تحلیل دقیق‌تر قابلیت‌های مدل استوار از شبیه‌سازی مونت‌کارلو استفاده شده است.

اسدی و همکاران [25] در سال 1397 به ارائه یک مدل مکانیابی-تخصیص تسهیلات بحران با هدف کاهش هزینه در شرایط عدم قطعیت پرداخته‌اند. این مدل با در نظر گرفتن تقاضای پویا تا 72 ساعت پس از آغاز بحران، انبارهای تأسیس‌شده را به نقاط آسیب طبق سناریوهای مختلف تخصیص می‌دهد. در این پژوهش یک مدل مکان‌یابی لجستیک تک‌هدفه برای مکان انبارهای امداد مطمئن و نامطمئن و انبارهای پشتیبان ارائه شده است. مدل پیشنهادی بر روی مطالعه موردی زلزله در شهر تهران پیاده‌سازی شده است. سپس مسئله برای تعداد مختلف تسهیلات اجراشده و تحلیل حساسیت و اعتبارسنجی صورت گرفته است. نتایج نشان می‌دهد مکان‌یابی انبارهای توزیع امداد و تخصیص مناطق براساس مدل پیشنهادی می‌تواند باعث بهبود امدادرسانی شده و به مدیران جهت مقابله با بحران کمک نماید.

جدول زیر تفاوت بین پژوهش‌هایی که تاکنون در زمینه تخصیص خون و فرآورده‌های آن انجام شده و پژوهش حاضر را نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 1 مقایسه پژوهش‌های انجام شده در زمینه تخصیص خون و فرآورده‌های آن با پژوهش حاضر

منبع	محدودیت‌ها						تابع هدف					نوع تقاضا	روش حل
	امکان تهیه خون از خارج سازمان	استفاده از روش FIFO در ارسال خون	محدود بودن طول عمر فرآورده‌های خونی	تخصیص برابر با تقاضا	تخصیص بزرگ‌تر مساوی تقاضا	محدود بودن ظرفیت مرکز خون	کمینه‌سازی میزان خون وارداتی	کمینه‌سازی میزان اتلاف خون	کمینه‌سازی میزان کمبود خون	کمینه‌سازی هزینه‌های عملیاتی	حداکثر کردن منافع کلی (از طریق منافع اجتماعی)		
costos [3]	✓							✓				قطعی	برنامه‌ریزی ریاضی
Angelis & Storchi [4]	✓			✓				✓				قطعی	برنامه‌ریزی چندهدفه
Tetteh [5]		✓	✓					✓			✓	قطعی	روش ابتکاری
Yue & Jun [6]				✓		✓				✓		قطعی	روش ابتکاری
Adewumi, Budlender & Olusanya [7]	✓						✓	✓				قطعی	الگوریتم ژنتیک
Kevin,Micheal & Aderemi [8]		✓	✓					✓				قطعی	الگوریتم گرسپ
Micheal,Olusany & Aderemi [9]	✓		✓			✓	✓	✓				قطعی	مدل صف و الگوریتم کوله‌پشتی
Micheal,Olusanya & Aderemi [10]	✓					✓	✓					قطعی	الگوریتم شبیه‌سازی تبریدی و الگوریتم جستجوی ممنوع
پژوهش حاضر	✓	✓*	✓*		✓		✓*	✓	✓			تصادفی	برنامه‌ریزی تصادفی

www.SID.ir

Archive of SID

مرور پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که هیچ‌یک از مدل‌ها، شرایط در نظر گرفته در پژوهش حاضر را به‌طور یکجا در نظر نگرفته‌اند. به‌عبارت‌دیگر، در هریک از این مقالات تنها بعضی از این محدودیت‌ها یا اهداف پژوهش وجود دارد یا در شرایط دیگر مورد استفاده قرار گرفته‌اند. بنابراین، مدل حاضر با محدودیت‌ها و تابع هدفی که در ادامه می‌آید، برای اولین بار است که در حالت تصادفی ارائه می‌شود.

3- مدل‌سازی ریاضی

فرض می‌شود در مسئله این پژوهش یک سازمان انتقال خون وجود دارد که به n بیمارستان در قالب واحد کامل خون و فرآورده‌های تفکیک‌شده خونی بر اساس تقاضای آن‌ها و به‌صورت روزانه خون تخصیص می‌دهد. از طرفی، سازمان‌انتقال‌خون در هر روز مقداری خون به‌صورت رایگان توسط اهداکنندگان خون دریافت می‌کند و درصورتی‌که برای تخصیص خون به بیمارستان‌ها به خون بیشتری نیاز باشد، مقدار مورد نیاز را از خارج سازمان انتقال خون به‌طوررایگان دریافت می‌کند، اما هزینه حمل‌ونقل وجود دارد. خون اهدایی به 2 روز وقت برای انجام آزمون و تفکیک فرآورده‌های خونی نیاز دارد ودر نتیجه، تازه‌ترین فرآورده‌خونی دارای طول عمر 3 روز است. فرض کنیم k نوع فرآورده‌خونی وجود دارد که از این به بعد خون کامل را هم برای یکسان شدن عبارات، فرآورده خونی نوع صفر در نظر می‌گیریم.

