شکاف اعتماد در تعامل رانندگان با خودروهای خودران: مقایسه اعتماد ادراک‌شده و رفتار ترمزگیری در شبیه‌ساز رانندگی

مقاله علمی – پژوهشی

محمد سعیدی، دانشجوی دکتری، گروه مهندسی عمران- برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، دانشکده فنی‌مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران
علی عبدی کردانی، استاد، گروه مهندسی عمران- برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، دانشکده فنی‌مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران
*حمید میرزاحسین (نویسنده مسئول)، استاد، گروه مهندسی عمران- برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، دانشکده فنی‌مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران
احسان رمضانی خوانساری، استادیار، گروه مهندسی عمران- برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، دانشکده فنی‌مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران
امین فریدی اقدم، دانشجوی دکتری، گروه مهندسی عمران- برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، دانشکده فنی‌مهندسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: **mirzahossein@eng.ikiu.ac.ir**

دریافت: ۱۴۰۵/۰۳/۰۱- پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۰۲

صفحه ۲۴۷-۲۶۶

چکیده

این مقاله با هدف بررسی شکاف میان اعتماد ادراک‌شده و اعتماد رفتاری رانندگان نسبت به خودروهای خودران انجام شد. در این راستا، داده‌های پرسشنامه‌ای و داده‌های رفتاری حاصل از شبیه‌ساز رانندگی به‌صورت همزمان مورد تحلیل قرار گرفت و رفتار خودروی خودران نیز به‌عنوان خط مبنای مقایسه در نظر گرفته شد. نمونه پژوهش شامل ۴۶ شرکت‌کننده بود که هر دو نوع داده ادراکی و رفتاری را در اختیار داشتند. اعتماد ادراک‌شده از طریق پرسشنامه و در دو سطح اعتماد نظری و اعتماد عملی پس از تجربه شبیه‌ساز سنجیده شد. رفتار واقعی نیز بر اساس شاخص‌های ترمزگیری شامل تعداد ترمز، میانگین شدت ترمز و نوسان شدت ترمز تحلیل گردید. یافته‌ها نشان داد که میانگین تعداد ترمز رانندگان انسانی (۳۵,۵۶ در برابر ۲۱ در خودران) حدود ۶۹ درصد بیشتر از خودروی خودران بوده است. همچنین میانگین شدت ترمز در انسان‌ها (۰,۴۰۵ در برابر ۰,۳۵۹) و نوسان شدت ترمز (۰,۲۲۵ در برابر ۰,۲۱۱) نیز بالاتر از خودران بود. در مقابل، فاصله زمانی میان ترمزها در رانندگان انسانی کمتر از خودران گزارش شد. علاوه بر این، همبستگی معناداری میان اعتماد پرسشنامه‌ای و شاخص‌های رفتاری مشاهده نشد. در مجموع، نتایج نشان داد که با وجود گزارش سطح نسبتاً مثبت اعتماد در پرسشنامه، رفتار واقعی رانندگان همچنان مداخله‌گرانه‌تر از رفتار مرجع خودران است. این موضوع بیانگر وجود شکاف معنادار میان اعتماد ادراک‌شده و اعتماد رفتاری در تعامل با خودروهای خودران است.

واژه‌های کلیدی: خودروهای خودران، اعتماد ادراک‌شده، اعتماد رفتاری، شکاف اعتماد، شبیه‌ساز رانندگی

۱- مقدمه

خودروهای خودران به‌عنوان یکی از مهم‌ترین فناوری‌های نوظهور در حمل‌ونقل هوشمند، ظرفیت آن را دارند که بخش قابل توجهی از وظایف رانندگی را از انسان به سامانه‌های خودکار منتقل کنند (Lee & See, 2004). این تحول نه‌تنها

یک پیشرفت فناورانه، بلکه تغییری عمیق در تعامل انسان و ماشین محسوب می‌شود که پیامدهای رفتاری، شناختی و ایمنی قابل توجهی دارد (Hoff & Bashir, 2015). با وجود پیشرفت‌های فنی، پذیرش گسترده این فناوری همچنان به میزان اعتماد کاربران به عملکرد سیستم وابسته است (Walker et al., 2023).

در ادبیات تعامل انسان و سیستم‌های خودکار، اعتماد به‌عنوان یکی از عوامل کلیدی تعیین‌کننده اتکای کاربر به سیستم‌های خودکار شناخته می‌شود (Lee & See, 2004). با این حال، مسئله اصلی صرفاً سطح اعتماد نیست، بلکه کالیبراسیون آن با قابلیت واقعی سیستم است.

با وجود اهمیت این موضوع، بخش عمده مطالعات موجود اعتماد به خودروهای خودران را از طریق ابزارهای خودگزارشی مانند پرسشنامه‌ها بررسی کرده‌اند (Walker et al., 2023). این رویکرد اگرچه برای سنجش نگرش و پذیرش مفید است، اما لزوماً رفتار واقعی کاربران در موقعیت‌های رانندگی را بازتاب نمی‌دهد (He et al., 2022). در واقع، ممکن است کاربران در سطح اعلامی اعتماد بالایی گزارش کنند، اما در شرایط واقعی یا شبه‌واقعی رانندگی همچنان رفتارهای مداخله‌گرانه مانند ترمزگیری مکرر از خود نشان دهند.

این ناهماهنگی نشان‌دهنده ضرورت تفکیک میان اعتماد ادراک‌شده و اعتماد رفتاری است. اعتماد ادراک‌شده بیانگر سطح ذهنی و خوداظهاری کاربر است، در حالی که اعتماد رفتاری از طریق واکنش‌های واقعی مانند ترمزگیری، زمان واکنش و میزان مداخله قابل استنتاج است (He et al., 2022). در این میان، ترمزگیری به‌عنوان یکی از شاخص‌های کلیدی واکنش راننده در شرایط عدم‌اطمینان مطرح شده است (Zhu et al., 2022).

مطالعات نشان داده‌اند که رفتار رانندگان در مواجهه با مانورهای خودروهای خودران به‌شدت تحت تأثیر ادراک خطر و میزان اعتماد آنان قرار دارد (Zhu et al., 2022). با این حال، اغلب این مطالعات تنها رابطه جزئی میان اعتماد و رفتار را بررسی کرده‌اند و کمتر به شکاف سیستماتیک میان اعتماد اعلام‌شده و رفتار واقعی پرداخته‌اند.

از سوی دیگر، شبیه‌سازهای رانندگی امکان مطالعه کنترل‌شده این تعاملات را فراهم می‌کنند و اجازه می‌دهند همزمان داده‌های رفتاری دقیق و پاسخ‌های پرسشنامه‌ای جمع‌آوری شوند (He et al., 2022). با این وجود، در بسیاری از مطالعات، رفتار رانندگان بدون مقایسه با خط مبنای عملکرد خودروی خودران تحلیل شده است؛ در نتیجه، میزان واقعی فاصله رفتار انسان از سیستم خودران به‌درستی مشخص نمی‌شود. بر این اساس، مقاله حاضر با هدف بررسی شکاف میان اعتماد ادراک‌شده و اعتماد رفتاری رانندگان نسبت به خودروهای خودران طراحی شده است. در این راستا، داده‌های پرسشنامه‌ای با داده‌های رفتاری ثبت‌شده در شبیه‌ساز رانندگی ترکیب شده و رفتار خودروی خودران به‌عنوان خط مبنا برای مقایسه در نظر گرفته شده است. نوآوری اصلی این مطالعه در ترکیب سه سطح داده است: (۱) اعتماد اعلام‌شده از طریق پرسشنامه، (۲) رفتار واقعی ترمزگیری در شبیه‌ساز، و (۳) رفتار مرجع خودروی خودران. این چارچوب امکان تحلیل دقیق‌تر رابطه میان نگرش و رفتار را فراهم می‌کند و نشان می‌دهد که آیا اعتماد اعلام‌شده با رفتار واقعی هم‌راستا است یا خیر.

