مقاله پژوهشی

تحلیل عملکرد سیستم صف بخش اورژانس: رویکرد شبیه سازی مبتنی بر طراحی آزمایش‌ها

آرمان بهاری [*۱]، فرزانه اسدی [۲]

[۱] استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده صنعت و معدن، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

[۲] دانشجوی دکترای تخصصی مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، لاهیجان، ایران

* **نویسنده مسؤول:** آرمان بهاری
Arman_bahari@aut.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: شبیه سازی یکی از تکنیک‌های مناسب برای تحلیل و ارزیابی رفتار پویای سیستم‌های پیچیده است. هدف اصلی این مطالعه، توسعه‌ی یک مدل یکپارچه با استفاده از رویکرد شبیه‌سازی مبتنی بر طراحی آزمایش‌ها به منظور تحلیل عملکرد سیستم صف پذیرش بیماران مراجعه کننده به بخش اورژانس بیمارستان مدرس تهران بود.

روش پژوهش: در مطالعه توصیفی-تحلیلی حاضر، در ابتدا متغیرهای مؤثر بر توانمند سازی کارایی منابع مشخص و با استفاده از آمار استنباطی و آزمون آنووا، تحلیل شده و اثرات فاکتور های مؤثر برآورد گردید. همچنین عملکرد سیستم بخش اورژانس با استفاده از نرم افزار Visual Paradigm شبیه سازی شد. سپس پاسخ‌های به‌دست آمده از اجرای مدل شبیه‌سازی به‌عنوان ورودی طراحی آزمایش در نظر گرفته شد. همچنین طرح آزمایش عاملی کامل ۲ سطحی، با نقاط مرکزی مورد استفاده قرار گرفت. متغیرهای مستقل بهیار، منشی اورژانس، پرستار، متخصص قلب و تخت بستری و متغیر وابسته، صف انتظار مراجعه کننده در بخش اورژانس در مدل شبیه سازی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند.

یافته‌ها: با توجه به مقدار $Prob > F$، طبق نتایج تحلیل واریانس اثرات قابل قبول برای مدل تعیین شدند. مقدار R^2 نشان می‌دهد که ۸۲/۳۵ درصد مدل، همه تغییرپذیری داده‌های سطح پاسخ را، در اطراف میانگین تبیین می‌کند. لذا از تحلیل واریانس، می‌توان نتیجه گرفت فضای طراحی با مدل برآورد شده مطابقت دارد.

نتیجه گیری: در این پژوهش تحلیل عملکرد سیستم صف بخش اورژانس با استفاده از شبیه سازی و طراحی آزمایش، انجام گرفت. مدل رگرسیون غیر خطی توانایی پیش بینی طول صف را دارد. همچنین، این مدل با توجه به فاکتورهای قابل قبول، قادر است برای پیش بینی متغیر وابسته مورد استفاده قرار بگیرد. نتایج نشان داد که کمترین مقدار طول صف براساس مدل توسعه داده شده زمانی به‌دست می‌آید که تعداد فاکتور منشی اورژانس در سطح بالا، بهیاران و پرستاران در سطح پایین خود قرار بگیرند.

واژه‌های کلیدی: اورژانس، شبیه سازی، بهینه سازی، بهینه سازی مدل شبیه سازی، طرح عاملی

کاربرد مدیریتی: کمک به کاهش صف انتظار بیماران مراجعه کننده به بخش اورژانس

ارجاع: بهاری آرمان، اسدی فرزانه. تحلیل عملکرد سیستم صف بخش اورژانس: رویکرد شبیه سازی مبتنی بر طراحی آزمایش‌ها. راهبردهای مدیریت در نظام سلامت ۱۳۹۸؛ ۴(۲): ۷۲-۱۶۰.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۲۱
تاریخ اصلاح نهایی: ۱۳۹۸/۰۶/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۰۹

[Downloaded from mshsj.ssu.ac.ir on 2026-06-26]
[DOR: 20.1001.1.24766879.1398.4.2.9.5]
[DOI: 10.18502/mshsj.v4i2.1411]

مقدمه

بیمارستان‌ها یکی از واحدهای اصلی و کلیدی در نظام سلامت هستند و نقش مهمی در ارائه خدمات بهداشتی و درمانی بر عهده دارند که به‌طور معمول ۵۰ تا ۸۰ درصد بودجه‌های دولتی بخش سلامت در بیمارستان‌ها صرف می‌شود. با توجه به تأثیر حیاتی بخش اورژانس بر سلامت افراد جامعه همواره تصمیم‌گیری در مورد منابع بخش اورژانس یک فعالیت مهم به‌شمار می‌رود که تأثیر قابل توجهی بر عملکرد بخش مذکور دارد (۱).

بخش اورژانس به‌عنوان قلب بیمارستان و یکی از نخستین نقاط تماس بیماران در سیستم مراقبت بهداشتی درمانی، از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. این بخش به دلیل لزوم انجام مراقبت‌های سریع، با کیفیت مؤثر و فرآیندهای متعدد و پیچیده در آن، جایگاهی مهم و حساس در نظام بهداشتی درمانی دارد. مدیریت صحیح و سازماندهی درست فرآیندهای موجود در آن امروزه در ردیف مهمترین اولویت‌های کاری وزارت بهداشت قرار گرفته است. بنابراین برنامه‌ریزی در خصوص یافتن نقاط ضعف و قوت بهبود کیفیت اورژانس از طریق بررسی و تجزیه و تحلیل عملکرد آن امری مهم و ارزشمند به‌شمار می‌رود. هر تصمیم نادرست عواقب جبران ناپذیری بر کیفیت خدمات ارائه شده به بیماران دارد، لذا تصمیم-گیرنده باید سیستم و منابع بیمارستان را اولاً به طور صحیحی تحلیل و دوماً به طور مؤثر تخصیص دهد. این تجزیه و تحلیل در سیستمی مانند بخش اورژانس کار ساده‌ای نیست، زیرا رفتار چنین محیطی تصادفی است و رفتار این سیستم وابسته به زمان است. یعنی به طور عمده با گذشت زمان شاهد تغییرات عمده در نرخ ورود بیماران و نرخ خدمات هستیم. در سال‌های اخیر، با توجه به رشد چشمگیر تقاضا به دلایل مختلف از قبیل افزایش جمعیت، روند استفاده از بخش اورژانس، به عنوان نقطه اصلی ورود به بیمارستان‌ها، افزایش پیدا کرده است که این امر سبب ایجاد نارضایتی برای افراد مراجعه کننده شده است (۵-۲).

از طرفی نارضایتی افراد، از خدمت رسانی بیمارستان‌ها، با وجود ظرفیت‌های بالا و هزینه‌های آن و از طرف دیگر تقاضای رو به افزایش بهداشت و درمان، مدیران این حوزه را وادار ساخته تا با تخصیص بهینه منابع درصدد کاهش هزینه‌ها و افزایش کارایی و بهره‌وری برآیند. طبق نتایج به‌دست آمده، رضایت مشتریان به عنوان یکی از مزیت‌های اصلی و قابل قبول در بخش‌های خدماتی اعلام شده است (۹-۶).

علاوه بر آن، وضع قوانین دولتی در کشورها به خصوص در ایران براساس سند چشم انداز افق ۱۴۰۴ هجری شمسی و بیانیه گام دوم انقلاب و تبدیل شدن ایران به عنوان کشوری نمونه در منطقه، سیستم سلامت را ملزم می‌سازد تا خدمات خود را با کیفیت بالا در کمترین زمان برای بیماران ارائه دهد. از این رو، مسأله مهمی که پژوهشگران حوزه مدیریت بهینه مراکز بهداشتی و درمانی برای بهبود وضعیت موجود در نظر می‌گیرند، ترکیبی است از خدمت رسانان و منابع کمیاب حوزه سلامت در بخش‌های مختلف مراکز مذکور، به منظور تعیین معیار عملکرد مورد نظر تحت شرایط و محدودیت‌های خاص (۱۰).

