

طراحی مدل پویای پیش‌بینی تقاضای پول در دستگاه‌های خودپرداز شهر تهران (مطالعه موردی: بانک شهر)

سید محمد حاجی مولانا^{۱*}، مهدی معمارپور^۲، سید خلیل‌الله سجادی^۳

۱. استادیار مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات

۲. دانشجوی دکتری مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات

۳. دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، دانشگاه علامه طباطبایی

(تاریخ دریافت: ۹۵/۰۷/۰۳، تاریخ دریافت روایت اصلاح‌شده: ۹۶/۰۲/۳۱، تاریخ تصویب: ۹۶/۰۳/۱۰)

چکیده

دستگاه‌های خودپرداز، یکی از مهم‌ترین کانال‌های توزیع وجه نقد برای بانک‌ها هستند. در این مقاله، مدل مدیریت دارایی و بدهی‌ها با توجه به زمان‌های ارائه‌نشده خدمات و خرابی دستگاه‌های خودپرداز با سیاست حداکثر موجودی و حداقل موجودی بررسی می‌شود. این مقاله به دنبال ارائه مدل پویای مرور پیوسته پیش‌بینی تقاضا با تقاضاهای برداشت پول به صورت گسسته است تا مجموع هزینه‌های خواب پول و فرصت ازدست‌رفته برای دستگاه‌های خودپرداز بانک شهر حداقل شود. دستگاه‌های مورد بررسی ۲۷۲ عدد در شهر تهران هستند و بازه زمانی شش‌ماهه دوم سال ۱۳۹۴ برای ارزیابی رفتار دستگاه‌ها در نظر گرفته شده است. برای شبیه‌سازی رفتار دستگاه‌های خودپرداز، از نرم‌افزار ارنا استفاده شده است. نتایج نشان داد که این مدل قادر است نقطه سفارش مجدد و میزان تقاضای پول تا سقف مورد نظر را برای دستگاه‌های خودپرداز بانک ارائه کند. بر این اساس، زمان و میزان بهینه پول‌گذاری دستگاه‌های خودپرداز و حداقل هزینه کل فرایند پول‌گذاری شامل هزینه‌های خواب پول و فرصت ازدست‌رفته بهینه‌شده ارائه می‌شود. با اجرای این مدل، در مجموع هزینه‌های پول‌گذاری دستگاه‌های خودپرداز بانک شهر در شهر تهران، تا یک‌دهم کاهش پیدا می‌کند.

واژه‌های کلیدی: بانک شهر، پیش‌بینی تقاضا، دستگاه‌های خودپرداز شهر تهران، مدل پویا.

مقدمه

مناسب برای پول‌گذاری دستگاه‌ها، در مجموع میزان و زمان جریان نقدی مورد نیاز بانک را کاهش می‌دهد و سازمان قادر خواهد بود بر مبنای برآوردهای حاصل از نتایج نرم‌افزار، برای تأمین حجم پول مورد نیاز خود به صورت روزانه، هفتگی یا ماهانه برنامه‌ریزی کند. با این توضیح، در زمینه پیش‌بینی تقاضای پول نقد در دستگاه‌های خودپرداز می‌توان با مدل‌سازی رفتار داده‌های تاریخی بر مبنای پارامترهای تأثیرگذار، تقاضای پول نقد در این دستگاه‌ها را با دقتی قابل قبول پیش‌بینی کرد [۱]. برخی از پارامترهای مؤثر معرفی شده در این زمینه عبارت‌اند از: مصرف میانگین ماهانه، هفتگی و روزانه، پارامترهای تقویمی نظیر روز هفته، تعطیلات و نوع تعطیلات، رویدادهای مالی تأثیرگذار نظیر واریز یارانه‌ها در ایران و زمان‌های واریز حقوق و مستمری، پارامترهای جغرافیایی خاص هر دستگاه نظیر واقع شدن در نزدیکی مراکز خرید یا ادارات و اماکن خاص، و همچنین

بهینه‌سازی دقیق فرایند تأمین پول نقد دستگاه‌های خودپرداز، به برآوردی دقیق از میزان مصرف دستگاه‌ها نیاز دارد. پیش‌بینی دقیق تقاضای پول نقد دستگاه‌های خودپرداز می‌تواند نتایج بهینه‌سازی را به شدت بهبود دهد و در نتیجه به طور مستقیم در افزایش سودآوری بانک مؤثر باشد؛ بنابراین، مدیریت و تدوین راهبردهای کلی بانک در زمینه پول‌گذاری دستگاه‌های خودپرداز^۱ با علم به چگونگی رفتار مصرفی دستگاه‌ها امکان‌پذیر است. همچنین ایجاد یک بستر نرم‌افزاری مناسب برای پیش‌بینی تقاضای دستگاه‌ها، با ایجاد نظم و انسجام در فرایندهای روزانه، این امکان را فراهم می‌سازد که بانک تأمین پول، دستگاه‌های بیشتری را تقبل کند و محدوده عملکردی خود را گسترش دهد. بدین ترتیب، راهکارهای نرم‌افزاری در مورد پیش‌بینی تقاضای دستگاه‌های خودپرداز، علاوه بر تخمین درست زمان

کسب سود مورد نظر و کنترل ریسک‌ها اطمینان حاصل کرد؛ بنابراین، مدیریت وجوه نقد یا نقدینگی بانک به‌عنوان یکی از اجزای مهم مدیریت دارایی‌ها و بدهی‌ها، شامل پیش‌بینی نیازهای نقدینگی و تأمین آن‌ها با حداقل هزینه ممکن است [۲]؛ دلیل اصلی این چالش، تأمین منابع بانک از محل سپرده‌های کوتاه‌مدت و عندالمطالبه‌بودن تمامی سپرده‌ها از یک سو و تعهد به پرداخت تسهیلات و بلندمدت‌بودن اغلب آن‌ها و درجه نقدشوندگی نسبتاً پایین سرمایه‌گذاری‌هاست؛ بنابراین، یکی از وظایف اصلی مدیریت بانک، ایجاد توازن میان ورود و خروج وجوه است [۳]. از سوی دیگر، نگهداری مقادیر فراوان نقدینگی، موجب تخصیص ناکارآمد منابع، کاهش نرخ سوددهی و ازدست‌دادن بازار می‌شود [۴] مقدار زیاد وجوه جذب‌شده بازارهای پولی در بانک‌ها، آن‌ها را مجبور خواهد کرد که به‌دنبال یافتن تکنیکی برای کاهش هزینه‌های پول باشند [۵].

بنابراین، در پژوهش صورت‌گرفته، مدل مدیریت دارایی و بدهی‌ها با استفاده از یک نرم‌افزار کارآمد و ارزان و براساس معیارها و پارامترهای زمانی و مکانی برای برداشت پول از دستگاه‌های خودپرداز و اتمام موجودی دستگاه‌ها براساس پیشینه و مرور ادبیات پژوهش، زمان‌های صحیح پول‌گذاری دستگاه‌های خودپرداز بانک شهر را در طول روز، هفته یا ماه نشان می‌دهد و در راستای کاهش هزینه‌های پول عمل می‌کند.

ادبیات پژوهش

تحقیقات در زمینه کنترل موجودی، اغلب به دو صورت سیاست «مرور پیوسته» و «مرور دوره‌ای» انجام می‌پذیرد. در سیاست مرور پیوسته می‌توان هر لحظه با توجه به موقعیت موجودی^۴ در دست، اقدام به بازپرسازی کرد؛ درحالی‌که در سیاست مرور دوره‌ای، فقط در زمان‌های خاص می‌توان این کار را انجام داد [۶]. در سیاست مرور پیوسته، به محض اینکه موقعیت موجودی به اندازه کافی پایین بود، یک سفارش صادر می‌شود. مدل دیگر با عنوان مدل مرور دوره‌ای شناخته می‌شود. این سیاست شامل بررسی موقعیت موجودی در نقاط مشخصی از زمان است. به طور کلی در این سیاست، فواصل بین بازدید موجودی

پارامترهای دیگری که با مطالعات کمی پیش‌رو استخراج می‌شوند. در این میان، روش‌های کلاسیک و مرسوم پیش‌بینی سری‌های زمانی نظیر میانگین متحرک و اتورگرسیون و ترکیبات حاصل از این مدل‌ها نظیر ساریما^۵، در مدل‌سازی رفتارهای غیرخطی و معلول به پارامترهای زیاد، کارایی چندانی ندارند و در مقابل روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی نظیر انواع شبکه‌های عصبی یا شبکه‌های نروفازی و رگرسیون‌های بردار پشتیبان، در یافتن الگوهای غیرخطی و آشوبناک، عملکرد قابل‌قبولی از خود نشان می‌دهند. همچنین هریک از این پیش‌بینی‌کننده‌ها با ساختار متفاوت، دارای کارایی متفاوتی در بازه‌های مختلف پیش‌بینی هستند. ترکیب پیش‌بینی‌کننده‌ها همواره به دقت پیش‌بینی افزوده است و سبب کاهش دامنه خطا پیرامون خطای صفر، کاهش انحراف معیار خطای پیش‌بینی و در نتیجه بهبود پیش‌بینی می‌شود [۱]. در مجموع، برای نیل به یک پیش‌بینی دقیق، علاوه بر شناسایی و استخراج پارامترهای مؤثر باید مدل‌های پیش‌بینی‌کننده مناسب و درنهایت، ترکیب پیش‌بینی‌کننده‌ها به درستی به کار گرفته شود. همچنین ساختار نرم‌افزاری راهکارهای ارائه‌شده به‌منظور پیش‌بینی تقاضای پول دستگاه‌های خودپرداز، علاوه بر دقت قابل‌قبول باید به‌صورتی تدوین شود که قابلیت جمع‌بندی در بخش‌های نرم‌افزاری مورد استفاده بانک‌ها و شرکت‌های تابع را داشته باشد.

