

چشم‌انداز مدیریت صنعتی

سال هشتم، شماره ۳۰، تابستان ۱۳۹۷

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

ص ص ۱۱۰ - ۸۵

بهینه‌سازی از طریق شبیه‌سازی برای حل مسئله تخصیص چندهدفه ارائه خدمات به مشتریان خوشه‌بندی شده بانک

سید محمدعلی خاتمی فیروزآبادی*، سید محمدتقی تقوی‌فرد**، سید خلیل
سجادی***، جهانیار بامداد صوفی****

چکیده

شناخت الگوهای رفتاری مشتریان، خوشه‌بندی و ارائه خدمت به آن‌ها یکی از مهم‌ترین مسائل بانک‌ها محسوب می‌شود. در این پژوهش پنج ویژگی هر یک از مشتریان، شامل آخرین زمان مراجعه، تعداد تراکنش، مبلغ سپرده‌گذاری، مبلغ وام و مانده معوقات وام‌ها در طول یک سال فعالیت از پایگاه داده بانک استخراج شد و به کمک الگوریتم کلاسترینگ مشتریان خوشه‌بندی شدند؛ سپس مدل چندهدفه تخصیص خدمات بانک به هر یک از خوشه‌ها طراحی شد. اهداف مدل طراحی شده افزایش میزان رضایت مشتریان، کاهش هزینه‌ها و کاهش ریسک تخصیص خدمات بود. با توجه به آنکه مسئله دارای یک راه‌حل بهینه نیست و هر یک از ویژگی‌های مشتری دارای یک تابع توزیع احتمالی هستند، برای حل از شبیه‌سازی استفاده شد. برای تعیین جواب نزدیک به بهینه از الگوریتم تبرید در ساخت جواب‌های همسایه استفاده شد و مدل شبیه‌سازی اجرا گردید. نتایج به‌دست‌آمده بهبود قابل‌توجهی نسبت به وضعیت فعلی نشان داد. در این پژوهش از نرم‌افزارهای وکا و آر برای داده‌کاوی و از نرم‌افزار ارنا برای شبیه‌سازی و بهینه‌سازی استفاده شد.

کلیدواژه‌ها: خوشه‌بندی؛ مدل تخصیص چندهدفه؛ بهینه‌سازی؛ شبیه‌سازی.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۱۰/۲۴، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۶/۱۷.

* دانشیار، دانشگاه علامه طباطبائی (نویسنده مسئول).

E-mail: a.khatami@atu.ac.ir

** دانشیار، دانشگاه علامه طباطبائی.

*** دانشجوی دکتری، دانشگاه علامه طباطبائی.

**** استادیار، دانشگاه علامه طباطبائی.

۱. مقدمه

امروزه با گسترش بنگاه‌های مالی و اقتصادی و همچنین افزایش حجم، تنوع فعالیت‌ها و رقابت شدید در جذب مشتریان، نیاز به حفظ رضایت آن‌ها بیش‌ازپیش احساس می‌شود. از جمله این بنگاه‌های مالی، بانک‌ها و مؤسسه‌های اعتباری هستند که در حال حاضر نارضایتی گسترده مشتریان از نحوه ارائه خدمات و نوع محصولات ارائه‌شده به آن‌ها به چشم می‌خورد که این امر بیشتر به علت عدم انطباق خدمات و محصولات بانکی با نیاز و توقعات مشتریان به‌وجود آمده است [۱]. از سویی تعامل مشتریان با بانک‌ها به بروز وقایعی منجر می‌شود که اطلاع از آن‌ها، بررسی، تحلیل و طبقه‌بندی آن‌ها می‌تواند بسیار حائز اهمیت باشد. تقسیم‌بندی مشتریان به لحاظ رفتار به‌وجودآمده، در هر بنگاه اقتصادی عامل اصلی در مدیریت ارتباط با مشتریان و همچنین بازاریابی هدفمند به‌شمار می‌رود [۱۹]. تاکنون روش‌های مختلفی برای تخصیص خدمت به مشتری ارائه شده است که بخش قابل‌توجهی از آن‌ها به‌صورت تجربی است؛ به‌نحوی که اغلب بانک‌ها با در نظر گرفتن تنها یک یا دو پارامتر، نظیر مانده میانگین و گردش حساب، اقدام به بخش‌بندی مشتریان خود می‌کنند و آن‌ها را در گروه‌های پلاتینی، طلایی، نقره‌ای و غیره جای می‌دهند. به‌رغم این مشکلات و پیچیدگی‌ها مطالعات نشان می‌دهد بانک‌هایی که از بخش‌بندی مشتریان به‌درستی استفاده کرده‌اند ۴۰ درصد بیشتر از سایر بانک‌ها درآمد داشته‌اند و درآمد مشتریان فعال این بانک‌ها ۲۰ درصد از مشتریان فعال سایر بانک‌ها بیشتر است [۱۳]؛ همچنین پرداختن به حساب‌های کلیدی^۱ و مشتریان سودآور در بانک از مزایای بخش‌بندی صحیح و اصولی مشتریان است. در این پژوهش برای نخستین بار مشتریان بانک بر اساس شاخص‌های مالی و غیرمالی خوشه‌بندی شده‌اند و نتایج حاصل از خوشه‌بندی در مدل ریاضی تخصیص خدمات و محصولات به‌گونه‌ای به‌کار رفته است که با ورود مشتریان، اهداف ازپیش‌تعیین‌شده موردنظر بانک در مناسب‌ترین حالت خود قرار گیرند. با توجه آنکه جواب‌های مؤثر^۲ یا راه‌حل‌های غیرمسلط^۳ هر یک از اهداف این پژوهش ممکن است جواب غیر-مؤثر (مسلط) هدف دیگری باشند، مسئله دارای جواب بهینه نیست. هدف اصلی این پژوهش، ارائه محصولات و خدمات بانکی از طریق خوشه‌بندی مناسب مشتریان بر اساس تحلیل رفتاری پنج ویژگی آن‌ها، با در نظر گرفتن هدف افزایش میزان رضایت‌مندی مشتری و کاهش هزینه‌ها و ریسک بانک در حالتی است که بیشترین حد مطلوبیت هر یک از اهداف حاصل شود.

1. Key Account
2. Efficient solution
3. Non dominated solution

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

برای این پژوهش مقاله‌ها، پایان‌نامه و کتاب‌های فراوانی مطالعه و بررسی شد و با دسترسی به اصل مقاله‌های قدیمی، در خصوص بسیاری از روش‌ها منطق آن‌ها مورد مطالعه قرار گرفت که به‌طور مختصر می‌توان گفت: فیشر (۱۹۶۳)، نخستین بار ایده متمرکز کردن گروه‌های مشتریان را مطرح کرد؛ سپس دیویددراند (۱۹۴۱)، با تفکیک مشتریان به دو گروه خوب و بد به اعطای وام به آن‌ها پرداخت. بعدازآن در سال ۱۹۶۰ کارت‌های اعتباری برای هر گروه از مشتریان وارد بازار شد و اعتبارسنجی هر گروه از مشتریان در سال ۱۹۸۰ برای اولین بار در آمریکا استفاده شد و برای نخستین بار نیاز به استفاده از سیستمی برای گروه‌بندی مشتریان احساس شد [۱۸]. به دنبال دسته‌بندی مشتریان برای دریافت خدمات در بنگاه‌های مالی، مدل‌های گوناگونی به‌وجود آمد که بسیاری از آن‌ها مبتنی بر عملکرد و الگوهای رفتاری آن‌ها بود. یکی از معروف‌ترین آن‌ها روش RFM^۱ بود که نخستین بار در سال ۱۹۹۶ توسط هوگس^۲ معرفی شد. وی برای تحلیل این مدل از رفتار گذشته مشتری که به‌آسانی قابل پیگیری و دسترسی است، استفاده کرد. این مدل از سه بُعد مربوط به داده‌های مبادلاتی مشتریان برای تحلیل رفتار آن‌ها استفاده می‌کند [۱۰]. تاکنون رویکردها و کاربردهای مختلفی از این روش مورد استفاده قرار گرفته است. زابکواسکی (۲۰۱۶)، کاربرد روش RFM در شناسایی رفتار مشتریان در سیستم‌های ارتباطی که در آستانه ورشکستگی هستند را نشان داد [۲۱]. در پژوهش ایبودان (۲۰۱۷)، رضایت و عملکرد مشتریان در سیستم خدمت‌دهی بانک با استفاده از مدل‌های ریاضی خطی و غیرخطی اندازه‌گیری شد و مشتریان با توجه به نوع اهمیتی که دارند در سیستم صف نوبت‌دهی قرار گرفتند تا از تأخیر غیرضروری برای آن‌ها ممانعت شود [۱]. چن و همکاران (۲۰۱۷)، کاربرد این روش را در مشتریانی که از برنامه‌های کاربردی تلفن همراه استفاده می‌کنند، نشان دادند؛ این روش رفتار مشتریان را در راستای ارائه خدمات و برنامه‌های مورد نیاز شناسایی کرده و از وقوع جرم جلوگیری می‌کند [۶]. پکر و همکاران (۲۰۱۷)، با توسعه مدل RFM از دو منظر طول عمر^۳ و دوره تناوب^۴ مدل LRFMP را برای مشتریان خرده‌فروشی صنایع غذایی ساخته و مشتریان را گروه‌بندی کردند؛ سپس متناسب با هر گروه برنامه بازاریابی و تبلیغات خود را توسعه بخشیدند [۱۱]. شوتاسینگ و سامیت سینگ (۲۰۱۶)، در پژوهش خود با اضافه کردن اندازه ریسک مشتریان به مدل پایه RFM توانستند با رویکردی غیرپارامتریک در فضای تحقیق در عملیات به امتیازدهی و سپس بخش‌بندی مشتریان بپردازند [۱۵]. در مطالعات داخلی تا حدودی به گروه‌بندی مشتریان با استفاده از این روش پرداخته شده است. تقوی‌فرد و همکاران (۱۳۹۱)، با

