

بهینه‌سازی سیستم خدمات کلینیک دانشگاه تهران با استفاده از تئوری صف

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۲۵

کد مقاله: ۴۴۸۹۰

محسن روزبهانی^{۱*}، محمد فروزنده^۲

چکیده

افزایش چشمگیر زمان مورد انتظار برای دریافت خدمات پزشکی و نیز رشد هزینه‌های درمانی در کشور به همراه کمبود منابع، محققان را به بررسی روش‌های ارتقا بهره‌وری و کارایی عملیاتی تشویق نموده است. با توجه به پیچیدگی و سطح تعاملات در سازمان‌های بهداشتی و درمانی، اهمیت نحوه ارائه خدمات در این مراکز در زمان مطلوب و با هزینه مناسب به دلیل عدم پیش‌بینی اهمیتی دوچندان پیدا کرده است. از این رو اهمیت بکارگیری تکنیک‌های شبیه‌سازی بر مبنای تئوری صف در سیستم‌های خدمات درمان جهت ارزیابی عملکرد سیستم بطور فزاینده‌ای گسترش یافته است. در این راستا این تحقیق با هدف بهینه‌سازی سیستم خدمات پزشکی در شاخص‌هایی مانند زمان انتظار و بهره‌وری با استفاده از تئوری صف در دانشگاه تهران انجام شده است. در این تحقیق در ابتدا با بررسی مدل‌های شبیه‌سازی انجام شده در سطح دنیا برای سیستم‌های خدمات درمان، یک دسته‌بندی برای انواع حالات بهبود عملکرد صورت پذیرفت. سپس برای جمع‌آوری داده در طول هفته، ورود افراد به سیستم و زمان شروع و پایان و مدت زمان انتظار و مدت زمان دریافت خدمات ثبت گردید. این پژوهش از نوع مقطعی بوده و بر روی ۵۰ نفر از مراجعه‌کنندگان به مرکز خدمات درمان از جمله دانشجویان و کارکنان کلینیک دانشگاه تهران انجام گرفت. فرآیند خدمت‌دهی در مرکز خدمات درمانی توسط نرم‌افزار شبیه‌سازی ویتنس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و با استفاده از چندین سناریو برای آنالیز حساسیت در ورودی، فرایند و منابع بهینه‌سازی گردید. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که اضافه کردن پزشک جدید به پزشکان حاضر و حذف یک پذیرش برای پزشکان حاضر، میانگین زمان بطور چشمگیر کاهش یافته و مشغله پزشکان ۸۰٪ شده و از لحاظ صندوق‌دار هم هیچ تفاوتی نداشته است.

واژگان کلیدی: تئوری صف، خدمات بهداشتی درمانی، شبیه‌سازی کامپیوتری

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی صنایع-مدیریت پروژه، دانشکده مدیریت و مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی مالک اشتر

تهران

۲- مربی گروه مدیریت و مهندسی صنایع، دانشکده مدیریت و مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی مالک اشتر تهران

امروزه سیستم‌های بهداشتی و درمانی در کلیه مراحل عملیاتی، از پیچیدگی زیاد به همراه روابط متداخل و غیرقابل پیش‌بینی برخوردار هستند. وجود احتمالات و عدم قطعیت در سیستم‌های پیچیده موجب می‌شود برخی مسائل ناشناخته باقی بماند. در طول سی سال گذشته افزایش چشمگیر هزینه‌های بهداشتی و درمانی از یک سو و افزایش زمان انتظار و تشکیل صف، محققان بهداشتی و درمانی را مجبور به بررسی راه‌هایی برای ارتقا کارایی عملیاتی یا کاهش زمان این بخش نموده است. مدل‌های صف، یک ابزار کمکی تصمیم‌گیری هستند که با پویانمایی سیستم بهداشت و درمان، درک ما را از مسأله و راه‌حل‌های مختلف آن افزایش می‌دهند (باقری و همکاران، ۲۰۲۱). تئوری صف یکی از ابزارهای قدرتمند است که به طور گسترده در اکثر حوزه‌های تولیدی و خدماتی مورد استفاده قرار گرفته است و استفاده از آن، مزایای متعددی در ایجاد طراحی سازمانی بهتر به منظور بهبود عملکرد سیستم دارد. در واقع، این روش‌ها امکان بررسی مناسب‌ترین ویژگی‌ها یا پارامترها را در رابطه با ظرفیت‌های اضافه یا نوع امکانات فراهم می‌کنند. علاوه بر این، تئوری صف یک ابزار تحلیل موثر است که به مهندسان و برنامه‌ریزان کمک می‌کند تا تصمیمات هوشمندانه و به موقع در طراحی و بهره‌برداری از یک سیستم بگیرند (دنگ و همکاران، ۲۰۲۱). نظریه صف بخودی خود مسائل را حل نمی‌کند، اما به وضوح مشکلات را شناسایی و راه‌حل‌های جایگزین را به صورت کمی ارزیابی می‌کند (پینگ شان چن و کنگ هانگ، ۲۰۱۶).

