مجله مدیریت اطلاعات سلامت
سال بیست و سوم/ شماره دوم/ تابستان ۱۴۰۵

Published by *Isfahan University of Medical Sciences*
DOI: 10.48305/him.2026.46916.1447

بهینه‌سازی زمان‌بندی جراحی انتخابی مبتنی بر پیش‌بینی اشغال تخت‌های بخش مراقبت‌های ویژه: مطالعه موردی یک بیمارستان آموزشی درمانی در اصفهان

ملیحه اکبری، سعیده کتابی، مهسا قندهاری، سعید عباسی

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: اتاق عمل یکی از مراکز اصلی هزینه و درآمد در بیمارستان‌هاست و مدیریت اثربخش آن می‌تواند به بهبود عملکرد بیمارستان و ارائه به‌موقع خدمات کمک کند. در بسیاری از بیمارستان‌ها، بخش مراقبت‌های ویژه(ICU) به‌عنوان یک گلوگاه عمل می‌کند و محدودیت ظرفیت آن می‌تواند موجب تاخیریا لغو انجام جراحی‌های انتخابی شود.

روش بررسی: در این پژوهش، یک چارچوب بهینه‌سازی براساس پیش بینی ظرفیتICU برای زمان‌بندی جراحی‌های انتخابی ارائه شده است. برای تعیین تعیین روزهای جراحی جراحان به‌منظور متعادل‌سازی اشغال تخت‌هایICU توسط بیماران جراحی انتخابی در روزهای کاری هفته تعداد تخت‌های اشغال‌شدهICU توسط بیماران اورژانسی در روزهای مختلف هفته پیش‌بینی و براساس آن، ظرفیت باقی‌مانده برای بیماران جراحی انتخابی تعیین می‌شود. این مطالعه توصیفی و تحلیلی، با استفاده از داده‌های واقعی یک بیمارستان در اصفهان، شامل ۱۲٬۸۳۶رکورد ICUو ۱۲٬۹۸۹رکورد جراحی انتخابی طی سال‌های ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۱ انجام شده است. سپس، یک مدل برنامه‌ریزی آرمانی خطی برای تعیین روزهای جراحی جراحان و تخصیص ظرفیت موردنیاز آنان از بخشICU ارائه می‌شود.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که برنامه حاصل از مدل، در دوره‌های مورد بررسی موجب کاهش ۵.۵ تا ۲۰ درصدی اوج اشغال بخشICU توسط بیماران جراحی انتخابی شد. تحلیل حساسیت نیز نشان داد که خطای پیش‌بینی تعداد تخت‌های اشغال‌شده توسط بیماران اورژانسی بر تخصیص ظرفیت بخشICU و میزان تغییر در برنامه جراحی اثرگذار است.

نتیجه‌گیری: چارچوب پیشنهادی با استفاده از پیش‌بینی ظرفیت اشغال شده ICUتوسط بیماران اورژانسی، می‌تواند به توزیع متوازن‌تر اشغالICU توسط بیماران جراحی انتخابی درروزهای جراحی کمک کند و هم‌زمان محدودیت‌های مربوط به جراحان دارای اولویت بالا را حفظ نماید.

واژه‌های کلیدی: برنامه‌ریزی اتاق عمل؛ بخش مراقبت‌های ویژه؛ پیش بینی ظرفیت؛ برنامه‌ریزی آرمانی خطی

پیام کلیدی: مدل ریاضی پیشنهادی با داشتن پیش بینی معتبر برای ظرفیت آزادICU می‌تواند به‌عنوان یک راهنمای موثر برای زمان‌بندی روزهای جراحی جراحان وبرنامه‌ریزی ظرفیت موردنیاز آنان از ICUمورد استفاده قرار گیرد تا سطوح اشغال تخت برای بیماران جراحی انتخابی در روزهای هفته متوازن شود.

دریافت مقاله: ۱۴۰۵/۲/۱۵ پذیرش مقاله:۱۴۰۵/۴/۱ تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۴/۱۰

ارجاع: اکبری ملیحه، کتابی سعیده، قندهاری مهسا، عباسی سعید. **بهینه‌سازی زمان‌بندی جراحی انتخابی مبتنی بر پیش‌بینی اشغال تخت‌های بخش مراقبت‌های ویژه-مطالعه موردی یک بیمارستان آموزشی درمانی در اصفهان**. مدیریت اطلاعات سلامت۱۴۰۵؛۲۳ (۲):۱۲۵-۱۱۷.

مقدمه

اتاق عمل (Operating Room) (OR) یکی از مهم‌ترین وپرهزینه‌ترین واحدهای بیمارستان است و تصمیم‌گیری درباره تخصیص زمان اتاق عمل و تعیین روزهای جراحی جراحان، نقش مهمی در استفاده بهینه از منابع و ارائه به‌موقع خدمات جراحی دارد. برنامه زمان‌بندی اصلی جراحی (MSS: Master Surgical Scheduling) با تخصیص زمان اتاق عمل به تخصص‌های جراحی و تعیین روزهای جراحی جراحان، چارچوب برنامه‌ریزی جراحی‌های انتخابی را مشخص می‌کند. با این‌حال، برنامه‌ریزی جراحی تنها به ظرفیت اتاق عمل محدود نیست و دسترسی به منابع پایین‌دستی، به‌ویژه بخشICU، می‌تواند محدودیت مهمی برای اجرای این برنامه ایجاد کند.

ICU یک منبع محدود و مشترک برای بیماران اورژانسی و بیماران جراحی انتخابی است. بنابراین، تعداد تخت‌های ICUاشغال‌شده توسط بیماران اورژانسی، که خارج از کنترل برنامه‌ریزی جراحی‌های انتخابی است، مستقیما بر ظرفیت باقی‌مانده برای بیماران جراحی انتخابی اثر می‌گذارد. ورود بیماران اورژانسی در زمان‌های مختلف می‌تواند موجب تغییر روزانه ظرفیت در دسترس ICUشود و در صورت نادیده‌گرفتن این عدم‌قطعیت، به توزیع نامتوازن بیماران جراحی انتخابی در روزهای مختلف هفته منجر شود. از سوی دیگر، تخصیص نامناسب ظرفیت ICU به جراحان نیز می‌تواند موجب تمرکز بیماران جراحی انتخابی در برخی روزها و افزایش فشار بر این منبع محدود شود. ازاین‌رو، هماهنگی میان زمان‌بندی جراحی‌های انتخابی و ظرفیت متغیرICU، یکی از الزامات مهم برنامه‌ریزی جراحی است. با توجه به اهمیت هماهنگی میان اتاق عمل ومنابع پایین‌دستی، مطالعات متعددی برای پشتیبانی از تصمیم‌های مربوط به زمان‌بندی جراحی و تخصیص منابع توسعه یافته‌اند.

