فصل‌نامه مطالعاتی در مدیریت بانکی و بانکداری اسلامی

مؤسسه عالی آموزش بانکداری ایران
بهار ۱۴۰۲، دوره ۹، شماره ۲۲، صفحه ۶۷-۱۰۰

ارزیابی و بهینه‌سازی وضعیت صف در شعب بانک ملت با استفاده از شبیه‌سازی کامپیوتری

فرشاد صادقیان یکتا [*] [۱]
محمدعلی فریبرزی عراقی [۲]

چکیده

صف‌ها یکی از ارکان سیستم‌های صفی هستند که مشتری‌ها اغلب با آن‌ها مواجه می‌شوند. مدل‌سازی سیستم‌ها و استفاده از شبیه‌سازی کامپیوتری در سیستم‌های صف، واقعیت‌های پنهان سیستم‌ها را آشکار می‌کند. با استفاده و به‌کارگیری روش‌های مختلف، می‌توان به کاهش طول صف، زمان انتظار مشتریان و در کل، بهبود وضعیت سیستم پرداخت. بانک یکی از مکان‌هایی است که اغلب مشتریان آن، انتظار و صف را تجربه کرده‌اند. در شعب بانک‌هایی که مشتریان زیادی دارند، همواره افتتاح حساب و صدور کارت عابر بانک با توجه به مراحل زیاد و متقاضیان آن، دارای تجمع زیاد است و نارضایتی وجود دارد که اغلب شعب برای داشتن بهترین بازده کاری و همچنین، کاهش فشار صف، از روی کل شعبه، تدابیر مختلفی برای مواجهه با این موضوع اتخاذ می‌کنند. در این مقاله اطلاعات ورود و خروج ۱۲۳۰۰ مشتری، از چهار شعبه بانک ملت، به‌مدت ۳۰ روز، جمع‌آوری شد و تحلیل‌های آماری به‌کمک نرم‌افزار مینی‌تب انجام گرفت. با شناسایی رفتار صف، مدل‌سازی و سپس برنامه‌نویسی و شبیه‌سازی کامپیوتری با نرم‌افزار آر و استفاده از قدرت گسترش زمان به‌مدت ۱۰۰ روز کاری در شبیه‌سازی، قوت‌ها و ضعف‌های الگوهای مختلف خدمات‌رسانی در سیستم صف بانکی شناسایی شد تا بتوان بهترین تصمیم را برای الگوی خدمات‌رسانی اتخاذ کرد.

واژه‌های کلیدی: سیستم‌های صف، شبیه‌سازی کامپیوتری، نرم‌افزار آر، صف در بانک ملت.

طبقه‌بندی JEL: C۱۵ و C۶۳ و C۵۳.

---

۱. کارشناسی ارشد، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه ارشاد، تهران، ایران (نویسندهٔ مسئول)؛ mmfm_s@yahoo.com
۲. دانشیار، گروه ریاضی کاربردی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران؛ f-araghi@iauctb.org

مقدمه

تأخیر در دریافت خدمات که به ایجاد صف منجر می‌شود، از مشکلات معمول در بانک‌هاست. طول صف و زمان انتظار، عوامل مهمی هستندکه در درک مشتریان از کیفیت خدمات در بانک‌ها نقش بسزایی دارند و همواره مدیران بانک‌ها نگران نحوهٔ ارائهٔ بهینه خدمات‌اند تا بتوانند رضایت مشتریان را جلب کنند (مددی، رودسری، وانگ و گالانکشی[1]، ۲۰۱۳). یکی از دغدغه‌ها و درگیری‌های معمول مدیران شعب، زمانی است که مشتریان باید زمان زیادی منتظر دریافت خدمات خود باشند و این شرایط، موجب التهاب محیط کاری و نارضایتی جمعی می‌شود. از این رو، مدیران و کارمندان شعب بانک‌ها باید مهارت داشته باشند تا ضمن کنترل اوضاع، توجه ویژه‌ای به کیفیت ارائه خدمات داشته باشند (ونگ و سان[2]، ۲۰۰۶). اغلب، زمانی که از بهبود صف در شعب بانک‌ها صحبت به میان می‌آید، ذهن‌ها به‌سمت تعیین تعداد مناسب باجه‌ها منعطف می‌شود و در این زمینه، پژوهشگران زیادی فعالیت کرده‌اند (مددی و همکاران، ۲۰۱۳؛ طالبی، امیری و عظیمی، ۱۴۰۰ و محمدلو، حمیدی و حاج کریمی، ۱۳۹۰). موضوع بهره‌وری باجه‌ها و تعیین تعداد بهینه باجه موضوع مهمی است اما توجه به‌نحوه ارائه خدمات، زمان خدمت‌دهی، تنوع فعالیت‌های مختلف، تخصیص بهینه وظایف، تعیین مدل متناسب برای صف و دریافت خدمات از موارد مهمی هستند که می توانند موجب کاهش زمان انتظار مشتریان و ارائه بهتر خدمات شوند، لذا در این مقاله با مدل‌سازی و شبیه‌سازی کامپیوتری الگوهای مختلف خدمت‌دهی، سعی در شناسایی نقاط قوت و ضعف هر یک از الگوهای خدمت‌دهی و کمک به اخذ بهترین تصمیم می‌شود.

پیشینهٔ پژوهش‌های داخلی

رویکردهای مختلفی به‌منظور بهبود کیفیت خدمات و افزایش رضایت مشتریان در صنعت بانکداری به‌کار گرفته شده است. در یکی دیگر از مطالعات انجام شده، طالبی و همکارانش (۱۴۰۰) با استفاده از نرم‌افزار اینترپرایز دینامیک[3]، به شبیه‌سازی سیستم صف در یکی از شعب بانک ملی پرداختند و با ارائهٔ مدل ریاضی دوهدفه، به‌دنبال حداقل‌کردن زمان انتظار در صف و حداکثرکردن زمان کارکرد کارمندان با تعداد نفرات بهینه بودند.

1. Madadi, Roudsari, Wong & Galankashi
2. Wang & Sun
3. Enterprise Dynamic

مؤمنی، محقر و متین نفس (۱۳۸۵) به ارزیابی عملکرد و رفع ضعف‌های سیستم صف در مدل کارمند ـ تحویلداری در بانک سپه پرداختند. آن‌ها با استفاده از تکنیک‌های مرسوم تئوری صف و آمار و احتمالات و استفاده از نرم‌افزار اس‌پی‌اس‌اس، به مقایسهٔ دو مدل تحویلداری و کارمند ـ تحویلداری پرداختند. سیستم تحویلداری سیستمی منسوخ است که نخستین‌بار آدام اسمیت، آن را برای تخصصی‌بودن کارها ارائه کرد. در این سیستم ارائهٔ خدمات به مشتریان را دو نفر انجام می‌داد که یک نفر مسئول مراودهٔ پول با مشتری و نوشتن اسناد آن‌ها بود و نفر دوم، مسئول انجام عملیات مربوط به تبادلات با صندوق؛ در حالی که در مدل کارمند ـ تحویلداری تمام کارها درهم ادغام‌شده و یک نفر مسئول انجام تمام کار است.

پیشینهٔ پژوهش‌های خارجی

آمالینا، سیبوریان، زمان و لستاری[1] (۲۰۲۱) معتقدند که سیستم بانکی در عصر حاضر، به‌سرعت در حال تغییر است و سیستم‌های خدماتی، از جمله بانک‌ها نیاز دارند که خدمات رضایت‌بخشی را برای مشتریان ارائه دهند؛ اما یکی از مشکلات مهمی که اغلب در سیستم خدمات بانکی رخ می‌دهد، ایجاد صف‌هایی است که باعث می‌شود مشتریان برای دریافت خدمات منتظر بمانند و موجب نارضایتی آن‌ها شود. بدیهی است که ایجاد صف طولانی، به‌دلیل تعداد مشتریانی است که بیش از ظرفیت خدمات موجود به آن‌ها خدمات ارائه می‌شود. آن‌ها به‌منظور بررسی و حل بهینهٔ مشکل، از شبیه‌سازی رویداد گسسته در نرم‌افزار آرنا[2]، برای یک بانک در کشور اندونزی استفاده کردند. نتایج خروجی نرم‌افزار، ویژگی‌ها و رفتارهای سیستم را توصیف کرد. در نهایت با توجه به رفتار سیستم، دو پیشنهاد بهبود را ارائه کردند که یکی افزودن سرور اضافی و دیگری اضافه‌کردن اپراتور در یک سرور موجود بود. با این کار زمان سرور و زمان انتظار کاهش یافت و توازن فشار کاری بین باجه‌های مختلف، وضعیت بهتری پیدا کرد. در این پژوهش به بررسی افزایش هزینه‌های خدمت‌دهی پرداخته نشده است.

در مطالعه‌ای دیگر کسکون، راریتا و تراپل[3] (۲۰۱۴) با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌سازی مسماتیکا[4]، به شبیه‌سازی صف بانک با سه خدمت‌دهنده و نحوهٔ ارائهٔ خدمت به‌صورت اولین ورودی، اولین

1. Amalina, Siburian, Zaman & Lestari
2. Arena
3. Cascone, Rarità & Trapel
4. Mathematica

خروجی پرداختند. هدف اصلی آن‌ها از این پژوهش، حداقل‌کردن زمان انتظار هر مشتری در صف بود.

در مطالعه‌ای دیگر سارکار، موخوپادهی و قوش[1] (۲۰۱۱) به بررسی و بهبود کیفیت خدمات با کاهش زمان انتظار مشتریان پرداختند. آن‌ها یک مدل خدماتی برای صنعت بانکداری در هند پیشنهاد کردند و دربارهٔ اثربخشی راه‌حل‌های مختلف با استفاده از شبیه‌سازی و تقسیم‌بندی باجه‌ها به دو قسمت خدمات پول نقد و خدمات غیرپول نقد بحث کردند.

شاو، زی، شیا، یین و دانگ[2] (۲۰۰۹) بیان کردند که عدم بهینه‌سازی قابلیت خدمات، اغلب به صف‌های طولانی و نارضایتی مشتریان منجر می‌شود. آن‌ها معتقدند که درک عمیق از رفتار مشتری تا حد زیادی به ارائه‌دهندگان خدمات کمک می‌کند تا با ایجاد تحول تجاری، از محصول‌محوری به‌سمت مشتری‌محوری حرکت کنند و سهم بازار و قدرت رقابتی خود را افزایش دهند. آن‌ها نخست، به شناسایی و درک تقاضا و اولویت مشتری پرداختند؛ سپس یک روش پیکربندی مجدد منبع خدمات مشتری‌محور را پیشنهاد دادند که تقاضا و اولویت مشتری را از داده‌های تاریخی داخلی شناسایی می‌کرد. در مرحلهٔ بعد، به شبیه‌سازی ارائه خدمات پرداختند؛ اما شبیه‌سازی آن‌ها با واقعیت‌های جاری اختلاف زیادی داشت که نویسندگان با توجه به تنوع خدمات آن را طبیعی قلمداد کردند.

در مطالعات صورت‌گرفته تمرکز اغلب پژوهشگران، بر میانگین مدت زمان انتظار یک مشتری در صف بوده است؛ اما معیار میانگین وزنی صف (نسبت مجموع حاصل‌ضرب‌های تعداد مشتریان حاضر در صف در هر مقطع زمانی، در زمان انتظار آن‌ها بر مدت زمان شبیه‌سازی)، می‌تواند معیار بسیار بهتر و ارزشمندتری باشد. همچنین تمرکز بر راه‌کارهایی که با استفاده از امکانات موجود، موجب کاهش میانگین وزنی صف، کاهش طول صف، افزایش تعداد مشتریانی که خدمات دریافت می‌کنند و افزایش بهره‌وری کل شعبه شود، با توجه به نداشتن هزینهٔ مازاد نیز بسیار ارزشمند است.

مدل‌سازی

هیزر و رندر[3] (۲۰۰۵) معتقد بودند که در سیستم‌های صف، سه بخش اصلی وجود دارد:

۱. الگوی ورود مشتریان به سیستم که طبق توزیع‌های آماری به‌دست می‌آید.

1. Sarkar, Mukhopadhyay & Ghosh
2. Shao, Xie, Xia, Yin & Dong
3. Heizer & Render

۲. قوانین و ویژگی‌های صف که از جمله آن‌ها می‌توان به محدود بودن یا نامحدود بودن طول صف‌ها اشاره کرد.
۳. زمان و سیاست خدمت‌دهی.

اما در حالت جزئی‌تر، مشخصات اصلی فرایند صف بدین صورت است: ۱. الگوی ورود مشتریان؛ ۲. الگوی خدمت‌دهی؛ ۳. تعداد خدمت‌دهندگان؛ ۴. ظرفیت سیستم؛ ۵. جمعیت مشتری؛ ۶. نظام سیستم؛ ۷. مراحل خدمت‌دهی (ایروانی، ۱۳۹۸).

به‌منظور مدل‌سازی صحیح و شبیه‌سازی برای بهینه‌سازی عملکرد، مدل‌ساز باید به تمام حوزه‌های مذکور مسلط بوده و اطلاعات صحیح و کافی داشته باشد تا بتواند بهترین پیشنهاد را برای بهینه‌سازی ارائه کند.

