

محاسبه تعداد و مکان بهینه مراکز مختلف جمع آوری خون در استان آذربایجان شرقی بر اساس مدلسازی ریاضی

مهدی یوسفی نژاد عطاری^۱، سید حمیدرضا پسندیده^۲، افسانه آقایی^۳، سید تقی اخوان نیایی^۴

چکیده

سابقه و هدف

در طراحی زنجیره تامین خون یکی از موضوعات کلیدی، تعیین محل مناسب مراکز جمع آوری خون است تا علاوه بر دسترسی آسان اهداکنندگان و نیز توزیع مناسب خون و فرآورده های خونی به مراکز بیمارستانی، هزینه های جمع آوری خون به حداقل رسانده شود. هدف از تحقیق حاضر، محاسبه تعداد و مکان بهینه مراکز تهیه و فرآوری، ثابت و سیار خونگیری بر مبنای تقاضای مراکز درمانی و هزینه های احداث و عملیاتی این مراکز در استان آذربایجان شرقی بود.

مواد و روش ها

مطالعه انجام شده از نوع مدلسازی ریاضی در جامعه آماری استان آذربایجان شرقی بود. اعداد و ارقام برای هزینه ها و سایر پارامترهای مرتبط در سه دوره زمانی شش ماهه کل سال ۱۳۹۳ و شش ماهه اول سال ۱۳۹۴ مورد استفاده قرار گرفت. مدل ریاضی در نرم افزار گمز پیاده سازی و نتایج مربوطه استخراج شد.

یافته ها

نتایج به دست آمده از نرم افزار گمز نشان می دهد محل مناسب برای احداث مراکز تهیه و فرآوری در استان آذربایجان شرقی، شهرهای مراغه و میانه و برای مراکز ثابت جمع آوری خون شهرهای تبریز و اهر بوده است. هم چنین تخصیص تیم های سیار برای شهرهای مرند، تبریز، عجب شیر، بناب، ملکان، مراغه و هشتروند می تواند باعث کاهش هزینه جابه جایی ها گردد.

نتیجه گیری

تعیین تعداد و مکان مناسب مراکز تهیه و فرآوری، ثابت و سیار برای شهرهای آذربایجان شرقی باعث کاهش هزینه های جمع آوری خون می گردد. بنابراین توصیه می شود در برنامه ریزی های آتی و در تغییرات در جهت افزایش و یا کاهش مراکز مختلف خونگیری در کلیه استان های کشور، مدلسازی ریاضی نیز همراه با سایر ملاحظات در نظر گرفته شود.

کلمات کلیدی: انتقال خون، تامین خون، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/۱/۵

تاریخ پذیرش: ۹۵/۱/۷

- ۱- دانشجوی دکترای مهندسی صنایع - دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین - قزوین - ایران
- ۲- دکترای مهندسی صنایع - استادیار دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین - قزوین - ایران
- ۳- مؤلف مسئول: PhD ایمونولوژی - استادیار مرکز تحقیقات انتقال خون - مؤسسه عالی آموزشی و پژوهشی طب انتقال خون - تهران - ایران - صندوق پستی: ۱۱۵۷-۱۴۶۶۵
- ۴- دکترای مهندسی صنایع - استاد دانشگاه صنعتی شریف - تهران - ایران

مقدمه

زنجیره تامین خون عمدتاً از مراحل متعددی نظیر جمع‌آوری، فرآوری، نگهداری و توزیع تشکیل شده است. سازمان‌های انتقال خون در دنیا با دو چالش اساسی تامین نیاز مراکز درمانی به خون و فرآورده‌های آن از یک طرف و هزینه‌های جمع‌آوری و عملیاتی از طرف دیگر مواجه هستند (۱).

از نظر اقتصادی، تهیه خون و فرآورده‌های خونی قیمت بالایی دارد و به همین دلیل، خون و فرآورده‌های خونی در رده خدمات درمان دارای بالاترین قیمت‌ها می‌باشند. این هزینه‌ها شامل خونگیری از اهداکنندگان سالم و کم‌خطر، انجام آزمایش‌های غربالگری و گروه‌بندی، فرآوری و تهیه فرآورده‌های خونی از خون کامل، ذخیره‌سازی و حمل و نقل است (۱، ۲).

سازمان انتقال خون ایران (IBTO/ Iranian Blood Transfusion Organization) تنها ساختار معتبر ملی در ایران است که مسئولیت هدایت و کنترل زنجیره تامین خون از ابتدا تا انتها یعنی جمع‌آوری خون از اهداکنندگان داوطلب تا توزیع به مراکز ذینفع را بر عهده دارد (۳). کلیه فعالیت‌ها مانند خونگیری از اهداکنندگان داوطلب، پردازش، ذخیره و توزیع خون و فرآورده‌های خونی به بیمارستان‌ها به عنوان مراکز مصرف‌کننده خون، تحت یک سیستم متمرکز در IBTO انجام می‌گیرد (۴، ۵).

در ایران، خون و فرآورده‌های خونی در ۹۰ مرکز انتقال خون و یا مرکز تهیه و فرآوری از ۲۲۰ مرکز خونگیری، جمع‌آوری، پردازش، ذخیره و به بیمارستان‌ها توزیع می‌شود (۶، ۷).

در تعاریف IBTO، پایگاه یا مرکز انتقال خون (BTC/ Blood Transfusion Center)، محلی است که در آن کلیه فعالیت‌های مربوط به انتخاب اهداکننده، جمع‌آوری خون و فرآورده‌های آن شامل خون کامل و یا آفرزیس، آزمایش‌ها، عفونت‌های قابل انتقال از طریق خون و فرآورده‌ها، آزمایش‌های تعیین گروه‌های خون، تولید فرآورده‌های خون، ذخیره و در نهایت توزیع به بانک خون بیمارستان برای کاربردهای بالینی و یا توزیع به مراکزی که با خدمات بالینی در ارتباط هستند، صورت می‌گیرد. هم‌چنین مرکز

