

تحلیل رفتار مشتریان با استفاده از مدل‌های RFM، LRFM و RFMR و شبکه عصبی خودرمنگار: مطالعه موردی صنعت سرامیک

علیرضا حسن‌زاده^۱ فاطمه صنعتیان^۲

^۱. استاد، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده مدیریت و اقتصاد، تهران، ایران.

^۲. دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم و فناوری بین‌رشته‌ای، تهران، ایران.

چکیده

تحلیل رفتار مشتریان به عنوان یکی از ارکان اساسی در مدیریت ارتباط با مشتری (CRM) و بازاریابی هدفمند، نقش حیاتی در موفقیت کسب‌وکارها ایفا می‌کند. این پژوهش با هدف بررسی و مقایسه مدل‌های RFM، LRFM و RFMR با استفاده از داده‌های واقعی یک شرکت سرامیکی انجام شده است. روش پژوهش شامل استخراج داده‌ها، پیش‌پردازش، محاسبه متغیرهای RFM، LRFM، RFMR، خوشه‌بندی مشتریان با استفاده از الگوریتم K-Means، شبکه عصبی خودرمنگار و ارزیابی کیفیت خوشه‌بندی با شاخص امتیاز سیلوئت است. یافته‌ها نشان می‌دهد مدل‌های ترکیبی RFMR و LRFM در مقایسه با مدل RFM، دقت بالاتری در شناسایی الگوهای خرید دارند. مدل LRFM با در نظر گرفتن طول ارتباط مشتری، مشتریان باارزش را بهتر شناسایی می‌کند، در حالی که مدل RFMR با لحاظ کردن نرخ خرید و استفاده از شبکه عصبی خودرمنگار، الگوهای رفتاری پویاتری را متمایز کرده و امکان شناسایی ریزبخش‌های مشتریان و کشف روابط غیرخطی را فراهم می‌نماید. این پژوهش با ارائه راهکارهایی مانند پیشنهادات ویژه به مشتریان باارزش، توسعه محصولات متنوع و برنامه‌های وفاداری، به شرکت‌های سرامیکی در بهبود استراتژی‌های بازاریابی و افزایش سودآوری کمک می‌کند.

واژگان کلیدی: مدل RFM - تحلیل رفتار مشتریان - بخش‌بندی مشتریان - بازاریابی هدفمند - صنعت سرامیک

مقدمه

در فضای کسب و کار امروز که با شدیدترین سطح رقابت و تغییرات سریع در ترجیحات مصرف کننده همراه است، سازمان ها برای حفظ بقا و دستیابی به مزیت رقابتی پایدار ناگزیر به اتخاذ رویکردی نظام مند در تحلیل و درک رفتار مشتریان هستند. این ضرورت، مفاهیم بازاریابی رابطه مند و مدیریت مبتنی بر داده را به یکی از ارکان اساسی استراتژی های کسب و کار معاصر تبدیل کرده است (Kotler & Keller, ۲۰۱۶).

در این میان، بازاریابی هدفمند به عنوان پارادایمی نوین در عصر دیجیتال، با استفاده از تحلیل های پیشرفته داده ها، سازمان ها را قادر می سازد تا به جای رویکردهای کلی نگرانه، به صورت دقیق تر و مؤثرتری به نیازهای خاص هر بخش از مشتریان پاسخ دهند (Lemon & Verhoef, ۲۰۱۶). بخش بندی مشتریان به عنوان یکی از پیچیده ترین و در عین حال کارآمدترین ابزارهای تحلیل رفتاری ظهور یافته که سازمان ها را قادر می سازد تا با بهره گیری از داده های تاریخی و الگوهای رفتاری، مشتریان خود را در گروه های همگن طبقه بندی نمایند.