در نهایت، این مقاله به دنبال پاسخ به این پرسش است که آیا اعتماد ادراک‌شده رانندگان می‌تواند رفتار واقعی آنان در تعامل با خودروهای خودران را پیش‌بینی کند یا خیر، و تا چه اندازه شکاف میان این دو سطح از اعتماد قابل مشاهده و اندازه‌گیری است.

۲- پیشینه تحقیق

اعتماد در حوزه سیستم‌های خودکار به‌عنوان نگرشی تعریف می‌شود که بر اساس آن کاربر انتظار دارد سیستم در شرایط عدم‌اطمینان به تحقق اهداف او کمک کند (Lee & See, 2004). این مفهوم صرفاً یک حالت ذهنی ساده نیست، بلکه رابطه‌ای پویا میان کاربر، سیستم، هدف و محیط تصمیم‌گیری است. در نتیجه، اعتماد در سیستم‌های خودکار باید در بستر تعامل واقعی انسان–ماشین تحلیل شود.

در زمینه خودروهای خودران، این رابطه پیچیده‌تر می‌شود؛ زیرا تصمیم‌گیری در محیطی پویا، غیرقابل‌پیش‌بینی و وابسته به رفتار سایر کاربران راه انجام می‌شود (Walker et al., 2023). به همین دلیل، اعتماد یکی از عوامل کلیدی در تعیین میزان اتکای کاربر به سیستم‌های خودران محسوب می‌شود (Lee & See, 2004).

هاف و بشیر اعتماد به سیستم‌های خودکار را در سه سطح اعتماد سرشتی، موقعیتی و اکتسابی طبقه‌بندی می‌کنند (Hoff & Bashir, 2015). این مدل نشان می‌دهد که اعتماد نه یک ویژگی ثابت، بلکه نتیجه تعامل میان ویژگی‌های فردی، شرایط

محیطی و تجربه مستقیم با سیستم است. بنابراین، اعتماد در طول زمان و با مواجهه‌های مکرر با سیستم می‌تواند تغییر کند.

در این چارچوب، مفهوم کالیبراسیون اعتماد اهمیت اساسی دارد. اعتماد کالیبره‌شده زمانی رخ می‌دهد که سطح اعتماد کاربر با قابلیت واقعی سیستم هم‌راستا باشد (Lee & See, 2004). عدم کالیبراسیون می‌تواند منجر به دو حالت نامطلوب شود: اعتماد بیش‌ازحد که به اتکای غیرایمن منجر می‌شود، و بی‌اعتمادی که باعث عدم استفاده یا مداخله بیش از حد می‌شود (Lee, 2008).

بخش عمده پژوهش‌های مرتبط با خودروهای خودران، اعتماد را از طریق پرسشنامه‌ها و شاخص‌های خودگزارشی بررسی کرده‌اند (Walker et al., 2023). این رویکرد برای سنجش نگرش، پذیرش و ارزیابی ذهنی کاربران مناسب است، اما الزاماً رفتار واقعی آنان در موقعیت‌های رانندگی را بازتاب نمی‌دهد (He et al., 2022). در شرایط رانندگی، رفتار واقعی تحت تأثیر عوامل لحظه‌ای مانند ادراک خطر، بار شناختی و شرایط محیطی قرار دارد؛ بنابراین ممکن است با پاسخ‌های پرسشنامه‌ای تفاوت داشته باشد (He et al., 2022).

از این رو، تمایز میان اعتماد ادراک‌شده و اعتماد رفتاری در مطالعات خودروهای خودران ضروری است. اعتماد ادراک‌شده به سطح اعتماد اعلام‌شده توسط کاربر اشاره دارد، در حالی که اعتماد رفتاری از طریق رفتار واقعی مانند ترمزگیری، مداخله و زمان واکنش قابل استنتاج است (He et al., 2022).

این تمایز نشان می‌دهد که اعتماد یک سازه صرفاً ذهنی نیست، بلکه در رفتار نیز باید قابل مشاهده باشد.

مطالعات اخیر تأکید کرده‌اند که تحلیل اعتماد تنها بر اساس پرسشنامه‌ها کافی نیست و باید با داده‌های رفتاری تکمیل شود (Walker et al., 2023).

در تعامل انسان با خودروهای خودران، ترمزگیری یکی از مهم‌ترین رفتارهای واکنشی در شرایط عدم‌اطمینان است (He et al., 2022). این رفتار می‌تواند نشان‌دهنده ادراک خطر، سطح احتیاط یا میزان اعتماد کاربر به سیستم باشد. اگر کاربر به عملکرد خودروی خودران اعتماد بیشتری داشته باشد، انتظار می‌رود کمتر و دیرتر وارد مداخله شود. در مقابل، اعتماد پایین‌تر معمولاً با ترمزگیری مکررتر و شدیدتر همراه است. مطالعات شبیه‌ساز نشان داده‌اند که رفتار رانندگان در مواجهه با مانورهای خودران به‌شدت تحت تأثیر ادراک خطر و اعتماد قرار دارد(Zhu et al., 2022) . همچنین نشان داده شده است که تغییر در زمان‌بندی و شرایط ترافیکی می‌تواند به‌طور مستقیم بر شدت واکنش ترمز اثر بگذارد.

بنابراین، ترمزگیری می‌تواند به‌عنوان یک شاخص عملیاتی برای سنجش اعتماد رفتاری مورد استفاده قرار گیرد. شبیه‌سازهای رانندگی امکان مطالعه کنترل‌شده تعامل انسان و خودروهای خودران را فراهم می‌کنند (He et al., 2022).

این ابزارها اجازه می‌دهند رفتار رانندگان در شرایط استاندارد، قابل تکرار و ایمن ثبت و تحلیل شود. برخلاف مطالعات میدانی، شبیه‌ساز امکان ثبت همزمان داده‌های رفتاری و ذهنی را فراهم می‌کند.

این ویژگی باعث می‌شود شبیه‌ساز ابزار مناسبی برای مطالعه اعتماد و شکاف میان ادراک و رفتار باشد(Zhu et al., 2022) .

با این حال، در بسیاری از مطالعات، رفتار راننده بدون مقایسه با رفتار مرجع سیستم خودران تحلیل شده است. این موضوع باعث می‌شود میزان واقعی فاصله میان انسان و سیستم به‌درستی سنجیده نشود.

مرور ادبیات نشان می‌دهد که اعتماد به خودروهای خودران یک سازه چندبعدی و وابسته به موقعیت است (Hoff & Bashir, 2015).

با این وجود، بخش عمده پژوهش‌ها همچنان بر سنجش خودگزارشی اعتماد تمرکز دارند و کمتر به رفتار واقعی کاربران توجه کرده‌اند. این مسئله منجر به شکل‌گیری شکافی میان اعتماد ادراک‌شده و اعتماد رفتاری شده است (Lee & See, 2004). این شکاف می‌تواند به دو شکل ظاهر شود؛ اعتماد اعلامی بالا همراه با رفتار مداخله‌گرانه و اعتماد اعلامی پایین همراه با رفتار آرام و کم‌مداخله. در هر دو حالت، پرسشنامه به‌تنهایی قادر به توضیح رفتار واقعی کاربر نیست.

در ادبیات موجود همچنین معمولاً رفتار راننده بدون مقایسه با عملکرد واقعی سیستم خودران تحلیل می‌شود، در نتیجه فاصله انسان و سیستم به‌صورت دقیق قابل اندازه‌گیری نیست.