۱. دانشجو دکترا، گروه مدیریت، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران،
۲. استاد، گروه مدیریت، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران،
۳. دانشیار، گروه مدیریت، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
۴.استاد، مرکز تحقیقات بیهوشی و مراقبت‌های ویژه، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران،
نویسنده طرف مکاتبه: سعیده کتابی؛ استاد، گروه مدیریت، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
Email: sketabi@ase.ui.ac.ir

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

این مطالعات از رویکردهای مختلفی برای مواجهه با محدودیت ظرفیت و عدم قطعیت در جریان بیماران استفاده کرده‌اند. در میان آن‌ها، مدل‌های ریاضی امکان لحاظ کردن هم‌زمان محدودیت‌های منابع، الزامات جراحان و اهداف مختلف برنامه‌ریزی را فراهم می‌کنند و از این‌رو، در برنامه‌ریزی زمان‌بندی اصلی جراحی و هماهنگی آن با منابع پایین دستی مورد توجه قرار گرفته‌اند.

مطالعات مدل‌سازی ریاضی، نقش منابع پایین‌دستی را در برنامه‌ریزی جراحی از جنبه‌های مختلف بررسی کرده‌اند.

Van Oostrum و همکاران در مدل برنامه زمان‌بندی اصلی جراحی، محدودیت منابع پایین‌دستی ازجمله ICU و تخت بیمارستان را در نظر گرفتند (۱).

Marquez و همکاران نیز یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح برای زمان‌بندی جراحی‌های انتخابی ارائه کردند که ظرفیت اتاق عمل، دسترسی جراحان، مدت زمان جراحی و سطوح اولویت را در نظر می‌گرفت (۲). Heider و همکاران سهمیه‌های ICU و بخش را در برنامه‌ریزی MSS وارد کردند و تخصیص بلوک‌های جراحی را با درنظرگرفتن ظرفیت منابع پایین‌دستی مدل‌سازی کردند (۳). Augustin و همکاران نیز با استفاده از برنامه‌ریزی عدد صحیح، احتمال لغو جراحی مرتبط با ازدحام ICUرا در تصمیم‌گیری وارد کردند (۴). همچنین،Testi و همکاران مدل زمان‌بندی اتاق عمل را با تخصیص اتاق عمل و MSS و ارزیابی شبیه‌سازی ترکیب کردند (۵)؛ Rachuba و همکاران(۲۰۲۲) از بهینه‌سازی با محدودیت احتمالی برای تعیین الگوهای پذیرش جراحی استفاده کردند (۶). Wang ،وهمکاران راهبردهای مختلف زمان‌بندی جراحی را با توجه به قابلیت پیش‌بینی بررسی کردند (۷). Carter و Ketabi مدل MSS و زمان‌بندی جراحی‌های انتخابی را با درنظرگرفتن محدودیت ظرفیت اتاق عمل و تخت یکپارچه کردند (۸).

این مطالعات اهمیت درنظرگرفتن منابع پایین‌دستی در برنامه‌ریزی جراحی را نشان می‌دهند، اما نحوه نمایش و تعیین ظرفیت ICUدر آن‌ها با مسئله مورد بررسی این پژوهش متفاوت است.

در سال‌های اخیر، برخی مطالعات نیز ارتباط میان پیش‌بینی و مدل‌های ریاضی را مورد توجه قرار داده‌اند. Schiele و همکاران (۹)، Schaefer و همکاران (۱۰) و Lex و همکاران (۱۱) پیش‌بینی را با مدل‌های ریاضی و بهینه‌سازی ترکیب کردند و از خروجی پیش‌بینی برای پشتیبانی از تصمیم‌های تخصیص منابع یا زمان‌بندی استفاده کردند (۹-۱۱). در پژوهش حاضر، ظرفیت ICU اشغال‌شده توسط بیماران اورژانسی به‌عنوان بخشی از ظرفیت خارج از کنترل برنامه‌ریزی جراحی در نظر گرفته شده و پس از پیش‌بینی، ظرفیت باقی‌مانده برای جراحی‌های انتخابی تعیین می‌شود. سپس، این ظرفیت در یک مدل بهینه‌سازی در سطح تاکتیکی برای تعیین روزهای جراحی جراحان و تخصیص ظرفیت ICU به آنان به کار گرفته می‌شود.

با وجود مطالعات انجام‌شده در زمینه برنامه‌ریزی جراحی و مدیریت منابع پایین‌دستی و نیز تلاش‌های اخیر برای ترکیب پیش‌بینی و بهینه‌سازی، هماهنگی میان MSS و ظرفیت ICU در شرایطی که این بخش به‌طور مشترک توسط بیماران اورژانسی و جراحی‌های انتخابی استفاده می‌شود، کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در این شرایط، تعداد تخت‌های ICU اشغال‌شده توسط بیماران اورژانسی یک متغیر تصمیم در برنامه‌ریزی جراحی نیست، اما مستقیما ظرفیت باقی‌مانده برای جراحی‌های انتخابی را تعیین می‌کند. بر اساس چارچوب ارایه شده در مطالعه پیشین (۱۲)، ظرفیت اشغال‌شده توسط بیماران اورژانسی به‌عنوان جزیی برون‌زا از ظرفیت ICU در نظر گرفته می‌شود و پیش‌بینی آن پیش از تصمیم‌گیری درباره برنامه جراحی انجام می‌گیرد. سپس، ظرفیت باقی‌مانده ICU می‌تواند در تعیین روزهای جراحی تخصیص ظرفیت ICU به جراحان مورد استفاده قرار گیرد. بر این اساس، هدف این پژوهش توسعه یک چارچوب بهینه‌سازی مبتنی برپیش بینی ظرفیت اشغال شدهICU، برای هماهنگی ظرفیت آزاد این بخش و زمان‌بندی جراحی انتخابی است.

مرحله نخست: در این مرحله، تعداد تخت‌های ICU اشغال‌شده توسط بیماران اورژانسی درهرروز پیش‌بینی و بر اساس آن، ظرفیت دردسترس برای بیماران جراحی انتخابی تعیین می‌شود.

مرحله دوم: در این مرحله، مدل برنامه‌ریزی آرمانی خطی (LGP: Linear Goal Programming) برای تعیین روزهای جراحی جراحان و تخصیص ظرفیت ICU مورد نیاز آنان، با در نظر گرفتن نیاز اختصاصی جراحان، توزیع تجربی مدت اقامت بیماران و محدودیت‌های مربوط به جراحان دارای اولویت بالا، به کار گرفته می‌شود.

