بهینه‌سازی تعداد تجهیزات شعب بانک به کمک شبیه‌سازی و الگوریتم تبرید

سید خلیل سجادی[1*]، پرهام عظیمی[2]

۱.دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران
۲.استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع ،دانشگاه آزاد قزوین، قزوین، ایران

دریافت: ۱۳۹۳/۸/۵ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۹

چکیده

از مهم‌ترین اهداف پیش روی بانک‌ها می‌توان به مشتری‌مداری از راه کاهش مدت زمان انتظار مشتریان در شعب اشاره کرد. یکی از راه‌حل‌های ممکن برای این مشکل، به‌کارگیری ترکیب مناسبی از تعداد تجهیزات و امکانات است که به‌کارگیری بیش از نیاز در این خصوص منجر به هزینه اضافی برای بانک می‌شود. این مقاله با مدلسازی ریاضی، به‌کارگیری ابزارهای فراابتکاری و شبیه‌سازی به دنبال تعیین ترکیب بهینه تعداد تجهیزات و امکانات شعب بانک می‌باشد.

مقاله حاضر از یک مدل ریاضی با دو تابع هدف کمینه‌سازی تشکیل شده است. برای حل مدل در هر مرحله جوابی موجه شبیه‌سازی شده است که به عنوان ورودی به روش فراابتکاری تبرید انتخاب می‌شود. سپس الگوریتم تبرید در همسایگی این جواب، جواب موجه بهتری شناسایی می‌کند که در ادامه این جواب شبیه‌سازی می‌شود. این چرخه تا جایی تکرار می‌شود که جواب یا سناریوی بهینه انتخاب شود. در این روش با در نظر گرفتن محدودیت‌های مسئله، سناریوهای ممکن به کمک الگوریتم تبرید با نرم‌افزار MATLAB تولید و به کمک نرم‌افزار شبیه‌سازی ED در ۵۰ مرتبه ۸ ساعته اجرا می‌شود. در این مقاله یکی از شعب بانکی خصوصی مورد بررسی قرار گرفت و سناریویی که در آن ٤ عدد باجه ریالی، ۲ عدد باجه ارزی، ۳ عدد باجه تسهیلاتی و دو عدد دستگاه خودپرداز می‌باشد، با کمترین هزینه به عنوان سناریو بهینه انتخاب شد.

واژه‌های کلیدی: بهینه‌سازی، شبیه‌سازی، الگوریتم تبرید، تجهزات و امکانات شعب بانک.

---

* نویسندهٔ مسؤول مقاله: E-mail: sajjadi2006@yahoo.com

۱. مقدمه

بانک‌ها از جمله سازمان‌های خدماتی‌اند که با ارائه خدمات مالی، ارتباط تنگاتنگ با مشتری خود دارند. مشتریان هر بانک مایه حیات آن بانک می‌باشند. بنابراین تردیدی نیست که شرط دستیابی به سودآوری این بنگاه‌های مالی تجزیه و تحلیل مسائل مربوط به رضایت‌مندی مشتریان در سطوح صف بانکی (شعب) است [۱، صص ۱٤۷-۱٦٤]. در نظام بانکی، مشتری محور اصلی است که تمام تلاش مدیران بانک در جهت کسب حداکثر رضایت از آنان است [۲، صص٦٥-۷۱]. بنابراین در فضای رقابت بانکی، بانک‌هایی موفق خواهند بود که بتوانند وفاداری بیشتر مشتریان خود را جلب نمایند و با توجه به شناخت رفتار مشتریان، همواره خواهان ارائه خدمات سریع‌تر و بهتر به آنها باشند [۳، صص ۱-۱۸]. در بررسی برنامه‌های راهبردی بانک‌ها، یکی از استراتژی‌هایی که در چند سال اخیر در راستای تکریم مشتری مدنظر قرار می‌گیرد، کاهش مدت انتظار و یا طول صف مشتریان می‌باشد [٤، صص ۱۳۳-۱٥٦]. اما ممکن است این سؤال پیش آید که چگونه و با چه روش و یا با چه ابزاری می‌توان این انتظار را کاهش داد؟ یا آنکه برای وضعیت فعلی شعب چه راهکاری برای رسیدن به رضایت‌مندی بیشتر مشتری وجود دارد؟ چگونه می‌توان از آغاز تأسیس شعبه یک بانک تعداد مشتریان و حجم مراجعه‌های مشتری را با توجه به نوع درخواست پیش‌بینی نمود؟ به چه میزان تجهیزات و امکانات برای پاسخگویی به انتظارات مشتریان باید در هر شعبه تعبیه نمود؟ برای پاسخگویی به این پرسش‌ها می‌توان از شبیه‌سازی استفاده کرد. شبیه‌سازی یکی از راه‌های سیستم واقعی با گذشت زمان است که می‌تواند از بهترین راهکارها در راستای تصمیم‌گیری مدیران ارشد جهت اصلاح فرآیند انجام کار استفاده شود. شبیه‌سازی، تقلیدی از عملکرد فرایند یک سیستم واقعی با گذشت زمان است. در شبیه‌سازی به جای ایجاد فرمولی ثابت برای به دست آوردن راه‌حل نتایج، مسئله چندین بار اجرا شده و هر بار نتایج یادداشت می‌شود که درنهایت این دستاوردها مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد [٥، صص ٤۷-٥۰]. بنابراین طراحی مدل شبیه‌سازی به منظور تحلیل برای پیش‌بینی تأثیر تغییرات سیستم‌های موجود و نیز به‌عنوان ابزاری برای پیش‌بینی عملکرد سیستم جدید در مجموعه‌ای از شرایط مختلف کاربرد دارد. در این تحقیق سعی شد که با استفاده از چندین سناریو (جواب‌های موجه) شبیه‌سازی یکی از شعب بانک خصوصی با مدل ریاضی دو هدفه کمینه‌سازی مدت زمان انتظار مشتریان و کمینه‌کردن هزینه تجهیز شعبه (تعداد نیروی انسانی،

POS، خودپرداز، PinPad و ...) صورت پذیرد و با جایگذاری تابع هدف مسئله بهینه‌سازی با مدل شبیه‌سازی و رعایت محدودیت‌های مسئله به کمک روش‌های تصمیم‌گیری چند هدفه (MODM)[1] و یکی از الگوریتم‌های فرا ابتکاری حل شود تا سناریو برتر انتخاب و هزینه تجهیز و مدت زمان انتظار مشتری کمینه شود.