بر اساس مرور ادبیات، سه خلأ اصلی قابل شناسایی است؛ تمرکز غالب بر اعتماد خودگزارشی و غفلت از رفتار واقعی، نبود مقایسه مستقیم رفتار انسان با رفتار مرجع خودران و عدم وجود چارچوب یکپارچه برای سنجش همزمان ادراک و رفتار. در نتیجه، هنوز مشخص نیست که آیا اعتماد اعلام‌شده کاربران

می‌تواند رفتار واقعی آنان را در تعامل با خودروهای خودران پیش‌بینی کند یا خیر.

بر این اساس، مقاله حاضر با ترکیب سه سطح داده شامل اعتماد ادراک‌شده، رفتار ترمزگیری و خط مبنای خودران، تلاش می‌کند شکاف میان ادراک و رفتار را به‌صورت عملیاتی و قابل اندازه‌گیری بررسی کند.

مقاله حاضر در تقاطع سه حوزه اعتماد در سیستم‌های خودکار، رفتار رانندگی در شبیه‌ساز و پذیرش خودروهای خودران قرار دارد. نوآوری اصلی این مطالعه در این است که اعتماد را نه فقط به‌عنوان یک نگرش، بلکه به‌عنوان یک پدیده رفتاری قابل مشاهده در تعامل با سیستم تحلیل می‌کند. این رویکرد امکان تحلیل دقیق‌تر رابطه میان آنچه کاربران می‌گویند و آنچه در عمل انجام می‌دهند را فراهم می‌سازد.

۳- روش‌شناسی

مقاله حاضر از نظر هدف، کاربردی و از نظر رویکرد، کمی است. از آنجا که در این مطالعه رفتار واقعی شرکت‌کنندگان در محیط شبیه‌ساز رانندگی ثبت و با داده‌های پرسشنامه‌ای مقایسه شده است، طرح مقاله را می‌توان یک مطالعه تجربی-تحلیلی مبتنی بر شبیه‌ساز دانست. هدف اصلی مقاله، بررسی شکاف میان اعتماد ادراک‌شده و اعتماد رفتاری رانندگان نسبت به خودروهای خودران است. در این مطالعه، اعتماد ادراک‌شده از طریق پرسشنامه و اعتماد رفتاری از طریق رفتار واقعی ترمزگیری در شبیه‌ساز رانندگی ارزیابی شد. همچنین، برای تفسیر دقیق‌تر رفتار رانندگان انسانی، داده‌های مربوط به رفتار خودروی خودران در همان محیط شبیه‌سازی‌شده به‌عنوان خط مبنا مورد استفاده قرار گرفت. بنابراین، چارچوب کلی مطالعه بر مقایسه سه سطح داده استوار است: داده‌های پرسشنامه‌ای، داده‌های رفتاری انسانی و داده‌های رفتاری خودروی خودران.

۳-۱- جامعه آماری و نمونه‌گیری

جامعه آماری مطالعه شامل دانشجویان دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره) بود که در بازه اجرای پژوهش در دسترس قرار داشتند. شرکت‌کنندگان به‌صورت حضوری و با رضایت آگاهانه در مطالعه شرکت کردند. در مرحله اولیه، داده‌های رفتاری ۵۳ نفر در قالب فایل‌های جداگانه ثبت شد. هر فایل شامل زمان وقوع ترمز و شدت ترمز شرکت‌کننده در محیط شبیه‌ساز بود.

با این حال، از آنجا که هدف مقاله حاضر بررسی شکاف میان اعتماد پرسشنامه‌ای و رفتار واقعی است، لازم بود برای هر فرد هم داده پرسشنامه‌ای و هم داده رفتاری وجود داشته باشد. پس از تطبیق نام‌های ثبت‌شده در پرسشنامه با فایل‌های ترمز، ٤٦ نفر دارای داده کامل شناسایی شدند. بنابراین، تحلیل نهایی بر اساس ٤٦ شرکت‌کننده انجام شد. هفت فایل رفتاری به دلیل نبود پرسشنامه متناظر از تحلیل نهایی حذف شدند. جدول ۱، وضعیت نمونه‌ها و داده‌های تحلیل را نشان می‌دهد.

جدول ۱. وضعیت نمونه و داده‌های قابل تحلیل

مرحله	تعداد
فایل‌های رفتاری اولیه	۵۳
افراد دارای پرسشنامه قابل اتصال	٤٦
فایل‌های حذف‌شده به دلیل نبود پرسشنامه متناظر	۷
نمونه نهایی تحلیل شکاف اعتماد	٤٦

مطابق جدول ۱، حذف هفت فایل رفتاری صرفاً به دلیل نبود داده پرسشنامه‌ای متناظر انجام شد و نه به دلیل مقدارهای پرت یا نتایج رفتاری خاص. این تصمیم برای حفظ یکپارچگی نمونه در تحلیل شکاف اعتماد ضروری بود؛ زیرا محاسبه شکاف اعتماد فقط برای افرادی ممکن است که هر دو نوع داده پرسشنامه‌ای و رفتاری را داشته باشند.

۳-۲- ابزار

در این مطالعه از سه ابزار اصلی استفاده شد: پرسشنامه اعتماد به خودروهای خودران، شبیه‌ساز رانندگی و داده رفتار خودروی خودران. هر یک از این ابزارها در ادامه توضیح داده می‌شوند.

۳-۲-۱- پرسشنامه اعتماد به خودروهای خودران

برای سنجش اعتماد ادراک‌شده، از پرسشنامه اعتماد به خودروهای خودران استفاده شد. این پرسشنامه دو بخش اصلی داشت. بخش اول مربوط به اعتماد نظری شرکت‌کنندگان در سناریوهای مختلف رانندگی خودران بود.

این بخش شامل چهار سناریو بود.

-سناریوی دنباله‌روی یا حفظ فاصله طولی

-سناریوی فاصله عرضی

-سناریوی درک خطر

-سناریوی دورزدن میدان

در هر سناریو، شرکت‌کننده میزان اعتماد خود به عملکرد خودروی خودران را بر اساس طیف لیکرت پنج‌درجه‌ای اعلام کرد. عدد ۱ بیانگر اعتماد بسیار کم و عدد ۵ بیانگر اعتماد بسیار زیاد بود. میانگین چهار سناریو به‌عنوان شاخص اعتماد نظری کلی در نظر گرفته شد. بخش دوم پرسشنامه پس از تجربه شبیه‌ساز تکمیل شد و شامل سه بعد اصلی بود:

-عدم نگرانی نسبت به خودروهای خودران

-اشتیاق به پذیرش خودروهای خودران

-تمایل به کنار گذاشتن کنترل رانندگی

میانگین این سه بعد به‌عنوان شاخص اعتماد عملی یا اعتماد پس از تجربه شبیه‌ساز در نظر گرفته شد. در این مقاله، اعتماد عملی پرسشنامه‌ای به‌عنوان نماینده اصلی اعتماد ادراک‌شده پس از مواجهه با شبیه‌ساز استفاده شد.

۳-۲-۲- شبیه‌ساز رانندگی

برای ثبت رفتار واقعی شرکت‌کنندگان، از شبیه‌ساز رانندگی استفاده شد. شرکت‌کنندگان در محیط شبیه‌سازی‌شده با سناریوهای شهری مواجه شدند و در طول رانندگی، رفتار ترمزگیری آنان ثبت شد. مدت رانندگی در شبیه‌ساز حدود ۷۲۰ ثانیه در نظر گرفته شد. داده‌های ثبت‌شده برای هر فرد در یک فایل جداگانه ذخیره شد. هر فایل رفتاری شامل دو متغیر اصلی بود:

-زمان وقوع ترمز

-شدت ترمز

شدت ترمز به‌صورت عددی بین صفر تا یک ثبت شده بود. مقدار نزدیک به صفر نشان‌دهنده ترمز بسیار ضعیف یا عدم ترمز جدی و مقدار نزدیک به یک نشان‌دهنده ترمز شدیدتر است.

