

بهبود کارایی واحدهای استانی سازمان انتقال خون با استفاده از رویکرد ترکیبی تحلیل پوششی داده‌ها و تحلیل مؤلفه اصلی

مهدی یوسفی نژاد عطاری^۱، مریم معصومی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۶/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۶/۲۶

چکیده:

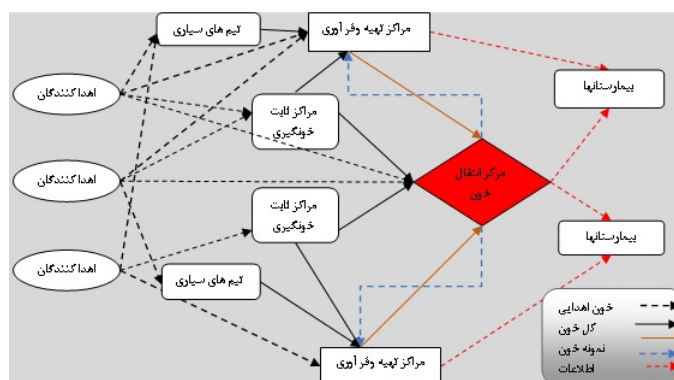
با توجه به محدودیت‌های اقتصادی بهبود کارایی در مراکز گردآوری و فرآوری محصولات خونی با توجه به پاسخ به تقاضای این محصولات از اهمیت خاصی برخوردار است. این تحقیق از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها برای ارزیابی کارایی ۳۱ واحد استانی سازمان انتقال خون و بهبود آن استفاده می‌کند. کارایی واحدهای استانی با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها با منطق برنامه‌ریزی خطی محاسبه شده و مهمترین عوامل ورودی که تاثیر بالایی در میزان کارایی دارند با استفاده از تکنیک مؤلفه اصلی محاسبه شده است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد، برای دو دوره متوالی ۲۲ واحد استانی کارا بوده و در هر دو مرحله ۹ واحد استانی ناکارا هستند. دلیل عمده ناکارایی واحدهای استانی، تخصیص بیش از اندازه تسهیلات از جمله تعداد مراکز تهیه و فرآوری، مراکز ثابت خون‌گیری و تیم‌های سیاری است.

واژه‌های کلیدی: کارایی، تحلیل پوششی داده‌ها، تحلیل مؤلفه‌های اصلی، سازمان انتقال خون ایران، واحدهای استانی.

۱ مقدمه

بیمارستان‌ها برعهده این نهاد است [۳]. در سازمان انتقال خون، خون با تسهیلات تیم‌های سیاری مراکز ثابت خون‌گیری و مراکز تهیه و فرآوری و مرکز انتقال خون گردآوری شده توسط تیم‌های سیاری و مراکز ثابت خون‌گیری در انتهای دوره باید به مراکز تهیه و فرآوری یا مرکز انتقال خون منتقل گردد.

سازمان انتقال خون ایران یک رکن اساسی در سیستم سلامت ملی است که مسئولیت گردآوری خون اهداکنندگان و توزیع فراورده‌های خون را بر عهده دارد [۲]. به عبارت دیگر کلیه فعالیت‌های انتقال از اهداکنندگان داوطلب و توزیع آن به



شکل ۱. ساختار گردآوری و توزیع خون در واحدهای استانی سازمان انتقال خون

^۱ عضو هیئت علمی گروه مهندسی صنایع، واحد بناب، دانشگاه آزاد اسلامی، بناب، ایران

^۲ کارشناسی ارشد ریاضی کاربردی، دانشکده ریاضی، دانشگاه علم و صنعت ایران،

تکنیک تحلیل مؤلفه اصلی یک تکنیک چندبعدی است که فرایند مطالعه و ساده‌سازی داده‌ها را تسهیل می‌کند [۵، ۶]. در مقایسه با سایر تکنیک‌های بدیل اطلاعات خطی تکنیک تحلیل مؤلفه اصلی این حسن را دارد که مجموعه‌ای از داده‌ها را ثابت در نظر گرفته و بیشتر به شباهت و عدم شباهت داده مدل‌های مختلف وابسته است. در این تحقیق هدف اصلی اندازه‌گیری کارایی عملیاتی واحدهای استانی سازمان انتقال خون است. خروجی‌های این تحقیق می‌تواند مدیران مربوط را در سازمان‌دهی مناسب مراکز گردآوری و توزیع یاری دهد.

۲ مواد و روش‌ها

۱.۲ تحلیل پوششی داده‌ها

تحلیل پوششی داده‌ها برای اندازه‌گیری کارایی واحدهای استانی سازمان انتقال خون استفاده شده است. تحلیل پوششی داده‌ها کاربرد متفاوتی در تحلیل کارایی حوزه‌های سلامت از جمله بیمارستان‌ها، واحدهای مراقبت بلندمدت و مراکز اصلی داشته است [۷]. اخیراً تحلیل پوششی داده‌ها در تحلیل کارایی عملیاتی بانک‌های خون نیز به کار برده شده است. برای مثال پیتکو و سکستون کارایی عملیاتی ۷۰ مرکز خون را در آمریکا تعیین نمودند [۸].

تحلیل پوششی داده‌ها یک تکنیک ناپارامتری است که اولین بار توسط چارنر و دیگرانش ارائه شد و مدل آنها CCR^۴ نامیده شد [۹]. این روش می‌تواند برای تحلیل کارایی مرتبط با واحدهای تصمیم‌گیری همگون استفاده شود. همچنین این تکنیک به طرح مشخصی از تابع تولید نیاز نداشته و عموماً برای حالت‌های چندورودی و چندخروجی مناسب است [۱۰، ۱۱]. برای تعیین رتبه بهترین مورد واحدهای تصمیم‌گیری با روش تحلیل پوششی داده‌ها کاربردهای گسترده از جمله مدارس [۱۲] و بیمارستان‌ها [۱۳] وجود دارد.

