Industrial Management Perspective

Print ISSN: 2251-9874, Online ISSN: 2645-4165
Volume 11, Serial Number 42, Summer 2021, Pages 65-97 (Original Article)
DOI: 10.52547/JIMP.11.2.65

Proposing a Model for Analyzing and Improving a Service System through Queue Theory and Simulation Approach (Case: Hamedan Power Company)

Peyman Zandi[*], Mohammad Rahmani[**], Parham Azimi[***]

Abstract

It's evident that waiting in a queue is not desirable. Nevertheless, reducing the waiting time will be costly. In order to enhance the efficiency and improve the performance of a system, there are some solutions that result in reductions in the response time and enhancement in user satisfaction. Among all, the simulation approach does not deliver a real optimal solution but provides a description of the events that take place under certain conditions in the system. Through such a model, the decision-maker can investigate system improvements via scenario analysis. This study aims to analyze a system's behavior through queue modeling, simulation, and statistical analysis. The case under study was a service system i.e. the financial department of Hamedan Power Company. This system was modeled and analyzed via the ED software, version 8.1. Thereby, improving changes were foreseen and statistically analyzed. Findings on the proposed scenario show a significant reduction in the total waiting time of this system. Based on this scenario, it was proposed that three personnel – via a training program – serve all the three customer types (A, B, & C). In this way, the model format changed. Almost 60 seconds of each customer's time was saved thereby. Hence the workflow can be changed through interventions such as developing some training programs.

Keywords: Services Management; Simulation; Queue theory; ED Software.

Received: Nov. 09, 2019; Accepted: Mar. 14, 2021.
* Master's Degree Graduated, Allameh Tabatabai University.
** Assistant Professor, Bu Ali Sina University (Coresponsible author).
Email: m.rahmani@basu.ac.ir
*** Associate Professor, Islamic Azad University, Qazvin Branch.

چشم‌انداز مدیریت صنعتی

شاپای چاپی: ۹۸۷۴-۲۲۵۱، شاپای الکترونیکی: ۴۱۶۵-۲۶۴۵

سال یازدهم، شماره ۴۲، تابستان ۱۴۰۰، ص‌ص ۶۵ – ۹۷ (**نوع مقاله: پژوهشی**)

DOI: 10.52547/JIMP.11.2.65

ارائه الگوی تجزیه‌وتحلیل و بهبود سیستم خدماتی با استفاده از نظریه صف و رویکرد شبیه‌سازی (مورد مطالعه: واحد مالی سازمان آب همدان)

پیمان زندی*، محمد رحمانی، پرهام عظیمی*****

چکیده

در سیستم خدمات، افراد علاقه ندارند که برای دریافت خدمات در صف منتظر بمانند. برای افزایش کارایی و بهبود عملکرد سیستم می توان از شبیه‌سازی کمک گرفت. شبیه‌سازی توصیفی از رویدادهای جاری در سیستم را ارائه می‌دهد. در این پژوهش با ارائه الگوی مدل‌سازی صف یک سیستم خدماتی به کمک نرم‌افزار ED نسخه ۸,۱، رفتار سیستم واحد مالی سازمان آب همدان شبیه‌سازی و تجزیه‌وتحلیل شده است؛ سپس با انتخاب کم‌هزینه‌ترین سناریو، بهبودها پیش‌بینی شده است. عناصر مدل نیز تجزیه و تحلیل آماری شده و بدین ترتیب پایداری روش از نظر پایایی و روایی نشان داده شده است. نتایج سناریوی پیشنهادی تفاوت معناداری را در کاهش زمان انتظار کل سیستم نشان می‌دهد. در سناریو تقسیم کار با ایجاد همکاری بین خدمت‌دهندگان می‌توان زمان انتظار کل مراجعه‌کنندگان سیستم را کم کرد. طبق این سناریو تصمیم بر این شد که با آموزش هر سه کارمند آن‌ها را توانمند ساخت تا هر سه بتوانند به هر سه نوع رجوع‌کننده A و B و C خدمت‌رسانی کنند. به این ترتیب شکل مدل تغییر پیدا کرد. در نتیجهٔ راهکار پیشنهادی، به‌طور میانگین تقریبا ۶۰ ثانیه در وقت هر مراجعه‌کننده صرفـه‌جویی می شود. پس می‌توان با تدابیر ممکن و تدوین برنامه آموزشی جریان کار را بهبود داد.

کلیدواژه‌ها: مدیریت خدمات؛ شبیه‌سازی؛ نظریه صف؛ نرم‌افزار ED.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۸/۱۸، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۲۴.

* دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه علامه طباطبائی

** استادیار، دانشگاه بوعلی سینا (نویسنده مسئول).

Email: m.rahmani@basu.ac.ir

*** دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین.

۱. مقدمه

بسیاری از سازمان‌های خدماتی ارتباط نزدیک، قوی و پیچیده‌ای با ارباب‌رجوعان (مشتریان) خود دارند؛ چراکه آن‌ها مایه حیات سازمان هستند. بنابراین یکی از شروط تداوم بقای این سازمان‌ها بررسی و تحلیل مسائل مربوط به رضایت‌مندی مشتریان و ارباب‌رجوعان است [۳۸]؛ ازاین‌رو شناسایی و جمع‌آوری اطلاعات در مورد مشتریان و ارباب‌رجوعان شامل شناسایی نیازهای آن‌ها و پاسخگویی به آن‌ها، بررسی و پاسخ به شکایات آن‌ها و سنجش رضایت باید در رأس اهداف و سیاست‌های مدیران سیستم قرارگیرد. رضایت و جلب توجه رجوع‌کنندگان به سیستم یکی از عوامل موفقیت مدیریت است؛ بنابراین مدیریت همواره به دنبال شناخت رفتار مراجعه‌کنندگان برای ارائه خدمات سریع‌تر و بهتر است [۵].

یکی از موارد مورد توجه مدیران زمانی است که مشتریان یا مراجعه‌کنندگان باید برای دریافت خدمات خود انتظار بکشند؛ چراکه طول صف و زمان انتظار دو عامل مهم است که نقش مهمی در درک کیفیت خدمات در سازمان‌های خدماتی دارد؛ بنابراین مدیران همواره نگران شرایط ارائه خدمات مطلوبی هستند که می‌تواند مشتریان یا ارباب‌رجوعان را راضی کند [۲۹]. هرچند این قضیه در مورد سازمان‌های خدماتی رقابتی بیشتر مشهود است. زمان زیاد سپری‌شده در صف‌های طولانی انتظار به چالشی عمده برای بانک‌ها تبدیل شده است تا بتوانند زمان طولانی انتظار مشتریان در صف را به‌منظور افزایش رضایت مشتری و کاهش هزینه‌ها برای رقابت در اقتصاد امروز، مدیریت کنند [۱۵].

به‌طورکلی با توجه به اهمیت مشتری‌مداری و تکریم ارباب‌رجوع و موارد ذکرشده، یکی از مهم‌ترین مسائلی که در سازمان‌های خدماتی بر آن تأکید می‌شود، حفظ کرامت و حرمت ارباب رجوعان و ارزش‌دهی به آن‌ها است که توجه به این مهم نشان‌دهنده شایستگی مدیران و بی‌توجهی به آن نشان‌دهنده ضعف مدیریت در سازمان است؛ ازاین‌رو لازم است معیارهای عملکرد صف تحلیل شود و راهکارهایی برای کاهش طول صف توسط مدیران موردآزمایش قرار گیرد. با توجه به اینکه این‌گونه تصمیم‌ها معمولاً سرمایه‌بر هستند، انتخاب روش‌هایی که بهترین نتیجه ممکن را با کمترین هزینه در برداشته باشد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بی‌توجهی به ابزارهای نوین موجود درنهایت باعث عدم‌اطمینان در تصمیم‌گیری خواهد شد؛ ازاین‌رو صاحب نظران به دنبال مجهزکردن تصمیم‌گیرندگان به ابزارها و فن‌های جدید هستند تا تصمیم‌هایی با درجه اطمینان بالا داشته باشند [۳۵]. نظریه صف برای ارائه مدل به‌منظور پیش‌بینی رفتار سیستم‌هایی که سعی در ارائه خدمات برای افزایش تصادفی تقاضا دارند، ایجاد شده‌اند [۲۳]

از طرفی روش‌ها و تکنیک‌های مختلفی برای کمک به مدیران در شناخت و بهبود عملکرد و تصمیم‌گیری در مورد سیستم‌ها به‌وجود آمده است که به‌کارگیری آن‌ها به نوع سیستم و مسئله مربوطه بستگی دارد. تجزیه‌وتحلیل‌های ریاضی، مشاهده عینی و تجربی و فنون مختلف پژوهش

عملیاتی را می‌توان نمونه‌ای از این روش‌ها دانست. طبیعی است که هر یک از روش‌های یادشده نقاط قوت و محدودیت‌هایی دارند. به‌کارگیری همه آن‌ها در مورد یک سیستم خاص نه به سادگی امکان‌پذیر است و نه نتیجه یکسانی خواهد داشت؛ بنابراین سؤالی که برای مدیران مطرح می‌شود چگونگی و یا روش و ابزار کاهش زمان انتظار است و یا اینکه با توجه به شرایط سازمان ها چه راهکارهایی برای رسیدن به رضایت‌مندی بیشتر مراجعان با رویکرد اصلاح فرآیندهای کاری وجود دارد؟ برای پاسخگویی با این پرسش می‌توان از شبیه‌سازی استفاده کرد. شبیه‌سازی شیوه‌ای پویا است که می‌تواند بسته به شرایط تصمیم‌گیری، بهترین راهکار در راستای تصمیم-گیری مدیران را جهت اصلاح فرآیند انجام کار معرفی کند. هنر نظریه صف در این است که ابتدا یک مدل ساده بسازد و سپس با استفاده از تجزیه و تحلیل‌ها ریاضی نتایج به‌دست‌آمده با نتایج واقعی را مقایسه کند و با افزودن جزئیات لازم به مدل، آن را با سیستم واقعی هماهنگ کند. درواقع صف یک خط انتظار است، مانند انتظار مشتریان پشت کانترهای سوپرمارکت. نظریه صف یک نظریه ریاضی برای خطوط انتظار است. به‌طورکلی نظریه صف به دنبال استفاده از مدل-سازی ریاضی و تجزیه و تحلیل سیستمی است که بتواند به نحو مطلوب به تقاضاهای تصادفی خدمت‌رسانی کند. یک نظریه صف به‌طورکلی نمایانگر دو مطلب است: ۱. موقعیت فیزیکی سیستم: از طریق مشخص‌کردن تعداد و آرایش خدمت‌دهندگان که به مشتریان سرویس می‌دهند و ۲. ماهیت تقاضا که می توان از طریق متغیر گرفتن فرایند ورود به سیستم و همچنین نحوه سرویس‌دهی به مشتریان، آن را مشخص کرد [۳].

شبیه‌سازی، تقلیدی از عملکرد فرآیند یک سیستم واقعی با لحاظ‌کردن عامل زمان است. در شبیه‌سازی به‌جای ایجاد فرمولی ثابت برای به‌دست‌آوردن راه‌حل، مسئله چندین بار اجرا و هر بار نتایج نگاشت می‌شود. درنهایت این دستاوردها بررسی و تحلیل می‌شود [۱۲]. از شبیه‌سازی تعاریف متفاوتی شده است؛ اما می‌توان گفت کامل‌ترین تعریف را شانون[۱] (۱۹۷۵)، ارائه داده است: «فرآیند طراحی مدلی از سیستم واقعی و انجام آزمایش‌هایی با این مدل با هدف پی‌بردن به رفتار سیستم یا ارزیابی استراتژی‌های گوناگون برای عملیات سیستم». شبیه‌سازی یکی از تکنیک‌های پشتیبانی از تصمیم‌های مدیریت و کاهش خطر فرآیند تصمیم‌گیری است که در آن به‌وسیله ارزیابی و تحلیل استراتژی‌های مختلف و با استفاده از رایانه، راه‌حل‌های مختلفی در جهت بهبود وضع موجود فراهم می‌شود و بدین وسیله هزینه‌ها و خطرهای اجرای عملی راهکارها کاهش می‌یابد [۲]. شبیه‌سازی علم و هنر ساختن نمایشی (مدلی) از یک فرایند یا سیستم، به‌منظور ارزیابی و آزمایش راهبردها است. شبیه‌سازی روشی برای آگاهی از نتایج ایده های پیشنهادی قبل از اجرای آن‌ها است. بهبود عملکرد واحدهای عملیات خدماتی در مقایسه با

۱ Shannon

واحدهای تولیدی، جنبه‌های ویژه‌ای دارد. به‌دلیل ماهیت پویا و پیچیده عملیات خدمات، کاربرد روش شبیه‌سازی توجیه پیدا می‌کند [۵۰]. مدل‌های شبیه‌سازی قادر به تجزیه‌وتحلیل «اگر–آنگاه» هستند؛ اما نمایشی صحیح یا کمّی از روابط علّی بین عناصر مختلف درون مدل ارائه نمی‌دهند. این روابط به‌طور غیرمستقیم از طریق شبیه‌سازی برقرار می‌شوند؛ ازاین‌رو استفاده از روش مدل‌سازی دیگری برای به‌دست‌آوردن پویایی صریح و کمّی و روابط بین متغیرها ضروری است [۴۳]. بنابراین طراحی مدل شبیه‌سازی به‌منظور تحلیل برای پیش‌بینی تأثیر تغییرات سیستم‌های موجود و نیز به‌عنوان ابزاری برای پیش‌بینی عملکرد سیستم جدید در مجموعه‌ای از شرایط مختلف کاربرد دارد. در میان روش‌های مختلفی که به‌منظور بررسی گزینه‌های مختلف مفید هستند، ثابت شده است که شبیه‌سازی قابلیت بالایی در مدل‌سازی و ارزیابی چنین شرایطی دارد. یکی از ابزارهایی که در جهت تصمیم‌گیری و بهینه‌سازی پارامترهای سیستم صف به‌کار می‌رود، شبیه‌سازی به کمک نرم‌افزارهایی همچون Arena و ED[۱] است.