مدل شبیه سازی، برنامه‌ریزی ریاضی و آمار، مهمترین ابزارهای مدیران برای تحلیل سیستم در نظر گرفته می‌شوند. محققان و متخصصان جهت تحلیل پویای سیستم، بدون منقطع کردن عملیات سیستم، از این ابزارها استفاده می‌کنند (۱۳-۱۱). علاوه بر این، ایجاد یکپارچگی بین مدل شبیه سازی سیستم واقعی با مدل‌های طراحی آزمایش یک چالش عمده برای تعداد بسیار زیادی از متخصصان، محققان و مدیران به شمار می‌رود (۱۸-۱۴). طراحی آزمایش، به عنوان یک مجموعه‌ی با ارزش از تکنیک‌های ریاضی به منظور مدلسازی آماری و تحلیل سیستماتیک مسأله با یک پاسخ دلخواه برای بهینه سازی متغیرها به‌کار گرفته می‌شود. این تکنیک آماری در صورت یکپارچگی با شبیه سازی، می‌تواند جهت پیش بینی مدل و ارزیابی اثرات قابل قبول فاکتورهای سیستم صف مورد استفاده قرار گیرد (۱۹).

یک مدل طراحی آزمایش مبتنی بر شبیه سازی، برای دستیابی به هدف ارزیابی عملکرد سیستم صف بخش اورژانس، می‌تواند مفید واقع شود. زیرا، اولاً اتخاذ تصمیم در سطوح بالای مدیریتی در بخش‌های خدماتی یک چالش جدی محسوب می‌شود. ثانیاً عملکرد سرویس‌های خدماتی متأثر از محدودیت‌های زمانی، هزینه‌ای و پرسنلی است.

[Downloaded from mshsj.ssu.ac.ir on 2026-06-26]
[DOR: 20.1001.1.24766879.1398.4.2.9.5]
[DOI: 10.18502/mshsj.v4i2.1411]

ثالثاً استفاده از ابزارهای مختلف بهینه سازی فرآیند باعث منقطع شدن عملیات سیستم می‌شود (۲۲-۲۰). اگرچه کاربرد شبیه سازی در صنایع خدماتی توسط تعداد زیادی محقق توضیح داده شده است (۲۷-۲۳)، اما فقط تعداد خیلی کمی از آن‌ها به یکپارچگی آن با طراحی آزمایش تأکید کرده‌اند. بنابراین، این مطالعه، تحلیل عملکرد سیستم صف بخش اورژانس را از طریق شبیه سازی و طراحی آزمایش‌ها در بر می‌گیرد.

طراحی آزمایش، تکنیک ریاضی، آماری و سیستماتیکی است که به منظور تعیین ارتباط بین اثرات فاکتورهای فرآیند و خروجی آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. به عبارت دیگر از آن برای شناخت رابطه‌ی علت و معلولی و تقابل بین پارامترهایی که تعیین آن‌ها غیرممکن است، استفاده می‌شود. تحلیل نتایج طراحی آزمایش، برای مدیریت ورودی‌ها، به منظور بهینه سازی خروجی ضروری است. چنگ و کلاینن (۲۰۰۰)، یک مدل بهینه سازی، برای طراحی آزمایش پیاده سازی نمودند. این مدل برای حل مسأله انحراف در شکست فرآیند سیستم تولیدی به اجرا درآمد (۲۸). تسای (۲۰۰۲) به ارزیابی و بهینه سازی عملیات سیستم تولیدیِ کارخانه فولاد در تایوان با استفاده از طراحی آزمایش و شبیه سازی پرداخته است. نتایج مطالعه وی نشان داد که این رویکرد قادر است، ارزیابی و بهینه سازی وضعیت عملیاتی در سیستم‌های چندمنظوره را، به‌طور همزمان در نظر بگیرد (۲۹). کن و هیوی (۲۰۱۱) یک مدل رگرسیون را با طراحی آزمایش و شبیه سازی برای سیستم‌های تولیدیِ مثال‌های نمونه برداری هایپرکیوب لاتین Latin Hypercube Sampling (LHS) (ارائه شده توسط مک کی و همکاران، ۲۰۰۰)، طراحی یکنواخت Uniform Designs (UD) (فنگ و همکاران، ۲۰۰۰)، و نمونه برداری آنتروپی حداکثری Maximum Entropy Sampling (MES) (شِریو واین، ۱۹۸۷) به‌کار گرفتند (۳۰). همچنین لی و همکاران (۲۰۱۵) یک مدل طراحی آزمایش مبتنی بر شبیه سازی و مدل سازی آماری برای پیش بینی زمان تحویل محصول به مشتری که شامل چندین ایستگاه کاری، خرابی‌های دستگاه، پردازش‌های دسته‌ای و غیره است توسعه دادندکه قابلیت اندازه گیری زمان دقیق صف را دارد. همچنین این روش در سیستم های تولید نیمه هادی پیاده سازی شد و زمان کل صف بر اساس مجموعه‌ای از داده های طراحی شده با توجه به ۶ معیار عملکرد اساسی زمان تولید، مورد ارزیابی قرار گرفت (۱۴). با توجه به مرور ادبیات موضوع، به‌کار بردن رویکرد یکپارچه طراحی آزمایش و شبیه سازی جهت تحلیل سیستم صف در حوزه خدمت رسانی به بیماران ضروری به نظر می‌رسد. لذا در این مطالعه یک مدل یکپارچه مبتنی بر طراحی آزمایش و شبیه سازی برای تحلیل و بهینه سازی سیستم صف بخش اورژانس با در نظر گرفتن سناریوهای مختلف، برای کمک به مدیران جهت ارزیابی کارایی سازمان ارائه شد که هدف اصلی آن، تحلیل عملکرد سیستم صف جهت بهینه سازی بهترین ترکیب منابعِ بخش اورژانس به منظور کاهش طول صف پذیرش بیمار بود. بنابراین، در این مطالعه یک ایده جدید با استفاده از شبیه سازی کامپیوتری برای بررسی سناریوهای مختلف، با استفاده از طراحی آزمایش به عنوان ورودی مدل شبیه سازی، معرفی شده است.

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع توصیفی-تحلیلی می‌باشد که در ۶ ماه اول سال ۱۳۹۶ انجام شد. در این پژوهش به شناسایی متغیرهای مؤثر بر توانمندسازی کارایی منابع در یک سیستم پیچیده و تبیین درجه تأثیرگذاری هریک از آن‌ها پرداخته شد.

جامعه آماری پژوهش شامل تعداد بهیاران، پرستاران، متخصصان قلب، پزشک عمومی، منشی و تعداد تخت‌های بستری در بیمارستان عمومی مدرس تهران بود. جهت تدوین مبانی، تعاریف و مفاهیم نظری با استفاده از منابع کتابخانه‌ای و ادبیات تحقیق، شاخص‌های مؤثر تعیین گردید که شامل مدت زمان پذیرش بیماران (زمان صف)، تعداد بیماران مراجعه کننده به بخش اورژانس (طول صف)، تعداد بیماران خارج شده از بخش اورژانس، تعداد بیماران مراجعه کننده به پزشک متخصص، تعداد بیماران مراجعه کننده به پزشک عمومی، هزینه پرسنل بخش اورژانس و تعداد بیماران مورد نیاز احیای قلبی ریوی است. متغیرهای مورد سنجش، در معرض قضاوت چند تن از خبرگان و کارشناسان آشنا به موضوع پژوهش قرار گرفت. نهایتاً با استفاده از زمانسنج، داده‌های زمانی مورد نیاز برای ۴ دوره و هر دوره به طول ۱ هفته از ساعت ۴ صبح تا ۱۲ شب جمع آوری شد.

