

مدیریت ناب در مراقبت‌های بهداشتی: کاهش هزینه‌های عملیاتی بیمارستان و بهبود نتایج بیمار

شهربانو آقاخانی

کارشناسی مهندسی پزشکی-بیومتریال، دانشگاه غیر انتفاعی مازیار رویان، ایران

چکیده

بیمارستان‌ها و سامانه‌های بهداشت و درمان همواره با چالش موازنه‌سازی میان مهار هزینه‌های فزاینده عملیاتی و ارتقای کیفیت مراقبت و ایمنی بیمار مواجه‌اند؛ امری که استقرار تفکر مدیریت ناب را به ضرورتی راهبردی جهت حذف اتلاف‌های فرآیندی تبدیل کرده است. با وجود وسعت مطالعات پیشین، مرور ادبیات نشان می‌دهد که پژوهش‌های قبلی غالباً بر پیاده‌سازی‌های کیفی و توصیفی اصول ناب تمرکز داشته و عموماً فاقد ارزیابی کمی یکپارچه، پیش‌آزمون سناریوهای بهبود بدون ریسک و اتصال رویکردهای مهندسی ارزش به مدل‌های دقیق شبیه‌سازی پیامدهای بوده‌اند. هدف این پژوهش، سنجش کمی اثرات پیاده‌سازی اصول ناب بر تقلیل هزینه‌های بیمارستانی و ارتقای شاخص‌های کلیدی پیامد بیماران با بهره‌گیری از مدل‌سازی تلفیقی است. روش‌شناسی پژوهش با رویکردی آمیخته انجام پذیرفت؛ ابتدا با استفاده از نقشه‌برداری جریان ارزش، زنجیره خدمات بالینی از پذیرش تا ترخیص واکاوی و گلوگاه‌های فاقد ارزش افزوده شناسایی شدند، سپس مدل پویای فرآیندها در نرم‌افزار تخصصی آرنا طراحی و اعتبارسنجی شد و سناریوهای بهبود ناب (مشمول بر تسطیح بار کاری، بازآرایی فیزیکی و استقرار سیستم کششی) مورد تحلیل قرار گرفتند. نتایج حاصل از سناریوی شبیه‌سازی حاکی از آن است که روان‌سازی جریان بیمار می‌تواند زمان انتظار اولیه را تا ۵۸.۴٪ و طول مدت اقامت را تا ۳۸.۴٪ کاهش دهد. ارزیابی اقتصادی مدل نیز پتانسیل کاهش ۴۱.۷ درصدی هزینه‌های اضافه‌کاری و ۲۷.۱ درصدی ضایعات دارویی را برآورد می‌کند. علاوه بر این، مدل‌سازی اثرات بالینی نشان‌دهنده احتمال کاهش ۴۷.۳ درصدی خطاهای ثبت‌شده و بهبود برآوردی در شاخص رضایت بیماران است. نوآوری این پژوهش ارائه چارچوبی تصمیم‌یار است که پیوند میان اصول تفکر ناب و متغیرهای کمی مالی و بالینی را در محیط شبیه‌سازی امکان‌پذیر ساخته و می‌تواند بستری پیش‌بینی‌پذیر برای ارزیابی مداخلات بالینی پیش از استقرار در محیط واقعی فراهم آورد. در نتیجه‌گیری، یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که ادغام مدیریت ناب با ابزار شبیه‌سازی آرنا می‌تواند چارچوبی کاربردی برای مدیران بیمارستانی باشد تا بدون افت استانداردهای بالینی، شاخص‌های اقتصادی را بهبود بخشند.

کلمات کلیدی: مدیریت ناب در سلامت، هزینه‌های عملیاتی بیمارستان، پیامدهای بیمار، شبیه‌سازی رویداد گسسته، نرم‌افزار آرنا، نقشه‌برداری جریان ارزش.

۱- مقدمه

سامانه‌های بهداشت و درمان در سراسر جهان در تلاقی دو فشار ساختاری و هم‌زمان قرار گرفته‌اند: از یک سو، رشد روزافزون هزینه‌های عملیاتی ناشی از پیشرفت فناوری‌های پزشکی، پیری جمعیت و کمبود منابع انسانی، بار مالی سنگینی را بر بیمارستان‌ها تحمیل کرده است (عبدالله تبار و همکاران، ۲۰۲۱)؛ و از سوی دیگر، تقاضای فزاینده برای ارتقای ایمنی بیمار، دسترسی سریع به خدمات و بهبود پیامدهای بالینی، استانداردهای مراقبتی را به سطحی بی‌سابقه ارتقا داده است (Wang et al., ۲۰۲۵). در این میان، بخش عمده‌ای از بودجه‌های بیمارستانی نه در مسیر درمان مستقیم، بلکه در فرآیندهای ناکارآمد، تاخیرهای ناشی از ناهماهنگی، ازدحام در مسیرهای خدمت‌رسانی و اضافه‌کاری‌های فرسایشی کادر درمان مستهلک می‌شود. شواهد تجربی دهه‌های اخیر نشان می‌دهد که رویکردهای سنتی مهار هزینه نظیر تعدیل نیرو یا خرید اقلام ارزان‌تر اغلب با تنزل کیفیت خدمات، افزایش خطاهای درمانی و در نهایت طولانی‌تر شدن اقامت بیمار، هزینه‌های بازگشتی بسیار سنگین‌تری به همراه می‌آورند (Grabar, ۲۰۱۸). از این رو، استقرار چارچوب‌های مدیریتی نوین که بتوانند کارایی اقتصادی را هم‌راستا با ارتقای سلامت بیماران محقق سازند، به ضرورتی بنیادین در مدیریت راهبردی مراکز درمانی تبدیل شده است.

تفکر مدیریت ناب که در اصل از صنایع خودروسازی سرچشمه گرفته است، در سال‌های اخیر به عنوان پاسخی ساختاریافته به ناکارآمدی‌های بیمارستانی وارد حوزه بهداشت و درمان شده است. جوهره این فلسفه مدیریتی، شناسایی و حذف نظام‌مند هرگونه فعالیت فاقد ارزش افزوده یا اتلاف، اعم از زمان‌های انتظار طولانی، خطاهای تشخیصی تکرارشونده، جابه‌جایی‌های غیرضروری و انباشت بیش از حد موجودی است. پژوهش‌های موجود پیشنهاد می‌کند که رویکردهای مدیریت ناب این ظرفیت را دارند که زمینه را برای هم‌راستاسازی شاخص‌های ایمنی و پایداری مالی بیمارستان‌ها مهیا سازند (Dobrzykowski et al., ۲۰۱۶). با این حال، ماهیت نظام‌های بالینی، برخلاف خطوط تولید صنعتی، به شدت پویا، غیرقطعی، پیچیده و وابسته به عامل خطای انسانی است؛ ویژگی‌هایی که پیاده‌سازی خطی و سنتی متدولوژی ناب را در مواجهه با جان و ایمنی بیماران با چالش‌های عملیاتی جدی مواجه می‌سازد.

