

## Examining Patient Waiting Time with a Simulation Approach (Case Study: Emergency Department of Qaim Hospital, Mashhad)

Fatahi. Hasan<sup>1\*</sup>, Waziri. Seyyed Mohammad<sup>2</sup>, Soury. Mahyar<sup>1</sup>, Askarian. Mohammad Hossein<sup>2</sup>

1- Imam Hossein University (AS), Technical and Engineering Faculty, Systems Engineering Science and Technology Center, Tehran, Iran

2- Torbat Heydariyeh University, Technical and Engineering Faculty, Mashhad, Iran

### Received Date:

2023.4.24

### Accepted Date:

2023.11.7

### \*Corresponding Author

#### E-mail:

Hasanfatahi77@ihu.ac.ir

### Abstract

**Background and purpose:** The emergency department of a hospital is akin to its heart, where smooth operations can save many lives. This research aims to reduce patient waiting time in the emergency department using simulation techniques.

**Methods:** This descriptive-analytical study was conducted cross-sectionally in 2019 at the Qaim Hospital in Mashhad. The study focused on accurately modeling the patient flow process in the emergency department using simulation techniques and Arena software. Key performance indicators such as patient waiting time, number of discharged patients (system output), length of stay, resource efficiency, and improvements in the emergency department were evaluated.

**Results:** The simulation model's results indicated that the laboratory, specialist doctor examination, and pharmacy departments had the longest waiting times in this department, respectively.

**Conclusion:** To reduce patient waiting times and improve conditions, the most effective and cost-efficient solution is to add a laboratory technician to the laboratory department during the [15-23] shift at Qaim Hospital in Mashhad, which is projected to decrease patient waiting times by 66 minutes.

**Keywords:** Simulation, Patient Waiting Time, Emergency Department, ARENA Software



Copyright©2024 Scientific Association of Hospital Affairs, and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

## بررسی زمان انتظار بیماران با رویکرد شبیه‌سازی (مطالعه موردی: بخش اورژانس بیمارستان قائم مشهد)

حسن فتاحی<sup>۱\*</sup>، سید محمد وزیری<sup>۲</sup>، مهیار سوری<sup>۱</sup>، محمد حسین عسکریان<sup>۲</sup>

۱- دانشگاه جامع امام حسین (ع)، دانشکده فنی و مهندسی، مرکز علم و فناوری مهندسی سیستم‌ها تهران، ایران

۲- دانشگاه تربت حیدریه، دانشکده فنی و مهندسی، مشهد، ایران

### چکیده:

**زمینه و هدف:** بخش اورژانس بیمارستان به منزله‌ی قلب بیمارستان می‌باشد و گردش منظم امور در این واحد می‌تواند جان انسان‌های بسیاری را نجات دهد. هدف از این پژوهش کاهش زمان انتظار بیماران بخش اورژانس با استفاده از تکنیک شبیه‌سازی می‌باشد.

**مواد و روش‌ها:** پژوهش حاضر یک مطالعه توصیفی-تحلیلی است و به صورت مقطعی در سال ۱۳۹۹ در بیمارستان قائم مشهد انجام پذیرفت. در این پژوهش سعی شد تا با زمان‌سنجی صحیح و با استفاده از فرآیند شبیه‌سازی و استفاده از نرم‌افزار Arena، جریان فرآیند بیماران در بخش اورژانس بیمارستان قائم مشهد مقدس مدل‌سازی شود. به منظور ارزیابی وضعیت سیستم، شاخص‌هایی از جمله زمان انتظار بیماران، تعداد بیماران ترخیص شده (خروجی سیستم)، طول مدت اقامت و عملکرد مفید منابع و بهبود بخش اورژانس مورد بررسی قرار گرفت.

**نتایج:** نتایج حاصل از اجرای مدل شبیه‌سازی نشان داد که به ترتیب بخش‌های آزمایشگاه، معاینه توسط پزشک متخصص و داروخانه دارای بیشترین زمان انتظار در این بخش می‌باشند.

**نتیجه‌گیری:** برای کاهش زمان انتظار بیماران و بهبود وضعیت، مناسب‌ترین و به صرفه‌ترین راهکار، اضافه کردن یک نیروی تکنسین آزمایشگاه به بخش آزمایشگاه در شیفت [۱۵-۲۳] بیمارستان قائم مشهد می‌باشد که زمان انتظار بیماران به میزان ۶۶ دقیقه کاهش می‌یابد.

**کلیدواژه:** شبیه‌سازی، زمان انتظار، اورژانس، نرم‌افزار ARENA

تاریخ دریافت:

۱۴۰۲/۲/۴

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۲/۸/۱۶

\* نویسنده مسئول مقاله:

Hasanfatahi77@ihu.ac.ir

## مقدمه

خدمات درمانی در هر کشوری بخش قابل توجهی از سیستم‌های اقتصادی، اجتماعی و سیاسی آن کشور را تحت تأثیر قرار می‌دهد و سهم زیادی در تولید ناخالص داخلی کشورها دارد. به‌عنوان نمونه سهم خدمات درمانی در تولید ناخالص داخلی ایالات متحده بیش از ۱۶ درصد است در حالی که این رقم در کشور ما حدود ۶ درصد است (۱). همچنین ۱۰-۵٪ هزینه‌های دولت در بیشتر کشورهای در حال توسعه به بخش سلامت اختصاص می‌یابد و در میان اجزای مختلف نظام سلامت، خدمات بیمارستانی عمده‌ترین عامل رشد هزینه‌ها می‌باشند. از آنجا که بیش از ۲۵ درصد پذیرش‌های بخش اورژانس، بستری می‌شوند، لذا کیفیت ارائه خدمات در این بخش نمادی از وضعیت کلی ارائه خدمات در بیمارستان محسوب می‌شود (۲). به همین دلیل محققان در رشته‌های مختلف برای بهبود کیفیت خدمات درمانی به‌منظور برآورده ساختن نیازهای بیماران، پزشکان، پرستاران و ... گام برمی‌دارند. (۳)

واحد اورژانس بیمارستان‌ها با هدف حفظ جان بیمار و مقابله با بیماری‌های اورژانسی به ارائه خدمات درمانی می‌پردازد؛ این واحد، همیشه مشغول خدمت‌رسانی به بیماران است. در طول سال‌های اخیر در ایران، مراجعات به واحد اورژانس به خاطر سرعت در ارائه خدمات و هزینه کم خدمات درمانی، به شدت افزایش یافته‌است. بخش اورژانس بیمارستان یکی از ورودی‌های اصلی به سیستم بیمارستان و بخش کلیدی از کل سیستم مراقبت‌های بهداشتی است. افزایش تقاضا برای مراقبت‌های فوری، ازدحام بیش از حد در بخش اورژانس و منابع محدود، پدیده‌هایی هستند که نظام سلامت در سراسر جهان با آن روبه‌رو بوده و باعث تأخیر زیادی در اولین حضور بیماران در بخش اورژانس می‌شود.