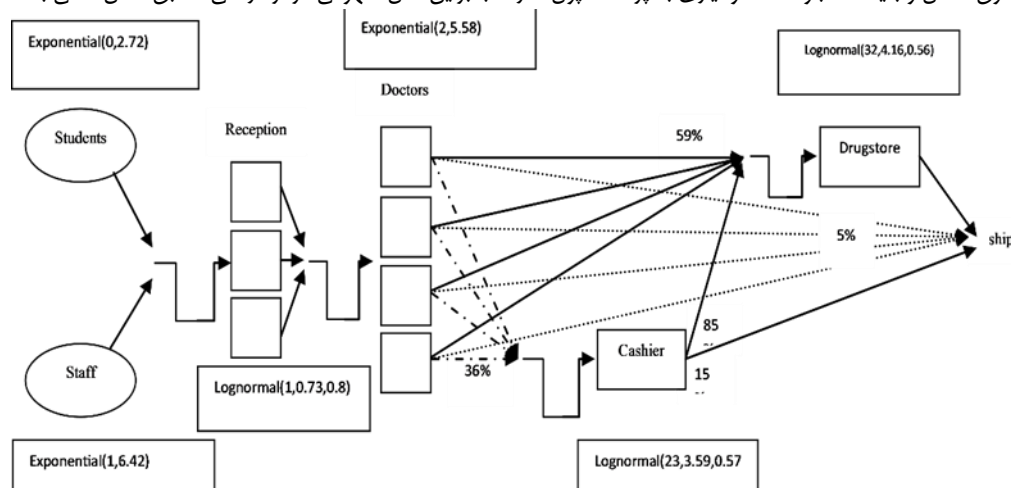
از سوی دیگر شبیه‌سازی، تقلیدی از عملکرد فرایند یا سیستم واقعی است. شبیه‌سازی در حقیقت، یک نمونه ساده شده از یک سیستم است که با ارائه یک تحلیل پویا از سیستم، تغییر پذیری، تعاملات و پیچیدگی‌های یک سیستم را نشان می‌دهد. بنابراین یک مدل شبیه‌سازی، می‌تواند رفتار چنین سیستم‌هایی را پیش‌بینی و تأثیر سناریوهای مختلف بر عملکرد سیستم را بسنجد. در نتیجه این ابزار، درک تحلیلگر از روابط سیستم واقعی را بهبود می‌بخشد و توانایی تحلیلگر را در زمینه طراحی یک سیستم جدید یا ایجاد تغییر در سیستم گذشته را ارتقا می‌دهد. از مزایای غیرقابل انکار شبیه‌سازی به جای تجربه راه‌حل‌ها در دنیای واقعی، صرفه‌جویی در هزینه، زمان و امکان‌پذیر نمودن انجام برخی تجربیات در دنیای واقعی است. در شبیه‌سازی به وسیله ارزیابی و تحلیل استراتژی‌های مختلف و با استفاده از کامپیوترها، راه‌حل‌های مختلفی در جهت بهبود وضع موجود فراهم می‌گردد و بدین وسیله هزینه‌ها و خطرات اجرای عملی راهکارها کاهش می‌یابد (مرادی و رضوی، ۱۳۹۵). در سال‌های اخیر، کاربرد شبیه‌سازی در بخش بهداشت و درمان به طور فزاینده‌ای گسترش یافته است. دلیل این مسأله از یک سو موفقیت مطالعات انجام شده با کمک شبیه‌سازی در شناسایی و حل مسائل بهداشت و درمان و از سوی دیگر پیشرفت چشمگیر نرم افزارهای شبیه‌سازی است (بوسکار و همکاران، ۲۰۲۱). با این وجود استفاده از شبیه‌سازی در تصمیم‌گیری‌های بخش بهداشت و درمان مانند سایر حوزه‌های صنعتی، نظامی و پشتیبانی، گسترش نیافته و بستر مناسبی برای مطالعه و اجرا در این زمینه به چشم می‌خورد (کریمز و همکاران، ۲۰۰۷، لاکشمی و آیر، ۲۰۱۳).

سازمان‌های بهداشتی و درمانی به دلیل ارائه انواع خدماتی که به طور مستقیم با سلامت جسمی و روانی انسان‌ها سروکار دارند، از ویژگی‌هایی نظیر انسان محسوب‌شده برخوردار هستند که کارکرد و اهداف آنان را به طور بارزی از سایر سیستم‌های خدماتی یا تولیدی، متمایز می‌سازد. نیروی انسانی متخصص و حرفه‌ای، نقش مهمی در فرایندهای بهداشتی و درمانی دارد. غالباً سنجش اثربخشی سیستم‌های بهداشتی و درمانی، به دلیل کمبود مقیاس‌های معتبر، مشکل است (موکادیس و همکاران، ۲۰۱۱)، (گوهرانی و همکاران، ۲۰۲۱)، (لاکشمی و آیر، ۲۰۱۳)، (پینگ شان چن و کنگ هانگ، ۲۰۱۶). تمامی عوامل پیش‌گفته موجب‌شده برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری در سیستم‌های بهداشتی و درمانی از حساسیت خاصی برخوردار باشد و این اهمیت موضوع تحقیق را می‌رساند. به همین منظور شناسایی هر چه بیش‌تر حیطه‌های کاربرد شبیه‌سازی در بخش بهداشت و درمان و بررسی نتایج مطالعات انجام گرفته در این زمینه، نقش مؤثری در استفاده بهینه از این تکنیک در جهت ارتقا تصمیم‌گیری در بخش بهداشت و درمان خواهد داشت. در سال‌های اخیر استفاده مدیران از تکنیک‌های شبیه‌سازی در بهداشت و درمان رشد چشمگیر داشته است. با جمع‌بندی ادبیات مشاهده می‌شود اکثر مطالعات شبیه‌سازی انجام گرفته در بخش بهداشت و درمان در یک سیستم خاص صورت گرفته است و قابلیت تعمیم به سیستم‌های دیگر را ندارد. با وجود آن که این نکته یکی از ویژگی‌های مثبت مطالعات شبیه‌سازی است، ولی انجام مطالعاتی برای شناسایی حیطه گسترده‌تری از عوامل مؤثر بر سیستم‌های بهداشتی و درمانی و تلاش برای طبقه بندی سیستم‌های ارائه خدمت، نقش مهمی در افزایش قدرت تعمیم مطالعات انجام گرفته خواهد داشت (ساود و همکاران، ۲۰۲۱، (شوندی و همکاران، ۱۳۹۹). نکته بسیار مهم در طراحی مطالعات علاوه بر توجه به ساختار مطالعه شبیه‌سازی، توجه به قابلیت اجرای نتایج پژوهش است. در مطالعات انجام گرفته تلاش شده است که با سهیم کردن مدیران و ارائه دهندگان خدمات در مطالعه، این مسأله رفع شود. با بررسی مقالات منتشر شده در این زمینه مشخص گردید که مشارکت افراد ذینفع در مطالعه، نه تنها قابلیت پذیرش نتایج طرح را افزایش می‌دهد، بلکه به طراحی یک ساختار منطقی برای مطالعه و دقت داده‌های مورد استفاده و در نتیجه دستیابی به نتایج دقیق‌تر کمک می‌کند (مرادی و رضوی، ۱۳۹۵). در این راستا پیشنهاد می‌گردد زمینه‌های مشارکت و نحوه حضور افراد ذینفع در بیان مسأله و طراحی مطالعه شبیه‌سازی پیش از شروع مطالعه به طور کامل شناسایی و مورد توجه قرار گیرد. امروزه علی‌رغم مطالعات انجام شده در زمینه شبیه‌سازی بخش بهداشت و درمان در سایر کشورها، پژوهش‌های قابل توجهی در این زمینه در داخل کشور صورت نگرفته است. با توجه به اختلافات موجود در سیستم‌های بهداشت و درمان در کشورهای گوناگون، انجام مطالعات مشابه در کشور ضروری به نظر می‌رسد.