۳-۲-۳- داده رفتار خودروی خودران

برای مقایسه رفتار شرکت‌کنندگان انسانی با رفتار سیستم خودران، فایل مربوط به رانندگی خودروی خودران نیز تحلیل شد. این فایل شامل زمان ترمز و شدت ترمز خودروی خودران در همان محیط شبیه‌سازی‌شده بود. داده خودران به‌عنوان خط مبنا مورد استفاده قرار گرفت. منظور از خط مبنا، الگوی رفتاری سیستم خودران است که رفتار انسانی نسبت به آن مقایسه می‌شود. استفاده از خط مبنای خودران در این پژوهش اهمیت زیادی دارد؛ زیرا امکان بررسی این موضوع را فراهم می‌کند که آیا رفتار رانندگان انسانی به رفتار سیستم خودران نزدیک است یا از آن فاصله دارد. فاصله رفتاری از خودران، یکی از نشانه‌های اصلی اعتماد رفتاری پایین‌تر یا تمایل بیشتر به مداخله در نظر گرفته شد.

۳-۳- فرایند انجام

فرایند اجرای مطالعه در چند مرحله انجام شد. در مرحله نخست، شرکت‌کنندگان اطلاعات جمعیت‌شناختی خود را ارائه کردند. این اطلاعات شامل جنسیت، سن، سطح تحصیلات، داشتن یا نداشتن گواهینامه رانندگی، سابقه رانندگی و آشنایی قبلی با خودروهای خودران بود.

در مرحله دوم، شرکت‌کنندگان به پرسش‌های مربوط به اعتماد نظری در سناریوهای مختلف رانندگی خودران پاسخ دادند.

این مرحله برای سنجش برداشت اولیه و ذهنی افراد نسبت به عملکرد خودروهای خودران طراحی شد.

در مرحله سوم، شرکت‌کنندگان وارد محیط شبیه‌ساز رانندگی شدند. در طول رانندگی، داده‌های رفتاری مربوط به ترمزگیری آنان شامل زمان ترمز و شدت ترمز ثبت شد. این داده‌ها به‌صورت خودکار در فایل‌های جداگانه ذخیره شدند.

در مرحله چهارم، پس از پایان تجربه شبیه‌ساز، شرکت‌کنندگان پرسشنامه اعتماد پس از تجربه شبیه‌ساز را تکمیل کردند. این پرسشنامه شامل ابعاد عدم نگرانی، اشتیاق به پذیرش و تمایل به کنار گذاشتن کنترل رانندگی بود.

در نهایت، داده‌های پرسشنامه‌ای و داده‌های رفتاری هر فرد بر اساس نام و شناسه فردی به یکدیگر متصل شدند و فایل نهایی تحلیل ساخته شد.

۳-٤. آماده‌سازی و تطبیق داده‌ها

از آنجا که نام شرکت‌کنندگان در فایل پرسشنامه به فارسی و نام فایل‌های ترمز به لاتین ثبت شده بود، پیش از تحلیل لازم بود داده‌ها به‌صورت دستی و نیمه‌خودکار تطبیق داده شوند. برای این کار، نام و نام خانوادگی فارسی هر فرد با معادل لاتین موجود در نام فایل‌های ترمز مقایسه شد. موارد واضح به‌صورت مستقیم تطبیق داده شدند و موارد دارای اختلاف نوشتاری با بررسی دستی کنترل شدند. پس از تطبیق، ٤٦ نفر دارای داده کامل شناسایی شدند. برای هر یک از این افراد، داده‌های پرسشنامه‌ای

و شاخص‌های رفتاری ترمزگیری در یک فایل مادر ادغام شد. این فایل مادر مبنای تحلیل‌های آماری مقاله حاضر قرار گرفت. در این مرحله، داده‌های خام ترمز هر فرد پردازش شد و شاخص‌های رفتاری زیر استخراج گردید:

-تعداد کل ترمزها

- میانگین شدت ترمز

-انحراف معیار شدت ترمز

-حداقل شدت ترمز

-حداکثر شدت ترمز

-میانگین فاصله زمانی میان ترمزها

تعداد ترمز، میزان مداخله فرد در فرایند رانندگی را نشان می‌دهد. میانگین شدت ترمز، شدت کلی واکنش فرد را نشان می‌دهد. انحراف معیار شدت ترمز نیز برای سنجش نوسان و ناپایداری رفتار ترمزگیری استفاده شد. میانگین فاصله زمانی میان ترمزها نیز نشان می‌دهد که فرد با چه فاصله زمانی وارد عمل شده است.

۳-۵- تعریف اعتماد ادراک‌شده

در این مقاله، اعتماد ادراک‌شده به اعتمادی گفته می‌شود که شرکت‌کننده از طریق پرسشنامه اعلام کرده است. برای سنجش اعتماد ادراک‌شده، دو شاخص اصلی استفاده شد.

شاخص نخست، اعتماد نظری بود که بر اساس میانگین پاسخ شرکت‌کننده به چهار سناریوی رانندگی خودران محاسبه شد. این شاخص نشان‌دهنده برداشت اولیه فرد از عملکرد خودروی خودران در سناریوهای مختلف بود.

شاخص دوم، اعتماد عملی پرسشنامه‌ای یا اعتماد پس از تجربه شبیه‌ساز بود. این شاخص بر اساس میانگین ابعاد عدم نگرانی، اشتیاق به پذیرش و تمایل به کنار گذاشتن کنترل رانندگی محاسبه شد. در تحلیل شکاف اعتماد، اعتماد عملی پرسشنامه‌ای به‌عنوان شاخص اصلی اعتماد ادراک‌شده استفاده شد؛ زیرا این شاخص پس از مواجهه شرکت‌کننده با شبیه‌ساز اندازه‌گیری شده بود و نسبت به اعتماد نظری، ارتباط مستقیم‌تری با تجربه واقعی فرد داشت.

۳-٦- تعریف اعتماد رفتاری

اعتماد رفتاری به سطح اعتمادی اشاره دارد که از رفتار واقعی فرد در محیط شبیه‌ساز استنباط می‌شود. در این پژوهش، رفتار ترمزگیری به‌عنوان شاخص اصلی اعتماد رفتاری در نظر گرفته شد. مبنای این تعریف آن است که فردی که به عملکرد خودروی خودران اعتماد بیشتری دارد، کمتر تمایل به مداخله مکرر و شدید در فرایند رانندگی دارد. در مقابل، ترمزگیری بیشتر، شدیدتر و ناپایدارتر می‌تواند نشانه‌ای از تردید، نگرانی، احتیاط یا تمایل به کنترل باشد. بر این اساس، سه شاخص رفتاری برای سنجش اعتماد رفتاری استفاده شد.

-تعداد ترمز

-میانگین شدت ترمز

-نوسان شدت ترمز

-افزایش هر یک از این شاخص‌ها به‌عنوان نشانه‌ای از بار رفتاری بالاتر و اعتماد رفتاری پایین‌تر تفسیر شد. البته این تفسیر با احتیاط انجام شده است؛ زیرا ترمزگیری می‌تواند تحت تأثیر عوامل دیگری مانند سبک رانندگی، مهارت، تجربه و ادراک خطر نیز قرار گیرد. با این حال، در چارچوب این پژوهش، فاصله رفتار ترمزگیری فرد از رفتار خودروی خودران به‌عنوان یکی از نشانه‌های مهم شکاف اعتماد در نظر گرفته شد.

۳-۷- تعریف اعتماد رفتاری

برای تفسیر رفتار ترمزگیری شرکت‌کنندگان، داده خودروی خودران به‌عنوان خط مبنا استفاده شد. خط مبنا شامل تعداد ترمز، میانگین شدت ترمز و نوسان شدت ترمز خودروی خودران در همان محیط شبیه‌سازی‌شده بود. این خط مبنا امکان مقایسه مستقیم رفتار انسان و خودران را فراهم کرد.