کارایی هر کدام از واحدهای مؤلفه با مقایسه این رویکرد

مراکز ثابت خون‌گیری و تیم‌های سیاری فاصله اهداکنندگان را کاهش می‌دهند اما ظرفیت آنها پایین است. مراکز تهیه و فرآوری اگرچه محصولات مختلف خون را تهیه می‌کنند، اما آزمایش‌های مختلف خون را انجام نمی‌دهند. این مراکز یک نمونه از خون را جهت انجام آزمایش‌های مختلف به مرکز انتقال خون ارسال می‌کنند و نتیجه آزمایش‌ها را به صورت آنالیز دریافت می‌کنند. مراکز انتقال خون در مرکز هر استان احداث شده‌اند و تمامی فعالیت‌های مرتبط با انتقال خون را انجام می‌دهند. گردآوری خون و تولید انواع محصولات خون، آزمایش‌های ویروسی و آزمایش‌های تعیین گروه‌های مختلف خون به همراه ذخیره‌سازی و توزیع آن به مراکز درمانی از جمله این فعالیت است. ساختار گردآوری و توزیع واحدهای استانی در شکل ۱ نشان داده شده است.

با توجه به افزایش هزینه‌های خدمات مرتبط با محصولات خون همچنین نیاز به ایجاد تعادل در میزان عرضه و تقاضا مدیران ذی‌ربط را به تصمیم‌گیری در خصوص ارتقای کارایی واحدهای مختلف واداشته است. پیرا^۳ از یک صفحه گسترده برای محاسبه کارایی تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها اقدام نمود. وی سطوح مختلف کارایی عملیاتی (قابلیت تبدیل ورودی‌ها به خروجی‌ها) را بیشتر از دید کارایی اقتصادی بررسی نمود و مراکز خون منطقه‌ای در آمریکا را به‌عنوان مطالعه موردی در نظر گرفت [۴]. در این تحقیق از تحلیل پوششی داده‌ها برای اندازه‌گیری واحدهای استانی سازمان انتقال خون استفاده شده است.

متغیرهای ورودی تعداد مراکز گردآوری خون، چگالی جمعیت، تعداد تخت‌های خون‌گیری و مساحت مرکز انتقال خون استان و متغیرهای خروجی را تعداد واحدهای محصولات مختلف خونی تعریف شده است.

همچنین تکنیک تحلیل مؤلفه اصلی برای تعیین اهمیت عوامل ورودی استفاده شده است. این رویکرد این امکان را فراهم می‌سازد تا سازمان انتقال خون برای ارتقاء کارایی واحدهای ناکارا، سناریوهای مختلفی تعریف نماید. با تحلیل مؤلفه اصلی، عوامل اصلی متمایز می‌گردند و اطلاعات اضافی حذف می‌شوند.

^۳ Pereira

^۴ Chames. Cooper. Rhodes

اکنون مدل برنامه‌ریزی کسری بالا طبق تبدیل چارنز-کوپر [۱۲] به برنامه‌ریزی خطی معادل، به صورت

$$\begin{aligned} & \text{Max} \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} \\ & \text{s.t.} \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} = 1 \\ & \sum_{r=1}^r u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad \forall j = 1, \dots, n \\ & u_r \geq 0, v_r \geq 0; \quad \forall i, j: \quad i = 1, \dots, m, r = 1, \dots, s \end{aligned}$$

تبدیل می‌شود که به فرم مضربی مدل CCR با ماهیت ورودی-محور، معروف است. دوگان برنامه‌ریزی خطی این مدل که فرم پوششی مدل نامیده می‌شود، به صورت

$$\begin{aligned} & \text{Min } \theta \\ & \text{s.t.} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{i0} \quad i = 1, \dots, m \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{r0} \quad r = 1, \dots, s \\ & \lambda_j \geq 0 \quad \forall j = 1, \dots, n \end{aligned}$$

است. در حالت ورودی-محور واحد مجازی مورد نظر است که همان خروجی را با حد اقل ورودی ممکن تولید کند و در ماهیت خروجی، واحدی مجازی مورد نظر است که با همان ورودی حد اکثر خروجی را تولید کند، مدل CCR در دو حالت ورودی-محور و خروجی محور قابل محاسبه است. در یک مدل ورودی-محور، یک واحد تصمیم‌گیرنده در صورتی ناکارا است که امکان کاهش هر یک از ورودی‌ها بدون افزایش ورودی‌های دیگر یا کاهش هر یک از خروجی‌ها وجود داشته باشد. در یک مدل خروجی-محور، یک واحد در صورتی ناکارا است که امکان افزایش هر یک از خروجی‌ها بدون افزایش یک ورودی یا کاهش یک خروجی دیگر وجود داشته باشد. در این تحقیق از مدل خروجی محور برای محاسبه کارایی واحدها استفاده شده است.