Published by: Shahid Sadoughi University of Medical Sciences
www.mshsj.ssu.ac.ir

[Downloaded from mshsj.ssu.ac.ir on 2026-06-26]
[DOR: 20.1001.1.24766879.1398.4.2.9.5]
[DOI: 10.18502/mshsj.v4i2.1411]

برای اعتبارسنجی مدل، مقدار خطای نسبی مطلق Absolute Relative Error (ARE) در قسمت‌های مختلف بخش اورژانس محاسبه گردید. در صورتیکه این مقدار کمتر از ۵ درصد (فاصله اطمینان) باشد، می‌توان دقت و اعتبار مدل شبیه سازی شده را نتیجه گرفت. بر اساس نتایج حاصل از آزمون‌های آماری اعتبارسنجی آنووا و برآورد معیار مقدار p در جدول ۱ که برای شبه مدل سطح پاسخ رگرسیون با اثرات مختلف گردآوری شده، شبه مدل با ۳ اثر مختلف به‌عنوان مدل کاندید انتخاب می‌شود که به صورت پررنگ نشان داده شده است.

جدول ۱: نتایج انتخاب شبه مدل رگرسیون (نتایج خروجی نرم افزار طراحی آزمایش‌ها (Design Expert [10]))

شبه مدل رگرسیون	مقدار p*	وضعیت مدل
۲ اثر متقابل	۰/۰۷۸۸	نامعنی
۳ اثر متقابل	۰/۰۴۸۳	معنی دار
۴ اثر متقابل	۰/۲۹۸۰	نامعنی
۵ اثر متقابل	۰/۳۱۲۰	نامعنی

* سطح معنی‌داری ۰/۰۵ > p

همچنین، برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آمار استنباطی و آزمون F (تحلیل واریانس یک طرفه) استفاده شد. برای انجام اقدامات ذکر شده، نرم افزار تخصصی طراحی آزمایش‌ها به‌کار گرفته شد. بدین صورت اثر تمامی فاکتورها در سطح قابل قبول ۰/۹۵ تعیین و مقادیر pو ضرایب فاکتورها در شبه مدل برآورد گردید. لازم به ذکر است، فاکتورهایی قابل قبول هستند که مقدار p آن‌ها کمتر از ۰/۰۵ باشد.

به منظور تشریح سیستم اورژانس، یک مدل شبیه سازی با استفاده از نرم افزار Visual Paradigm [14] ساخته شد. نرم افزار Visual Paradigm یک ابزار مدیریت کسب و کار و توسعه نرم افزاری است که تمام امکانات مورد نیاز جهت طراحی معماری کسب و کار، مدیریت پروژه، مدیریت فرآیندهای کسب و کار، توسعه نرم افزار و همکاری تیمی را ارائه می‌دهد (۳۱). ورودی‌های کلیدی برای ساخت مدل مذکور که توسط مدیران بیمارستان با توجه به بودجه مشخص می شوند، شامل میزان تخصیص انواع بیماران برای هر بخش از فرآیند، میزان هزینه تخصیص یافته برای منابع و تعداد بیماران لازم برای انجام تکرار شبیه سازی، می‌باشند. در این مدل، فرآیند زمانی شروع می‌شود که بیمار از درب بیمارستان وارد می‌شود و زمانی پایان می‌یابد که بیمار از بخش اورژانس به سلامت خارج می‌شود یا فوت می‌کند.

عملکرد سیستم تریاژ بخش اورژانس بر اساس فوریت است. در این سیستم، بیماران در سطوح ۱ (بیشترین اولویت) تا ۵ (کمترین اولویت) طبقه‌بندی می‌شوند. طبق اسناد بایگانی ثبت شده، برای هر بیمار مراجعه کننده در فاصله زمانی فروردین ماه سال ۱۳۹۶ تا شهریور ماه همان سال، سهم بیماران نوع ۱ که بالاترین فوریت را دارند و معمولاً با آمبولانس وارد بیمارستان می‌شوند از تعداد کل مراجعه کنندگان ۲/۱ درصد است. این بیماران بدون فوت وقت به مرکز احیا فرستاده می‌شوند تا اقداماتی برای بررسی الگوهای مختلف مشکلات قلبی به منظور تشخیص، انجام گیرد، که نتایج آن سریعاً مشخص می‌گردد و اگر عملیات احیا موفقیت آمیز باشد بیمار به بخش مراقبت‌های ویژه بیمارستان منتقل می‌شود. بیماران نوع ۲ ابتدا نزد بهیاران می‌روند تا وضعیت جسمانی آن‌ها مورد ارزیابی قرار گیرد. سپس از بخش پذیرش عبور می‌کنند و وارد بخش مراقبت‌های ویژه می‌شوند. سهم این بیماران ۲۰/۰ درصد تعداد کل مراجعه کنندگان بخش اورژانس است. بیماران نوع ۳ (۳۴/۱ درصد)، نوع ۴ (۴۳/۰ درصد) و نوع ۵ (۰/۸ درصد) باید ابتدا به سمت پذیرش رفته تا در این قسمت اطلاعات بیماران، جمع‌آوری و ثبت‌گردد. بعد از پذیرش، بیماران نوع ۳ و ۴ برای دریافت خدمات به بخش مراقبت‌های ویژه منتقل می‌شوند و بیماران با اولویت نوع ۵، بخش اورژانس را بعد از ویزیت توسط پزشکان عمومی ترک می‌کنند. به‌طور متوسط بیمارانی که به این اورژانس در طی ۲۴ ساعت مراجعه می‌کنند، ۵۲ هزار بیمار در سال است، که این مقدار در حدود ۱۴۵ بیمار در روز می‌باشد.

بخش اورژانس فعلی دارای ۱ بهیار، ۲ منشی، ۳ پرستار، ۱ متخصص قلب و ۷ تخت بستری است. در جدول ۲

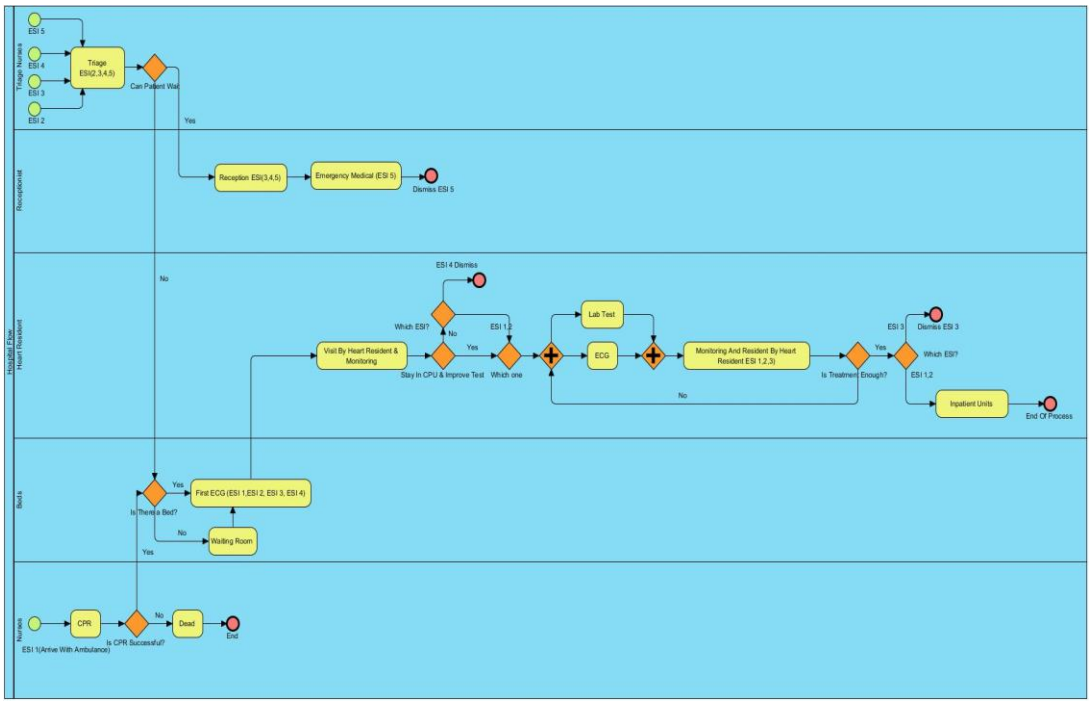
[Downloaded from mshsj.ssu.ac.ir on 2026-06-26]
[DOR: 20.1001.1.24766879.1398.4.2.9.5]
[DOI: 10.18502/mshsj.v4i2.1411]

