

مدل بهینه‌سازی چندهدفه تخصیص خدمت به مشتریان بانک با به کارگیری داده کاوی و شبیه‌سازی

محمدعلی خاتمی فیروزآبادی

محمدتقی تقوی فرد

سید خلیل سجادی

جهانپار بامدادصوفی *

چکیده

شناخت الگوهای رفتاری مشتریان، خوشه‌بندی و ارائه خدمت به آن‌ها یکی از مهم‌ترین مسائل بانک‌ها محسوب می‌شود. در این تحقیق پنج ویژگی هریک 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 کامیانگین، مشتریان خوشه‌بندی شدند. سپس یک مدل چندهدفه تخصیص خدمات بانک به هر کدام از خوشه‌ها طراحی گردید. اهداف مدل طراحی شده افزایش میزان رضایت مشتریان، کاهش هزینه‌ها و کاهش ریسک تخصیص خدمات است. با توجه به آنکه مسئله دارای یک راه‌حل بهینه نبوده و هر یک از ویژگی‌های مشتری دارای یک تابع توزیع احتمالی‌اند، برای حل از شبیه‌سازی استفاده شد. جهت تعیین جواب نزدیک به بهینه از الگوریتم تبرید در ساخت جواب‌های همسایه استفاده شد و مدل شبیه‌سازی اجرا گردید. نتایج به دست آمده بهبود قابل توجهی نسبت به وضعیت فعلی را نشان داد. در این تحقیق از نرم‌افزارهای و کا و آر-استودیو برای داده کاوی و آرنا برای شبیه‌سازی و بهینه‌سازی استفاده شد.

واژگان کلیدی: خوشه‌بندی، مدل تخصیص چند هدفه، بهینه‌سازی، شبیه‌سازی.

دانشیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران. (نویسنده مسئول)؛

a.khatami@atu.ac.ir

دانشیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران.

دانشجوی دکتری، مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران.

استادیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران.

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۰۵

مقدمه

امروزه با گسترش بنگاه‌های مالی و اقتصادی و همچنین افزایش حجم، تنوع فعالیت‌ها، رقابت شدید در جذب مشتریان، نیاز به حفظ رضایت آن‌ها بیش از پیش احساس می‌شود. یکی از این بنگاه‌های مالی بانک‌ها و مؤسسات اعتباری می‌باشند که در حال حاضر عدم رضایت گسترده مشتریان از نحوه ارائه خدمات و نوع محصولات ارائه شده به آن‌ها به چشم می‌خورد که این امر بیشتر به لحاظ عدم انطباق خدمات و محصولات بانکی با نیاز و توقعات مشتریان به وجود آمده است (اکبری اصل و بشلی، ۱۳۹۲). از سویی تعامل مشتریان با بانک‌ها منجر به بروز وقایعی می‌شود که اطلاع از آن‌ها، تجزیه، تحلیل و طبقه‌بندی آن‌ها می‌تواند بسیار حائز اهمیت باشد. تقسیم‌بندی مشتریان به لحاظ رفتار به وجود آمده، در هر بنگاه اقتصادی عامل اصلی در مدیریت ارتباط با مشتریان و همچنین بازاریابی هدفمند به شمار می‌رود (وو^۱ و همکاران، ۲۰۰۹). تاکنون روش‌های مختلفی برای تخصیص خدمت به مشتری ارائه شده است که بخش قابل توجهی از آن‌ها به صورت تجربی است به نحوی که اغلب بانک‌ها با در نظر گرفتن تنها یک یا دو پارامتر نظیر مانده میانگین و گردش حساب اقدام به بخش‌بندی مشتریان خود نموده‌اند و آن‌ها را در گروه‌های پلاتینی، طلایی، نقره‌ای و غیره جای می‌دهند. به‌رغم این مشکلات و پیچیدگی‌ها مطالعات نشان می‌دهند که بانک‌هایی که از بخش‌بندی مشتریان به‌درستی استفاده کرده‌اند ۴۰٪ در آمد بالاتری از بقیه بانک‌ها داشته‌اند و در آمد مشتریان فعال این بانک‌ها ۲۰٪ از مشتریان فعال سایر بانک‌ها بیشتر است (رینتارز و کومار^۲، ۲۰۰۳). همچنین پرداختن به حساب‌های کلیدی^۳ و مشتریان سودآور در بانک که از مزایای بخش‌بندی صحیح و اصولی مشتریان است. فیشر برای اولین بار سال ۱۹۶۳ ایده متمرکز کردن گروه‌ها را مطرح کرد. سپس دیویددراند در سال ۱۹۴۱ با تفکیک مشتریان به دو گروه خوب و بد به اعطای وام به آن‌ها پرداخت. بعد از آن 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

1. Wu

2. Reinartz & Kumar

3. Key Account

شد و برای نخستین بار نیاز به استفاده از سیستمی جهت گروه‌بندی مشتریان احساس شد (توماس^۱، ۲۰۰۱). به دنبال دسته‌بندی مشتریان جهت دریافت خدمات در بنگاه‌های مالی مدل‌های گوناگونی به وجود آمد که بسیاری از آن‌ها مبتنی بر عملکرد و الگوهای رفتاری آن‌ها است. یک از معروف‌ترین آن‌ها روش آر-اف-ام^۲ بود که برای نخستین بار در سال ۱۹۹۶ توسط هوگس^۳ معرفی گردید. وی برای تحلیل این مدل از رفتار گذشته مشتری که به آسانی قابل پیگیری و دسترسی است، استفاده نمود. این مدل از سه بعد مربوط به داده‌های مبادلاتی مشتریان، برای تحلیل رفتار آن‌ها استفاده می‌نماید (هوگس^۴، ۱۹۹۶). تاکنون رویکردها و کاربردهای مختلفی از این روش مورد استفاده قرار گرفته است. در مقاله زابکواسکی روش آر-اف-ام جهت شناسایی رفتار مشتریان در سیستم‌های ارتباطی که در آستانه ورشکستگی می‌باشند، بکار رفته است (زابکواسکی^۵، ۲۰۱۶). در مقاله ابیودان 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 سیستم‌صف نوبت‌دهی قرار می‌گیرند تا از تأخیر غیرضروری برای آن‌ها ممانعت شود. (ابیدان^۶، ۲۰۱۷) در مقاله البرزی و خان‌بابایی با استفاده از تکنیک‌های داده‌کاوی و شبکه‌های عصبی با هدف یک تحلیل رفتار جدید هیبریدی به پرآورد اعتبار مشتری در خدمات بانکی مطابق روش تحلیل آر-اف-ام پیشرفته بر روی خدمات بانکی پرداختند (البرزی و خان‌بابایی، ۲۰۱۶). در مقاله چن و همکاران کاربرد این روش را در مشتریانی که از برنامه‌های کاربردی تلفن همراه استفاده می‌نمایند، نشان می‌دهد به گونه‌ای که رفتار مشتریان را در راستای ارائه خدمات و برنامه‌های مورد نیاز شناسایی و همچنین از وقوع جرم جلوگیری به عمل می‌آورد (چن و همکاران^۷، ۲۰۱۷). پکر و همکاران با توسعه مدل آر-اف-ام از دو منظر طول عمر^۱ و دوره

1. Thomas
2. RFM(Recency Frequency Monetary)
3. Hughes
4. Hughes
5. Zabkowski
6. Abiodun
7. Chen

تناوب^۲ مدل ال-آر-اف-ام-پی^۳ را برای مشتریان خرده‌فروشی صنایع غذایی ساخته و مشتریان را گروه‌بندی نموده و متناسب با هر گروه برنامه بازاریابی و تبلیغات خود را توسعه بخشیده است. (پکر^۴، ۲۰۱۷) شو تا سنگ و سامیت سینگ در مقاله خود با اضافه نمودن اندازه ریسک مشتریان به مدل پایه RFM توانسته‌اند با رویکردی غیر پارامتریک در فضای تحقیق در عملیات به امتیازدهی و سپس بخش‌بندی مشتریان پردازند (سینگ^۵ و سینگ، ۲۰۱۷). در مطالعات داخلی تا حدودی به گروه‌بندی مشتریان با استفاده از این روش پرداخته شده است به طوری که در مقاله تقوی فرد و همکارانش با استفاده از تحلیل آر اف ام و به کارگیری الگوریتم دو مرحله‌ای^۶ به خوشه‌بندی مشتریان بانک صادرات پرداخت و آن‌ها را به چهار خوشه تقسیم‌بندی نمود (تقوی فرد، ۱۳۹۱). در اثری دیگر قربان‌پور و همکاران با تلفیق الگوریتم‌های ژنتیک و سی میانگین^۷ در محیط فازی به خوشه‌بندی مشتریان بانک رفاه پرداختند (قربان‌پور و همکاران، ۱۳۹۴). در مقاله دیگری سهرابی، رئیسی و انائی و زارع به طراحی یک سیستم توصیه‌تر به منظور بهینه‌سازی و مدیریت تسهیلات بانکی بر مبنای الگوریتم‌های خوشه‌بندی پرداخته و توانسته‌اند یک طبقه‌بندی تسهیلاتی برای ۸۵۵۳۰ رکورد از مشتریان یکی از بانک‌های کشور انجام دهند (سهرابی و همکاران، ۱۳۹۵). در اثر دیگری توسط کرامتی و همکارانش به توسعه یک سیستم پیشنهاددهنده محصول طراحی مدلی ترکیبی با بهره‌گیری از روش‌های فیلترینگ مشارکت محور، کشف قوانین انجمنی و بخش‌بندی مشتریان پرداخته که به نسبت مدل‌های بکار رفته در حوزه کاربرد ارتباطات و اینترنت تا حدودی پاسخ مناسب‌تری گرفته است اما تفاوت‌های قابل توجهی به نسبت حوزه مشتریان بانک دارد و تنها از می‌توان از روش بخش‌بندی کا-میانگین برای این تحقیق الگو گرفت (کرامتی و خالقی، ۱۳۹۳). اکثر مطالعات پیشین به نحوه به کارگیری الگوریتم‌های

1. length
2. periodicity
3. LRFMP
4. Paker
5. Singh
6. two step
7. C-Means

خوشه‌بندی بر روی مشتریان می‌پردازد و یا دقت الگوریتم‌ها را مورد آزمایش قرار می‌دهد و هیچ بازخوردی پس از آن ارائه نشده و یا آنکه به گروه‌بندی استاتیک مشتریان در طبقات مختلف اشاره و به تخصیص خدمت بدون در نظر گرفتن هزینه-فایده پرداخته است. این تحقیق برای نخستین بار به خوشه‌بندی بر اساس شاخص‌های مالی و غیرمالی مشتریان بانک پرداخته و نتایج حاصل از خوشه‌بندی در مدل ریاضی تخصیص خدمات و محصولات را به گونه‌ای بکار گرفته تا با ورود مشتریان اهداف از پیش تعیین شده مورد نظر بانک در مناسب‌ترین حالت خود قرار گیرند. با توجه آنکه جواب‌های مؤثر^۱ یا راه‌حل‌های غیر مسلط^۲ هر کدام از اهداف این تحقیق ممکن است جواب غیر مؤثر (مسلط) هدف دیگری باشند بنابراین مسئله دارای جواب بهینه مطلق نیست. هدف اصلی این مقاله ارائه محصولات و خدمات بانکی از طریق یک خوشه‌بندی مناسب بر روی 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 که بیشترین حد مطلوبیت هر یک از اهداف حاصل گردد، است.