بررسی پیشینه پژوهش‌های موجود نشان می‌دهد که بخش اعظم ادبیات مدیریت ناب در سلامت به گزارش‌های توصیفی، پس‌رویدادی و موردی محدود شده‌اند که اغلب صرفاً جنبه‌های کیفی یا تغییرات موضعی را ارزیابی کرده‌اند (Zepeda-Lugo et al., ۲۰۲۰). شکاف پژوهشی بنیادین در دو محور اساسی نمایان است: نخست آنکه، در محیط‌های بیمارستانی واقعی، انجام آزمون و خطای مستقیم راهکارهای ناب به دلیل ریسک‌های جانی عملاً ناممکن یا به شدت پرمخاطره است؛ دوم آنکه، میان مدل‌های مفهومی ناب و متغیرهای مالی - عملیاتی و شاخص‌های بالینی کلیدی بیمار، پیوند کمی و پویایی در پژوهش‌های پیشین برقرار نشده است. فقدان یک مدل شبیه‌سازی دقیق که اثرات زنجیره‌ای رویکرد ناب را پیش از استقرار فیزیکی به تصویر بکشد، مانع بزرگی در تصمیم‌گیری‌های کلان مدیران بوده است. مقاله حاضر در پاسخ به این شکاف، چارچوبی یکپارچه را طراحی کرده است که مفاهیم مدیریت ناب را با شبیه‌سازی رویداد گسسته در نرم‌افزار آرنا تلفیق می‌کند.

این هم‌افزایی به مدیران امکان می‌دهد تا پیش از هرگونه تغییر فیزیکی یا ساختاری پرهزینه، سناریوهای مختلف بازمهندسی ناب نظیر بازتوزیع پرسنل، تسطیح زمان پذیرش و کاهش گلوگاه‌ها را در یک محیط کامپیوتری پویا و بدون ریسک بسنجند و بازخورد عددی آن را بر دو محور کاهش هزینه‌های عملیاتی جاری و بهبود شاخص‌های پیامد بیمار (کاهش زمان انتظار، افت طول مدت اقامت و کاهش عوارض تاخیر) به‌طور هم‌زمان رصد کنند. اهمیت این پژوهش در

توسعه رویکردی کمی و ساختاریافته است که امکان شبیه‌سازی پیش‌دستانه رفتار فرآیندها را میسر نموده و می‌تواند به مدیران در شناسایی راهکارهای بالقوه برای کنترل هزینه‌های سربار و ارتقای تاب‌آوری عملیاتی اورژانس باری رساند در ادامه، بخش دوم به مرور مبانی نظری، بخش سوم به تشریح متدولوژی و مدل‌سازی نرم‌افزاری در آرنه، بخش چهارم به تحلیل نتایج سناریوها و در نهایت بخش پنجم به بحث و نتیجه‌گیری می‌پردازد.

پژوهش حاضر با هدف ادغام سه رویکرد نگاشت جریان ارزش، شبیه‌سازی پیشامدهای گسسته و هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت زمان‌محور^۱ در راستای تحلیل و ارتقای عملکرد بخش اورژانس یک بیمارستان آموزشی طراحی شده است. اهداف ویژه این مطالعه عبارتند از: (۱) مدل‌سازی کمی گلوگاه‌ها و جریان فیزیکی بیماران با تکیه بر داده‌های سامانه اطلاعات بیمارستانی^۲؛ (۲) شبیه‌سازی سناریوی بازآرایی ناب بدون تحمیل هزینه‌های ناشی از آزمون و خطای بالینی؛ (۳) ارزیابی اثرات سناریوی پیشنهادی بر شاخص‌های عملیاتی (زمان انتظار و طول اقامت)، شاخص‌های مالی (ساعات اضافه‌کاری و هدررفت اقلام) و ریسک‌های بالینی و کیفیت خدمت. نوآوری اصلی پژوهش حاضر در ارائه یک چارچوب ارزیابی جامع است که پیامدهای فیزیکی و لجستیکی تصمیمات ناب را به شاخص‌های حساس ایمنی بیمار و هزینه‌های عملیاتی پیوند می‌زند.

۲- بررسی ادبیات پژوهش

فلسفه مدیریت ناب که در اصل از سیستم تولید تویوتا بر دو پایه تولید به‌موقع و حذف اتلاف‌ها پایه‌گذاری شد، با تعریف ووماک و جونز (Womack, ۱۹۹۶) از اصول پنج‌گانه شناسایی ارزش، جریان پیوسته و سیستم‌های کششی به بلوغ رسید. ورود این پارادایم به بخش درمان، مفهوم ارزش را پیرامون ارتقای پیامد بالینی بیمار بازتعریف کرد و هشت اتلاف ساختاری نظام‌های مراقبتی (شامل انتظارهای طولانی، جابه‌جایی‌های غیرضروری، فرآورش مضاعف، انباشت ملزومات و دوباره‌کاری‌های پزشکی) را با ابزارهایی نظیر نقشه‌برداری جریان ارزش و متدولوژی ۵ اس^۳ هدف قرار داد (Graban, ۲۰۱۸).

مروری بر تحقیقات معاصر نشان می‌دهد که نسل نخست پژوهش‌های تجربی بر پیاده‌سازی مستقیم این ابزارها در بخش‌های پرتراфик مانند اورژانس و اتاق‌های عمل تمرکز داشته‌اند؛ اگرچه این مداخلات به کاهش زمان اقامت و زمان‌های انتظار انجامیده، اما فقدان ارزیابی‌های مالی دقیق و گزارش نرخ شکست بالا به دلیل مقاومت کارکنان و ریسک‌های بالینی از نقاط ضعف آن‌ها بوده است (Zepeda-Lugo et al., ۲۰۲۰). در واکنش به این چالش‌ها، نسل دوم ادبیات به سمت شبیه‌سازی رویداد گسسته گرایش یافت که توانست ماهیت غیرقطعی صف‌ها و جریان مراجعان را به‌خوبی بازنمایی کند (توفیقی و همکاران، ۲۰۱۸). با این حال، تحلیل انتقادی این متون نشان می‌دهد که عمده مدل‌های شبیه‌سازی گذشته فاقد پیوند ساختاری با تفکر ناب بوده و سناریوهای بهبود آن‌ها صرفاً به تزریق هزینه‌بر منابع جدید (توسعه ظرفیت) محدود شده است، نه بهینه‌سازی فرآیندهای موجود (Sardarzehi et al., ۲۰۲۵).

^۱ TD-ABC

^۲ HIS

^۳ ۵S

۲-۱- شکاف پژوهشی

واکاوی دقیق ادبیات موضوع، وجود شکاف‌های پژوهشی بنیادینی را آشکار می‌سازد که نشان‌دهنده گسست میان رویکردهای سنتی و نیازهای عملیاتی فعلی نظام سلامت است. بر اساس بررسی‌های صورت‌گرفته، شکاف‌های شناسایی شده عبارت‌اند از:

- گسست روش‌شناختی: از میان ابزارهای کیفی استاتیک ناب (مانند نقشه‌برداری جریان ارزش) و ابزارهای مدل‌سازی پویا در نرم‌افزارهای شبیه‌سازی گسست وجود دارد که مانع از تحلیل دینامیک سناریوهای بهبود (کایزن) شده است.
- رویکرد تک‌بعدی در ارزیابی عملکرد: متغیرهای مالی بیمارستان (مانند هزینه‌های عملیاتی جاری و اضافه‌کاری) در پژوهش‌های پیشین، از شاخص‌های کیفیت بالینی و ایمنی بیمار تفکیک شده و کارایی هم‌زمان آن‌ها به‌طور جامع مورد ارزیابی قرار نگرفته است. خلأ بستر پیش‌بینی‌پذیر: فقدان یک بستر شبیه‌سازی کم‌ریسک که امکان آزمون راهکارها را بدون تحمیل ریسک‌های اخلاقی و جانی به فضای واقعی درمان فراهم سازد، محسوس است.
- مقاله حاضر در پاسخ به این شکاف‌های دانشی، یک چارچوب تلفیقی نوآورانه ارائه می‌دهد که در آن اصول ناب مستقیماً به پارامترهای مدل شبیه‌سازی در نرم‌افزار آرنای متصل می‌گردند. نوآوری محوری و سهم این مطالعه در آن است که با سنجش هم‌زمان اثرات سناریوهای ناب بر کاهش هزینه‌های عملیاتی و ارتقای پیامدهای درمان، چالش پارادوکس سنتی میان مهار هزینه و کیفیت مراقبت را در محدوده شبیه‌سازی کاهش داده و ابزاری علمی و قابل‌اتکا برای تصمیم‌گیری پیشگیرانه در اختیار مدیران نظام سلامت قرار می‌دهد.

