17 Conference And 9 Exhibition Rubber And Related Industries
۱۷ همایش و ۹ نمایشگاه لاستیک و صنایع وابسته
Iranmall
ایران مال
January 6-7 2026
۱۶ تا ۱۸ دی ماه ۱۴۰۴

تحلیل خوشه ای از مشتریان تایر با تمرکز بر مشکلات فنی با استفاده از الگوریتم k-میانگین

عاطفه قاسمی و آناهیتا کلانتری

۱-دانشجوی ارشد،گروه آمار، دانشکده ریاضی ،آمار و علوم کامپیوتر، دانشگاه تهران

۲- دانشجوی ارشد، گروه مدیریت فناوری اطلاعات ، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه علوم و تحقیقات

چکیده

این پژوهش با هدف خوشه‌بندی مشتریان ناراضی از کیفیت تایر بر اساس مشکلات عملکردی و ویژگی‌های جمعیت‌شناختی انجام شده است. مشکلات شایع تایر شامل کوبش، خشکی، ترک‌خوردگی، کاهش فشار باد و صداهای غیرعادی بوده که می‌تواند تجربه منفی برای مشتریان ایجاد کرده باشد. داده‌های پژوهش از طریق پرسشنامه ساختاریافته و مصاحبه تلفنی با ۱۱۹ مشتری ناراضی گردآوری شده است. پس از پاک‌سازی و نرمال‌سازی داده‌ها، تحلیل با الگوریتم K-میانگین انجام شده است. تعداد خوشه‌های بهینه با استفاده از شاخص‌های ارزیابی تعیین شده است و در نهایت پنج خوشه معنادار شناسایی شده است. نتایج نشان داده است که مشکلات تایر نه تنها به عوامل فنی، بلکه به ویژگی‌های جمعیت‌شناختی مانند سن، جنسیت، سطح تحصیلات و موقعیت جغرافیایی نیز وابسته بوده است. یافته‌ها تصویری جامع از الگوهای نارضایتی ارائه داده‌اند و می‌توانند مبنایی برای اولویت‌بندی مشکلات و طراحی راهکارهای هدفمند در جهت بهبود کیفیت تایر و افزایش سطح رضایت مشتریان فراهم کرده باشند.

واژگان کلیدی: خوشه‌بندی مشتریان، مشکلات تایر، الگوریتم K-میانگین، رضایت مشتری، ویژگی‌های جمعیت‌شناختی.

۱-مقدمه و بیان مسئله

تایر خودرو به‌عنوان یکی از اجزای حیاتی و اثرگذار در ایمنی وسایل نقلیه شناخته می‌شود و طول عمر و دوام آن تحت تأثیر عوامل گوناگونی قرار دارد. عرضه خودرو با لاستیک‌های معیوب یا دارای نقص از سوی خودروسازان می‌تواند نارضایتی مشتریان را به همراه داشته و پیامدهای جدی در پی داشته باشد[۱]. سال‌های اخیر، گزارش‌های متعددی از سوی مشتریان در خصوص نارضایتی از کیفیت تایر ثبت شده است که نشان می‌دهد این مشکلات صرفاً ناشی از نقص‌های فنی نیستند، بلکه عوامل فردی و محیطی نیز در بروز آن‌ها دخالت دارند. مسئله اصلی این پژوهش آن است که چگونه می‌توان با بهره‌گیری از الگوریتم‌های خوشه‌بندی، مشتریان را بر اساس نوع عارضه‌های تایر در گروه‌های معنادار دسته‌بندی کرد. شناسایی این خوشه‌ها می‌تواند امکان تحلیل دقیق‌تر تنوع مشکلات، اولویت‌بندی مسائل پرتکرار و طراحی راهکارهای بهینه برای ارتقای کیفیت محصول را فراهم آورد. این پژوهش با تمرکز بر خوشه‌بندی مشتریان ناراضی از کیفیت تایر، بر اساس مشکلات مختلف و ویژگی‌های جمعیت‌شناختی آنان انجام شده است. هدف آن، شناسایی الگوهای رایج نارضایتی و اولویت‌بندی مشکلات به‌منظور ارائه راهکارهای هدفمند برای بهبود کیفیت تایر و افزایش سطح رضایت مشتریان است.

