بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه خوارزمی

دانشکده مدیریت

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مدیریت صنعتی گرایش تولید

عنوان پایان نامه

بهینه سازی نظام صف در شعبه لاله بانک ملت

استاد راهنما:

دکتر فرزاد حقیقی راد

استاد مشاور:

دکتر رضا یوسفی زنوز

پژوهشگر:

فرزانه ابراهیمی راد

تیر ماه ۱۳۹۸

اظهارنامه دانشجو

موضوع پایان نامه : بهینه سازی نظام صف در شعبه لاله بانک ملت

استاد راهنما: جناب آقای دکتر فرزاد حقیقی راد

اینجانب فرزانه ابراهیمی راد دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مدیریت صنعتی گرایش تولید دانشگاه خوارزمی به شماره دانشجویی ۹۴۳۱۳۶۵۰۱ گواهی می نمایم که تحقیقات ارائه شده در این پایان نامه توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده مورد تائید می باشد و در موارد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. به‌علاوه گواهی می نمایم که مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری ارائه نشده است و در تدوین متن پایان نامه چارچوب مصوب دانشکده را به‌طور کامل رعایت کرده ام.

امضاء دانشجو:

تاریخ:

کلیه حقوق مادی و معنوی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری های ناشی از تحقیق، همچنین چاپ و تکثیر، نسخه برداری، ترجمه و اقتباس از این پایان نامه کارشناسی ارشد، برای دانشکده خوارزمی محفوظ است. نقل مطلب با ذکر منبع بلامانع است.

سپاسگزاری

تقدیم به

چکیده

صف‌ها یکی از سیستم‌های پیچیده اجتماعی رایج در زندگی روزمره می‌باشند و به‌طور اجتناب ناپذیری با حوزه فعالیت‌های سازمانها مرتبط شده‌اند. جهت مدیریت و بهینه‌سازی فرآیندهای دارای صف، مفاهیم تئوری صف شکل گرفت. یکی از نهادهایی که همواره مبحث صف درآن مطرح می‌باشد، موسسات مالی و بانک‌ها می‌باشند که همه روزه، خدماتی را با وجود فرآیندهای دارای صف، ارائه می‌دهند. به روشنی قابل درک است که تسهیل و تسریع فرآیندهای خدمات رسانی باعث کاهش زمان ارائه‌ی خدمات و در نتیجه کاهش طول صف و افزایش رضایت مشتریان می‌گردد. در این میان انطباق مدل‌های بهینه‌سازی صف با ساز و کارهای یک بانک و تطبیق پارامترهای این مدل‌ها در حوزه‌ی عملی از دغدغه‌های مدیران بانکی است، بنابراین در این تحقیق راهکارهایی جهت تعیین این پارامترها (پارامترهای هزینه‌ای) برای یک شعبه‌ی بانکی و بهره‌گیری از آن در بهینه‌سازی صف ارائه شده است. بدین منظور مساله‌ی بهینه‌سازی هزینه-ی کل صف، مبتنی بر وضعیت موجود صف و با استفاده از مفاهیم تئوری صف برای صف شعبه‌ی لاله‌ی بانک ملت اسلامشهر مورد بررسی قرار گرفته است. در این بانک ۴ باجه دارای شماره‌زن الکترونیکی است و تعداد صندلی‌های موجود در مجموعه (بیانگر طول صف کل مجموعه) ۱۸ صندلی است. از آنجاییکه تاکنون ساختار صف بانک با توجه به اطلاعات تاریخی مراجعات به آن از بدو تاسیس مورد توجه قرار نگرفته است، از این رو زمان بیکاری باجه‌ها و گاها ایجاد صف‌های طولانی در مجموعه مشهود می‌باشد. جهت اجرای فرایند بهینه‌سازی، ابتدا با استفاده از اطلاعات ذخیره‌شده در سامانه‌ی شماره‌زنی بانک، پارامترهای توزیع‌های آماری مورد نیاز برای تحلیل صف (فرایندهای ورود و خروج مشتریان و خدمت‌دهی) استخراج شده است و سپس با توجه به ساختار خدمات‌دهی در این بانک، پارامترهای هزینه‌ای برای مدل هزینه‌ی کل صف محاسبه شده است. پس از تجزیه و تحلیل وضع موجود صف با استفاده از معیارهای عملکردی، تغییرات هزینه‌ی کل بر اساس تغییرات دو متغیر نرخ خدمت‌دهی و تعداد باجه‌های خدمت‌دهی مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به تغییرات تعداد باجه‌های بانکی، مقدار حداقل هزینه‌ی صف بانک در تعداد باجه‌ی ۶ محقق شده است. بنابراین امکان بهبود هزینه‌های صف بانکی در شعبه‌ی لاله‌ی بانک ملت اسلامشهر با افزایش تعداد باجه‌های آن از ۴ به ۶ میسر می‌باشد و از آنجاییکه با توجه به وضع موجود لی‌اوت بانک، امکان افزودن این باجه‌ها وجود دارد بنابراین به لحاظ عملی افزایش ۲ باجه به مجموعه توصیه می‌گردد.

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات تحقیق ۴
۱-۱ مقدمه ۵
۱-۲ بیان مساله ۵
۱-۲-۱ شهراسلامشهر ۶
۱-۲-۲ بانک های شهر اسلامشهر ۷
۱-۲-۳ تاریخچه بانک ملت ۸
۱-۳ اهمیت و ضرورت انجام پژوهش ۱۲
۱-۴ اهداف تحقیق ۱۲
۱-۵ سوالات تحقیق ۱۳
۱-۶ جنبه های نوآوریهای پژوهش ۱۳
۱-۷ تعاریف عملیاتی متغیرها و واژه های کلیدی ۱۳
۱-۸ مروری بر ساختار فصول ۱۴
فصل دوم: مرور ادبیات و پیشینه ی تحقیق ۱۶
۲-۱ مقدمه ۱۷
۲-۲ مفاهیم نظری تحقیق و پیشینه ی نظریات صف ۱۷
۲-۲-۱ انواع مدل خدمت دهی در سیستم صف ۱۷
۲-۲-۲ حالت گذرا و حالت پایدار سیستم ۱۹
۲-۲-۳ حالت کلی در سیستم های صف ۲۰
۲-۲-۴ معیار های ارزیابی سیستم های صف ۲۰
۲-۲-۵ مدل های نمائی صف ۲۳
۲-۳ بررسی پیشینه ی تحقیق ۲۸
۲-۳-۱ تحقیقات خارجی ۲۸
۲-۳-۲ تحقیقات داخلی ۴۴
۲-۱ نتیجه گیری ۵۳

فصل سوم: روش تحقیق ۵۴
۳-۱ مقدمه ۵۵
۳-۲ روش تحقیق ۵۶
۳-۳ مدل تحقیق ۵۶
۳-۴ جامعه و نمونه ی آماری تحقیق ۵۷
۳-۵ روش گردآوری داده ها ۵۷
۳-۶ روش تجزیه و تحلیل داده ها ۵۸
۳-۷ فرآیند انجام تحقیق ۶۲
۳-۸ نتیجه گیری ۶۳
فصل چهارم: نتایج تحقیق ۶۵
۴-۱ مقدمه ۶۶
۴-۲ تعیین پارامترهای رابطه ی هزینه ی کل ۶۶
۴-۳ نتایج ارزیابی وضعیت فعلی صف ۶۹
۴-۴ بهینه سازی صف ۷۲
۴-۴-۱ رویکرد اول بهینه سازی (تغییر μ) ۷۲
۴-۴-۲ رویکرد دوم بهینه سازی (تغییرتعداد خدمت دهندگان) ۷۳
۴-۴-۳ رویکرد سوم بهینه سازی (تغییرات همزمان مقدار μ و تعداد خدمت دهندگان) ۷۶
فصل پنجم: جمع بندی و نتیجه گیری ۷۸
۵-۱ مقدمه ۷۹
۵-۲ خلاصه ای از پژوهش ۷۹
۵-۳ جمع بندی و نتیجه گیری ۸۱
۵-۴ پیشنهاداتی جهت تحقیقات آتی ۸۲

فهرست جداول

جدول ۱-۱: شعب بانکی به همراه آدرس در شهر اسلامشهر ۷
جدول ۲-۱: علائم سیستم صف ۲۰

جدول ۲-۲: بررسی پژوهش های خارجی مرتبط با موضوع تحقیق ۲۹
جدول ۲-۳: بررسی پژوهش های داخلی مرتبط با موضوع تحقیق ۴۵
جدول ۴-۱ : هزینه های مرتبط با انتظار مشتریان در صف ۶۶
جدول ۴-۲: هزینه های ماهانه مرتبط با خدمت دهی به مشتریان ۶۷
جدول ۴-۳: مقادیر پارامترهای هزینه تابع هزینه کل ۶۹
جدول ۴-۴: آماره های توصیفی برای داده های ورود مشتریان و مدت زمان خدمت دهی ۷۰
جدول ۴-۵ : خلاصه ای از پارامترهای مورد نیاز جهت بهینه سازی صف ۷۰
جدول ۴-۶ : نتایج معیارهای ارزیابی وضعیت موجود صف ۷۱
جدول ۴-۷: نتایج معیارهای ارزیابی و هزینه کل بر اساس تغییر نرخ خدمت دهی ۷۲
جدول ۴-۸ :نتایج معیارهای ارزیابی و هزینه کل بر اساس تغییر تعداد خدمت دهندگان ۷۴
جدول ۴-۹: بررسی اثرتغییرات همزمان نرخ خدمت دهی و تعداد خدمت دهندگان بر روی هزینه کل ۷۶

فهرست اشکال

شکل ۱-۱: موقعیت مکانی بانک ملت، شعبه لاله اسلامشهر ۹
شکل ۱-۲: نمایی از بانک ملت شعبه لاله اسلامشهر ۱۱
شکل ۲-۱: ساختار کلی صف ۱۸
شکل ۲-۲: فرایند تولد و مرگ ۲۴
شکل ۲-۳: فرایند تولد و مرگ مدل M/M/C ۲۶
شکل ۳-۱: فرایند بهینه سازی اجزای صف ۵۷
شکل ۳-۲: فرایند انجام تحقیق ۶۳
شکل ۴-۱: تغییرات هزینه کل بر اساس نرخ خدمت دهی ۷۳
شکل ۴-۲ : تغییرات هزینه کل بر اساس تغییرات تعداد خدمت دهندگان ۷۵
شکل ۴-۳: تغییرات هزینه کل بر اساس تغییر نرخ خدمت دهی و تعداد خدمت دهندگان ۷۷

فصل اول: کلیات تحقیق

۱-۱ مقدمه

تشریح و ارائه‌ی دیدی جامع از تحقیق باعث می‌شود تا در مخاطبان تحقیق آمادگی مناسبی جهت دریافت اجزای مختلف آن ایجاد گردد و با اهداف، سؤالات و فرضیه‌ها و کاربردهای تحقیق آشنا گردد. در عصر حاضر با توجه به افزایش سطوح مختلف فرایندهای تولیدی، صنعتی و خدماتی، نیاز به مدیریت فرایندها و بهبود ساختار سلسله مراتب آن‌ها بیش از پیش احساس گردیده است. از این رو در دهه‌های اخیز بویژه در نیم قرن گذشته، سمت و سوی پژوهش‌های بسیاری در راستای بکارگیری مفاهیم و رویکردهای علوم مختلف بویژه ریاضیات در جهت بهبود و افزایش بهره‌وری و راندمان ساز و کار این فرایندها شکل گرفته است. یکی از اساسی ترین موضوعات در ساختار زنجیره‌ی تامین تولید و خدمات، مبحث صف می‌باشد. صف یکی از آثار و نتایج ارائه‌ی خدمات مستمر در فضای کسب و کار امروزی است. عدم توجه به این پدیده، می‌تواند معضلات گوناگونی را گریبانگیر یک مجموعه نماید و در نهایت منجر به افزایش نارضایتی مخاطبین مجموعه، کاهش بهره‌وری و در نهایت ورشکستی آن گردد. بنابراین توجه به آن از ضروریات اقدامات مدیریتی است. در این پایان نامه، تمرکز بر مباحث صف در یکی از عرصه‌های خدماتی یعنی خدمات بانکی می باشد و هدف ارائه‌ی ساز وکارهایی جهت بهبود فرایند صف بانکی است.

با توجه به آنچه بیان گردید، در این فصل توضیحاتی پیرامون کلیات تحقیق ارائه می‌گردد و نمایی کلی ازآنچه در این پایان‌نامه در پی بررسی آن هستیم، موردبررسی قرار می‌گیرد. به منظور تحقق این موضوع، در آغاز کلیاتی از مساله‌ی تحقیق در قالب بیان مساله‌ی تحقیق تشریح می‌شود که در آن به‌صورت موجز، مسئله‌ی اساسی تحقیق و ضرورت و اهمیت تحقیق موردبررسی قرار گرفته است. در ادامه، اهداف تحقیق که نشان‌دهنده‌ی مواردی است که در تحقیق بدنبال یافتن آن هستیم، ارائه می‌گردد. پس از بررسی اهداف تحقیق، سؤالات اصلی و فرعی تحقیق که شکل‌دهنده‌ی اهداف تحقیق می‌باشند، مورد بررسی قرار می‌گیرد و با در نظر گرفتن سوالات طرح شده، فرضیه‌های تحقیق ارائه می‌گردد. در نهایت، رویکردهای نوآورانه‌ی تحقیق و آنچه منجر به کاهش شکاف تحقیقاتی موجود با در نظر گرفتن ماهیت کلی این پژوهش می‌باشد، تحت تجزیه‌وتحلیل تحقیقاتی قرار می‌گیرد.

۱-۲ بیان مساله

صف‌ها یکی از سیستم‌های پیچیده اجتماعی رایج در زندگی روزمره می‌باشند و به‌طور اجتناب ناپذیری با حوزه فعالیت‌های سازمانها مرتبط شده‌اند.بطوری که مدیران جهت بهره‌وری سیستم‌های عملیاتی، ناگزیر به مطالعه و شناخت و تصمیم‌گیری در این مقوله می‌باشند (صالحی‌صدقیانی, ۱۳۷۹). امروزه پدیده انتظار مشتریان در صف

های طولانی به عنوان متقاضی دریافت خدمت یکی از معضلات سیستم های خدمت دهی است و افراد به عنوان متقاضی این انتظار را قبول نمی کنند و از آن رنج می برند و همچنین مدیران اینگونه سازمان ها از انتظار بیش از حد مشتریان خود ناراضی هستند. جهت مدیریت و بهینه‌سازی فرآیندهای دارای صف، مفاهیم تئوری صف شکل گرفت. تئوری صف یکی از قدرتمند ترین ابزارها برای تجزیه و تحلیل کیفی و کمی انواع سیستم ها است . امروزه با استفاده از علوم رایانه ای و تکنیک شبیه سازی که اکثر آنها بر پایه تئوری صف استوار هستند توانسته اند در حل بسیاری از معضلات و مشکلات کشور و طراحی سیستم های نوین صنعتی و خدماتی با حداکثر راندمان و اثربخشی مدیران را یاری نماید(جعفرنژاد, ۱۳۷۰) از دیدگاه مدیریتی، تئوری صف یکی از اجزای مهم و ابزارهای ارزشمند محسوب می شود و ارزیابی عملکرد سیستم از طریق مدل های صف در بخش های خدماتی و تولیدی جهت افزایش بهره وری سیستم و کسب مزیت رقابتی و استانداردهای کیفیت لازم می باشد . مدیران همواره در صدد ایجاد تعادل بین هزینه های ارائه خدمات مطلوب و هزینه های منتظر نگه داشتن مشتریان در صف ها هستند. آنها در تلاش هستند تا جای ممکن از طول صف ها کاسته و مدت زمان انتظار مشتری را حداقل گردانند. زیرا طول صف ها موجب عدم رضایت مشتری و ترک نمودن صف و خارج شدن از سیستم برای همیشه را در پی دارد که این امر هزینه های چشمگیری را در سطح خرد و کلان بر سازمان تحمیل می کند (کریمیان, ۱۳۸۲). یکی از نهادهایی که همواره مبحث صف درآن مطرح می‌باشد، موسسات مالی و بانک‌ها می-باشند که همه روزه، خدماتی را با وجود فرآیندهای دارای صف، ارائه می‌دهند. به روشنی قابل درک است که تسهیل و تسریع فرآیندهای خدمات رسانی باعث کاهش زمان ارائه‌ی خدمات و در نتیجه کاهش طول صف و افزایش رضایت مشتریان می‌گردد. ساختار صف در بانک از ۲ بخش تشکیل شده است نخست سیستم خدمت دهی و دیگری تعداد مشتریان که به‌طور کلی تعداد خدمت دهنده ها و زمان خدمت دهی به عنوان ابعاد تشکیل دهنده سیستم خدمت دهی محسوب می شوند. در این تحقیق مساله‌ی کاهش زمان از دست رفته در صف‌ها و بهینه‌سازی فرآیند خدمات رسانی، تحت موضوع تئوری صف و همچنین بهینه‌سازی صف شعبه‌ی لاله‌ی بانک ملت اسلامشهر مورد بررسی قرار خواهد گرفت. در ادامه توضیحاتی پیرامون شهر اسلامشهر و موقعیت شعبه لاله بانک ملت در شهر اسلامشهر ارائه می گردد.

۱-۲-۱ شهر اسلامشهر

اسلامشهر مرکز شهرستان اسلامشهر و دومین شهر پرجمعیت در استان تهران است. این شهر نوزدهمین شهر ایران از لحاظ جمعیت می‌باشد و همچنین پرجمعیت‌ترین شهری است که مرکز استان نمی‌باشد. بر طبق سرشماری

عمومی نفوس و مسکن (۱۳۹۵) مرکز آمار ایران این شهرستان در سال ۱۳۹۵، ۵۴۸٬۶۲۰ نفر جمعیت داشت که ۲۷۹٬۲۸۲ نفر آن مرد و ۲۶۹٬۳۳۸ نفر آن زن می‌باشند. این شهر، نزدیک‌ترین شهرستان به تهران است که ۱۲ کیلومتر با شهر تهران فاصله دارد. این شهر را می‌توان یک ابرشهر نوظهور نامید. با تفکیک دو بخش تجاری و مسکونی، می‌توان محلات اسلامشهر را به دو بخش تجاری و مسکونی تفکیک نمود:

- تجاری: سرنوری (پاساژکامپیوتر، بازار گوشت، میدان تره بار و میوه)، باغ فیض، بخش‌هایی از کاشانی ،۲۰ متری، زرافشان، مهدیه و محمدیه و بخش‌هایی از قائمیه
- مسکونی: شهرک میان آباد(امام حسین)، کاشانی، ۲۰ متری امام خمینی (ره)، ایرین، باغ نرده، مطهری، مهدیه، محمدیه، سعیدیه، شهرک لاله، مافین آباد، قاسم‌آباد شاهی، شیرودی، واوان، موسی‌آباد و قائمیه و شهر موسی

۱-۲-۲ بانک‌های شهر اسلامشهر

با توجه به آخرین آمار ارائه شده توسط بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران که در وب‌سایت بانک مرکزی گزارش شده است، در مجموع ۲۲ هزار ۵۸۳ شعبه بانکی در سراسر کشور وجود دارد و بیشترین تعداد متعلق به بانک ملی، با ۳۱۲۵ شعبه است. همچنین باتوجه به اینکه آخرین آمار منتشرشده از جمعیت مردم ایران، حدود ۸۱ میلیون نفر تخمین زده شده است، درنتیجه می‌توان به این نتیجه رسید که تقریبا به ازای هر ۳۵۸۶ نفر، یک شعبه بانکی در کشور داریم. شهر اسلامشهر به دلیل نزدیکی به پایتخت و تراکم جمعیتی بالا، از جمله شهرهایی است که نیاز به خدمات بانکی و مالی در آن محسوس می‌باشد و از این رو بانک‌ها و موسسه‌های مالی، شعب مختلفی را در این شهر تاسیس نموده‌اند. در شهر اسلامشهر در مجموع ۴۲ شعبه ی بانکی از بانک‌های مختلف قرار دارد که در جدول ۱-۱ ارائه شده است :

جدول ۱-۱: شعب بانکی به همراه آدرس در شهر اسلامشهر

نام بانک	تعداد شعبه	نام شعب
ملی	۱۲	شهرک واوان، شهرداری، خیابان امام سجاد، مهدیه، اسلامشهر، میدان نماز، خیابان امام خمینی، قائمیه، شاطره، دادگستری، خیابان مطهری، شهرک میان آباد
مسکن	۴	مهدیه، مرکزی، شهرک واوان، امام خمینی

تجارت	۵	مرکزی، کامیونداران، گلستان، میدان نماز، صالحیه
صادرات	۲	طالقانی، امام محمد باقر
ملت	۴	لاله، اسلامشهر،کامیونداران،احمدآباد
کشاورزی	۳	آیت الله سعیدی، شهید صدوقی، شهرک طالقانی
اقتصاد نوین	۱	اسلامشهر، ایستگاه نوری
انصار	۱	بزرگراه ایت اله سعیدی، شرق به غرب، سر نوری، بعد از اداره برق اسلامشهر
سامان	۱	خیابان باغ فیض
موسسه اعتباری کوثر	۱	خیابان باغ فیض
موسسه اعتباری ملل	۱	ابتدای خیابان نوری، پاساژ میلاد نور
توسعه تعاون	۱	سر نوری، ۲۰متری امام خمینی
پارسیان	۱	بلوار بسیج مستضعفین، ایستگاه نوری
رفاه	۱	ابتدای خیابان نوری
سینا	۱	خ امام خمینی نبش کوچه دوم
پاسارگاد	۱	خیابان اصلی اسلامشهر، جنب خیابان رحمانی
موسسه اعتباری نور	۱	خیابان ۲۰ متری امام خمینی
پست بانک	۱	خیابان مطهری جنب بانک مسکن

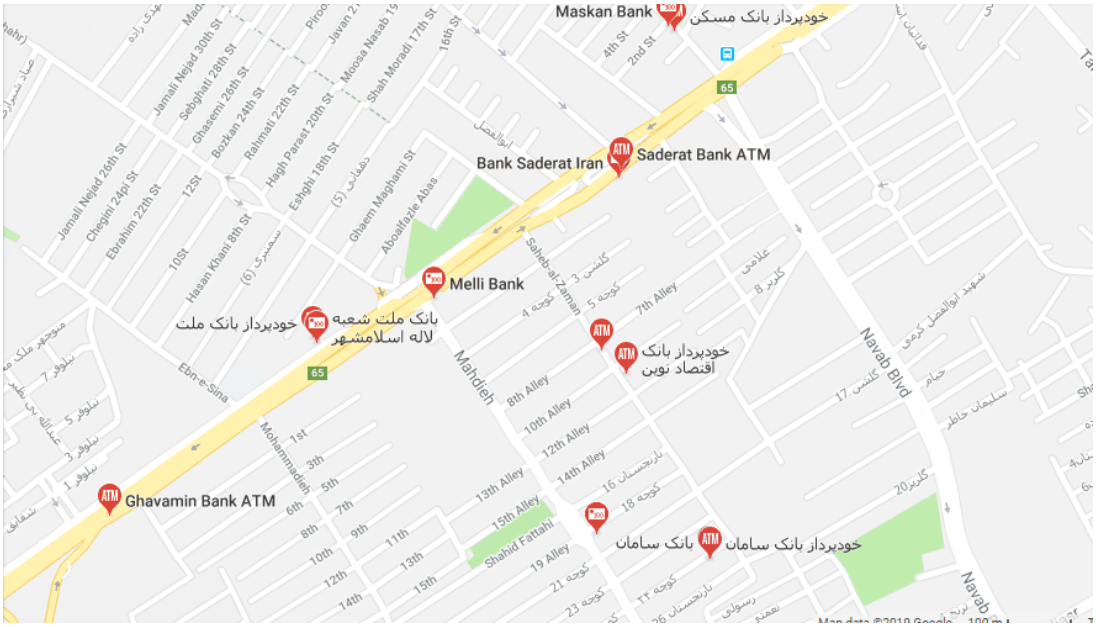
۱-۲-۳ تاریخچه بانک ملت

بانک ملت به موجب مصوبه‌ی مورخ ۲۹ آذر ۱۳۵۸ مجمع عمومی بانک‌ها از ادغام بانک‌های تهران، داریوش، بین‌المللی ایران، عمران، بیمه‌ی ایران، ایران و عرب، پارس، اعتبارات تعاونی و توزیع، تجارت خارجی و فرهنگیان در تاریخ ۳۱ تیر ۱۳۵۹ تشکیل و با شماره ۳۸۰۷۷ در اداره‌ی ثبت شرکت‌ها به ثبت رسید و عملیات اجرایی بانک از همان تاریخ آغازشد. با ادغام بانک ها، سرمایه‌ی اولیه‌ی بانک ملت به سی وسه میلیارد و

پانصدمیلیون ریال رسید. به استناد مجمع عمومی فوق‌العاده بانک‌ها (مورخ ۱۷ فروردین۸۷) و تصویب نامه هیأت محترم وزیران (شماره ۶۸۹۸۵/ت ۳۷۹۲۵ مورخ ۲ مرداد ۸۶) شخصیت حقوقی بانک ملت به سهامی عام تبدیل گردید. بانک ملت در حال حاضر با سرمایه ۵۰۰۰۰ میلیارد ریال یکی از بزرگ ترین بانک‌های کشور است

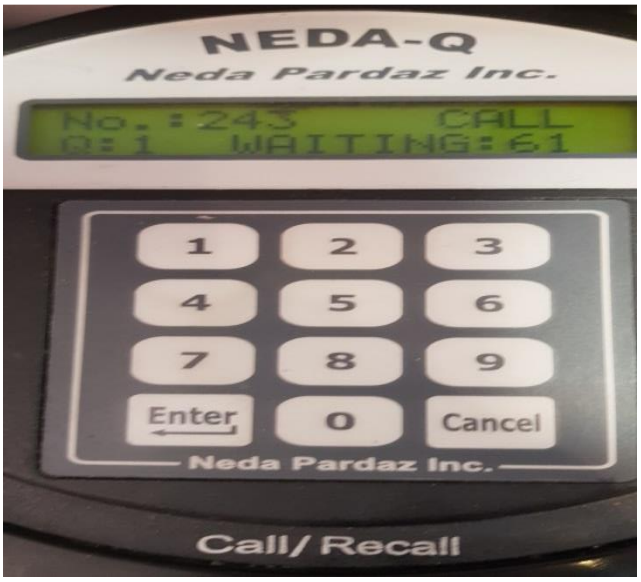
۱-۲-٤- بانک ملت شعبه لاله اسلامشهر

شعبه‌ی لاله‌ی بانک ملت واقع در شهر اسلامشهر می‌باشد. این بانک در شهرک لاله و در جاده‌ی تهران ساوه واقع شده است. بانک ملت در اسلامشهر و حومه دارای ۴ شعبه می باشد، که دو شعبه از آنها در داخل شهر و دو شعبه دیگر در حومه قرار دارند. شکل ۱-۱، موقعیت این بانک و بانک‌های اطراف آن را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل مشاهده می‌گردد، در محدوده‌ی شهرک لاله و دو شعبه‌ی بانک ملت و ملی قرار دارد. بنابراین این دو شعبه بشترین حجم مراجعات را در شهرک لاله و همچنین اطراف این منطقه دارد.