۲- پیشینه تحقیق

برخی شعب بانک‌های ایرانی به شدت شلوغ هستند. شاید یکی از دلایل این پدیده سنتی بودن فرایندهای بانکی یا استفاده نکردن از روش‌های نوین بانکداری در قالب فناوری‌های جدید می‌باشد [٦]. عواملی که در بانک‌ها و مؤسسات مالی بر کیفیت خدمات بانکی اثرگذارند، می‌تواند شامل انواع نرخ‌های بانکی، مدیریت پاسخگویی به شکایات، اطلاع‌رسانی به مشتریان، سرعت و دقت در ارائه خدمات، استفاده از فناوری‌های جدید در ارائه خدمات بانکی، رفتار مناسب کارمندان در برخورد با مشتریان و امین بودن کارکنان در خصوص اطلاعات مشتری باشد [۷، صص ۳۲-۳۳]. نگه داشتن طولانی‌مدت مشتریان در صف انتظار موجب عدم وفاداری آنها می‌شود. به همین جهت مطلوب است تا زمان انتظار را به صفر نزدیک کنیم. یکی از راه‌های کاهش شلوغی شعب، بانکداری الکترونیکی است، زیرا یک شیوه ارتباطی بر خط را با مشتری پدید می‌آورد[۸، صص ۱-۳]. این موضوع به‌خصوص در حوزه خدمات در تحقیقات داخل تا حد کمتری نسبت به تحقیقات خارجی مورد توجه قرار گرفته است، به طوری که در بخش تحقیقات داخلی بیشتر به صورت کیفی و توصیفی به این موضوع پرداخته شده است. در منابع خارجی با در نظر گرفتن کاهش زمان انتظار مشتریان، عامل افزایش میزان رضایت‌مندی آنها به شمار رفته است، به طوری که در مقاله‌ای با مدلسازی و شبیه‌سازی سیستم صف ترکیبی با نرخ خرابی در جهت افزایش پهنای باند و کاهش مدت زمان انتظار مشتریان در یک سیستم پاسخگویی تلفنی مشتریان تلاش نموده است [۹، صص ۲۵۳-۲۷٦] .در مقاله‌ای دیگر با استفاده از بهینه‌سازی مدل صف بانکی چند کاربره به‌وسیله مدلسازی پویا تمام مشتریان را در دو صف کاربران باجه و دستگاه خودپرداز جای داده است که یک مسئله تک‌هدفه با تابع هدف کاهش زمان انتظار مشتریان مدلسازی نموده و نتایج نهایی برای زمانی که بانک دارای چهار

کاربر و دو دستگاه خودپرداز باشد، به دست آورده است. این مقاله بدون درنظر گرفتن تابع توزیع خاصی برای زمان‌های ورود مشتریان، زمان‌های سرویس‌دهی و خرابی سیستم، توانسته است متوسط زمان انتظار مشتریان را به کمک روش تخصیص پویا کاهش دهد [۱۰، صص ۱۲۱-۱۲۷]. در مقاله‌ای دیگر با مدلسازی و شبیه‌سازی سیستم‌های صف چند خدمتی به تجزیه و تحلیل رفتار سیستم‌های صف چند خدمتی پرداخته و با یک تابع هدف کمینه‌سازی، کاهش زمان انتظار صف مشتریان را تحلیل نموده است [۱۱، صص۲۳-۲۹]. در جایی دیگر با استفاده از تئوری شبکه‌ای سیستم صف به تعیین ترکیب بهینه کاربران شعب برخی از بانک‌های آلمانی پرداخته است که این مقاله بیشتر با رویکرد کیفی به تجزیه و تحلیل کاهش هزینه‌ها از روش الکترونیکی کردن خدمات بانکی با کاهش شبکه شعب اشاره نموده است [۱۲، صص۱۵۷-۱۶۲]. هر چند در جای دیگری در خصوص کاربرد الکترونیکی کردن خدمات و استفاده از تکنولوژی‌های جدید میزان رضایت‌مندی مشتریان مورد ارزشیابی قرار گرفته و بخش‌هایی از بانک که بیشترین تأثیر در این خصوص را داشته، شناسایی کرده است [۱۳، صص۱۹۰-۲۰۲]. در مقاله‌ای دیگر به شبیه‌سازی سیستم صف خودپردازهای یک بانک پرداخته است که در آن از لحاظ به‌کارگیری تنوع تجهیزات با محدودیت مواجه شده است [۱٤، صص ٤٦٩-٤٨٢]. در تحقیق دیگری با ارائه ساختاری مناسب جهت به کارگیری ترکیب بهینه منابع برای کاهش مدت انتظار مشتری در سیستم‌های خدماتی از قبیل فروشگاه‌ها، بانک‌ها و سازمان‌های خدماتی تلاش شده است تا نیاز مشتریان شناسایی، اولویت‌بندی و سپس به ترکیب و ساختار بهینه منابع پرداخته شود [۱۵، صص ۷٥٤-۷٥۹] .در مقاله دیگری شبیه‌سازی سیستم‌های صف مشتریان و کاربرد آن در سیستم بانکی مورد مطالعه قرار گرفته است [۱٦، صص ۲۷۷-۲۸۰]. اما از نقاط قوت این تحقیق می‌توان به ساخت سناریوهای امکانپذیر با توجه به محدودیت‌های مسئله اشاره کرد که با محاسبه توابع توزیع تجربی، زمان ورود و خروج مشتریان، تابع احتمالی خرابی سیستم، تابع احتمال مدت زمان سرویس‌دهی هر کاربر یا دستگاه و شبیه‌سازی بسیار سریع و قدرتمند به‌وسیله نرم‌افزار ED می‌باشد که درنهایت با حداقل کردن هزینه تجهیز شعبه و مشتری از دست رفته، سناریو مناسب (جواب نزدیک به بهینه) انتخاب می‌شود. خلاصه‌ای از تحقیقات پیشین مورد مطالعه به تفکیک براساس سال، موضوع و مدل به کار رفته در جدول ۱ آمده است. در بیشتر این مدل‌ها مدلسازی و تئوری‌های

صف در جهت کاهش زمان انتظار مشتریان به عنوان هدف اصلی آمده است.

جدول ۱ خلاصه مطالعات صورت گرفته در مرور ادبیات موضوع

نویسنده	سال	تعریف مدل ارائه شده
Hammond, Mahesh	۱۹۹۵	شبیه‌سازی سیستم صف کاربران شعب بانک با هدف کاهش زمان سرویس‌دهی
Beier	۱۹۹٦	بهینه‌سازی ساختار کارکنان شعب بانک با استفاده از تئوری صف شبکه‌ای
Fodor, Blaabjerg, Andersen	۱۹۹۸	مدلسازی و شبیه‌سازی سیستم‌های صف ترکیبی مشتریان بانک با هدف افزایش تعداد باجه‌های موازی سرویس‌دهی برای کاهش زمان انتظار مشتری
Byers , Lederer	۲۰۰۱	تعیین استراتژی بانکداری خرد مبتنی بر تصمیم‌گیری‌های ترکیبی
Alstad	۲۰۰۲	پیشنهاد الکترونیکی کردن فرایندهای زمان‌بر خدمت‌دهی به مشتریان بانک
, Joseph Stone	۲۰۰۳	ارزیابی تجربی احساس مشتری در خصوص کاربرد تکنولوژی در بخش‌های مختلف بانک با هدف افزایش رضایت‌مندی مشتریان
Li, Yang, Yin	۲۰۰۸	شبیه‌سازی سیستم‌های صف بانکی و کاربردهای مورد استفاده
Jin,,Ming, Li ,Wen,Jin	۲۰۰۹	ترکیب بهینه منابع و الکترونیکی کردن خدمات و ارائه خدمات سریع‌تر به مشتری
Zhang	۲۰۱۱	مدلسازی و بهینه‌سازی صف انتظار مشتریان در یک سیستم با چند سرویس‌دهنده
VasumathiDhanavanthan	۲۰۱۰	کاربرد شبیه‌سازی در سیستم صف انتظار مشتریان خودپردازهای بانک
Charles et al	۲۰۱۳	شفاف‌سازی وظایف، تعاریف اجتماعی و ارزیابی عملکرد کاربران شعب جهت بهبود خدمت‌دهی به مشتریان بانک
Cascone, Raritàˌ Trapel	۲۰۱٤	شبیه‌سازی و تحلیل یک سیستم صف چند کاربره بانک در راستای کاهش مدت زمان انتظار مشتریان