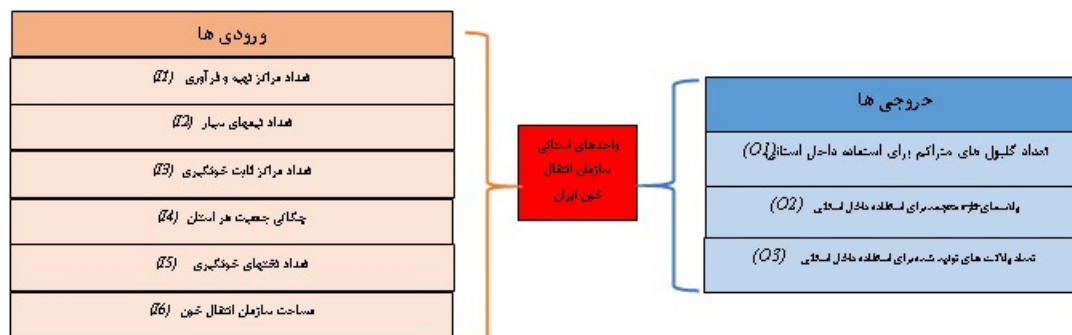
قابل محاسبه هستند [۱۴]. در تحلیل پوششی داده‌ها روش‌های برنامه‌ریزی خطی جهت ارزیابی رویکرد مؤلف و تحلیل رتبه‌های کارایی واحد مشخصی برای هر کدام از نمونه مشاهدات استفاده می‌شوند. اگر یک واحد کارا باشد، آن‌گاه رتبه کارایی تحلیل پوششی داده‌ها مقدار یک اختیار می‌کند. اگر واحدی به مرز کارایی نرسد، آن‌گاه یک واحد ناکارا است و مقدار کمتر از یک اختیار می‌کند. برای مثال اگر امتیاز کارایی واحد A ، ۶۵ درصد باشد، آن‌گاه این واحد میزان ۳۵ درصد ناکارا است و خروجی آن ۳۵ درصد کمتر از منابع ورودی تولید می‌کند [۱۵]. یکی از مدل‌های پایه‌ای برای اندازه‌گیری کارایی واحدهای تحت ارزیابی، مدل CCR است. فرض کنید $j = 1, \dots, n$ واحد تصمیم‌گیرنده است به طوری که هر واحد دارای m ورودی و s خروجی است و x_{ik} ، i -امین ورودی واحد k -ام و y_{rk} ، r -امین خروجی واحد k -ام است. اگر به ورودی i -ام هر یک از واحدها وزن v_i و به خروجی r -ام آنها وزن u_r اختصاص داده شود، آن‌گاه کارایی تکنیکی برای واحد k -ام به صورت

$$TE_k = \frac{u_1 y_{1k} + \dots + u_s y_{sk}}{v_1 x_{1k} + \dots + v_m x_{mk}}$$

تعریف می‌شود. یعنی کارایی تکنیکی به صورت نسبت مجموع موزون خروجی بر روی مجموع موزون ورودی‌ها تعریف می‌شود. این وزن‌ها برای هر واحد $j = 1, \dots, n$ طوری تعیین می‌شود که مقدار TE_k ماکسیمم شود و برای هر واحد وزن‌های مخصوص به خود تعیین می‌شوند.

برای این هدف، ابتدا فرض کنید که همه وزن‌های ورودی‌ها و خروجی‌ها نامنفی هستند و برای جلوگیری از بینهایت شدن کارایی تکنیکی بعضی از واحدها و به علت فرض قبلی، فرض بر این است که کارایی واحدها بیشتر از یک نشود، بنا بر این؛ داریم:

$$\begin{aligned} & \text{Max } TE_k = \frac{u_1 y_{1k} + \dots + u_s y_{sk}}{v_1 x_{1k} + \dots + v_m x_{mk}} \\ & \text{s.t.} \frac{u_1 y_{1j} + \dots + u_s y_{sj}}{v_1 x_{1j} + \dots + v_m x_{mj}} \leq 1 \quad j = 1, 2, \dots, n \\ & v_1, v_2, \dots, v_m \geq 0, u_1, u_2, \dots, u_s \geq 0 \end{aligned}$$



شکل ۲. ورودی و خروجی‌های واحدهای استانی سازمان انتقال خون

۲.۲ تحلیل مؤلفه اصلی

بانک‌های اطلاعاتی بزرگ در بسیاری از سیستم‌ها وجود دارند. به وجود چنین بانک‌های اطلاعاتی تکنیک‌هایی مورد نیاز است تا ابعاد این داده‌ها را با روش موجهی کاهش دهد. بسیاری از این روش‌ها برای این منظور توسعه داده شده‌اند، اما روش تحلیل مؤلفه اصلی یکی از قدیمی‌ترین و پرکاربردترین روش‌ها است. طرح این تکنیک برای کاهش ابعاد مسئله ساده است و در آن تغییرپذیری تا حد بسیار زیادی در نظر گرفته می‌شود [۱۶].

پیشینه اولیه تکنیک تحلیل مؤلفه اصلی از [۱۷، ۱۸] است. اما در دهه‌های بعدی کامپیوترهای الکترونیکی برای محاسبه این تکنیک در داده‌های حجیم استفاده شدند. از آن‌جا که تغییرات زیادی در رویکردهای این تکنیک وجود دارد کتاب‌های متعددی در این موضوع نوشته شده‌اند از جمله در رابطه این که حتی تغییرات تحلیل مؤلفه اصلی انواع داده‌های مخصوص نیز تالیف شده‌اند [۲۰، ۲۱].

۳ نتایج

در این تحقیق برای محاسبه کارایی، تعیین واحدهای ناکارا و نهایتاً کارا نمودن واحدهای ناکارا سازمان انتقال خون گام‌های زیر پیشنهاد می‌شود:

□ گام اول: تعریف متغیرهای ورودی و خروجی و گردآوری داده.

فرم مدل مضربی مدل CCR خروجی-محور به صورت

$$\begin{aligned} \text{Min} \quad & \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} = 1 \\ & \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \geq 0, \quad j = 1, \dots, n \end{aligned}$$

$$u_r, v_i \geq 0; \forall i, j : i = 1, \dots, m, r = 1, \dots, s$$

است و فرم پوششی مدل CCR خروجی-محور به صورت

$$\begin{aligned} \varphi^* = \max \quad & \varphi \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq x_{i0} \quad (i = 1, \dots, m) \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq \varphi y_{r0} \quad (r = 1, \dots, s) \\ & \lambda_j \geq 0 \quad (j = 1, \dots, n) \end{aligned}$$

است. هدف این مدل کسب بیشترین مقدار خروجی است. در این مدل $\varphi^* \geq 1$ است و $\frac{1}{\varphi^*}$ میزان کارایی را نشان می‌دهد [۱]. از آن‌جایی که هدف تحلیل مؤلفه اصلی تمرکز بر اهمیت ورودی‌ها است، بررسی این مسئله که با تغییر کدام ورودی‌ها می‌توان همان مقدار خروجی را تولید کرد، حائز اهمیت است در نتیجه در این پژوهش از فرم پوششی مدل CCR خروجی محور استفاده شده است.