در این پژوهش کوشیده می‌شود با ارائه الگویی، سیستم خدمت‌دهی در واحد مالی اداره آب استان همدان با درنظرگرفتن تمام عوامل مؤثر بر آن و برای مدیریت صف، شبیه‌سازی شده و راهکاریی برای بهبود و اصلاح فرآیندهای آن ارائه شود. هدف، یافتن فرآیندهایی است که به تشکیل گلوگاه و کاهش کارایی خدمت‌دهنده‌ها و نیز اتلاف زمان مراجعه‌کنندگان منجر می‌شود. این پژوهش به دنبال پاسخ به این سؤال است که چگونه می‌توان با مدیریت صف، سرعت عمل و کارایی ارائه خدمات را با کمترین هزینه افزایش داد و به هدف اصلی که جلب رضایت ارباب رجوعان است، دست یافت.

نظریه صف با استفاده از از محاسبات ریاضی، مانند احتمال داشتن N مشتری در سیستم، میانگین طول صف، میانگین زمان انتظار و حداکثر ظرفیت سیستم و غیره، رفتارهای سیستم نوبت‌دهی را پیش بینی می‌کند. کاربردهای نظریه صف که بیشتر در حوزه‌های احتمالات، تحقیقات عملیاتی، علوم مدیریت و مهندسی صنایع طبقه‌بندی می‌شوند، با یکدیگر تفاوت دارند. به‌عنوان مثال برای برنامه‌ریزی (بیماران در بیمارستان، به‌کارگیری ماشین‌آلات، برنامه‌ها در رایانه) یا جریان ترافیک (هواپیما، وسیله نقلیه، مردم، ارتباطات) و یا طراحی امکانات (بانک‌ها، پست، ادارات، پارک‌های تفریحی، رستوران‌ها) [۲۲].

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

۱. Enterprise Dynamics

یکی از جنبه‌های اصلی عملیات خدمت، صف است. همان‌طور کلاینراک[۱] (۱۹۷۵) بیان کرده است، نظریه صف با کار تحقیقاتی مهندسی دانمارکی به نام ای.کی.ارلنگ [۲]در سال ۱۹۰۹ آغاز شد. در آن زمان او با واکاوی میزان افزایش و کاهش تقاضا در سیستم تلفن به بررسی عوامل و روابط موجود در سیستم پرداخت. هشت سال بعد او جزئیات مطالعات خود را منتشر ساخت که پایه و اساس نظریه‌های صف قرار گرفت. در پایان جنگ جهانی دوم او کاربرد مدل‌های صف را به‌سرعت گسترش داد. طبق گزارش عابدی و همکاران (۱۳۸۹)، اکنون مدل‌های صف بر حسب ماهیت کاربرد آن‌ها در سیستم‌های تولیدی، حمل‌ونقل، سیستم‌های انبارداری و سیستم‌های خدماتی به‌طور وسیعی استفاده می‌شوند.

پژوهش‌های داخلی. در حوزه کیفیت خدمت، تقی‌زاده یزدی و همکاران (۱۳۹۷)، در مطالعه‌ای به بررسی حوزه‌های کیفیت خدمات و سنجش کیفیت آن‌ها در شرکت‌های هواپیمایی کشور پرداختند و با شناسایی شاخص‌های مهم در این زمینه، شرکت‌ها را از این لحاظ رتبه‌بندی کردند. یکی از جنبه‌های مهم عملیات خدمت، میزان ورودی یا همان تقاضای سیستم و مدیریت آن است [۵۲]. نرخ ورود، رابطه نزدیکی با صف دارد که از کلیدواژه‌های پژوهش حاضر است. این موضوع به‌طور خاص در پژوهش واقف‌زاده و کریمی (۱۳۹۷)، موردتوجه قرار گرفته است. این پژوهشگران روند تقاضای وارده به شبکه خدمات تلفن همراه را بررسی کردند و با مطالعه «اثر شلاق چرمی» با سه مدل معروف خانواده ARCH، درباره کارایی تکنیک‌های مربوط در مدیریت تقاضا، از قبیل مدل‌های سری زمانی خودرگرسیو در بستر خدمات ارزش‌افزوده تلفن همراه، اظهار نظر کردند [۵۴].

ماهیت آینده‌نگری پژوهش در مطالعه رعیت‌پیشه و تیزرو (۱۳۹۵)، نمود بیشتری دارد. این پژوهشگران در باب کیفیت خدمات، با رویکرد سناریونگاری در جست‌وجوی راهبردهای کیفیت خدمات گمرک، به سناریوهای خوش‌بینانه، بدبینانه و محتمل دست یافتند [۴۲].

جعفرنژاد و همکاران (۱۳۹۳)، با ارائه یک رویکرد ترکیبی فازی، عملکرد زنجیره تأمین خدمات در صنعت هتلداری را ارزیابی کردند. گزارش نتایج نشان داد که مدیران و متولیان توسعه صنعت هتلداری برای افزایش سطح عملکردی زنجیره تأمین و بهبود خدمت‌رسانی به مشتریان خود باید به معیارهایی مانند کیفیت سطح خدمت تأمین‌کننده، تنوع خدمت، انعطاف‌پذیری و رضایت مشتری توجه کنند [۲۶].

اصغری‌زاده و همکاران (۱۳۹۳)، با مقایسه دو تکنیک جبرانی و غیرجبرانی، ابعاد کیفیت در سازمان‌های خدماتی را اولویت‌بندی کردند [۶].

---

۱. Kleinrock

2. A.K. Erlang

مدیریت ارائه خدمت نخستین معیاری است که در مطالعه رضائی پندری و همکاران (۱۳۹۳)، به‌عنوان معیارهای ارزیابی عملکرد تأمین خدمات بر اساس سطح ارزیابی و فرایندهای مدیریت زنجیره تأمین خدمات شناسایی شده است؛ بنابراین مدیریت ورودی‌ها و صف و بررسی این موضوع اساس مدیریت خدمات است [۴۴]. میرفخرالدینی و پیرو (۱۳۹۱) نیز مؤلفه‌های کیفیت بانک‌ها را تدوین کردند که در میان آن‌ها پس از عوامل ملموسی از قبیل ظاهر خدمت‌دهندگان و محیط و دستگاه نوبت‌دهی، در بخش ارائه خدمات، به عوامل تأثیرگذار در ارائه خدمت از قبیل ارائه خدمات صحیح به‌وسیله کارکنان، توانمندی حل مشکلات مشتریان، سرعت‌عمل کارکنان و توانایی ارائه تسهیلات پرداختند. کیفیت خدمات در پژوهش آذر و همکاران (۱۳۹۱) در قالب مجموعه عوامل مؤثر بر کیفیت خدمات لجستیک جست‌وجو شده است. این عوامل به سه دسته عوامل ملموس، عوامل مرتبط با روش اجرا و عوامل مرتبط با تعامل تقسیم می‌شوند [۱۰].

برون‌سپاری خدمات حوزه گارانتی در پژوهش اصغری‌زاده و همکاران (۱۳۹۰)، با ارائه مدلی ترکیبی بررسی شده است. این پژوهش به این نتیجه رسید که هرچه بتوان زمان انتظار مشتری و مسافت طی‌شده برای رسیدن محصول به محل استفاده را کم کرد، رضایت مشتری بیشتر حاصل می‌شود [۷].

مؤمنی و همکاران (۱۳۸۵) با به‌کارگیری تکنیک‌ها و مدل‌های صف، عملکرد سیستم کارمند- تحویلداری در بانک سپه را به لحاظ پارامترها و شاخص‌های تئوری صف (معیارهای زمانی، معیارهای تجمعی و شاخص بهره‌وری) ارزیابی و عملکرد سیستم یادشده را با سیستم قبلی (تحویلداری) مقایسه کرده‌اند [۳۷].

ارکات و حسین آبادی فراهانی (۱۳۸۹) در پژوهشی با عنوان «بررسی اثربخشی تغییر ساختار خدمت‌دهی با استفاده از مدل‌های صف»، دو نوع سیستم وظیفه‌گرا و فرآیندگرا را با استفاده از مدل‌سازی سیستم‌های صف و شبیه‌سازی بررسی کردند. نتایج نشان داد که استفاده از سیستم های فرآیندگرا در ارائه خدماتمی‌تواند باعث بهبود چشمگیر معیارهای ارزیابی عملکرد سیستم-های خدمت‌دهی شود [۹].

مهدی‌نیا (۱۳۹۰) با استفاده از شبیه‌سازی گسسته پیشامد با رویکرد فرآیندگرا مدل جدیدی برای سیستم نوبت‌دهی به مشتریان بانک ارائه کرد. هدف این مطالعه افزایش قابلیت اطمینان در سیستم‌های نوبت‌دهی بر اساس بهبود پارامتر تخمین زمان انتظار مشتریان است که درنهایت به افزایش اعتماد مشتریان و بهبود شاخص‌های اقتصادی و اجتماعی مربوط به عملکرد سیستم‌های خدماتی منجر می‌شود. برای دستیابی به این هدف از تکنیک‌های شبیه‌سازی آنلاین نیز استفاده شده است [۳۳].

مسگری و باقری‌نژاد (۱۳۹۲)، معیارهای صف در یک سازمان خدماتی را توسط نرم‌افزار شبیه سازی Arena تحلیل کرده و پیشنهادهایی برای بهبود عملکرد در کاهش زمان انتظار در صف و ارائه بهتر خدمات ارائه کردند [۳۴].

در زمینه شبیه‌سازی به کمک ED، مرادی و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی با عنوان «مطالعه و تحلیل کارکرد سیستم آژانس هواپیمایی کیان با استفاده از شبیه‌سازی» به این نتیجه رسیدند که بهینه‌سازی رفتار سیستم‌های صف در مؤسسات مختلف تولیدی و خدماتی می‌تواند باعث ارائه خدمات بهتر و افزایش رضایت مشتریان شود. نتایج بررسی آن‌ها در مورد پروازهای خارجی نشان داد که افزایش یک سرور باعث کاهش زمان انتظار مشتریان، بهبود سیستم و عدم‌ایجاد صف می‌شود؛ اما افزایش سرور در پرواز داخلی با اینکه باعث کاهش طول صف و زمان انتظار می‌شود، به دلیل بالابودن نرخ بیکاری خدمت‌دهندگان، صرفه اقتصادی ندارد [۳۸].

سعادت‌جو (۱۳۹۵) در پژوهشی با عنوان «تحلیل، مدل‌سازی و شبیه‌سازی سیستم صف آزمایشگاه مرکزی یزد با استفاده از نرم افزار ED» به این نتیجه رسید که یکی از عوامل مهم و تأثیرگذار بر موفقیت سازمان‌ها در دنیای امروز، افزایش رضایت مشتری از طریق بهبود کیفیت خدمات است. سازمان‌ها برای رسیدن به اهداف خود نیاز به برنامه‌ریزی دقیق و سریع دارند. اصلی‌ترین و درعین‌حال حساس‌ترین وظیفه یک مدیر، تصمیم‌گیری است. اتخاذ روش‌هایی که این فرآیند را به بهترین نتیجه رهنمون سازد، اهمیت دارد. در «آزمایشگاه مرکزی یزد»، به‌عنوان مجهزترین آزمایشگاه این استان، صف‌های طولانی برای انجام نمونه‌های آزمایش و همچنین طولانی‌بودن زمان پاسخگویی از معضلاتی است که مراجعان این مرکز دولتی را با مشکل اساسی روبه‌رو کرده است. پژوهشگران با جمع‌آوری اطلاعات و تحلیل آن‌ها توانستند توابع توزیع خدمت‌دهنده‌های این سیستم را به‌دست آورند و سپس مدلی از آن با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌سازی ED ایجاد کنند. آن‌ها با توجه به عملکرد این سیستم و شناخت گلوگاه‌های آن، توانستند با ارائه راهکارهایی با عنوان «سناریوی پیشنهادی»، مدت‌زمان انتظار در صف را کاهش دهند و میزان کیفیت مدل را بهبود بخشند [۴۸].