۳- بیان مسئله و فرض‌ها

ازآن جایی که در کشور شعب بانک‌ها به طور متوسط روزانه ۸ ساعت به مشتریان حضوری خود سرویس می‌دهد، مشتریان از روش یک سیستم نوبت‌دهی وارد صف‌های انتظار می‌شوند (باجه عمومی، تسهیلات و خودپرداز) و پس از سرویس‌دهی از سیستم خارج می‌گردند. اما

بانک‌ها به علت تعداد زیاد مشتری و مراجعات بیش از حد برخی شعب، با شکایات زیادی در خصوص رضایت نداشتن از سرویس‌دهی مناسب مواجه می‌شوند. مشتریان از طولانی بودن صف‌های انتظار، مدت زمان سرویس‌دهی و کمبود فضا (طول صف) رنج برده و رئیس شعبه با محدودیت فضای فیزیکی، محدودیت بودجه در اختیار جهت تجهیز و خستگی کاری، از دست دادن مشتریان کلیدی و غیره مواجه می‌گردند. هرچند بانکداری الکترونیک و مجازی توانسته است که بخش بزرگی از این مشکلات را برطرف نماید اما هم‌اکنون تعداد مشتریان زیادی برای انجام امور بانکی خود حضوری به شعب بانک‌ها مراجعه می‌کنند که به دلیل وجود پیچیدگی‌های سیستم از قبیل وجود الگوهای متفاوت مشتریان در روزهای مختلف، پرداختن به کارهای متفرقه کارکنان، خرابی‌ها و به تبع آن قطعی سیستم و موارد احتمالی دیگر استفاده از شبیه‌سازی سناریوهای متفاوت برای بررسی این مسئله و ارائه راه‌حل را در کوتاه‌ترین زمان و با دقت بالا برای ما ممکن می‌سازد. با توجه به آنکه داده‌های این تحقیق به صورت تجربی به دست آمده است و هزینه‌ها و محدودیت‌های مسئله طی مصاحبه با مدیران حاصل شده است، اما بعضی از روابط موجود را باید به صورت فرض برای مسئله درنظر گرفت. این مفروضات به شرح زیر می‌باشند:

۱. تعداد، نوع مشتریان و مدت زمان عملکرد باجه‌ها برحسب ثانیه طی ۱۵ روز کاری در دو نوبت صبح و عصر جمع‌آوری شد. تمام فعالیت باجه‌ها مشابه یکدیگر می‌باشد که در آن روزها، تعداد اسناد هر روز و زمان‌های سپری شده برای مشتریان از سیستم متمرکز بانک تهیه و به صورت دسته‌بندی ذکر شده است.

۲. باجه‌های سرویس‌دهی به مشتریان بانک در چهار نوع به شرح ذیل تفکیک شده‌اند:

۲,۱. باجه مشتریان اعتباری: این باجه خدمات مربوط به تسهیلات و تعهدات (ضمانت‌نامه و اعتبار اسنادی) را به مشتریان ارائه می‌دهد.

۲,۲. باجه مشتریان عملیات ارزی و چک (کلر): این باجه تمام عملیات‌های ارزی و چک‌های سایر بانک‌ها را از مشتریان دریافت کرده و با واریز یا حواله مبالغ آنها به حساب مشتری به ارائه خدمت می‌پردازد.

۲,۳. باجه مشتریان ریالی: این باجه با ارائه تمام خدمات بانکی نظر دریافت، پرداخت، انتقال وجه، ارائه صورتحساب و عملیات صدور چک رمزدار و چک بین بانکی به مشتریان خدمات

می‌دهد.

۳. مشتریان مراجعه‌کننده به شعبه ممکن است نیازمند استفاده از تمامی خدمات بانک باشند، به این ترتیب اینگونه مشتریان باید برای بهره‌مندی از هر خدمت برگه نوبت تهیه کنند و با فراخواندن مشتری برای دریافت اولین خدمت خود، به باجه مورد نظر مراجعه و در صورتی که طی مدت زمان دریافت سرویس در یک باجه، باجه دیگری وی را فراخواند، قادر به مراجعه نمی‌باشند و مشتری دیگری فراخوانده خواهد شد.

٤. مشتریان مراجعه‌کننده به شعبه با توجه به نوع درخواست، در صورتی که ظرفیت صف هر نوع بیش از حد مشخصی باشد، شعبه را ترک خواهند کرد[۲] و هر نوع از آنها دارای هزینه فرصت از دست‌رفته برای بانک خواهند بود که در جدول ۲ ظرفیت صف و هزینه فرصت از دست‌رفته برای هر نوع مشتری ذکر شده است.

جدول ۲ ظرفیت صف سرورها و هزینه فرصت از دست رفته مشتری

متوسط هزینه هر مشتری از دست رفته	ظرفیت صف	باجه ها/ دستگاه خودپرداز
٥۰,۰۰۰ ریال	۳۰ نفر	باجه‌های ۱و۲و۳و٤
۳۰,۰۰۰ریال	۱٥ نفر	باجه ٥
۲,۰۰۰,۰۰۰ریال	۱٥ نفر	باجه‌های ٦و۷ (تسهیلات)
٤۰,۰۰۰ ریال	٤ نفر	دستگاه خودپرداز

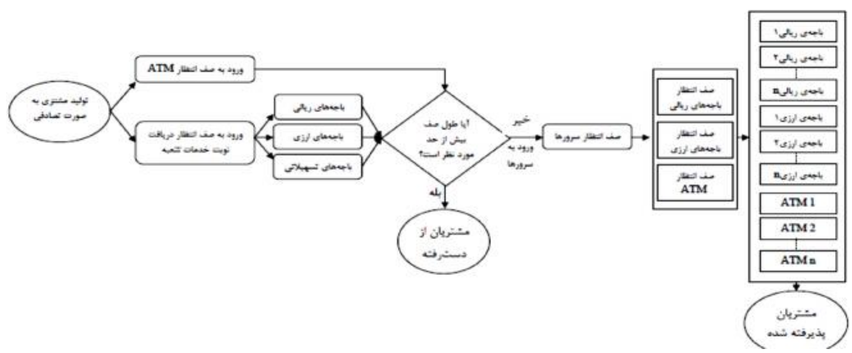
٥. نرخ خرابی سیستم و عدم پاسخ‌گویی به مشتریان به کمک روش‌های آماری و با استفاده از نرم‌افزار ED محاسبه شد که توزیع خرابی‌ها آنها در جدول ٦ ذکر شده است.

٦.براساس بررسی‌های صورت گرفته مجموع هزینه‌های ثابت و متغیر جهت اضافه شدن یک باجه (ریالی/ارزی/تسهیلات) متوسط برای هر روز حدود ٦۳۰،۰۰۰ ریال می‌باشد.

۷. براساس محاسبات انجام شده در بانک، متوسط هزینه خرید و پرستاری یک دستگاه خودپرداز ۱،۸۰۰،۰۰۰ ریال برای هر روز در نظر گرفته می‌شود.