از سوی دیگر، امروزه بانک‌های پیشرفته با استفاده از فناوری و اطلاعات مالی، ابتدا انواع ریسک‌های موجود در عملیات داخلی و بین‌المللی را شناسایی و سپس برای مدیریت صحیح آن برنامه‌ریزی می‌کنند. مدیریت دارایی‌ها و بدهی‌های بانک (ALM) را می‌توان یکی از عوامل مهم رشد سودآوری آن‌ها دانست که به کاهش ریسک‌های احتمالی نیز کمک می‌کند. بدیهی است دسترسی به چنین وضعیتی (شناسایی ریسک، تجزیه و تحلیل و مدیریت ریسک) به کمک سیستم حسابداری مناسب و همچنین مدل مدیریت دارایی‌ها و بدهی‌های کارآمد امکان‌پذیر خواهد بود [۲]. بدین ترتیب، مدیریت دارایی‌ها و بدهی‌ها، امروزه به‌عنوان یک برنامه‌ریزی راهبردی عنوان می‌شود که با تبدیل آن به برنامه‌های عملیاتی کوتاه‌مدت می‌توان از

برای نگهداری دستگاه‌های خودپرداز در نظر گرفته شده‌اند. مطالعات شبیه‌سازی در این تحقیق نشان داد که در حالت یا مورد هزینه بالاتر وجه و موجودی نقدی (نرخ بهره) و هزینه پایین‌تر برای بارگذاری پول یا وجه نقد، رویه بهینه‌سازی، کاهش در حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد هزینه‌های نگهداری دستگاه‌های خودپرداز را مجاز شمرده است. از دیدگاه آن‌ها، برای به‌کارگیری و اجرای عملیاتی رویه مدیریت موجودی نقدی دستگاه خودپرداز ارائه شده، بررسی‌های تجربی بیشتر ضروری است. در [۱۱] چارچوبی مفهومی برای دستیابی به راهبرد گسترش موجودی نقدی بهینه برای یک شبکه از دستگاه‌های خودپرداز ارائه شد و مزایای بالقوه و ممکن یک نرم‌افزار مدیریت موجودی نقدی پیچیده ارزیابی شد. پژوهش، طراحی یک مطالعه موردی اکتشافی را به‌کار گرفت که بر مبنای پژوهش عملیاتی مرسوم با استفاده از شبیه‌سازی رخدادهای قطعی است. مجموعه موردی واحد (تنها) استفاده شده، به‌خاطر تأکید سؤال پژوهش بر تعریف متغیرهایی است که به‌جای مشاهده تفاوت‌های درون صنعت، بر راهبرد توسعه و تکمیل موجودی نقدی بهینه، اندازه تأثیر آن‌ها و روابط درونی (میانی) متغیرها تأثیر می‌گذارند. این مطالعه نشان داد که با به‌کارگیری الگوریتم واگنر-ویتین برای تخصیص موجودی بهینه و استفاده از برنامه صحیح دانتزیگ، فالکرسون و جانسون به‌منظور تعریف کردن و تعیین ریشه‌های حداقل فاصله مجموع می‌توان صرفه‌جویی عمده تا ۲۸ درصد به‌دست آورد. در غیر این صورت، شرط کافی برای یک جواب بهینه نزدیک‌بین، به تعدادی محدودیت روی حجم تقاضا یا مقادیر پارامترها نیاز دارد؛ بنابراین، این شرط کافی چندان محدودکننده نیست. به این صورت که آن را به‌صورت فوری برای خانواده حجم تقاضای ارلنگ حفظ می‌کند.

در ایران با به‌کارگیری روش شبیه‌سازی مونت کارلو، سیاست مناسب کنترل موجودی ده دستگاه از خودپردازهای بانک صادرات در شهر شیراز استان فارس تعیین شد [۱۲]. در این پژوهش، برای تعیین موجودی، از پنج سناریو و چهار زیرسناریو براساس سقف شارژ (حداکثر موجودی) و نقطه شارژ (حداقل موجودی) استفاده شد. این سناریوها نیز به‌نوبه خود براساس میزان کمبود و مازاد پول

ثابت است و به همین دلیل آن را سیاست مرور دوره ای می‌نامیم [۷]. نقطه سفارش مجدد در این سیاست، با S نمایش داده می‌شود. هنگامی که موقعیت موجودی به سطح نقطه سفارش مجدد یا پایین‌تر از آن می‌رسد، به اندازه‌ای سفارش می‌دهیم که سطح موجودی به حد بیشینه (حداکثر موجودی) یا S برسد. تفاوت عمده این سیاست با سیاست «میزان سفارش، نقطه سفارش»^۵ این است که در اینجا به اندازه‌ی ضریبی از انباشته‌های میزان سفارش، سفارشی صادر نمی‌کنیم. در [۸] مسئله مرور دوره‌ای طی دو حالت کمبود پس‌افت و فروش از دست‌رفته بررسی شد. سیاست این تحقیق، «میزان سفارش، نقطه سفارش» بود. در همین زمینه و در حوزه مدیریت موجودی، پژوهشی درباره هزینه‌های معوق (عقب‌افتاده) سفارش انجام گرفت [۹]. پژوهشگران در این تحقیق، بازنگری دوره‌ای و نیز موجودی تقاضای احتمالی (تصادفی) را برای یک محصول واحد در نظر گرفتند. در این موجودی، سفارش‌های معوق مجاز هستند و از طریق هزینه سفارش معوق سهمیه‌ای و ثابت به‌صورت هم‌زمان جریمه می‌شوند. آن‌ها نشان دادند که اگر موجودی اولیه کمتر از میزان حداکثر موجودی باشد، سیاست سطح حداکثر موجودی سهم‌محور، بدون در نظر گرفتن پارامترهای مدل و توزیع تقاضا بهینه خواهد بود.

مسئله مدیریت دارایی و بدهی‌ها در دستگاه‌های خودپرداز، با مسائل مدیریت موجودی نقدی تجاری متفاوت است و تنها در سال‌های اخیر مورد توجه محققان بوده است. مدیریت دارایی و بدهی بانک به‌عنوان برنامه‌ریزی هم‌زمان همه دارایی‌ها و بدهی‌های بانک، شامل ترکیب ترانزنامه بانک تحت الزامات مختلف، مانند اهداف مدیران بانک، الزامات قانونی و مدیریتی و شرایط بازار به‌منظور کاهش ریسک نرخ بهره، تأمین نقدینگی و تقویت ارزش بانک تعریف شده است [۲]. در [۱۰] رویکردی به‌منظور مدیریت وجه نقد برای شبکه دستگاه‌های خودپرداز ارائه شد. این رویکرد به‌منظور پیش‌بینی تقاضای وجه نقد روزانه برای هر دستگاه خودپرداز در شبکه و در رویه (روش) بهینه‌سازی به‌منظور تخمین بار نقدی بهینه برای هر دستگاه خودپرداز، بر مبنای یک شبکه عصبی مصنوعی شکل گرفته است. در زمان رویه بهینه، مهم‌ترین فاکتورها

که موجودی را در چندین دستگاه خودپرداز مدیریت می‌کند، رده‌ای جدید از سیاست‌های داده‌محور برای مسئله کنترل موجودی احتمالی پیش‌رو ارائه کردند؛ چراکه در این شرکت، مدیران ارشد تصور کرده‌اند که سیستم تأمین موجودی نقدی فعلی برای مدیریت دستگاه‌های خودپرداز، ناکارآمد و منسوخ بوده است و احتمال داده‌اند که به‌کارگیری موجودی نقدی بهبودیافته، هزینه کل سیستم را کاهش می‌دهد. محققان در این مطالعه، رویه‌ای قوی برای برخورد با راهبردهای گسترش موجودی دستگاه‌های خودپرداز ارائه می‌کنند. برخلاف سایر مطالعات صورت گرفته که یک سیستم مرور دوره‌ای با تابع تقاضای نرمال را در نظر می‌گیرند، در این تحقیق، چنین فرضیه‌ای در نظر گرفته نشده است و تجزیه و تحلیلی قوی و جدید ارائه شده است. رویکرد محققان، سری‌های زمانی پیش‌بینی‌کننده بهینه را پیدا می‌کند و بهترین توزیع خطای پیش‌بینی هفتگی مناسب را ارائه می‌دهد. سطح موجودی نقدی، هدف بهینه تضمین شده و زمان بین سفارش‌ها، تنها از طریق یک مازول بهینه در مسیری شبیه‌سازی شده به دست می‌آید. این مسیر به وسیله محققان برای مؤسسه شبیه‌سازی/تعبیه شده است. پژوهشگران در این تحقیق، یک روش مطالعه موردی اکتشافی را برای جمع‌آوری اطلاعات برداشت از حساب نقد در ۲۱ دستگاه خودپرداز متعلق به مؤسسه مالی به کار گرفتند. رویکرد جدید آن‌ها، کاهش ۴/۶ درصدی کل هزینه‌ها را نشان داد. همچنین نتیجه به دست آمده، صرفه جویی هزینه سالانه بالغ بر ۲۵۰ هزار دلار را برای ۲۵۰۰ دستگاه خودپرداز که به وسیله بانک مدیریت می‌شوند، منعکس می‌کند.

پژوهشی با عنوان «بهینه‌سازی تکمیل مجدد موجودی نقدی دستگاه‌های خودپرداز با پیش‌بینی‌های تقاضای گروهی» در شهر استانبول ترکیه انجام گرفت [۱۵]. مطالعه آن‌ها، یک مدل دستگاه‌های خودپرداز با تقاضای گروهی و همچنین بهینه‌سازی تجمیع خروج پول نقد روزانه (مانند تکمیل دوباره پول دستگاه به صورت هفتگی به جای حالت روزانه) را در فرایند پیش‌بینی پیشنهاد می‌کند. مطابق نتایج، این پیش‌بینی یکپارچه و رویه بهینه‌سازی برای یک منظور یا هدف، در حداقل‌سازی هزینه‌های تکمیل مجدد وجه نقد و هزینه سود نقدی و نارضایتی مشتری بالقوه،

در دستگاه‌ها با هم مقایسه شدند و در نهایت، انتخاب بهترین سناریو صورت گرفت. از ضعف‌های این پژوهش، به‌کارگیری پاسخ‌هایی از پیش تعیین شده (سناریوها) برای مسئله است؛ حال آنکه ممکن است سناریوهایی مناسب‌تر وجود داشته باشند.