شکل ۱-۱: موقعیت مکانی بانک ملت، شعبه لاله اسلامشهر

bankmellat
بانک ملت



شکل ۱-۲: نمایی از بانک ملت شعبه لاله اسلامشهر (تصویر بالایی : نمای بیرونی، تصویر میانی: محیط داخلی، تصویر پایینی: دستگاه شماره‌زن بانک)

شعبه لاله در مرکز شهر واقع شده است و در بخش جمعیتی با تراکم بالا قرار دارد. در این بانک ۴ باجه دارای شماره‌زن الکترونیکی و ۲ باجه خدمات مربوط به فعالیت‌های با تقاضای کمتر نظیر اعتبارات، چک، کارت عابر بانک را ارائه می‌دهند. تعداد صندلی‌های موجود در مجموعه (بیانگر طول صف کل مجموعه) ۱۸ صندلی است. حجم مراجعات به بانک در صبح (۸ -۱۱:۳۰) در مقایسه با بعدازظهر بیشتر می‌باشد. در روزهای انتهایی ماه حجم مراجعات بیش از روزهای ابتدایی ماه می‌باشد. در جدول ۱-۲ ویژگی‌های موجود مرتبط با صف در این شعبه ارائه شده است:

جدول ۱-۲: ویژگی‌های صف شعبه لاله بانک ملت اسلامشهر

ویژگی	شرح
تعداد باجه‌های دارای شماره‌زن الکترونیکی	۴
تعداد باجه‌های فعالیت‌های با تقاضای کمتر (اعتبارت، چک و ...)	۲
ظرفیت سیستم (تعداد صندلی‌های موجود در صف)	۱۸
ساعات کاری	۷

از آنجاییکه تاکنون ساختار صف بانک با توجه به اطلاعات تاریخی مراجعات به آن از بدو تاسیس مورد توجه قرار نگرفته است، از این رو زمان بیکاری باجه‌ها و گاها ایجاد صف‌های طولانی در مجموعه مشهود می‌باشد.

بانک های دولتی و خصوصی در محدوده مربوطه دارای شعب می باشند لذا صف های طولانی می تواند باعث افزایش نارضایتی مشتریان و در نهایت سوییچ آنها به بانک های دیگر شود، بنابراین این شعبه از بانک ملت به عنوان نمونه موردی انتخاب شده است.

۱-۳ اهمیت و ضرورت انجام پژوهش

امروزه با توجه به رشد روز افزون فضای رقابتی میان سازمان‌ها و تلاش در جهت افزایش بهره‌وری و کارایی فعالیت‌ها، نیاز به بهینه‌سازی رویکردهای کاری به شدت احساس می‌گردد. سازمان‌ها با در نظر گرفتن ساز و کار فرایندهای درون سازمانی، سعی در بهبود سطح منابع و بهینه‌سازی زمان فعالیت‌ها می‌نمایند. در این تحقیق تمرکز بر ساختار صف بانکی می‌باشد. با توجه به این که عامل اصلی رشد و پایداری یک بانک در عرصه‌ی بانکداری و رقابت‌های بین بانکی، مشتریان می باشند، بهینه‌سازی فرایندهای خدمات‌دهی به آن‌ها می‌تواند به افزایش بهره‌وری مجموعه بیانجامد. در این تحقیق مطالعه‌ی صف بانک ملت، شعبه‌ی لاله‌ی اسلامشهر مورد توجه قرار گرفته است. این شعبه یکی از شعب محوری بانک ملت در شهر اسلامشهر می‌باشد و عموما شاهد صف‌های طولانی در این شعبه می‌باشیم. به همین دلیل در طول صف‌های این شعبه امکان خستگی، پریشانی و عصبیت مشتریان وجود دارد و عمدتا زمان باارزشی را ازدست می‌دهند و در نهایت منجر به تحمیل هزینه‌ی مشتری از دست رفته برای بانک می گردد. بنابراین بهبود وضعیت صف مبتنی بر هزینه‌های پیش‌رو در این مجموعه، با استفاده از شناخت سیستم بانکی، اجزای آن و ساختار این صف می تواند منجر به افزایش راندمان کاری وکاهش نارضایتی مشتریان گردد و هزینه‌هایی که بانک بدین دلیل متحمل می‌گردد را کاهش دهد.

۱-٤ اهداف تحقیق

هدف اصلی

مدلسازی فرآیند صف شعبه لاله بانک ملت ، ارزیابی معیارهای عملکرد صف و بهینه‌سازی آن. در این فرایند اطلاعات حاصل از ارزیابی میدانی و همچنین شرایط موجود صف بانک بعنوان ورودی مدل و پارامترهای بهینه شده با توجه به هزینه‌های عملیاتی، خروجی‌های مدل را تشکیل می دهند.

اهداف فرعی

۱. بررسی عملکرد سیستم خدمت‌دهی و مشخص نمودن میزان بهره‌وری و مدت زمان انتظار مشتریان در صف

۲. تعیین تعداد بهینه‌ی خدمت‌دهنده‌ی متناسب با هزینه‌های سیستم بانکی
۳. ایجاد یک چارچوب کلی در جهت افزایش و کاهش خدمت‌دهندگان متناسب با تعداد مشتری

۱-۵ سوالات تحقیق

سوال اصلی

آیا عملکرد سیستم خدمت‌دهی بانک را می‌توان از طریق سیستم صف ارائه شده مورد ارزیابی قرار داد و با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی بهبود بخشید؟

سوالات فرعی

۱. جزییات پارامترهای مدلسازی صف بانک نظیر نرخ خدمت‌رسانی، نرخ ورود و ... به چه صورت می‌باشد؟
۲. تعداد بهینه‌ی خدمت‌دهنده متناسب با هزینه‌های بانک به چه صورت می‌باشد؟
۳. آیا سیستم نیازمند تغییر ظرفیت است؟

۱-۶ جنبه‌های نوآوری‌های پژوهش

در این پژوهش با بررسی میدانی شعبه‌ی لاله‌ی بانک ملت، فرایند مدلسازی صف برای این بانک صورت می-پذیرد و اجزای صف با توجه به اطلاعات کسب شده، توسط رویکردهای بهینه‌سازی، بهینه می گردند. نوآوری در مطالعه‌ی موردی و ارائه‌ی طرحی جهت اجرای بهتر فرایند بهینه‌سازی هزینه‌های مرتبط با صف بانک می‌باشد. این نوآوری در تعیین پارامترهای هزینه‌ای مدل بروز و ظهور یافته است.

۱-۷ تعاریف عملیاتی متغیرها و واژه‌های کلیدی

در این قسمت تعاریف برخی از مفاهیم اصلی بکاررفته در ساختار تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است.

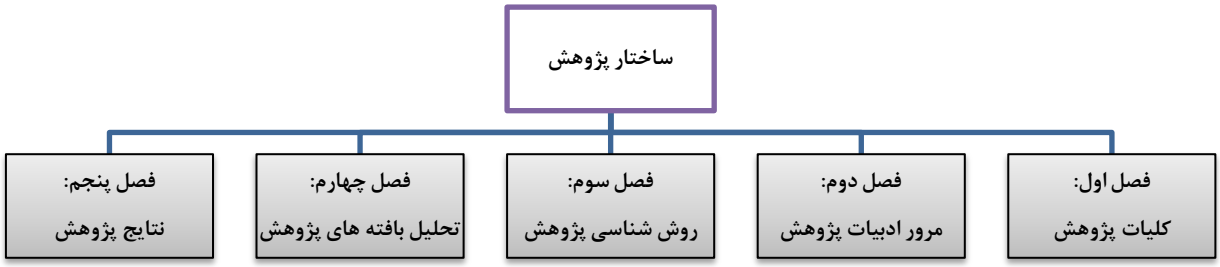
- نظریه صف: نظریه صف شامل مطالعه ریاضیِ صف‌های انتظار و فرایندهای تصادفی مربوط به‌آن می‌شود. یک سیستم صف را می‌توان به‌صورت مشتریانی تعریف کرد که برای سرویس‌گرفتن، وارد سیستم می‌شوند و اگر سرویس در اختیار نباشد، برای آن منتظر می‌مانند و پس از انجام سرویس، سیستم را ترک می‌کنند. در سیستم‌های صف، مشتری و سرویس‌دهنده (سرور) دو سوی یک صف هستند.

- نرخ ورود مشتری: نرخ در لغت به معنای بها ، ارزش یا قیمت چیزی یا جنسی است . در این جا مقصود از نرخ تعداد ورود مشتریان در یک بازه زمانی مشخص است. در این تحقیق نرخ ورود مشتری میانگین تعداد ورود مشتری به سیستم در واحدی مشخص از زمان است.
- نرخ خدمت دهی : خدمت دهی زمانی صورت می گیرد که حداقل یک مشتری در سیستم وجود داشته باشد . نرخ خدمت دهی عبارت است از مدت زمانی که یک مشتری خدمت دریافت می کند
- تعداد خدمت دهنده: منظور از تعداد خدمت دهنده در این جا تعداد باجه های خدمت دهی است که به مشتریان خدمات ارایه می کنند.
- سیستم صف M/M/c/K: سیستم صف ، یک روش مدل سازی و مطالعه ریاضی صف های انتظار و فرآیند های تصادفی مربوط به آن می باشد برای ارزیابی عملکرد، سنجش کارائی و تصمیم گیری سیستم های خدمت دهنده است. که روش M/M/c/K یکی از این روش های کاربردی در راستای ارزیابی عملکرد سیستم می باشد. در این مدل نرخ ورود مشتریان از توزیع پواسون و نرخ خدمت‌دهی مشتریان از توزیع نمایی پیروی می‌نماید. همچنین تعداد c خدمت‌دهنده در سیستم وجود دارد. علاوه بر این ظرفیت سیستم K می‌باشد.
- معیارهای ارزیابی سیستم صف: جهت ارزیابی نحوه عملکرد سیستم های صف از معیارهایی در رابطه با زمان انتظار مشتری، تجمع مشتری و زمان بیکاری خدمت‌دهنده‌ها استفاده می‌شود. به طور کلی وظیفه یک تحلیلگر سیستم های صف در دو مورد خلاصه می شود . او می بایست معیار های ارزیابی مربوطه را جهت یک سیستم صف مشخص نماید و یا وظیفه او طراحی یک سیستم صف بنحوی است که بر مبنای بعضی معیار ها بصورت بهینه عمل کند. در حالت اول می بایست با مشخص نمودن جریان ورودی سیستم و نحوه خدمت دهی ، معیار های ارزیابی نظیر زمانهای انتظار، طول صف،... را تعیین کند در فاز طراحی سیستم، تحلیلگر می بایست تعادلی بین زمان انتظار مشتریان و میزان بیکاری خدمت دهندگان بر مبنای ساختار هزینه ای هر کدام بر قرار نماید. این معیارها شامل ضریب بهره‌وری، تعداد مشتریان در سیستم و صف، مدت زمان انتظار مشتری در سیستم و صف می‌گردد.

۱-۸ مروری بر ساختار فصول

پایان نامه‌ی پیش رو از ۵ فصل تشکیل شده است. همانطور که مشاهده گردید در فصل نخست، مقدماتی پیرامون مساله‌ی تحقیق، ضرورت و اهمیت انجام آن، اهداف مد نظر و همچنین سوالاتی که در پی پاسخ آن در این

تحقیق می‌باشیم مورد بررسی قرار گرفت. در فصل دوم، مفاهیم نظری تحقیق و سپس ادبیات موضوعی تحقیقات انجام شده مرتبط با موضوع تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور ابتدا مفاهیم نظری شامل مبانی نظریه صف و صف M/M/c/K که در این تحقیق از مفاهیم آن استفاده شده است تشریح گردیده و سپس مبانی بهینه‌سازی مورد توجه قرار گرفته است. پس از بررسی مفاهیم نظری، ادبیات تحقیقاتی مرتبط با موضوع تحقیق به تفکیک پژوهش های خارجی و داخلی ارائه شده است و در نهایت شکاف موضوعی موجود ارائه گردیده است. در فصل سوم، روش تحقیق و فرایند انجام تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور ابتدا نوع روش تحقیق از جنبه‌های مختلف تحلیل گردیده و سپس جزییات اجرایی تحقیق شامل نحوه‌ی گردآوری داده‌ها، جامعه و نمونه‌ی تحقیق و نحوه‌ی تجزیه و تحلیل داده‌های گردآوری شده تشریح گردیده است. در فصل چهارم، جزییات اجرای فرایند تحقیق به همراه نتایج بدست آمده ارائه گردیده است. این نتایج شامل اطلاعات حاصل از نمونه‌گیری، انجام تحلیل نرم‌افزاری بر روی داده‌ها و همچنین نتایج کسب شده از این تجزیه و تحلیل می‌باشد. در نهایت در فصل پنجم جمع‌بندی تحقیق و نتیجه‌گیری کلی از نتایج بدست آمده و همچنین پیشنهاداتی جهت انجام تحقیقات آتی ارائه می گردد. همچنین در ابتدای این فصل، خلاصه‌ای از آنچه که در ۴ فصل پیشین مورد بررسی قرار گرفته است، ارائه گردیده است. در شکل ۱-۲، ساختار کلی تحقیق نشان داده شده است:



شکل ۱-۲: ساختار پژوهش

فصل دوم: مرور ادبیات و پیشینه‌ی تحقیق

۲-۱ مقدمه

تجزیه‌وتحلیل پژوهش‌هایی که پیش‌تر انجام گرفته است، گام ابتدایی جهت اجرایی نمودن یک فکر تحقیقاتی است. با بررسی تحقیقات صورت گرفته در زمینه‌ی ایده‌ی شکل گرفته، شکاف‌های تحقیقاتی نمایان می‌گردد و پژوهشگر روند تحقیقاتی خود را با در نظر گرفتن این شکاف پژوهش، مشخص می‌نماید. از سوی دیگر، هر تحقیق از اساسی‌ترین مفاهیم ابتدایی شروع می‌گردد و پژوهشگران با تغییر و یا توسعه‌ی این مفاهیم، ساختار پژوهشی جدیدی را سازمان می‌دهند. همچنین از این مفاهیم در جهت عملی نمودن پژوهش‌های کاربردی بهره می‌برند.

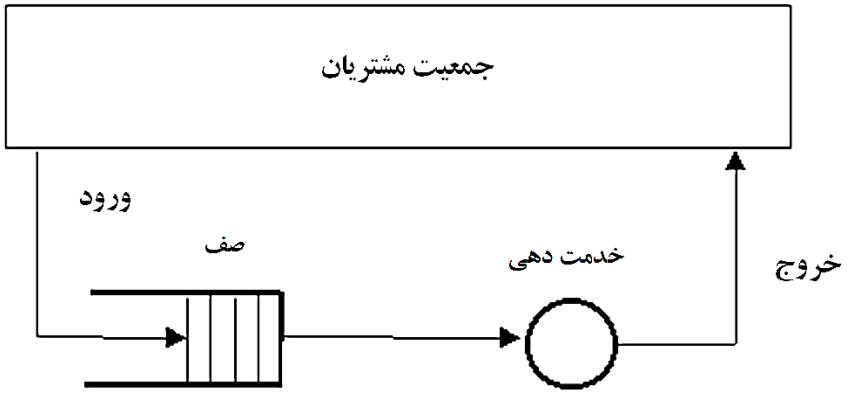
در این فصل به مفاهیم اساسی و مطالعات نظری که به‌عبارت‌دیگر شامل مرور ادبیات موضوع پژوهش و تعاریف موجود در ساختار مفاهیم تحقیق می‌گردد، پرداخته می‌شود. بدین منظور در آغاز مبانی موردنیاز جهت تشریح مدل تحقیق و ساختار آن بررسی شده است و سپس پژوهش‌های پیشین صورت گرفته پیرامون ایده‌ی مرکزی این پژوهش تشریح شده است و در انتها، شکاف تحقیقاتی موجود در این زمینه، مورد بررسی قرارگرفته است.

۲-۲ مفاهیم نظری تحقیق و پیشینه‌ی نظریات صف

در این قسمت، مبانی و نظریات مرتبط با ساختارهای صف مورد بررسی قرار می‌گیرد و انواع اجزای صف، انواع مدل‌های صف، معیارهای ارزیابی صف و مفاهیم و مبانی آماری مرتبط با ساختارهای صف مورد بررسی قرار می گیرد. بدین منظور از مراجع اصلی در این زمینه استفاده شده است.

۲-۲-۱ انواع مدل خدمت دهی در سیستم صف

هنگامی که یک مشتری جهت دریافت خدمت مورد نظر مراجعه می کند دو حالت ممکن است اتفاق بیفتد: اگر حداقل یکی از خدمت دهندگان بیکار باشد بلافاصله ارائه خدمت به مشتری شروع می شود. اما اگر تمام خدمت دهندگان مشغول به کار باشند مشتری باید منتظر بماند و بدین ترتیب صف تشکیل می شود. لازم به توضیح است که مشتری و خدمت دهنده لزوما انسان نیستند و صف مورد بحث نیز لزوما معنای فیزیکی نخواهد داشت (مدرس یزدی, ۱۳۹۵)



شکل ۲-۱: ساختار کلی صف

انواع ورودی های یک سیستم صف عبارتنداز : ۱) الگوی ورودی مشتری ، ۲) الگوی خدمت دهی ، ۳) آهنگ خدمت دهی ، ۴) تعداد خدمت دهندگان ، ۵) ظرفیت سیستم ، ۶) جمعیت مشتریان بالقوه ، ۷) نظم سیستم ، ۸) مراحل خدمت.

و هم چنین معیارهای ارزیابی یک سیستم صف هم عبارتند از :۱- طول صف (تعداد مشتریان منتظر خدمت) ،۲) زمان انتظار هر مشتری در صف، ۳) درصدی از زمان که سیستم به علت نبودن مشتری بیکار است (درصد بیکاری سیستم (ایروانی, ۱۳۹۳)

به‌طور کلی، بنابر فضای مدلسازی از حیث قطعیت، دو نوع مدل صف‌بندی وجود دارد. مدل صف‌بندی قطعی و مدل صف‌بندی احتمالی.

۲-۲-۱-۱ مدل صف بندی قطعی

ساده ترین رده مسائل صف بندی از لحاظ مفهوم رده ای است که در آن توزیع های احتمالی برای توصیف الگوهای مراجعه و سرویس ضروری نیستند، در عوض واحدهای ورودی در نقاط معینی از زمان اتفاق می افتند و زمان های سرویس مقادیر مشخص و ثابت اند . مدل های صف بندی که در این رده قرار می گیرند قطعی نامیده می شوند، زیرا که در هر حال هیچ توزیع احتمالی همراه با مسئله وجود ندارد

۲-۲-۱-۲ مدل صف بندی احتمالی

بسیاری از وقایع در عالم واقع حالت تصادفی دارند. یعنی فرایندهای تصادفی پیروی می نمایند و نمی توان به صراحت اندازه متغیرهای آن را به دست آورد . با توجه به این که در مدل های احتمالی صف ورود و خروج به

سیستم و سرویس دهی به آن ها شکل تصادفی دارند . لذا لازم است تا تابع توزیع مناسب برای آن ها تعریف شود در متداول ترین مدل های صف تصادفی (احتمالی) فرض بر این است که فواصل زمانی بین دو ورود متوالی زمان های سرویس از توزیع نمایی و یا هم ارز آن ، زمان های ورود و سرویس دهی از توزیع پوآسون متابعت می نمایند (ایروانی, ۱۳۹۳)

۲-۲-۲ حالت گذرا و حالت پایدار سیستم

همانطور که اشاره شد در اکثر سیستم های صف معیار های ارزیابی خود متغیر تصادفی می باشند و ملاک ارزیابی، توزیع احتمال آنها و یا میانگین آنها خواهد بود . اما نکته اصلی در اینجاست که میانگین این معیار ها خود تابعی از زمان است . در اکثر سیستم های صف هنگامیه که زمان از یک حد معینی تجاوز نماید این کمیتها به سمت اعداد ثابتی میل می کند.

۲-۲-۲-۱ *حالت گذرا*

مدت زمانی است که رفتار سیستم (معیار های ارزیابی و سایر عوامل مربوطه به آن نسبت به زمان تغییر می کند. در این دوره زمانی که معمولا در ابتدای کار سیستم است، رفتار سیستم تاثیر پذیر از شرایط اولیه سیستم می باشد. بعنوان مثال در هنگام شروع کار یک سیستم صف، احتمالا تعداد زیادی مشتری اولیه وجود دارند و با گذشت زمان (گذشتن از حالت گذرا) طول صف بتدریج کم شده و بعد از مدتی میانگین آن تقریبا ثابت خواهد ماند. بدیهی است که حالت گذرا نمی تواند مبنای مناسبی جهت ارزیابی سیستم باشد و می بایست رفتار سیستم در درازمدت مد نظر قرار گیرد

۲-۲-۲-۲ *حالت پایدار*

دوره زمانی است که در آن رفتار سیستم مستقل از زمان بوده و شرایط شروع کار تا ثیری بر روی آن نخواهد داشت. شرط لازم جهت رسیدن به شرایط پایدار آن است که زمان درگیر با مسئله به اندازه کافی بزرگ باشد (به بیان ریاضی یعنی زمان به سمت بی نهایت میل کند).این شرط اگرچه لازم است ولی کافی نخواهد بود چراکه ممکن است پارامتر های خود مسئله باعث شوند که سیستم به حالت پایدار نرسد، بعنوان مثال در شرایطی که نرخ ورود به سیستم بزرگتر از نرخ خدمت دهی باشد هر چند که زمان را به سمت بی نهایت میل میدهیم لاکن سیستم هیچگاه به حالت پایدار نخواهد رسید. در این حالت طول صف با گذشت زمان افزایش یافته و به سمت بی نهایت میل می کند (مدرس یزدی, ۱۳۹۵)

۲-۲-۳ حالت کلی در سیستم های صف

یک سیستم صف را در حالت کلی به طور قراردادی به صورت $A / B / M / KC / Z$ نشان می دهند. هر کدام از شش حرف معرف یکی از عوامل اصلی سیستم است. A یا $A(X)$ تابع زمان بین دو ورود، B یا $B(X)$ تابع توزیع خدمت دهی، M تعداد خدمت دهندگان، K ظرفیت صف، C جمعیت مشتریان و Z نظم سیستم را نشان می دهد. در قرار داد فوق به جای A یا B بر حسب اینکه چه تابع توزیعی داشته باشند از حروف زیر به عنوان کد استفاده می شود:

جدول ۲-۱: علائم سیستم صف

کد	M	Er	D	G
تابع توزیع	نمایی	ارلنگ	قطعی	کلی

اگر ظرفیت صف بی نهایت باشد، چهارمین حرف (K) واگر جمعیت بی نهایت باشد (C) را می توان حذف کرد. هم چنین اگر نظم سیستم بر مبنای نوبت اولین صادره از اولین وارده باشد (FIFO) ، ششمین حرف یعنی (Z) نیز حذف می شود (مدرس یزدی, ۱۳۹۵)

۲-۲-٤ معیار های ارزیابی سیستم های صف

جهت ارزیابی نحوه عملکرد سیستم های صف از معیار های زیر بهره گرفته می شود

۱. معیارهائی در رابطه با زمان انتظار مشتری (زمان انتظار مشتری در صف یا سیستم).
۲. معیارهائی در رابطه با تجمع مشتری(تعداد متوسط مشتری در صف یا سیستم)
۳. معیارهائی در رابطه با زمان بیکاری خدمت دهنده ها

از آنجاییکه اکثر سیستم های صف شامل فرآیند های تصادفی می باشند ، معیار های فوق عملا متغیر تصادفی بوده و توزیع احتمال آنها و یا حد متوسط آنها مد نظر قرار می گیرد.