بخش بندی مشتریان فرآیندی نظام مند است که در آن جامعه مشتریان بر اساس معیارهای چندبعدی شامل ویژگی های جمعیت شناختی (سن، جنسیت، درآمد)، جغرافیایی (موقعیت مکانی)، روان شناختی (سبک زندگی، ارزش ها) و مهم تر از همه، معیارهای رفتاری (الگوی خرید، وفاداری، حساسیت به قیمت) به زیر گروه های متمایز تقسیم می شوند (Kamakura & Wedel, ۲۰۰۰).

هدف نهایی این فرآیند، امکان پذیر ساختن طراحی و اجرای راهبردهای بازاریابی شخصی سازی شده مبتنی بر اصول بازاریابی هدفمند، تخصیص بهینه منابع بازاریابی و در نهایت حداکثرسازی ارزش دوره عمر مشتری (CLV) است. بازاریابی هدفمند مبتنی بر بخش بندی دقیق مشتریان می تواند تا ۳۰٪ بازدهی سرمایه گذاری های بازاریابی را افزایش دهد (Rust et al., ۲۰۰۴).

مدل RFM (تازگی، تکرار، مبلغ خرید) به عنوان یکی از بنیادی ترین روش های بخش بندی رفتاری مشتریان در بازاریابی پایگاه داده شناخته می شود. این چارچوب تحلیلی که بر سه بعد کلیدی رفتار خرید تمرکز دارد، نخستین بار توسط Hughes (۱۹۹۶) معرفی گردید. این مدل بر سه بعد کلیدی رفتار خرید مشتریان تمرکز دارد:

تازگی خرید

این معیار به فاصله زمانی بین آخرین خرید مشتری و زمان تحلیل اشاره دارد و نشان دهنده میزان فعال بودن مشتری است. مشتریانی که در بازه های زمانی کوتاه مدت خرید می کنند، به طور معناداری بیشتر از دیگران به محرک های بازاریابی پاسخ می دهند (Blattberg, ۲۰۰۸).

تکرار خرید

این معیار تعداد دفعات خرید مشتری در یک دوره مشخص را اندازه گیری می کند. این معیار به عنوان شاخصی از وفاداری رفتاری مشتریان در نظر گرفته می شود. (Gupta & Zeithaml, ۲۰۰۶)

ارزش پولی

این معیار مجموع هزینه‌های انجام شده توسط مشتری را محاسبه می‌نماید و مبنایی برای شناسایی مشتریان پرسود فراهم می‌آورد. (Kumar & Shah, ۲۰۰۹)

قدرت مدل RFM در سادگی مفهومی و در عین حال اثربخشی عملیاتی آن نهفته است، به طوری که مطالعات میدانی نشان داده‌اند این مدل قادر است با دقت قابل قبولی مشتریان سودآور را شناسایی نماید (Cheng & Chen, ۲۰۰۹).

با وجود مزایای قابل توجه، مدل RFM با محدودیت‌های ساختاری مواجه است که محققان را بر آن داشته تا نسخه‌های توسعه‌یافته آن را طراحی نمایند. یکی از اساسی‌ترین انتقادات به این مدل، نادیده گرفتن بعد طول رابطه مشتری است که نشان‌دهنده مدت زمان فعالیت مشتری از اولین خرید تاکنون می‌باشد. این نقیصه در مدل LRFM که توسط Chen و همکاران (۲۰۱۲) ارائه شد، مرتفع گردید. در این مدل توسعه‌یافته، معیار طول رابطه (L) به عنوان بعد چهارم اضافه شده است که به ویژه در صنایعی مانند سرمایه‌گذاری که چرخه خرید نسبتاً طولانی دارند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

انتقاد دیگر به مدل سنتی RFM، عدم توجه به الگوی رفتاری پویای مشتریان است. این محدودیت در مدل RFMR که توسط Kumar و Reinartz (۲۰۱۸) توسعه یافته، مورد توجه قرار گرفته است. در این مدل، معیار نرخ خرید که از نسبت تعداد خریدها به مدت زمان فعالیت مشتری محاسبه می‌شود، به عنوان بعد چهارم افزوده شده است. این معیار قادر است الگوهای رفتاری پویا و ثبات تعامل مشتری با برند را به دقت اندازه‌گیری نماید. (Gupta et al., ۲۰۰۶)