محققان مطالعه‌ای با عنوان «یک بهینه‌سازی ابتکارمحور برای یک مدل اندازه بزرگ دارای ظرفیت محدود در شبکه ماشین‌های خودپرداز» انجام دادند [۱۳]. در این مطالعه - که در کشور تایلند انجام گرفت - محققان مسئله موجودی نقدی را در یک شبکه از ماشین‌های خودپرداز به منظور ارضاکردن تقاضا و نیازهای مشتریان به موجودی نقدی در دوره‌های متعدد، با تقاضای قطعی بررسی کردند. هدف از این پژوهش، تعیین میزان پول به منظور قراردادن در دستگاه‌های خودپرداز و مراکز وجه نقد (خزانه‌ها) برای هر دوره، در طول یک افق زمانی مشخص بوده است. الگوریتم‌ها در این مسئله، به عنوان یک مسئله موجودی چندپله‌ای با اندازه بزرگ دارای ظرفیت محدود تک‌آیتمی در نظر گرفته شدند تا هزینه‌های کل راه‌اندازی و فعالیت شبکه دستگاه‌های خودپرداز حداقل شود. محققان در این مطالعه، مسئله را به عنوان یک مسئله عدد صحیح مختلط فرموله کردند و یک رویکرد را مبتنی بر فرمول‌سازی مجدد مدل، به عنوان فرمول کوتاه‌ترین مسیر برای یافتن جواب نزدیک به جواب بهینه ارائه دادند. این فرمول‌سازی مجدد، مانند یک مدل سنتی و رایج است، اما در آن، به جز محدودیت‌های ظرفیت، محدودیت‌های توازن موجودی و راه‌اندازی مربوط به مدیریت پول در دستگاه‌های خودپرداز آزادسازی شده است. مدل جدید ارائه شده، متغیرها و محدودیت‌های بیشتری ایجاد می‌کند، اما برای حل کردن با برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت، سریع‌تر است. از سوی دیگر، مهم‌ترین ضعف این تحقیق، در نظر گرفتن تقاضا به صورت قطعی در مسئله اندازه بزرگ است؛ چراکه میزان تقاضای موجودی دستگاه‌های خودپرداز در دنیای واقعی، غیرقطعی و احتمالی محسوب می‌شود.

محققان دیگری مطالعه‌ای را با عنوان «سیاست کنترل موجودی داده محور برای عملیات پشتیبانی نقدی: یک مطالعه موردی اکتشافی در یک مؤسسه مالی» را در آمریکا انجام دادند [۱۴]. آن‌ها به کمک یک مؤسسه مالی بزرگ

پول، کمبود پول، خرابی دستگاه، زیان مشتری از دست‌رفته و سوء‌تبلیغ برای بانک، باید گفت هزینه‌های خودرو پول‌رسان و پرستاری دستگاه‌های خودپرداز و هزینه جریمة بانک توسط بانک مرکزی و زمان مراجعه مشتریان به دستگاه‌های خودپرداز توزیع غیرنرمال دارد و با در نظر گرفتن محدودیت‌های بانک در عملیات پول‌گذاری دستگاه‌ها، پس از فرایند شبیه‌سازی شده می‌توان از سناریوهای مناسب با محدودیت‌های متفاوت، به منظور کاهش مجموع هزینه‌های پول‌گذاری دستگاه‌های خودپرداز استفاده کرد.

روش‌شناسی پژوهش

مطالعه ادبیات و پیشینه پژوهش نشان می‌دهد پژوهش‌های صورت‌گرفته در حوزه پول‌گذاری دستگاه‌های خودپرداز، اغلب با استفاده از سیاست «حداکثر موجودی و حداقل موجودی» به انجام رسیده است. بدین‌منظور، در بحث ابتدایی روش‌شناسی پژوهش، توضیحات مختصر سیاست مزبور ارائه شده و سپس جامعه و نمونه آماری پژوهش و نحوه نمونه‌گیری معرفی شده است. در ادامه، متغیرها و مفروضات مدل مسئله بررسی شده‌اند. در گام بعد به منظور شبیه‌سازی رفتار دستگاه‌های خودپرداز بانک شهر در سطح شهر تهران با استفاده از نرم‌افزار ارنا، نتایج شبیه‌سازی ۲۷۲ دستگاه نمونه که در شعب برتر و اماکن پرتردد شهر تهران قرار داشته‌اند، ارائه شده و میزان صرفه‌جویی هزینه پول‌گذاری، با استفاده از مدل پیشنهادی تعیین شده است. سپس میزان تقاضا و مصرف پول دستگاه‌های خودپرداز بانک شهر در شهر تهران در شش‌ماهه دوم سال ۱۳۹۴ به سه گروه «کم‌تقاضا»، «تقاضای متوسط» و «پرتقاضا» تقسیم شده و مدل تحقیق برای هر گروه با استفاده از نرم‌افزار ارنا شبیه‌سازی شده است. در انتها نیز رفتار یکی از دستگاه‌های خودپرداز منتخب بانک شهر در شهر تهران شبیه‌سازی شده و میزان حداقل، حداکثر موجودی، هزینه پول‌گذاری و بازه سرکشی بهینه به دستگاه معین شده است.

سیاست حداکثر موجودی و حداقل موجودی^۶

با توجه به توضیحات ارائه‌شده، در مسئله پول‌گذاری

بهبتر عمل می‌کند؛ بنابراین، محققان در این مطالعه توانستند ضمن حداقل‌سازی هزینه پول‌گذاری در دستگاه‌های خودپرداز و کاهش هزینه‌های خودروهای پول‌رسان، زمان پول‌گذاری را از حالت روزانه به حالت هفتگی تغییر دهند. البته این شبیه‌سازی براساس عملکرد تنها پنج دستگاه خودپرداز صورت پذیرفت.

پژوهشگران در [۱۶] «بهبود پارتو و بهینه‌سازی مدیریت پول نقد مشترک برای بانک‌ها و شرکت‌های حمل‌کننده پول نقد» را در کشور مجارستان بررسی کردند. از دیدگاه آن‌ها، بهبود تکنیک‌های مدیریت موجودی نقدی در دستگاه‌های خودپرداز، به‌عنوان یک مسئله بهینه‌سازی مجزا برای بانک‌ها و شرکت‌های مستقلی که موجودی نقدی را برای ماشین‌های خودپرداز تأمین می‌کنند، توجه زیادی در ادبیات نظری به خود اختصاص داده است؛ بنابراین، آن‌ها به‌جای اینکه بر احتمال کاهش هزینه متمرکز شود، مسئله مدیریت موجودی را به‌عنوان مسئله‌ای تک‌بعدی در نظر گرفتند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که قیمت‌های قراردادی بین بانک‌ها و شرکت‌های حمل‌ونقل موجودی نقد را می‌توان با کاهش بیشتر هزینه بهینه‌سازی‌های انفرادی تعدیل کرد. محققان در این مطالعه، به‌منظور نشان‌دادن مناسب‌بودن این رویه، بهبود پارتو ممکن را با طرح‌های قرارداد مجدد برمبنای پیش‌بینی تقاضای نقدی نوع بائومل (baumol) برای یک بانک تجاری مجارستانی و در نتیجه، کاهش قابل‌توجه هزینه تعیین کردند.

در مجموع، نگاهی به مطالعات پیشین نشان می‌دهد که در بیشتر پژوهش‌ها، هزینه‌های در نظر گرفته‌شده همه‌جانبه نیست و در برخی مطالعات، هزینه کمبود پول و فرصت از دست‌رفته، در بعضی از آن‌ها هزینه خرابی دستگاه‌ها، در برخی هزینه خواب هر واحد پول، در گروهی از آن‌ها هزینه خودروهای پول‌رسان و در برخی نیز فقط هزینه نهایی پول‌گذاری دستگاه‌های خودپرداز، بدون توجه به سایر محدودیت‌ها حداقل شده است. ضمن اینکه در بیشتر مطالعات، تقاضای پول‌گذاری دستگاه‌ها به‌صورت قطعی (و نه احتمالی) در نظر گرفته شده است؛ بنابراین، در پژوهش حاضر با استفاده از مدل کنترل موجودی (حداکثر موجودی و حداقل موجودی)، ضمن در نظر گرفتن هزینه‌های خواب

p = نسبتی از جمعیت دارای صفت معین؛
 $q = (1-p)$ = نسبتی از جمعیت بدون صفت معین؛
 d = درجه اطمینان یا دقت احتمالی؛ مطلوب است که مطابق فرمول بالا اگر بخواهیم حجم نمونه را با شکاف جمعیتی $0/5$ (یعنی نیمی از جمعیت دارای صفتی معین و نیمی دیگر بدون آن باشند) در نظر بگیریم، d ممکن است $0/1$ یا $0/5$ باشد (که $0/5$ رایج تر است). به طور معمول، مقادیر p و q برابر با عدد $0/5$ در نظر گرفته می شوند. مقدار $Z_{\alpha/2}$ نیز عموماً برابر با $1/96$ است.
 n = حجم نمونه.

مفروضات مدل پژوهش

هدف اصلی این مقاله، استفاده از داده ها و اطلاعات موجود، در جهت به کارگیری مدل کنترل موجودی (حداکثر موجودی و حداقل موجودی) شبیه سازی شده است. به دلیل رفتارهای کاملاً مستقل خودپردازها از یکدیگر، تنها با اصلاح پارامترها و مفروضات مدل می توان یک شبیه سازی را برای هر دستگاه اجرا کرد.