هدف از این مطالعه ارائه مدلی برای بهینه‌سازی خدمات درمان با بررسی فرآیندهای منتخب سیستم در کلینیک دانشگاه تهران می‌باشد. بهبود فرآیندهای خدماتی مرکز درمانی مستلزم بروزرسانی و بهینه‌سازی فرآیندهای درمانی و همچنین درک تعامل بین عناصر هر فرآیند است. این مقاله از مدل‌سازی صف برای پیکربندی فرآیندهای منتخب مرکز درمانی استفاده می‌کند. تعاملات بین فرآیندها بررسی، مدل تحقیق طراحی و در یک محیط شبیه‌سازی شده اجرا و نهایتاً نتایج شبیه‌سازی با استفاده از روش تحلیل حساسیت مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

۲- روش پژوهش

برای ایجاد مدل صف خدمات درمان در این تحقیق، فرضیاتی نظیر ظرفیت صف بی‌نهایت، جمعیت بدون محدودیت با نظم FIFO در نظر گرفته شد. خروجی‌های مدل زمان مورد انتظار برای هر مشتری در سیستم و در صف، تعداد مشتریان مورد انتظار در سیستم و در صف می‌باشد. محاسبه دقیق این معیارها مستلزم آگاهی از توزیع احتمال نرخ ورود و زمان خدمات است که برای تخمین داده‌ها، از تجربه افراد آشنا با عملیات مرکز و نیز با مراجعه به بخش‌های کلینیک استفاده شد. در کلینیک دانشگاه با توجه به مدل مفهومی آن، چهار پیشخوان شامل بخش پذیرش (سه کابین)، اتاق پزشک (چهار اتاق)، ورودی صندوق دار و داروخانه وجود دارد که ورود مشتری به پذیرش به عنوان زمان ورود و خروج از پیشخوان به عنوان زمان خروج در نظر گرفته می‌شود که تفاوت بین این دو زمان، زمان چرخه را به دست می‌دهد. پس از آن مشتریان با توجه به ماهیت خود، به صف مربوطه وارد می‌شوند. داده‌ها در طی چند روز و سه شیفت حدود ۵۰ نمونه برای هر پیشخوان جمع‌آوری و پس از محاسبه زمان چرخه هر گیت، برای تعیین مقدار P و همچنین نوع توزیع آن توسط نرم افزار استاتستیک برازش شده تا بررسی شود که داده قابل قبول است یا خیر. با توجه به اینکه تقریباً ۳۶ درصد مشتریان کارمند و ۶۴٪ مشتریان دانشجو بودند، لذا فقط ۳۶٪ از مشتریان به پیشخوان صندوق منتقل و بقیه دانشجو هستند و نیازی به پرداخت پول ندارند. بنابراین مدل مفهومی مرکز درمانی مطابق شکل ۱ می‌باشد.



شکل ۱ مدل مفهومی مرکز درمانی

جدول ۱- آزمون کولموگروف

	CT				Arrival Time			
	distribution	mean	St.d	P value (colmo)	distribution	mean	St.d	P value (colmo)
Arrival For Time Student	*	*	*	*	Exponential (۰,۲,۷۲)	۲,۷۲	۲,۳۹	۰,۱۳۸
Arrival For Time Staff	*	*	*	*	Exponential (۱,۶,۴۲)	۷,۴۲	۵,۳۷	۰,۶
Cashiner	Lognormal (۲۳,۳,۵۹۰,۵۷)	۶۳,۷۲	۲۰,۳	۰,۳	*	*	*	*
Doctor	Exponential (۲,۵,۵۸)	۷,۶	۴,۵	۰,۶۴	*	*	*	*
Drug	Lognormal (۳۲,۴,۱۶۰,۵۶)	۱۰۳,۶۴	۳۳,۸	۰,۴۸	*	*	*	*
Reception	Lognormal (۱۰۰,۷۳,۰,۸)	۲,۴۸	۲,۳۲	۰,۲۸	*	*	*	*

اطلاعات مختصر در مورد نوع توزیع داده‌ها و مقدار p توسط نرم افزار از طریق آزمون کولموگروف در جدول ۱ نشان داده شده است. در مرحله بعد، داده‌های جمع‌آوری شده به منظور قابل قبول بودن یا نبودن بررسی شدند تا داده‌های نامناسب کنار گذاشته شوند. برای حل این مشکل، داده‌های جمع‌آوری شده بین $\pm 3\sigma$ قرار داده شد و حداکثر و حداقل داده‌ها را تعریف و داده‌های نامناسب حذف شدند.