بخش اورژانس بیمارستان به‌عنوان یکی از نخستین نقاط تماس بیماران با سیستم ارائه خدمات درمانی با مسائل و مشکلات گوناگونی روبرو است. (۴-۵) افزایش تعداد مراجعه‌کنندگان به اورژانس و بالا رفتن زمان انتظار بیماران از سویی و پیچیدگی ارائه خدمات در این بخش از سوی دیگر، موجب شده تا تصمیم‌گیری برای ایجاد تغییر، اصلاح و یا ارتقاء این سیستم از حساسیت بالایی برخوردار باشد. (۶)

روش‌های مختلفی برای بهبود کیفیت و کارایی خدمات و جریان بیماران در بخش اورژانس وجود دارد. از میان این روش‌ها تمایل به استفاده از شبیه‌سازی رایانه‌ای برای کمک به تصمیم‌گیری مؤثر در مراقبت‌های بهداشتی برای بهبود عملیات در حال افزایش است (۷). اولین تلاش‌ها برای اعمال مفاهیم شبیه‌سازی در تاریخ بهداشت و درمان به سال‌های ۱۹۶۰ با تامپسون<sup>۱</sup> (۱۹۶۶) برای توسعه مدل‌هایی برای حل مشکلات مربوط به برنامه‌ریزی تعیین وقت برای بیماران باز می‌گردد که قادر به شناسایی متغیرهای مهم در ارزیابی استفاده از تیم پزشکی مانند نرخ ورود بیماران، تأخیر، فواصل برنامه‌ریزی و توجه به تغییر شیفت پزشکان بود (۸). در سال ۱۹۷۹ شبیه‌سازی رایانه‌ای برای بهبود برنامه‌ریزی کارمندان در سیستم بیمارستان استفاده شد. هدف تعیین تأثیر تعداد افراد و کارکنان و تخت‌های بیمارستانی روی زمان خروج بیماران بود. (۵)

تکنیک شبیه‌سازی<sup>۲</sup>، تقلیدی از عملکرد فرآیند یا سیستم واقعی با گذشت زمان است. شبیه‌سازی گسسته پیشامد، یکی از پرکاربردترین ابزارهای تحقیق در عملیات در خدمت مدیران و مهندسان است. این تکنیک، به دلیل ساختار قابل درک خود و در دسترس بودن زبان‌های کامپیوتری ویژه شبیه‌سازی، مانند نرم‌افزار ارنای<sup>۳</sup> بسیاری از افراد می‌توانند از آن

<sup>1</sup> Thompson

<sup>2</sup> Simulation

<sup>3</sup> Arena

بهبود خدمت‌رسانی به بیماران است. در این پژوهش از نرم‌افزار شبیه‌سازی Arena استفاده شده است. در جدول ۱ خلاصه‌ای از تحقیقات گذشته مرتبط با موضوع پژوهش آورده شده است.

استفاده کنند. (۹) تکنیک‌های شبیه‌سازی که برای ارزیابی سیستم‌ها به کار می‌روند، ابزار بسیار مناسبی برای بهبود کیفیت و معیارهای مورد استفاده در فرآیند طراحی، کدگذاری و آزمایش گام‌های سازمان ارائه می‌دهند که می‌توان آن را در شرایط واقعی به کار گرفت. (۱۰)

بنکس و کارسون<sup>۱</sup> مزایا و معایب اساسی شبیه‌سازی را در قالب این موارد عنوان کردند. (۸)

- پس از ساخت مدل، می‌توان آن را بارها به منظور تحلیل سناریوها و خط‌مشی‌ها مختلف به کار گرفت.
- دسترسی به داده‌های شبیه‌سازی بسیار کم هزینه‌تر از دستیابی به داده‌های سیستم واقعی است.
- گاهی شبیه‌سازی تنها ابزار مطالعه‌ی سیستم و یافتن راه‌حل مسئله است.
- ممکن است برخی شبیه‌سازی‌ها بسیار پرهزینه باشد،
- در بعضی از موارد ممکن است دقت نتایج نهایی رضایت‌بخش نباشد.

بنا به دلایل ذکر شده، امروزه سیستم‌های بهداشت و درمان و به‌ویژه بخش اورژانس مورد توجه فراوان بوده و لازم است که برای حل این مسائل از روش‌های علمی نوین بهره برده شود. مدل‌های شبیه‌سازی در مقایسه با مدل‌های تحلیلی ویژگی‌های منحصر به فردی دارند. از جمله این ویژگی‌ها می‌توان به بررسی روابط بین فرآیندها و اجزای سیستم‌های پیچیده، بررسی تأثیر تغییرات بر عملکرد سیستم‌ها، شناخت از ساختار فرآیندی سیستم و پیش‌بینی وضعیت آتی سیستم اشاره کرد (۸). با توجه به موارد بیان شده، هدف اصلی این پژوهش مدل‌سازی و شبیه‌سازی بخش اورژانس بیمارستان قائم مشهد و استفاده از مدل شبیه‌سازی برای بهبود زمان انتظار بیماران و

<sup>1</sup> Banks, J. and J.S. Carson

جدول ۱. خلاصه ادبیات مروری

سال	مطالعه موردی	ابزار	شاخص‌ها						هدف	نام نویسنده (منبع)	
			بهره	بهبود	عملکرد منابع	کیفیت	خروجی سیستم	طول مدت اقامت			مدت زمان انتظار
۱۳۹۷	بیمارستان	نرم افزار Arena		*			*			ارائه سناریوهایی برای کاهش زمان انتظار بیماران	توکلی و همکاران (۱۱)
۱۳۹۸	بیمارستان	نرم افزار Arena و برنامه ریزی خطی		*	*		*			کاهش زمان انتظار و بهبود عملکرد خدمت‌دهی	شیرکوهی و همکاران (۹)
۱۳۹۸	بانک	نرم افزارهای و SQLServer R- و weka و Studio Arena				*	*			افزایش رضایتمندی مشتریان و کاهش هزینه‌ها	خاتمی فیروزآبادی و همکاران (۱۲)
۱۳۹۸	مرکز فوق تخصصی کلیه	نرم افزارهای و iGrafx و MATLAB	*	*			*			کاهش زمان انتظار و نرخ کنسلی و افزایش کارایی	مختاریان و استادی (۱۳)
۱۳۹۸	اورژانس بیمارستان مدرس تهران	نرم افزار Visual Paradigm	*	*			*	*		توسعه یک مدل یکپارچه برای تحلیل عملکرد سیستم صف پذیرش بیماران	بهراری و اسدی (۱۴)
۱۳۹۹	بیمارستان فوق تخصصی خاتم الانبیا(ص)	نرم افزار Arena	*	*					*	بهبود زمان انتظار و افزایش ارزش افزوده	شوندی و همکاران (۱۵)
۱۳۹۹	خدمات فوریت‌های پزشکی	نرم افزار شبیه سازی ED	*		*				*	شبیه سازی توزیع و تخصیص آمبولانس خدمات فوریت‌های پزشکی	عظیمی و منصوری (۱۶)