پارامترهای مدیریتی تعیین شده، به تفکیک هر یک از منابع ذکر شده، نشان داده شده است. در این اورژانس، ۴۰/۰ درصد بیماران که وارد می‌شوند، ناراحتی قلبی دارند و رسیدگی به این بیماران بسیار حیاتی است (۵). بنابراین، این نوع بیماران به محض ورود به بخش لازم است خدمت دریافت نمایند. همچنین با توجه به اینکه برنامه‌ریزی منابع (به منظور کاهش صف انتظار) در بخش مراقبت‌های ویژه نیز اهمیت دارد، این بخش نیز در شبیه سازی فرآیند محور در نظر گرفته شده است. متغیر کلیدی در این بخش شامل تعداد بهیاران (X_1)، تعداد منشی (X_2)، تعداد پرستار (X_3)، تعداد متخصص قلب (X_4) و تعداد تخت بستری (X_5) می‌باشد. این متغیرهای کلیدی از طریق منابع تئوریک موجود در ادبیات حوزه سلامت مشخص شده‌اند (۳۲). در شکل ۱، جریان شبیه سازی شده سیستم به زبان شبیه سازی فرآیند محور در نرم افزار[14] Visual Paradigm نشان داده شده است.

جدول ۲: پارامترهای مدیریتی تعیین شده برای متغیرهای کلیدی

متغیرهای تصمیم	L_i	U_i	هزینه (ریال)
بهیار (X_1)	۱	۲	۲۷۰۰۰
منشی اورژانس (X_2)	۱	۳	۲۲۵۰۰
پرستار (X_3)	۱	۶	۳۶۰۰۰
متخصص قلب (X_4)	۱	۳	۳۱۵۰۰
تخت بستری (X_5)	۵	۱۰	۹۰۰۰۰

* L_i: کمترین مقدار قابل قبول برای منابع
* U_i: بیشترین مقدار قابل قبول برای منابع



شکل ۱: جریان شبیه سازی شده‌ی بیمار در بخش اورژانس در Visual Paradigm [14]

یافته‌ها

ابتدا لازم است، از صحت و دقت مدل، اطمینان حاصل پیدا شود. بنابراین، با تولید داده‌های شبیه سازی شده و استخراج داده‌های بایگانی بیماران، میزان انحراف در مقادیر شبیه سازی و واقعی سیستم محاسبه گردید. جدول ۳، متوسط انحراف ۵ تکرار شبیه سازی برای مدت زمان پذیرش بیماران را ۱/۱۳۶ درصد (کمتر از ۵ درصد خطای

[Downloaded from mshsj.ssu.ac.ir on 2026-06-26]
[DOR: 20.1001.1.24766879.1398.4.2.9.5]
[DOI: 10.18502/mshsj.v4i2.1411]

مجاز) نشان می‌دهد. بنابراین، اعتبار مدل شبیه سازی قابل قبول است.

جدول ۳: نتایج اعتبارسنجی مدل شبیه سازی

تکرارها	زمان شبیه سازی پذیرش روزانه بیمار (ثانیه)	زمان واقعی پذیرش روزانه بیمار (ثانیه)	انحراف
۱	۹۵۴	۹۵۴	۰/۰۰۰
۲	۲۰۰	۹۴۷	۳/۷۳۰
۳	۹۵۲	۹۹۹	۰/۰۴۰
۴	۴۱۵	۱۰۰۳	۱/۴۱۰
۵	۶۶۸	۱۰۱۰	۰/۵۰۰
متوسط انحراف (درصد)			۱/۱۳۶

نتایج به‌دست آمده از مدل شبیه سازی برای تجزیه و تحلیل در طراحی آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفت. در این پژوهش، از طراحی آزمایش به منظور ساخت مدل، تجزیه و تحلیل و بهینه سازی عملکرد بخش اورژانس استفاده شد. برای فاکتورهای کلیدی بخش مذکور، طرح عاملی کامل با ۲ سطح (بالا و پایین) به منظور تعیین اثرات پارامترهای طول صف و پذیرش بیماران استفاده گردید. فاکتورهای بهیار، منشی اورژانس، پرستار، متخصص قلب و تخت بستری به همراه سطوح آن‌ها در جدول ۳، مشخص شده‌اند. متغیر سطح پاسخ طول صف، بعد از اجرای هر آزمایش اندازه‌گیری گردید. برای صحت اعتبار داده‌های جمع آوری شده، هر آزمایش ۵ بار تکرار شده و میانگین تکرارها به عنوان متغیر سطح پاسخ برای طول صف در نظر گرفته شد. بر اساس طرح عاملی کامل برای ۵ متغیر اثرگذار، ۳۲ = 2^5 آزمایش، طراحی و در مدل شبیه سازی، به اجرا درآمد. برای توسعه‌ی طرح آزمایش عاملی کامل و جمع آوری اطلاعات آماری از نرم افزار Design Expert 10 استفاده گردید. جدول ۴، طرح عاملی کامل و طول صف اندازه‌گیری شده در هر آزمایش را به عنوان متغیر پاسخ نشان می‌دهد.

براساس قابلیت auto select نرم افزارDesign Expert فقط اثرات قابل قبول در مدل شناسایی شده‌اند، سپس تحلیل آماری برای هر یک از این اثرات انجام شد. جدول ۵، نتایج تحلیل آماری مربوط به طول صف اورژانس را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه، مقدار $Prob > F$ طبق نتایج تحلیل واریانس یکطرفه کمتر از ۰/۰۵ است، بنابراین مدل برآورد شده برای طول صف قابل قبول می‌باشد. به عبارت دیگر، از میان اثرات اصلی، تنها اثر متغیر بهیاران (X_1) قابل قبول است و سایر اثرات متغیرها قابل قبول نیستند. اما با توجه به اینکه هدف، تعیین مقدار بهینه این متغیرها بوده است و به عنوان متغیر تصمیم مسأله به‌شمار می‌آیند عمداً سایر اثرات اصلی در مدل نهایی در نظر گرفته شد. اثرات ۲ طرفه X_2X_4 ، X_3X_5، اثر ۳ طرفه $X_2X_3X_5$ و اثر ۴ طرفه $X_1X_2X_4X_5$ قابل قبول هستند و سایر اثرات برای مدل قابل قبول نیستند. بنابراین، حذف جملات غیرقابل قبول از مدل باعث ایجاد بهبود در آن می‌شود. زیرا، مقدار R^2، ۰/۸۲۳۵ است که نشان دهنده این است ۸۲/۳۵ درصد مدل، همه تغییرپذیری داده‌های پاسخ در اطراف میانگین را تبیین می‌کند. در حالت کلی طبق نتایج به‌دست آمده از تحلیل آماری مطابقت فضای طراحی با مدل برآورد شده را می‌توان نتیجه گرفت.