هدف مدل، اطمینان از وجود تخت خالیICU برای جراحی‌های انتخابی نیازمند مراقبت‌های ویژه وایجاد توزیع متوازن ظرفیت اشغال‌شده در روزهای کاری هفته از طریق کمینه‌سازی انحرافات از سهمیه‌های تخصیص‌یافته به جراحان است. سهم اصلی پژوهش، برقراری ارتباط میان ظرفیت پیش‌بینی‌شدهICU اشغال‌شده توسط بیماران اورژانسی و تصمیم‌های زمان‌بندی جراحی‌های انتخابی است؛ به‌گونه‌ای که ظرفیت باقی‌ماندهICU به‌عنوان ورودی مدلLGP برای تعیین روزهای جراحی و تخصیص ظرفیتICU به جراحان مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین، با توجه به عدم‌قطعیت در ظرفیت در دسترس ICUو تقاضایICU ناشی از جراحی‌های انتخابی، به‌ترتیب از پیش‌بینی و توزیع‌های تجربی استفاده می شود. اثر خطای پیش‌بینی بر ظرفیت در دسترس، تخصیص ظرفیت و برنامه جراحی از طریق تحلیل حساسیت بررسی می‌شود.

روش بررسی

در این پژوهش، مسئله زمان‌بندی جراحی‌های انتخابی با توجه به ظرفیت محدود و متغیرICU مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور، یک رویکرد دو مرحله‌ای شامل پیش‌بینی ظرفیت اشغال شده ICU توسط بیماران اورژانسی و بهینه‌سازی زمان‌بندی جراحی‌های انتخابی ارائه شد. در این چارچوب، ابتدا تعداد روزانه تخت‌های ICU اشغال شده توسط بیماران اورژانسی پیش‌بینی و ظرفیت در دسترس برای بیماران جراحی انتخابی تعیین شد؛ سپس با استفاده از مدلLGP، روزهای جراحی جراحان و سهمیه ظرفیت ICU موردنیاز آنان تعیین گردید.

مطالعه در یک بیمارستان آموزشی درمانی اصفهان انجام شد. این بیمارستان دارای ۲۰ اتاق عمل فعال و ۶۴ تخت ICU است. از میان بیش از ۶۵ جراح در ۱۱

تخصص، ۵۱ جراح در ۹تخصص جراحی شامل جراحی مغز و اعصاب، جراحی قفسه سینه، ارتوپدی، اورولوژی، جراحی اطفال، جراحی عروق و تروما، جراحی عمومی، زنان و زایمان وگوش و حلق وبینی، در اتاق‌های عمل انتخابی فعالیت داشتند. دو سرویس دیگر، جراحی پلاستیک و جراحی فک و صورت، اعمال جراحی خود را در سایر اتاق‌های عمل انجام می دهند .

داده‌های پژوهش توسط واحد فناوری اطلاعات بیمارستان از بخش‌های جراحی وICU در اختیار پژوهش قرار گرفت. داده‌های جراحی شامل ۱۷۲۹۰رکورد در بازه مهر ۱۴۰۰ تا مهر ۱۴۰۱و متغیرهایی شامل تاریخ پذیرش، تاریخ عمل، تخصص، جراح، نوع پذیرش و اتاق عمل بود. داده‌هایICU نیز شامل ۱۲۸۳۶رکورد در بازه فروردین ۱۳۹۸تا آذر ۱۴۰۰و متغیرهایی از جمله مدت اقامت و نوع پذیرش بیماران بود. داده‌ها پس از بررسی و آماده‌سازی برای تحلیل مورد استفاده قرار گرفتند و اطلاعات هویتی بیماران وارد تحلیل نشد .

برای پیش‌بینی تعداد تخت‌های ICU اشغال‌شده توسط بیماران اورژانسی، از مدل پرسپترون چندلایه (Multilayer Perceptron-Artificial Neural Network) (MLP-ANN) توسعه یافته و ارزیابی شده در مطالعه (۱۲) استفاده شد. در آن مطالعه، داده‌ها به مجموعه‌های آموزش و آزمون با نسبت ۷۰ به ۳۰تقسیم و مدل شامل دو لایه پنهان با ۵ و ۶ نورون، تابع فعال‌سازی ReLU و بهینه‌ساز Adam بود. عملکرد مدل با MSE و MAPE ارزیابی ومقادیر ۹.۳۴ و۵.۵۴ درصد به‌ترتیب برای این د ومعیار به دست آمد (۱) در پژوهش حاضر، تعداد پیش‌بینی‌شده تخت‌های اشغال‌شده توسط بیماران اورژانسی از ظرفیت کل کسر و ظرفیت باقی‌مانده به‌عنوان ورودی مدلLGP استفاده شد .

در مدلLGP، میزان تخصیص بلوک جراحی به هر جراح در هر روز، سهمیه ICUتخصیص‌یافته به آن‌ها و انحرافات مثبت و منفی از سهمیه‌های تخصیص‌یافته به‌عنوان متغیرهای تصمیم در نظر گرفته شدند. تقاضای ICU هر جراح بر اساس تعداد بیماران در بلوک‌های جراحی و توزیع تجربی مدت اقامت آنان درICU محاسبه شد. هدف مدل، کمینه‌سازی مجموع انحرافات مثبت وزن‌دار از سهمیه‌های ظرفیتICU، با رعایت ظرفیت روزانهICU، ظرفیت اتاق‌های عمل هر تخصص، روزهای در دسترس جراحان، حداقل بلوک‌های مورد نیاز و محدودیت‌های مربوط به جراحان دارای اولویت بالا بود. جراحان دارای اولویت بالا بر اساس چهار معیار تخصص، نرخ انتقال بهICU، تعداد اعمال جراحی و حضور و پایبندی به برنامه زمان‌بندی اصلی و با وزن‌های ۱۵، ۳۰، ۲۵ و ۳۰ درصد از طریق مصاحبه نیمه ساختار یافته با سرپرستار اتاق عمل تعیین شدند. برای هر جراح، امتیاز ترکیبی چهار معیار محاسبه و جراحان به‌صورت نزولی رتبه‌بندی شدند. با بررسی افت محسوس امتیاز بین رتبه‌های متوالی، ۱۷ جراح از مجموع ۵۱ جراح به‌عنوان جراحان دارای اولویت بالا تعیین شدند. برنامه حاصل با برنامه اصلی بیمارستان از نظر اوج اشغالICU، توزیع روزانه اشغال، مجموع انحرافات مثبت از ظرفیت تخصیص‌یافته و تغییرات برنامه جراحان مقایسه شد. همچنین، برای بررسی اثر خطای پیش‌بینی، دو سناریوی افزایش و کاهش ۵.۵ درصدی ظرفیت پیش‌بینی‌شده اشغال‌شده توسط بیماران اورژانسی بررسی و سایر پارامترها ثابت نگه داشته شدند. پژوهش با دریافت کد اخلاق و مجوز دسترسی به داده‌های بیمارستانی و با رعایت محرمانگی و ناشناس‌بودن اطلاعات انجام شد.