سال	مطالعه موردی	ابزار	شاخص‌ها							هدف	نام نویسنده (منبع)
			سایر	بهبود	عملکرد منابع	کیفیت	خروجی سیستم	طول مدت اقامت	مدت زمان انتظار		
۱۴۰۰	بانک	نرم‌افزار شبیه‌سازی ED			*		*	*	*	کاهش زمان انتظار مشتریان در بانک	تقوی فرد و همکاران (۱۷)
۱۴۰۱	بیمارستان حضرت علی اصغر (ع) تهران	استفاده از پرسش‌نامه و تحلیل‌های آماری	*							رضایت‌مندی دستیاران و پرستاران از کارگاه‌های احیا قلبی	جعفرنژاد و همکاران (۱۸)
۲۰۱۸	اورژانس بیمارستان در کویت	شبیه‌سازی و بهینه‌سازی	*		*					تعیین تعداد بهینه پزشکان، تکنسین آزمایشگاه و پرستاران	الخمیس (۱۹)
۲۰۱۹	اورژانس بیمارستان در کانادا	شبیه‌سازی	*							بررسی تحقیقات مبتنی بر شبیه‌سازی اورژانس‌ها	چاپلین و همکاران (۲۰)
۲۰۲۰	اورژانس	نرم‌افزارهای ARIS Arena و	*		*			*	*	کاهش زمان انتظار در اورژانس، بهبود کارایی پزشک و فرآیند عبور سریع	وانگ و همکاران (۲۱)
۲۰۲۰	اورژانس	رویکرد شبیه‌سازی گسسته بر اساس طراحی آزمایشات	*	*	*	*	*	*	*	دستیابی به نتایج بهینه برای مدل‌هایی که به صورت ریاضی مدل‌سازی شده‌اند.	دونمز و همکاران (۲۲)
۲۰۲۱	اورژانس نوزادان در جنوب هند	ارزیابی کیفی	*	*	*	*	*	*	*	استفاده از تجربه کارکنان مراقبت‌های پزشکی	بلازونگ و همکاران (۲۳)

## مواد و روش ها

این مطالعه یک پژوهش توصیفی-تحلیلی است. در این پژوهش، بر اساس نتایج مطالعات صورت گرفته جریان فرایند بیماران در بخش اورژانس شناسایی شد و سپس با استفاده از نرم افزار ARENA این جریان مدل سازی شد. این پژوهش در بخش اورژانس بیمارستان قائم مشهد مقدس انجام گرفته است. بیمارستان قائم مشهد یک بیمارستان بزرگ و پیشرفته با ۸۴۸ تخت فعال، تحت پوشش دانشگاه علوم پزشکی مشهد می باشد. بخش اورژانس بیمارستان در سه شیفت صبح، عصر و شب به طور ۲۴ ساعته و در تمامی ایام هفته فعالیت می نماید.

به طور میانگین روزانه حدود ۱۶۰ نفر به اورژانس این بیمارستان مراجعه می کنند. ورود بیماران به بخش اورژانس به دو شیوه مراجعه مستقیم (برای مثال توسط همراه و با استفاده از خودروی شخصی) یا به وسیله آمبولانس می باشد. از آنجا که حجم بیماران مراجعه کننده به بخش اورژانس (حجم جامعه) این بیمارستان نامحدود فرض شده طبق فرمول کوکران<sup>۱</sup> تعداد نمونه مورد نیاز جهت انجام پژوهش از رابطه (۱) به دست می آید:

$$n = \frac{z^2 pq}{d^2} \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در این رابطه:

$n$ : حجم نمونه

$Z$ : مقدار متغیر نرمال واحد استاندارد که در سطح اطمینان ۹۵٪ مقدار آن برابر ۱/۹۶ می باشد.

$p$ : مقدار نسبت صفت موجود در جامعه است؛ که با توجه به در اختیار نبودن، مقدار آن را ۰/۵ در نظر می گیریم؛ که در این حالت مقدار واریانس به حداکثر خود می رسد.

$q$ : درصد افرادی که فاقد آن صفت در جامعه هستند.

$$(q=1-p)$$

$$d: \text{مقدار اشتباه مجاز } (0.1 > d > 0.01) \\ n = 1.96^2 \frac{0.5 \cdot 0.5}{0.05^2} = 384$$

اطلاعات مورد نیاز در پژوهش حاضر، با مراجعه مستقیم به بیمارستان و استفاده از اطلاعات ثبت شده در سیستم های اطلاعاتی و ارائه چک لیست هایی به کارکنان بخش های مختلف، جهت ثبت اطلاعات مربوط به مدت زمان اقدامات مختلف بر روی بیماران، گردآوری شده است. این اطلاعات با همکاری کارکنان (شامل پرستار، دستیار پزشک، پزشک عمومی و غیره) قسمت های مختلف (شامل آزمایشگاه، داروخانه و غیره) جمع آوری و طبقه بندی شده است. به منظور حصول اطمینان از همگن بودن داده ها، نمونه های جمع آوری شده از روزهای مختلفی در هفته، گرفته شده است. این تحقیق در سال ۹۹ انجام شده و با توجه به شیوع بیماری کرونا در جهان، در مواردی امکان ردگیری بیمار به طور مستقیم وجود نداشت و اطلاعات مربوط به ارجاعات به بخش های مختلف، از آمار روزانه بخش اورژانس و یا مصاحبه با کارکنان قسمت های مختلف این بخش، گردآوری شده است. اطلاعات مربوط به تعداد کارکنان مشغول به خدمت در بخش های مختلف نیز از طریق مصاحبه با کارکنان بدست آمده است. ابزار پژوهش در این تحقیق، نرم افزار Arena می باشد. این نرم افزار قابلیت شبیه سازی، پویانمایی، مدل سازی سیستم های گسسته، شبکه های صف و تحلیل آماری را دارد. Arena یک محیط شبیه سازی متشکل از ماژول های مختلف بوده که این ماژول ها سنگ بنای ایجاد مدل هستند و فرایندها یا منطق ها، در مدل را نشان می دهند. از کنار هم قرار گرفتن و به هم پیوستن این ماژول ها توسط خطوط اتصال در Arena،

<sup>1</sup> Cochran

است. پیش‌بینی طول مدت اقامت امری دشوار بوده و اغلب تنها به صورت گذشته‌نگر انجام می‌شود. (۲۵)

**ارزیابی عملکرد کارکنان:** میزان عملکرد مفید کارکنان برابر است با درصد زمان عملیاتی که یک نیرو مشغول به کار است. اگر میزان بهره‌گیری از یک منبع بالا باشد، نشان‌دهنده این واقعیت است که آن منبع پتانسیل تبدیل شدن به گلوگاه را دارد. کمبود منابعی همچون تخت، پزشک و پرستار به فرآیند درمان آسیب می‌رساند و کیفیت درمان را کاهش می‌دهد و همچنین باعث افزایش خطاهای پزشکی و مدت زمان انتظار بیماران می‌شود. از این جهت، این معیار همواره در بخش اورژانس مورد توجه بوده و به وسیله‌ی آن می‌توان نقاط بهبود را شناسایی و جهت تخصیص منابع خاص برای بیشترین اثرگذاری، بهره‌گرفت. (۲۶)