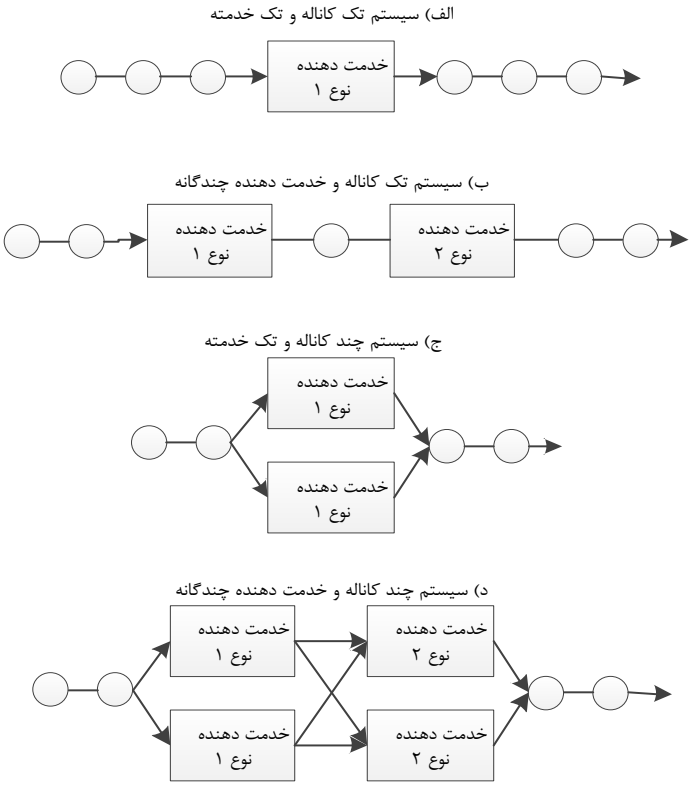
بهرام چوبین و همکاران (۱۳۹۴)، در پژوهشی با عنوان «شبیه‌سازی ترمینال کانتینری و بهینه‌سازی تجهیزات با نرم افزار ED» به این نتیجه رسیدند که امروزه کشتی‌های کانتینری یکی از راه‌های سریع و کم‌هزینه برای حمل حجم‌های زیاد کالا هستند. برخی مشخصه‌های حمل‌ونقل دریایی، کاهش هزینه‌های بارگیری، کاهش ریسک حمل‌ونقل، تخصیص بهینه اسکله، استفاده مناسب از تجهیزات، سیاست‌های بهینه باربر و لیفتراک‌ها است. هدف آن‌ها استفاده از مدل شبیه‌سازی برای حداقل‌کردن تعداد بارهای درون انبار و همچنین کاهش تعداد کشتی‌هایی بود که در انتظار پهلوگیری هستند. این پژوهشگران سعی کردند تا مدل شبیه‌سازی به مدل واقعی نزدیک شود تا بتوان به‌صورت کاربردی از آن بهره گرفت. برای اعتبار این آزمایش نیز از

داده‌های «ترمینال شهید رجایی» استفاده شد که در ایران و در نزدیکی خلیج فارس قرار دارد. مقایسه خروجی نرم‌افزار با داده‌های واقعی، کارایی خوب مدل را نشان داد [۱۷].

پژوهش‌های خارجی. در زمینه پیشینه پژوهش در این حوزه مطالعاتی، می‌توان بخش‌های شبیه‌سازی سیستم و مقایسه الگوریتم‌های زمان‌بندی کیفیت خدمات الکترونیک، تحلیل و بهینه سازی مدل وب سرور با مدل‌های صف و انصراف از ورود به خدمت را برشمرد. از دیگر مسائل در این حوزه، پدیده انصراف کاربران از ورود و خدمت است که شرایط گوناگونی دارد. یکی از نخستین کارها در زمینه انصراف از خدمت توسط بارر[۱] (۱۹۵۷)، مطرح شد؛ همچنین هر دو نوع انصراف از ورود و از خدمت در دیگر پژوهش‌ها بررسی شده است [۱۳].

در یک تقسیم‌بندی، سیستم‌های صف بر اساس دو عامل پیکر کانال ورودی و خدمت‌دهنده تجزیه‌وتحلیل می‌شوند. اگر در ساده‌ترین حالت یک کانال ورودی برای ورود مشتریان و یک کانال خدمت‌دهی باشد، در اصطلاح به این سیستم، «سیستم تک‌کاناله تک‌خدمته» می‌گویند. در پیچیده‌ترین حالت سیستم صف، چند کانال ورودی به سیستم و چند خدمه وجود دارد. به چنین سیستمی، «چندکاناله خدمت‌دهنده چندگانه» گفته می‌شود. برگرفته از پژوهش گوپتا و خانا[۲] (۲۰۰۶)، انواع عمومی سیستم‌های صف بر حسب چیدمان فیزیکی در شکل ۱، نشان داده شده است [۲۴].

۱. Barrer
۲. Gupta & Khanna



شکل ۱. انواع سیستم‌های صف

فودور و همکاران[۱] (۱۹۹۸)، در مطالعه‌ای با مدل‌سازی و شبیه‌سازی یک سیستم صف ترکیبی به مسئله کاهش مدت‌زمان انتظار مشتریان در یک سیستم پاسخگویی تلفنی مشتریان پرداختند [۲۰].

جین و همکاران[۲] (۲۰۰۹)، با ارائه ساختاری مناسب برای به‌کارگیری ترکیب بهینه منابع برای کاهش مدت انتظار مشتری در سیستم‌های خدماتی از قبیل فروشگاه‌ها و سازمان‌های خدماتی تلاش کردند تا نیاز مشتریان را شناسایی، اولویت‌بندی و سپس ترکیب و ساختار بهینه منابع را ارائه دهند [۲۷]. کاسکن[۳] و همکاران (۲۰۱۴)، با مدل‌سازی و شبیه‌سازی سیستم‌های صف چندخدمتی به بررسی و تحلیل رفتار سیستم‌های صف چندخدمتی پرداختند و با یک تابع هدف کمینه‌سازی، کاهش زمان انتظار صف مشتریان را تحلیل کردند [۱۶]. پاریمالا[۴] و پالانیامال

۱. Fodor, et al.
2 . Jin, et al.
۳. Cascone, et al.
۴. Parimala & Palaniammal

(۲۰۱۴) نیز به بررسی و تحلیل خدمات مختلف در یک سازمان خدماتی پراختند. سیستم مورد بررسی در این پژوهش شامل یک خط در انتظار واحد و یک سرور واحد، چند خط انتظار و چندین سرور و یک خط انتظار واحد و چند سرور است. آن‌ها در پژوهش خود، زمان انتظار و طول صف را مدنظر قرار داده است که می‌تواند شامل متغیرهایی مانند زمان ورود، زمان انتظار و زمان خروج مشتریان و زمان خدمت‌دهی باشد. یکی از دستاوردهای این پژوهش، معرفی شیوه بهبود بهره‌وری سیستم‌های خدماتی و کاهش زمان انتظار دریافت خدمت است [۴۱].

به عقیده شیخان[۱] (۲۰۰۷)، به‌طورکلی عواملی که در سازمان‌های خدماتی بر کیفیت ارائه خدمات اثر می‌گذارند، عبارت‌اند از: مدیریت پاسخگویی به خدمات؛ اطلاع‌رسانی به رجوع کنندگان؛ سرعت و دقت در ارائه خدمات؛ طول صف؛ استفاده از فناوری‌های جدید در ارائه خدمات؛ رفتار مناسب کارمندان در برخورد با ارباب‌رجوعان و مشتریان و امین‌بودن کارمندان در خصوص اطلاعات مشتریان. این پژوهش با هدف تحلیل کیفیت خدمات و اصلاح فرآیندهای کاری در یک سازمان دولتی انجام شده است [۴۹].

نتایج پژوهش رودریگرز و همکاران[۲] (۲۰۲۰)، نشان داد که الگوهایی برای رفتار صف در ترمینال فرودگاه وجود دارد. در این پژوهش مدت انتظار در مبادی ورودی و میزهای کنترل امنیتی به‌عنوان دو مورد از مهم‌ترین فرآیندهای مربوط به خدمات مسافران، بررسی و تحلیل شد. الگوریتم‌های RF تأثیر ساعت، ماه، روز، هفته و نیز تاریخ یک رویداد خاص در تقویم (شروع یا پایان تعطیلات، تعطیلات آخر هفته، عید پاک یا شب سال نو) را به‌دست آورد. مدل به‌دست‌آمده قادر به پیش‌بینی متوسط مسافران برنامه‌ریزی‌شده در ۴۵ دقیقه آینده (برای کنترل امنیت) یا ۹۰ دقیقه (برای ورود) در پویایی هر دو صف بود [۴۵].

اکبری حقیقی‌نژاد و همکاران (۲۰۱۶)، به‌منظور کاهش زمان انتظار تا پذیرش بخش اورژانس بیمارستان، با بهره‌گیری از نظریه صف و روش شبیه‌سازی، سه سناریو را پیش‌بینی کردند که به کاهش زمان انتظار منتج می‌شود. این سناریوها عبارت‌اند از: افزایش تعداد تخت اورژانس؛ کاهش زمان بستری بیماران اورژانسی تا یک‌چهارم و تفکیک بیماران اورژانسی داخلی و اورژانسی جراحی [۴].

مرور مبانی نظری، استفاده گسترده از شبیه‌سازی برای تحلیل صف و زمان ارائه خدمات را نشان می‌دهد. در بیشتر مطالعات انجام‌شده در جهت بهبود سیستم سناریوهای پیشنهادی معمولاً نیازمند سرمایه‌گذاری بالا مانند اضافه‌کردن سرور خدمات بوده‌اند. کارهای مطالعاتی پیشین را به‌طور عمده می‌توان در دو مسیر دید: کیفیت خدمات و ارزیابی عملکرد (با ک.خ.ا کدگذاری

۱. Sheykhan
۲. Rodríguez, et al.

می‌شود) و مدیریت صف (کد م.ص). از زاویه دید روشی نیز در دو رده تحلیلی/ پیمایشی (ت/ پ) و شبیه‌سازی (ش) قرار می‌گیرند؛ بنابراین خلاصه مطالعات در جدول ۱، ارائه شده است.

جدول ۱. خلاصه مرور مبانی نظری و پیشینه پژوهش

پژوهشگر	دسته محتوایی	دسته روشی
تقی‌زاده یزدی و همکاران (۱۳۹۷)	ک.خ.ا	پ/ت
واقف‌زاده و کریمی (۱۳۹۷)	م.ص	پ/ت
مرادی و همکاران (۱۳۹۶)	م.ص	ش (ED)
میرزاباقی و جولای (۱۳۹۶)	م.ص	ش
رعیت‌پیشه و تیزرو (۱۳۹۵)	ک.خ.ا	پ/ت
سعادت‌جو (۱۳۹۵)	م.ص	ش (ED)
عتیقه چیان و ایمان پور (۱۳۹۵)	ک.خ.ا	پ/ت
بهرام چوبین و همکاران (۱۳۹۴)	م.ص	ش (ED)
جعفرنژاد و همکاران (۱۳۹۳)	ک.خ.ا	پ/ت
اصغری‌زاده (۱۳۹۳)	ک.خ.ا	پ/ت
رضائی پندری و همکاران (۱۳۹۳)	ک.خ.ا	پ/ت
مسگری و باقری نژاد (۱۳۹۲)	م.ص	ش
کاظمی و همکاران (۱۳۹۲)	ک.خ.ا	ش
آذر و همکاران (۱۳۹۱)	ک.خ.ا	پ/ت
مهدی نیا (۱۳۹۰)	م.ص	ش
اصغری‌زاده و همکاران (۱۳۹۰)	ک.خ.ا	پ/ت
ارکات و حسین آبادی فراهانی (۱۳۸۹)	م.ص	ش
مومنی و همکاران (۱۳۸۵)	م.ص	پ/ت
Rodríguez, et al, (2020)	م. ص	ش
Akbari Haghighinejad, et al, (2016)	م. ص	ش
Cascone, et al., (2014)	م.ص	ش
Parimala, (2014)	م.ص	پ/ت
Choudhury & Medhi, (2010)	م.ص	پ/ت
Jin, et al, (2009)	م.ص	پ/ت
Sheykhan, (2007)	ک.خ.ا	پ/ت
Nong, et al., (2005)	ک.خ.ا	ش
Gautam, (2002)	م.ص	پ/ت
Fodor, et al., (1998)	م.ص	ش

با توجه به جدول ۱، مشاهده می‌شود که تمرکز پژوهش‌ها بیشتر بر کیفیت خدمات، برای مثال در زنجیره ارائه خدمت (کار آذر و همکاران) و رویکرد نیز بر پیمایشی و تحلیلی متمرکز بوده است. مدیریت صف - موضوع پژوهش حاضر- به‌طور مستقیم کمتر موضوع پژوهش بوده

است و به‌عنوان یکی از جنبه‌های ضامن کیفیت مدنظر قرار گرفته است؛ البته گذشته از رویکرد سناریونگاری در آینده‌پژوهی که در پژوهش رعیت‌پیشه و تیزرو (۱۳۹۵) دیده شد، شبیه‌سازی را می‌توان یک رویکرد جالب و کاربردی در این حوزه قلمداد کرد. نوآوری پژوهش حاضر از نظر محتوا، تمرکز بر بهینه‌سازی صف است؛ چیزی که در نظریه صف موضوع اصلی است؛ اما توجه عمیق به این جنبه در مبانی نظری مدیریت خدمات، همچنین در مورد سیستم تحت مطالعه (سازمان آب همدان)، نوآوری موضوعی به‌حساب می آید. به لحاظ تئوری روش نیز به‌کارگیری شبیه‌سازی در این مورد، نوآوری دیگر پژوهش حاضر است.