۲-مبانی نظری و پیشینه پژوهش

در مطالعه‌ای که توسط بیانتورو و هرنادوئیتا (۲۰۲۱) با عنوان « استفاده از خوشه‌بندی برای تحلیل کیفیت تایرهای رادیال ران‌اوت و شناسایی مشکلات کیفیت در بخش‌های مختلف ساختار تایر» انجام شده است نشان می دهد که خوشه‌بندی می‌تواند ابزاری مؤثر در شناسایی مشکلات کیفی تایرهای رادیال ران‌اوت باشد. در این پژوهش، سه خوشه مرتبط با کیفیت تایر شناسایی گردید که شامل درز آج، درز دیواره کناری و سایر درزهای تایر بود. نتایج بیانگر آن بود که درزها بیشترین تأثیر را بر کیفیت تایر دارند و بهبودهای اعمال‌شده در این بخش موجب کاهش ۱۲.۵ درصدی عیوب مشاهده‌شده شد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که خوشه‌بندی می‌تواند در جهت بهبود هدفمند کیفیت تایر و شناسایی نقاط بحرانی در ساختار آن نقشی مؤثر ایفا کند[۲].

همچنین، در پژوهشی که توسط ساکهنویچ و همکاران (۲۰۲۵) با عنوان «طراحی یک رویکرد یادگیری ماشین برای شناسایی ناهنجاری‌ها در تعامل تایر و جاده» انجام شده است، استفاده از روش‌های یادگیری ماشین برای تحلیل و شناسایی ناهنجاری‌ها در داده‌های مربوط به تعامل تایر و سطح جاده مورد بررسی قرار گرفت. یافته‌های این پژوهش نشان داد که بهره‌گیری از الگوریتم‌های خوشه‌بندی و شناسایی ناهنجاری‌ها می‌تواند به افزایش دقت کالیبراسیون مدل‌های تایر و تشخیص رفتارهای غیرمعمول کمک کند.

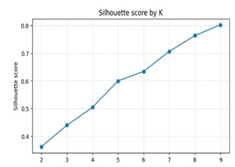
در بخش تحلیلی همین مطالعه، ساکهنویچ و همکاران (۲۰۲۵) گزارش کردند که الگوریتم پوشش بیضوی بهترین عملکرد را در ارزیابی ضریب چسبندگی داشته و الگوریتم ماشین بردار پشتیبان یک‌کلاسه(One-Class SVM) در ارزیابی سختی تایر در دو جهت طولی و عرضی نتایج مطلوب‌تری ارائه کرده است[۳].

۲-پژوهش پیشنهادی

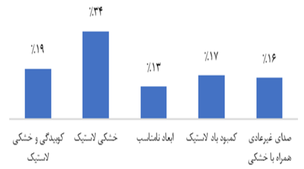
این پژوهش از نوع کاربردی است و هدف اصلی آن شناسایی و خوشه‌بندی مشتریانی است که در نظرسنجی شرکت بازرسی کیفیت و استاندارد ایران (ISQI) مشارکت داشته‌اند. شرکت ISQI که در سال ۱۳۶۸ تأسیس گردید، با هدف ارتقای کیفیت محصولات و صیانت از حقوق مصرف‌کنندگان تأسیس شده و در حوزه‌های فنی، مهندسی، کارشناسی و تحقیقاتی خدمات متنوعی ارائه می‌دهد. علاوه بر تدوین استانداردهای صنعتی، این شرکت بر اجرای پروژه‌ها نیز نظارت دارد. جامعه آماری پژوهش شامل مشتریان ناراضی از کیفیت تایر است که با ۱۱۹ نفر از آنان مصاحبه تلفنی صورت گرفت. در کنار ثبت نارضایتی‌ها، ویژگی‌های جمعیت‌شناختی پاسخ‌دهندگان شامل سن، جنسیت، سطح تحصیلات و استان محل سکونت نیز گردآوری شد. ابزار جمع‌آوری داده‌ها یک پرسشنامه ساختاریافته بود که توسط خبرگان طراحی گردید و سؤالات آن به‌صورت تلفنی مطرح شد. پرسشنامه شامل مواردی درباره مشکلات عملکردی تایر از جمله صداهای غیرعادی، کاهش فشار باد و کوبش تایر بود. در مرحله بعد، داده‌ها پیش‌پردازش شدند و برای خوشه‌بندی مورد استفاده قرار گرفتند. به‌منظور گروه‌بندی مشتریان بر اساس الگوهای مشکلات تایر، از الگوریتم K-میانگین استفاده شد. در نهایت، تمامی تحلیل‌ها با بهره‌گیری از زبان برنامه‌نویسی Python انجام گرفت.

۳-یافته های پژوهش

در این بخش تحلیل داده‌های حاصل از مصاحبه‌ها ارائه شده است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده و با استفاده از شاخص‌هایی نظیر Silhouette Score، تعداد خوشه‌های بهینه تعیین گردید و در نهایت پنج خوشه معنادار شناسایی شد. نتایج این تحلیل در نمودار۱ و۲ نمایش داده شده است.