تهیه و فرآوری خون (BCPC/ Blood Collection and Processing Center) به مرکزی اطلاق می‌گردد که علاوه بر خونگیری و یا انجام عملیات آفرزیس، تولید فرآورده و نیز پخش آن را نیز بر عهده داشته باشد. در این مراکز نمونه‌های اهداکنندگان برای انجام آزمایش‌های غربالگری و بررسی به پایگاه‌های انتقال خون ارسال می‌شود. در این میان مرکز ثابت خونگیری (BCC/ Blood Collection Center) صرفاً تجهیزات خونگیری دارد و می‌تواند اقدام به خونگیری و یا آفرزیس نماید. در این مراکز پس از خونگیری، کیسه‌های خون و نمونه‌های اهداکنندگان برای انجام آزمایش‌های غربالگری و تعیین گروه خون با رعایت استانداردهای سازمان انتقال خون به BCPC و یا BTC همان استان ارسال می‌شود. تیم سیار خونگیری (MT/ Mobile Team) گروهی متشکل از کارمندان سازمان انتقال خون می‌باشد که با تجهیزات خونگیری در مکان‌های از پیش تعیین شده مستقر شده و اقدام به جمع‌آوری خون از اهداکنندگان داوطلب می‌نمایند.

با توجه به روند ذکر شده، تعیین مکان مناسب برای استقرار مراکز تهیه و فرآوری خون، مراکز ثابت خونگیری و مراکز سیار در کاهش هزینه‌های جمع‌آوری خون تاثیر به‌سزایی دارد و عمده مقالاتی که در زمینه زنجیره تامین خون به چاپ رسیده‌اند، تاکید فراوانی بر تعیین مکان بهینه مراکز جمع‌آوری خون دارند (۸-۱۲). بدین منظور در یکی از استان‌های شمالی کشور، آذربایجان شرقی، این مدل‌سازی ریاضی انجام گرفت که می‌تواند نقش مهمی در برنامه‌ریزی‌های آتی در جهت تغییرات افزایشی و یا کاهش مراکز با رویکرد کاهش هزینه‌های جمع‌آوری و عملیاتی ایفا نماید. در حال حاضر در استان آذربایجان شرقی یک پایگاه انتقال خون در شهر تبریز و دو مرکز تهیه و فرآوری در شهرهای مراغه و میانه وظیفه جمع‌آوری، فرآوری و نگهداری و توزیع خون در استان آذربایجان شرقی را بر عهده دارند.

در این مقاله با مطالعه سیستم جمع‌آوری خون استان آذربایجان شرقی و با توجه به جمعیت شهرهای استان و میزان خون مصرف شده در بازه زمانی مورد مطالعه، تعداد مکان‌های مناسب برای مراکز تهیه و فرآوری خون، مراکز

ثابت خونگیری و مراکز سیار بر اساس مدل‌سازی ریاضی تعیین گردید.

مواد و روش‌ها

برای تعیین مکان مناسب مراکز جمع‌آوری خون در مطالعه‌ها، روش‌های مختلفی پیشنهاد شده است، اما غالب این روش‌ها تاکید به استفاده از مدل‌سازی ریاضی دارند (۱۵-۱۳). بنابراین در مطالعه حاضر به منظور محاسبه تعداد و مکان بهینه مراکز تهیه و فرآوری، ثابت و سیار جمع‌آوری خون در استان آذربایجان شرقی با پیش فرض وجود مرکز استانی انتقال خون استان آذربایجان شرقی در شهر تبریز و بر اساس مدل‌سازی ریاضی، ابتدا پارامترها (Parameters) و متغیرهای تصمیم (Decision Variables) مانند هر مدل ریاضی تعریف گردید. پارامترها مقادیری هستند که از محل مطالعه گردآوری شده و معلوم هستند در حالی که متغیرهای تصمیم مقادیری هستند که از حل مدل به دست می‌آیند و پاسخ سؤالات تحقیق هستند. این پارامترها به صورت اندیس (i) برای افراد اهداکننده، اندیس (j) برای مکان‌های پیشنهادی مراکز سیار، اندیس (k) برای مکان‌های انتخاب مراکز ثابت خونگیری، اندیس (l) برای مکان‌های پیشنهادی مراکز تهیه و فرآوری خون و اندیس (t) برای نشان دادن بازه مختلف زمانی در نظر گرفته شده است. هزینه‌ها بر اساس مقاله محاسبه هزینه توسط داودی و همکاران و با احتساب هزینه‌های جاری، هزینه تجهیزات سرمایه‌ای، هزینه تجهیزات سرمایه‌ای سرباری، هزینه تجهیزات مصرفی، هزینه تجهیزات مصرفی سرباری، هزینه استهلاک ساختمان، هزینه استهلاک خودرو و هزینه‌های سرباری متفرقه و همچنین با در نظر گرفتن نرخ تورم در سال‌های ۱۳۸۸ لغایت ۱۳۹۳ و هم چنین مقاله قره‌باغیان و همکاران محاسبه گردید (۱۶، ۱۷). برای محاسبات مدل‌سازی از نرم افزار گمز (GAMZ) نسخه ۲۴/۱ استفاده شد.

پارامترها:

CH_j : هزینه استفاده از تیم سیاری j

$CI2_k$: هزینه احداث مرکز ثابت خونگیری k

$CI3_l$: هزینه احداث مرکز تهیه و فرآوری l

$O1_{jt}$: هزینه عملیاتی تیم سیار j در بازه زمانی t

$O2_{kt}$: هزینه عملیاتی مرکز ثابت k در بازه زمانی t

$O3_{lt}$: هزینه عملیاتی مرکز تهیه و فرآوری l در بازه زمانی t

$O4_t$: هزینه عملیاتی مرکز انتقال خون در بازه زمانی t

DI_{jl} : هزینه جابه‌جایی بین تیم سیار j و مرکز تهیه و فرآوری l

$D2_{kl}$: هزینه جابه‌جایی بین مرکز ثابت خونگیری k و مرکز تهیه و فرآوری l

$D3_j$: هزینه جابه‌جایی بین تیم سیار j و مرکز انتقال خون

$D4_k$: هزینه جابه‌جایی بین مرکز ثابت خونگیری k و مرکز انتقال خون

Bd_{it} : مقدار خون اهدائی گروه اهداکنندگان i در بازه زمانی t

Td_t : کل تقاضای مراکز درمانی در بازه زمانی t

M: یک عدد بسیار بزرگ

متغیرهای تصمیم:

$X1_{jt}$: یک متغیر صفر و یک است که اگر در بازه t تیم سیار در محل j مستقر شود، مقدار آن یک و در غیر این صورت صفر است.

