

Original Article

Resources and expenditures management in the field of medical supplies using K-means clustering algorithm: A case study

Fatemeh Ghaderi¹ , Behrouz Moradhasel² 

¹ BioMedical Engineering Expert, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.

² Master of BioMedical Engineering, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.

ARTICLE INFO

Corresponding Author:
Behrouz Moradhasel
e-mail addresses:
bzmoradhasel@gmail.com

Received: 05/Nov/2020
Modified: 09/Dec/2020
Accepted: 19/Dec/2020
Available online: 11/Jan/2021

Keywords:

Resource Management
Health System
Consumable Medical Equipment
Medical Supplies
Clustering
K-means

ABSTRACT

Introduction: One of the main concerns of health system managers has always been to control and reduce health care costs. Optimal use of health center resources to maintain and improve services requires cost analysis and application of the results obtained in the process of supply and consumption of required items. The purpose of this study was to extract a suitable model for managing the costs of medical supplies in health centers.

Methods: This is an applied research and the used descriptive research method was cross-sectional. The annual purchase cost of medical supplies of health centers of Hamadan University of Medical Sciences was extracted from the hospital information system and after processing, the results were analyzed using the experiences of researchers and the criteria for medical equipment of the country. The K-means algorithm in the Rapidminer software (version 9.6) environment was used for the data clustering.

Results: The annual purchase costs of medical supplies were clustered into nine categories based on the unit and total purchase price using the K-means, and then based on the analysis of each category, cost management strategies such as price reduction through centralized purchasing, concluding contracts with authorized suppliers, careful monitoring and control of consumption, and concluding a memorandum of understanding with other medical centers for the exchange of surplus or required goods were presented.

Conclusion: Cost analysis of medical supplies based on price, purchase, and consumption in a given period of time using clustering algorithm provides valuable information for resources and expenditures management of the health system managers and leads to maintaining, continuing, and improving the level of services of health centers.

مدیریت منابع و مصارف در حوزه ملزومات پزشکی با استفاده از الگوریتم خوشه‌بندی کی میانگین: مطالعه موردی

فاطمه قادری^۱، بهروز مرادحاصل^{۲*}

^۱ کارشناس مهندسی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.
^۲ کارشناس ارشد مهندسی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

اطلاعات مقاله

نویسنده مسئول:

بهروز مرادحاصل

رایانامه:

bzmoradhasel@gmail.com

وصول مقاله: ۹۹/۰۸/۱۵

اصلاح نهایی: ۹۹/۰۹/۱۹

پذیرش نهایی: ۹۹/۰۹/۲۹

انتشار آنلاین: ۹۹/۱۰/۲۲

واژه‌های کلیدی:

مدیریت منابع

نظام سلامت

تجهیزات پزشکی مصرفی

ملزومات پزشکی

کی میانگین

چکیده

مقدمه: همواره یکی از دغدغه‌های اصلی مدیران نظام سلامت، کنترل و کاهش هزینه‌های بهداشتی و درمان بوده است. استفاده بهینه از منابع مراکز بهداشتی و درمانی جهت حفظ و ارتقای خدمات، مستلزم تحلیل هزینه‌ها و به‌کارگیری نتایج به‌دست‌آمده در فرآیند تأمین و مصرف اقلام موردنیاز است. هدف این مطالعه استخراج الگویی مناسب جهت مدیریت هزینه‌های ملزومات پزشکی در مراکز بهداشتی و درمانی است.

روش‌ها: این پژوهش از نوع کاربردی و به روش توصیفی است که به‌صورت مقطعی انجام شد. هزینه خرید سالیانه ملزومات پزشکی مراکز درمانی دانشگاه علوم پزشکی همدان از سیستم اطلاعات بیمارستانی استخراج و پس از پردازش، نتایج با بهره‌گیری از تجربیات محققین و ضوابط تجهیزات پزشکی کشور تحلیل گردید. برای خوشه‌بندی داده‌ها از الگوریتم K-means در محیط نرم‌افزاری Rapidminer 9.6 استفاده شد.

یافته‌ها: هزینه‌های خرید سالیانه ملزومات پزشکی بر مبنای قیمت خرید واحد و کل به روش K-means به ۴ دسته خوشه‌بندی شد و سپس بر اساس تحلیل هر یک از طبقات، راهکارهایی جهت مدیریت هزینه از جمله کاهش قیمت از طریق خرید متمرکز، عقد قرارداد با تأمین‌کنندگان مجاز، نظارت و کنترل دقیق مصرف و عقد تفاهم‌نامه با سایر مراکز درمانی جهت تبادل کالای مازاد یا موردنیاز ارائه گردید.

نتیجه‌گیری: تحلیل هزینه کرد حوزه ملزومات پزشکی بر مبنای قیمت، میزان خرید و مصرف در یک بازه زمانی معین با استفاده از الگوریتم خوشه‌بندی، اطلاعات ارزشمندی را جهت مدیریت منابع و مصارف در اختیار مدیران نظام سلامت قرار می‌دهد و منجر به حفظ، تداوم و ارتقاء سطح خدمات مراکز بهداشتی و درمانی می‌گردد.