مدل RFMR با در نظر گرفتن نرخ خرید، بینش عمیق‌تری نسبت به رفتار مشتریان ارائه می‌دهد. همانطور که Rust و همکاران (۲۰۰۴) نشان داده‌اند، این مدل به ویژه در صنایعی مانند سرمایه‌گذاری که چرخه خرید طولانی‌مدت دارند، می‌تواند سیگنال‌های هشداردهنده‌ای درباره کاهش فعالیت مشتریان را در مراحل اولیه شناسایی کند.

در سال‌های اخیر، پیشرفت‌های چشمگیری در حوزه هوش مصنوعی و یادگیری ماشین، افق‌های جدیدی را در زمینه بخش‌بندی مشتریان گشوده است. در این میان، شبکه‌های عصبی خودرمنزنگار به عنوان یکی از کارآمدترین روش‌های یادگیری عمیق بدون نظارت مطرح شده‌اند. این شبکه‌های پیشرفته قادرند با کاهش ابعاد داده‌ها ضمن حفظ اطلاعات کلیدی، الگوهای پیچیده و روابط غیرخطی موجود در داده‌های رفتاری مشتریان را شناسایی نمایند. (Hinton & Salakhutdinov, ۲۰۰۶)

عملکرد این شبکه‌ها مبتنی بر دو فاز رمزنگاری و رمزگشایی است که

که در فاز اول، داده‌های ورودی به فضایی با ابعاد کمتر نگاشت می‌شوند و در فاز دوم، تلاش می‌شود از داده‌های فشرده شده، اطلاعات اولیه با حداقل خطا بازسازی گردد (Hinton & Salakhutdinov, ۲۰۰۶). این قابلیت منحصر به فرد، امکان شناسایی ریزبخش‌های مشتریان را که با روش‌های سنتی قابل تشخیص نیستند، فراهم می‌آورد (Kumar et al., ۲۰۱۸).

در ادامه، روش تحقیق، شامل جامعه آماری، نمونه، ابزارهای پژوهش و روش‌های تجزیه و تحلیل داده‌ها، شرح داده می‌شود. در ادامه، یافته‌های پژوهش، شامل نتایج حاصل از اجرای مدل‌های RFM، LRFM و شبکه‌های عصبی خودرمنزنگار، ارائه و تحلیل می‌شوند. در نهایت، نتایج پژوهش مورد بحث و بررسی قرار گرفته و پیشنهادهای برای بهبود استراتژی‌های بازاریابی و افزایش سودآوری ارائه می‌شود.

روش تحقیق

در این بخش، به روش تحقیق، جامعه آماری، نمونه و روش نمونه‌گیری، ابزارهای پژوهش و روش‌های تجزیه و تحلیل داده‌ها پرداخته می‌شود. این تحقیق از نوع تحقیقات کمی و توصیفی-تحلیلی است. هدف اصلی، شناسایی الگوهای رفتاری مختلف مشتریان و ارائه راهکارهایی برای بهبود استراتژی‌های بازاریابی و افزایش سودآوری در صنعت سرمایه است.

جامعه آماری این تحقیق شامل کلیه مشتریان شرکت سرمایه در بازه زمانی مشخص (یک سال گذشته) است. با توجه به دسترسی به داده‌های تمامی مشتریان، از روش نمونه‌گیری استفاده نمی‌شود و کل جامعه آماری مورد بررسی قرار می‌گیرد. داده‌های مورد استفاده شامل اطلاعات مربوط به تاریخ خرید، مبلغ خرید، شماره فاکتور و نام مشتری است که از پایگاه داده فروش شرکت استخراج شده‌اند.