خون‌گیری، مساحت مراکز انتقال خون و نوع محصولات خونی در هر کدام از واحدهای استانی مربوط می‌شود. در شکل ۳ استان‌های مختلف ایران کدگذاری شده‌اند.

در جداول ۱ و ۲ به ترتیب مقادیر ورودی‌ها و خروجی‌های واحدهای استانی سازمان انتقال خون نشان داده شده است. این مقادیر برای دو دوره متوالی هستند.

گام دوم: محاسبه کارایی واحدهای استانی با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها و تعیین واحدهای ناکارا:

در این مقاله از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها که در [۹] آمده است، استفاده می‌گردد. این تکنیک از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی خطی استفاده می‌کند که نمودار پارتو مرتبط با کارایی هر کدام از واحدهای استانی سازمان انتقال خون را در نظر می‌گیرد [۹، ۲۲]. در این تحقیق متغیرهای ورودی از جنس تسهیلات و جمعیت و متغیرهای خروجی محصولات مختلف خونی هستند. مشخصاً ۶ ورودی و ۳ خروجی ۶ ترکیب مختلف ممکن را برای واحدهای استانی این مقاله تشکیل می‌دهند. مهم‌ترین فایده استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها عدم نیاز به مشخصات تکنولوژی تولید محصولات خون بوده و از مفروضات تصادفی اجتناب می‌کند.

□ **گام دوم:** محاسبه کارایی واحدهای استانی با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها و تعیین واحدهای ناکارای سازمان انتقال خون.

□ **گام سوم:** تعیین اهمیت متغیرهای ورودی با استفاده از تکنیک تحلیل مؤلفه اصلی.

□ **گام چهارم:** تعریف سناریوهای مختلف برای کارا نمودن واحدهای ناکارای سازمان انتقال خون.

گام اول: تعریف متغیرهای ورودی و خروجی و گردآوری داده: بر اساس ساختار سازمان انتقال خون مراکز انتقال خون (باعنوان پایگاه‌های انتقال خون) که دارای فرایند کاملی از تولید و توزیع خون هستند در مراکز استان‌ها هستند. لذا اطلاعات لازم در این مراکز قابل دسترس هستند. در شکل ۲ ورودی‌ها و خروجی‌های واحدهای استانی سازمان انتقال خون نشان داده شده است. در این شکل ورودی‌ها و خروجی‌ها به ترتیب با (I1) تا (I6) و (O1) تا (O3) نام‌گذاری شده‌اند. داده‌های گردآوری شده مربوط به سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۵ هستند که از بانک اطلاعاتی سازمان انتقال خون استخراج شده‌اند. این داده‌ها عمدتاً به تعداد مراکز مختلف گردآوری خون، تعداد تخت‌های



شکل ۳. کدگذاری استان‌های ایران

۲ یا تعداد مرکز ثابت خون گیری را از ۵ به ۳ تقلیل داد.

۴ یافته‌ها

سازمان انتقال خون ایران از توسعه واحدهای استانی ذی ربط سودمند می‌شود. واحدهای استانی نیز طبق ساختار سازمان انتقال خون ایران می‌توانند با تعریف تسهیلات مختلف گردآوری خون نیاز بیمارستان‌ها و مراکز درمانی را تأمین کنند. کاهش یا افزایش تعداد مراکز تهیه و فرآوری، مراکز ثابت خون گیری و تیم‌های سیاری از ابزارهایی است که برای برآورد تقاضا در واحدهای استانی مورد توجه قرار می‌گیرد. با وجود اهمیت تعداد مراکز تهیه و فرآوری، مراکز ثابت خون گیری و تیم‌های سیاری در فرایندهای مختلف (گردآوری و توزیع خون)، تا کنون مقالات و تحقیقاتی دانشگاهی اندکی در این خصوص ارائه شده است. لذا در این مقاله سعی شده است با تعریف دقیقی از ساختار گردآوری و توزیع خون اهمیت هر کدام از تسهیلات با ابزار تحلیل مؤلفه اصلی مشخص گردد. علاوه بر این در خصوص محاسبه کارایی، موضوع اکثر تحقیقات صورت گرفته بر روی متغیرهای مانند تخصیص میزان بودجه و جمعیت محدوده ارائه خدمت متمرکز شده است. در نتیجه به‌عنوان نوآوری در تحقیق صورت گرفته، تعداد مراکز مختلف گردآوری خون مورد توجه قرار گرفته است. جهت نشان دادن اهمیت این موضوع، تأثیر تعداد مراکز گردآوری خون در کارایی واحدهای استانی سازمان انتقال خون بررسی شده است. استفاده از تلفیق تکنیک‌های تحلیل پوششی داده‌ها و تحلیل مؤلفه‌های اصلی در محاسبه کارایی واحدهای استانی سازمان انتقال خون نشان می‌دهد که به کارگیری مراکز مختلف گردآوری خون به شدت بر روی میزان کارایی این واحدها مؤثر است. استفاده همزمان از این تکنیک‌ها، درک مناسب‌تری از کاربرد تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها ارائه می‌کند [۴]. نتایج نشان می‌دهند سایر متغیرهای تعریف شده در محاسبه کارایی، همانند تعداد مراکز گردآوری خون در کارایی واحدهای استانی تأثیرگذار نیستند. لذا برای ارتقای بهره‌وری باید تعداد تخصیص این مراکز به واحدهای استانی مدیریت گردد.