۳- یافته‌های پژوهش

در این مرحله، مدل مفهومی نهایی که در مراحل قبلی استخراج و طراحی شده با استفاده از نرم افزار شبیه‌سازی Witness در رایانه پیاده‌سازی شد. علاوه بر این، شرایط عملیاتی مختلفی در مدل شبیه‌سازی شده در نظر گرفته شد تا با وضعیت واقعی مدل شبیه‌سازی شده مانند جدول زمانی سرورها و شیفت‌های کاری مطابقت داشته باشد. در شروع این مرحله، مدل با استفاده از عناصر مختلف آن مانند ویژگی‌ها، متغیرها، شیفت‌ها و انواع مختلف قوانین اتصال در نرم‌افزار توسعه داده شد. سپس محاسبات مدل بر اساس روش افزایشی، انجام شده و برای رسیدن به حداقل ۹۰ درصد اطمینان تکرار شد. پس از مشخص شدن سطح اطمینان مدل شبیه‌سازی، شاخص‌هایی مانند تعداد خروجی و طول صف برای مقایسه با وضعیت واقعی استخراج شد. به دلیل پیچیدگی و محدودیت نرم افزار بخش‌های پذیرش، پزشکان، صندوق‌داران، داروخانه و بافر (سالن) فقط در مدل در نظر گرفته شده‌است. برای ساخت مدل، دو ورودی (دانشجو و کارمند) مفروض است که برای هر دو نوع، زمان اولین و حجم انباشته صفر در نظر گرفته شد. در مرکز از دقیقه ۲۸۵ تا دقیقه ۳۰۰ هیچ ورودی وجود نداشت بنابراین زمان کاری برای دوره اول ۲۸۵ و ۱۵ دقیقه برای زمان استراحت در نظر گرفته شد. از آنجا که برنامه‌ریزی شیفت طبق برنامه دائمی کلینیک است لذا به کارکنان پارامتر ATT نسبت داده شد که مقدار اولیه آن یک می‌باشد زیرا کارکنان بعد از خروج از اتاق پزشک باید به صندوق‌دار مراجعه و سپس به داروخانه بروند. در بخش اتاق‌های عمل نیز پارامتر ATT یک فرض شد.

برای محاسبه تعداد کل افرادی که در صف هستند، یک پارامتر Vreal فرض شده است. همچنین چهار اتاق عمل در نظر گرفته شد که به دلیل محدودیت نرم افزار، آن‌ها را به دو قسمت تقسیم کرده تا تعداد عناصر را کاهش داده و برای هر جفت جزئیات خاصی تعریف شد. برای اجرای دستور اتاق‌های عمل (پزشکان) از هر نمونه، عنصر ماشین را بر روی صفحه قرار داده و پس از ورود به زمان چرخه و موارد فوق، دستور ارسال را فرستاده تا برخی از افراد را به خارج از سیستم بفرستد (جدول ۲). در نهایت تمام عناصر به یکدیگر با دستورات push, pull و percent با توجه به داده‌ها و اطلاعات واقعی متصل شدند. علاوه بر این، قبل از هر قسمت فوق یک بافر با ظرفیت بینهایت وجود دارد و به جز سطح پذیرنده، در سایر سطوح شبیه‌سازی، همیشه امکان فرار از مدل (ارسال/ship) وجود دارد. برای تایید مدل از دو روش مدل سازی افزایشی و شبیه‌سازی تخصصی در این مقاله استفاده شده است. در تایید به روش مدلسازی افزایشی، بعد از ورود اطلاعات اولیه به مدل، هر بار در خروجی مدل، تغییرات لازم داده شد. در ابتدا یک عنصر دیگر (Staff)، سپس دو پذیرش دیگر، یک بافر و یک پزشک و در نهایت سه ایستگاه دیگر به ایستگاه فعلی پزشک با تمام ویژگی‌های مورد نظر به مدل اضافه شد که تمام محاسبات تکرار و مدل دوباره مورد بررسی قرار گرفت که در صورت عدم مطابقت با جواب مورد انتظار مدل مورد بررسی قرار بگیرد. در تمام موارد فوق نتایج منطقی بوده و با جواب مورد انتظار مطابقت داشت. مدل این مقاله از طریق روش شبیه‌سازی تخصصی هم مورد تایید قرار گرفت.

اعتبارسنجی عملی مدل نیز از طریق تحلیل محتوایی صورت پذیرفت. مصاحبه با برخی از کارکنان کلینیک پس از توضیح مختصر مدل برای آن‌ها نشان داد که مدل پیشنهادی نمایانگر واقعیت بوده است و مراجعه کنندگان مطابق مدل رفتار می‌کنند. مطالعه موردی مقاله، نشان می‌دهد که حداکثر ۵ نفر در داروخانه و به طور متوسط ۰/۷۴ برای دریافت دارو منتظر هستند در همین حال، هنگام جمع‌آوری داده‌ها آنچه مشاهده شد با آنچه که ذکر شد مشابه بود. همچنین مشاهدات تایید می‌کند که معمولاً وقتی افراد وارد کلینیک می‌شوند مستقیماً به پذیرش می‌روند در حالی که هیچکس برای دریافت خدمت وجود ندارد. بنابراین در محل پذیرش هیچ صفی وجود نخواهد داشت. نتیجه مدل چنین چیزی را اثبات می‌کند. با استخراج زمان ارائه خدمت هر پزشک، مشخص شد هر پزشک در هر چهار ساعت زمان کاری یک زمان پانزده دقیقه‌ای دارد که مجاز به ترک اتاق خود برای نیازهای شخصی است. در مطالعه موردی، برای اتاق پزشکان معمولاً ۵ تا ۱۳ نفر صف وجود دارد. این موضوع نیز تا حدودی در مدل صدق کرده و مدل تحقیق نمایانگر واقعیت است.