واقعی، اطلاعات مناسبی را در اختیار مدیران بیمارستان‌ها و برنامه ریزان عرصه سلامت قرار دهد. [۹] امروزه در دنیای بسیار پیچیده، با فناوری‌های نوین و رقابتی شدن سازمان‌ها، پایداری مالی بیمارستان‌ها تنها با در اختیار داشتن به هنگام داروها و وسایل پزشکی کافی، باکیفیت و قیمت مناسب امکان‌پذیر است. [۱۰] این عامل موجب می‌شود که با رعایت اصول استفاده صحیح از داروها، ارقام پزشکی و مدیریت موجودی امکان خدمت‌رسانی به تعداد بیشتری از بیماران فراهم شود. ممکن است بیمارستان برای کم کردن هزینه‌ها، موجودی انبار را در کمترین میزان نگه دارد اما از سوی دیگر نمی‌تواند حداکثر خدمات موردنیاز را به بیماران ارائه نماید و کمبود دارو و ملزومات برای بیماران در شرایط بحرانی می‌تواند باعث ایجاد مشکلات جدی گردد. [۱۱] تجهیزات پزشکی موردنیاز بیماران شامل وسایل، تجهیزات، ابزار و لوازم پزشکی که ماهیت مصرفی دارند و برای یک‌بار استفاده طراحی گردیده‌اند ملزومات پزشکی نامیده می‌شود. [۱۲] تأمین ملزومات پزشکی و داروی موردنیاز بیماران از مهم‌ترین و هزینه‌برترین بخش‌های خدمات نظام سلامت است به همین دلیل مدیریت در خرید و مصرف هر یک، منجر به صرفه جویی و ذخیره منابع مالی مراکز ارائه‌دهنده خدمات سلامت می‌گردد. مطالعه هلم و همکاران [۱۳] در سال ۲۰۱۵ در یک بیمارستان ۱۵۰۰ تختخوابی نشان داد که تحلیل و کنترل موجودی و اقدامات احتیاطی، موجب صرفه‌جویی ۲۰ درصدی در هزینه خرید داروهای گران‌قیمت شده است. عوامل بسیاری از جمله دانش محدود در کنترل هزینه‌ها، عملکرد نامناسب در مدیریت تأمین و سیاست‌های مدیریتی سنتی موجب از دست رفتن سرمایه‌ها در این بخش می‌گردد. [۱۴، ۱۵] مدیرکل دفتر مدیریت بیمارستانی و تعالی خدمات بالینی وزارت بهداشت در سال ۱۳۹۷ اعلام کرده است حدود ۶ تا ۸ درصد هزینه‌های بیمارستان مربوط به تجهیزات مصرفی است و مدیریت این تجهیزات می‌تواند کاهش اتلاف منابع را تا حد زیادی به دنبال داشته باشد. [۱۶] به دلیل زیاد بودن ارقام موجودی در بسیاری از سازمان‌ها، توجه بسیاری به دسته‌بندی موجودی در طبقات مختلف شده

بیمارستان‌ها به‌عنوان بزرگ‌ترین و پرهزینه‌ترین واحد عملیاتی سیستم‌های بهداشتی و درمانی از اهمیت خاصی برخوردارند و حجم بسیاری از منابع بخش بهداشت و درمان را به خود اختصاص می‌دهند. [۱] امروزه، با پیشرفت در حوزه‌های مختلف پزشکی این سازمان‌ها به یک سیستم پیچیده و گران‌قیمت از نظر هزینه دارو و لوازم مصرفی تبدیل شده‌اند. [۲] از آنجا که دارو و تجهیزات پزشکی نقش بسزایی در بهبود کیفیت مراقبت سلامت دارد بخش قابل توجهی از این هزینه‌ها مشمول بخش بهداشت و درمان می‌شود. [۳] بر اساس گزارش سال ۲۰۱۵ میلادی سازمان جهانی بهداشت، متوسط جهانی سهم هزینه‌ها و خدمات بهداشتی از کل تولید ناخالص داخلی ۷/۷ درصد بوده است. به‌طوری‌که این رقم برای کشورهای با درآمد پایین ۵/۱ درصد، کشورهای با درآمد بالاتر از متوسط ۶ درصد و برای کشورهای پردرآمد ۱۱/۶ درصد است. در ایران ۶/۶ درصد از تولید ناخالص داخلی صرف امور بهداشتی و درمان شده است. [۴] همچنین، حدود یک‌سوم از بودجه سالیانه بیمارستان‌ها صرف خرید دارو و مصارف پزشکی می‌گردد. پس‌انداز ۱ تا ۲ درصد از هزینه‌ها می‌تواند منجر به افزایش قابل توجهی در بهره‌وری، سودآوری و عملکرد مالی بیمارستان گردد. [۵] افزایش بهره‌وری از امکانات مراکز درمانی و کاهش هزینه‌های درمانی یکی از اهداف استراتژیک بخش‌های بهداشت و درمان کشور است. [۶] افزایش سریع و روزافزون هزینه‌های بخش بهداشت و درمان به‌ویژه هزینه‌های بیمارستانی در سراسر جهان سبب گردیده تا متخصصان اقتصاد سلامت در تمامی کشورها در پی یافتن شیوه‌های جدیدی به‌منظور کاهش و کنترل هزینه‌ها باشند. [۷] پژوهش مرادحاصل و همکار در سال ۱۳۹۴ نشان داد که پیاده‌سازی صحیح مدیریت نگهداشت تجهیزات پزشکی باعث کاهش چشمگیر هزینه‌های خرید و تعمیرات تجهیزات می‌گردد. [۸] بنابراین، طراحی و اجرای یک سیستم هزینه‌یابی نوین می‌تواند علاوه بر شناسایی هزینه‌های

به نظر می‌رسد در زمینه دسته‌بندی و تحلیل هزینه‌های مرتبط با خرید و مصرف ملزومات پزشکی مراکز درمانی و بهداشتی پژوهشی انجام نشده است.

