ISSN: 2645-3940 DOI: 10.29252/npwjm.11.40.34

Designing a prediction model for the optimality index of special care beds in Tehran military hospitals using machine learning

Abstract

Introduction: Efficiency and optimization of the hospital bed are critical to efficient management. In this study, the utilization capacity of a hospital bed in a military hospital in Tehran was investigated using machine learning.

Methods: The present study was carried out descriptively in 1401. By using the statistical data of the military hospital and field survey and placing it in the proposed index of this study, the utilization capacity of the hospital bed for the beds of the special care departments of the hospital (ICU1, ICU2, ICU3, and NICU) was calculated and analyzed.

Results: The findings of the present study showed that the percentage of bed occupancy of the whole hospital is close to the minimum standard, but there is an obvious difference in the percentage of beds occupied by the departments; as a result, it seems that in terms of distribution between the departments taking measures to improve the percentage of bed occupancy, reduce the extra load of some departments and increase the working capacity of departments with low bed occupancy percentage.

Conclusion: The proposed formula presented in this study will help managers increase the hospital's efficiency by measuring the available capacity's utilization and identifying the reasons for not using the maximum capacity to reach the optimal utilization capacity.

Keywords: Productivity, Hospital bed, Hospital management

Authors:

Abasat Mirzaei[1,2]

Abbas Gomar[3]

Morteza Jafari[3]

Ali Beigi Nasiri[3]

Sara Abaspur[3]

Nasim Hatami[3]

Affiliations

1-Department of Health Care Management, Faculty of Health, Tehran Medical sciences, Islamic Azad University, Tehran, Iran. ORCID: 0000-0002-1422-5193

2-Health economic policy research center, Tehran Medical sciences, Islamic Azad University, Tehran, Iran. amacademic@yahoo.com

3. Department of Health Care Management, Faculty of Health, Tehran Medical Sciences, Islamic Azad University, Tehran, Iran

ISSN: 2645-3940 DOI: 10.29252/npwjm.110.40.34

طراحی مدل پیش بینی شاخص بهینگی تخت های بخش مراقبت های ویژه بیمارستانهای نظامی شهر تهران با استفاده از یادگیری ماشینی

چکیده

اباسط میرزائی [۲،۱]
عباس گمار[۳]
مرتضی جعفری[۳]
علی بیگی نصیری[۳]
سارا عباسپور[۳]
نسیم حاتمی[۳]

مقدمه: بهره وری و بهینگی تخت بیمارستانی از مواردی است که برای ایجاد مدیریت کارآمد بسیار حیاتی است. در این مطالعه ظرفیت بهره مند ی تخت بیمارستانی دریک بیمارستان نظامی در شهر تهران با استفاده از یادگیری ماشینی مورد بررسی قرار گر فت.

روش کار: مطالعه حاضر به روش توصیفی در سال ۱۴۰۱ انجام شد. با استفاده از داده های آماری بیمارستان نظامی، بررسی میدانی و جای گذاری آن در شاخص پیشنهادی این مطالعه، ظرفیت بهره مندی تخت بیمارستانی برای تخت های بخش های مراقبت ویژه بیمارستان (ICU۱، ICU۲، ICU۳ وNICU) محاسبه و تحلیل شد.

یافته ها: یافته‌های مطالعه حاضر نشان داد که درصد اشغال تخت کل بیمارستان نزدیک به حداقل استاندارد است اما تفاوت آشکاری در میزان درصد اشغال تخت بخش ها وجود دارد، در نتیجه به نظر می رسد که از نظر توزیع بین بخش ها انجام اقداماتی منجر به بهبود درصد اشغال تخت، کاستن از بار اضافی برخی بخش ها و افزایش ظرفیت بهره مندی کاری بخش های دارای درصد اشغال تخت پائین شود.

نتیجه گیری: فرمول پیشنهادی ارائه شده در این مطالعه با سنجش میزان استفاده از ظرفیت موجود و شناسایی علل عدم استفاده ازحداکثر ظرفیت برای رسیدن به ظرفیت بهره مندی مطلوب به مدیران در افزایش بهره وری بیمارستان کمک خواهد کرد.

کلمات کلیدی: بهره وری، تخت بیمارستانی، مدیریت بیمارستان.