با توجه به رفتارها و توزیع های متفاوت در مورد تعداد و زمان مراجعه مشتریان و همچنین میزان مصرف پول هر کدام از خودپردازها می توان برای هر یک از آنها یک مدل کنترل موجودی (حداکثر موجودی و حداقل موجودی) خاص متصور شد. با توجه به استفاده از مدل حداکثر موجودی و حداقل موجودی برای حل این مسئله، مقدار حداقل موقعیت موجودی (نقطه شارژ) $= 5$ میلیون تومان) و مقدار حداکثر پول گذاری در دستگاه های خودپرداز (سقف شارژ $= 50$ میلیون تومان) در هر روز در نظر گرفته شده است. به عبارت دیگر، مطابق دستورالعمل های موجود در بانک شهر، اول اینکه سقف شارژ دستگاه های خودپرداز بانک شهر 500 میلیون ریال در روز است و دوم آنکه هنگامی که حداقل موجودی دستگاه در یک روز (موجودی اطمینان) به کمتر از 50 میلیون ریال می رسد، دستگاه ها پول گذاری می شوند. بر این اساس، واحد اندازه گیری و مبنای اعداد در این مسئله میلیون تومان است و پول گذاری ها به صورت گسسته و با مقیاس یک میلیون تومان انجام می شود.

با این توضیح، درآمد خودپردازها از کارمزدهای دریافتی

ماشین های خودپرداز، اگر قرار باشد از سیاست مرور پیوسته (دائم) استفاده کنیم، هزینه زیادی به سیستم و بانک تحمیل می شود و زمان زیادی نیز صرف این موضوع می شود؛ بنابراین، به منظور پول گذاری دستگاه های خودپرداز، از مدل مرور دوره ای استفاده می شود. بر این اساس، اگر همواره به طور دقیق در نقطه سفارش دهی مجدد سفارش صادر کنیم (شرایط مرور پیوسته و مصرف پیوسته)، دو سیاست معادل هم هستند و روابط زیر بین آنها برقرار است:

$$(نقطه سفارش مجدد = نقطه سفارش)$$

$$(حداکثر موجودی = میزان سفارش + نقطه سفارش)$$

اما اگر سفارش، دقیقاً در نقطه سفارش دهی مجدد صادر نشود، این تساوی ها برقرار نیست. از آنجاکه سفارش، زمانی صادر می شود که سطح موجودی پایین تر از نقطه سفارش دهی مجدد است، در حالت سیاست «میزان سفارش، نقطه سفارش» بعد از صدور سفارش، موقعیت موجودی به سطح «میزان سفارش + نقطه سفارش» نمی رسد؛ بنابراین، سیاست حداکثر موجودی به طور ساده به این معناست که مستقل از موقعیت موجودی، تا سطح سقف موجودی سفارش صادر می کنیم. در مجموع، برای سیستم های تک سطحی می توان نشان داد که سیاست بهینه، تحت فرض هایی بسیار فراگیر، سیاست «حداکثر موجودی و حداقل موجودی» است [۷].

جامعه و نمونه آماری پژوهش

در این پژوهش، جامعه آماری، شامل همه دستگاه های خودپرداز بانک شهر در سطح شهر تهران و برابر با 930 دستگاه خودپرداز است، اما با توجه به پراکندگی مشتریان دستگاه های خودپرداز و دسترسی نداشتن به مشتریان همه دستگاه ها، با به کارگیری فرمول کوکران برای تعیین حجم نمونه، 272 دستگاه خودپرداز به منظور شبیه سازی در نظر گرفته شد:

$$n = \frac{N z_{\alpha/2}^2 p(1-p)}{d^2 (N-1) + z_{\alpha/2}^2 p(1-p)}$$

در فرمول کوکران:

$$N = \text{حجم جمعیت آماری (930 خودپرداز)};$$

$$z = \text{درصد خطای معیار ضریب اطمینان قابل قبول};$$

واحد کمبود پول و زیان مشتری از دست‌رفته برای هر دستگاه است (۶۱۱، ۲۰۰ تومان).

مفروض چهارم: هزینه هر بار عملیات پول‌گذاری شامل مجموع هزینه‌های خودرو پول‌رسان اعم از استهلاک و بنزین، بیمه خودرو و پرستاری دستگاه خودپرداز برای هر دستگاه و برابر با ۰/۱ میلیون تومان در روز است که معادل ۱۰۰ هزار تومان می‌شود.

مفروض پنجم: هزینه هر بار سفارش‌دهی برای هر مبلغی ثابت در نظر گرفته می‌شود. هر واحد پول که در هر بار پول‌گذاری سفارش می‌دهیم، هزینه‌ای دربر ندارد. به عبارت دیگر، چه ۱ میلیون تومان و چه ۵۰ میلیون تومان پول‌گذاری شود، هزینه‌ای برای هر واحد پول پرداخت نمی‌شود.

مفروض ششم: زمان مراجعه مشتریان به دستگاه‌های خودپرداز برای دریافت وجه نقد، از توزیع پیوسته‌نمایی با نرخ $\lambda=150$ مشتری در روز تبعیت می‌کند. در واقع، روزانه به طور متوسط ۱۵۰ مشتری برای دریافت وجه نقد به دستگاه‌های خودپرداز مراجعه می‌کنند. از طرفی با توجه به اینکه میزان تراکنش‌های ماهانه دستگاه‌های خودپرداز برای ماه‌های مختلف محاسبه شده است، ۴۵۰۰ تراکنش در ماه برای هر دستگاه خودپرداز مقرون‌به‌صرفه است؛ بنابراین می‌توان گفت روزانه به طور متوسط ۱۵۰ نفر برای برداشت وجه به هر دستگاه خودپرداز مراجعه می‌کنند.

مفروض هفتم: میزان برداشت وجه مشتریان از صندوق‌های خودپرداز، از توزیع نرمال با میانگین ۰/۰۸ و انحراف معیار ۰/۰۲ تبعیت می‌کند؛ یعنی متوسط برداشت وجه مشتریان از هر دستگاه خودپرداز، به طور متوسط ۸۰ هزار تومان با انحراف معیار ۲۰ هزار تومان است.

مفروض هشتم: تعداد روزهای اجرای شبیه‌سازی به وسیله نرم‌افزار ارنا در این مسئله ۳۰ روز است.

مفروض نهم: از زمان مشاهده کمبود تا پول‌گذاری، فاصله‌ای قرار نگیرد. فرض می‌کنیم بلافاصله پس از مشاهده موجودی خودپرداز، در صورتی که سطح موجودی پایین‌تر از حداقل (۵ میلیون تومان) بود، پول‌گذاری به میزان حاصل از تفریق موجودی آن لحظه دستگاه از حداکثر موجودی^۷ انجام می‌پذیرد؛ بنابراین، فاصله زمان مشاهده کمبود تا پول‌گذاری، صفر فرض می‌شود.

(پذیرندگی) بابت تراکنش‌های برداشت وجه، انتقال وجه و پرداخت قبوض روی شبکه شتاب و خرید شارژ تشکیل می‌شود. از سوی دیگر، هزینه‌های هر خودپرداز، از اختلاف میان میزان شارژ و میزان اسکناس مصرف‌شده محاسبه شده است که این میزان بیانگر موجودی پول درون دستگاه‌های خودپرداز است. همچنین می‌توان با محاسبه سود و هزینه هر خودپرداز، زمان و میزان شارژ دستگاه‌های خودپرداز را به گونه‌ای برآورد کرد تا هزینه‌های پول‌گذاری و خواب پول به حداقل ممکن برسد.

با توجه به اینکه داده‌های این تحقیق به صورت تجربی به دست آمده و هزینه‌ها و محدودیت‌های مسئله، طی مصاحبه با مدیران محاسبه شده است، بعضی روابط موجود را باید به صورت فرض برای مسئله در نظر گرفت. بدین ترتیب و به منظور تشکیل تابع هدف مسئله که شامل حداقل‌سازی مجموع دو مقدار هزینه خواب پول و هزینه زیان مشتری از دست‌رفته است، مفروضات زیر در نظر گرفته می‌شود.

مفروض اول: هزینه هر واحد کمبود پول و زیان مشتری از دست‌رفته شامل مجموع هزینه‌های جریمه بانک توسط بانک مرکزی برای خرابی دستگاه، هزینه تراکنش‌های ناموفق، هزینه نبود موجودی در دستگاه، هزینه مشتری از دست‌رفته، هزینه کارمزد‌های از دست‌رفته به ازای هر دستگاه و هزینه سوء‌تبلیغ برای بانک شهر و برابر با ۰/۲ میلیون تومان در روز است که معادل ۲۰۰ هزار تومان می‌شود (شایان ذکر است این هزینه براساس مطالعه [۱۷] به دست آمده است که در آن، متوسط هزینه هر مشتری از دست‌رفته ۴۰،۰۰۰ ریال برآورد شده است. علاوه بر این هزینه، براساس محاسبات انجام‌شده، متوسط سایر هزینه‌ها اعم از هزینه خرید و پرستاری هر دستگاه خودپرداز حدود ۱،۶۰۰،۰۰۰ ریال برآورد شده است).

مفروض دوم: هزینه خواب هر واحد پول، برابر با هزینه نگهداری پول است که براساس حداکثر نرخ سود مؤثر سالانه سپرده‌های بانکی در سال ۱۳۹۴، معادل ۲۲ درصد و ۱ میلیون تومان برای هر دستگاه محاسبه می‌شود.

هزینه خواب هر واحد پول = ۲۲۰،۰۰۰ تومان (معادل با ۱۸،۳۳۴ تومان در ماه و ۶۱۱ تومان در روز)

مفروض سوم: هزینه سفارش کل یا کل پول‌گذاری که برابر با مجموع هزینه خواب هر واحد پول به علاوه هزینه هر

اجرای مدل

پس از ورود داده‌های مسئله شامل اطلاعات ۲۷۲ دستگاه خودپرداز شهر تهران، شامل تعداد مراجعان دستگاه‌ها و میزان تقاضا و مصرف پول دستگاه‌های خودپرداز در

شش ماهه دوم سال ۱۳۹۴ به نرم‌افزار شبیه‌سازی ارنا و لحاظ کردن محدودیت‌ها و مفروضات مسئله، نرم‌افزار مذکور برای بازه زمانی ۳۰ روزه اجرا شد. نتایج براساس شبیه‌سازی در جدول ۱ قابل مشاهده است.