روش‌ها

مطالعه حاضر از نظر هدف کاربردی و روش پژوهش توصیفی بود که به صورت مقطعی انجام شد. ابتدا در مرحله جمع‌آوری داده، گزارشی از تعداد و هزینه خرید تجهیزات پزشکی مصرفی (ملزومات پزشکی) در طول یک سال از سیستم اطلاعات بیمارستانی در مراکز درمانی دانشگاه علوم پزشکی همدان با استفاده از اکسل استخراج شد. به سبب لزوم رعایت اصول محرمانگی در این پژوهش از انتشار اسامی مراکز تحت پوشش دانشگاه علوم پزشکی همدان خودداری شد. در این پژوهش ۳۶۷ نمونه به صورت تصادفی ساده انتخاب شد. پیش‌پردازش داده‌ها پس از جمع‌آوری آن‌ها انجام پذیرفت. ویژگی‌های از دست‌رفته، حذف و قالب‌اسامی و اعدادی که دارای سبک‌های مختلف نوشتاری بوده اصلاح شد. در مرحله آماده‌سازی، مجموعه داده‌ها با انتخاب ویژگی‌های مورد نظر مدل‌سازی گردید که در این پژوهش عبارت‌اند از نام ملزومات، هزینه خرید واحد و هزینه کل خرید اقلام در بازه زمانی معین بود. مرحله مدل‌سازی پژوهش حاضر با روش داده‌کاوی انجام شد که ابزار مدل‌سازی آن نرم‌افزار Rapidminer 9.6 بود و از الگوریتم خوشه‌بندی K-means برای طبقه‌بندی و تحلیل اطلاعات برای تفکیک ملزومات پزشکی در رده‌های مختلف هزینه استفاده شد. در مرحله ارزیابی، خوشه‌های حاصله با استفاده از روش داده‌کاوی الگوریتم پردازش و ارزیابی شد. در مرحله آخر گزارشی از دانش حاصل از ارزیابی فرآیند داده‌کاوی تدوین و استراتژی‌هایی برای نحوه مدیریت هزینه‌ها در هر طبقه از ملزومات پزشکی ارائه گردید. هدف از روش خوشه‌بندی آن است که داده‌های متفاوت در خوشه‌های مجزا قرار بگیرند. به طوری که داده‌های متعلق به یک خوشه نزدیک به یکدیگر هستند و از داده‌های متعلق به گروه‌های دیگر بسیار دور هستند. از معیارهای مختلف فاصله می‌توان برای ارزیابی

است که این امر نیازمند ابزارهای مدیریتی و سیاست‌های مختلفی است. [۱۷] با تشخیص و تخصیص کالاها در طبقات مختلف می‌توان گام مهمی در جهت کاهش هزینه‌های سازمان برداشت. [۱۸] روش‌های هزینه‌یابی به صورت کلی به دو دسته روش‌های هزینه‌یابی سنتی و مدرن تقسیم می‌شود. [۱۹] هزینه‌یابی مدرن به کمک علم داده‌کاوی تسهیل می‌گردد. داده‌کاوی به طور گسترده در حوزه‌های مختلف از جمله در حوزه سلامت استفاده می‌شود. [۲۰] داده‌کاوی به عنوان کشف دانش در بانک اطلاعات شناخته می‌شود و روندی برای به دست آوردن الگوهای کارآمد، جدید و مفید از مقادیر زیاد داده‌ها برای کمک به تصمیم‌گیری صحیح است. مدل‌های الگوریتم داده‌کاوی به دسته‌های طبقه‌بندی و پیش‌بینی، تحلیل و خوشه‌بندی، روابط همبستگی، الگوهای زمانی، تشخیص فاصله و سایر دسته‌ها تقسیم می‌شود. [۲۱] داده‌کاوی دانش و بینشی است که می‌تواند برای راهنمایی در انتخاب و کشف روش‌های درمانی، پشتیبانی از تصمیمات پزشکی و مدیریت بهداشت عمومی بکار رود. [۲۲] خوشه‌بندی یکی از محبوب‌ترین و پرکاربردترین روش‌های داده‌کاوی در چند سال اخیر است. [۲۳] اصطلاح خوشه‌بندی به طور کلی به روش تحقیق بر مبنای طبقه‌بندی اطلاعات اشاره دارد. امروزه خوشه‌بندی به ابزاری معتبر برای حل مشکلات پیچیده علم و آمار رایانه تبدیل شده است. به طور خاص این روش اغلب در داده‌کاوی استفاده می‌شود که برای یافتن الگوهای خاص از داده‌ها برای حمایت از فرایند کشف دانش مفید واقع می‌شود. [۳] در پژوهشی لاری و همکاران در سال ۱۳۹۸ نشان داد که استفاده از فناوری اطلاعات و برنامه‌های نرم‌افزاری انبار و ملزومات مصرفی پزشکی مؤثرترین متغیر در بعد کنترل مدیریت خرید ملزومات مصرفی پزشکی است. [۲۴] هدف از انجام این پژوهش استفاده از الگوریتمی شاخص در دانش داده‌کاوی جهت شناسایی و دسته‌بندی ملزومات بر اساس هزینه خرید و کشف و استخراج الگوی مناسب در مدیریت ملزومات پزشکی در مراکز بهداشتی و درمانی است. با توجه به جستجوی گسترده و بررسی انواع مطالعات خصوصاً روش‌های مدیریت در حوزه کنترل هزینه