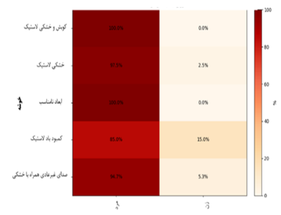
نمودار۱- تعداد خوشه ها با استفاده از شاخص Silhouette Score



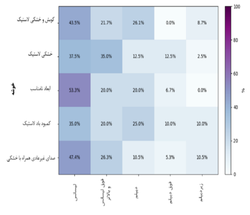
نمودار ۲- درصد فراوانی مشکلات تایر

این خوشه‌ها نمایانگر الگوهای مختلف مشکلات تایر در میان مشتریان بودند. نام‌گذاری خوشه‌ها بر اساس شدت و ترکیب ویژگی‌های برجسته انجام شد؛ خوشه‌هایی که تنها یک ویژگی شاخص دارند مانند خشکی تایر، ابعاد نامناسب یا کاهش باد، با نام ساده و مستقیم مشخص شدند، در حالی که خوشه‌هایی با دو ویژگی شاخص مانند کوبیدگی و خشکی یا صدای غیرعادی و خشکی، با نام ترکیبی نام‌گذاری شدند تا مشکلات چندگانه را منعکس کنند. این نام‌ها به روشنی نشان می‌دهند که هر خوشه نمایانگر چه نوع مشکل تایری است و امکان تشخیص و طبقه‌بندی دقیق مشکلات را فراهم می‌کنند. در نمودار ۲ درصد فراوانی خوشه ها ارائه شده است.

شکل ۱ توزیع بازه تحصیلات در خوشه ها را نشان می دهد.. افراد با سطح تحصیلات "لیسانس" در تمامی خوشه‌ها دارای بالاترین یا یکی از بالاترین درصدها هستند. این گروه با ٪۴۳.۵ در خوشه کوبش خشکی، ٪۳۷.۵ در خوشه خشکی لاستیک خالص، ٪۵۳.۳ در خوشه ابعاد نامناسب تایر، ٪۳۵.۰ در خوشه کم بودن باد و ٪۴۷.۴ در خوشه صدای غیرعادی خشکی حضور دارد. در مقابل، افراد با سطح تحصیلات "فوق لیسانس و بالاتر" در خوشه خشکی لاستیک خالص با ٪۳۵ بالاترین درصد را دارند. در خوشه ابعاد نامناسب تایر، لیسانس با ٪۵۳.۳ بیشترین حضور را دارد. در خوشه کم بودن باد تایر، توزیع نسبتاً متوازن است، اما لیسانس با ٪۳۵.۰ بالاترین درصد را دارد. در خوشه صدای غیرعادی خشکی تایر، لیسانس با ٪۴۷.۴ بالاترین حضور را دارد.



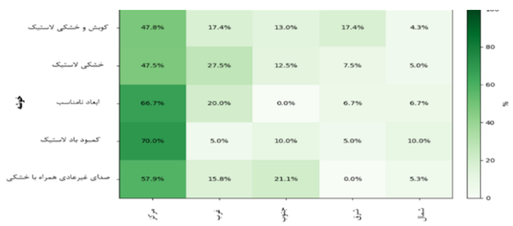
شکل۱- توزیع بازه تحصیلات در خوشه ها



شکل۲-توزیع جنسیت در خوشه ها

شکل ۲ توزیع جنسیت در خوشه ها را نشان می دهد. خوشه کوبش خشکی تایر، تمامی افراد (٪۱۰۰) مرد هستند، که نشان‌دهنده این است که این مشکل بیشتر در مردان رخ می‌دهد. در خوشه خشکی لاستیک خالص، ٪۹۷.۵ افراد مرد هستند. در خوشه ابعاد نامناسب تایر، تمامی افراد (٪۱۰۰) مرد هستند. در خوشه کم بودن باد تایر، ٪۸۵.۰ افراد مرد هستند. در خوشه صدای غیرعادی خشکی تایر، ٪۹۴.۷ افراد مرد هستند.

شکل ۳ توزیع موقعیت جغرافیایی مناطق در خوشه ها را نشان می دهد. منطقه مرکزی در تمامی خوشه‌ها دارای بالاترین درصد حضور است، که نشان‌دهنده نقش برجسته این منطقه در تجمع مشکلات تایر است. در خوشه ابعاد نامناسب تایر، مرکز با ٪۶۶.۷ حضور دارد که بالاترین درصد در تمام خوشه‌ها است. خوشه کم بودن باد تایر نیز در منطقه مرکز با ٪۷۰.۰ حضور دارد که بالاترین درصد در تمام خوشه‌ها است. در خوشه صدای غیرعادی خشکی تایر، مرکز با ٪۵۷.۹ دارای بالاترین درصد است، اما جنوب نیز با ٪۲۱.۱ حضور داردکه نشان‌دهنده تأثیر شرایط رانندگی سخت در این منطقه است.