به طور کلی وظیفه یک تحلیلگر سیستم های صف در دو مورد خلاصه می شود . او می بایست معیار های ارزیابی مربوطه را جهت یک سیستم صف مشخص نماید و یا وظیفه او طراحی یک سیستم صف بنحوی است که بر

مبنای بعضی معیار ها بصورت بهینه عمل کند. در حالت اول می بایست با مشخص نمودن جریان ورودی سیستم و نحوه خدمت دهی ، معیار های ارزیابی نظیر زمانهای انتظار، طول صف،... را تعیین کند در فاز طراحی سیستم، تحلیلگر می بایست تعادلی بین زمان انتظار مشتریان و میزان بیکاری خدمت دهندگان بر مبنای ساختار هزینه ای هر کدام بر قرار نماید . اگر هزینه انتظار مشتری و هزینه بیکاری خدمت دهندگان بتوان مستقیما بدست آید می توان از آن در جهت مشخص کردن تعداد بهینه کانال های خدمت دهی و همینطور نرخ خدمت دهی بهینه استفاده نمود. همچنین جهت طراحی سیستم های صف می بایست اطلاعاتی در مورد طول صف بدست آورد تا بتوان ابعاد فضای انتظار را مشخص کرد . در اینجا نیز هزینه های مربوطه به فضای مورد نظر می بایست وارد محاسبات شده و در کنار دو هزینه دیگر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و طراحی بهینه جهت سیستم صف صورت پذیرد.

۲-۲-۴-۱ *ضریب بهروری*

یکی از معیار های ارزیابی سیستم، درصدی از زمان است که سیستم کار می کند، برای نشان دادن این معیار از عاملی به نام ضریب بهره وری (P) استفاده می شود که تعریف آن به شرح زیر است

$$p = \frac{\lambda}{c\mu} \qquad (۱-۲)$$

در این رابطه λ نرخ ورود به سیستم، μ نرخ خدمت‌دهی و c تعداد کانال‌های یکسان خدمت‌دهی می‌باشد. در این تعریف، هر چه مقدار P بزرگ تر باشد تقاضا زیادتر است و سیستم باید کار بیشتری انجام دهد وصف طولانی تر خواهد شد و بر عکس هر چه P کوچکتر باشد، صف کوتاه تر است، اما در مقابل از امکانات سیستم استفاده کمتری به عمل می آید (مدرس یزدی, ۱۳۹۵)

۲-۲-۴-۲ *روابط کلی بین ارزیابی سیستم های صف*

بدیهی است که برای تعیین معیار های ارزیابی سیستم ، اطلاعات مربوط به یک مشتری خاص نمی تواند مد نظر باشد، بلکه اطلاعات مربوط به مجموعه مشتری ها ملاک ارزیابی خواهد بود . باید توجه داشت که حتی یک مشتری مشخص هم، اگر دو بار به سیستم مراجعه کند، معمولا به دو نتیجه متفاوت می رسد، که علت آن ماهیت احتمالی متغیرهای سیستم است . ضمنا، همانطور که گفته شد معیارهای ارزیابی با توجه به شرایط دوره پایدار سیستم تعیین خواهد شد برای ارزیابی سیستم در درازمدت، معیارهای عمده عبارت اند از:

L میانگین تعداد مشتریان در سیستم در درازمدت

L_q میانگین تعداد مشتریان در صف در درازمدت

W میانگین مدت زمان انتظار یک مشتری در سیستم در درازمدت

W_q میانگین مدت زمان انتظار یک مشتری در صف در درازمدت

π_n احتمال بودن n مشتری در سیستم در درازمدت

بدیهی است که معیارهای فوق در صورتی دارای معنا خواهد بود که سیستم به دوره پایدار برسد. به بیان ریاضی، معیارهای فوق را می توان به شکل زیر تعریف کرد و به عنوان معیارهای ارزیابی استفاده نمود.

میانگین تعداد مشتریان در سیستم در درازمدت $L = \lim_{t\to\infty} E\{N(t)\}$

مدت زمان انتظار یک مشتری در سیستم در درازمدت (T_s مدت زمان انتظار مشتری در سیستم) $W = \lim_{t\to\infty} E\{T_s\}$

احتمال وجود n نفر در سیستم در درازمدت $\pi = \lim_{t\to\infty}\{N(t) = n\}$

۲-۲-۴-۳ استنتاج لیتل

رابطه های بین معیارهای ارزیابی یک سیستم در درازمدت، با استفاده از استنتاج لیتل، به ترتیب زیر بدست می آید. این رابطه ها که در نظریه صف اهمیت خاصی دارند در مورد تمام سیستم های صف صادق هستند.

$$L = \lambda W \quad (۲-۲)$$

$$L_q = \lambda W_q \quad (۲-۳)$$

$$W = W_q + \frac{۱}{\mu} \quad (۲-۴)$$

در رابطه فوق λ معرف آهنگ ورود مشتری ، یا میانگین تعداد بالقوه مشتریانی است که در واحد زمان متناسب با L و W وارد سیستم می شوند. همان طور که مشاهده می شود، به فرض ثابت بودن λ هرچه میانگین مدت زمان انتظار مشتریان بیشتر باشد (یعنی سیستم شلوغتر باشد)، میانگین تعداد مشتریهای داخل سیستم نیز بیشتر می شود. به عبارت دیگر، از یک طرف، تعداد مشتریهای که داخل سیستم هستند، مستقیما بستگی به آهنگ ورود مشتریان

دارد. از طرف دیگر، طبق رابطه $W = W_q + \frac{1}{\mu}$ ، میانگین مدت زمانی که یک مشتری در سیستم می گذراند، برابر است با میانگین مدت زمانی که در صف می گذراند به اضافه مدت زمانی که مشغول دریافت خدمت است.

۲-۲-۴-۴ احتمالات حدی

اگر N نمایانگر تعداد مشتریان داخل سیستم در زمان t باشد خواهیم داشت:

$$\pi_n = \lim_{t\to\infty} P[N(t) = n] \qquad (۵-۲)$$

به عبارت دیگر اگر n مشتری در سیستم در درازمدت می باشد، π_n احتمالات حدی بودن مشتری داخل سیستم می باشد. π_n می تواند به عنوان درصد زمانی باشد که دقیقا n مشتری داخل سیستم می‌باشد. به عنوان مثال $\pi_0 = ۰.۳$ بدین معنی است که در درازمدت ۳۰٪ اوقات سیستم خالی است و $\pi_1 = ۰.۲$ بدین معنی است که در ۲۰٪ اوقات فقط یک مشتری داخل سیستم است (ایروانی, ۱۳۹۳)

۲-۲-۵ مدلهای نمائی صف

مدلهای نمائی صف به مدلهائی اطلاق می گردد که زمان بین دو ورود متوالی مشتریان و زمان خدمت دهی متغیر تصادفی نمائی باشد. اینگونه مدلها به صورت $M/M/...$ نمایش داده می‌شود. اهمیت اینگونه مدلها در این است که می توان اکثر سیستمهای صف را در چهارچوب این مدلها مورد تجزیه و تحلیل قرار داده و نکته مهم دیگر اینکه روشهای تحلیلی ساده ای جهت تجزیه و تحلیل این مدلها وجود دارد. چون مدلهای نمائی بر مبنای فرآیند تولد و مرگ مورد بررسی قرار می گیرند. لذا به مدلهای نمائی صف، فرآیند تولد و مرگ نیز گفته می شود (ایروانی, ۱۳۹۳)

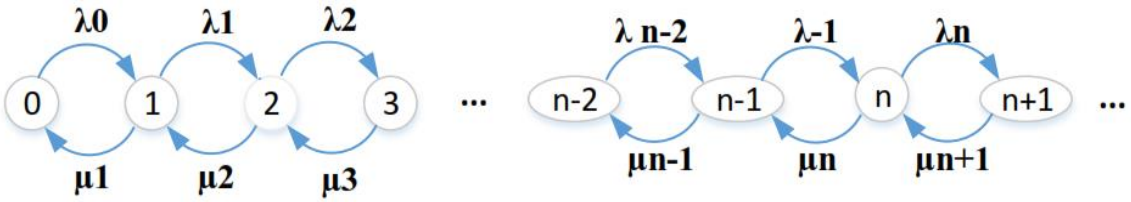
۲-۲-۵-۱ فرآیند تولد و مرگ

فرایند تولد و مرگ صورت خاصی از فرایند مارکف زمان گسسته است که در آن تغییر حالت‌ها تنها از دو نوع است:

۱. تولد: در این حالت مقدار وضعیت ۱ واحد افزایش می‌یابد.
۲. مرگ: در این حالت مقدار وضعیت ۱ واحد کاهش می‌یابد.

اسم مدل از کاربردهای معمول می‌آید، مانند زمانی که استفاده از این مدل‌ها برای نشان دادن سایز فعلی جمعیت و مدلی از مرگ و تولد به معنای واقعی به کار می‌رود. فرایندهای زاد و مرگ کاربردهای زیادی در آمارنگاری مردم، تئوری صف، پزشکی و زیست‌شناسی دارد. این روش می‌تواند در کاربرد هائی نظیر مطالعه‌ی تکامل

باکتری ها، تعداد مردم با وجود یک بیماری در جمعیت، یا تعداد مشتری‌ها در یک صف سوپرمارکت استفاده شود. هنگامی که تولد رخ می‌دهد فرایند از حالت n به $n+۱$ می‌رود. هنگامی که مرگ رخ می‌دهد فرایند از حالت n به $n-۱$ می‌رود. این فرایند را می‌توان با نرخ تولد $\{\lambda_i\}_{i=۰,\dots\infty}$ و نرخ مرگ $\{\mu_i\}_{i=۰,\dots\infty}$ مشخص نمود.



شکل ۲-۲: فرایند تولد و مرگ

یک فرایند زاد-مرگ را یک فرایند تولد خالص می‌نامیم اگر در آن برای همه‌ی $i \geq ۰$ داشته باشیم $\mu_i = ۰$. یک فرایند زاد-مرگ را یک فرایند مرگ خالص می‌نامیم اگر در آن برای همه‌ی $i \geq ۰$ داشته باشیم $\lambda_i = ۰$. فرایند پواسون (همگن) حالتی خاصی از فرایند زاد-مرگ خالص است که برای آن داشته باشیم $\lambda_i = \lambda$. مدل M/M/۱ و مدل M/M/c فرایندهای تولد و مرگی هستند که برای توصیف مشتریان در صف نامحدود استفاده می‌شوند. مدل M/M/۱/K و مدل M/M/c/K مدل‌هایی هستند که برای توصیف صف محدود بکار گرفته می‌شوند.

۲-۲-۵-۲ *معادلات تعادلی در سیستم های نمائی*

یک صف در تعادل قرار دارد اگر $\lim_{t\to\infty} \pi_t$ وجود داشته باشد. همانطور که در شکل مشخص است، در هر لحظه، تغییر وضعیت از حالت n به وضعیت‌های مجاور یعنی $n-۱$ و $n+۱$ مجاز است. در لحظه‌ی ۰، تنها امکان تغییر به حالت ۱ امکان پذیر می‌باشد. با توجه به این موضوع می‌توان احتمالات وضعیت‌ها را بصورت زیر محاسبه نمود:

$$۰ \quad \rightarrow \quad \pi_۱ = (\lambda_۰/\mu_۱)\pi_۰$$

$$۱ \quad \rightarrow \quad \pi_۲ = (\lambda_۱/\mu_۱)\pi_۱ + (۱/\mu_۲)(\mu_۱\pi_۱ - \lambda_۰\pi_۰) = (\lambda_۱/\mu_۲)\pi_۱ = (\lambda_۱\lambda_۰/\mu_۲\mu_۱)\pi_۰$$

$$۲ \quad \rightarrow \quad \pi_۳ = (\lambda_۲/\mu_۳)\pi_۲ + (۱/\mu_۳)(\mu_۲\pi_۲ - \lambda_۱\pi_۱) = (\lambda_۲/\mu_۳)\pi_۲ = (\lambda_۲\lambda_۱\lambda_۰/\mu_۳\mu_۲\mu_۱)\pi_۰$$

$$\vdots$$

$$n \rightarrow \pi_n = (\lambda_{n-1}/\mu_n)\pi_{n-1} + (1/\mu_n)(\mu_{n-1}\pi_{n-1} - \lambda_{n-2}\pi_{n-2}) = (\lambda_{n-1}/\mu_n)\pi_n = \left(\frac{\lambda_n\lambda_{n-1}\dots\lambda_0}{\mu_{n+1}\mu_n\dots\mu_1}\right)\pi_0$$

$$n+1 \rightarrow \pi_{n+1} = (\lambda_n/\mu_{n+1})\pi_n + (1/\mu_{n+1})(\mu_n\pi_n - \lambda_{n-1}\pi_{n-1}) = (\lambda_n/\mu_{n+1})\pi_n = \left(\frac{\lambda_{n+1}\lambda_n\dots\lambda_0}{\mu_{n+2}\mu_{n+1}\dots\mu_1}\right)\pi_0$$

جهت راحتی در محاسبات، C_n بصورت زیر تعریف می‌گردد :

$$C_n = \frac{\lambda_{n-1}\lambda_{n-2}\dots\lambda_0}{\mu_n\mu_{n-1}\dots\mu_1} \quad n = 1,2,\dots$$

لذا خواهیم داشت :

$$\pi_n = C_n\pi_0 \quad n = 1,2,\dots$$

بنابراین با بدست آوردن مقدار π_0، می‌توانیم احتمالات سایر وضعیت‌ها را محاسبه نمود. جهت محاسبه‌ی π_0 داریم :

$$\sum_{n=0}^{\infty}\pi_n = 1 \rightarrow \pi_0 + \sum_{n=1}^{\infty} C_n\pi_0 = 1 \rightarrow \pi_0 = (1 + \sum_{n=1}^{\infty} C_n)^{-1} \qquad (۶-۲)$$

۲-۲-۵-۳ مدل $M/M/c$

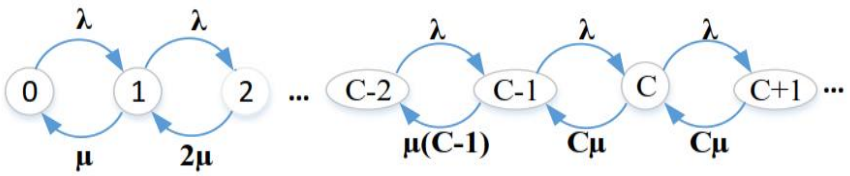
در مدل صف M/M/c ، c خدمت‌دهنده که نرخ خدمت‌دهی هر کدام مستقل از سیستم (یعنی مستقل از تعداد افراد داخل سیستم) ، مساوی و برابر μ می‌باشد، به مشتریان که با نرخ ورود مستقل از سیستم λ وارد صف می‌شوند، خدمت‌دهی می‌کنند. در این سیستم صف، نرخ خروج مشتری از سیستم، با نرخ خدمت‌دهی تفاوت دارد. هنگامی که مشتریان داخل سیستم کمتر از c باشد، نرخ خروج مشتریان برابر با μn است زیرا مدت‌زمان بین دو خروج متوالی برابر با مینیموم n متغیر تصادفی نمایی یا بعبارت دیگر مدت‌زمان خدمت‌دهی n نفر از c خدمت‌دهنده‌ی مشغول به کار می‌باشد که خود یک متغیر تصادفی نمایی با پارامتر μn است. از طرف دیگر اگر تعداد مشتریان داخل سیستم بیشتر از c باشد، نرخ خروج مشتری برابر با μc خواهد بود زیرا مدت زمان بین دو خروج متوالی در این حالت مینیموم c متغیر تصادفی نمایی است. بنابراین در مقایسه با فرایند تولد و مرگ داریم:

$$\lambda n \rightarrow \lambda \qquad n = 0,1,2,\dots$$

$\mu n \to \mu n \quad n = ۱,۲, \dots, c$

$\mu n \to \mu c \quad n = c, c+۱, \dots$

و دیاگرام این فرایند بصورت شکل ۲-۳ می‌باشد :



شکل ۲-۳: فرایند تولد و مرگ مدل M/M/C

مشابه با راه حل کلی که برای فرایند تولد و مرگ نوشته شد و با تعریف $\rho = \frac{\lambda}{\mu c}$ معادلات تعادلی برای صف M/M/C بصورت زیر می‌باشد:

$$\pi_. = (۱ + \sum_{n=۱}^{\infty} C_n)^{-۱} = \left[\left(\sum_{n=۱}^{c-۱} \frac{(c\rho)^n}{n!}\right) + \frac{(c\rho)^c}{c!}\frac{۱}{۱-\rho}\right]^{-۱} \quad (۷-۲)$$

$$\pi_n = \begin{cases} \pi_. \frac{(c\rho)^n}{n!}, & if \ ۰ < n < c \\ \pi_. \frac{\rho^n c^c}{c!}, & if \ c \le n \end{cases} \quad (۸-۲)$$

با توجه به روابط ارزیابی سیستم‌های صف و استدلال لیتل داریم :

$$L_q = \sum_{n=c}^{\infty}(n-c)\,\pi_n = \sum_{n=c}^{\infty}(n-c)\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \frac{۱}{c!c^{n-c}}\pi_. = \frac{\pi_.}{c!}\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^c \frac{\rho}{(۱-\rho)^۲} \quad (۹-۲)$$

$$L = L_q + \frac{\lambda}{\mu} = \frac{\pi_.}{c!}\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^c \frac{\rho}{(۱-\rho)^۲} + \frac{\lambda}{\mu} \quad (۱۰-۲)$$

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^c}{(c-۱)!(c-\lambda)^۲}\pi_. \quad (۱۱-۲)$$

$$W = W_q + \frac{۱}{\mu} = \frac{۱}{\mu} + \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^c}{(c-۱)!(c-\lambda)^۲}\pi_. \quad (۱۲-۲)$$

۲-۵-۲-۴ مدل $M/M/c/K$

مدل M/M/c/K مشابه با مدل M/M/c می‌باشد با این تفاوت که ظرفیت سیستم، یعنی حداکثر تعداد خدمت-گیرنده‌ها در سیستم می‌تواند K باشد. روابط مدل M/M/c/K بصورت زیر می‌باشد:

$$\pi_0 = (1 + \sum_{n=1}^{\infty} C_n)^{-1} = \left[\left(\sum_{n=0}^{c-1} \frac{K!}{(K-n)!n!}\left(\rho\right)^n\right) + \sum_{n=c}^{K} \frac{K!}{(K-n)!c!c^{n-c}}\left(\rho\right)^n\right]^{-1} \quad (۱۳-۲)$$

$$\pi_n = \begin{cases} \pi_0 \left(\rho\right)^n \frac{K!}{(K-n)!n!}, & if\ 0 < n < c \\ \pi_0 \left(\rho\right)^n \frac{K!}{(K-n)!c!c^{n-c}}, & if\ c \le n < K \\ 0, & if\ n > K \end{cases} \quad (۱۴-۲)$$

$$L_q = \sum_{n=c}^{K} (n-c)\,\pi_n \quad (۱۵-۲)$$

$$L = \sum_{n=0}^{c-1} n\pi_n + L_q + c(1 - \sum_{n=0}^{c-1} \pi_n) \quad (۱۶-۲)$$

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda(N-L)} \quad (۱۷-۲)$$

$$W = \frac{L}{\lambda(N-L)} \quad (۱۸-۲)$$

۲-۳ تئوری صف در بانک

بانک ها به عنوان یکی از شاخص ترین مؤسسات اقتصادی نقش مهمی را در راستای اجرای سیاست های پولی انبساط و انقباضی) دولت ایفا می کنند به نحوی که در شرایط مقتضی با جمع آوری سرمایه های پولی سرگردان در جامعه و هدایت آن به سمت فعالیت های اقتصادی مولد، باعث تحکیم زیر ساختاری توسعه اقتصادی جامعه و ترسیم افق های روشن برای آن می شوند(مؤمنی, محقر, & متین‌نفس, ۱۳۸۵). همچنین در دوران رکود اقتصادی این مؤسسات مالی با کاهش نرخ های بهره وافزایش تسهیلات اعتباری سعی در تزریق منابع مالی جهت حرکت چرخ های اقتصادی و صنعتی جامعه می شوند. نقش این مؤسسات مالی زمانی پر رنگ تر خواهد بود که در یک اقتصاد بازار سرمایه نتواند آنچنان که باید و شاید اعتماد و شرایط مناسب را در راستای جذب سرمایه های اشخاص جلب نماید و علیرغم حرکت های انجام گرفته در ایران در خصوص افزایش نقش بازار سرمایه به جرات می توان گفت هنوز نتوانسته شرایط و فضای جامعی را برای مشارکت همه جانبه مردم فراهم سازد(طالبی, امیری, مقصود, عظیمی, & پرهام, ۲۰۱۸). باتوجه به این موارد به روشنی قابل درک است که بهینه سازی ارائه خدمات در سیستم بانکی و ارائه الگو های مناسب در این زمینه می تواند در نهایت باعث تسهیل و تسریع در ارائه خدمات از طرف این مؤسسات اقتصادی به مردم گردد , چرا که امروزه یکی از شاخص های رشد و توسعه یافتگی جوامع از نظر مجامع بین المللی به پیشرفت سازمان های خدماتی و افزایش سطح کیفی ارائه خدمات از طریق این سازمانها می باشد. از طرف دیگر در یک جامعه با توجه به جو رقابتی حاکم در میان سازمانها و همچنین با ورود بانک های خصوصی و خارجی و از میان رفتن مرزهای جغرافیائی و تفکرات سنتی در نحوه ارائه خدمات هر سازمان و مؤسسه ای بالاخص مؤسسات دولتی ناگزیر از توجه به این مهم می باشند. با افزایش تراکم جمعیت و شهری شدن روز افزون جامعه همه ما به نوعی فشارهای روانی و فیزیکی انتظار در صف را تجربه نموده ایم . در

فروشگاه های زنجیرهای برای پرداخت بهای اقلام انتخاب شده یکی از مشکلات این سیستم خرید نوین می باشد ، در بانک ها برای انجام امور بانکی بالا خص در روزهای پایان ماه ، در سلف سرویس دانشکده ها ، صفهای اتوبوس و نظایر آن مواردی هستند که انسان امروزی و در عصر تکنولوژی با آن روبرو می باشد . ما به عنوان مشتری ، انتظار در صف را دوست نداریم ، مدیران و سرپرستان خدمات فوق نیز تمایلی به وجود صف در سیستم خود ندارند.

حال با این تفاسیر چرا صف تشکیل می شود؟

پاسخ این سؤال تا حدودی ساده می باشد. علت این امر تقاضای بیش از حد دریافت سرویس در مقابل امکانات و تجهیزات ناکافی می باشد. حال علت اینکه چرا خدمات ارائه شده توسط این تجهیزات و امکانات پائین تر می باشد، قسمتی مربوط به کم بودن آنها بوده و قسمتی دیگر نیز به عدم مدیریت صحیح و استقرار سیستم های خدماتی مناسب برای آنها می باشد. به عبارت دیگر چنانچه ما بخواهیم سازمان ، شعبه ، شرکت را برای ارائه خدمات خود انتخاب نمائیم ابتدا باید به ارزیابی دقیف نیازهای مشتریان و پس از آن بکار گیری تعداد مناسب نیروی انسانی ، تجهیزات و فضای مطلوب(تقوی‌فرد, دادوند, آزیتا, & آقایی, ۲۰۱۸) .

در بخش بعدی پژوهش‌های مرتبط با ارزیابی ساختار صف در نظام بانکی تشریح گردیده است و اجزای این پژوهش‌ها مورد بررسی قرار گرفته است.

۲-٤ بررسی پیشینه‌ی تحقیق

در این بخش پژوهش‌های مرتبط با موضوع تحقیق مور بررسی قرار می‌گیرد. محور اصلی پژوهش‌های بررسی شده پیرامون استفاده از مفاهیم بهینه‌سازی بویژه تئوری صف در مدلسازی فرایندهای بانکی و صف بانکی است. بدین منظور ابتدا پژوهش‌های خارجی به ترتیب سال ارائه‌ی پژوهش تشریح می گردد و سپس پژوهش های داخلی (پژوهش‌هایی که در نشریات داخلی و یا پایان نامه‌های داخلی ارائه شده است) مورد بررسی قرار گرفته است.

۲-٤-۱ تحقیقات خارجی

در این قسمت پژوهش‌های خارجی مرتبط با موضوع تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است.

جدول ۲-۲: بررسی پژوهش های خارجی مرتبط با موضوع تحقیق

محققین	مساله‌ی تحقیق	مطالعه موردی	روش تحقیق	نتایج تحقیق
(Hao & Yifei, ۲۰۱۱)	در این تحقیق هدف بهبود سیستم صف بانک بر اساس مهندسی مجدد فرآیند کسب و کار(BPR) می‌باشد.	شعب صنعتی و تجاری بانک نانجینگ بوده است.	در این تحقیق ابتدا با استفاده از ارزیابی میدانی داده‌ها گردآوری شده است. سپس مساله‌ی گلوگاه‌های موجود صف بانکی تجزیه و تحلیل شده است و سپس فرآیندهای بانکی مورد بررسی قرار گرفته است. در مرحله‌ی بعد سیستم صف بانک بر اساس شبیه‌سازی صف و BPR بهینه سازی شده است. شبیه‌سازی با استفاده از نرم‌افزار مدلسازی پویای ۴D script صورت پذیرفته است. مدل در نظر گرفته شده صف مدل M/M/c/K می‌باشد.	نتایج شبیه‌سازی عبارتست از تعداد سرور بهینه در یک دوره‌ی مشخص زمانی. در نهایت نتایج شبیه‌سازی شده مورد بحث قرار گرفته است

محققین	مساله‌ی تحقیق	مطالعه موردی	روش تحقیق	نتایج تحقیق
Taufemback & Da) (Silva, ۲۰۱۲	در این تحقیق فرآیند ذخیره های پولی اضافی در فرآیند خدمت‌دهی بانک با استفاده از مفاهیم تئوری صف مدلسازی شده است.	بانکی در شهر سانتا کاترینا برزیل	در این تحقیق ابتدا داده‌ها از سیستم جمع‌آوری شده است. از توزیع‌های احتمالی ارلنگ A و ارلنگ B برای مدت زمان تجدید سپرده ها استفاده شده است که پیش‌تر برای سیستم‌های تلفنی استفاده شده بود با این تفاوت که در ساختار سیستم‌های تلفنی، کاربران از یک کانال خدمت رسانی می‌شوند در حالیکه در تراکنش بانکی یک کاربر می‌تواند از چندین کانال خدمت دهی شود. مدل در نظر گرفته شده صف مدل M/M/c می‌باشد.	نتایج تحقیق نشان می‌دهد که استفاده از این دو توزیع که پیش‌تر برای سیستم‌های رزرو تلفنی استفاده شده است قابلیت استفاده در سیستم‌های رزرو بانکی دارد.