با این حال این تکنیک به داده‌های خارج از محدوده و تعداد ورودی‌ها حساس است. برای پیاده‌سازی و محاسبات تحلیل پوششی داده‌ها از نرم‌افزار GAMS استفاده شده است. جدول ۳ کارایی واحدهای استانی سازمان انتقال خون را در دو دوره نشان می‌دهد. با توجه به داده‌های جدول می‌توان گفته که از ۳۱ واحد استانی فقط ۹ استان ناکارا هستند.

گام سوم: تعیین اهمیت عوامل ورودی با استفاده از تکنیک تحلیل مؤلفه اصلی:

همان‌طور که پیش‌تر اشاره شده، برای استفاده کامل از تحلیل پوششی داده‌ها، تکنیک تحلیل مؤلفه اصلی به کار گرفته شده است.

تحلیل مؤلفه‌های اصلی یکی از روش‌های کلاسیک چندمتغیره که ابتدا به وسیله [۲۳] به‌عنوان وسیله‌ای برای برآورد صفحات از طریق حد اقل مربعات متعامد معرفی شد و سپس به‌طور مستقل [۲۴] به‌منظور تحلیل ساختارهای ماتریس‌های واریانس - کواریانس و ضریب همبستگی توسعه داده شد. همانند بسیاری از روش‌های چندمتغیره تا قبل از اختراع رایانه‌ها به دلیل پیچیدگی در محاسبات به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده واقع نشد. ولی بعد از آن از دیدگاه تئوری و کاربرد به‌طور وسیعی توسعه پیدا کرده و استفاده شد.

نتایج حاصل از تکنیک تحلیل مؤلفه اصلی در جدول ۴ نشان داده شده است. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهند، ۸۶/۴٪ تأثیر مربوط به ورودی‌های اول و دوم و سوم هستند. اهمیت ورودی اول در تعیین کارایی ۴۶/۵٪، ورودی دوم، ۴۴/۲٪ و ورودی سوم ۳۷/۴٪ است. بنا بر این ورودی‌های چهارم، پنجم و ششم تأثیر چندانی در میزان کارایی واحدهای استانی ندارند.

گام چهارم: تعریف سناریوهای مختلف برای کارا نمودن واحدهای ناکارا:

برای کارا نمودن واحدهای استانی ناکارای سازمان انتقال خون بر طبق ورودی‌های اول، دوم و سوم می‌توان سناریوهای مختلفی تعریف نمود. در جدول ۵ بر اساس کاهش این ورودی‌ها، واحدهای ناکارا می‌توانند کارا گردند. به‌طور مثال برای کارا نمودن واحد P2 می‌توان تعداد مراکز تهیه و فرآوری را از ۱ به

جدول ۱. ورودی‌های واحدهای استانی سازمان انتقال خون