در حال حاضر یکی از مشکلات بزرگ شعب بانک‌های مرجع، صف طولانی مشتریان متقاضی افتتاح حساب و صدور کارت است. علت این امر، طولانی‌بودن زمان خدمت‌دهی برای این فرایندهاست؛ به‌نحوی که فرایند افتتاح حساب در عموم شعب، مراحلی دارد که عبارت‌اند از: ثبت مشخصات کاری متقاضی، دریافت شمارهٔ مشتری، استعلام‌های کدپستی، کدشهاب، ثبت‌احوال، چک برگشتی، تسهیلات و تعهدهای بانکی، ایجاد شماره حساب، اخذ تعهدهای قانونی از مشتری، اسکن امضا، تعیین محدودیت برداشت و بستن حساب، واریز وجه اولیه برای فعال‌سازی حساب، فعال‌سازی پیامک، فعال‌سازی سرویس‌های خدمات الکترونیکی مانند همراه‌بانک و موبایل‌بانک و در انتها، چاپ کارت عابربانک و فرایند فعال‌سازی کارت و تحویل به مشتری. از سوی دیگر، برای صدور کارت عابربانک المثنی، مانند افتتاح حساب، باید بسیاری از مراحل فوق همچون به‌روزرسانی مشخصات مشتری، انواع استعلام‌ها، چاپ و فعال‌سازی کارت صورت پذیرد. همان طور که از مراحل یادشده مشخص است، این فرایندها در مقایسه با بسیاری از فرایندهای تحویلداری دیگر، مانند ثبت حواله، چک و... بسیار طولانی‌تر است و اغلب نارضایتی سایر مشتریان را به دنبال دارد. در شعب مختلف بانک‌ها سیاست‌های متفاوتی برای رفع این مشکل لحاظ می‌شود که به‌طور عمده، یکی از حالت‌های زیر است:

الف. دو صف کاملاً مجزا وجود دارد و یک باجه و صف فقط برای افتتاح حساب و صدور کارت در نظر گرفته می‌شود و مشتریان بر اساس سیاست اولین ورودی، اولین خروجی[1] خدمت‌دهی می‌شوند و صف دیگر، به سایر فرایندهای تحویلداری اختصاص می‌یابد.

---

1. First Come, First Serve (FCFS)

ب. تنها یک صف وجود دارد و تمام باجه‌ها بر اساس سیاست نخستین ورودی، اولین خروجی، تمام کارها، از جمله افتتاح حساب و صدور کارت را انجام می‌دهند.

ج. یک باجه مخصوص افتتاح حساب، چاپ و تحویل کارت است و سایر باجه‌ها انجام استعلام‌ها و ثبت درخواست صدور کارت و سایر فرایندهای تحویلداری را انجام می‌دهند.

در حالت نخست وضعیتی را در نظر بگیرید که در خوش‌بینانه‌ترین حالت بر اساس سیاست نخستین ورودی، اولین خروجی، دو مشتری افتتاح حساب به‌صورت متوالی قرار بگیرند. در این حالت باجهٔ افتتاح حساب حدود ۴۰ دقیقه هیچ مشتری دیگری را نمی‌تواند فراخوانی کند و علاوه‌بر افزایش زیاد طول صف، اگر مشتریان متقاضی کارت عابربانک المثنی باشند، موجی از نارضایتی بین مشتریانی ایجاد می‌شود که شاهد عدم تغییر طول صف هستند. برای بررسی وابستگی بین صف‌ها در این حالت، از آزمون اسپیرمن در نرم‌افزار مینی‌تب[1] استفاده شده است. نتایج آزمون در سطح ۱ درصد، با توجه به مقدار p-value رابطه و هم‌بستگی معناداری را نمایش نمی‌دهد.

جدول ۱. بررسی همبستگی با آزمون اسپیرمن

روش	
نوع هم‌بستگی	اسپیرمن
تعداد ردیف‌های استفاده شده	۶۰۰
افتتاح حساب و صدور کارت	
فاصله متقاضیان سایر فرایندها	−۰/۰۵۵

برای حالت دوم، وضعیتی را در نظر بگیرید که دو یا سه باجهٔ حاضر در شعبه، درگیر فرایند افتتاح حساب شوند. در این حالت، هیچ‌کدام از باجه‌ها فراخوان مشتری نخواهند داشت و صف ساکن در کل شعبه، موج بزرگی از نارضایتی را ایجاد می‌کند، به‌خصوص برای مشتریانی که کار آن‌ها به زمان بسیار کوتاهی نیاز دارد.

در حالت سوم، باید مراقب تعداد مشتریان باجه‌های تحویلداری و ثبت درخواست کارت بود که بیش از حد نشود و نارضایتی همگانی ایجاد نکند.

1. Minitab

برای رفع این مشکل که دغدغهٔ روزانه کارمندان، مدیران شعب و مشتریان است، ابتدا باید به سیاست‌های مختلف کلی در قبال صف نگاهی کرد (کاودری، دو لانگ، ملکیان، وانبرگ و خوزه[1]، ۲۰۱۸):

- ابتدا اولین ورودی خدمت‌دهی می‌شود؛
- ابتدا آخرین ورودی خدمت‌دهی می‌شود[2]؛
- ابتدا انجام کوتاه‌ترین کار[3]؛
- ابتدا انجام طولانی‌ترین کار[4]؛
- سایر روش‌ها مانند خدمت‌دهی تصادفی[5] و... .

مفروضات کلی مدل‌ها

در این پژوهش مدل‌سازی بر مبنای حالت‌های الف، ب و ج صورت می‌پذیرد. برای مدل‌سازی مفروضات زیر در نظر گرفته شده است:

- مدت زمان کارکرد شعب برای مشتریان در هر روز ۳۹۰ دقیقه است؛
- با توجه به ساعت کاری بانک‌ها در فصول و شرایط مختلف، شبیه‌سازی هر روز به‌صورت مستقل از سایر روزها و از زمان صفر به مدت ۳۹۰ دقیقه انجام می‌شود؛
- برای هر شعبه ۴ باجه در نظر گرفته شده است.

برای محاسبه میانگین وزنی طول صف، فرض می‌کنیم t_i مدت زمانی است که متغیر Q مقدار $1 \leq i \leq n$) دارد و T مدت زمان شبیه‌سازی است، آنگاه میانگین وزنی این نمونه‌ها به‌صورت زیر حاصل می‌شود (فریبرزی و میرخان، ۱۴۰۰):

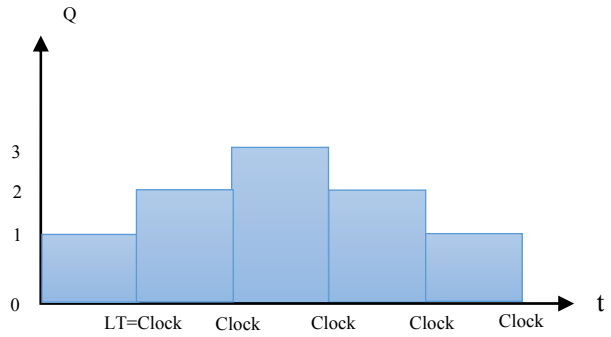
رابطهٔ ۱)
$$\bar{X}_w = \frac{1}{T}\sum_{i=1}^{n} Q_i \times t_i$$

لحظه تغییر مقدار Q در متغیری به نام LT ذخیره می‌شود، در نتیجه:

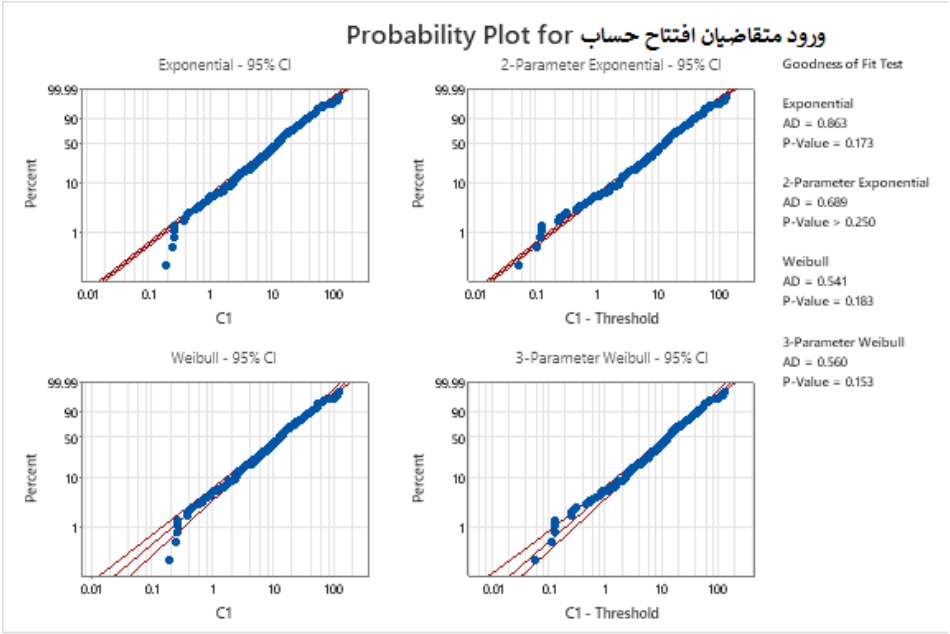
مدت زمانی که طول صف برابر (Q) است = (Clock-LT)

مساحت هر مستطیل = (Clock-LT)*Q

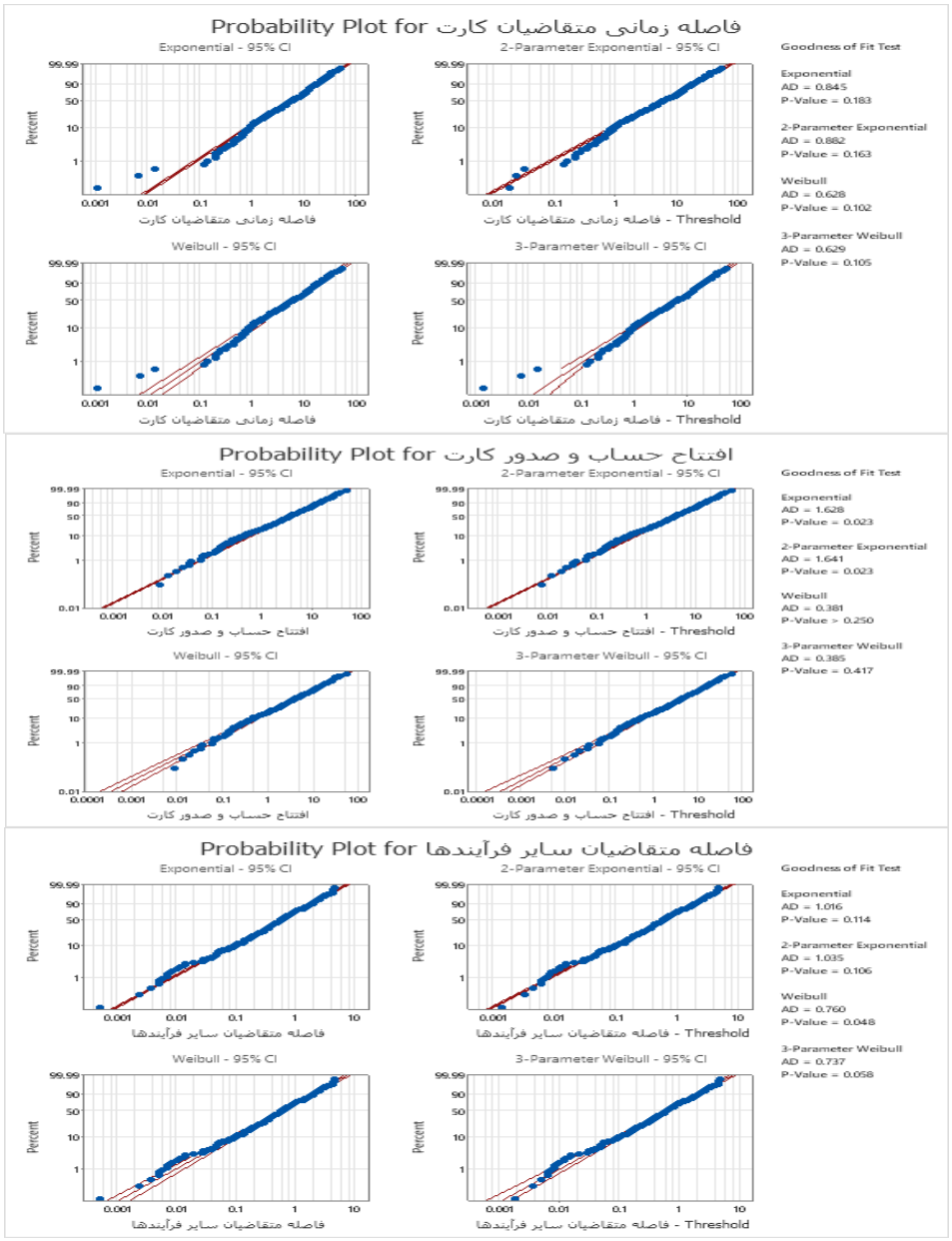
1. Cowdrey, de Lange, Malekian, Wanneburg & Jose
2. Last Come, First Serve (LCFS)
3. Shortest Job First (SJF)
4. Longest Job First (LJF)
5. Service In Random Order (SIRO)