روش تحقیق

روش انجام پژوهش از نظر هدف، توسعه‌ای کاربردی و از نظر اجرایی، تحلیلی توصیفی است. جامعه هدف این پژوهش کلیه داده‌های تمیز ثبت شده برای مشتریان حقیقی یکی از بانک‌های خصوصی کشور است.

سؤالات تحقیق

سؤال اصلی این تحقیق آن است که مدل چندهدفه تخصیص خدمات و محصولات خاص به مشتریان حقیقی بانک چگونه است؟

سؤالات فرعی آنکه، خوشه‌بندی مشتریان با استفاده از داده کاوی بر اساس اهداف مورد نظر بانک چگونه است؟ چگونه به کمک بهینه‌سازی از طریق شبیه‌سازی می‌توان اهداف مورد نظر بانک و مشتری را تأمین نمود؟ روش پیشنهادی تخصیص خدمت به مشتریان چه می‌باشند؟

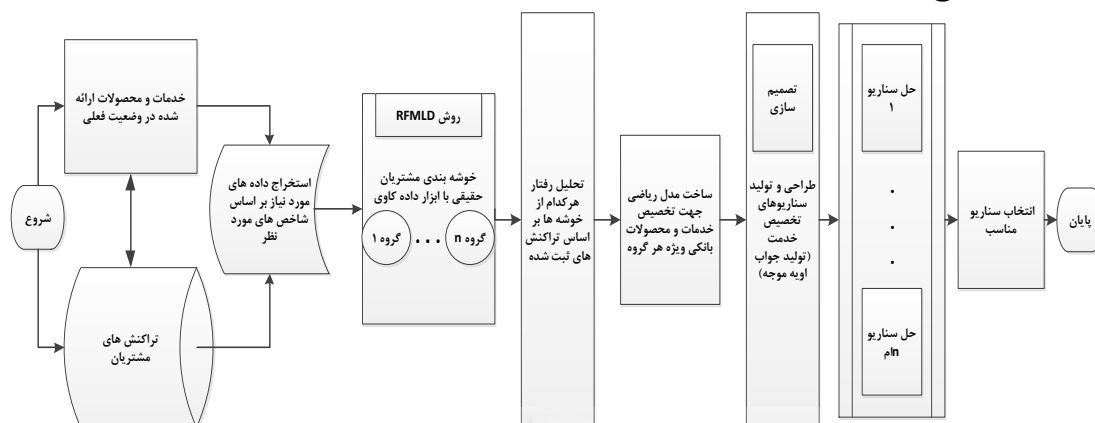
-
1. Efficient solution
 2. Non dominated solution

گردآوری داده‌ها و اطلاعات

گردآوری داده‌ها و اطلاعات در این تحقیق از طریق نرم‌افزار اس‌کیوال‌سرور^۱ بر روی پایگاه داده بانک شهر صورت گرفته و از برنامه‌ها و نرم‌افزارهای مخصوص در حوزه داده‌کاوی از قبیل نرم‌افزار ۳،۸،۰ و کا^۲ و آر-استودیو^۳ برای این امر استفاده گردید. جامعه آماری این تحقیق تمامی ۸۵۰ هزار مشتری حقیقی بوده که پس از پاک‌سازی داده‌ها اطلاعات مربوط به ۳۱۹۵۳ مشتری حقیقی فعال جهت استفاده بکار گرفته شد. یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های بکار رفته در انتخاب مشتریان فعال مورد مطالعه آن است که از مجموع کل کد مشتری‌هایی استخراج شده، در این تحقیق مشتریانی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند که در طی بازه زمانی سال ۹۵ دارای حداقل یک سپرده با موجودی بزرگ‌تر از صفر، یک تراکنش بانکی می‌باشند. در نگاه اول ممکن است حجم پایین نمونه مورد مطالعه از کل جامعه تعجب‌آور باشد اما موضوع حاکی از دو واقعیت بسیار مهم است. اول وضعیت نابسامان داده‌های ثبت‌شده برای تمامی شاخص‌های مشتریان بر روی انبار داده بوده (از قبیل کد مشتریان تکراری، خالی بودن فیلد، ثبت داده‌های اشتباه توسط کاربران و غیره) و دوم ناشی از غیرفعال بودن و یا خروج اکثر مشتریان از بانک به دلیل نوسانات بالای نرخ سود سپرده و یا ایجاد کد مشتری‌های اجباری مخصوص یک سازمان و ارگان دولتی برای کارکنان خود است؛ بنابراین در یک نگاه کلی می‌توان گفت تعداد محدودی از کل کد مشتری‌های موجود فعال و دارای داده تمیز شده می‌باشند. با توجه به تنوع زیاد ویژگی‌های ثبت شده از مشتریان و کاربردی بودن برخی از این ویژگی‌ها جهت تحلیل رفتار ایشان در این تحقیق مدل آر اف ام توسعه یافت و از طریق اضافه نمودن دو ویژگی دیگر به نام‌های تسهیلات دریافتی^۴ و معوقات مشتریان^۵ به مدل آر اف ام ال دی^۶ تبدیل شد که از شاخص‌های مورد نظر جهت انجام فرایند خوشه‌بندی استفاده گردید.

-
1. SQLServer
 2. weka
 3. R-Studio
 4. Loan
 5. Deferred
 6. RFMLD

مراحل انجام این تحقیق در شکل ۱ در قالب مدل مفهومی نمایش داده شده است؛ که در ادامه به توضیح بخش‌های مختلف آن می‌پردازد.



شکل ۱. مدل مفهومی تحقیق

معرفی شاخص‌ها

کلیه متغیرهای موجود برای هر مشتری در دو گروه اصلی ویژگی‌های پایه (شخصیتی) و ویژگی‌های رفتاری قرار دارند که معمولاً ویژگی‌های شخصیتی در زمان تعریف مشتری و برای یک‌بار تکمیل می‌گردند (از قبیل جنسیت، سن، ملیت، مذهب و غیره) اما ویژگی‌های رفتاری مشتری همواره در حال تغییر است (از قبیل مانده سپرده، میزان تسهیلات جاری و غیره). با توجه به هدف مورد نظر در این تحقیق که تخصیص مناسب خدمات و محصولات به هر گروه از مشتریان است، می‌بایست متغیرهایی را انتخاب نمود که کاربرد لازم را داشته تا بتوانند به تحقق اهداف مدنظر تحقیق کمک نمایند. لذا در این تحقیق از متغیرهایی که ویژگی‌های رفتاری مشتریان را نشان داده استفاده گردید زیرا که در روش‌های علمی کاربرد آنها به‌وفور مشهود است و همچنین دسترسی به داده‌های تمیز موجود برای هر کدام از آنها در پایگاه‌های داده بانک امکان‌پذیر است. از مهم‌ترین دلایل به کارگیری این متغیرها جامع بودن هر متغیر است زیرا که پوشش‌دهنده کامل اهداف تحقیق می‌باشند.

از آنجایی که هر یک از پنج شاخص مدنظر از اجزاء مختلف اما هم جنس تشکیل شده، سعی گردید تا با استفاده از تکنیک مجموع ساده وزین^۱ این اجزاء در کنار یکدیگر قرار گرفته تا معرف کاملی از شاخص مورد نظر باشند. اوزان هر کدام از اجزا با توجه به نظر تجربی و کارشناسی محقق تعیین گردید که مقادیر شاخص های مربوطه به صورت ذیل محاسبه می گردند.

۱- تاریخ آخرین مراجعه (آخرین تراکنش) مشتری: از آنجایی که برای بانک انجام تراکنش های مالی از طریق کانال های مدرن دارای مطلوبیت بیشتری نسبت به مراجعات حضوری به شعبه است، در این مدل فاصله زمانی آخرین تراکنش مشتری از انتهای بازه زمانی مورد نظر را با نماد R و بر حسب روز نشان می دهیم. در حالت کلی تراکنش های مشتری تنها بر روی دو بستر (کانال) مدرن (خدمات غیرحضوری) و شعبه ای (مراجعات حضوری) رخ می دهد لذا برای آخرین تراکنش روی کانال های مدرن وزن α_{Rm} و با نماد R_m و برای مراجعه حضوری وزن α_{Rb} و با نماد R_b نمایش داده می شود. بنابراین مقدار R مشتری i ام برابر است با رابطه ۱:

$$R_i = (\alpha_{Rm} \times R_{mi}) + (\alpha_{Rb} \times R_{bi}) \quad (\text{رابطه ۱})$$

۲- تعداد تراکنش ها در طول بازه زمانی^۲: مجموع تعداد کل تراکنش های مشتری در طول بازه زمانی مورد نظر به دست می آید که با نماد F و بر حسب تعداد بیان می شود.

۳- مجموع مانده سپرده ها^۳: از آنجایی که تمامی منابع در بانک به دو گروه "قرض الحسنه" و "سرمایه گذاری" تقسیم می شوند، بنابراین مجموع کل مانده سپرده های مشتری i ام را با نماد M_i و بر حسب ریال بیان می شود. مانده سپرده های جاری مشتری i ام منابع قرض الحسنه) با ضریب α_{MI} و با نماد M_I و مجموع مانده سایر سپرده های مشتری i ام با هزینه بالا با ضریب α_{Mh} و با نماد M_h در نظر گرفته می شود. بنابراین مقدار M مشتری i ام به صورت رابطه ۲ محاسبه می گردد.

