Journal of Safety Promotion and Injury Prevention,
Vol.9, No.1, Spring 2021

Original Article

Neuro-critical Care Unit Bed Allocation Optimization based on Hybrid Approach: Designing of Experiments and Simulation

Reza Goharani[1], Omid Shafagh-sorkh [2], Saeedeh Nateghinia[*2], Mohammadreza Hajiesmaeili[2], Ahmad Alibabaei[3] , Navid Shafigh[1]

1. Anesthesia and Critical Care Department, Anesthesiology Research Center, Loghman Hakim Hospital, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran
2. Critical Care Quality Improvement Research Center, Loghman Hakim Hospital, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
3. School of management and medical education sciences, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

***Corresponding Author**: s.nateghinia@gmail.com

Background & Objectives: Neurological Critical Care Unit is allocated for patients with critical conditions in the field of neurological diseases. ICU beds and their equipment are very expensive and there are some economic constraints for increasing the ICU beds. At the same time, the admission waiting time for patients in this unit is not favorable. Therefore, an initiative for better management of this ward was needed. The objective of this study was to examine an optimal program for allocating beds to patients, based on their required length of stay in the unit.

Methods and Materials: In this study, different categories of patients and their quantity was investigated in the Loghman Hakim hospital. Then, by using the design of experiments technique, optimal combinations were obtained. The obtained combinations were simulated for each of two criteria was calculated; patients' average waiting time and bed occupancy rate. Subsequently, a mathematical model with the objective function of minimizing the average waiting time for patients, as well as the average bed occupancy rate was presented using the linear response method.

Results: According to the results of this study, an optimal combination of beds allocation to different categories of patients for the Neurological Critical Care Unit were respectively 6, 2, 3, 3, and 2 beds, and average waiting time was 1.4 hours and an average bed occupancy rate was 34.5%.

Conclusion: The present study demonstrated that optimization of bed allocation in ICU by using a combined approach of simulation and design of experiments, resulted in a decrease in average waiting time and increase in bed occupancy rate (bed productivity).

Keyword: Bed Allocation; Neurological Critical Care Unit; Health Systems Engineering; Simulation; Designing of Experiments

How to cite this article: Goharani R, Shafagh-sorkh O, Nateghinia S, Hajiesmaeili M, Alibabaei A, Shafigh N. Neuro-critical Care Unit Bed Allocation Optimization based on Hybrid Approach: Designing of Experiments and Simulation. J Saf Promot Inj Prev. 2021; 9(1):9-17.
https://doi.org/10.22037/meipm.v9i1.29347

مقاله پژوهشی

مجله ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت ها
دوره ۹. شماره ۱. بهار ۱۴۰۰، صفحات ۹ تا ۱۷

بهینه سازی تخصیص تخت های بخش مراقبت های ویژه مغز و اعصاب بر اساس رویکرد ترکیبی شبیه سازی و طراحی آزمایشات

رضا گوهرانی[۱]، امید شفق سرخ[۲]، سعیده ناطقی نیا*[۳]، محمدرضا حاجی اسماعیلی[۲]، احمد علی بابایی[۳]، نوید شفیق[۱]

۱. گروه مراقبت های ویژه و بیهوشی، مرکز تحقیقات بیهوشی، بیمارستان لقمان حکیم، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
۲. مرکز تحقیقات بهبود کیفیت مراقبت های ویژه، بیمارستان لقمان حکیم، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
۳. دانشکده مدیریت و آموزش پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

چکیده

سابقه و هدف: واحد مراقبت‌های ویژه مغز و اعصاب به مراقبت از بیماران دچار شرایط بحرانی و تهدید کننده حیات در زمینه بیماری های مغز و اعصاب اختصاص دارد و از آنجایی‌که با محدودیت منابع جهت افزایش تخت های مراقبت های ویژه و همچنین افزایش زمان انتظار بیماران در این بخش رو به رو می باشیم نیازمند دستیابی به بهینه ترین ترکیب ممکن برای تخصیص تخت ها به هر نوع از بیماران و تعداد تخت در بخش مراقبت های ویژه می باشیم. لذا در این مطالعه برای استفاده بهینه از تخت ها و نیز به منظور کاهش متوسط زمان انتظار بیماران در بخش مراقبت‌های ویژه مغز و اعصاب مرکز پزشکی، آموزشی درمانی لقمان حکیم وابسته به دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی به شبیه سازی بخش مورد نظر پرداخته تا ترکیب بهینه تخت های موجود در این بخش حاصل شود.

روش بررسی: در این مطالعه ابتدا ترکیب تخصیص تخت های بخش مراقبت های ویژه مغز و اعصاب بیمارستان لقمان حکیم به هر دسته از بیماری ها مشخص شد و با استفاده از نرم افزار طراحی آزمایشات بهینه ترین ترکیب های ممکن بدست آمد. سپس ترکیب های بدست آمده شبیه سازی شده و دو معیار میانگین زمان انتظار در صف برای بیماران و میزان بهره وری (اشغال تخت) برای هر یک از ترکیب ها محاسبه شد. پس از آن مدل ریاضی شامل اهداف کمینه سازی متوسط زمان انتظار بیماران در صف و همچنین میانگین بهره وری تخت ها با استفاده از روش پاسخ خطی ارائه شد.

نتایج: بر اساس نتایج، تعداد بهینه انواع تخت های مورد استفاده در این بخش به ترتیب برابر با شش، دو، سه، سه و دو تخت برآورد شدند که منجر به متوسط زمان انتظار ۱,۴ ساعتی بیماران و نیز متوسط بهره وری ۳۴,۵ درصدی مجموع تخت ها شد.