جدول ۱: مرکز خوشه‌های صفر و یک

ویژگی	خوشه صفر	خوشه یک
هزینه واحد (ریال)	۸۰۰۱	۷,۸۰۵,۶۲۵
هزینه کل (ریال)	۱۰,۰۰۰,۰۰۰	۸,۶۱۸,۳۳۵,۴۳۵

برای محاسبه فاصله هر داده با مرکز خوشه از معادله (۱) استفاده شد. مقادیر فاصله را می‌توان با استفاده از فرمول فاصله اقلیدسی با هر مرکز خوشه محاسبه کرد. به‌عنوان مثال، فاصله داده‌های اولین کالا با خوشه صفر به صورت زیر محاسبه شد.

$$d(1,0) = \sqrt{(51,852 - 8,001)^2 + (8,618,335,435 - 10,000,000)^2} = 8,608,335,435$$

بر اساس نتایج محاسبه، مشخص شد که فاصله اولین کالا با خوشه صفر برابر ۸,۶۰۸,۳۳۵,۴۳۵ بود. سپس، فاصله کالای دوم با خوشه یک بر اساس معادله اصلی محاسبه فاصله اقلیدسی (معادله ۱) به صورت ذیل محاسبه گردید:

$$d(1,1) = \sqrt{(51,852 - 7,805,625)^2 + (8,618,335,435 - 8,618,335,435)^2} = 7,753,773$$

بر اساس نتایج محاسبه مشخص شد که فاصله اولین قلم از لیست ملزومات پزشکی با خوشه یک برابر با ۷,۷۵۳,۷۷۳ بوده است. بر اساس محاسبات انجام شده مشخص می‌شود که نزدیک‌ترین فاصله کالا همان فاصله تا مرکز خوشه برابر یک بود. بنابراین، اولین ملزومات در خوشه یک قرار گرفت. محاسبات ادامه یافت تا زمانی که در آن نزدیک‌ترین فاصله هر داده تا مرکز خوشه‌ها مشخص شد و هر داده در یک گروه نزدیک به مرکز خوشه قرار گرفتند. نتایج خوشه‌بندی اولیه تعدادی از ملزومات پزشکی منتخب در جدول دو نشان داده شده است. به‌منظور به دست آوردن خوشه جدید، مرکز آن می‌تواند از میانگین ارزش اعضاء خوشه‌ها و مراکز خوشه‌ای محاسبه شود. اگر نتایج نشان‌دهنده همگرایی نباشد، از مرکز جدید خوشه برای انجام فرایند بعدی استفاده می‌شود. برای مثال برای تعیین مرکز خوشه جدید در خوشه یک باید میانگین داده‌هایی که در خوشه یک قرار دارند را مطابق فرمول ذیل محاسبه کرد:

میزان نزدیکی داده‌ها استفاده کرد. [۲۵] برای گروه‌بندی مجموعه‌های بزرگ داده، عناصری اساسی وجود دارد از جمله فاصله مجاورت (شباهت، تفاوت یا اندازه‌گیری فاصله) که معیاری برای ارزیابی کیفیت گروه‌بندی است. [۲۳] گروه‌بندی را می‌توان به کمک روش فاصله به‌عنوان یکی از معیارهای شباهت انجام داد. فاصله اقلیدسی برای تعیین شباهت در معادله (۱) تعریف شده است. [۲۶]

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (1)$$

در این پژوهش X و Y به ترتیب هزینه‌های خرید واحد و کل ملزومات پزشکی بودند. خوشه‌بندی K-means گسترده‌ترین روش گروه‌بندی بر اساس میزان شباهت و فاصله داده‌ها است. این روش از خوشه‌بندی بدین صورت است که داده‌های اصلی به نحوی در خوشه k جمع‌آوری شوند که یک ویژگی در کل نمونه‌های خوشه‌ها یکسان باشد. در این پژوهش، ویژگی مشترک داده‌های یک خوشه از نظر میزان هزینه‌های خرید واحد و کل هر قلم از کالاها با یکدیگر شباهت دارند.

پایان مقاله

در پژوهش حاضر داده‌های مربوط به ملزومات پزشکی مصرف شده در طول یک سال بر اساس دو بعد «هزینه خرید واحد» و «هزینه خرید کل» هر قلم کالا با استفاده از الگوریتم خوشه‌بندی K-means مدل‌سازی شد. هر دو بعد پژوهش با توجه به تأثیر قیمت واحد کالا و میزان مصرف در هزینه خرید کل و لزوم تلاقی هر یک از بعدها با یکدیگر در سه سطح زیاد، متوسط و کم بررسی شدند. لذا، نه خوشه در تنظیمات اولیه الگوریتم در نظر گرفته شد. مرکز اولیه خوشه‌ها به صورت تصادفی، از خود داده‌ها به دست آمد. نحوه تعیین مراکز خوشه‌ها با الگوریتم پیشنهادی K-means و نتایج مربوط به دو خوشه صفر و یک به‌عنوان نمونه در جدول یک نشان داده شده است.