میزان تقاضای بیمارستان‌ها از هر نوع فرآورده خونی در ابتدای هر روز به صورت تقریبی از طرف بیمارستان‌ها به سازمان انتقال خون اعلام می‌شود و بیمارستان‌ها درصورتی‌که در طول روز به‌طور پیش‌بینی نشده‌ای با کمبود خون مواجه شوند، این کمبود را به سازمان انتقال خون اعلام می‌کنند و سازمان انتقال خون موظف است که این کمبود بیمارستان‌ها را جبران کند؛ بنابراین، فرض می‌کنیم درصورتی‌که مقدار تقاضای درخواستی بیمارستان‌ها در ابتدای صبح از موجودی سازمان انتقال خون بیشتر باشد، سازمان میزان کمبود را با سفارش خون به خارج از سازمان در جهت برآورده سازی تقاضا جبران می‌کند. اما درصورتی‌که این کمبود در طول روز اتفاق بیفتد، سازمان میزان کمبود بیمارستان را به مراکز خون خارج از

www.SID.ir

Archive of SID

سازمان اعلام کرده و آن پایگاه‌ها میزان خون یا فرآورده خونی لازم را به بیمارستان مربوطه ارسال می‌کنند. لذا، این نوع کمبود مستقیماً وارد مدل مسئله نمی‌شود، اما ازآنجا که انتقال خون مجدد مدت‌زمانی را به خود اختصاص می‌دهد و جان بیمار را با خطر روبرو می‌سازد، بنابراین هزینه‌کمبودخون هزینه بالایی است. از طرفی، میزان خون مازاد تخصیص‌یافته به بیمارستان‌ها در بانک خون بیمارستان‌ها انبار می‌شود و پس از منقضی شدن و عدم استفاده به سازمان انتقال خون بازگشت داده می‌شود و سازمان آن‌ها را از رده خارج می‌کند و هزینه اتلاف برای سازمان به بار می‌آورد. ازاین‌رو، سازمان می‌تواند با کاهش خون مازاد تخصیص‌یافته به‌صورت روزانه به بیمارستان‌ها از تجمع فرآورده‌های خونی در بانک خون آن‌ها کاسته و میزان اتلاف را به حداقل برساند. در نتیجه، هدف مسئله کمینه‌کردن هزینه‌های تهیه، کمبود و اتلاف فرآورده‌های‌خونی است؛ به‌طوری‌که محدودیت‌های مسئله نیز رعایت شوند. برای تعریف دقیق‌تر مسئله موردبررسی، مفروضات زیر تعریف می‌شوند:

3-1- فرض‌های مسئله پژوهش

1- در انتهای روز، حجم خون اهدایی برای سازمان انتقال خون مشخص است.

2- در انتهای روز، میزان کمبود فرآورده‌های خونی بیمارستان‌ها بر اساس میزان سفارش ناگهانی آن‌ها به سازمان، مشخص است.

3- در انتهای روز میزان مازاد فرآورده‌های خونی بیمارستان‌ها بر اساس ثبت میزان واقعی مصرف آن‌ها و گزارش آن به سازمان مشخص است.

4- خون برای آزمون و تفکیک به اجزای خونی به 2 روز آزمایش نیاز دارد؛ در نتیجه، انواع فرآورده‌های خونی دارای طول عمری از 3 روز تا یک مقدار حداکثرهستند.

5- خون تهیه‌شده از خارج سازمان انتقال خون آماده و آزمون شده است.

3-2- پارامترهای مدل

در جدول زیر پارامترهای به‌کاررفته در مدل آورده شده است:

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 2 پارامترهای مدل

پارامترها	نماد	زیروند (اندیس) مرتبط با مجموعه
مجموعه فرآورده‌های خونی	J	$j\epsilon J = \{1,2,\dots,k\}$
تعداد فرآورده‌های خونی	k	
حداکثر طول عمر فرآورده خونی نوع j ام	Lj	
طول عمر فرآورده‌های خونی نوع j ام	l_j	
مجموعه بیمارستان‌ها	I	$i\epsilon I = \{0,1,\dots,n\}$
تعداد کل بیمارستان‌ها	n	
هزینه انتقال هر واحد خونی	C	
هزینه کمبود هر واحد فرآورده خونی نوع j ام	sh_j	
هزینه اتلاف هر واحد فرآورده خونی نوع j ام	w_j	
تقاضای تقریبی بیمارستان i ام از فرآورده خونی j ام در ابتدای روز	d_{ij}	
تقاضای واقعی بیمارستان i ام از فرآورده خونی j ام در انتهای روز	d_{ij}^{s}	
میزان موجودی فرآورده خونی نوع j ام با طول عمر l روز در بانک خون سازمان انتقال خون	β_{lj}	
مجموع سناریوها	S	$s \epsilon S = \{1,\dots,\varepsilon\}$
تعداد سناریوها	ε	
احتمال رخداد هر سناریو	p^s	

3-3- متغیرهای مدل

ازآنجاکه میزان تقاضای خون و فرآورده‌های آن یک پارامتر تصادفی است و بسته به شرایط و تعداد بیماران و... می‌تواند متفاوت باشد، بنابراین در واقعیت با یک برنامه‌ریزی تصادفی سروکار داریم؛ لذا در این مسئله، از مدل برنامه‌ریزی تصادفی دومرحله‌ای برای فرمول‌بندی مسئله استفاده می‌کنیم. برای مدل‌سازی مسئله در این حالت، فرض می‌کنیم مجموعه S شامل سناریوهای مختلف برای میزان تقاضای بیمارستان‌ها از فرآورده‌های خونی باشد و $s \in S$ نشان دهنده یک سناریو و p^s احتمال مربوط به سناریوی s ام باشد. در این صورت، متغیرهای تصمیم مرحله‌ی اول و دوم به شرح زیر هستند:

متغیرهای تصمیم مرحله‌ی اول:

x_j: میزان فرآورده خونی نوع j ام که توسط سازمان انتقال خون به خارج از سازمان سفارش داده می‌شود؛

www.SID.ir

Archive of SID

y_{ijl}: حجم فرآورده خونی نوع j ام با طول عمر l روز که از سازمان انتقال خون به بیمارستان i ام تخصیص می‌یابد؛

متغیرهای تصمیم مرحله دوم:

z_{ij}^{s}: میزان کمبود کل فرآورده خونی نوع j ام در انتهای روز در بیمارستان i ام در سناریوی s ام؛

r_{ij}^{s}: میزان مازاد کل فرآورده خونی نوع j ام در انتهای روز در بیمارستان i ام در سناریوی s ام.

3-4- مدل ریاضی

$$Min\sum_{s\epsilon S} p^{s} \left(\sum_{j\epsilon J} cx_j + \sum_{i\epsilon I}\sum_{j\epsilon J} sh_j z_{ij}^{s} + \sum_{i\epsilon I}\sum_{j\epsilon J} w_j r_{ij}^{s}\right)$$

$$x_j + \sum_{l=3}^{Lj} \beta_{jl} \geq \sum_{i\epsilon I} d_{ij} \qquad \forall j\epsilon J \qquad (1)$$

$$\sum_{l=3}^{Lj} y_{ijl} \geq d_{ij} \qquad \forall i\epsilon I\ ,\forall j\epsilon J \qquad (2)$$

$$y_{ijl} \geq y_{ij(l-1)} \qquad \forall i\epsilon I\ ,\forall j\epsilon J, \forall l\epsilon\{4,\dots,L_j\} \qquad (3)$$

$$\sum_{l=3}^{Lj} y_{ijl} + z_{ij}^{s} - r_{ij}^{s} = d_{ij}^{\prime s} \qquad \forall i\epsilon I\ ,\forall j\epsilon J, \forall s\epsilon S \qquad (4)$$

$$\sum_{i=1}^{n} y_{ijl} \leq x_j + \beta_{jl} \qquad \forall j\epsilon J, l = 3 \qquad (5)$$

$$\sum_{i=1}^{n} y_{ijl} \leq \beta_{jl} \qquad \forall j\epsilon J, \forall l\epsilon\{4,\dots,L_j\} \qquad (6)$$

www.SID.ir

Archive of SID

$$x_j \geq 0 \ \& \ int \qquad \forall j \epsilon J \qquad (7)$$

$$y_{ijl} \geq 0 \ \& \ int \qquad \forall i \epsilon I \ , \forall j \epsilon J, \forall l = 3, \dots , L_j \qquad (8)$$

$$z_{ij}^{s} \geq 0 \ \& \ int \qquad \forall i \epsilon I, \forall j \epsilon J, \forall s \epsilon S \qquad (9)$$

$$r_{ij}^{s} \geq 0 \ \& \ int \qquad \forall i \epsilon I, \forall j \epsilon J, \forall s \epsilon S \qquad (10)$$

تابع هدف مدل کمینه‌کردن هزینه کل تهیه و کمبود و اتلاف انواع فرآورده‌های‌خونی در سازمان انتقال خون است. محدودیت اول بیان‌کننده این است که مجموع میزان فرآورده خونی نوع jام دریافتی از خارج سازمان و میزان موجودی فرآورده خونی نوع jام در سازمان انتقال خون باید بزرگتر مساوی مجموع تقاضای تقریبی بیمارستان‌ها باشد. محدودیت دوم بیان‌کننده این است که میزان کل فرآورده‌خونی تخصیص‌یافته نوع jام به بیمارستان iام در ابتدای روز باید از نیاز تقریبی آن بیمارستان به این فرآورده بزرگ‌تر یا مساوی آن باشد. محدودیت سوم بیان کننده تخصیص خون به بیمارستان‌ها به‌صورت FIFO است. محدودیت چهارم میزان کمبود و اتلاف‌خون را در هر سناریو در قالب یک محدودیت آرمانی که میزان تخصیص خون را برابر با تقاضای بیمارستان قرار می‌دهد، محاسبه می‌کند. محدودیت پنجم بیان کننده آن است که به ازای هر فرآورده تازه (با طول عمر 3 روز)، میزان خون تخصیص داده‌شده به بیمارستان‌ها باید کمتر یا مساوی مقدار سفارش داده‌شده به خارج سازمان و مقدار موجودی آن باشد. محدودیت ششم بیان‌کننده محدودیت موجودی (برای فرآورده‌های با طول عمر بالاتر که فقط از داخل سازمان تأمین می‌شوند) است. محدودیت هفتم تا دهم نیز تعریف متغیرها را نشان می‌دهند.

www.SID.ir

Archive of SID

این مطالعه بـه لحـاظ هـدف، در قالـب پـژوهش‌هـای کـاربردی و بـه لحـاظ روش پژوهش، در زمره پژوهش‌های کمی است. تیم خبرگان این پژوهش را 7 نفر از مدیران و مسئولان سازمان انتقال خـون و بانـک خـون بیمارسـتان‌هـای اسـتان یـزد تشـکیل داده‌اند که دربیان محدودیت‌ها و اهداف و پارامترهای مدل از نظـرات ایشـان اسـتفاده شده است.