نتیجه‌گیری: نتایج مطالعه حاضر بیانگر این واقعیت است که بهینه سازی تخصیص تخت در بخش مراقبت‌های ویژه مغز و اعصاب با بکارگیری رویکرد ترکیبی شبیه سازی و طراحی آزمایشات ، باعث کاهش متوسط زمان انتظار بیماران و به تبع آن افزایش بهره وری (درصد اشتغال به کار) تخت ها می شود.

واژگان کلیدی: تخصیص تخت; مراقبتهای ویژه; مهندسی سیستم های سلامت; شبیه سازی; طراحی آزمایشات

مقدمه

در همه جهان سیستم‌های مراقبت بهداشتی، خدمات بهداشتی را به مردم ارائه می‌دهند. این سیستم‌ها بزرگ و پیچیده هستند و شبکه‌ای از بیمارستان‌ها، کلینیک‌ها، تسهیلات تشخیص، پزشکان، پرستاران، داروسازان، بیماران و سیستم‌های اطلاعاتی را در بر می‌گیرد. این سیستم‌ها به دلیل گوناگونی در ذینفعان، هدف‌هایی گاه متناقض دارند. بیماران خواهان دریافت خدماتی با سرعت و هزینه کم هستند، در آن سو، خدمت دهندگان خواهان افزایش سود یا کاهش هزینه‌ها می‌باشند (۱). بیمارستان با قلمرو مسئولیت های مشخص خود مهم‌ترین موسسه بهداشتی و درمانی و در واقع یک سازمان اجتماعی پزشکی به شمار می رود زیرا با کمک آن مراقبت های بهداشتی و درمانی کاملی به جامعه عرضه می گردد (۲).

از جمله بخش‌های مهم بیمارستان بخش مراقبت های ویژه[۱] است که

*آدرس نویسنده مسئول مکاتبات: s.nateghinia@gmail.com

۱. ICU

مهم‌ترین وظیفه آن، ارائه خدمات در فوریت های پزشکی است(۲) بیمارانی که به این بخش مراجعه می کنند از نظر وضعیت جسمانی در حالت بحرانی به سر می برند و رسیدگی به آن ها در اسرع وقت و با بالاترین کیفیت از جمله وظایف کادر پزشکی و پرستاری شاغل در این بخش است. در بخش بخش مراقبت های ویژه به دلیل حاد تر بودن شرایط بیمار، نجات جان او باید در اولویت قرار گیرد (۳). اثبات شده است که اختصاص تخت های مراقبت های ویژه به بیماران مغز و اعصاب[۲] در مقایسه با بخش مراقبت های ویژه جنرال توانسته کاهش بیشتری در میزان مرگ و میر ایجاد نماید از جمله بیماری ها و تروماهای مغز و اعصاب مانند CVA دومین عامل مورتالیتی و اولین علت معلولیت اکتسابی می باشند که درمان این دسته از بیماران در بخش های مراقبت‌های ویژه مغز و اعصاب با کاهش مرگ و میر همراه است (۴-۶).

بنابراین پذیرش بیماران در بخش مراقبت های ویژه در ۷۲ ساعت اول شرایط بحرانی، تاثیر قابل توجهی بر احتمال زنده ماندن بیماران دارد (۷). برخی مطالعات نشان دادند که در صورتیکه بیماران به موقع در بخش مراقبت های ویژه پذیرش نشوند، باعث افزایش تا ۵ برابری خطر مرگ و ۲ برابر شدن طول مدت اقامت در بخش مراقبت های ویژه می شود (۸). افزایش تعداد مراجعه کنندگان به بخش مراقبت های ویژه و بالا رفتن زمان انتظار بیماران از سویی و پیچیدگی ارائه خدمت در این بخش از سوی دیگر موجب شده تا تصمیم گیری برای ایجاد تغییر، اصلاح و یا ارتقای این سیستم از حساسیت بالایی برخوردار باشد. تفکر در این مورد، اهمیت استفاده از ابزارهای علمی جهت تصمیم گیری مدیران را آشکار می سازد (۹). استفاده از تحقیق در عملیات در بخش مراقبت‌های بهداشتی در طول سالیان اخیر به میزان قابل توجهی افزایش پیدا کرده است (۱۰). یکی از ابزارهای تحقیق در عملیات شبیه سازی است. شبیه‌سازی قادر است به وسیله ارزیابی و تحلیل استراتژی های مختلف با استفاده از کامپیوتر، راه حل های مختلفی را در جهت بهبود وضع موجود فراهم می‌کند و هزینه ها و خطرات اجرای عملی راهکارها را کاهش می دهد (۱۱). همچنین در مطالعات مختلفی از تکنیک های شبیه سازی و مدل های ریاضی جهت ارتقا بهره وری منابع، نیروی انسانی و تجهیزات در حوزه بهداشت و درمان و کاهش زمان انتظار بیماران استفاده شده است (۱۲-۲۵).

زهو و همکاران در مطالعه ای که در یک دوره ۱۲ ماهه در بخش مراقبت های ویژه ۱۳تختی در کشور سنگاپور با هدف ارائه یک مدل شبیه سازی پیشامد گسسته به منظور پیش بینی تاثیر افزایش تعداد تخت دربخش مراقبت های ویژه روی عملکرد بخش انجام دادند، مشخص گردید با افزایش ۲۰ تخت به بخش مراقبت های ویژه، درصد اشغال تخت به میزان ۶٪ کاهش و میزان عدم پذیرش از ۶٪ به ۲٪ کاهش پیدا کرد (۱۷).