1. Simple Additive Weighting (SAW)

2. Frequency

3. Monetary

$$M_i = (\alpha_{Ml} \times M_{li}) + (\alpha_{Mh} \times M_{hi}) \quad (\text{رابطه ۲})$$

مجموع مانده کل تسهیلات جاری^۱: از آنجایی که تسهیلات فعال (تسویه نشده) مشتری از لحاظ اهمیت برای بانک متفاوت می‌باشند، مجموع آن را در این تحقیق با نماد L و برحسب ریال نمایش داده می‌شود. در بانک تمامی تسهیلات و تعهدات در قالب سه بخش قرار می‌گیرد که هر کدام از آن‌ها در ادبیات 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 i ام با وزن α_{Lm}

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

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

$$L_i = (\alpha_{Lm} \times L_{mi}) + (\alpha_{Lz} \times L_{zi}) + (\alpha_{Ln} \times L_{ni}) \quad (\text{رابطه ۳})$$

مجموع کل معوقات^۲: مجموع کل معوقات مشتری در پایان دوره مورد بررسی با نماد D و برحسب ریال نمایش داده می‌شود؛ که از سه بخش تشکیل می‌گردد که در ادبیات بانکی معنا و مفهوم خاص خود دارند و برای هر بخش وزن خاصی در نظر گرفته که به شرح رابطه ۴ است:

D_{oi} : مجموع مانده مطالبات مشکوک الوصول بانک از مشتری i ام با وزن α_{Do}

D_{di} : مجموع مانده مطالبات معوق بانک از مشتری i ام با وزن α_{DD}

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

$$D_i = (\alpha_{Do} \times D_{oi}) + (\alpha_{DD} \times D_{di}) + (\alpha_{Dm} \times D_{mi}) \quad (\text{رابطه ۴})$$

1. Loan
2. Deferred

آماده‌سازی داده‌ها

پس از تعیین نحوه محاسبه متغیرها می‌بایست آماده‌سازی و پیش‌پردازش داده‌ها را برای هر یک از متغیرها انجام داد که طی سه گام ذیل است:

گام اول: حذف داده‌های ناقص، بی کیفیت و مغشوش است. در این گام برخی از رکوردهای موجود که فاقد محتوی می‌باشند حذف می‌گردد؛ 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. لازم به ذکر است شاخص L و D برای مشتری نمونه انتخاب شده می‌تواند مقدار صفر بگیرد و بنا به همین دلیل است که این دو شاخص در مدل به صورت جدا از سه معیار دیگر محاسبه می‌گردد.

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

گام سوم: این گام نرمال‌سازی داده‌ها است. با توجه به اینکه داده‌های جمع‌آوری شده برای شاخص‌های مدل از یک جنس، مقیاس و جهت نیست می‌بایست داده‌های مذکور نرمال شوند. به عنوان مثال R از جنس زمان و مقیاس روز است و جهت آن کاهشی است، یعنی R کمتر، مطلوب‌تر است در حالی که M از جنس مالی، مقیاس آن ریال و جهت آن افزایشی است یعنی M بیشتر مطلوب‌تر است. برای نرمال‌سازی داده‌ها از روش ماکس-مین^۱ مطابق روابط ۵ تا ۹ برای هر مشتری استفاده می‌گردد.

$$R_i^N = \frac{R_i - R_{\text{Min}}}{R_{\text{Max}} - R_{\text{Min}}} \quad (\text{رابطه ۵})$$

$$F_i^N = \frac{F_i - F_{\text{Min}}}{F_{\text{Max}} - F_{\text{Min}}} \quad (\text{رابطه ۶})$$

$$M_i^N = \frac{M_i - M_{\text{Min}}}{M_{\text{Max}} - M_{\text{Min}}} \quad (\text{رابطه ۷})$$

$$L_i^N = \frac{L_i - L_{\text{Min}}}{L_{\text{Max}} - L_{\text{Min}}} \quad (\text{رابطه ۸})$$

$$Di^N = \frac{Di - D_{Min}}{D_{Max} - D_{Min}} \quad (\text{رابطه ۹})$$

در روابط ۵ تا ۹ به ترتیب R_{Max} ، F_{Max} ، M_{Max} ، L_{Max} و D_{Max} نشان‌دهنده بیشترین مقادیر شاخص‌ها و R_{Min} ، F_{Min} ، M_{Min} ، L_{Min} و D_{Min} بیانگر کمترین مقادیر شاخص‌ها هستند و R ، F ، M ، L و D نیز مقادیر اصلی شاخص‌ها را نشان می‌دهند در نهایت Ri^N ، Fi^N ، Mi^N ، Li^N و Di^N بیانگر مقادیر نرمال شده شاخص‌ها برای مشتری i ام است

خوشه‌بندی مشتریان

با توجه به اینکه در بخش اول تحقیق از داده‌کاوی به‌عنوان فرایند کشف مدل خوشه‌بندی و ارزش‌های مجموعه داده‌های مورد نظر استفاده می‌شود، برای پیاده‌سازی آن نیازمند یک الگوی مشخص است که یکی از الگوهای بسیار قوی در ادبیات موضوع، الگوی داده‌کاوی کریسپ^۱ است. این الگو از گام‌های شناخت داده، آماده‌سازی داده، مدل‌سازی، ارزیابی و توسعه تشکیل شده است. هر کدام از این گام‌ها به زیر بخش‌هایی تقسیم شده است (چمپن^۲ و همکاران، ۲۰۰۰). الگوریتم‌های خوشه‌بندی به‌طور کلی به سه دسته خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی^۳، خوشه‌بندی مبتنی بر شبکه^۴ و خوشه‌بندی مبتنی بر بخش‌بندی^۵ (برخی از اوقات آن را خوشه‌بندی مبتنی بر تابع هدف می‌نامند) تقسیم می‌شوند که هر دسته ویژگی‌های خاص خود را دارد و ممکن است بنا به کاربرد متفاوت عمل نمایند. در هر یک از این انواع اصول متفاوتی از خوشه‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرد که در نتیجه شاهد تفاوت‌های زیادی میان فرایندهای پردازش و قالب‌های مربوط به نتایج هستیم. یکی از الگوریتم‌های بسیار پر کاربرد که برای انواع داده‌ها و با سرعت قابل قبولی در ادبیات موضوع خصوصاً مطالعه موردی این تحقیق رایج است. روش خوشه‌بندی کامیانگین^۶ است، به دلیل بخش‌بندی مشتریان و این نکته که

1. Cross Industry Standard Process for Data Mining
2. Chapman
3. Hierarchical Clustering
4. Grid
5. Petitioning
6. K-Means

می‌بایست ویژگی‌های هر مشتری بر اساس خوشه‌ای که به آن تعلق دارد، سنجیده شود و همچنین نماینده‌ای از آن خوشه وجود داشته باشد تا معرف آن خوشه باشد از این روش استفاده گردید. علاوه بر این به دلیل حجم داده بالا و انعطاف‌پذیری نرم‌افزار مورد نظر جهت پیاده‌سازی این الگوریتم و انجام اصلاحات و تغییرات مورد نیاز در خلال تحقیق کاربرد این روش منطقی‌تر است. برخی الگوریتم‌های دیگر مبتنی بر روش‌های بخش‌بندی از جمله کامدوید^۱ به لحاظ مفهومی مورد مطالعه قرار گرفت و هرچند که از نقاط قوتی همچون نیرومندی و قابل تفسیر بودن^۲ برخوردار است اما به لحاظ نوع مطالعه کاربردی این تحقیق نمی‌تواند مورد استفاده قرار گیرد؛ زیرا این روش مبتنی بر فراوانی بوده و میانه داده‌ها در هر کدام از ویژگی‌های مشتری نمی‌تواند ملاک مناسبی برای خوشه‌بندی باشد؛ اما در خصوص الگوریتم‌های موجود در دسته روش‌های سلسله‌مراتبی با توجه به ماهیت این روش‌ها از جمله روش وارد^۳ و به کارگیری نمودارهای دندروگرام^۴ که تمامی اجزا و داده‌ها را به صورت برگ و درخت نمایش می‌دهد و فرایند ادغام خوشه‌ها با یکدیگر را به صورت متوالی با توجه به مقادیر فاصله هدایت می‌نماید (شهرابی و ذوالقدر، ۱۳۹۴). در حجم بالای داده‌های مورد مطالعه و محدودیت در سیستم کامپیوتری قادر به پیاده‌سازی دقیق نبوده و مورد استفاده قرار نگرفت. ممکن است این سؤال پیش آید که چرا از روش نگاشت خود سازمانده کوهن استفاده نگردید که در پاسخ باید گفت اساس کار این روش بر استفاده از شبکه عصبی بدون ناظر استوار شده است (حنفی زاده و میرزاداده، ۲۰۱۱). این روش به‌طور گسترده در مسائل خوشه‌بندی پردازش تصویر و کمتر در بخش‌بندی بازار از آن استفاده می‌گردد و بیشترین حوزه کاربرد را در سنجش رفتار و تعیین و تحلیل میزان وفاداری مشتریان در یک بازار استفاده می‌شود (میرزاداده، ۱۳۸۷). منظور تفکیک مشتریان در گروه‌های همگن بر

-
1. K-Medoid
 2. Interpretability
 3. Ward
 4. Dendrogram

اساس ارزش شاخص‌های مدل، از روش خوشه‌بندی کا میانگین استفاده شده است. دستور کلی خوشه‌بندی-K میانگین در نرم‌افزار R به صورت رابطه ۱۰ بکار گرفته شد:

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

المان‌های بکار رفته در این روش برای هر بار خوشه‌بندی به صورت زیر است:
 X : ماتریس عددی از داده‌ها یا ماتریس شاخص‌های استاندارد شده برای مشتریان (نمونه‌ها) است.

Centers: تعداد خوشه‌ها است که باید به صورت پارامتری به دستور اضافه شود.
iter.max: حداکثر تعداد تکرار مجاز جهت انجام خوشه‌بندی (شرط توقف)
nstart: چنانچه مراکز یک عدد باشد، مجموعه‌های تصادفی که باید انتخاب شوند را نشان می‌دهد.

Algorithm: خوشه‌بندی به این روش خود برای اجرا از الگوریتم‌های متفاوتی استفاده می‌کند و برای تابع k-mean الگوریتم خاصی را مشخص می‌کند. این تابع به طور پیش فرض الگوریتم هارتیگان و ونگ را در خوشه‌بندی بکار گرفته اما ممکن است روش‌های دیگری (الگوریتم مک کوین) استفاده گردد که اغلب به سایر الگوریتم‌ها ترجیح داده می‌شود.

Trace، تنها در روش هارتیگان و ونگ کاربرد دارد و گویای اعداد صحیح یا منطقی در پیشبرد الگوریتم را در نظر می‌گیرد (هارتینگ، ۱۹۷۵). برای تعیین تعداد خوشه مناسب در روش کا- میانگین، از دو روش تعیین کیفیت خوشه‌ها استفاده شد. جهت سنجش اعتبار خوشه‌ها از شاخص‌های مجموع توان دوم خطا^۲ و سیلوئت^۳ (نیمرخ) استفاده شد که نتایج به دست آمده از این روش در ادامه توضیح داده شده است.