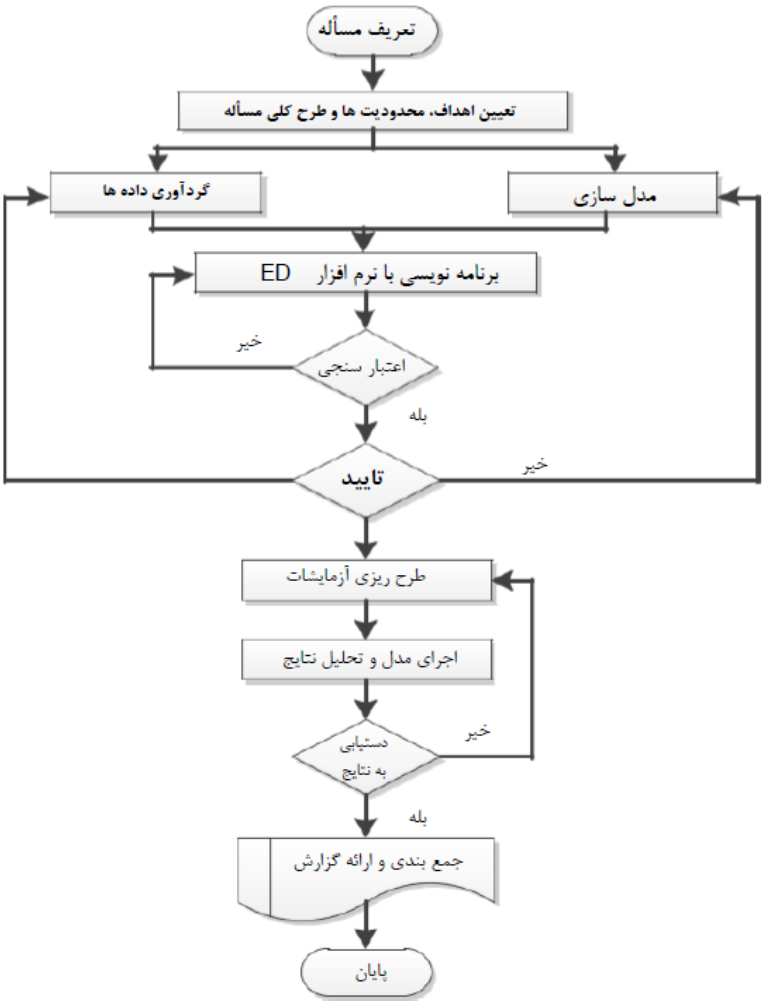
۳. روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نظر ماهیت و اهداف جزو تحقیقات کاربردی محسوب می‌شود. این پژوهش دو گونه از اطلاعات را دربرمی‌گیرد: اطلاعات و داده‌های مربوط به بخش‌های مقدماتی و پیشینه پژوهش از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و اطلاعات مربوط به سیستم موردبررسی که از نوع میدانی است و از طریق مشاهده (آمارگیری)، مصاحبه و استفاده از آمار، ثبت و جمع‌آوری شده است. این پژوهش از نظر ماهیت و روش، توصیفی ـ تحلیلی است؛ زیرا وضعیت انجام فرآیندهای شرکت موردنظر از طریق مشاهده مستقیم مشخص شده و پس از جمع‌آوری داده‌های لازم مربوط به فرآیندهای در حال انجام در سیستم فعلی که پایه و اساس شبیه‌سازی سیستم است و انجام شبیه‌سازی و به‌دست‌آوردن نتایج صحیح و منطبق بر واقعیت بستگی به صحت و دقت این اطلاعات دارد. برای هر دسته از داده‌های یادشده با استفاده از نرم‌افزار تابع توزیع مناسب استخراج شده و مبنای مدل‌کردن این فرآیندها در نرم‌افزار ED قرار می‌گیرد. پس از مدل‌کردن سیستم یادشده در نرم‌افزار، وضعیت فعلی ارائه خدمات و انجام فرآیندها از نظر سیستم‌های صف مشخص می‌شود و درنهایت با توجه به اهداف مدنظر (از جمله افزایش رضایت مراجعان به سازمان و افزایش کارایی کارکنان) سناریوی چندمهارته‌کردن کارکنان، آزمایش شده و برای سنجش میزان تطابق خروجی مدل شبیه‌سازی با داده‌های واقعی از روش‌های استنتاج آماری استفاده می‌شود. پژوهش پیش رو از لحاظ روش و زمان گردآوری داده‌ها، پیمایشی و از نوع مقطعی است. قلمرو مکانی این پژوهش واحدهای مالی «شرکت آب استان همدان» است.

در این پژوهش با استفاده از منابع کتابخانه‌ای که شامل مجموعه‌ای از کتاب‌ها، مقاله‌ها و متون اینترنتی است و نیز با استفاده از مراجعه حضوری و مصاحبه با کارکنان سازمان موردبررسی و نیز جمع‌آوری برخی اطلاعات از طریق مشاهده و زمان‌گیری انواع خدمات ارائه‌شده توسط کارکنان، داده‌های موردنیاز جمع‌آوری شد. داده‌های جمع‌آوری‌شده از سازمان موردبررسی به شرح زیر است:

زمان ورود هر ارباب رجوع به واحد کاری؛ نرخ قرارگیری ارباب رجوعان در انواع صف خدمات؛ زمان ارائه خدمات به ارباب رجوعان توسط کارکنان واحد کاری؛ نرخ پرداختن به سایر امور متفرقه توسط کارکنان.

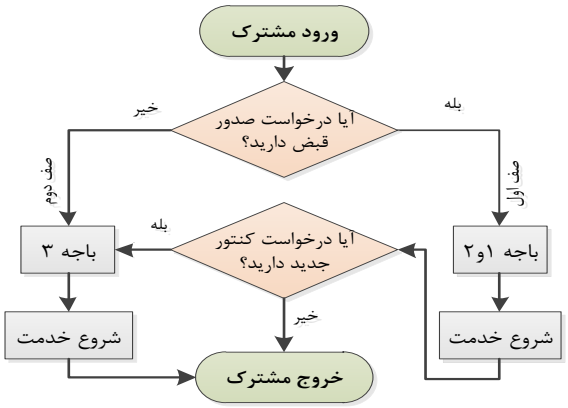
مجموعه داده‌های جمع آوری‌شده بررسی و تحلیل شده است و تابع توزیع هر کدام از این داده‌ها مشخص شده و با استفاده از این توابع توزیع به مدل‌سازی فرآیندهای موجود در سازمان موردبررسی به کمک نرم‌افزار شبیه‌سازی اقدام شده است. شکل ۲، رویه اجرایی شبیه‌سازی را نشان می‌دهد.



شکل ۲. رویه شبیه‌سازی

مفروضات مدل. سیستم موردمطالعه این پژوهش واحد مالی «شرکت آب استان همدان» است. این بخش ۳ کارمند دارد. ۲ نفر از آن‌ها در باجه‌های ۱ و ۲ خدمات یکسانی، همچون صدور قبض آب، ردیابی بدهی‌های معوقه مشترکین، مطلع‌کردن مراجعان از وضعیت بدهی خود و ثبت قبوض پرداخت‌شده، ارائه می‌دهند. کارمند دیگر در باجه ۳ خدماتی همچون پیگیری نصب کنتور جدید، بررسی کنتورهای مشکل‌دار و اقساطی‌کردن بدهی‌های مشترکین ارائه می‌دهد؛ بنابراین سیستم دارای سه نوع مراجعه‌کننده و دو صف است. ارباب‌رجوعان یا مشترکین در هنگام ورود به واحد در یکی از صف‌ها قرار می‌گیرند. صف اول مربوط به خدمت‌گیری از باجه‌های ۱ و ۲ است که مشترکین در این صف قرار می‌گیرند و در هنگام نوبت خود ابتدا به باجه ۱ مراجعه کرده و اگر باجه ۱ در حال خدمت‌دادن بود به باجه ۲ مراجعه می‌کنند. پس از آن یا از سیستم خارج می‌شوند (نوع A) و یا در ادامه برای خدمت‌گیری از باجه ۳ به صف دوم می‌روند (نوع B).

صف دوم مربوط به خدمت‌گیری از باجه ۳ است. مشترکینی که در این صف قرار می‌گیرند یا تنها نیاز به خدمت‌گیری از باجه سوم دارند (نوع C) و یا پس از خدمت‌گیری از باجه ۱ و ۲ در این صف قرار می‌گیرند. مدل شماتیک سیستم در شکل ۳، نشان داده شده است.



شکل ۳. مدل شماتیک سیستم

۴. تحلیل داده‌هاو یافته‌های پژوهش

برای شبیه‌سازی ابتدا با روش مشاهده و زمان‌سنجی، پارامترها و توزیع‌های صف مشخص می شوند. برای مشخص‌شدن تعداد داده‌های لازم برای انجام شبیه‌سازی ابتدا به کمک یک نمونه اولیه (n) با رابطه ۱، تعداد نمونه اصلی مورد نیاز (N) محاسبه می‌شود.

رابطه (۱)

$$N \geq \left(\frac{t_{\frac{\alpha}{2},n-1} \times \delta}{\varepsilon}\right)^2$$

در یک روز با تعداد ۸۸ نمونه اولیه از زمان ورود مشتریان و با درنظرگرفتن α=۰/۰۵ و ε=۰/۱۵ (مقدار خطای موردنظر) و انحراف معیار نمونه‌های اولیه در رابطه ۱، تعداد نمونه اصلی برابر با ۴۲۰ مورد مشخص شد؛ بنابراین نمونه‌گیری تا ۴ روز دیگر ادامه یافت و درمجموع تعداد ۴۴۱ نمونه زمان ورود مشترکین به‌دست آمد. نکته موردتوجه در نمونه‌گیری توجه به اوج (پیک) کاری سیستم است. در این سیستم مراجعات در ساعات مختلف روز و حتی در روزهای مختلف هفته و ماه متفاوت است. با توجه به صحبت‌های به‌عمل‌آمده با مدیر واحد این نتیجه حاصل شد که سیستم در طول روز بین ساعات کاری ۱۰:۳۰ الی ۱۳:۰۰ بیشترین مراجعه را دارد[1]. آخر هفته‌ها معمولاً خلوت‌تر بوده و ۱۰ روز اول هر ماه هم از بقیه روزهای ماه شلوغ‌تر است. با توجه به این پیک کاری نمونه‌های موردنیاز از شنبه تا چهارشنبه اول ماه و بین ساعات شلوغی کار گرفته شده است. خلاصه اطلاعات به‌دست‌آمده از ۴۴۱ نمونه در جدول‌های ۲ و ۳، نشان داده شده است.

جدول ۲. تعداد و درصد مراجعه‌کنندگان به هر صف

تعداد مراجعه‌کنندگان به صف اول	تعداد مراجعه‌کنندگان به صف دوم	تعداد کل مراجعه‌کنندگان
۳۶۹	۷۲	۴۴۱
٪۸۳/۷	٪۱۶/۳	٪۱۰۰

جدول ۳. تعداد و درصد مراجعه‌کنندگان به هر باجه پس از قرارگیری در صف اول

تعداد کل مراجعه‌کنندگان به صف اول	*Type B* (به صف دوم می‌روند)	*Type A* (از سیستم خارج می‌شوند)
۳۶۹	۴۰	۳۲۹
٪۱۰۰	٪۱۰/۸	٪۸۹/۲

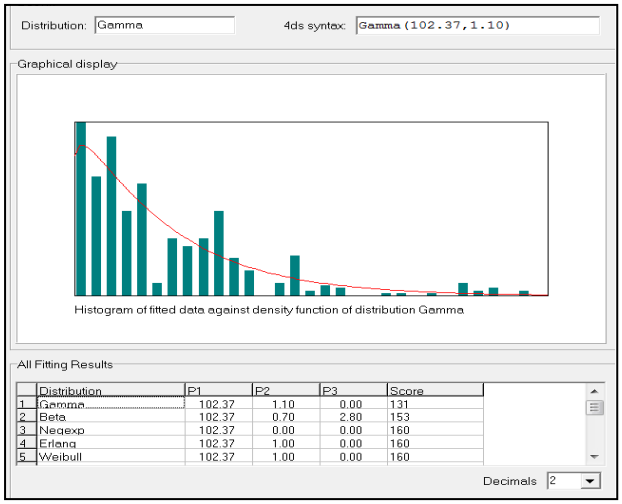
در این مرحله بر اساس داده‌های گردآوری‌شده و با استفاده از ابزار Autofit در نرم‌افزار ED نرخ ورود مشترکین و نرخ خدمت‌دهی هر باجه به‌دست آمد. شکل ۴، نمونه تابع توزیع نرخ ورود مشتریان به سیستم را نشان می‌دهد. برای نزدیک‌شدن سیستم شبیه‌سازی شده به واقعیت، نرخ ترک خدمت خدمت‌دهندگان و نرخ بازگشت به خدمت نیز در مدل دیده شده است. با مشاهده دقیق سیستم مشخص شد که به‌طور متوسط هر کارمند (خدمت‌دهنده) در مدت ۲/۵ ساعتی که نمونه‌گیری انجام شده است، ۵ بار از کار دست می‌کشد؛ یعنی تقریبا هر ۱۸۰۰ ثانیه یکبار و هر

۱. ساعات کاری واحد ۸:۳۰ تا ۱۴:۰۰ است.