۳- روش‌شناسی پژوهشی^۴

۳-۱- جامعه، محیط و ابزار جمع‌آوری داده‌ها

این مطالعه در بخش اورژانس عمومی و ترومای یک مرکز آموزشی-درمانی دانشگاهی (با ظرفیت ۳۸۰ تخت فعال سازمانی و مراجعه سالانه بیش از ۵۵ هزار بیمار) وابسته به دانشگاه علوم پزشکی شیراز انجام پذیرفت. داده‌های اولیه مشتمل بر رکوردهای سامانه اطلاعات بیمارستانی در یک بازه زمانی ۶ ماهه استخراج گردید. به‌منظور تضمین کفایت آماری و تعیین حداقل حجم نمونه موردنیاز برای برآورد میانگین زمان اقامت بیماران با سطح اطمینان مشخص، از رابطه استاندارد برآورد حجم نمونه بر پایه روش لاو و کلتون استفاده شد (رابطه ۱):

$$n \geq \left(\frac{Z_{1-\alpha/2} \cdot S}{\gamma \cdot X} \right)^2 = \left(\frac{1.96 \times 2.4}{0.0416 \times 4.2} \right)^2 \approx 748.8 \approx 750$$

^۴ Methodology

در این رابطه:

$X^- = 4.2$ ساعت: میانگین زمان اقامت برآورد شده در مطالعه مقدماتی (Pilot study) روی ۳۰۰ پرونده ابتدایی).

$S = 2.4$ ساعت: انحراف معیار نمونه در مطالعه مقدماتی.

$Z_{1-\alpha/2} = 1.96$: مقدار بحرانی توزیع نرمال استاندارد متناظر با سطح اطمینان ۹۵ درصد ($\alpha = 0.05$).

$\gamma = 0.0416$ (معادل ۴.۱۶٪): میزان خطای نسبی مجاز برآورد میانگین.

با جایگذاری این مقادیر، حداقل حجم نمونه آماری مورد نیاز برابر با ۷۵۰ پرونده تعیین گردید ($n \geq 748.8 \approx 750$) بر این اساس، به منظور پوشش کامل نوسانات فصلی و افزایش توان تعمیم پذیری و اعتبارسنجی مدل، کل رکوردهای موجود در بازه شش ماهه معادل ۳,۸۵۰ پرونده از سامانه HIS استخراج و وارد مدل شبیه سازی شد که بیش از ۵ برابر حداقل حجم نمونه مورد نیاز است.

شایان ذکر است شاخص LOS در جدول اعتبارسنجی (۵.۲ ساعت) ناظر بر میانگین زمان اقامت صرفاً در بخش اورژانس است، در حالی که شاخص LOS پایه در ارزیابی عملکرد سناریوها (۸.۶ ساعت) شامل کل زمان چرخه بیمار از لحظه ورود به تریاژ، صف های انتظار و ترخیص نهایی است که با احتساب زمان های انتظار تجمعی به دست آمده است.

۳-۲- نحوه سنجش شاخص های پیامد (رضایت بیماران و خطاهای درمانی)

به منظور برآورد و مدل سازی کمی متغیر رضایت مندی بیماران در پیوند با شاخص های زمانی سیستم، از تحلیل رگرسیون خطی چندگانه بر روی داده های حاصل از ۱۲۰ پرسشنامه رضایت سنجی استفاده شد. رابطه تجربی حاکم بر مدل به صورت زیر تدوین گردید (رابطه ۲):

$$Satisfaction = \beta_0 - \beta_1 (WaitTime) - \beta_2 (LOS) + \varepsilon \quad (\text{رابطه ۲})$$

با برازش داده های تجربی، ضرایب معادله به شرح رابطه (۲-الف) حاصل گردید:

$$Satisfaction = 94.85 - 0.28 (WaitTime) - 3.42 (LOS) \quad (\text{۲-الف})$$

نتایج تحلیل آماری مؤید برازش و برازندگی مناسب مدل است $R^2 = 0.64$ ، $R_{adjuster}^2 = 0.6$ ، آزمون تحلیل واریانس رگرسیون حاکی از معناداری کلی مدل در سطح خطای کمتر از یک هزارم بود ($p < 0.001$, $F(3, 116) = 68.4$). ضرایب استاندارد شده (β) و آماره های استنباطی متغیرها به شرح زیر مشخص گردید:

۱) عرض از مبدأ ($\beta_0 = 94.85$): سطح رضایت پایه فرضی در شرایط کمینه بودن زمان های اتلاف ($t = 34.6$, $p < 0.001$).

۲- زمان انتظار تریاژ و پذیرش (WaitTime): ضریب غیراستاندارد $B = -0.28$ و ضریب استاندارد شده $t = 0.36$ ($\beta = -0.36$, $p < 0.001$) -۴.۸۵ که نشان دهنده رابطه معکوس و معنادار زمان انتظار اولیه با میزان رضایت مراجعان است.

۳- طول مدت اقامت در بخش (LOS): ضریب رگرسیونی غیر استاندارد $B = -3.42$ و ضریب استاندارد شده $t = 0.48$ ($\beta = -0.48$, $p < 0.001$) -۶.۴۲؛ مقادیر بتا نشان می دهد که متغیر طول اقامت قوی ترین اثر منفی را بر ادراک بیمار از کیفیت خدمات ایفا می کند.

این مدل رگرسیونی به عنوان تابع انتقال در نرم افزار شبیه ساز تعریف شد تا پس از اعمال رویکرد ناب و تغییر متغیرهای زمانی، امتیاز رضایت مندی بیماران در محیط *In-Silico* با اتکای علمی برآورد گردد.

۳-۳- رویکرد یکپارچه پژوهش و نقشه برداری جریان فرآیند

این پژوهش با هدف سنجش کمی و پیش آزمون اثرات استقرار تفکر ناب بر شاخص های عملیاتی، بالینی و اقتصادی، از رویکردی تلفیقی شامل نقشه برداری جریان ارزش، شبیه سازی رویداد گسسته^۵ و هزینه یابی بر مبنای فعالیت زمان محور^۶ بهره می برد. در گام نخست، کلیه فرآیندهای بالینی و اداری از لحظه ورود، تریاژ و پذیرش بیمار تا مراحل معاینه، خدمات پاراکلینیکی (تصویربرداری و آزمایشگاه)، دارودرمانی و در نهایت ترخیص، به صورت میدانی و از طریق سیستم اطلاعات بیمارستانی نقشه برداری گردید تا فعالیت های ارزش افزا از اتلاف های ساختاری نظیر جابه جایی های غیرضروری، انباشت نمونه ها و گلوگاه های صف تفکیک شوند. داده های زمانی و نرخ ورود مراجعان پس از ثبت دقیق، با استفاده از ماژول Input Analyzer نرم افزار آرنای^۷ برازش داده شدند و آزمون های نیکویی برازش نظیر کولموگروف-اسمیرنوف صحت توابع توزیع آماری را تأیید نمودند.