$X2_k$: یک متغیر صفر و یک است که اگر مرکز ثابت خونگیری در محل k احداث شود، مقدار آن یک و در غیر این صورت صفر است.

$X3_l$: یک متغیر صفر و یک است که اگر مرکز تهیه و فرآوری در محل l احداث شود، مقدار آن یک و در غیر این صورت صفر است.

$B1_{ijt}$: مقدار خون اهدایی گروه اهداکنندگان i که در بازه t به تیم سیار j مراجعه می‌کنند.

$B2_{ikt}$: مقدار خون اهدایی گروه اهداکنندگان i که در بازه t به مرکز ثابت خونگیری k مراجعه می‌کنند.

$B3_{ilt}$: مقدار خون اهدایی گروه اهداکنندگان i که در بازه t به مرکز تهیه و فرآوری l مراجعه می‌کنند.

$B4_{it}$: مقدار خون اهدایی گروه اهداکنندگان i که در بازه t به مرکز انتقال خون مراجعه می‌کنند.

$B5_{jlt}$: مقدار خونی که تیم سیار j در بازه t پس از

تابع هدف: مقدار تابع هدف (Z)، که شامل مجموع هزینه‌های احداث مراکز ثابت و مراکز تهیه و فرآوری (سه عبارت اول)، هزینه‌های عملیاتی (چهار عبارت بعدی) و هزینه جابه‌جایی بین مراکز (چهار عبارت آخر) است، حداقل (Min) می‌گردد:

$$\begin{aligned} \text{Min } Z = & \sum_j C1_j X1_j + \sum_k C2_k X2_k + \sum_l C3_l X3_l \\ & + \sum_{i,j,t} O1_{ijt} B1_{ijt} + \sum_{i,j,t} O2_{ikt} B2_{ikt} \\ & + \sum_{i,l,t} O3_{ilt} B3_{ilt} + \sum_{i,t} O4_t B4_{it} \\ & + \sum_{j,l} D1_{jl} Y5_{jl} + \sum_{j,l} D2_{kl} Y6_{kl} \\ & + \sum_j D3_j Y7_j + \sum_k D4_k Y8_k \end{aligned}$$

محدودیت‌ها:

محدودیت ۱: این محدودیت بیان می‌دارد که گروه اهداکنندگان i جهت اهدای خون به یکی از تیم‌های سیار، مرکز ثابت خونگیری، مرکز تهیه و فرآوری و یا مرکز انتقال خون مراجعه می‌کنند:

$$\sum_j Y1_{ij} + \sum_k Y2_{ik} + \sum_l Y3_{il} + Y4_i \leq 1 \quad \forall i$$

محدودیت ۲: این محدودیت نشان می‌دهد که یک تیم سیار زمانی می‌تواند خون‌های اهدایی را جمع‌آوری کند که در آن محل مستقر شده باشد:

$$B1_{ijt} \leq M \cdot X1_{jt} \quad \forall i, j, t$$

محدودیت ۳: این محدودیت نشان می‌دهد که یک مرکز ثابت خونگیری زمانی می‌تواند خون‌های اهدایی را جمع‌آوری کند که در آن محل احداث شده باشد:

$$B2_{ikt} \leq M \cdot X2_k \quad \forall i, k, t$$

محدودیت ۴: این محدودیت نشان می‌دهد که یک مرکز تهیه و فرآوری زمانی می‌تواند خون‌های اهدایی را جمع‌آوری کند که در آن محل احداث شده باشد:

$$B3_{ilt} \leq M \cdot X3_l \quad \forall i, l, t$$

جمع‌آوری به مرکز تهیه و فرآوری 1 تحویل می‌دهد.

$B6_{kit}$: مقدار خونی که مرکز ثابت خونگیری k در بازه t پس از جمع‌آوری به مرکز تهیه و فرآوری 1 تحویل می‌دهد.

$B7_{jt}$: مقدار خونی که تیم سیار z در بازه t پس از جمع‌آوری به مرکز انتقال خون تحویل می‌دهد.

$B8_{kt}$: مقدار خونی که مرکز ثابت خونگیری k در بازه t پس از جمع‌آوری به مرکز انتقال خون تحویل می‌دهد.

$Y1_{ij}$: یک متغیر صفر و یک است که اگر گروه اهداکنندگان i به تیم سیار z مراجعه کند مقدار آن یک و در غیر این صورت صفر است.

$Y2_{ik}$: یک متغیر صفر و یک است که اگر گروه اهداکنندگان i به مرکز ثابت خونگیری k مراجعه کند مقدار آن یک و در غیر این صورت صفر است.

$Y3_{il}$: یک متغیر صفر و یک است که اگر گروه اهداکنندگان i به مرکز تهیه و فرآوری l مراجعه کند مقدار آن یک و در غیر این صورت صفر است.

$Y4_i$: یک متغیر صفر و یک است که اگر گروه اهداکنندگان i به مرکز انتقال خون مراجعه کند مقدار آن یک و در غیر این صورت صفر است.

$Y5_{jl}$: یک متغیر صفر و یک است که اگر تیم سیار z جهت تحویل خون‌های جمع‌آوری شده به مرکز تهیه و فرآوری l مراجعه کند مقدار آن یک و در غیر این صورت صفر است.

$Y6_{kl}$: یک متغیر صفر و یک است که اگر مرکز ثابت خونگیری k جهت تحویل خون‌های جمع‌آوری شده به مرکز تهیه و فرآوری l مراجعه کند مقدار آن یک و در غیر این صورت صفر است.

$Y7_z$: یک متغیر صفر و یک است که اگر تیم سیار z جهت تحویل خون‌های جمع‌آوری شده به مرکز انتقال خون مراجعه کند مقدار آن یک و در غیر این صورت صفر است.

$Y8_k$: یک متغیر صفر و یک است که اگر مرکز ثابت خونگیری k جهت تحویل خون‌های جمع‌آوری شده به مرکز انتقال خون مراجعه کند مقدار آن یک و در غیر این صورت صفر است.