ابزارهای پژوهش: در این پژوهش از ابزارهای زیر استفاده شده است:

- نرم‌افزارهای آماری و یادگیری ماشین Python: با کتابخانه‌های Pandas, Scikit-learn, TensorFlow/Keras
- Matplotlib/Seaborn, Plotly برای پیش‌پردازش، تحلیل داده‌ها، ساخت مدل و مصورسازی نتایج.
- مدل‌های RFM و LRFM: برای محاسبه ویژگی‌های رفتاری مشتریان بر اساس تاریخچه خرید آن‌ها.
- شبکه عصبی خودرمنگار: برای کاهش ابعاد داده‌ها و استخراج ویژگی‌های پنهان مشتریان.
- الگوریتم K-Means: برای خوشه‌بندی مشتریان بر اساس ویژگی‌های استخراج شده.

روش‌های تجزیه و تحلیل داده‌ها:

۱. محاسبه متغیرهای RFM و LRFM: با استفاده از داده‌های فروش، متغیرهای RFM و LRFM برای هر مشتری محاسبه می‌شود.
۲. پیش‌پردازش داده‌ها: داده‌ها برای حذف مقادیر پرت و نرمال‌سازی آماده می‌شوند. از روش استانداردسازی برای مقیاس‌بندی داده‌ها استفاده خواهد شد.
۳. استفاده از شبکه عصبی خودرمنگار:
 - o یک شبکه عصبی خودرمنگار برای کاهش ابعاد داده‌ها و استخراج ویژگی‌های مهم مشتریان استفاده می‌شود. معماری شبکه شامل کاملاً متصل با تابع فعال‌سازی ReLU است.
 - o شبکه عصبی با استفاده از داده‌های مقیاس‌بندی شده آموزش داده می‌شود.
 - o از تابع زیان MSE و الگوریتم بهینه‌سازی Adam برای آموزش شبکه استفاده می‌شود.

- ۰ ابعاد مختلف فضای نهفته برای یافتن بهترین بازنمایی داده‌ها آزمایش می‌شوند.
۴. خوشه‌بندی با استفاده از K-Means
- ۰ از الگوریتم K-Means برای خوشه‌بندی مشتریان بر اساس ویژگی‌های استخراج شده توسط خودرمنگار استفاده می‌شود.
- ۰ تعداد بهینه خوشه‌ها با استفاده از روش زانو تعیین می‌شود.
۵. ارزیابی خوشه‌بندی: کیفیت خوشه‌بندی با استفاده از شاخص‌های Silhouette Score ارزیابی می‌شود.
۶. محاسبه ارزش طول عمر مشتری (CLV): (CLV) با استفاده از فرمول‌های استاندارد CLV، ارزش هر مشتری برای شرکت محاسبه می‌شود. محاسبات شامل نرخ حفظ مشتری، میانگین ارزش خرید، میانگین فراوانی خرید، ارزش سالانه مشتری، حاشیه سود سالانه مشتری و طول عمر مشتری است.
- تحلیل و تفسیر نتایج: نتایج خوشه‌بندی و محاسبات CLV تحلیل و تفسیر شده و توصیه‌هایی برای بهبود استراتژی‌های بازاریابی و فروش شرکت ارائه می‌شود.
- یافته‌های مدل RFM
- تحلیل خوشه‌بندی مشتریان نشان می‌دهد که خوشه ۰ با ۶۲۷ مشتری، بزرگ‌ترین گروه است که میانگین فاصله آخرین خرید آن‌ها ۷۴.۹۸ روز بوده، تعداد خریدهای متوسط آن‌ها ۳.۵۷ تراکنش و میزان خرج کرد حدود ۲۰۶ میلیارد واحد پولی است، این گروه شامل مشتریانی با خریدهای پراکنده و متوسط بوده که می‌توان با راهبردهای تبلیغاتی، تعامل بیشتری با آن‌ها ایجاد کرد، در حالی که خوشه ۱ با تنها ۴ مشتری دارای میانگین فاصله خرید ۳۲.۲۵ روز، تعداد خریدهای ۱۶.۲۵ تراکنش و میزان خرج کرد بسیار بالای ۱۷۵.۵۹ میلیارد واحد پولی است، نشان می‌دهد این مشتریان کمتر اما بسیار با ارزش دارند و جزء مشتریان کلیدی محسوب می‌شوند که باید حفظ و ترغیب به خریدهای متوالی شوند، از سوی دیگر، خوشه ۲ با ۱۸ مشتری بیشترین تعداد خرید را دارد، میانگین فاصله خرید در این گروه ۱۸.۶۷ روز است و تعداد تراکنش‌ها به ۵۵.۲۸ خرید می‌رسد، در حالی که میزان خرج کرد آن‌ها ۵۱.۴۲ میلیارد واحد پولی است، که نشان‌دهنده مشتریانی با وفاداری بالا و خریدهای متوالی است که ارزش قابل توجهی برای شرکت دارند، همچنین میانگین (۰,۹۱۹) Silhouette Score بیانگر کیفیت بالا و انسجام مناسب خوشه‌بندی است، این مقدار نشان می‌دهد که تفکیک مشتریان به خوبی انجام شده و تفاوت میان خوشه‌ها قابل توجه است، بنابراین این مدل می‌تواند مبنای مؤثری برای تصمیم‌گیری‌های بازاریابی و تدوین راهبردهای افزایش تعامل و وفاداری مشتریان باشد.