4- نتایج محاسباتی

در اینجا ابتدا به معرفی یک مسئله واقعی پرداخته می‌شود و سپس نتایج به‌دست‌آمـده از حل مدل بر اساس این داده‌ها ارائه خواهند شد.

4-1- داده‌های یک مسئله واقعی

اجرای مدل بر روی سـازمان انتقـال خـون شـهر یـزد انجـام شـده و 19 بیمارسـتان موجود در آن در نظر گرفته شـده‌انـد. در ایـن مقالـه بـرای اجـرای مـدل بـر روی دو فرآورده‌خونی پلاکت و گلبول قرمز خون به دلیل ویژگی فسادپذیری و تقاضای زیـاد آن‌ها تمرکز شده و مدل مسـئله بـه‌وسـیله نـرم‌افـزار ILOGCPLEX 12.6.1 در محـیط نرم‌افزاری Microsoft Visual Studio اجرا و حل شده است.

به‌منظور بررسی کارایی مدل تصادفی دومرحله‌ای طراحـی‌شـده، بـرای هریـک از فرآورده‌های پلاکت و گلبول قرمز خون ده سناریو مختلـف از میـزان تقاضـا در نظـر گرفته و در نهایت، مدل تصادفی حل شد. گفتنی است سناریوهای در نظر گرفته شـده در مدل تخصیص، بـا توجـه بـه اطلاعـات دریافت‌شـده از تقاضـای بیمارسـتان‌هـای موردمطالعه از سازمان انتقال خون است؛ این اطلاعات مربوط به دو ماه آن سـازمان است. در این پژوهش با در نظر گرفتن کمترین، متوسط و بیشترین مقدار نیـاز از هـر فرآورده خونی در هر بیمارستان، ترکیبـات مختلفـی از آن‌هـا بـه‌عنـوان سـناریوهای مختلف می‌بایست در نظر گرفته شود. اگر هر یک از دو فرآورده پلاکت و گلبول قرمز تنها یکی از سه حالت کم، متوسط یا زیاد را به خود بگیرد (صرف‌نظر از اعـدادی کـه در خود این بازه‌ها می‌تواند داشته باشد) با توجه به تعداد بیمارسـتان‌هـا کـه 19 عـدد هستند، تعداد سناریوها برابر 338 حالت است کـه در اینجـا بـا توجـه بـه تعـداد زیـاد آن‌ها، به‌عنوان نمونه 10 سناریو به‌صورت تصادفی در نظر گرفته شده اسـت. جـدول

www.SID.ir

Archive of SID

3 و 4 نشـان دهنـده سـناریوها و میـزان تقاضـای موردبررسـی بـرای هریـک از فرآورده‌های پلاکت و گلبول قرمزخون در هر بیمارستان است.

جدول 3 میزان تقاضاهای مختلف از فرآورده پلاکت در سناریوهای مختلف

بیمارستان	سناریو 1	سناریو 2	سناریو 3	سناریو 4	سناریو 5	سناریو 6	سناریو 7	سناریو 8	سناریو 9	سناریو 10
1	1	5	0	7	1	1	3	5	0	1
2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
3	1	0	0	0	3	0	4	0	0	1
4	3	4	5	4	10	5	15	2	0	5
5	3	0	0	0	4	7	5	2	7	0
6	2	5	4	0	0	3	0	0	3	2
7	5	2	0	4	2	2	0	4	2	0
8	0	5	0	10	8	10	0	0	5	0
9	0	0	2	0	3	0	3	0	0	4
10	1	0	0	5	2	2	10	5	6	6
11	1	2	0	5	0	2	0	5	2	6
12	5	1	0	5	1	2	1	20	2	1
13	0	0	10	3	10	0	0	0	0	3
14	4	1	0	3	0	0	5	0	5	1
15	2	5	5	0	0	2	0	0	2	0
16	0	2	5	0	0	0	5	0	0	0
17	0	2	1	2	4	0	4	5	0	2
18	10	2	0	4	0	3	2	4	3	0
19	2	0	0	0	0	0	10	2	0	1

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 4 میزان تقاضاهای مختلف از فرآورده گلبول قرمز در سناریوهای مختلف

بیمارستان	سناریو 1	سناریو 2	سناریو 3	سناریو 4	سناریو 5	سناریو 6	سناریو 7	سناریو 8	سناریو 9	سناریو 10
1	5	0	2	2	3	0	0	3	0	5
2	3	3	10	4	3	3	2	3	3	10
3	0	5	7	5	3	4	4	3	10	0
4	4	10	5	4	10	4	5	10	4	0
5	15	0	4	0	5	4	10	5	15	4
6	2	0	5	10	6	12	9	6	2	5
7	10	2	5	0	8	1	2	8	10	15
8	4	2	5	2	5	5	2	5	4	5
9	0	0	2	0	6	1	0	6	0	2
10	0	5	0	4	7	2	2	7	0	5
11	1	2	0	0	6	1	2	6	1	0
12	5	0	3	2	3	15	5	3	0	5
13	1	1	0	0	4	1	2	4	5	5
14	5	5	3	2	10	10	10	10	7	0
15	10	0	10	5	5	4	0	5	0	10
16	0	0	4	20	3	0	3	3	0	4
17	0	20	0	6	5	0	7	5	5	15
18	4	0	0	4	3	0	0	3	4	0
19	1	8	3	4	3	0	0	0	5	3

در این روش برای سادگی، احتمال وقوع هر سناریو بنا بـر تعـداد سـناریوهای در نظر گرفته شده، به اندازه یک دهم منظور شد.

www.SID.ir

Archive of SID

5- اعتبار سنجی و تحلیل حساسیت

در این قسمت، در ابتدا اعتبارسنجی مدل، سپس تحلیل حساسیت پارامترها و همچنین تحلیل حساسیت احتمال سناریوها بررسی شده است.