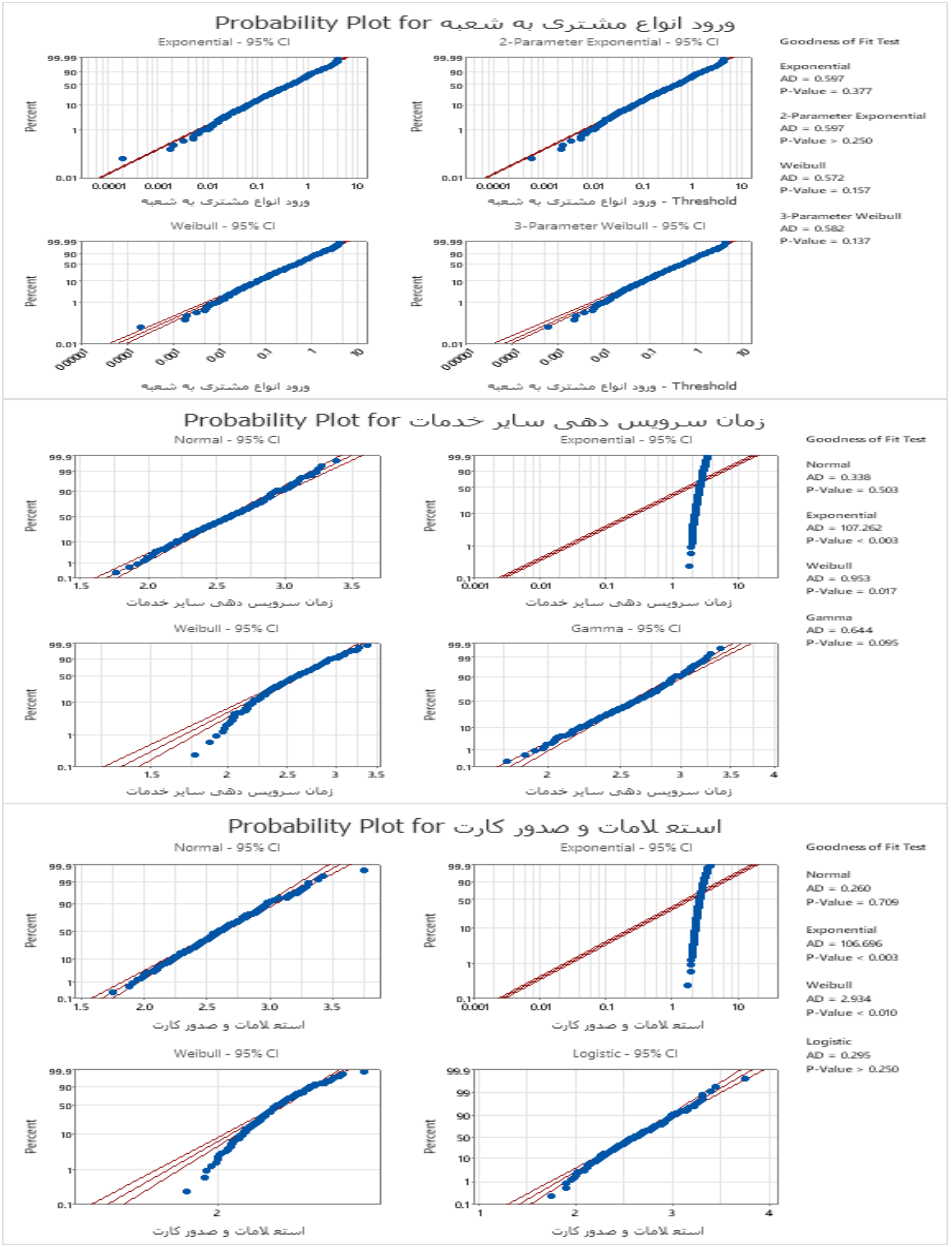
شکل ۱. میانگین وزنی طول صف



شکل ۲. تشخیص تابع توزیع فرایندها با آزمون‌های آماری


Probability Plot for فاصله زمانی متقاضیان کارت
Exponential - 95% CI
2-Parameter Exponential - 95% CI
Weibull - 95% CI
3-Parameter Weibull - 95% CI
Percent
فاصله زمانی متقاضیان کارت
فاصله زمانی متقاضیان کارت - Threshold
Goodness of Fit Test
Exponential
AD = 0.845
P-Value = 0.183
2-Parameter Exponential
AD = 0.882
P-Value = 0.163
Weibull
AD = 0.628
P-Value = 0.102
3-Parameter Weibull
AD = 0.629
P-Value = 0.105
Probability Plot for افتتاح حساب و صدور کارت
Exponential - 95% CI
2-Parameter Exponential - 95% CI
Weibull - 95% CI
3-Parameter Weibull - 95% CI
Percent
افتتاح حساب و صدور کارت
افتتاح حساب و صدور کارت - Threshold
Goodness of Fit Test
Exponential
AD = 1.628
P-Value = 0.023
2-Parameter Exponential
AD = 1.641
P-Value = 0.023
Weibull
AD = 0.381
P-Value > 0.250
3-Parameter Weibull
AD = 0.385
P-Value = 0.417
Probability Plot for فاصله متقاضیان سایر فرآیندها
Exponential - 95% CI
2-Parameter Exponential - 95% CI
Weibull - 95% CI
3-Parameter Weibull - 95% CI
Percent
فاصله متقاضیان سایر فرآیندها
فاصله متقاضیان سایر فرآیندها - Threshold
Goodness of Fit Test
Exponential
AD = 1.016
P-Value = 0.114
2-Parameter Exponential
AD = 1.035
P-Value = 0.106
Weibull
AD = 0.760
P-Value = 0.048
3-Parameter Weibull
AD = 0.737
P-Value = 0.058

ادامهٔ شکل ۲


Probability Plot for ورود انواع مشتری به شعبه
Exponential - 95% CI
2-Parameter Exponential - 95% CI
Weibull - 95% CI
3-Parameter Weibull - 95% CI
Goodness of Fit Test
Exponential
AD = 0.597
P-Value = 0.377
2-Parameter Exponential
AD = 0.597
P-Value > 0.250
Weibull
AD = 0.572
P-Value = 0.157
3-Parameter Weibull
AD = 0.582
P-Value = 0.137
Percent
ورود انواع مشتری به شعبه
ورود انواع مشتری به شعبه - Threshold
Probability Plot for زمان سرویس دهی سایر خدمات
Normal - 95% CI
Exponential - 95% CI
Weibull - 95% CI
Gamma - 95% CI
Goodness of Fit Test
Normal
AD = 0.338
P-Value = 0.503
Exponential
AD = 107.262
P-Value < 0.003
Weibull
AD = 0.953
P-Value = 0.017
Gamma
AD = 0.644
P-Value = 0.095
زمان سرویس دهی سایر خدمات
Probability Plot for استعلامات و صدور کارت
Normal - 95% CI
Exponential - 95% CI
Weibull - 95% CI
Logistic - 95% CI
Goodness of Fit Test
Normal
AD = 0.260
P-Value = 0.709
Exponential
AD = 106.696
P-Value < 0.003
Weibull
AD = 2.934
P-Value < 0.010
Logistic
AD = 0.295
P-Value > 0.250
استعلامات و صدور کارت

ادامهٔ شکل ۲

با توجه بـه اطلاعـات جمـع‌آوری‌شـدهٔ مجـزا بـه‌مـدت ۳۰ روز کـاری و ثبـت اطلاعـات ورود و خدمت‌دهی به ۱۲۳۰۰ مشتری در چهار شعبهٔ مختلف بانک ملت و بررسی آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار مینی‌تب نتایج زیر به‌دست آمد و به‌عنوان مفروضات اولیه برای شبیه‌سازی در نظر گرفته شد. خلاصهٔ نتایج آزمون‌های آماری در جدول ۲ درج شده است.

جدول۲. داده‌های استنتاج شده جهت شبیه‌سازی

شرح	فاصله زمانی بین دو ورود متوالی (دقیقه)	مدت زمان سرویس‌دهی (دقیقه)
متقاضی افتتاح حساب	توزیع نمایی با میانگین ۰/۰۵۳	توزیع یکنواخت ۲±۱۸
متقاضی صدور کارت	توزیع نمایی با میانگین ۰/۱۰۹	توزیع یکنواخت ۱±۶
متقاضی سایر فرایندهای تحویلداری	توزیع نمایی با میانگین ۱/۱۳	توزیع نرمال با N(۲/۶ , ۰/۳)
استعلامات و ثبت درخواست صدور کارت	*	توزیع نرمال با N(۲/۶ ,۰/۳)
چاپ و تحویل آنی کارت	*	توزیع یکنواخت ۰/۵±۳
ورود مشتری به شعبه (بدون در نظر گرفتن نوع تقاضا)	توزیع نمایی با میانگین ۱/۴۵	***
ورود متقاضی افتتاح حساب و صدور کارت	توزیع نمایی با میانگین ۰/۱۵۵	***
ورود متقاضی صدور کارت و سایر فرایندهای تحویلداری	توزیع نمایی با میانگین ۱/۲۵	***

متغیرها و پارامترها

در این پژوهش از متغیرها و پارامترهای مختلفی برای شبیه‌سازی استفاده شده که به شرح زیر است:

Clock ساعت شبیه‌سازی است و به‌عبارتی زمان جدید وقوع پیشامد را به ایـن صـورت ایجـاد می‌کند: طول گام + زمان قدیم = زمان جدید

ST[ ] پیشامد رویدادها

T مدت زمان شبیه‌سازی

Q_i طول صف iام

$SUMQ_i$ مجموع طول صف iام

Max Q_i حداکثر طول صف iام

LTQ_i لحظه‌هایی که مقدار متغیر Q تغییر می‌کند، در متغیری به‌نام LTQ_i ذخیره می‌شود

S_i سرویس‌دهنده iام

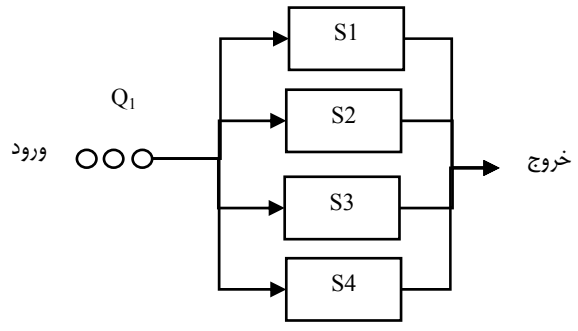
n	تعداد مشتریان خدمت‌دهی شده
X	احتمال وقوع پیشامد
∞	مقدار بسیار بزرگ

شبیه‌سازی

برای بررسی شرایط و انتخاب مدل بهینهٔ الگوی خدمت‌دهی، هر سه الگو شبیه‌سازی شده است.

الگوی اول

در این الگو یک صف و چهار باجه به‌صورت موازی وجود دارد و تمام باجه‌ها تمام فرایندها را برحسب تقاضای مشتری انجام می‌دهند. نظام سرویس‌دهی در این الگو نخستین ورودی، اولین خروجی یا FCFS است. گفتنی است که با توجه به اطلاعات جمع‌آوری‌شده و مفروضات کلی مدل‌ها (جدول ۲) در حالت اول شبیه‌سازی که تمام باجه‌ها تمام فرایندهای تحویلداری را انجام می‌دهند، کمتر از ۴درصد مشتریان مراجعه‌کننده به شعبه تقاضای افتتاح حساب دارند، کمتر از ۱۳درصد مشتریان مراجعه‌کننده به شعبه تقاضای صدور کارت دارند و باقی‌مانده مشتریان متقاضی سایر فرایندهای مرتبط با تحویلداری هستند. در نتیجه با توجه به این که هر خدمت‌دهنده تمام فرایندها را می‌تواند با توجه به نوع تقاضای مشتری انجام دهد، پس از ورود مشتری به سرور، بر اساس احتمالات تقاضای مشتری در نظر گرفته‌شده و بر مبنای آن، مدت زمان خدمت‌دهی مرتبط با آن فرایند نیز لحاظ می‌شود.