شکل یک: نتایج حاصل از بخش بندی مشتریان با معیار RFM

• یافته‌های مدل LRFM:

بر اساس تحلیل خوشه‌بندی مشتریان، خوشه ۱ که شامل ۳۸۰ مشتری است، دارای خریدهای منظم و فواصل متوسط بین خریدها بوده و نشان‌دهنده مشتریان وفاداری است که ارزش مالی مناسبی برای شرکت دارند، در حالی که خوشه ۰ با ۲۵۹ مشتری، کم‌فعال‌تر بوده، تعداد خریدهای کمتر و فواصل طولانی‌تری بین خریدها دارد، که بیانگر نیاز به استراتژی‌های تبلیغاتی برای افزایش تعامل آن‌هاست؛ از سوی دیگر، خوشه ۲ با تنها ۵ مشتری، خریدهای بسیار مکرر و وفاداری بالا را نشان می‌دهد، زیرا میانگین فواصل بین خریدهای این دسته بسیار کوتاه بوده و ارزش ریالی آن‌ها قابل توجه است، در مقابل خوشه ۳ که شامل ۵ مشتری بزرگ‌پرداختی است، تعداد خریدهای کمتری نسبت به خوشه ۲ دارد اما حجم مالی معاملات آن‌ها بسیار بالا است، که نشان می‌دهد این مشتریان خریدهای محدود ولی با ارزش بالا دارند و شرکت می‌تواند از طریق پیشنهادهای ویژه تعامل بیشتری با آن‌ها برقرار کند؛ در مجموع، خوشه ۱ و ۲ مشتریان کلیدی و پرتکرار شرکت هستند که باید حفظ و تقویت شوند، خوشه ۰ نیازمند تحریک و افزایش خرید است، و خوشه ۳ با پرداخت‌های بالا می‌تواند از طریق استراتژی‌هایی برای افزایش دفعات خرید به سودآوری بیشتر شرکت کمک کند، همچنین میانگین (۰,۵۸۱) Silhouette Score نشان‌دهنده کیفیت مناسب خوشه‌بندی است، که بیانگر تفاوت قابل توجه بین خوشه‌ها و انسجام داخلی خوب آن‌هاست، بنابراین تفکیک مشتریان بر اساس مدل LRFM به‌طور مؤثر انجام شده و می‌تواند مبنای مناسبی برای تصمیم‌گیری‌های بازاریابی و بهینه‌سازی استراتژی‌های کسب‌وکار باشد. نتایج خروجی در شکل دو آورده شده است.