-
1. Hartigan
 2. Sum of squares error index (SSE)
 3. Silhouette Index

مدل سازی تحقیق

پس از انجام فرایند خوشه بندی می بایست خدمات قابل ارائه به مشتریان شناسایی و با ساخت مدلی که اهداف مورد نظر تحقیق را پوشش می دهد، آن ها را 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 به تصویب رسیده است وظیفه اصلی سیستم بانکی کشور تجهیز و تخصیص منابع پولی است که تمامی بانک ها و مؤسسات اعتباری مجاز به تعریف خدمات خود در راستای این دو وظیفه اصلی می باشند. در وظیفه اول بانک ها در جمع آوری و نگهداری پول (تجهیز منابع خود) از طریق ارائه بخشی از محصولات خود با عنوان طرح های سپرده ای به جذب سپرده های مشتریان می پردازند و در وظیفه دوم، در اعطای تسهیلات به مشتریان نقش ایفا می نمایند (بهمنند و بهمنی، ۱۳۸۵). در مدل مورد استفاده این تحقیق، بانک می تواند محصولات خود را در دو گروه تسهیلاتی و سپرده ای به مشتریان عرضه نماید. گروه تسهیلاتی از ۹ محصول و گروه سپرده ای از ۴ محصول تشکیل شده است. ویژگی های هر کدام از محصولات ارائه شده به مشتریان توسط بانک در بازه زمانی مورد اشاره در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱. ویژگی‌های محصولات مورد استفاده در مدل

هزینه	مطلوبیت درصد	ریسک درصد	نرخ مؤثر درصد	نماد	نوع محصول	
۰/۱۲	۰/۰۱	۳۸/۸	۲۷	y1	مضاربه	تسهیلات
۰/۰۳	۰/۳	۱۱	۲۳/۶	y2	مشارکت مدنی	
۰/۰۳	۰/۱۶	۴/۹	۱۷/۵	y3	فروش اقساطی	
۰/۰۰۳	۰/۱	۱/۷	۱۴/۳	y4	اجاره به شرط تملیک	
۰/۰۲	۰/۰۹	۴/۵	۱۸/۳	y5	جعاله	
۰/۰۲	۰/۰۷	۷/۳	۱۹/۸	y6	خرید دین	
۰/۰۲	۰	۲/۹	۱۸	y7	ضمان	
۰/۰۲	۰/۳۶	۲/۷	۴	y8	قرض الحسنه	
۰/۰۱	۰	۰	۲۰	y9	مراجعه	
۰	۰/۱۶	۰	۱۰	x1	پس انداز	سپرده
۰	۰/۱۶	۰	۱۰	x2	قرض الحسنه جاری	
۱/۲	۰/۳۲	۰/۰۹	۲۰	x3	سپرده سرمایه گذاری کوتاه مدت	
۱/۲۲	۰/۳۵	۰/۰۵	۲۲	x4	سرمایه گذاری بلندمدت	

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 که مبنای محاسبه میزان هزینه، مطلوب و ریسک بوده، منظور از ریسک در گروه تسهیلات نسبت کل تسهیلات غیر جاری به جاری و در گروه سپرده‌ها نسبت مجموع دارایی‌های نقد به مجموع سپرده‌های مشتریان نزد بانک است. میزان مطلوبیت هر محصول، از مجموع نسبت سهم درصد تعدادی و مبلغی هر محصول در گروه خود حاصل گردیده و نهایتاً هزینه هر واحد محصول در گروه تسهیلات از ناشی هزینه ذخیره گیری 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 تحقیق از دو نوع متغیر تصمیم، سه تابع هدف و پنج محدودیت استفاده شده است که متغیرهای تصمیم این مدل X_{ij} که منظور تخصیص سپرده i ام به خوشه j ام و Y_{ij} ، تخصیص تسهیلات i ام به خوشه j ام است. تابع هدف اول میزان رضایت یا مطلوبیت مشتریان از تخصیص محصولات به آن‌ها بوده، 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. با توجه به آنکه مشتریان به دنبال کسب بیشترین مطلوبیت (دریافت محصولات سپرده‌ای با نرخ بالا و محصولات تسهیلاتی با نرخ‌های پایین) می‌باشند، از یک سو این هدف (تابع هدف اول) با خواست بانک (تابع هدف دوم) که به دنبال هزینه پایین تر (ارائه محصولات سپرده‌ای با نرخ پایین و محصولات تسهیلاتی با نرخ بالا) است، به طور مستقیم در تناقض است و از سوی دیگر ارائه هر گونه خدمت و محصول به مشتریان دربرگیرنده مقداری ریسک بجهت تخصیص بوده (به عنوان نمونه افزایش نرخ مؤثر محصولات سپرده‌ای و تسهیلاتی به همراه پذیرش ریسک بالاتر برای بانک است) و این تابع هدف (تابع هدف سوم) به طور غیرمستقیم با دو تابع هدف دیگر متناقض است. با توجه به آنکه ضرایب R, F, M, L و D مبین یک تابع توزیع احتمالی مشخص بوده لذا هر کدام از توابع به صورت امید ریاضی تعریف می‌شوند.

محدودیت اول بر اساس قوانین و مقررات بانک مرکزی هر بانک نمی‌تواند بیش از ۸۰ درصد منابع خود را به تسهیلات اختصاص دهد. لذا در هر خوشه نسبت مجموع تسهیلات اختصاص داده شده 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 داده شده به هر خوشه بیش از ۱۰ درصد است و به دلیل مشابه در محدودیت سوم مجموع سهم درصد هر یک از انواع تسهیلات تخصیص داده شده به هر خوشه بیش از ۱ درصد است یعنی مشتریان هر خوشه باید حداقل از یک نوع تسهیلات

استفاده نماید. محدودیت چهارم و پنجم مقدار متغیرهای تصمیم به صورت باینری (صفر و یک) است.

$$\begin{aligned}
 \text{Max. } Z_1 &= \sum_i \sum_j \text{Customer satisfaction} \\
 &= \sum_i n_i \cdot \left(\frac{\bar{F}_i}{\bar{R}_i^w} \right) \sum_j (Q_{x\ i,j} \cdot x_{i,j} + Q_{y\ i,j} \cdot y_{i,j}) \\
 \text{Min. } Z_2 &= \sum_i \sum_j \text{Cost of Bank} \\
 &= \sum_i n_i \left((\bar{M}_i^w \sum_j C_{x\ i,j} \cdot x_{i,j}) + (\bar{L}_i^w \right. \\
 &\quad \left. + \bar{D}_i^w) \sum_j C_{y\ i,j} \cdot y_{i,j} \right) \\
 \text{Min. } Z_3 &= \sum_i \sum_j \text{Risk of Bank} \\
 &= \sum_i n_i \left((\bar{M}_i^w \sum_j R_{x\ i,j} \cdot x_{i,j}) + (\bar{L}_i^w \sum_j R_{y\ i,j} \cdot y_{i,j}) \right) \\
 \text{s.t} \\
 \frac{n_i \bar{L}_i^w \sum_j I_{y\ i,j} \cdot y_{i,j}}{n_i \bar{M}_i^w \sum_j I_{x\ i,j} \cdot x_{i,j}} &\leq 0.8 \rightarrow \frac{\bar{L}_i^w \sum_j I_{y\ i,j} \cdot y_{i,j}}{\bar{M}_i^w \sum_j I_{x\ i,j} \cdot x_{i,j}} \leq 0.8 \\
 &\quad \forall i = 1, \dots, n \quad \forall j = 1, \dots, m \\
 n_i \bar{M}_i^w \sum_j I_{x\ i,j} \cdot x_{i,j} &\geq 0.1 n_i \bar{M}_i^w \rightarrow \sum_j I_{x\ i,j} \cdot x_{i,j} \geq 0.1 \quad \forall i \\
 &= 1, \dots, n \\
 n_i \bar{L}_i^w \sum_j I_{y\ i,j} \cdot y_{i,j} &\geq 0.01 n_i \bar{L}_i^w \rightarrow \sum_j I_{y\ i,j} \cdot y_{i,j} \geq 0.01 \quad \forall i \\
 &= 1, \dots, n \\
 x_{i,j} &= \{0,1\} \\
 y_{i,j} &= \{0,1\} \quad \forall i = 1, \dots, n \quad \forall j = 1, \dots, m
 \end{aligned}$$

n_i تعداد مشتریان خوشه i ام

\bar{F}_i متوسط تعداد تراکنش‌های مشتریان خوشه i ام

\bar{R}_i^w متوسط وزنی آخرین زمان مراجعه مشتریان خوشه \bar{I}_i^w ام

\bar{M}_i^w متوسط وزنی مانده سپرده مشتریان خوشه \bar{I}_i^w ام

\bar{L}_i^w متوسط وزنی تسهیلات مشتریان خوشه \bar{I}_i^w ام

$Q_{x i,z}$ مطلوبیت هر واحد تخصیص از محصول Z ام (اندیس X یعنی سپرده Z ام) به مشتریان خوشه \bar{I}_i^w ام

$Q_{y i,z}$ مطلوبیت هر واحد تخصیص از محصول Z ام (اندیس Y یعنی تسهیلات Z ام) به مشتریان خوشه \bar{I}_i^w ام

$C_{x i,z}$ هزینه هر واحد تخصیص از محصول Z ام (اندیس X یعنی سپرده Z ام) به مشتریان خوشه \bar{I}_i^w ام

$C_{y i,z}$ هزینه هر واحد تخصیص از محصول Z ام (اندیس Y یعنی تسهیلات Z ام) به مشتریان خوشه \bar{I}_i^w ام

$R_{x i,z}$ ریسک هر واحد تخصیص از محصول Z ام (اندیس X یعنی سپرده Z ام) به مشتریان خوشه \bar{I}_i^w ام

$R_{y i,z}$ ریسک هر واحد تخصیص از محصول Z ام (اندیس Y یعنی تسهیلات Z ام) به مشتریان خوشه \bar{I}_i^w ام

$I_{x i,z}$: سهم درصد محصول Z ام (اندیس X یعنی سپرده Z ام) از کل سپرده‌ها برای مشتریان خوشه \bar{I}_i^w ام

$I_{y i,z}$: سهم درصد محصول Z ام (اندیس Y یعنی تسهیلات Z ام) از کل تسهیلات برای مشتریان خوشه \bar{I}_i^w ام