وابستگی سازمانی نویسندگان

۱.گروه مدیریت خدمات بهداشتی درمانی، دانشکده بهداشت، علوم پزشکی تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. ارکید:۰۰۰۰۰۰۰۲۱۴۲۲۵۱۹۳

۲. مرکز تحقیقات سیاست اقتصادی سلامت، علوم پزشکی تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۳.گروه مدیریت خدمات بهداشتی درمانی، دانشکده بهداشت، علوم پزشکی تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

مقدمه

مهم‌ترین شرط یک زندگی طولانی و شاد در هر فرهنگی، سالم بودن است و شبکه بیمارستانی یک کشور چه یک نظام سلامت ملی و چه خصوصی درآن سهیم است (۱). بهداشت و درمان یکی از نیازهای اساسی هرجامعه محسوب شده وبیمارستان ها یکی از اجزاء کلیدی سیستم بهداشت و درمان می‌باشندکه نقش کلیدی در ارائه خدمات بهداشتی و درمانی دارند. به دلیل این اهمیت، بیمارستان ها تأثیر زیادی بر کارایی نظام سلامت دارند. با مدنظرقراردادن مشکلات اقتصادی کشور و هزینهٔ بالای تجهیزات، مدیران و برنامه ریزان بایستی تلاش خود را به منظور جلوگیری از اتلاف منابع و لزوم پوشش وسیع خدمات بهداشتی و درمانی درسطح کشور، با استفاده حداکثری از امکانات موجود به عمل آورند(۲).

از مفیدترین شاخص های بیمارستانی، شاخص مدت اقامت بوده که نشان دهندهٔ کارایی و عملکرد فعالیت های بیمارستانی است و یکی از اجزاء اساسی تحلیل های عملکرد بیمارستان محسوب می گردد. برای مدیران بیمارستان، به منظور تعیین اولویت ها، بهبود خدمات و تخصیص منابع، بررسی و تحلیل مدت اقامت در بیمارستان با توجه به تفاوت ها درمدت اقامت بیماران مختلف و عوامل جمعیت شناختی، مفید خواهد بود و با استفاده از اطلاعات بدست آمده از تحلیل شاخص مدت اقامت بیمار در بیمارستان می توان به تخصیص بهتر منابع و تخت های بیمارستانی و هدف بهره وری بهینه از تخت های موجود دست پیدا کرد(۲).

همانند حوزه‌های مختلف، حوزه سلامت نیز باید با تکامل فن‌آوری همراه باشد تا بتواند به دلیل تنوع خواسته‌های اجتماعی، خدمات پیشرفته‌ای را ارائه دهد. با توجه به این مهم که بیماران حجم عظیمی از اطلاعات را در بیمارستان تولید می کنند، بایستی اطلاعات پزشکی و اطلاعات مربوط به بیمارستان (یعنی زمان و نوع جراحی) از طریق پرونده الکترونیک سلامت دیجیتالی شود. یکی از بزرگترین و مستقیم ترین مزایای دیجیتالی کردن پزشکی این است که مراقبت از بیمار آسان تر و کارآمدتر است و به موازات فناوری، عوامل مالی و مدیریتی را نیز باید در نظر گرفت، زیرا بیمارستان نیز همانند یک شرکتی است که باید مدیریت شود. از هدف داخلی بیمارستان ها علاوه بر کمک به رفاه مردم، کاهش هر چه بیشتر هزینه ها بدون آسیب رساندن به عملکرد عادی هر فعالیت انجام شده و بهینه سازی منابع است(۱).

از چالش های اساسی مدیران بیمارستان ها، کمبود منابع و عدم استفادهٔ بهینه از منابع در دسترس می باشد و مدیریت تخت‌های بیمارستانی در بیمارستان یکی از را ه حل های پیشنهادی برای حل این مشکل است(۲). تخت‌های زیاد، در حالی که تخصیص بیشتر بیمار را تضمین می‌کند، منجر به تخصیص منابع بهینه نشده می‌شود که باید در زمینه‌ای با منابع محدود از آن اجتناب کرد. برعکس، کسری می‌تواند موقعیت‌های جدی برای کسانی که ممکن است به آن نیاز داشته باشند ایجاد کند. بنابراین مدیریت تخت‌های بیمارستانی در دسترس برای بستری، نکته‌ای کلیدی در بهبود نیازهای بیمارستانی، منطقی‌سازی منابع و اجتناب از عوارض ناشی از اسکان نامناسب بیماران، یعنی اضافه کاری در واحد اورژانس بیمارستان است(۱).