1. Recency, Frequency, Monetary

2. Hughes

3. length

4. periodicity

استفاده از تحلیل RFM و به‌کارگیری الگوریتم two step، مشتریان «بانک صادرات» را در چهار خوشه خوشه‌بندی کردند و به تحلیل هر یک از آن‌ها پرداختند [۱۷]. قربان‌پور و همکاران (۱۳۹۴)، با تلفیق الگوریتم‌های ژنتیک و C-Means در محیط فازی به خوشه‌بندی مشتریان «بانک رفاه» پرداختند [۷]. اما در خصوص روش‌های حل مقالات متعددی مشاهده گردید. در مقاله‌ای از ارائه رویکرد بهینه‌سازی چندهدفه و شبیه‌سازی برای مدل منبع‌یابی و تصمیمات موجودی یکپارچه استفاده شد و با استفاده از روش‌های فراابتکاری چندهدفه به شش مسئله آزمایشی از کوچک تا بزرگ طراحی شد و سپس کیفیت تخمین‌های پارتوی به‌دست‌آمده از دو الگوریتم را توسط شش معیار مورد ارزیابی قرار داد [۲]. در اثر دیگری با استفاده از رویکرد بهینه‌سازی مبتنی بر شبیه‌سازی از یک مدل بهینه‌سازی و یک مدل شبیه‌سازی استفاده شده است که تا دستیابی به جواب‌های بهینه به‌صورت رفت‌وبرگشتی با یکدیگر تبادل اطلاعاتی داشته باشند [۸]. در مقاله دیگری با به‌کارگیری مدل برنامه‌ریزی چندهدفه فازی وزن‌دار و استفاده از روش «بیشینه - کمینه» برای تعیین میزان خرید بهینه از تأمین‌کنندگان استفاده شده که در آن از اوزان اهداف و محدودیت‌های فازی و روش «تحلیل سلسله‌مراتبی فازی» استفاده شده است. در این مقاله تابع هدف مدل بیشینه - کمینه قرار داده شده و مدل اجرا می‌شود. با فرض اینکه تصمیم‌گیرنده از جواب‌های به‌دست‌آمده راضی نباشد، با در نظر گرفتن وزن اهداف و محدودیت‌های فازی در این مدل، استفاده می‌شود تا در نهایت تصمیم‌گیرنده به سطح‌های دستیابی موردنظر خود در اهداف و محدودیت‌های فازی برسد و میزان سفارش بهینه به تأمین‌کنندگان، مشخص شود [۱۶]. در بیشتر مطالعات پیشین به نحوه به‌کارگیری الگوریتم‌های خوشه‌بندی بر روی مشتریان پرداخته شده و یا دقت الگوریتم‌ها مورد آزمایش قرار گرفته است و هیچ بازخوردی پس از آن حاصل نشده است و یا آنکه به گروه‌بندی استاتیک مشتریان در طبقات مختلف اشاره شده و به تخصیص خدمت بدون در نظر گرفتن هزینه - فایده پرداخته شده است.

۳. روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف، توسعه‌ای - کاربردی و از نظر اجرایی، تحلیلی - توصیفی است. جامعه هدف این پژوهش کلیه داده‌های تمیز ثبت‌شده برای مشتریان حقیقی بانک است. سؤال اصلی پژوهش این است که مدل چندهدفه تخصیص خدمات و محصولات خاص به مشتریان حقیقی و حقوقی بانک چگونه است؟ و به دنبال آن سؤال‌های فرعی عبارت‌اند از: خوشه‌بندی مشتریان با استفاده از داده‌کاوی بر اساس اهداف موردنظر بانک چگونه است؟ چگونه به کمک بهینه‌سازی از طریق شبیه‌سازی می‌توان اهداف موردنظر بانک و مشتری را تأمین کرد؟ و سناریوهای پیشنهادی تخصیص خدمت به مشتریان چه هستند؟ گردآوری داده‌ها و اطلاعات از طریق نرم‌افزار SQLServer بر روی پایگاه داده بانک صورت گرفت و از برنامه‌ها و نرم‌افزارهای

مخصوص در حوزه داده‌کاوی از قبیل نرم‌افزار Weka ۳,۸,۰ و R-Studio برای این امر استفاده شد. جامعه آماری پژوهش شامل تمامی ۸۵۰ هزار مشتری حقیقی بانک است و تنها مشتریانی انتخاب شده‌اند که دارای حداقل یک سپرده با حداقل موجودی یک ریال و بیش از یک تراکنش مالی در طی سال ۱۳۹۵ بوده‌اند. در نهایت اطلاعات مربوط به ۳۱,۹۵۳ مشتری حقیقی برای استفاده به کار رفت. با توجه به آنکه تعداد مشتریان حقوقی نسبت به مشتریان حقیقی بسیار اندک بوده (حدود ۲ درصد) و تحلیل رفتار آن‌ها بسیار مشکل است، در این پژوهش از پرداختن به آن‌ها خودداری شد. با توجه به تنوع زیاد ویژگی‌های ثبت‌شده از مشتریان و کاربردی بودن برخی از این ویژگی‌ها برای تحلیل رفتار آن‌ها، مدل RFM توسعه یافت و از طریق اضافه کردن دو ویژگی دیگر تسهیلات دریافتی^۱ و معوقات مشتریان^۲ به مدل RFM، ویژگی‌های مدنظر برای انجام فرایند خوشه‌بندی محاسبه شد.

معرفی شاخص‌ها. از آنجاکه برای هر یک از پنج شاخص مدنظر انواع مختلفی وجود دارد، سعی شده است با استفاده از تکنیک مجموع ساده وزین^۳ (SAW) و در ادامه با به‌کارگیری روش آنتروپی برای تعیین اوزان، مقدار شاخص مربوطه به صورت زیر محاسبه شود.

۱- تاریخ آخرین مراجعه (R) (تراکنش) مشتری: از آنجاکه برای بانک انجام تراکنش‌های مالی از طریق کانال‌های مدرن دارای مطلوبیت بیشتری نسبت به مراجعات حضوری به شعبه است، در این مدل، فاصله زمانی آخرین تراکنش مشتری از انتهای بازه زمانی موردنظر با نماد R و بر حسب روز نشان داده می‌شود. از آنجاکه در حالت کلی تراکنش‌های مشتری تنها روی دو بستر (کانال) مدرن (خدمات غیرحضوری) و شعبه‌ای (مراجعات حضوری) رخ می‌دهد، برای آخرین تراکنش روی کانال‌های مدرن وزن α_{Rm} و نماد R_m و برای مراجعه حضوری وزن α_{Rb} و نماد R_b استفاده می‌شود؛ بنابراین مقدار R مشتری نام برابر با رابطه ۱، است.

$$R_i = (\alpha_{Rm} \times R_{mi}) + (\alpha_{Rb} \times R_{bi}) \quad (1)$$

۲- تعداد تراکنش‌ها در طول بازه زمانی (F): مجموع تعداد کل تراکنش‌های مشتری در طول بازه زمانی موردنظر به دست می‌آید که با نماد F و بر حسب تعداد نشان داده می‌شود.

-
1. Loan
 2. Deferred
 3. Simple Additive Weighting
 4. Recency
 5. Frequency

۳- مجموع مانده سپرده‌ها (M): از آنجا که تمامی منابع در بانک به دو گروه «قرض الحسنه» و «سرمایه‌گذاری» تقسیم می‌شوند، مجموع کل مانده سپرده‌های مشتری M با نماد M_i نشان داده می‌شود. مانده سپرده‌های جاری مشتری M (منابع قرض الحسنه) با ضریب α_{MI} و با نماد M_I و مجموع مانده سایر سپرده‌های مشتری M با هزینه بالا با ضریب α_{Mh} و با نماد M_h نشان داده می‌شود؛ بنابراین مقدار M مشتری M به صورت رابطه ۲، محاسبه می‌شود.

$$M_i = (\alpha_{MI} \times M_{Ii}) + (\alpha_{Mh} \times M_{hi}) \quad (2)$$

۴- مجموع مانده کل تسهیلات جاری (L): از آنجا که تسهیلات فعال (تسویه‌نشده) مشتری از لحاظ اهمیت برای بانک متفاوت هستند، مجموع آن در این پژوهش با نماد L نمایش داده می‌شود. در بانک تمامی تسهیلات و تعهدات در قالب سه بخش قرار می‌گیرد که هر یک از آن‌ها در مبانی نظری بانکی معنا و مفهوم خاص خود دارند که برای هر بخش وزن خاصی در نظر گرفته می‌شود و به شرح رابطه ۳، است.

L_{mi} : مجموع تسهیلات مشارکتی مشتری M با وزن α_{Lm}

L_{zi} : مجموع تعهدات (اعتبار اسنادی و ضمانت‌نامه) مشتری M با وزن α_{Lz}

L_{ni} : مجموع تسهیلات مبادله‌ای مشتری M با وزن α_{Ln}

$$L_i = (\alpha_{Lm} \times L_{mi}) + (\alpha_{Lz} \times L_{zi}) + (\alpha_{Ln} \times L_{ni}) \quad (3)$$

۵- مجموع کل معوقات (D): مجموع کل معوقات مشتری در پایان دوره موردبررسی با نماد D نمایش داده می‌شود که از سه بخش تشکیل شده و در مبانی نظری بانکی معنا و مفهوم خاص خود را دارد و برای هر بخش وزن خاصی در نظر گرفته می‌شود که به شرح رابطه ۴، است.

D_{oi} : مجموع مانده مطالبات مشکوک‌الوصول بانک از مشتری M با وزن α_{Do}

D_{di} : مجموع مانده مطالبات معوق بانک از مشتری M با وزن α_{Dm}

D_{mi} : مجموع مانده مطالبات سررسید گذشته بانک از مشتری M با وزن α_{Dm}

$$D_i = (\alpha_{Do} \times D_{oi}) + \alpha_{Dm} \times (D_{di} + D_{mi}) \quad (4)$$

آماده‌سازی داده‌ها. پس از تعیین نحوه محاسبه متغیرها باید آماده‌سازی و پیش‌پردازش داده‌ها برای هر یک از متغیرها طی سه‌گام زیر انجام شود:

- گام نخست شامل حذف داده‌های ناقص، بی‌کیفیت و مغشوش است. در این گام برخی از رکوردهای موجود که فاقد محتوی هستند حذف می‌شود؛ یعنی برای هر یک از مشتری‌های جامعه آماری مقدار هر سه ویژگی مدل (R F M) مشخص باشد؛ در غیر این صورت داده‌های این مشتری از جامعه آماری خارج می‌شود. شاخص‌های L و D برای مشتری نمونه می‌تواند مقدار صفر بگیرد و به این دلیل است که این دو شاخص در مدل به صورت جدا از سه معیار دیگر محاسبه می‌شوند.

- گام دوم شامل استخراج داده و ایجاد انباره داده‌ها است. هدف از این گام ایجاد یک انباره داده یکپارچه از تمامی مشتریان است. در این پژوهش منظور از انباره داده، مخزنی از داده‌های جمع‌آوری شده در خصوص مشتریان بر مبنای شاخص‌های ارائه شده است.