شکل دو: نتایج حاصل از بخش بندی مشتریان با معیار LRFM

• یافته‌های مدل RFMR:

تحلیل خوشه‌بندی مشتریان براساس مدل RFMR نشان می‌دهد که خوشه ۰ با ۳۶۰ مشتری بزرگ‌ترین گروه است، میانگین فاصله آخرین خرید آن‌ها ۳۵.۹۶ روز بوده، تعداد تراکنش‌های متوسط ۴.۸۵ خرید و میزان خرج کرد آن‌ها حدود ۴۱۳,۵۴۲ واحد پولی است که نشان‌دهنده مشتریانی با خریدهای متوسط و فاصله‌های مناسب بین خریدها است، خوشه ۲ با ۲۵۵ مشتری فاصله خرید بسیار بالاتر ۱۲۸.۱۷ روز دارد و تعداد خریدهای پایین‌تر ۱.۶۸ تراکنش نشان‌دهنده مشتریانی با تعامل کم است که نیازمند استراتژی‌هایی برای افزایش نرخ خرید هستند، خوشه ۳ با ۲۹ مشتری تعداد خریدهای کمی دارد اما نرخ خرید بسیار بالای ۱۲.۲ نشان می‌دهد این مشتریان خریدهای هدفمند و گران‌قیمتی دارند، خوشه ۱ شامل ۴ مشتری با ۲۰۶ خرید و میانگین فاصله خرید ۳ روز است که نشان‌دهنده مشتریان بسیار وفادار و پرتکرار با میزان خرج کرد ۱۱.۸۵ میلیون واحد پولی است و خوشه ۴ با تنها ۱ مشتری بیشترین تعداد خرید یعنی ۲۵۹ تراکنش را دارد، نرخ خرید ۱۱.۳۱ و میزان خرج کرد ۷۲.۸ میلیون واحد پولی نشان می‌دهد این مشتری ارزش فوق‌العاده‌ای برای شرکت دارد، همچنین میانگین (۰,۵۰۵) Silhouette Score نشان می‌دهد انسجام خوشه‌ها متوسط بوده و می‌تواند با تنظیم مجدد ویژگی‌های خوشه‌بندی بهبود یابد، در مجموع این مدل نشان‌دهنده مشتریان وفادار، مشتریان کم‌فعال و مشتریان با رفتار خرید خاص است که می‌توان با استراتژی‌های هدفمند، نرخ تعامل و میزان سوددهی آن‌ها را افزایش داد. نتایج خروجی در شکل سوم آورده شده است.

شکل سوم: نتایج حاصل از بخش بندی مشتریان با معیار RFMR

• یافته‌های شبکه عصبی خودرمنگار: بهترین مدل با ابعاد فضای نهفته ۲ به دست آمد.

تحلیل خوشه‌بندی مشتریان بر اساس روش **Autoencoder + K-Means** نشان می‌دهد که خوشه ۱ با ۶۱۵ مشتری بزرگ‌ترین گروه است، میانگین فاصله آخرین خرید آن‌ها ۷۶.۲۸ روز بوده، تعداد تراکنش‌های متوسط ۲.۳ خرید و میزان خرج کرد آن‌ها حدود ۱.۸۸ میلیارد واحد پولی است که نشان‌دهنده مشتریانی با خریدهای پراکنده و تعامل محدود است و می‌توان با استراتژی‌های تبلیغاتی و پیشنهادات ویژه، میزان مشارکت آن‌ها را افزایش داد، در حالی که خوشه ۰ شامل ۲۴ مشتری دارای فاصله خرید ۱۶.۷۹ روز و تعداد خریدهای ۲۹ تراکنش بوده و میزان خرج کرد آن‌ها ۳۳.۱۷ میلیارد واحد پولی است، که بیانگر مشتریانی با خریدهای مکرر و ارزش مالی بالاست و باید حفظ و تقویت شوند، همچنین خوشه ۲ با تنها ۱۰ مشتری فاصله خرید ۱۶.۶ روز، تعداد تراکنش‌های بسیار بالا ۱۱۸.۶ خرید و میزان خرج کرد ۹۶.۵۶ میلیارد واحد پولی را نشان می‌دهد که این گروه جزو مشتریان بسیار وفادار و ارزشمند محسوب می‌شود و استراتژی‌های حفظ و افزایش ارتباط با این دسته ضروری است، همچنین میانگین (۰.۸۰۱) **Silhouette Score** بیانگر کیفیت مناسب خوشه‌بندی و تفکیک مطلوب بین گروه‌های مختلف مشتریان است که نشان می‌دهد این روش به‌طور مؤثر، رفتارهای خرید مختلف را دسته‌بندی کرده و می‌تواند مبنای مناسبی برای تصمیم‌گیری‌های بازاریابی و بهینه‌سازی ارتباط با مشتریان باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