کوسوم و همکاران در مطالعه ای جهت ارائه چهارچوبی مفهومی برای افزایش جریان بیمار در بخش مراقبت های ویژه شبیه سازی انجام دادند تا به کمک آن نشان دهند چگونه تغییرات تخصیص تخت می تواند بر روی اشغال تخت و مدت زمان انتظار بیمار تاثیر گذار باشد که نتیجه این تحقیق کاهش ۷٫۲٪ در زمان انتظار بیمار و ۴٪ افزایش (۸۰٪ به ۸۴٪) در اشغال تخت بود (۲۳).

در این تحقیق سعی بر این بود که برای استفاده بهینه از تخت ها و نیز به منظور کاهش متوسط زمان انتظار بیماران در بخش مراقبت‌های ویژه مغز و اعصاب با استفاده از ابزار شبیه سازی، به یک مدل ریاضی برای دستیابی به ترکیب بهینه تخت های موجود در این بخش دست یابیم.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر یک پژوهش توصیفی کاربردی در حوزه شبیه سازی و مدلسازی فرایند های بخش مراقبت های ویژه و یک نمونه عملی کاربرد دانش مهندسی سیستم های سلامت بود که طی سال های ۹۴ تا ۹۶ در بخش مراقبت های ویژه جراحی مغز و اعصاب مرکز آموزشی، پژوهشی و درمانی لقمان حکیم وابسته به دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی انجام گرفت.

در بخش مراقبت های ویژه پذیرش روزانه به طور متوسط ۳٫۳ (۱۰۰ بیمار در ماه) و درخواست پذیرش به طور متوسط ۴ بیمار در روز صورت بود. تعداد تخت های مورد استفاده در این بخش ۱۴ عدد بود که به پنج بخش: تومورمغزی ۶ تخت (۴۳٪)، ستون فقرات ۱ تخت(۱۴٫۳٪)، اختلالات مغزی ۲ تخت (۱۴٫۳٪)، آدنوم ۳ تخت (۲۱٫۵٪) و سایر ۲ تخت (۱۴٫۳٪). تقسیم می شدند.

جمع‌آوری داده‌ها بر اساس نمونه‌گیری تصادفی توسط پژوهشگر صورت گرفت که داده های مربوط به زمان و تعداد ورود بیماران به بخش مراقبت‌های ویژه مغز و اعصاب و سایر معیارهای عملکرد مربوط به بخش را جمع آوری کرد. برای مشخص شدن تعداد داده‌های لازم برای انجام شبیه‌سازی ابتدا تعداد ۱۵ نمونه از زمان ورود بیماران انتخاب شد و تعداد نمونه تقریباً برابر با ۴۲۵ بیمار در نظر گرفته شد. با توجه به حجم نمونه تعیین شده، داده های ورود و مدت اقامت ۵۰۰ بیمار از بخش مراقبت های ویژه جمع آوری گردید و سپس تابع توزیع داده ها برای هر دسته از تخت ها با استفاده از نرم افزار Enterprise Dynamic (ED) محاسبه و تعیین گردید. سپس بر مبنای داده های جمع آوری شده وضعیت فعلی این بخش در نرم افزار، شبیه سازی گردید.

برای اعتبار سنجی مدل لازم بود در یک سطح اطمینان مشخص،

۲. Neuro-critical care unit (NCCU)

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

خروجی مدل شبیه‌سازی با خروجی دنیای واقعی برابر باشد. لذا برای سنجش اعتبار مدل شبیه سازی، معیار تعداد افراد خدمت دیده در روز در نظر گرفته شد و برای این معیار داده های مربوط به دنیای واقعی به مدت ۵ ماه جمع آوری شد و مدل شبیه سازی به مدت ۵ ماه اجرا و داده های حاصل از آن استخراج گردید.

جهت اعتبار سنجی در ابتدا شرط نرمال بودن هریک از داده های دنیای واقعی و مدل شبیه سازی شده مورد بررسی قرار گرفت. آزمون کالموگروف- اسمیرنوف در سطح ۹۵٪ از نرم افزار minitab16 استفاده شد که با توجه به مقدار p-value مشخص شد که داده های شبیه سازی شده نرمال بوده و داده های واقعی از توزیع نرمال پیروی نمی کند. با توجه به نرمال نبودن هر دو توزیع، برای بررسی برابری میانگین دو جامعه از آزمون من ویتنی استفاده گردید.

در دنیای مهندسی، طراحی آزمایش ها ابزاری مهم جهت بهبود عملکرد یک فرایند تولید محسوب می شود. طراحی آزمایش ها، به فرایند انجام آزمایش با هدف جمع آوری داده مناسب و تحلیل آن ها از روش های آماری جهت کسب نتایج معتبر اشاره دارد (۹).

در این پژوهش به منظور برآورد مدل ریاضی از روش رویه سطح پاسخ در طراحی آزمایشات استفاده شد. این متدولوژی مجموعه ای از تکنیک های آماری و ریاضی است که برای مدل کردن و آنالیز متغیر پاسخ که تحت تاثیر چندین متغیر مستقل می باشد و همچنین بهینه کردن هدف بسیار کاربرد دارد.