زمستان ۱۳۹۹، دوره ۲۳، شماره ۴

$$\mu_1 = \left(\frac{51,852 + 8,001 + 3,370,014 + 9,409}{4}, \frac{8,618,335,435 + 5,186,692,958 + 4,775,310,388 + 4,631,468,390}{4} \right)$$

$$\mu_1 = (859,819, 5,802,951,793)$$

جدول ۲: فاصله داده‌ها و نزدیک‌ترین فاصله به مرکز خوشه

نام کالا	هزینه واحد خرید	هزینه کل خرید	فاصله تا خوشه صفر	فاصله تا خوشه یک	نزدیک‌ترین فاصله
میکروست	۵۱,۸۵۲	۸,۶۱۸,۳۳۵,۴۳۵	۸,۶۰۸,۳۳۵,۴۳۵	۷,۷۵۳,۷۷۳	خوشه یک
آنژیوت	۸,۰۰۱	۵,۱۸۶,۶۹۲,۹۵۸	۵,۱۷۶,۶۹۲,۹۵۸	۳,۴۳۱,۶۵۱,۳۳۶	خوشه یک
بالون قلبی	۳,۳۷۰,۰۰۱۴	۴,۷۷۵,۳۱۰,۳۸۸	۴,۷۶۵,۳۱۱,۵۷۴	۳,۸۴۳,۰۲۷,۶۰۷	خوشه یک
ست سرم	۹,۴۰۹	۴,۶۳۱,۴۶۸,۳۹۰	۴,۶۲۱,۴۶۸,۳۹۰	۳,۹۸۶,۸۷۴,۶۶۸	خوشه یک
ست اکسیژناتور	۷۸۰۵,۶۲۵	۳,۷۴۶,۷۰۰,۰۰۰	۳,۷۳۶,۷۰۸,۱۳۶	۴,۸۷۱,۶۳۵,۴۳۵	خوشه صفر
سوند دبل جی	۷۰۹,۸۷۵	۸۵۱,۱۴۰,۳۷۰	۸۴۱,۱۴۰,۶۶۳	۷,۷۶۷,۱۹۸,۳۰۶	خوشه صفر
سوزن اسپینال	۲۹,۰۸۰	۶۵۸,۳۱۱,۲۸۰	۶۴۸,۳۱۱,۲۸۰	۷,۹۶۰,۰۲۷,۹۵۴	خوشه صفر
فیلتر آنتی باکتریال	۵۲,۲۷۳	۶۵۲,۲۰۸,۲۰۰	۶۴۲,۲۰۸,۲۰۲	۷,۹۶۶,۱۳۱,۰۰۸	خوشه صفر
کاست فیکو	۲,۱۰۰,۰۰۰	۲۵,۲۰۰,۰۰۰	۱۵,۳۴۳,۲۸۷	۸,۵۹۳,۱۳۷,۳۲۹	خوشه صفر
پد پیس میکرو	۲,۰۰۰,۰۰۰	۱۰,۰۰۰,۰۰۰	۱,۹۹۱,۹۹۹	۸,۶۰۸,۳۳۷,۳۹۳	خوشه صفر

برچسب و تعداد اقلام در جدول سه نمایش داده شده است. به‌عنوان مثال خوشه صفر را ملزومات پزشکی با هزینه خرید واحد و هزینه خرید کل زیاد و خوشه هشت را ملزومات پزشکی با هزینه خرید واحد و هزینه خرید کل کم تشکیل داده‌اند.

بر اساس نتایج محاسبه، مرکز جدید در خوشه یک برابر ۸۵۹۸۱۹ و ۵۸۰۲۹۵۱,۷۹۳ به دست آمد. سپس، مراکز جدید در سایر خوشه‌ها محاسبه و مراکز جدید دیگری ایجاد شد و این روند پیاپی تکرار گردید تا جایی که مرکز خوشه‌ها تغییر نیافت و به‌این ترتیب داده‌ها در نُه خوشه (خوشه صفر تا هشت) دسته‌بندی شدند. خوشه‌های به‌دست‌آمده با ذکر

جدول ۳: تعداد اقلام در خوشه‌های برچسب‌گذاری شده

خوشه	برچسب خوشه	تعداد اقلام در هر خوشه
صفر	هزینه واحد زیاد و هزینه کل زیاد	۴
یک	هزینه واحد متوسط و هزینه کل کم	۷۳
دو	هزینه واحد زیاد و هزینه کل متوسط	۶
سه	هزینه واحد متوسط و هزینه کل زیاد	۱۴
چهار	هزینه واحد کم و هزینه کل زیاد	۷۳
پنج	هزینه واحد متوسط و هزینه کل متوسط	۱۷
شش	هزینه واحد کم و هزینه کل متوسط	۴۹
هفت	هزینه واحد زیاد و هزینه کل کم	۴۱
هشت	هزینه واحد کم و هزینه کل کم	۹۰

کدام طبقه از ملزومات پزشکی است. طبقه‌بندی تعدادی از اقلام منتخب در جدول چهار نشان داده شده است.

سپس، بر اساس هزینه خرید واحد و هزینه خرید کل کالا در بازه زمانی یک‌ساله مشخص گردید که هر نوع داده متعلق به