- گام سوم شامل نرمال‌سازی داده‌ها است. با توجه به اینکه داده‌های جمع‌آوری شده برای شاخص‌های مدل از یک جنس، مقیاس و جهت نیست باید داده‌های یادشده نرمال شوند. برای مثال، R از جنس زمان و مقیاس روز است و جهت آن کاهشی است؛ یعنی R کمتر، مطلوب‌تر است؛ درحالی‌که M از جنس مالی، مقیاس آن ریال و جهت آن افزایشی است؛ یعنی M بیشتر مطلوب‌تر است. برای نرمال‌سازی داده‌ها از روش فازی بیشینه - کمینه به صورت زیر برای هر مشتری استفاده می‌شود.

$$R_i^N = \frac{R_i - R_{\text{Min}}}{R_{\text{Max}} - R_{\text{Min}}} \quad (5)$$

$$F_i^N = \frac{F_i - F_{\text{Min}}}{F_{\text{Max}} - F_{\text{Min}}} \quad (6)$$

$$M_i^N = \frac{M_i - M_{\text{Min}}}{M_{\text{Max}} - M_{\text{Min}}} \quad (7)$$

$$L_i^N = \frac{L_i - L_{\text{Min}}}{L_{\text{Max}} - L_{\text{Min}}} \quad (8)$$

$$D_i^N = \frac{D_i - D_{\text{Min}}}{D_{\text{Max}} - D_{\text{Min}}} \quad (9)$$

در روابط ۵ تا ۹، R_{Max} ، F_{Max} ، M_{Max} و L_{Max} و D_{Max} نشان‌دهنده بیشترین مقادیر شاخص‌ها و R_{Min} ، F_{Min} و M_{Min} و L_{Min} و D_{Min} نمایانگر کمترین مقادیر شاخص‌ها هستند

و R, F, M, L و D نیز مقادیر اصلی شاخص‌ها را نشان می‌دهند؛ در نهایت Mi^N, Fi^N, Ri^N و Li^N و Di^N نشان‌دهنده مقادیر نرمال شده شاخص‌ها برای مشتری i ام هستند.

خوشه‌بندی بر اساس RFM-LD. با توجه به اینکه در بخش اول پژوهش از داده‌کاوی به‌عنوان فرایند کشف مدل خوشه‌بندی و ارزش‌های مجموعه داده‌های موردنظر استفاده می‌شود، اجرای آن نیازمند یک الگوی مشخص است که یکی از الگوهای بسیار قوی در مبانی نظری موضوع، روش CRISP¹-DM است. این روش از گام‌های شناخت داده، آماده‌سازی داده، مدل‌سازی، ارزیابی و توسعه تشکیل شده است. هر یک از این گام‌ها به زیربخش‌هایی تقسیم شده است [۵]. به‌منظور تفکیک مشتریان در گروه‌های همگن بر اساس ارزش شاخص‌های مدل از روش خوشه‌بندی کا - میانگین استفاده شده است. دستور کلی خوشه‌بندی-K میانگین در نرم‌افزار R به‌صورت رابطه ۱۰، به‌کار گرفته شد:

```
kmeans(x centers iter.max = 10 nstart = 1algorithm = c("Hartigan-
Wong""Lloyd" "Forgy""MacQueen") trace=FALSE) (۱۰)
```

اجزای به‌کاررفته در این روش برای هر بار خوشه‌بندی به‌صورت زیر است:
 X : ماتریس عددی از داده‌ها یا همان ماتریس شاخص‌های استانداردشده برای مشتریان (نمونه‌ها) است.

Centers: تعداد خوشه‌ها است که باید به‌صورت پارامتری به دستور اضافه شود.

iter.max: حداکثر تعداد تکرار مجاز برای انجام خوشه‌بندی (شرط توقف).

Nstart: چنانچه **centers** یک عدد باشد، تعداد مجموعه‌های تصادفی که باید انتخاب شوند را نشان می‌دهد.

Algorithm: خوشه‌بندی به این روش خود برای اجرا از الگوریتم‌های متفاوتی استفاده می‌کند این اجزا برای تابع کا میانگین، الگوریتم خاصی را مشخص می‌کند. این تابع به‌طور پیش‌فرض مطابق الگوریتم هارتیگان و ونگ که در سال ۱۹۷۵ در خوشه‌بندی توسعه داده شد عمل می‌نماید؛ اما ممکن است روش‌های دیگری (الگوریتم مک کوپین) استفاده شود که اغلب به سایر الگوریتم‌ها ترجیح داده می‌شود. به‌طور کلی الگوریتم هارتیگان و ونگ نسبت به بقیه بهتر عمل می‌کند. Trace، تنها در روش هارتیگان و ونگ (۱۹۷۵)، کاربرد دارد و گویای اعداد صحیح یا منطقی در پیشبرد الگوریتم را در نظر می‌گیرد [۹]. برای تعیین تعداد خوشه در روش کا میانگین،

از روش وارد^۱ در سال ۱۹۶۳ بهره گرفته شده است. در این روش همانند دیگر روش‌های خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی، نخست هر یک از اشیا به صورت خوشه جداگانه‌ای در نظر گرفته می‌شوند؛ سپس در هر گام، همه ترکیب‌های دوتایی ممکن از ادغام دیده می‌شود و شاخصی به نام مجموع توان دوم خطا (sse^2) محاسبه می‌شود. هر ترکیبی که خطای کمتری داشته باشد، برگزیده می‌شود و بر پایه آن ادغام انجام می‌پذیرد. گاهی از این روش به نام روش «کمترین واریانس» یاد می‌شود. روشن است که با هر بار مقدار حداقل خطا افزایش می‌یابد. این کار آنقدر تکرار می‌شود تا همه اشیا با هم ادغام شوند و خوشه یکتایی حاصل شود [۱۹]. نتایج به دست آمده از این روش در ادامه توضیح داده شده است.

مدل‌سازی پژوهش. پس از انجام فرایند خوشه‌بندی باید خدمات قابل ارائه به مشتریان شناسایی شود و با ساخت مدلی که اهداف موردنظر پژوهش را پوشش می‌دهد، این خدمات را به مشتریان تخصیص داد که در ادامه به صورت گام به گام بیان شده است.

گام ۱: تعریف محصولات و بیان مفروضات مدل. بر اساس قانون بانکداری بدون ربا که در سال ۱۳۶۲ تصویب شده است، وظیفه اصلی سیستم بانکی کشور تجهیز و تخصیص منابع پولی است که تمامی بانک‌ها و مؤسسه‌های اعتباری مجاز به تعریف خدمات خود در راستای این دو وظیفه اصلی هستند. در وظیفه اول، بانک‌ها در جمع‌آوری و نگهداری پول (تجهیز منابع خود) از طریق ارائه بخشی از محصولات خود با عنوان طرح‌ها سپرده‌ای به جذب سپرده‌های مشتریان می‌پردازند و در وظیفه دوم، در اعطای تسهیلات به مشتریان نقش ایفا می‌کنند [۴]. در مدل مورد استفاده این پژوهش، بانک می‌تواند محصولات خود را در دو گروه تسهیلاتی و سپرده‌ای به مشتریان عرضه کند. گروه تسهیلاتی از ۹ محصول و گروه سپرده‌ای از ۴ محصول تشکیل شده است. ویژگی‌های هر یک از محصولات ارائه شده به مشتریان توسط بانک در بازه زمانی مورد اشاره در جدول ۱، آمده است.

1. Ward

2. Sum of squares error index

جدول ۱. ویژگی‌های محصولات مورد استفاده در مدل

نوع محصول	نماد	نرخ مؤثر درصد	ریسک درصد	مطلوبیت درصد	هزینه
مضاربه	y1	۲۷	۳۸/۸	۰/۰۱	۰/۱۲
مشارکت مدنی	y2	۲۳/۶	۱۱	۰/۳	۰/۰۳
فروش اقساطی	y3	۱۷/۵	۴/۹	۰/۱۶	۰/۰۳
اجاره به شرط تملیک	y4	۱۴/۳	۱/۷	۰	۰
جعاله	y5	۱۸/۳	۴/۵	۰/۰۹	۰/۰۲
خرید دین	y6	۱۹/۸	۷/۳	۰/۰۷	۰/۰۲
ضمان	y7	۰	۲/۹	۰	۰/۰۲
قرض الحسنه	y8	۰	۲/۷	۰/۳۶	۰/۰۲
مرابحه	y9	۲۰	۰	۰	۰/۰۱
پس‌انداز	x1	۰	۰	۰/۳۱	۰
قرض الحسنه جاری	x2	۰	۰	۰/۰۶	۰
سپرده سرمایه‌گذاری کوتاه‌مدت	x3	۲۰	۰/۲	۰/۶۱	۱/۲
سرمایه‌گذاری بلندمدت	x4	۲۲	۰/۰۰۲	۰/۰۲	۱/۲۲

تسهیلات

سپرده

در جدول ۱، محصولات در گروه تسهیلات و سپرده‌ها تفکیک شده‌اند. مطابق تعاریف به کاررفته در مجموعه قوانین و مقررات «بانک مرکزی» منظور از نرخ مؤثر، نرخ واقعی ارائه محصولات به مشتری توسط بانک، منظور از ریسک در گروه تسهیلات، نسبت کل تسهیلات غیرجاری به جاری و در گروه سپرده‌ها نسبت مجموع دارایی‌های نقد به مجموع سپرده‌های مشتریان نزد بانک است. میزان مطلوبیت هر محصول، از مجموع نسبت تعدادی و مبلغی هر محصول در گروه خود حاصل می‌شود و در نهایت هزینه هر واحد محصول در گروه تسهیلات ناشی از هزینه ذخیره‌گیری هر نوع وام و هزینه هر واحد از سپرده‌ها ناشی از هزینه سود پرداختی به آن‌ها است.