مدل برنامه ریزی آرمانی خطی برای زمان بندی جراحان وتخصیص ظرفیت ICU

این مطالعه با هدف بررسی تعامل میان بخش جراحی وICU و ارائه برنامه‌ای برای زمان‌بندی جراحی‌های انتخابی با درنظرگرفتن ظرفیت در دسترس ICU برای این گروه از بیماران و مقایسه آن با برنامه اصلی جراحی جاری بیمارستان انجام شده است.

برای این منظور، ابتدا توزیع تجربی بیماران جراحی‌شده در یک بلوک جراحی برای هر جراح و به دنبال آن توزیع تجربی مدت زمان اقامت برای تمام بلوک‌های جراحی مربوط به هر جراح تعیین شد. ظرفیتICU تخصیص‌یافته به هر جراح به‌عنوان یک محدودیت نرم در نظر گرفته شد؛ زیرا نیاز واقعی بیماران ممکن است با ظرفیت تخصیص‌یافته متفاوت باشد. بر این اساس، ظرفیت مجاز هر جراح با توجه به ظرفیت در دسترسICU و نیاز مورد انتظار تعیین شده و امکان اشتراک ظرفیت میان جراحان فراهم می‌شود. تابع هدف، با کمینه‌سازی انحرافات وزنی مثبت از ظرفیت تخصیص‌یافته، به توزیع متعادل‌تر تقاضایICU کمک می‌کند. اندیس‌ها، پارامترها و متغیرهای تصمیم مدل در جدول ۱ ارایه شده‌اند.در مدلLGP برای زمان‌بندی هفتگی از پارامتر C_IC_t به‌عنوان ظرفیت آزادICU در هر روز استفاده می‌شود که بنابر تعداد پیش‌بینی‌شده تخت‌های روزانهICU اشغال‌شده توسط بیماران اورژانسی در آخرین هفته محاسبه می شود. برای پشتیبانی از برنامه‌ریزی در سطح تاکتیکی، می‌توان با پیش‌بینی متوالی مقادیر هفتگی پس ازآخرین نقطه داده مشاهده‌شده، یک تقریب توسعه‌یافته ازاشغالICU ایجاد کرد (۱۲). هدف مدل LGPدر سطح تاکتیکی برای MSS ایجاد توازن در تقاضای تختICU برای بیماران جراحی انتخابی در طول یک هفته است. در این مطالعه، منظور از «بلوک» سهم یک جراح ازیک اتاق عمل در روز است. بلوک تخصیص یافته به یک جراح می‌تواند یک مقدار حقیقی مثبت بین صفر و یک باشد؛ به‌گونه‌ای که مقدار ۱ نشان‌دهنده تخصیص یک بلوک کامل به جراح و مقدار صفر نشان دهنده آن است که جراح در آن روز هیچ عمل جراحی ندارد.

جدول۱ : معرفی نمادهای مدل‌های ریاضی

	نماد	توضیحات
مجموعه‌ها پارامترها و متغیرها	s	تخصص $(s = 1,2,\cdots,S)$
	j	جراح $(j = 1,2,\cdots,J)$
	t	روز هفته (1برای شنبه، ... و 7 برای جمعه)
	i	مدت زمان اقامت بیماران جراحی انتخابی درICU
	n	تعداد جراحی‌های انتخابی انجام شده توسط جراح در یک بلوک
	τ_j	مجموعه‌ای ازجراحان اولویت‌دار برای تعیین روز جراحی ترجیحی خود در MSS
	γ_s	مجموعه جراحان در تخصص s
	pr_{nij}	احتمال اینکه n بیمار جراح j، i روز درICU بمانند
	nB_j	حداقل تعداد بلوک‌های مورد نیاز برای جراح j
	C_IC_t	تعداد تخت‌هایICU موجود برای بیماران جراحی انتخابی در روز t
	ω_j^+	وزن جریمه برای انحراف مثبت برای جراح j
	n_or_{st}	تعداد اتاق‌های عمل اختصاص داده شده به تخصص s در روز t
	D_{jt}	یک پارامتر دودویی که نشان می‌دهد آیا جراح j در روز t در دسترس است یا خیر
	L	حداکثر مدت زمان اقامت درICU
	N	حداکثر تعداد جراحی‌ها در یک بلوک (مطابق داده‌های تاریخی)
	x_{jt}	درصد بلوکی که به جراح j در بلوک (روز) t اختصاص داده شده است
	z_{jt}	تعداد مورد انتظار بیماران انتخابی جراح j که در روز t درICU بستری هستند
	c_{jt}	سهمیه تخت‌های ICU اختصاص داده شده به بیماران انتخابی جراحj در روز t
	δ_{jt}^+	انحراف مثبت ازسهمیه اختصاص داده شده به جراح j در روز t
	δ_{jt}^-	انحراف منفی ازسهمیه اختصاص داده شده به جراح j در روز t

مدلLGP برای تعیین روزهای جراحی جراحان و سهمیه تختICU برای بیماران جراحی انتخابی آنان که ممکن است به ICU نیاز داشته باشند، به‌صورت مدل(۱۱)-(۱) ارائه می‌شود:

$$\boldsymbol{min} \quad \sum_j \sum_t \omega_j^+ \delta_{jt}^+ \qquad (۱)$$

subject to:

$$z_{jt} = \sum_{n=1}^{N} \sum_{i=1}^{L} n\, pr_{nij}\, x_{j((t-i) mod\ 7)+1)} \qquad \forall j,t \qquad (۲)$$

$$z_{jt} + \delta_{jt}^- - \delta_{jt}^+ = c_{jt} \qquad \forall j,t \qquad (۳)$$

$$\sum_j c_{jt} \le C_IC_t \qquad \forall t \qquad (۴)$$

$$\sum_{j \in \gamma_s} x_{jt} \le n_{or_{st}} \qquad \forall s,t \qquad (۵)$$

$$x_{jt} \le D_{jt} \qquad \forall ,t \qquad (۶)$$

$$\sum_t x_{jt} \ge nB_j \qquad \forall j \qquad (۷)$$

$$x_{jt} \ge 0.5 \in \tau_j \qquad \forall t,j|j \qquad (۸)$$

$$0 \le x_{jt} \le 1 \qquad \forall j,t \qquad (۹)$$

$$z_{jt} \ge 0 \qquad \forall j,t \qquad (۱۰)$$

$$c_{jt}, \delta_{jt}^+, \delta_{jt}^- \ge 0 \qquad \forall j,t \qquad (۱۱)$$

محدودیت۲، تعداد تخت‌هایICU اشغال شده توسط بیماران انتخابی جراحj در روز t را محاسبه می‌کند. توزیع تجربی pr_{nij}، اقامت بیماران انتخابی جراحان درICU، با توجه به این‌که تعداد بیماران در یک بلوک جراحی برای هر جراح با مدت