طبق نتایج به‌دست آمده، ارتباط غیرخطی بین فاکتورهای طول صف وجود دارد. بنابراین معادله‌ی رگرسیون چندگانه‌ی در نظر گرفته شده برای طرح آزمایش متناسب سازی شده، و آماره‌های R^2 و PRESS در حد مطلوب گزارش گردیده است. مدل مبتنی بر فاکتورهای قابل قبول برآورد شده به همراه جملات و ضرایب آن در رابطه‌ی شماره (۱)، نشان داده شده است:

(رابطه ۱)

$$y = 4.78 + 1.38X_1 - 0.41X_2 + 0.22X_3 + 0.094X_4 + 0.53X_5 + 0.91X_2X_4 + 1.22X_3X_5 - 0.84X_2X_3X_5 - 1.09X_1X_2X_4X_5$$

شکل ۲، نمودار احتمال نرمال باقیمانده‌ها را برای سطح پاسخ طول صف نشان می‌دهد. با توجه به نمودار، باقیمانده‌ها عموماً حول خط راست قرار دارند که نشان دهنده خطای توزیع نرمال می‌باشد. شکل ۳، بیانگر نقاط پیش بینی باقیمانده‌ها است. بر طبق این نمودار، داده‌ها از هیچگونه الگوی خاصی پیروی نمی‌کنند. شکل ۴، متغیر وابسته مدل برآورد شده را نشان می‌دهد که در آن زمانی

[Downloaded from mshsj.ssu.ac.ir on 2026-06-26]
[DOR: 20.1001.1.24766879.1398.4.2.9.5]
[DOI: 10.18502/mshsj.v4i2.1411]

که فاکتور منشی در سطح بالای خود قرار می‌گیرد، مقدار بهینه طول صف، ۲/۸۷۵ ~ ۳ نفر به‌دست می‌آید. با جایگزینی مقادیر منابع بهینه به جای مقادیر وضعیت موجود در سیستم جاری، باعث کاهش هزینه‌های موجود در سیستم از ۴۱۴۰ هزار ریال، به ۱۹۸۰ هزار ریال می‌شود. همچنین، زمان انتظار بیماران از ۴ ساعت و ۴۲ دقیقه (معادل ۲۸۲ دقیقه) به ۲ ساعت و ۲۲ دقیقه (معادل ۱۴۲ دقیقه) در ۱ روز کاری کاهش می‌یابد.

جدول ۴: جدول آزمایش طرح 2^k

شماره آزمایش	تعداد متغیرها					صف انتظار
	بهیار	منشی اورژانس	پرستار	متخصص قلب	تخت بستری	(تعداد)
۱	۱	۳	۱	۳	۵	۱
۲	۱	۱	۶	۳	۵	۱۰
۳	۲	۳	۶	۱	۵	۶
۴	۱	۳	۶	۱	۱۰	۵
۵	۱	۱	۱	۳	۱۰	۳
۶	۲	۱	۶	۱	۵	۷
۷	۲	۱	۱	۳	۱۰	۸
۸	۱	۳	۱	۱	۵	۱
۹	۲	۱	۶	۳	۱۰	۲
۱۰	۱	۱	۶	۳	۱۰	۹
۱۱	۲	۱	۱	۳	۵	۲
۱۲	۱	۳	۶	۱	۵	۸
۱۳	۲	۳	۱	۳	۵	۴
۱۴	۲	۱	۱	۱	۵	۲
۱۵	۱	۱	۶	۱	۱۰	۹
۱۶	۲	۱	۱	۱	۱۰	۹
۱۷	۱	۱	۱	۱	۵	۲
۱۸	۳	۳	۶	۳	۱۰	۸
۱۹	۲	۳	۶	۳	۵	۴
۲۰	۲	۳	۱	۱	۵	۱
۲۱	۱	۳	۱	۳	۱۰	۸
۲۲	۱	۱	۱	۱	۱۰	۳
۲۳	۱	۱	۱	۳	۵	۵
۲۴	۱	۳	۶	۳	۵	۱
۲۵	۲	۳	۶	۱	۱۰	۱۰
۲۶	۲	۳	۱	۳	۱۰	۸
۲۷	۱	۳	۱	۱	۱۰	۵
۲۸	۱	۳	۶	۳	۱۰	۲
۲۹	۲	۱	۶	۳	۵	۵
۳۰	۲	۳	۱	۱	۱۰	۱
۳۱	۱	۱	۶	۱	۵	۲
۳۲	۲	۱	۶	۱	۱۰	۲

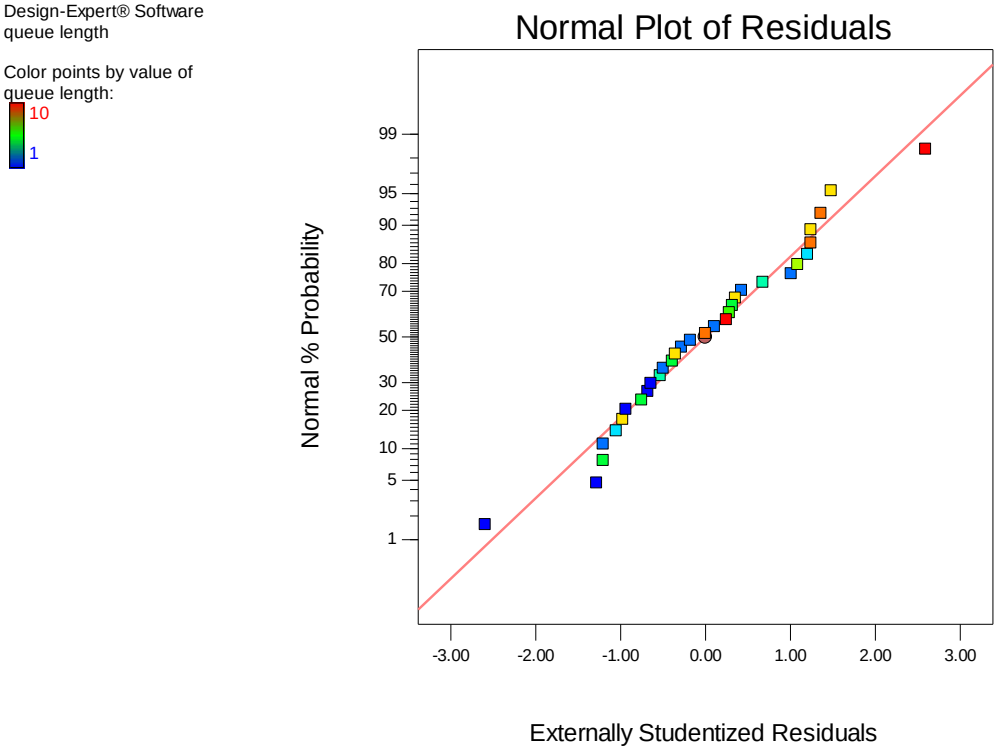
[Downloaded from mshsj.ssu.ac.ir on 2026-06-26]
[DOR: 20.1001.1.24766879.1398.4.2.9.5]
[DOI: 10.18502/mshsj.v4i2.1411]

جدول ۵: نتایج تحلیل آماری مدل

منبع		مجموع مربعات	تخمین ضرایب	مقدار F	مقدار p *
مدل		۲۰۳/۵۳	۴/۷۸	۵/۱۹	۰/۰۰۰۸ **
	X_1	۵۲/۵۳	۱/۱۲۸	۱۲/۰۵	۰/۰۰۲۲ **
	X_2	۵/۲۸	-۰/۴۱	۱/۲	۰/۲۸۳۰
	X_3	۱/۵۳	۰/۲۲	۰/۳۵	۰/۵۵۹۰
	X_4	۰/۲۸	۰/۰۹۴	۰/۰۶۴	۰/۸۰۲۰
	X_5	۹/۰۳	۰/۵۳	۲/۰۷	۰/۱۶۴۰
	X_2X_4	۲۸/۲۶	۰/۹۱	۶/۰۳	۰/۰۲۲۵ **
	X_3X_5	۴۷/۵۳	۱/۲۲	۱۰/۹۰	۰/۰۰۳۰ **
	$X_2X_3X_5$	۲۲/۷۸	-۰/۸۴	۵/۲۲	۰/۰۳۲۰ **
	$X_1X_2X_4X_5$	۳۸/۲۸	-۱/۰۹	۷/۷۸	۰/۰۰۷۰ **
$R^2 = ۸۲/۳۵ \%$					
$StD.DV. = ۲/۰۹$ $CV = ۴۳/۶۸$					
$PRESS = ۲۵۲/۹۸$					