محققین	مساله‌ی تحقیق	مطالعه موردی	روش تحقیق	نتایج تحقیق
(Song & Shang, ۲۰۱۲)	در این تحقیق بهینه‌سازی سیستم صف ATM بانک با در نظر گرفتن دو هدف بهبود رضایت مشتری و بهینه-سازی تخصیص منابع مد نظر قرار گرفته است.	یک بانک تجاری در گوانگژوی چین	برخی از شاخص‌های اصلی سیستم صف یعنی میانگین طول صف، طول صف انتظار، میانگین زمان انتظار و نرخ بهره‌وری سیستم با جمع آوری اطلاعات میدانی محاسبه گردیده است. مدل در نظر گرفته شده صف مدل M/M/۱/K می‌باشد.	ارائه نتایج معیارهای ارزیابی عملکرد صف و ارائه‌ی پیشنهاداتی مبتنی بر افزایش تعداد سرورها
Toshiba, Sanjay, &) (Anil, ۲۰۱۳	در این تحقیق یک مدل بهینه‌سازی جهت بهبود سیستم صف بانکی بر اساس تئوری صف ارائه شده است. تابع هدف مدل بهینه‌سازی، حداقل سازی زمان انتظار و حداقل‌سازی هزینه‌ی خدمت‌دهی می‌باشد. تابع هدف کل از مجموع این دو تابع هدف بوجود آمده است.	بانک ملی پنجاب پاکستان	در این روش، تعداد سرورها بهینه می گردد و کارایی خدمات بواسطه‌ی کاهش هزینه‌های ازکارافتادگی و زمان انتظار افزایش می‌یابد. داده‌های تحقیق با تحلیل میدانی جمع‌آوری شده است. با توجه به سناریوهای مختلف برای تعداد سرورها، توابع هدف با استفاده از نرم‌افزار TORA محاسبه شده است.	تعداد سرورهای بهینه و حداقل هزینه‌ی حاصله بر اساس تعداد سرورهای مختلف

محققین	مساله‌ی تحقیق	مطالعه موردی	روش تحقیق	نتایج تحقیق
Chowdhury, Rahman,) (& Kabir, ۲۰۱۳	در این تحقیق بر اساس هزینه‌های ملموس و همچنین هزینه‌های ناملموس افزودن سرور به سیستم صف بانکی یک مدل بهینه سازی جهت تعیین تعداد سرورها ارائه نموده‌اند. مطابق با مدل ارائه شده، هزینه‌ی کل یا بعبارت دیگر تابع هدف مدل عبارتست از مجموع هزینه‌های ثابت سیستم عملیاتی در واحد زمان، هزینه‌ی حاشیه‌ای سرور در واحد زمان و هزینه انتظار بر اساس زمان صف.	بانک اسلامی بنگلادش	در این تحقیق ابتدا با استفاده از گردآوری داده‌های میدانی نرخ‌های آماری ورود مشتری و خدمات دهی محاسبه شده است و سپس بر اساس معیارهای عملکردی تابع هدف مساله بهینه شده است.	تعداد سرورهای بهینه و حداقل هزینه‌ی حاصله بر اساس تعداد سرورهای مختلف

محققین	مساله‌ی تحقیق	مطالعه موردی	روش تحقیق	نتایج تحقیق
(Dhar & Rahman, ۲۰۱۳)	خودپردازهای بانکی باید با وجود انتظار طولانی مشتریان در یک خط، همچنان آن‌ها را حفظ نمایند. بانک‌ها در ابتدا یک ATM برای هر شعبه فراهم می کنند. اما، زمانی که مشتریان اقدام به استفاده از دیگر دستگاههای خودپرداز بانکی می‌کنند، دستگاه خودپرداز رها شده به هدف خود دست نیافته است. بنابراین زمان سرویس باید برای حفظ مشتریان بهبود یابد. در این تحقیق از مفاهیم تئوری صف جهت بهینه‌سازی صف ATM استفاده شده است.	یک ATM در یکی از شهرهای هند	داده های تحقیق از یک ATM در یکی از شهرهای هند دریافت شده است. نرخ رسیدن، نرخ سرویس، میزان بهره برداری، مدت زمان انتظار در صف و تعداد میانگین مشتریان در صف براساس داده های نظریه Little و مدل M / M / I ارائه گردیده است	نتایج تحقیق نشان داده است که نرخ رسمی در یک ATM در روز یکشنبه در طول مدت زمان بانکی، ۱ مشتری در دقیقه است (CPM)، در حالی که نرخ خدمات CPM ۱,۵۰ است. متوسط تعداد مشتری در دستگاه خودپرداز ۲ و دوره بهره برداری ۰,۷۰ می‌باشد.

محققین	مساله‌ی تحقیق	مطالعه موردی	روش تحقیق	نتایج تحقیق
CHOWDHURRY,) (۲۰۱۳	در این تحقیق چندین موقعیت صف معمول تشریح شده است و مدل های ریاضی برای تحلیل خطوط انتظار تحت فرضیه های زیر ارائه کرده است. این مفروضات عبارتند از: (۱) ورودی ها از یک جامعه بی نهایت یا بسیار بزرگ می آیند؛ (۲) ورود پواسون توزیع می شود؛ (۳) ورودی ها بر مبنای FIFO خدمت رسانی می شوند (۴) زمانهای خدمت دهی از توزیع نمایی منفی پیروی می‌کند (۵) نرخ متوسط خدمت رسانی سریعتر از نرخ موسط ورود است.	یکی از شعب بانک‌های هند	در این تحقیق ابتدا داده‌ها با استفاده از بررسی میدانی استخراج شده است و سپس معیارهای مختلف ارزیابی بر اساس مفروضات بیان شده در بخش مساله‌ی تحقیق ابتدا مدلسازی و سپس محاسبه شده است.	مدل نشان داده شده در این بانک برای مشتریان در سطح با سرویس، مدل صف چند کاناله با زمان‌های ورود پواسون و خدمات رسانی نمایی است (M / M / S) است. پس از یک سری ویژگی های عملیاتی، کل هزینه های مورد انتظار مورد مطالعه قرار می گیرد، کل هزینه ها مجموع هزینه ارائه خدمات به همراه هزینه زمان انتظار است. در نهایت کل هزینه انتظاری بدست آمده است.

محققین	مساله‌ی تحقیق	مطالعه موردی	روش تحقیق	نتایج تحقیق
Yakubu & Najim,) (۲۰۱۴	در این تحقیق از تئوری صف برای تعیین سطح سرویس مطلوب برای یک ATM استفاده شده است که مبتنی است بر یک معیار مشخص شده توسط مشتری و آن این است که مدت زمان انتظار بیش از ۸ دقیقه نباشد. بر این اساس ، ویژگی های عملیاتی دستگاه ATM به عنوان یک سیستم صف در آن تعریف شده است.	شعبه ای از بانک توسعه کشاورزی در غنا	داده‌های تحقیق از مشاهدات مستقیم و پرسشنامه برای اندازه گیری زمان و داده‌های اولیه بدست آمده است. اندازه گیری ها بر روی زمان ورود و زمان سرویس مشتریانی که در ساعات ۸ صبح تا ۴ بعد از ظهر وارد شدند، صورت گرفته است. آزمون برازش مربع کای بر روی داده های جمع آوری شده انجام شده است. مدل صف M / M / S بهترین سیستم صف بندی ATM در بانک مورد را نشان می دهد. یک سیستم پشتیبان تصمیم مبتنی بر نظریه صف به عنوان یک نتیجه توسعه داده شده است و برای تجزیه و تحلیل و پیشنهاد بهبود در زمان انتظار مورد استفاده قرار گرفته است.	دو دستگاه خودپرداز با نرخ سرویس ۰,۶ مشتری در هر دقیقه برای بانک موردنظر مطلوب شده است. تحقیق نشان می دهد که اگرچه نظریه صف در یافتن سطح خدمات مطلوب قابل استفاده است، اما انتظار می رود که به دلیل عوامل خارجی همچنان زمان انتظار طولانی مدت باشد. عدم دسترسی به خدمات به عنوان یک عامل کمک کننده برای تشکیل صف در مورد ATM شناخته شده است. برای مدیریت کوتاه مدت مدیریت صف، کارمندان پشتیبان می توانند در طول زمان‌های اوج هر گونه تقاضای اضافی را به جای نصب ATM اضافی پوشش دهند. مدیریت صف همچنین باید یک بخش فعال از فرایندهای مدیریت کلی بانک باشد.

محققین	مساله‌ی تحقیق	مطالعه موردی	روش تحقیق	نتایج تحقیق
(Ajiboye, ۲۰۱۴)	در این تحقیق هدف بهینه‌سازی یک سرویس ATM مبتنی بر مدت زمان بیکاری سیستم و مدت زمان انتظار مشتری است.	یکی از بانک های نیجریه	در این تحقیق مدل صف M/M/۱ برای ارزیابی سطح تحویل خدمات در یک سرویس ATM در یک منطقه با تراکم جمعیتی بالا استفاده شده است. بدین منظور اطلاعات تراکنش ATM استخراج شده است و معیارهای ارزیابی عملکرد صف ATM تجزیه و تحلیل شده است.	نتایج تحقیق نشان می‌دهد که بهره‌وری ظرفیت بسیار بالا (۸۷٪) با تنها ۱۵,۹۳٪ زمان بیکاری است. مشتریان در حدود ۹ دقیقه در سیستم می‌مانند (زمان صف و خدمت دهی) و احتمال اینکه بیش از ۵ نفر در سیستم باشد ۴۲ ٪ است.

محققین	مساله‌ی تحقیق	مطالعه موردی	روش تحقیق	نتایج تحقیق
(SAHU & SAHU, ۲۰۱۴)	در این تحقیق بر مدلسازی و بهینه‌سازی سیستم صف بانک تک کاناله تمرکز شده است.	شعبه ای از بانک چاتیسمان گرامین هند	ابتدا داده‌های ورود و خروج مشتریان و خدمات‌دهی بر اساس تحلیل میدانی بدست آمده است. در ادامه از یک سیستم صف تک کاناله M/M/۱ با فرآیند ورود پواسون و زمان‌های خدمت‌دهی نمایی استفاده شده است. نرخ ورود، نرخ بهره‌وری، نرخ خدمت، زمان انتظار در صف و تعداد میانگین مشتریان در صف بر اساس تئوری Little و مدل M/M/۱ بدست آمده است.	پیشنهاداتی جهت بهبود سیستم صف بانکی ارائه شده است.

محققین	مساله‌ی تحقیق	مطالعه موردی	روش تحقیق	نتایج تحقیق
(Ullah, Zhang, Iqbal, & Ayat, ۲۰۱۴)	در این تحقیق مساله‌ی بهینه‌سازی پرسنل بانک مورد مطالعه قرار داده است. بدلیل وضعیت پرسنل اضافی و نامتوازن، سیستم در غالب اوقات بیکار می باشد. با استفاده از رویکرد کیفی، مدل صف M/M/S و شبیه‌سازی رویدادهای گسسته، کارکنان مجموعه تحت بهینه سازی قرار گرفته است.	بانک آی.سی.بی.سی چین	ابتدا مشاهدات سیستم بصورت میدانی ثبت گردیده است که عبارتند از زمان ورود مشتریان، زمان خدمت، زمان انتظار. سپس زمان انتظار و خدمت‌دهی با استفاده از روش کمی مورد بررسی قرار گرفته است و بهبودهای مورد انتظار پیش بینی شده است. در گام بعد بر اساس بهبودهای انتظاری سیستم صف مجموعه شبیه‌سازی شده است و بر روی آن بهینه‌سازی صورت پذیرفته است.	تعداد بهینه‌ی پرسنل بانک با هدف حداقل‌سازی هزینه‌های صف
(Berhan, ۲۰۱۵)	در این تحقیق ساختار صف بانک با استفاده از یک سیستم صف با چند کانال خدمت‌رسانی مدلسازی شده است.	یک بانک در آدیس آبابا	در این تحقیق ابتدا داده‌های نرخ ورود، زمان خدمت‌دهی و هزینه بصورت میدانی جمع آوری شده است و سپس داده‌ها با استفاده از سیستم شبیه‌سازی پویا برازش شده است.	نتایج نشان می‌دهد که زمان ورود مشتریان و زمان خدمت‌دهی از توزیع‌های پواسون و نمایی پیروی می‌نماید. همچنین تعداد بهینه ی خدمت‌رسان‌ها با نرخ بهره‌وری ۰,۵۷۸ ، ۵ کانال بدست آمده است.

محققین	مساله‌ی تحقیق	مطالعه موردی	روش تحقیق	نتایج تحقیق
Mutingi, Mapfaira,) Moakofi, Moeng, & (Mbohwa, ۲۰۱۵	در این تحقیق بر مدلسازی و تحلیل سیستم صف بانکی تمرکز شده است.	شعبه‌ای از یک بانک در کشور نامبیا	فرآیند تحلیل در سه فاز صورت پذیرفته است. ۱- شناسایی شاخص-های عملکرد کلیدی که بر ادراک مشتری با توجه به کیفیت خدمات رسانی ۲- شبیه‌سازی عملکرد رفتاری سیستم صف بانک، ۳- ارزیابی و بهبود کیفیت خدمات سیستم با استفاده از نتایج بدست آمده از شبیه سازی. این فرایندها با گردآوری داده‌های میدانی مرتبط با صف صورت پذیرفته است و سپس تحلیل‌ها مبتنی بر معیارهای عملکرد انجام شده است.	ارائه‌ی نتایج شبیه‌سازی که بیانگر تعداد خدمت‌دهنده‌های بهینه می‌باشد.

محققین	مساله‌ی تحقیق	مطالعه موردی	روش تحقیق	نتایج تحقیق
(Koka & Badshah, ۲۰۱۶)	در این تحقیق از مدلسازی صف جهت بهینه‌سازی آن بر اساس زمان انتظار مشتری و زمان بیکاری خدمت‌دهنده‌ها استفاده شده است.	بانک کانا در ایالت ایندور هند	در این تحقیق از مدل صف M/M/C و فرآیند مارکف زاد و ولد برای مدلسازی فرآیند صف بانک استفاده شده است. مدل شامل یک سیستم صف چند خدمتی با زمان ورود پواسون و توزیع نمایی است. نظم صف حالت FCFC دارد. تحلیل‌ها بر اساس گردآوری میدانی داده‌ها صورت پذیرفته است.	تعداد سرورهای بهینه و حداقل هزینه‌ی حاصله بر اساس تعداد سرورهای مختلف

محققین	مساله‌ی تحقیق	مطالعه موردی	روش تحقیق	نتایج تحقیق
Yang, Cayirli, & Low,) (۲۰۱۶	این تحقیق بر اساس این فرض پایه-گذاری نموده است که مدل های صف با چند سرور دارای پیچیدگی‌های زیادی می‌باشند و فروض ساده‌ی در نظر گرفته شده درباره‌ی توزیع‌های آماری صف تحلیل کافی صف را محدود می‌نماید. بنابراین از تکنیک-های شبیه‌سازی جهت مدلسازی ساختار صف بانکی استفاده شده است.	بانک دوحه‌ی قطر	ایشان از یک رویکرد تحلیل داده استفاده نموده‌اند و با استفاده از شبیه-سازی کامپیوتری به تولید داده‌های ورود و خروج و خدمت‌دهی مبادرت ورزیده‌اند و همچنین از معادلات رگرسیون غیرخطی انتظار شرطی جایگزین[۱] (ACE) جهت برازش نقاط و ایجاد معادلاتی جهت پیش بینی عملکرد صف با زمان شروع و پایان خدمت استفاده نموده‌اند. داده-های اولیه جهت شبیه‌سازی از گردآوری‌های میدانی تدارک دیده شده است.	نتایج شبیه‌سازی و همچنین برازش داده برای یک مطالعه‌ی موردی بانکی نشان می دهد که معادلات می توانند به دقت عملکرد صف را به عنوان تابعی از تعداد سرورها، میانگین بار ورود، طول صف و تغییر زمان خدمت‌دهی. جزییات معادلات بدست‌امده در پایگاه http://singlequeuesystemstool.com قرار داده شده است.

[۱] Alternating Conditional Expectation

محققین	مساله‌ی تحقیق	مطالعه موردی	روش تحقیق	نتایج تحقیق
Cowdrey, de Lange,) Malekian, Wanneburg, (& Jose, ۲۰۱۸	هدف از این مقاله بررسی زمان انتظار در بانک ها برای طراحی یک سیستم جهت بهینه سازی تجربه کلی بانکی است. تجزیه و تحلیل صف بندی و نظریه صف بندی به منظور بهبود تجربه مشتری در حالی که به حداکثر رساندن سود هدف نهایی است، مورد بررسی قرار گرفته است.	بانک اسلامی بنگلادش	استراتژی های مختلف صف با استفاده از زمان انتظار به عنوان یک معیار اندازه گیری عملکرد اجرا شده است. برای پیدا کردن کارآمدترین راه حل، روش های نظم صف زیر مورد بررسی قرار گرفته است: FIFO، LIFO، SJF، LJF. پس از بررسی، طراحی و شبیه سازی، استراتژی های صف بندی بر روی یک سناریوی بانکی واقعی اجرا شده است.	بر اساس نتایج بدست آمده، روش SJF بهترین رضایت مشتری را ایجاد می کند.

محققین	مساله‌ی تحقیق	مطالعه موردی	روش تحقیق	نتایج تحقیق
Hermanto & Nugroho,) (۲۰۱۸	در این تحقیق با فرض اینکه فرمول‌های قوانین لیتل، توانایی تخمین دقیق زمان انتظار را به دلیل مفروضات آماری آن ندارد، از یک رویکرد شبکه‌عصبی-مصنوعی جهت تخمین زمان انتظار صف استفاده کرده‌اند.	شعبه‌ای از یک بانک در اندونزی	در این مقاله از یک موتور شبکه-عصبی‌مصنوعی سریع استفاده شده است. جهت آموزش شبکه، از روش پس انتشار ارتجاعی استفاده شده است. رویکرد سری‌زمانی و رویکرد ساختاری برای نورون‌های ورودی مورد مقایسه قرار گرفته است. طول مدت میانگین از بازه‌های قبلی و تعدادی از سرورها جهت افزایش متغیرهای ساختاری نظیر طول صف پیشنهاد شده است. جهت تعیین تعداد بهینه‌ی نورون ورودی و لایه‌های پنهان از روش تجربی استفاده شده است.	نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که رویکرد ساختاری تخمین بهتری نسبت به رویکرد سری‌زمانی دارد.

۲-٤-۲ تحقیقات داخلی

در این قسمت پژوهش‌های داخلی مرتبط با موضوع تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است.

جدول ۲-۳: بررسی پژوهش های داخلی مرتبط با موضوع تحقیق

محققین	مساله‌ی تحقیق	مطالعه موردی	روش تحقیق	نتایج تحقیق
(کریمیان, ۱۳۸۲)	در این تحقیق هدف بهینه سازی فرایند صف بانک بر اساس ایستگاه‌های کاری مختلف مجموعه می‌باشد. بهینه-سازی طول صف، زمان انتظار و کارایی سرویس‌دهنده‌ها موارد مطلوب پژوهش می‌باشد.	یک شعبه بانک ملت	در این تحقیق ابتدا داده‌ها با استفاده از ارزیابی میدانی استخراج شده است. سپس با استفاده از مدل شبکه های بازجکسون وضعیت ایستگاه ها را از نظر طول صف ، زمان انتظار و کارایی سرویس دهنده ها بررسی شده است. سپس با استفاده از تحلیل حساسیت مدل ، رفتار کلی و روند تغییرات معیارهای ارزیابی را تحلیل و سپس مدل بهینه صف را با توجه به سطح انتظار مدیران از زمان انتظار و طول صف بدست می آوریم.	ارائه روند تغییرات معیارهای ارزیابی و حالات بهینه
(مؤمنی ۱۳۸۵ ,.et al)	در این تحقیق از طریق بکارگیری تکنیکها و مدلهای صف به ارزیابی	یک شعبه بانک سپه	در این تحقیق ابتدا داده‌ها با ارزیابی میدانی گردآوری شده است و	نتایج نشان می‌دهد که هر سه فرضیه مورد تایید قرار گرفته است

محققین	مساله‌ی تحقیق	مطالعه موردی	روش تحقیق	نتایج تحقیق
	عملکرد سیستم کارمند – تحویلداری به لحاظ پارامتر ها و شاخصهای تئوری صف (معیارهای زمانی، معیارهای تجمعی و شاخص بهره وری) پرداخته شده و عملکرد سیستم مذکور با سیستم قبلی(تحویلداری) مقایسه شده است. مطابق با این موضوع سه فرضیه: ۱- زمان انتظار مشتری در سیستم کارمند – تحویلداری با سیستم تحویلداری یکسان نیست، ۲- میزان طول صف در سیستم کارمند – تحویلداری در مقایسه با سیستم تحویلداری یکسان نیست (هدف این فرضیه ارزیابی وضعیت معیارهای تجمعی برای سیستمهای مذکور است)، ۳- زمان بیکاری خدمت		سپس پارامترهای آماری محاسبه شده است. سپس با توجه به فرضیه-های تحقیق دو حالت کارمند-تحویلداری و تحویلداری بر اساس معیارهای ارزیابی عملکرد صف مورد مقایسه قرار گرفته است.	وسیستم کارمند-تحویلداری عملکرد بهتری را نشان داده است.

محققین	مساله‌ی تحقیق	مطالعه موردی	روش تحقیق	نتایج تحقیق
	دهندگان در دو سیستم یکسان نیست، ارزیابی شده است و صحت فرضیه ها مورد بررسی قرار گرفته است.			
(محمدلو, حمیدی, & حاج‌کریمی, ۱۳۹۰)	در این تحقیق هدف بررسی نقش بانکداری الکترونیک در کاهش صف پشت باجه‌های بانکی است.	بانک ملی ایران شعب استان زنجان (اداره امورشعب استان زنجان)	برای سنجش نقش بانکداری الکترونیک در کاهش تراکم صف پشت باجه‌های بانکها، اطلاعاتی در مدت ۶ روز کاری در دو سیستم بانکداری سنتی (قدیمی) و الکترونیک جمع-آوری شده است و بعد از تحلیل داده‌ها در قالب مدلهای سیستم صف نتایجی مبنی بر نقش بانکداری الکترونیک در کاهش تراکم پشت باجه های بانک ملی، به دست آورده است.	مطابق با نتایج بدست آمده، ضریب بهره‌وری در سیستم بانکداری سنتی ۸۸ ٪می باشد ، در حالی که ضریب بهره‌وری در سیستم بانکداری الکترونیک به ۸۳ ٪کاهش یافته است.

محققین	مساله‌ی تحقیق	مطالعه موردی	روش تحقیق	نتایج تحقیق
(مختاری, ۱۳۹۴)	به بررسی سیستم صف وتجزیه وتحلیل آن در بانک بود که به طور موردی به بررسی بانک ملت شعبه پارامونت شیراز پرداخته است. این بانک داری سه باجه می باشد.	بانک ملت شعبه پارامونت شیراز	پس از جمع آوری اطلاعات از سرویس دهنده (باجه‌ها) و سرویس گیرنده (مشتری) در بانک ، با استفاده از اطلاعات جمع آوری شده و فرمول های تئوری صف میزان خدمت دهی ، طول صف و مدت زمان حضور مشتری در سیستم را محاسبه نموده سپس با استفاده از نتایج حاصله از تحلیل صف و شبیه سازی توسط نرم افزارARENA و پرسشنامه تهیه شده از مشتریان ،هزینه انتظارمشتریان در صف محاسبه شده است. درجهت کاهش	در سیستم فعلی بانک یعنی با ۳ باجه میزان هزینه کل در یک ماه برابر است با **۵۹۱۰۴۵۱** حال با اضافه کردن یک باجه هزینه (هزینه نیروی انسانی و هزینه های اداری و هزینه صف با چهار باجه) آن برابر است با **۵۴۷۹۳۵۳** با مقایسه‌ی این دو نتیجه یک باجه کمتر از هزینه صف با سه باجه می باشد لذا به مدیریت پیشنهاد شده است که باجه را جهت کاهش صف و هزینه ها ایجاد نماید.