تحلیل خوشه‌بندی مشتریان با استفاده از روش‌های مختلف نشان می‌دهد که مدل‌های **LRFM**، **Autoencoder + K-Means** و **RFMR** هر یک ویژگی‌های خاص خود را دارند. در مدل **LRFM**، خوشه ۱ با ۳۸۰ مشتری بیشترین تعداد را دارد و مشتریان آن خریدهای منظمی دارند، در حالی که خوشه ۰ با ۲۵۹ مشتری فعالیت خرید کمتری داشته و نیازمند راهبردهای تبلیغاتی است، در حالی که خوشه ۲ و ۳ تعداد مشتریان کمی دارند اما خریدهای پرتکرار و مبالغ بالایی را نشان می‌دهند، که بیانگر مشتریان کلیدی شرکت هستند؛ در مقابل مدل **RFMR** شامل ۵ خوشه است، خوشه ۰ با ۳۶۰ مشتری بیشترین تعداد را دارد و خریدهای متوسطی دارد، خوشه ۲ با ۲۵۵ مشتری فاصله خرید بیشتری دارد و کم‌فعال‌تر است، خوشه ۳ با ۲۹ مشتری دارای نرخ خرید بالایی است، خوشه ۱ با ۴ مشتری خریدهای مکرر و ارزش مالی بالا دارد و خوشه ۴ با تنها ۱ مشتری بیشترین تعداد خرید و میزان پرداخت را دارد، نشان‌دهنده یک مشتری فوق‌العاده ارزشمند است، همچنین **Autoencoder + K-Means** که شامل ۳ خوشه است، خوشه ۱ با ۶۱۵ مشتری بیشترین تعداد را دارد اما خریدهای پراکنده دارد، در حالی که خوشه ۰ با ۲۴ مشتری تعداد خریدهای بالاتر و ارزش مالی زیادی دارد و خوشه ۲ با ۱۰ مشتری بیشترین تعداد تراکنش و وفاداری را نشان می‌دهد، از نظر کیفیت خوشه‌بندی (**Silhouette Score**)، روش **Autoencoder + K-Means** با مقدار ۰.۸۰۱ بهترین انسجام را دارد، در حالی که **LRFM** با ۰.۵۸۱ عملکرد متوسطی داشته و **RFMR** با ۰.۵۰۵ کم‌ترین کیفیت را دارد اما معیار **purchase_rate** را اضافه کرده که در درک رفتار خرید مشتریان مفید است، در نتیجه روش **Autoencoder + K-Means** برای دسته‌بندی دقیق‌تر و تفکیک بهینه مشتریان مناسب‌تر است، در حالی که **RFMR** و **LRFM** به شناخت بهتر رفتار خرید و تدوین راهبردهای افزایش تعامل مشتریان کمک می‌کنند، انتخاب بهترین روش بستگی به هدف مدل‌سازی دارد، اگر تمرکز بر کیفیت خوشه‌بندی باشد، **Autoencoder + K-Means** بهتر است، ولی اگر درک رفتار خرید مهم‌تر باشد، **RFMR** و **LRFM** مفید هستند.