شناسایی زودهنگام بیماران سرپایی که احتمالاً نیاز به پذیرش دارند ممکن است منجر به بهینه سازی بهتر منابع بیمارستان را از طریق درک بهتر از ترکیب بیماران سرپایی امکان پذیر کند(۳). به طور فزاینده ای قابل درک است که ازدحام بیماران سرپایی و مراجعان اولیه با نتایج ضعیف تر در درمان بیماران مرتبط است(۴). اطلاع رسانی به مدیران و تیم های بستری در مورد پذیرش بالقوه ممکن است به کاهش این مشکل کمک کند (۵). از منظر مراقبت از بیمار در محیط تریاژ و پذیرش اعم از اورژانس و ارجاعی، احتمال بستری شدن بیمار ممکن است به عنوان نشانگری از دقت آن سامانه محسوب گردد که در تعدادی از تصمیمات پایین دستی مانند قرار دادن تخت و نیاز به مداخله اورژانسی قابل استفاده است(۶)(۷). بنابراین، نیاز به کنترل بهینه تعداد تخت ها وجود دارد تا آسیبی به ایمنی بیماران و واحدهای بیمارستانی وارد نشود. با این حال، تخصیص بهینه تخت به دلیل دشواربودن دقت تعداد روز بستری بیماران بستری در بیمارستان سخت می شود. بیمارستان هایی که می توانند تعداد روز بستری را کنترل کنند، هزینه پذیرش و هزینه های روزانه بیماران را کاهش می دهند(۱).

با توجه به بررسی مطالعات انجام یافته، مشاهده شد که مدل‌های زیادی برای تعیین روز بستری وجود دارد که فقط متغیرهای بیمار یا داده های مربوط به روش یا عوامل تاریخ/ زمان را در نظر می‌گیرند(۱). بیشتر مدل‌ها فقط شامل اطلاعات جمع‌آوری‌شده در تریاژ مانند جمعیت شناسی، علائم حیاتی، شکایت اصلی، یادداشت‌های پرستاری، و تشخیص‌های اولیه هستند، در حالی که برخی از مدل‌ها شامل ویژگی‌های اضافی مانند آمار استفاده از بیمارستان و سابقه پزشکی گذشته هستند، چند مدل ساخته شده بر اساس اطلاعات تریاژ در قوانین تصمیم گیری بالینی مانند ابزار خطر تریاژ و امتیاز پیش بینی پذیرش گلاسکو رسمیت یافته و مورد استفاده است(۸). نکته قابل توجه، یک رویکرد مدل‌سازی پیشرونده که از اطلاعات موجود در مقاطع زمانی بعدی استفاده می‌کند، مانند تست‌های آزمایشگاهی سفارش‌داده‌شده، داروهای داده شده، و تشخیص‌های وارد شده. این موارد می تواند در طی یک شبیه سازی علمی به نتایج درخشانی منجر شود. در نتیجه، رویکردهای یادگیری ماشین، که قادر به تجزیه و تحلیل حجم وسیعی از داده‌های چند بعدی هستند، پتانسیل و توانایی بهبود برآورد بهینگی تخت های ویژه در بیمارستان را دارند (۱). یادگیری ماشینی می تواند با استفاده از اطلاعات بستری و تاریخچه بیمار، پذیرش در بیمارستان را قویاً پیش بینی کند. افزودن اطلاعات تاریخی عملکرد پیش بینی را به طور قابل توجه‌ی در مقایسه با استفاده از اطلاعات معمول یا شبیه سازی‌های عددی به تنهایی بهبود می‌بخشد و نیاز به گنجاندن این متغیرها در مدل‌های پیش بینی را برجسته می‌کند(۹).

در حال حاضر پیش بینی از پذیرش به شکل تجربی و نهایتا به پیش بینی های عددی ساده و غیر شبیه سازی شده متکی

است. با استفاده از الگوریتم یادگیری ماشینی می توان دقت در برنامه ریزی و بهره وری بیمارستانی را تا حد بسیار بالایی افزایش داد، این امر خود منجر به صرفه جویی در منابع مالی و انسانی و نیز بهبود کیفیت رسیدگی به بیماران خواهد شد. عدم وجود پیش بینی های متکی بر یادگیری ماشینی و حتی شبیه سازی های عددی منجر به اتلاف منابع بسیار می گردد. با استفاده از پیش بینی های دقیق مبتنی بر روش های علمی می توان این اتلاف را به بهینگی مطلوب در این زمینه نزدیک کرد. در این راستا استفاده از داده های بیمارستانی و نیز استفاده از روش شناسی مناسب حائز اهمیت بسیار است.