گام ۲: ساخت مدل ریاضی. در ساخت مدل ریاضی پژوهش از دو نوع متغیر تصمیم، سه تابع هدف و پنج محدودیت استفاده شده است. متغیرهای تصمیم این مدل X_{ij} و Y_{ij} از نوع باینری (صفر و یک) است که اگر سپرده i زام به خوشه i تخصیص یابد مقدار X_{ij} یک می‌شود و در غیر اینصورت صفر؛ برای Y_{ij} اگر تسهیلات i زام به خوشه i تخصیص یابد، مقدار یک و در غیر اینصورت صفر می‌باشد. تابع هدف اول میزان رضایت یا مطلوبیت مشتریان از تخصیص محصولات به آن‌ها است، تابع هدف دوم مقدار هزینه تخصیص خدمات و محصولات به هر خوشه از مشتریان و تابع هدف سوم میزان ریسک ناشی از تخصیص محصولات به مشتریان را

تشکیل داده است. توابع هدف اول و دوم با یکدیگر در تضاد می‌باشد زیرا در تابع هدف اول بانک به دنبال مطلوبیت و رضایت بیشتر مشتریان (دریافت محصولات سپرده‌ای با نرخ بالا و محصولات تسهیلاتی با نرخ‌های پایین) و در تابع هدف دوم بانک به دنبال هزینه پایین‌تر (ارائه محصولات سپرده‌ای با نرخ پایین و محصولات تسهیلاتی با نرخ بالا) می‌باشد. و از آنجاکه ارائه هرگونه خدمت و محصول به مشتریان دربرگیرنده ریسک است (افزایش نرخ مؤثر محصولات سپرده‌ای و تسهیلاتی به همراه پذیرش ریسک بالاتر)، تابع هدف سوم به‌طور غیرمستقیم با دو تابع هدف دیگر در تضاد است. بنابراین سه تابع هدف در جهات مختلف از یکدیگر تأثیر می‌پذیرند. با توجه به آنکه ضرایب R, F, M, L و D مبین یک تابع توزیع احتمالی مشخص هستند، لذا می‌بایست امید ریاضی^۱ هر یک از توابع هدف در نظر گرفته شود.

محدودیت اول: بر اساس قوانین و مقررات «بانک مرکزی» هر بانک نمی‌تواند بیش از ۸۰ درصد منابع خود را به تسهیلات اختصاص دهد؛ بنابراین در هر خوشه نسبت مجموع تسهیلات اختصاص داده‌شده به مجموع سپرده‌های مشتریان نباید بیشتر از ۸۰ درصد باشد. به دلیل بهره‌مندی حداقل یک نوع از سپرده به مشتریان یک خوشه، در محدودیت دوم مجموع سهم درصد هر یک از انواع سپرده‌های تخصیص داده‌شده به هر خوشه بیش از ۱۰ درصد است و به دلیل مشابه در محدودیت سوم مجموع سهم درصد هر یک از انواع تسهیلات تخصیص داده‌شده به هر خوشه بیش از ۱ درصد است؛ یعنی مشتریان هر خوشه باید حداقل از یک نوع تسهیلات استفاده کنند. محدودیت‌های چهارم و پنجم، مقدار متغیرهای تصمیم به صورت باینری (صفر و یک) هستند.

$$\begin{aligned} \text{Max. } Z = E & \left(\left(\frac{1}{H_Q} \right) \sum_i \sum_j \left(\frac{\bar{F}_i}{\bar{R}_i} \right) (\bar{M}_v \cdot Q_{xj} \cdot x_{ij} + \bar{L}_v \cdot Q_{yj} \cdot y_{ij}) \right. \\ & + (H_C) / \sum_i \sum_j (\bar{M}_v \cdot (C_{xj} \cdot x_{ij}) + (\bar{L}_i + \bar{D}_i) \cdot (C_{yj} \cdot y_{ij})) \\ & \left. + (H_R) / \sum_i \sum_j ((\bar{M}_i \cdot R_{xj} \cdot x_{ij}) + (\bar{L}_i \cdot R_{yj} \cdot y_{ij})) \right) \end{aligned}$$

s.t

$$\frac{\sum_i \sum_j (\bar{L}_i \cdot y_{ij})}{\sum_i \sum_j (\bar{M}_i \cdot x_{ij})} \leq 0.8 \quad \forall i = 1 \dots k \quad \forall j = 1 \dots m$$

1. Expected value

$$\sum_j (\bar{M}_i \cdot x_{ij}) \geq 0.1 \sum_i \sum_j (\bar{M}_i \cdot x_{ij}) \quad \forall i = 1 \dots k$$

$$\sum_j (\bar{L}_i \cdot y_{ij}) \geq 0.01 \sum_i \sum_j (\bar{L}_i \cdot y_{ij}) \quad \forall i = 1 \dots k$$

$$x_{ij} = \{1, 0\} \text{ و } y_{ij} = \{1, 0\} \quad \forall i = 1 \dots k \quad \forall j = 1 \dots m$$

\bar{F}_i : متوسط تعداد تراکنش‌های مشتریان خوشه \bar{A}_i

\bar{R}_i : میانگین فاصله زمانی آخرین مراجعات مشتریان خوشه \bar{A}_i

\bar{M}_i : میانگین مانده سپرده‌های مشتریان خوشه \bar{A}_i

\bar{L}_i : میانگین تسهیلات مشتریان خوشه \bar{A}_i

\bar{D}_i : میانگین معوقات مشتریان خوشه \bar{A}_i

Q_{xj} : مطلوبیت هر واحد از محصول X (اندیس x یعنی سپرده) این مقدار از نسبت تعداد کل سپرده به میزان کل سپرده‌های بانک محاسبه می‌شود.

Q_{yj} : مطلوبیت هر واحد تخصیص از محصول Y (اندیس y یعنی تسهیلات) این مقدار از نسبت تعداد کل تسهیلات به میزان کل تسهیلات بانک محاسبه می‌شود.

C_{xj} : هزینه هر واحد تخصیص از محصول X (اندیس x یعنی سپرده) این مقدار از نرخ سود پرداختی به مشتری برای هر نوع از سپرده‌ها در نظر گرفته می‌شود.

C_{yj} : هزینه هر واحد تخصیص از محصول Y (اندیس y یعنی تسهیلات) این مقدار معادل هزینه ذخیره‌گیری هر ریال از تسهیلات غیرجاری در نظر گرفته می‌شود.

R_{xj} : ریسک هر واحد تخصیص از محصول X (اندیس x یعنی سپرده)

R_{yj} : ریسک هر واحد تخصیص از محصول Y (اندیس y یعنی تسهیلات)

X_{ij} : متغیر تصمیم تخصیص سپرده X به خوشه \bar{A}_i

Y_{ij} : متغیر تصمیم تخصیص تسهیلات Y به خوشه \bar{A}_i

H_Q : حداکثر میزان مطلوبیت تابع هدف اول (مطلوبیت)

H_C : حداقل میزان هزینه تابع هدف دوم (هزینه)

H_R : حداقل میزان ریسک تابع هدف سوم (ریسک)

گام ۳: روش تبدیل اهداف چندگانه به یک تابع مطلوبیت. برای حل مدل‌های چندهدفه روش‌های مختلفی وجود دارد که جواب هر روش با روش دیگر لزوماً یکسان نیست؛ زیرا مفروضات هر روش و میزان مشارکت تصمیم‌گیرنده در فرآیندهای حل متفاوت می‌باشند. در روش‌های حل چندهدفه جواب پارتو وجود دارد و انتخاب جواب مناسب معمولاً به عهده

تصمیم‌گیرنده است. روش‌هایی از قبیل تبدیل تابع هدف به محدودیت، وزن‌دهی به اهداف، اولویت مطلق، روش معیار جامع، روش L-P متریک، برنامه‌ریزی آرمانی، برنامه‌ریزی سازشی و غیره در مبانی نظری موضوع به چشم می‌خورد [۱۲]. در میان این روش‌ها برنامه‌ریزی سازشی طرفدار بیشتری دارد. در این پژوهش از روش برنامه‌ریزی سازشی برای تک‌هدفه‌کردن مدل استفاده شده است. در این روش، مدل چندهدفه با در نظر گرفتن هر یک از توابع هدف به صورت مجزا حل و سپس مدل به صورت تک‌هدفه بازنویسی می‌شود؛ به طوری که تابع هدف جدید به دنبال حداقل کردن اختلاف نرمالیزه هر تابع هدف با مقدار بهینه آن است. در مدل ارائه شده این پژوهش سه تابع هدف Z_1 ، Z_2 و Z_3 وجود دارد که قبلاً معرفی شده‌اند. مدل با در نظر گرفتن هر یک از این توابع به صورت مجزا حل می‌شود و مقادیر بهینه Z^*_1 ، Z^*_2 و Z^*_3 به ترتیب برای تابع هدف اول، دوم و سوم به دست می‌آید؛ سپس تابع هدف جدید به صورت زیر بازنویسی می‌شود (W نشان‌دهنده مقدار ضریب برنامه‌ریزی سازشی است؛ به طوری که مجموع آن‌ها برابر یک است). در این پژوهش اوزان تابع هدف یکسان لحاظ شده است. در حالت کلی زمانی که توابع هدف از نوع بیشینه بهتر باشد، روش تبدیل $MOLP^1$ به $SOLP^2$ به صورت رابطه ۱۱، است.

$$Z = \sum_{k=1}^2 W_k \times \frac{1}{H_k} \times Z_k \quad (11)$$

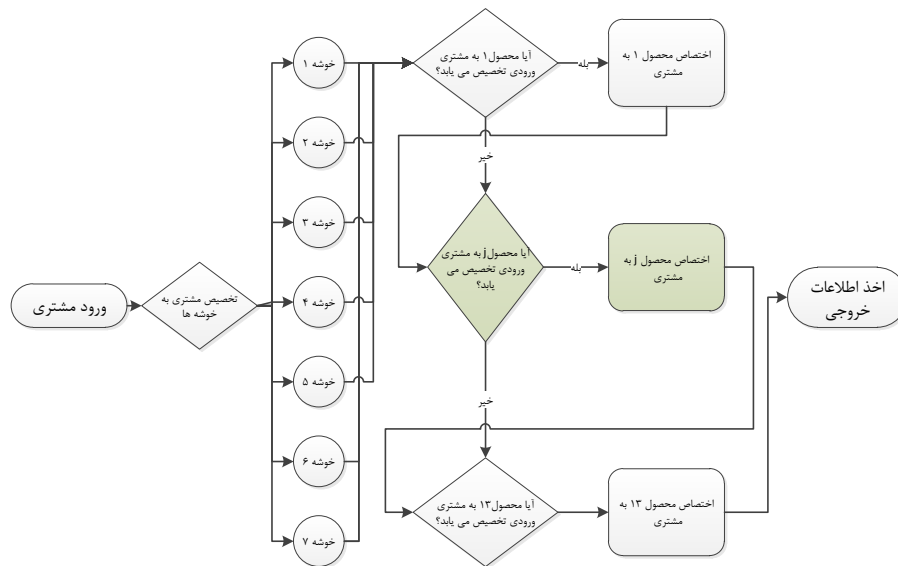
K : اندیس تابع هدف k ام است.

W_k : وزن تابع هدف k ام است که می‌تواند با توجه به اهمیت هر یک از اهداف تعریف شود.

H_k : حداکثر مقدار مطلوب طیف مقادیر تابع هدف k ام است.