مطالعه‌های میدانی بر اساس پارامترهای تعریف شده بر روی استان آذربایجان شرقی انجام شد و تعداد و محل مراکز جمع‌آوری خون در شهرهای مختلف با توجه به ترکیب جمعیتی این شهرها از طریق محاسبات تعیین گردید. لذا به ازای هر ۱۰ هزار نفر، یک گروه اهدا کننده در نظر گرفته شد ($i=457$).

کل تعداد مراکز پیشنهادی تیم‌های سیاری ($j=35$)، مراکز ثابت خونگیری ($k=16$) و مراکز تهیه و فرآوری ($l=5$) در جدول آورده شده است و سپس از طریق مدلسازی تعداد و مکان بهینه از بین آن‌ها و از طریق محاسبه تعیین گردیده است (جدول ۱).

در ضمن در این مدل تبریز به عنوان مرکز استان که مرکز انتقال خون در این شهر مستقر شده، در محاسبات به صورت ثابت در نظر گرفته شده است.

محدودیت ۵: بیان می‌دارد در هر بازه زمانی مجموع خون‌های اهدا شده توسط گروه‌های مختلف اهداکنندگان در مراکز مختلف باید کوچکتر یا مساوی خون جمع‌آوری شده توسط گروه‌های مختلف اهدا کنندگان (Bd_{it}) باشد:

$$\sum_{i,j} B1_{ijt} + \sum_{i,k} B2_{ikt} + \sum_{i,l} B3_{ilt} + \sum_i B4_{it} \leq \sum_i Bd_{it} \quad \forall t$$

محدودیت ۶: نشان می‌دهد کل خون‌های جمع‌آوری شده در مراکز تهیه و فرآوری و مرکز انتقال خون باید از کل تقاضای مراکز درمانی در هر بازه زمانی (Td_t) بیشتر یا مساوی باشد:

$$\sum_{i,l} B3_{ilt} + \sum_{j,l} B5_{jlt} + \sum_{k,l} B6_{klt} + \sum_i B4_{it} + \sum_j B7_{jt} + \sum_k B8_{kt} \geq Td_t \quad \forall t$$

پس از تهیه مدل ریاضی توضیح داده شده در بالا،

جدول ۱: تعداد مراکز پیشنهادی جمع‌آوری خون در شهرهای آذربایجان شرقی

نام شهر	جمعیت کنونی (هزار نفر)	تعداد گروه‌های اهداکننده پیشنهادی	تعداد تیم‌های سیار پیشنهاد شده	تعداد مراکز ثابت خونگیری پیشنهاد شده	تعداد مراکز تهیه و فرآوری پیشنهاد شده
مرند	۲۴۰	۲۴	۲ (j_1, j_2)	۱ (k_1)	۱ (l_1)
جلفا	۵۵	۶	-	۰	۰
ورزقان	۴۹	۵	۱ (J_3)	۰	۰
خداآفرین	۳۴	۴	-	۰	۰
کلیبر	۹۲	۱۰	۱ (J_4)	۰	۰
هوراند	۴	۱	۱ (J_5)	۰	۰
اهر	۱۵۵	۱۶	۲ (J_6, J_7)	۱ (k_2)	۰
هریس	۷۱	۸	۱ (J_8)	۰	۰
تبریز	۱۶۵۲	۱۶۶	۲ (j_9, \dots, j_{16})	۴ (k_3, \dots, k_6)	۲ (l_2, l_3)
شهبستر	۱۲۷	۱۳	۲ (j_{17}, j_{18})	۱ (k_7)	۰
اسکو	۷۷	۷۸	۱ (J_{19})	۰	۰
آذرشهر	۱۰۴	۱۱	۲ (j_{20}, j_{21})	۱ (k_8)	۰
عجب شیر	۸۶	۹	۱ (J_{22})	۰	۰
بناب	۱۳۲	۱۴	۲ (j_{23}, j_{24})	۱ (k_9)	۰
ملکان	۱۰۵	۱۱	۲ (j_{25}, j_{26})	۱ (k_{10})	۰
مراغه	۲۴۵	۲۵	۲ (j_{27}, j_{28})	۲ (k_{11}, k_{12})	۱ (l_4)
هشترود	۶۸	۷	۱ (J_{29})	۰	۰
بستان آباد	۱۰۱	۱۱	۱ (J_{30})	۱ (k_{13})	۰
سراب	۱۳۸	۱۴	۲ (j_{31}, j_{32})	۱ (k_{14})	۰
میانه	۲۰۰	۲۰	۲ (j_{33}, j_{34})	۲ (k_{15}, k_{16})	۱ (l_5)
چاراولیمات	۳۶	۴	۱ (J_{35})	۰	۰