ST[1] لحظه ورود مشتری به سیستم

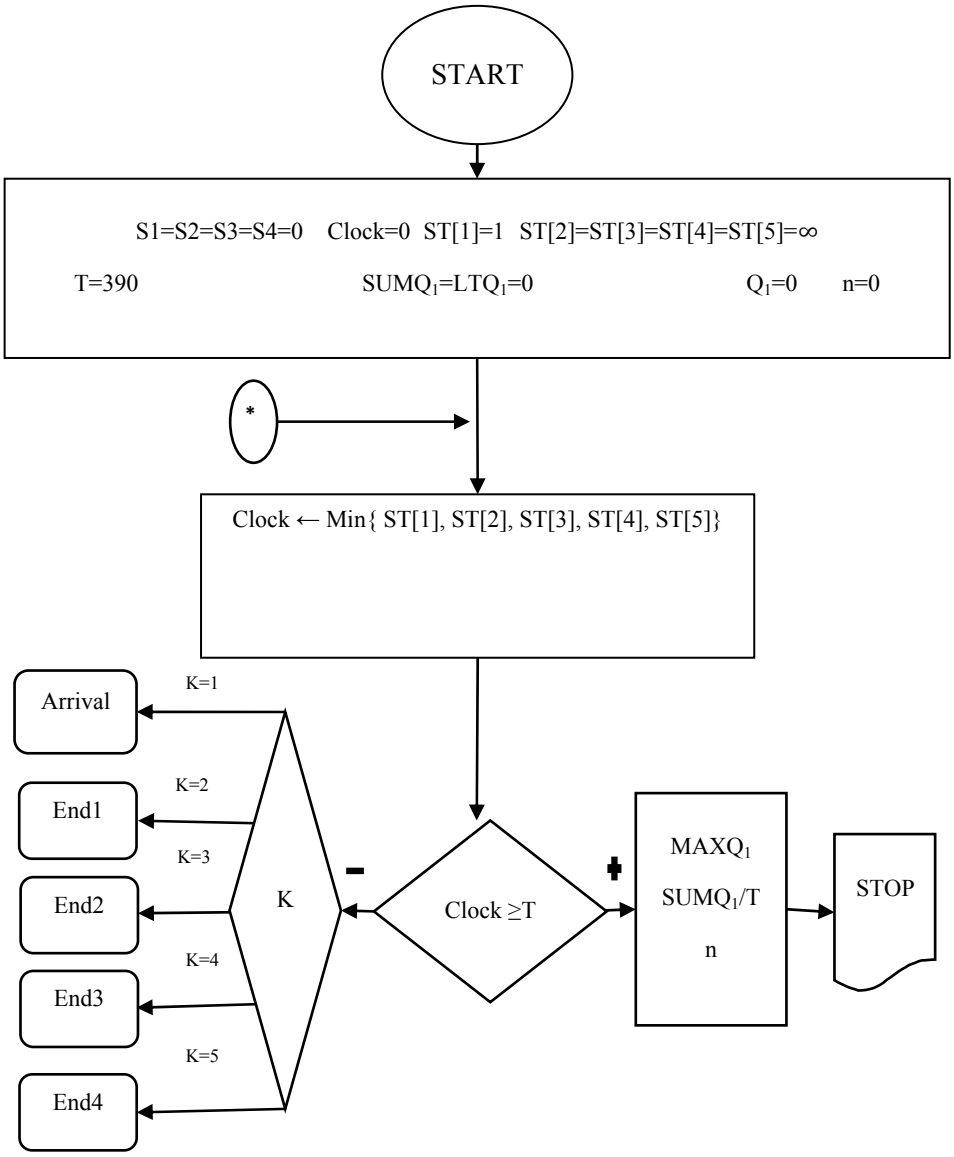
ST[2] پایان کار سرویس‌دهندهٔ ۱

ST[3] پایان کار سرویس‌دهندهٔ ۲

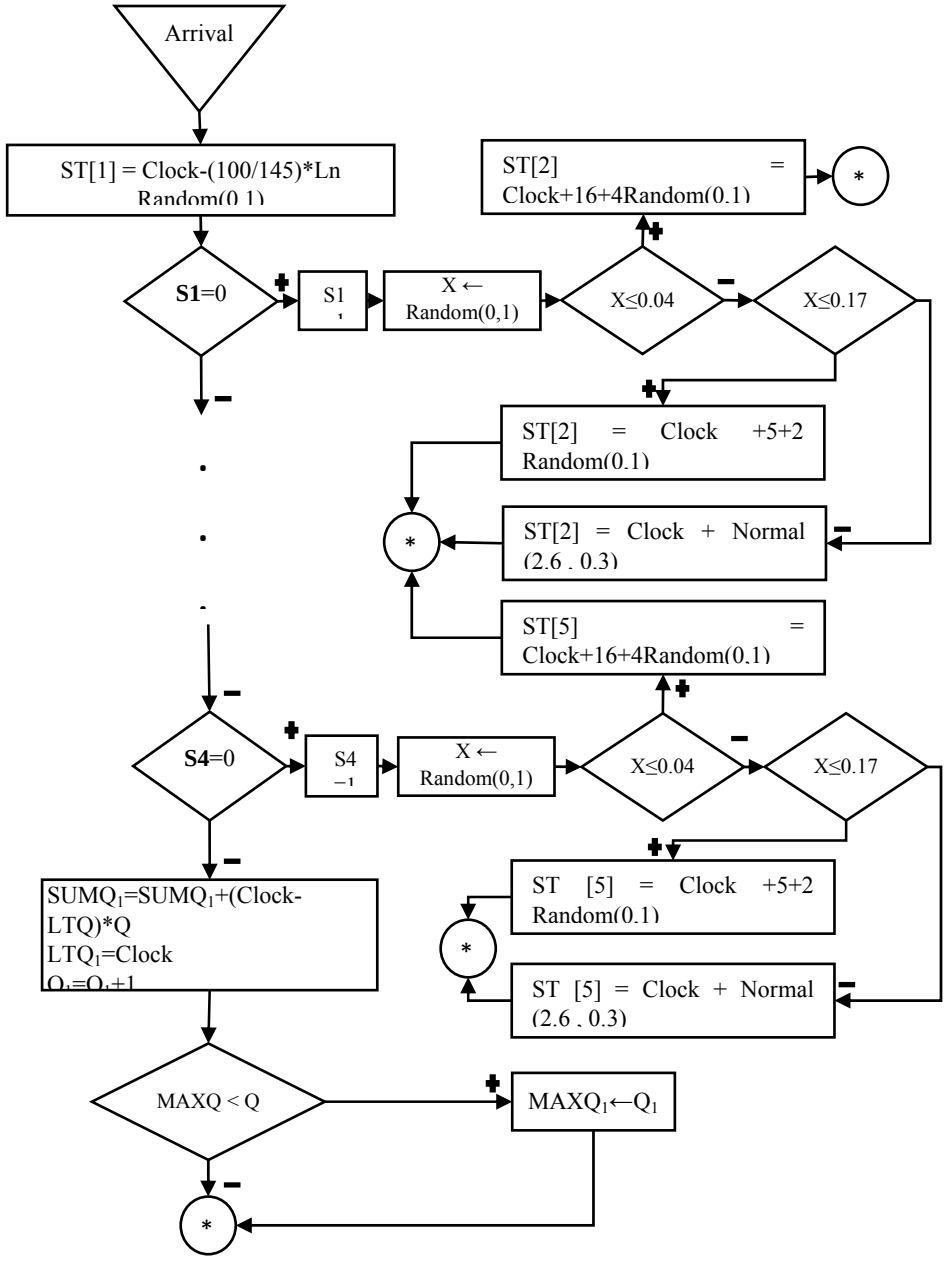
ST[4] پایان کار سرویس‌دهندهٔ ۳

ST[5] پایان کار سرویس‌دهندهٔ ۴

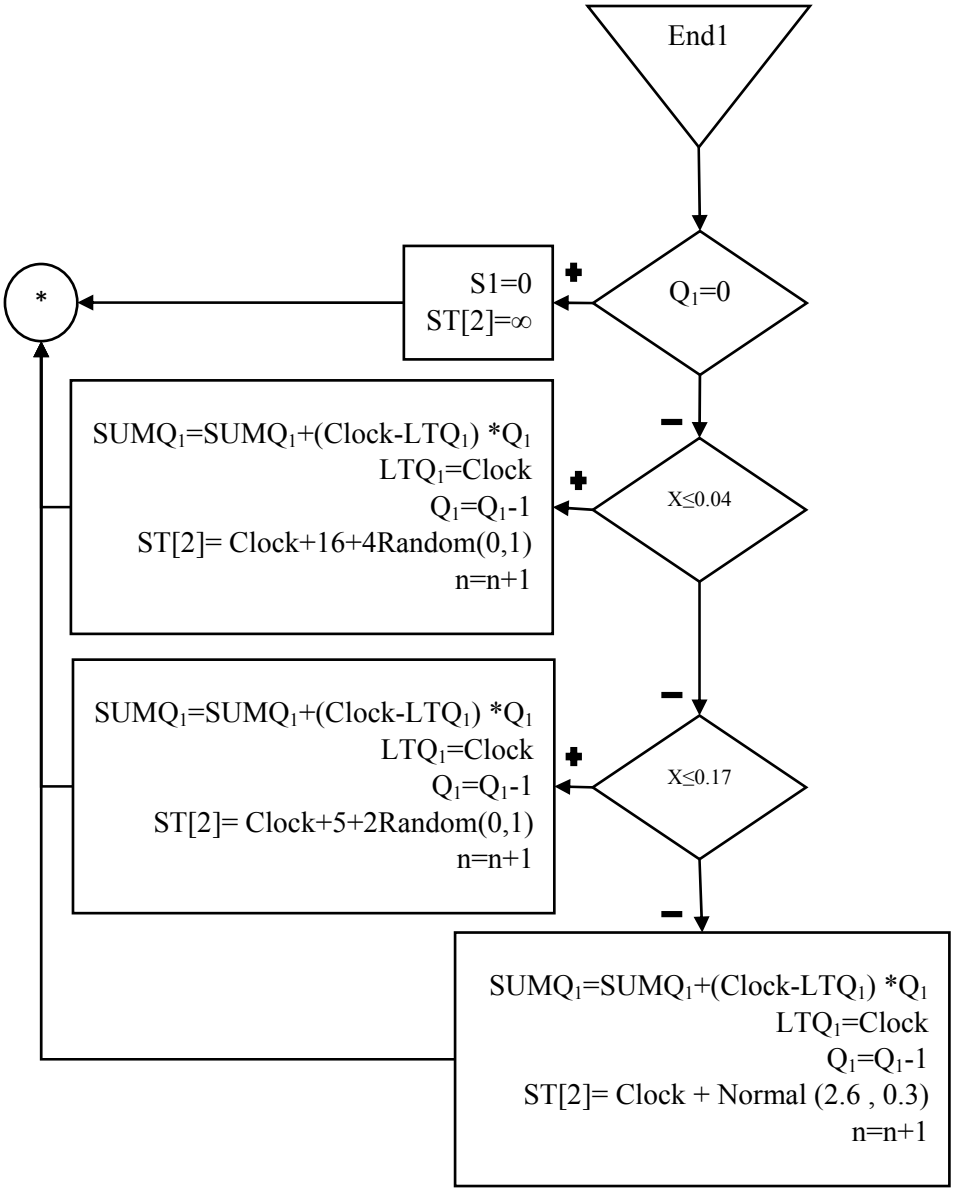
شکل ۳. سیستم خدمت‌دهی در الگوی اول



شکل ٤. مدل‌سازی فرایندها در الگوی اول


Arrival
ST[1] = Clock-(100/145)*Ln Random(0,1)
S1=0
S1 ←1
X ← Random(0,1)
X≤0.04
X≤0.17
ST[2] = Clock+16+4Random(0,1)
ST[2] = Clock +5+2 Random(0,1)
ST[2] = Clock + Normal (2.6 , 0.3)
ST[5] = Clock+16+4Random(0,1)
S4=0
S4 ←1
X ← Random(0,1)
X≤0.04
X≤0.17
SUMQ1=SUMQ1+(Clock-LTQ)*Q
LTQ1=Clock
Q1=Q1+1
ST [5] = Clock +5+2 Random(0,1)
ST [5] = Clock + Normal (2.6 , 0.3)
MAXQ < Q
MAXQ1←Q1
*

ادامه شکل ٤

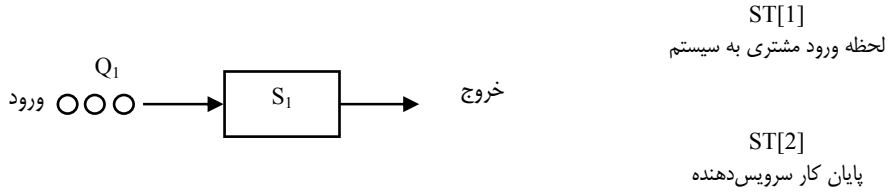


ادامهٔ شکل ٤

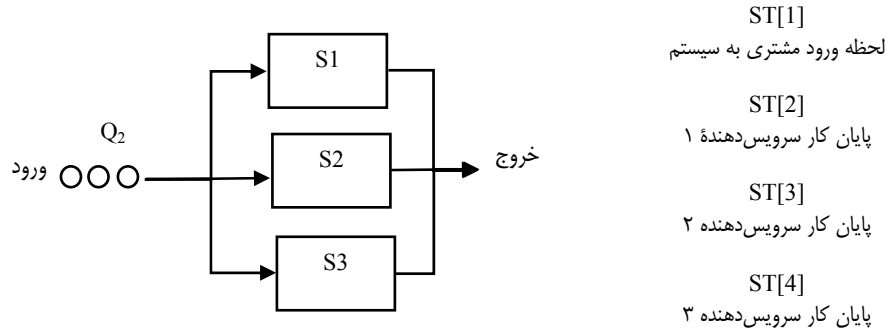
به‌همین ترتیب End2 تا End4 نیز طراحی می‌شود.

الگوی دوم

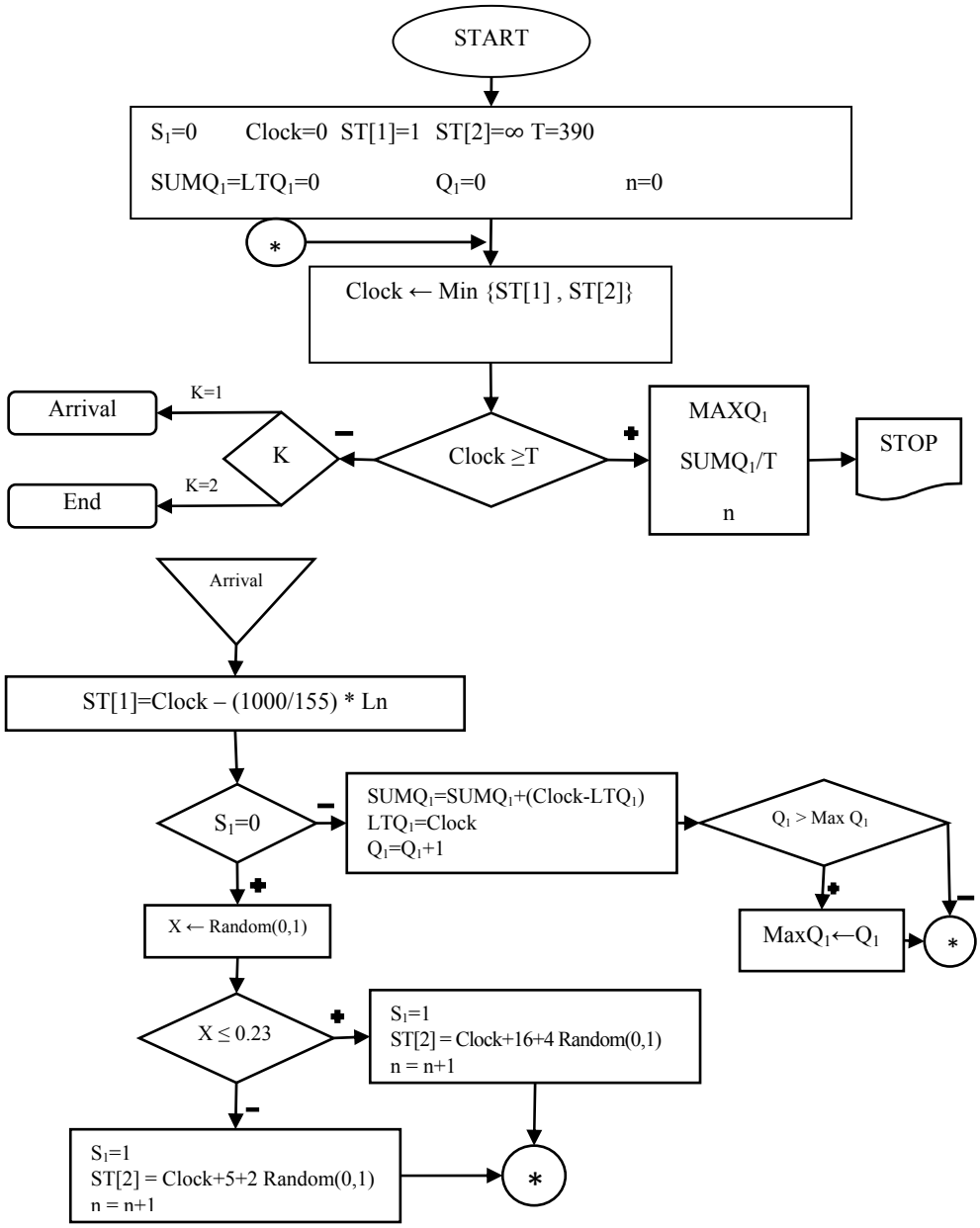
در این الگو یک باجه مختص افتتاح حساب و صدور کارت است و سه باجهٔ دیگر، سایر وظایف تحویلداری را انجام می‌دهند؛ بنابراین صف افتتاح حساب و صدور کارت، از صف سه باجهٔ دیگر کاملاً مستقل است و در نتیجه، الگو دارای دو قسمت کاملاً مجزا با نظام سرویس‌دهی نخستین ورودی، اولین خروجی است. شایان ذکر است که در قسمت اول مدل با توجه به اطلاعات جمع‌آوری شده و مفروضات کلی مدل‌ها (جدول ۲)، در این حالت از شبیه‌سازی، کمتر از ۲۳ درصد مشتریان مراجعه‌کننده به باجهٔ افتتاح حساب و صدور کارت، تقاضای افتتاح حساب و باقی ماندهٔ مشتریان تقاضای صدور کارت دارند.