روش کار

این مطالعه به روش توصیفی و در سال ۱۴۰۱ در بیمارستان نظامی در شهر تهران انجام گرفت. در این مطالعه ابتدا تیم پژوهش اقدام به محاسبه بهره وری تخت های مراقبت های ویژه با شاخص های معمول بهره وری تخت نمود. با استفاده از فرمول پیشنهادی به منظور بررسی و محاسبه ظرفیت بهینگی تخت های بخش مراقبت های ویژه بیمارستان پرداختیم. به منظور دست آوردن مقادیر فعلی و مطلوب برای جای گذاری در فرمول داده های مربوط به متوسط مدت اقامت فعلی، درصد اشغال تخت فعلی و تخت فعال، داده های آماری مربوط به کل بیمارستان در بازه زمانی ۶ ماهه دوم سال۱۴۰۱ از واحد آمار بیمارستان و با کسب مجوز از مدیر بیمارستان تهیه گردید. تعداد تخت فعال کل بیمارستان و همچنین هریک از بخش های مورد بررسی از واحد آمار بیمارستان جمع آوری گردید. آمار مربوط به تعداد تخت ثابت بخش های ویژه منتخب با استفاده از بررسی پروانه رسمی بیمارستان و بررسی میدانی در بخش ها بدست آمد.

هدف این گزارش تحلیل رابطه بین مدت اقامت در بخش های مختلف یک بیمارستان و تخت اشغالی است. به طور خاص، ما بخش های ICU۱، ICU۲، ICU۳ و NICU را مورد بررسی قرار داده و مدل یادگیری ماشین رگرسیونی را برای تعیین تأثیر مدت اقامت در تخت اشغالی انجام می دهیم و داده های مربوط به مدت اقامت و تخت اشغالی را برای هر یک از چهار بخش بیمارستان جمع آوری کردیم. سپس با استفاده از پایتون، تحلیل رگرسیونی خطی انجام دادیم و برای هر بخش مقدار تعادل و ضریب را محاسبه کردیم.

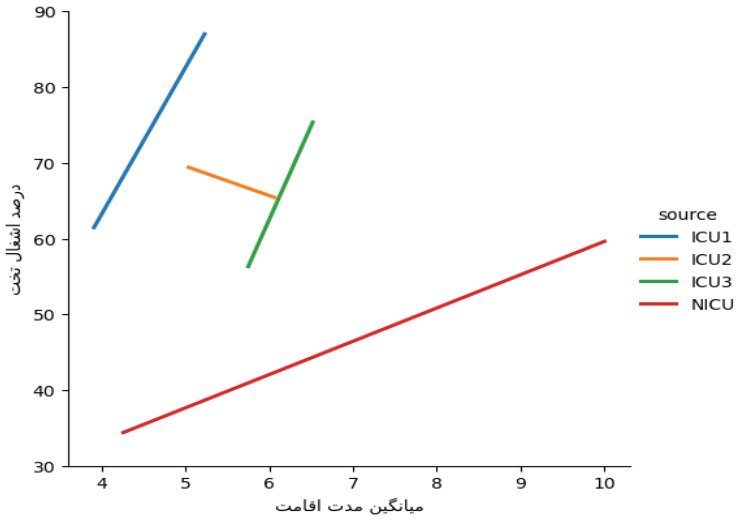
یافته ها

تحلیل داده های جمع آوری شده با استفاده از الگوریتم ماشین یادگیری نشان می دهد که مدت اقامت بر تخت اشغالی در هر چهار بخش بیمارستان تأثیر قابل توجهی دارد. ضرایب ICU۱، ICU ۳ و NICUمثبت است (نمودار شماره ۲و۱) که نشان می دهد با افزایش مدت اقامت، تخت اشغالی افزایش می یابد. ضریب ICU۲ منفی است، که نشان می دهد با افزایش مدت اقامت، تخت اشغالی کاهش می یابد. ضریب تعادل هر بخش اطلاعات بیشتری در مورد تخت اشغالی ارائه می دهد، به عنوان مثال، ضریب تعادل ICU۱ منفی است، که نشان می دهد در صورتی که هیچ بیماری وجود نداشته باشد، بیمارستان به طور میانگین۱/۴۱ تخت در بخش ICU۱ را خالی نگه می دارد. در مقابل، ضریب ICU۳ مثبت است، که نشان می دهد در صورتی که بیماری شدیدی وجود داشته باشد، بیمارستان باید برای هر روز حداقل ۸/۵۷ تخت را تأمین کند. مدل رگرسیونی ما نشان می دهد که مدت اقامت بیماران در بخش های مختلف بیمارستان تأثیر قابل توجهی در تخت اشغالی دارد. این نتایج می تواند به مدیران بیمارستان کمک کند تا بهترین راهکار برای مدیریت تخت های خالی را پیدا کنند و برای تأمین تخت های کافی و مدیریت بهینه منابع بیمارستان استفاده کنند.