$X_{i,z}$: تخصیص سپرده Z ام به خوشه \bar{I}_i^w ام (اگر تخصیص یابد یک در غیر این صورت صفر)

$Y_{i,z}$: تخصیص تسهیلات Z ام به خوشه \bar{I}_i^w ام (اگر تخصیص یابد یک در غیر این صورت صفر)

گام ۳) روش تبدیل اهداف چندگانه به یک تابع مطلوبیت

در بسیاری از مسائل چندهدفه جواب بهینه وجود ندارد زیرا اهداف در اکثر مواقع در تضاد با هم بوده و بهینگی یک هدف باعث دور شدن از اهداف دیگر می‌شود؛ بنابراین جواب بهینه

در مدل‌های چندهدفه لزوماً مترادف با بهینه شدن تمامی هدف‌ها نیست. 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 فرایندهای حل متفاوت است. روش‌هایی از قبیل تبدیل تابع هدف به محدودیت، وزن دهی به اهداف، اولویت مطلق، روش معیار جامع، روش L-P متریك، برنامه‌ریزی آرمانی، برنامه‌ریزی سازشی و غیره در ادبیات موضوع به چشم می‌خورد (مومنی، ۱۳۹۰). در بین این روش‌ها برنامه‌ریزی سازشی طرفدار بیشتری دارد. در این پژوهش از روش برنامه‌ریزی سازشی برای تک هدفه کردن 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 تک هدفه 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 تحقیق سه تابع هدف Z_1, Z_2, Z_3 وجود دارد که قبلاً معرفی شده‌اند. مدل با در نظر گرفتن هر یک از این توابع به صورت مجزا حل شده و مقادیر بهینه Z_1^* و Z_2^* به ترتیب برای تابع هدف اول و دوم به دست می‌آید. سپس تابع هدف جدید را به صورت زیر می‌توان بازنویسی کرد (w_1 و w_2 بیانگر مقدار ضریب برنامه‌ریزی سازشی است به طوری که مجموع آن‌ها برابر یک است) در این تحقیق اوزان تابع هدف یکسان لحاظ شده است. در حالت کلی اگر تمامی توابع هدف از نوه ماکسیم سازی باشند، فرم تبدیل $MOLP^1$ به $SOLP^2$ به صورت رابطه ۱۱ است:

$$Z = \sum_{k=1}^2 W_k \times \frac{1}{H_k} \times Z_k \quad (\text{رابطه ۱۱})$$

K: اندیس تابع هدف kام است.

W_k : وزن تابع هدف kام است که با توجه به اهمیت هر کدام از اهداف می‌تواند تعریف گردد.

-
1. Malty Objective Linear Programing
 2. Single Objective Linear Programing

H_k : حداکثر مقدار مطلوب طیف مقادیر تابع هدف k ام است. در نهایت تابع هدف مدل بکار رفته تحقیق به صورت رابطه ۱۲ است:

$$\begin{aligned} \text{Max. } Z = & E\left(\frac{1}{H_Q}\right) \sum_i n_i \cdot \left(\frac{\bar{F}_i}{\bar{R}_i^w}\right) \sum_j (Q_{x_{i,j}} \cdot x_{i,j} + Q_{y_{i,j}} \cdot y_{i,j}) + \\ & (H_C) / \sum_i n_i \left((\bar{M}_i^w \sum_j C_{x_{i,j}} \cdot x_{i,j}) + (\bar{L}_i^w + \bar{D}_i^w) \sum_j C_{y_{i,j}} \cdot y_{i,j} \right) + \\ & (H_R) / \sum_i n_i \left((\bar{M}_i^w \sum_j R_{x_{i,j}} \cdot x_{i,j}) + (\bar{L}_i^w \sum_j R_{y_{i,j}} \cdot y_{i,j}) \right), \theta \end{aligned} \quad (\text{رابطه } 12)$$

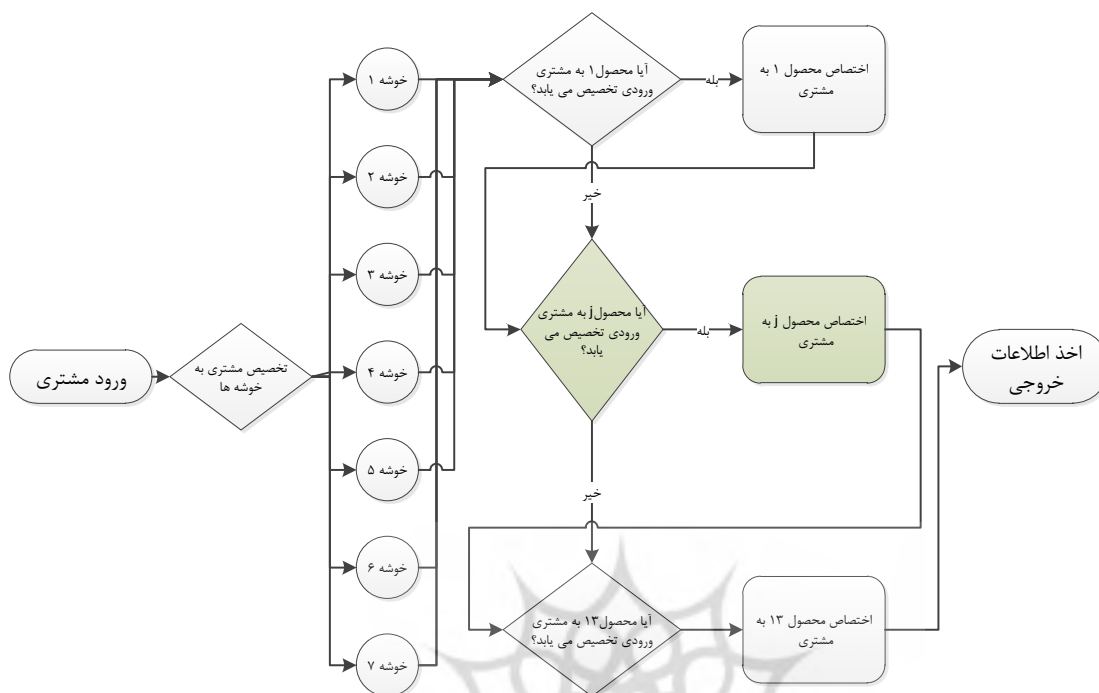
H_Q : حداکثر میزان مطلوبیت تابع هدف اول (مطلوبیت)

H_C : حداقل میزان هزینه تابع هدف دوم (هزینه)

H_R : حداقل میزان ریسک تابع هدف سوم (ریسک)

θ : پارامتر توابع توزیع احتمال است.

گام ۴) **شبیه‌سازی**: با توجه به استفاده از پنج شاخص به‌عنوان ویژگی هر مشتری و اندازه‌گیری آن‌ها در طول یک سال، هر کدام از شاخص‌ها دارای توابع توزیع احتمالی مشخصی می‌باشند. از آنجا که مسئله دارای اهداف چندگانه است لذا جواب بهینه ندارد. در این تحقیق مشتریان فعلی با کارکرد خود رفتار هر کدام از ویژگی‌ها را شکل می‌دهند و قبلاً از برخی خدمات بهره‌مند شده‌اند. لذا 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 که تمامی محدودیت‌های یک مسئله شبیه‌سازی قابل کدنویسی داخل برنامه شبیه‌سازی می‌باشند. در شکل ۲ مدل کلی شبیه‌سازی مسئله نمایش داده شده است.



شکل ۲. نمای کلی مدل شبیه‌سازی

همان‌طور که در شکل بالا نمایش داده شده پس از جای گرفتن مشتریان در خوشه‌ها با ورود مشتری جدید به بانک، ابتدا ۵ شاخص RFMLD مورداندازه‌گیری قرار می‌گیرد سپس متناسب با اندازه هر یک از شاخص‌ها در هر خوشه، مشتری در خوشه خود جای می‌گیرد و هنگام قرار گرفتن در خوشه، Attribute CN شماره آن خوشه را به مشتری اختصاص داده سپس ویژگی‌های مربوط به هر کدام از محصولات را با Attribute 1 تا Attribute 13 با مقدار احتمال $0/5$ به صورت برچسب به هر مشتری اختصاص می‌دهد و بدان مفهوم است که احتمال تخصیص (دریافت) همه محصولات برای هر کدام از مشتریان خوشه‌ها برابر است (احتمال برابر $0/5$) لذا 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 گردد محصول اول را انتخاب می‌نماید در غیر این صورت سراغ محصول بعدی

می‌رود و این روند تا محصول ۱۳ ادامه دارد. در حالی که یک مشتری محصولی را انتخاب نماید و تخصیص انجام شود شمارنده‌ای به نام *Record CN* شماره مشتری که از آن محصول استفاده نموده با *CN1* تا *CN7* را ذخیره می‌نماید و در پایان حل مدل تعداد مشتریانی که از هر یک از محصولات استفاده کرده‌اند را نمایش می‌دهد. در حالی که ظرفیت تخصیص محصول به مشتری وجود نداشته و یا محدودیت‌های مسئله اجازه این تخصیص را ندهند مشتری جزء مشتریان برگشت خورده (از دست رفته) است که در این تحقیق از درآمد فرصت ازدست‌رفته صرف نظر شده است. برای هر یک از جواب‌های همسایه تولید شده توسط روش SA سناریو به وجود آمده در نرم‌افزار شبیه‌سازی شده و جواب مسئله محاسبه می‌گردد که در شکل پیوست شماره ۱ جزئیات مدل به همراه تشریح اجرای آن آمده است.

تحلیل یافته‌ها

در خوشه‌بندی مشتریان داده‌های استخراج شده از انبار داده‌ای بانک شهر طی بازه زمانی یک‌ساله ۱۳۹۵ استخراج گردید و شاخص زمان محاسبه و استخراج داده‌های انتخاب شده در انتهای سال تنظیم گردید. کل داده‌های قابل استفاده پس از عملیات پاک‌سازی برای تمامی مشتریان حقیقی بانک، ۳۱۹۵۳ کد مشتری (حدود ۱۰ درصد) 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

متغیرها	کمترین مقدار	بیشترین مقدار	میانگین	انحراف معیار	میانه
R	۰	۳۶۲	۲۶۱	۶۹	۲۸۵
F	۴	۲۴۰۲۲۴	۲۵۴	۱,۶۴۲	۳۵
M	۵	۱۵۳۰۴۳۰۲۴	۴۷۵۵۵۵۹	۱۳۷۹۹۸۸۸	۱۸۹۲۲ ۷
L	۰	۲۰۰۰۰۰۰۰۰۰	۲۳۳۹۲۳۲۸	۱۴۳۹۱۹۸۵ ۳۴	۰
D	۰	۶۸۲۵۹۵۰۶۸۵	۱۳۰۷۴۵۸	۴۷۶۲۹۴۴۷	۰

پس از بررسی مقدماتی نرمال بودن متغیرهای تحقیق و اثبات این ادعا که متغیرهای تحقیق نرمال نمی‌باشند و همچنین به دلیل حجم نمونه بالا (بیشتر از ۲۰۰۰ نمونه) از آزمون کولموگروف اسمیرنوف^۱ استفاده گردید. هنگام بررسی نرمال بودن داده‌ها فرض صفر مبتنی بر اینکه توزیع داده‌ها نرمال است را 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 غیر نرمال است.