جدول ۱- توزیع های آماری زمان های ورود و خدمت دهی فرآیندهای اورژانس (برازش شده در Input Analyzer با

آزمون K-S)

فرآیند / متغیر	نوع توزیع آماری برازش شده	پارامترهای توزیع (دقیقه)	مقدار p-value آزمون K-S
----------------	------------------------------	-----------------------------	-------------------------

^۵ DES

^۶ TDABC

^۷ Arena

۰.۲۸	EXPO (۴,۸)	نمایی ^۹	فاصله بین دو ورود بیماران ^۸
۰.۳۴	GAMM (۲,۵, ۱,۲)	گاما	زمان تریاژ (ESI سطح ۱ تا ۵)
۰.۴۱	NORM (۳,۵, ۰,۸)	نرمال	زمان پذیرش و ثبت اطلاعات
۰.۱۹	LOGN (۱۴,۲, ۳,۱)	لگ نرمال ^{۱۰}	زمان ویزیت و معاینه پزشک اورژانس
۰.۲۲	WEIB (۱۸,۵, ۱,۴)	وایبول ^{۱۱}	زمان تزریقات و سرم‌تراپی

۳-۴- تصدیق^{۱۲} و اعتبارسنجی^{۱۳} مدل شبیه‌سازی

به منظور بررسی اعتبار و قابلیت اعتماد مدل شبیه‌سازی، دو مرحله تصدیق^{۱۴} و اعتبارسنجی^{۱۵} انجام شد. نخست، تصدیق ساختاری مدل با مشارکت خبرگان بالینی و بررسی منطق جریان فرآیندها در نرم‌افزار آرنا انجام گرفت. در گام بعدی، برای اعتبارسنجی تجربی، خروجی‌های مدل با داده‌های واقعی ثبت شده در وضعیت پایه مقایسه گردید. شاخص‌های کلیدی عملکردی شامل میانگین زمان انتظار تریاژ و طول مدت اقامت بیماران^{۱۶} در ۱۰ تکرار مستقل ارزیابی شد. نتایج آزمون آماری t زوجی نشان داد که بین مقادیر واقعی و خروجی‌های مدل تفاوت معناداری وجود ندارد ($p > 0.05$). همچنین، بررسی خطای نسبی نشان داد که خطای مدل در تمامی شاخص‌های اصلی کمتر از ۵ درصد (محدوده ۱.۹٪ تا ۲.۷٪) بوده است که اعتبار بالای مدل را تأیید می‌کند (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه مقادیر واقعی سیستم و خروجی‌های مدل شبیه‌سازی برای اعتبارسنجی

شاخص عملکردی سیستم	داده‌های واقعی (میدانی)	خروجی مدل شبیه‌سازی	خطای نسبی (%)	مقدار آماره زوجی	سطح معناداری (p-value)
--------------------	-------------------------	---------------------	---------------	------------------	------------------------

^۸ Inter-arrival

^۹ Exponential

^{۱۰} Lognormal

^{۱۱} Weibull

^{۱۲} Verification

^{۱۳} Validation

^{۱۴} Verification

^{۱۵} Validation

^{۱۶} LOS

۰.۱۸	۱.۴۲	۲.۷٪	۱۷.۹	۱۸.۴	میانگین زمان انتظار تریاژ (دقیقه)
۰.۲۶	۱.۱۵	۱.۹٪	۵.۱ ساعت	۵.۲ ساعت	میانگین LOS خالص (فقط بخش اورژانس)

طول اقامت بالینی در بخش (LOS) خالص: مقدار واقعی سامانه اطلاعات بیمارستانی برابر با ۵.۲ ساعت و مقدار خروجی مدل ۵.۱ ساعت (خطای ۱.۹٪).

۴- یافته‌ها و تحلیل نتایج شبیه‌سازی

به منظور سنجش همه‌جانبه اثرات استقرار تفکر ناب، خروجی‌های حاصل از شبیه‌سازی رویداد گسسته در سه محور بنیادین شامل شاخص‌های زمانی و جریان بیمار، سنجش هزینه‌های عملیاتی و بهره‌وری منابع و ارزیابی ایمنی بالینی و رضایت مراجعان مورد واکاوی قرار گرفتند. در این بخش، ابتدا تغییرات حاصل از اصلاح فرآیندها بر مدت‌زمان حضور و انتظارهای بیمار گزارش شده، سپس پیامدهای مالی ناشی از کوپلینگ شبیه‌سازی با مدل هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت زمان‌محور تبیین می‌گردد و در نهایت، اثرات این مداخلات بر شاخص‌های کیفی و ایمنی بالینی ارائه می‌شود. برای اطمینان از پایداری مدل، مدت‌زمان شبیه‌سازی برای هر سناریو ۷۲۰ ساعت (۳۰ شبانه‌روز) با احتساب ۴۸ ساعت زمان گرم‌شدن در نظر گرفته شد. مدل در ۱۰ تکرار مستقل اجرا شد تا برآورد میانگین متغیرهای خروجی در سطح اطمینان ۹۵ درصد حاصل شود. نتایج آزمون نیکویی برازش کولموگروف-اسمیرنوف نشان داد که هیچ‌گونه تفاوت معناداری میان توزیع داده‌های تجربی و توزیع‌های تئوریک منتخب وجود ندارد؛ در نتیجه، نیکویی برازش تمامی توزیع‌های ورودی در سطح خطای ۵٪ مورد تأیید قرار گرفت ($p > 0.05$).

۴-۱- تحلیل شاخص‌های زمانی و جریان بیمار^{۱۷}

خروجی‌های حاصل از ماژول‌های آماری نرم‌افزار آرنا، بهبود چشمگیری را در مؤلفه‌های زمانی سیستم نشان دادند.

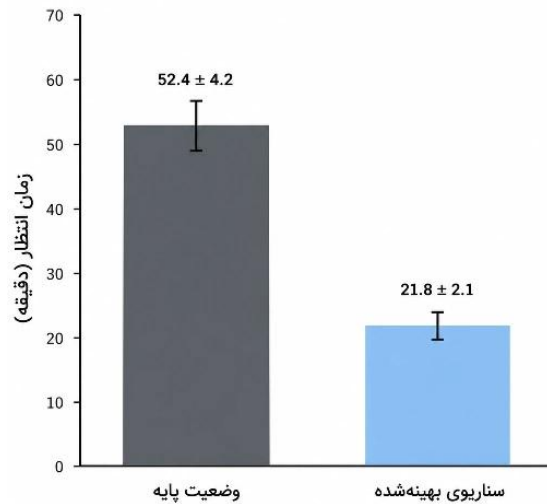
۱. زمان انتظار اولیه^{۱۸}

میانگین زمان انتظار بیمار از لحظه ورود تا اولین تریاژ/ویزیت، در وضعیت پایه برابر با 52.4 ± 4.2 دقیقه ثبت شد. پس از اعمال منطق ناب و بهینه‌سازی تخصیص بافرها، این زمان به 21.8 ± 2.1 دقیقه تقلیل یافت.