در این مقاله، بازگشت مدل به حالت اولیه و پایان پذیر بودن سیستم بدین معنی که وقتی مدل اجرا و به پایان رسید باید به حالت اولیه خود برگردد، نیز مورد آزمایش قرار گرفت. بدین منظور، شرایط عادی کار سیستم در زمان صفر و مدت زمان گرم شدن سیستم در صورت عدم اجرا در زمان صفر مورد بررسی قرار گرفت. لذا یک پذیرش حذف و یک پزشک به مدل اضافه شد. از طریق شبیه‌سازی مونت کارلو محاسبات تکرار شدند. با فرض مقادیر $Z = 164$ برای سطح اطمینان ۹۵٪ و $h = 0.05$ میانگین و STDV برای ۵ تکرار اول محاسبه شد. در جدول ۳ اولین نتیجه تکرار برای این بخش آمده است.

جدول ۲- آمار پذیرش - ورود و خروج به سیستم

نام	کل ورودی	کل خروجی	ورودی فعلی	حداکثر	حداقل	متوسط اندازه	متوسط زمان	متوسط تاخیر محسوب شده	متوسط زمان تاخیر
بافر ۰۰۱	۲۶۶	۲۶۶	۰	۲	۰	۰,۰۳	۰,۰۷		پذیرش
بافر ۰۰۱	۲۶۶	۲۶۶	۰	۱۸	۰	۷,۵	۱۶,۹۱		ورود و خروج سیستم

جدول ۳- نتایج اولین تکرار

Part														
۶	۵۹,۰۵	۲۲,۹۱	۳۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۹۵	۲۲۷	۰	Student	۶۰۰
۶	۶۱,۰۱	۹,۲۸	۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۸۲	۸۹	۰	staff	۶۰۰

طبق نتایج مدل، میانگین زمان در جریان یک دانشجوی یا کارمند بین ایستگاه‌ها بیش از حد ممکن بوده و تعادل بهینه بین مقدار ایستگاه‌ها وجود ندارد و درصد شلوغی پذیرش کم است (حدود ۳۴٪) و معمولاً کسی نیست که در صف پذیرش بایستد. گزارش مدل فعلی برای اجزای مدل به شرح جداول ۴ تا ۶ است.

جدول ۴- خروجی و آمار بخش‌ها در مدل کنونی (گزارش براساس زمان شیفت)

نام	تعداد ورودی	تعدادارجاعی	تعداد اسکرانو	تعداد افراد جمع شده	تعداد رد شده	وی آی پی	میانگین وی آی پی	میانگین زمان	مجموع امتیازات
دانشجو	۱۹۱	۱۸۶	۰	۰	۰	۵	۹۶۱	۲۹,۴۳	۶
کارکنان	۷۵	۷۵	۰	۰	۰	۰	۴,۰۷	۳۱,۷۷	۶

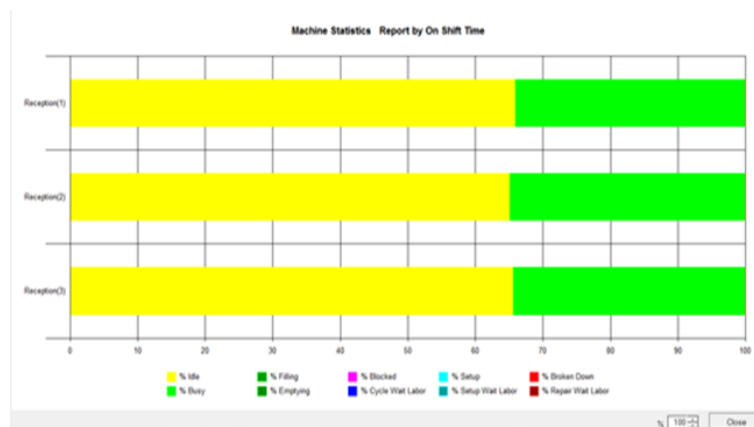
جدول ۵- خروجی و آمار بافر در مدل کنونی (گزارش بر اساس زمان شیفت)

متوسط زمان تاخیر	میزان تاخیر متوسط	میانگین زمان	میانگین اندازه	حداقل	حداکثر	ورودی کنونی	کل خروجی	کل ورودی	نام
		۰,۰۷	۰,۰۳	۰	۲	۰	۲۶۶	۲۶۶	بافر ۰۰۱

جدول ۶- خروجی و آمار پذیرش در مدل کنونی (گزارش بر اساس زمان تغییر)

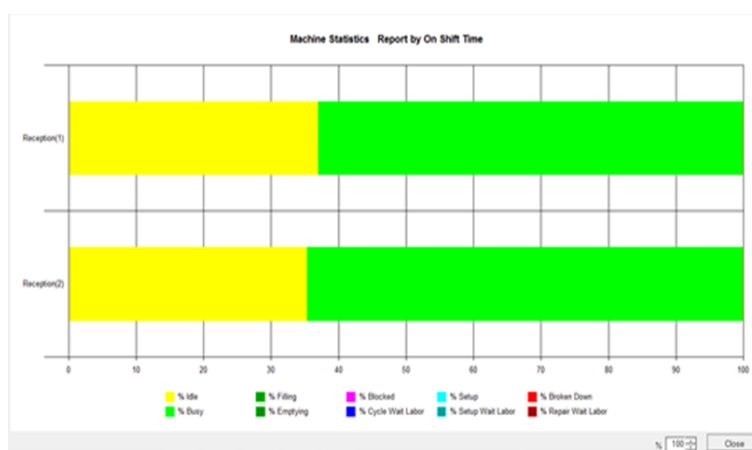
% Idle	% Busy	No. of Operations	% Repair Wait Labor	% Broken Down	% Setup Wait Labor	% Setup	% Cycle Wait Labor	% Blocked	% Emptying	% Filling	Name
۶۵,۹۵	۳۴,۰۵	۹۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	Reception (1)
۶۵,۰۸	۳۴,۹۲	۸۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	Reception (2)
۶۵,۵۸	۳۴,۴۲	۸۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	Reception (3)

شکل ۲ وضعیت مدل کنونی را نشان می‌دهد.



شکل ۲- مدل کنونی

در سناریو مورد بحث مقاله، پذیرش از ۳ ایستگاه به ۲ ایستگاه تغییر داده شد. شکل ۳ مدل تغییر یافته را نشان می‌دهد.