گام ۴: شبیه‌سازی. با توجه به استفاده از پنج شاخص به‌عنوان ویژگی هر مشتری و اندازه‌گیری آن‌ها در طول یک سال، هر یک از شاخص‌ها دارای توابع توزیع احتمالی مشخصی هستند. در این پژوهش مشتریان فعلی با کارکرد خود رفتار هر یک از ویژگی‌ها را شکل می‌دهند و قبلاً از برخی خدمات بهره‌مند شده‌اند؛ بنابراین تخصیص خدمت به این مشتریان در این مدل برای ارائه درخواست خدمت جدید و یا خدمت پیشنهادی توسط بانک است. در حقیقت نقش مدل شبیه‌سازی، تولید جواب‌های موجه به صورت تصادفی برای مسئله است؛ زیرا تمامی محدودیت‌های یک مسئله شبیه‌سازی قابل‌کدنویسی داخل برنامه شبیه‌سازی هستند. در شکل ۱، مدل کلی شبیه‌سازی مسئله نمایش داده شده است.

1. Multy Objective Linear Programing
2. Single Objective Linear Programing



شکل ۱. نمای کلی مدل شبیه‌سازی

با توجه به شکل ۱، با ورود تازه هر مشتری به بانک برای دریافت خدمات، مشتری در خوشه خودش قرار می‌گیرد، سپس بلافاصله پس از تخصیص هر نوع از محصولات به مشتری علامتی با عنوان Attribute 1 تا Attribute 13 اختصاص می‌یابد (با احتمال $0/5$) و یعنی آنکه احتمال تخصیص (دریافت) همه محصولات برای هر کدام از مشتریان خوشه‌ها برابر است (احتمال برابر $0/5$)؛ بنابراین مشتری پس از ورود به سیستم ابتدا با محصول اول مواجه می‌شود و در صورتی که مقدار Attribute 1 بزرگ‌تر مساوی $0/5$ باشد و محدودیت‌های مدل رعایت شود، محصول اول را انتخاب می‌کند؛ در غیر این صورت به سراغ محصول بعدی می‌رود و این روند تا محصول ۱۳ ادامه می‌یابد. در حالتی که یک مشتری محصولی را انتخاب کند و تخصیص انجام شود، شماره‌دهی به نام Record CN شماره مشتری که از آن محصول استفاده کرده است را با CN1 تا CN7 ذخیره می‌کند و در پایان حل مدل، تعداد مشتریانی که از هر یک از محصولات استفاده کرده‌اند را نمایش می‌دهد. در حالتی که ظرفیت تخصیص محصول به مشتری وجود نداشته باشد و یا محدودیت‌های مسئله اجازه این تخصیص را ندهند مشتری جزو مشتریان برگشت‌خورده (از دست رفته) قرار می‌گیرد که در این پژوهش از درآمد فرصت از دست‌رفته صرف‌نظر شده است. برای هر یک از جواب‌های همسایه تولیدشده توسط روش SA سناریو به‌وجودآمده در نرم‌افزار شبیه‌سازی شده و جواب مسئله محاسبه می‌شود.

۴. تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

در خوشه‌بندی مشتریان داده‌های استخراج‌شده از انبار داده‌ای یکی از بانک‌های خصوصی کشور طی بازه زمانی ابتدا تا انتهای سال ۱۳۹۵ استخراج شده است. کل داده‌های قابل‌استفاده پس از عملیات پاک‌سازی برای تمامی مشتریان حقیقی بانک، ۳۱,۹۵۳ کد مشتری بود که تمامی متغیرهای مربوط به ۵ شاخص R، F، M، L و D مطابق جدول ۲، استخراج شد.

جدول ۲. اطلاعات آماری داده‌های مرتب با شاخص‌های RFMLD

مشتریان حقیقی	کمترین مقدار	بیشترین مقدار	میانگین	انحراف معیار	میانگین
آخرین زمان مراجعه / تازگی (R) (روز)	۰	۳۶۲	۲۶۱	۶۹	۲۸۵
تعداد تراکنش (F) (عدد)	۴	۲۴۰,۲۲۴	۲۵۴	۱,۶۴۲	۳۵
متوسط کمترین مانده سپرده (M) (ریال)	۵	۱۵۳,۰۴۳,۰۲۴	۴,۷۵۵,۵۵۹	۱۳,۷۹۹,۸۸۸	۱۸۹,۲۲۷
متوسط مانده جاری تسهیلات (L) (ریال)	۰	۲۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۲۳,۳۹۲,۳۲۸	۱,۴۳۹,۱۹۸,۵۳۴	۰
متوسط مطالبات (D) (ریال)	۰	۶۸۲۵,۹۵۰,۶۸۵	۱,۳۰۷,۴۵۸	۴۷,۶۲۹,۴۴۷	۰

پس از بررسی مقدماتی نرمال بودن متغیرهای پژوهش و اثبات این ادعا که متغیرهای پژوهش نرمال نیستند و همچنین به دلیل حجم نمونه بالا (بیشتر از ۲۰۰۰ نمونه) از آزمون کولموگروف - اسمیرنوف^۱ استفاده شد. هنگام بررسی نرمال بودن داده‌ها فرض صفر مبتنی بر اینکه توزیع داده‌ها نرمال است در سطح خطای ۵ درصد آزمون شد که نتایج در جدول ۳، آمده است. H_0 ، فرض توزیع داده‌های مربوط به هر یک از متغیرها نرمال در مقابل فرض H_1 ، توزیع داده‌های مربوط به هر یک از متغیرهای غیرنرمال است.

جدول ۳. نتایج آزمون کولموگروف - اسمیرنوف

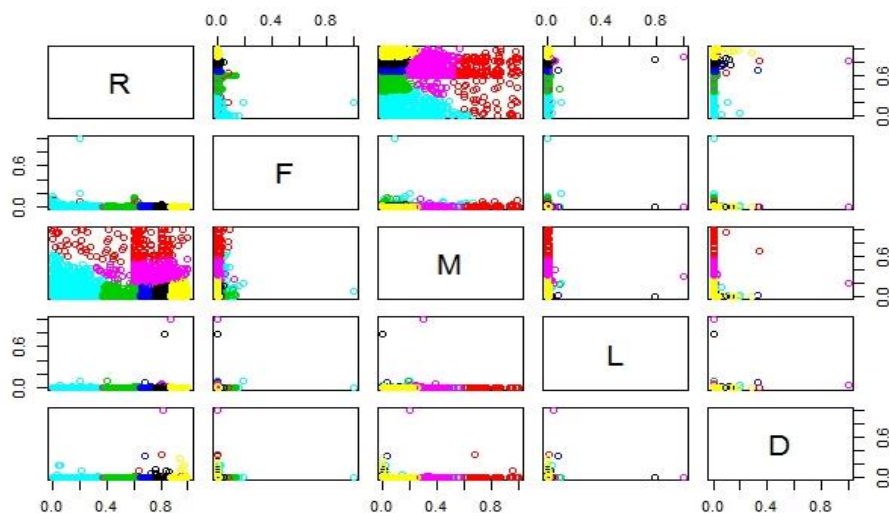
متغیرها	آماره آزمون	Df درجه آزادی	Sig. سطح معناداری
R	۰/۱۸۷	۳۱۹۵۳	۰/۰۰۰
F	۰/۴۳۹	۳۱۹۵۳	۰/۰۰۰
M	۰/۳۶۵	۳۱۹۵۳	۰/۰۰۰
L	۰/۴۹۴	۳۱۹۵۳	۰/۰۰۰
D	۰/۴۸۹	۳۱۹۵۳	۰/۰۰۰

1. Kolmogorov-Smirnov

با توجه به جدول ۳ و مقدار سطح معناداری Sig که در آزمون انجام شده کمتر از ۵ درصد است، فرض نرمال بودن داده‌ها (H_0) برای تمامی متغیرهای پژوهش رد می‌شود و توزیع داده متغیرها نرمال نیست. وزن کلیه شاخص‌ها به دلیل وجود ماتریس‌های تصمیم که معیاری برای مقدار عدم اطمینان از محتوی موردانتظار است از روش آنروپی محاسبه شد و اوزان به دست آمده برای هر یک از شاخص‌های R، F، M، L و D به ترتیب ۰/۰۰۳، ۰/۱۱۲، ۰/۱۱۵، ۰/۳۹۵ و ۰/۳۷۶، به دست آمد که نشان دهنده بالابودن میزان اهمیت متوسط وزنی تسهیلات دریافتی و متوسط وزنی معوقات توسط مشتریان است. خلاصه وضعیت خوشه‌بندی، تعداد اعضای هر خوشه در جدول ۴، نشان داده شده است. با توجه به منطق روش وارد و با استفاده از شاخص سیلوئت (نیمرخ) تعداد خوشه موردانتظار، ۷ خوشه قابل قبول به دست آمد که در شکل ۲، نمایش وضعیت هر خوشه (۷ خوشه رنگی) در مختصات هر یک از شاخص‌های R، F، M، L به تصویر کشیده شده است [۱۴].

جدول ۴. تعداد مشتریان در هر بار خوشه‌بندی با تعداد خوشه k

شماره خوشه	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10
۱	۱۲۳۶۲	۱۱۹۸۱	۱۲۳۳۹	۴۷۵۷	۲۰۸	۴۷۰۵	۱۹۶۱	۱۰۲۴	۹۲۲۶
۲	۱۹۵۹۱	۱۱۴۹	۲۰۱۴	۱۱۶۷۳	۲۰۰۳	۱۰۰۰	۶۰۰۱	۱۹۵۵	۲۳۵۵
۳	-	۱۸۱۲۳	۱۰۳۳	۱۰۱۹	۱۱۵۹۰	۳۳۷۶	۲۷۷۷	۶۸۶۶	۴۴۶۵
۴	-	-	۱۶۵۶۷	۲۰۰۶	۴۷۴۴	۱۹۶۲	۵۰۱۹	۱۹۹۴	۴۷۰۷
۵	-	-	-	۱۲۴۹۸	۱۲۳۷۳	۵۹۱۹	۶۲۵۳	۴۷۹۳	۱۲۳۲
۶	-	-	-	-	۱۰۳۵	۶۴۳۱	۷۰۴۰	۲۰۷	۲۰۴
۷	-	-	-	-	-	۸۵۶۰	۱۹۰۲	۵۸۸۳	۱۹۴۰
۸	-	-	-	-	-	-	۱۰۰۰	۶۳۳۴	۷۵۹
۹	-	-	-	-	-	-	-	۲۹۹۷	۴۲۶۶
۱۰	-	-	-	-	-	-	-	-	۲۷۹۹
جمع	۳۱۹۵۳	۳۱۹۵۳	۳۱۹۵۳	۳۱۹۵۳	۳۱۹۵۳	۳۱۹۵۳	۳۱۹۵۳	۳۱۹۵۳	۳۱۹۵۳
$\frac{\text{between_SS}}{\text{total_SS}}$	۴۳/۲	۷۴	۸۳/۵	۸۵/۳	۸۸/۸	۹۰/۱	۹۰/۶	۹۱/۴	۹۱/۷