در تحلیل‌ها، اگر تعداد ترمز، شدت ترمز یا نوسان ترمز یک شرکت‌کننده بیشتر از مقدار متناظر خودروی خودران بود، آن فرد از نظر رفتاری فاصله بیشتری با عملکرد خودران داشت. در مقابل، اگر رفتار فرد از نظر این شاخص‌ها برابر یا کمتر از خودروی خودران بود، رفتار او نزدیک‌تر به خط مبنای خودران در نظر گرفته شد.

۳-۸-شاخص بار رفتاری

برای ترکیب شاخص‌های مختلف ترمزگیری و ساخت یک معیار واحد از رفتار مداخله‌گرانه، شاخصی با عنوان شاخص بار رفتاری محاسبه شد. این شاخص بر اساس سه متغیر رفتاری ساخته شد.

-تعداد ترمز

-میانگین شدت ترمز

-انحراف معیار شدت ترمز

از آنجا که این سه متغیر دارای مقیاس‌های متفاوت بودند، ابتدا هر متغیر به نمره استاندارد تبدیل شد. سپس میانگین سه نمره استاندارد به‌عنوان شاخص بار رفتاری محاسبه شد.

فرمول کلی شاخص بار رفتاری به‌صورت رابطه (۱) است.

(۱) شاخص بار رفتاری = میانگین استانداردشده‌ی (تعداد ترمز، میانگین شدت ترمز، نوسان شدت ترمز)

در این شاخص، مقدار بالاتر نشان‌دهنده ترمزگیری بیشتر، شدیدتر و ناپایدارتر است. بنابراین، مقدار بالاتر شاخص بار رفتاری به‌عنوان نشانه‌ای از مداخله رفتاری بیشتر و اعتماد رفتاری پایین‌تر در نظر گرفته شد. در مقابل، مقدار پایین‌تر شاخص نشان‌دهنده رفتار آرام‌تر، پایدارتر و نزدیک‌تر به خودروی خودران است.

۳-۹- شاخص شکاف اعتماد

برای سنجش مستقیم شکاف میان اعتماد ادراک‌شده و اعتماد رفتاری، شاخص شکاف اعتماد ساخته شد. در این شاخص، اعتماد عملی پرسشنامه‌ای به‌عنوان نماینده اعتماد ادراک‌شده و شاخص بار رفتاری به‌عنوان نماینده معکوس اعتماد رفتاری استفاده شد.

از آنجا که شاخص بار رفتاری بالاتر به معنای اعتماد رفتاری پایین‌تر است، ابتدا جهت آن برای تفسیر اعتماد رفتاری معکوس در نظر گرفته شد. سپس اختلاف میان اعتماد ادراک‌شده استاندارد و اعتماد رفتاری استاندارد محاسبه شد.

منطق کلی شاخص به‌صورت رابطه (۲) است.

(۲) شاخص شکاف اعتماد = اعتماد ادراک‌شده استاندارد − اعتماد رفتاری استاندارد

و از آنجا که اعتماد رفتاری با بار رفتاری رابطه معکوس دارد، در عمل مقدار بالاتر شاخص شکاف اعتماد نشان می‌دهد که فرد در پرسشنامه اعتماد یا پذیرش بالاتری اعلام کرده، اما در رفتار واقعی ترمزگیری بیشتری نشان داده است.

تفسیر شاخص شکاف اعتماد به این صورت انجام شد.

مقدار مثبت بالا: اعتماد اعلامی بیشتر از اعتماد رفتاری است؛

مقدار منفی پایین: اعتماد رفتاری بیشتر از اعتماد اعلامی است؛

مقدار نزدیک به صفر: اعتماد اعلامی و رفتار واقعی نسبتاً هم‌راستا هستند.

بر اساس این شاخص، شرکت‌کنندگان به سه گروه تقسیم شدند. گروه دارای اعتماد اعلامی بیشتر از اعتماد رفتاری، گروه دارای اعتماد رفتاری بیشتر از اعتماد اعلامی و گروه هم‌راستا.

۳-۱۰- روش‌های تحلیل آماری

تحلیل داده‌ها در چند سطح انجام شد. ابتدا برای توصیف ویژگی‌های جمعیت‌شناختی، متغیرهای پرسشنامه‌ای و شاخص‌های رفتاری، از آمار توصیفی شامل فراوانی، درصد، میانگین، انحراف معیار، کمینه، بیشینه، میانه و چارک‌ها استفاده شد.

در مرحله بعد، برای بررسی اینکه میانگین اعتماد نظری و اعتماد عملی از مقدار متوسط طیف لیکرت بالاتر است یا خیر، از آزمون تی تک‌نمونه‌ای با مقدار ملاک ۳ استفاده شد. عدد ۳ به‌عنوان نقطه میانی طیف پنج‌درجه‌ای لیکرت در نظر گرفته شد.

برای مقایسه اعتماد نظری و اعتماد پس از تجربه شبیه‌ساز، از آزمون تی زوجی استفاده شد. این آزمون نشان داد که آیا تجربه شبیه‌ساز باعث تغییر معنادار در سطح اعتماد گزارش‌شده شده است یا خیر.

برای مقایسه رفتار رانندگان انسانی با خط مبنای خودران، از آزمون تی تک‌نمونه‌ای استفاده شد. در این آزمون، مقدار متناظر خودروی خودران برای هر شاخص رفتاری به‌عنوان مقدار ملاک در نظر گرفته شد. این تحلیل برای تعداد ترمز، میانگین شدت ترمز، نوسان شدت ترمز و میانگین فاصله میان ترمزها انجام شد.

همچنین، برای بررسی رابطه میان اعتماد پرسشنامه‌ای و رفتار واقعی ترمزگیری، از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. در این تحلیل، رابطه میان اعتماد نظری، اعتماد عملی و شاخص‌های رفتاری مانند تعداد ترمز، میانگین شدت ترمز، نوسان شدت ترمز و شاخص بار رفتاری بررسی شد.

در نهایت، برای تحلیل شکاف اعتماد، شاخص شکاف اعتماد محاسبه و شرکت‌کنندگان بر اساس مقدار این شاخص به سه گروه تقسیم شدند. سپس ویژگی‌های پرسشنامه‌ای و رفتاری این گروه‌ها به‌صورت توصیفی مقایسه شد.

۳-۱۱- ملاحظات تحلیلی

در تفسیر نتایج این مقاله، چند نکته باید مورد توجه قرار گیرد. نخست، داده‌های رفتاری بر اساس محیط شبیه‌ساز به دست آمده‌اند و اگرچه شبیه‌ساز امکان کنترل سناریوها و ثبت دقیق رفتار را فراهم می‌کند، اما ممکن است رفتار افراد در محیط واقعی جاده‌ای با رفتار آنان در شبیه‌ساز تفاوت داشته باشد.

دوم، ترمزگیری به‌عنوان شاخص اعتماد رفتاری استفاده شده است، اما این شاخص می‌تواند تحت تأثیر عوامل دیگری مانند مهارت رانندگی، ادراک خطر، اضطراب، سبک رانندگی و میزان آشنایی با شبیه‌ساز نیز قرار گیرد. بنابراین، در این مقاله ترمزگیری به‌عنوان نماینده‌ای از اعتماد رفتاری تفسیر می‌شود، نه تنها عامل قطعی و کامل برای سنجش اعتماد.

سوم، نمونه نهایی مطالعه شامل ٤٦ نفر بود که بیشتر آنان جوان و دانشگاهی بودند. بنابراین، در تعمیم نتایج به کل جامعه رانندگان باید احتیاط شود. با این حال، هدف اصلی این مقاله ارائه یک چارچوب تحلیلی برای سنجش شکاف میان اعتماد ادراک‌شده و رفتار واقعی در مواجهه با خودروهای خودران است، نه تعمیم قطعی نتایج به تمام جمعیت رانندگان.