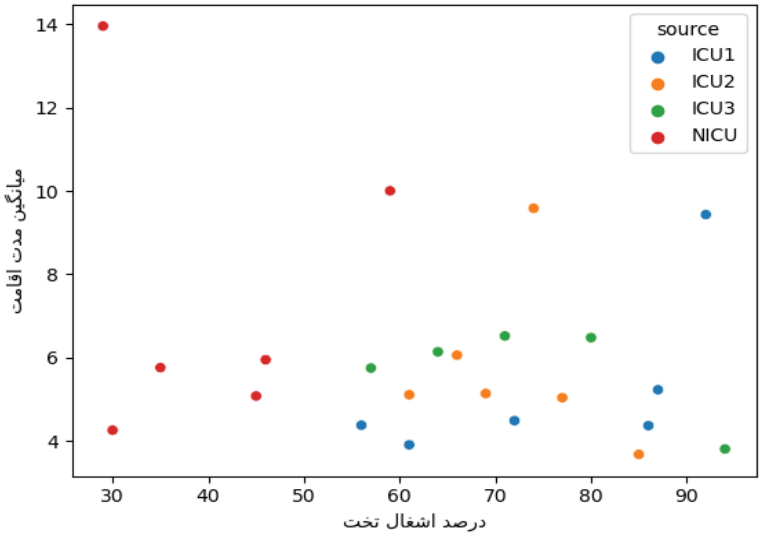
موضوع عمده نگرانی مدیران بیمارستان و سیاستگذاران حوزه سلامت، استفاده نامناسب و طولانی مدت از منابع بیمارستان بوده و اصطلاح"بهره وری تخت بیمارستان" نشان می دهد که در یک بیمارستان از منابع خود چگونه استفاده می کنند. تخت های بیمارستان یک کالای کمیاب و گران قیمت بوده و مدیران به شدت نیاز به اقدامات و روش های عینی برای مدیریت کارآمد منابع مالی محدود خود دارند. استفاده درست و اصولی از تخت بیمارستانی نقش ویژه ای در کیفیت مراقبت سلامت دارد(۱۰). در کشورهای درحال توسعه فراهم کردن تخت های بیمارستانی مهمترین عامل در تعیین میزان چگونگی بهره برداری از بیمارستان ها می باشد. با توجه به کمبود سرانه تخت بیمارستانی در کشور و اینکه راه اندازی هر تخت بیمارستانی برای نظام سلامت هزینه بسیار بالایی دارد، این موضوع ضروری به نظر می رسد که بیمارستان ها از ظرفیت موجود خود حداکثر استفاده را داشته باشند.

در این مطالعه ما به بررسی ظرفیت بهینگی تخت های مراقبت های ویژه بیمارستان نظامی در شهر تهران پرداختیم، بدین منظور ظرفیت بهره مندی تخت کل بیمارستان و بخش های ویژه، را مورد محاسبه قرار دادیم سپس بخش های مختلف فرمول یعنی نسبت متوسط مدت اقامت مطلوب به متوسط مدت اقامت فعلی، درصد اشغال تخت فعلی به درصد اشغال تخت مطلوب و نسبت تخت فعال بیمارستان به تخت ثابت را تحلیل کرده و راهکارهای متناسب با هر بخش را ارائه دادیم. یافته های مطالعه حاضر نشان داد که درصد اشغال تخت کل بیمارستان نزدیک به حداقل استاندارد (حتی بالاتر از آن) است اما تفاوت آشکاری در میزان درصد اشغال تخت بخش ها وجود دارد، در نتیجه به نظر می رسد که از نظر توزیع بین بخش ها انجام اقداماتی منجر به بهبود درصد اشغال تخت، کاستن از بار اضافی برخی بخش ها و افزایش ظرفیت بهره مندی کاری بخش های دارای درصد اشغال تخت پائین شود. از سوی دیگر بالا بودن درصد اشغال تخت (بالاتر از استاندارد۷۵ درصد) در برخی بخش ها منجر به بالا رفتن کاذب عدد نهایی فرمول بهره مندی تخت می شود در صورتیکه ۲۵درصد اشغال تخت باید خالی بماند و به موارد اضطراری اختصاص داده شود. بنابراین به دلیل اینکه هدف فرمول پیشنهادی استفاده از حداکثر ظرفیت بوده است، عدد درصد اشغال تخت مطلوب را ۸۵ درصد در نظر گرفته ایم.