شکل ۳- مدل تغییر یافته

در مدل فعلی، اپراتورها (پزشکان) بیش از حد شلوغ هستند که این امر قابل قبول نیست (حدود ۹۳٪) و حداکثر میزان بافرها ۱۸ است (جدول ۷). آمار بافر ۲ و ۳ مطابق جدول ۸ می‌باشد.

جدول ۷- خروجی و آمار اپراتورها در مدل کنونی

Name	% Filling	% Emptying	% Blocked	% Cycle Wait Labor	% Setup	% Setup Wait Labor	% Broken Down	% Repair Wait Labor	No. of Operations	% Busy	% Idle
Operatingroom (1)	.	.	.	.	.	.	.	.	۷۵	۹۳,۷۵	۶,۲۵
Operatingroom (2)	.	.	.	.	.	.	.	.	۶۴	۹۳,۶۱	۶,۳۹

جدول ۸- خروجی و آمار بافر ۲ و ۳ در مدل کنونی (گزارش بر اساس زمان شیفت)

نام	کل ورودی	کل خروجی	ورودی کنونی	حداکثر	حداقل	میانگین اندازه	میانگین زمان	میزان تاخیر متوسط	متوسط زمان تاخیر
بافر ۰۰۲	۲۶۶	۲۶۶	۰	۱۸	۰	۷,۵	۱۶,۹۱		
بافر ۰۰۳	۲۴۹	۲۴۷	۲	۵	۰	۰,۷۴	۱,۷۸		

در سناریو بهینه مقاله، پزشک دیگری را برای افزایش سطح خدمات و کاهش مشغله پزشکان به مدل اضافه شد. پس از اضافه کردن پزشک جدید به پزشکان حاضر و حذف یک پذیرش برای پزشکان حاضر، محاسبات دوباره انجام شد.

الف- بررسی وضعیت زمان مورد انتظار دانشجوی و کارمند در مدل جدید در جدول ۹ آمده است.

جدول ۹- خروجی و آمار بخش‌ها در مدل جدید (گزارش بر اساس زمان شیفت)

Name	No. Entered	No. Shipped	No. Scraoee	No. Assemble	No. Reiecte	W.I.P	AVG W.I.P	Avg Time	Sigma Rating
Student	۲۱۷	۲۰۹	۰	۰	۰	۸	۶,۹۷	۱۸,۷۸	۶
Staff	۷۵	۷۵	۰	۰	۰	۰	۲,۳۶	۱۷,۴۰	۶

همانطور که مشاهده می‌شود میانگین زمان در مدل جدید از ۲۹ و ۳۱ به ۱۸,۷۸ و ۱۸,۴۰ برای دانشجویان و کارمندان به‌طور چشمگیری کاهش یافته است. بافر ۱ در مدل جدید به شرح جدول ۱۰ می‌باشد.

جدول ۱۰- خروجی و آمار بافر ۱ در مدل جدید (گزارش بر اساس زمان شیفت)

Name	Total In	Total Out	Now In	Max	Min	Avg size	Avg time	Avg dely count	Avg dely time
Staff	۲۹۲	۲۹۰	۲	۸	۰	۰,۶۲	۱,۲۶		

همانطور که مشاهده می‌شود میانگین زمان در این صف ۱,۲۶ شد که بدون شک به دلیل کاهش کل میانگین زمان (انتظار) بیمار ارزش فراوانی دارد.

ب- وضعیت جدید پذیرش در مدل جدید در جدول ۱۱ آمده است.

جدول ۱۱- خروجی و آمار پذیرش در مدل جدید (گزارش بر اساس زمان شیفت)

Name	% Filling	% Emptying	% Blocked	% Cycle Wait Labor	% Setup	% Setup Wait Labor	% Broken Down	% Repair Wait Labor	No. of Operations	% Busy	% Idle
Reception (1)	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۴۱	۶۱,۶۷	۳۸,۱۸
Reception (2)	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۴۷	۶۳,۷۶	۳۶,۲۴

بدیهی است که در مدل جدید زمان شلوغی پذیرش (حداقل ۶۲٪) در مقایسه با مدل فعلی که مدت زمان شلوغی برای هر پذیرش حدود ۳۰٪ است، مناسب‌تر است. بنابراین در مدل جدید بهره‌وری پذیرشی دو برابر مدل فعلی می‌باشد. بنابراین هیچ اتلاف منابعی وجود ندارد و در عین حال سطح خدمات افزایش یافته است. وضعیت بافر ۲ در مدل جدید در جدول ۱۲ آمده است.

جدول ۱۲- خروجی و آمار بافر ۲ در مدل جدید (گزارش بر اساس زمان شیفت)

Name	Total In	Total Out	Now In	Max	Min	Avg size	Avg time	Avg dely count	Avg dely time
Buffers 002	۲۸۸	۲۸۸	۰	۱۲	۰	۱,۶۷	۳,۴۹		

این جدول نشان می‌دهد که حداکثر تعداد افراد و میانگین اندازه در مدل فعلی بافر ۲، ۱۸ و ۱۶,۹ بود اما در مدل جدید حداکثر ۱۲ و ۳,۴۹ است و این یک دستاورد بسیار شگفت آور و بزرگ است.

ج- وضعیت اپراتورها در مدل جدید در جدول ۱۳ آورده شده است.

همانطور که مشاهده می‌شود درصد مشغله پزشکان در مدل جدید حدود ۸۰٪ شد که درصد مناسبی از کار است، با این حال در مدل یک پزشک اضافه شده که هر ماه می‌تواند هزینه داشته باشد.