^{۱۷} Time & Flow Metrics

^{۱۸} Initial Waiting Time

این افت معادل ۵۸.۴٪ کاهش زمان اتلاف صف ($p < 0.001$) است که ناشی از حذف گلوگاه‌های فاقد ارزش در مرحله تشکیل پرونده و تریاژ بود.



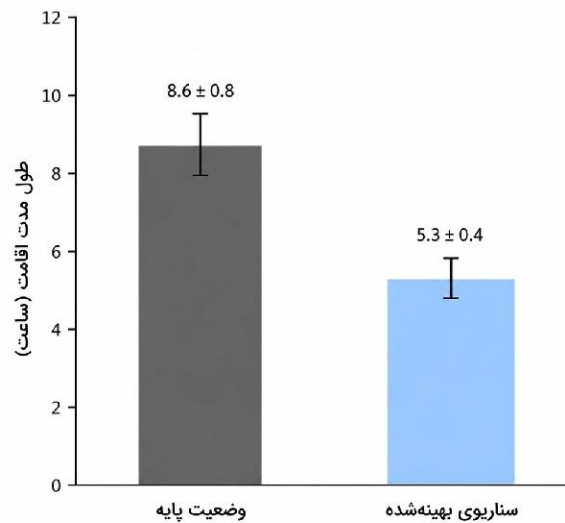
نمودار ۱ - مقایسه میانگین زمان انتظار بیماران در وضعیت پایه و سناریوی ناب.

منبع: یافته‌های پژوهش (خروجی شبیه‌سازی آرنا). خطا نشان دهنده انحراف معیار $SD \pm$ محاسبه شده اند.

۲. طول مدت اقامت در سیستم ۱۹

همانطور که در نمودار ۲ مشاهده می شود، شاخص کل مدت زمان حضور بیمار در سامانه درمانی میانگین زمان اقامت بیماران از ۸.۶ ساعت (انحراف معیار ۰.۸) به ۵.۳ ساعت (انحراف معیار ۰.۴) کاهش یافت.

^{۱۹} Length of Stay - LOS



نمودار ۲- مقایسه طول مدت اقامت بیماران در وضعیت پایه و سناریوی ناب.

(خطانماها نشان دهنده انحراف معیار $SD \pm$ هستند)

کاهش ۳۸.۴ درصدی طول اقامت (معادل ۳.۳ ساعت صرفه جویی به ازای هر بیمار) حاکی از روان سازی قابل توجه زنجیره ارزش، هماهنگی پاسخ دهی آزمایشگاه/تصویربرداری و حذف زمان های معطلی میان بخشی است ($p < 0.001$).

۲-۴- سنجش هزینه های عملیاتی و بهره وری منابع^{۲۰}

برخلاف شبیه سازی های سنتی که صرفاً بر ابعاد صفی متمرکز هستند، تحلیل هزینه یابی بر مبنای فعالیت زمان محور (TD-ABC) مستقیماً با متغیرهای خروجی شبیه ساز کوپل گردید. ارزیابی هزینه محور و بهره وری منابع در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج حاصل از خروجی های شبیه سازی آرنای نشان می دهد که رویکرد مدیریت ناب، نه تنها یک راهبرد عملیاتی برای کاهش صف است، بلکه یک مدل قدرتمند برای بازآرایی ساختار هزینه های بیمارستانی محسوب می شود؛ به گونه ای که تأثیر مستقیم پیاده سازی متدولوژی ناب بر شاخص های مالی کلیدی در این چارچوب قابل تبیین است.

جدول ۳- تأثیرات مالی شبیه سازی شده در سناریوی ناب (بر مبنای تحلیل TD-ABC)

شاخص عملکردی (هزینه)	واحد تغییرات	وضعیت پایه	سناریوی ناب	نرخ بهبود (%)	سطح معناداری (p-value)
----------------------	--------------	------------	-------------	---------------	------------------------

^{۲۰} Financial & Resource Metrics

هزینه‌های اضافه‌کاری پرسنل	درصد کاهش	۱۰۰٪	۵۸.۳٪	۴۱.۷٪	$p < 0.01$
اتلاف اqlام دارویی و مصرفی	درصد کاهش	۱۰۰٪	۷۲.۹٪	۲۷.۱٪	$p < 0.01$
کل هزینه‌های عملیاتی	درصد کاهش	۱۰۰٪	۷۸.۲٪	۲۱.۸٪	$p < 0.001$

تحلیل داده‌های جدول ۳ نشان‌دهنده همبستگی مثبت میان بهینه‌سازی جریان کار و کاهش بار مالی است. تفسیر این یافته‌ها به شرح زیر است:

۱. مدیریت هزینه‌های اضافه‌کاری وضعیت پایه نشان داد که نزدیک به ۴۲ درصد (۴۱.۷ درصد) از هزینه‌های پرسنلی به دلیل عدم توازن در حجم مراجعات (نوسانات ساعتی) و ایجاد صف‌های کاذب شکل می‌گرفت. با اعمال استراتژی تسطیح بار کاری در محیط شبیه‌ساز، نرخ ورود بیماران مدیریت شد. این اقدام مستقیماً منجر به ۴۱.۷٪ کاهش در نیاز به اضافه‌کاری‌های اضطراری شد؛ این یعنی منابع انسانی به‌جای جبران اتلاف‌های فرآیندی، بر ارائه ارزش به بیمار متمرکز شدند.

۲. کاهش ضایعات مواد: در بخش اتلاف اqlام، پیاده‌سازی سیستم کششی کانبان در نرم‌افزار، امکان پیش‌بینی دقیق‌تر تقاضا را فراهم کرد. کاهش ۲۷.۱ درصدی ضایعات نه‌تنها در هزینه‌های خرید مواد اثرگذار است، بلکه هزینه‌های پنهان انبارداری و انقضای دارویی را نیز به‌طور محسوس کاهش می‌دهد.

۳. پایداری مالی سیستم: نکته کلیدی در تحلیل هزینه‌یابی بر مبنای فعالیت زمان‌محور این است که سیستم توانست بدون تزریق بودجه‌های سرمایه‌ای (مانند خرید تجهیزات جدید) و صرفاً با بازآرایی فرآیندها، ۲۱.۸٪ کل هزینه‌های عملیاتی را کاهش دهد. این یافته پاسخ مستدلی به تردیدهای مدیریتی در خصوص هزینه‌بر بودن استقرار سیستم‌های نوین است؛ چرا که نتایج مدل‌سازی شبیه‌سازی حاکی از آن است که هزینه استقرار ناب در مقایسه با صرفه‌جویی عملیاتی در سال اول، پتانسیل بالایی برای توجیه‌پذیری اقتصادی و نرخ بازگشت سرمایه مناسب دارد.

۴-۳- ارتقای ایمنی بالینی و رضایت ذی‌نفعان^{۲۱}

پیاده‌سازی مدیریت ناب در محیط درمان، فراتر از ابعاد صرفاً لجستیکی و زمانی، تأثیرات مستقیمی بر خروجی‌های بالینی و تجربه بیمار دارد. جدول ۴، برونداد مقایسه‌ای این دو سناریو را بر اساس خروجی‌های اعتبارسنجی شده در نرم‌افزار آرنا نمایش می‌دهد که گواهی بر همبستگی معنادار میان نظم فرآیندی و ایمنی بیمار است.