## یافته‌ها

شکل ۱، نمودار جریان بیمار در بخش اورژانس را نشان می‌دهد. ورود بیماران به بخش اورژانس به دو شیوه مراجعه مستقیم یا به وسیله‌ی آمبولانس می‌باشد. بیماران پس از ورود به بخش اورژانس در بخش تریاژ برای شناسایی وضعیت خود، توسط پرستار مورد معاینه قرار می‌گیرند. بیماران بر اساس شاخص شدت اورژانسی<sup>۱</sup> به پنج سطح دسته‌بندی می‌شوند. بیماران سطح یک که دارای شرایط بحرانی هستند و از هوشیاری مناسبی برخوردار نمی‌باشند که باید آنی به بخش مراقبت‌های ویژه بخش اورژانس انتقال یابند. بیماران سطح دو، بیماران پرخطر نامیده می‌شوند و احتمال پیوستن این بیماران به بیماران سطح یک

فرآیند جریان شکل می‌گیرد. در Arena داده‌های آماری، از قبیل سیکل زمان، سطوح کار در فرآیند، مدت زمان انتظار، تعداد افراد درون صف و همچنین میزان استفاده از منابع ... می‌توانند ثبت و به‌عنوان خروجی گزارش شود. (۲۴)

در این پژوهش پس از ثبت زمان‌های ورود بیماران به بخش اورژانس و مدت زمان انجام عملیات مختلف بر روی بیمار، با استفاده از ابزار کاربردی Input Analyzer که یکی از ابزارهای زمینه‌شده در نرم‌افزار Arena می‌باشد، توابع توزیع برای بخش‌های مختلف محاسبه شده و در نهایت در مدل مربوط به بخش اورژانس در نرم‌افزار Arena، شبیه‌سازی شده‌است.

بر اساس نتایج مطالعات گذشته، شاخص‌های متعددی برای سنجش عملکرد بخش اورژانس ارائه شد. معیارهایی از جمله زمان انتظار بیماران، طول مدت اقامت و ارزیابی عملکرد کارکنان از مهم‌ترین معیارهای عملکرد در بخش اورژانس هستند که در مطالعه حاضر مورد توجه قرار گرفته‌اند. اکنون به تشریح این معیارها می‌پردازیم.

**زمان انتظار بیماران:** مدت زمان انتظار بیماران یکی از عوامل مهمی است که باید در مدیریت و سازمان‌دهی بخش بهداشت و درمان مورد توجه قرار گیرد. زمان انتظار بیماران نه تنها یکی از عوامل مهم و تأثیرگذار بر رضایت بیماران است، بلکه یکی از شاخص‌های ارزیابی وضعیت سیستم مورد مطالعه می‌باشد. (۲۵)

**طول مدت اقامت:** از آنجاکه بسیاری از منابع مراقبتی اغلب محدود هستند و مشکلات برنامه‌ریزی برای کارکنان و مدیران در بر خواهند داشت، ارزیابی طول مدت اقامت کمک زیادی برای استفاده از منابع خواهد نمود؛ اما ارزیابی طول مدت اقامت بیماران یک کار چالش‌برانگیز

<sup>1</sup> Emergency severity index (ESI)