محققین	مساله‌ی تحقیق	مطالعه موردی	روش تحقیق	نتایج تحقیق
			هزینه ها با توجه به محاسبات انجام شده	
(عباسی, ۱۳۹۴)	در این تحقیق با استفاده از سیستم-های صف به ارزیابی عملکرد سیستم خدمت‌دهی بانک پرداخته شده است.		در این تحقیق ابتدا داده‌ها توسط ارزیابی میدانی استخراج شده است. سپس از مدل M/M/C جهت ارزیابی عملکرد سیستم خدمت دهی استفاده شده است و سپس با استفاده از الگوریتم ژنتیک به بهینه سازی سیستم خدمت دهی پرداخته شده است.	تعداد سرورهای بهینه و حداقل هزینه‌ی حاصله بر اساس تعداد سرورهای مختلف
(جهانگرد, ۱۳۹۵)	در پایان‌نامه خود سعی دارد تا با در نظر گرفتن بعد جدید مسئله، یعنی صف انتظار و خدمت‌دهی در مقصد (بانک) به یافتن مسیر و مقصد بهینه به لحاظ زمانی بپردازد.	یک شعبه بانک در ناحیه ۱ شهر مشهد	به منظور مسیریابی، از الگوریتم جستجوی آگاهانه A* با یک تابع مکاشفه جدید استفاده می‌شود که جواب بهینه را در زمان کمتری نسبت به الگوریتم	ارائه‌ی مسیر بهینه‌ی سفر و تحلیل حساسیت آن

محققین	مساله‌ی تحقیق	مطالعه موردی	روش تحقیق	نتایج تحقیق
	در این صورت، هدف مسئله انتخاب مسیر و مقصد بهینه از لحظه ی حرکت تا خروج از مقصد است.		دیجسترا ارائه می‌نماید. این پژوهش به طور موردی در ناحیه‌ی یک شهر مشهد انجام شده است. به منظور پیش‌بینی زمان سفر در شبکه‌ی حمل‌ونقل شهری، از داده‌های حجم ترافیک SCATS استفاده و با توجه به توابع زمان سفر–حجم، زمان‌های سفر کمان‌های شبکه پیش‌بینی می‌شود. هم‌چنین برای پیش‌بینی زمان‌های انتظار در بانک از روش شبیه‌سازی استفاده می‌شود.	
(تقوی‌فرد ۲۰۱۸ ,.et al)	در این پژوهش با به کار گیری رویکرد ترکیبی شبیه سازی و	یک شعبه‌ی بانک ملت	با توجه به اینکه یکی از عوامل اصلی تأثیر گذار بر روی	با توجه به نتایج حاصله، تغییرات ناشی از اجرای این ۳ سناریو به

محققین	مساله‌ی تحقیق	مطالعه موردی	روش تحقیق	نتایج تحقیق
	صف، سیستم خدمت دهی بانک را با در نظر گرفتن تمام عوامل مؤثر بر آن شبیه سازی نموده و راهکارهایی جهت بهبود و اصلاح فرآیندهای موجود در بانک ارائه شده است. این هدف با استفاده از نرم افزار شبیه سازی ED در راستای شناسایی فرآیندهای مختلف خدمت دهی در بانک به منظور یافتن فرآیندهایی که منجر به تشکیل گلوگاه و کاهش کارایی خدمت دهنده ها و نیز اتلاف زمان مشتریان می شدند با طراحی سناریوهای مختلف محقق شده است.		رضایتمندی مشتریان متوسط زمان انتظار در صف است، عامل اصلی در طراحی سناریوها را نیز همین عامل در نظر گرفته و نتایج پیاده سازی سناریوها بر اساس متوسط زمان انتظار در صف مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. به منظور کاهش زمان اتلاف مشتریان در صف جهت دریافت خدمت مورد نظر ۳ سناریو طراحی و مورد بررسی قرار گرفت.	ترتیب بر روی متوسط زمان انتظار در صف اول و دوم مورد بررسی قرار گرفته است و پیشنهاداتی در این زمینه ارائه شده است.

محققین	مساله‌ی تحقیق	مطالعه موردی	روش تحقیق	نتایج تحقیق
(طالبی ۲۰۱۸ ,.et al)	با استفاده از شبیه‌سازی و روش طراحی آزمایشات به موضوع کاهش زمان انتظار و استفاده از تعداد مطلوب کارکنان خدمت‌دهی در هر بخش بانک به نحوی که علاوه‌بر کاهش زمان انتظار مشتریان سبب افزایش زمان مشغول بودن خدمت‌دهندگان باشد پرداخته شده است.	یک شعبه‌ی بانک ملی	مقاله حاضر از یک مدل ریاضی با دوتابع هدف کمینه‌سازی زمان انتظار مشتری و بیشینه‌سازی زمان مشغول بودن کارکنان تشکیل شده که در مرحله نخست وضعیت کنونی یکی از شعب بانک ملی توسط نرم‌افزار ای‌دی شبیه‌سازی شده است، سپس سناریوهای بهبوددهنده به کمک روش طراحی آزمایشات اجرا شده و در نهایت مدل حاصل با نرم‌افزار دیزاین اکسپرت حل شده است.	نتایج حاصل از پژوهش سناریویی که در آن یک کارمند انتقالی و الکترونیک و پنج کارمند تحویل‌داری باشد را به عنوان مطلوب‌ترین سناریوی خدمت‌دهی به مشتریان ارزیابی کرده است که در آن قادر خواهیم بود تا در شعبه بانک مدت زمان انتظار مشتریان را ۳۲٪ کاهش دهیم که این کاهش مدت زمان انتظار تأثیر مستقیمی در رضایت مشتریان خواهد داشت.

۲-۱ خلاصه‌ای از مرور ادبیات و نتیجه‌گیری

در این فصل، مبانی نظری تحقیق و پیشینه‌ی تحقیقاتی به تفکیک تحقیقات داخلی و تحقیقات خارجی ارائه‌شده است. در بخش مفاهیم نظری، مبانی تئوری صف و مفاهیم مربوط به این مبحث ارائه‌شده است و همچنین رویکردهای فرمول‌بندی انواع ساختارهای صف مورد بررسی قرار گرفته است. در بخش بعدی، مروری بر ادبیات موضوع صورت گرفته است. به‌طور کلی مفاهیم مندرج در تئوری صف کاملا جنبه‌ی کاربردی دارد و غالب پژوهش‌های صورت گرفته بر ارزیابی صف مجموعه‌های مختلف و همچنین بهینه‌سازی متغیرهای مربوط به اجزای صف پرداخته‌اند. از این رو بکارگیری مبانی صف در مدلسازی ساختارهای صف به صورت کاربردی در سازمان‌های مختلف می‌تواند رویکردی نوآورانه داشته باشد. بعبارت دیگر، از آنجاییکه تعیین شرایط موجود صف و پارامترهای بیان‌کننده‌ی آن به نوع مطالعه‌ی موردی تحقیق وابسته است، بنابراین رویکردهایی که در هر سازمان جهت تعیین این پارامترها صورت می‌پذیرد منطبق بر آن سازمان و رویکردی نوآورانه می‌باشد. در این تحقیق بر بکارگیری مفاهیم صف جهت بهینه‌سازی یکی از شعب بانک لاله در شهر اسلامشهر تمرکز شده است. بدین منظور هزینه‌ی کل صف با توجه به المان‌های هزینه‌ای برای اجزای مختلف صف، حداقل‌سازی می گردد. بنابراین جهت توصیف اجزای هزینه از رویکردهای نوآورانه‌ی منطبق بر مجموعه‌ی بانکی مورد نظر استفاده شده است.

فصل سوم: روش تحقیق

۳-۱ مقدمه

رفتار آدمی پیچیده است و عوامل بسیاری درایجاد آن دخالت دارد که به ظاهرآن راسازمان نایافته جلوه گر می کند اما می توان باروش مناسب به شناخت آن پرداخت. بنابراین تحقیق فرایندی است که ازطریق آن می توان درباره ناشناخته ها به جستجو پرداخت ونسبت به آن شناخت پیداکرد. درانجام تحقیق باید فرایندی را بصورت منظم دنبال کرد و مجموعه ای ازگزاره ها راتدوین ومورد آزمون قرارداد واین فرایند، روش تحقیق است. روش تحقیق، چهارچوب عملیات یا اقدامات جستجوگرایانه برای تحقق هدف پژوهش، جهت آزمودن فرضیه یا پاسخ دادن به سوال های تحقیق رافراهم می آورد. وقتی از روش پژوهش علمی سخن می گوییم، ذهن هر پژوهنده ای در آغاز متوجه اندیشیدن به شیوه علمی می شود. از نظر فلسفی، منظور از روش مجموعه تدبیرها، ابزارها و راه هایی است که پژوهشگر را برای حصول به هدف نهایی هدایت و رسیدن به حقیقت را امکان پذیر و علم و درک متعارف را می توان به جنبه های گوناگون از قبیل نظام مند بودن، پایا بودن، اعتبار داشتن، تعمیم پذیر بودن و واقعی بودن می توان اشاره کرد.شناخت می تواند از طریق تجربه یا آموزش صورت بگیرد و به سختی جنبه یادگیری یا فراگیر داشته باشد. در اصل، در شناخت می خواهیم به حقیقت برسیم. هدف از انجام پژوهش، رسیدن به حقایقی که قبلا نسبت به آن ها شناختی نداشتیم می باشد. شناخت علمی یا تجربی از اصولی تبعیت می کند که شامل جهان شمول بودن، نظام مندی، تجربه پذیری، تکرارپذیری، ابطال پذیری، سوگیری گریزی، انباشت شناخت ها و نظریه سازی می شود. از جمله ویژگیهایی مطالعه علمی که هدف آن حقیقت یابی است ، استفاده از یک روش تحقیق مناسب می باشد و انتخاب روش تحقیق مناسب به هدفها، ماهیت و موضوع مورد تحقیق و امکانات اجرایی بستگی دارد وهدف ازتحقیق دسترسی آسان ودقیق جهت پاسخ به پرسشهای تحقیق است. بدون روش‌شناسی علمی نتایج بررسی و تحلیل‌های مربوطه معتبر و قابل تعمیم نخواهد بود. در این فصل روش تحقیق پایان نامه‌ی حاضر مورد بررسی قرار می‌گیرد. بدین منظور ابتدا نوع روش تحقیق با توجه به ماهیت پژوهش تشریح می‌گردد. سپس مدل تحقیق، با توجه به موضوع شناسایی شده برای تحقیق ارائه می‌گردد. با توجه به مدل تحقیق و نوع مطالعه‌ی موردی، جامعه‌ی آماری، حجم نمونه و روش اندازه‌گیری آن مورد بررسی قرار می‌گیرد. در ادامه فرایند تجزیه و تحلیل داده‌های استخراج شده، ارائه می‌گردد و در نهایت فرایند انجام تحقیق با توجه به جزییاتی که در بخش‌های پیشین مورد بررسی قرار گرفت، ارائه می‌گردد.

۳-۲ روش تحقیق

روش تحقیق عبارت است از مجموعه‌ای از قواعد، روش‌ها، ابزارها، راه‌های معتبر، قابل‌اطمینان و سیستماتیک به‌منظور بررسی واقعیات و کشف مجهولات و دست‌یابی به راه‌حل مشکلات و انتخاب روش تحقیق از مهم‌ترین مراحل هر تحقیق به شمار می‌آید. به‌طورکلی یک تحقیق بر مبنای دو بعد تقسیم‌بندی می‌گردد. بر مبنای هدف و بر مبنای روش. تحقیقات با در نظر گرفتن هدف تحقیق به دو گروه تحقیقات کاربردی و تحقیقات بنیادی تقسیم-بندی می‌گردند. تحقیق کاربردی، تحقیقی است برای یافتن راه‌حل مسائل فوری با ماهیت علمی و تحقیقات بنیادی برای گسترش و بسط دانش یا علوم پایه در یک نظام و به‌منظور فهم آن طرح‌ریزی می‌گردند. تحقیقات بر مبنای روش در سه گروه تاریخی، توصیفی – کیفی و پیمایشی[۲] تقسیم می‌گردد. روش تاریخی شامل مطالعه، درک و شرح رویدادهای گذشته است و هدف از این روش تحقیق، رسیدن به نتایجی مربوط به علل، تأثیرات یا روند رویدادهای گذشته است که ممکن است به روشن شدن رویدادهای کنونی و پیش‌بینی رویدادهای آتی کمک نماید. روش توصیفی – کیفی، وضعیت کنونی را تفسیر می‌نماید و شرایط یا روابط موجود، عقاید متداول، فرایندهای فعلی، آثار مشهود یا روندهای در حال گسترش را روشن می‌سازد. روش پیمایشی روشی است که هدف اصلی آن اکتشافی، توصیفی یا تبیینی است (خاکی, ۱۳۹۰).

پژوهش حاضر از دید هدف آن، کاربردی است زیرا می‌تواند به شکل عملی به بانک‌ها در مدیریت فرآیند صف خود کمک نماید و در تصمیم‌گیری‌ها، همراه مدیران مالی و اقتصادی گردد. همچنین با در نظر گرفتن نحوه‌ی گردآوری داده‌ها می توان این تحقیق را از جمله تحقیقات پیمایشی به شمار آورد.

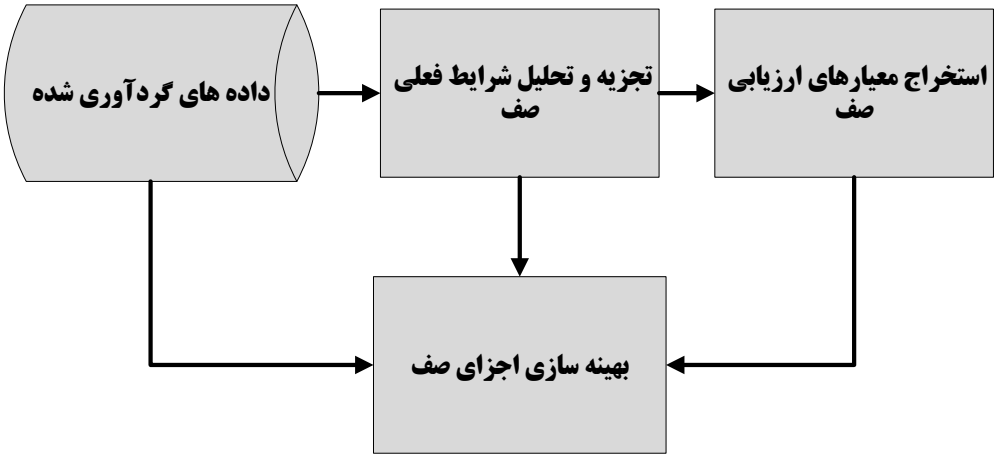
۳-۳ مدل تحقیق

در این تحقیق مساله‌ی حداقل سازی هزینه‌های صف، تحت موضوع تئوری صف و همچنین بهینه‌سازی شعبه‌ی لاله‌ی بانک ملت مورد بررسی قرار گرفته است. شعبه‌ی لاله‌ی بانک ملت واقع در شهر اسلامشهر می‌باشد. بانک ملت در اسلامشهر و حومه دارای ۴ شعبه می باشد، که دو شعبه از آنها در داخل شهر و دو شعبه دیگر در حومه قرار دارند.شعبه لاله در مرکز شهر واقع شده است و در بخش جمعیتی با تراکم بالا قرار دارد. در این بانک ۴ باجه دارای شماره‌زن الکترونیکی و ۲ باجه خدمات مربوط به فعالیت‌های با تقاضای کمتر نظیر اعتبارات، چک، کارت

[۲] پیمایش، مجموعه ای از روش های منظم و استاندارد است که برای جمع آوری اطلاعات درباره افراد، خانواده ها و یا مجموعه های بزرگتر مورد استفاده قرار می گیرد و همچنین روشی برای بدست آوردن اطلاعاتی درباره ی دیدگاهها، باورها، نظرات، رفتارها یا مشخصات گروهی از اعضای یک جامعه آماری از راه انجام تحقیق است

عابر بانک را ارائه می‌دهند. تعداد صندلی‌های موجود در مجموعه (بیانگر ظرفیت صف) ۱۸ صندلی است. حجم مراجعات به بانک در صبح (۷ -۱۱:۳۰) در مقایسه با بعدازظهر بیشتر می‌باشد. در روزهای انتهایی ماه حجم مراجعات بیش از روزهای ابتدایی ماه می‌باشد. از آنجاییکه تاکنون ساختار صف بانک با توجه به اطلاعات تاریخی مراجعات به آن از بدو تاسیس مورد توجه قرار نگرفته است، از این رو زمان بیکاری باجه‌ها و گاها ایجاد صف‌های طولانی در مجموعه مشهود می‌باشد. با توجه به وضعیت فعلی صف در بانک، سیستم صف بانک دارای ساختار M/M/c/K می‌باشد.

همچنین از آنجاییکه در این تحقیق، هدف حداقل سازی هزینه‌ی کل صف است، بنابراین ساختار کلی مدل تحقیق را می‌توان بصورت شکل ۳-۱ نشان داد.



شکل ۳-۱: فرایند بهینه سازی اجزای صف

۳-٤ جامعه و نمونه‌ی آماری تحقیق

جامعه‌ی آماری این تحقیق شامل تمامی مشتریان بانک ملی شعبه لاله شهر اسلامشهرمی‌باشد و نمونه‌ی آماری شامل مشتریان بانک که در بازه‌ی ۶ ماهه‌ی تیر ماه تا آذر ماه ۱۳۹۷، از خدمات بانک استفاده کرده‌اند می‌باشد. نمونه‌گیری جهت تعیین نرخ ورود مشتریان و نرخ خدمت‌دهی به مشتریان بصورت در بازه‌ی اشاره شده صورت پذیرفته است.

۳-۵ روش گردآوری داده‌ها

در این پژوهش، هدف تعیین تعداد باجه‌های بهینه با هدف حداقل سازی زمان انتظار و همچنین حداقل‌سازی هزینه‌های ناشی از افزودن باجه به سیستم بانکی است. در مجموع دوره‌ی نمونه‌گیری شامل ۱۴۷ روز می‌باشد.

ساعات کاری بانک در روزهای شنبه تا چهارشنبه ۷:۳۰ تا ۳ و در روز پنج شنبه ساعت ۷:۳۰ تا ۱۲ می‌باشد. با توجه به اطلاعات بدست آمده برای هر یک از این بازه‌های زمانی، نرخ ورود مشتری به صف و نرخ سرویس‌دهی محاسبه شده است. دستگاه شماره زن بانک این قابلیت را دارد تا تعداد اخذ شماره در یک بازه‌ی زمانی مشخص و همچنین زمان ارائه‌ی خدمت به مشتریان (مدت زمان اعلام شماره‌ی مشتری i تا مشتری i+۱) را ثبت و ذخیره نماید. بنابراین گردآوری نمونه‌های ورود مشتریان و همچنین مدت زمان خدمت‌دهی به مشتریان با استفاده از اطلاعات دستگاه شماره زن بانک صورت پذیرفته است. اطلاعات هر روزِ تعداد شماره‌های گرفته شده توسط مشتریان در سیستم متصل به سامانه ی شماره‌زن ذخیره می‌گردد. از این داده، برای تعیین نرخ ورود مشتریان به بانک استفاده شده است. همچنین امکان تعیین زمان خدمت‌دهی توسط هر یک از باجه‌ها با استفاده از داده‌های استخراجی وجود دارد. بنابراین برای هر روز دوره‌ی نمونه‌گیری، اطلاعات مربوط به تعداد مشتریان خدمت‌دیده شده و زمان این خدمت‌دهی وجود دارد.

علاوه بر پارامترهای نرخ خدمت‌دهی و نرخ ورود مشتریان، در تابع هزینه‌ی مدل، پارامترهای هزینه‌ای وجود دارد که باید محاسبه گردند. جهت تعیین این پارامترها که جزییات آن در بخش بعدی مورد بررسی قرار گرفته است، از مشورت اساتید راهنما و مشاور و همچنین نظرات خبرگان بانکی استفاده شده است. این خبرگان شامل کارشناس مالی (کارشناس ارشد حسابداری) و کارشناس تحلیل داده‌ی شعبه (کارشناس ارشد مهندسی مالی) می‌باشد. به منظور استخراج نظرات ایشان از مصاحبه‌ی حضوری در باب نحوه‌ی محاسبه‌ی این پارامترها استفاده شده است. پس از گردآوری نظرات خبرگان و جمع‌بندی آن‌ها، جهت راستی‌آزمایی، شیوه‌های محاسبه‌ی پارامترها که حاصل از جمع‌بندی نظرات می باشد، در اختیار اساتید و کارشناسان قرار گرفت و نظرات و اصلاحات ایشان مجددا مورد بررسی قرار گرفت و نهایتا رویکردهای مشخصی جهت محاسبه این پارامترها بدست آمد که در بخش بعدی این جزییات ارائه شده است.

۳-۶ روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این تحقیق، مدل صف شعبه‌ی لاله‌ی بانک ملت بصورت یک مدل M/M/c/K در نظر گرفته شده است. این مدل همانطور که در فصل دوم به آن اشاره گردید، نرخ ورود مشتریان را بصورت یک توزیع پواسون با نرخ λ و فرآیند خدمت‌دهی را بصورت یک توزیع نمایی با نرخ خدمت‌دهی μ در نظر می‌گیرد. تعداد خدمت‌دهندگان c می‌باشد و ظرفیت سیستم K است. روابط مرتبط با عملکرد مدل صف M/M/c/K بصورت زیر تعریف می گردد:

π_0 احتمال حضور ۰ مشتری در صف در درازمدت می‌باشد و بصورت رابطه (۲-۱۲) محاسبه می گردد:

$$\pi_0 = (1 + \sum_{n=1}^{\infty} C_n)^{-1} = \left[\left(\sum_{n=0}^{c-1} \frac{K!}{(K-n)!n!}\left(\rho\right)^n\right) + \sum_{n=c}^{K} \frac{K!}{(K-n)!c!c^{n-c}}\left(\rho\right)^n\right]^{-1} \quad (۱۲-۲)$$

π_n احتمال حضور n مشتری در صف در درازمدت می‌باشد و بصورت رابطه (۲-۱۳) محاسبه می گردد:

$$\pi_n = \begin{cases} \pi_0 \left(\rho\right)^n \frac{K!}{(K-n)!n!}, & if\ 0 < n < c \\ \pi_0 \left(\rho\right)^n \frac{K!}{(K-n)!c!c^{n-c}}, & if\ c \le n < K \\ 0, & if\ n > K \end{cases} \quad (۱۳-۲)$$

L_q میانگین تعداد مشتریان در صف در درازمدت می‌باشد و بصورت رابطه (۲-۱۴) محاسبه می گردد:

$$L_q = \sum_{n=c}^{K} (n - c)\, \pi_n \quad (۱۴-۲)$$

L میانگین تعداد مشتریان در سیستم در درازمدت می‌باشد و بصورت رابطه (۲-۱۵) محاسبه می گردد:

$$L = \sum_{n=0}^{c-1} n\pi_n + L_q + c(1 - \sum_{n=0}^{c-1} \pi_n) \quad (۱۵-۲)$$

W_q میانگین مدت زمان انتظار یک مشتری در صف در درازمدت می‌باشد و بصورت رابطه (۲-۱۶) محاسبه می-گردد:

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda(N-L)} \quad (۱۶-۲)$$

W میانگین مدت زمان انتظار یک مشتری در سیستم در درازمدت می‌باشد و بصورت رابطه (۲-۱۷) محاسبه می-گردد:

$$W = \frac{L}{\lambda(N-L)} \quad (۱۷-۲)$$

مقدار هزینه‌ی کل یک صف M/M/c/K بصورت رابطه‌ی (۲-۱۸) محاسبه می گردد.

$$TC(c, K) = C_1 L_q + (C_2 + C_4)\left(L - L_q\right) + C_3\left(c - L + L_q\right) + C_5 K + C_6 \lambda \pi_K \quad (۱۸-۲)$$

در رابطه‌ی (۲-۱۸):

C_1 : هزینه هر واحد زمان که مشتریان در صف منتظر می‌باشند

C_2 : هزینه هر واحد زمان که مشتریان در حال دریافت خدمت می‌باشند

C_3 : هزینه هر واحد زمان بیکاری هر خدمت دهنده

$C_۴$: هزینه هر واحد زمان کار هر خدمت‌دهنده هنگامی که مشغول خدمت‌دهی به مشتریان است

$C_۵$: هزینه داشتن یک واحد ظرفیت جهت خدمت‌دهی در واحد زمان

$C_۶$: هزینه از دست دادن یک مشتری که با ظرفیت تکمیل سیستم مواجه شده و از ورود به سیستم منصرف می-شود.

جهت ارزیابی صف شعبه لاله بانک ملت، مراحل زیر طی می‌گردد:

۱- بررسی وضعیت کنونی صف بانک: در این مرحله، پارامترهای نرخ ورود مشتریان یعنی λ، نرخ خدمت‌دهی باجه‌ها یعنی μ، هزینه‌های مرتبط با رابطه‌ی (۲-۱۸) یعنی پارامترهای $C_۱$ تا $C_۶$ تعیین می‌گردد. مقادیر λ و μ با توجه به داده‌های استخراج شده محاسبه می‌گردد. این داده‌ها با استفاده از سیستم شماره‌زن بانک استخراج می‌گردد. پارامترهای نرخ ورود مشتریان و نرخ خدمت‌دهی بر اساس داده‌های استخراج شده و با میانگین‌گیری بدست می‌آید. جزییات محاسبات این دو پارامتر در فصل چهار و ارائه‌ی نتایج بیان شده است. برای محاسبه‌ی پارامترهای هزینه‌ای، ابتدا از مشورت اساتید راهنما و مشاور، و سپس مصاحبه با خبرگان مجموعه‌ی بانکی بهره‌گیری شده است. با توجه به پیشنهادات ارائه شده، نحوه‌ی محاسبه‌ی هر یک از پارامترهای هزینه بصورت زیر در نظر گرفته شده است:

- پارامتر$C_۱$: این پارامتر میزان هزینه‌ای را که بانک به واسطه‌ی منتظر ماندن مشتریان در صف متحمل می‌شود را نشان می‌دهد. با مشورت‌های صورت گرفته این پارامتر هزینه در بانک نشاندهنده‌ی خدماتی است که باید به مشتریان بانک در مدت زمانی که در صف حضور دارند ارائه گردد. بنابراین این هزینه‌ها عبارتند از هزینه‌های آب مصرفی وهزینه‌ی نظافت محوطه‌ی بانک (محدوده‌ی انتظار مشتریان). جهت محاسبه‌ی این پارامترها، هزینه‌های مربوطه از صورت-های مالی بانک (صورت سود و زیان) استخراج شده است و ۶۰٪ از این هزینه‌ها بعنوان درصدی که مربوط به مشتریان در انتظار می‌باشد در نظر گرفته شده است.
- پارامتر $C_۲$: این پارامتر بیانگر تمامی هزینه‌هایی است که بانک جهت انجام خدمت متحمل می-شود؛ بنابراین با مشورت در خصوص این هزینه، تمامی هزینه‌هایی که بانک جهت انجام خدمت به مشتریان متحمل می‌گردد باید در تعیین این پارامتر در نظر گرفته شود. این هزینه‌ها شامل

هزینه‌ی حقوق و دستمزد، هزینه‌ی اجاره‌ی ساختمان، هزینه‌ی آب، برق، گاز، تلفن و اینترنت، هزینه‌ی مطبوعات، هزینه‌ی ملزومات، هزینه‌ی بهداشتی، هزینه‌ی تعمیرات اساسی، هزینه‌ی استهلاک تجهیزات، هزینه‌ی چای، آب‌مدنی و قند و در نهایت هزینه‌ی بالاسری و مدیریت می-گردد.