در یک مطالعه توسط عامری و همکاران بیان گردید که استفاده بهینه از منابع در دسترس، یکی از چالش‌های مدیران



نمودار شماره1- درصد اشغال تخت به میانگین مدت اقامت



نمودارشماره2- میانگین مدت اقامت به درصد اشغال تخت

همه بیمارستان‌ها می‌باشد. یکی از راه حل‌های پیشنهادی برای حل این مشکل، کاهش متوسط مدت اقامت در بیمارستان است. پیشنهاد شده است که به منظور مدیریت بهتر این شاخص عملکردی، ارائه دهندگان بایستی عوامل تاثیرگذار بر این شاخص را شناسایی نموده و در زمینه موارد قابل کنترل اقدامات اصولی را در جهت استفاده بیشتر از هر تخت بیمارستانی به عمل آورند(۱۱).

در یک مطالعه توسط لطفی و همکاران بیان گردید جهت کاهش هزینه بیمارستان‌ها، مدیریت مؤثرترین عوامل ایجادکننده هزینه شامل هزینه‌های پزشکان و دارو کمک‌کننده خواهد بود. همچنین بیمارستان‌ها جهت رسیدن به نقطه بهینه تولید باید با ظرفیت‌ها و منابع تولیدی موجود خدمات بیشتری ارائه دهند(۱۲).

در یک مطالعه توسط کریم و همکاران بیان گردید بیمارستان ها به شدت دارای محدودیت تخت و منابع برای مراقبت بیماران می باشند. همچنین بین فاکتورهای نوع و دلیل مراجعه، روز بستری در ماه، ماه بستری، سن، نوع بیمه، بخش بستری، نوع محل زندگی، وضعیت تاهل و شغل باLOS ، ارتباط معنی دار آماری مشاهده شد(۱۳).

دکتر کومارگویا و همکاران در تحقیقی عنوان نمودند در بخش مراقبت های بهداشتی، تقاضای زیادی برای بهترین مدیکر برای بیماران دارند. رویکرد یادگیری ماشین تحت نظارت K-نزدیکترین همسایه برای پیش‌بینی بهترین بیمارستان برای بیمار بر اساس ویژگی‌های مختلف مورد استفاده در مجموعه داده استفاده می‌شود. در این مقاله از K-نزدیکترین همسایه برای انتخاب بیمارستان بهینه برای بیماران بر اساس متغیرهای هزینه و کیفیت استفاده می شود(۱۴).

مخالدی و همکاران در تحقیق خود بیان نمودند پیش‌بینی طول مدت اقامت، خدمات بهتری را ارائه می‌کند، منابع بیمارستان را مدیریت می‌کند و هزینه‌های آنها را کنترل می‌کند. در این مقاله، آنها دو روش یادگیری ماشین، جنگل تصادفی و مدل تقویت گرادیان را با استفاده از یک مجموعه داده منبع باز در

دسترس اجرا و مقایسه کردند(۱۵).

نتیجه گیری:

فرمول های موجود بر روی درصد اشغال تخت و متوسط مدت اقامت بیماران تمرکز دارند که حاصل جمع آنها شاخص گردش تخت می شود، اما در مطالعه حاضر در فرمول پیشنهادی به نسبت تخت فعال به تخت مصوب هم توجه می شود که عامل بسیار مهم و تاثیرگذاری می باشد. بیمارستان باید علت خروج تخت ها از چرخه فعالیت را شناسایی و رفع کند. برای کاهش متوسط مدت اقامت، راه اندازی خدمات مراقبت در منزل و مراقبت تسکینی مناسب به نظر می رسد. به منظور کاهش تأثیر منفی درصد اشغال تخت نیز به نظر می رسد عدم تفکیک بخش ها به نام تخصص ها و به نام پزشک متخصص و ایجاد تخت های شناور مناسب باشد. در واقع با استفاده از این فرمول و تحلیل درست هر بخش آن متوجه می‌شویم که دقیقاً مشکل بیمارستان در رسیدن به سطح بهره وری مطلوب به کدام قسمت مربوط می شود و متناسب با آن اقدامات صحیحی در جهت بهبود بهره وری تخت در بیمارستان قابل انجام است.