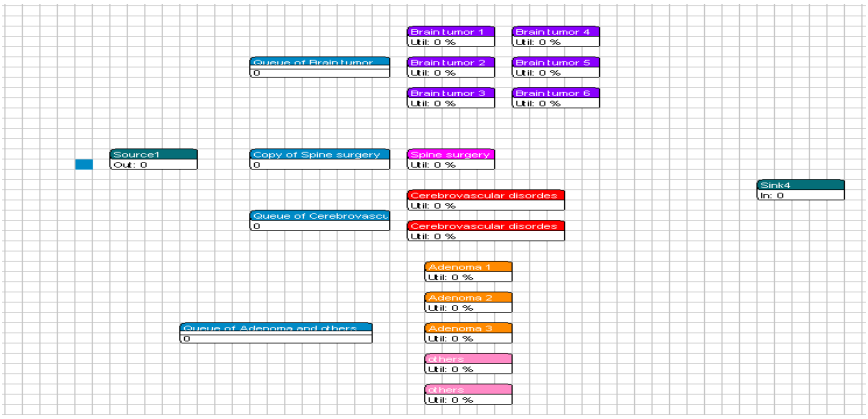
با استفاده از نرم افزار طراحی آزمایشات بهینه ترین ترکیب های ممکن بدست آمد. سپس ترکیب های بدست آمده شبیه سازی شده و دو معیار میانگین زمان انتظار در صف برای بیماران و میزان بهره وری (اشغال تخت) برای هر یک از ترکیب ها محاسبه شد. پس از آن مدل ریاضی شامل اهداف کمینه سازی متوسط زمان انتظار بیماران در صف و همچنین میانگین بهره وری تخت ها با استفاده از روش پاسخ خطی ارائه شد و در آخرین مرحله به منظور یافتن بهترین پاسخ از بین جواب های به دست امده از روش تصمیم گیری چند معیاره SAW استفاده شد.

یافته‌ها

مدل شبیه سازی شده بخش مراقبت‌های ویژه مغز و اعصاب بر مبنای داده های جمع آوری شده از این بخش در شکل ۱ نمایش داده شده است.

جدول ۱ مقایسه داده های استخراج شده از اجرای ۱۰ روزه مدل شبیه سازی با داده های واقعی را نشان می دهد.

بعد از اینکه شرط نرمال بودن هریک از داده های واقعی و مدل شبیه سازی شده با آزمون کالموگروف- اسمیرنوف در سطح ۹۵٪ از نرم افزار minitab۱۶ بررسی شد با توجه به مقدار p-value مشخص گردید که داده های شبیه سازی شده از توزیع نرمال پیروی می کنند در نتیجه آزمون برابری میانگین ها با استفاده از آزمون ناپارامتریک من ویتنی به شرح جدول ۲ است.



شکل ۱. مدل شبیه سازی شده بخش مراقبت‌های ویژه مغز و اعصاب در نرم افزار شبیه سازی

جدول ۱ . مقایسه داده های حاصل از شبیه سازی با داده های واقعی

داده های حاصل از شبیه سازی	۳۶	۵۲	۴۷	۳۶	۵۳	۵۳	۴۵	۴۶	۵۲	۵۵
داده های واقعی	۵۳	۵۰	۴۵	۵۰	۳۵	۵۲	۵۰	۴۰	۵۱	۴۴

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

جدول ۲. نتیجه آزمون برابری میانگین ها با استفاده از آزمون ناپارامتریک من ویتنی

Mann-Whitney Test and CI: C1, C2

	N	Median
C1	۱۰	۴۹/۵۰
C2	۱۰	۵۰/۰۰

Point estimate for ETA1-ETA2 is 1.00
(۵,۰۰,۷,۰۰-) Percent CI for ETA1-ETA2 is ۹۵,۵
W = 114.5
Test of ETA1 = ETA2 vs ETA1 > ETA2 is significant at 0.2481
The test is significant at 0.2470 (adjusted for ties)

با توجه به قرار گرفتن صفر در بازه (-۵.۰۰,۷.۰۰) فرض H0 در سطح اطمینان ۹۵ ٪ برقرار می باشد و میانگین ها برابر می باشند. در نتیجه می توان نتیجه گرفت مدل شبیه سازی شده از اعتبار کافی برخوردار می باشد. در ادامه بر اساس آزمایشات مورد نظر و نتایج حاصل از آن ها در بستر نرم افزار شبیه سازی، به برآورد توابع هدف شامل کمینه سازی متوسط زمان انتظار بیماران در صف و نیز بیشینه سازی متوسط بهره وری (درصد اشتغال به کار) اقدام گردید.

جدول ۳ نتایج حاصل از طراحی آزمایشات بر اساس مقادیر مختلف متغیرهای ورودی(انواع تخت ها از X_1 تا X_5 را نشان و مقدار توابع هدف ناشی از پیاده سازی هر آزمایش(سناریو) شامل متوسط زمان انتظار در صف(Z_1) و متوسط بهره وری هر تخت(Z_2) در بستر نرم افزار شبیه سازی را نشان می دهد.

جدول۳ . نتایج حاصل از طراحی آزمایشات بر اساس مقادیر مختلف متغیرهای ورودی(انواع تخت ها از X_1 تا X_5)