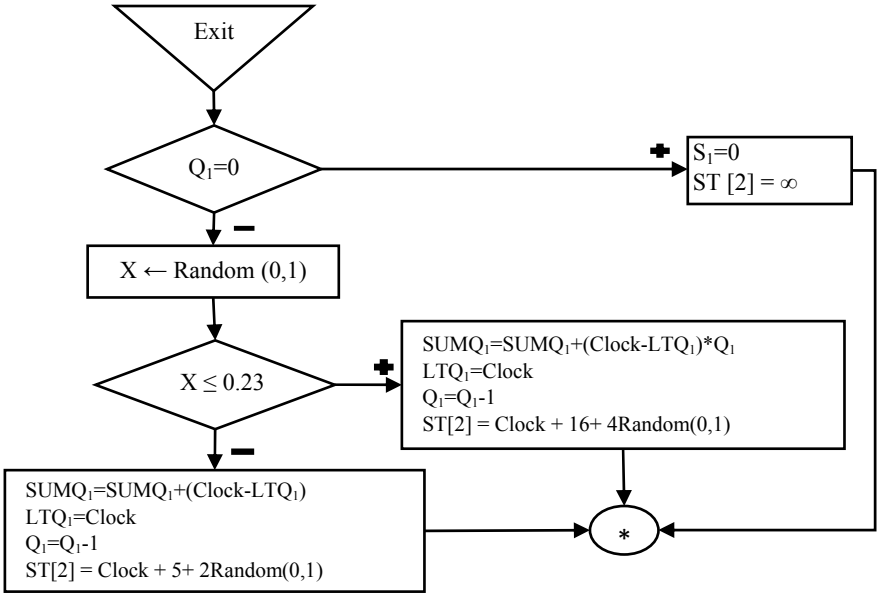
شکل ۵. فرایند افتتاح حساب و صدور کارت در الگوی دوم



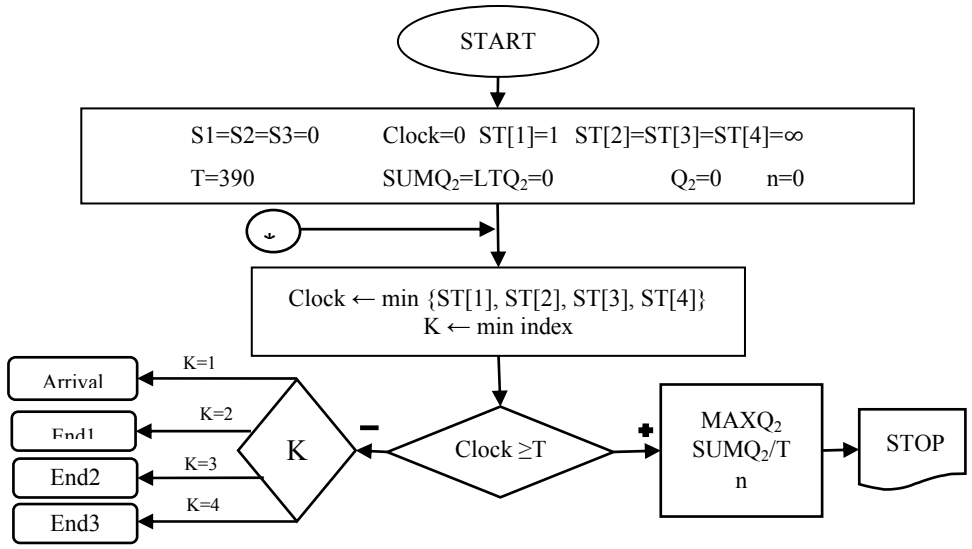
شکل ٦. فرایند ارائه سایر خدمات تحویلداری در الگوی دوم



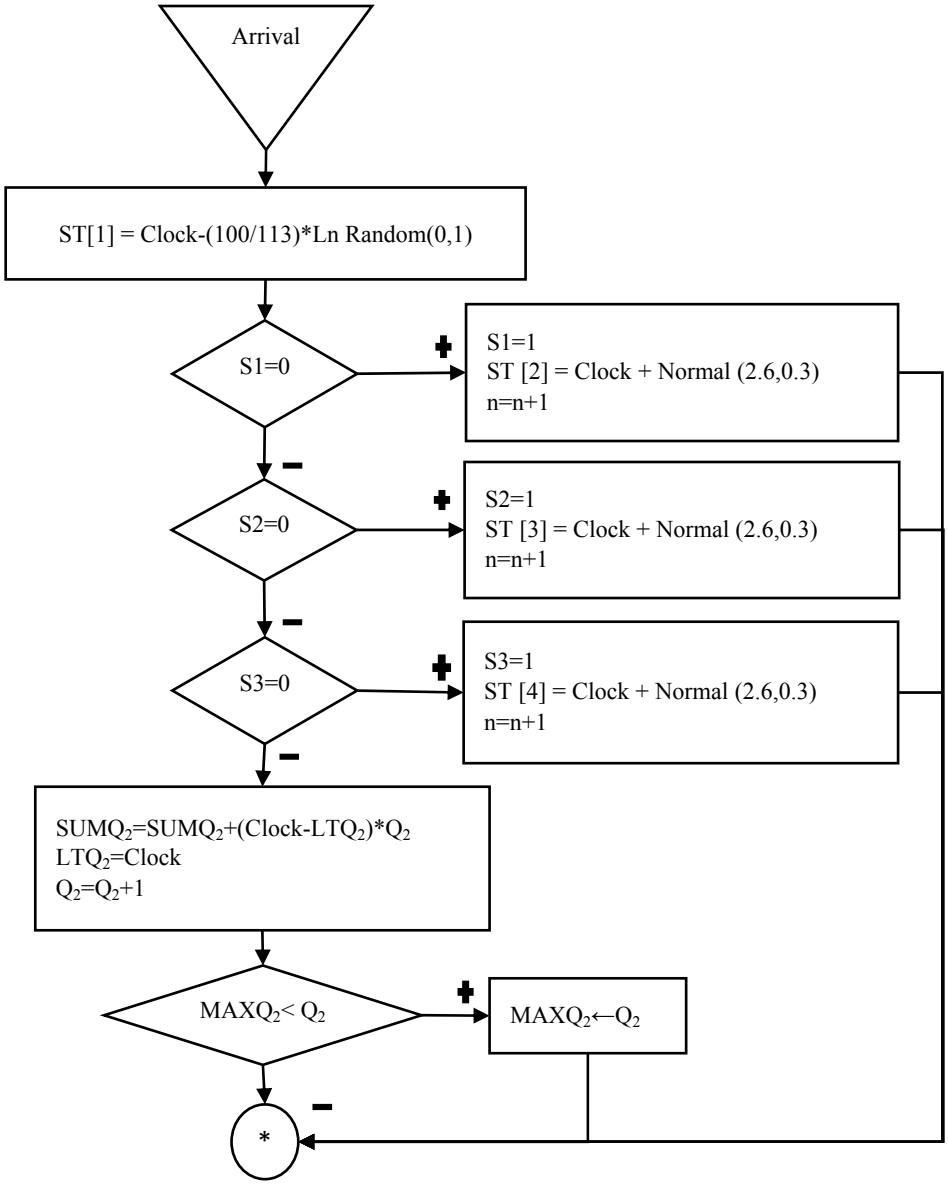
شکل ۷. مدل‌سازی فرایندها در الگوی دوم مطابق شکل ۵



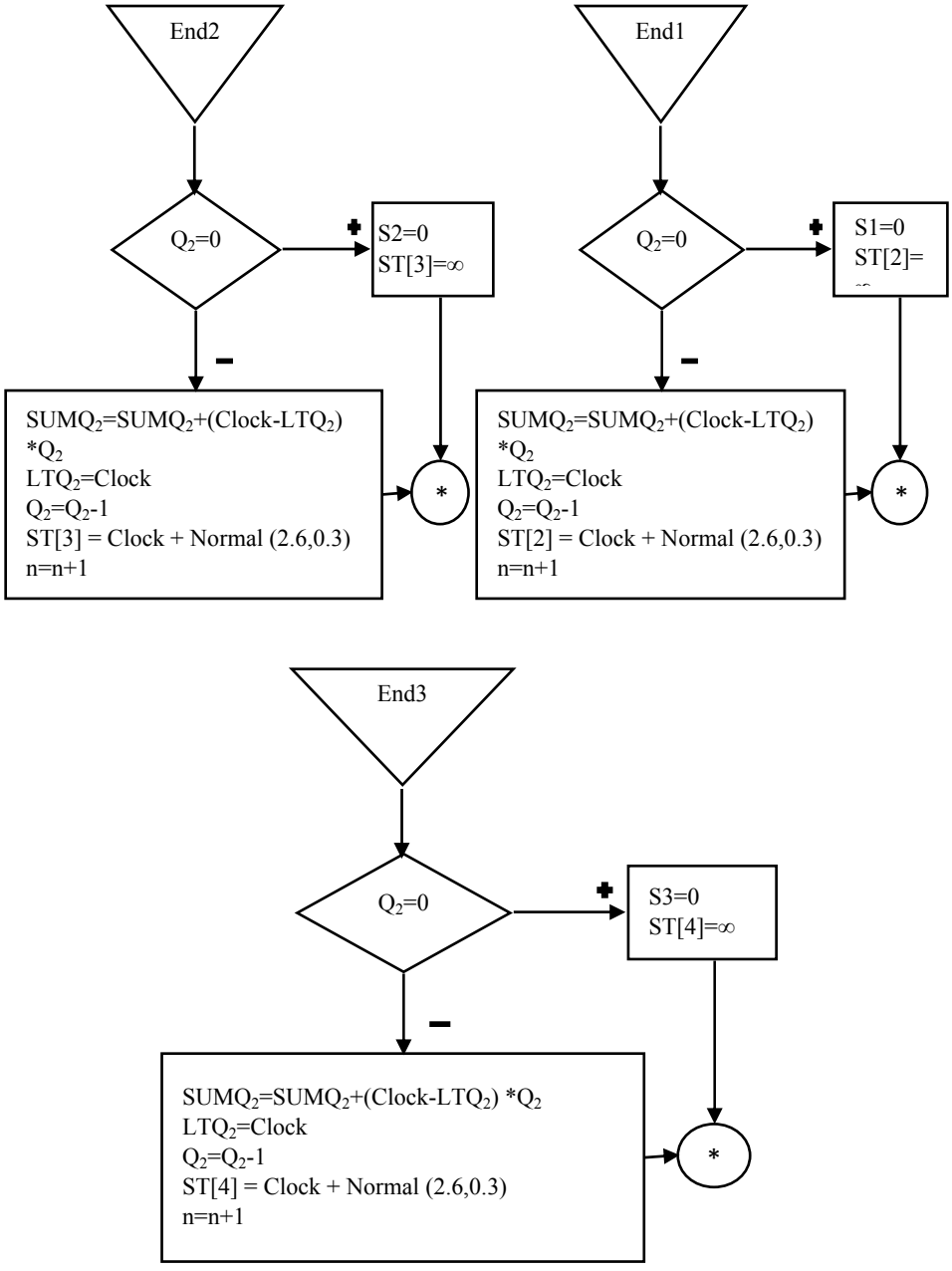
ادامهٔ شکل ۷



شکل ۸. مدل‌سازی فرایندها در الگوی دوم مطابق شکل ۶


Arrival
ST[1] = Clock-(100/113)*Ln Random(0,1)
S1=0
S1=1
ST [2] = Clock + Normal (2.6,0.3)
n=n+1
S2=0
S2=1
ST [3] = Clock + Normal (2.6,0.3)
n=n+1
S3=0
S3=1
ST [4] = Clock + Normal (2.6,0.3)
n=n+1
SUMQ2=SUMQ2+(Clock-LTQ2)*Q2
LTQ2=Clock
Q2=Q2+1
MAXQ2< Q2
MAXQ2←Q2
*

ادامه شکل ۸


End2
Q_2=0
S2=0
ST[3]=∞
$SUMQ_2=SUMQ_2+(Clock-LTQ_2)*Q_2$
LTQ_2=Clock
$Q_2=Q_2-1$
ST[3] = Clock + Normal (2.6,0.3)
n=n+1
End1
Q_2=0
S1=0
ST[2]=
$SUMQ_2=SUMQ_2+(Clock-LTQ_2)*Q_2$
LTQ_2=Clock
$Q_2=Q_2-1$
ST[2] = Clock + Normal (2.6,0.3)
n=n+1
End3
Q_2=0
S3=0
ST[4]=∞
$SUMQ_2=SUMQ_2+(Clock-LTQ_2)*Q_2$
LTQ_2=Clock
$Q_2=Q_2-1$
ST[4] = Clock + Normal (2.6,0.3)
n=n+1

ادامهٔ شکل ۸

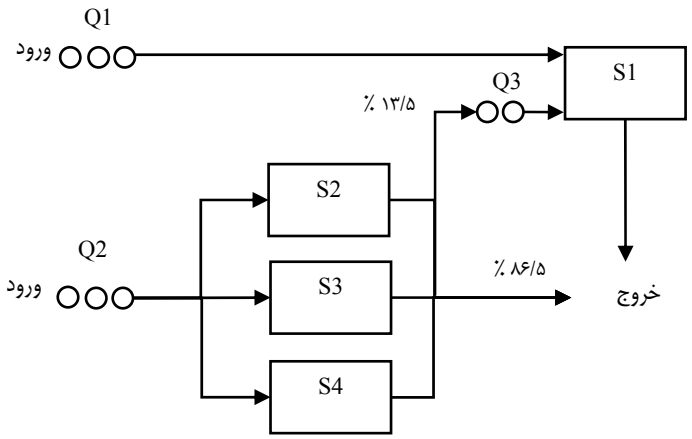
الگوی سوم

در این الگو صدور کارت المثنی به دو بخش سری به‌صورت زیر تقسیم می‌شود:

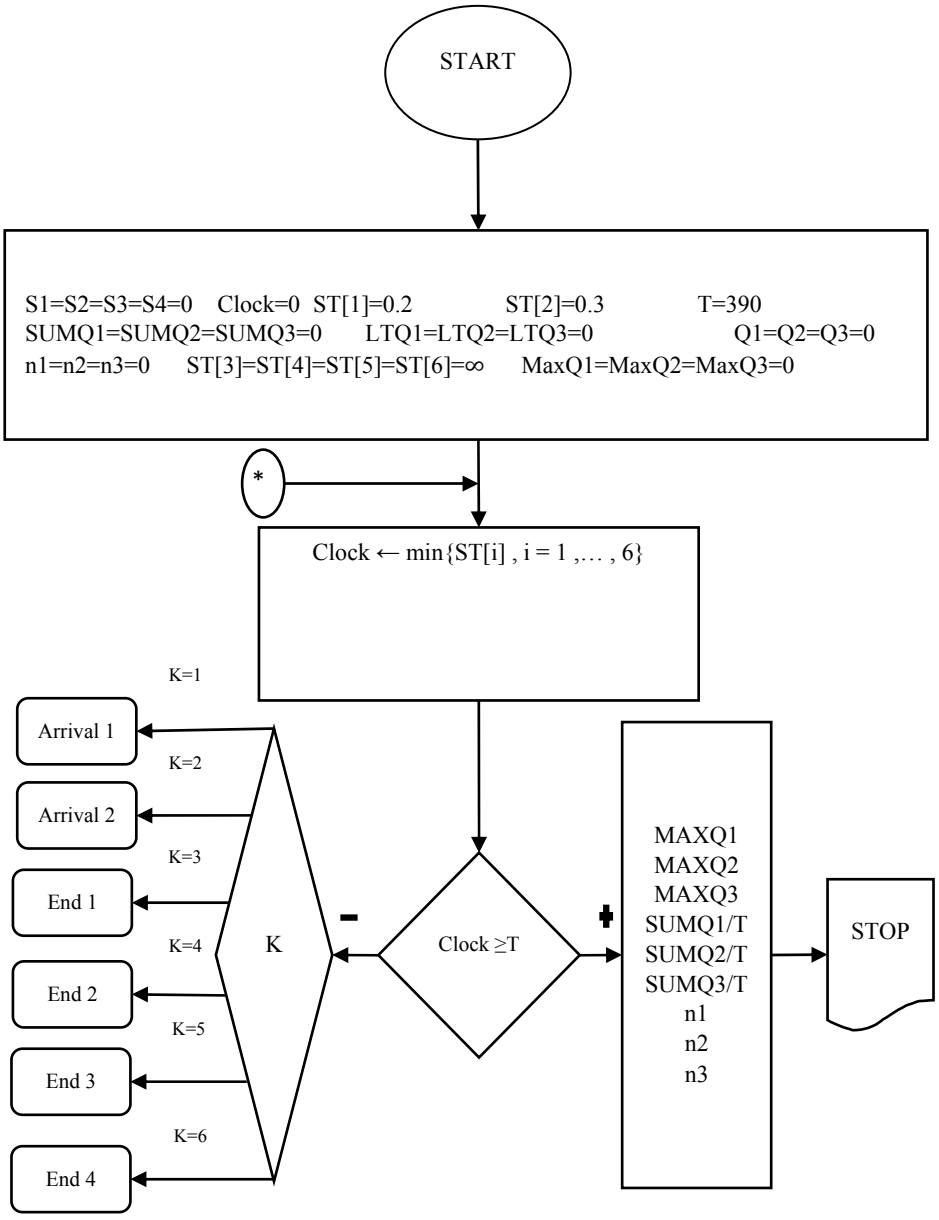
الف. انجام استعلامات قانونی و ثبت درخواست

ب. چاپ و فعال‌سازی تحویل کارت

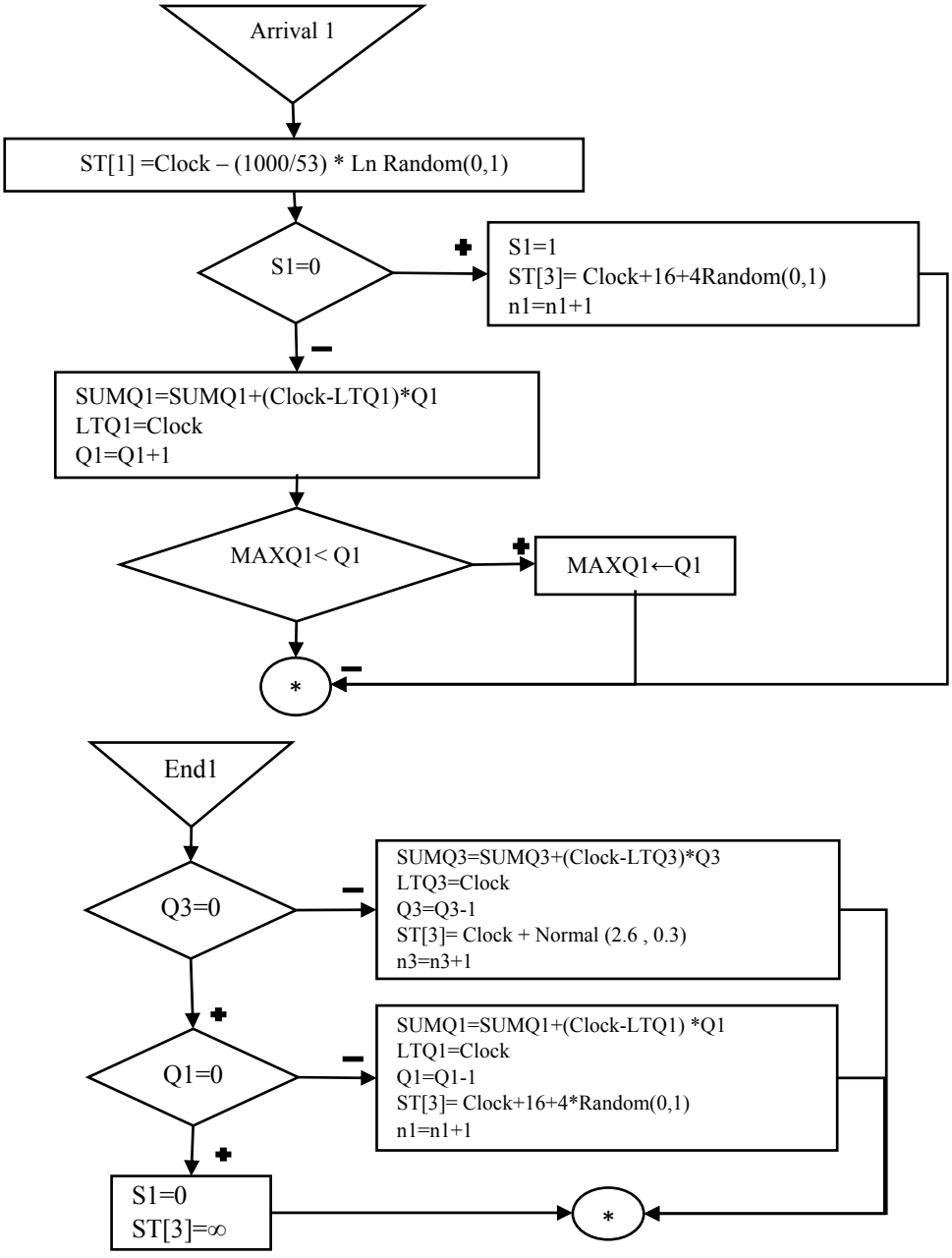
سه باجه وظایف تحویلداری را با نظام سرویس‌دهی اولین ورودی، اولین خروجی انجام می‌دهند و گرفتن استعلام‌های قانونی و ثبت درخواست کارت المثنی نیز، جزئی از وظایف تحویلداری قلمداد می‌شود. یک باجه دیگر وظایف افتتاح حساب و چاپ و فعال‌سازی تحویل کارت را با نظام سرویس‌دهی کوتاه‌ترین کار انجام می‌دهد. بدیهی است با توجه به مدت زمان خدمت‌دهی برای افتتاح حساب و خدمات کارت طبق نظام انجام کوتاه‌ترین کار، اولویت سرویس‌دهی با چاپ، فعال‌سازی و تحویل کارت است.



