

## چشم‌انداز مدیریت صنعتی

سال یازدهم، شماره ۴۲، تابستان ۱۴۰۰

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

صص ۹۷ - ۶۵

# ارائه الگوی تجزیه و تحلیل 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 می‌توان 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 تجزیه و تحلیل 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 پایداری 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 نتیجه راهکار پیشنهادی، به‌طور میانگین تقریباً ۶۰ ثانیه در وقت هر مراجعه‌کننده صرفه‌جویی می‌شود. 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]؛ از این رو 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].

به‌طور کلی 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؛ از این رو 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 در نهایت باعث عدم اطمینان در تصمیم‌گیری خواهد شد؛ از این رو صاحب نظران به دنبال مجهز کردن 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. تجزیه و تحلیل‌های 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 سوآلی 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 تصمیم‌گیری 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 کانتراهاى 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 مشخص کردن تعداد و آرایش خدمت‌دهندگان که به مشتریان سرویس می‌دهند و ۲. ماهیت تقاضا که می‌توان از طریق متغیر گرفتن فرآیند ورود به سیستم و همچنین نحوه سرویس‌دهی به مشتریان، آن را مشخص کرد [۳].

شبیه‌سازی، تقلیدی از عملکرد فرآیند یک سیستم واقعی با لحاظ کردن 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<sup>۱</sup> (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 فرآیند یا سیستم، به‌منظور ارزیابی و آزمایش راهبردها است. شبیه‌سازی روشی برای آگاهی از نتایج ایده‌های پیشنهادی قبل از اجرای آن‌ها است. بهبود عملکرد واحدهای عملیات خدماتی در مقایسه با

<sup>۱</sup> Shannon

واحدهای تولیدی، جنبه‌های ویژه‌ای دارد. به دلیل ماهیت پویا و پیچیده عملیات خدمات، کاربرد روش شبیه‌سازی توجیه پیدا می‌کند [۵۰]. مدل‌های شبیه‌سازی قادر به تجزیه و تحلیل «اگر-آنگاه» هستند؛ اما نمایشی صحیح یا کمی از روابط علی بین عناصر مختلف درون مدل ارائه نمی‌دهند. این روابط به‌طور غیرمستقیم از طریق شبیه‌سازی برقرار می‌شوند؛ از این رو استفاده از روش مدل‌سازی دیگری برای به‌دست‌آوردن پویایی صریح و کمی 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 است.

در این پژوهش کوشیده می‌شود با ارائه الگویی، سیستم خدمت‌دهی در واحد مالی اداره آب استان همدان با در نظر گرفتن تمام عوامل مؤثر بر آن و برای مدیریت صف، شبیه‌سازی شده و راهکاری 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 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 پیش‌بینی 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 (هوایپما، وسیله نقلیه، مردم، ارتباطات) و یا طراحی امکانات (بانک‌ها، پست، ادارات، پارک‌های تفریحی، رستوران‌ها) [۲۲].

## ۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

یکی از جنبه‌های اصلی عملیات خدمت، صف است. همان‌طور کلاينراک<sup>۱</sup> (۱۹۷۵) بیان کرده است، نظریه صف با کار تحقیقاتی مهندسی دانمارکی به نام ای.کی.ارلنگ آدر 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 به سرعت 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)، مورد توجه 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

۲. A.K. Erlang

مدیریت ارائه خدمت نخستین معیاری است که در مطالعه رضائی پندری و همکاران (۱۳۹۳)، به- عنوان 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، سرعت عمل 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 حسین‌آبادی 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 سیستم‌های فرآیندگرا در ارائه خدماتی‌تواند 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 باقری نژاد (۱۳۹۲)، معیارهای صف در یک سازمان خدماتی را توسط نرم افزار 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 شبیه سازی به کمک ED، مرادی و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی با عنوان «مطالعه و تحلیل کارکرد سیستم آژانس هواپیمایی کیان با استفاده از شبیه سازی» به این نتیجه رسیدند که بهینه سازی رفتار سیستم های صف در مؤسسات مختلف تولیدی و خدماتی می تواند باعث ارائه خدمات بهتر و افزایش رضایت مشتریان شود. نتایج بررسی آن ها در مورد پروازهای خارجی نشان داد که افزایش یک سرور باعث کاهش زمان انتظار مشتریان، بهبود سیستم و عدم ایجاد صف می شود؛ اما افزایش سرور در پرواز داخلی با اینکه باعث کاهش طول صف و زمان انتظار می شود، به دلیل بالا بودن نرخ بیکاری خدمت دهندگان، صرفه اقتصادی ندارد [۳۸].