زمان بخصوص توزیع دوجمله ای دارد، برای تمام بلوک‌های جراحی مربوط به هر جراح تعیین شود. این محدودیت، مجموع بیماران جراحانی که از هفته‌های گذشته درICU بستری هستند را نیز منظور می‌کند و از تابع "$mod\ 7$" استفاده شده است. متغیر z_{jt} تعداد تخت‌هایICU مورد نیاز برای جراح j در روز t را نشان می‌دهد. محدودیت نرم۳، معرف انحراف از ظرفیت،z_{jt} را به c_{jt} مرتبط می‌کند که ظرفیت تختICU برای جراح jدر روز t است. این محدودیت، انحراف از ظرفیت تخصیص‌یافته به هر جراح را مشخص می‌کند. سهمیه ICU ابزاری برای برنامه‌ریزی و تخصیص ظرفیت است و به دلیل احتمال تفاوت نیاز واقعی بیماران با سهمیه تعیین‌شده، به‌عنوان محدودیت سخت در نظر گرفته نمی‌شود. ازاین‌رو، مدل امکان تجاوز از سهمیه را فراهم می‌کند، اما انحراف مثبت از آن را در تابع هدف جریمه می‌کند. وزن این جریمه بر اساس نرخ انتقال بیماران هر جراح بهICU تعیین می‌شود؛ به‌گونه‌ای که جراحان با نرخ انتقال بالاتر، در صورت تجاوز از سهمیه، مشمول جریمه بیشتری می‌شوند. بدین‌ترتیب، مدل ضمن تلاش برای رعایت سهمیه‌ها و جلوگیری از ازدحامICU، انعطاف لازم را برای مواجهه با تفاوت نیاز واقعی بیماران حفظ می‌کند.

محدودیت۴، یک محدودیت سخت است که حد بالایی را برای تعداد کل تخت‌های موجود برای بیماران انتخابی همه جراحان در هر روز معین تعیین می‌کند. محدودیت۵ نشان می‌دهد که بلوک‌های جراحی برای همه جراحان در هر تخصص در هر روز نباید ازتعداد اتاق‌های عمل اختصاص داده شده به آن تخصص تجاوز کند. محدودیت‌های ۶ از تخصیص بلوک‌ها به جراحان فراتر ازروزهایی که در دسترس هستند جلوگیری می‌کنند. محدودیت‌های۷ تضمین می‌کنند که حداقل تعداد بلوک‌های درخواستی هر جراح برآورده شود. محدودیت۸ از تغییر در بلوک‌های اختصاص داده شده، با درصد تخصیصی از زمان یک بلوک کامل اتاق عمل، به جراحان با اولویت بالا جلوگیری می‌کند. مقدار آستانه نیم در این محدودیت بر اساس تحلیل داده‌های تاریخیMSSبیمارستان و با در نظر گرفتن دو پارامتر کلیدی شامل میانگین مدت زمان هر عمل جراحی برای جراحان با اولویت بالا (اولویت‌دار) و مدت زمان استاندارد یک نوبت‌کاری کامل در اتاق عمل، محاسبه شده است. محدودیت‌های۹، ۱۰ و۱۱دامنه متغیرها را تعریف می‌کنند.

یافته‌ها

مدلLGPبا هدف متعادل‌سازی میزان اشغال تخت‌هایICUتوسط بیماران جراحی انتخابی از طریق بازتنظیمMSS، در بیمارستان مورد مطالعه اجرا شد. تغییرپذیری ظرفیت در دسترس ICU به کمک پیش‌بینی ظرفیت اشغال‌شده کاسته شده، بعلاوه تغییرپذیری مدت اقامت بیماران نیز با استفاده از توزیع تجربی اشغال تخت‌های ICU مبتنی بر داده‌های واقعی در مدل لحاظ شد. داده‌های جراحی پس از پالایش، برای تمرکز بر بیماران تحت جراحی در اتاق‌های عمل انتخابی، مورد استفاده قرار گرفت و ۵۱ جراح در مدل در نظر گرفته شدند. تحلیل داده‌ها نشان داد که هیچ عمل جراحی انتخابی در روزهای پنجشنبه و جمعه برنامه‌ریزی نشده است. بیشترین مدت اقامت بیمار درICU برابر با ۴۵روز و مربوط به جراح شماره۳۷ بود که با احتمال یک درصد مشاهده شد. همچنین، بیشترین تعداد بیماران در یک بلوک مربوط به جراح شماره۵۱ با ۱۹عمل جراحی بود که این مقدار نیز با احتمال یک درصد رخ داده است.

برای ارزیابی عملکرد مدل در دوره‌های مختلف، چند هفته با ظرفیت محدود در دسترس ICU برای جراحی‌های انتخابی از مجموعه داده انتخاب و با مدل حل شد. ارزیابی نتایج بر اساس چهار هدف اصلی شامل متعادل‌سازی اشغال تخت‌هایICU، کاهش اوج ازدحام، حداقل‌سازی تغییرات برنامه جراحان نسبت به MSS اصلی و کمینه‌سازی مجموع انحرافات مثبت از ظرفیت تخصیص‌یافته انجام شد. نتایج دو دوره ۲۴ تا ۳۰ مهر۱۴۰۰و ۱۹تا ۲۵آذر۱۴۰۱ با جزئیات بیشتری ارائه شد. در تمام دوره‌ها تعطیلی رسمی وجود نداشت و تمامی جراحان مطابق برنامه اصلی جراحی زمان‌بندی شده بودند. مدل با استفاده از حل‌کننده GAMS و شامل ۱۲۳۴محدودیت و ۱۷۸۶متغیر، در مدت۰.۵۳۲ثانیه حل شد.

در دوره ۲۴تا ۳۰ مهر۱۴۰۰، میزان تغییر برنامه جراحان دارای اولویت نسبت به MSSاصلی ۱۴.۵ درصد بود؛ بااین‌حال، حداقل ۵۰درصد از بلوک اولیه هر یک از این جراحان حفظ شد. مقایسهMSS اصلی وMSS بهینه‌شده نشان داد که در پنج روز کاری شنبه تا چهارشنبه، ظرفیت اشغال‌شده ICU توسط بیماران جراحی انتخابی در برنامه مدل به‌ترتیب ۱۶، ۱۶، ۱۵، ۱۴ و ۱۵ تخت بود، درحالی‌که این مقادیر در برنامه اصلی به‌ترتیب ۱۶، ۱۶، ۱۴، ۱۳ و ۱۷ تخت بود. بازتنظیمMSS و بازتوزیع بلوک‌های جراحی در طول هفته، اوج اشغالICU را از ۱۷ به ۱۶ تخت کاهش داد که معادل کاهش تقریبی ۶ درصدی اوج تقاضا بود. در روزهای پنجشنبه و جمعه نیز ظرفیت اشغال شده در برنامه مدل به‌ترتیب۱۰ و۸ تخت، در مقایسه با ۱۱و ۸ تخت در برنامه اصلی بود.