شکل ۳-توزیع موقعیت جغرافیایی مناطق

۴-نتیجه گیری

تحلیل هدف اصلی این پژوهش، خوشه‌بندی مشتریان ناراضی از کیفیت تایر و شناسایی ویژگی‌های متمایز هر خوشه بود. داده‌های گردآوری‌شده از ۱۱۹ مشتری ناراضی با استفاده از الگوریتم K-میانگین تحلیل گردید و در نهایت، پنج خوشه معنادار شناسایی شد که هر یک بازتاب‌دهنده نوع خاصی از مشکلات تایر است.خوشه نخست با عنوان «کوبش و خشکی تایر» مشخص شد. این خوشه نشان‌دهنده مشتریانی است که به‌طور همزمان دو مشکل اساسی، یعنی لرزش در حین حرکت (کوبش) و خشکی بیش از حد تایر را تجربه می‌کنند. این ترکیب، مشکلات چندگانه‌ای در راحتی و ایمنی رانندگی ایجاد کرده و بیانگر اهمیت توجه به کیفیت ساخت و مواد اولیه تایر است. خوشه دوم تحت عنوان «خشکی تایر» شناسایی شد که شامل گروهی از مشتریان است که اصلی‌ترین شکایت آنان به سفتی و انعطاف‌ناپذیری تایر مربوط می‌شود. این مشکل می‌تواند ناشی از جنس لاستیک یا شرایط آب‌وهوایی باشد و بر تجربه رانندگی به‌ویژه در مسیرهای ناهموار اثر منفی می‌گذارد. خوشه سوم با نام «ابعاد نامناسب تایر» معرفی گردید. این خوشه مربوط به مشتریانی است که نارضایتی آنان ناشی از استفاده از تایرهایی با اندازه یا تناسب نامناسب با خودرو است. چنین مسئله‌ای علاوه بر تأثیر بر عملکرد فنی، می‌تواند ایمنی خودرو را نیز به خطر اندازد.

خوشه چهارم، « کمبود باد تایر» نام‌گذاری شد. این خوشه نشان‌دهنده گروهی از مشتریان است که بیشترین مشکل آنان کاهش مکرر فشار باد تایر است. این مسئله می‌تواند ناشی از نقص‌های فنی در ساخت تایر، شرایط جاده‌ای یا نگهداری نامناسب باشد. خوشه پنجم تحت عنوان « صدای غیرعادی و خشکی » مشخص شد. این خوشه نمایانگر مشتریانی است که علاوه بر خشکی تایر، صدای ناهنجار در هنگام حرکت خودرو را تجربه کرده‌اند. این ترکیب از مشکلات، کیفیت رانندگی را به‌شدت کاهش داده و می‌تواند بیانگر ضعف در طراحی ساختاری تایر باشد.نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که خوشه‌بندی نه‌تنها امکان دسته‌بندی منسجم مشکلات را فراهم می‌آورد، بلکه کمک می‌کند تا ویژگی‌های هر خوشه به‌طور دقیق مشخص شود. در مجموع، یافته‌ها تأکید می‌کند که شناسایی خوشه‌ها و نام‌گذاری آن‌ها بر اساس ماهیت مشکلات، ابزاری ارزشمند برای درک الگوهای نارضایتی مشتریان ارائه می دهد.

۵- پیشنهادات

پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی، اجرای مطالعات مشابه در بازه‌های زمانی مختلف مدنظر قرار گیرد تا بتوان تغییرات الگوهای نارضایتی مشتریان را در طول زمان شناسایی کرد و میزان اثربخشی اقدامات اصلاحی انجام‌شده توسط شرکت‌های تایرسازی را مورد ارزیابی قرار داد.

۶- قدردانی

بدینوسیله از حمایت معنوی شرکت بازرسی کیفیت و استاندارد ایران در دسترسی به داده ها و انجام این تحقیق کمال تشکر و قدردانی را دارم.

۷- منابع

۱. اکبری، و. و مرادی، ع. (۲۰۲۲). مطالعه‌ای کیفی درباره علل نارضایتی مشتریان از لاستیک خودرو .مجموعه مقالات هفتمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع، بهره‌وری و کیفیت، صفحات ۱ تا ۹.

2. Biantoro, B., & Hernadewita, H. (2021). *K-means clustering on quality of radial run-out tires*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1122, 012101.
3. Sakhnevych, A., Pasquino, N., & Sperlì, G. (2025). Design of a machine learning approach to anomaly detection in tyre-road interaction. *IEEE Access*, 13, 28920–28934