جدول ۱. نتایج شبیه‌سازی ۲۷۲ دستگاه خودپرداز بانک شهر در شهر تهران در نرم‌افزار ارنا

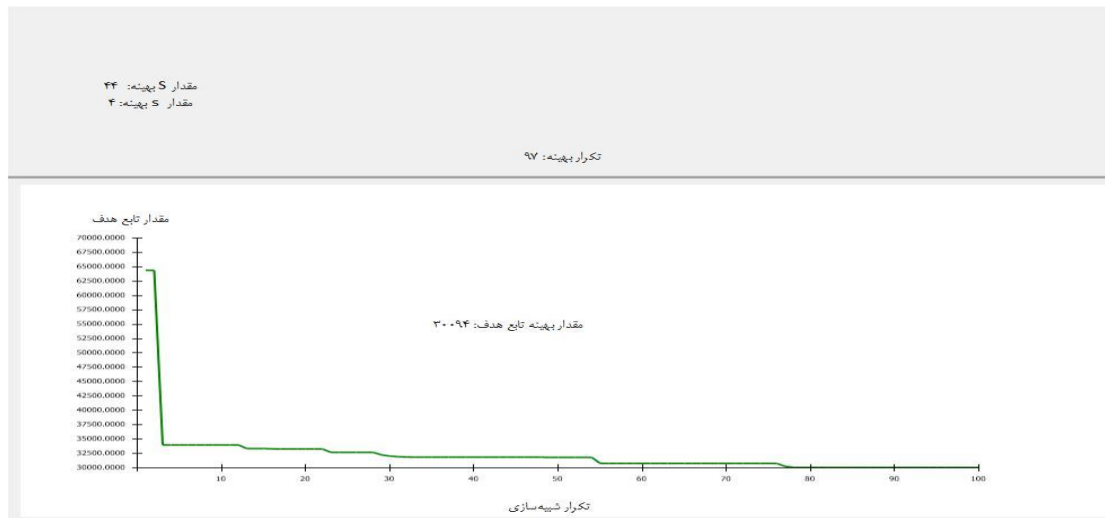
ردیف	تعداد کل مشتریان دستگاه‌ها	هزینه کل پول‌گذاری برای ۲۷۲ دستگاه (تومان)	بازه حداقل تقاضای دستگاه‌ها (میلیون تومان)	بازه حداکثر تقاضای دستگاه‌ها (میلیون تومان)	بازه زمانی پول‌گذاری دستگاه‌ها (روز)
۱	۳۷۱۶۰	۸،۷۴۳،۳۹۴	۲ تا ۷	۴۰ تا ۵۰	۱ تا ۷

بررسی اعداد به دست آمده نشان می‌دهد نتایج اولیه شبیه‌سازی در مقایسه با مقادیر واقعی، روند کاملاً بهبود یافته‌ای دارد؛ به گونه‌ای که هزینه کل عملیات پول‌گذاری یا هزینه سفارش پول (شامل مجموع هزینه خواب هر واحد پول به علاوه هزینه هر واحد کمبود پول و زیان مشتری از دست‌رفته) برای ۲۷۲ دستگاه از ۸۱،۷۶۶،۱۹۲ تومان در حالت واقعی، به ۸،۷۴۳،۳۹۴ تومان در حالت شبیه‌سازی شده رسیده است؛ یعنی هزینه در حالت واقعی، ۹/۳۵ برابر حالت شبیه‌سازی شده است. همچنین بازه حداقل تقاضای دستگاه‌های خودپرداز بین ۲ تا ۷ میلیون، بازه حداکثر تقاضای دستگاه‌های خودپرداز بین ۴۰ تا ۵۰ میلیون تومان و بازه زمانی پول‌گذاری دستگاه‌های خودپرداز بین ۱ تا ۷ روز است. در واقع، در حالت شبیه‌سازی شده، میزان حداقل تقاضای دستگاه‌های خودپرداز، از ۵ میلیون تومان در شرایط واقعی به ۲ میلیون تومان، و میزان کمینه حداکثر تقاضای دستگاه‌های خودپرداز، از ۵۰ میلیون تومان در حالت واقعی، به ۴۰ میلیون تومان کاهش یافته است. با وجود این، به منظور ترسیم نموداری رفتار مطلوب خودپردازها در حالت شبیه‌سازی شده، با توجه به خروجی‌های نرم‌افزار ارنا در زمینه میزان برداشت وجه توسط هر مشتری از دستگاه خودپرداز در هر روز، این دستگاه‌ها به سه گروه دستگاه‌های کم‌تقاضا، تقاضای متوسط و پرتقاضا تقسیم شده‌اند و نمودار نهایی شبیه‌سازی برای آن‌ها با توجه به کمینه و بیشینه تقاضای دستگاه خودپرداز در نرم‌افزار ارنا ترسیم شد. در واقع، این میزان تقاضا براساس میزان برداشت روزانه وجه

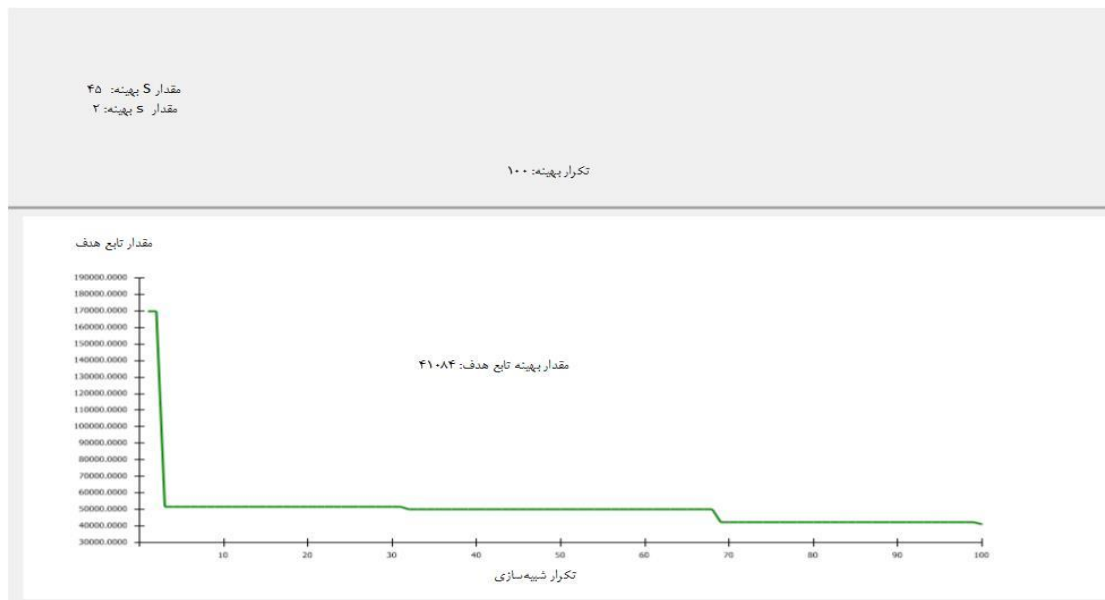
توسط هر مشتری از دستگاه خودپرداز تعیین شده است. میزان مصرف دستگاه‌های کم‌تقاضا بین ۵۰ تا ۱۰۰ هزار تومان، میزان مصرف دستگاه‌های تقاضای متوسط بین ۱۰۰ تا ۱۵۰ هزار تومان و میزان مصرف دستگاه‌های پرتقاضا بین ۱۵۰ تا ۲۰۰ هزار تومان در روز برای هر مشتری بوده است.

در نمودار ۱، رفتار دستگاه‌های خودپرداز کم‌تقاضا در حالت شبیه‌سازی ترسیم شده است. همان‌گونه که در نمودار ۱ ملاحظه می‌شود، برای دستگاه‌های کم‌تقاضا در حالت شبیه‌سازی شده، حداقل میزان پول‌گذاری ۴ میلیون تومان و حداکثر میزان پول‌گذاری ۴۴ میلیون تومان بوده است که به ترتیب ۱ و ۶ میلیون تومان کمتر از مقدار واقعی است. همچنین مقدار بهینه تابع هدف که شامل مجموع هزینه‌های خواب هر واحد پول به علاوه هزینه هر واحد کمبود پول و زیان مشتری از دست‌رفته است، برابر با ۳۰،۰۹۴ تومان برای هر دستگاه است که نسبت به مقدار واقعی (۲۰۰،۶۱۱ تومان) در حدود ۱۷۰ هزار تومان صرفه‌جویی می‌شود.

در نمودار ۲، رفتار دستگاه‌های خودپرداز با تقاضای متوسط در حالت شبیه‌سازی شده ترسیم شده است. همان‌گونه که در نمودار ۲ ملاحظه می‌شود، برای دستگاه‌های با تقاضای متوسط در حالت شبیه‌سازی شده، حداقل میزان پول‌گذاری ۲ میلیون تومان و حداکثر میزان پول‌گذاری ۴۵ میلیون تومان بوده است که به ترتیب ۳ و ۵ میلیون تومان از مقدار واقعی کمتر است.