۴- مدل پیشنهادی

این مسئله به‌دلایلی همچون پویایی، عدم وجود راه‌حل از پیش تعیین شده و جمع‌آوری داده‌ها به صورت تجربی جزء مسائل و پیشامدهای گسسته می‌باشد. شبیه‌سازی سیستم‌های گسسته، مدلسازی سیستم‌های که متغیر حالت در آنها تنها در مجموعه‌ای از مقاطع گسسته زمان تغییر پیدا می‌کند. در اینگونه سیستم‌ها کارمندان (که نقش سرورها را بازی می‌کنند) با اولویت عناصر ورودی به صف‌های مربوط که همان مشتریان می‌باشند، عمل می‌کنند و مشتری با توجه به نوع درخواستی که دارد (ریالی، ارزی، تسهیلات و خودپرداز) در صف خاص خود قرار گرفته و در انتظار سرویس‌دهی می‌ماند و سپس کارکنان به ارائه خدمت می‌پردازند. لازم به ذکر است که اگر طول صف در هر کدام از درخواست‌ها بیش از یک تعداد خاص باشد، مشتری صف را ترک می‌کند و جزء مشتریان از دست رفته محسوب می‌شود. فرایند ورود و خروج مشتری به سیستم براساس شکل ۱ است.



شکل ۱ فرایند خدمت‌دهی به مشتریان

۱- فرایندها و اجزای مدل

این مدل دارای چهار فرایند اصلی است:

۱- فرایند اول ارائه خدمت ریالی؛

۲- فرایند دوم واگذاری و درخواست عملیات مربوط به چک‌های بانکی و همچنین عملیات‌های ارزی؛

۳- فرایند سوم ارائه خدمت به مشتریان تسهیلاتی؛

٤- فرایند چهارم، دریافت خدمت از دستگاه خودپرداز؛

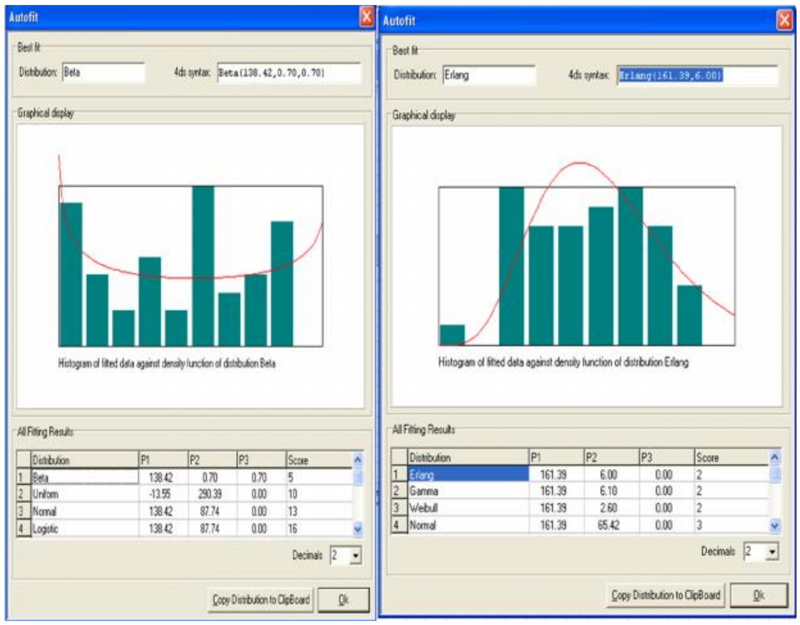
اجزای این مدل با توجه به شکل ۱، عبارتند از نهادهها که منظور همان مشتریان مراجعه‌کننده است و پیشامدها که ورود مشتری، خدمت‌دهی به وی، خروج مشتری از شعبه و درنهایت فعالیت‌ها که مدت زمان بین ورود مشتریان، مدت زمان خدمت‌دهی به کمک باجه‌ها و دستگاه خودپرداز می‌باشد.

۵- جمع‌آوری داده‌ها و توابع توزیع احتمال

برای جمع‌آوری اطلاعات اولیه به صورت تجربی در مدت ٤٥ روز با تعداد ٤ باجه‌ی ریالی، ۲ باجه ارزی، یک باجه تسهیلات و یک دستگاه خودپرداز در نظر گرفته شد. آن گاه برای این تعداد با استفاده از داده‌های به‌دست آمده که در جدول ۳ تنها دو روز آن ذکر شده است و همچنین استفاده از نرم‌افزار ED توابع توزیع احتمالی برآورد شد که دو مورد از آن در شکل ۲ نشان داده شده است. خروجی نهایی توابع توزیع مدت زمان ارائه سرویس به مشتری برحسب ثانیه در جدول ٤ نشان داده شده است.

جدول ۴ توابع توزیع مدت زمان سپری شده در سرورها برای هر مشتری

باجه‌ها (سرورها)	تابع توزیع زمان انجام فعالیت (ثانیه)
ریالی ۱	Erlang(۱٦۱/۳۹ , ٦)
ریالی ۲	Lognormal(۱۷٤/۲٥,٦٥/۳٥)
ریالی ۳	Normal(۱۹۹/۷۱, ۸۰/۲۱)
ریالی ۴	Uniform(٦۸/۲٤, ۱۷۰/۱٦)
ارزی ۵	Uniform(۱۰۸/۲۷, ۳۷٤/۷٦)
تسهیلات۶	Beta(۱۳۸/٤۲ , ۰/۷, ۰/۷)
تسهیلات۷	Uniform(۳۹/۹۷, ۲۱٦/۹۹)
خودپرداز	Uniform(۹۸/۰۱, ۱۸۳/٥٥)



شکل ۲ نمونه‌ای از برآورد تابع توزیع زمان انجام فعالیت در باجه ریالی ۱ و باجه ارزی۲

جدول ۳ متوسط زمان سپری شده باجه‌ها و خودپرداز

روز	باجه ریالی۱	باجه ریالی۲	باجه ریالی۳	باجه ریالی۴	باجه ارزی۱	باجه ارزی۲	باجه تسهیلات	خودپرداز
متوسط زمان سپری شده باجه‌ها و خودپرداز در ۸ ساعت کار برای روزهای کاری (دقیقه)								
۱	۰	۲۹۵/۸	۲۳۰/٤	۱۷۰/٦	۲۹۱/۳	۲۳۲/٦	۲۱۳/۸	۱۱۰
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
٤٥	۹۳/۸	۲٤۰/۷	۲۷۳/۷	۱۱۷/٥	۳۲۰/۷	۱۹٥/۱	۱۲۹	۱۷٦

برای محاسبه تابع توزیع جهت زمان بین دو ورود مشتریان در باجه‌ها و همچنین دستگاه

خودپرداز، نخست تعداد مشتریان ورودی به سیستم در ۱۵ روز کاری برای دریافت خدمت به باجه‌ها و خودپرداز بررسی شد که پس از ورود اطلاعات به نرم‌افزار ED خروجی نهایی در جدول ٥ بیان شده است. متوسط تعداد مشتریان مراجعه‌کننده به باجه‌های ۱ تا ۷ در هر ساعت کاری (روز کاری ۸ ساعت لحاظ شده است) ٤٦/٦٧٥ مشتری می‌باشد و یا می‌توان گفت تعداد مشتریان مراجعه‌کننده به بانک در هر ثانیه ۰/۰۱۲۹۷ مشتری است. بنابراین پارامتر تابع توزیع ۷۷/۱۳ می‌باشد؛ یعنی زمان ورود بین دو مشتری ۷۷/۱۳ ثانیه است. با توجه به آنکه این نرخ در مدل برای هر سه نوع باجه (ریالی، ارزی و تسهیلاتی) یکسان در نظر گرفته شده است، بنابراین نرخ نهایی اتم Source (Tellers) در مدل برابر ٢٥/٦٦ لحاظ می‌شود.