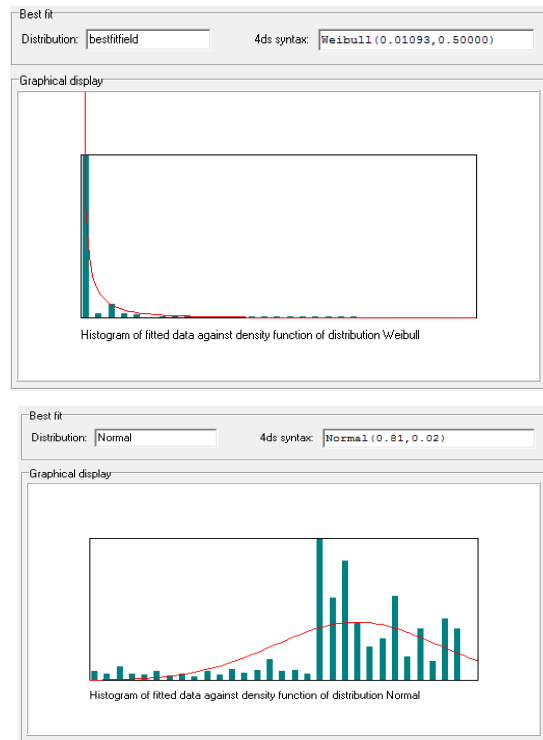


شکل ۲. نمایش وضعیت هر خوشه (۷ خوشه رنگی) در مختصات هر یک از شاخص‌های R, F, M, L و D

با توجه به آنکه هر یک از متغیرهای R, F, M, L و D یک متغیر تصادفی می‌باشند با به‌کارگیری دستور Auto Fit از طریق اتم ExcelActiveX_Read در نرم‌افزار ED تابع توزیع هر کدام از آنها برای هر خوشه به صورت جداگانه محاسبه شد که در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۵. توابع توزیع شاخص‌های هر یک از خوشه‌ها

	R	F	M	L	D
خوشه اول	Uniform (-/۸۳۰/۸۹۴)	Lognormal (/۰۰۰۱۲۱۲/۰۰۰۳ ۰۳۷)	Lognormal (-/۰۱۲۰/۰۳۳)	Negexp (-/۰۰۰۰۶۱۱)	Logistic (-/۰۰۰۱۸۵۲/۰۰۰۲ ۴۹۵۶)
خوشه دوم	Normal (-/۶۹۰/۱۴)	Lognormal (-/۰۰۲/۰۰۷)	Lognormal (/۰۴۲۰/۲)	Negexp (-/۰۰۱۲)	Negexp (-/۰۰۰۵)
خوشه سوم	Uniform (-/۸۹۱/۰۰)	Logistic (-/۰۰۰۰۶۰/۰۰۰۱۴)	Lognormal (-/۰۱۰/۰۲)	Normal (-/۰۰۰۰۳۳۰/۰۰۰ ۱۷۷)	Negexp (-/۰۰۰۴)
خوشه چهارم	Beta (-/۱۳۰/۶۰۱/۲۰)	Lognormal (-/۰۱۰/۰۳)	Weibull (-/۰۶۰/۵۰)	Negexp (-/۰۰۰۲)	Negexp (-/۰۰۰۳۳۶)
خوشه پنجم	Lognormal (-/۶۹۰/۰۳)	Weibull (-/۰۰۰۷۰/۸)	Weibull (-/۰۱۶۰۹۰/۵۰۰۰ ۰)	Negexp (-/۰۰۰۰۴۱۴)	Negexp (-/۰۰۰۰۹۸۵)
خوشه ششم	Logistic (-/۶۱۰/۰۴)	Lognormal (-/۰۰۰۱۴۱۰/۰۰۳۸۴)	Weibull (-/۰۲۷۷۳۸۰/۷)	Negexp (-/۰۰۰۰۵۶)	Logistic (-/۰۰۰۰۴۵۶/۰۰۰ ۶۰۰۳)
خوشه هفتم	Normal (-/۸۱۰/۰۲)	Lognormal (-/۰۰۰۳۹۰/۰۰۰۹۸)	Weibull (-/۰۱۰۹۳/۵۰۰۰ ۰)	Negexp (-/۰۰۰۱۳۰۵)	Negexp (-/۰۰۰۲۱۵)



شکل ۳. توابع توزیع شاخص‌های R و M برای خوشه هفتم

در شکل ۳، به‌عنوان نمونه توابع توزیع شاخص‌های R و M برای خوشه هفتم نمایش داده شده است که تابع توزیع شاخص R برای مشتریان خوشه هفتم دارای تابع توزیع نزدیک به نرمال با میانگین $0/81$ و واریانس $0/02$ و برای شاخص M دارای توزیع وایبل با پارامترهای $0/5$ و $0/011093$ است (نمودارها و توابع به‌دست‌آمده از طریق ورود داده‌ها به نرم‌افزار ED حاصل شد). پس از تعیین توابع توزیع متغیرها، مدل ریاضی به کمک شبیه‌سازی برای تمام 31953 مشتری موجود در هر یک از جواب‌های قابل قبول توسط الگوریتم تبرید به‌دست آمد که جواب‌ها در نتیجه‌گیری ذکر شده است.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

دو بخش اساسی که پایه اساسی این پژوهش بر آن‌ها بنا نهاده شده است به این صورت است که در بخش نخست ابتدا تمامی مشتریان مدنظر بر اساس پنج ویژگی کلی L, M, F, R و D مطابق الگوریتم کا میانگین در هفت خوشه تفکیک شدند؛ سپس در فاز دوم با شناسایی خدمات و محصولات بانک (۹ محصول تسهیلاتی و ۴ محصول سپرده‌ای) یک مدل ریاضی

سه‌هدفه طراحی شد و در ادامه برای حل این مدل از طریق طراحی و اجرای یک مدل شبیه‌سازی جواب‌های موجه تولید شده و برای بهبود این جواب‌ها سناریوهای مختلف به کمک الگوریتم SA طراحی شد تا جواب نزدیک به بهینه حاصل شود. در نتیجه‌گیری این پژوهش هر یک از بخش‌های اصلی بررسی و تحلیل تحلیل قرار می‌شوند.

نتایج و تحلیل خوشه‌بندی. با توجه به تشریح الگوریتم کا میانگین، خروجی نتایج دستور به‌کاررفته در نرم‌افزار R-Studio به‌صورت مرتب‌شده در جدول ۴، بیان شد. با توجه به میزان بهبود در شاخص اعتبارسنجی خوشه‌ها و کاهش درصد رشد تغییرات تا حدود یک درصد و کاهش تغییرات محدود در خوشه‌ها و با توجه به منطق روش وارد، تعداد خوشه‌های قابل قبول، ۷ خوشه تعیین شد. با توجه به آنکه هرچقدر تعداد خوشه‌ها بالاتر باشد کیفیت و اعتبار خوشه‌ها بالاتر می‌رود، اما تصمیم‌گیری برای تخصیص محصول سخت‌تر می‌شود. میانگین استاندارد و میانگین واقعی هر کدام از شاخص‌ها برای هر یک از خوشه‌ها (مرکز خوشه‌ها)، در جدول‌های ۶ و ۷، آورده شده است.

جدول ۶. میانگین مقادیر استاندارد هر شاخص در هر خوشه

	R	F	M	L	D
خوشه ۱	۰/۸۶۲۱۳	۰/۰۰۰۱۲	۰/۰۱۱۷۳	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۱۹
خوشه ۲	۰/۶۹۳۵۸	۰/۰۰۱۹۹	۰/۴۲۲۱۲	۰/۰۰۱۲۵	۰/۰۰۰۵۴
خوشه ۳	۰/۹۴۳۷۶	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۰۶۶۲	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۴۰
خوشه ۴	۰/۱۲۹۰۵	۰/۰۰۷۲۲	۰/۰۶۴۲۷	۰/۰۰۰۱۹	۰/۰۰۰۳۴
خوشه ۵	۰/۶۸۷۰۹	۰/۰۰۰۶۷	۰/۰۱۶۰۹	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۱۰
خوشه ۶	۰/۶۰۸۴۶	۰/۰۰۱۴۱	۰/۰۲۷۷۳	۰/۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۰۵
خوشه ۷	۰/۸۰۷۱۱	۰/۰۰۰۳۹	۰/۰۱۰۹۳	۰/۰۰۰۱۳	۰/۰۰۰۲۱

جدول ۷. میانگین مقادیر شاخص‌های هر خوشه

خوشه‌ها	درصد تعداد مشتریان	R	F	M	L	D
خوشه ۱	۱۴/۷	۳۱۲	۳۳	۱۷۹۵۶۹۴	۱۲۲۱۶۷۲۵	۱۲۶۴۱۰۷
خوشه ۲	۳/۱	۲۵۱	۴۸۳	۶۴۶۰۲۰۲۰	۲۵۰۲۴۰۴۹۷	۳۶۸۱۲۳۰
خوشه ۳	۱۰/۶	۳۴۲	۱۷	۱۰۱۳۵۲۳	۶۵۳۱۲۱۴	۲۷۰۱۲۸۰
خوشه ۴	۶/۱	۴۷	۱۷۳۷	۹۸۳۵۸۴۳	۳۷۳۷۴۹۵۲	۲۲۹۱۶۱۸
خوشه ۵	۱۸/۵	۲۴۹	۱۶۵	۲۴۶۲۵۸۶	۸۲۸۶۹۰۸	۶۷۲۴۴۷
خوشه ۶	۲۰/۱	۲۲۰	۳۴۴	۴۲۴۳۶۴۱	۱۱۱۷۵۱۹۲	۳۱۱۳۳۶
خوشه ۷	۲۶/۸	۲۹۲	۹۷	۱۶۷۲۵۶۴	۲۶۱۰۲۵۶۴	۱۴۶۵۲۳۵

با توجه به میانگین واقعی شاخص‌های هر خوشه، رتبه هر کدام از خوشه در هر یک از شاخص‌ها از بیشترین به کمترین (رتبه ۱ تا ۷) در جدول ۸، مشخص شده است:

جدول ۸. رتبه هر کدام از خوشه‌ها در هر یک از شاخص‌ها

رتبه / شماره خوشه	R	F	M	L	D
۱	۲	۶	۵	۴	۵
۲	۴	۲	۱	۱	۱
۳	۱	۷	۷	۷	۲
۴	۷	۱	۲	۲	۳
۵	۵	۴	۴	۶	۶
۶	۶	۳	۳	۵	۷
۷	۳	۵	۶	۳	۴