سعادت جو (۱۳۹۵) در پژوهشی با عنوان «تحلیل، مدل سازی و شبیه سازی سیستم صف آزمایشگاه مرکزی یزد با استفاده از نرم افزار ED» به این نتیجه رسید که یکی از عوامل مهم و تأثیرگذار بر موفقیت سازمان ها در دنیای امروز، افزایش رضایت مشتری از طریق بهبود کیفیت خدمات است. سازمان ها برای رسیدن به اهداف خود نیاز به برنامه ریزی دقیق و سریع دارند. اصلی ترین و درعین حال حساس ترین وظیفه یک مدیر، تصمیم گیری است. اتخاذ روش هایی که این فرآیند را به بهترین نتیجه رهنمون سازد، اهمیت دارد. در «آزمایشگاه مرکزی یزد»، به عنوان مجهزترین آزمایشگاه این استان، صف های طولانی برای انجام نمونه های آزمایش و همچنین طولانی بودن زمان پاسخگویی از معضلاتی است که مراجعان این مرکز دولتی را با مشکل اساسی روبه رو کرده است. پژوهشگران با جمع آوری اطلاعات و تحلیل آن ها توانستند توابع توزیع خدمت دهنده های این سیستم را به دست آورند و سپس مدلی از آن با استفاده از نرم افزار شبیه سازی ED ایجاد کنند. آن ها با توجه به عملکرد این سیستم و شناخت گلوگاه های آن، توانستند با ارائه راهکارهایی با عنوان «سناریوی پیشنهادی»، مدت زمان انتظار در صف را کاهش دهند و میزان کیفیت مدل را بهبود بخشند [۴۸].

بهرام چوبین و همکاران (۱۳۹۴)، در پژوهشی با عنوان «شبیه سازی ترمینال کانتینری و بهینه سازی تجهیزات با نرم افزار ED» به این نتیجه رسیدند که امروزه کشتی های کانتینری یکی از راه های سریع و کم هزینه برای حمل حجم های زیاد کالا هستند. برخی مشخصه های حمل و نقل دریایی، کاهش هزینه های بارگیری، کاهش ریسک حمل و نقل، تخصیص بهینه اسکله، استفاده مناسب از تجهیزات، سیاست های بهینه باربر و لیفتراک ها است. هدف آن ها استفاده از مدل شبیه سازی برای حداقل کردن تعداد بارهای درون انبار و همچنین کاهش تعداد کشتی هایی بود که در انتظار پهلوگیری هستند. این پژوهشگران سعی کردند تا مدل شبیه سازی به مدل واقعی نزدیک شود تا بتوان به صورت 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].

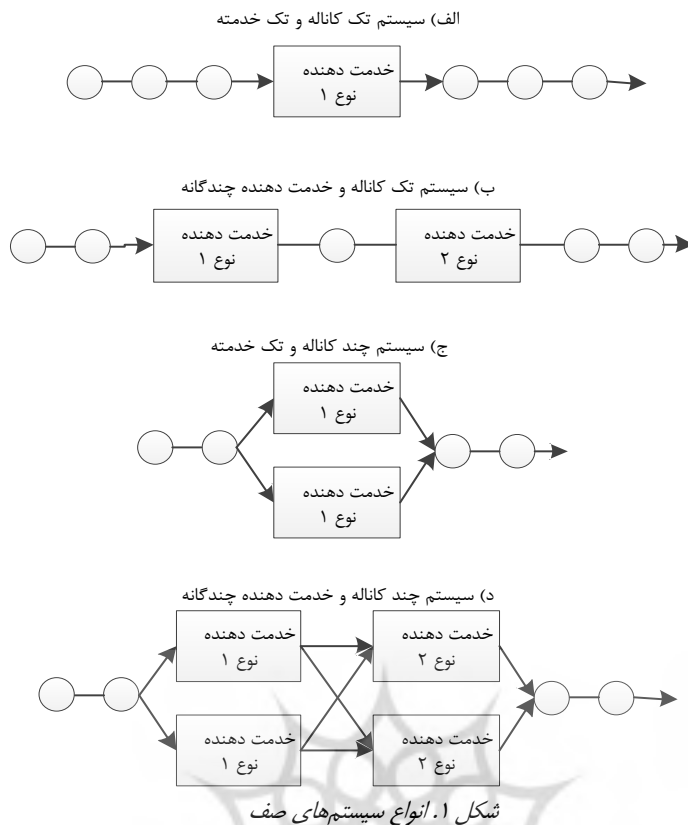
**پژوهش‌های خارجی.** در زمینه پیشینه پژوهش در این حوزه مطالعاتی، می‌توان بخش‌های شبیه‌سازی سیستم و مقایسه الگوریتم‌های زمان‌بندی کیفیت خدمات الکترونیک، تحلیل و بهینه‌سازی مدل وب سرور با مدل‌های صف و انصراف از ورود به خدمت را برشمرد. از دیگر مسائل در این حوزه، پدیده انصراف کاربران از ورود و خدمت است که شرایط گوناگونی دارد. یکی از نخستین کارها در زمینه انصراف از خدمت توسط بارر<sup>۱</sup> (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 تجزیه و تحلیل 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 خان<sup>۲</sup> (۲۰۰۶)، انواع عمومی سیستم‌های صف بر حسب چیدمان فیزیکی در شکل ۱، نشان داده شده است [۲۴].