جدول ۲: فاصله بین شهرهای استان آذربایجان شرقی بر حسب کیلومتر

شهر	مرند	جلقا	ورزقان	خداآفرین	کلیبر	هرازند	اهر	هریس	تبریز	شستر	اسکو	آذرشهر	عجب‌شیر	بناب	ملکان	مراغه	هشترود	بستان‌آباد	سراب	میانه	چارالیماق	
مرند	۰	۷۳	۱۲۶	۱۵۳	۴۶	۸۸	۶۷	۶۰	۱۱۰	۱۱۶	۱۸۳	۱۸۳	۲۱۹	۱۱۰	۱۲۶	۱۳۸	۱۶۵	۱۵۰	۱۸۲	۱۱۰	۱۲۶	
جلقا	۷۳	۰	۱۲۶	۱۵۳	۴۶	۸۸	۶۷	۶۰	۱۱۰	۱۱۶	۱۸۳	۱۸۳	۲۱۹	۱۱۰	۱۲۶	۱۳۸	۱۶۵	۱۵۰	۱۸۲	۱۱۰	۱۲۶	
ورزقان	۱۲۶	۱۲۶	۰	۱۵۳	۴۶	۸۸	۶۷	۶۰	۱۱۰	۱۱۶	۱۸۳	۱۸۳	۲۱۹	۱۱۰	۱۲۶	۱۳۸	۱۶۵	۱۵۰	۱۸۲	۱۱۰	۱۲۶	
خداآفرین	۱۵۳	۱۵۳	۱۵۳	۰	۴۶	۸۸	۶۷	۶۰	۱۱۰	۱۱۶	۱۸۳	۱۸۳	۲۱۹	۱۱۰	۱۲۶	۱۳۸	۱۶۵	۱۵۰	۱۸۲	۱۱۰	۱۲۶	
کلیبر	۴۶	۴۶	۴۶	۴۶	۰	۸۸	۶۷	۶۰	۱۱۰	۱۱۶	۱۸۳	۱۸۳	۲۱۹	۱۱۰	۱۲۶	۱۳۸	۱۶۵	۱۵۰	۱۸۲	۱۱۰	۱۲۶	
هرازند	۸۸	۸۸	۸۸	۸۸	۸۸	۰	۶۷	۶۰	۱۱۰	۱۱۶	۱۸۳	۱۸۳	۲۱۹	۱۱۰	۱۲۶	۱۳۸	۱۶۵	۱۵۰	۱۸۲	۱۱۰	۱۲۶	
اهر	۶۷	۶۷	۶۷	۶۷	۶۷	۶۷	۰	۶۰	۱۱۰	۱۱۶	۱۸۳	۱۸۳	۲۱۹	۱۱۰	۱۲۶	۱۳۸	۱۶۵	۱۵۰	۱۸۲	۱۱۰	۱۲۶	
هریس	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۰	۱۱۰	۱۱۶	۱۸۳	۱۸۳	۲۱۹	۱۱۰	۱۲۶	۱۳۸	۱۶۵	۱۵۰	۱۸۲	۱۱۰	۱۲۶	
تبریز	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۰	۱۱۶	۱۸۳	۱۸۳	۲۱۹	۱۱۰	۱۲۶	۱۳۸	۱۶۵	۱۵۰	۱۸۲	۱۱۰	۱۲۶	
شستر	۱۱۶	۱۱۶	۱۱۶	۱۱۶	۱۱۶	۱۱۶	۱۱۶	۱۱۶	۱۱۶	۰	۱۸۳	۱۸۳	۲۱۹	۱۱۰	۱۲۶	۱۳۸	۱۶۵	۱۵۰	۱۸۲	۱۱۰	۱۲۶	
اسکو	۱۸۳	۱۸۳	۱۸۳	۱۸۳	۱۸۳	۱۸۳	۱۸۳	۱۸۳	۱۸۳	۱۸۳	۰	۲۱۹	۲۱۹	۱۱۰	۱۲۶	۱۳۸	۱۶۵	۱۵۰	۱۸۲	۱۱۰	۱۲۶	
آذرشهر	۱۸۳	۱۸۳	۱۸۳	۱۸۳	۱۸۳	۱۸۳	۱۸۳	۱۸۳	۱۸۳	۲۱۹	۲۱۹	۰	۲۱۹	۱۱۰	۱۲۶	۱۳۸	۱۶۵	۱۵۰	۱۸۲	۱۱۰	۱۲۶	
عجب‌شیر	۲۱۹	۲۱۹	۲۱۹	۲۱۹	۲۱۹	۲۱۹	۲۱۹	۲۱۹	۲۱۹	۲۱۹	۲۱۹	۲۱۹	۰	۲۱۹	۱۱۰	۱۲۶	۱۳۸	۱۶۵	۱۵۰	۱۸۲	۱۱۰	
بناب	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۰	۱۲۶	۱۳۸	۱۶۵	۱۵۰	۱۸۲	۱۱۰	۱۲۶	
ملکان	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۶	۰	۱۳۸	۱۶۵	۱۵۰	۱۸۲	۱۱۰	۱۲۶	
مراغه	۱۳۸	۱۳۸	۱۳۸	۱۳۸	۱۳۸	۱۳۸	۱۳۸	۱۳۸	۱۳۸	۱۳۸	۱۳۸	۱۳۸	۱۳۸	۱۳۸	۱۳۸	۰	۱۶۵	۱۵۰	۱۸۲	۱۱۰	۱۲۶	
هشترود	۱۶۵	۱۶۵	۱۶۵	۱۶۵	۱۶۵	۱۶۵	۱۶۵	۱۶۵	۱۶۵	۱۶۵	۱۶۵	۱۶۵	۱۶۵	۱۶۵	۱۶۵	۱۶۵	۰	۱۵۰	۱۸۲	۱۱۰	۱۲۶	
بستان‌آباد	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰	۰	۱۸۲	۱۱۰	۱۲۶	
سراب	۱۸۲	۱۸۲	۱۸۲	۱۸۲	۱۸۲	۱۸۲	۱۸۲	۱۸۲	۱۸۲	۱۸۲	۱۸۲	۱۸۲	۱۸۲	۱۸۲	۱۸۲	۱۸۲	۱۸۲	۱۸۲	۰	۱۱۰	۱۲۶	
میانه	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۰	۰	۱۲۶	
چارالیماق	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۶	۰

گلوبول قرمز متراکم (blood cell PRBC/Packed red) به عنوان اصلی‌ترین و پرمصرف‌ترین محصول توزیع شده در مراکز درمانی در سه بازه زمانی نیمسال اول و دوم ۱۳۹۳ و نیمسال اول ۱۳۹۴ آورده شده است و فرآورده‌های دیگر مد نظر قرار نگرفته است (جدول ۳).

یافته‌ها

پس از تهیه مدل و جمع‌آوری داده‌ها به صورت میدانی، مقادیر پارامترها در نرم‌افزار گمز وارد و مدل ریاضی توسط این نرم‌افزار به صورت دقیق محاسبه شد. نتایج به دست آمده از این نرم‌افزار مقادیر مختلف متغیرهای تصمیم مدل ریاضی را نشان می‌دهد. اما از آن جایی که هدف اصلی تحقیق، انتخاب مکان مناسب برای مراکز جمع‌آوری خون (تیم‌های سیار، مراکز ثابت خونگیری و مراکز تهیه و فرآوری) بوده است، لذا از بررسی مقادیر سایر متغیرها که در پاسخ سؤال اصلی تحقیق نقشی ندارند صرف نظر گردیده است (جدول ۴).

با استفاده از فاصله بین شهرهای مختلف آذربایجان شرقی، فاصله بین مراکز تهیه و فرآوری، مراکز ثابت خونگیری و تیم‌های سیار پیشنهادی در شهرهای مختلف قابل محاسبه است (جدول ۲).