جدول ۲. شیفت‌های کاری بخش اورژانس

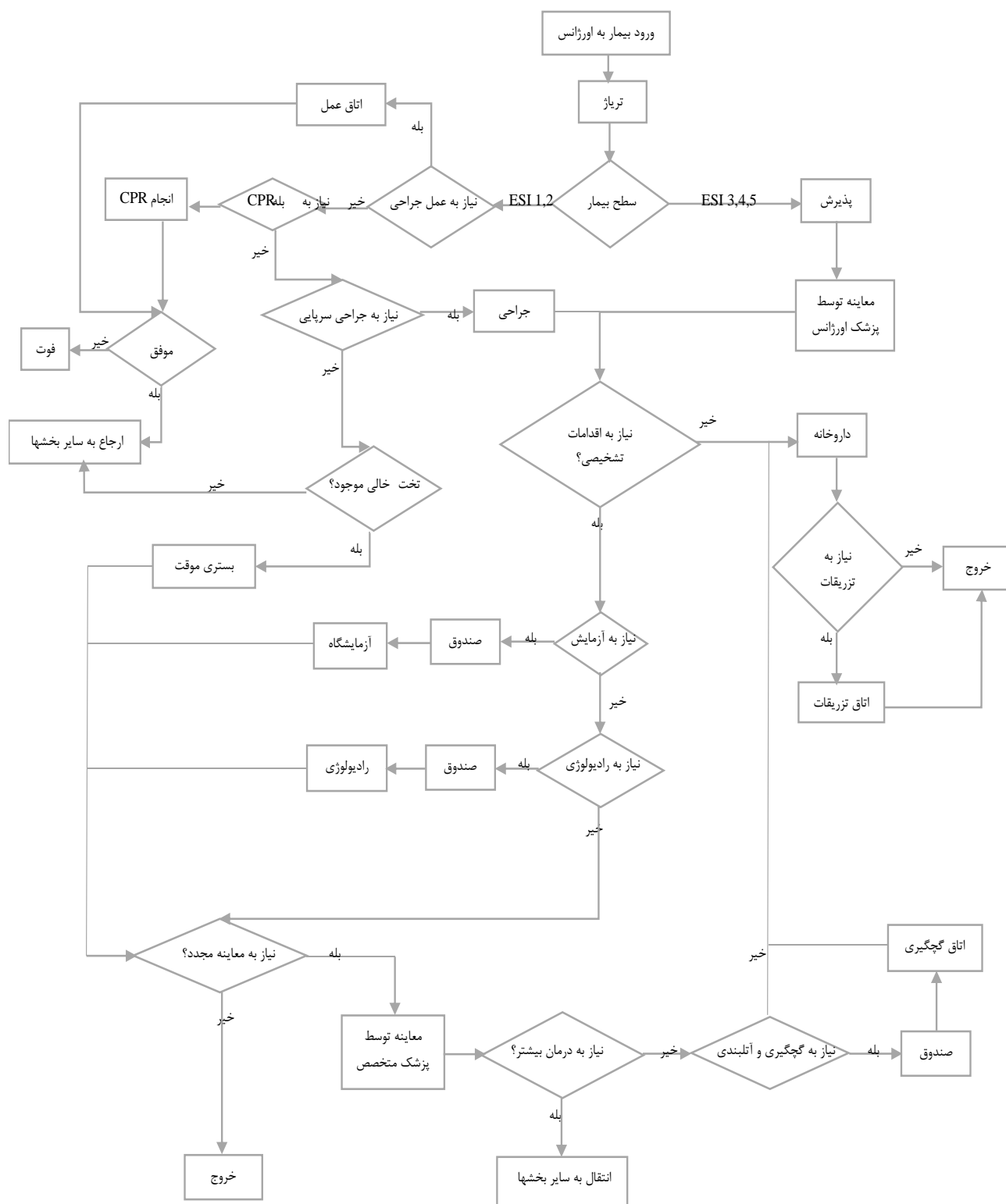
بیمارستان قائم مشهد

ساعت شیفت	شیفت کاری	ردیف
۱۵-۷	صبح	۱
۲۳-۱۵	عصر	۲
۷-۲۳	شب	۳

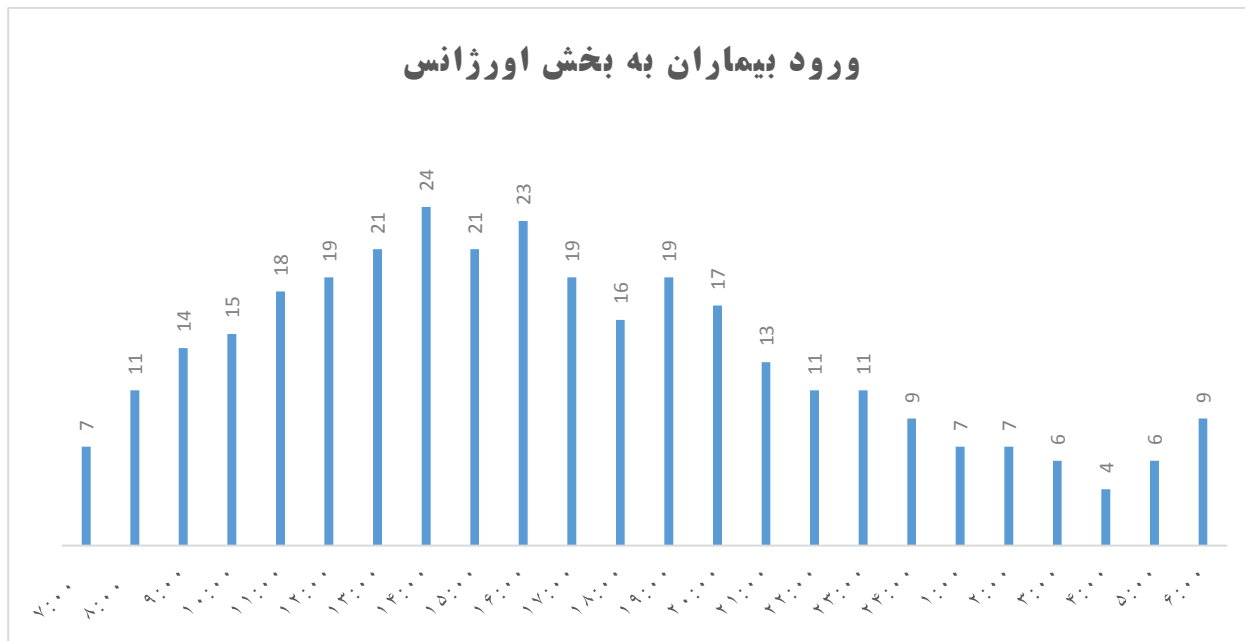
زیاد است. این بیماران دارای دردهای بسیار شدید یا درد و عوارض مشکوک می‌باشند. بیماران سطح سه به آن دسته از بیمارانی اطلاق می‌شود که برای تشخیص بیشتر نیازمند دو یا چند مورد از اقدامات تشخیصی از قبیل آزمایش، نوار قلب، رادیولوژی و غیره می‌باشند. بیماران سطح چهار بیمارانی هستند که نیازمند یک گونه از خدمات درمانی می‌باشند و بیماران سطح پنج بیمارانی هستند که در اورژانس خدمات درمانی دریافت نمی‌کنند و با یک نسخه اولیه خارج شده یا جهت مشاوره به سایر بخش‌ها ارجاع داده می‌شوند.

با تجزیه و تحلیل آمار ثبت شده مربوط به ورود بیماران در دفتر تریاژ در طول ۴۸ ساعت، مشخص شد که به طور میانگین تقریباً هر ۸/۸ دقیقه یک بیمار وارد بخش اورژانس می‌شود. طبق آمار ثبت شده و در طول ۴۸ ساعت کاری بخش اورژانس، تعداد ۳۲۷ بیمار به بخش اورژانس این بیمارستان مراجعه کرده‌اند.

در جدول ۳ تعداد بیماران ورودی با توجه به شدت بیماری، برای ۴۸ ساعت کاری مشخص شده است.



شکل ۱. نمودار جریان-فرآیند بیمار در بخش اورژانس



شکل ۲. نمودار توزیع ورود بیماران به بخش اورژانس در مدت ۴۸ ساعت کاری

جدول ۳. تعداد بیماران ورودی به بخش اورژانس بر اساس شدت بیماری

سطح بیمار	درصد فراوانی	تعداد
۱	۲.۷٪	۹
۲	۲۷٪	۸۸
۳	۶.۷٪	۲۲
۴	۲۷.۸٪	۹۱
۵	۳۵.۸٪	۱۱۷
کل	۱۰۰	۳۲۷

جدول ۴- تعداد بیماران ورودی به بخش اورژانس بر اساس شدت بیماری

ردیف	نوع سرویس	توزیع آماری
۱	ورود بیماران به بخش اورژانس	$1.5 + \text{LOGN}(7.17, 6.03)$
۲	ترياز	$0.5 + \text{WEIB}(1.21, 1.8)$
۳	عمل جراحی	$\text{UNIF}(90, 300)$
۴	پذيرش	$0.5 + \text{WEIB}(0.854, 1.9)$
۵	معاینه اولیه	$3.5 + 7 * \text{BETA}(1.27, 1.92)$
۶	پانسمان و جراحی سرپایی	$14.5 + 26 * \text{BETA}(0.856, 1.05)$
۷	بستری موقت	$\text{TRIA}(150, 240, 600)$
۸	صندوق	$5.5 + 13 * \text{BETA}(1.5, 1.43)$
۹	آزمایشگاه	$\text{NORM}(119, 37.2)$
۱۰	رادیولوژی	$6.5 + \text{GAMM}(7.83, 1.45)$
۱۱	معاینه مجدد توسط پزشک متخصص	$7.5 + \text{WEIB}(4.87, 2.38)$
۱۲	داروخانه	$\text{POIS}(12.6)$
۱۳	تزریقات	$2.5 + \text{ERLA}(0.725, 4)$
۱۴	گچ گیری و آتل بندی	$12.5 + 28 * \text{BETA}(1.03, 1.27)$

### تحلیل داده‌های ورودی

پس از ثبت داده‌های مربوط به زمان‌های بین ورود بیماران و زمان‌های انجام عملیات مختلف، از طریق ابزار Input Analyzer تابع توزیع آماری هر قسمت محاسبه شده است که در جدول ۴ مورد مشاهده می‌باشد.

### اجرای مدل شبیه‌سازی و بررسی نتایج

همان‌طور که قبلاً نیز به آن اشاره شد، زمان انتظار بیماران، طول مدت اقامت، خروجی سیستم و عملکرد منابع از جمله مهم‌ترین شاخص‌های عملکردی در بخش اورژانس می‌باشند

که در نتایج حاصل از اجرای مدل شبیه‌سازی در این پژوهش مورد توجه قرار گرفته‌اند. برای برخورداری از دقت کافی و لازم در نتایج شبیه‌سازی، مدل شبیه‌سازی در طی ۳۰ تکرار که شامل ۳۰ روز کاری بخش اورژانس می‌باشد، اجرا گردید و میانگین حاصل از این تکرارها، در نظر گرفته شده است.