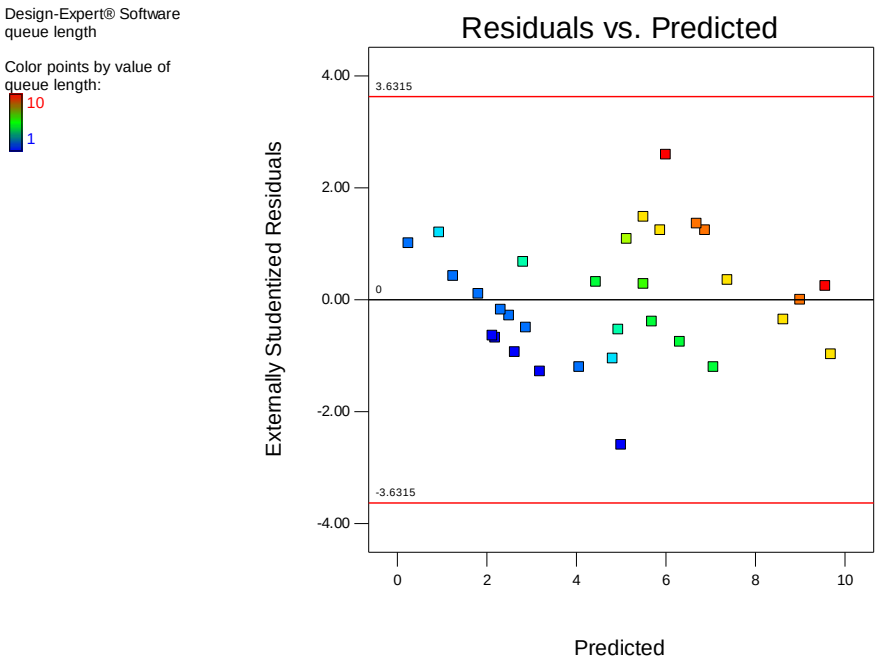
* آزمون آماری توزیع **F**

** معنی دار در سطح معنی‌داری $p < ۰/۰۵$

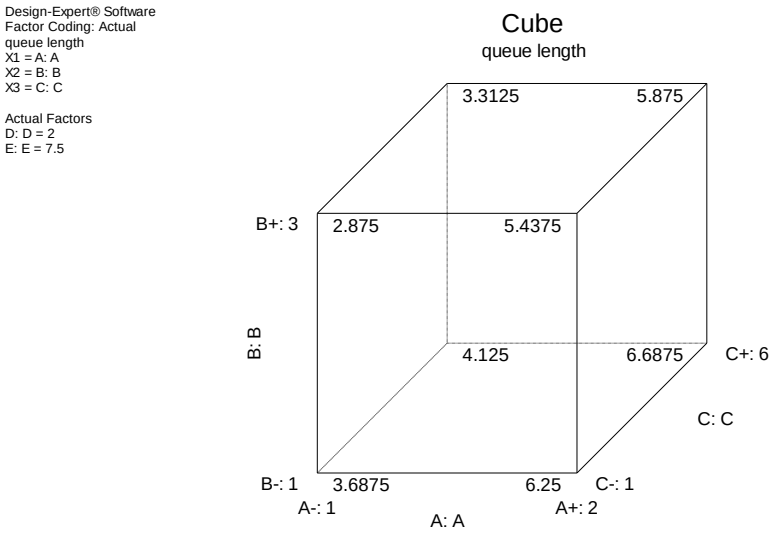


شکل ۲: نمودار احتمال نرمال باقیمانده‌ها

[Downloaded from mshsj.ssu.ac.ir on 2026-06-26]
[DOR: 20.1001.1.24766879.1398.4.2.9.5]
[DOI: 10.18502/mshsj.v4i2.1411]



شکل ۳: نمودار پیش بینی باقیمانده‌ها



شکل ۴: نمایش مکعبی طول صف

بحث

در این مطالعه، به منظور تحلیل سیستم صف در بخش اورژانس بیمارستان مدرس تهران ۵ متغیر اصلی (تعداد بهیاران، منشی اورژانس، پرستاران، متخصص قلب و تعداد تخت بستری)، مشخص و چارچوبی مبتنی بر شبیه سازی و طراحی آزمایش ارائه و به اجرا در آمد. با مطالعه ادبیات موجود، به نظر می‌رسد در حل مسائل برنامه‌ریزی و مدیریت حوزه سلامت روش‌های حل متنوعی استفاده می‌شود که عبارت‌اند از: روش شبه مدل محور، تحلیل پوششی داده‌ها، روش فراابتکاری و برنامه‌ریزی ریاضی. برای مثال، در مطالعه زینالی و همکاران (۲۰۱۵) به

[Downloaded from mshsj.ssu.ac.ir on 2026-06-26]
[DOR: 20.1001.1.24766879.1398.4.2.9.5]
[DOI: 10.18502/mshsj.v4i2.1411]

برنامه‌ریزی منابع تأثیرگذار در بخش اورژانس یک بیمارستان در ایران با استفاده از روش شبه مدل محور توجه شده است. روش پیشنهادی آن‌ها قادر است متوسط زمان انتظار بیماران را به‌خوبی کاهش دهد (۳۱). بهاری و اسدی (۲۰۱۸)، در مطالعه‌ای در بین منابع اثرگذار بخش اورژانس یک بیمارستان دولتی در ایران، با استفاده از چارچوب شبه مدل محور، توانستند توزیع بهینه منابع اثرگذار را به منظور کاهش زمان انتظار بیماران در این بخش به‌دست آورند (۳۲). در مطالعه‌ی الرفعی و همکاران (۲۰۱۴)، از تحلیل پوششی داده‌ها در بخش اورژانس بیمارستانِ دولتی در اردن، به منظور تعیین بهترین توزیع پرستار، افزایش استفاده مؤثر از آن‌ها و کاهش زمان انتظار بیماران استفاده شده است (۳۳). مطالعه احمد و الخمیس (۲۰۰۹)، در بیمارستانی دولتی در کویت با ارائه روشی فراابتکاری به عنوان یک ابزار پشتیبان تصمیم‌گیری به منظور تخصیص بهینه منابع، باعث ایجاد بهبود در مدت زمان انتظار بیماران شده است (۳۴).

از نقاط قوت مطالعه حاضر می‌توان به تلاش پژوهشگران برای تجزیه و تحلیل بخش اورژانس با بهره‌گیری از ابزار قدرتمند شبیه‌سازی و طراحی آزمایش پس از شناسایی عوامل اثرگذار بر صف انتظار اشاره کرد. با توجه به اینکه شبیه سازی و تحلیل‌های آماری مهمترین ابزارهایی هستند که مدیران را برای تحلیل سیستم یاری می‌رسانند، همواره ایجاد یکپارچگی میان شبیه سازی و انجام تحلیل‌های آماری یک چالش عمده برای مدیران به‌شمار می‌رود. طراحی آزمایش به واسطه انجام تحلیل‌های آماری مربوط به آن قادر است فاکتورهای اثرگذار در یک سیستم را به‌خوبی مورد ارزیابی قرار دهد. بنابراین یک مدل طراحی آزمایش مبتنی بر شبیه سازی برای دستیابی به هدف ارزیابی عملکرد یک سیستم مانند سیستم صف بخش اورژانس می‌تواند مفید واقع گردد. با این وجود، هر چقدر هم ابزار شبیه سازی قدرتمند باشد اما یک ابزار بهینه ساز محسوب نمی‌شود تا مقدار دقیق متغیرها تعیین گردد و تنها با ابزار طراحی آزمایش مقدار حدودی متغیرها مشخص می‌شوند.