5-1- اعتبارسنجی مدل

برای اعتبارسنجی مدل، مدل تصادفی با حالتی که میانگین داده‌ها به‌عنوان تخمینی از آن‌ها به‌صورت قطعی وارد مدل شود، مورد مقایسه قرار گرفته و نتایج در جدول زیر آورده شده است:

جدول 5 نتایج اعتبارسنجی مدل

	میزان کل کمبود	میزان کل مازاد	میزان کل سفارش خون از خارج سازمان	میزان تابع هدف	
				مقدار تابع هدف	درصد تغییرات
حالت قطعی	135	10822	32	6758700	+%20
جواب فعلی	117	10964	32	5632250	

همان‌طور که ملاحظه می‌کنید مقدار تابع هدف در حالت قطعی نسبت به مقدار تابع هدف در حالت تصادفی 20% افزایش یافته است. از طرفی اگر برای مقایسه پذیری بیشتر، تابع هدف مشترکی را مدنظر قرار دهیم یا به عبارتی جواب مدل در حالت قطعی را در نظر گرفته و جواب متغیرهای آن را با در نظر گرفتن 10 سناریوی موجود در تابع هدف تصادفی قرار دهیم، آنگاه مقدار تابع هدف به‌دست‌آمده برابر7159200 خواهد بود که نسبت به مقدار تابع هدف مدل تصادفی 27% افزایش یافته است.

5-2- تحلیل حساسیت پارامترها

در جداول زیر به تحلیل حساسیت پارامترهای مدل پرداخته شده است:

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 6 تحلیل حساسیت پارامتر هزینه کمبود

میزان تابع هدف		میزان کل کمبود		ضریب جریمه کمبود	میزان کاهش یا افزایش در هزینه کمبود
درصد تغییرات	مقدار تابع هدف	درصد تغییرات	مقدار کل کمبود		
+0/23%	5645412	0	117	8625	+%15
+0/47%	5658575	0	117	9750	+%30
+0/70%	5671737	0	117	10875	+%45
+0/92%	5683800	-5/98%	110	12000	+%60
+0/99%	5688250	-5/98%	110	13125	+%75
+1/25%	5702700	-5/98%	110	14250	+%90
+0/24%	5618637	0	117	6375	-%15
-0/48%	5605025	+3/42%	120	5250	-%30
-0/73%	5590975	+7/69%	126	4125	-%45
-0/98%	5576800	+7/69%	126	3000	-%60
-1/24%	5562625	+7/69%	126	1875	-%75
-1/5%	5548050	+8/55%	127	750	-%90
5632250			117	7500	جواب فعلی

همان‌طور که در جدول 6 ملاحظه می‌شود هر چه ضریب هزینه کمبود افزایش می‌یابد، میزان متغیر کمبود رو به کاهش است و هر چه ضریب هزینه کمبود کاهش می‌یابد، بر میزان متغیر کمبود افزوده می‌شود. همچنین با افزایش و کاهش این ضریب، مقدار تابع هدف نیز افزایش و کاهش یافته است. همان‌طور که در جدول دیده می‌شود، حداکثر حساسیت متغیر کمبود به ضریب جریمه آن در تابع هدف برابر 8/55 درصد و حداکثر میزان تغییر تابع هدف برابر 1/5 درصد است. با توجه به پایین بودن این ارقام می‌توان گفت مدل حساسیت بالایی به تغییر در ضریب جریمه کمبود ندارد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 7 تحلیل حساسیت پارامتر هزینه اتلاف

میزان کاهش یا افزایش در هزینه اتلاف	ضریب جریمه اتلاف	میزان کل مازاد		میزان تابع هدف	
		مقدار کل مازاد	درصد تغییرات	مقدار تابع هدف	درصد تغییرات
+%15	5750	10880	-0/77%	5641150	+0/16%
+%30	6500	10880	-0/77%	5655025	+0/40%
+%45	7250	10880	-0/77%	5699291	+1/19%
+%60	8000	10905	-0/54%	5701150	+1/22%
+%75	8750	10822	-1/29%	5768307	+2/41%
+%90	9500	10827	+1/25%	5845938	+3/8%
-%15	4250	10967	+0/03%	5629540	-0/05%
-%30	3500	10991	+0/25%	5604950	-0/48%
-%45	2750	10925	-0/36%	5598731	-0/60%
-%60	2000	11045	+0/74%	5537900	-1/67%
-%75	1250	11045	+0/74%	5512290	-2/13%
-%90	500	11047	+0/76%	5392450	-4/26%
جواب فعلی	5000	10964		5632250	