جدول ۴: نمونه هایی از خوشه‌بندی ملزومات پزشکی منتخب

نام کالا	قیمت واحد خرید	قیمت کل خرید	عنوان خوشه
میکروست	۵۱۸۵۲	۸,۶۱۸,۳۳۵,۴۳۵	هزینه واحد کم و هزینه کل زیاد
آنژیوکت	۸,۰۰۱	۵,۱۸۶,۶۹۲,۹۵۸	هزینه واحد کم و هزینه کل زیاد
بالون قلبی	۳,۳۷۰,۰۱۴	۴,۷۷۵,۳۱۰,۳۸۸	هزینه واحد متوسط و هزینه کل زیاد
ست سرم	۹,۴۰۹	۴,۶۳۱,۴۶۸,۳۹۰	هزینه واحد کم و هزینه کل زیاد
ست اکسیژناتور	۷۸۰۵,۶۲۵	۳,۷۴۶,۷۰۰,۰۰۰	هزینه واحد متوسط و هزینه کل زیاد
سوند دبل جی	۷۰۹,۸۷۵	۸۵۱,۱۴۰,۳۷۰	هزینه واحد کم و هزینه کل متوسط
سوزن اسپینال	۲۹,۰۸۰	۶۵۸,۳۱۱,۲۸۰	هزینه واحد کم و هزینه کل متوسط
فیلتر آنتی باکتریال	۵۲,۲۷۳	۶۵۲,۲۰۸,۲۰۰	هزینه واحد کم و هزینه کل متوسط
کاست فیکو	۲,۱۰۰,۰۰۰	۲۵,۲۰۰,۰۰۰	هزینه واحد متوسط و هزینه کل کم
پد پیس میکر	۲,۰۰۰,۰۰۰	۱۰,۰۰۰,۰۰۰	هزینه واحد متوسط و هزینه کل کم

گروه‌بندی شد و بر اساس هزینه خرید در سه سطح کم، متوسط و زیاد برجسب‌گذاری شدند. مقایسه نتایج به‌دست‌آمده از این روش با وضعیت واقعی مراکز بهداشتی و درمانی، مؤید این مطلب است که این روش را می‌توان به‌عنوان مرجع و مکملی قابل اطمینان در مدیریت هزینه‌های تأمین و مصرف ملزومات پزشکی بکار برد. طبق بررسی متون انجام‌شده مشخص شد تحقیقی مشابه با این روش در زمینه دسته‌بندی و تحلیل هزینه‌های خرید اقلام پزشکی مراکز بهداشتی و درمانی تاکنون انجام نشده است. یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که آن دسته از ملزومات پزشکی که حائز وضعیت هزینه کل زیاد و متوسط بودند به‌کارگیری استراتژی‌های کاهش قیمت نظیر خرید متمرکز و عقد قرارداد یا تفاهم‌نامه با تأمین‌کنندگان مجاز توصیه می‌گردد که امکان کنترل بر قیمت‌ها و میزان مصرف، تأمین به‌موقع کالا و مصونیت در برابر نوسانات حاصل از خرید موردی را تضمین می‌نماید. اقلام دارای قیمت واحد بالا و متوسط این گروه اغلب ملزوماتی هستند که در اعمال جراحی استفاده می‌شوند. در نتیجه استراتژی‌های «کنترل و اولویت‌بندی اعمال جراحی» یا «حذف اعمال غیرضروری» در کاهش تعداد مصرف و کنترل هزینه کل مؤثر خواهد بود. علاوه بر این، جایگزینی اقلام گران‌قیمت با محصولات جدید و کارا خصوصاً استفاده از تولیدات و برند داخلی دارای کیفیت یکسان یا بالاتر که

در مرحله نهایی با استفاده از الگوریتم خوشه‌بندی به‌منظور اطمینان از کارایی نتایج خوشه‌بندی و تطابق نتایج به‌دست‌آمده با اهداف اولیه هر یک از ملزومات پزشکی در طبقات ارزیابی شدند. برای ارزیابی مدل از شاخص دیویس بولدین (Davies-Bouldin Index (DBI) استفاده شد. مقدار این شاخص در پژوهش حاضر ۰/۳۹- به دست آمد و به دلیل نزدیکی به صفر نتیجه گرفته شد که فرآیند خوشه‌بندی انجام‌شده رضایت‌بخش، قابل قبول و قابل استناد است.

پیشنهادات

تنوع خدمات نظام سلامت و تقاضای روزافزون مراجعین به مراکز بهداشتی و درمانی جهت بهره‌مندی از خدمات موجب افزایش هزینه کرد بخش دولتی و به تبع آن بروز محدودیت در بودجه‌های تخصیص‌یافته گردیده است به طوری که ضرورت استخراج شیوه‌های مؤثر اجرایی و عملی بیش‌ازپیش احساس می‌گردد. بی‌شک به‌کارگیری استراتژی‌های عملیاتی در کاهش هزینه‌ها علاوه بر ایجاد فرصت بهره‌مندی صحیح از منابع موجود، توسعه کیفی و کمی سطوح مختلف خدمات مراکز بهداشتی و درمانی را به دنبال خواهد داشت. با استفاده از مدل معرفی‌شده در این پژوهش، ملزومات پزشکی خریداری‌شده در بازه زمانی یک‌ساله به‌نوع خوشه

اغلب قیمت واحد کمتری از مشابه محصول خارجی دارند نیز راهکار دیگری است که با اجرای صحیح آن می‌توان از هزینه‌های مراکز ارائه‌دهنده خدمات به‌طور چشمگیری کاست. آن دسته از ملزومات پزشکی دارای قیمت کل زیاد و متوسط با قیمت واحد متوسط که در اعمال جراحی استفاده نمی‌شوند را می‌توان جهت کنترل هزینه و تعداد مصرف با رعایت پروتکل‌های بهداشتی مصوب وزارت بهداشت «فرآوری مجدد» نمود. طبق دستورالعمل وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، فرآوری مجدد ایمن وسایل پزشکی راهکاری برای استریل مجدد ملزومات پزشکی نیمه حیاتی یا غیر حیاتی است که دارای حساسیت بالایی نیستند و با بافت و فضاهای استریل بدن در تماس قرار نمی‌گیرند. [۲۷]