نتیجه گیری

در این مطالعه تحلیل عملکرد سیستم صف بخش اورژانس، با استفاده از شبیه سازی و طراحی آزمایش انجام گردید. طبق چارچوب پیشنهاد شده به‌واسطه یکپارچگی ایجاد شده بین شبیه سازی و طراحی آزمایش-ها، عملیات جاری سیستم، چیدمان و سایر محدودیت‌ها غیرقابل تغییر هستند. از رویکرد پیشنهاد شده، برای تعیین اثر فاکتورهای تعداد بهیار، منشی، پرستار، متخصص قلب و تخت بستری بر صف انتظار مراجعه کننده به بخش اورژانس و تسریع روند خدمت رسانی به بیماران به دنبال کاهش طول صف استفاده شد. برای این منظور ابتدا مدل شبیه سازی بخش اورژانس توسعه داده شده و سرانجام از داده‌های به‌دست آمده به‌عنوان ورودی در طراحی آزمایش استفاده گردید. بر اساس نتایج به‌دست آمده از تحلیل واریانس، فاکتورهای اثرگذار بر طول صف شناسایی و از طریق فاکتورهای قابل قبول مدل رگرسیون غیرخطی برای طول صف تعیین شدند. این مدل رگرسیون غیرخطی با دقت مطلوبی قادر است برای پیش بینی متغیر وابسته (صف انتظار) مورد استفاده قرار بگیرد. مدل رگرسیون به‌کار گرفته شده در این مطالعه معتبر و قابل اعتماد است، این مطلب را از مقدار بسیار ناچیز p به‌دست آمده می‌توان نتیجه گرفت. دلیل اعتبار بالای مدل رگرسیون نیز انحراف بسیار کم در مقادیر شبیه سازی و سیستم واقعی است. کمترین مقدار طول صف براساس مدل توسعه داده شده، زمانی به‌دست می‌آید که تعداد فاکتور منشی اورژانس در سطح بالا، بهیاران و پرستار در سطح پایین خود قرار گیرند (شکل ۴)،که باعث کاهش هزینه‌ها و زمان ارائه‌ی خدمات به بیماران می گردد. با توجه به موارد فوق و اینکه بخش اورژانس و هزینه‌های مربوط به آن نقش حیاتی بر بیماران و هزینه های عملیاتی سیستم دارد، نتایج این رویکردِ بهینه سازی را می توان برای طراحی مجدد و کنترل فرآیند پذیرش تا مرخص شدن بیمار در بخش اورژانس به منظور افزایش بهره وری در اختیار مدیران بیمارستان قرار داد.

لازم به ذکر است که در شبیه سازی و توسعه مدل ریاضی این مطالعه، از اثر متغیرهای غیرقابل کنترل مثل خطای انسانی چشم‌پوشی شده است. لذا به‌عنوان ایده اصلی برای انجام تحقیقات آتی پیشنهاد می‌شود که از این چارچوب برای زمانی که متغیرهای غیرقابل کنترل وجود دارند، استفاده شود. همچنین با اعمال محدودیت‌های مدیریتی مانند هزینه، مسأله ریاضی توسعه داده شود تا از حل آن بتوان مقدار دقیق تمامی متغیرها را تعیین کرد.

[Downloaded from mshsj.ssu.ac.ir on 2026-06-26]
[DOR: 20.1001.1.24766879.1398.4.2.9.5]
[DOI: 10.18502/mshsj.v4i2.1411]

سپاسگزاری

نویسندگان بدینوسیله برخود لازم می‌دانند تا از مدیران و کارکنان بخش اورژانس بیمارستان مدرس تهران به سبب مشارکت در انجام این مطالعه و جمع آوری اطلاعات لازم و ارائه نقطه نظرات سازنده خود کمال تشکر و قدردانی را به‌عمل آورند.

مشارکت نویسندگان

طراحی پژوهش: الف. ب، ف. الف

جمع آوری داده‌ها: ف. الف

تحلیل داده‌ها: ف. الف

نگارش و اصلاح مقاله: ف. الف، الف. ب

سازمان حمایت کننده

این مطالعه از سوی هیچ سازمانی مورد حمایت مالی قرار نگرفته است.

تعارض منافع

هیچگونه تعارض منافعی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.

References

1) Abbott D, Marinov MV. An event based simulation model to evaluate the design of a rail interchange yard, which provides service to high speed and conventional railways. Simul Model Pract Theory 2015; 52: 15-39. doi: 10.1016/j. simpat. 2014.12.003.
2) Ajdari A, Mahlooji H. An adaptive exploration-exploitation algorithm for constructing metamodels in random simulation using a novel sequential experimental design. Communications in Statistics - Simulation and Computation 2014; 43(5): 974-68. doi: 10.1080/03610918.2012. 720743.
3) Amiri M, Mohtashami A. Buffer allocation in unreliable production lines based on design of experiments, simulation and genetic algorithm. Int J Adv Manuf Technol 2012; 62(1): 371-83. doi: 10.1007/s00170-011-3802-8.
4) Antony J. Design of Experiments for Engineers and Scientists. 2nd ed. Elsevier; 2014.
5) Wu DD, Olson DL. A System Dynamics Modeling of Contagion Effects in Accounts Risk Management. Systems Research and Behavioral Science 2014; 31(4): 502-11. doi: 10.1002/sres. 2291.
6) Chetouane F, Barker K, Viacaba Oropeza AS. Sensitivity analysis for simulation-based decision making: Application to a hospital emergency service design. Simulation Modelling Practice and Theory 2012; 20: 99-111. doi: 10.1016/j.simpat. 2011.09.003.
7) Denman NG, McGree JM, Eccleston JA, Duffull SB. Design of experiments for bivariate binary responses modelled by Copula functions. Computational Statistics & Data Analysis 2011; 55(4): 1509-20. doi: https://doi.org/ 10.1016 / j.csda.2010.07.025.
8) Nawar EW, Niska RW, Xu J. National Hospital Ambulatory Medical Care Survey: 2005 emergency department summary. Adv Data 2007; (386): 1-32. PMID: 17703794.
9) Erkan BY, Heragu SS, Krishnamurthy A, Malmborg CJ. Simulation based experimental design to identify factors affecting performance of AVS/RS. Computers & Industrial Engineering 2010; 58(1): 175-85. doi:10.1016/j.cie. 2009. 10.004.
10) Zilm F, Crane J, Roche KT. New directions in emergency service operations and planning. J Ambulatory Care Manage 2010; 33(4): 296-306.
11) Rahiminezhad Galankashi M, Fallahiarezoudar E, Moazzami A, Yusof NM, Helmi SA. Performance evaluation of a petrol Station queuing system: A simulation-based design of experiments study. Advances in Engineering Software 2016; 92: 15-26. doi: http://dx.doi.org/ 10.1016/j.advengsoft.2015.10.004.
12) Jahangirian M, Naseer A, Stergioulas L, Young T, Eldabi T, Brailsford S, et al. Simulation in health-care: lessons from other sectors. Oper Res Int J 2012; 12(1): 45-55. doi: 10.1007/s12351-010-0089-8.
13) Koiritzin MA, Newton F, Wu B. A graph theoretic approach to simulation and classification. Computational Statistics and Data Analysis 2014; 70: 281-94. doi: http://dx.doi.org/10.1016/ j.csda. 2013.09.026.
14) Li M, Yang F, Wan H, Fowler JW. Simulation-based experimental design and statistical modeling for lead time quotation. J Manuf Syst 2015; 37(1): 362-74. doi: http://dx.doi.org/10.1016/ j.jmsy. 2014.07. 012.
15) Lopez-Fidalgo J, Rivas-Lopez MJ. Optimal experimental design for partial likelihood information. Computational Statistics and Data Analysis 2014; 71: 859-67. doi: 10.1016/j.csda. 2012.10.009.
16) Mende M, Thompson SA, Coenen Ch. It's all relative: how customer-perceived competitive advantage influences referral intentions. Mark Lett 2015; 26: 661-78. doi: 10.1007/s11002-014-9318-x.
17) Moazzami A, Rahiminezhad Galankashi M, Khademi A. Simulation, Modelling and Analysis of a Petrol Station. International Review on Modelling and Simulations (I.RE.MO.S.) 2013; 6(1): 246-53.