در دوره۱۹تا ۲۵ آذر۱۴۰۱نیز کاهش ۱۱درصدی شاخص مورد بررسی طی روزهای کاری هفته مشاهده شد (شکل ۱). در مجموع، اوج اشغالICU در هفته‌های نمونه بین ۵/۵ تا ۲۰درصد کاهش یافت (جدول ۲)، که نشان‌دهنده توانایی مدل در بازتوزیع تقاضایICU ناشی از جراحی‌های انتخابی و کاهش اوج ازدحام در دوره‌های مختلف است. در عین حال، تغییرات برنامه جراحان دارای اولویت در محدوده تعیین‌شده حفظ شد و حداقل نیمی از بلوک‌های اولیه آنان بدون تغییر باقی ماند.

برای ارزیابی هدف مربوط به کنترل انحراف از ظرفیت تخصیص‌یافته، در دوره ۲۴ تا۳۰ مهر۱۴۰۰ تنها تعداد محدودی از جراحان دارای انحراف مثبت بودند و برای اکثریت جراحان انحراف مثبتی مشاهده نشد (شکل ۲). میزان این انحراف برای جراحان دارای انحراف مثبت بین ۰.۰۱ تا ۱.۱۲ تخت بود. این نتایج نشان می‌دهد که مدل ضمن بازتنظیم MSS و متعادل‌سازی اشغالICU، مجموع و میزان انحراف مثبت از ظرفیت تخصیص‌یافته را نیز در محدوده محدودی نگه داشته است.

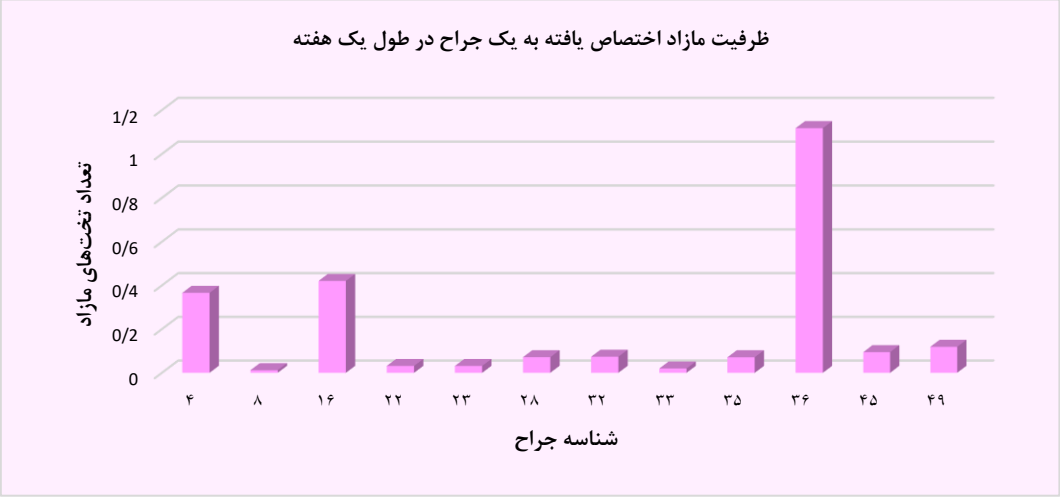
http://him.mui.ac.ir



شکل ۱ : میزان اشغال تخت‌های بخشICUتوسط بیماران جراحی انتخابی

جدول ۲: تعداد تخت اشغال شده منتج ازمدلLGP در مقایسه باMSS بیمارستان

دوره زمانی (هفته نمونه)		شنبه	یکشنبه	دوشنبه	سه‌شنبه	چهارشنبه	پنج‌شنبه	جمعه	میزان کاهش اوج بستری ICU(٪)	مجموع انحرافات مثبت ازظرفیت مجاز
۲۴مهر تا ۳۰ مهر ۱۴۰۰	LGPمدل	۱۶	۱۶	۱۵	۱۴	۱۵	۱۰	۸	۵.۸	۲.۱۹۷
	واقعی	۱۶	۱۶	۱۴	۱۳	۱۷	۱۱	۸		
۲۷آذر تا ۳ دی ۱۴۰۰	LGPمدل	۱۴	۱۳	۱۳	۱۳	۱۴	۱۳	۱۰	۶.۶	۲.۹۲۱
	واقعی	۹	۹	۱۴	۱۵	۱۲	۱۱	۹		
۴دی تا ۱۱ دی ۱۴۰۰	LGPمدل	۱۴	۱۶	۱۶	۱۴	۱۶	۱۰	۸	۲۰	۰
	واقعی	۱۵	۱۶	۲۰	۱۲	۱۱	۱۱	۱۲		
۹بهمن تا ۱۵ بهمن ۱۴۰۰	LGPمدل	۱۶	۱۷	۱۷	۱۴	۱۴	۹	۷	۵.۵	۰
	واقعی	۱۱	۱۳	۱۸	۱۳	۱۲	۱۲	۱۱		
۱۴ اسفند تا ۲۰ اسفند ۱۴۰۰	LGPمدل	۱۴	۱۵	۱۵	۱۵	۱۶	۱۱	۹	۵.۸	۰
	واقعی	۱۴	۱۳	۱۳	۱۷	۱۰	۱۱	۱۱		
۱۹آذر تا ۲۵ آذر۱۴۰۱	LGPمدل	۱۶	۱۶	۱۵	۱۴	۱۶	۱۰	۸	۱۱	۰
	واقعی	۱۸	۱۸	۱۳	۱۱	۱۵	۱۱	۹		



شکل ۲: مجموع انحرافات مثبت ازظرفیت مجاز برای جراح درهفته نمونه (۲۴ مهرتا۳۰ مهر ۱۴۰۰)

تحلیل حساسیت : برای بررسی اثر خطای پیش‌بینی، دو سناریوی افزایش وکاهش ۵.۵ درصدی، معادل MAPEمدل پیش‌بینی، در ظرفیت پیش‌بینی‌شده اشغال‌شده توسط بیماران اورژانسی در هفته نمونه بررسی شد. نتایج در جدول ۳ ارائه شده است. در سناریوی کم‌برآورد، اوج اشغال به ۱۷ تخت رسید و انحراف مثبت مشاهده نشد؛ در حالی‌که در سناریوی بیش‌برآورد، اوج ۱۶ تخت باقی ماند و مجموع انحراف مثبت به۹.۰۳تخت رسید. همچنین، انحراف برنامه جراحان دارای اولویت به‌ترتیب۱۴.۴۹و۲۱.۷۴درصد بود. نتایج نشان داد خطای پیش‌بینی بر اشغال ICU، انحراف از ظرفیت و تغییرات MSS اثر می‌گذارد.