$$r = \frac{۱}{۰/۰۱۲۹۷} = ۷۷.۱۳ \quad و \quad \frac{۷۷/۱۳}{۳} = ٢٥/٦٦$$

از راه مشابه برای دستگاه خودپرداز، متوسط تعداد مراجعه مشتری به دستگاه در هر ساعت (از ساعت ۸:۰۰ لغایت ١٦:۰۰) برابر ٢٩/٧٦ مشتری بوده در هر ثانیه ۰/۰۰۸٢٦٧ است. بنابراین پارامتر تابع توزیع ١٢۰/٩٦ می‌باشد.

جدول ٥ تابع توزیع زمان بین دو ورود مشتری به بانک

تابع توزیع زمان بین دو ورود (ثانیه)	سرورها
Negexp(٢٥/٦٦)	**باجه‌ها**
Negexp(١٢۰/٩٦)	**دستگاه خودپرداز**

از آن جایی که ممکن است سیستم نرم‌افزاری بانک با مشکل مواجه شود و یا کاربر برای استراحت باجه خود را ترک نماید، این اتفاق از لحاظ زمانی به صورت موردی نمونه‌برداری شده و معمولاً ممکن است متوسط هر ۲ الی ۳ ساعت یک بار اتفاق افتد که به صورت یک توزیع پواسون در هر ۲/٥ ساعت یک خرابی در نظر گرفته شده است. نرخ خرابی باجه‌ها و دستگاه خودپرداز به صورت یکسان در نظر گرفته و با MTTF[۳] نشان داده می‌شود. پس از هر خرابی معمولاً مدت زمان کوتاهی (متوسط بین ۱تا ٥ دقیقه) طول می‌کشد تا سیستم (باجه‌ها یا دستگاه

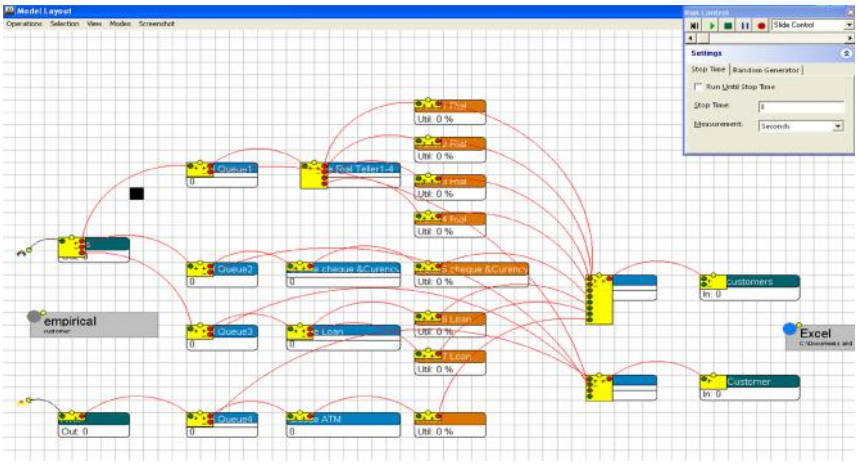
خودپرداز) راه‌اندازی شود و این اتفاق برای زمان تعمیر (MTTR)[٤] در نظر گرفته می‌شود که برای سرورها به صورت جدول ٦ پیش‌بینی شده است.

جدول ۶ نرخ خرابی، تعمیر باجه‌ها و خودپرداز

سرورها	MTTF(Sec)	MTTR(Sec)
باجه‌های ۱ تا ۷ و دستگاه خودپرداز	Negexp(۹۰۰۰)	Uniform(۳۰۰و۶۰)

۶- به‌کارگیری سناریو اول (وضع موجود) برای شبیه‌سازی

همان طور که شکل ۳ نشان می‌دهد در مدل شبیه‌ساز ED نخست تمام مشتریان مراجعه‌کننده به بانک براساس نرخ ورود هر نوع به دو دسته کلی تقسیم و برچسب‌گذاری می‌شوند (مشتریان مراجعه‌کننده به باجه‌های بانک و مشتریان مراجعه‌کننده به دستگاه خودپرداز). دسته اول با توجه به نوع درخواست مشتری تفکیک می‌شود. این نوع از مشتریان خود به سه نوع دیگر تقسیم می‌شوند. اول، مشتریان باجه‌های ۱، ۲، ۳ و ٤ (امور دریافت و پرداخت ریالی)، دوم، مشتریان باجه ٥ (امور مربوط به عملیات چک و ارزی) و سوم مشتریان باجه‌های ٦ و ۷ (تسهیلات). نسبت تعداد مشتریان به باجه‌ها براساس تعداد کل تراکنش‌های ثبت شده طی زمان مورد بررسی محاسبه شده و از این درصدها برای توزیع نسبت ورود مشتریان به کانال سرورها (باجه‌ها) استفاده می‌شود که براساس جدول ۷ بیان شده است.



شکل ۳ نمای کلی مدل ترسیم شده اولیه در نرم‌افزار ED

جدول ۷ نحوه تولید و توزیع مشتریان برای مراجعه به باجه‌ها و خودپرداز

باجه‌ها	تعداد کل تراکنش‌ها	درصد تراکنش‌ها		درصد تجمعی
باجه ۱	۲۲۵۸	۱۵/۹٦	۵۵/۰۳	۵۵/۰۳
باجه ۲	۲٤۳۸٦٤	۱٤/۳۲		
باجه ۳	۲۰۲٦	۱٤/۰۸		
باجه٤	۲۱۸۸۰۸	۱۰/٦۸		
باجه ٥ (ارزی و کلر)	۱۹۹۲	۲۱/۷۳	۲۱/۷۳	۷٦/۷٦
باجه ٦ (تسهیلات)	۲۱٥۱۳٦	۱۱/٥٤	۲۳/۲٤	۱۰۰
باجه ۷ (تسهیلات)	۱٥۱۲	۱۱/۷۰		
جمع کل	۱٦۳۳۹٦	۱۰۰	۱۰۰	

براساس مدل اولیه سیستم صف باجه‌های ریالی، ارزی، تسهیلات و خودپرداز با ظرفیت‌های خاص خود و با استراتژی خروج، اولین مشتری ورودی به عنوان اولین مشتری

خروجی از صف(FIFO) شناخته شده و سپس به اولین کانالی که مشغول نباشد (سرور خـالی) فرستاده می‌شود. این اتم‌ها براساس توابع توزیع زمان سرویس‌دهی، نرخ‌هـای خرابـی[۵] و مـدت زمان‌های تعمیر[۶] با اسامی خاص خود تنظیم شده‌اند.