بار بین ۵ تا ۱۰ دقیقه طول می‌کشد تا به خدمت‌دهی خود برگردد. بنابراین تابع MTTF و MTTR برای هر خدمت‌دهنده در نظر گرفته شد. کلیه خروجی‌ها و تابع توزیع‌ها در رابطه با نرخ‌های ورود، خدمت‌دهی، خروج از کار و برگشت به کار خدمت‌دهنده‌ها در جدول ۴، آورده شده است.

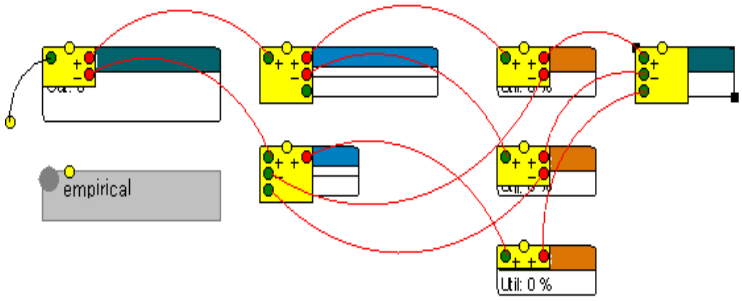
جدول ۴. کلیه تابع توزیع‌های سیستم

نوع داده	تابع توزیع
نرخ ورود مشتریان	Gamma (۱۰۲/۳۷ ، ۱/۱۰)
نرخ خدمت‌دهی باجه ۱	Weibull (۱۳۹/۶۴ ، ۲/۵۰)
نرخ خدمت‌دهی باجه ۲	Normal (۱۷۴/۱۱ ، ۷۹/۴۶)
نرخ خدمت‌دهی باجه ۳	Normal (۲۷۴/۳۲ ، ۹۴/۹۸)
MTTFتابع توزیع خروج از کار	NegExp (۲۲۵۰)
MTTRتابع توزیع برگشت به کار	Uniform (۳۰۰ ، ۶۰۰)



شکل ۴. تابع توزیع ورود مشترکین

داده‌های به‌دست‌آمده از مرحله قبل وارد نرم‌افزار شد. مدل شبیه‌سازی شده با توجه به کانال های موجود به‌صورت شکل ۵، است.



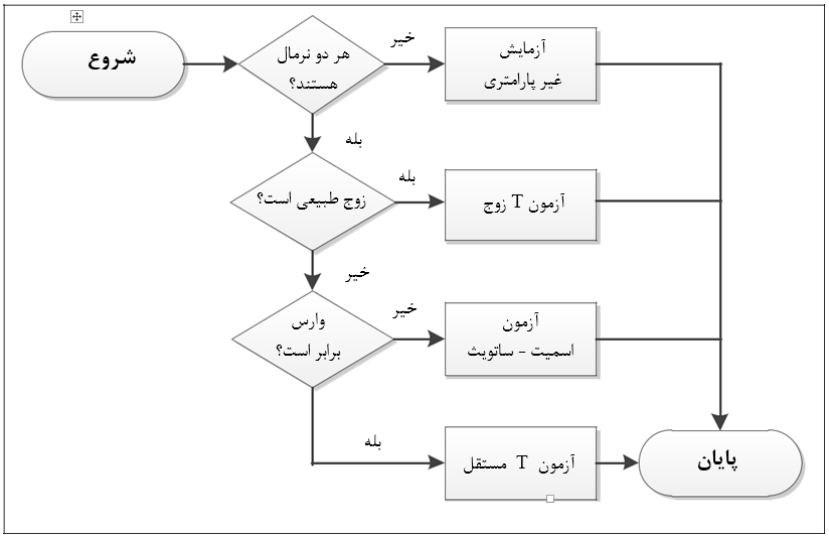
شکل ۵. مدل شماتیک سیستم در نرم‌افزار ED

صحه‌گذاری مدل شبیه‌سازی‌شده. با صحه‌گذاری می‌توان فهمید که مدل نرم‌افزاری به درستی عمل می‌کند یا خیر؟ روش‌های مختلفی برای انجام صحه‌گذاری مدل وجود دارد. یک روش این است که مدل را برای ساعات مشخصی اجرا کرده و درنهایت مشخـصات گزارش به دست‌آمده را بررسی کرد. برای مثال، می‌توان متوسط طول در صف مربوط به مشتریان را بررسی و با توجه به منطقی و یا غیرمنطقی بودن نتیجه، در مورد صحت سیستم نتیجه‌گیری کرد. برای دستیابی به نتایج دقیق‌تر از مشخصات سیستم باید برنامه را به تعداد دفعات بیشتری اجرا کرد؛ البته هرچه تعداد اجرای مدل بیشتر باشد، نتایجی که به‌دست می‌آید، به واقعیت نزدیک‌تر است [۱۲]. در اینجا با اجرای مدل به تعداد ۱۰۰ بار در مدت ۲/۵ ساعت (ضریب اطمینان ۹۵ درصد) نتایج به‌صورت جدول ۵، است.

جدول ۵. پارامترهای مهم سیستم در ۱۰۰ بار اجرای مدل

میانگین تعداد افراد منتظر در صف اول	۱/۶۵
میانگین تعداد افراد منتظر در صف دوم	۱/۰۷
درصد اوقاتی که سرور اول در حال خدمت دادن است	٪۷۷
درصد اوقاتی که سرور دوم در حال خدمت دادن است	٪۷۱
درصد اوقاتی که سرور سوم در حال خدمت دادن است	٪۷۰
میانگین مدت زمان انتظار درصف اول (به ثانیه)	۱۴۵/۷۶
میانگین مدت زمان انتظار درصف دوم (به ثانیه)	۴۲۶/۶۱
میانگین مدت زمان حضور در سیستم (به ثانیه)	۳۸۶

آزمایش مدل شبیه‌سازی و تعیین اعتبار آن. منظور از اعتبارسنجی مدل این است که در یک سطح اطمینان اطمینان حاصل کرد که خروجی مدل شبیه‌سازی با خروجی دنیای واقعی برابر است و اینکه مدل طراحی‌شده معرف دقیقی از سیستم واقعی است. معتبرسازی معمولاً از طریق محک‌زدن صورت می‌گیرد؛ یعنی فرایند تکرارشونده مقایسه مدل با رفتار سیستم واقعی. مراحل انجام معتبرسازی در شکل ۶، نشان داده شده است.



شکل ۶. فلوچارت مراحل انجام معتبرسازی [۱۹]

با توجه به اینکه داده‌های این مدل در طی ۵ روز و در هر روز به مدت‌زمان ۲/۵ ساعت گردآوری شده است، برای تطابق این داده‌ها با مدل طراحی‌شده، مدل پنج بار با مدت‌زمان ۲/۵ ساعت اجرا و خروجی‌های آن یادداشت شد (جدول ۶).

با استفاده از آزمون‌های آماری و مراحل تعیین‌شده، خروجی مدل با دنیای واقعی مقایسه شد. به این ترتیب می‌توان فهمید که مدل تا چه حد به واقعیت شبیه است.

جدول ۶. مقایسه خروجی مدل با خروجی سیستم

خروجی مدل	خروجی واقعی
۷۳	۸۸
۸۰	۹۹
۸۵	۸۲
۹۱	۹۴
۸۳	۷۸

ابتدا بررسی می‌شود که آیا دو مجموعه از داده‌ها دارای توزیع نرمال هستند یا خیر؟ بدین منظور از آزمون کولموگروف ـ اسمیرنوف[1] استفاده می‌شود. جدول ۷، شامل آزمون فرض‌های درنظرگرفته‌شده برای مشخص‌کردن نرمال‌بودن توزیع دو مجموعه در نظر گرفته شده است.

1 . Kolmogorov-Smirnov

جدول ۷. آزمون فرض بررسی نرمال‌بودن توزیع مجموعه داده‌های معتبرسازی مدل

متغیر	میانگین	انحراف استاندارد	میزان خطا	Sig	وضعیت توزیع
مدل	۸۸/۲۰	۶/۶۱۸	۰/۰۵	۰/۹۹۹	توزیع نرمال
سیستم واقعی	۸۲/۴۰	۸/۵۵۵	۰/۰۵	۱/۰۰۰	توزیع نرمال

پس از انجام آزمون K-S اگر مقدار سطح معناداری (Sig) بزرگ‌تر از مقدار خطا باشد، فرض H_0 نتیجه گیری می شود و در صورتی که مقدار سطح معناداری کوچک‌تر از خطا باشد، فرض H_1 نتیجه گیری می شود؛ مطابق با رابطه (۲).

رابطه (۲)

H_0 عامل i دارای توزیع نرمال است:

H_1 عامل i دارای توزیع نرمال نیست:

نتایج آزمون K-S نشان می‌دهد میزان سطح معناداری هر دو متغیر بزرگ‌تر از میزان خطا ($\alpha = 0.05$) است؛ پس می‌توان نتیجه گرفت دو مجموعه داده‌ها دارای توزیع نرمال هستند.

با توجه به اینکه طبیعت دو مجموعه از داده‌ها به‌صورت جفتی نیست و از یکدیگر مستقل هستند، قدم بعدی مشخص‌کردن مشابه‌بودن واریانس‌های دو مجموعه از داده‌ها است.

می‌توان این فرآیند را با انجام آزمون F انجام داد. نتایج آزمون در جدول ۸، نشان می‌دهد که مقدار آماره F آزمون (۰/۵۴۱) کمتر از مقدار بحرانی (۱/۵۵) است (Sig>0/05)؛ بنابراین فرض صفر که در بردارنده مشابه‌بودن واریانس‌های برابر در دو مجموعه از داده‌ها است، رد نشده و می‌توان با اطمینان ۹۵ درصد ادعا کرد که دو مجموعه داده‌ها دارای واریانس‌های یکسان هستند.

جدول ۸. آزمون F برای مقایسه واریانس‌های مجموعه داده‌های معتبرسازی

فرض صفر: واریانس مجموعه داده‌های سیستم واقعی با واریانس مجموعه داده‌های مدل برابر است.	
میانگین سیستم واقعی	۸۸/۲۰
میانگین مدل	۸۲/۴۰
مقدار F	۰/۵۴۱
بحرانی F	۱/۵۵
Sig	۰/۴۸۳

در ادامه برای انجام آزمون T باید میانگین و انحراف استاندارد دو مجموعه از داده‌ها محاسبه شود. فرمول موردنظر در این آزمون برای محاسبه آماره در رابطه ۳، نشان داده شده است.

$$t = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{\sqrt{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1+n_2-2)}{n_1+n_2}}$$ رابطه (۳)

در رابطه ۳:

X_1: میانگین مجموعه داده‌های سیستم واقعی

X_2: میانگین مجموعه داده‌های مدل

n_1: تعداد داده‌های سیستم واقعی

n_2: تعداد داده‌های مدل

S_1^2: واریانس مجموعه داده‌های سیستم واقعی

S_2^2: واریانس مجموعه داده‌های مدل.

جدول ۹، آزمون فرض‌های درنظرگرفته‌شده برای انجام آزمون T را به همراه نتایج این آزمون با درنظرگرفتن $\alpha = 0.05$ نشان می‌دهد. نتایج حاکی از آن است که آماره محاسبه‌شده برای این آزمون ۱/۱۹۹- و مقدار سطح معناداری برابر با ۰/۲۶۵ است. این مقدار بیشتر از میزان خطای درنظرگرفته‌شده است (Sig>0/05)؛ بنابراین تفاوت معناداری بین میانگین‌های مجموعه داده‌های سیستم واقعی و داده‌های مدل مشاهده نشد. پس با اطمینان ۹۵ درصد، فرض صفر مبنی بر برابری میانگین‌های سیستم واقعی و مجموعه داده‌های مدل، رد نشد.

جدول ۹. آزمون فرض و نتایج آزمون T

فرض صفر: میانگین مجموعه داده های سیستم واقعی و مجموعه داده های مدل برابرند.				
متغیر	میانگین	انحراف استاندارد	آماره t	Sig
مدل	۸۸/۴۰	۶/۶۱۸	-۱/۱۹۹	۰/۲۶۵
سیستم واقعی	۸۲/۲۰	۸/۵۵۵		

طراحی آزمایش‌ها. در این قسمت با بررسی سناریوهای ممکن، رفتار سیستم بررسی می‌شود و سعی بر آن است تا با طراحی مجدد گردش کار به کارایی بالاتری از سیستم دست یافت؛ بنابراین دراین مرحله راهکارهای ممکن برای کاهش زمان انتظار مشتریان در صف و همچنین در سیستم بررسی می‌شود. در اینجا راهکارهایی را که هیچ هزینه‌ای دربرندارد و یا بسیار ناچیز است، موردبررسی قرار می‌گیرد.