با چشم‌پوشی از بعضی پراکندگی ها(نویزها)، همان‌طور که در جدول 7 ملاحظه می‌شود هر چه ضریب هزینه اتلاف افزایش می‌یابد، میزان متغیر مازاد رو به کاهش است و هر چه ضریب هزینه اتلاف کاهش می‌یابد، بر میزان متغیر مازاد افزوده می‌شود. همچنین با افزایش و کاهش این ضریب، مقدار تابع هدف نیز افزایش و کاهش یافته است. همان‌طور که در جدول دیده می‌شود، حداکثر حساسیت متغیر مازاد به ضریب جریمه آن در تابع هدف برابر 1/29 درصد و حداکثر میزان تغییر تابع هدف برابر 4/26 درصد است. با توجه به پایین بودن این ارقام می‌توان گفت مدل حساسیت چندانی به تغییر در ضریب جریمه مقدار مازاد ندارد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 8 تحلیل حساسیت پارامتر هزینه سفارش خون از خارج سازمان

میزان تابع هدف		میزان کل متغیر سفارش خون از خارج سازمان		ضریب جریمه سفارش	میزان کاهش یا افزایش در هزینه سفارش
درصد تغییرات	مقدار تابع هدف	درصد تغییرات	مقدار سفارش		
+0/05%	5635248	0	32	7187	+%15
+0/11%	5638250	0	32	8125	+%30
+0/16%	5641248	0	32	9062	+%45
+0/21%	5644250	0	32	10000	+%60
+0/27%	5647248	0	32	10937	+%75
+0/32%	5650250	0	32	11875	+%90
-0/05%	5629248	0	32	5312	-%15
-0/11%	5626250	0	32	4375	-%30
-0/16%	5623248	0	32	3437	-%45
-0/21%	5620250	0	32	2500	-%60
-0/27%	5617248	0	32	1562	-%75
-0/32%	5614250	0	32	625	-%90
5632250			32	6250	جواب فعلی

همان‌طور که در جدول 8 ملاحظه می‌شود، با اینکه ضریب هزینه سفارش افزایش یا کاهش یافته است، اما میزان متغیر مربوط به سفارش خون از خارج سازمان 32 است و تغییری نکرده است. علت عدم‌تغییر این متغیر آن است که متغیر سفارش خون از خارج سازمان، متغیری است که نیاز اعلام‌شده بیمارستان‌ها در ابتدای صبح را با توجه به میزان موجودی سازمان تأمین می‌کند. ازآنجاکه تأمین نیاز گزارش‌شده بیمارستان‌ها ضروری است و از طرفی، مسئله کمینه‌سازی است، بنابراین در جواب بهینه، همواره کمترین مقدار ممکن برای این متغیر تخصیص می‌یابد. اما واضح است که با افزایش و کاهش ضریب هزینه سفارش، مقدار تابع هدف نیز افزایش و کاهش یافته است. همان‌طور که در جدول دیده می‌شود، حداکثر میزان تغییر تابع هدف برابر 0/32 درصد است. با توجه به عدم‌تغییر متغیر سفارش خون از خارج از سازمان و همچنین پایین بودن میزان تغییر در تابع‌هدف می‌توان گفت مدل حساسیت چندانی به تغییر در ضریب جریمه مقدار سفارش ندارد.

www.SID.ir

Archive of SID

5-3- تحلیل حساسیت احتمال سناریوها

در اجرای مدل، احتمال برآورد هر سناریو یک دهم در نظر گرفته شده است، اما در اینجا به سبب تحلیل حساسیت این پارامتر، برای 5 مرتبه سناریوها را با احتمال‌های تصادفی (و با مجموع یک) اجرا کرده و مقادیر متغیرها و مقدار تابع هدف در جدول زیر گزارش شده‌اند. در ستون آخر جدول، احتمال سناریوها و جواب فعلی مدل آورده شده است.

جدول 9 تحلیل حساسیت احتمال سناریوها

	احتمال سناریوها در اجرای اول	احتمال سناریوها در اجرای دوم	احتمال سناریوها در اجرای سوم	احتمال سناریوها در اجرای چهارم	احتمال سناریوها در اجرای پنجم	اجرای فعلی
سناریو 1	0/3	0/08	0/1	0/1	0/6	0/1
سناریو 2	0/1	0/05	0/06	0/1	0/02	0/1
سناریو 3	0/04	0/06	0/2	0/02	0/03	0/1
سناریو 4	0/1	0/02	0/3	0/08	0/01	0/1
سناریو 5	0/05	0/1	0/04	0/2	0/05	0/1
سناریو 6	0/02	0/2	0/05	0/1	0/04	0/1
سناریو 7	0/2	0/05	0/1	0/02	0/03	0/1
سناریو 8	0/04	0/2	0/05	0/1	0/02	0/1
سناریو 9	0/05	0/2	0/05	0/08	0/1	0/1
سناریو 10	0/1	0/04	0/05	0/2	0/1	0/1
میزان کل کمبود	116	118	115	115	117	117
میزان کل مازاد	10302	11700	10310	10830	11900	10964
میزان کل سفارش	32	32	32	32	32	32
مقدار تابع هدف	5606905	5681814	5604089	5626054	5685814	5632250
درصد تغییرات	-0/45%	+0/88%	-0/50%	-0/11%	+0/59%	

www.SID.ir

Archive of SID

همان‌طور که در جدول ملاحظه می‌کنید، در بعضی از موارد مقدار متغیرهای کمبود و مازاد و تابع هدف افزایش ودر برخی موارد کاهش یافته است. اما مقدار متغیر سفارش از خارج از سازمان به دلیل اینکه متغیر مرحله اول است و وابسته به سناریوها نیست، ثابت باقی مانده است. به‌طور کل با توجه به جدول دیده می‌شود که تغییر تابع هدف در تمام حالات کمتر از یک درصد است که قابل چشم‌پوشی است و می‌توان گفت مدل به احتمال در نظر گرفته‌شده برای سناریوها حساسیت چندانی ندارد.