٤- یافته‌ها

در این بخش، یافته‌های مقاله با هدف بررسی شکاف میان اعتماد ادراک‌شده و رفتار واقعی رانندگان در مواجهه با خودروهای خودران ارائه می‌شود. در این مقاله، اعتماد ادراک‌شده به سطح اعتمادی اشاره دارد که شرکت‌کنندگان از طریق پرسشنامه اعلام کرده‌اند. در مقابل، اعتماد رفتاری بر اساس رفتار واقعی ثبت‌شده در شبیه‌ساز رانندگی، به‌ویژه تعداد ترمز، شدت ترمز و نوسان شدت ترمز، تحلیل شده است.

داده‌های مقاله از سه منبع اصلی تشکیل شده‌اند. منبع نخست، داده‌های پرسشنامه‌ای شامل اعتماد نظری در سناریوهای مختلف و اعتماد پس از تجربه شبیه‌ساز است. منبع دوم، داده‌های رفتاری ترمزگیری شرکت‌کنندگان در شبیه‌ساز است که برای هر فرد به‌صورت فایل جداگانه ثبت شده بود. منبع سوم، فایل مربوط به رفتار خودروی خودران در همان محیط شبیه‌سازی‌شده است که به‌عنوان خط مبنا برای مقایسه رفتار انسانی و رفتار خودران استفاده شد.

در ابتدا، ۵۳ فایل ترمز مربوط به شرکت‌کنندگان در اختیار بود. با این حال، پس از تطبیق نام افراد در فایل‌های ترمز با نام‌های ثبت‌شده در پرسشنامه، مشخص شد که ٤٦ نفر دارای داده کامل شامل پرسشنامه و فایل ترمز هستند. بنابراین، تحلیل نهایی شکاف اعتماد بر اساس همین ٤٦ نفر انجام شد. هفت فایل ترمز به دلیل نبود پرسشنامه متناظر از تحلیل نهایی کنار گذاشته شدند. این تصمیم برای حفظ یکپارچگی داده‌ها و جلوگیری از اختلاف حجم نمونه در تحلیل‌های پرسشنامه‌ای و رفتاری اتخاذ شد.

در مجموع، در نمونه نهایی ٤٦ نفره، ١٦٣٦ رویداد ترمز انسانی استخراج شد. همچنین، داده مربوط به خودروی خودران شامل ۲۱ رویداد ترمز بود. این ساختار داده امکان تحلیل همزمان اعتماد پرسشنامه‌ای، رفتار واقعی ترمزگیری و فاصله رفتار انسانی از رفتار خودران را فراهم کرد.

برای انجام تحلیل شکاف اعتماد، لازم بود داده پرسشنامه‌ای هر فرد به فایل ترمز همان فرد متصل شود. جدول ۲، وضعیت پالایش و تطبیق داده‌ها را نشان می‌دهد. بر اساس جدول ۲، کلیه تحلیل‌های این مقاله بر اساس نمونه ٤٦ نفره انجام شد.

جدول ۲. وضعیت پالایش و تطبیق داده‌ها

مورد	تعداد
کل فایل‌های ترمز موجود	۵۳
افراد دارای پرسشنامه قابل اتصال	٤٦
فایل‌های ترمز بدون پرسشنامه متناظر	۷
رویدادهای ترمز انسانی در نمونه نهایی	١٦٣٦
رویدادهای ترمز خودروی خودران	۲۱
حجم نمونه نهایی تحلیل شکاف اعتماد	٤٦

٤-١- آمار توصیفی

جدول ۳ ویژگی‌های جمعیت‌شناختی نمونه نهایی ٤٦ نفره را نشان می‌دهد. مطابق نتایج، ۳۰ نفر از شرکت‌کنندگان مرد و ١٦ نفر زن بودند. بنابراین، ٦٥/٢ درصد نمونه را مردان و ٣٤/٨ درصد را زنان تشکیل داده‌اند. از نظر سنی، بیشترین فراوانی مربوط به گروه کمتر از ۲۳ سال بود. همچنین، ۸۷ درصد شرکت‌کنندگان دارای گواهینامه رانندگی و ۱۳ درصد فاقد گواهینامه بودند. از نظر آشنایی با خودروهای خودران نیز توزیع نمونه تقریباً متعادل بود.

جدول ۳. ویژگی‌های جمعیت‌شناختی نمونه نهایی مقاله

متغیر	گروه	فراوانی	درصد
جنسیت	مرد	۳۰	٦٥٪.٢
	زن	١٦	٣٤٪.٨
سن	کمتر از ۲۳ سال	۲٥	٥٤٪.٣
	۲۳ تا ۲٥ سال	١٥	٣٢٪.٦
	بیش از ۲٥ سال	٦	١٣٪.٠
تحصیلات	دانشجوی کارشناسی	٢٦	٥٦٪.٥
	کارشناسی	١٢	٢٦٪.١
	کارشناسی ارشد	٨	١٧٪.٤
گواهینامه رانندگی	دارد	٤٠	٨٧٪.٠
	ندارد	٦	١٣٪.٠
آشنایی با خودروهای خودران	آشنا	٢٤	٥٢٪.٢
	غیرآشنا	٢٢	٤٧٪.٨

ترکیب نمونه نشان می‌دهد که بیشتر شرکت‌کنندگان جوان و دانشگاهی هستند و اغلب آنان گواهینامه رانندگی دارند.
این ویژگی در تفسیر یافته‌ها اهمیت دارد، زیرا ادراک و رفتار رانندگان جوان نسبت به فناوری‌های نوین، از جمله خودروهای خودران، ممکن است با گروه‌های سنی بالاتر و رانندگان باتجربه‌تر متفاوت باشد.

در ادامه، شاخص‌های اصلی پرسشنامه شامل اعتماد نظری، عدم نگرانی، اشتیاق به پذیرش، تمایل به کنار گذاشتن کنترل رانندگی و اعتماد عملی کلی بررسی شد. اعتماد نظری بر اساس چهار سناریوی دنباله‌روی، فاصله عرضی، درک خطر و دورزدن میدان محاسبه شد. اعتماد عملی نیز بر اساس ابعاد عدم نگرانی، اشتیاق به پذیرش و تمایل به کنار گذاشتن کنترل رانندگی پس از تجربه شبیه‌ساز به دست آمد. جدول، آمار توصیفی متغیرهای پرسشنامه‌ای در نمونه نهایی را نشان می‌دهد.

مطابق جدول ٤، میانگین اعتماد نظری برابر با ۳/۰٤۳ بود که اندکی بالاتر از نقطه میانی طیف لیکرت است. میانگین اعتماد عملی نیز برابر با ۳/۲٥۷ بود. این مقدار نشان می‌دهد که شرکت‌کنندگان پس از تجربه شبیه‌ساز، در سطح کلی، نگرش نسبتاً مثبتی نسبت به پذیرش خودروهای خودران نشان داده‌اند.

با این حال، میانگین عدم نگرانی برابر با ۲/۷٤٥ بود که پایین‌تر از مقدار متوسط ۳ قرار دارد. این نتیجه نشان می‌دهد که اگرچه شرکت‌کنندگان در برخی ابعاد مانند پذیرش و واگذاری کنترل نمره بالاتری داشته‌اند، اما نگرانی نسبت به خودروهای خودران همچنان در میان آنان باقی مانده است.
بنابراین، اعتماد به خودروی خودران در این نمونه، حالتی کاملاً پایدار و بدون تردید ندارد؛ بلکه ترکیبی از پذیرش، تمایل به استفاده و نگرانی همزمان است.