- پارامتر C۳: این هزینه نشان می‌دهد که اگر یک باجه در واحد زمان هیچ فعالیتی انجام ندهد، چه هزینه‌ای بر شعبه متحمل خواهد شد. این هزینه‌ی با مشورت صورت گرفته با خبرگان بانکی، معادل با حقوق و دستمزد پرسنل باجه در نظر گرفته شده است.
- پارامتر C۴: این پارامتر هزینه هر واحد زمان کار هر خدمت دهنده را نشان می‌دهد. با بررسی-های صورت گرفته و مشورت با خبرگان بانکی در زمینه‌ی محاسبه‌ی هزینه‌ی کار خدمت‌دهنده و بیکاری خدمت‌دهنده، و همچنین از آنجاییکه به طور شهودی هزینه‌ی کار خدمت‌دهنده، معادل با هزینه‌ی بیکاری وی می‌باشد، بنابراین این دو پارامتر هزینه برابر در نظر گرفته شده است.
- پارامتر C۵: این پارامتر نشاندهنده‌ی هزینه‌ی یک واحد ظرفیت جدید به سیستم جهت خدمت-دهی می‌باشد. بعبارت دیگر این هزینه نشان می‌دهد که اگر یک واحد جدید (صندلی جدید برای افزایش ظرفیت صف) به مجموعه جهت افزایش ظرفیت افزوده شود، چه مقدار هزینه به سیستم تحمیل می گردد.
- پارامتر C۶: این پارامتر بیانگر هزینه از دست دادن یک مشتری است وقتی که با ظرفیت تکمیل سیستم مواجه شده و از ورود به سیستم منصرف می شود. به عبارت دیگر این پارامتر، بیانگر هزینه‌ی فرصت می‌باشد. جهت محاسبه‌ی این پارامتر، باید سود مجموعه، به ازای یک مشتری محاسبه گردد. بعبارت دیگر از دست دادن هر مشتری منجر به از دست‌دادن سودی می‌شود که شعبه به واسطه‌ی آن مشتری می‌توانست کسب نماید.جهت محاسبه‌ی این پارامتر از مقادیر سود ارائه‌شده در صورت سود و زیان استفاده شده است.

۲- بهینه سازی هزینه‌ی صف: در این مرحله، هزینه‌های صف با در نظر گرفتن سه رویکرد بهینه می گردد

a. در این رویکرد با در نظر گرفتن تعداد فعلی خدمت‌دهنده‌ها، مقدار نرخ بهینه‌ی خدمت-دهی بر اساس حداقل سازی هزینه‌ی کل تعیین می گردد (تعداد خدمت‌دهنده‌ها ثابت و نرخ بهینه‌ی خدمت دهی متغیر)
b. در این رویکرد با در نظر گرفتن نرخ خدمت‌دهی فعلی، تعداد بهینه‌ی خدمت‌دهنده‌ها با در نظر گرفتن حداکثر ظرفیت تعداد خدمت‌دهنده‌ها و حداقل‌سازی هزینه‌ی کل تعیین می-گردد (تعداد خدمت‌دهنده‌ها متغیر و نرخ خدمت‌دهی ثابت)
c. در این رویکرد نرخ خدمت‌دهی و تعداد خدمت‌دهنده‌ها بصورت متغیر در نظر گرفته می-شود و تعداد بهینه‌ی هر یک با توجه به رابطه‌ی هزینه مدل تعیین می گردد.

۳-۷ فرآیند انجام تحقیق

با توجه به مدل تحقیق فرآیند تحقیق و تجزیه و تحلیل اطلاعات به صورت شماتیک در شکل ۳-۲ نشان داده شده است :

شکل ۳-۲: فرایند انجام تحقیق

۳-۸ نتیجه‌گیری

در این فصل، روش‌شناسی تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور ابتدا مدل تحقیق ارائه شده است و سپس اجزای این مدل تشریح گردیده است. بدین منظور ابتدا جامعه و نمونه‌ی تحقیق و سپس نحوه‌ی نمونه‌گیری

بررسی شده است. سپس جزییات صف مورد مطالعاتی و به تبع آن معادلات مربوط به این نوع تشریح شده است. در انتها نیز فرایند انجام تحقیق به تفکیک گام‌های آن ارائه شده است.

فصل چهارم: نتایج تحقیق

٤-١ مقدمه

در این فصل نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل فرایند صف در یانک ملت شعبه‌ی لاله اسلامشهر ارائه می‌گردد. نتایج مطابق با فرایند اشاره شده در فصل سوم به ترتیب تشریح می گردد. بدین منظور ابتدا وضعیت فعلی صف مجموعه توصیف می‌گردد. سپس مطابق با رویکردهای تشریح شده در زمینه‌ی بهینه‌سازی هزینه‌ی کل صف، نتایج بهینه سازی در سه حالت مورد بررسی قرار می‌گیرد: تعداد خدمت‌دهنده‌ها ثابت و نرخ بهینه‌ی خدمت دهی متغیر، تعداد خدمت‌دهنده‌ها متغیر و نرخ خدمت‌دهی متغیر و نرخ خدمت‌دهی و تعداد خدمت‌دهنده‌ها هر دو متغیر ارائه می‌شود.

٤-٢ تعیین پارامترهای رابطه‌ی هزینه‌ی کل

تابع هزینه‌ی کل در مدل M/M/c/K شامل ۶ پارامتر هزینه می‌گردد. در این قسمت نحوه‌ی محاسبه‌ی هر یک از این پارامترها تشریح می‌گردد.

پارامتر C۱: این پارامتر، هزینه هر واحد زمان که مشتریان در صف منتظر می‌باشند را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر این پارامتر میزان هزینه‌ای را که بانک به واسطه‌ی منتظر ماندن مشتریان در صف متحمل می‌شود را نمایندگی می‌نماید. محاسبه‌ی هزینه‌ی انتظار مشتریان در صف با در نظر گرفتن هزینه‌ی انتظار مشتریان برای بانک که شامل هزینه‌ی خدمات ارائه شده توسط بانک برای افراد صف می‌گردد. این هزینه‌ها شامل هزینه‌ی آب مصرفی و هزینه‌ی نظافت می‌گردد. هزینه‌ی آب مصرفی ماهانه ۱۵۰۰۰۰۰ ریال و هزینه‌ی نظافت ۲۲۰۰۰۰۰ ریال (شامل هزینه‌ی بهداشتی و هزینه‌ی پرسنل بهداشتی) می‌گردد. با بررسی‌های صورت گرفته، ۶۰٪ این هزینه‌ها مرتبط با صف و مابقی مربوط به پرسنل می‌باشد. همچنین از آنجاییکه این هزینه برای کل ظرفیت سیستم در نظر گرفته شده است، بنابراین، هزینه‌ی مذکور باید برای ۱ مشتری محاسبه گردد یعنی باید تقسیم بر ۱۸ شود. بعلاوه از آنجاییکه واحد زمانی دقیقه در نظر گرفته شده است، بنابراین این هزینه‌ها باید برحسب دقیقه محاسبه شود. در جدول ۴-۱ جزییات این هزینه‌ها ارائه گردیده است.

جدول ٤-١ : هزینه های مرتبط با انتظار مشتریان در صف

نوع هزینه	هزینه (ریال)
آب مصرفی	$\left(\frac{۱۵۰۰۰۰۰}{۲۵ \times ۷ \times ۶۰ \times ۱۸}\right) \times ۰.۶ = ۷.۹۳$
نظافت	$\left(\frac{۲۲۰۰۰۰۰}{۲۵ \times ۷ \times ۶۰ \times ۱۸}\right) \times ۰.۶ = ۱۱.۶۴$

جمع	۱۹,۵۷

پارامتر C۲: این پارامتر، هزینه خدمت‌دهی در واحد زمان را نشان می‌دهد. بنابراین این پارامتر بیانگر تمامی هزینه-هایی است که بانک جهت انجام خدمت متحمل می‌شود. این هزینه‌ها و مقادیر آن‌ها (ماهانه) در جدول ۴-۲ ارائه شده است:

جدول ٤-۲: هزینه‌های ماهانه مرتبط با خدمت‌دهی به مشتریان

نوع هزینه	مقدار (ریال)
هزینه حقوق و دستمزد	۳۷۸۴۶۰۰۰۰
هزینه اجاره ساختمان	۳۲۰۰۰۰۰۰
هزینه آب	۱۵۰۰۰۰۰
هزینه برق	۱۶۰۰۰۰۰۰
هزینه گاز	۳۶۰۰۰۰۰
هزینه تلفن و اینترنت	۷۰۰۰۰۰۰
هزینه مطبوعات (کاغذها و فرم‌ها)	۱۲۰۰۰۰۰۰
هزینه ملزومات (خودکار، منگنه و ...)	۴۵۰۰۰۰۰
هزینه بهداشتی	۲۰۰۰۰۰
هزینه تعمیرات اساسی	۱۲۴۰۰۰۰۰
هزینه استهلاک تجهیزات	۱۴۰۰۰۰۰۰
هزینه چای، آب مدنی و قند	۳۰۰۰۰۰۰
هزینه بالاسری و مدیریت	۱۰۰۰۰۰۰۰
جمع	۵۱۸۴۶۶۰۰۰۰

هزینه‌ی روزانه‌ی خدمت‌دهی برابر با ۲۰۷۳۸۶۴۰۰ ریال، هزینه‌ی هر ساعت خدمت دهی ۲۹۶۲۶۶۲۹ریال و بنابراین هزینه‌ی واحد (دقیقه) برای خدمت‌دهی کل باجه‌ها مقدار ۴۹۳۷۷۷,۱ ریال می‌باشد. از آنجاییکه ۴ باجه

در مجموعه مشغول به فعالیت می‌باشد، بنابراین هزینه‌ی ۱۲۳۴۴۴,۲۸ریال هزینه‌ی هر دقیقه‌ی خدمت‌دهی به مشتریان برای هر باجه می‌باشد.

پارامتر C۳: این پارامتر هزینه هر واحد زمان بیکاری هر خدمت دهنده را نشان می‌دهد. بعبارت دیگر این هزینه نشان می‌دهد که اگر یک باجه در واحد زمان هیچ فعالیتی انجام ندهد، چه هزینه‌ای بر شعبه متحمل خواهد شد. هزینه‌ی مذکور عبارتست از هزینه‌ی مربوط به حقوق و دستمزد پرسنل باجه در واحد زمان. بنابراین با در نظر گرفتن حقوق ماهانه‌ی ۲۶۵۴۰۰۰۰ ریال، هزینه‌ی روزانه ۱۰۶۱۷۳۲,۴ ریال، هزینه‌ی هر ساعت ۱۵۱۶۷۶,۱ ریال و هزینه‌ی هر دقیقه ۲۵۲۷,۹۳ ریال است.

پارامتر C۴: این پارامتر هزینه هر واحد زمان کار هر خدمت دهنده را نشان می‌دهد. با بررسی‌های صورت گرفته و مشورت با خبرگان بانکی در زمینه‌ی محاسبه‌ی هزینه‌ی کار خدمت‌دهنده و بیکاری خدمت‌دهنده، و همچنین از آنجاییکه به طور شهودی هزینه‌ی کار خدمت‌دهنده، معادل با هزینه‌ی بیکاری وی می‌باشد، بنابراین این دو پارامتر هزینه برابر در نظر گرفته شده است. بنابراین هزینه‌ی هزینه‌ی هر دقیقه کار خدمت‌دهنده در بانک معادل با ۲۵۲۷,۹۳ ریال است.

پارامتر C۵: این پارامتر نشاندهنده‌ی هزینه‌ی یک واحد ظرفیت جدید به سیستم جهت خدمت‌دهی می‌باشد. بعبارت دیگر این هزینه نشان می‌دهد که اگر یک واحد جدید (صندلی جدید برای افزایش ظرفیت صف) به مجموعه جهت افزایش ظرفیت افزوده شود، چه مقدار هزینه به سیستم تحمیل می گردد. از آنجاییکه در محیط داخلی شعبه، فضای کافی برای افزودن ظرفیت جدید وجود دارد، بنابراین امکان افزودن ظرفیت بدون هزینه‌ای عمرانی میسر می‌باشد. همچنین از آنجاییکه هزینه‌ی ثابت افزودن صندلی جدید به صف، در طول عمر بانک بسیار ناچیز می‌گردد (بعبارت دیگر از آنجاییکه هزینه‌ی خرید و تجهیز صندلی در مجموعه یک هزینه‌ی ثابت محسوب می‌گردد و تبدیل آن به هزینه‌ی واحد در دقیقه عدد بسیار کوچکی می گردد بنابراین در پارامتر C۵ در نظر گرفته نشده است)، بنابراین می‌توان از این هزینه صرف نظر نمود. بنابراین هزینه‌ی افزودن ظرفیت جدید معادل با هزینه های مربوط به در صف ماندن مشتریان می‌گردد و معادل هزینه‌های جدول ۴-۱ می‌باشد. بعبارت دیگر هزینه‌ی افزایش یک واحد ظرفیت سیستم ۱۹,۵۷ ریال در دقیقه می‌باشد.

پارامتر C۶: این پارامتر بیانگر هزینه از دست دادن یک مشتری است وقتی که با ظرفیت تکمیل سیستم مواجه شده و از ورود به سیستم منصرف می شود. به عبارت دیگر این پارامتر، بیانگر هزینه‌ی فرصت می‌باشد. جهت محاسبه-

ی این پارامتر، باید سود مجموعه، به ازای یک مشتری محاسبه گردد. بعبارت دیگر از دست دادن هر مشتری منجر به از از دست‌دادن سودی می‌شود که شعبه به واسطه‌ی آن مشتری می‌توانست کسب نماید. با توجه به صورت‌های مالی شعبه‌ی لاله‌ی بانک ملت اسلامشهر، میزان سود این شعبه سالانه ۱۵۷۵۶۷۲۳۱۰ ریال می‌باشد. بنابراین سود ماهیانه‌ی شعبه (تقسیم بر ۱۲) برابر با ۱۳۱۳۰۶۰۲۵٫۸ ریال می‌باشد. سود روزانه برابر با (تقسیم بر ۲۵) ۵۲۵۲۲۴۱٫۰۳۳ ریال، سود هر ساعت برابر با ۷۵۰۳۲۰٫۱۴۷۶ ریال و سود هر دقیقه برابر با ۱۲۵۰۵٫۳۳۵۷۹ ریال می‌باشد. جهت محاسبه‌ی سود به ازای هر نفر، از آنجاییکه به طور میانگین در هر دقیقه ۰٫۲۲۳۲ نفر در یک باجه و در نتیجه ۰٫۸۹۲۸ نفر در هر دقیقه توسط چهار باجه‌ی موجود خدمت‌دهی می‌شوند، بنابراین هزینه‌ی از دست دادن مشتری در واحد زمان برابر با ۱۴۰۰۶٫۸۷۲۵۳ ریال (۱۲۵۰۵٫۳۳۵۷۹ تقسیم بر ۰٫۸۹۲۸) می‌باشد. در جدول ۴-۳ ، مقادیر پارامترهای هزینه‌ی تابع هزینه‌ی کل ارائه شده است:

جدول ٤-۳: مقادیر پارامترهای هزینه تابع هزینه کل

نماد پارامتر هزینه	تشریح	مقدار (ریال)
$C_۱$	هزینه هر واحد زمان که مشتریان در صف منتظر می باشند.	۱۹٫۵۷
$C_۲$	هزینه هر واحد زمان که مشتریان در حال دریافت خدمت می باشند	۱۲۳۴۴۴٫۲۸
$C_۳$	هزینه‌ی هر واحد زمان بیکاری خدمت‌دهنده	۲۵۲۷٫۹۳
$C_۴$	هزینه هر واحد زمان کار خدمت‌دهنده	۲۵۲۷٫۹۳
$C_۵$	هزینه داشتن یک واحد ظرفیت جهت خدمت دهی در واحد زمان.	۱۹٫۵۷
$C_۶$	هزینه از دست دادن یک مشتری که با ظرفیت تکمیل سیستم مواجه شده و از ورود به سیستم منصرف می شود.	۱۴۰۰۶٫۸۷

٤-۳ نتایج ارزیابی وضعیت فعلی صف

با جمع‌آوری داده‌های مربوط به تعداد مشتریان ورودی و همچنین تعداد مشتریان خدمت‌دهی شده توسط باجه‌ها، مقادیر نرخ ورود مشتریان و نرخ خدمت‌دهی به آنها بدست آمده است. جدول ۴-۴ آماره‌های توصیفی برای نرخ ورود مشتریان و نرخ خدمت‌دهی را برای ۱۴۷ روز (تعداد روزهای کاری ماه‌های تیر تا آذر ۹۷) نشان می‌دهد.

برای هر روز، نرخ ورود مشتریان بصورت تعداد شماره‌های ثبت‌شده توسط دستگاه شماره‌زن تقسیم بر ۷×۶۰ دقیقه‌ی کاری (۷ ساعت کاری از ۸ صبح تا ۳ بعدازظهر) در هر روز بدست آمده است. همچنین نرخ خدمت‌دهی در هر روز بصورت تعداد شماره‌های ثبت‌شده برای همه‌ی باجه‌ها تقسیم بر ۷×۶۰ دقیقه‌ی کاری (۷ ساعت کاری از ۸ صبح تا ۳ بعدازظهر) بدست آمده است. جهت ادامه‌ی تحلیل، از مقدار میانگین بعنوان نرخ نهایی ورودی مشتریان و نرخ نهایی خدمت‌دهی استفاده می گردد.

جدول ٤-٤: آماره های توصیفی برای داده های ورود مشتریان و مدت زمان خدمت دهی

آماره	تعداد مشتریان	زمان خدمت‌دهی هر باجه
میانگین	۶۵۱,۴۹۶۶	۴,۴۷۹۵
میانه	۶۵۰	۴,۲۰۲۵
مد	۶۳۹	۲,۵۸۵۰
واریانس	۱,۵۲۱۷ e +۳	۴,۹۹۷۳
انحراف استاندارد	۳۹,۰۰۹۵	۲,۲۳۵۵
چولگی	-۰,۰۰۶۲	۰,۸۳۵۸
کشیدگی	۱,۹۲۴۳	۲,۹۵۲۲

بنابراین نرخ ورود مشتریان به دقیقه برابر است با $\lambda = \frac{۶۵۱.۴۹۶۶}{۷×۶۰} =$ ۱.۵۵۱۲ می باشد. همچنین نرخ خدمت‌دهی برابر است با $\mu = \frac{۱}{۴.۴۷۹۵} =$ ۰.۲۲۳۲ . پس از تعیین پارامترهای نرخ ورود مشتریان و نرخ خدمت‌دهی، وضعیت فعلی صف بانک با استفاده از معادلات صف M/M/c/K توصیف شده است. جدول ۴-۵ ، خلاصه‌ای از پارامترهای مورد نیاز برای این تحلیل را نشان می‌دهد:

جدول ٤-٥ : خلاصه ای از پارامترهای مورد نیاز جهت بهینه سازی صف

پارامتر	مقدار
تعداد خدمت‌دهندگان یا باجه‌ها (m)	۴
ظرفیت سیستم یا تعداد صندلی‌های موجود در بانک (k)	۱۸
نرخ ورود مشتریان (λ)	۱,۵۵۱۲

نرخ خدمت‌دهی (μ)	۰,۲۲۳۲

نتایج این ارزیابی در جدول ۴-۶ ارائه شده است.

جدول ٤-٦ : نتایج معیارهای ارزیابی وضعیت موجود صف

معیار	تشریح	مقدار
$\pi_.$	احتمال وجود ۰ مشتری در صف	۱,۹۱۷۶ e-۶
π_K	احتمال وجود K مشتری در صف	۰,۴۲
L_q	میانگین تعداد مشتریان در صف (میانگین طول صف)	۱۲,۶۴ نفر
L	میانگین تعداد مشتریان در سیستم	۱۹,۵۹ نفر
W_q	میانگین مدت زمان انتظار در صف	۱۴,۱۶ دقیقه
W	میانگین مدت زمان انتظار در سیستم	۲۱,۹۴ دقیقه
ρ	ضریب بهره وری	۱,۷۳
ρ_e	ضریب بهره‌وری موثر	۰,۹۹
TC	هزینه‌ی کل	۸۸۷۰۰ ریال بر دقیقه

جدول ۴-۶ وضعیت موجود صف شعبه‌ی لاله‌ی بانک ملت اسلامشهر را نشان می‌دهد. همانطور که در این جدول مشاهده می گردد، احتمال خالی بودن صف در درازمدت بسیار اندک و نزدیک به صفر می‌باشد. همچنین احتمال حضور ۱۸ مشتری در صف (ظرفیت سیستم) در درازمدت، ۴۲٪ است. به‌طور میانگین، تعداد مشتریانی که در انتظار خدمت‌دهی می باشند ۱۲,۶۴ نفر است و میانگین تعداد مشتریانی که در سیستم حضور دارند، ۱۹,۵۹ نفر است و این نشاندهنده‌ی بیشتر بودن صف سیستم در درازمدت از صف بانکی است. میانگین مدت زمان انتظار مشتریان در صف، ۱۴,۱۶ و میانگین مدت زمان انتظار در سیستم ۲۱,۹۴ دقیقه است. همانطور که مشاهده می گردد ضریب بهره‌وری بزرگتر از ۱ است و این موضوع نشاندهنده‌ی بالاتربودن آهنگ ورود مشتریان به سیستم نسبت به آهنگ خدمت‌دهی به مشتریان است و همین موضوع منجر به ایجاد میانگین طول صف ۱۲,۶۴ نفری شده است. هزینه‌ی کل صف موجود ۸۸۷۰۰ ریال بر دقیقه است. با توجه به شرایط موجود صف، باید امکان بهبود وضعیت

صف (با توجه به تغییر سرعت خدمت‌دهی و تغییر تعداد خدمت‌دهنده‌ها) مطابق با هزینه‌ی متحمله بر بانک سنجیده شود و رویکرد متعادلی اتخاذ گردد. در ادامه این بررسی صورت گرفته است.

٤-٤ بهینه‌سازی صف

در این بخش با توجه به اطلاعات مربوط به توزیع ورود مشتری، توزیع مدت زمان خدمت‌دهی و همچنین هزینه های محاسبه شده برای تابع هدف مساله، فرایند صف بهینه‌سازی می گردد.