6- نتیجه‌گیری

در این پژوهش، مدل برنامه‌ریزی تصادفی دومرحله‌ای به منظور تخصیص فرآورده‌های خونی از سازمان انتقال خون به بیمارستان‌ها ارائه شد. این مدل با تصادفی در نظر گرفتن میزان تقاضای فرآورده‌های خونی، طراحی شده که در آن هدف مسئله کمینه‌سازی هزینه تهیه، هزینه اتلاف و هزینه کمبود فرآورده‌های خونی است. مدل ارائه‌شده بر روی یک مطالعه موردی واقعی در شهر یزد اجرا و با روش برنامه‌ریزی تصادفی حل شد. مقدار تابع هدف جواب حاصل از حل مدل تصادفی بر اساس ده سناریو برابر با 5632250 حاصل شد. در این پژوهش، تحلیل حساسیت هر سه پارامتر (هزینه کمبود، هزینه اتلاف و هزینه سفارش خون از خارج سازمان) با میزان تغییرات 15 تا 90 درصد صورت گرفت. با توجه به پایین بودن میزان تغییرات تابع هدف، می‌توان گفت مدل حساسیت چندانی به تغییر در ضرایب جریمه ندارد. همچنین در تحلیل حساسیت احتمال سناریوها، میزان تغییر تابع هدف در تمام حالات کمتر از یک درصد است که قابل چشم‌پوشی است و می‌توان گفت مدل به احتمال در نظر گرفته‌شده برای سناریوها نیز حساسیت چندانی ندارد.

در سازمان انتقال خون، کارشناس انتقال خون براساس تجربه خود فرآورده‌ها را در ابتدای هرروز بنا به درخواست بیمارستان‌ها و مراکز درمانی تخصیص می‌دهد. در این پژوهش، جواب تخصیص دستی کارشناس از لحاظ صدق‌کردن در محدودیت‌ها بررسی و جواب، در محدودیت ها صدق نکرد. این مسئله نشان‌دهنده خطای انسانی در این امر خطیر است.

www.SID.ir

Archive of SID

از طرفی بنا به احتمال وقوع سناریوهای گوناگون، برنامه‌ریزی دستی ممکن است نتواند جوابی باکیفیت تولید کند. اما ازآنجا که مسئله کمبود فرآورده‌های خونی جان انسان‌ها را تهدید می‌کند و مازاد و اتلاف آن‌ها نیز این فرآورده‌های ضروری را که با نیات خیر انسانی به سازمان اهدا شده است، به هدر می‌دهد، بنابراین استفاده از برنامه‌ریزی تصادفی که هم محدودیت‌ها را در نظر می‌گیرد و هم جوابی باکیفیت بر مبنای سناریوهای مختلف ارائه می‌دهد، ضروری است.

در خروجی مدل و در نتایج، دیده شد که میزان اتلاف فرآورده‌های خونی نسبت به میزان کمبود و سفارش خون از خارج سازمان بیشتر است؛ در نتیجه باید راهکار و راهبردی برای حدود میزان تقاضای ابتدای صبح بیمارستان‌ها ارائه شود تا میزان اتلاف کاهش یابد.

اضافه‌نمودن برنامه‌ریزی برای روزهای خاص سال (ایام تعطیل و ایام ماه رمضان) که میزان اهداکنندگان کاهش می‌یابد، می‌تواند در تحقیقات آتی موردتوجه قرار گیرد. همچنین ازآنجا که مسئله تخصیص خون و فرآورده‌های آن جزو مسائل NP-Hard است [9]، پیشنهاد می‌شود که در مطالعات بعدی برای حل مسائل با سایز بزرگ از ترکیب روش‌های متاهیوریستیک برای حل مسئله استفاده شود.

7- تقدیر و تشکر

نویسندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند از مسئولان و کارکنان سازمان انتقال خون یزد که در امر این پژوهش همکاری لازم را نموده‌اند، تقدیر و تشکر نمایند. همچنین این مقاله مستخرج از رساله دکتری (طرح پژوهشی شماره 3 مصوب دانشگاه فردوسی مشهد با کد 40674) است که بدین‌وسیله مراتب تقدیر و تشکر اعلام می‌شود.

8- منابع

[1] J. Beliën, and H. Forcé, “Supply chain management of blood products: A literature review”, *Operational Research*, vol.217,no. 1, pp. 1–16,2012.

www.SID.ir

Archive of SID

[2] Sh. Mehrvarz, A. Fanaei, and H. Mohebi, "Preservation and consumption of blood in abdominal surgery", *Blood Research Quarterly*, vol.7, no. 1, pp. 41-47,2010.