۷- مدلسازی و الگوریتم حل مسئله

از آن جایی که بانک‌ها همواره به دنبال افزایش سودآوری و در مقابل کاهش هزینه‌ها از راه جلب رضایت مشتریان و به‌کارگیری حداکثر امکانات جهت خدمت‌دهـی سـریع‌تـر و بـا کیفیـت‌تـر بـه مشـتریان خـود می‌باشند، به این ترتیب برای این مسئله با توجه به مفروضات ابتدایی، دو تابع هدف هزینه (هزینه امکانـات و تجهیزات و هزینه مشتری از دست رفته) تعریف شده است که افزایش یکـی منجـر بـه کـاهش دیگـری می‌شود و بالعکس. مدل ریاضی این مسئله به صورت زیر است.

$$Min. Z = F_1(\overrightarrow{cX}) + F_{۲}(\overrightarrow{dX})$$

$$\vec{X} = \left(x_{۱}, x_{۲}, x_{۳}, x_{٤}\right)$$

St.

$$a_i \leq X_i \leq b_i \qquad \forall\, i = ۱,۲,۳,٤$$

$$\sum_{i=۱}^{٤} X_i \leq m \qquad \forall\, i = ۱,۲,۳,٤$$

$$\overrightarrow{dX} = (\alpha x_{۱}, \beta x_{۲}, \gamma x_{۳}, \delta x_4)$$

در مدل بالا داریم:

$F_1(\vec{X})$: تابع هزینه تجهیز شعبه (خرید ملزومات برای اضافه کردن باجه و خرید خودپرداز)

$$F_1(\vec{X}) = \left(c_{۱} x_1 + c_{۲} x_{۲} + c_{۳} x_{۳} + c_{٤} x_{٤}\right)$$

$F_2(\vec{Y})$: تابع هزینه مشتریان از دست رفته

$$F_{۲}(\vec{X}) = \alpha x_{۱} + \beta x_{۲} + \gamma x_{۳} + \delta x_{٤}$$

X_i : تعداد باجه / خودپرداز نوع i ام

c_i : هزینه ثابت یک خرید یا تجهیز باجه/ خودپرداز نوع i ام[۷]

$c_۱ = c_۲ = c_۳ = ٦٣٠٠٠٠$ و $c_٤ = ۱۸۰۰۰۰۰$

$\vec{d}$: ضرایب متغیرهای تصمیم، تحت تأثیر هزینه مشتریان از دست رفته

m : حداکثر تعداد کل تجهیزات ممکن با توجه به محدودیت فضا

فضای شعبه و بودجه سالیانه شعبه اجازه بیش از ۱۱ تجهیز در شعبه را نمی‌دهد، به همین منظور از محدودیت دوم استفاده شده است.

a_i : الزامات قانونی بانک مرکزی برای تجهیز یا خرید باجه/خودپرداز نوع i ام

$(a_۱, a_۲, a_۳, a_٤) = (۳,۱,۱,۱)$

b_i : الزامات بودجه‌ای سالیانه شعب بانک برای تجهیز یا خرید باجه/ خودپرداز نوع i ام

$(b_۱, b_۲, b_۳, b_٤) = (٥,۳,۳,۲)$

برای حل مسئله از الگوریتم تبرید (SA)[۸] استفاده شد، زیرا این الگوریتم بدون حافظه بوده و در عین سادگی انعطاف‌پذیری بالایی نسبت به تغییرات دارد. گام‌های حل آن به صورت زیر است:

گام اول: ساخت جواب موجه اولیه (Z_1) و قراردادن دمای اولیه ۱۰۰ درجه (T_0=۱۰۰) برای به دست آوردن مقدار تابع هدف نهایی، دو تابع هدف را به صورت همزمان در نظر گرفته و پاسخ هر سناریو با توجه به آنکه دو تابع هدف از جنس هزینه می‌باشند، به صورت یک تابع هدف نهایی در مسئله اجرا شده است.

گام دوم: تولید دو رشته عدد تصادفی ٤ بیتی صفر و یک (رشته اول، انتخاب تصادفی تجهیزات و امکانات و رشته دوم افزایش یا کاهش تعداد آنها) جهت ساخت جواب همسایه (Z_2) بدین صورت که در رشته اول بیت اول اگر یک باشد، نماد انتخاب باجه ریالی است و به همین ترتیب بیت چهارم اگر یک باشد، نماد انتخاب خودپرداز می‌باشد. در رشته دوم تنها برای بیت‌های یک شده نظیر در رشته اول، اگر یک باشد به آن منظور است که تعداد آن باجه باید یک واحد افزایش پیدا کند و اگر صفر باشد، یعنی یک واحد کاهش یابد. به عنوان نمونه اگر تعداد

باجه‌ها و خودپرداز در وضع موجود به‌ترتیب ٤، ١، ٢ و ١ باشد، دو رشته تصادفی زیر حاصل می‌شود.

باجه‌ها	ریالی	ارزی/کلر	تسهیلات	خودپرداز
رشته اول	٠	١	٠	١
رشته دوم	٠	١	٠	١

به آن معنا است که در رشته اول نخست تعداد باجه ارزی/کلر و خودپرداز انتخاب شده و سپس در رشته دوم یک واحد به تعداد باجه ارزی/کلر افزوده و یک واحد به تعداد خودپردازها افزوده می‌شود و تعداد باجه‌های ریالی و تسهیلاتی هم ثابت باقی می‌مانند (نکته : این تغییرات نباید هیچگاه محدودیت‌های مسئله را نقض کند).

گام سوم : مقایسه Z١ و Z٢ به این صورت که :

$IF:\ \Delta Z \leq 0\ \ then$ پذیرش‌جواب‌همسایه;

$Else:\ \ iF\ \ \ \exp\left(-\frac{\Delta Z}{T}\right) >$

$Random\ Number\ \ \ then$ پذیرش‌جواب‌همسایه ;

$else$ ورودبه‌گام‌دوم

گام چهارم : به‌روزرسانی دما به صورت: $T' = 0/9T$ و چک کردن شرط توقف، اگر برقرار بود اتمام الگوریتم و در غیر این صورت به گام دوم برمی‌گردد.

شرط توقف :

١. تا زمانی که ١٥ =< T باشد، الگوریتم تکرار شود.

٢. تعداد جواب‌های غیرقابل قبول، غیرموجه و تکراری به بیش از ١٠ مورد برسد.

٣. بهبود جواب‌های همسایه به رشد کمتر از ٠/٠٠١ برسد.

یکی دیگر از دلایل استفاده از الگوریتم SA وجود تعداد محدود سناریوهای ممکن است. تعداد کل سناریوهای ممکن با توجه به محدودیت اول ٥٤ حالت بوده (٢*٣*٣*٣) و زمان اضافه شده محدودیت دوم به تعداد ٤٩ حالت کاهش پیدا می‌کند. در هر سناریو باید شبیه‌سازی صورت گیرد و به تعداد ٥٠ مرتبه ٨ ساعته، مسئله اجرا شود تا بتوان جواب همسایگی را

محاسبه کرد. دلیل استفاده از تعداد ۵۰ اجرا آن است که باید ضریب تغییرات (CV[9]) تابع هـدف مسئله پایین نگه‌داشته شود تا از صحت میانگین مقادیر به دست آمده، اطمینان حاصل شـود. در جدول ۸ سناریوهای موجه و روند تولید جواب نشان داده شده است که با توجه بـه ایـن روش، سناریو ۱۵ از سایر سناریوها مناسب‌تر می‌باشد. در این سناریو تعداد باجه‌هـای ریـالی ٤ عـدد، باجه‌های ارزی ۲ عدد، باجه‌های تسهیلات ۳ عدد و دو عدد دستگاه خودپرداز استفاده می‌شـود. با توجه به حل این سناریو در مدت زمان شبیه‌سازی، تعداد مشـتریان از دسـت‌رفتـه بـرای هـر کدام از این تجهیزات به صورت میانگین به‌ترتیب برابر ۸/۱، ۹/٦، ۰ و ۱/۵ نفر می‌باشد.