جدول۳: تحلیل حساسیت خطای پیش‌بینی

سناریو	تغییر مقادیر پیش‌بینی	اشغال روزانه تخت ICU	کاهش ازدحام (٪)	مجموع انحرافات مثبت	انحراف از بلوک جراحان اولویت‌دار
MSS فعلی	—	۸، ۱۱، ۱۷، ۱۳، ۱۴، ۱۶،۱۶	۱۷	—	—
LGP پایه	۰	۸، ۱۰، ۱۵، ۱۴، ۱۵، ۱۶،۱۶	۱۶	—	—
کم‌برآورد	۵.۵+درصد	۸، ۱۰، ۱۵، ۱۴، ۱۶، ۱۷،۱۵	۱۷	۰	۱۴.۴۹درصد ؛ ۷ جراح
بیش‌برآورد	۵/۵–درصد	۹، ۱۲، ۱۶، ۱۳، ۱۳، ۱۴،۱۴	۱۶	۹/۰۳	۲۱.۷۴درصد؛ ۱۰ جراح

بحث

در این پژوهش، چارچوبی برای مدیریت ظرفیتICU در برنامه‌ریزیMSS ارائه شد که پیش‌بینی تخت‌های اشغال‌شده توسط بیماران اورژانسی را در تخصیص ظرفیت به بیماران جراحی انتخابی به کار می‌گیرد. این رویکرد، پیش‌بینی و بهینه‌سازی را برای تطبیق برنامهMSS با ظرفیت مورد انتظارICU به هم پیوند می‌دهد. در مقایسه با مطالعات پیشین، تفاوت اصلی پژوهش حاضر در نحوه تعیین ظرفیت در دسترس برای بیماران جراحی انتخابی است. در برخی مطالعات، ظرفیت ICU بر اساس میانگین ظرفیت، توزیع‌های احتمالی یا محدودیت‌های احتمالی تعیین شده است (۴، ۱۰،۱۱)، در حالی‌که در این پژوهش، ظرفیت در دسترس بر اساس پیش‌بینی روزانه تعداد تخت‌های ICU اشغال شده توسط بیماران اورژانسی تعیین می‌شود.

از این نظر، رویکرد حاضر امکان تغییر ظرفیت در دسترس را متناسب با الگوی مورد انتظار تقاضای اورژانسی فراهم می‌کند .Schiele و همکاران اشغالICU ناشی از بیماران جراحی انتخابی را تحتMSS موجود پیش‌بینی و ازدحامICU را بررسی کردند (۹)؛ در حالی‌که پژوهش حاضر بخش برون‌زای تقاضایICU، یعنی اشغال ناشی از بیماران اورژانسی، را پیش‌بینی کرده و آن را مستقیما به مدل بهینه‌سازی MSS وارد می‌کند. همچنین، برخلاف Carter و Ketabi که در برنامه‌ریزیMSS از میانگین مدت اقامت استفاده کردند (8)، در پژوهش حاضر توزیع تجربی مدت اقامت و دسترسی هر جراح در روزهای مشخص هفته در نظر گرفته شده است (محدودیت ۲). علاوه براین، حفظ بلوک‌های جراحان دارای اولویت وحداقل تخصیص نیمی از بلوک آنان متناسب با شرایط واقعی بیمارستان در مدل لحاظ شده است.

در بیمارستان مورد مطالعه، تخصیص ظرفیتICU به جراحان و حفظ بلوک‌های جراحان دارای اولویت از الزامات اصلی بود؛ بنابراین، مدل ضمن تعیین سهم ظرفیت ICU هر جراح و امکان اشتراک ظرفیت، محدودیت بلوک‌های آنان را نیز حفظ می‌کند. نتایج نشان داد که بازتنظیم روزهای جراحی می‌تواند به توزیع متعادل اشغالICU توسط بیماران جراحی انتخابی، همراه با رعایت ظرفیت ICU ومحدودیت جراحان دارای اولویت، منجر شود. ارزش روش‌شناختی پژوهش در پیوند پیش‌بینی ظرفیت اشغال‌شده ICUتوسط بیماران اورژانسی با تصمیم‌های MSS از طریق مدلLGP است؛ به‌گونه‌ای که تغییرات مورد انتظار در تقاضای اورژانسی مستقیما در تعیین روزهای جراحی و تخصیص ظرفیتICU وارد می‌شود. در مدل، هر تخت فعالICU یک واحد کامل ظرفیت مراقبتی، شامل تجهیزات و امکانات موردنیاز، در نظر گرفته شده و تامین نیروی انسانی متناسب با تخت‌های فعال فرض شده است.

از محدودیت‌های پژوهش این است که اجرای مدل به داده‌های به‌روز بیمارستان وابسته است و مطالعه به‌صورت گذشته‌نگر و در یک بیمارستان انجام شده است. همچنین، استفاده از پیش‌بینی به‌عنوان ورودی مدل و لحاظ نکردن برخی محدودیت‌های بالینی وعملیاتی، از جمله لغو جراحی، زمان واقعی جراحی، نیروی انسانی ICU وجراحی‌های اورژانسی، از دیگر محدودیت‌های پژوهش است. اجرای آینده‌نگر مدل و بررسی رفتار واقعی جراحان وتصمیم‌های عملیاتی نیز انجام نشده است.

نتیجه‌گیری

در مجموع، ترکیب پیش‌بینی ظرفیت اشغال‌شده ICU توسط بیماران اورژانسی با مدلLGP می‌تواند مبنایی ساختاریافته برای تنظیم روزهای جراحی و تخصیص ظرفیت ICU در برنامه‌ریزی MSS فراهم کند. در کاربرد عملی، مسئولان ICU می‌توانند به‌جای اتکا به شمارش جاری ظرفیت اشغال‌شده توسط بیماران اورژانسی، از مدل پیش‌بینی پیشنهادی نویسندگان در مطالعه (۱) برای برآورد ظرفیت اشغال شده و تعیین ظرفیت دردسترس ICU استفاده کنند. سپس، مدیران ICU و اتاق عمل و جراحان می‌توانند ظرفیت پیش‌بینی شده دردسترس را به‌عنوان مبنایی کمی برای برنامه‌ریزی MSS و تعیین روزهای جراحی بیماران انتخابی به کار گیرند و از این طریق، تصمیم‌های مربوط به برنامه‌ریزی اتاق عمل و ظرفیتICU را هماهنگ کنند. نتایج نشان داد که این رویکرد امکان بازتوزیع ظرفیت اشغال شده ICU ناشی از جراحی‌های انتخابی وکنترل انحراف از ظرفیت تخصیص‌یافته را، ضمن حفظ محدودیت‌های جراحان دارای اولویت، فراهم می‌کند.