[3] S. Costas, "Allocating blood to hospitals from a central blood bank", *European Journal of Operational Research*, vol.16, pp. 157-162,1984.

[4] D.V. Angelis, N. Ricciardi, and G. Storchi, " Optimizing blood assignment in a donation-transfusion system", *Intl. Trans. in Op. Res*, vol. 8, pp. 183-192, 2001.

[5] G.A. Tetteh, "Optimal allocation of blood products", *Interdisciplinary Program in Transportation Engineering*, thesis of Doctor of Philosophy in Transportation Engineering, 2008.

[6] SH. Yue, and H. Jun, "The Multi-period location-allocation problem of engineering emergency blood supply systems", *Systems Engineering Procedia*, vol.5, pp. 21 – 28, 2012.

[7] A.Adewumi, N. Budlender, and M. Olusanya, "Optimizing the assignment of blood in a blood banking system: Some initial result", *IEEE World Congress on Computational Intelligence, Brisbane, Australia*, pp. 10-15, 2012.

[8] Kevin, O. Micheal, and A. Aderemi, "On the performance of GRASP and dynamic programming for the blood assignment problem",*Global Humanitarian Technology Conference*, vol.22, no. 3, pp.110-122, 2013.

[9] O. Micheal, M. Olusanya, M.Arasomwan, and O. Aderemi, "Particle swarm optimization for optimizing assignment of blood in banking system",*Computational and Methematical Methods in Medicine*, vol.33, no.12, pp. 173-189, 2014.

[10] O. Micheal, M. Olusanya, and O. Aderemi, "Using metaheuristic techniques to optimize the blood assignment problem" *International Advance Computing Conference*, pp.1-12, 2015.

[11] K. Katsaliaki, and S.C. Brailsford, "Using simulation to improve the blood supply chain", *Journal Of The Operational Research Society*, vol.58, no.2, pp. 219-227, 2007.

www.SID.ir

Archive of SID

[12] P. Ghandforoush,P, and C.K. Sen, "A DSS to manage platelet production supply chain for regional blood center", *Decision Support System*, vol.50, no.1, pp. 32-42, 2010.

[13] Nagurney, A.H. Masoumi, and M. Yu, "Supply chain network operations management of a blood banking system with cost and risk minimization" *Computational Management Science*, vol.9, no.2, pp. 205–231, 2012.

[14] S. Filho, M. Carvalho, W. Cezarino, R. Silva, and G. salviano, "Demand forecasting for blood components distribution of a blood supply chain", IFAC Proceedings Volumes, vol. 46, no.24, 565-571, 2013.

[15] A. Jabbarzadeh, B. Fahimnia, and S. Seuring, " Dynamic supply chain network design for the supply of blood in disasters: A robust model with real world application", *Transportation Research*, vol.70(c), pp. 225–244, 2014.

[16] I. Vananya, A. Maryania, B. Amaliahb, F. Rinaldy, and A. Muhammad, "Blood traceability system for indonesian blood supply chain", *Industrial Engineering and Service Science, Procedia Manufacturing*, vol.4, pp. 535-542, 2015.

[17] S.M. Zahraee, J.M. Rohani, A. Firouzi, and A. Shahpanah, "Efficiency improvement of blood supply chain system using taguchi method and dynamic simulation", *2nd International Materials, Industrial, and Manufacturing Engineering Conference, Bali Indonesia*, vol.2, pp. 1-5, 2015.

[18] S. Gunpinar, S. and G. Centeno, "Stochastic integer programming models for reducing wastages and shortages of blood products at hospitals", *Computers & Operation Research*, vol.54, pp. 129-141, 2015.

[19] H. Heidari, and S. Pasandideh, " Modeling and solving a blood supply chain network: An approach for collection of blood", *International journal of Supply and Operations Management*, vol.4, no. 2, pp. 158-166, 2017.

[20] M. Eskandari, R. Tavakolimoghadam, A.A. Taleizadeh, and S. Hassanzadehamin," Designing and optimizing a sustainable supply chain network for a blood platelet bank under uncertainty", *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol.71, pp. 236-250, 2018.

www.SID.ir

Archive of SID

[21] M. Araghi, and K. Eshghi, "A Meta-algorithm for solving a random allocation problem" *Sharif Scientific and Research Journal*, vol.45, pp. 3-12, 2008.

[22] A. Ghorbani, Z. Najiazimi, and M. Salari, " The expanded problem solving of employee allocation in uncertainty" *Eighth International Conference of the Iranian Association for the Study of Opportunities. Mashhad, Ferdowsi university of mashhad*, pp.1-9, 2015.

[23] A. Azar, M.R. Amini, and P. Ahmadi, " Robust fuzzy performance based budgeting model an approach to managing the budget allocation risk (case study: Tarbiat Modares university)", *Management Research in Iran*, vol.17, no. 4, pp. 65-95,2014.

[24] M.Vi. Pourkhatir, A. Azar, and M.R. Amini, "Developing performance based budgetin model: Organizational excellence approach", *Management Research in Iran*, vol. 21, no.2, pp. 179-198, 2018.

[25] M. Asadi, M.A. Shafia, and S. Yaghoubi, "A disaster facilities location-allocation model considering reliability under uncertainty and dynamic demand (Case Study: Earthquake disaster in Tehran)", *Modern Researches in Decision Making*, vol.3, no.1, pp. 1-28, 2018.

www.SID.ir