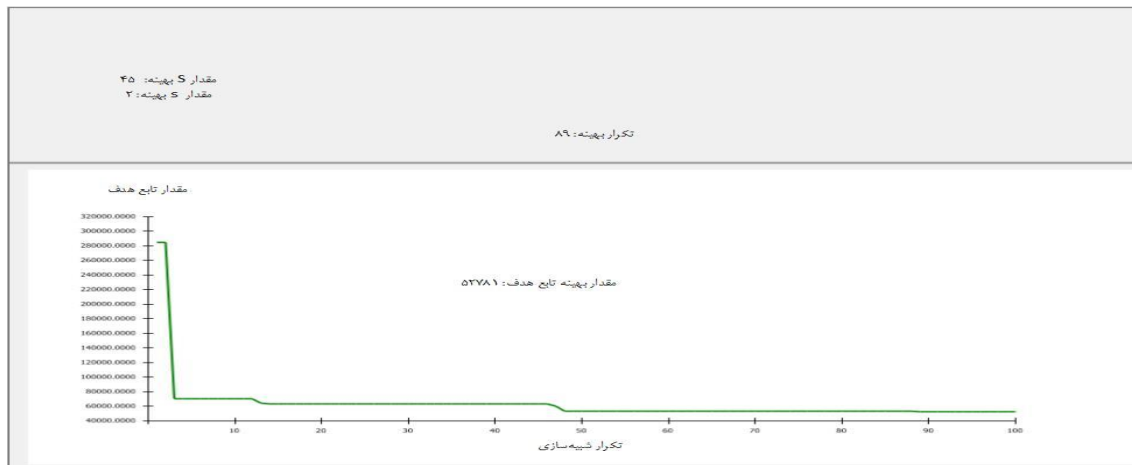
نمودار ۱. پول‌گذاری دستگاه‌های خودپرداز کم‌تقاضای بانک شهر در شهر تهران در حالت شبیه‌سازی شده



نمودار ۲. پول‌گذاری دستگاه‌های خودپرداز با تقاضای متوسط بانک شهر در شهر تهران در حالت شبیه‌سازی شده

حداقل و حداکثر میزان پول‌گذاری ۲ و ۴۵ میلیون تومان است که به ترتیب ۳ و ۵ میلیون تومان از مقدار واقعی کمتر است. همچنین مقدار بهینه تابع هدف که شامل مجموع هزینه‌های خواب هر واحد پول به‌علاوه هزینه هر واحد کمبود پول و زیان مشتری از دست‌رفته است، برابر با ۵۲،۷۸۱ تومان برای هر دستگاه است که در مقایسه با مقدار واقعی (۲۰۰،۶۱۱ تومان)، حدود ۱۴۸ هزار تومان صرفه‌جویی حاصل شده است.

همچنین مقدار بهینه تابع هدف که شامل مجموع هزینه‌های خواب هر واحد پول به‌علاوه هزینه هر واحد کمبود پول و زیان مشتری از دست‌رفته است، ۴۱،۰۸۴ تومان برای هر دستگاه بوده که نسبت به مقدار واقعی (۲۰۰،۶۱۱ تومان) در حدود ۱۶۰ هزار تومان صرفه‌جویی حاصل شده است. در نمودار ۳، رفتار دستگاه‌های خودپرداز پرتقاضا در حالت شبیه‌سازی شده ترسیم شده است. همان‌گونه که در این نمودار ملاحظه می‌شود، برای دستگاه‌های با تقاضای زیاد در حالت شبیه‌سازی شده،



نمودار ۳. پول‌گذاری دستگاه‌های خودپرداز بر تقاضای بانک شهر در شهر تهران در حالت شبیه‌سازی شده

شبیه‌سازی عملکرد ۲۷۲ دستگاه خودپرداز بانک شهر در شهر تهران و تخمین میزان کاهش هزینه‌های پول‌گذاری در همه دستگاه‌ها و به تفکیک میزان مصرف دستگاه‌ها، از آنجا که هر کدام از دستگاه‌های خودپرداز، در منطقه جغرافیایی خود دارای تابع تقاضای میزان مصرف پول متفاوت و مستقل از دیگر خودپردازها هستند، برای نمونه به شبیه‌سازی رفتار یکی از دستگاه‌های خودپرداز پرداخته می‌شود. در جدول ۲ عملکرد یکی از دستگاه‌های خودپرداز بانک شهر در شهر تهران، با حالت شبیه‌سازی شده مقایسه شده است.

همان‌گونه که در نمودارهای ۱ تا ۳ ملاحظه شد، هزینه پول‌گذاری یا هزینه سفارش پول (شامل مجموع هزینه خواب هر واحد پول به علاوه هزینه هر واحد کمبود پول و زیان مشتری از دست‌رفته) برای تمامی دستگاه‌های خودپرداز بانک شهر بر حسب میزان تقاضای پول هر دستگاه در هر سه حالت کم‌تقاضا، تقاضای متوسط و پرتقاضا، کاهش قابل توجهی را نشان می‌دهد. ضمن اینکه میزان حداقل و حداکثر پول‌گذاری در دستگاه‌ها بر اساس میزان تقاضای دستگاه‌ها، در همه حالت‌ها بین ۱ تا ۶ میلیون تومان در مقایسه با حالت واقعی کاهش یافته است. پس از

جدول ۲. مقایسه مقادیر واقعی و شبیه‌سازی شده ارقام اطلاعاتی یکی از خودپردازهای بانک شهر در شهر تهران

ردیف	مفهوم/تعریف	مقدار واقعی	مقدار حاصل از شبیه‌سازی	نتیجه
۱	تعداد متوسط مراجعه مشتریان به دستگاه خودپرداز برای دریافت وجه نقد در یک روز (نفر)	۱۵۰	تقریباً ۱۵۰	بدون تغییر
۲	فاصله زمان مشاهده دستگاه تا پول‌گذاری	۰	۰	بدون تغییر
۳	تعداد روزهای بررسی عملکرد خودپرداز	۳۰	۳۰	بدون تغییر
۴	هزینه هر واحد پول در هر بار پول‌گذاری	۰	۰	بدون تغییر
۵	هزینه هر واحد کمبود پول و زیان مشتری از دست‌رفته (هزار تومان)	۲۰۰	۸۳	کاهش ۱۱۷
۶	هزینه هر واحد خواب یا نگهداری پول (تومان)	۶۱۱	۶۴۰۰	افزایش ۵۷۸۰
۷	هزینه سفارش کل یا کل پول‌گذاری (تومان)	۲۰۰,۶۱۱	۸۹,۴۰۰	کاهش ۱۱۱,۲۱۱
۸	هزینه هر بار عملیات پول‌گذاری یا شارژ (تومان)	۱۰۰,۰۰۰	۶,۷۰۰	کاهش ۹۳,۳۰۰
۹	هزینه کل (تومان)	۳۰۰,۶۱۱	۱۰۲,۷۰۰	کاهش ۱۹۷,۹۱۱

می‌رسیم که تعداد مراجعه برای مشاهده موجودی خودپرداز و شارژ صندوق، به مراتب مناسب‌تر از مراجعه‌نکردن و خواب پول است. بدین ترتیب، آنچه رؤسای شعب بانک در واقعیت از آن ناراضی هستند، خواب پول و زیان ناشی از آن نیست، بلکه تعداد خرابی‌ها، مشتریان ناراضی ازدست‌رفته، خاموشی دستگاه‌ها و نبود مراجعه و پرستاری دستگاه است که راهکار این مشکل و مشاهده میزان صرفه‌جویی در هزینه‌ها، پس از شبیه‌سازی و انتخاب سناریو بهینه ارائه شده است.

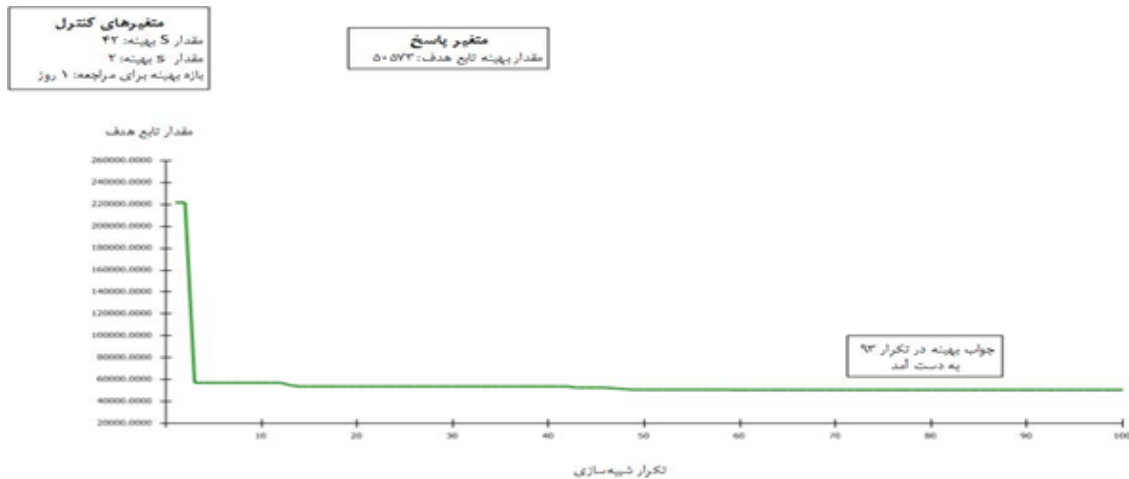
پس از استخراج جواب اولیه، به‌منظور بهینه‌سازی و حل بهینه برای خودپرداز منتخب باید مقدار بهینه حداقل موجودی (موجودی اطمینان)، حداکثر موجودی و بازه ارزیابی محاسبه شود. شایان ذکر است تمامی مقادیر مذکور گسسته هستند. در جدول ۳، مقادیر مربوط به حداقل موجودی (موجودی اطمینان)، حداکثر موجودی و بازه ارزیابی دستگاه خودپرداز منتخب در نرم‌افزار ارنا ارائه شده است.

در این مرحله، نرم‌افزار را برای ۱۰۰ مرتبه، شبیه‌سازی و در هر بار ۳۰ روز اجرا می‌کنیم. ۱۰۰ جواب موجه (ممکن) تولید شده است که جواب بهینه در خروجی اجرای نود و سه به‌دست آمده است. خروجی شبیه‌سازی به شرح نمودار ۴ تولید می‌شود.