دوره دوم: ۲۱ مارس ۲۰۱۴ تا ۲۰ فوریه ۲۰۱۵						دوره اول: ۲۱ مارس ۲۰۱۳ تا ۲۰ فوریه ۲۰۱۴						کد استان‌ها	نام استان‌ها
I۶	I۵	I۴	I۳	I۲	I۱	I۶	I۵	I۴	I۳	I۲	I۱		
۴۱۴۵	۹۴	۸۵,۲۷	۲	۱	۲	۴۱۴۵	۸۵	۸۱,۶	۲	۱	۲	P۱	آذربایجان شرقی
۳۷۰۸	۱۰۶	۸۶,۰۰	۵	۱	۲	۳۷۰۸	۹۵	۸۲,۳۶	۵	۱	۲	P۲	آذربایجان غربی
۲۹۴۸	۲۰	۷۳,۱۹	۰	۱	۳	۲۹۴۸	۱۸	۷۰,۱۷	۰	۱	۳	P۳	اردبیل
۷۱۸۲	۸۳	۴۷,۵۵	۷	۳	۴	۷۱۸۲	۷۵	۵۳,۹۷	۷	۳	۴	P۴	اصفهان
۱۸۵۷	۴۱	۴۳۱,۸۷	۳	۲	۰	۱۸۵۷	۳۷	۴۱۳,۶۸	۳	۲	۰	P۵	البرز
۱۲۲۱	۱۶	۲۸,۸۴	۰	۱	۰	۱۲۲۱	۱۴	۲۷,۷۲	۰	۱	۰	P۶	ایلام
۲۴۵۰	۳۲	۳۸,۸۸	۲	۱	۲	۲۴۵۰	۲۹	۳۷,۳۶	۲	۱	۲	P۷	بوشهر
۱۱۷۳۶	۱۸۴	۹۷۹,۹۷	۳	۲	۰	۱۱۷۳۶	۱۶۶	۹۳۸,۶	۳	۲	۰	P۸	تهران
۲۴۴۹	۳۳	۵۷,۱۸	۱	۰	۱	۲۴۴۹	۳۰	۵۴,۸۶	۱	۰	۱	P۹	چهارمحال و بختیاری
۳۴۶۵	۷۹	۴,۹۱	۳	۱	۱	۳۴۶۵	۷۱	۴,۷۱	۳	۱	۱	P۱۰	خراسان جنوبی
۷۳۹۱	۱۳۵	۴۸,۵۶	۹	۲	۵	۷۳۹۱	۱۲۲	۴۶,۴۹	۹	۲	۵	P۱۱	خراسان رضوی
۱۶۵۰	۲۲	۳۱,۷۴	۰	۱	۰	۱۶۵۰	۲۰	۳۰,۵۳	۰	۱	۰	P۱۲	خراسان شمالی
۹۶۹۴	۱۰۷	۷۳,۸۸	۴	۶	۶	۹۶۹۴	۹۶	۷۰,۷۵	۴	۶	۶	P۱۳	خوزستان
۲۵۰۰	۱۵	۴۸,۶۶	۰	۰	۱	۲۵۰۰	۱۴	۴۶,۶۶	۰	۰	۱	P۱۴	زنجان
۵۹۴۰	۳۲	۶,۷۶	۲	۰	۲	۵۹۴۰	۲۹	۶,۴۸	۲	۰	۲	P۱۵	سمنان
۴۶۸۲	۱۰۸	۱۴,۶۳	۱	۵	۴	۴۶۸۲	۹۷	۱۴,۰۳	۱	۵	۴	P۱۶	سیستان و بلوچستان
۱۰۰۶۳	۱۴۰	۳۹,۱۷	۵	۶	۶	۱۰۰۶۳	۱۲۶	۳۷,۴۹	۵	۶	۶	P۱۷	فارس
۱۳۸۱۵	۱۷	۸۰,۶۶	۰	۰	۲	۱۳۸۱۵	۱۵	۷۷,۲۱	۰	۰	۲	P۱۸	قزوین
۲۶۲۰	۲۱	۱۰۴,۱۷	۱	۰	۰	۲۶۲۰	۱۹	۹۹,۹۵	۱	۰	۰	P۱۹	قم
۲۱۷۸	۲۲	۵۳,۶۰	۱	۱	۰	۲۱۷۸	۲۰	۵۱,۲۸	۱	۱	۰	P۲۰	کردستان
۹۷۸۴	۱۲۷	۱۶,۸۸	۰	۳	۶	۹۷۸۴	۱۱۴	۱۶,۱۷	۰	۳	۶	P۲۱	کرمان
۳۶۰۰	۵۸	۸۱,۳۱	۱	۲	۱	۳۶۰۰	۵۲	۷۷,۸۵	۱	۲	۱	P۲۲	کرمانشاه
۱۱۰۷	۲۲	۴۴,۵۴	۲	۰	۰	۱۱۰۷	۲۰	۴۲,۵۱	۲	۰	۰	P۲۳	کهگیلویه و بویراحمد
۴۱۸۹	۵۴	۹۰,۹۳	۳	۳	۲	۴۱۸۹	۴۹	۸۷,۳	۳	۳	۲	P۲۴	گلستان
۵۸۱۷	۷۸	۱۸۴,۴۳	۳	۴	۶	۵۸۱۷	۷۰	۱۷۶,۶۸	۳	۴	۶	P۲۵	گیلان
۳۲۷۸	۸۰	۶۴,۶۲	۳	۱	۲	۳۲۷۸	۷۲	۶۲,۰۳	۳	۱	۲	P۲۶	لرستان
۸۳۹۸	۱۵۳	۱۳۴,۶۲	۷	۳	۶	۸۳۹۸	۱۳۸	۱۲۸,۹۳	۷	۳	۶	P۲۷	مازندران
۳۵۸۵	۴۸	۵۰,۶۵	۵	۰	۱	۳۵۸۵	۴۳	۴۸,۵۵	۵	۰	۱	P۲۸	مرکزی
۲۶۸۳	۷۶	۲۳,۲۲	۲	۳	۲	۲۶۸۳	۶۸	۲۲,۲۵	۲	۳	۲	P۲۹	هرمزگان
۲۰۹۶	۴۳	۹۴,۸۱	۰	۱	۱	۲۰۹۶	۳۹	۹۰,۸۲	۰	۱	۱	P۳۰	همدان
۴۹۶۰	۶۵	۱۵,۱۸	۲	۲	۱	۴۹۶۰	۵۹	۱۴,۵۴	۲	۲	۱	P۳۱	یزد