جدول ٤. آمار توصیفی متغیرهای پرسشنامه‌ای در نمونه نهایی

متغیر	تعداد	میانگین	انحراف معیار	کمینه	چارک اول	میانه	چارک سوم	بیشینه
اعتماد نظری	٤٦	۳/۰٤۳	۰/۷۲٥	۱/۷٥۰	۲/٥۰۰	۳/۰۰۰	۳/٥۰۰	٥/۰۰۰
عدم نگرانی	٤٦	۲/۷٤٥	۰/۷٥۲	۱/۳۷٥	۲/۲٥۰	۲/٦۲٥	۳/۳۱۲	٤/۲٥۰
اشتیاق به پذیرش	٤٦	۳/۳۲٤	۱/۰٤٤	۱/۰۰۰	۲/٦۲٥	۳/٥۰۰	٤/۰۰۰	٥/۰۰۰
تمایل به کنار گذاشتن کنترل	٤٦	۳/۷۰۳	۰/٦۷۹	۱/٦٦۷	۳/۳۳۳	٤/۰۰۰	٤/۰۰۰	٤/٦٦۷
اعتماد عملی	٤٦	۳/۲٥۷	۰/٦۸۷	۱/۳۸۹	۲/۷۹۹	۳/۳٥٤	۳/٦۱۸	٤/٦۳۹

٤-۲- سطح اعتماد نظری در سناریوهای مختلف رانندگی خودران

برای بررسی سطح اعتماد نظری شرکت‌کنندگان به خودروهای خودران، چهار سناریوی مختلف تحلیل شد. این سناریوها شامل دنباله‌روی یا فاصله طولی، فاصله عرضی، درک خطر و دورزدن میدان بودند. برای بررسی اینکه میانگین اعتماد در هر سناریو به‌طور معناداری از سطح متوسط بالاتر است یا خیر، از آزمون تی تک‌نمونه‌ای با مقدار ملاک ۳ استفاده شد (جدول ٥). نتایج جدول ٥ نشان می‌دهد که از میان چهار سناریو، تنها سناریوی دورزدن میدان دارای میانگین اعتماد معنادار بالاتر از مقدار ملاک بود. میانگین اعتماد در این سناریو برابر با ۳/۳۷۰ و سطح معناداری آن برابر با ۰/۰۰۸ بود. بنابراین، شرکت‌کنندگان در

سناریوی دورزدن میدان، اعتماد بیشتری به عملکرد خودروی خودران نشان داده‌اند. در مقابل، سناریوهای دنباله‌روی، فاصله عرضی و درک خطر تفاوت معناداری با مقدار متوسط نداشتند. پایین‌ترین میانگین اعتماد مربوط به سناریوی درک خطر بود.
این یافته نشان می‌دهد که در موقعیت‌هایی که نیاز به تشخیص خطر و واکنش مناسب وجود دارد، اعتماد شرکت‌کنندگان نسبت به خودروهای خودران کاهش می‌یابد. بنابراین، سناریوهای خطرآفرین و غیرقابل‌پیش‌بینی می‌توانند حساس‌ترین بخش در ارزیابی اعتماد کاربران به خودروهای خودران باشند.

٤-٣-سطح اعتماد نظری در سناریوهای مختلف رانندگی خودران

پس از تجربه رانندگی با شبیه‌ساز، سه بعد اصلی اعتماد عملی شامل عدم نگرانی، اشتیاق به پذیرش و تمایل به کنار گذاشتن کنترل رانندگی بررسی شد. همانند بخش قبل، مقدار ۳ به‌عنوان نقطه میانی طیف و مقدار ملاک در آزمون تی تک‌نمونه‌ای در نظر گرفته شد (جدول ٦).
نتایج جدول ٦ نشان می‌دهد که میانگین عدم نگرانی برابر با ۲/۷٤٥ و به‌طور معناداری پایین‌تر از مقدار ۳ است. بنابراین، نگرانی نسبت به خودروهای خودران در میان شرکت‌کنندگان باقی مانده است.

در مقابل، اشتیاق به پذیرش با میانگین ۳/۳۲٤، تمایل به کنار گذاشتن کنترل با میانگین ۳/۷۰۳ و اعتماد عملی کلی با میانگین ۳/۲٥۷ به‌طور معناداری بالاتر از مقدار ۳ بودند. این یافته نشان می‌دهد که تجربه شبیه‌ساز توانسته است در سطح ذهنی، نوعی آمادگی برای پذیرش خودروهای خودران ایجاد کند. با این حال، پایین بودن معنادار عدم نگرانی نشان می‌دهد که پذیرش اعلام‌شده با حذف کامل نگرانی همراه نبوده است.

جدول ٥. نتایج آزمون تی تک‌نمونه‌ای برای اعتماد نظری در سناریوهای مختلف

سناریو	تعداد	میانگین	انحراف معیار	مقدار ملاک	آماره تی	سطح معناداری
دنباله‌روی یا فاصله طولی	٤٦	۳/۰۲۲	۱/۰۸٥	۳	۰/۱۳٦	۰/۸۹۳
فاصله عرضی	٤٦	۳/۰۰۰	۰/۹۱۹	۳	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰
درک خطر	٤٦	۲/۷۸۳	۱/۰٥۲	۳	-۱/٤۰۱	۰/۱٦۸
دورزدن میدان	٤٦	۳/۳۷۰	۰/۹۰۳	۳	۲/۷۷٥	۰/۰۰۸
اعتماد نظری کلی	٤٦	۳/۰٤۳	۰/۷۲٥	۳	۰/٤۰۷	۰/٦۸٦

این نتیجه از نظر مفهومی بسیار مهم است؛ زیرا نشان می‌دهد افراد می‌توانند همزمان دو وضعیت را تجربه کنند: از یک طرف، تمایل به پذیرش فناوری خودران داشته باشند و از طرف دیگر، همچنان نسبت به عملکرد آن نگران باشند. همین دوگانگی یکی از زمینه‌های شکل‌گیری شکاف اعتماد است.

٤-٤- مقایسه اعتماد نظری و اعتماد پس از تجربه شبیه‌ساز

برای بررسی اینکه تجربه شبیه‌ساز باعث تغییر سطح اعتماد شرکت‌کنندگان شده است یا خیر، اعتماد نظری کلی با اعتماد عملی کلی پس از تجربه شبیه‌ساز مقایسه شد (جدول ۷).
برای این منظور از آزمون تی زوجی استفاده شد.
نتایج جدول ۷ نشان می‌دهد که میانگین اعتماد عملی پس از تجربه شبیه‌ساز بالاتر از میانگین اعتماد نظری است. اختلاف میانگین برابر با ۰/۲۱٤ بود. با این حال، سطح معناداری برابر با ۰/۰٦٤ به دست آمد که در سطح ۰/۰٥ معنادار نیست، هرچند به آستانه معناداری نزدیک است.
بنابراین، می‌توان گفت تجربه شبیه‌ساز باعث افزایش نسبی اعتماد گزارش‌شده شده است، اما این افزایش در نمونه نهایی ٤٦ نفره به سطح معناداری آماری نرسیده است. این نتیجه نسبت به تحلیل اولیه اهمیت دارد، زیرا نشان می‌دهد با محدود کردن نمونه به افراد دارای داده کامل، افزایش اعتماد پس از تجربه شبیه‌ساز همچنان مشاهده می‌شود، اما از نظر آماری قطعی نیست.