جدول ۳. نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنوف

متغیرها	آماره آزمون	Df درجه آزادی	Sig. سطح معنی داری
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

بنابراین با توجه به جدول ۳ و مقدار سطح معنی داری Sig که در آزمون انجام شده کمتر از ۵ درصد است، فرض نرمال بودن داده‌ها (H_0) برای تمامی متغیرهای تحقیق رد می‌شود و توزیع

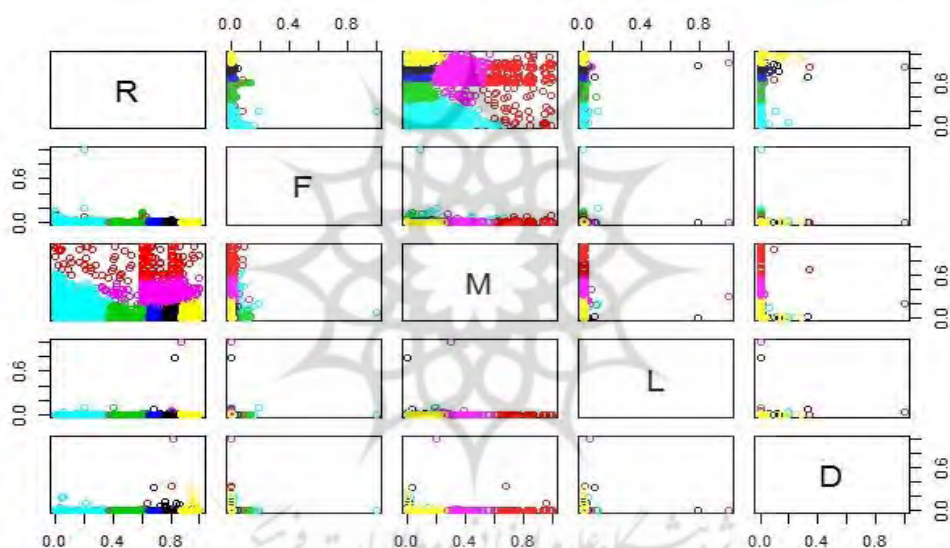
1. Kolmogorov-Smirnov

داده متغیرها نرمال نمی‌باشند. وزن کلیه شاخص‌ها به روش آنتروپی شانون محاسبه گردیده و اوزان به دست آمده برای هر کدام از شاخص‌های R, F, M, L و D به ترتیب $0/003, 0/112, 0/115, 0/395$ و $0/376$ به دست آمد که نشان‌دهنده بالا بودن میزان اهمیت متوسط وزنی تسهیلات دریافتی و متوسط وزنی معوقات توسط مشتریان است. نتایج خوشه‌بندی در جدول ۴ نشان داده شده است. با توجه به منطبق روش وارد و با استفاده از شاخص سیلوئت تعداد خوشه مورد انتظار، ۷ خوشه قابل قبول به دست آمد چرا که از خوشه ۷ به بعد مقدار این شاخص با کاهش زیادی مواجه شده است. 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 منطبق روش وارد که در فصل قبل توضیح داده شد، تعداد خوشه‌های قابل قبول، ۷ خوشه حاصل شد. با توجه به آنکه هر چقدر تعداد خوشه‌ها بالاتر می‌رود از نسبت میزان انحرافات درون خوشه‌ای به بین خوشه‌ای کاسته می‌شود اما تا حد قابل توجهی از کیفیت و اعتبار خوشه‌ها کاسته شده (کاهش شاخص سیلوئت) و از سوی دیگر ساخت مدل شبیه‌سازی را با محدودیت مواجه نموده و پیچیدگی مدل در ساخت مدل تخصیص افزایش یافته به طوری که انجام تحلیل‌های مربوط به نتایج خوشه‌بندی توسط تصمیم‌گیرنده سخت‌تر می‌شود. در شکل ۳ وضعیت هر کدام از خوشه‌ها توسط ۷ رنگ متفاوت نمایش داده شده که در آن در مختصات هر یک از شاخص‌های R, F, M, L و D به تصویر کشیده شده است.

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	-	۱۸۸۲۳	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	۶۲۳۴	۷۵۹

۴۲۶۶	۲۹۹۷	-	-	-	-	-	-	-	۹
۲۷۹۹	-	-	-	-	-	-	-	-	۱۰
۳۱۹۵۳	۳۱۹۵۳	۳۱۹۵۳	۳۱۹۵۳	۳۱۹۵۳	۳۱۹۵۳	۳۱۹۵۳	۳۱۹۵۳	۳۱۹۵۳	جمع
۹۱/۷	۹۱/۴	۹۰/۶	۹۰/۱	۸۸/۸	۸۵/۳	۸۳/۵	۷۴	۴۳/۲	between _s total _{ss}
۰/۳۰٪	۰/۹۰٪	۰/۶۰٪	۱/۵۰٪	۴/۱۰٪	۲/۲۰٪	۱۲/۸۰٪	۷۱/۳۰٪	-	درصد انحراف خطاهای
۰/۶۶	۰/۶۷	۰/۷۲	۰/۸۴	۰/۸۵	۰/۸۷	۰/۸۸	۰/۹۰	۰/۹۱	شاخص سیلوئت

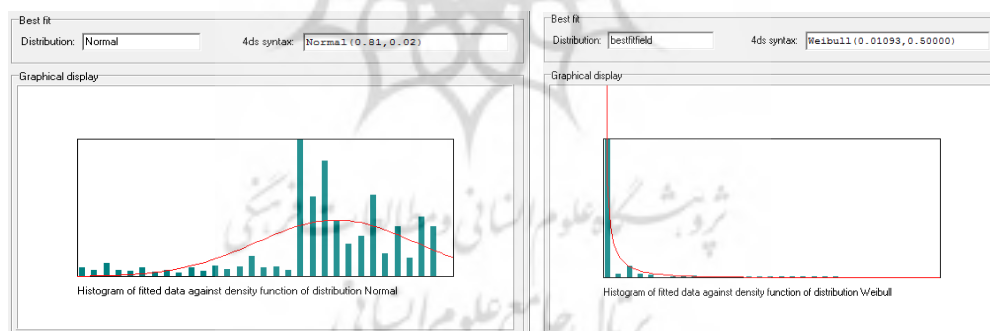


شکل ۳. نمایش وضعیت هر خوشه (۷ خوشه رنگی) در مختصات هریک از شاخص‌های R، F، M، L و D

با توجه به آنکه هر کدام از متغیرهای R، F، M، L و D با توجه به فعالیت مشتریان که متناسب با زمان در حال تغییر می‌باشند و با به‌کارگیری دستور Auto Fit از طریق اتم ExcelActiveX_Read در نرم‌افزار ED تابع توزیع هر کدام از شاخص‌ها برای هر خوشه محاسبه گردید که در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۵. توابع توزیع شاخص‌های هر یک از خوشه‌ها

متغیر/خوشه	R	F	M	L	D
خوشه اول	Uniform (۰/۸۳۰,۰/۸۹۴)	Lognormal (۰/۰۰۰۱۲۱۲,۰/۰۰۰۳۰۳۷)	Lognormal (۰/۰۱۲,۰/۰۳۳)	Negexp (۰/۰۰۰۰۶۱۱)	Logistic (۰/۰۰۰۱۸۵۲, ۰/۰۰۲۴۹۵۶)
خوشه دوم	Normal (۰/۶۹,۰/۱۴)	Lognormal (۰/۰۰۲,۰/۰۰۷)	Lognormal (۰/۴۲,۰/۲)	Negexp (۰/۰۰۱۲)	Negexp (۰/۰۰۰۵)
خوشه سوم	Uniform (۰/۸۹,۱/۰۰)	Logistic (۰/۰۰۰۰۶,۰/۰۰۰۱۴)	Lognormal (۰/۰۱,۰/۰۲)	Normal (۰/۰۰۰۰۳۳,۰/۰۰۰۱۷۷)	Negexp (۰/۰۰۰۴)
خوشه چهارم	Beta (۰/۱۳,۰/۶۰,۱/۲۰)	Lognormal (۰/۰۱,۰/۰۳)	Weibull (۰/۰۶,۰/۵۰)	Negexp (۰/۰۰۰۲)	Negexp (۰/۰۰۰۳۳۶)
خوشه پنجم	Lognormal (۰/۶۹,۰/۰۳)	Weibull (۰/۰۰۰۷,۰/۸)	Weibull (۰/۰۱۶۰۹,۰/۵۰۰۰۰)	Negexp (۰/۰۰۰۰۴۱۴)	Negexp (۰/۰۰۰۰۹۸۵)
خوشه ششم	Logistic (۰/۶۱,۰/۰۴)	Lognormal (۰/۰۰۰۱۴۱,۰/۰۰۳۸۴)	Weibull (۰/۰۲۷۷۲۸,۰/۷)	Negexp (۰/۰۰۰۰۵۶)	Logistic (۰/۰۰۰۰۴۵۶, ۰/۰۰۰۶۰۰۳)
خوشه هفتم	Normal (۰/۸۱,۰/۰۲)	Lognormal (۰/۰۰۰۳۹,۰/۰۰۰۹۸)	Weibull (۰/۰۱۰۹۳,۰/۵۰۰۰۰)	Negexp (۰/۰۰۰۱۳۰۵)	Negexp (۰/۰۰۰۲۱۵)



شکل ۴. توابع توزیع شاخص‌های R و M برای خوشه هفتم

در شکل ۴ به‌عنوان نمونه توابع توزیع شاخص‌های R و M برای خوشه هفتم نمایش داده شده که تابع توزیع شاخص R برای مشتریان خوشه هفتم دارای تابع توزیع نزدیک به نرمال با میانگین $۰/۸۱$ و واریانس $۰/۰۲$ است و برای شاخص M دارای توزیع وایبل با پارامترهای $۰/۱۱۰۹۳$ و $۰/۵$ است.