در جدول ۵ نتیجه حاصل از تعیین ورودی بیماران، با استفاده از مدل شبیه‌سازی شده و داده‌های واقعی در بخش اورژانس برای مدت دو روز کاری نشان داده شده است.

## بحث

در این پژوهش، به مدل‌سازی و شبیه‌سازی بخش اورژانس بیمارستان قائم مشهد و استفاده از مدل برای شبیه‌سازی برای بهبود زمان انتظار بیماران و بهبود خدمت‌رسانی پرداخته شده‌است. در مطالعه حاضر، بسیاری از راهکارهای پیشنهادی تنها با اصلاح فرایندهای موجود و بدون صرف هزینه اضافی در استفاده از نیروی انسانی قابل انجام می‌باشد و زمان انتظار بیماران مراجعه‌کننده جهت دریافت خدمات مورد نیاز بخش‌های بیمارستان و اورژانس و به دنبال آن، میانگین زمان حضور بیماران در این فرایند را به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش خواهد داد که این مورد در تحقیقات گذشته کمتر به آن پرداخته شده‌است. راه‌حل‌های پیشنهادی در برخی مطالعات صرفاً بر روی تغییر تعداد نیروی انسانی و امکانات فیزیکی متمرکز شده‌اند و برخی دیگر بر روی اصلاح و تغییر فرآیندها و برخی هر دو جنبه را مدنظر قرار داده‌اند (۷ و ۹). آنچه مشخص است در بسیاری از موارد تنها با اصلاح فرآیندها و بدون صرف هزینه اضافی در استفاده از نیروی انسانی جدید و یا صرف هزینه برای ایجاد بخش جدید، زمان انتظار بیمار جهت دریافت خدمات مختلف تشخیصی و درمانی به‌ویژه خدمات بخش اورژانس را می‌توان به‌میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش داد.

در ادامه برای شناسایی گلوگاه‌های اصلی، مدت زمان انتظار بیماران در بخش‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت که در جدول ۶ قابل مشاهده می‌باشد. همان‌طور که در جدول ۶ مشاهده می‌کنید، بخش‌های آزمایشگاه، معاینه مجدد بیمار توسط متخصص و داروخانه قسمت‌های هستند که بیشترین زمان انتظار بیماران برای دریافت خدمت را دارند. همچنین در جدول ۷ تعداد نیرو در اختیار در هر شیفت و میزان عملکرد مفید کارکنان مشغول به خدمت در هر یک از قسمت‌ها نیز مشخص شده‌است.

### ارائه سناریو جهت بهبود زمان انتظار

از آنجایی که بهبود وضعیت فعلی سیستم اورژانس، یکی از اهداف اصلی این پژوهش می‌باشد لذا در این بخش، پنج سناریو بهبود، با توجه به معیار هزینه ارائه گردیده‌است. با اجرای این سناریوها می‌خواهیم تعیین کنیم که با اضافه کردن چه تعداد نیروی انسانی به بخش‌هایی با بیشترین زمان انتظار، وضعیت این معیار، به چه میزان بهبود می‌یابد.

بر اساس نتایج جدول ۸، سناریو دوم مناسب‌ترین و به‌صرفه‌ترین راهکار جهت کاهش زمان انتظار بیماران در بخش اورژانس می‌باشد. همان‌طور که مشخص است با اضافه کردن یک نیروی تکنسین آزمایشگاه به بخش آزمایشگاه در شیفت [۱۵-۲۳] زمان انتظار بیماران تقریباً ۶۶ دقیقه کاهش می‌یابد.

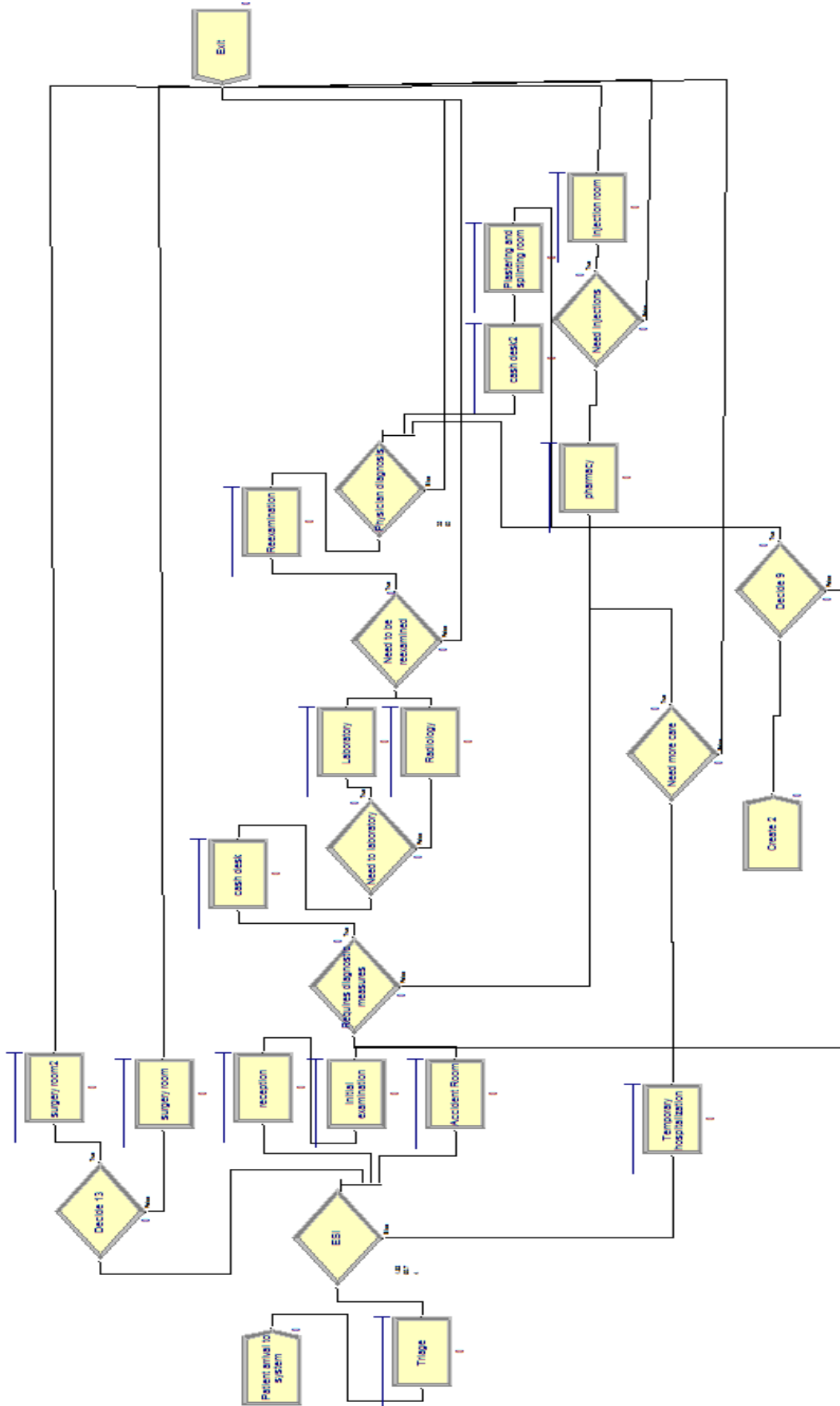
در این جدول، هزینه ماهانه شامل هزینه‌های حقوق، اضافه‌کار، کارانه و غیره می‌شود که از پرسنل پرسیده شده‌است و در جدول ۸ اضافه شده‌است. برای به‌دست آوردن هزینه روزانه هر دقیقه کاهش زمان انتظار، باید به‌صورت زیر عمل کنیم.