علاوه بر این، در تأمین اقلام پزشکی با هزینه کل زیاد و قیمت واحد کم می‌توان به استراتژی «نظارت و کنترل دقیق مصرف» اشاره کرد که در کاهش هزینه‌های این دسته از اقلام بسیار راهگشا است. همچنین، «استفاده از انواع دائمی اقلام بجای ملزومات یک‌بارمصرف» بر مبنای محل کاربرد و سطح حساسیت خدمت از دیگر راهکارهای موجود جهت کاهش هزینه و حجم مصرفی است. در خصوص ملزومات با هزینه کل متوسط و هزینه واحد کم که دارای سطح حساسیت اندکی هستند، «خرید از فروشندگان در دسترس و ترجیحاً استانی» استراتژی مناسبی جهت سهولت در تأمین و حذف هزینه‌های مازاد تدارکات کالا است. برای تأمین ملزومات با هزینه کل کم که کم‌اهمیت‌ترین گروه از منظر هزینه در بخش‌بندی ملزومات پزشکی را تشکیل می‌دهند دو رویکرد بر پایه هزینه خرید واحد کالا متصور است: در صورت هزینه واحد زیاد و استفاده در اعمال جراحی «کاهش موجودی کالا در انبار» و «تأمین به هنگام نیاز» یا «محدود نمودن تعداد اعمال جراحی مربوطه» راهکارهای مناسبی هستند که در مدیریت هزینه و جلوگیری از انباشت کالا در انبار مفید واقع می‌شوند. برای اقلام با هزینه واحد متوسط و کم «سفارش و انبارش بر اساس حجم نیاز جهت مصرف در یک بازه زمانی مشخص» با استفاده از فرمول‌های نقطه و میزان سفارش توصیه می‌گردد. بر اساس یافته‌های مطالعه حاضر در تمام خوشه‌های خرید

اقلام پزشکی باید از استراتژی‌های کارآمد نظیر «واگذاری خدمات تأمین کالا به بخش خصوصی»، «نظارت مستقیم مسئول فنی ملزومات پزشکی» و «عقد تفاهم‌نامه با سایر مراکز درمانی جهت تبادل کالای مازاد یا مورد نیاز به صورت فوری» بهره برد که به نظر می‌رسد این استراتژی‌ها تأثیر قابل توجهی در کاهش هزینه و حجم مصرف ملزومات پزشکی در مراکز بهداشتی و درمانی به دنبال خواهد داشت. علاوه بر راهکارهای کاربردی مذکور، شناخت کامل مشخصات فنی و نحوه به‌کارگیری صحیح اقلام پزشکی در میزان مصرف و هزینه کرد مربوطه بسیار حائز اهمیت است. لازم به ذکر است که نوع مرکز، گستردگی خدمات و میزان تخصیص بودجه در انتخاب استراتژی‌های منطبق و قابل اجرا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. همچنین، رعایت کامل ضوابط وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی از سوی مراکز بهداشتی و درمانی به‌عنوان پیش شرط اصلی پیاده‌سازی استراتژی‌های پیشنهادی جهت مدیریت بودجه و منابع باید توجه شود. پژوهش حاضر نشان داد که از نتایج خوشه‌بندی می‌توان به‌عنوان ابزاری کارا جهت دسته‌بندی اطلاعات مربوط به خرید ملزومات پزشکی بر پایه بهای واحد کالا و هزینه کل خرید اقلام استفاده کرد که به‌عنوان روشی کارآمد جهت تحلیل هزینه کرد حوزه ملزومات پزشکی در مراکز بهداشتی و درمانی محسوب می‌شود. این امر ضمن ارتقای کیفیت و بهبود مدیریت منابع و مصارف مراکز ارائه‌دهنده خدمات می‌تواند آگاهی لازم در خصوص راهبری مرکز تحت مدیریت را به مدیران ارشد نظام سلامت در سطوح صف و ستاد ارائه دهد. اطلاع از حجم مصرف و دسته‌بندی دقیق اقلام بر اساس بودجه صرف شده کمک می‌کند تا علاوه بر درک بهتر وضعیت موجود، پیش‌بینی و برنامه‌ریزی مناسب‌تری جهت تدوین و اجرای استراتژی‌های تأمین اقلام پزشکی در خریدهای آتی در راستای کنترل بهینه منابع مالی صورت پذیرد. پژوهش حاضر با محدودیت‌های اساسی و تأثیرگذار بر نتایج مطالعه روبرو نبوده است. پیشنهاد می‌شود که مدیران مراکز بهداشتی و درمانی با به‌کارگیری نتایج حاصل از این پژوهش و ارزیابی هزینه-اثر بخشی آن بتوانند

حمایت مالی: این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران با شماره 9904242502 انجام شده است.

تضاد منافع: نویسندگان اظهار داشتند که تضاد منافی وجود ندارد.

تشکر و قدردانی: نویسندگان این مقاله مراتب قدردانی خود را از معاونت محترم تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی همدان و تمامی دست‌اندرکاران حوزه ملزومات پزشکی دانشگاه اعلام می‌دارند.

در زمینه مدیریت بهینه منابع، مصارف تجهیزات و ملزومات پزشکی گام مؤثری بردارند و به عنوان راهبردی عملیاتی در سطح مراکز بهداشتی و درمانی اجرا نمایند.

ملاحظات اخلاقی

رعایت دستورالعمل‌های اخلاقی: این مقاله حاصل بخشی از طرح تحقیقاتی با عنوان مدیریت منابع و مصارف تجهیزات پزشکی مصرفی (ملزومات پزشکی) با استفاده از روش خوشه‌بندی K-Means، مصوب دانشگاه علوم پزشکی همدان، در سال ۱۳۹۹ با کد اخلاق به شماره IR.UMSHA.REC.1399.277 اخذ شده از کمیته ملی اخلاق در پژوهش‌های زیست پزشکی است.