پیشنهادها

در پژوهش‌های آینده، به‌روزرسانی برخط پیش‌بینی‌ها، پایش اشغال واقعی ICU، تعدیل برنامه جراحی در شرایط پیش‌بینی نشده، ارزیابی چارچوب در بیمارستان‌های مختلف وبررسی انتقال تصمیمات از سطح تاکتیکی به عملیاتی پیشنهاد می‌شود.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی مصوب دانشگاه اصفهان با کد تایید اخلاق IR.UI.REC.1403.069 است. از مسئولان و واحدآمار بیمارستان مورد مطالعه در اصفهان برای همکاری ومساعدت در انجام این پژوهش صمیمانه سپاسگزاریم.

تضاد منافع

در انجام پژوهش حاضر، نویسندگان هیچ‌گونه تضاد منافعی نداشتند.

References

1. Van Oostrum JM, Van Houdenhoven M, Hurink JL, Hans EW, Wullink G, Kazemier G. A master surgical scheduling approach for cyclic scheduling in operating room departments. OR spectrum. 2008 Apr;30(2):355-74.
2. Marques I, Captivo ME, Vaz Pato M. An integer programming approach to elective surgery scheduling: Analysis and comparison based on a real case. OR spectrum. 2012 Apr;34(2):407-27.
3. Heider S, Schoenfelder J, Koperna T, Brunner JO. Balancing control and autonomy in master surgery scheduling: Benefits of ICU quotas for recovery units: Balancing control and autonomy in master surgery scheduling: Benefits of ICU quotas for recovery units. Health Care Management Science. 2022 Jun;25(2):311-32.
4. Augustin A, Jouvet P, Lahrichi N, Lodi A, Rousseau LM. A data-driven approach to include availability of ICU beds in the planning of the operating room. Omega. 2022 Jun 1;109:102608.
5. Testi, A., Tanfani, E., & Torre, G. (2007). A three-phase approach for operating theatre schedules. Health care management science, 10(2), 163-172.
6. Rachuba S, Imhoff L, Werners B. Tactical blueprints for surgical weeks–An integrated approach for operating rooms and intensive care units. European Journal of Operational Research. 2022 Apr 1;298(1):243-60.
7. Wang, L., Demeulemeester, E., Vansteenkiste, N., & Rademakers, F. E. (2022). On the use of partitioning for scheduling of surgeries in the inpatient surgical department. Health Care Management Science, 25(4), 526-550
8. Carter MW, Ketabi S. Surgical scheduling to smooth demand for resources. Operations Research for Health Care. 2024 Mar 1;40:100411.
9. Schiele J, Koperna T, Brunner JO. Predicting intensive care unit bed occupancy for integrated operating room scheduling via neural networks. Naval Research Logistics (NRL). 2021 Feb;68(1):65-88.
10. Schäfer F, Walther M, Grimm DG, Hübner A. Combining machine learning and optimization for the operational patient-bed assignment problem: F. Schäfer et al. Health Care Management Science. 2023 Dec;26(4):785-806.
11. Lex JR, Abbas A, Mosseri J, Toor JS, Simone M, Ravi B, Whyne C, Khalil EB. Using machine learning to predict-then-optimize elective orthopedic surgery scheduling to improve operating room utilization: Retrospective study. JMIR Medical Informatics. 2025 Sep 10;13(1):e70857.
12. Akbari M, Ketabi S, Ghandehari M, Abbasi S. An integrated stochastic-forecasting model for capacity management of intensive care units. Health Systems. 2026 Apr 19:1-21. DOI: 10.1080/20476965.2026.2659034.

Health Information Management
Vol 23/ No 2/ Summer 2026

Published by *Isfahan University of Medical Sciences*
DOI: 10.48305/him.2026.45792.1346

Optimizing Elective Surgery Scheduling based on Forecasted Intensive Care Unit Bed Occupancy: A Case Study at a Teaching Hospital in Isfahan

Malihe Akbari, Saeedeh Ketabi, Mahsa Ghandehari, Saeed Abbasi[1]

Original Article

Abstract

Introduction: The operating room is a major source of costs and revenue for hospitals. Effective operating room management can improve hospital performance and support the timely delivery of healthcare services. Intensive care unit (ICU) capacity is a common bottleneck in hospital operations, and limited bed availability may delay or lead to the cancellation of elective surgeries.

Methods: This study proposes an optimization framework for scheduling elective surgeries based on forecasts of ICU bed occupancy. To distribute elective surgical patients' ICU-bed requirements more evenly across weekdays, the study forecasts daily ICU occupancy by emergency patients and uses the resulting estimates to determine the capacity available for elective cases. This descriptive-analytical study used hospital data from a hospital in Isfahan, Iran, comprising 12836 ICU records and 12,989 elective surgery records collected between 2019 and 2022. A linear goal programming (LGP) model was then developed to assign surgery days to surgeons and allocate the required ICU capacity.

Results: During the study, the model-generated schedules reduced peak ICU occupancy attributable to elective surgical patients by 5.5% to 20%. Sensitivity analysis further indicated that errors in forecasting ICU bed occupancy by emergency patients affected both the allocation of ICU capacity and the extent of changes to the surgical schedule.

Conclusion: Patient empowerment was organized around four domains: information needs, information services, infrastructure, and stakeholder participation. In-person and digital services, access to reliable health information, adequate technological infrastructure, and trained personnel can support patient empowerment and improve quality of life.

Keywords: Operating room planning; Intensive Care Units; capacity forecasting; linear goal programming

Received:5 May; 2026 Accepted: 22 Jun; 2026 Published: 1 Jul; 2026

Citation: Akbari M, Ketabi S, Ghandehari M, Abbasi S. **Optimizing Elective Surgery Scheduling based on Forecasted Intensive Care Unit Bed Occupancy: A Case Study at a Teaching Hospital in Isfahan.** Health Inf Manage 2026; 23(2): 117-125.

Article resulted from a research project approved by the University of Isfahan with ethics approval code IR.UI.REC.1403.069.

1 . PhD Student, Department of Management, University of Isfahan, Isfahan, Iran
2 .Professor, Department of Management, University of Isfahan, Isfahan, Iran,
3 .Associate Professor, Department of Management, University of Isfahan, Isfahan, Iran
4. Professor, Anesthesia and Critical Care Research Center, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran,
Corresponding Author: Saeideh Ketabi; Professor, Department of Management, University of Isfahan, Isfahan, Iran Email: sketabi@ase.ui.ac.ir