د- در مورد صندوق دار، هیچ تفاوتی بین دو مدل فعلی و جدید در این ایستگاه وجود ندارد اما مهم این است که درصد مشغله فردی که به عنوان صندوق‌دار کار می‌کند بسیار کم است. محدودیت دیگر این است که نمی‌توان بر تعداد صندوق‌دار افزود، زیرا فقط یک نفر به این کار اختصاص داده شده است؛ پس هیچ صفی قبل از محل صندوق‌دار وجود ندارد. بنابراین تنها کار مدیریتی که

می‌توانیم انجام دهیم این است که صندوق‌دار را به کارهای دیگری در مرکز اعم از کمک به پذیرش یا در داروخانه اختصاص داده شود. گزارش‌های مدل فعلی و جدید بافر ۴ در جدول ۱۴ و صندوق‌دار در جدول ۱۵ آورده شده است.

جدول ۱۳- خروجی و آمار اپراتورها در مدل جدید (گزارش بر اساس زمان شیفت)

Name	% Idle	% Busy	No. of Operations	% Repair Wait Labor	% Broken Down	% Setup Wait Labor	% Cycle Wait Labor	% Blocked	% Emptying	% Filling
Operatingroom	۱۷,۱۱	۸۲,۸۹	۶۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
Operatingroom	۱۶,۷۸	۸۳,۲۲	۵۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
Operatingroom	۱۹,۰۱	۸۰,۹۹	۶۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
Operatingroom	۱۷,۰۱	۸۲,۹۹	۵۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
Operatingroom	۱۷,۲۶	۸۲,۷۴	۵۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

جدول ۱۴- خروجی و آمار بافر ۴ در مدل فعلی و جدید (گزارش بر اساس زمان شیفت)

Name	Total In	Total Out	Now In	Max	Min	Avg size	Avg time	Avg dely count	Avg dely time
Buffers 004-current model	۷۵	۷۵	۰	۲	۰	۰,۰۲	۰,۲		
Buffers 004-new model	۷۵	۷۵	۰	۱	۰	۰	۰,۰۳		

جدول ۱۵- خروجی و آمار صندوق‌دار در مدل فعلی و جدید (گزارش بر اساس زمان شیفت)

Name	% Idle	% Busy	No. of Operations	% Repair Wait Labor	% Broken Down	% Setup Wait Labor	% Cycle Wait Labor	% Blocked	% Emptying	% Filling
Cashiner place-current model	۸۶,۴۱	۱۳,۹۵	۷۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
Cashiner place-new model	۸۶,۴۱	۱۳,۹۵	۷۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

ه- در نهایت تفاوت زیادی بین داروخانه در مدل فعلی و جدید وجود ندارد، اما به دلیل کم بودن تعداد افراد در صف، وضعیت بهتر شده است. خروجی گزارش‌های مدل فعلی و جدید فروشنده دارو در داروخانه در جداول ۱۶ و ۱۷ آمده است.

جدول ۱۶- خروجی و آمار بافر ۳ در مدل فعلی و جدید (گزارش بر اساس زمان شیفت)

Name	Total In	Total Out	Now In	Max	Min	Avg size	Avg time	Avg dely count	Avg dely time
Buffers 003-current model	۲۴۹	۲۴۷	۲	۵	۰	۰,۷۴	۱,۷۸		
Buffers 003-new model	۲۶۶	۲۶۶	۰	۵	۰	۰,۹۶	۲,۱۵		

جدول ۱۷- خروجی و آمار صندوق دار در مدل فعلی و جدید (گزارش بر اساس زمان شیف)

Name	% Idle	% Busy	No. of Operations	% Repair Wait Labor	% Broken Down	% Setup Wait Labor	% Setup	% Cycle Wait Labor	% Blocked	% Emptying	% Filling
Drugstore – current model	۲۹,۸۴	۷۰,۱۶	۲۴۶	.	.	.	.	.	.	.	.
Drugstore – New model	۲۳,۳۴	۷۶,۶۶	۲۶۹	.	.	.	.	.	.	.	.

با توجه به یافته‌های پژوهش میانگین زمان بین ورود و خروج برای بیمار به طور چشمگیری در مدل جدید از ۲۹ و ۳۱ به ۱۸,۷۸ و ۱۸,۴۰ برای دانشجوی و کارکنان کاهش یافته و این مهمترین موفقیت پروژه است.

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر و پژوهش‌های پیشین در زمینه شبیه‌سازی سیستم بهداشت و درمان مشخص شد که بهره‌گیری از شبیه‌سازی به منظور بهینه‌سازی سیستم خدمات و درمان، منافع بسیاری برای مدیران و تصمیم‌گیران نظام‌های بهداشت و درمان فراهم آورده است. به عبارت دیگر، نتایج حاصل از این‌گونه پژوهش‌ها، مدیران سیستم سلامت را در طراحی فرآیند کاری، پیش‌بینی عملکرد سیستم درمانی و بهبود آن و همچنین استفاده بهتر از منابع یاری می‌دهد. همچنین پیچیدگی‌های سیستم درمانی و احتمالی بودن ظرفیت ورودی و نظام ارائه خدمات، بستر مناسبی برای کاربرد شبیه‌سازی در مدیریت و تصمیم‌گیری درخصوص بخش‌های درمانی فراهم می‌کند.

تحقیقات گذشته و مشابه مولفان، بیشتر یا بصورت بخشی مانند اورژانس و سایر بخش‌های بیمارستان به موضوع نگاه کرده‌اند و یا به صورت نوع بیماری مانند بیماران سرپایی و قلبی، بسته به موضوع خاص آن مرکز به موضوع پرداخته‌اند. مهمترین ویژگی و نوآوری این مقاله این است که بصورت کلی و یکپارچه کل مرکز و بیمارستان را شبیه‌سازی کرده است و سعی نموده تا با در نظر گرفتن سناریو مشخص، مرکز را بصورت یکپارچه آنالیز و نتایج آن را مورد بررسی قرار دهد. البته سایر سناریوها نیز به روش مشابه قابل بررسی و آنالیز بوده که به دلیل اهمیت سناریو انتخاب شده برای آن مرکز فقط به آن پرداخته شده است.