این فاصله بر حسب کیلومتر بوده که برای هر کیلومتر جابه‌جایی ۵۰۰ تومان هزینه به طور متوسط در نظر گرفته شده است (۱۸).

جدول ۳: توزیع خون در مراکز درمانی استان آذربایجان شرقی در سه بازه زمانی

بازه زمانی	شش ماهه اول	شش ماهه دوم	شش ماهه اول
تعداد توزیع PRBC	۴۰۶۰۰	۴۲۰۶۱	۴۳۵۷۵

جدول ۴: تعداد مراکز جمع‌آوری خون برای شهرهای آذربایجان شرقی در حالت کمترین هزینه براساس مدل‌سازی ریاضی

نام شهر	جمعیت کنونی (هزار نفر)	تعداد تیم‌های سیار	تعداد مراکز ثابت خونگیری	تعداد مراکز تهیه و فرآوری
مرند	۲۴۰	۱	۰	۰
جلفا	۵۵	۰	۰	۰
ورزقان	۴۹	۰	۰	۰
خداآفرین	۳۴	۰	۰	۰
کلیبر	۹۲	۰	۰	۰
هوراند	۴	۰	۰	۰
اهر	۱۵۵	۰	۱	۰
هریس	۷۱	۰	۰	۰
تبریز	۱۶۵۲	۱	۱	۰
شبستر	۱۲۷	۰	۰	۰
اسکو	۷۷	۰	۰	۰
آذرشهر	۱۰۴	۰	۰	۰
عجب شیر	۸۶	۱	۰	۰
بناب	۱۳۲	۱	۰	۰
ملکان	۱۰۵	۱	۰	۰
مراغه	۲۴۵	۱	۰	۱
هشترود	۶۸	۱	۰	۰
بستان‌آباد	۱۰۱	۰	۰	۰
سراب	۱۳۸	۰	۰	۰
میانه	۲۰۰	۰	۰	۱
چاراوولیماق	۳۶	۰	۰	۰

جدول ۵: پوشش مرکز انتقال خون و یا تهیه و فرآوری از مراکز ثابت خونگیری و یا تیم‌های سیار در استان

مرکز ثابت خونگیری و یا تیم سیار	مرکز انتقال خون تبریز	مرکز تهیه و فرآوری مراغه
مرکز ثابت خونگیری تبریز	√	-
مرکز ثابت خونگیری اهر	√	-
تیم سیار تبریز	√	-
تیم سیار مرند	√	-
تیم سیار مراغه	-	√
تیم سیار هشترود	-	√
تیم سیار عجب شیر	-	√
تیم سیار بناب	-	√
تیم سیار ملکان	-	√

نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد از میان مکان‌های پیشنهادی برای مراکز جمع‌آوری خون در استان آذربایجان شرقی که در جدول ۱ لیست گردیده است، مکان بهینه مراکز تهیه و فرآوری در شهرهای مراغه و میانه بر اساس مدل‌سازی ریاضی مذکور در نظر گرفته شده است، هم چنین بهترین مکان برای مراکز ثابت شهرهای تبریز و اهر می‌باشد. جمع‌آوری خون توسط تیم‌های سیار برای شهرهای مرند، تبریز، عجب شیر، بناب، ملکان، مراغه و هشترود پیشنهاد می‌گردد.

با توجه به این که خون جمع‌آوری شده توسط مراکز جمع‌آوری ثابت و تیم‌های سیار باید به یکی از مراکز تهیه و فرآوری یا مرکز انتقال خون تحویل داده شود، بر اساس مدل مطرح شده مراکز ثابت خونگیری در شهرهای تبریز و اهر باید خون‌های اخذ شده را به مرکز انتقال خون تبریز منتقل کنند. هم چنین در شرایط بهینه مدل‌سازی شده، تیم

سیار خونگیری مستقر در تبریز و یا مرند بهتر است خون‌های اخذ شده را به مرکز انتقال خون تبریز انتقال دهد. این در حالی است که تیم سیار خونگیری مستقر در شهرهای عجب‌شیر، بناب، ملکان، مراغه و هشترود در شرایط بهینه بهتر است خون‌های اخذ شده را به مرکز تهیه و فرآوری مراغه انتقال دهند (جدول ۵).

بحث

زنجیره تامین خون در مراحل جمع‌آوری، ذخیره‌سازی و توزیع همراه با صرف هزینه‌های مختلف است. لذا در این مقاله با هدف شناسایی وضعیت موجود و مقایسه آن با روش‌های مدل‌سازی ریاضی، تعداد و محل بهینه مراکز جمع‌آوری خون با تفکیک انواع تسهیلات مختلف مورد مطالعه قرار گرفت.

در کشورهای پیشرفته در دنیا مراکز انتقال خون اگر چه درصد بالایی از هزینه‌های خود را از طریق فروش جبران می‌کنند، اما با این حال رویکرد بسیار مهمی را نیز در انتخاب مکان‌های جمع‌آوری بهینه اتخاذ می‌کنند. در کشور ایران، با توجه به رایگان بودن خون برای مراکز درمانی از یک طرف و با توجه به استفاده از منابع دولتی برای احداث و اداره مراکز مختلف سازمان انتقال خون از طرف دیگر، ضروری به نظر می‌رسد در سازمان انتقال خون تدابیری اتخاذ گردد تا هزینه‌های زنجیره تامین و توزیع خون تا حد امکان کاهش یابد. در دنیای مدرن امروزی بحث هزینه و فایده اهمیت به سزایی در تصمیم‌گیری‌های سازمانی ایفا می‌کند و از طرف دیگر تاکنون این مدل‌سازی ریاضی، در شناسایی موقعیت‌های موجود و نیز ارزیابی شرایط برای برنامه‌ریزی‌های آتی در سازمان انتقال خون صورت نگرفته است، به همین دلیل استفاده از این ابزار که در کشورهای پیشرفته دنیا نیز مورد استفاده قرار گرفته است، ضروری به نظر می‌رسد. در ایران نیز پیش از این دو برنامه تحقیقاتی در این خصوص صورت گرفته است. در مورد اول زهیری و همکاران یک مدل ریاضی برای مکان‌یابی مناسب مراکز جمع‌آوری خون در شهرستان بابل ارائه دادند (۹). در مورد دوم، جبارزاده و همکاران مراکز جمع‌آوری خون در تهران در شرایط اضطراری را مورد بررسی قرار دادند (۱۱). در