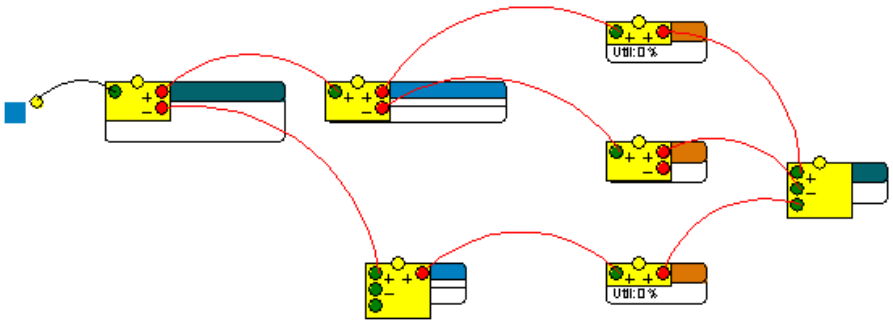
با بررسی پارامترهای مهم سیستم می توان گفت که چون هر سه خدمت‌دهنده، ۲ و ۳ در هر لحظه به‌طور میانگین به ترتیب ۰۷/۷۷ درصد، ۰/۷۱ درصد و ۰/۷۰ درصد در حال خدمت‌دادن هستند و بنابراین اوقاتی پیش می‌آید که یک خدمت‌دهنده در حال خدمت‌دادن نیست؛ درحالی‌که

خدمت‌دهندگان دیگر با صف رجوع‌کنندگان روبه‌رو هستند؛ بنابراین احتمالاً بتوان با ایجاد همکاری بین خدمت دهندگان و یا تغییر فرآیند گردش کار زمان انتظار کل مراجعه‌کنندگان در سیستم را کاهش داد. در جدول ۱۰، سناریوهای ممکن برای طراحی مجدد فرآیند و تقسیم کار ارائه شده است.

جدول ۱۰. سناریوهای ممکن بهبود سیستم

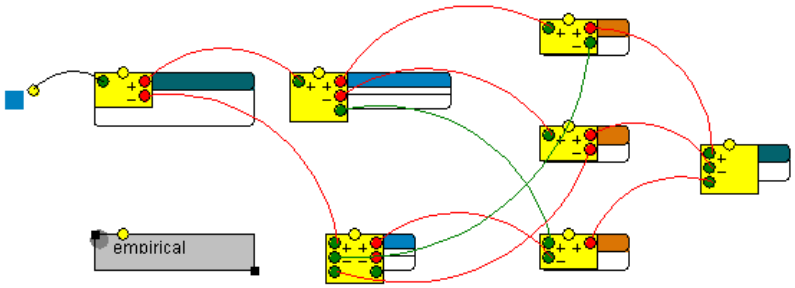
شماره	سناریو	توضیحات
۱	توسعه مهارت	توسعه مهارت‌های خدمت‌دهنده‌های شماره ۱ و ۲
۲	توسعه مهارت	توسعه مهارت‌های خدمت‌دهنده شماره ۳
۳	تخصصی‌کردن فرآیند انجام امور	تقسیم کار و تخصصی‌کردن فرآیند انجام امور
۴	چند مهارته‌کردن کارکنان	توسعه مهارت‌های هر ۳ خدمت‌دهنده

در مدل سناریو اول که در شکل ۷، نشان داده شده است، می توان به خدمت‌دهندگان ۱ و ۲ مهارت و نوع کاری که خدمت‌دهنده ۳ انجام می‌دهد را آموزش داد تا مراجعه‌کنندگانی که در صف اول قرار می گیرند و خدمت دریافت می‌کنند و در مرحله دوم نیاز به خدمت‌گیری از باجه ۳ پیدا می‌کنند، دیگر به باجه ۳ نروند و همان خدمت‌دهندگان ۱و ۲ کار مراجعه‌کننده را انجام دهند؛ بنابراین مراجعه‌کنندگان نوع A و C به صف اول می‌روند و نوع B به صف دوم.



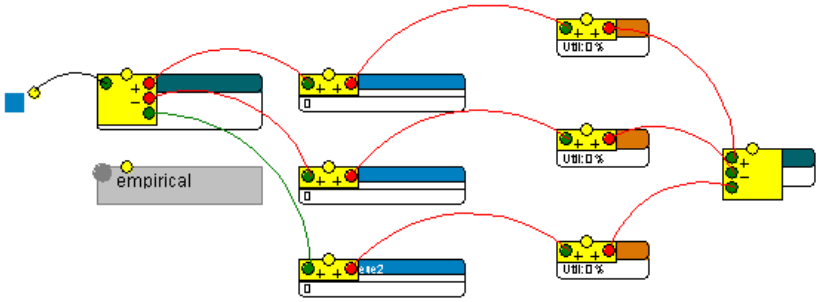
شکل ۷. مدل شماتیک سناریوی اول در نرم‌افزار ED

سناریوی دوم در شکل ۸، نشان داده شده است. این همان مدل وضع موجود است که تنها یک کانال از صف اول به سرور سوم وصل شده و توضیح آن می‌تواند به این صورت باشد که اگر در صف اول افراد در حال انتظار بودند و در این حال سرور سوم بیکار بود، شروع به خدمت دادن به افراد منتظر در صف اول نماید که در این صورت سرور سوم باید کار و مهارت خدمت-دهندگان دیگر را بیاموزد و به‌عنوان یک پشتیبان عمل کند.



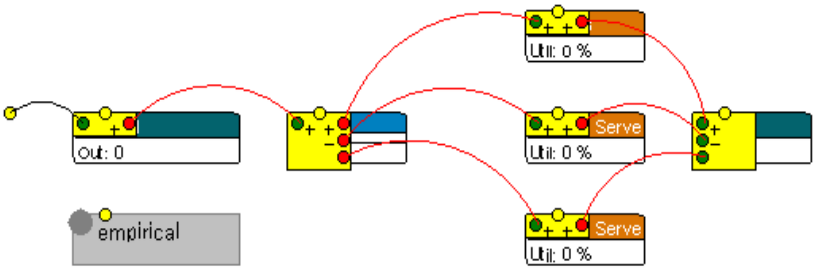
شکل ۸. مدل شماتیک سناریوی دوم در نرم‌افزار ED

سناریوی سوم در شکل ۹، نشان داده شده است. در این مدل تقسیم کار بر اساس نوع مراجعه‌کنندگان انجام شده است و هر یک از سرورها فقط به یک نوع از مراجعه‌کنندگان خدمت‌رسانی می‌کنند و مثلاً سرور اول خدمت‌دهنده به مراجعه‌کنندگان نوع A، سرور دوم خدمت دهنده به B و به همین صورت سرور دیگر به نوع C.



شکل ۹. مدل شماتیک سناریوی سوم در نرم‌افزار ED

سناریوی چهارم در شکل ۱۰، نشان داده شده است. در این سناریو تصمیم گرفته شد که با آموزش هر سه خدمت‌دهنده آن‌ها را قادر ساخت تا بتوانند به هر سه نوع مراجعه‌کننده A، B و C خدمت دهند؛ بنابراین مدل به‌صورت شکل ۱۰، تغییر پیدا کرد.



شکل ۱۰. مدل شماتیک سناریو چهارم در نرم‌افزار ED

بنابراین صف سیستم به یک صف تغییر پیدا کرد که در آن درصد انواع مراجعه‌کنندگان به صف به‌صورت جدول ۱۱، در مدل اصلاح شد.

جدول ۱۱. تعداد و درصد مراجعه‌کنندگان بر اساس نوع

تعداد کل مراجعه‌کنندگان	Type C	Type B	Type A
۴۴۱	۷۲	۴۰	۳۲۹
٪۱۰۰	٪۱۶/۳	٪۹	٪۷۴/۷

درنهایت هر ۴ سناریو بررسی و تنها سناریو چهارم موجب بهبود سیستم شد که در ادامه این سناریو بررسی خواهد شد. با توجه به تابع توزیع خدمت‌دهی و میانگین خدمت‌دهی که در ابتدای پژوهش به‌دست آمد (جدول ۴)، زمان‌های مشخص‌شده در جدول ۱۲، حاصل شد.

در جدول زمان‌های خدمت‌دهی با توجه به زمان‌هایی که زیر آن‌ها خط کشیده شده است، تخمین زده شده است. برای مثال نرخ خدمت‌دهی باجه ۳ به رجوع‌کنندگان نوع A از میانگین نرخ خدمت دهی باجه‌های ۱ و ۲، محاسبه شده است. با توجه به اینکه در این پژوهش هدف پیش‌بینی سناریوی بهبود است، از تخمین داده‌ها استفاده شده است.

جدول ۱۲. میانگین زمان خدمت‌دهی هر باجه به هر مراجعه‌کننده

Type ***باجه خدمت‌دهنده***	A	B	C
باجه ۱	۱۳۹/۶۴	۴۱۳/۹۶ (۱۳۹,۶۴+۲۷۴,۳۲)	۲۷۴/۳۲
باجه ۲	۱۷۴/۱۱	۴۴۸/۴۳ (۱۷۴/۱۱+۲۷۴/۳۲)	۲۷۴/۳۲
باجه ۳	۱۵۶/۸۷ ((۱۳۹/۶۴+۱۷۴/۱۱)/۲)	۴۱۳/۱۹ (۱۵۶/۸۷+۲۷۴/۳۲)	۲۷۴/۳۲

در ادامه با توجه به اطلاعات موجود، سناریو طراحی و مدل ۱۰۰ بار اجرا شد. نتایج عملکرد های مهم در مقایسه با وضع موجود به شرح جدول ۱۳، به‌دست آمد.

جدول ۱۳. مقایسه مشخص‌های سیستم و سناریو در ۱۰۰ بار اجرای مدل

سناریوی بهبود	وضع موجود	مشخصه
۱/۵ تنها صف موجود	۱/۶۵	میانگین تعداد افراد منتظر در صف اول
	۱/۰۷	میانگین تعداد افراد منتظر در صف دوم
۱۱۹/۴۲ تنها صف موجود	۱۴۵/۷۶	میانگین مدت‌زمان انتظار درصف اول
	۴۲۶/۶۱	میانگین مدت‌زمان انتظار درصف دوم
۰/۷۵	۰/۷۶	درصد اوقاتی که سرور اول در حال خدمت‌دادن است.
۰/۷۵	۰/۷۱	درصد اوقاتی که سرور دوم در حال خدمت‌دادن است.
۰/۶۶	۰/۷۰	درصد اوقاتی که سرور سوم در حال خدمت‌دادن است.

با توجه به اینکه در سیستم جدید وضعیت تعداد صف‌ها از دو به یک تغییر یافته است، مقایسه این دو ستون خیلی منطقی به نظر نمی‌رسد؛ بنابراین باید از مهم‌ترین عامل در ارزیابی سیستم، یعنی میانگین زمان حضور کل مراجعه‌کنندگان در سیستم استفاده کرد. به این ترتیب با ۵ بار اجرای مدل فعلی و مدل سناریو و میانگین‌گیری از زمان‌های حضور مراجعه‌کنندگان سیستم در هر بار اجرای مـدل، نتایج جدول ۱۴، حاصل می‌شود. برای اطمینان از نتایج لازم است اختلاف بین داده‌ها آزمون آماری شود. این آزمون در ادامه بررسی خواهد شد.

جدول ۱۴. میانگین مدت‌زمان حضور مراجعه‌کنندگان در سیستم

سناریوی بهبود	وضع موجود	اجرا
۲۸۰	۴۰۰	۱
۳۷۰	۳۶۰	۲
۳۱۷	۳۷۴	۳
۳۰۶	۴۰۷	۴
۳۳۲	۳۹۰	۵
۳۲۱	۳۸۶	میانگین

اگرچه استفاده از آزمون فرض‌ها نمایانگر وجود یا عدم‌وجود اختلاف بین دو گزینه است، اما معمولا استفاده از فواصل اطمینان برای مقایسات بین دو گزینه است. دیدگاه استفاده از فاصله اطمینان درواقع تغییریافته دیدگاه استفاده از آزمون فرض است و درحقیقت بیانگر بازه‌ای است که انتظار می‌رود اختلاف موجود بین دو گزینه در آن یافت شود. معمولاً برای این منظور از یک فاصله اطمینان ۹۵ درصدی استفاده می‌شود [۱۱].

در اینجا برای بررسی وضعیت اختلاف داده‌ها از آزمون T زوجی استفاده می‌شود. این تحلیل در جدول ۱۵، ارائه شده است.

جدول ۱۵. آزمون t زوجی برای بررسی تفاوت میانگین‌های وضع موجود و سناریوی بهبود

فرض صفر: میانگین داده‌ها در دو حالت وضع موجود و سناریوی بهبود با هم برابرند.				
مرحله	میانگین	انحراف استاندارد	T	P-Value (Sig)
وضع موجود	۳۸۶/۲۰	۱۹/۱۸	۲/۹۰۷	۰/۰۴۴
بهبود	۳۲۱	۳۲/۸۰		

با توجه به جدول ۱۵، نتایج آزمون t وابسته برای مقایسه میانگین داده‌ها در وضع موجود و در سناریوی بهبود آورده شده است. مقدار آماری آزمون برابر با ۳/۰۰۶ و سطح معناداری آن برابر با ۰/۰۴ محاسبه شد. این مقدار از میزان خطا، یعنی ۰/۰۵، کمتر است؛ در نتیجه فرض صفر که نمایانگر برابری میانگین‌های داده‌ها در وضع موجود و سناریوی بهبود است، رد می‌شود و با اطمینان ۹۵ درصد وجود تفاوت بین میانگین‌ها «معنادار» است.