۱. Barrer  
۲. Gupta & Khanna





فودور و همکاران<sup>۱</sup> (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<sup>۲</sup> (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<sup>۳</sup> 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<sup>۴</sup> و پالانیامال

۱. Fodor, et al.

۲. Jin, et al.

۳. Cascone, et al.

۴. Parimala & Palaniammal

(۲۰۱۴) نیز به بررسی و تحلیل خدمات مختلف در یک سازمان خدماتی پرداختند. 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<sup>۱</sup> (۲۰۰۷)، به‌طور کلی 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 رودریگز و همکاران<sup>۲</sup> (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. Sheykhani

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 Haghighejad, 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
Sheykhani, (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 می‌آید. به لحاظ تئوری روش نیز به‌کارگیری شبیه‌سازی در این مورد، نوآوری دیگر پژوهش حاضر است.

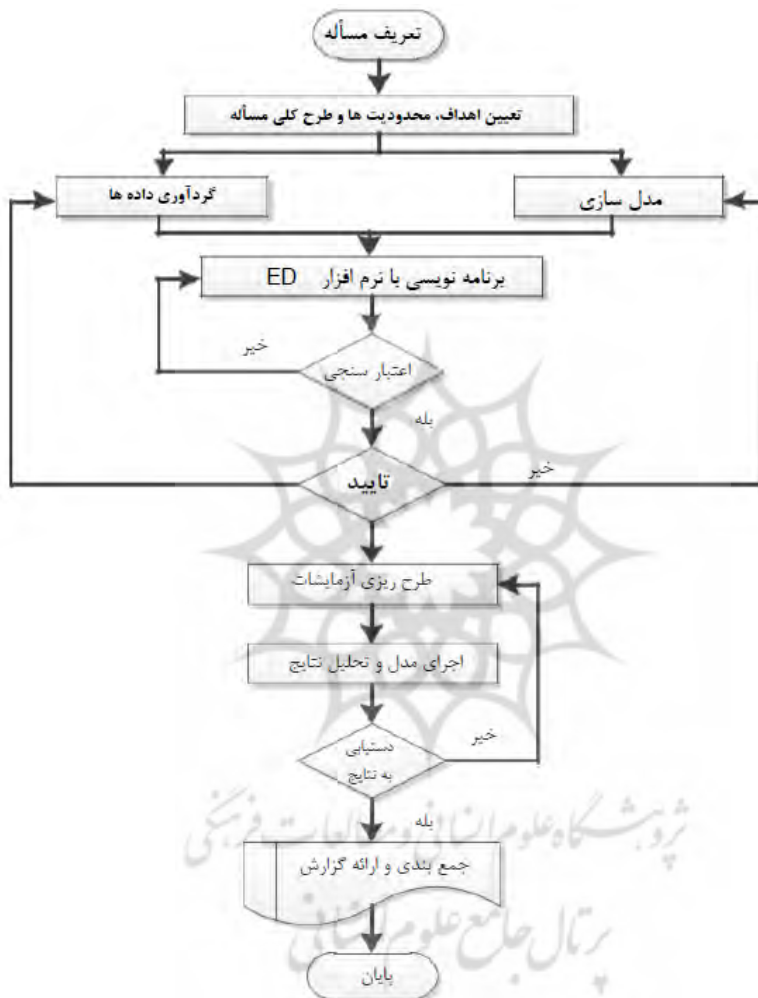
### ۳. روش‌شناسی پژوهش

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 - 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 مدل کردن این فرآیندها در نرم‌افزار ED قرار می‌گیرد. پس از مدل کردن 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:

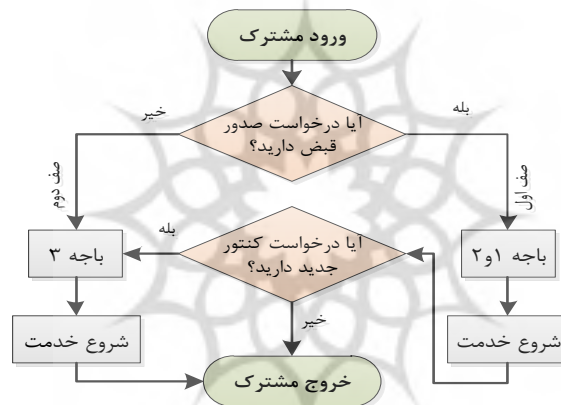
زمان ورود هر ارباب رجوع به واحد کارى؛ نرخ قرارگیرى ارباب رجوعان در انواع صف خدمات؛ زمان ارائه خدمات به ارباب رجوعان توسط کارکنان واحد کارى؛ نرخ پرداختن به سایر امور متفرقه توسط کارکنان.

مجموعه داده‌هاى جمع‌آورى شده بررسى و تحلیل شده است و تابع توزیع هر کدام از این داده‌ها مشخص شده و با استفاده از این توابع توزیع به مدل‌سازى فرآیندهاى موجود در سازمان موردبررسى به کمک نرم‌افزار شبیه‌سازى اقدام شده است. شکل ۲، رویه اجرائى شبیه‌سازى را نشان می‌دهد.



شکل ۲. رویه شبیه‌سازى

**مفروضات مدل.** سیستم مورد مطالعه این پژوهش واحد مالی «شرکت آب 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، مطلع کردن 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 اقساطی کردن 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 داده‌ها و یافته‌های پژوهش

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

$$N \geq \left( \frac{t_{\alpha/2, n-1} \times \delta}{\varepsilon} \right)^2 \quad \text{رابطه (۱)}$$

در یک روز با تعداد ۸۸ نمونه اولیه از زمان ورود مشتریان و با در نظر گرفتن  $\alpha=0/05$  و  $\epsilon=0/15$  (مقدار خطای مورد نظر) 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 در مجموع تعداد ۴۴۱ نمونه زمان ورود مشترکین به دست آمد. نکته مورد توجه 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 به عمل آمده با مدیر واحد این نتیجه حاصل شد که سیستم در طول روز بین ساعات کاری ۱۰:۳۰ الی ۱۳:۰۰ بیشترین مراجعه را دارد. 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 مورد نیاز از شنبه تا چهارشنبه اول ماه و بین ساعات شلوغی کار گرفته شده است. خلاصه اطلاعات به دست آمده 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

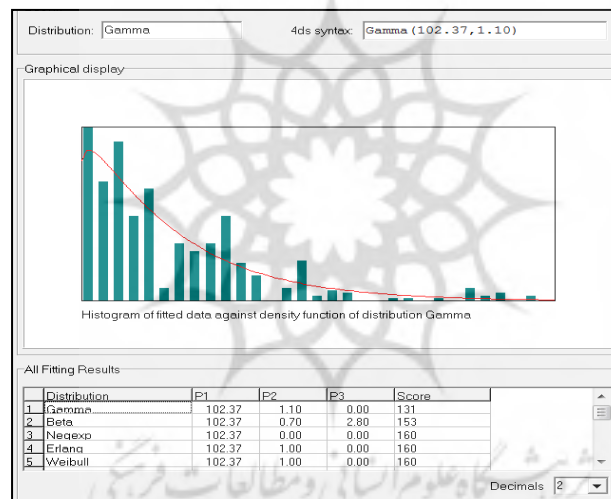
در این مرحله بر اساس داده‌های گردآوری شده و با استفاده از ابزار Autofit در نرم‌افزار ED نرخ ورود مشترکین و نرخ خدمت‌دهی هر باجه به دست آمد. شکل ۴، نمونه تابع توزیع نرخ ورود مشتریان به سیستم را نشان می‌دهد. برای نزدیک شدن سیستم شبیه‌سازی شده به واقعیت، نرخ ترک خدمت خدمت‌دهندگان و نرخ بازگشت به خدمت نیز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