جدول ۸ الگوریتم حل به روش SA برای جواب‌های موجه

سناریوها	[illegible]	[illegible]	قدیم Z_1	جدید Z_2	Accept Move
۱	(٤،۱،۲،۱)	(۹/۳۹ , ۲/۵ , ۱/۱۱۰ , ۰)	۱٦،۱۰۹،۰۰۰	–	yes
۲	(٤،۲،۱،۱)	(۹/٤۳ , ٤/٦۳ , ۱/۵ , ۲/۱)	۱٦،۱۰۹،۰۰۰	۱۳٤،۹۷۹،۰۰۰	No
۳	(۳،۱،۱،۱)	(۱/٤٤, ۱/٤۵, ۱/۱۱۳, ٤/۱۱۸)	۱٦،۱۰۹،۰۰۰	۱۰٦،۲۲۷،۰۰۰	No
٤	(٤،۱،۲،۲)	(۰/۲ , ۲/۳ , ٦/۱۱٤ , ۳/٤)	۱٦،۱۰۹،۰۰۰	۱۸،۱٤۳،۰۰۰	No
۵	(۳،۲،۲،۱)	(۷/٤۳ , ۷/۱ , ۷/۵ , ٤/۱۰۸)	۱٦،۱۰۹،۰۰۰	۱٦،۹٤۹،۰۰۰	yes
٦	(٤،۲،۲،۱)	(۲/٤۵ , ٦/۳ , ۳/۹ , ٦/۱۰)	۱٦،۱۰۹،۰۰۰	۱٦،٦۵۷،۰۰۰	yes
۷	(۵،۲،۲،۲)	(۵/۱ , ۳/۲ , ۲/۱۳ , ۰)	۱٦،۱۰۹،۰۰۰	۱٤،۳۲٦،۰۰۰	yes
۸	(۵،۳،۲،۱)	(۹/۵٦ , ۵/۲ , ۰ , ۰)	۱٤،۳۲٦،۰۰۰	۱۵،۳۷٦،۰۰۰	No
۹	(٤،۳،۲،۱)	(۱/٤٤ , ۷/۱ , ۰ , ۸/۲)	۱٤،۳۲٦،۰۰۰	۱۲،۷۷٤،۰۰۰	yes
۱۰	(٤،۲،۲،۲)	(۱/۲ , ۱/۸ , ۱۲/٤ , ۲/۷)	۱۲،۷۷٤،۰۰۰	۱۲،۷۹۵،۰۰۰	No
۱۱	(۳،۲،۳،۲)	(٤/۲ , ۰ , ۵/۱۲ , ۷/۱۱۵)	۱۲،۷۷٤،۰۰۰	۱٤،۸۹٦،۰۰۰	No
۱۲	(۳،۱،۳،۲)	(٦/۲ , ۰ , ۰ , ۱/۱۱۱)	۱۲،۷۷٤،۰۰۰	۱۳،٦٦۹،۰۰۰	No
۱۳	(٤،۱،۳،۱)	(۰/۲ , ۰ , ۳/۱۱۲ , ۸/٤)	۱۲،۷۷٤،۰۰۰	۱۰،۵۲۹،۰۰۰	yes
۱٤	(۵،۱،۳،۲)	(۱/۱ , ۲/۰ , ٤/۱۱۱ , ۰)	۱۰،۵۲۹،۰۰۰	۱۳،۰۵٦،۰۰۰	No
۱۵	(٤،۲،۳،۲)	(۵/۱ , ۰ , ٦/۹ , ۱/۸)	۱۰،۵۲۹،۰۰۰	۱۰،۰۲۳،۰۰۰	yes
۱٦	(۵،۲،۳،۱)	(٤/٤۲ , ۰ , ۲/۰ , ۹/۱۳)	۱۰،۰۲۳،۰۰۰	۱۰،٦۱۳،۰۰۰	No

۸- نتیجه‌گیری

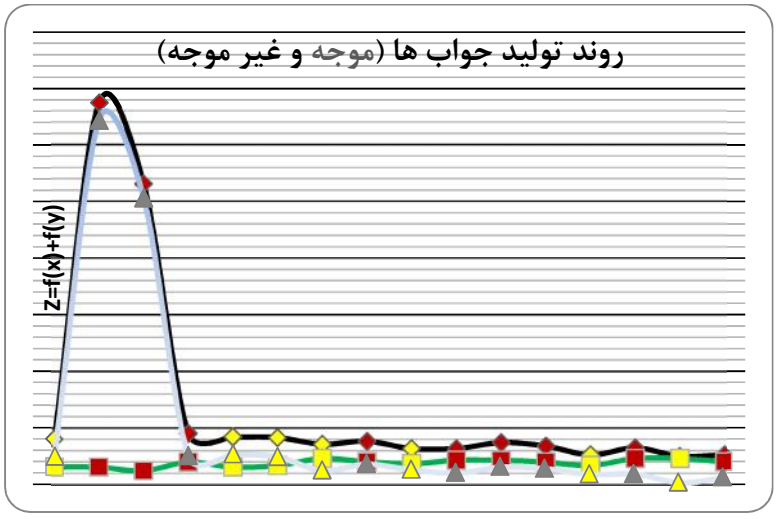
همان طور که بیـان شـد، تعـداد باجـه، تجهیـزات و امکانـات شـعبه هـر بـانکی از اهمیـت ویـژه برخوردار است که این امر می‌تواند منجر به کوتاه‌تر شدن صفوف انتظار مشتری برای دریافـت خدمت گردد و به‌دنبال آن موجب کاهش هزینه مشتریان از درست رفته برای بانک شود. به ایـن ترتیب در این مقاله ضمن سـاخت مـدلی ریاضـی و حـل آن بـه‌وسـیله ابزارهـای فراابتکـاری و شبیه‌سازی، مناسب‌ترین پاسخ انتخاب شد. در مطالعه موردی این روش کـه در شـعبه مرکـزی یکی از بانک‌های خصوصی اجرا شد، ۱٦ سناریو بررسی شد (جدول ۸) و درنهایت سـناریو ۱۵ با کمترین هزینه از لحاظ تعداد باجـه، تجهیـزات و امکانـات و همچنـین کمتـرین هزینـه مشـتری ازدست‌رفته انتخاب گردیـد. پـس از شـبیه‌سـازی ایـن سـناریو بـرای ۵۰ روز کـاری ۸ سـاعته، متغیرهای تصمیم مسئله بـا تعـداد ٤ باجـه ریـالی، ۲ باجـه ارزی، ۳ باجـه تسـهیلات و دو عـدد دستگاه خودپرداز، متوسط هزینه روزانه به دست آمده، ۹،۲۷۰،۰۰۰ ریال به‌عنـوان تـابع هـدف اول و متوسط هزینه روزانه مشتری از دست رفته ۷۵۳،۰۰۰ریـال بـه‌عنـوان تـابع هـدف دوم و مجموع ۱۰،۰۲۳،۰۰۰ ریـال هزینـه کـل بـرای هـر روز ایـن شـعبه بـه دسـت آمـد. در جـدول ۹ خلاصـه‌ای از مقایسـه نتـایج وضـعیت موجـود و سـناریو بهینـه (جـواب بهینـه) در ۵۰ مرتبـه شبیه‌سازی ۸ ساعته آمده است.