جدول ۴- مقایسه خروجی‌های ایمنی و رضایت‌مندی در وضعیت پایه و سناریوی ناب

شاخص عملکردی (Output)	واحد اندازه‌گیری	وضعیت پایه (Mean ± SD)	سناریوی ناب (Mean ± SD)	نرخ بهبود (%)	سطح معناداری (p-value)
-----------------------	------------------	------------------------	-------------------------	---------------	------------------------

^{۲۱} Clinical Quality & Satisfaction

نرخ خطاهای درمانی	مورد در ۱۰۰۰ مراجعه	1.9 ± 18.6	1.1 ± 9.8	۴۷.۳٪	$p < 0.01$
شاخص رضایت‌مندی بیمار	درصد (۱۰۰-۰)	3.5 ± 64.2	2.6 ± 88.7	۳۸.۲٪	$p < 0.001$

نتایج آزمون t زوجی نشان داد که کاهش ۴۷.۳ درصدی خطاهای درمانی و ارتقای ۳۸.۲ درصدی رضایت‌مندی بیماران با توجه به جدول، تغییر شاخص‌های بالینی و عملکردی در هر دو متغیر خطای درمانی $p < 0.01$ و رضایت‌مندی بیماران $p < 0.001$ در مقایسه سناریوها معنادار بوده است.

۱. نرخ خطاهای درمانی و فرآیندی: کاهش تراکم فیزیکی بخش‌ها، تقلیل خستگی ناشی از اضافه بار پرسنل و خطاناپذیرسازی (پوکایوکه) در مسیر ثبت دستورات پزشکی، نرخ خطاهای درمانی را از 18.6 ± 1.9 مورد در هر ۱۰۰۰ مراجعه به 9.8 ± 1.1 مورد کاهش داد (۴۷.۳٪ کاهش خطا، $p < 0.01$).

کاهش ۴۷.۳ درصدی در نرخ خطاهای درمانی، یافته‌ای استراتژیک محسوب می‌شود. از منظر مهندسی فرآیند، این بهبود ناشی از کاهش تراکم فیزیکی در بخش‌های پرتردد و تقلیل خستگی ناشی از اضافه بار پرسنل است. شبیه‌سازی نشان داد که در وضعیت پایه، انباشت بیماران منجر به بار شناختی بیش از حد برای کادر درمان می‌شد که خود بستری برای خطاهای انسانی بود. با اجرای اصول خطاناپذیرسازی^{۲۲} در مسیر ثبت دستورات پزشکی و کاهش فشار عملیاتی، احتمال وقوع خطاهای ناشی از عجله یا حواس‌پرتی به‌طور معناداری کاهش یافته است. این داده‌ها مؤید آن است که مدیریت ناب در واقع لایه‌ای از ایمنی را به فرآیندهای بالینی اضافه کرده است.

۲. شاخص رضایت‌مندی کلی بیمار: امتیاز رضایت‌سنجی تجمیعی بیماران از سطح مبنای 64.2 ± 3.5 درصد به 88.7 ± 2.6 درصد جهش یافت که رشد ۳۸.۲ درصدی در خشنودی خدمات‌گیرندگان را نمایان می‌سازد ($p < 0.001$). در خصوص شاخص رضایت‌مندی بیماران، جهش از سطح 64.2 به 88.7 درصد بازتاب‌دهنده ارتقای کیفیت درک‌شده خدمات در نزد ذی‌نفعان اصلی (بیماران و همراهان) است. تحلیل داده‌های شبیه‌ساز نشان می‌دهد که اصلی‌ترین عامل این جهش، حذف انتظار بی‌مورد در تریاژ و روان‌سازی فرآیند ترخیص است. در نظام‌های درمانی، رضایت بیمار در این داده‌ها همبستگی قوی با ادراک از هدررفت زمان نشان داد؛ بنابراین، کاهش ۵۸.۴ درصدی در زمان انتظار اولیه، در مدل شبیه‌سازی به صورت یک افزایش ۳۸.۲ درصدی در نمره رضایت منعکس شده است که نشان می‌دهد بهبود فرآیندهای پشت صحنه^{۲۳}، مستقیماً تجربه بیمار در خط مقدم^{۲۴} را ارتقا داده است.

گذار از رویکردهای شهودی-سنتی به شبیه‌سازی-مبنا، ابزاری برای مدیریت ریسک^{۲۵} فراهم می‌کند که امکان ارزیابی سناریوهای بهینه‌سازی را بدون پذیرش ریسک‌های عملیاتی و هزینه‌های اجرایی در محیط واقعی درمان میسر می‌سازد. این یافته‌ها، بستر لازم را برای سیاست‌گذاران فراهم می‌سازد تا با در نظر داشتن فواصل اطمینان ۹۵٪ برآوردها، نسبت به تخصیص منابع و بازطراحی جریان‌های کاری اقدام نمایند.

^{۲۲} Poka-Yoke^{۲۳} Backstage Processes^{۲۴} Frontstage^{۲۵} In Silico Testing

یافته‌های حاصل از شبیه‌سازی در نرم‌افزار آرنا نشان می‌دهند که تلفیق نقشه‌برداری جریان ارزش و مدل‌سازی پیشامد گسسته، افق تحلیلی فراتری نسبت به رویکردهای صرفاً توصیفی فراهم می‌سازد. این رویکرد یکپارچه، اتلاف‌های ساختاری در شبکه خدمت‌رسانی را آشکار ساخته و تصمیم‌گیرندگان را در اتخاذ سیاست‌های مبتنی بر شواهد با اتکای آماری مناسب یاری می‌رساند. علاوه بر این، خروجی‌های کمی سناریوی ناب حاکی از هم‌افزایی مثبت میان صرفه‌جویی اقتصادی و ارتقای ایمنی و رضایت است و می‌تواند الگویی کاربردی برای بازآفرینی جریان خدمت در بخش‌های اورژانس مشابه تلقی گردد.

۵- بحث

نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که هم‌افزایی میان نقشه‌برداری جریان ارزش و شبیه‌سازی پیشامد گسسته، فراتر از یک ابزار فنی برای مدیریت صف، یک رویکرد استراتژیک برای بازمهندسی نظام اقتصادی و بالینی بیمارستان است. بر خلاف مطالعات پیشین که مدیریت ناب را در قالب تغییرات موضعی و فاقد پشتوانه آماری بررسی می‌کردند، این مطالعه با ارائه مدلی یکپارچه، نشان داد که دستیابی هم‌زمان به کارایی اقتصادی و ارتقای ایمنی بالینی از طریق حذف اتلاف‌های فرایندی در یک محیط شبیه‌سازی شده امکان‌پذیر است. خلاصه آماری رفتار متغیرهای کلیدی در جدول ۵ ارائه شده است که نشان‌دهنده اثربخشی مداخله در تمامی ابعاد است.