X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	Z_1	Z_2
۶	۳	۲	۳	۲	۲۷/۴۲۸۰۷	۰/۳۴۳۱۲۵
۶	۲	۲	۳	۲	۲۳/۹۷۲۶۷	۰/۳۶۴
۶	۲	۲	۳	۲	۲۰/۲۹۹۶۱	۰/۳۶۵۳۳۳
۷	۱	۳	۴	۱	۴۴/۸۹۵۴۴	۰/۳۲۸۱۲۵
۷	۳	۱	۲	۳	۳۹/۴۵۶۶۲	۰/۳۳۹۳۳۳
۷	۳	۱	۴	۱	۲۷/۵۱۶۶۵	۰/۳۳۲
۶	۲	۲	۳	۳	۳۸/۱۳۹۱۳	۰/۳۲۵۶۲۵
۶	۲	۲	۲	۲	۲۴/۱۳۲۳۴	۰/۳۹۵
۵	۲	۲	۳	۲	۲۴/۹۲۳۶۵	۰/۳۹۰۷۱۴
۶	۲	۳	۳	۲	۲/۵۰۳۵۲۸	۰/۳۴۵
۶	۲	۲	۳	۲	۷/۳۹۳۷۴۴	۰/۳۶۹۳۷۵
۷	۱	۳	۲	۳	۳۲/۷۰۶۰۳	۰/۳۴۱۲۵
۷	۳	۳	۲	۱	۱۶/۱۵۶۱	۰/۳۴۲۵
۶	۲	۲	۳	۱	۴/۳۷۵۴۹۴	۰/۳۹۹۲۸۶
۶	۲	۲	۴	۲	۴/۴۸۶۵۸۱	۰/۳۴۳۱۲۵
۵	۳	۳	۴	۱	۹/۲۶۷۱۴۷	۰/۳۵۴۶۶۷
۶	۱	۲	۳	۲	۲۵/۴۲۳۳۹	۰/۳۸۲۱۴۳
۶	۲	۲	۳	۲	۱۳/۴۹۹۶۴	۰/۳۷۰۶۶۷
۵	۱	۳	۴	۳	۴۱/۹۶۷۳۳	۰/۳۴۰۶۲۵
۵	۳	۱	۴	۳	۱۸/۶۸۲۸	۰/۳۳۲۵
۵	۳	۳	۲	۳	۹/۹۰۰۳۴۷	۰/۳۵۳۳۳۳
۵	۱	۱	۲	۱	۶۵/۶۹۳۰۳	۰/۵۱۴
۶	۲	۲	۳	۲	۶/۵۱۳۰۲۵	۰/۳۷۶۲۵
۶	۲	۱	۳	۲	۴۲/۲۲۹۷۲	۰/۳۷۶۴۲۹
۷	۱	۱	۴	۳	۶۹/۳۹۶۲۵	۰/۳۳۶۶۶۷
۷	۲	۲	۳	۲	۱۷/۳۵۱۲	۰/۳۶۲۴

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

پس از انجام آزمایشات و کسب نتایج با استفاده از روش رویه سطح پاسخ، برازش توابع هدف بر اساس نتایج حاصل از طراحی آزمایشات به شرح زیر براورد شد.

در انتها نیز به توابع مورد نظر محدودیت های تحقیق شامل محدودیت های مربوط به حد بالا و پایین هر یک از تخت ها و نیز محدودیت تعداد کلی تخت ها درمجموع اضافه گردید و مدل نهایی تحقیق حاصل شد.

تابع هدف مربوط به متوسط زمان انتظار در صف

$$\mathbf{Min}\ Z_1 = 729/52 - 134/66X_1 + 65/5X_2 - 223/35X_3 - 154/82X_4 + 108/52X_5 - 4/56X_1X_2 + 18/95X_1X_3 + 20/92X_1X_4 - 5/84X_1X_5 - 0/443X_2X_3 - 5/44X_2X_4 - 29/008X_2X_5 + 25/58X_3X_4 - 4/01X_3X_5 - 2/68X_4X_5 + 4/25X_1^2 + 9/53X_2^2 + 5/47X_3^2 - 2/57X_4^2 + 4/37X_5^2$$

تابع هدف مربوط به متوسط بهره وری تخت ها(اشغال تخت)

$$\mathbf{Max}\ Z_2 = +0/788 - 0/0291X_1 - 0/0249X_2 - 0/0235X_3 - 0/0301X_4 - 0/0289X_5$$

$$\mathbf{Min}\ Z_1 = 729/52 - 134/66X_1 + 65/5X_2 - 223/35X_3 - 154/82X_4 + 108/52X_5 - 4/56X_1X_2 + 18/95X_1X_3 + 20/92X_1X_4 - 5/84X_1X_5 - 0/443X_2X_3 - 5/44X_2X_4 - 29/008X_2X_5 + 25/58X_3X_4 - 4/01X_3X_5 - 2/68X_4X_5 + 4/25X_1^2 + 9/53X_2^2 + 5/47X_3^2 - 2/57X_4^2 + 4/37X_5^2$$

$$\mathbf{Max}\ Z_2 = +0/788 - 0/0291X_1 - 0/0249X_2 - 0/0235X_3 - 0/0301X_4 - 0/0289X_5$$

تخصیص بهینه تخت ها

پس از تدوین مدل نهایی تحقیق به منظور کسب بهترین مقدار برای مقادیر مربوط به تخت ها، اقدام به بدست آوردن مقادیر توابع هدف بر اساس ترکیب های مختلف از مقادیر متغیرها(تخت ها) به شرح جدول ۴ می باشد.

از بین جواب های بدست آمده، جواب های غیر قابل قبول حذف و بهترین جواب های قابل قبول (برای تابع هدف اول کمترین مقدار و برای تابع هدف دوم بیشترین مقدار) انتخاب شد.

در آخرین مرحله به منظور یافتن بهترین پاسخ از بین جواب های به دست امده از روش تصمیم گیری چند معیاره SAW استفاده شد.