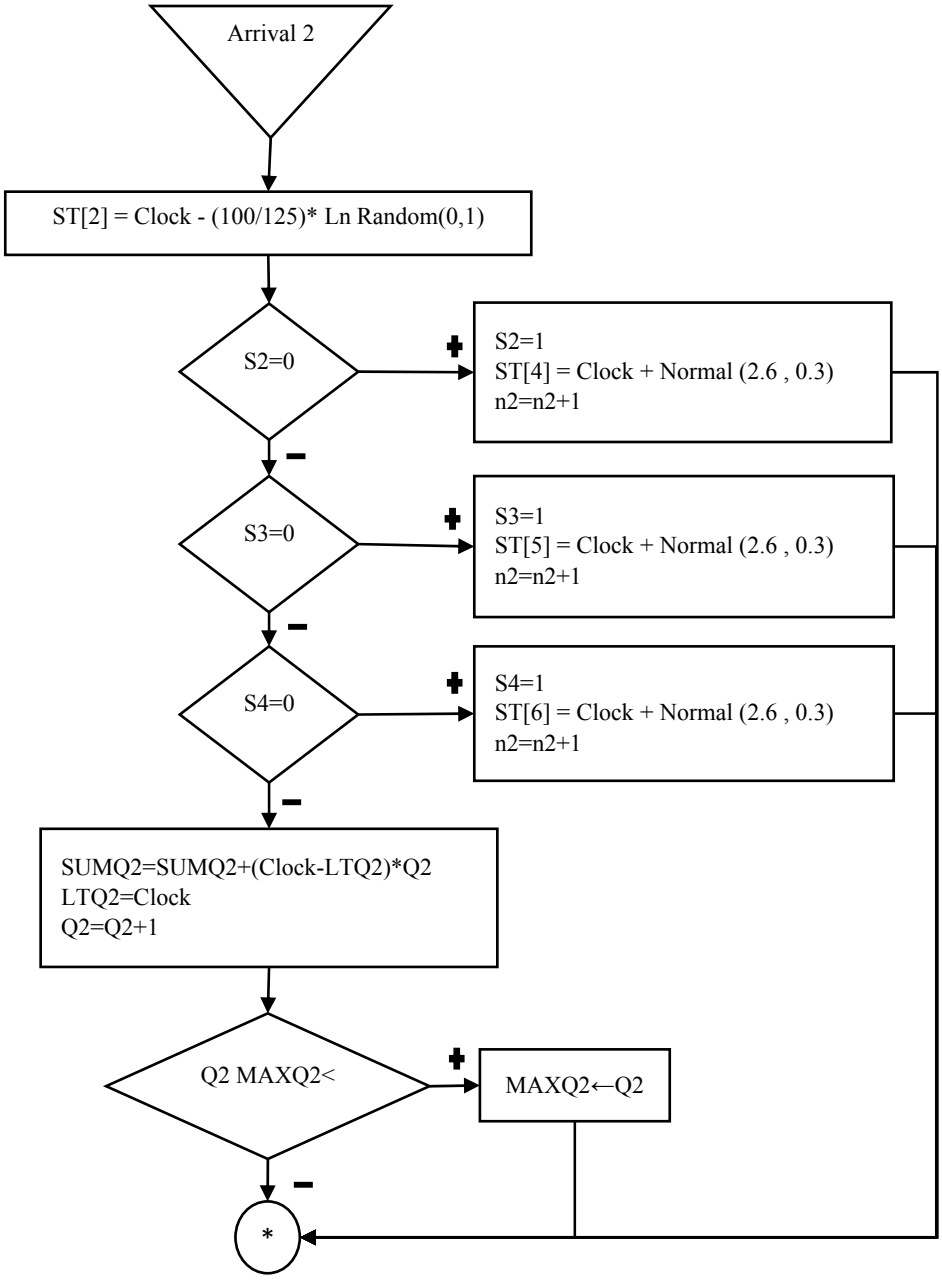
شکل ۹. سیستم خدمت‌دهی در الگوی سوم



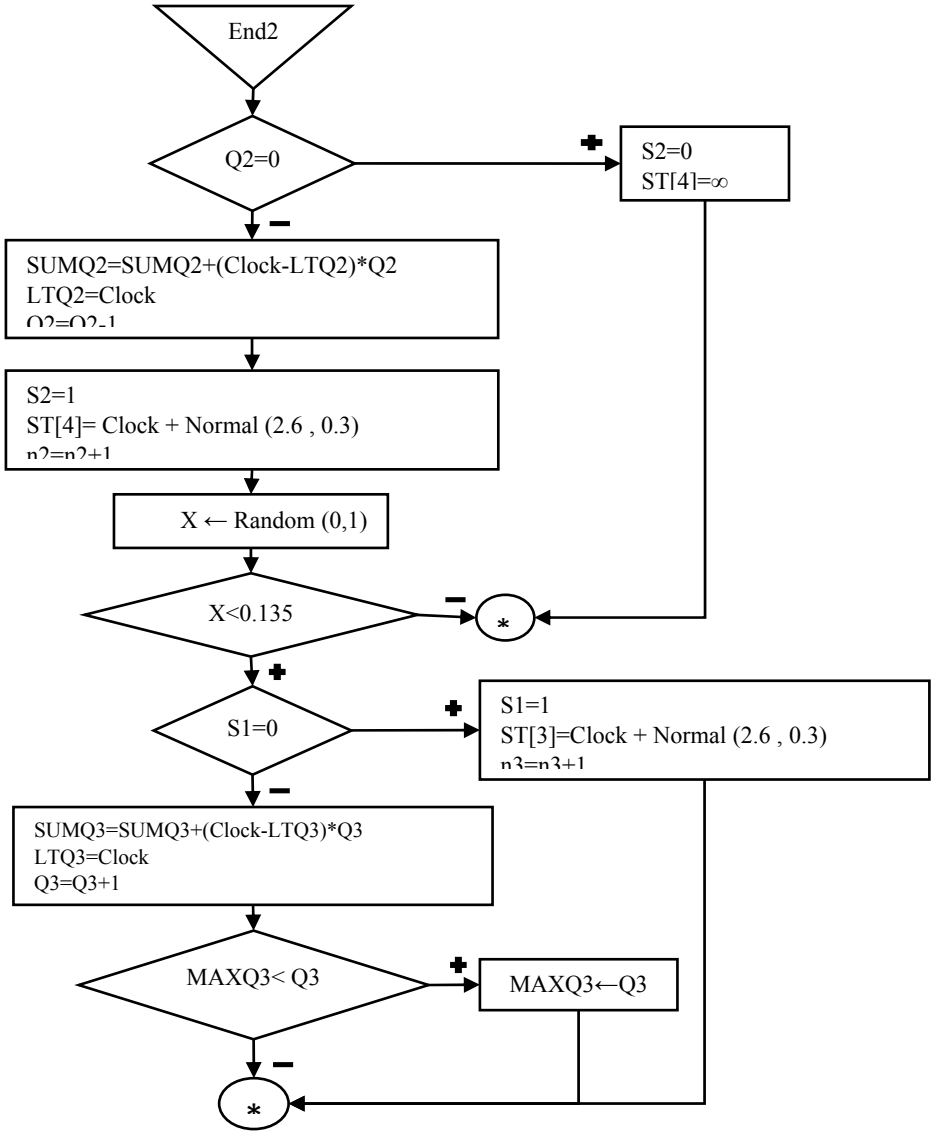
شکل ۱۰. مدل‌سازی فرایندها در الگوی سوم


Arrival 1
ST[1] =Clock – (1000/53) * Ln Random(0,1)
S1=0
S1=1
ST[3]= Clock+16+4Random(0,1)
n1=n1+1
SUMQ1=SUMQ1+(Clock-LTQ1)*Q1
LTQ1=Clock
Q1=Q1+1
MAXQ1< Q1
MAXQ1←Q1
*
End1
Q3=0
SUMQ3=SUMQ3+(Clock-LTQ3)*Q3
LTQ3=Clock
Q3=Q3-1
ST[3]= Clock + Normal (2.6 , 0.3)
n3=n3+1
Q1=0
SUMQ1=SUMQ1+(Clock-LTQ1) *Q1
LTQ1=Clock
Q1=Q1-1
ST[3]= Clock+16+4*Random(0,1)
n1=n1+1
S1=0
ST[3]=∞
*

ادامهٔ شکل ۱۰

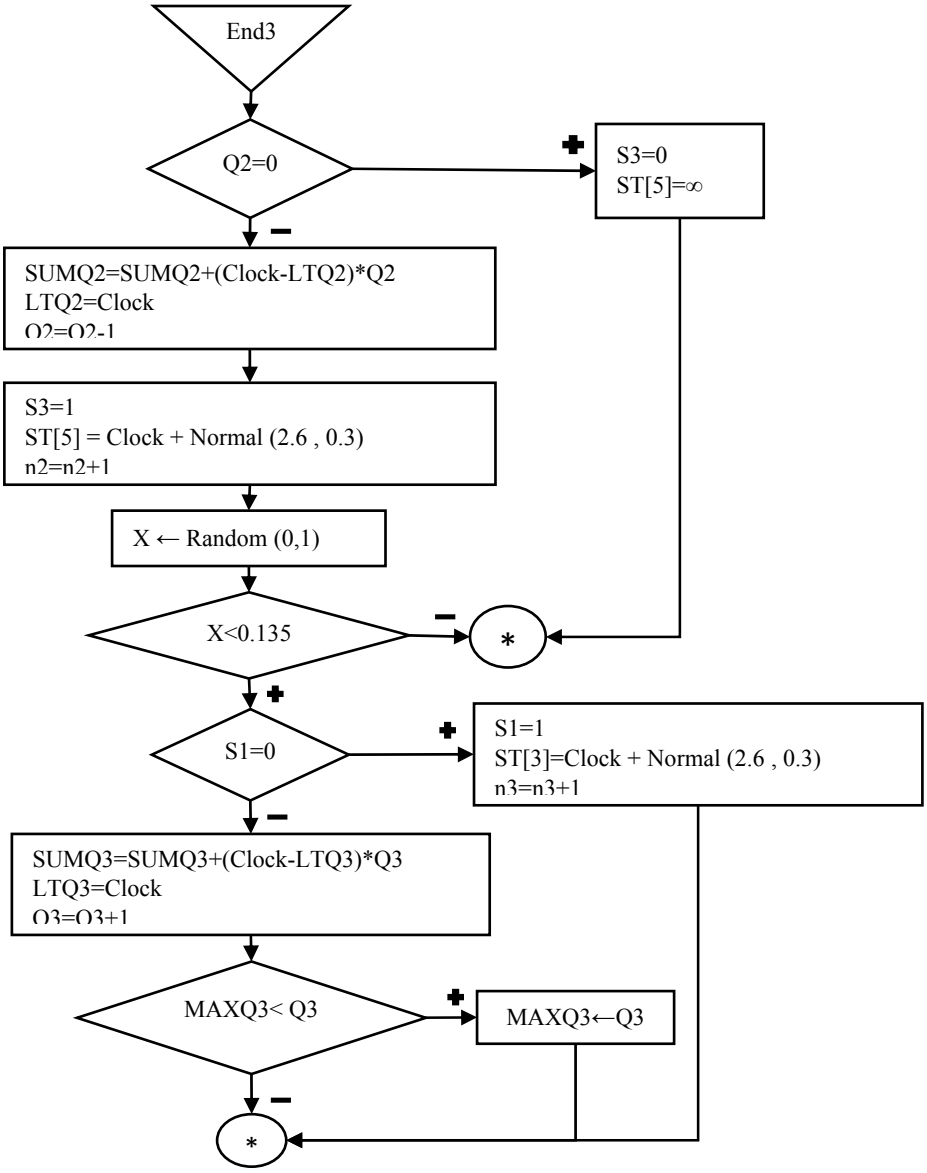

Arrival 2
ST[2] = Clock - (100/125)* Ln Random(0,1)
S2=0
S2=1
ST[4] = Clock + Normal (2.6 , 0.3)
n2=n2+1
S3=0
S3=1
ST[5] = Clock + Normal (2.6 , 0.3)
n2=n2+1
S4=0
S4=1
ST[6] = Clock + Normal (2.6 , 0.3)
n2=n2+1
SUMQ2=SUMQ2+(Clock-LTQ2)*Q2
LTQ2=Clock
Q2=Q2+1
Q2 MAXQ2<
MAXQ2←Q2
*

ادامهٔ شکل ۱۰

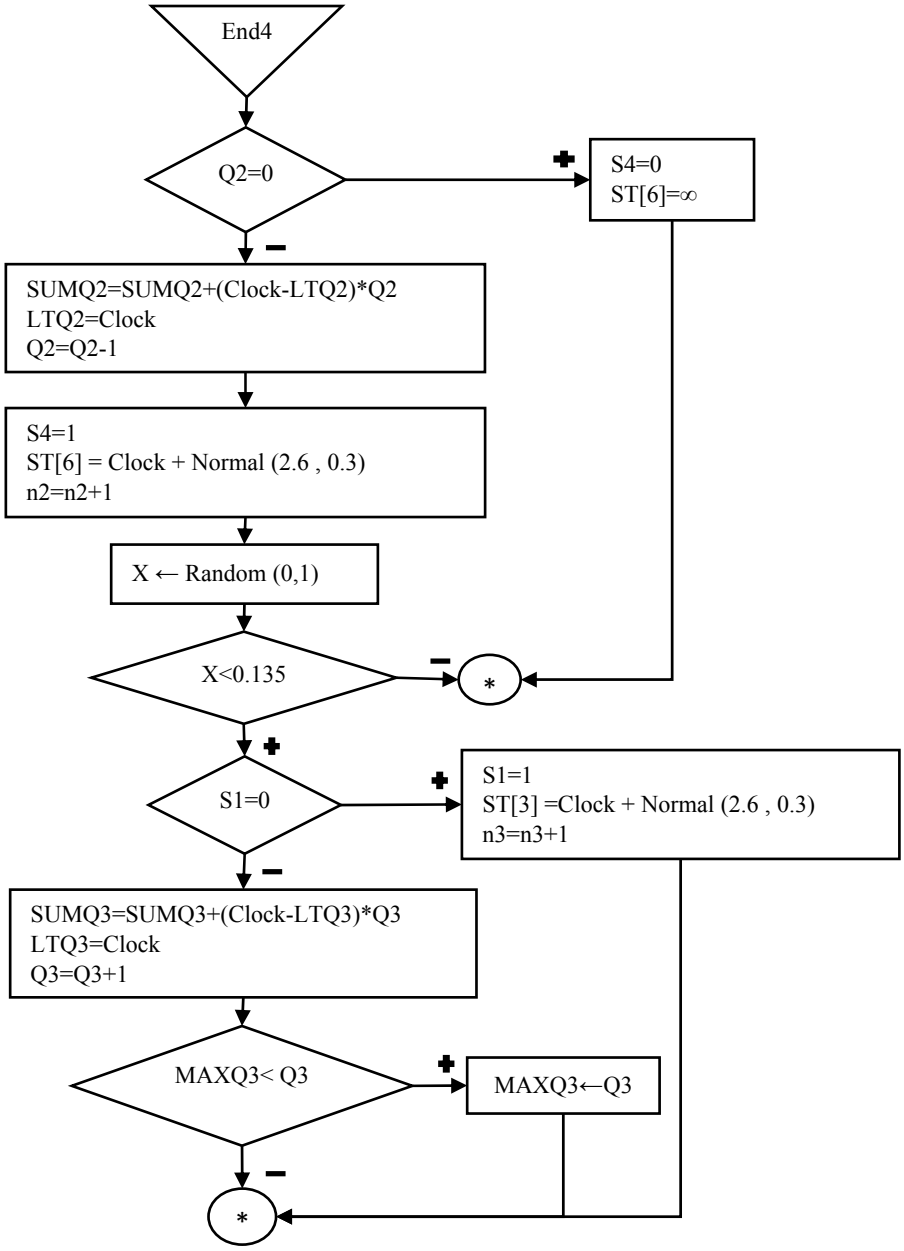


ادامهٔ شکل ۱۰

توضیحات بیشتر دربارهٔ مدل: با توجه به اطلاعات جمع‌آوری‌شده و مفروضات کلی مدل‌ها (جدول ۲) کمتر از ۱۳/۵ درصد مشتریان متقاضی صدور کارت عابر بانک المثنی هستند.


End3
Q2=0
S3=0
ST[5]=∞
SUMQ2=SUMQ2+(Clock-LTQ2)*Q2
LTQ2=Clock
Q2=Q2-1
S3=1
ST[5] = Clock + Normal (2.6 , 0.3)
n2=n2+1
X ← Random (0,1)
X<0.135
*
S1=0
S1=1
ST[3]=Clock + Normal (2.6 , 0.3)
n3=n3+1
SUMQ3=SUMQ3+(Clock-LTQ3)*Q3
LTQ3=Clock
Q3=Q3+1
MAXQ3< Q3
MAXQ3←Q3
*

ادامهٔ شکل ۱۰


End4
Q2=0
S4=0
ST[6]=∞
SUMQ2=SUMQ2+(Clock-LTQ2)*Q2
LTQ2=Clock
Q2=Q2-1
S4=1
ST[6] = Clock + Normal (2.6 , 0.3)
n2=n2+1
X ← Random (0,1)
X<0.135
*
S1=0
S1=1
ST[3] =Clock + Normal (2.6 , 0.3)
n3=n3+1
SUMQ3=SUMQ3+(Clock-LTQ3)*Q3
LTQ3=Clock
Q3=Q3+1
MAXQ3< Q3
MAXQ3←Q3
*

ادامهٔ شکل ۱۰

تحلیل و مقایسه مدل‌ها

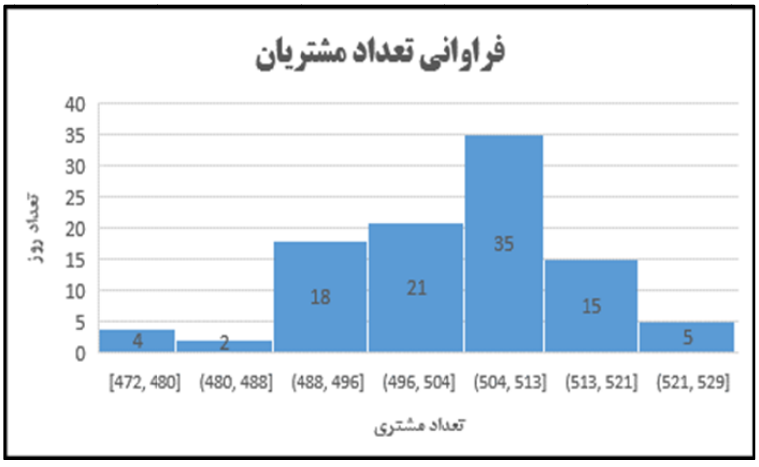
پس از برنامه‌نویسی و شبیه‌سازی مدل‌ها برای ۱۰۰ روز (هر روز ۳۹۰ دقیقه و به‌صورت گسسته) با استفاده از نرم‌افزار آر نتایج زیر به‌دست آمد.

الگوی اول

دو صف کاملاً مجزا وجود دارد و یک باجه و صف فقط برای افتتاح حساب و صدور کارت در نظر گرفته می‌شود. مشتریان بر اساس سیاست اولین ورودی، اولین خروجی خدمت‌دهی می‌شوند و صف دیگر برای سایر فرایندهای تحویلداری اختصاص دارد.