پس از تعیین توابع توزیع متغیرها، مدل ریاضی را به کمک شبیه‌سازی برای تمام ۳۱۹۵۳ مشتری موجود در هر کدام از جواب‌های قابل قبول توسط الگوریتم تبرید به دست آمد که جواب‌ها در نتیجه‌گیری ذکر شده است.

نتیجه‌گیری

همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده گردید در این تحقیق ابتدا مشتریان بر اساس خوشه‌بندی آر اف ام ال دی^۱ در هفت خوشه جای داده شده سپس با تعریف خدمات و محصولات قابل ارائه به مشتریان بانک، یک مدل ریاضی چندهدفه ساخته شد که بر اساس تابع هدف مدل ریاضی تحقیق، تعداد مشخصی از جواب‌های موجه که مناسب‌ترین مقادیر تابع هدف را به خود اختصاص می‌دهند را وارد الگوریتم تبرید نموده و از آن به بعد برای الگوریتم تبرید شبیه‌سازی شده با تولید و بهبود جواب‌های جدید فرایند بهینه‌سازی به اتمام می‌رسد. به عبارت دیگر مدل شبیه‌سازی شده هر کدام از جواب‌های به وجود آمده از الگوریتم تبرید در محیط نرم‌افزار آرنا پیاده‌سازی فرایند تخصیص محصولات به ۳۱۵۹۳ مشتری در آن شبیه‌سازی گردید. فرض صحیح در این کار تولید جواب موجه ابتدایی (جمعیت اولیه) خوب و با کیفیت به جای جمعیت اولیه تصادفی است که می‌تواند زمان حل الگوریتم را تا حد قابل قبولی 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 در نهایت نتایج حل مدل ریاضی در جدول ۶ نمایش داده شده است.

جدول ۶. جواب مسئله بر اساس الگوریتم SA شبیه‌سازی شده

جواب‌های تولیدشده	Min Hr	Min Hc	Max Hq	T دما	Z1 قدیم	Z2 جدید	$\Delta Z = Z_2 - Z_1$	$\exp\left(-\frac{\Delta Z}{T}\right)$	عدد تصادفی	قبول / حرکت								
جواب اولیه	۳۹۱	۳۲۵۰	۱۷۶	۱۰۰	۳۳۸۷/۱	-	-	-	-	-								
۱	۳۷۳	۲۶۴۳	۲۵۲	۹۰/۰	۳۴۲۴/۱	۲/۲۸۱۲	۰/۴۵۶۹	-	-	Yes								
۲	۴۰۵	۲۶۲۹	۲۵۵	۸۱/۰	۲/۲۸۱۲	۲/۲۸۱۲	(۰/۲۰۰)	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	۱۷/۴۷۸	(۰/۴۳۳۴)	۱	۰/۱۳۶	No								
۵	۲۶۳	۲۴۸۳	۲۷۲	۵۹/۰	۲/۲۸۱۲	۲/۶۰۲۳	۰/۳۲۱۰	-	-	Yes								
۶	۳۲۳	۲۶۱۲	۲۵۹	۵۳/۱	۲/۶۰۲۳	۲/۳۸۷۷	(۰/۲۱۴۶)	۱	۰/۷۷۹	No								
۷	۳۵۱	۲۶۴۵	۲۵۷	۴۷/۸	۲/۶۰۲۳	۲/۳۳۷۲	(۰/۲۷۵۱)	۱	۰/۲۰۵	No								
۸	۲۶۱	۲۴۵۴	۲۷۳	۴۳/۰	۲/۶۰۲۳	۲/۶۲۲۳	۰/۲۰۰	-	-	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	۲/۰۳۷۵	(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	۲/۹۶۶۳	۰/۰۱۷۷	-	-	Yes								
۱۴	۴۴۰	۳۱۴۳	۲۲۳	۲۲/۹	۲/۹۶۶۳	۱/۹۶۱۹	(۱/۰۳۴۴)	۰	۰/۸۸	No								
شبهه سازی جواب مسئله بهینه به کمک											متغیرها	X_{1j}	X_{2j}	X_{3j}	X_{4j}	X_{5j}	X_{6j}	X_{7j}
											y1	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱
											y2	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۱
											y3	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
											y4	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
											y5	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱

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 شده عدد یک برای X_{ij} نشان‌دهنده تخصیص محصول تسهیلاتی (y) و یا سپرده‌ای (x) j ام به هر کدام از i خوشه i ام 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 قرض الحسنه توصیه می‌شود نه سپرده‌های کوتاه یا بلندمدت؛ و پرداخت وام‌های مشارکتی یا مضاربه‌ای توصیه نمی‌شود. با توجه به آنکه قبل از خوشه‌بندی، طراحی، ساخت و حل مدل تخصیص این تحقیق، ارائه خدمات به مشتریان بانک تنها در صورت داشتن حداقل شرایط احراز بوده و هیچ‌گونه خوشه‌بندی و یا تابع هدفی مدنظر نبوده و جواب اولیه مطابق وضعیت موجود بانک (خدماتی که مشتریان دریافت نموده‌اند) لحاظ شده و مقادیر اولیه توابع هدف بر اساس خدمات دریافتی مشتریان هر خوشه محاسبه شده است؛ بنابراین در جدول ۷ مقایسه نتایج اهداف مسئله قبل و بعد از اجرای مدل نمایش و با یکدیگر مقایسه شده است. بر این اساس با تخصیص مناسب خدمات و محصولات بانک به مشتریان می‌توان گفت به میزان حدود ۵۶ درصد از ریسک بانک (مطابق تعریف این تحقیق) و حدود ۲۶ درصد از هزینه‌های بانک کاهش خواهد یافت و از سویی منجر به افزایش ۵۳ درصدی

میزان مطلوبت مشتریان خواهد هد که برآیند آن‌ها در تابع هدف نهایی حدود ۶۱ درصد بهبود را در بر خواهد داشت.

جدول ۷. مقایسه نتایج اهداف مسئله قبل و بعد از اجرای مدل

(Z)	(Z _Q)	(Z _C)	(Z _R)	جواب‌های تولیدشده
۱/۸۲۴۳	۱۷۹	۳۲۵۰	۳۹۱	جواب اولیه و وضعیت موجود (قبل از مدل‌سازی)
۲/۹۹۶۳	۲۷۴	۲۴۱۰	۱۶۹	جواب نهایی پس از مدل‌سازی و شبیه‌سازی
%۶۱/۴	%۵۳/۱	%۲۵/۹	%۵۶/۸	درصد میزان بهبود در تابع هدف

یکی از دلایل اصلی بهبود در تابع هدف مدل را می‌توان آشفته‌گی وضع موجود در ارائه خدمات و محصولات به مشتریان دانست به طوری که ارائه خدمات و محصولات به مشتریان بانک یا داشتن حداقل شرایط احراز (ضوابط قانونی) امکان‌پذیر بوده و یا از طریق روابط غیر عرف خصوصاً در حوزه تسهیلات می‌توان در نظر گرفت.

مهم‌ترین نوآوری این تحقیق را می‌توان طراحی و به کارگیری یک مدل ریاضی چندهدفه تخصیص و خدمت و محصولات بانک به مشتریان بیان نمود به طوری که برای نخستین بار از نتایج توسعه یک روش خوشه‌بندی معروف به RFMLD (سجادی و همکاران، ۲۰۱۵) در طراحی و ساخت یک مدل ریاضی چندهدفه استفاده شد و در ادامه با توجه به پیچیدگی حل مسئله از روش بهینه‌سازی به کمک شبیه‌سازی به تحلیل هر کدام از سناریوهای موجود پرداخته شد. مدل بکار رفته در این تحقیق توسط یکی از شرکت‌های نرم‌افزاری فعال در حوزه بانکداری متمرکز در کشور تجاری‌سازی شد و برای بانک مورد مطالعه پیاده‌سازی گردید. با توجه به آنکه این تحقیق برای نخستین بار در کشور انجام شده و تحقیق مشابهی در حوزه ترکیب و استفاده از نتایج خوشه‌بندی در طراحی، ساخت و حل مدل ریاضی چندهدفه وجود ندارد لذا نتایج و خروجی‌های آن قابل مقایسه نبوده اما در خصوص نوع و دقت

روش‌های بکار رفته در بخش خوشه‌بندی می‌توان گفت اکثر تحقیقات مورد مطالعه در حوزه خوشه‌بندی مشتریان بانک از روش کا-میانگین استفاده نموده‌اند که نمی‌توان مقایسه‌ای بین نتایج آن‌ها با توجه به نوع کاربرد تحقیق، حجم نمونه و تعداد شاخص‌های مورد استفاده شده با نتایج این تحقیق انجام داد. در مطالعه تحقیقات خارجی این ضعف مشهود است که تنها به خوشه‌بندی و نهایتاً تحلیل رفتار و کشف قوانین انجمنی خوشه‌های به‌دست آمده از روش حل پرداخته‌اند و تحقیقی که بتواند این نتایج خوشه‌بندی را در یک مدل تخصیص بکاربرد مشاهده نگردید.

از محدودیت‌های این تحقیق می‌توان به عدم توانایی ابزارهای شبیه‌سازی در ترسیم و حل تمامی حالات محتمل (سناریوهای بیشتر) و حل مدل برای آن‌ها اشاره نمود. پیشنهاد آتی این تحقیق را می‌توان در توسعه مدل ریاضی از بعد مشتری اشاره نمود 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 کدام از محصولات را برای مشتری جدیدی که بانک مراجعه می‌نماید، تنظیم گردد.