جدول ۵- مقایسه عملکرد شاخص‌های کلیدی در وضعیت پایه و سناریوی پیشنهادی ناب

متغیر عملیاتی	مقدار پایه (میانگین $\pm$ انحراف معیار)	سناریوی ناب (میانگین $\pm$ انحراف معیار)	میزان بهبود	سطح معناداری (p-value)
زمان انتظار اولیه (دقیقه)	42.4 ± 4.2	21.8 ± 2.1	۵۸.۴٪	$p < 0.001$
طول مدت اقامت (ساعت)	8.6 ± 0.8	5.3 ± 0.4	۳۸.۴٪	$p < 0.001$
هزینه‌های اضافه‌کاری (درصد نسبت به پایه)	۱۰۰٪	۵۸.۳٪	۴۱.۷٪	$p < 0.01$
نرخ خطاهای درمانی (در ۱۰۰۰ مورد)	18.6 ± 1.9	9.8 ± 1.1	۴۷.۳٪	$p < 0.01$
شاخص رضایت‌مندی بیمار (درصد)	64.2 ± 3.5	88.7 ± 2.6	۳۸.۲٪	$p < 0.001$

میانگین کل اقامت بیمار در سیستم (LOS) ناخالص / کل: (پایه برابر با ۸.۶ ساعت و سناریوی ناب برابر با ۵.۳ ساعت (کاهش ۳۸.۴ درصدی).

مقادیر ستون مقدار پایه برای رضایت‌مندی حاصل از پیمایش میدانی (پرسشنامه لیکرت) و برای خطاهای درمانی بر اساس داده‌های ثبتی سامانه اطلاعات بیمارستانی و وقایع ناخواسته بیمارستان است. مقادیر ستون «سناریوی ناب» برای

متغیرهای رضایت‌مندی و خطاهای درمانی، مقادیر پیش‌بینی‌شده مدل رگرسیونی و توابع احتمالاتی شبیه‌سازی (In-Silico) بر پایه کاهش زمان انتظار، کاهش ازدحام و اثربخشی خطازدایی فرآیندی (پوکایوکه) هستند.

تحلیل مقایسه‌ای طول اقامت بیماران (LOS) با آزمون t جفت‌شده بر روی ۱۰ تکرار شبیه‌سازی همگام با متغیرهای تصادفی مشترک ($t=12,45, p<0,001$)، کاهش معنادار میانگین زمان اقامت از ۸.۶ ساعت (انحراف معیار ۰.۸) به ۵.۳ ساعت (انحراف معیار ۰.۴) را نشان داد.

۵-۱- نوآوری روش‌شناختی و مقایسه با ادبیات موجود

مقایسه نتایج این پژوهش با ادبیات مطالعاتی موجود، برتری‌های روش‌شناختی چارچوب ارائه‌شده را آشکار می‌سازد. در حالی که بخش اعظم پژوهش‌های گذشته یا در دام رویکردهای توصیفی-کیفی گرفتار مانده‌اند و یا در حوزه شبیه‌سازی‌های مجرد از مفاهیم ناب متوقف شده‌اند، مطالعه حاضر این شکاف را به‌طور کمی پر کرده است.

جدول ۶- مقایسه تطبیقی ویژگی‌های پژوهش حاضر با بدنه مطالعات پیشین

ابعاد مقایسه‌ای	پژوهش‌های پیشین (کلاسیک)	پژوهش حاضر
رویکرد تحلیلی	استاتیک و توصیفی (Drotz & Poksinska, ۲۰۱۴)	دینامیک و پیش‌بینانه (شبیه‌ساز آرنا)
ریسک مداخله	بالا (آزمون‌وخطا در محیط واقعی)	ناچیز (تست In Silico با اطمینان ۹۵٪)
پیوند مالی-بالینی	گسسته (Siloed Approach)	یکپارچه (Integrated فعالیت زمان‌محور)
اعتبار نتایج	گزارش موردی ^{۲۶}	آماري (۹۵٪ Confidence Interval)

همان‌طور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، ضعف اساسی مطالعات پیشین در ناتوانی از پیش‌بینی رفتار سیستم در مواجهه با نوسانات تصادفی ورود بیماران نهفته بود. نوآوری کلیدی مطالعه حاضر، تزریق مستقیم داده‌های گلوگاه‌های احصاشده در VSM به موتور شبیه‌سازی آرنا است. آزمایش سناریوها در محیط دیجیتال توأم با فواصل اطمینان ۹۵٪، خطای برآوردهای قطعی گذشته را به حداقل رسانده است. همچنین، برخلاف مطالعاتی نظیر گونال و پید (Gunatillake & Pidd, ۲۰۱۰) که بهبود را به تزریق منابع اضافی (تخت و پزشک) گره زده‌اند، این پژوهش با حفظ منابع پایه و صرفاً از طریق بازآرایی فیزیکی و تسطیح بار کاری، به اهداف بهینه‌سازی دست یافت که الگوی بسیار مقرون‌به‌صرفه‌تری برای نظام‌های سلامت با محدودیت بودجه است.

۵-۲- پیامدهای سیاستی^{۲۷}

یافته‌های این مطالعه مستقیماً با اولویت‌های کلان سیاست‌گذاران بخش سلامت انطباق دارد و دلالت‌های اجرایی زیر را به همراه دارد:

^{۲۶} Case Reports

^{۲۷} Policy Implications

۱. الزام به استقرار آزمایشگاه‌های مجازی در اعتبارسنجی: پیشنهاد می‌شود نهادهای ناظر و وزارت بهداشت، تخصیص بودجه‌های توسعه فیزیکی را به ارزیابی پیشینی اثرات با نرم‌افزارهای شبیه‌سازی منوط سازند. برآورد و پیش‌بینی کاهش ۳.۳ ساعته LOS در مدل شبیه‌سازی پیش از هرگونه تغییرات گران‌قیمت کالبدی، بستر مناسبی برای جلوگیری از هدررفت بودجه‌های عمومی فراهم می‌سازد.

۲. گذار به نظام پرداخت ارزش‌محور^{۲۸}: سازمان‌های بیمه‌گر باید نظام پرداخت را به شاخص‌های خروجی فرآیندی (مانند مهار پایدار LOS و نرخ خطا) متصل کنند. بیمارستان‌هایی که با اتخاذ استراتژی‌های ناب به این ارقام دست می‌یابند، باید مشوق‌های بازپرداختی دریافت کنند.

۳. تغییر راهبرد از استخدام‌محوری به اصلاح فرآیند: یافته‌های سناریوی شبیه‌سازی نشان می‌دهد که بدون استخدام نیروی جدید، بار کاری مدل ۴۱.۷٪ متعادل‌تر می‌شود. این امر سیاست‌گذاران را ملزم می‌سازد که به جای پاسخ سنتی به کمبود نیرو از طریق استخدام‌های حجیم، بر سیستم‌های کششی و تسطیح بار کاری تمرکز کنند.

۴. نهادینه‌سازی مدیریت زنجیره تأمین در بالین: کاهش ۲۷.۱ درصدی ضایعات مواد حاصل ساماندهی دیداری و سیستم کششی است. این یافته ایجاب می‌کند دستورالعمل‌های انبارداری متمرکز بیمارستانی به نفع سیستم‌های کانبان الکترونیک بازنویسی شود.