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

جدول ۴. بخشی از مقادیر توابع هدف بر اساس ترکیب های مختلف از مقادیر متغیرها(تخت ها)

ترکیب های مختلف	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	Z_1	Z_2	Acceptable/unacceptable
۱	۷	۱	۳	۴	۱	۴۴.۳۸	۰.۳۳۹۶	Acceptable
۲	۵	۱	۳	۲	۱	-۵۴.۰۲۷	۰.۴۵۸	unacceptable
۳	۶	۲	۲	۳	۳	۳۷.۱۲	۰.۳۳۹۶	Acceptable
۴	۶	۲	۲	۳	۲	۱۵.۸۶۶	۰.۳۶۸۵	Acceptable
۵	۶	۱	۲	۳	۲	۲۴.۳۵۸	۰.۳۹۳۴	Acceptable
۶	۷	۳	۱	۴	۱	۲۷.۷۵۷	۰.۳۳۶۸	Acceptable
۷	۶	۲	۲	۴	۲	۳.۴۹۶	۰.۳۳۸۴	Acceptable
۸	۶	۳	۲	۳	۲	۲۶.۴۳۴	۰.۳۴۳۶	Acceptable
۹	۶	۲	۱	۳	۲	۴۱.۲۷۲	۰.۳۹۲	Acceptable
۱۰	۵	۲	۲	۳	۲	۲۳.۹۱۶	۰.۳۹۷۶	Acceptable

جدول ۵. بهترین جواب از لحاظ مقادیر هدف

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	Z_1	Z_2
A	۶	۲	۲	۴	۲	۳/۴۹۶	۰/۳۳۸۴
B	۶	۲	۲	۳	۱	۳/۳۵۲	۰/۳۹۷۴
C	۵	۲	۲	۳	۱	۵/۵۶۲	۰/۴۲۶۵
D	۷	۳	۲	۲	۳	۳/۱۶	۰/۳۱۵۷
E	۶	۲	۳	۲	۳	۲/۹۷۴	۰/۳۴۶۲
F	۵	۲	۳	۴	۳	۳/۱۹۴	۰/۳۱۵۱
G	۶	۲	۳	۳	۲	۱/۴	۰/۳۴۵

جدول ۶. یافتن بهترین پاسخ از بین جواب های به دست آمده از روش تصمیم گیری چند معیاره SAW

گزینه	جنبه منفی Z_1	جنبه مثبت Z_2	بی مقیاس سازی Z_1	بی مقیاس سازی Z_2	بی مقیاس سازی موزون $W_1 = 0.6$	بی مقیاس سازی موزون $W_2 = 0.4$	جواب نهایی
A	۳/۴۹۶	۰/۳۳۸۴	۰/۴	۰/۷۹	۰/۲۴	۰/۳۲	۰/۵۶
B	۳.۳۵۲	۰/۳۹۷۴	۰/۴۲	۰/۹۳	۰/۲۵۲	۰/۳۷	۰/۶۲۲
C	۵/۵۶۲	۰/۴۲۶۵	۰/۲۵	۱	۰/۱۵	۰/۴	۰/۵۵
D	۳/۱۶	۰/۳۱۵۷	۰/۴۴	۰/۷۴	۰/۲۶	۰/۲۹۶	۰/۵۵۶
E	۲/۹۷۴	۰/۳۴۶۲	۰/۴۷	۰/۸۱	۰/۲۸	۰/۳۲۴	۰/۶۰۴
F	۳/۱۹۴	۰/۳۱۵۱	۰/۴۳	۰/۷۳	۰/۲۵۸	۰/۲۹	۰/۵۴۸
G	۱/۴	۰/۳۴۵	۱	۰.۸۱	۰/۶	۰/۳۲۴	۰/۹۲۴
	$MIN = 1/4\ MAX = 0/4265$						