همان‌طور که بیان شد، هر چه مقدار شاخص‌های F، M و L مشتریان بیشتر باشد و هر چه مقدار شاخص‌های L و D کمتر باشد، مطلوبیت بیشتری برای بانک دارد و نشان می‌دهد مشتری که زودتر و در بازه زمانی کوتاه‌تری به بانک مراجعه کرده است (R کوچک‌تر) و تعداد تراکنش بالاتری دارد (F بزرگ‌تر) مشتری وفادارتری نسبت به سایرین است و از سویی هر چقدر مشتری سپرده بیشتری (M بزرگ‌تر) و تسهیلات زیادتر (L بزرگ‌تر) و معوقات کمتر (D کوچک‌تر) داشته باشد، مشتری سودآورتری برای بانک خواهد بود؛ بنابراین با توجه به وضعیت فعلی خوشه‌بندی انجام‌شده بر اساس داده‌های موجود، از این تحلیل می‌توان برای برخی از خوشه‌ها نتایج زیر را در نظر گرفت:

خوشه ۳. خوشه سه حدود ۱۰/۶ درصد از کل مشتریان را تشکیل می‌دهد. آخرین زمان تراکنش مشتریان این خوشه حدود ۳۴۲ روز از آخرین روز سال (مبنای محاسبه) است و کمترین تعداد تراکنش (متوسط ۱۷ تراکنش برای هر مشتری در سال) نسبت به مشتریان سایر خوشه‌ها را دارند و این بدان معناست که وفاداری این مشتریان به نسبت سایرین در پایین‌ترین سطح قرار دارد. علاوه بر این متوسط کمترین مقدار سپرده‌گذاری نزد بانک و همچنین کمترین مقدار اخذ تسهیلات متعلق به مشتریان این خوشه است. نکته مهم دیگر آنکه، علی‌رغم دریافت میانگین تسهیلات کم (حدود ۶ میلیون ریال)، جایگاه مشتریان این خوشه به لحاظ میانگین معوقات (حدود ۲/۷ میلیون ریال) در مقام دوم قرار دارد و این بدان معناست که مشتریان این خوشه علاوه بر آنکه تسهیلات اندکی از بانک دریافت کرده‌اند، در بازپرداخت اقساط تسهیلات خود

قصور بیشتری داشته‌اند (حدود ۵۰ درصد از مبلغ وامی که دریافت کرده‌اند را نتوانسته‌اند به بانک برگردانند)؛ بنابراین مشتریان خوشه سه در پایین‌ترین جایگاه از دیدگاه بانک قرار دارند.

خوشه ۲. خوشه دو تنها حدود ۳ درصد از کل مشتریان را تشکیل می‌دهند. مشتریان این خوشه از یک طرف بیشترین مقدار سپرده‌گذاری را نزد بانک دارند (متوسط ۶۴ میلیون ریال برای هر مشتری در سال) و از طرف دیگر بیشترین مقدار تسهیلات را از بانک دریافت کرده‌اند (حدود ۲۵۰ میلیون ریال و چهار برابر مقدار سپرده‌گذاری‌شان) و در خصوص رتبه و جایگاه متوسط سپرده‌گذاری و دریافت تسهیلات آن‌ها می‌توان گفت به ترتیب $6/5$ و $6/7$ برابر مشتریان خوشه چهارم که در جایگاه دوم قرار دارند، است.

این موضوع اختلاف بالای این دو شاخص در جایگاه و رتبه اول تا دوم را نشان می‌دهد. نتیجه دیگر آنکه مشتریان این خوشه رتبه اول متوسط معوقات را به نسبت سایرین دارند (متوسط حدود $3/8$ میلیون ریال برای هر مشتری در سال) در خصوص شاخص‌های R و F این مشتریان می‌توان گفت که این مشتریان به نسبت مشتریان خوشه‌های ۱، ۳ و ۷ زودتر به بانک مراجعه کرده‌اند و جایگاه متوسط تعداد تراکنش آن‌ها در رتبه دوم قرار دارد؛ بنابراین این مشتریان تا حدودی به بانک وفادارند؛ اما وفاداری آن‌ها بیشتر به خاطر دریافت سود سپرده بالا و همچنین دریافت مبلغ تسهیلات بسیار بالاتر نسبت به مشتریان سایر خوشه‌ها است؛ علاوه بر این میزان معوقات مشتریان این خوشه در جایگاه اول قرار دارد؛ به این معنا که مشتریان این خوشه، بدهکارترین مشتریان به بانک هستند.

در تحلیل رفتاری برخی از این مشتریان این خوشه به صورت موردی و تصادفی این نتیجه حاصل شد که مشتریان این خوشه در ابتدای سال با ورود به بانک، مبلغ بالایی سپرده‌گذاری می‌کنند و پس از ایجاد اطمینان نسبی برای بانک نسبت به دریافت تسهیلات گران‌قیمت (تسهیلات مشارکتی با نرخ حدود ۲۷ درصد) اقدام می‌کنند که از تا حدی زیادی از عهده بازپرداخت آن برنیامده‌اند. این گونه مشتریان معمولاً به اشتباه در خیلی از بانک‌ها، به دلیل سپرده‌گذاری بالا و دریافت تسهیلات کلان، مشتریان طلایی محسوب می‌شوند، غافل از آنکه بسیاری از آن‌ها معوقات بالایی برای بانک‌ها ایجاد کرده‌اند.

یکی از ویژگی‌های بارز این پژوهش در نظر گرفتن دو جنبه میزان تسهیلات و معوقات مشتریان در کنار ویژگی‌های تأخر، تناوب و میزان سپرده‌گذاری آن‌ها است که در پژوهش‌های پیشین به آن پرداخته نشده است؛ بنابراین مشتریان خوشه دو، از دیدگاه جذب منابع برای بانک مطلوب هستند اما هزینه بالایی را به دلیل دریافت سود بالا و همچنین معوقات ایجادشده برای بانک به دنبال دارند و به تعبیر این پژوهش از آن‌ها می‌توان به «مشتریان لوکس» یاد کرد.

خوشه ۴. خوشه چهار حدود ۶/۱ درصد از کل مشتریان را دربردارد. این خوشه پایین‌ترین زمان آخرین مراجعه (به‌طور میانگین هر مشتری ۴۷ روز قبل از روز آخر سال تراکنش داشته) و همچنین بالاترین تعداد تراکنش را نسبت به مشتریان سایر خوشه‌ها دارد. به‌طوری‌که جایگاه تعداد تراکنش‌های مشتریان این خوشه حدود ۳/۵ برابر بیشتر از مشتریان خوشه دو (۴۳۸ تراکنش) است که در جایگاه دوم قرار دارند؛ به عبارتی این مشتریان وفادارترین مشتریان بانک هستند.

در خصوص تحلیل سایر ویژگی‌ها می‌توان گفت که متوسط میزان سپرده‌گذاری و متوسط میزان دریافت تسهیلات مشتریان این خوشه هرچند نسبت به مشتریان خوشه دوم پایین‌تر است، اما با میانگین ۹/۸ میلیون ریال برای سپرده‌گذاری و ۳/۷ میلیون ریال برای تسهیلات دریافتی، جایگاه دوم در میان مشتریان سایر خوشه‌ها را دارا است.

شاخص میانگین معوقات مشتریان این خوشه رتبه سوم را به خود اختصاص داده و به‌نوعی از جنبه این شاخص، میانه خوشه‌ها است (میزان متوسط معوقات حدود ۲/۲ میلیون ریال بوده که تقریباً ۲۲ درصد میزان سپرده‌گذاری آن‌ها است). با تحلیل رفتاری برخی مشتریان این خوشه به‌صورت تصادفی نتایج قابل توجهی به‌دست آمد.

مشتریان این خوشه بیشترین حجم تراکنش‌های مدرن (هر تراکنشی به‌جز تراکنش‌های شعبه‌ای مشتری) را به نسب سایرین دارند که نشان‌دهنده تمایل بسیار بالای آن‌ها به استفاده از کانال‌های بانکداری الکترونیکی و بانکداری مجازی است و تمایلی به انجام تراکنش در داخل شعبه ندارند؛ به همین دلیل بیشترین درآمدهای کارمزدی بانک ناشی از این مشتریان است.

نکته مهم آنکه بانک با توجه به حجم بالای سرمایه‌گذاری خود در حوزه بانکداری الکترونیکی و بانکداری مجازی تنها توانسته است برای حدود ۶ درصد از مشتریان (به‌طورجدی) این بسترها را فراهم آورد که این عدد برای بانک جای تأمل دارد. (مقیاس بانک‌های جهانی؟) بنابراین می‌توان گفت: «مشتریان خوشه چهارم در حالت کلی به نسبت مشتریان سایر خوشه‌ها اهمیت بالاتری دارند؛ زیرا نسبت به سایرین برای بانک وفادارتر و کم‌هزینه‌تر هستند».

خوشه ۷. خوشه هفت بیشترین تعداد مشتریان را دارد (حدود ۲۷ درصد). شاخص‌های موردبررسی در این خوشه تحت تأثیر جمعیت بالای آن قرار می‌گیرند؛ به‌طوری‌که آخرین زمان تراکنش این مشتریان به نسبت روز آخر سال، ۲۹۲ روز قبل (رتبه سوم) است. میانگین مقدار سپرده‌گذاری آن‌ها با متوسط ۱/۶ میلیون ریال در رتبه ششم قرار دارد. متوسط تسهیلات دریافتی آن‌ها از بانک در سال حدود ۲۶ میلیون ریال بوده که به‌طور متوسط حدود ۱۶/۵ برابر میزان سپرده‌گذاری است. از تحلیل رفتار این گروه از مشتریان می‌توان به این نکته مهم پی برد که ویژگی‌های رفتاری این مشتریان در یک دوره قبل مشابه رفتار مشتریان خوشه سوم است.