جدول ۲. خروجی‌های واحدهای استانی سازمان انتقال خون

واحدهای استانی سازمان انتقال خون	دوره اول: ۲۱ مارس ۲۰۱۳ تا ۲۰ فوریه ۲۰۱۴			دوره دوم: ۲۱ مارس ۲۰۱۴ تا ۲۰ فوریه ۲۰۱۵		
	O1	O2	O3	O1	O2	O3
P1	۷۸۴۱۹	۴۳۷۷۲	۳۵۸۶۸	۸۱۲۴۰	۴۵۵۶۵	۳۶۴۳۳
P2	۵۵۵۲۰	۱۵۴۷۹	۱۶۴۱۸	۵۸۷۵۳	۱۷۲۹۳	۱۸۸۳۰
P3	۲۳۲۴۸	۷۸۸۰	۱۱۳۱۱	۲۱۳۷۹	۹۰۴۲	۹۷۷۵
P4	۱۱۷۴۰۴	۵۱۸۱۶	۵۶۲۲۰	۱۱۸۹۹۷	۵۲۱۸۵	۶۳۲۲۷
P5	۲۹۰۰۷	۸۱۲۳	۳۹۸۱	۲۷۶۲۵	۷۵۶۶	۴۸۸۳
P6	۹۶۶۱	۲۵۶۹	۲۱۰۲	۹۷۰۳	۲۸۴۰	۲۰۰۲
P7	۲۶۳۲۵	۶۳۷۲	۶۸۰۰	۲۶۹۶۰	۷۶۴۷	۶۳۷۱
P8	۳۸۲۸۷۱	۱۷۶۲۶۷	۲۴۹۱۲۷	۳۸۴۸۰۱	۱۷۸۴۹۷	۲۵۷۳۱۷
P9	۱۵۴۶۰	۸۱۳۴	۷۵۲۱	۱۵۳۶۹	۸۶۷۱	۶۶۴۰
P10	۹۹۴۹	۳۰۵۵	۴۳۷۳	۹۴۴۰	۲۸۲۱	۳۲۳۲
P11	۱۲۳۲۶۲	۴۷۸۹۶	۴۷۰۳۴	۱۳۱۳۲۲	۵۰۶۵۴	۵۸۷۴۰
P12	۱۰۸۵۰	۴۰۵۱	۴۷۳۱	۱۱۸۷۱	۵۸۹۳	۵۰۰۴
P13	۱۳۱۴۳۹	۳۳۰۹۰	۳۵۱۵۸	۱۵۱۷۰۸	۵۹۰۵۰	۴۳۵۱۱
P14	۱۸۰۱۱	۴۶۶۱	۱۳۴۵۲	۱۹۹۶۱	۵۹۷۴	۱۳۲۱۲
P15	۱۶۳۱۹	۶۰۳۳	۳۵۹۱	۱۵۵۷۸	۶۰۷۰	۴۴۶۴
P16	۸۰۹۳۳	۱۶۵۸۹	۱۴۳۱۸	۸۴۹۲۶	۱۸۹۵۰	۱۴۵۶۷
P17	۱۵۳۷۲۱	۷۵۹۹۵	۹۶۳۰۴	۱۴۹۷۲۸	۷۲۲۲۴	۹۸۵۹۷
P18	۲۰۴۸۶	۶۸۰۳	۹۷۷۷	۲۱۸۳۰	۸۴۵۴	۱۲۰۴۲
P19	۲۴۸۳۸	۱۵۸۲۸	۱۱۷۶۰	۲۴۳۶۹	۱۲۴۵۰	۱۱۶۹۹
P20	۲۰۶۹۴	۱۱۵۷۸	۷۰۸۸	۲۲۹۴۰	۱۳۴۵۳	۹۹۹۱
P21	۳۶۵۸۴	۱۴۹۳۶	۲۲۶۴۱	۵۹۳۱۵	۲۰۹۴۰	۲۶۴۰۶
P22	۴۱۴۰۲	۱۷۷۴۴	۳۴۶۳۹	۴۴۴۳۶	۱۷۸۸۲	۳۴۸۳۳
P23	۱۲۱۵۶	۳۱۸۵	۴۶۴۹	۱۲۸۹۰	۲۹۹۳	۳۹۰۵
P24	۴۳۳۷۲	۱۰۹۶۱	۱۱۲۰۹	۴۵۳۲۱	۱۲۴۹۳	۱۳۵۸۱
P25	۷۰۱۴۷	۷۷۹۷	۱۶۶۶۲	۷۲۸۶۷	۹۵۲۴	۱۵۹۶۳
P26	۲۵۳۸۲	۹۶۶۷	۱۱۰۰۱	۲۶۱۲۸	۹۷۳۱	۱۱۴۱۲
P27	۱۱۶۸۹۱	۲۱۴۳۹	۳۳۰۸۴	۱۲۳۲۵۴	۱۸۹۱۱	۳۴۴۵۹
P28	۲۱۵۹۴	۱۱۵۷۵	۱۲۶۵۵	۲۶۷۵۳	۱۴۱۱۱	۱۴۶۳۳
P29	۵۶۶۸۴	۱۷۶۳۱	۱۹۶۶۹	۵۹۳۴۳	۲۸۸۸۱	۲۰۲۳۸
P30	۳۰۴۷۶	۱۶۷۰۵	۱۷۹۷۷	۳۱۴۰۰	۱۷۵۳۰	۲۰۹۰۵
P31	۳۳۰۹۴	۷۳۰۹	۱۸۰۰۶	۳۳۳۰۶	۹۵۲۰	۱۸۳۰۳

جدول ۳. کارایی واحدهای استانی در دو دوره متوالی

واحدهای استانی	کارایی در دوره اول	کارایی در دوره دوم
P _۱	۱	۱
P _۲	۰/۷۴۰۵	۰/۷۵۰۶
P _۳	۱	۱
P _۴	۱	۱
P _۵	۰/۴۷۸۸	۰/۴۵۳۷
P _۶	۱	۱
P _۷	۰/۵۹۳۷	۰/۵۹۳۳
P _۸	۱	۱
P _۹	۰/۹۰۵۳	۱
P _{۱۰}	۰/۴۶۴۸	۰/۴۳۹۹
P _{۱۱}	۱	۱
P _{۱۲}	۱	۱
P _{۱۳}	۱	۱
P _{۱۴}	۱	۱
P _{۱۵}	۱	۱
P _{۱۶}	۱	۱
P _{۱۷}	۱	۱
P _{۱۸}	۱	۱
P _{۱۹}	۱	۱
P _{۲۰}	۱	۱
P _{۲۱}	۱	۱
P _{۲۲}	۱	۰/۹۸۸۷
P _{۲۳}	۱	۱
P _{۲۴}	۰/۵۳۶۷	۰/۵۴۸۵
P _{۲۵}	۰/۵۷۷۴	۰/۵۷۸۷
P _{۲۶}	۰/۳۹۶۳	۰/۳۹۰۶
P _{۲۷}	۰/۷۵۰۴	۰/۷۶۰۸
P _{۲۸}	۱	۱
P _{۲۹}	۱	۱
P _{۳۰}	۱	۱
P _{۳۱}	۱	۱

جدول ۴. نتایج حاصل از تکنیک تحلیل مؤلفه اصلی

مقادیر ویژه	۳/۲۰۷۶	۱/۲۵۳۸	۰/۷۲۴۳	۰/۴۹۹۱	۰/۱۸۸۷	۰/۱۲۶۶
نسبت اهمیت	۰/۵۳۵	۰/۲۰۹	۰/۱۲۱	۰/۰۸۳	۰/۰۳۱	۰/۰۲۱
اهمیت تجمعی	۰/۵۳۵	۰/۷۴۴	۰/۸۶۴	۰/۹۴۷	۰/۹۷۹	۱/۰۰۰
متغیر	<i>PC</i> ۱	<i>PC</i> ۲	<i>PC</i> ۳	<i>PC</i> ۴	<i>PC</i> ۵	<i>PC</i> ۶
<i>C</i> ۱	۰/۴۶۵	-۰/۴۱۱	-۰/۱۴۸	-۰/۱۱۰	۰/۰۴۹	۰/۷۶۱
<i>C</i> ۲	۰/۴۴۲	-۰/۲۱۹	-۰/۳۰۰	۰/۶۴۴	-۰/۳۷۹	-۰/۳۲۹
<i>C</i> ۳	۰/۳۷۴	-۰/۰۲۷	۰/۸۴۶	-۰/۱۱۷	-۰/۳۵۲	-۰/۰۷۳
<i>C</i> ۴	۰/۱۳۵	۰/۸۳۸	-۰/۰۶۸	۰/۲۲۵	-۰/۲۴۳	۰/۴۰۶
<i>C</i> ۵	۰/۴۹۹	۰/۲۱۳	۰/۱۲۱	۰/۱۵۴	۰/۷۹۴	-۰/۱۹۵
<i>C</i> ۶	۰/۴۲۶	۰/۱۸۵	-۰/۳۹۱	۰/۶۹۷	-۰/۲۰۲	-۰/۳۲۴