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

بحث

در بیمارستان ها بخش مراقبت های ویژه بخشی است که بدحال ترین بیماران را به دلیل امکانات ویژه و خاص تحت مراقبت قرار می دهد به همین دلیل تاکید بیشتر بر این بخش بیانگر این حقیقت است که بیمارستان ها بسیار به این بخش نیاز خواهند داشت و در سال های اخیر بسیاری از بیمارستان ها به تخت های بیشتر در بخش مراقبت های ویژه مجهز شده اند. به همین دلیل به کارگیری استانداردها در بخش های مراقبت های ویژه منجر به بقای بیشتر بیماران و صرفه جویی در هزینه ها خواهد شد، و از اشتباهات در مدیریت بخش مراقبت ویژه جلوگیری کرده و مرگ های قابل پیشگیری را می تواند کاهش می دهد. در مطالعه حاضر با استفاده از تکنیک شبیه سازی، ترکیب تخصیص تخت های بخش مراقبت های ویژه مغز و اعصاب بیمارستان لقمان حکیم به هر دسته از بیماری ها مشخص شد و با استفاده از نرم افزار طراحی آزمایشات، بهینه ترین ترکیب های تخصیص به ترتیب برابر با شش، دو، سه، سه و دو تخت برآورد شدند که منجر به متوسط زمان انتظار ۱,۴ ساعتی بیماران و نیز متوسط بهره وری ۳۴,۵ درصدی مجموع تخت های بخش مراقبت های شد. در بررسی های انجام شده مشخص گردید که تا کنون مطالعه محدودی در زمینه شبیه سازی تخصیص تخت ها در بخش مراقبت‌های ویژه مغز و اعصاب باشد به دست آمد اما مطالعات بسیاری در زمینه شبیه سازی در حوزه بهداشت و درمان وجود دارد که به ذکر نتایج چند مورد از این مطالعات می پردازیم. آنگلو و همکاران به مطالعه ای با هدف پیش بینی تقاضا و تعیین تعداد مطلوب تخت های بخش مراقبت های ویژه برای کاهش زمان انتظار بیماران پرداختند. بدین منظور جهت دستیابی به پیش بینی تقاضا از صافی نمایی (exponential smoothing) و مدل های Box-Jenkins و از سری زمانی برای استفاده از اطلاعات درخواست های روزانه بیماران برای تخت های بخش مراقبت های ویژه استفاده شد. نتایج نشان داد برای مدت زمان ۶ ساعت، نیاز به تخت های بخش مراقبت های ویژه از ۳۴۵ تا ۵۹۲ متفاوت بود و مدل فعلی به کار برده شده برای تقاضا کافی نمی باشد اما مدل جدید می تواند مدیریت تقاضا و زمان ترخیص می تواند صف انتظار را کنترل نماید. سلیمی فرد و همکاران در مطالعه ای با هدف ارایه ی مدلی جهت بهبود فرایندهای بخش اورژانس پرداختند. برای مدل سازی فرآیندهای بیمار، از شبکه‌های پتری رنگین، و برای شبیه‌سازی و بررسی سناریوهای بهبود، از ابزارCPN Tools استفاده شد. داده‌های ورودی مدل شبیه‌سازی از طریق زمان سنجی در طول زمان جمع‌آوری داده‌ها به دست آمده اند. برای بهبود در فرایندها چهار سناریوی بهبود دهنده شامل، B (افزودن یک پزشک متخصص پزشکی اورژانس) C (جایگزینی پزشک متخصص اورژانس به جای پزشک عمومی) D (حذف تریاژ و مراجعه مستقیم بیمار به پزشک عمومی برای تریاژ و معاینه) E (حذف معاینه توسط پزشک عمومی و جایگزینی آن با یک پزشک متخصص اورژانس در واحد تریاژ برای تریاژ و معاینه) تعریف و اثر این سناریوها بر معیارهای عملکردی بررسی شد. نتایج خروجی شبیه سازی نشان داد که سناریوB ، مدت زمان انتظار برای پزشک متخصص را ۴۵ درصد کاهش می‌دهد و سناریوهای دیگر اثر مثبتی بر کاهش زمان های انتظار نداشته اند. سناریو E بیشترین کاهش در طول مدت اقامت بیماران سطوح مختلف ESI داشته است. دو سناریو E و Dبهبودهای بیشتری در استفاده از منابع داشته اند. در انتخاب سناریوی برتر به رسالت اصلی بخش اورژانس، یعنی نجات جان بیماران بد حال توجه می شود. از این رو سناریویی که این مهم را برآورده کند، حتی اگر هزینه‌ی زیادتری نیز داشته باشد، نسبت به دیگر سناریوها برتری دارد. گلدواسسرو همکاران مطالعه ای با هدف ارائه مدلی برای برآوردن نیاز تخت های بخش های مراقبت عمومی و مراقبت های ویژه در ایالت ریودوژانیرو با توجه به تقاضای موجود و مقایسه آن با استانداردهای وزارت بهداشت برزیل ارائه دادند. در این مطالعه از یک مدل ترکیبی (سری زمانی - تئوری صف) استفاده و داده های بیماران از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۱ وارد مطالعه شد. در نهایت با توجه به مدل ارائه شده و مقایسه آن با مدل موجود به این نتیجه رسیدند که افزایش تخت ها به میزان ۱۲۲ ٪ موردنیاز می باشد و برآورد کافی تعداد تخت باید اولویت بندی درخواست ها را با کمترین میانگین مدت اقامت بیمار در نظر بگیرند.

لانگ و متیو مطالعه ای با هدف ارائه مدلی مفهومی برای افزایش جریان بیماران بخش مراقبت های ویژه انجام دادند که نتایج نشان داد کاهش ۷,۲٪ زمان انتظار بیمار، ۴٪ افزایش (٪۸۰ به ٪۸۴) اشغال تخت داشته است و در نهایت مشخص شد که شبیه سازی داده های تجربی بیمارستانی می تواند به ارزیابی تعیین تعداد تخت های بخش مراقبت های ویژه بر میزان اشتغال تخت و زمان انتظار بیمار تاثیر بگذارد.

به طور کلی، در این پژوهش هدف اصلی، دست یابی به مدلی ریاضی جهت تخصیص بهینه انواع تخت در بخش مراقبت‌های ویژه مغز و اعصاب مرکز آموزشی پژوهشی و درمانی لقمان حکیم وابسته به دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی با استفاده از ترکیب شبیه‌سازی و طراحی آزمایشات، به منظور شناسایی و بهبود فرایندهای درمانی در این بخش از بیمارستان بود تا در نهایت به کاهش متوسط زمان‌های انتظار بیماران و نیز افزایش بهره وری یا به عبارتی اشغال تخت های تخصیص یافته بیانجامد.

بر طبق نتایج بدست آمده از این پژوهش، تعداد بهینه انواع تخت های مورد استفاده در این بخش به ترتیب برابر با شش، دو، سه، سه

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

و دو تخت برآورد شدند که منجر به متوسط زمان انتظار ۱/۴ ساعتی بیماران و نیز متوسط بهره وری ۵ /۳۴ درصدی مجموع تخت ها شد که نتایج مطالعه حاضر بیانگر این واقعیت است که بهینه سازی تخصیص تخت در بخش بخش مراقبت های ویژه با بکارگیری رویکرد ترکیبی شبیه سازی، طراحی آزمایشات و روش رویه پاسخ، باعث کاهش متوسط زمان انتظار بیماران و به تبع آن افزایش بهره وری تخت ها می شود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مراتب تقدیر و تشکر خود را از واحد توسعه تحقیقات بالینی بیمارستان لقمان حکیم، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی جهت پشتیبانی و همکاری در طول دوره مطالعه اعلام می دارند. مطالعه دارای کد اخلاق: IR.SBMU.RETECH.REC.۱۳۹۹.۱۱۶ می باشد.