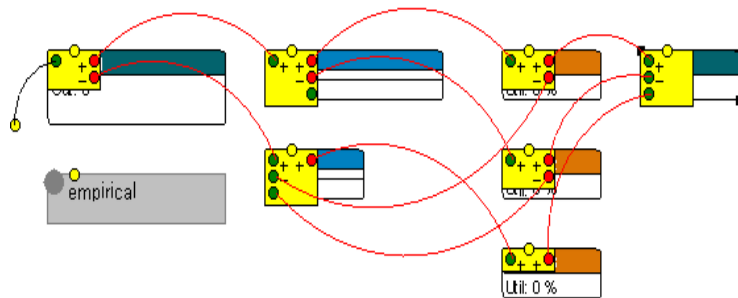
نوع داده	تابع توزیع
نرخ ورود مشتریان	Gamma (۱۰۲/۳۷، ۱/۱۰)
نرخ خدمت‌دهی باجه ۱	Weibull (۱۳۹/۶۴، ۲/۵۰)
نرخ خدمت‌دهی باجه ۲	Normal (۱۷۴/۱۱، ۷۹/۴۶)
نرخ خدمت‌دهی باجه ۳	Normal (۲۷۴/۳۲، ۹۴/۹۸)
MTTF تابع توزیع خروج از کار	NegExp (۲۲۵۰)
MTTR تابع توزیع برگشت به کار	Uniform (۳۰۰، ۶۰۰)



شکل ۴. تابع توزیع ورود مشتریان

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





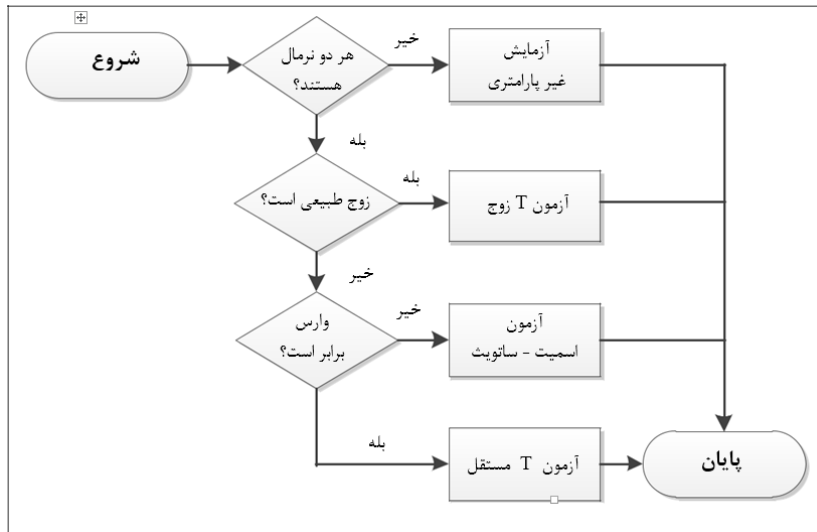
شکل ۵. مدل شمانیک سیستم در نرم افزار ED

صحة گذارى مدل شبیه سازی شده. با صحة گذارى می توان فهمید که مدل نرم افزارى به درستی عمل می کند یا خیر؟ روش های مختلفی برای انجام صحة گذارى مدل وجود دارد. یک روش این است که مدل را برای ساعات مشخصی اجرا کرده و در نهایت مشخصات گزارش به دست آمده را بررسی کرد. برای مثال، می توان متوسط طول در صف مربوط به مشتریان را بررسی و با توجه به منطقی و یا غیرمنطقی بودن نتیجه، در مورد صحت سیستم نتیجه گیری کرد. برای دستیابی به نتایج دقیق تر از مشخصات سیستم باید برنامه را به تعداد دفعات بیشتری اجرا کرد؛ البته هرچه تعداد اجرای مدل بیشتر باشد، نتایجی که به دست می آید، به واقعیت نزدیک تر است [۱۲]. در اینجا با اجرای مدل به تعداد ۱۰۰ بار در مدت ۲/۵ ساعت (ضریب اطمینان ۹۵ درصد) نتایج به صورت جدول ۵، است.

جدول ۵. پارامترهای مهم سیستم در ۱۰۰ بار اجرای مدل

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

آزمایش مدل شبیه سازی و تعیین اعتبار آن. منظور از اعتبارسنجی مدل این است که در یک سطح اطمینان حاصل کرد که خروجی مدل شبیه سازی با خروجی دنیای واقعی برابر است و اینکه مدل طراحی شده معرف دقیقی از سیستم واقعی است. معتبرسازی معمولاً از طریق محک زدن صورت می گیرد؛ یعنی فرایند تکرار شونده مقایسه مدل با رفتار سیستم واقعی. مراحل انجام معتبرسازی در شکل ۶ نشان داده شده است.