زمان بهبود / (۳۰ / هزینه ماهانه اجرای سناریو)

مثلاً هزینه روزانه هر دقیقه کاهش زمان انتظار برای سناریو

۲ به‌صورت زیر به‌دست می‌آید.

$$(۶۵۰۰۰۰۰/۳۰) / (۸۷-۱۵۳.۷۸) = ۳۲۴۵$$



شکل ۳. مدل شبیه‌سازی اورژانس توسط نرم‌افزار ARENA

جدول ۵. تعداد بیماران ورودی به بخش اورژانس بر اساس شدت بیماری

بیماران مراجعه کننده به اورژانس در طول دو روز کاری	خروجی مدل
۳۲۷	۳۳۳

جدول ۶. زمان انجام ارائه خدمات و زمان انتظار بیماران در بخش های مختلف

ردیف	نام بخش	متوسط زمان انجام ارائه خدمات (دقیقه)	متوسط مدت زمان انتظار جهت دریافت خدمت (دقیقه)
۱	جراحی سرپایی	۲۵	۰/۰۷
۲	صندوق	۲	۱/۵
۳	معاینه اولیه	۹/۷۳	۸/۶
۴	اتاق تزریقات	۵/۴	۰/۰۲
۵	آزمایشگاه	۱۲	۱۰/۸
۶	داروخانه	۴/۶	۱۶/۸
۷	اتاق گچ گیری و آتل بندی	۲۵	۰/۰۳
۸	رادیولوژی	۷/۵	۰/۵
۹	پذیرش	۱/۲۶	۰/۰۸
۱۰	معاینه مجدد	۱۴/۳	۱۷/۷
۱۱	اتاق عمل	۱۹۰	۰
۱۲	بستری موقت	۳۳۰	۰/۴
۱۳	تریاز	۱/۶	۰/۰۸
	مجموع		۱۵۳/۷۸

جدول ۷. میزان بهره‌گیری از منابع

ردیف	بخش مشغول به کار	نیرو متخصص	تعداد نیرو در اختیار در هر شیفت	درصد عملکرد مفید
۱	جراحی سرپایی	پرستار	۲	۵۳٪
		دستیار پزشک	۱	۳۱٪
۲	بستری موقت	سرپرستار	۱	۴۶٪
		پرستار	۶	۵۳٪
		دستار پزشک	۲	۳۱٪
		تخت	۲۰	۶۰٪
۳	معاینه اولیه	پزشک عمومی	۱	۷۸٪
۴	اتاق تزریقات	پرستار	۲	۵۳٪
۵	آزمایشگاه	تکنسین آزمایشگاه	۶	۹۰٪
۶	داروخانه	تکنسین داروخانه	۴	۹۲٪
۷	اتاق گچ‌گیری و آتل‌بندی	پرستار	۱	۵۳٪
۸	رادیولوژی	رادیولوژیست	۳	۲۲٪
۹	پذیرش	کارمند پذیرش	۱	۱۰٪
۱۰	معاینه مجدد	متخصص طب اورژانس	۱	۷۸٪
۱۱	صندوق	کارمند	۲	۴۹٪
۱۲	تریاز	پرستار	۱	۵۳٪

جدول ۸. مقایسه سناریوها جهت کاهش زمان انتظار بیماران در بخش اورژانس

سناریو	نیروی متخصص	تعداد نیرو اضافی در شیفت کاری	هزینه ماهانه اجرای سناریو	زمان انتظار کل (دقیقه)	هزینه روزانه هر دقیقه کاهش زمان انتظار
سناریو ۱	تکنسین آزمایشگاه	۱, [۷-۱۵]	۶۵۰۰۰۰۰	۱۰۶	۴۵۳۵
سناریو ۲	تکنسین آزمایشگاه	۱, [۱۵-۲۳]	۶۵۰۰۰۰۰	۸۷	۳۲۴۵
سناریو ۳	تکنسین داروخانه	۱, [۷-۱۵]	۶۰۰۰۰۰۰	۱۳۴	۱۰۱۱۱
سناریو ۴	متخصص طب	۱, [۷-۱۵]	۹۰۰۰۰۰۰	۱۳۴	۱۵۱۶۶
سناریو ۵	تکنسین آزمایشگاه	۱, [۷-۱۵] ۱, [۱۵-۲۳]	۱۳۰۰۰۰۰۰	۶۵	۴۸۸۱
وضعیت فعلی				۱۵۳.۷۸	

کلیدی ایفا می کنند، لذا در این پژوهش سعی گردید تا هرگونه زمان انتظار احتمالی در این بخش تعیین گردد.

### نتیجه گیری

نتایج حاصل از اجرای مدل شبیه سازی نشان داد که به ترتیب بخش های آزمایشگاه، معاینه توسط پزشک متخصص و داروخانه دارای بیشترین زمان انتظار در این بخش می باشند و در ادامه پنج سناریو جهت بهبود زمان انتظار بیماران ارائه گردید. نتایج نشان می دهد که با اضافه کردن یک تکنسین آزمایشگاه به شیفت کاری عصر، زمان انتظار به میزان ۶۶ دقیقه کاهش می یابد. از طرفی نیز هزینه اجرای سناریو برحسب هر دقیقه کاهش زمان انتظار در حال حاضر به میزان ۳۲۴۵ تومان می باشد که می توان گفت به صرفه ترین انتخاب از میان گزینه های پیشنهاد شده می باشد.

استفاده از مدل های ریاضی و بهینه سازی در کنار شبیه سازی برای دستیابی به جواب بهینه بعد از اجرای سناریو و همچنین در نظر گرفتن اختلالات احتمالی در سیستم و افزودن به مدل شبیه سازی (به عنوان مثال، تغییرات مربوط به الگوی ورود بیماران در شرایط بحرانی) و استفاده از تکنولوژی های نوین مانند سنسورهای هوشمند متصل شونده به بیمار، جهت جمع آوری و ثبت اطلاعات مربوط به زمان ها و جریان فرآیند بیمار در بخش های مختلف، برای انجام تحقیقات آتی پیشنهاد می شود.