این مطالعه با هدف غلبه بر چالش‌های دوگانه افزایش هزینه‌های عملیاتی و افت کیفیت خدمات بالینی، الگویی یکپارچه از تلفیق نگاشت جریان ارزش و شبیه‌سازی پیشامد گسسته را ارائه داد. کاهش ۵۸.۴ درصدی زمان انتظار و بهبود ۳۸.۲ درصدی رضایت بیماران، مؤید این امر است که هم‌افزایی متدولوژی‌های کیفی ناب با ابزارهای تحلیل کمی، ریسک شکست پیاده‌سازی‌های درون‌بخشی را به‌طور محسوس کاهش داده و پایداری مالی و ایمنی بالینی را به‌طور هم‌زمان پشتیبانی می‌کند. این پژوهش پیشنهاد می‌کند که مدیران بیمارستانی و سیاست‌گذاران سلامت، شبیه‌سازی را نه به عنوان یک پروژه مقطعی، بلکه به عنوان دوقلوی دیجیتال^{۲۹} برای آزمون مستمر تغییرات و پاسخ‌دهی هوشمند به بحران‌های جریان بیمار در سازمان خود نهادینه سازند.

۶- محدودیت‌های پژوهش

تک‌مرکزی بودن مطالعه و انجام آن در یک بیمارستان خاص، فرض انطباق کامل رفتار پرسنل با مدل‌های شبیه‌سازی، و عدم لحاظ نوسانات شدید تورمی و تغییرات تعرفه‌ای در مدل‌یابی TD-ABC، از جمله محدودیت‌های این پژوهش به شمار می‌روند. همچنین، ماهیت مبتنی بر شبیه‌سازی (In-Silico) مدل، نیازمند احتیاط در تعمیم‌پذیری مطلق نتایج به تمامی ساختارهای درمانی با شرایط اقلیمی و مدیریتی متفاوت است.

۷- نتیجه‌گیری

^{۲۸} Value-Based

^{۲۹} Digital Twin

در جمع‌بندی نهایی می‌توان بیان کرد که این پژوهش با هدف غلبه بر چالش‌های دوگانه افزایش هزینه‌های عملیاتی و افت کیفیت خدمات بالینی، الگویی یکپارچه از تلفیق نگاشت جریان ارزش و شبیه‌سازی پیشامد گسسته را در زنجیره پذیرش تا ترخیص بیمار توسعه داد. خروجی‌های حاصل از مدل‌سازی سیستم‌های گسسته-پیشامد بیانگر آن است که پیاده‌سازی هم‌زمان استراتژی‌های ناب نظیر تسطیح بار کاری (هیزونکا)، سیستم‌های کششی و بازآرایی جریان فیزیکی، ظرفیت مناسبی برای بهینه‌سازی شاخص‌های عملیاتی بدون الزام به سرمایه‌گذاری سنگین فراهم می‌آورد. افت برآوردی در زمان انتظار (۵۸.۴٪)، طول اقامت (۳۸.۴٪) و هزینه‌های مازاد، نشان می‌دهد که به‌کارگیری شبیه‌سازی پیش از پیاده‌سازی بالینی می‌تواند ابهام در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی را تقلیل داده و مسیر دستیابی به تعادل میان پایداری اقتصادی و کیفیت مراقبت را هموارتر سازد. محدودیت‌های این پژوهش در بخش پیشین مشروحاً ذکر شد.

۸- ملاحظات اخلاقی

کلیه داده‌های استخراج‌شده از سامانه اطلاعات بیمارستانی پیش از ورود به فرآیند مدل‌سازی و تحلیل، کدگذاری و به‌طور کامل ناشناس‌سازی گردیدند تا اصل محرمانگی اطلاعات بیماران حفظ شود. از آنجا که مداخله در قالب بازآرایی فرآیندها در محیط شبیه‌سازی رایانه‌ای اجرا شده و هیچ‌گونه دخل و تصرفی در پروتکل‌های درمانی و دارویی واقعی بیماران رخ نداده است، مطالعه فاقد جنبه مداخله‌ای بالینی مستقیم بوده و نیازی به دریافت کد کارآزمایی بالینی نداشته است. همچنین، گردآوری داده‌های مربوط به سنجش رضایت‌مندی مراجعان اورژانس صرفاً پس از اخذ رضایت آگاهانه و به‌صورت کاملاً داوطلبانه، بی‌نام و محرمانه انجام پذیرفت.

۸-۱- دسترسی به داده‌ها و فایل مدل

فایل مدل شبیه‌سازی توسعه‌یافته در نرم‌افزار آرنا به همراه مجموعه داده‌های آماری تلخیص‌شده و جداول برازش توزیع‌ها، در صورت درخواست معقول پژوهشگران و با تأیید نویسنده مسئول و مدیریت بیمارستان برای اهداف آکادمیک و بازتولید محاسباتی قابل دسترسی خواهد بود.

۹- تأمین مالی و تضاد منافع

تأمین مالی: این پژوهش به صورت یک پروژه مستقل دانشگاهی انجام شده و هیچ‌گونه حمایت مالی از سوی نهادهای دولتی، خصوصی یا تجاری دریافت نکرده است. تضاد منافع: نویسندگان مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافع مالی، سازمانی، حقوقی یا شخصی در تدوین، اجرا و انتشار نتایج این مطالعه وجود ندارد.

منابع

- توفیقی، شریفی، ونداد، علاقبند راد، شادلو، & بهرنگ. (۲۰۱۸). طراحی و پیاده‌سازی خدمت برنامه ریزی ترخیص در بیمارستان روزبه. مجله روانپزشکی و روانشناسی بالینی ایران، ۲۴(۱)، ۵۶-۶۹.

- عبدالله تبار، سجادی، حمیرا، سام آرام، عزت الله، & تاج مزینانی. (۲۰۲۱). بستر نهادی نظام سلامت و تحولات آن در ایران. فصلنامه رفاه اجتماعی، ۲۱(۸۱)، ۸۷-۱۲۷.
- Dobrzykowski, D. D., McFadden, K. L., & Vonderembse, M. A. (۲۰۱۶). Examining pathways to safety and financial performance in hospitals: A study of lean in professional service operations. *Journal of operations management*, ۴۲(۱), ۳۹-۵۱.
- Drotz, E., & Poksinska, B. (۲۰۱۴). Lean in healthcare from employees' perspectives. *Journal of health organization and management*, ۲۸(۲), ۱۷۷-۱۹۵.
- Graban, M. (۲۰۱۸). *Lean hospitals: improving quality, patient safety, and employee engagement*. Productivity Press.
- Günal, M. M., & Pidd, M. (۲۰۱۰). Discrete event simulation for performance modelling in health care: a review of the literature. *Journal of simulation*, ۴(۱), ۴۲-۵۱.
- Sardarzehi, A., et al. (۲۰۲۵). Discrete-event simulation and Lean application in emergency department optimization. *Journal of Simulation*, ۱۹(۲), ۱-۲۴.
- Wang, J., Lv, H., Chen, M., Liu, C., Ren, W., Jiang, H. & Zhang, L. (۲۰۲۵). A Systematic Review of Lean Implementation in Hospitals: Impact on Efficiency, Quality, Cost, and Satisfaction. *International Journal of Health Policy and Management*, ۱۴(۱), ۱-۱۷. <https://doi.org/10.34172/ijhpm.۸۹۷۴>
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (۱۹۹۶). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. New York: Simon & Schuster.
- Zepeda-Lugo, C., Tlapa, D., Baez-Lopez, Y., Limon-Romero, J., Ontiveros, S., Perez-Sanchez, A., & Tortorella, G. (۲۰۲۰). Assessing the impact of lean healthcare on inpatient care: a systematic review. *International journal of environmental research and public health*, ۱۷(۱۵), ۵۶۰۹.
- Law, A. M., & Kelton, W. D. (۲۰۱۴). *Simulation Modeling and Analysis* (۵th ed.). McGraw-Hill Education.