[Downloaded from mshsj.ssu.ac.ir on 2026-06-26]
[DOR: 20.1001.1.24766879.1398.4.2.9.5]
[DOI: 10.18502/mshsj.v4i2.1411]

18) Molina-Azorin JF, Tari JJ, Pereria-Moliner J, Lopez-Gamero MD, Pertuspa-Ortega EM. The effect of quality and environmental management on competitive advantage: A mixed methods study in the hotel industry. Tourism Management 2015; 50: 41-54. doi: http://dx.doi.org/10.1016/ j.tourman. 2015. 01.008.
19) Hoot NR, Aronsky D. Systematic review of emergency department crowding: causes, effects, and solutions. Ann Emerg Med 2008; 52(2): 126-36. doi: 10.1016/j.annemergmed.2008.03.014.
20) Pinto LR, Silva PMS, Young TP. A generic method to develop simulation models for ambulance systems. Simulation Modelling Practice and Theory 2015; 51: 170-83. doi: http:// dx. doi.org/10.1016/j.simpat.2014.12.001.
21) Rogers HP, Strutton D, Doddridge BF. Measuring Customer Satisfaction with Logistics Services: An Investigation of the Motor Carrier Industry. Proceedings of the 1997 Academy of Marketing Science (AMS) Annual Conference; Springer, Cham; 2014. doi: https://doi.org/10. 1007/ 978-3-319-13141-2_39.
22) Trzeciak S, Rivers EP. Emergency department overcrowding in the United States: an emerging threat to patient safety and public health. Emerg Med J 2003; 20: 402-5.
23) Brailsford SC. Tutorial: Advances and Challenges in Healthcare Simulation Modeling. Proceedings of the 2007 Winter Simulation Conference; Washington, DC, USA. IEEE; 2007: 1436-48. doi: 10.1109/WSC.2007.4419754.
24) Saeidi SP, Sofiana S, Saeidi P, Saeidi SP, Saaeidi SA. How does corporate social responsibility contribute to frim financial performance? The mediating role of competitive advantage, reputation, and customer satisfaction. Journal of Business Research 2015; 68(2): 341-50. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.jbusres. 2014.06. 024.
25) Steibel JP, Rosa GJM, Tempelman RJ. Optimizing design of two-stage experiments for transcriptional profiling. Computational Statistics & Data Analysis 2009; 53(5): 1639-49. doi: 10.1016/j.csda.2008.03.032.
26) Tako AA, Kotiadis K. PartiSim: A multi-methodology framework to support facilitated simulation modelling in healthcare. European Journal of Operational Research 2015; 244(2): 555-64. doi: http:// dx.doi. org/10.1016/j.ejor. 2015. 01.046.
27) Tan W, Xu W, Yang F, Xu L, Jiang Ch. A framework for service enterprise workflow simulation with multi-agents cooperation. Enterprise Information Systems 2013; 7(4): 523-42. doi: 10.1080/17517575.2012.660503.
28) Cheng RC, Kleijnen JPC, Melas VB. Optimal design of experiments with simulation models of nearly saturated queues. Journal of Statistical Planning and Inference 2000; 85(1 and 2): 19-26. doi: 10.1016/S0378-3758(99)00061-0.
29) Tsai ChS. Evaluation and optimization of integrated manufacturing system operations using Taguch's experiment design in computer simulation. Computers & Industrial Engineering 2002; 43(3): 591-604.
30) Can B, Heavey C. Comparison of experimental design for simulation-based symbolic regression of manufacturing systems. Computers & Industrial Engineering 2011; 61(3): 447-62. doi: https://doi.org/10.1016/j.cie.2011.03.012.
31) Bahari A, Asadi F. Optimizing Emergency Resources Allocation: Simulation Based on Response-Surface Method. jha 2018; 21(73): 61-71. [Persian]
32) Zeinali F, Mahootchi M, Sepehri MM. Resource Planning in the Emergency Department: A Simulation-Based Metamodeling approach. Simulat. Modell Pract Theory 2015; 53(2): 123-38. doi: https://doi.org/10.1016/ j.simpat.2015.02. 002.
33) Al-Refaie A, Fouad RH, Li MH, Shurrab M. Applying simulation and DEA to improve performance of emergency department in a Jordanian hospital. Simulation Modelling Practice and Theory 2014; 41: 59-72. doi: https://doi.org/ 10.1016/j.simpat.2013.11.010.
34) Ahmed MA, Alkhamis TM. Simulation optimization for an emergency department healthcare unit in Kuwait. European Journal of Operational Research 2009; 198(3): 936-42. doi: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.10.025.

[Downloaded from mshsj.ssu.ac.ir on 2026-06-26]
[DOR: 20.1001.1.24766879.1398.4.2.9.5]
[DOI: 10.18502/mshsj.v4i2.1411]

Research Article

Analysis of Emergency Department Queue System Performance: Simulation Approach Based on Experiment Design

Arman Bahari [1]*, Farzaneh Asadi [2]

[1] Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, School of Industry and Mining, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran
[2] Ph.D. student of Industrial Engineering, School of engineering, Islamic Azad University Branch of Lahijan, Lahijan, Iran

*** Corresponding Author:** Arman Bahari
Arman_bahari@aut.ac.ir

Citation: Bahari A, Asadi F. Analysis of Emergency Department Queue System Performance: Simulation Approach Based on Experiment Design. Manage Strat Health Syst 2019; 4(2): 160-72.

Received: March 12, 2019
Revised: August 28, 2019
Accepted: August 31, 2019

Funding: The authors have no support or funding to report.

Competing Interests: The authors have declared that no competing interest exist.

A B S T R A C T

Background: Simulation is an appropriate technique for analyzing and evaluating the dynamic behavior of complex systems. The present study aimed to develop an integrated model using a simulation approach based on designing experiments to analyze performance of the admission queue system of patients, who referred to the emergency department of the Modarres hospital.

Methods: In this descriptive-analytical research, effective variables on resource efficiency empowerment were identified and analyzed using inferential statistics and one-way ANOVA. Later, effects of the effective factors were estimated. Furthermore, performance of the emergency department system was simulated using the Visual Paradigm software. Results obtained from implementation of the simulation model were used as input for designing an experiment. A fully factorial 2-level experiment design was also used with central points. The independent variables studied in the simulation model included practical nurse, emergency secretary, nurse, cardiologist, and hospital bed. The dependent variable was the patients' waiting queue in the studied emergency department.

Results: According to Prob > F value, the acceptable effects were determined based on the results of variance analysis for the model. The value of R^2 indicated that 82.35% of the model explains all variability of the response-level data around the mean. Therefore, it can be concluded that the design space was in accordance with the estimated model based on the results of variance analysis.

Conclusion: In the present study, performance analysis of the emergency department queue system was conducted using simulation and experiment design. The nonlinear regression model was able to predict the queue length. Moreover, this model can be used to predict dependent variables considering acceptable factors. According to the results, minimum length of the queue is obtained when the number of emergency secretaries is at a high level and the number of practical nurses and nurses is at a low level.

Key words: Emergency, Simulation, Optimization, Optimizing simulation model, Factorial design

[Downloaded from mshsj.ssu.ac.ir on 2026-06-26]
[DOR: 20.1001.1.24766879.1398.4.2.9.5]
[DOI: 10.18502/mshsj.v4i2.1411]