این مقاله‌ها، محققین از مدل‌های ریاضی جهت تعیین مکان بهینه تسهیلات جمع‌آوری خون استفاده نموده و محل‌های مشخصی را برای احداث تسهیلات ثابت و سیار ارائه نمودند. اما تفکیک مناسبی از تسهیلات ثابت مطابق با ساختار سازمان انتقال خون در این تحقیقات صورت نگرفته است. همان طور که در بخش یافته‌ها اشاره شد، با تخصیص متغیرهای مختلف برای تسهیلات جمع‌آوری خون و ارائه مدل‌سازی ریاضی مکان‌های بهینه برای احداث مراکز جمع‌آوری خون در استان آذربایجان شرقی محاسبه و با مراکز موجود مقایسه گردید تا در صورت نیاز به ایجاد تغییر، محاسبات انجام گرفته نیز همراه با سایر ملاحظات مد نظر قرار گیرد تا علاوه بر کاهش هزینه‌های جابه‌جایی، تقاضای مراکز درمانی جهت دریافت خون و فرآورده‌های آن نیز برآورده شود و این مراکز با کمبود مواجه نشوند. مکان‌های بهینه تعیین شده با روش مدل‌سازی ریاضی در این مطالعه هم‌پوشانی خوبی با وضعیت موجود داشته است، مثلاً مرکز خونگیری در تبریز که با مدل‌سازی پیشنهاد گردیده است، در حال حاضر تحت عنوان پایگاه انتقال خون تبریز موجود می‌باشد و جزئی از ساختار پایگاه انتقال خون است. هم‌چنین در خصوص تیم‌های سیاری، داده‌های میزان تراکم جمعیت و تقاضای مراکز درمانی در مدل ریاضی، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج حاصل از این بررسی‌ها نشان می‌دهد با افزایش نیاز به خونگیری در شهر تبریز، کمترین هزینه جمع‌آوری خون با تیم‌های سیاری محقق می‌گردد. در ضمن شایان توجه است که کلیه محاسبات انجام گرفته باید در بستر سایر اطلاعات مورد تفسیر قرار گیرد. مثلاً یک نکته قابل توجه در این مطالعه شهرهای جلفا و خداآفرین می‌باشند که حتی اگر در محاسبات ریاضی به عنوان مکان‌های بهینه در نظر گرفته می‌شدند، باز هم به دلایل مرزی بودن و عدم مجوز خونگیری در این نواحی از انتخاب حذف می‌گردیدند. بنابراین علاوه بر اثربخشی این مدل‌سازی ریاضی، ملاحظات بسیاری باید در نظر گرفته شود تا یک تفسیر کاربردی از مجموع اطلاعات ارائه گردد.

مقایسه وضعیت فعلی و یافته‌های تحقیق در مورد مراکز تهیه و فرآوری نشان می‌دهد وضعیت پیشنهادی پس از

مراکز ثابت خونگیری و تیم‌های سیار توسط مراکز تهیه و فرآوری و مرکز انتقال خون است. با توجه به اینکه خون جمع‌آوری شده توسط مراکز ثابت خونگیری و تیم‌های سیار باید جهت فرآوری به یکی از مراکز تهیه و فرآوری یا مرکز انتقال خون تحویل داده شود، پوشش بهینه این مراکز توسط مدل ریاضی محاسبه گردید. شایان توجه است که تمامی اطلاعات به دست آمده حاصل داده‌های مطرح شده بوده است و افزایش یا کاهش در میزان اهدای خون و یا تقاضای مراکز درمانی، تغییراتی را در این مدل به وجود می‌آورد.

نتیجه‌گیری

مکان‌یابی بهینه مراکز مختلف جمع‌آوری خون و هم‌چنین پوشش بهینه مراکز ثابت خونگیری و تیم‌های سیار، هزینه‌های زنجیره تامین خون را به میزان زیادی کاهش می‌دهد و نیاز مراکز درمانی را نیز برآورد می‌کنند. لذا پیشنهاد می‌شود در صورت نیاز به ایجاد تغییر در تعداد و یا مکان انواع مختلف مراکز خونگیری و در اخذ تصمیمات در استان‌های مختلف در کشور هم به لحاظ تعداد و هم از نظر مکان‌یابی بهینه استفاده از تکنیک‌های مدلسازی ریاضی نیز همراه با سایر ملاحظات لحاظ گردد.

مدلسازی کاملاً با وضعیت فعلی تطابق دارد و در مدلسازی نیز مراکز مراغه و میانه گزینه‌های بهینه و مناسب جهت مراکز تهیه و فرآوری بوده‌اند. در حال حاضر و در وضعیت فعلی یک مرکز خونگیری در تبریز، به عنوان جزئی از ساختار پایگاه انتقال خون دایر است و با توجه به این که در هیچ کدام از شهرهای شمالی استان صرفاً مرکز ثابت خونگیری وجود ندارد، لذا در صورت نیاز به تغییر به خصوص در زمینه افزایش تعداد خونگیری، اضافه شدن یک مرکز ثابت خونگیری در شهر مرند در کاهش هزینه‌های جابه‌جایی و در نتیجه هزینه جمع‌آوری خون در استان آذربایجان شرقی نقش به‌سزایی دارد که نتایج مدل ریاضی مؤید این موضوع بوده است. نکته مورد توجه در این تحقیق که با وضعیت موجود متفاوت است، افزایش تیم‌های سیار است که برای شهرهای مراغه، هشترود، عجب‌شیر، بناب، ملکان، تبریز و مرند پیشنهاد شده است. در نتیجه با توجه به مسافت بین این شهرها، به نظر می‌رسد در کل اختصاص یک تیم سیار برای جمع‌آوری خون اهداکنندگان برای کلیه شهرهای ذکر شده کافی باشد و زمان‌بندی بهینه گردش تیم‌های سیار در این شهرها در تحقیقات آینده باید مورد بررسی قرار گیرد.