همان‌گونه که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود، مقادیر «هزینه هر واحد کمبود پول و زیان مشتری ازدست‌رفته»، «هزینه سفارش کل یا کل پول‌گذاری» و «هزینه هر بار عملیات پول‌گذاری» در حالت شبیه‌سازی شده کاهش قابل توجهی را نشان می‌دهند؛ به‌گونه‌ای که درنهایت، «هزینه کل» با کاهش ۱۹۷،۹۱۱ تومانی برای دستگاه خودپرداز همراه بوده است. درمورد هزینه هر واحد خواب پول که پس از شبیه‌سازی افزایش یافته است، ذکر این نکته ضروری است که در صورتی که بازه زمانی بیشتر و اطلاعات کامل‌تری درمورد عملکرد خودپردازها به نرم‌افزار ارائه شود، خروجی نهایی، دقیق‌تر و نزدیک‌تر به مقدار هزینه واقعی خواب پول خواهد بود؛ بنابراین، این مقدار کاملاً صحیح و منطقی است. از آنجاکه در واقعیت، تعداد مراجعه به دستگاه خودپرداز برای بازدید موجودی کم است، میزان پول درون خودپرداز در بازه های زمانی مراجعه نیز اندک است و بنابراین، هزینه خواب پول کمتر از حالت شبیه‌سازی می‌شود، اما به همان نسبت، هزینه هر واحد کمبود (کمبود، خرابی، قطعی دستگاه، نارضایتی مشتری و...) بیشتر می‌شود و میزان کاهش این هزینه به نسبت افزایش هزینه زمان مراجعه مجدد به خودپرداز، به مراتب بیشتر است. با توجه به هزینه بالای هر واحد کمبود پول و زیان مشتری ازدست‌رفته به نسبت هزینه هر واحد خواب پول می‌توان گفت پس از اجرای مدل به این نتیجه

جدول ۳. مقادیر مفروض در نرم‌افزار ارنا برای سه عامل موجودی اطمینان، حداکثر موجودی و بازه ارزیابی دستگاه خودپرداز منتخب

ردیف	موجودی اطمینان (میلیون تومان)	حداکثر موجودی (میلیون تومان)	بازه ارزیابی (روز)
۱	حد پایین ۲	حد پایین ۳۰	۱ روز؛ یعنی هر روز به دستگاه خودپرداز مراجعه و در صورت نیاز پول‌گذاری می‌شود. حد پایین
۲	حد بالا ۵	حد بالا ۴۲	۱۵ روز؛ یعنی هر ۲ هفته یک بار به دستگاه خودپرداز مراجعه و در صورت نیاز پول‌گذاری می‌شود. حد بالا
۳	مقدار پیشنهادی ۲	مقدار پیشنهادی ۴۲	۱ روز؛ یعنی هر روز به دستگاه خودپرداز مراجعه و در صورت نیاز پول‌گذاری می‌شود. مقدار پیشنهادی



نمودار ۴. خروجی حاصل از شبیه‌سازی نرم‌افزار ارنا برای محاسبه بهترین جواب در دستگاه خودپرداز منتخب

Best Solutions											
Simulation	Objective Value	Status	Big 5	Evaluation Interval	Incremental Cost	Inventory Level	Little s	Setup Cost	Total Ordering Cost	Unit Holding Cost	Unit Shortage Cost
93	50573.376089	Feasible	42	1	0.000000	40.834606	2	0.090000	0.000000	0.000368	0.004503
99	50573.408281	Feasible	42	1	0.000000	40.789714	2	0.090000	0.000000	0.000360	0.004502
100	50573.415550	Feasible	42	1	0.000000	40.955931	2	0.090000	0.000000	0.000360	0.004505
95	50573.433883	Feasible	42	1	0.000000	40.973708	2	0.090000	0.000000	0.000369	0.004504
92	50573.753266	Feasible	42	1	0.000000	40.556404	2	0.090000	0.000000	0.000365	0.004502
84	50575.576376	Feasible	42	1	0.000000	40.000000	2	0.090000	0.000000	0.000360	0.004500
97	50575.576376	Feasible	42	1	0.000000	40.000000	2	0.090000	0.000000	0.000400	0.004522
96	50584.208887	Feasible	42	1	0.000000	42.568803	2	0.090000	0.000000	0.000395	0.004516
87	50588.733370	Feasible	42	1	0.000000	42.923100	2	0.090000	0.000000	0.000400	0.004522
98	50588.733370	Feasible	42	1	0.000000	42.923100	2	0.090000	0.000000	0.000360	0.004500
89	50589.245740	Feasible	42	1	0.000000	42.956756	2	0.090000	0.000000	0.000361	0.004513
85	50589.528532	Feasible	42	1	0.000000	42.975420	2	0.090000	0.000000	0.000361	0.004527
86	50589.829568	Feasible	42	1	0.000000	42.995188	2	0.090000	0.000000	0.000394	0.004539
82	50589.902547	Feasible	42	1	0.000000	43.000000	2	0.090000	0.000000	0.000360	0.004500
83	50590.141519	Feasible	42	1	0.000000	43.015661	2	0.090000	0.000000	0.000360	0.004500
91	50604.053340	Feasible	42	1	0.000000	42.833960	2	0.090000	0.000000	0.000408	0.004604
90	50605.321296	Feasible	42	1	0.000000	42.924929	2	0.090000	0.000000	0.000370	0.004563
88	50605.734466	Feasible	42	1	0.000000	42.952527	2	0.090000	0.000000	0.000379	0.004556
73	50619.141931	Feasible	42	1	0.000000	42.715387	2	0.090000	0.000000	0.000440	0.004671
72	50619.164636	Feasible	42	1	0.000000	42.717382	2	0.090000	0.000000	0.000440	0.004672
71	50619.210047	Feasible	42	1	0.000000	42.721371	2	0.090000	0.000000	0.000440	0.004675

نمودار ۵. سناریوهای پول‌گذاری دستگاه خودپرداز منتخب بانک شهر براساس شبیه‌سازی در نرم‌افزار ارنا

جدول ۴. مقایسه مقادیر واقعی و مقادیر بهینه شبیه‌سازی شده پول‌گذاری صندوق خودپرداز منتخب بانک شهر

ردیف	مفهوم/تعریف	مقدار واقعی	مقدار بهینه حاصل از شبیه‌سازی	نتیجه
۱	حداقل موجودی در یک روز (موجودی اطمینان) (میلیون تومان)	۵	۲	۳ کاهش
۲	حداکثر پول‌گذاری یا موجودی در خودپرداز (میلیون تومان)	۵۰	۴۲	۸ کاهش
۳	هزینه سفارش کل یا کل پول‌گذاری (هزار تومان)	۲۰۰٫۶	۵۰٫۵۷۳	۱۵۰٫۰۲۷ کاهش

همان‌گونه که در نمودار ۴ مشاهده می‌شود، در میان ۱۰۰ جواب‌موجه و در نقطه بهترین شبیه‌سازی=۹۳، بهترین جواب این است که هر ۱ روز یک بار برای پول‌گذاری دستگاه خودپرداز منتخب بانک شهر، به آن مراجعه شود. همچنین مقدار بهینه موجودی اطمینان (حداقل موجودی) ۲ میلیون تومان و مقدار بهینه حداکثر

موجودی ۴۲ میلیون تومان است. در نهایت، حداقل هزینه مدل ۵۰٫۵۷۳ تومان خواهد بود. سایر سناریوها به همراه جزئیات، در نمودار ۵ نشان داده شده است. همچنین در جدول ۴ مقادیر واقعی و مقادیر بهینه شبیه‌سازی شده پول‌گذاری دستگاه خودپرداز منتخب بانک شهر، با یکدیگر مقایسه می‌شود.

است. همچنین هزینه هر بار عملیات پول‌گذاری یا شارژ دستگاه خودپرداز در حالت واقعی، حدود ۱۵ برابر حالت شبیه‌سازی است که با افزایش مقدار این هزینه در حالت شبیه‌سازی شده، نتیجه عملیاتی‌تر خواهد بود. ضمن اینکه دنیای واقعی براساس عرضه و تقاضا و بسیاری ملاحظات دیگر برقرار شده است؛ درحالی‌که در حالت شبیه‌سازی شده، با در نظر گرفتن محدودیت‌های تعریف شده، بهترین و ایده‌آل‌ترین ترکیب انتخاب می‌شود. همچنین ریز هزینه‌ها در این مطالعه، براساس نظرهای خبرگان و مدیران بانکی است و به صورت تجربی حاصل شده است.

با توجه به سایر مقالات و پژوهش‌ها درباره افزایش کارایی خودپردازها، در مجموع می‌توان مواردی از قبیل وضعیت پول‌رسانی خودپردازها، وضعیت پرستاری و نگهداری خودپردازها و مکان نصب خودپردازها را در نظر گرفت. در این مقاله، هزینه‌های مربوط به نگهداری خودپردازها شامل هزینه‌های خرابی دستگاه و جریمه آن، هزینه تراکنش‌های ناموفق، هزینه موجودی نداشتن دستگاه، هزینه مشتری از دست‌رفته، هزینه کارمزد‌های از دست‌رفته و هزینه سوء‌تبلیغ برای بانک شهر، در قالب هزینه هر واحد کمبود پول و زیان مشتری از دست‌رفته محاسبه و بهینه شد. افزایش کارایی دستگاه‌های خودپرداز، به کوتاه‌شدن صفوف انتظار مشتریان برای دریافت خدمات و به‌دنبال آن، کاهش هزینه مشتریان از دست‌رفته برای بانک می‌انجامد. البته با در نظر گرفتن شرایط اقتصادی موجود و نیز وجود بانک‌های دولتی که از حمایت دولتی برخوردارند، بانک‌های خصوصی از جمله بانک شهر، با توجه به نبود حمایت دولتی، مجبور به برخورد محافظه‌کارانه‌تر با شرایط اقتصادی هستند؛ بنابراین، سیاست محافظه‌کارانه بانک شهر در نگهداری مقدار بیشتر وجوه نقد یا شبه‌نقد، تا حدودی قابل توجیه است.