با مقایسه اطلاعات حاصل می‌توان گفت که حدود ۶۰ ثانیه (۱ دقیقه) در وقت هر مراجعه‌کننده صرفه‌جویی شده است؛ بنابراین می‌توان با تدابیر ممکن و تدوین برنامه آموزشی جریان کار را به شکل گفته‌شده تغییر داد.

یافته‌های مدیریتی. بخش خدمات در حال تبدیل‌شدن به عامل رقابتی تعیین‌کننده در بازارهای جهانی است. با افزایش اهمیت این بخش، مدیریت آن از جنبه‌های گوناگون برجسته می‌شود. خدمات در اقتصادهای توسعه‌یافته اهیمت زیادی یافته است. در کشورهای درحال‌توسعه، نظیر ایران، نیز این امر ضریب اهمیت افزون‌تری پیدا می‌کند؛ چراکه اثر اهرمی آن در پیشرفت، ملموس‌تر خواهد بود؛ بنابراین کیفیت خدمات ارائه‌شده در این عرصه حرف اول را می‌زند. برای دستیابی به کیفیت بالاتر، مطالعه و ملاحظه روند برنامه‌ریزی، اجرا و کنترل خدمات لازم است. ماهیت ناملموس خدمات، مشارکت مشتری در فرایند خدمت‌دهی و تحقق فرآیند هم‌زمان با حضور مشتری و پویایی‌های انسانی خاص در این نوع عملیات، جنبه منحصربه‌فرد عملیات خدماتی را نشان می‌دهد. در این مطالعه با به‌کارگیری رویکرد شبیه‌سازی، یک سیستم خدماتی تحلیل شد. همان‌طور که شیخان (۲۰۰۷) بیان می‌دارد، به‌طورکلی عواملی که در سازمان‌های خدماتی بر کیفیت ارائه خدمات اثر می‌گذارد، می‌تواند شامل مدیریت پاسخگویی به خدمات، اطلاع‌رسانی به مراجعه‌کنندگان، سرعت و دقت در ارائه خدمات، طول صف، استفاده از فناوری

های جدید در ارائه خدمات، رفتار مناسب کارمندان در برخورد با ارباب‌رجوعان و مشتریان و امین‌بودن کارمندان در خصوص اطلاعات آن‌ها باشد.

نکته‌ای که رضائی‌پندری و همکاران (۱۳۹۳)، به نقل از لین و همکاران (۲۰۱۰)، بیان داشته‌اند، این است که استانداردسازی خدمات یک عامل اصلی است. انتزاع و اندازه‌گیری خدمات دشوار است. تنوع بخش‌های خدماتی ایجاد یک چارچوب خدماتی را با دشواری مواجه ساخته است. مشکلات ذاتی در ایجاد مدل‌های استاندارد برای خدمات به‌دلیل ماهیت خاص تبادل خدمات نیز به اندازه پیچیدگی فرآیندهای طراحی و ارائه خدمات، رویکردهای ویژه‌ای را می‌طلبد. بنا بر یافته‌های محمدلو و همکاران (۱۳۹۰)، با توجه به اهمیت مشتری‌مداری و تکریم ارباب رجوع یکی از مهم‌ترین مسائلی که در سازمان‌های خدماتی بر آن تأکید می‌شود، حفظ کرامت و حرمت ارباب‌رجوعان و ارزش‌دهی به آن‌ها است. توجه به این مهم نشان‌دهنده شایستگی مدیران و بی‌توجهی به آن نشان‌دهنده ضعف مدیریت در سازمان است؛ ازاین‌رو لازم است تا معیارهای عملکرد صف تحلیل شود و راهکارهایی برای کاهش طول صف توسط مدیران در پیش گرفته شود. با توجه به اینکه این‌گونه تصمیم‌ها معمولاً سرمایه‌بر هستند، انتخاب روش‌هایی که بهترین نتیجه ممکن را با کمترین هزینه در برداشته باشند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بی‌توجهی به ابزارهای نوین موجود درنهایت باعث عدم‌اطمینان در تصمیم‌گیری خواهد شد؛ ازاین‌رو صاحب‌نظران همواره به دنبال مجهزکردن تصمیم‌گیرندگان به ابزارها و فن‌های جدید هستند تا تصمیم‌ها همراه با درجه اطمینان بالایی همراه باشد.

اصلی‌ترین و درعین‌حال حساس‌ترین وظیفه یک مدیر، تصمیم‌گیری است؛ بنابراین اتخاذ روش‌هایی که این فرآیند را به ایده‌آل‌ترین نتیجه رهنمون سازد، اهمیت دارد. روش‌های مختلفی برای کمک به مدیران در شناخت و بهبود عملکرد و تصمیم‌گیری در مورد سیستم‌ها وجود دارد که به‌کارگیری آن‌ها به نوع سیستم و مسئله مورد نظر بستگی دارد. به‌کارگیری همه آن‌ها در مورد یک سیستم خاص نه به سادگی امکان‌پذیر است و نه نتیجه مفیدی خواهد داشت؛ بنابراین سؤالی که برای مدیران مطرح می‌شود، روش و ابزار کاهش زمان انتظار و چگونگی استفاده از آن است. یا آنکه با توجه به شرایط سازمان‌ها چه راهکارهایی برای رسیدن به رضایت‌مندی بیشتر مراجعه‌کنندگان با رویکرد اصلاح فرآیندهای کاری وجود دارد. برای پاسخگویی با این پرسش می‌توان از شبیه‌سازی استفاده کرد. شبیه‌سازی شیوه‌ای پویا است که می‌تواند بسته به شرایط تصمیم‌گیری، بهترین راهکار را برای تصمیم‌گیری مدیران در جهت اصلاح فرآیند انجام کار معرفی کند.

نکته قابل‌توجه در این پژوهش، بهبود سیستم خدمت‌دهی با توجه به سناریوی پیشنهادی است؛ به‌نحوی‌که با آموزش و چندمهارته‌کردن کارکنان می‌توان زمان انتظار مراجعه‌کنندگان سیستم را تا حد زیادی کاهش داد. با توجه به کم‌هزینه‌بودن، این راهکار می‌تواند بسیار موردتوجه

مدیریت قرار گیرد؛ همچنین در صورتی که بتوان برای دریافت خدمات انعطاف ایجاد کرد، برای مثال بتوان دریافت خدمات را از مرحله دوم نیز شروع کرد، موضوع بالا صادق است. در هر دو حالت بالا نرخ انتظار در صف به صفر می‌رسد؛ درصورتی‌که نرخ خدمت‌دهی خدمت‌دهنده‌ها ثابت است؛ بنابراین مهندسی مجدد فرآیندهای انجام کار با هدف کاهش زمان انتظار در صف و سیستم و با رویکرد شبیه‌سازی می‌تواند بیشتر موردتوجه پژوهش‌های آتی قرار گیرد.

نتایج این پژوهش نشان داد که با اجرای فرآیند پیشنهادی می‌توان زمان انتظار در سیستم را کاهش داد و به هدف اصلی که جلب رضایت مراجعه‌کنندگان است، دست یافت. در سازمان‌های خدمات عمومی، دلایلی از قبیل حساسیت حاکمیتی، تداوم رابطه با مشتری (در حد مادام‌العمر) و روابط بلندمدت، تخصصی‌بودن کار و فراگیربودن سبب شده است که مدیریت مشتریان شکل و سیاق ویژه‌ای داشته باشد و گرایش خاصی از مدیریت عملیات خدمات را شکل دهد. مدیران تمایل دارند که به‌گونه‌ای رضایت مشتریان را تأمین کنند. در این میا، طراحی و مدیریت صف می‌تواند تأثیر زیادی داشته باشد. ازآنجاکه انتظار مشتریان، به‌دلیل ماهیت این دسته از خدمات، بیشتر بر عدالت خدمت‌رسانی معطوف است، مدیریت صف یکی از توجهات اساسی مدیران عملیات عمومی است که در این پژوهش مدنظر قرار گرفت.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

هدف پژوهش حاضر این بود تا با به‌کارگیری رویکرد شبیه‌سازی، سیستم خدمت‌دهی در واحد مالی اداره آب استان همدان را با درنظرگرفتن تمام عوامل مؤثر بر آن شبیه‌سازی کند و با یافتن فرآیندهایی که به تشکیل گلوگاه و کاهش کارایی خدمت‌دهندها و نیز اتلاف زمان مشترکین منجر می‌شوند، راهکاری کم‌هزینه برای بهبود و اصلاح فرآیندهای موجود ارائه دهد. به لحاظ روش‌شناسی این پژوهش در حوزه بهینه‌سازی از طریق شبیه‌سازی قرار می‌گیرد. بهینه‌سازی از طریق شبیه‌سازی از جمله تکنیک‌های نوین مبتنی بر واقعیت است که عملاً از دهه ۱۹۹۰ در حوزه صنعت و خدمات مورداستفاده قرار گرفته است. این تکنیک از فرض‌های ساده‌کننده مثل قطعی‌بودن رویدادهای واقعی (زمان بین ورود مشتریان، زمان خدمت‌دهی، زمان خراب‌شدن و یا تعمیر) و یا خطی‌بودن روابط ریاضی اجتناب کرده و تلاش می‌کند مسائل را همان‌گونه که در دنیای واقعی وجود دارند، مدل‌سازی کند.

شبیه‌سازی بر خلاف مدل‌های دیگر، یک راه‌حل بهینه واقعی ارائه نمی‌دهد؛ بلکه توصیفی از شرح رویدادهایی ارائه می‌کند که تحت شرایط مطمئن در سیستم اتفاق می‌افتند. در شبیه‌سازی روش‌های متعددی وجود دارد که کارشناسان از آن برای بهینه‌سازی و بهبود عملکرد سیستم

بهره می‌برند. در نتیجه پژوهش‌های روزتی[۱] و همکاران (۲۰۰۹)، یکی از پرکاربردترین روش‌ها در تکنیک بهینه‌سازی شکل گرفت که «روش شبیه‌سازی با تولید سناریو» است. در این روش تعداد محدودی سناریو بر اساس مشاوره با خبرگان، الگوبرداری از شرکت‌های رقیب و یا طراحی آزمایش تولید می‌شود. هر طرح یا سناریو به‌طور مجزا با کمک نرم‌افزار شبیه‌سازی، مدل شده و به اندازه کافی تکرار می‌شود. در هر تکرار مقادیر متغیرهای تصمیم و توابع هدف، ذخیره شده و برای تحلیل‌های آماری و مقایسه سناریوها به‌کار می‌رود.

با بررسی مدل شبیه‌سازی‌شده در نرم‌افزار این مطلب حاصل شد که مدل به‌درستی عمل می‌کند و با سیستم موردنظر تطابق دارد. در ادامه، پژوهش به‌دنبال راهکارهای ممکن برای کاهش زمان انتظار مشترکین در صف و سیستم بود و با توجه به هدف تحقیق مبنی بر بهبود سیستم با حداقل هزینه، سناریوی چندمهارته‌کردن کارکنان برای اصلاح روال کاری بررسی و تحلیل شد. با آموزش و اصلاح فرآیند می‌توان هر سه کارمند را توانا کرد تا بتوانند به هر سه نوع مراجعه‌کننده A، B و C خدمت‌رسانی کنند؛ بنابراین شکل مدل تغییر کرد. صف سیستم به یک صف تغییر پیدا کرد که در آن نسبت انواع مراجعه‌کنندگان به صف در مدل اصلاح شد. با فرض اینکه کارمند کار جدید را با همان زمان کارمند دیگر انجام دهد، زمان خدمت‌دهی به مراجعه کننده توسط باجه‌های دیگر پیش‌بینی و با توجه به مدل جدید و اطلاعات به‌دست‌آمده تغییرات موردنیاز در مدل اعمال شد. برای دقت بالاتر واریانس تابع توزیع خدمت‌دهی نیز تعدیل شد.

با مقایسه اطلاعات به‌دست‌آمده و میانگین‌گیری از نتایج ۵ بار اجرای مدل، می‌توان دید که حدود ۱ دقیقه در وقت هر مراجعه‌کننده صرفه‌جویی شده است. آزمون آماری نیز وجود تفاوت معنادار در دو مدل موجود و سناریوی بهبود را تأیید می‌کند؛ بنابراین هدف موردنظر با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌سازی ED و با طراحی سناریوی چندمهارته‌کردن کارکنان محقق شد. هرچند نتایج پژوهش نشان‌دهنده آن است که با اطمینان بالا می‌توان فرآیند انجام کار را به شکل گفته شده تغییر داد، اما برای تحلیل دقیق‌تر باید میانگین و واریانس زمان ارائه خدمات بعد از آموزش کارکنان و اصلاح فرآیند دوباره ثبت و توابع توزیع خدمت‌دهی جدید را به دست آورد، مدل جدید شبیه‌سازی شده را بار دیگر با توابع توزیع جدید (نه پیش بینی شده) اجرا کرد. این مورد با یافته های پژوهشی مشابه قابل‌تطبیق است.