منابع

- اکبری اصل، رضا، سلیمانی بشلی، علی (۱۳۹۲). بازاریابی خدمات بانکی، نشر اتحاد.
- تقوی فرد، محمد تقی، خواجهوند، سمانه و نجفی، اسماعیل (۱۳۹۱). بخش بندی مشتریان بانک صادرات ایران با استفاده از داده کاوی. *مطالعات مدیریت بهبود و تحول*، شماره ۲۱، ص ۱۹۷-۲۰۰.
- سهرابی، بابک، رئیسی وانانی، ایمان و زارع میرک آباد، فائزه (۱۳۹۵). طراحی سیستم توصیه گر به منظور بهینه سازی و مدیریت تسهیلات بانکی بر مبنای الگوریتم های خوشه بندی و طبقه بندی تسهیلات، *پژوهش های نوین در تصمیم گیری*، دوره ۱، شماره ۲، ص ۵۳-۷۶.
- سهرابی، جمال و ذوالقدر علی. (۱۳۹۴) داده کاوی پیشرفته، نشر سروش گیتا، تهران.
- قربان پور، احمد، طلایی، قدرت اله، پناهی، مریم. (۱۳۹۴) خوشه بندی مشتریان شعب بانک رفاه با تلفیق الگوریتم های ژنتیک و سی میانگین در محیط فازی، *پژوهش های مدیریت منابع انسانی*، دوره ۵، شماره ۳، صفحه ۱۵۳-۱۶۸.
- کرامتی، عباس و خالقی، روشنگر، (۱۳۹۳) توسعه یک سیستم پیشنهاددهنده محصول طراحی مدلی ترکیبی با بهره گیری از روش های فیلترینگ مشارکت محور، کشف قوانین انجمنی و بخش بندی مشتریان، *مهندسی صنایع دانشگاه تهران*، دوره ۴۸، شماره ۲، ص ۲۵۷-۲۸۰.
- مومنی، منصور. (۱۳۹۰) خوشه بندی داده ها (تحلیل خوشه ای)، نشر دانش نگار، تهران.
- میرزاده، میثم. (۱۳۸۷) ارائه مدل سنجش وفاداری مشتریان با استفاده از شبکه های عصبی خود سازمانده، پایان نامه کارشناسی ارشد، *دانشکده مدیریت و حسابداری دانشگاه علامه طباطبائی*، تهران، ایران.
- 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*. Vol. 2, No. 2, 2017, pp. 86-91.
- Alborzi, M. & Khanbabaei, M. (2016). Using data mining and neural networks techniques to propose a new hybrid customer behaviour analysis and credit scoring model in banking services based on a developed RFM analysis method. *International Journal of Business Information Systems*, 23(1), 1-22.

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.

Chen, Q., Zhang, M., Zhao, X., (2017) "Analysing customer behaviour in mobile app usage", *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 117 Issue: 2, pp.425-438.

Hartigan, J. (1975), *Clustering algorithms*, Wiley, New York.

Hanafizadeh, P., & Mirzazadeh, M. (2011). Visualizing market segmentation using self-organizing maps and fuzzy delphi method – ADSL market of a telecommunication company, *Expert Systems with Applications*, 38, 198-205.

Hughes AM (1996). Boosting reponse with RFM. *Mark. Tools*, 5: 4-10.

Peker, S., Kocyigit, A., Erhan, E., (2017) "LRFMP model for customer segmentation in the grocery retail industry: a case study", *Marketing Intelligence & Planning*, Vol. 35 Issue: 4, pp.544-559.

Reinartz W. J., Kumar V. (2003). "The impact of customer relationship characteristics on profitable lifetime duration", *Journal of Marketing*, Vol. 67. No.1, pp.77-99.

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.

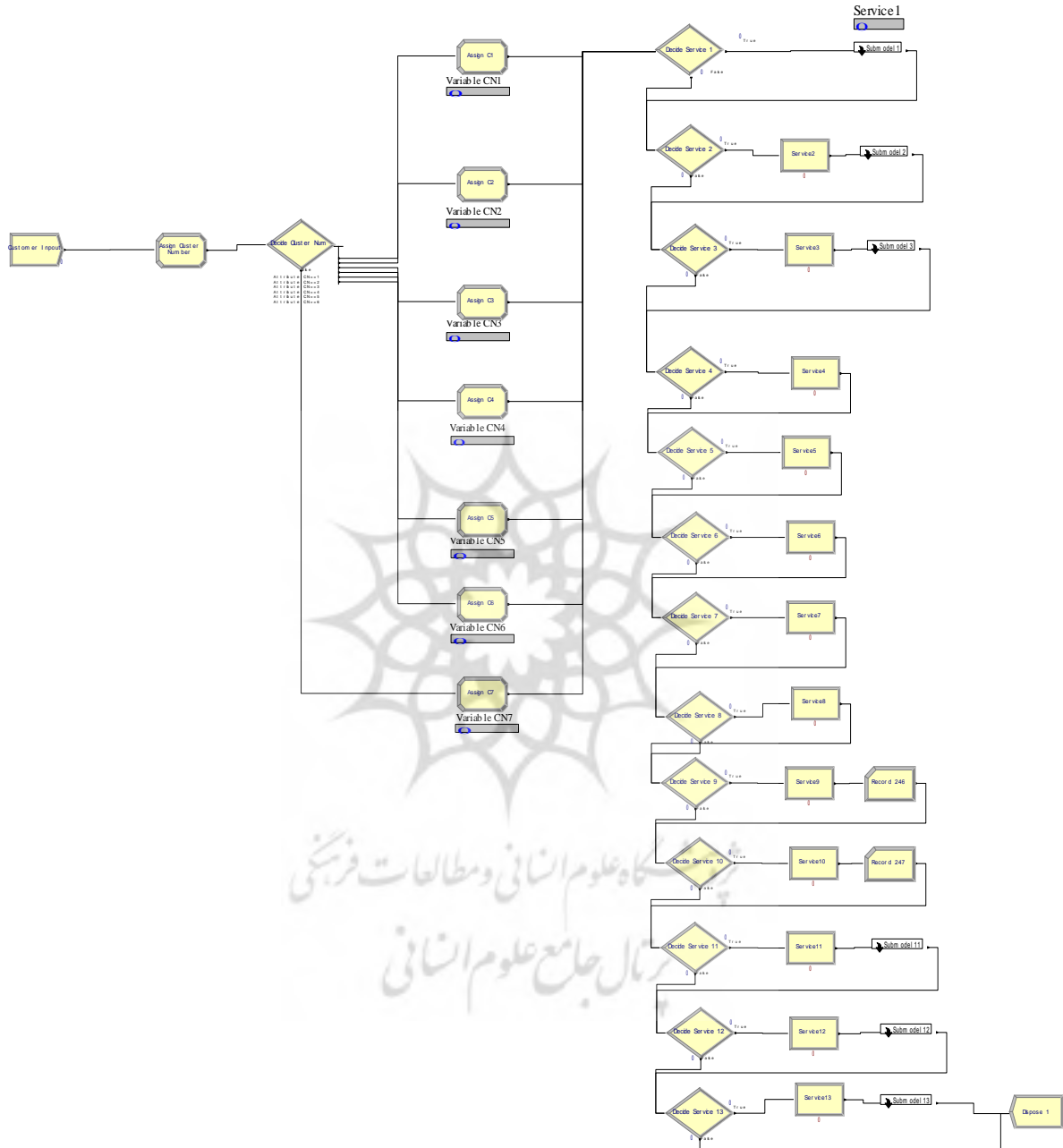
Singh, S., Singh, S., (2016) "Accounting for risk in the traditional RFM approach", *Management Research Review*, Vol. 39 Issue: 2, pp.215-234.

Thomas, J. S. (2001). "A methodology for linking customer acquisition to customer retention", *Journal of Marketing Research*, 38 (2), pp. 262-268.

Wu, Hsin-Hung; Chang, En-Chi and 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.

Zabkowski, T., (2016) "RFM approach for telecom insolvency modeling", *Kybernetes*, Vol. 45 Issue: 5, pp.815-827, doi: 10.1108/K-04-2015-0113

پیوست ها:



شکل ۱ پیوست- نمای کلی مدل شبیه سازی

مطابق شکل ۱ پیوست در جدول زیر برخی از نودها (نماد شکل‌ها) که در فرایندهای پایه‌ای^۱ مدل شبیه‌سازی بکار رفته است، تشریح شده است.

جدول ۱ پیوست. اجزای مدل شبیه‌سازی

ردیف	نماد شکل‌ها	توضیح
۱		ورود مشتریان که به صورت تصادفی و تابع پیش فرض نمایی با میانگین ۱ دقیقه و تعداد مشتری مورد نظر (۳۲۰۰۰ مشتری) به سیستم وارد می‌شود.
۲		تخصیص تصادفی مشتری به هر خوشه، که با توجه به وضعیت فعلی پس از خوشه‌بندی متناسب با تعداد مشتریان هر خوشه، احتمال تخصیص محاسبه شده و متناسب با هر خوشه برچسب (شماره) گذاری می‌شود.
۳		تصمیم‌گیری در خصوص ارسال مشتریان، مشتری متناسب با شماره برچسب خود (از خوشه شماره ۱ تا خوشه شماره ۷) به خوشه مورد نظر ارسال می‌گردد.
۴		تخصیص ویژگی‌های مشتریان در خوشه، در این بخش ویژگی‌های RFMLD و توابع توزیع هر کدام از آن‌ها به مشتریان خوشه اختصاص است بعلاوه آنکه برچسب ویژگی مربوط به احتمال تخصیص هر کدام از ۱۳ محصول به مشتریان (با مقدار ۰/۵) تعریف می‌شود.
۵		متغیر شمارنده که در صورت تخصیص هر مشتری به خوشه شمارنده، یک واحد افزایش می‌یابد.
۶		تصمیم‌گیری جهت تخصیص خدمت به مشتری که در این نود مشتری با احتمال ۰/۵ خدمت یک را به خود اختصاص می‌دهد و در غیر این صورت به سراغ محصول بعدی می‌رود و این روند تا محصول ۱۳ ادامه دارد.
۷		خدمت، در این نود به‌عنوان نمونه مشتری از خدمت شماره ۲ استفاده می‌نماید. (در این نود زمان خدمت‌دهی منظور نشده است)
۸		مدل زیرمجموعه مدل اصلی، در این زیرمجموعه که از اجزای دیگری تشکیل شده است، تخصیص خدمت شماره ۱ (نمونه) به مشتری انجام می‌گردد و که در آن تعداد و نوع مشتری‌هایی که از این خدمت استفاده

1. Basic Process

می نمایند به همراه محدودیت های مورد نظر اعمال می شود و در صورت نیاز می توان تعداد مشتری از دست رفته به تفکیک هر نوع تعیین گردد. ^۱		
شمارنده خدمت اول برای مشتریان خوشه یکم که تخصیص یافته اند.	Record S1 C1	۹
شمارنده خدمت اول برای مشتریان خوشه یکم که تخصیص نیافته اند.	Reject S1 C1	۱۰

در جدول فوق سعی شده از هر یک نودها یا اشکال بکار رفته در مدل شبیه سازی یک نمونه توضیح داده شود که برای سایر نودهای مشابه این توضیحات صادق است.



۱. به دلیل آنکه در این تحقیق از نسخه آموزشی نرم افزار Arena استفاده می گردد و برای نودهای انتخابی مدل محدودیت تعداد وجود دارد از تعداد زیر مجموعه های کمتر استفاده شده است؛ و تنها برای برخی از خدمات تسهیلاتی و برخی سپرده ها استفاده شده است.