References

1. Mousavi SA, Khorvash F, Fathi H, Fadai H, Hadianzarkesh moghadam SH. Survey the average of cost in out patient and imaging in Alzahra hospital and comparing whit service's tariff. Health information management journal. 2010; 7(2):235-42. [In Persian]
2. Bigdeli M, Peters D, Wagner A. Medicines in health systems: Advancing access, affordability and appropriate use. Switzerland: World Health Organization; 2014.
3. Jothi N, Rashid N A, Husain W. Data mining in healthcare: A review. Procedia Comput Sci. 2015; 72:306-13.
4. Seyedzadeh Abras S, Delavari M, Babakhani M. The factors affecting on Iran's health expenditure and forecasting based on dynamic systems model. Hakim Health Sys Res.2018; 20(4): 240-50. [In Persian]
5. Yiğit, V. Medical materials inventory control analysis at university hospital in Turkey. Int J Health Sci Res. 2017; 7(1):227-31.
6. Ghaderi F, Moradhasel B. Analysis of the success of strategic management in treatment vice presidency of Hamedan University of medical sciences. Health Information Management. 2015; 12(4):483-94. [In Persian]
7. Aeenparast A, Farzadi F, Maftoon F, Zahirian Moghadam T. Feasibility of estimating cost of diagnostic radiology and sonography services by using activity based costing. Payesh. 2014;14(1):15-23. [In Persian]
8. Moradhasel B, Ghaderi F. The status of medical equipment maintenance management in the hospitals of Hamedan University of medical sciences in 2015. Health Develop J. 2018; 7 (3):274-85. [In Persian]
9. Noori M, Markazi Moghaddam N, Goudarzi R, Meshkani Z. Surveying activity based costing of final units (a case study in one of the armed forces hospitals). J Hosp. 2016; 15 (1):41-50. [In Persian]
10. Ozcan YA. Quantitative methods in health care management: Techniques and applications. USA: John Wiley & Sons; 2009.

11. Khurana S, Chhillar N, Gautam S, Kumar V. Inventory control techniques in medical stores of a tertiary care neuropsychiatry hospital in Delhi. *Health*. 2013; 5(1):8-13.
12. Department of Medical Devices. Regulations for medical equipment and supplies. 2nd ed. Tehran: Ministry of Health Publications; 2015. [In Persian]
13. Holm MR, Rudis MI, Wilson JE. Medication supply chain management through implementation of a hospital pharmacy computerized inventory program in Haiti. *Glob Health Action*. 2015; 8:1-9.
14. Cohen M. A systemic approach to understanding mental health and services. *Soc Sci Med*. 2017. 191: 1-8.
15. Zhang Y, Zhou Z, Si Y. When more is less: What explains the overuse of health care services in China? *Soc Sci Med*. 2019; 232:17-24.
16. Center for Hospital Management and Clinical Services Excellence. The role of nursing staff in implementing the instructions for reprocessing medical devices [Internet]. 2018 [cited 2018 Oct 24]; Available from: <https://sepidonline.ir/index.php?newsid=14564>.
17. Chase RB, Nicholas J, Jacobs F. Operations management for competitive advantage. 10th ed. New York: McGraw-Hill/Irwin; 2004.
18. Khodarazaei M, Abdolshah M, Chegini H, Taghipour M. A classification of inventory items using ABC analysis with fuzzy cluster. In: Proceedings of the first international conference on industrial engineering. Management and accounting, Electronically; 2016 Jan 20; Tehran: Alborz Research Institute; 2016. [In Persian]
19. Shoghli A, Hamidi Y. Costing of health services based on activities in Zanjan health center. *Journal of Advances in Medical and Biomedical Research*. 2000; 10(41):27-33. [In Persian]
20. ILayaraja M, Meyyappan T. Efficient data mining method to predict the risk of heart diseases through frequent itemsets. *Procedia Comput Sci*. 2015; 70: 586-92.
21. Srinivasan R, Manivannan S, Ethiraj N, Prasanna Devi S, Vinu Kiran S. Modelling an optimized warranty analysis methodology for fleet industry using data mining clustering methodologies. *Procedia Comput Sci*. 2016; 87: 240-45.
22. Chen J, Wei W, Guo C, Tang L, Sun L. Textual analysis and visualization of research trends in data mining for electronic health records. *Heal Policy Technol*. 2017; 6(4): 389-400.
23. Rémy N M, Martial T T, Clémentin T D. The prediction of good physicians for prospective diagnosis using data mining. *Informatics Med*. 2018; 12: 120-27.
24. Lari A, Aajinabi K, Komeili A, Riahi L. The effective factors in the control component of purchase management of medical consumables. *Iran J Nurs Res*. 2019; 14(4):66-71. [In Persian]
25. Yang L, Xu H, Jiang Y. Applied research of data mining technology in hospital staff appraisal. *Procedia Comput Sci*. 2018; 131: 1282-1288.
26. Han J, Kamber M, Pei J. Data mining: Concepts and techniques. 3th ed. Massachusetts: Morgan Kaufmann; 2012.
27. Ministry of Health and Medical Education, Deputy of Treatment. Instructions for safe reprocessing of medical devices [Internet]. 2018 [cited 2018 Sep 15]; Available from: <http://darman.umsha.ac.ir/index.aspx?fkeyid=&siteid=15&pageid=28952>. [In Persian]