براساس موارد فوق، به‌منظور ارتقای کارآمدی خودپردازها و رفع مشکلات و موانع در بانک شهر، موارد زیر پیشنهاد می‌شود:

۱. بررسی‌ها نشان می‌دهد ۲۰ درصد از خودپردازهای بانک شهر، در محل‌های اداری (مانند شهرداری‌ها و سازمان‌های تابعه) قرار دارند که به‌علت ارائه سرویس تا پایان ساعات کاری ادارات مذکور، کارایی آن‌ها کم است و

براساس داده‌های جدول ۴، در صورتی‌که حداقل موجودی اطمینان دستگاه خودپرداز منتخب، ۲ میلیون تومان و سقف پول‌گذاری آن ۴۲ میلیون تومان در نظر گرفته شود - که به ترتیب ۳ و ۸ میلیون تومان کمتر از مقدار پول‌گذاری فعلی است - هزینه خواب هر واحد پول کاهش خواهد یافت. همچنین با فرض اینکه مراجعه به دستگاه خودپرداز منتخب برای پول‌گذاری هر ۱ روز یک بار انجام شود، هزینه نهایی پول‌گذاری دستگاه خودپرداز مربوط بانک شهر، ۵۰،۵۷۳،۵۰ تومان برای آن دستگاه خواهد بود که این عدد ۱۵۰،۰۲۷ تومان کمتر از هزینه کنونی پول‌گذاری صندوق خودپرداز مورد بررسی است.

بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش، حل بهینه مسئله پول‌گذاری دستگاه‌های خودپرداز بانک شهر، با تمرکز بر رویکرد مدیریت دارایی‌ها و بدهی‌ها و براساس حداقل مقدار، حداکثر مقدار، زمان و هزینه پول‌گذاری ارائه شد. این مسئله به دلایلی مانند پویایی، نبود راه‌حل از پیش تعیین شده و جمع‌آوری داده‌ها به صورت تجربی، جزء مسائل و پیشامدهای گسسته است. در شبیه‌سازی سیستم‌های گسسته و مدل‌سازی آن‌ها، متغیر حالت، تنها در مجموعه‌ای از مقاطع گسسته زمان تغییر می‌یابد. با توجه به داده‌های مربوط به عملکرد ۲۷۲ دستگاه خودپرداز بانک شهر در شهر تهران، در بازه زمانی شش‌ماهه دوم سال ۱۳۹۴ و با فرض نرخ سود سپرده بلندمدت یک‌ساله مؤثر ۲۲ درصد، حداقل موجودی دستگاه در یک روز (موجودی اطمینان) ۲ میلیون تومان و کمینه حداکثر پول‌گذاری در دستگاه‌های خودپرداز ۴۲ میلیون تومان است. زمان بهینه سرکشی به دستگاه‌های خودپرداز، بازه‌ای بین ۱ تا ۷ روز دارد و هزینه نهایی پول‌گذاری دستگاه‌های خودپرداز برای ۲۷۲ دستگاه، ۸،۷۴۳،۳۹۴ تومان خواهد بود؛ بنابراین، در صورت تحقق مدل (حداکثر موجودی و حداقل موجودی) برای خودپردازهای بانک شهر در شهر تهران، در مجموع ۷۳ میلیون تومان از میزان پول‌گذاری برای همه دستگاه‌ها کاهش پیدا می‌کند و هزینه پول‌گذاری، تقریباً به یک‌دهم هزینه فعلی تقلیل می‌یابد. نتایج شبیه‌سازی، تفاوت فاحشی با واقعیت‌های عملکرد بانک دارد؛ چراکه مدل به‌کاررفته در این تحقیق، دینامیکی

هزینه نگهداشت پول مازاد و حداقل سازی هزینه فرصت ازدست رفته است. همچنین در این پژوهش، برای اولین بار در ایران از مدل کنترل موجودی (حداکثر موجودی و حداقل موجودی) در حوزه خدمات و سیستم های مالی و عملیاتی سازی سیستم سفارش استفاده شده است. برای مطالعات و پژوهش های آتی پیشنهادهایی از قبیل ارائه مدل ریاضی دو هدفه حداقل سازی هزینه نگهداشت پول مازاد و هزینه فرصت از دست رفته و حل مدل جهت دستیابی به متغیرهای نقطه و میزان سفارش پول استفاده از بهینه سازی از طریق شبیه سازی Optimization (via simulation) و با کمک الگوریتم های فرا ابتکاری و محاسبه ترکیب بهینه اسکناس های قابل شارژ در دستگاه در صورت موجود بودن اطلاعات مربوط به ترکیب اسکناس های پول گذاری شده در دستگاه های خودپرداز را می توان مدنظر قرارداد. علاوه بر این، در این پژوهش برای تخمین هزینه ها از دیدگاه های مدیران و خبرگان بانکی استفاده شد که پیشنهاد می شود ریز هزینه های مربوط به پول گذاری و هزینه های فرصت ازدست رفته، به صورت عینی، واقعی و عملی محاسبه شود تا نتایج، دقیق تر و قابل قبول تر باشد.

لازم است محل این خودپردازها به گونه ای تغییر یابد که علاوه بر دسترسی کارکنان آن سازمان ها در ساعت های اداری و ایام تعطیل، سایر افراد نیز در خارج از ساعت های اداری بتوانند از خدمات آن ها استفاده کنند.

۲. با اجرای مدل شبیه سازی مسئله، ناکارایی خودپردازهای داخل و خارج از شعبه در تهران و خودپردازهای داخل شهرستان ها که به دلیل کمبود اسکناس یا نگهداری نامناسب است، با توجه به متمرکز بودن عملیات نظارت شعبه و پول رسانی توسط خزانه داری یا شعبه برطرف می شود. بدین ترتیب، در مطالعات آتی می توان فقط مکان نصب خودپرداز را به عنوان عامل ناکارایی این گروه از خودپردازها در نظر گرفت. در مواردی که ناکارآمدی خودپردازها به علت کمبود اسکناس یا پشتیبانی فنی نیست و مکان نصب خودپرداز در آن نقش دارد، باید شناسایی مکان های جدید و انتقال آن ها براساس زمان بندی مشخص در دستور کار قرار گیرد؛ چراکه مکان یابی مناسب، سبب افزایش کارایی خودپردازها و افزایش سهم درآمد کارمزدی بانک می شود.

تازه های تحقیق و پیشنهاد های آتی

تازه های مقاله حاضر، شامل ساخت مدل حداقل سازی

مراجع

1. Altunoglu, Y. (2010). "Cash inventory management at automated teller machines under incomplete information", MSc Thesis of Turkey BILKENT University, PP. 25-40.
2. Naghshineh, N., Hanifi, F., and Kordloei, H. (2013). "Management of bank assets and liabilities with the help of linear multi-objective programming by econometric simulation, Case study: Bank X", *Journal of Financial Engineering and management of securities (Portfolio Management)*: Vol. 4, No. 14, PP. 61-81.
3. Kavand, M. (2010). "Design of assets liabilities optimal management mathematical model in non-usury banking - MCDM approach, case study: Iran Tose'e saderat bank", MSc Thesis submitted by help doctor Adel Azar, PP. 35-45.
4. Eghtesad novin bank risk study group (2008). "Assets liabilities management and liquidity risk in financial institutions", Farasokhan, Tehran.
5. Moshiri, E., and Karimi, M. (2006). "Optimal assets liabilities management in the banks using goal programming model (GP) and AHP method (Case study: Karafarin Bank)", Vol. 8, No. 22, PP. 89-114.
6. Taleeizadeh, A., and Salehi, A. (2015). "Stochastic inventory control model under the policy credit purchases", *Journal of Industrial Engineering*, Vol. 49, No.1, PP. 69-78.
7. Axsäter, S. (2015). *Inventory control*", Vol. 225, PP. 42,43. Springer.

8. Chiang, C. (2003). "Optimal replenishment for a periodic review inventory system with two supply modes", *European Journal of Operational Research*, Vol. 149, No. 1, PP. 229–244.
9. Çetinkaya, S., and Parlar, M. (1998) "Optimal myopic policy for a stochastic inventory problem with fixed and proportional back order costs", *European Journal of Operational Research*, Vol. 110, No. 1, PP. 20–41.
10. Smitus, R., Dilijonas, D., Bastian, L., Friman, J., and Drobinov, P. (2007). "Optimization of cash management for ATM network", *Information Technology And Control*, Vol. 36, No. 1, PP. 117–121.
11. Wagner, M. (2007) "The optimal cash deployment strategy-Modeling a network of Automated teller machines", MSc Thesis, Hanken Swedish School of Economics and Business Administration, PP. 70–80
12. Salimifard, Kh., and Farajzadeh, S. (2012), "Using monte carlo simulation to determine the amount of money in the ATM and the improvement of customer satisfaction", Proceeding of the 3rd Annual European Decision Science Institute Conference, 24–27 June, Istanbul, Turkey.
13. Supatchaya, Ch., Peerayuth, Ch., Juta, P., and John, K. (2013). "An optimization-based heuristic for a capacitated lot-sizing model in an automated teller machines network", *Journal of Mathematics and Statistics*, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok, Thailand, Vol. 9, No. 4, PP. 283–288.
14. Baker, T., Vaidyanathan, J., and Ashley, N. (2012). "A data-driven inventory control policy for cash logistics operations: An exploratory case study application at a financial institution", *Decision Sciences*, Vol. 44, No. 1, PP. 205–226.
15. Ekinci, Y., Lu, J. Ch., and Duman, E. (2014). "Optimization of ATM cash replenishment with group-demand forecasts", *Expert Systems with Applications*, doi: <http://dx.doi.org>, Vol. 42, No. 7, PP. 3480–3490.
16. Kolos, C., Ágoston, S., Benedek, G., and Gilányi, Z. (2016). "Pareto improvement and joint cash management optimization for banks and cash-in-transit firms", *European Journal of Operational Research*, PP. 1–9.
17. Sajjadi, Kh., and Azimi, P. (2014). "Optimizing the number of bank branches equipments by simulation and annealing algorithm", *Journal of Management Researches in Iran*, Vol. 18, No. 4, PP. 65–86.

واژه‌های انگلیسی به ترتیب استفاده در متن

1. Automated Teller Machine
2. SARIMA
3. Asset Liability Management
4. Inventory Position
5. R, Q Policy
6. S, S Policy
7. S-I