شکل ۶. فلوجارت مراحل انجام معتبرسازی [۱۹]

با توجه به اینکه داده‌های این مدل در طی ۵ روز و در هر روز به مدت زمان ۲/۵ ساعت گردآوری شده است، برای تطابق این داده‌ها با مدل طراحی شده، مدل پنج بار با مدت زمان ۲/۵ ساعت اجرا و خروجی‌های آن یادداشت شد (جدول ۶). با استفاده از آزمون‌های آماری و مراحل تعیین شده، 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 واقعی	خروجی مدل
۸۸	۷۳
۹۹	۸۰
۸۲	۸۵
۹۴	۹۱
۷۸	۸۳

ابتدا بررسی می‌شود که آیا دو مجموعه از داده‌ها دارای توزیع نرمال هستند یا خیر؟ بدین منظور از آزمون کولموگروف - اسمیرنوف<sup>۱</sup> استفاده می‌شود. جدول ۷، شامل آزمون فرض‌های در نظر گرفته شده برای مشخص کردن نرمال بودن توزیع دو مجموعه در نظر گرفته شده است.

1 . Kolmogorov-Smirnov

جدول ۷. آزمون فرض بررسي نرمال بودن 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 به صورت جفتی نیست و از یکدیگر مستقل هستند، قدم بعدی مشخص کردن مشابه بودن 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 ( $\text{Sig} > 0/05$ )؛ بنابراین فرض صفر که در بردارنده مشابه بودن 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.

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

در رابطه ۳:

$\bar{X}_1$ : میانگین مجموعه داده‌های سیستم واقعی

$\bar{X}_2$ : 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 در نظر گرفته شده برای انجام آزمون T را به همراه نتایج این آزمون با در نظر گرفتن  $\alpha = 0.05$  نشان می‌دهد. نتایج حاکی از آن است که آماره محاسبه شده برای این آزمون  $-1/199$  و مقدار سطح معناداری برابر با  $0/265$  است. این مقدار بیشتر از میزان خطای در نظر گرفته شده است ( $\text{Sig} > 0/05$ )؛ 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 داده‌های سیستم واقعی و مجموعه داده‌های 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 در این مرحله راهکارهای ممکن برای کاهش زمان انتظار مشتریان در صف و همچنین در سیستم بررسی می‌شود. در اینجا راهکارهایی را که هیچ هزینه‌ای در بر ندارد و یا بسیار ناچیز است، مورد بررسی قرار می‌گیرد.

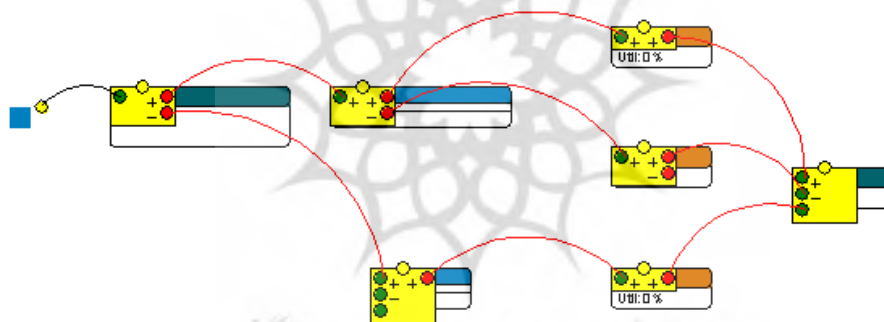
با بررسی پارامترهای مهم سیستم می‌توان گفت که چون هر سه خدمت‌دهنده، ۲ و ۳ در هر لحظه به‌طور میانگین به ترتیب  $0/77$  درصد،  $0/71$  درصد و  $0/70$  درصد در حال خدمت‌دادن هستند و بنابراین اوقاتی پیش می‌آید که یک خدمت‌دهنده در حال خدمت‌دادن نیست؛ درحالی‌که

خدمت‌دهندگان دیگر با صف رجوع‌کنندگان روبه‌رو هستند؛ بنابراین احتمالاً بتوان با ایجاد همکاری بین خدمت‌دهندگان و یا تغییر فرآیند گردش کار زمان انتظار کل مراجع‌کنندگان 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