در پژوهش‌های صورت‌گرفته در زمینه سیستم‌های خدماتی، پیشنهادهای ارائه‌شده غالباً متمرکز بر تعداد سرورها و یا خدمت‌دهنده‌ها است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که در کارهای خدماتی با انواع و نرخ مختلف مراجعه‌کنندگان ممکن است بتوان با اصلاح روش انجام کار، تقسیم مجدد کار، ایجاد انعطاف‌پذیری در مراحل انجام کار و اقداماتی از این دست، زمان

---

۱. Rossetti

انتظار در صف و در سیستم را کاهش داد؛ بدون آنکه درصد زمان فعالیت خدمت‌دهنده‌ها (نیروهای خدماتی) تغییر محسوسی بپذیرد. در سناریوی پیشنهادی این پژوهش زمان فعالیت خدمت‌دهنده‌ها تغییر زیادی نداشت؛ بااین‌حال زمان انتظار در سیستم به‌طور میانگین تا یک دقیقه کاهش یافت. در سیستمی که دو مراجعه‌کننده برای دریافت خدماتی دو مرحله وارد یک سازمان با دو خدمت‌دهنده (۲ صف مجزا و هر صف برای یک مرحله از کار) می‌شوند، هر دو نفر باید به‌صورت متوالی در صف اول و دوباره در صف دوم برای دریافت خدمات قرار گیرند؛ ولی در صورت امکان ارائه خدمت مرحله یک و دو توسط هر دو خدمت‌دهنده، یکی از مراجعه‌کنندگان در صف اول و دیگری در صف دوم برای دریافت خدمات قرار می‌گیرند. به این ترتیب زمان انتظار در صف به صفر می‌رسد.

منابع

1. Abedi, S., Radfar. R., & Hamidi, N. (2010). Optimization of fuel station deployment plan by using simulation tools in queue theory. *Development and transformation management, 2(4),* 43- 52.
2. Aeenparast, A., Tabibi, S. J., Shahanaghi, K., & Aryanejhad, M. B. (2013). Reducing outpatient waiting time: a simulation modeling approach. *Iranian Red Crescent Medical Journal*, *15*(9), 865.
3. A Kazemi. M.A., Dad, A. (۲۰۰۸). *Improve factory production line layout using queuing systems simulation*. Islamic Azad University Tehran Branch. MA. Page 24.
4. Akbari Haghighinejad, H. A., Kharazmi, E., Hatam, N., Yousefi, S., Hesami, S. A., Danaei, M., & Askarian, M. (2016). Using queuing theory and simulation modelling to reduce waiting times in an Iranian emergency department. International journal of community based nursing and midwifery, 4(1), 11. (In Persian).
5. Alvani, M., Jandaghi & G., Safari, M. (2011). Evaluation of bank branches and the factors influencing it (Case study of Tehran branch of Bank Sepah). *Journal of Public Administration University of Tehran, 4(3),* 1-18.
6. Asgharizadeh, E., Ahmadi, S. H., & Yousefi Dehbidi, Sh. (2012). Prioritizing Quality Aspects in Service Organizations: A Comparision between Compensatory and Noncompensatory Method. *Journal of Industrial Management Perspective, 4(4),* 107-122 (In Persian).
7. Asgharizade, E., Bitaraf, A., Ajali, M. (2011).Providing a hybrid model using fuzzy PROMETHEE and multi-objective linear programming for outsourcing warranty services. *Journal of Industrial Management Perspective, 1(2),* 43-60 (In Persian).
8. Atighechiyan, A., & Emanpoor, M. (2017). Daily scheduling of operating rooms in conditions of uncertainty with a simulation-based optimization approach. *Journal of Industrial Management Perspective, 7(27),* ۵۳-۸۲ (In Persian).
9. Arkat, J. H., farhani, M. (2010). Investigating the effectiveness of service restructuring in banks using queue models. *7th International Conference on Industrial Engineering, Isfahan,* Iranian Industrial Engineering Association, Isfahan University of Technology. (In Persian).
10. Azar, A., Mohammadlo, m., Moghbal Ba Arz, A., & Ahmady, P. (2012). Designing a Framework to measure the quality of service in the supply chain. *Journal of Industrial Management Perspective, 6(2*), 9-24. (In Persian)
11. Azimi, P., & Ghanbari, M.R. (2015). Optimization of grain material transportation based on a simulation model in Shahid Rajaei port. *Journal of Industrial Management Studies, 13(38),* 133-161. (In Persian).
12. Azimi, P. (2013). *Simulation via Optimization by ED Education Software*. Qazvin Azad University Press, Pp. 47-50. (In Persian).
13. Barrer, D.Y. (1957). Queuing with impatient customers and ordered Service. *Operations Research, 5(5),* 650-656.
14. Beier, G. (1997). Optimal personnel configuration of branch office banking through applied queueing network theory. In *Operations Research Proceedings 1996* (pp. 157-162). Springer, Berlin, Heidelberg.
15. Bouazzi, I., Bhar, J., & Atri, M. (2017). Priority-based queuing and transmission rate management using a fuzzy logic controller in WSNs. I*CT Express, 3(2),* 101-105.

16. Cascone, A., Rarità, L., & Trapel, E. (2014). Simulation and Analysis of a Bank's Multi-Server Queueing System. *Journal of Mathematical Sciences*, *196*(1), 23-29.
17. Choobin, B., & Hoosseyni, J. (2016). Container terminal simulation and equipment optimization with ED software; The first conference on management, entrepreneurship, marketing, economic development, insurance and crisis management with the approach of sustainable development and passive defense, electronically. *Iran Conference Management Institute, Center for Passive Defense Studies*.
18. Choudhury, A. & Medhi, P. (2010). A Simple Analysis of Customers Impatience in Multiserver Queues. *Journal of Applied Quantitative Methods, 5(2),* 182-197.
19. Chung, Ch. A. (2003). *Simulation modeling handbook: a practical approach*. CRC press, Inc. Boca Raton, FL, USA, ISBN 0-8493-1241-8.
20. Fodor, G., Blaabjerg, S., Andersen A. (1998). Modeling and simulation of mixed queueing and loss systems. *Wireless Personal Communications, 8(3),* 253 276.
21. Gautam, N. (2002). Performance analysis and optimization of web proxy servers and mirror sites. *European Journal of Operational Research, 142,* 396–418.
22. Gou, X., Xu, Z. & Liao, H. (2017). Hesitant fuzzy linguistic entropy and cross-entropy measures and alternative queuing method for multiple criteria decision making. *Information Sciences, 388,* 225-246.
23. Gross, D. (2008). *Fundamentals of queueing theory.* John Wiley & Sons, USA.
24. Gupta, M. B. & Khanna, R. B. (2006). *Quantitative Techniques for Decision Making.*2nd Edition, New Delhi: Prentice Hall of India.
25. Hagighi, A., Montazer, Medhi, J. & Mohanty, S. G. (1986). On a multi server Markovian queuing system with Balking and Reneging. *Computer and Operational* Research, *13(4),* 421-425.
26. Jafarnejad, A. Mohseni, M. Abdollahi, A. (2014). Proposing a Hybrid Fuzzy PROMETHEE - AHP Approach to Performance Evaluation of Service Supply Chain (Case Study: Hotel industry). *Journal of Industrial Management Perspective, 4 (14), 69*-92. (In Persian)
27. Jin Y.S., Ming X., Li X., Wen J.Y., & Jin D. (2009). Customer-centric optima resource reconfiguration for service outlet. *International Conference of Service Operations, Logistics and Informatics.* Pp. 754-759.
28. Kazemi, M., Sibuyeh, A., Ranjbar, M., Najiazimi, Z., Karimi, Z. (2014). Simulation, system, emergency unit, and ranking of scenarios, improvement, using the PROMETHEE-AHP method. *Journal of Industrial Management Perspective*, *12*, 137-164 (In Persian).
29. Kleinrock, L. (1975). *Queueing Systems*. A Wiley-Interscience Publication, Volume I.
30. Kleinrock, L. (1975). *Queueing Systems.* Vol. I: Theory. Wiley, New York
31. Little, John DC. "A proof for the queuing formula: L= λ W." *Operations research* 9.3 (1961): 383-387.
32. Madadi, N., Haghighian Roudsari, A., Yew Wong, K., & Rahiminezhad Galankashi, M. (2013). *Modeling and Simulation of a Bank Queuing System.* University Teknologi Malaysia.
33. Mehdiniya, Sh., Varshooei, P., Janatipoor, M., Shirazi, B., Mahdavi, E. (2012). Improving the parameter of estimating customer waiting time in bank queuing systems using discrete event simulation with process-oriented approach. *8th*

International Conference on Industrial Engineering, Tehran, Iran Industrial Engineering Association, Amir Kabir University of Technology.

34. Mesgari, F., Bagherinezhad, J. (2013). Simulation of the bank queue system by ARENA software and analysis of its performance criteria. *First National Conference on Accounting and Management, Shiraz,* Kharazmi International Educational and Research Institute.
35. Mirzabaghi, M., & Jolai, F. (2017). Inventory scheduling in a multi-supplier G / G / 1 / ∞queue system using response level simulation and methodology; *Journal of Industrial Management Perspective, 27,* 9-26 (In Persian).
36. Mohammadlu, M., Hamidi, N., Hajkarimi, B. (2011). Electronic banking and queue density of bank counters (Case study of queue criteria in traditional and electronic banking). *Productivity management (beyond management), 5(17),* 161-190.
37. Momeni, M., Mohghar, A., Matinnafs, F. (2006). Assessing the performance of the employee-delivery queue system in Sepah Bank. *Management Knowledge Quarterly, 74, 111*-131.
38. Moradi, H., Rezaei, A., Bagherinezhad, J. (2017). Study and analysis of the function of Kian Airlines Agency system using software. *First International Conference on Systems Optimization and Business Management,* Babol, Noshirvani University of Technology - Iranian Association for Operations Research.
39. Mousakhani, M., Haghighi, M., & Torkzadeh, S. (2012). Model to gain customer loyalty through customer knowledge management in the banking industry. *Journal of Business Management, 4(12),* 147-164.
40. Nong, Ye, Esma, S., Gel, Xueping Li, Toni Farley, Ying-Cheng Lai, (2005). Web server QoS models: applying scheduling rules from production planning. *Computers & Operations Research, 32,* 1147– 1164.
41. Parimala Sree, R., & Palaniammal, S. (2014). Application of Queueing Theory in Bank Sectors. *International Journal of Development Research, 4(12),* 2783-2789.
42. Rayatpishe, S. Tiztoo, A. (2016). Strategie's of Customs and Logistics to Clients through Scenario Planning Approach. *Journal of Industrial Management Perspective, 6(23),* 101-129. (In Persian)
43. Render, B., Stair, M., & Hanna, E. (2007). *Quantitative Analysis Management 9nd edition.* New Delhi: Prentice Hall of India.
44. Rezaei Pandari, A., & Azar, A. (2017). A fuzzy cognitive mapping model for service supply chains performance. *Measuring Business Excellence, 21(4),* 388-404. (In Persian)
45. Rodríguez-Sanz, Á., de Marcos, A. F., Pérez-Castán, J. A., Comendador, F. G., Valdés, R. A., & Loreiro, Á. P. (2021). Queue behavioural patterns for passengers at airport terminals: A machine learning approach. *Journal of Air Transport Management, 90,* 101940.
46. Ross, S. M. (1997). *Introduction to probability models.* 6th ed., Academic Press, London.
47. Rossetti, M.D., Hill, R.R., Johansson, B., Dunkin, A., & Ingalls, R.G. (2009). A Brief Introduction to Optimization via Simulation. *Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference*, 75-85.

48. Saadatjo, F. (2016). Analysis, modeling and simulation of the queue system of Yazd Central Laboratory using ED software.
49. Sheykhani, S. (2007). Electronic banking and strategies in Iran. *Institute for Monetary and Banking Studies*, Pp. 32-33.
50. Shannon, R. E. (1975). *Systems Simulation: The Art and Science*.
51. Taghavifard, M.T., Dadvand, A., Aghaei, M. (2018). Improving the service process and reducing the waiting time of customers in the bank with a simulation approach. *Quarterly Journal of Intelligent Business Management Studies, 6(22)*, 75-105.
52. Taghizadeh Yazdi, M.R, Sabzali Rezaei, S, Emamat, M.M, Alikhani, H. (2018). Evaluating Service Quality of Airlines using a Hybrid Fuzzy MADM Approach. *Journal of Industrial Management Perspective, 8(2),* 135-164. (In Persian)
53. Teo, Y.M., & Ayani, R. Comparison of load balancing strategies on cluster-based web servers. *The International Journal of the Society for Modeling and Simulation, 77(6),* 185–195, 2000.
54. Vaghefzadh, M.H., Karimi, B. (2018). Demand Management using Autoregressive-Time Series Modeling in Mobile Value-Added Services. *Journal of Industrial Management Perspective, 8(30),* 9-30. (In Persian)