جدول ۵. سناریوهای مختلف برای کارا نمودن واحدهای ناکارای سازمان انتقال خون

واحدهای استانی ناکارا	تعداد مراکز تهیه و فرآوری	تعداد تیم‌های سیار	تعداد مراکز ثابت خون‌گیری
<i>P</i> ۲	۲→۱	-	۵→۳
<i>P</i> ۵	-	۲→۱	۳→۲
<i>P</i> ۷	۲→۱	-	۲→۱
<i>P</i> ۹	۱→۰	-	۱→۱
<i>P</i> ۹	۱→۰	-	۳→۱
<i>P</i> ۱۰	۱→۰	-	۳→۱
<i>P</i> ۲۲	۱→۰	۲→۱	۱→۰
<i>P</i> ۲۴	۲→۱	۳→۲	۳→۲
<i>P</i> ۲۵	۶→۴	۴→۲	۳→۱
<i>P</i> ۲۶	۲→۱	-	۳→۲
<i>P</i> ۲۷	۶→۴	۳→۱	۷→۵

مراجع

- [۱] مهرگان، محمدرضا (۱۳۸۷). مدل‌های کمی ارزیابی عملکرد سازمان‌ها (تحلیل پوششی داده‌ها). انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- [2] Omidkhoda, A., Amini Kafi-Abad, S., Pourfatollah, A.A., Maghsudlu, M. (2016). Blood collection, components preparation and distribution in Iran, 2008–2012, *Transfusion and Apheresis Science*, **54(1)**, 117–121.
- [3] Chegini, A., Torab, S.A., Pourfatollah, A.A. (2017). A successful experience of the Iranian blood transfusion organization in improving accessibility and affordability of plasma derived medicine, *Transfusion and Apheresis Science*, **56(1)**, 12-16.
- [4] Pereira, A. (2006). Economies of scale in blood banking: a study based on data envelopment analysis, *Vox Sanguinis*, **90(4)**, 308–315.
- [5] Fukunaga, K. (2013). *Introduction to Statistical Pattern Recognition*. Academic press.
- [6] AlMaian, R.Y., Needy, K.L., Walsh, K.D., da, T., Alves, C.L., Scala, N.M. (2016). Analyzing supplier quality management practices in the construction industry, *Quality Engineering*, **28(2)**, 175–183.
- [7] Hollingsworth, B., Dawson, P.J., Maniadakis, N. (1999). Efficiency measurement of health care: a review of non-parametric methods and applications, *Health Care Management Science*, **2(3)**, 161–172.
- [8] Pitocco, C., Sexton, T.R. (2005). Alleviating blood shortages in a resource-constrained environment, *Transfusion and Apheresis Science*, **45(7)**, 1118–1126.
- [9] Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units, *European Journal Operational Research*, **2(6)**, 429–444.
- [10] Cook, W. D., Tone, K. and Zhu, J. (2014). Data envelopment analysis: Prior to choosing a model, *Omega*, **44**, 1–4.
- [11] Cook, W. D. and Zhu, J. (2007). Classifying inputs and outputs in data envelopment analysis. *European Journal Operational Research*, **180(2)**, 692–699.
- [12] Charnes, A., Cooper, W. W., Lewin, A. Y. and Seiford, L. M. (2013). *Data envelopment analysis: Theory, methodology and applications*, Springer Science and Business Media.
- [13] Mitropoulos, P., Talias, M. A. and Mitropoulos, I. (2015). Combining stochastic DEA with Bayesian analysis to obtain statistical properties of the efficiency scores: An application to Greek public hospitals, *European Journal Operational Research*, **243(1)**, 302–311.
- [14] Charnes, A. and Cooper, W. W. (1957). *Management Science*, **4(1)**, 38–91.

- [15] Veihola, M., Aroviita, P., Linna, M., Sintonen, H. and Kekomäki R. (2006). International comparison of the technical efficiency of component preparation, *Transfusion*, **46(12)**, 2109–2114.
- [16] Jolliffe, I. T. and Cadima, J. (2016). Principal component analysis: a review and recent developments, *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, **374(2065)**, 2015-2020.
- [17] Pearson, K. (1901). LIII On lines and planes of closest fit to systems of points in space, *Philosophical Magazine Series 6*, **2(11)**, 559–572.
- [18] Hotelling, H. (1933). Analysis of a complex of statistical variables into principal components, *Journal of Educational Psychology*, **24(6)**, 417.
- [19] Jackson, J. E. (2005). *A User's Guide to Principal Components*, John Wiley and Sons.
- [20] Flury, B. (1988). *Common principal components and related multivariate models*, John Wiley and Sons.
- [21] Diamantaras K. I. and Kung S. Y. (1996). *Principal Component Neural Networks: Theory and Applications*, John Wiley and Sons.
- [22] Martins-Filho, C. and Yao, F. (2008). A smooth nonparametric conditional quantile frontier estimator, *Journal of Econometrics*, **143(2)**, 317–333.
- [23] Pearson, K. LIII. (1901). *On Lines and Planes of Closest Fit to Systems of Points in Space*, The London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science.
- [24] Hotelling, H. (1933). *Analysis of a Complex of Statistical Variables into Principal Components*, Journal of Educational Psychology.