بررسی مطالعات داخل ایران نشان می دهد که یکی از مشکلاتی که در ارائه خدمات درمانی و تشخیصی در بخش های اورژانس به ویژه ارائه خدمات توسط پزشکان عمومی، دستیاران و پزشکان متخصص وجود دارد، این است که پرداختن به کارهایی که در بسیاری از موارد در حیطه وظایف این افراد نمی باشد و به کارگیری این افراد به طور هم زمان در بخش های مختلف بیمارستان نظیر اتاق عمل، درمانگاه و بخش های بستری باعث عدم توجه و تمرکز این افراد به ویژه دستیاران به بخش اورژانس و از طرفی خستگی و فرسودگی این افراد شده است. یکی دیگر از دلایل اصلی بالا بودن زمان انتظار بیماران این است که در بسیاری از مواقع به دلیل درخواست انجام امور پاراکلینیکی برای بیمار توسط کارورزان و دستیاران که معمولاً به دلیل نداشتن تجربه و مهارت لازم در زمینه تشخیص بیماری و یا جراحی به وجود می آید، حجم مراجعه کنندگان به واحدهای پاراکلینیکی افزایش می یابد که این مسئله باعث ایجاد اختلال در ارائه خدمت توسط این واحدها و در نهایت افزایش زمان انتظار بیماران شده است که در این تحقیق با اجرای سناریو، زمان انتظار بیماران کاهش می یابد. از جمله مهم ترین نکاتی که این پژوهش را نسبت به سایر تحقیقات مشابه، برجسته می کند و در تحقیقات گذشته نادیده گرفته شده است، زمان سنجی عمل های فوری در بخش اورژانس می باشد. همان طور که مشخص است اتاق عمل یکی از قسمت های حیاتی بیمارستان بوده که در آن ثانیه ها نقش

## Reference

1. Yih Y. Handbook of Healthcare Delivery Systems., Boca Raton: Taylor & Francis. 2011. (pp : 814–821).
2. Chaos S. Managing Dina mice Business Strategies In On Unpredictable Word. Kogan London. 2016. (pp:30).
3. Lee T. An EMTALA primer: the impact of changes in the emergency medicine landscape on EMTALA compliance and enforcement.,” *Annals of Health* 2014 .( vol.13. pp: 145–178).
4. Soremekun O, Takayesu J, Bohan S. Frameework for analysing wait times and other factors that impact patient satisfaction in the emergency department. *The Journal of Emergency Medicine*. 2011 (vol: 41. pp. 686–692)
5. Taboada M, Cabrera E, Epelde F, Iglesias M, Luque E. Using an Agent Based Simulation for predicting the effects of patient’s derivation policies in Emergency Departments. *Procedia Computer Science*. 2016 (pp. 641 – 650).
6. Sundarammoorthi D, CHen VC, Rosenberger JM, Kim SB. A data- integrated simulation model to evaluate nurse- patient. *Health Care Manag Sci*.2019 ( pp. 68-252).
7. Jokar Kohangi H. Mahdavi p, Bagherinejad J. Development of the quality of emergency services with simulation tools and improvement using queuing theory. Case study: hospital emergency in Karaj city. *New researches in management and industrial engineering*, 2015.
8. Marinho P, Silva S, Ricardo Pinto L, EMERGENCY MEDICAL SYSTEMS ANALYSIS BY SIMULATION AND OPTIMIZATION. *Proceedings of the the tenth Winter Simulation Conference*, 2101
9. Banks J, Carson J, Nelson BL, Nicol D, *Discrete-event system simulation.*, New Jersey: Prentice-Hall, 2018.
10. Taghi Yazdi M, Nazari Shirkouhi S, Yaqoubi, A. Using discrete event simulation and data envelopment analysis in order to improve hospital emergency performance,” *Industrial Management Quarterly*. 2018 (pp. 63-82).
11. Yavari M. Tawakoli M, Kanawatinejad, F Jalali Far E. Discrete simulation of the process of admission of waiting patients and providing improvement scenarios with the aim of reducing patients' waiting time,” *Hospital Quarterly*. 2017 ( pp. 68-80).
12. Sofi M A, Khatami F, Taqi Tagvifard S, Sajjadi J. Presenting a multi-objective optimization model for allocating services to bank customers with the help of data mining and simulation, *Production and Operations Management*. 2018 ( pp. 161-180).
13. Asadi R, Mokhtarian D B. Providing a discrete event simulation model to improve the quality of services: a case study in the urology unit of a kidney subspecialty center. *Journal of Quality Engineering and Management*. 2018 ( pp. 244-260).
14. Asadi A, Bahari F. Performance analysis of emergency department queuing system: a simulation approach based on the design of experiments,” *Management strategies in the health system*. 2018 (pp. 160-172)
15. Soltani Z, Shavandi M, Sajjadi R. Simulation of discharge system with personal consent of patients of Khatam Al-Anbia Hospital (S) in Tehran,” *Journal of Health Information Management*. 2019 ( pp. 54-59).
16. Mansouri P, Azimi M. Simulation of distribution and allocation of emergency medical services ambulance in urban area,” *Supply Chain Management*. 2019 ( pp. 67-79).
17. Aghaei M, Taqi Taqvifard A, Dadvand M. Improving the service process and reducing the waiting time of customers in the bank with a simulation approach,” *Smart Business Management Studies Quarterly*. 1400 ( pp. 75-105).
18. Sohrabi S, Jafaranjad H, Khoshnejad E, Mahmoudenejad D, Esmailian S. "Satisfaction of pediatric assistants, emergency room and nurses from cardiopulmonary resuscitation and children's trauma workshops using simulation techniques,” *Iranian Journal of Education in Medical Sciences*. 1401 ( pp. 186-193).
19. Alkhamis M, Ahmed T. Simulation optimization for an emergency department healthcare unit in Kuwait. *European Journal of Operational Research*. 2018 ( pp. 936–942).
20. Timothy H, Chaplin P, Kyla Caner D. Simulation-based research in emergency medicine in Canada:

- Priorities and perspectives. ORIGINAL RESEARCH RECHERCHE ORIGINALE. 2019 ( pp. 103-111).
21. Wang T, Guinet A, Belaidi A Besombes B. Modelling and simulation of emergency services with ARIS and Arena. Case study: the emergency department of Saint Joseph and Saint Luc Hospital. *Production Planning & Control. The Management of Operations*. 2020. (pp. 484-495).
22. Dönmez D, Abdulkadir A, Cem C. Optimizing experimental simulation design for the emergency departments. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*. 2020 (pp.1-13).
23. Bella Z, Mahbub S, Nandakumar M, Shylaja D, Jayaram K. Obstetric neonatal emergency simulation workshops in remote and regional South India: a qualitative evaluation. *Advances in Simulation*. 2021
24. Motalebi M, Yadaleh P, Babak T and M. Measurement and analysis of strategies to reduce the waiting time of clients to public health centers based on simulation. *Nizam Salamat Research Journal*. 2012 (pp. 550-560)
25. Arianjad A, Ayenparast J, Tabibi K, Shahanghi B. Waiting time of outpatients using simulation models. *Paish Quarterly*. 2015 (pp. 328-333)
26. Walczak S. A decision support tool for allocating hospital bed resources and determining required acuity of care. *Decision Support Systems*. 2019 ( p. 445- 456).