در این تحقیق، سناریو اضافه کردن پزشک جدید در کلینیک دانشگاه مورد بررسی قرار گرفت. با این تغییر و ایجاد مدل جدید، میانگین زمان انتظار مراجعه‌کنندگان بطور چشمگیر حدوداً ۴۰ درصد کاهش یافته، بهره‌وری پذیرش دو برابر، سطح خدمت‌دهی افزایش یافت و درصد مشغله پزشکان ۸۰ درصد شد. از لحاظ صندوق دار و داروخانه نیز بین مدل فعلی و مدل بهینه پیشنهادی هیچ تفاوتی وجود نداشت. این سناریو کاهش تعداد افراد در صف، استخدام پزشک به جای مسئول پذیرش، افزایش سطح خدمات و متعادل کردن زمان شلوغ اپراتورها و پزشکان از مزایای مدل بهینه پیشنهادی می‌باشد.

داده‌های این تحقیق با محدودیت شرایط بیماری کوید ۱۹ استخراج گردید که منجر شد برخی از پزشکان و کادر درمان در دسترس نباشد لذا با تعداد اندکی مصاحبه و حصول نتایج بسنده شد. در طول زمان تحقیق، دانشجویان نیز به دلیل کوید ۱۹ از طریق فضای مجازی در کلاس‌های درسی شرکت می‌کردند.

۴-۱- پیشنهادها

پژوهش حاضر برای انجام مطالعات آتی پیشنهاداتی چند را به شرح ذیل ارائه می‌دهد:

۱. در این مقاله فقط یک سناریو به دلیل اهمیت آن برای مرکز خدماتی مورد بررسی قرار گرفته که می‌توان در مقالات بعدی چندین سناریو با یکدیگر و همزمان مورد بررسی قرار داد.
۲. هر سناریو تأثیرات هزینه، اثربخشی، بهره‌وری و سود به همراه دارد که با تکنیک‌های جدید ریاضی مانند دیمتل و ... می‌توان آن‌ها را بررسی نمود که در تحقیقات آینده می‌توان آن‌ها را انجام و از بین آن‌ها بهترین را انتخاب نمود.
۳. استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری نظیر تاپسیس و ویکور و سایر روش‌ها در رتبه‌بندی بین نتایج سناریوها و اثربخش بودن آن‌ها می‌تواند نتایج بهتری به همراه داشته باشد.
۴. مدل تحقیق و روش مورد استفاده از آن در سایر مراکز خدماتی غیر بهداشتی در سطح کشور نیز مورد استفاده است که به منظور تعمیم بهتر نتایج می‌توان سایر مراکز در سطح کشور را مورد بررسی قرار داد.
۵. ارزیابی مستمر فرآیندهای کاری واحدها و اصلاح موانع و اشکالات کاری که در نهایت منجر به رضایت‌مندی بیشتر مراجعه‌کنندگان و کاهش زمان انتظار بیماران می‌شود.
۶. انجام تحقیق در شرایط نرمال، با تعداد پاسخگویان بیشتر و در فواصل زمانی بیشتر نتایج بهتری به همراه دارد.

تشکر و قدردانی

در این قسمت بر خود لازم می‌دانیم از همکاری کادر کلینیک دانشگاه تهران و نیز کلیه اساتید و عزیزانی که در مراحل اجرای فرایند تحقیق همکاری نمودند، تشکر و قدردانی نماییم.

منابع

۱. شوندی زهرا، سجادی سیدمجتبی، سلطانی رویا، (۱۳۹۹)، شبیه‌سازی سیستم ترخیص با رضایت شخصی بیماران به منظور بهبود عملکرد مرکز اورژانس، مدیریت اطلاعات سلامت، دوره ۱۷، شماره ۲ (پیاپی ۷۲)
۲. مرادی هدی، رضوی مریم، (۱۳۹۵)، آرایه مدل شبیه‌سازی خدمات پاراکلینیکی در بیمارستان حافظ شیراز و ارزیابی سناریوهای کاهش زمان انتظار، مدیریت اطلاعات سلامت، دوره سیزدهم، شماره اول
3. Bahari, A., Asadi, F., & Moody, B. (2021). Simulation Modeling for Evaluation of the Patients' Queue System Performance at Emergency Department. Research Square, DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-517784/v1>.
4. Bhosekar, A., Işık, T., Ekşioğlu, S., Gilstrap, K., & Allen, R. (2021). Simulation-optimization of automated material handling systems in a healthcare facility. IIE Transactions on Healthcare Systems Engineering, 1-22.
5. Creemers, S., Lambrecht, M., & Vandaele, N. (2007). Queueing models in healthcare. Tijdschrift voor economie en management, (3), 471-497
6. Deng, Y., Zhang, Y., & Pan, J. (2021). Optimization for Locating Emergency Medical Service Facilities: A Case Study for Health Planning from China. Risk Management and Healthcare Policy, 14, 1791. doi: 10.2147/RMHP.S304475
7. Goharani Reza , Shafagh-sorkh Omid, Nateghinia Saeedeh, Hajiesmaeili Mohammadreza, Alibabaei Ahmad, Shafigh Navid, (2021), Optimizing the allocation of beds in the neurological intensive care unit based on a combined approach to simulation and design of experiments. Journal of Safety Promotion and Injury Prevention, (9) 9-17.
8. Lakshmi, C., & Iyer, S. A. (2013). Application of queueing theory in health care: A literature review. Operations research for health care, 2(1-2), 25-39.
9. Mokaddis GS, Ismail IA, Metwally SA, Metry KM. (2011). Response times for health care system. Journal of Applied Mathematics and Bioinformatics, (2), 131-46.
10. Ping-Shun Chen, A., Kang-Hung, Y. (2016). Patient Orientation Mechanisms Using Simulation Optimization. Journal Simulation Modeling Practice and Theory, p14-27.
11. Saoud, M. S., Boubetra, A., & Attia, S. (2021). A simulation decision support system for the healthcare emergency department optimization. In Research Anthology on Decision Support Systems and Decision Management in Healthcare, Business, and Engineering (pp. 367-386). IGI global.