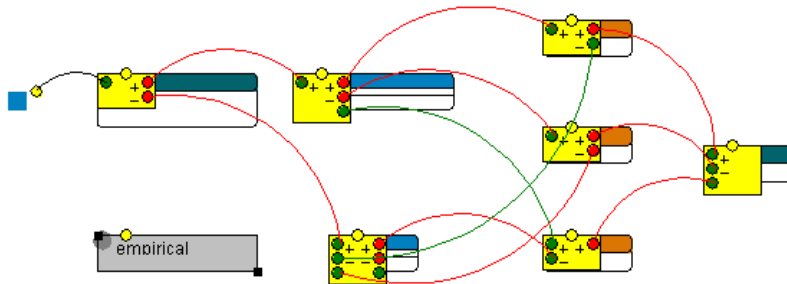
شماره	سناریو	توضیحات
۱	توسعه مهارت	توسعه مهارت‌های خدمت‌دهنده‌های شماره ۱ و ۲
۲	توسعه مهارت	توسعه مهارت‌های خدمت‌دهنده شماره ۳
۳	تخصیصی کردن فرآیند انجام امور	تقسیم کار و تخصیصی کردن فرآیند انجام امور
۴	چند مهارت‌ه کردن کارکنان	توسعه مهارت‌های هر ۳ خدمت‌دهنده

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



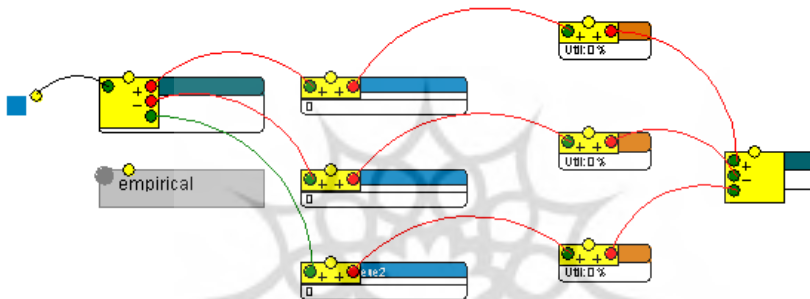
شکل ۷. مدل شماتیک سناریوی اول در نرم‌افزار ED

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 خدمت‌دهندگان دیگر را بیاموزد و به‌عنوان یک پشتیبان عمل کند.



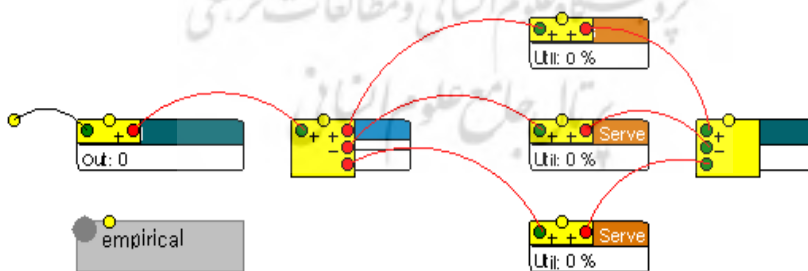
شکل ۸. مدل شماتیک سناریوی دوم در نرم‌افزار ED

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 خدمت‌دهنده 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 به صورت شکل ۱۰، تغییر پیدا کرد.



شکل ۱۰. مدل شماتیک سناریوی چهارم در نرم‌افزار ED

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

جدول ۱۱. تعداد و درصد مراجعه کنندگان بر اساس نوع

Type A	Type B	Type C	تعداد کل مراجعه کنندگان
۳۲۹	۴۰	۷۲	۴۴۱
%۷۴/۷	%۹	%۱۶/۳	%۱۰۰

در نهایت 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 خدمت دهی و میانگین خدمت دهی که در ابتدای پژوهش به دست آمد (جدول ۴)، زمان های مشخص شده در جدول ۱۲، حاصل شد. در جدول زمان های خدمت دهی با توجه به زمان هایی که زیر آن ها خط کشیده شده است، تخمین زده شده است. برای مثال نرخ خدمت دهی باجه ۳ به رجوع کنندگان نوع A از میانگین نرخ خدمت دهی باجه های ۱ و ۲، محاسبه شده است. با توجه به اینکه در این پژوهش هدف پیش بینی سناریوی بهبود است، از تخمین داده ها استفاده شده است.

جدول ۱۲. میانگین زمان خدمت دهی هر باجه به هر مراجعه کننده

Type	A	B	C	باجه خدمت دهنده
باجه ۱	$\frac{139}{64}$	$\frac{413}{96}$	$\frac{274}{32}$	
باجه ۲	$\frac{174}{11}$	$\frac{448}{43}$	$\frac{274}{32}$	
باجه ۳	$\frac{156}{87}$	$\frac{413}{19}$	$\frac{274}{32}$	

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، به دست آمد.