جدول ۹ مقایسه نتایج اجرای ۵۰ بار اجرای ۸ ساعته وضعیت موجود و بهینه

مجموع توابع هزینه $F_1(x)+F_2(x)$ (روزانه- ریال)	مجموع تعداد م.ا.د.ر	خودپردازها		باجه‌های تسهیلات		باجه‌های ارزی		باجه‌های ریالی		
		مشتری از دست رفته	باجه	مشتری از دست رفته	باجه	مشتری ازدست‌رفته	باجه	مشتری از دست رفته	باجه	تعداد
۱٦،۱۰۹،۰۰۰	۱۵۲/۵	۳۹/۹	۱	۲/۵	۲	۱۱۰/۱	۱	۰	٤	وضعیت موجود
۱۰،۰۲۳،۰۰۰	۱۹/۲	۱/۵	۲	۰	۳	۹/٦	۲	۸/۱	٤	وضعیت بهینه

با توجه به جدول بالا می‌توان نتیجه گرفت درصورتی که تعداد باجه‌های ارزی، تسهیلاتی و تعداد خودپرداز یک واحد افزایش پیدا کند و تعداد باجه‌های ریالی تغییری نداشته باشد، می‌توان روزانه به طور متوسط به میزان ٦،۰۸٦،۰۰۰ ریال در هزینه تجهیزات و مشتریان از دست رفته صرفه‌جویی کرد که این عدد برای یک شعبه بانک بسیار قابل توجه است.

در انتها با توجه به سناریوهای تولید شده و روند حل مسئله، مجموع هزینه‌های هر سناریو در شکل ٤ نشان داده شده است که با توجه به نمودار رسم شده نقاط قرمز سناریوهای غیر موجه و نقاط زردرنگ، سناریوهای موجه می‌باشد. همان طور که در این شکل مشاهده می‌شود، میزان توابع هدف و تعداد جواب‌های موجه به سرعت پس از ۳ تکرار الگوریتم تبرید به همگرایی رسیده است. لازم به ذکر است جواب‌های غیرموجه در این مسئله به آن دسته از جواب‌هایی گفته می‌شود که یا محدودیت‌های فنی مسئله را نقض می‌کنند و یا جواب غیرقابل قبولی برای الگوریتم تبرید می‌باشند. در این مقاله از نرم‌افزار ED.8 جهت شبیه‌سازی هرکدام از جواب‌های موجه تولید شده و از نرم‌افزار MATLAB.2012 جهت تولید تمام جواب‌ها قابل قبول و غیرقابل قبول مطابق الگوریتم تبرید استفاده شده است.



شکل ۴ روند تولید جواب‌های موجه و غیر موجه

۹- پی‌نوشت‌ها

1. Multiple Objective Decision Making
2. در مشاهدات صورت گرفته به علت تعدد شعب سایر بانک‌ها در نزدیکی این شعبه حدود ۹۰ درصد مشتریان زمان شلوغی به سایر بانک ها مراجعه می‌کنند مگر در حالت‌های خاصی که مشتری حتماً باید از بانک مورد نظر خدمتی را دریافت کند.
3. What is Mean Time to Failure
4. Mean Time To Repair
5. MTTF
6. MTTR
7. یک بار خرید به صورت سالیانه می‌باشد که در این مدل تقسیم بر ۳۱۸ روز کاری شده است.
8. Simulated Annealing
9. coefficient of variation

۱۰- منابع

[1] Mousakhani M. Haghighi M. Torkzadeh S.; " Model to gain customer loyalty through customer knowledge management in the banking industry"; *Journal of Business Management*, University of Tehran, Vol. 4, No. 12, 2012. Pp.147-164.

[2] Charles R. Crowell D., Chris Anderson Dawn M. Abel, Sergio Joseph P.; "Task clarification, performance feedback, and social praise: Procedures for improving the customer service of bank tellers; *Journal of Applied Behavior Analysis*, Vol. 21, No. 1, 2013. Pp. 65-71.

[3] Alvani M., Jandaghi G., Safari M.; "Evaluation of bank branches and the factors influencing it (Case study of Tehran branch of Bank Sepah)"; *Journal of Public Administration University of Tehran*, Vol. 4, No. 3, 2011. Pp. 1-18.

[4] Byers R. Lederer P. J.; "Retail bank services strategy: A model of traditional, electronic, and mixed distribution choices"; *Journal of Management Information Systems*, Vol. 18, No. 2, 2001.

[5] Azimi P.; "Simulation via Optimization by ED Education Software"; Qazvin

Azad University Press, 2013. Pp. 47-50.

[6] Allahyari-fard M.; "*Comparison between traditional banking and electronic banking services in Iran*"; Master's thesis, Islamic Azad University, Central Tehran, 2003.

[7] Sheykhani S.; "Electronic banking and strategies in Iran"; Institute for Monetary and Banking Studies, 2007. Pp. 32-33.

[8] Alstad J.; "Use your service edge to your online advantage"; American Banker, Vol. 167, No. 46, 2002.pp. 1-3.

[9] Fodor G., Blaabjerg S., Andersen A.; "Modeling and simulation of mixed queueing and loss systems"; Wireless Personal Communications, Vol. 8, No. 3,1998. Pp. 253-276.

[10] Zhang Q.; "Multi-agent based bank queuing model and optimization"; *International Conference on Electronic Engineering, Communication and Management*, Vol. 2, 2012. Pp. 121-127.

[11] Cascone A., Rarità L., Trapel E.; "Simulation and analysis of a bank's multi-server queueing system"; *Journal of Mathematical Sciences*, Vol. 196, No. 1 , 2014. Pp. 23-29.

[12] Beier G., "Optimal personnel configuration of branch office banking through applied queueing network theory", *Proceedings of Operations Research*, 1996. Pp. 157-162.

[13] Joseph M., Stone G.; "An empirical evaluation of US bank customer perceptions of the impact of technology on service delivery in the banking sector"; *International Journal of Retail & Distribution Management*, Vol. 31, No. 4, 2003. Pp. 190-202.

[14] Vasumathi A., Dhanavanthan P.; "Application of simulation technique in queuing model for ATM facility"; *Journal of Applied Engineering Research*, Vol. 1, No. 3, 2010. Pp. 469-482.

[15] Jin Y.S., Ming X., Li X., Wen J.Y., Jin D.; "Customer-centric optimal resource

reconfiguration for service outlet"; *International Conference of Service Operations, Logistics and Informatics* , 2009. Pp. 754-759.

[16] Li C., Yang G., Yin Y.; "Agent-based simulation of bank queuing system"; *Journal of Computer Simulation*, Vol. 25, No.12, 2008. Pp. 277-280.