در پایان، پیشنهاد می‌شود که شرکت‌های فعال در صنعت سرمایه‌گذاری از نتایج این پژوهش برای بهبود استراتژی‌های بازاریابی خود استفاده کنند. به عنوان مثال، شرکت‌ها می‌توانند با شناسایی مشتریان با ارزش و ارائه خدمات و محصولات ویژه به آن‌ها، نرخ حفظ مشتری را افزایش داده و در نتیجه، ارزش طول عمر مشتریان خود را افزایش دهند. همچنین، پیشنهاد می‌شود که در پژوهش‌های آتی، عوامل دیگری مانند رفتار خرید آنلاین، تعامل در شبکه‌های اجتماعی و اطلاعات جمعیت‌شناختی مشتریان نیز در مدل‌سازی لحاظ شوند.

منابع

- ۱ - Blattberg, R. C., Kim, B.-D., & Neslin, S. A. (۲۰۰۸). Database marketing: Analyzing and managing customers (pp. ۱۴۸-۱۵۰). Springer Science & Business Media.
- ۲ - Chen, D., Sain, S. L., & Guo, K. (۲۰۱۲). Data mining for the online retail industry: A case study of RFM model-based customer segmentation using data mining. *Journal of Database Marketing & Customer Strategy Management*, ۱۹(۳), ۱۹۷-۲۰۸.
- ۳ - Cheng, C. H., & Chen, C. L. (۲۰۰۹). Classifying the segmentation of customer value via RFM model and rough set theory. *Expert Systems with Applications*, ۳۶(۳), ۴۱۷۶-۴۱۸۴.
- ۴ - Gupta, S., Hanssens, D., Hardie, B., Kahn, W., Kumar, V., Lin, N., & Sriram, S. (۲۰۰۶). Modeling customer lifetime value. *Journal of Service Research*, ۹(۲), ۱۳۹-۱۵۵.
- ۵ - Hinton, G. E., & Salakhutdinov, R. R. (۲۰۰۶). Reducing the dimensionality of data with neural networks. *Science*, ۳۱۳(۵۷۸۶), ۵۰۴-۵۰۷.
- ۶ - Hughes, A. M. (۱۹۹۶). Strategic database marketing: The master plan for starting and managing a profitable, customer-based marketing program (pp. ۸۷-۱۱۲). McGraw-Hill.
- ۷ - Kamakura, W. A., & Wedel, M. (۲۰۰۰). Market segmentation: Conceptual and methodological foundations (۲nd ed., pp. ۳۴۷-۳۵۰). Kluwer Academic Publishers.
- ۸ - Kotler, P., & Keller, K. L. (۲۰۱۶). Marketing management (۱۵th ed., Vol. ۱, pp. ۱۴۳-۱۴۵). Pearson Education.
- ۹ - Kumar, V., & Reinartz, W. (۲۰۱۸). Customer relationship management: Concept, strategy, and tools (۲nd ed., pp. ۴۵-۴۷). Springer.
- ۱۰ - Kumar, V., & Shah, D. (۲۰۰۹). Expanding the role of marketing: From customer equity to market capitalization. *Journal of Marketing*, ۷۳(۶), ۱۱۹-۱۳۶.
- ۱۱ - Kumar, V., Anand, A., & Song, H. (۲۰۱۸). Future of retailer profitability: An organizing framework. *Journal of Retailing*, ۹۴(۱), ۱-۱۵.
- ۱۲ - Lemon, K. N., & Verhoef, P. C. (۲۰۱۶). Understanding customer experience throughout the customer journey. *Journal of Marketing*, ۸۰(۶), ۶۹-۹۶.

۱۳ – Rust, R. T., Lemon, K. N., & Zeithaml, V. A. (۲۰۰۴). Return on marketing: Using customer equity to focus marketing strategy. *Journal of Marketing*, ۶۸(۱), ۱۰۹-۱۲۷.