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

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

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 مدل، 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

اجرا	وضع موجود	سناریوی بهبود
۱	۴۰۰	۳۸۰
۲	۳۶۰	۳۷۰
۳	۳۷۴	۳۱۷
۴	۴۰۷	۳۰۶
۵	۳۹۰	۳۳۲
میانگین	۳۸۶	۳۲۱

اگرچه استفاده از آزمون فرض‌ها نمایانگر وجود یا عدم‌وجود اختلاف بین دو گزینه است، اما معمولاً استفاده از فواصل اطمینان برای مقایسات بین دو گزینه است. دیدگاه استفاده از فاصله اطمینان در واقع تغییر یافته 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 تبدیل شدن به عامل رقابتی تعیین‌کننده در بازارهای جهانی است. با افزایش اهمیت این بخش، مدیریت آن از جنبه‌های گوناگون برجسته می‌شود. خدمات در اقتصادهای توسعه‌یافته اهمیت زیادی یافته است. در کشورهای در حال توسعه، 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 منحصر به فرد عملیات خدماتی را نشان می‌دهد. در این مطالعه با به‌کارگیری رویکرد شبیه‌سازی، یک سیستم خدماتی تحلیل شد. همان‌طور که شیخان (۲۰۰۷) بیان می‌دارد، به‌طور کلی 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 رضائی‌بندری و همکاران (۱۳۹۳)، به نقل از لین و همکاران (۲۰۱۰)، بیان داشته‌اند، این است که استاندارسازی 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 به دلیل 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؛ از این رو 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 در نهایت باعث عدم اطمینان در تصمیم‌گیری خواهد شد؛ از این رو صاحب‌نظران همواره به دنبال مجهز کردن 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 به کارگیری آن‌ها به نوع سیستم و مسئله مورد نظر بستگی دارد. به کارگیری همه آن‌ها در مورد یک سیستم خاص نه به سادگی امکان‌پذیر است و نه نتیجه مفیدی خواهد داشت؛ بنابراین سوآلی 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؛ به نحوی که با آموزش و چندمهارت‌کردن کارکنان می‌توان زمان انتظار مراجعه‌کنندگان سیستم را تا حد زیادی کاهش داد. با توجه به کم‌هزینه‌بودن، این راهکار می‌تواند بسیار مورد توجه

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؛ در صورتی که 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 مورد توجه 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، تخصصی بودن کار و فراگیر بودن 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 مباحث طراحی و مدیریت صف می‌تواند تأثیر زیادی داشته باشد. از آنجاکه انتظار مشتریان، به دلیل 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 در نظر گرفتن تمام عوامل مؤثر بر آن شبیه‌سازی کند و با یافتن فرآیندهایی که به تشکیل گلوگاه و کاهش کارایی خدمت‌دهنده‌ها 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 مورد استفاده قرار گرفته است. این تکنیک از فرض‌های ساده‌کننده مثل قطعی بودن رویدادهای واقعی (زمان بین ورود مشتریان، زمان خدمت‌دهی، زمان خراب‌شدن و یا تعمیر) و یا خطی بودن 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<sup>۱</sup> 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 به کار می‌رود.

با بررسی مدل شبیه‌سازی شده در نرم‌افزار این مطلب حاصل شد که مدل به‌درستی عمل می‌کند و با سیستم موردنظر تطابق دارد. در ادامه، پژوهش به دنبال 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 مراجعه‌کننده 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 پیش‌بینی شده) اجرا کرد. این مورد با یافته‌های پژوهشی مشابه قابل تطبیق 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؛ با این حال 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.



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 Haghhighinejad, 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 Comparison 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. *ICT 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., & Hoosseyini, 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 queueing 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 queueing 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 queueing formula:  $L = \lambda W$ ." *Operations research* 9.3 (1961): 383-387.
32. Madadi, N., Haghigian Roudsari, A., Yew Wong, K., & Rahiminezhad Galankashi, M. (2013). *Modeling and Simulation of a Bank Queueing System*. University Teknologi Malaysia.
33. Mehdiniya, Sh., Varshoei, P., Janatipoor, M., Shirazi, B., Mahdavi, E. (2012). Improving the parameter of estimating customer waiting time in bank queueing 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  $G / G / 1 / \infty$  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. Sheykhan, 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)



# **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.