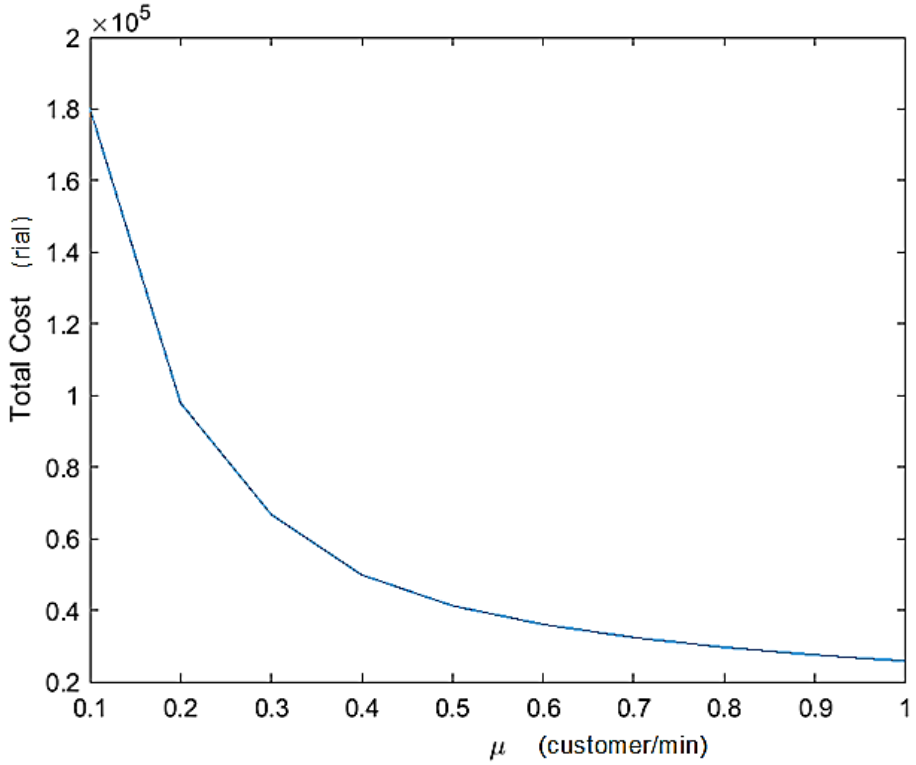
٤-٤-١ رویکرد اول بهینه‌سازی (تغییر μ)

در این رویکرد جهت بررسی تغییرات هزینه‌ی کل، تغییرات پارامتر μ مورد بررسی قرار می‌گیرد و مقدار c یعنی تعداد باجه‌ها، ثابت است. این تغییر مستلزم تغییر میزان متوسط زمان خدمت‌دهی توسط باجه‌ها می‌باشد. بدین منظور مقدار μ را در بازه‌ی [۰,۱] و با گام‌های ۰,۱ تغییر داده‌ایم. مقادیر بدست آمده برای معیارهای ارزیابی و همچنین هزینه‌ی کل بصورت جدول ۴-۷ است:

جدول ٤-۷: نتایج معیارهای ارزیابی و هزینه کل بر اساس تغییر نرخ خدمت دهی

μ	TC (ریال)	ρ_e	ρ	W (دقیقه)	W_q (دقیقه)	L (نفر)	L_q (نفر)	π_K	π_0
۰,۱۰۰	۱۸۰۱۳۷,۱	۱	۳,۸۷۷۹۵۶	۷۲,۹۱۰۸۹	۳۴,۱۳۱۳۳	۲۹,۱۶۴۳۵	۱۳,۶۵۲۵۳	۰,۷۴۲۱۳۲	۱,۷۷E-۱۲
۰,۲۰۰	۹۷۸۷۹,۷۲	۰,۹۹۹۹۸۸	۱,۹۳۸۹۷۸	۲۵,۸۶۴۳۲	۱۶,۱۶۹۳۱	۲۰,۶۹۱۲	۱۲,۹۳۵۲۸	۰,۴۸۴۲۷۱	۳,۰۳E-۰۷
۰,۳۰۰	۶۶۷۴۹,۹۵	۰,۹۹۶۳۳۴	۱,۲۹۲۶۵۲	۱۳,۳۶۶۷۳	۹,۰۴۲۰۳۳	۱۵,۹۸۱۲۷	۱۰,۸۱۰۶۶	۰,۲۲۹۲۳۲	۰,۰۰۰۲۱۲
۰,۴۰۰	۴۹۸۵۸,۷۴	۰,۹۲۶۲۵۲	۰,۹۶۹۴۸۹	۶,۲۵۱۰۲۹	۳,۶۳۴۳۳	۹,۲۶۴۰۴۴	۵,۳۸۶۰۸۸	۰,۰۴۴۵۹۸	۰,۰۰۷۳۰۳
۰,۵۰۰	۴۱۲۳۱,۵۱	۰,۷۷۲۸۱۳	۰,۷۷۵۵۹۱	۳,۱۱۱۶۹۱	۱,۱۰۴۵۰۱	۴,۸۰۹۵۱۱	۱,۷۰۷۱۴۶	۰,۰۰۳۵۸۲	۰,۰۳۲۵۶۲
۰,۶۰۰	۳۶۰۲۹,۱۸	۰,۶۴۶۱۴۹	۰,۶۴۶۳۲۶	۲,۰۷۳۴۳۸	۰,۴۰۶۳۱۴	۳,۲۱۵۳۹۸	۰,۶۳۰۰۹۴	۰,۰۰۰۲۷۴	۰,۰۶۶۳۹
۰,۷۰۰	۳۲۳۶۷,۵۲	۰,۵۵۳۹۷۹	۰,۵۵۳۹۹۴	۱,۶۱۳۵۲۶	۰,۱۸۴۹۱۶	۲,۵۰۲۸۰۶	۰,۲۸۶۸۳۱	۲,۶۵E-۰۵	۰,۱۰۲۶۹۸
۰,۸۰۰	۲۹۶۲۷,۱۷	۰,۴۸۴۷۴۳	۰,۴۸۴۷۴۴	۱,۳۴۶۵۶۸	۰,۰۹۶۵۶۴	۲,۰۸۸۷۶۶	۱,۵۰E-۰۱	۳,۲۵E-۰۶	۱,۳۹E-۰۱
۰,۹۰۰	۲,۷۵E+۰۴	۴,۳۱E-۰۱	۰,۴۳۰۸۸۴	۱,۱۶۶۳۵	۰,۰۵۵۲۳۸	۱,۸۰۹۲۲	۰,۰۸۵۶۸۴	۴,۹E-۰۷	۰,۱۷۵۱۸۷
۱,۰۰۰	۲۵۷۹۳,۱۵	۰,۳۸۷۷۹۶	۰,۳۸۷۷۹۶	۱,۰۳۳۷۳۱	۰,۰۳۳۷۳۱	۱,۶۰۳۵۰۵	۰,۰۵۲۳۲۳	۸,۸E-۰۸	۰,۲۰۹۶۲۷

شکل ۴-۱، تغییرات هزینه‌ی کل به مقدار μ را نشان می‌دهد.



شکل ٤-١: تغییرات هزینه کل بر اساس نرخ خدمت دهی

همانطور که مشاهده می‌گردد، با افزایش آهنگ خدمت‌دهی باجه‌ها، هزینه‌ی کل کاهش یافته است. این موضوع به‌طور شهودی صحیح است زیرا برای افزایش آهنگ خدمت‌دهی باجه‌ها، بانک هزینه‌ی اضافه‌ای متحمل نمی‌شود و بنابراین هر چه این آهنگ افزایش یابد بنابراین هزینه‌های از دست‌دادن مشتری و طول صف کاسته می‌شود. از آنجاییکه در صورت امکان می‌توان نیروهایی که در باجه‌ها خدمت‌دهی می کنند را ترغیب به افزایش آهنگ خدمت‌دهی نمود، امکان کاهش هزینه‌ها به شرطی که مشوق‌های در نظر گرفته شده برای این نیروها بیشتر از هزینه‌ی کاسته شده نباشد، وجود دارد. بعنوان مثال با افزایش آهنگ خدمات‌دهی از ۰,۲ به ۰,۳، می‌توان به میزان ۸۲۲۵۷,۳۸ ریال در دقیقه هزینه‌های صف را کاهش داد. در صورتیکه میزان مشوق‌های در نظر گرفته شده برای مجموع نیروهای پشت باجه‌ها کمتر از ۸۲۲۵۷,۳۸ ریال در دقیقه باشد، افزایش این آهنگ می‌تواند منجر به کاهش هزینه‌های صف گردد.

٤-٤-٢ رویکرد دوم بهینه‌سازی (تغییر خدمت‌دهندگان)

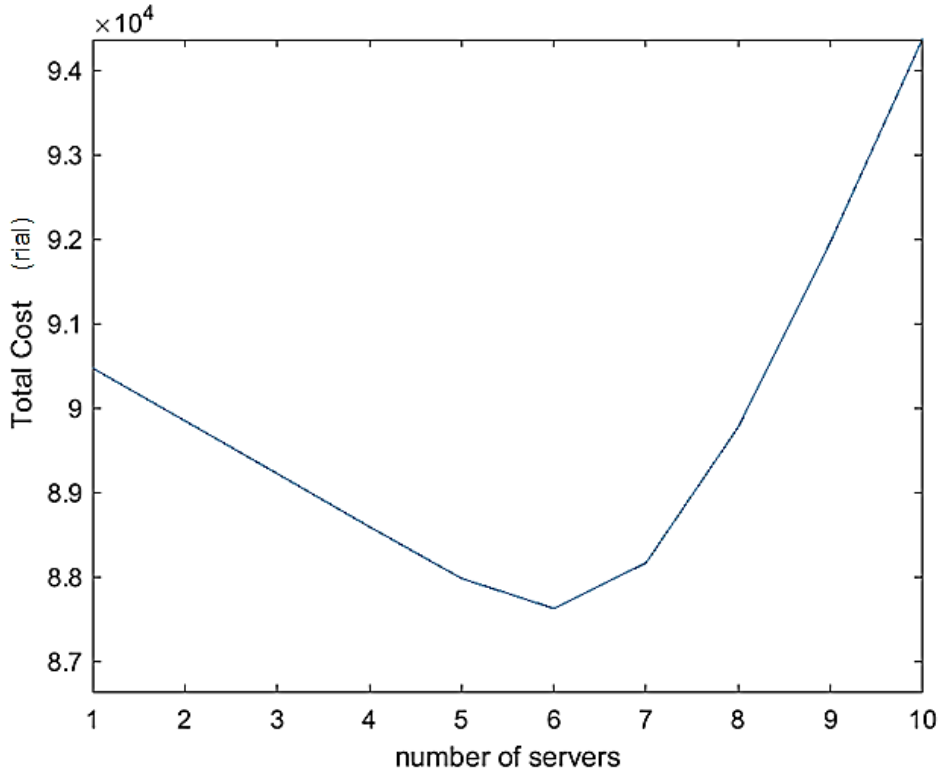
در این رویکرد با ثابت نگاه داشتن مقدار μ، اثر تغییرات تعداد خدمت‌دهندگان بر میزان هزینه‌ی کل مورد بررسی قرار می‌گیرد. در شرایط فعلی، ۴ باجه در شعبه مشغول به فعالیت می‌باشند. به منظور تعیین تعداد باجه‌ی بهینه،

تغییرات هزینه‌ی کل بر اساس تغییرات تعداد باجه‌ها از ۱ تا ۱۰ مورد بررسی قرار گرفته است. جدول ۴-۸، این تغییرات را نشان می‌دهد.

جدول ٤-٨ :نتایج معیارهای ارزیابی و هزینه کل بر اساس تغییر نرخ خدمت دهی

c	TC (ریال)	ρ_e	ρ	W (دقیقه)	W_q (دقیقه)	L (نفر)	L_q (نفر)	π_K	$\pi_.$
۱	۱۷۶۸۱۹,۵۴	۹۸۷۷۶,۵۶	۷۱۸۲۷,۱۶	۵۷۶۵۰,۹۱	۴۸۵۸۳,۶۴	۴۲۰۷۰,۵۴	۳۷۰۱۶,۵۴	۳۲۸۷۳,۹۷	۲۹۳۳۸,۴۴
۲	۱۷۷۹۲۵,۶۶	۹۸۴۷۹,۶۴	۷۰۱۲۵,۸۱	۵۴۵۴۲,۵۴	۴۴۰۶۴,۸۴	۳۶۱۶۶,۸۶	۲۹۹۹۳,۹۰	۲۵۵۷۸,۷۴	۲۲۷۴۹,۲۰
۳	۱۷۹۰۳۱,۵۴	۹۸۱۸۱,۰۹	۶۸۴۱۸,۰۱	۵۱۴۵۷,۱۲	۴۰۳۲۹,۳۸	۳۳۸۰۸,۹۴	۲۹۸۹۵,۷۴	۲۷۱۱۵,۵۸	۲۴۹۷۶,۵۷
۴	۱۸۰۱۳۷,۱۰	۹۷۸۷۹,۷۲	۶۶۷۴۹,۹۵	۴۹۸۵۸,۷۴	۴۱۲۳۱,۵۱	۳۶۰۲۹,۱۸	۳۲۳۶۷,۵۲	۲۹۶۲۷,۱۷	۲۷۴۹۶,۹۴
۵	۱۸۱۲۴۲,۲۷	۹۷۵۷۸,۳۱	۶۵۸۹۴,۳۵	۵۱۴۳۴,۴۹	۴۳۶۶۰,۸۷	۳۸۵۴۲,۱۷	۳۴۸۹۰,۶۳	۳۲۱۵۲,۷۶	۳۰۰۲۳,۵۴
۶	۱۸۲۳۴۶,۹۱	۹۷۳۴۵,۴۵	۶۷۰۲۳,۹۷	۵۳۸۵۹,۵۷	۴۶۱۷۸,۹۳	۴۱۰۶۷,۵۹	۳۷۴۱۷,۵۲	۳۴۶۸۰,۱۷	۳۲۵۵۱,۱۹
۷	۱۸۳۴۵۰,۹۶	۹۷۵۰۹,۴۱	۶۹۲۳۴,۲۸	۵۶۳۷۲,۷۴	۴۸۷۰۴,۸۲	۴۳۵۹۴,۹۰	۳۹۹۴۵,۲۰	۳۷۲۰۷,۹۹	۳۵۰۷۹,۰۶
۸	۱۸۴۵۵۵,۰۸	۹۸۵۱۲,۰۳	۷۱۶۹۵,۰۱	۵۸۸۹۷,۴۰	۵۱۲۳۲,۲۱	۴۶۱۲۲,۶۷	۴۲۴۷۳,۰۷	۳۹۷۳۵,۸۹	۳۷۶۰۶,۹۸
۹	۱۸۵۶۶۳,۹۴	۱۰۰۳۰۳,۸۸	۷۴۲۰۵,۹۲	۶۱۴۲۴,۴۲	۵۳۷۵۹,۹۸	۴۸۶۵۰,۵۶	۴۵۰۰۰,۹۹	۴۲۲۶۳,۸۲	۴۰۱۳۴,۹۱
۱۰	۱۸۶۷۹۴,۵۷	۱۰۲۵۲۴,۵۸	۷۶۷۲۸,۶۵	۶۳۹۵۲,۰۷	۵۶۲۸۷,۸۷	۵۱۱۷۸,۴۸	۴۷۵۲۸,۹۲	۴۴۷۹۱,۷۵	۴۲۶۶۲,۸۴

شکل ۴-۲، تغییرات هزینه‌ی کل را بر اساس تغییر تعداد باجه‌ها نمایش می‌دهد.



شکل ٤-۲ : تغییرات هزینه کل بر اساس تغییرات تعداد خدمت دهندگان

همانطور که در شکل ۴-۲ مشاهده می‌شود، حداقل هزینه‌ی کل در تعداد باجه‌ی ۶ محقق شده است. بعبارت دیگر با افزودن تعداد باجه‌های مجموعه از ۴ باجه به ۶ باجه، می‌توان به حداقل هزینه‌ی ساختار صف بانکی دست یافت. در صورتیکه تعداد باجه‌ها از ۴ باجه به ۵ باجه تغییر پیدا کند، هزینه‌های صف بانک در هر دقیقه به میزان ۶۱۲,۹۱۶۹۲ ریال کاهش می‌یابد. در صورت افزایش تعداد باجه‌ها از ۴ باجه به ۶ باجه، میزان کاهش هزینه برابر با ۹۶۸,۲۷۲۲۷ ریال است. با توجه به اینکه امکان افزایش باجه‌ها در فضای داخلی بانک وجود دارد، بنابراین توصیه می‌گردد که جهت حداقل‌سازی هزینه‌های صف در بانک تعداد باجه‌ها به ۶ باجه افزایش پیدا نماید.

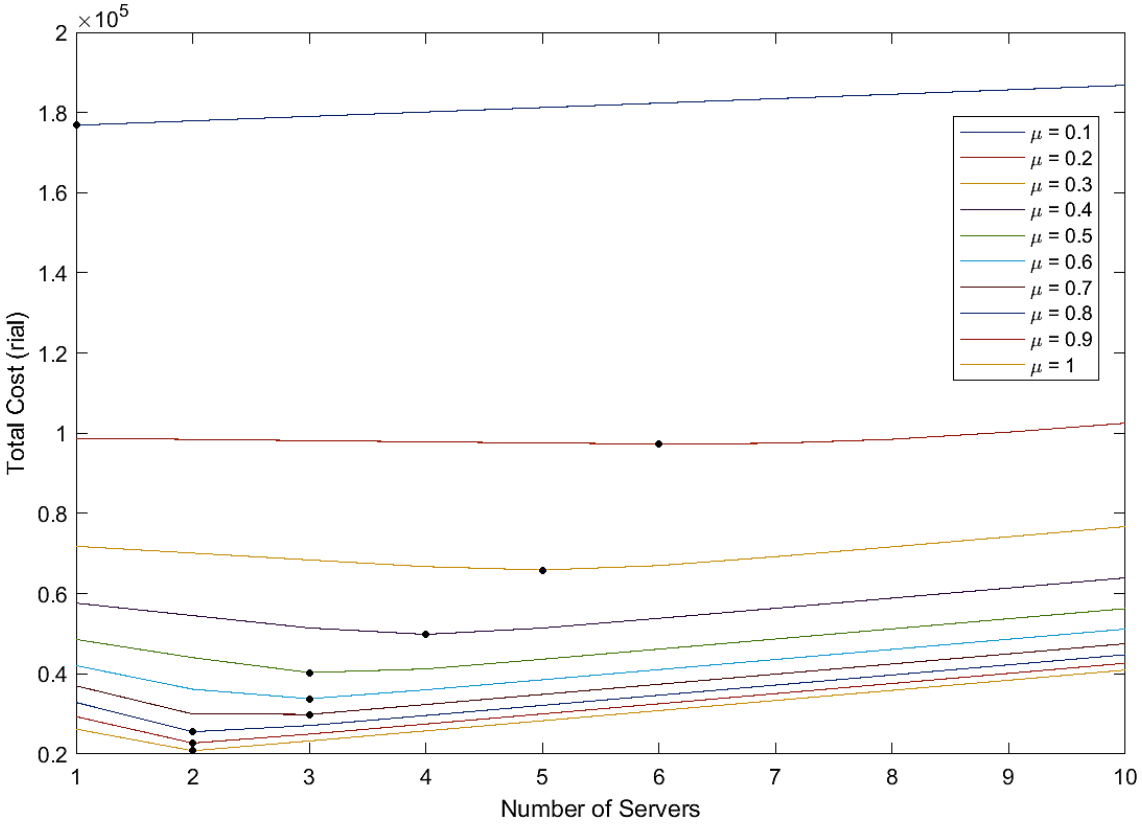
٤-٤-٣ رویکرد سوم بهینه‌سازی (تغییرات همزمان مقدار μ و تعداد خدمت‌دهندگان)

در این رویکرد اثرات تغییر همزمان μ و تغییر c بر روی هزینه‌ی کل مورد بررسی قرار گرفته است. جدول ۴-۹، تغییرات هزینه‌ی کل را بر اساس تغییر این دو پارامتر نشان می‌دهد. سلول‌هایی که پررنگ شده‌اند نشاندهنده‌ی مقادیر حداقل هزینه با توجه به تعداد باجه (c) و مقدار μ می‌باشد.

جدول ٤-۹: بررسی اثرتغییرات همزمان نرخ خدمت دهی و تعداد خدمت دهندگان بر روی هزینه کل (ریال)

		μ									
		۰,۱	۰,۲	۰,۳	۰,٤	۰,٥	۰,٦	۰,۷	۰,۸	۰,۹	۱
c	۱	۱۷٦۸۱۹,٥٤	۹۸۷۷٦,٥٦	۷۱۸۲۷,۱٦	٥۷٦٥۰,۹۱	٤۸٥۸۳,٦٤	٤۲۰۷۰,٥٤	۳۷۰۱٦,٥٤	۳۲۸۷۳,۹۷	۲۹۳۳۸,٤٤	۲٦۲۲۷,۸۰
	۲	۱۷۷۹۲٥,٦٦	۹۸٤۷۹,٦٤	۷۰۱۲٥,۸۱	٥٤٥٤۲,٥٤	٤٤۰٦٤,۸٤	۳٦۱٦٦,۸٦	۲۹۹۹۳,۹۰	۲٥٥۷۸,۷٤	۲۲۷٤۹,۲۰	۲۰۸۳٦,۰۳
	۳	۱۷۹۰۳۱,٥٤	۹۸۱۸۱,۰۹	٦۸٤۱۸,۰۱	٥۱٤٥۷,۱۲	٤۰۳۲۹,۳۸	۳۳۸۰۸,۹٤	۲۹۸۹٥,۷٤	۲۷۱۱٥,٥۸	۲٤۹۷٦,٥۷	۲۳۲٦۹,٦۸
	٤	۱۸۰۱۳۷,۱۰	۹۷۸۷۹,۷۲	٦٦۷٤۹,۹٥	٤۹۸٥۸,۷٤	٤۱۲۳۱,٥۱	۳٦۰۲۹,۱۸	۳۲۳٦۷,٥۲	۲۹٦۲۷,۱۷	۲۷٤۹٦,۹٤	۲٥۷۹۳,۱٥
	٥	۱۸۱۲٤۲,۲۷	۹۷٥۷۸,۳۱	٦٥۸۹٤,۳٥	٥۱٤۳٤,٤۹	٤۳٦٦۰,۸۷	۳۸٥٤۲,۱۷	۳٤۸۹۰,٦۳	۳۲۱٥۲,۷٦	۳۰۰۲۳,٥٤	۲۸۳۲۰,۲٦
	٦	۱۸۲۳٤٦,۹۱	۹۷۳٤٥,٤٥	٦۷۰۲۳,۹۷	٥۳۸٥۹,٥۷	٤٦۱۷۸,۹۳	٤۱۰٦۷,٥۹	۳۷٤۱۷,٥۲	۳٤٦۸۰,۱۷	۳۲٥٥۱,۱۹	۳۰۸٤۸,۰۳
	۷	۱۸۳٤٥۰,۹٦	۹۷٥۰۹,٤۱	٦۹۲۳٤,۲۸	٥٦۳۷۲,۷٤	٤۸۷۰٤,۸۲	٤۳٥۹٤,۹۰	۳۹۹٤٥,۲۰	۳۷۲۰۷,۹۹	۳٥۰۷۹,۰٦	۳۳۳۷٥,۹۲
	۸	۱۸٤٥٥٥,۰۸	۹۸٥۱۲,۰۳	۷۱٦۹٥,۰۱	٥۸۸۹۷,٤۰	٥۱۲۳۲,۲۱	٤٦۱۲۲,٦۷	٤۲٤۷۳,۰۷	۳۹۷۳٥,۸۹	۳۷٦۰٦,۹۸	۳٥۹۰۳,۸٥
	۹	۱۸٥٦٦۳,۹٤	۱۰۰۳۰۳,۸۸	۷٤۲۰٥,۹۲	٦۱٤۲٤,٤۲	٥۳۷٥۹,۹۸	٤۸٦٥۰,٥٦	٤٥۰۰۰,۹۹	٤۲۲٦۳,۸۲	٤۰۱۳٤,۹۱	۳۸٤۳۱,۷۸
	۱۰	۱۸٦۷۹٤,٥۷	۱۰۲٥۲٤,٥۸	۷٦۷۲۸,٦٥	٦۳۹٥۲,۰۷	٥٦۲۸۷,۸۷	٥۱۱۷۸,٤۸	٤۷٥۲۸,۹۲	٤٤۷۹۱,۷٥	٤۲٦٦۲,۸٤	٤۰۹٥۹,۷۱

شکل ۴-۳، تغییرات همزمان آهنگ خدمت‌دهی و تعداد باجه‌ها را بر روی هزینه‌ی کل نشان می دهد. نقاط سیاه بر روی نمودار نشاندهنده‌ی نقاطی است که در آن حداقل هزینه روی داده است. همانطور که مشاهده می‌گردد با افزایش آهنگ خدمت‌دهی، حداقل هزینه در تعداد سرورهای کمتر روی داده است، به جز حالت $\mu = ۰.۱$ که در آن حداقل هزینه در $c = ۱$ می‌باشد. همانطور که مشاهده می‌گردد، در صورتیکه امکان افزایش آهنگ خدمت‌دهی به ۰,۳ وجود داشته باشد، حداقل هزینه در تعداد باجه‌ی ۵ رخ می‌دهد و نسبت به وضعیت فعلی بانک، هزینه‌ای معادل ۲۲۸۰۵,۶۵ ریال بر دقیقه در هزینه‌های صف صرفه‌جویی می‌شود.



شکل ٤-۳: تغییرات هزینه کل بر اساس تغییر نرخ خدمت‌دهی و تعداد خدمت دهندگان

فصل پنجم: جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

۵-۱ مقدمه

در صورت صحت فرآیند انجام یک تحقیق و معتبر بودن اجزای مفهومی و روش آن، نتایج حاصل از تحقیق مهم‌ترین بخش یک پژوهش به شمار می‌آید. بخش عمده‌ای از استفاده‌کنندگان از یک تحقیق علمی، تمرکز زیادی روی نتایج حاصل از تحقیق دارند. در این فصل نتیجه‌گیری تحقیق و پیشنهادهایی جهت انجام پژوهش‌های آتی مطرح می‌گردد؛ بنابراین، پس از اجرای مدل در فصل قبل، در این فصل با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از اجرای مدل، تحلیلی مناسب نسبت به مدل و نتایج آن ارائه می‌گردد. بدین منظور، ابتدا خلاصه‌ی از کل تحقیق بیان گردیده است. این خلاصه شامل مهم‌ترین اجزای هر یک از فصول تحقیق هست؛ و سپس نتایج به‌دست‌آمده، در بخش جمع‌بندی و نتیجه‌گیری تفسیر می‌گردد. در پایان نیز پیشنهادهایی جهت توسعه نتایج حاصل از مدل به سایر محققین ارائه خواهد شد.

۵-۲ خلاصه‌ای از پژوهش

صف‌ها یکی از سیستم‌های پیچیده اجتماعی رایج در زندگی روزمره می‌باشند و به‌طور اجتناب‌ناپذیری با حوزه فعالیت‌های سازمان‌ها مرتبط شده‌اند.به‌طوری‌که مدیران جهت بهره‌وری سیستم‌های عملیاتی، ناگزیر به مطالعه و شناخت و تصمیم‌گیری در این مقوله می‌باشند. امروزه پدیده انتظار مشتریان در صف‌های طولانی به‌عنوان متقاضی دریافت خدمت یکی از معضلات سیستم های خدمت‌دهی است و افراد به‌عنوان متقاضی این انتظار را قبول نمی‌کنند و از آن رنج می‌برند و همچنین مدیران این‌گونه سازمان‌ها از انتظار بیش‌ازحد مشتریان خود ناراضی هستند. جهت مدیریت و بهینه‌سازی فرآیندهای دارای صف، مفاهیم تئوری صف شکل گرفت. تئوری صف یکی از قدرتمندترین ابزارها برای تجزیه‌وتحلیل کیفی و کمی انواع سیستم‌ها است .