نتایج و تحلیل جواب مدل با الگوریتم تبرید به کمک شبیه‌سازی شده. بر اساس تابع هدف مدل ریاضی پژوهش، تعداد مشخصی از جواب‌های موجه که مناسب‌ترین مقادیر تابع هدف را به خود اختصاص می‌دهند، وارد الگوریتم تبرید می‌شوند و از آن به بعد برای الگوریتم تبرید تولید و بهبود جواب‌های جدید فرایند بهینه‌سازی به اتمام می‌رسد. علت انتخاب الگوریتم تبرید وجود تعداد محدود از سناریوهای ممکن (جواب‌های موجه) است؛ زیرا با توجه به گستردگی فضای حل مسئله (2^{13}) ساخت سناریوهای موجه ضروری است. فرض صحیح در این کار تولید جواب موجه ابتدایی (جمعیت اولیه) خوب و باکیفیت به‌جای جمعیت اولیه تصادفی است که می‌تواند زمان حل الگوریتم را تا حد قابل‌قبولی کاهش دهد؛ ضمن آنکه با تولید جواب‌های شبیه‌سازی شده می‌توان شانس آن را داشت که جواب نزدیک به بهینه در میان آن‌ها واقع شده باشد. شرط توقف الگوریتم رشد بهبود جواب‌های همسایه کمتر از ۰/۰۰۱ در نظر گرفته شد و درنهایت نتایج حل مدل ریاضی در جدول ۹ و ۱۰، نمایش داده شده است.

جدول ۹. جواب مسئله براساس الگوریتم SA شبیه‌سازی شده

جواب‌های تولیدشده	Min H _R	Min H _C	Max H _Q	T دما	قدیم Z ₁	جدید Z ₂	$\Delta Z = Z_2 - Z_1$	$\exp\left(-\frac{\Delta Z}{T}\right)$	عدد تصادفی	قبول / حرکت
جواب اولیه	۳۹۱	۳۳۵۰	۱۷۹	۱۰۰	۱/۸۲۴۳	-	-	-	-	-
۱	۳۷۳	۲۶۴۳	۲۵۲	۹۰/۰	۱/۸۲۴۳	۲/۲۸۱۲	-۰/۴۵۶۹	-	-	Yes
۲	۴۰۵	۲۶۲۹	۲۵۵	۸۱/۰	۲/۲۸۱۲	۲/۲۶۱۲	(-۰/۰۲۰۰)	۱	۰/۴۴۲	No
۳	۳۵۱	۲۵۴۶	۲۰۶	۷۲/۹	۲/۲۸۱۲	۲/۱۷۶۴	(-۰/۱۰۴۹)	۱	۰/۸۱۸	No
۴	۳۹۲	۳۱۹۱	۱۸۲	۶۵/۶	۲/۲۸۱۲	۱/۸۴۷۸	(-۰/۴۳۳۴)	۱	۰/۱۳۶	No
۵	۲۶۳	۲۴۸۳	۲۷۲	۵۹/۰	۲/۲۸۱۲	۲/۶۰۲۳	-۰/۲۲۱۰	-	-	Yes
۶	۳۳۳	۲۶۱۲	۲۵۹	۵۳/۱	۲/۶۰۲۳	۲/۳۸۷۷	(-۰/۲۱۴۶)	۱	۰/۷۷۹	No
۷	۳۵۱	۲۶۴۵	۲۵۷	۴۷/۸	۲/۶۰۲۳	۲/۳۲۷۲	(-۰/۲۷۵۱)	۱	۰/۲۰۵	No
۸	۲۶۱	۲۴۵۴	۲۷۳	۴۳/۰	۲/۶۰۲۳	۲/۶۲۲۳	-۰/۰۲۰۰	-	-	Yes
۹	۱۶۹	۲۴۰۱	۲۲۰	۳۸/۷	۲/۶۲۲۳	۲/۸۰۲۹	-۰/۱۸۰۷	-	-	Yes
۱۰	۱۷۰	۲۴۱۲	۲۷۱	۳۴/۹	۲/۸۰۲۹	۲/۹۷۸۶	-۰/۱۷۵۷	-	-	Yes
۱۱	۳۹۱	۲۸۵۰	۲۰۹	۳۱/۴	۲/۹۷۸۶	۲/۰۲۷۵	(-۰/۹۴۱۲)	۱	۰/۵۱۷	No
۱۲	۴۵۷	۲۶۳۰	۲۱۰	۲۸/۲	۲/۹۷۸۶	۲/۰۴۹۲	(-۰/۹۲۹۵)	۱	۰/۵۹	No
۱۳	۱۶۹	۲۴۱۰	۲۷۴	۲۵/۴	۲/۹۷۸۶	۲/۹۹۶۳	-۰/۰۱۷۷	-	-	Yes
۱۴	۴۴۰	۳۱۴۳	۲۲۳	۲۲/۹	۲/۹۹۶۳	۱/۹۶۱۹	(۱/۰۳۴۴)	-	-۰/۸۸	No

جدول ۱۰. جواب مسئله بهینه به کمک شبیه‌سازی

Xij7	Xij6	Xij5	Xij4	Xij3	Xij2	Xij1	Z3
۱	۱	۱	۱	۰	۰	۱	y1
۱	۱	۰	۱	۰	۰	۰	y2
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	y3
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	y4
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	y5
۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	y6
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	y7
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	y8
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	y9
۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	x1
۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	x2
۱	۱	۰	۱	۰	۰	۱	x3
۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	x4

همان‌طور که در حل نهایی مسئله نشان داده شد، عدد یک برای X_{ij} نشان‌دهنده تخصیص محصول تسهیلاتی (y) و یا سپرده‌ای (x) نام به هر یک از ۷ خوشه زام بوده و در مقابل عدد صفر نشان‌دهنده عدم این تخصیص است. با توجه به جواب به دست آمده و در صورت داشتن شرایط قانونی برای هر مشتری می‌توان نتیجه گرفت که مشتریان خوشه‌های ۶ و ۷ می‌توانند از کلیه وام‌ها و سپرده‌های بانک برخوردار شوند. از طرف دیگر برای مشتریان خوشه سوم افتتاح سپرده‌های جاری و قرض‌الحسنه توصیه می‌شود؛ نه سپرده‌های کوتاه یا بلندمدت و پرداخت وام‌های مشارکتی یا مضاربه‌ای توصیه نمی‌شود. مهم‌ترین نوآوری این پژوهش، طراحی و به‌کارگیری یک مدل ریاضی چندهدفه و همچنین استفاده از تکنیک خوشه‌بندی در ارائه خدمت و محصولات بانک به مشتریان است که در حل آن از بهینه‌سازی از طریق شبیه‌سازی استفاده شده است.

از محدودیت‌های این پژوهش می‌توان به ناتوانی ابزارهای شبیه‌سازی در ترسیم و حل تمامی حالات محتمل (سناریوهای بیشتر) و حل مدل برای آن‌ها اشاره کرد. پیشنهاد آتی این پژوهش، توسعه مدل ریاضی از بُعد مشتری است که پس از حل آن بانک قادر به تصمیم‌گیری برای ارائه خدمت و محصول به تک‌تک مشتریان خود باشد که هم‌زمان توابع هدف در مناسب‌ترین حالات خود قرار گیرند و در نهایت با استفاده از یک مدل بتوان پارامترهای مربوط به هر یک از محصولات را برای مشتری جدیدی که به بانک مراجعه می‌کند، تنظیم کرد.

منابع

1. Abiodun, R. (2017). Development of Mathematical Models for Predicting Customers Satisfaction in the Banking System with a Queuing Model Using Regression Method. *American Journal of Operations Management and Information Systems*, 2(2), 86-91.
2. Adeli, M., Zandieh, M. (2013). Provide multi-objective simulation optimization approach for source modeling and integrated inventory decisions. *Industrial Management Perspective*, 11, 89-110 (In Persian).
3. Akbariasl, R., & Bashli, M. (2014) Banking Services Marketing, 81-92, Ettehad Publishing, Tehran, Iran (In Persian).
4. Bahmand, M., & Bahmani, M. (2006) Internal Banking (Supply of Money Resources), Iranian Institute of Banking Publisher, Tehran, Iran, 48-50 (In Persian).
5. Chapman, P., Clinton, J., Kerber, R., Khabaza, T., Reinartz, T., Shearer, C., & Wirth, R. (2000). CRISP-DM 1.0: Step-by-step data mining guide. SPSS Incc.
6. Chen, Q., Zhang, M., & Zhao, X. (2017). Analysing customer behaviour in mobile app usage. *Industrial Management & Data Systems*, 117, 425-438.
7. Ghorbanpour, A., tallai, G., panahi, M. (2015). Clustering Customers of Refah Bank Branches Using Combination of Genetic Algorithm and C- Means in Fuzzy Environment. *Organizational Resources Management Researchs*, 5(3), 153-168 (In Persian).
8. Kalantari, M., Pishvaei, M., & Yaghoubi, S. (2015). A multi-objective optimization model for the integration of financial and physical flows in the mainstream supply chain planning. . *Industrial Management Perspective*, 19, 139-167 (In Persian).
9. Hartigan, J. (1975). Clustering algorithms. Wiley New York.
10. Hughes, A. M. (1996). Boosting reponse with RFM. *Mark. Tools* 5 4-10.
11. Peker, S., Kocyigit, A., & Erhan, E. (2017). LRFMP model for customer segmentation in the grocery retail industry: a case study. *Marketing Intelligence & Planning*, 35, 544-559.
12. Momeni, M. (2012). Data Clustering (Cluster Analysis), Danesh Negar Publisher, Tehran, Iran, 37-38 (In Persian).
13. Reinartz, W. J., & Kumar, V. (2003). The impact of customer relationship characteristics on profitable lifetime duration. *Journal of Marketing*, 67(1), 77-99.
14. Sajjadi, K., Khatami-Firuzabadi, M. A., Amiri, M., & Sadaghiani, J. S. (2015). "A developing model for clustering and ranking bank customers. *International Journal of Electronic Customer Relationship Management*", 9(1), 73-86.
15. Singh, S., & Singh, S. (2016). Accounting for risk in the traditional RFM approach. *Management Research Review*, 39(2), 215-234.
16. Shahbandarzadeh, H., & Pikam, A. (2015). Application of a Fuzzy Factor Multi-Objective Model for Determining the Optimal Purchasing Volume of Suppliers. *Industrial Management Perspective*, 18, 129-152 (In Persian).
17. Taghavifard, M., Khajvand, S. & Najafi, E. (2013). 'Customer clustering Saderat Bank of Iran by using data mining'. *Improvement Management Studies*, 67(21), 197-200 (In Persian).

18. Thomas, J. S. (2001). A methodology for linking customer acquisition to customer retention. *Journal of Marketing Research* 38(2), 262-268.
19. Ward, j. h. jr. (1963). hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association*, 58(301), 236-244.
20. Wu Hsin-Hung; Chang En-Chi & Lo Chiao-Fang (2009). Applying RFM model and K-means method in customer value analysis of an outfitter. International Conference on Concurrent Engineering New York.
21. Zabkowski, T. (2016). RFM approach for telecom insolvency modeling. *Kybernetes*, 45(5), 815-827.