اما مطلب دیگری که در خصوص نتایج حاصل می‌توان مورد بحث و بررسی قرار داد، تحت پوشش قرار دادن

References :

- 1- Farrugia A. The regulatory pendulum in transfusion medicine. *Transfus Med Rev* 2002; 16(4): 273-82.
- 2- Amin M, Fergusson D, Aziz A, Wilson K, Coyle D, Herbert P. The cost of allogeneic red blood cell-a systematic review. *Transfus Med* 2003; 13(5): 275-85.
- 3- Gharehbaghian A, Abolghasemi H, Namini MT. Status of blood Transfusion services in Iran. *Asian J Transfus Sci* 2009; 2(1): 13-7.
- 4- Cheraghali AM. Overview of blood transfusion system of Iran: 2002-2011. *Iran J Public Health* 2012; 41(8): 89-93.
- 5- Maghsudlu M, Nasizadeh S, Abolghasemi H, Ahmadyar S. Blood donation and donor recruitment in Iran from 1998 through 2007: ten years' experience. *Transfusion* 2009; 49(11): 2346-51.
- 6- Omidkhoda A, Amini Kafi-Abad S, Pourfatollah AA, Maghsudlu M. Blood collection, components preparation and distribution in Iran, 2008-2012. *Transfus Apher Sci* 2016; 54(1): 117-21.
- 7- Pourfatollah AA. The idea centralization in the organization. Presented in Thirty – first meeting of directors of blood transfusion in Tabriz [Presentation in Farsi-cited (2016) 12-14/06/1395]. Available on: <http://www.ibto.ir/index.jsp?siteid=1&fkeyid=&siteid=1&pageid=132&newsview=1472>.
- 8- Zahraee SM, Rohani JM, Firouzi A, Shahpanah A. Efficiency Improvement of Blood Supply Chain System Using Taguchi Method and Dynamic Simulation. *Procedia Manufacturing* 2015; 2: 1-5.
- 9- Zahiri B, Torabi SA, Mousazadeh M, Mansouri SA. Blood collection management: Methodology and application. *Appl Math Mode* 2015; 39(23-24): 7680-96.
- 10- Fahimnia B, Jabbarzadeh A, Ghavamifar A, Bell M. Supply chain design for efficient and effective blood supply in disasters. *International Journal of Production Economics* 2017; 183(Part C): 700-9.
- 11- Jabbarzadeh A, Fahimnia B, Seuring S. Dynamic supply chain network design for the supply of blood in disasters: A robust model with real world application. *Transp Res Part E Logist Transp Rev* 2014; 70: 225-44.

- 12- Hasani A, Khosrojerdi A. Robust global supply chain network design under disruption and uncertainty considering resilience strategies: A parallel memetic algorithm for a real-life case study. *Transp Res Part E Logist Transp Rev* 2016; 87: 20-52.
- 13- Gunpinar S, Centeno G. Stochastic integer programming models for reducing wastages and shortages of blood products at hospitals. *Computers & Operations Research* 2015; 54: 129-41.
- 14- Beliën J, Forcé H. Supply chain management of blood products: A literature review. *European Journal of Operational Research* 2012; 217(1): 1-16.
- 15- Vanany I, Maryani A, Amaliah B, Rinaldy F, Muhammad F. Blood Traceability System for Indonesian Blood Supply Chain. *Procedia Manufacturing* 2015; 4: 535-42.
- 16- Davoudi-Kiakalayeh A, Paridar M, Toogeh Gh. Cost unit analysis of blood transfusion centers in Guilan province. *Sci J Iran Blood Transfus Organ* 2012; 9(3): 346-52. [Article in Farsi]
- 17- Gharehbaghian A, Jalilzadeh Khoei M, Honarkaran N, Davoodi F. Estimation and comparison of the production cost of blood and blood products in 28 IBTO centers in 1381. *Sci J Iran Blood Transfus Organ* 2005; 2(1): 61-9. [Article in Farsi]
- 18- Hensher DA, A. Collins T, J. Rose JM, Smith NC. Direct and cross elasticities for freight distribution access charges: Empirical evidence by vehicle class, vehicle kilometres and tonne vehicle kilometres. *Transp Res Part E Logist Transp Rev* 2013; 56: 1-21.

Original Article

Determination of the optimal number and location of different types of blood collection centers in East Azerbaijan province based on mathematical modeling

Yousefi Nejad Attari M.¹, Pasandideh S.H.R.¹, Aghaie A.², Akhavan Niaki S.T.³

¹Faculty of Industrial and Mechanical Engineering, Islamic Azad University, Qazvin Branch, Qazvin, Iran

²Blood Transfusion Research Center, High Institute for Research and Education in Transfusion Medicine, Tehran, Iran

³Sharif University of Technology, Tehran, Iran

Abstract

Background and Objectives

Among the key issues in the blood supply chain design, the location of blood collection centers is essential to ensure the easy access of donors for blood donation and distribution of blood products to hospitals. The aim of this study was to calculate the optimal number and location of blood collection and processing centers, blood collection centers and mobile teams based on clinical demand, cost of construction and operating cost of these centers in East Azerbaijan province.

Materials and Methods

The study was a mathematical calculation modeling on the population of East Azerbaijan province. Three six-month periods with the first and the second in 1393 and the third in 1394 were used for calculating cost. GAMZ mathematical model was implemented and the results were extracted.

Results

The results of the GAMZ application showed that a suitable locations for the establishment of a blood collection and processing center were in Maragheh and Mianeh, and the optimal locations for blood collection center were in Tabriz and Ahar. What is more, one mobile team could move among Marand, Tabriz, Ajabshir, Bonab, Malekan, Maragheh and Hashtrood cities in alternation with the cost of transport to be reduced.

Conclusions

The optimal determination of number and locations of blood collection and processing centers, blood collection centers and mobile team decreased the cost of blood collection services. In future, to plan for any changes in order to increase or decrease the number of blood centers in all provinces, the mathematical modeling in other conditions should be considered.

Key words: Blood Transfusion, Blood Supply, Iran

Received: 26 Sep 2016

Accepted: 27 Dec 2016

Correspondence: Aghaie A., PhD of Immunology. Assistant Professor of Blood Transfusion Research Center, High Institute for Research and Education in Transfusion Medicine.

P.O.Box: 14665-1157, Tehran, Iran. Tel: (+9821) 82052183; Fax: (+9821) 88601599

E-mail: aghaie.a@gmail.com