یکی از نهادهایی که همواره مبحث صف در آن مطرح می‌باشد، مؤسسات مالی و بانک‌ها می‌باشند که همه‌روزه، خدماتی را باوجود فرآیندهای دارای صف، ارائه می‌دهند. به‌روشنی قابل‌درک است که تسهیل و تسریع فرآیندهای خدمات‌رسانی باعث کاهش زمان ارائه‌ی خدمات و درنتیجه کاهش طول صف و افزایش رضایت مشتریان می‌گردد. ساختار صف در بانک از ۲ بخش تشکیل‌شده است نخست سیستم خدمت‌دهی و دیگری تعداد مشتریان که به‌طورکلی تعداد خدمت دهنده‌ها و زمان خدمت‌دهی به‌عنوان ابعاد تشکیل‌دهنده سیستم خدمت‌دهی محسوب می‌شوند. در این پایان‌نامه مسئله‌ی کاهش زمان ازدست‌رفته در صف‌ها و بهینه‌سازی فرآیند خدمات‌رسانی، تحت موضوع تئوری صف و همچنین بهینه‌سازی برای صف شعبه‌ی لاله‌ی بانک ملت اسلامشهر موردبررسی قرارگرفته است. اسلامشهر مرکز شهرستان اسلامشهر و دومین شهر پرجمعیت در استان تهران است.

این شهر نوزدهمین شهر ایران ازلحاظ جمعیت می‌باشد و همچنین پرجمعیت‌ترین شهری است که مرکز استان نمی‌باشد. شعبه‌ی لاله‌ی بانک ملت واقع در شهر اسلامشهر می‌باشد. این بانک در شهرک لاله و در جاده‌ی تهران ساوه واقع‌شده است. بانک ملت در اسلامشهر و حومه دارای ۴ شعبه می‌باشد، که دو شعبه از آن‌ها در داخل شهر و دو شعبه دیگر در حومه قرار دارند. در محدوده‌ی شهرک لاله و دو شعبه‌ی بانک ملت و ملی قرار دارد. بنابراین این دو شعبه بیشترین حجم مراجعات را در شهرک لاله و همچنین اطراف این منطقه دارد. در این بانک ۴ باجه دارای شماره‌زن الکترونیکی و ۲ باجه خدمات مربوط به فعالیت‌های با تقاضای کمتر نظیر اعتبارات، چک، کارت عابر بانک را ارائه می‌دهند. تعداد صندلی‌های موجود در مجموعه (بیانگر طول صف کل مجموعه) ۱۸ صندلی است. با توجه به وضعیت فعلی صف در بانک، سیستم صف بانک دارای ساختار M/M/c/K می‌باشد.

جامعه‌ی آماری این تحقیق شامل تمامی مشتریان بانک ملی شعبه لاله شهر اسلامشهر می‌باشد و نمونه‌ی آماری شامل مشتریان بانک که در بازه‌ی ۶ ماهه‌ی تیر ماه تا آذرماه ۱۳۹۷، از خدمات بانک استفاده کرده‌اند می‌باشد. نمونه‌گیری جهت تعیین نرخ ورود مشتریان و نرخ خدمت‌دهی به مشتریان به‌صورت در بازه‌ی اشاره‌شده صورت پذیرفته است.

پس از گردآوری داده‌ها و انجام تجزیه‌وتحلیل‌های صف برای این داده‌ها، پارامترهای مرتبط با وضعیت فعلی صف محاسبه گردید. مطابق با نتایج به‌دست‌آمده، احتمال خالی بودن صف در درازمدت بسیار اندک و نزدیک به صفر می‌باشد. همچنین احتمال حضور ۱۸ مشتری در صف (ظرفیت سیستم) در درازمدت، ۴۲٪ است. به‌طور میانگین، تعداد مشتریانی که در انتظار خدمت‌دهی می‌باشند ۱۲,۶۴ نفر است و میانگین تعداد مشتریانی که در سیستم حضور دارند، ۱۹,۵۹ نفر است و این نشان‌دهنده‌ی بیشتر بودن صف سیستم در درازمدت از صف بانکی است. میانگین مدت‌زمان انتظار مشتریان در صف، ۱۴,۱۶ و میانگین مدت‌زمان انتظار در سیستم ۲۱,۹۴ دقیقه است. ضریب بهره‌وری بزرگ‌تر از ۱ است و این موضوع نشان‌دهنده‌ی بالاتر بودن آهنگ ورود مشتریان به سیستم نسبت به آهنگ خدمت‌دهی به مشتریان است و همین موضوع منجر به ایجاد میانگین طول صف ۱۲,۶۴ نفری شده است. هزینه‌ی کل صف موجود ۸۸۷۰۰ ریال بر دقیقه است. در ادامه، با توجه به شرایط موجود صف مطابق با هزینه‌ی متحمل بر بانک بررسی‌شده است. بدین منظور مقادیر آهنگ خدمت‌دهی مشتریان در بازه‌ی ۰–۱ و همچنین تعداد خدمت دهندگان در بازه‌ی ۱–۱۰ تغییریافته و مقدار هزینه‌ی کل محاسبه‌شده است. با افزایش آهنگ خدمت‌دهی باجه‌ها، هزینه‌ی کل کاهش‌یافته است. این موضوع به‌طور شهودی صحیح است زیرا برای افزایش آهنگ خدمت‌دهی باجه‌ها، بانک هزینه‌ی اضافه‌ای متحمل نمی‌شود و بنابراین هر چه این آهنگ افزایش

یابد بنابراین هزینه‌های از دست دادن مشتری و طول صف کاسته می‌شود. همچنین حداقل هزینه‌ی کل در تعداد باجه‌ی ۶ محقق شده است. به‌عبارت‌دیگر با افزودن تعداد باجه‌های مجموعه از ۴ باجه به ۶ باجه، می‌توان به حداقل هزینه‌ی ساختار صف بانکی دست‌یافت.

۵-۳ جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

از مهم‌ترین اهداف پیش روی بانک‌ها جلب رضایت مشتریان از طریق کاهش زمان انتظار در شعب است. بانک‌ها ازجمله سیستم‌های صف است که تشکیل صف‌های طولانی سبب افزایش زمان انتظار مشتریان و کاهش رضایت خواهد شد. ازجمله راه‌حل مناسب جهت کاهش زمان انتظار نیز استفاده از تعداد مطلوب کارکنان خدمت‌دهی در هر بخش به نحوی است که علاوه بر کاهش زمان انتظار مشتریان سبب افزایش زمان مشغول بودن خدمت دهندگان باشد. در این تحقیق تمرکز بر بهبود وضعیت صف بانکی در شعبه‌ی لاله‌ی بانک ملت اسلامشهر بوده است. مطابق با نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق احتمال حضور ۱۸ مشتری در صف (ظرفیت سیستم) در درازمدت، ۴۲٪ است. به‌طور میانگین، تعداد مشتریانی که در انتظار خدمت‌دهی می‌باشند ۱۲,۶۴ نفر است و میانگین تعداد مشتریانی که در سیستم حضور دارند، ۱۹,۵۹ نفر است و این نشان‌دهنده‌ی بیشتر بودن صف سیستم در درازمدت از صف بانکی است. میانگین مدت‌زمان انتظار مشتریان در صف، ۱۴,۱۶ و میانگین مدت‌زمان انتظار در سیستم ۲۱,۹۴ دقیقه است. ضریب بهره‌وری بزرگ‌تر از ۱ است و این موضوع نشان‌دهنده‌ی بالاتر بودن آهنگ ورود مشتریان به سیستم نسبت به آهنگ خدمت‌دهی به مشتریان است و همین موضوع منجر به ایجاد میانگین طول صف ۱۲,۶۴ نفری شده است. هزینه‌ی کل صف موجود ۸۸۷۰۰ ریال بر دقیقه است. با توجه به وضعیت فعلی صف، امکان بهبود هزینه‌ی صف با تغییر شرایط وجود دارد. بدین منظور دو توصیه‌ی کلی برای بانک می‌توان ارائه نمود:

۱. افزایش سرعت نیروهای خدمت‌دهی در باجه‌ها، می‌تواند منجر به کاهش هزینه‌های صف گردد. طبیعتاً برای این افزایش سرعت محدودیت‌هایی وجود دارد. بنابراین تصمیم‌گیرندگان می‌توانند با بررسی محدودیت‌های موجود جهت افزایش سرعت کارکنان و ایجاد مشوق‌هایی برای کارکنان که پایین‌تر از شکاف میان هزینه‌ی فعلی صف و هزینه‌ی بهبودیافته می‌باشد، این بهبود هزینه را ایجاد نمایند
۲. با توجه به بررسی‌های صورت گرفته، با افزایش تعداد باجه‌های بانک به ۶، کمترین هزینه‌ی صف برای بانک حاصل خواهد شد. با توجه به فضای مناسب و بدون محدودیت بانک جهت افزایش این تعداد

باجه (۲ باجه)، و هزینه‌ی ثابت ناچیز با توجه به عمر شعبه، به تصمیم‌گیرندگان توصیه می‌گردد تا جهت حداقل نمودن هزینه‌های صف تعداد ۲ باجه به مجموعه باجه‌های خدمت‌دهی بیفزایند

٥-٤ پیشنهادهایی جهت تحقیقات آتی

با توجه به موضوع تحقیق، می‌توان چارچوب مدل فعلی را به لحاظ مفهومی و تکنیکی ارتقاء داد. در ادامه برخی از پیشنهادها جهت انجام پژوهش‌های آتی ارائه می‌گردد:

۳. در این تحقیق، وضعیت فعلی صف بانک با توجه به اطلاعات گردآوری‌شده توصیف گردید و برای بهینه‌سازی هزینه‌های صف راهکارهایی ارائه گردید. به‌منظور انجام تحقیقات آتی می‌توان فرایند صف این بانک را با استفاده از رویکردهای مختلف (نظیر مونت‌کارلو) شبیه‌سازی نمود و با توجه به داده‌های گسترده‌ی تولیدشده، فرایندهای بهینه‌سازی را اجرا نموده و با نتایج این تحقیق مقایسه کرد.

۴. بانک لاله‌ی شعبه‌ی ملت اسلامشهر دارای یک دستگاه ATM می‌باشد. صف ایجادشده برای این دستگاه عموماً طولانی است و گاها منجر به از دست دادن مشتری می‌گردد. می‌توان صف موجود برای این دستگاه را نیز در فرایند تجزیه‌وتحلیل صف مدنظر قرارداد و از رویکردهای صف با نرخ‌های خدمت‌دهی متفاوت استفاده نمود و افزایش دستگاه ATM به مجموعه را به‌عنوان گزینه‌ای جهت حداقل سازی هزینه بررسی نمود

مراجع فارسی

ایروانی, م. (۱۳۹۳). سیستم‌های صف. تهران: دانشگاه علم و صنعت.

تقوی‌فرد, دادوند, آزیتا, و آقایی. (۲۰۱۸). بهبود فرآیند خدمت‌دهی و کاهش زمان انتظار مشتریان در بانک با رویکرد شبیه‌سازی. مطالعات مدیریت کسب و کار هوشمند, ۶(۲۲), ۷۵-۱۰۵.

جعفرنژاد, ا. (۱۳۷۰). تئوری صف. دانش مدیریت, ۱۳(۱), ۳۶-۴۲. https://www.noormags.ir/view/fa/articlepage/۲۵۶۱۶۸.

جهانگرد, م. (۱۳۹۵). ترکیب تئوری صف و الگوریتم A^* در انتخاب بانک بهینه(مطالعه موردی: ناحیه ۱ مشهد). (کارشناسی ارشد), دانشگاه فردوسی مشهد, مشهد.

خاکی, غ. (۱۳۹۰). روش تحقیق با رویکردی به پایان نامه نویسی. تهران: بازتاب.

صالحی‌صدقیانی, ج. (۱۳۷۹). بهینه سازی در سیستم های صف. مطالعات مدیریت بهبود و تحول, ۲۷-۲۸(۸), ۷۷-۹۰. https://www.noormags.ir/view/fa/articlepage/۹۶۹۵۰.

طالبی, امیری, مقصود, عظیمی, و پرهام. (۲۰۱۸). تحلیل سیستم صف بانک و کاهش مدت زمان انتظار مشتریان با رویکرد شبیه‌سازی و طراحی آزمایشات. پژوهش‌های مدیریت در ایران, ۲۲(۱), ۹۵-۱۱۸.

عباسی, ک. (۱۳۹۴). ارزیابی عملکرد سیستم خدت دهی بانک با استفاده از سیستم های صف $M/M/C$ و بهینه سازی آن با استفاده از الگوریتم ژنتیک. (کارشناسی ارشد), دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی, تهران.

کریمیان, ا. (۱۳۸۲). ارائه یک الگوی بهینه سرویس دهی به مشتریان بانک با استفاد از مدلهای صف. (کارشناسی ارشد), دانشگاه تهران, تهران.

محمدلو, م., حمیدی, ن., و حاج‌کریمی, ب. (۱۳۹۰). بانکداری الکترونیک و تراکم صف باجه های بانک ها (مطالعه موردی معیارهای صف در بانکداری سنتی و الکترونیک). مدیریت بهره وری, ۱۷(۵), ۱۶۱-۱۹۰. https://www.noormags.ir/view/fa/articlepage/۱۰۳۰۳۵۵.

مختاری, ل. (۱۳۹۴). تجزیه و تحلیل صف در سیستم بانک مطالعه موردی : بانک ملت شعبه پارامونت. In. تهران: اولین همایش بین المللی حسابداری، حسابرسی مدیریت و اقتصاد.

مدرس یزدی, م. (۱۳۹۵). نظریه صف. تهران: دانشگاه علم و صنعت ایران.

مؤمنی, م., محقر, ع., و متین‌نفس, ف. (۱۳۸۵). ارزیابی عملکرد سیستم صف کارمند - تحویلداری در بانک سپه. دانش مدیریت, ۷۴(۱۹), ۱۱۱-۱۳۲. https://www.noormags.ir/view/fa/articlepage/۳۴۳۹۰۹

مراجع انگلیسی

Ajiboye, A. (۲۰۱٤). Evaluating an ATM Service Using Queue Theory. *Journal of Statistics and Management Systems*, ۱۷(٥-٦), ٥۱۹-٥۲۷ .

Berhan, E. (۲۰۱٥). Bank Service Performance Improvements using Multi-Server Queue System. *IOSR Journal of Business and Management (IOSR-JBM)*, ۱۷(٦), ٦٥-٦۹ .

CHOWDHURRY, M. (۲۰۱۳). Queuing theory model used to solve the waiting line of a bank–a study on Islami Bank Bangladesh Limited, Chawkbazar Branch, Chittagong. *Asian Journal of Social Sciences and Humanities*, ۲(۳), ٤٦۸-٤۷۸ .

Chowdhury, M. S. R., Rahman, M. T., & Kabir, M. R. (۲۰۱۳). Solving of waiting lines models in the bank using queuing theory model the practice case: islami bank bangladesh limited, chawk bazar branch, chittagong. *IOSR Journal of Business and Management* , ۱۰(۱), ۲۲-۲۹.

Cowdrey, K. W., de Lange, J., Malekian, R., Wanneburg, J., & Jose, A. C. (۲۰۱۸). Applying Queueing Theory for the Optimization of a Banking Model. *Journal of Internet Technology*, ۱۹(۲), ۳۸۱-۳۸۹ .

Dhar, S., & Rahman, T. (۲۰۱۳). Case study for bank ATM queuing model. *IOSR journal of Mathematics*, ۷(۱), ۰۱-۰۵ .

Hao, T., & Yifei, T. (۲۰۱۱). Study on queuing system optimization of bank based on BPR. *Procedia Environmental Sciences*, ۱۰, ٦٤٠-٦٤٦ .

Hermanto, R. P. S., & Nugroho, A. (۲۰۱۸). Waiting-Time Estimation in Bank Customer Queues using RPROP Neural Networks. *Procedia Computer Science*, ۱۳۵, ۳۵-٤۲ .

Koka, T. A., & Badshah, V. (۲۰۱٦). Analysis of queuing theory in a bank. *IJAR*, ۲(۸), ۷۳۱-۷۳٤ .

Mutingi, M., Mapfaira, H., Moakofi, N., Moeng, S & ,.Mbohwa, C. (۲۰۱٥). *Simulation and analysis of a bank queuing system.* Paper presented at the Industrial Engineering and Operations Management (IEOM), ۲۰۱٥ International Conference on.

SAHU, C., & SAHU, S. (۲۰۱٤). IMPLEMENTATION OF SINGLE CHANNEL QUEUING MODELTO ENHANCE BANKING SERVICES .

Song, N., & Shang, Z. Q. (۲۰۱۲). *The Analysis of ATM Queuing Phenomenon on Campus.* Paper presented at the Applied Mechanics and Materials.

Taufemback, C., & Da Silva, S. (۲۰۱۲). Queuing theory applied to the optimal management of bank excess reserves. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, ۳۹۱(٤), ۱۳۸۱-۱۳۸۷ .

Toshiba, S., Sanjay, K., & Anil, K. K. (۲۰۱۳). A study of queuing model for banking system. *International Journal of Industrial Engineering and Technology*, ٥(۱), ۲۱-۲٦ .

Ullah, A., Zhang, X.-d., Iqbal, K., & Ayat, M. (۲۰۱٤). *Sub-optimization of bank queuing system by qualitative and quantitative analysis.* Paper presented at the Service Systems and Service Management (ICSSSM), ۲۰۱٤ ۱۱th International Conference on.

Yakubu, A., & Najim, U. (۲۰۱٤). An application of queuing theory to ATM service optimization: a case study. *Mathematical Theory and Modeling*, ٤(٦), ۱۱-۲۳ .

Yang, K. K., Cayirli, T., & Low, J. M. (۲۰۱٦). Predicting the performance of queues–A data analytic approach. *Computers & Operations Research*, ۷٦, ۳۳-٤۲ .

پیوست

کد محاسبه معیارهای ارزیابی وضعیت موجود صف

```
clc
clear
load Data
mu = Miu;
m = Nob;
```

```
k = ١٨; %capacity of system
lambda = Lambda
rho = lambda/mu
p٠ = ١./(sum((rho.^(٠:(m-١))./factorial(٠:(m-١)))+((rho^m/factorial(m))...
   *((١-((rho/m)^(k-m+١)))/(١-(rho/m)))))
pk = ((rho^k)*p٠)/(factorial(m)*(m^(k-m)))

Lq = (rho^(m+١)*p٠/factorial(m-١))*((١-(rho/m)^(k-m+١)-((١-rho/m)...
   *(k-m+١)*((rho/m)^(k-m))))/(m-rho)^٢) % Lq = Average number of customers in line
L = Lq+rho                    % L = Average number of customers in system
lambda٠ = lambda*(١-pk)          % Average rate that customers enter
Wq = Lq/lambda٠                % Wq = Average time spent in line
W = L/lambda٠                  % W = Average time spent in the system
lbar=lambda*(١-pk)             % Average rate that customers enter
maxu=lambda/(m*mu)               % Maximum Utilization
effu=lbar/(mu*m)               % Effective Utilization
```

کد بررسی تغییرات هزینه کل بر اساس تغییرات نرخ خدمت دهی

```
clc
clear
load Data
C=[١٩,٥٧ , ١٢٤٠٩,٥٢ , ٢٥٢٧,٩٣ , ١٩,٥٧ , ١٤٠٠٦,٨٧];
Miu=٠,١
for i=١:١٠
   mu(i) = i*Miu;
   m = Nob;
   k = ١٨; %capacity of system
   lambda = Lambda;
   rho(i) = lambda/mu(i);
   p٠(i) = ١./(sum((rho(i).^(٠:(m-١))./factorial(٠:(m-١)))+((rho(i)^m/factorial(m))...
      *((١-((rho(i)/m)^(k-m+١)))/(١-(rho(i)/m)))));
   pk(i) = ((rho(i)^k)*p٠(i))/(factorial(m)*(m^(k-m)));

   Lq(i) = (rho(i)^(m+١)*p٠(i)/factorial(m-١))*((١-(rho(i)/m)^(k-m+١)-((١-rho(i)/m)...
      *(k-m+١)*((rho(i)/m)^(k-m))))/(m-rho(i))^٢); % Lq = Average number of customers in line
   L(i) = Lq(i)+rho(i);                % L = Average number of customers in system
   lambda٠(i) = lambda*(١-pk(i));          % Average rate that customers enter
   Wq(i) = Lq(i)/lambda٠(i);             % Wq = Average time spent in line
   W(i) = L(i)/lambda٠(i);               % W = Average time spent in the system
   lbar(i)=lambda*(١-pk(i));           % Average rate that customers enter
   maxu(i)=lambda/(m*mu(i));             % Maximum Utilization
   effu(i)=lbar(i)/(mu(i)*m);
   TC(i)=C(١)*Lq(i)+C(٢)*(L(i)-Lq(i))+C(٣)*(m-L(i)+Lq(i))+C(٤)*k+C(٥)*lambda*pk(i);
end
plot(mu,TC)
```

```
xlabel('\mu');
ylabel('Total Cost')
```

کد بررسی تغییرات هزینه کل بر اساس تغییرات تعداد خدمت دهندگان

```
clc
clear
load Data
C=[۱۹,۵۷ , ۱۲٤۰۹,۵۲ , ۲۵۲۷,۹۳ , ۱۹,۵۷ , ۱٤۰۰٦,۸۷];
for i=۱:۱۰
   m = i;
   k = ۱۸; %capacity of system
   lambda = Lambda;
   rho = lambda/mu;
   p۰(i) = ۱./(sum((rho.^(۰:(m-۱))./factorial(۰:(m-۱)))+((rho^m/factorial(m))...
      *((۱-((rho/m)^(k-m+۱)))/(۱-(rho/m)))));
   pk(i) = ((rho^k)*p۰(i))/(factorial(m)*(m^(k-m)));

   Lq(i) = (rho^(m+۱)*p۰(i)/factorial(m-۱))*((۱-(rho/m)^(k-m+۱)-((۱-rho/m)...
      *(k-m+۱)*((rho/m)^(k-m))))/(m-rho)^۲); % Lq = Average number of customers in line
   L(i) = Lq(i)+rho;                    % L = Average number of customers in system
   lambda۰(i) = lambda*(۱-pk(i));          % Average rate that customers enter
   Wq(i) = Lq(i)/lambda۰(i);               % Wq = Average time spent in line
   W(i) = L(i)/lambda۰(i);                 % W = Average time spent in the system
   lbar(i)=lambda*(۱-pk(i));               % Average rate that customers enter
   maxu(i)=lambda/(m*mu);                  % Maximum Utilization
   effu(i)=lbar(i)/(mu*m);
   TC(i)=C(۱)*Lq(i)+C(۲)*(L(i)-Lq(i))+C(۳)*(m-(L(i)-Lq(i)))+C(٤)*k+C(۵)*lambda*pk(i);
end
server=۱:۱۰
plot(server,TC)
xlabel('number of servers');
ylabel('Total Cost')
ylim([min(TC)-۱۰۰۰,inf])
```

کد بررسی همزمان تغییرات نرخ خدمت دهی و تعداد خدمت دهندگان بر روی هزینه کل

```
clc %% miu + number of servers
clc
clear
load Data
C=[۱۹,۵۷ , ۱۲٤۰۹,۵۲ , ۲۵۲۷,۹۳ , ۱۹,۵۷ , ۱٤۰۰٦,۸۷];
for i=۱:۱۰
   for j=۱:۱۰
      mu(j) = j/۱۰;
      m = i;
```

```
        k = ١٨; %capacity of system
        lambda = Lambda;
        rho = lambda/mu(j);
        p٠(i,j) = ١./(sum((rho.^(٠:(m-١))./factorial(٠:(m-١)))+((rho^m/factorial(m))...
            *((١-((rho/m)^(k-m+١)))/(١-(rho/m)))));
        pk(i,j) = ((rho^k)*p٠(i,j))/(factorial(m)*(m^(k-m)));
        Lq(i,j) = (rho^(m+١)*p٠(i,j)/factorial(m-١))*((١-(rho/m)^(k-m+١)-((١-rho/m)...
            *(k-m+١)*((rho/m)^(k-m))))/(m-rho)^٢); % Lq = Average number of customers in line
        L(i,j) = Lq(i,j)+rho;                    % L = Average number of customers in system
        lambda٠(i,j) = lambda*(١-pk(i,j));       % Average rate that customers enter
        Wq(i,j) = Lq(i,j)/lambda٠(i,j);          % Wq = Average time spent in line
        W(i,j) = L(i,j)/lambda٠(i,j);            % W = Average time spent in the system
        lbar(i,j)=lambda*(١-pk(i,j));            % Average rate that customers enter
        maxu(i,j)=lambda/(m*mu(j));              % Maximum Utilization
        effu(i,j)=lbar(i,j)/(mu(j)*m);
        TC(i,j)=C(١)*Lq(i,j)+C(٢)*(L(i,j)-Lq(i,j))+C(٣)*(m-(L(i,j)-Lq(i,j)))+C(٤)*k+C(٥)*lambda*pk(i,j);
    end
end
plot(TC)
xlabel('Number of Servers');
ylabel('Total Cost (rial)')
hold on
plot(١,TC(١,١),'ko','MarkerSize',٣,'MarkerFaceColor','k')
plot(٦,TC(٦,٢),'ko','MarkerSize',٣,'MarkerFaceColor','k')
plot(٥,TC(٥,٣),'ko','MarkerSize',٣,'MarkerFaceColor','k')
plot(٤,TC(٤,٤),'ko','MarkerSize',٣,'MarkerFaceColor','k')
plot(٣,TC(٣,٥),'ko','MarkerSize',٣,'MarkerFaceColor','k')
plot(٣,TC(٣,٦),'ko','MarkerSize',٣,'MarkerFaceColor','k')
plot(٣,TC(٣,٧),'ko','MarkerSize',٣,'MarkerFaceColor','k')
plot(٢,TC(٢,٨),'ko','MarkerSize',٣,'MarkerFaceColor','k')
plot(٢,TC(٢,٩),'ko','MarkerSize',٣,'MarkerFaceColor','k')
plot(٢,TC(٢,١٠),'ko','MarkerSize',٣,'MarkerFaceColor','k')
hold off
legend('\mu = ٠,١','\mu = ٠,٢','\mu = ٠,٣','\mu = ٠,٤','\mu = ٠,٥','\mu = ٠,٦','\mu = ٠,٧','\mu = ٠,٨','\mu =
٠,٩','\mu = ١')
```