تشکر و قدردانی:

پژوهشگران مراتب تشکر و سپاس خود را از مدیر و همه کارشناسان بیمارستان مورد مطالعه در این مقاله اعلام می دارند.

منابع

1. Falcão PAA. Predicting Post-Surgical Lenght of Stay Using Machine Learning: Universidade de Lisboa (Portugal); 2020

2. Kermani B, Gharsi M, Ghanbari B, Sarabi Asiabar A, Atefi Manesh P, Baniasadi A, et al. The relationship between the levels of patient care and length of stay in hospital. Neurosci J Shefaye Khatam. 2015;3(3):32-40.

3. Sun Y, Heng BH, Tay SY, Seow E. Predicting hospital admissions at emergency department triage using routine administrative data. Acad Emerg Med. 2011;18: 844–50. pmid:21843220

4. Bernstein SL, Aronsky D, Duseja R, Epstein S, Handel D, Hwang U, et al. The Effect of Emergency Department Crowding on Clinically Oriented Outcomes. Acad Emerg Med. 2009;16: 1–10. pmid:19007346

5. Peck JS, Benneyan JC, Nightingale DJ, Gaehde SA. Predicting emergency department inpatient admissions to improve same-day patient flow. Acad Emerg Med. 2012;19: E1045–54. pmid:22978731

6. Levin S, Toerper M, Hamrock E, Hinson JS, Barnes S, Gardner H, et al. Machine-Learning-Based Electronic Triage More Accurately Differentiates Patients With Respect to Clinical Outcomes Compared With the Emergency Severity Index. Ann Emerg Med. 2017; pmid:28888332

7. Dugas AF, Kirsch TD, Toerper M, Korley F, Yenokyan G, France D, et al. An Electronic Emergency Triage System to Improve Patient Distribution by Critical Outcomes. J Emerg Med. 2016;50: 910–918. pmid:27133736

8. Dharmarajan K, Hsieh AF, Lin Z, Bueno H, Ross JS, Horwitz LI, et al. Diagnoses and timing of 30-day readmissions after hospitalization for heart failure, acute myocardial infarction, or pneumonia. JAMA. 2013;309(4):355-63. https://doi.org/10.1001/jama.2012.216476.

9. Hong WS, Haimovich AD, Taylor RA (2018) Predicting hospital admission at emergency department triage using machine learning. PLoS ONE 13(7): e0201016. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201016.

10. Ferdosi M, Niaraees Zavare AS, Akbari F. Analyzing hospital bed productivity using an innovative indicator. Journal of Military Medicine. 2020;22(7):737-46.

11. Ameri H, Adham D, Panahi M, Khalili Z, Fasihi A, Moravveji M, et al. Predictors for Duration of Stay in Hospitals. Journal of Health. 2015;6(3):256-65.

12. Lotfi F, Kharazmi E, Bayati M, Alipour H, Lohivash S, Jajarmizadeh A. Estimation of the cost function for hospitals affiliated to Shiraz University of Medical Sciences during 2015-2016. jhosp 2020; 19 (2) :25-34
URL: http://jhosp.tums.ac.ir/article-1-6246-fa.html

13. Karim H, Tara M, Etminani K. Factors Associated with Length of Stay Based on Admission Data in Emam-Reza and Ghaem Hospitals of Mashhad. Health Inf Manage 2015; 12(4):415.

14. Dr. Krishan Kumar Goya AHP. To Predict The Best Hospital In An Area Using Machine Learning. International Journal of Advanced Science and Technology. 2020;29(12s):1371 – 7.

15. Mekhaldi RN, Caulier P, Chaabane S, Chraibi A, Piechowiak S, editors. Using Machine Learning Models to Predict the Length of Stay in a Hospital Setting. World Conference on Information Systems and Technologies; 2020: Springer.