جدول ۳. نتایج شبیه‌سازی الگوی اول

نتایج ۱۰۰روزه شبیه‌سازی	MAXQ	SUMQ/T	n_1	n_2	n_3	NT
میانگین	۶۵	۳۱/۷۳	۲۰	۸۳	۴۰۲	۵۰۴
ماکزیمم	۱۱۱	۶۳	۳۴	۹۵	۴۴۰	۵۲۷
مینیمم	۲۸	۸/۴	۱۰	۶۳	۳۶۳	۴۷۲
مد	۸۳	۳۲	۱۸	۸۶	۴۰۱	۵۰۶
میانه	۶۴	۳۱/۱	۱۹	۸۳	۴۰۲	۵۰۶



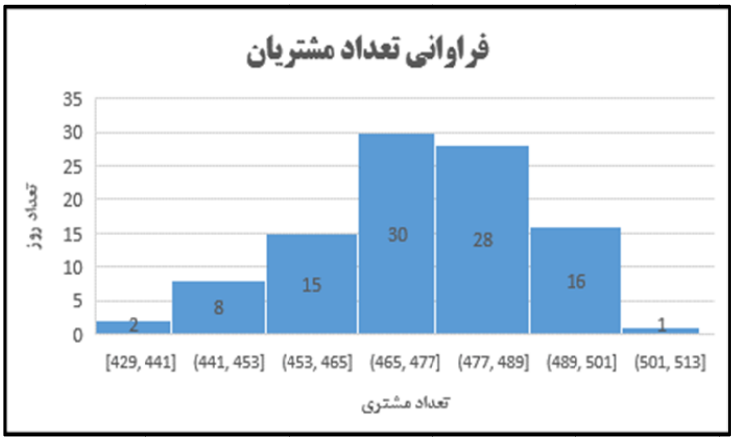
شکل ۱۱. فراوانی مشتریان در الگوی اول

الگوی دوم

در این الگو یک باجه مختص افتتاح حساب و صدور کارت است و سه باجه، سایر وظایف تحویلداری را انجام می‌دهند؛ بنابراین صف افتتاح حساب و صدور کارت، از صف سه باجه دیگر جداست.

جدول ٤. نتایج شبیه‌سازی الگوی دوم

نتایج ۱۰۰روزه شبیه‌سازی	PART1				PART2			Total
	$MAXQ_1$	$SUMQ_1/T$	n_1	n_2	n_3	$MAXQ_2$	$SUMQ_2/T$	NT
میانگین	۲۰	۹/۵۰۲۷	۱۰	۳۴	۴۳۱	۲۲	۸/۳۰۸۲	۴۷۵
ماکزیمم	۴۲	۲۵/۲	۱۶	۵۴	۴۵۴	۴۵	۲۳/۵	۵۰۳
مینیمم	۴	۰/۹	۴	۲۲	۳۸۶	۶	۱/۵	۴۲۹
مد	۱۹	۹/۱	۱۱	۳۳	۴۳۸	۱۴	۳/۵	۴۷۴
میانه	۱۹	۹/۲	۱۱	۳۳	۴۳۲	۲۱	۶/۶۵	۴۷۶

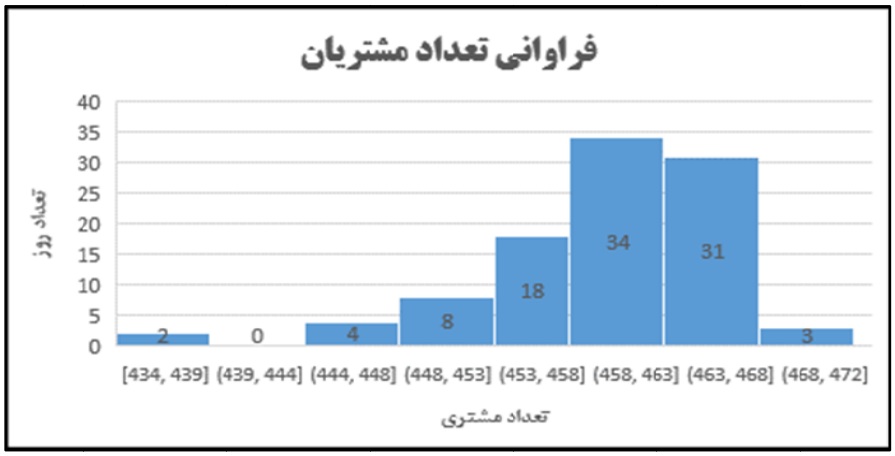


شکل ۱۲. فراوانی مشتریان در الگوی دوم

الگوی سوم

جدول ۵. نتایج شبیه‌سازی الگوی سوم

نتایج ۱۰۰روزه شبیه‌سازی	$MAXQ_1$	$MAXQ_2$	$MAXQ_3$	$SUMQ_1/T$	$SUMQ_2/T$	$SUMQ_3/T$	n_1	n_2	n_3	NT
میانگین	۹	۵۲	۶	۴/۴۳	۲۴/۰۶	۱/۴۰	۱۳	۴۴۶	۵۷	۴۵۹
ماکزیمم	۲۳	۹۶	۸	۱۳/۱	۵۰/۶۷	۲/۳	۱۶	۴۵۵	۸۱	۴۶۹
مینیمم	۲	۱۴	۴	۰/۵۸	۳/۳	۰/۸۸	۱۰	۴۲۰	۴۱	۴۳۴
مد	۵	۴۳	۵	۱/۸	۲۴/۷	۱/۵۷	۱۴	۴۴۸	۵۷	۴۶۲
میانه	۹	۵۱	۶	۴/۲۲	۲۳/۲۷	۱/۴۰	۱۳	۴۴۸	۵۷	۴۶۱



شکل ۱۳. فراوانی مشتریان در الگوی سوم

با مقایسهٔ میانگین نتایج ۱۰۰روزه شبیه‌سازی مدل‌ها نتایج زیر به‌دست می‌آید.

جدول ٦. مقایسه حالت‌های مختلف خدمت‌دهی

مشروح نتایج شبیه‌سازی به مدت ۱۰۰ روز	الگوی اول	الگوی دوم	الگوی سوم	اختلاف نسبت بیشترین به کمترین
میانگین تعداد مشتریانی که خدمت می‌گیرند	۵۰۴	۴۷۵	۴۵۹	۱۰٪
رتبه	۱	۲	۳	
میانگین تعداد افتتاح حساب	۲۰	۱۰	۱۳	۱۰۰٪
رتبه	۱	۳	۲	
میانگین تعداد صدور کارت	۸۳	۳۴	۵۷	۱۴۴٪
رتبه	۱	۳	۲	
میانگین تعداد سایر خدمات تحویلداری	۴۰۲	۴۳۱	۳۸۹	۱۱٪
رتبه	۲	۱	۳	
میانگین وزنی طول صف جهت افتتاح حساب (دقیقه)	۳۱/۷	۹/۵	۴/۴۳	۶۱۶٪
رتبه	۳	۲	۱	
میانگین وزنی طول صف جهت صدور کارت (دقیقه)	۳۱/۷	۹/۵	۲۵/۵	۲۳۴٪
رتبه	۳	۱	۲	
میانگین وزنی طول صف جهت سایر فرایندهای تحویلداری (دقیقه)	۳۱/۷	۸/۳	۲۴/۱	۲۸۲٪
رتبه	۳	۱	۲	
حداکثر طول صف جهت افتتاح حساب	۶۵	۲۰	۹	۶۲۲٪
رتبه	۳	۲	۱	
حداکثر طول صف جهت صدور کارت	۶۵	۲۰	۵۷	۲۲۵٪
رتبه	۳	۱	۲	
حداکثر طول صف جهت سایر فرایندهای تحویلداری	۶۵	۲۲	۵۲	۱۹۵٪
رتبه	۳	۱	۲	

با توجه به اینکه هر یک از الگوها در یک یا چند زمینه نسبت به الگوی دیگر برتری دارند، برای انتخاب بهترین الگو نیاز است که از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره[1] و یکی از شاخه‌های آن (تصمیم‌گیری چند شاخصه[2] یا تصمیم‌گیری چندهدفه[3]) استفاده شود و این موضوع می‌تواند دریچه‌ای برای مطالعات آتی در حوزهٔ بانکداری باشد.

در گزینه‌های تعداد مشتریانی که خدمت می‌گیرند و میانگین تعداد مشتریان سایر خدمات تحویلداری، بین الگوهای مختلف تفاوت خیلی زیادی وجود ندارد؛ اما در سایر موارد تفاوت‌ها بسیار زیاد است.

الگوی اول در بحث تعداد مشتریان، بهترین عملکرد را دارد؛ اما در بحث‌های طول صف، زمان انتظار و شلوغ شدن شعبه، بدترین عملکرد را نمایش می‌دهد و در زمانی که دو یا چند باجه به‌صورت هم‌زمان درگیر افتتاح حساب می‌شوند، نارضایتی سایر مشتریان از عدم کاهش طول صف افزایش می‌یابد.

در الگوی دوم بیشتر تمرکز روی سایر فرایندهای تحویلداری منعطف می‌شود و تعداد مشتریان افتتاح حساب و صدور کارت که خدمات دریافت می‌کنند، بسیار کم است (میزان خدمت‌دهی کمتر از نصف کل تقاضاست)، در نتیجه همواره نارضایتی و اعتراض به عدم ارائه خدمات (صدور کارت و افتتاح حساب) وجود خواهد داشت.

الگوی سوم رویه‌ای نسبتاً متعادل دارد؛ اما تعداد کل مشتریانی که خدمت‌دهی می‌شوند، مقداری کمتر از دو الگوی دیگر است همچنین با تحلیل جزئی‌تر خدمت‌دهی در دورهٔ ۱۰۰ روزه شبیه‌سازی، چولگی به راست در فراوانی مشتریان مشهود است و این امر موجب اختلاف زیاد در ماکزیمم و مینیمم تعداد مشتریانی که خدمت‌دهی می‌شوند، شده است.

نتیجه‌گیری

صف یکی از ویژگی‌هایی است که عملکرد هر واحدی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و همواره بانک نیز یکی از مراکزی است که با معضل صف و بهینه‌سازی آن سروکار دارد. با استفاده از شبیه‌سازی کامپیوتری، الگوهای مختلف خدمت‌دهی و قدرت گسترش و فشردن زمان، می‌توان برای سیستم‌های صفی مختلف، بهترین تصمیم را گرفت. اتخاذ بهترین تصمیم برای نحوه و مدل

1. Multi Criteria Decision Making (MCDM)
2. Multiple Attribute Decision Making (MADM)
3. Multiple Objective Decision Making (MODM)

خدمت‌دهی در بانک‌ها، در کنترل صحیح صف و کاهش میانگین وزنی زمان انتظار مشتریان نقش مهمی دارد. با توجه به اطلاعات جمع‌آوری‌شده از ۱۲۳۰۰ مشتری در چهار شعبهٔ بانک ملت، انجام تحلیل‌های آماری، مدل‌سازی سیستم‌های خدمت‌دهی و برنامه‌نویسی و شبیه‌سازی کامپیوتری با استفاده از نرم‌افزار آر برای مدت ۱۰۰ روز کاری، قوت‌ها و ضعف‌ها الگوهای مختلف خدمت‌دهی مشخص شد که با توجه به شرایط مختلف شعب، می‌توان از بهترین الگو، متناسب با شرایط آن شعبه و منطقه بهره برد. نتایج حاصل از شبیه‌سازی، برتری نسبی الگوی سوم را در مقایسه با سایر الگوها نشان داد؛ اما برای بهترین تصمیم‌گیری، می‌توان در مطالعات آتی با توجه به داده‌های حاصل از این شبیه‌سازی، از تصمیم‌گیری چندهدفه و چندمعیاره استفاده کرد.

منابع و مآخذ

الف. فارسی

ایروانی، سیدمحمدرضا (۱۳۹۸). ***سیستم‌های صف: فرایند پواسون و زنجیره‌های مارکوف (جلد ۱).*** تهران: انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران.

طالبی، حسین؛ امیری، مقصود و عظیمی، پرهام (۱۴۰۰). تحلیل سیستم صف بانک و کاهش مدت زمان انتظار مشتریان با رویکرد شبیه‌سازی و طراحی آزمایشات. ***پژوهش‌های مدیریت در ایران***، ۲۲(۱)، ۹۵- ۱۱۸.

فریبرزی عراقی، محمدعلی و میرخان، سیدمحمود (۱۴۰۰). ***مبانی شبیه‌سازی سیستم‌های صفی.*** تهران: انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی.

محمدلو، محسن؛ حمیدی، ناصر و حاج کریمی، بابک (۱۳۹۰). بانکداری الکترونیک و تراکم صف باجه‌های بانک‌ها (مطالعه موردی: معیارهای صف در بانکداری سنتی و الکترونیک). ***مدیریت بهره‌وری***، ۵(۲)، ۱۶۱- ۱۹۰.

مؤمنی، منصور؛ محقر، علی و متین نفس، فرهاد (۱۳۸۵). ارزیابی عملکرد سیستم صف کارمند ـ تحویلداری در بانک سپه. ***نشریه دانش مدیریت***، ۱۹(۷۴)، ۱۱۱- ۱۱۳.

ب. انگلیسی

Amalina, I., Siburian, B., Zaman, A. N., & Lestari, F. (2021). Analysis of Queue System Simulation on Banks with Arena System Modeling. ***Proceedings***

of the Second Asia Pacific International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Surakarta, Indonesia, September 14-16.

Cascone, A., Rarità, L., & Trapel, E. (2014). Simulation and analysis of a bank's multi-server queueing system. ***Journal of Mathematical Sciences***, 196(1), 23-29.

Cowdrey, K. W., de Lange, J., Malekian, R., Wanneburg, J., & Jose, A. C. (2018). Applying queueing theory for the optimization of a banking model. ***Journal of Internet Technology***, 19(2), 381-389.

Heizer, J. & Render, B. (2005). ***Flexible Version: Operation Management,*** (7^{th} ed.). New Jersey: Prentice Hall.

Madadi, N., Roudsari, A. H., Wong, K. Y., & Galankashi, M. R. (2013, September). Modeling and simulation of a bank queuing system. ***In 2013 Fifth International Conference on Computational Intelligence, Modelling and Simulation*** (pp. 209-215). IEEE.

Sarkar, A., Mukhopadhyay, A. R., & Ghosh, S. K. (2011). Improvement of service quality by reducing waiting time for service. ***Simulation Modelling Practice and Theory,*** 19(7), 1689-1698.

Shao, J. Y., Xie, M., Xia, L., Yin, W. J., & Dong, J. (2009, July). Customer-centric optimal resource reconfiguration for service outlets. ***In 2009 IEEE/INFORMS International Conference on Service Operations, Logistics and Informatics*** (pp. 754-759). IEEE.

Wang, Zh. & Sun, J. (2006). Application of DMAIC on Service Improvement of Bank Counter. ***International Conference on Service System and Service Management,*** IEEE Conference Publications, pp, 726-731 doi:10.1109/ICSSSM.2006.320552.