References

1. Seila AF, Brailsford S. Opportunities and challenges in health care simulation. InAdvancing the frontiers of simulation 2009 (pp. 195-229). Springer, Boston, MA.

2. Ajami S, Ketabi S, Yarmohammadian MH, Bagherian H. Wait time in emergency department (ED) processes. Medical Archives. 2012;66(1):53.

3. Kh RS, Esfandyari A. Employee satisfaction survey of administrative functions of teaching hospitals in Shiraz. InProceedings of the fifth annual conference of health services management students across the country. Tabriz University of Medical Sciences. 2007.

4. Rezaei O, Shokouhi S, Hajiesmaeili M. Postoperative meningitis: The necessity of establishing a national comprehensive program. Archives of Neuroscience. 2016;3(2).

5. Nateghinia S, Kazemi MAA, Sepehri MM, Goharani R. Better ICU Management by Analysis of Clinical Profile and Outcomes of Neuro-Critical Patients in Neurocritical Care Unit. Archives of Neuroscience. 2018;5(1).

6. Feigin VL, Lawes CM, Bennett DA, Barker-Collo SL, Parag V. Worldwide stroke incidence and early case fatality reported in 56 population-based studies: a systematic review. The Lancet Neurology. 2009;8(4):355-69.

7. Simchen E, Sprung CL, Galai N, Zitser-Gurevich Y, Bar-Lavi Y, Gurman G, et al. Survival of critically ill patients hospitalized in and out of intensive care units under paucity of intensive care unit beds. Critical care medicine. 2004;32(8):1654-61.

8. Young MP, Gooder VJ, Mc Bride K, James B, Fisher ES. Inpatient transfers to the intensive care unit: delays are associated with increased mortality and morbidity. Journal of general internal medicine. 2003;18(2):77-83.

9. Sundaramoorthi D, Chen VC, Rosenberger JM, Kim SB, Buckley-Behan DF. A data-integrated simulation model to evaluate nurse–patient assignments. Health care management science. 2009;12(3):252.

10. Villamizar J, Coelli F, Pereira W, Almeida R. Discrete-event computer simulation methods in the optimisation of a physiotherapy clinic. Physiotherapy. 2011;97(1):71-7.

11. Aeenparast A, Tabibi SJ, Shahanaghi K, Aryanejhad M. Estimating outpatient waiting time: a simulation approach. Payesh (Health Monitor). 2009;8(4):327-33.

12. Nateghinia S, Afshar Kazemi MA, Sepehri MM, Goharani R. Neurocritical Care Unit Bed Allocation: Optimization Based on Prioritization Using Simulation. Archives of Neuroscience. 2018;5(3).

13. Cabrera E, Taboada M, Iglesias ML, Epelde F, Luque E. Optimization of healthcare emergency departments by agent-based simulation. Procedia computer science.

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.

2011;4:1880-9.

14. Zeng Z, Ma X, Hu Y, Li J, Bryant D. A simulation study to improve quality of care in the emergency department of a community hospital. Journal of emergency Nursing. 2012;38(4):322-8.

15. Almagooshi S. Simulation modelling in healthcare: Challenges and trends. Procedia Manufacturing. 2015;3:301-7.

16. Barado J, Guergué JM, Esparza L, Azcárate C, Mallor F, Ochoa S. A mathematical model for simulating daily bed occupancy in an intensive care unit. Critical care medicine. 2012;40(4):1098-104.

17. Zhu Z, Hoon Hen B, Liang Teow K. Estimating ICU bed capacity using discrete event simulation. International journal of health care quality assurance. 2012;25(2):134-44.

18. Farrick DM. Optomizing Resource Utilization in the Keller Army Community Hospital Emergency Room Through Simulation. Academy Of Health Sciences (Army) Fort Sam Houston Tx Health Care Administration; 1997.

19. Sinreich D, Marmor Y. Emergency department operations: the basis for developing a simulation tool. IIE transactions. 2005;37(3):233-45.

20. Swisher JR, Jacobson SH, Jun JB, Balci O. Modeling and analyzing a physician clinic environment using discrete-event (visual) simulation. Computers & operations research. 2001;28(2):105-25.

21. Khadem M, Bashir HA, Al-Lawati Y, Al-Azri F. Evaluating the layout of the emergency department of a public hospital using computer simulation modeling: A case study. In2008 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management 2008. (pp. 1709-1713). IEEE.

22. Ahmed MA, Alkhamis TM. Simulation optimization for an emergency department healthcare unit in Kuwait. European journal of operational research. 2009;198(3):936-42.

23. Mathews KS, Long EF. A conceptual framework for improving critical care patient flow and bed use. Annals of the American Thoracic Society. 2015;12(6):886-94.

24. Clermont G, Kaplan V, Moreno R, Vincent J-L, Linde-Zwirble WT, Van Hout B, et al. Dynamic microsimulation to model multiple outcomes in cohorts of critically ill patients. Intensive care medicine. 2004;30(12):2237-44.

25. Sundaramoorthi D, Chen VC, Rosenberger JM, Kim SB, Buckley-Behan DF. A data-integrated simulation model to evaluate nurse-patient assignments. Health Care Manag Sci. 2009;12(3):252-68.

این مقاله تحت لیسانس Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 License (CC BY-NC 4.0) منتشر و از آدرس http://journals.sbmu.ac.ir/spip قابل دریافت می باشد.