جدول ٦. نتایج آزمون تی تک‌نمونه‌ای برای ابعاد اعتماد پس از تجربه شبیه‌ساز

متغیر	تعداد	میانگین	انحراف معیار	مقدار ملاک	آماره تی	سطح معناداری
عدم نگرانی	٤٦	۲/۷٤٥	۰/۷٥۲	۳	-۲/۳۰۳	۰/۰۲٦
اشتیاق به پذیرش	٤٦	۳/۳۲٤	۱/۰٤٤	۳	۲/۱۰۸	۰/۰٤۱
تمایل به کنار گذاشتن کنترل	٤٦	۳/۷۰۳	۰/٦۷۹	۳	۷/۰۲٦	کمتر از ۰/۰۰۱
اعتماد عملی کلی	٤٦	۳/۲٥۷	۰/٦۸۷	۳	۲/٥۳۹	۰/۰۱٥

جدول ۷. مقایسه اعتماد نظری و اعتماد پس از تجربه شبیه‌ساز

متغیر	میانگین اعتماد نظری	میانگین اعتماد عملی	اختلاف میانگین	آماره تی	سطح معناداری
اعتماد به خودروهای خودران	۳/۰٤۳	۳/۲٥۷	۰/۲۱٤	۱/۸۹۹	۰/۰٦٤

٤-٥- آمار توصیفی رفتار ترمزگیری شرکت‌کنندگان

در این بخش، داده‌های خام ترمزگیری شرکت‌کنندگان در شبیه‌ساز تحلیل شد. برای هر فرد، شاخص‌های رفتاری شامل تعداد ترمز، میانگین شدت ترمز، نوسان شدت ترمز، حداکثر شدت ترمز و میانگین فاصله زمانی میان ترمزها استخراج شد (جدول ۸).

مطابق جدول ۸، میانگین تعداد ترمز شرکت‌کنندگان برابر با ۳۵/٥٦٥ رویداد بود. کمترین تعداد ترمز ١٤ و بیشترین تعداد ترمز ۱۰۷ بود. این دامنه گسترده نشان می‌دهد که شرکت‌کنندگان از نظر میزان مداخله رفتاری در شبیه‌ساز تفاوت زیادی با یکدیگر داشته‌اند. میانگین شدت ترمز برابر با ۰/٤۰٥ بود و میانه آن ۰/٤۱۲ به دست آمد. همچنین، میانگین حداکثر شدت ترمز برابر با ۰/۷٤٥ بود. این مقدار نشان می‌دهد که بیشتر شرکت‌کنندگان در طول رانندگی حداقل یک یا چند ترمز شدید را تجربه کرده‌اند. نوسان شدت ترمز نیز با میانگین ۰/۲۲٥ نشان‌دهنده تغییرپذیری قابل توجه در رفتار ترمزگیری است.

از نظر تفسیری، تعداد بیشتر ترمز، شدت بیشتر ترمز و نوسان بالاتر در شدت ترمز می‌تواند نشان‌دهنده احتیاط، تردید، تمایل به کنترل و اعتماد رفتاری پایین‌تر نسبت به خودروی خودران باشد.

٤-٦- رفتار ترمزگیری خودروی خودران به‌عنوان خط مبنا

برای بررسی تفاوت کلی رفتار رانندگان انسانی و خودروی خودران، چهار شاخص اصلی مقایسه شد (جدول ۱۰): تعداد ترمز، میانگین شدت ترمز، نوسان شدت ترمز و میانگین فاصله میان ترمزها.

نتایج جدول ۱۰ نشان می‌دهد که تعداد ترمزهای رانندگان انسانی حدود ٦۹ درصد بیشتر از خودروی خودران بوده است. همچنین میانگین شدت ترمز انسانی حدود ۱۳ درصد بالاتر از خودروی خودران بود. از سوی دیگر، میانگین فاصله میان ترمزها در رانندگان انسانی حدود ۲۷ درصد کمتر از خودران بود. به بیان ساده، انسان‌ها زودتر و مکررتر از خودروی خودران ترمز گرفته‌اند. این تفاوت‌ها نشان می‌دهد که رفتار انسان در مواجهه با رانندگی خودران، محتاطانه‌تر و مداخله‌گرانه‌تر از رفتار سیستم خودران است. اگر ترمزگیری بیشتر و شدیدتر را نشانه‌ای از تردید یا کنترل‌جویی رفتاری بدانیم، این یافته می‌تواند شاهدی اولیه بر وجود شکاف میان اعتماد اعلام‌شده و رفتار واقعی باشد.

برای بررسی اینکه تفاوت رفتار رانندگان انسانی با خودروی خودران از نظر آماری معنادار است یا خیر، از آزمون تی تک‌نمونه‌ای استفاده شد (جدول ۱۱). در این آزمون، مقدار خط مبنای خودران به‌عنوان مقدار ملاک در نظر گرفته شد.

نتایج جدول ۱۱ نشان می‌دهد که تعداد ترمزهای رانندگان انسانی به‌طور معناداری بیشتر از خودروی خودران بوده است. سطح معناداری کمتر از ۰/۰۰۱ و اندازه اثر کوهن برابر با ۰/۸۸۹ نشان می‌دهد که این تفاوت از نظر آماری و عملی قابل توجه است.

همچنین، میانگین شدت ترمز انسانی به‌طور معناداری بیشتر از خودروی خودران بود. این نتیجه نشان می‌دهد که تفاوت انسان و خودران فقط در تعداد ترمز نیست، بلکه در شدت ترمز نیز دیده می‌شود. نوسان شدت ترمز در انسان‌ها بالاتر از خودران بود، اما این تفاوت در سطح ۰/۰٥ معنادار نشد. با این حال،

جهت تفاوت همچنان نشان‌دهنده نوسان بیشتر رفتار انسانی است. میانگین فاصله میان ترمزها در انسان‌ها به‌طور معناداری کمتر از خودران بود. این یافته نشان می‌دهد که انسان‌ها در بازه‌های زمانی کوتاه‌تر وارد عمل شده‌اند. بنابراین، رفتار ترمزگیری انسانی در مقایسه با خودروی خودران مکررتر، شدیدتر و از نظر زمانی فشرده‌تر بوده است.

برای بررسی دقیق‌تر رفتار ترمزگیری، هر رویداد ترمز بر اساس شدت آن به سه گروه تقسیم شد (جدول ۱۲): ترمز سبک با شدت کمتر از ۰/۲۵، ترمز متوسط با شدت ۰/۲۵ تا ۰/۵۰، و ترمز شدید با شدت ۰/۵۰ یا بیشتر. مطابق جدول ۱۲، بیشترین سهم ترمزهای انسانی مربوط به ترمزهای شدید است. ۴۳/۰۳ درصد از کل ترمزهای انسانی در گروه شدید قرار گرفته‌اند. در مقابل، در خودروی خودران، بیشترین سهم مربوط به ترمزهای متوسط است و تنها ۲۳/۸۱ درصد ترمزها در گروه شدید قرار دارند.

این نتیجه از نظر تحلیل اعتماد رفتاری اهمیت زیادی دارد. بالا بودن سهم ترمزهای شدید در انسان‌ها نشان می‌دهد که رانندگان در مواجهه با شرایط رانندگی خودران، واکنش‌های شدیدتر و محافظه‌کارانه‌تری نشان داده‌اند. بنابراین، رفتار انسانی نه‌تنها از نظر تعداد ترمز، بلکه از نظر شدت رویدادهای ترمز نیز از رفتار خودران فاصله دارد.

جدول ۸. آمار توصیفی رفتار ترمزگیری شرکت‌کنندگان در شبیه‌ساز

شاخص رفتاری	تعداد	میانگین	انحراف معیار	کمینه	چارک اول	میانه	چارک سوم	بیشینه
تعداد ترمز	٤٦	٣٥/٥٦٥	١٦/٣٧٨	١٤	٢٧	٣٣,٥٠٠	٤٠	١٠٧
میانگین شدت ترمز	٤٦	٠/٤٠٥	٠/١٤٠	٠/٠٧٣	٠/٣٠٠	٠/٤١٢	٠/٥٠١	٠/٦٧٣
نوسان شدت ترمز	٤٦	٠/٢٢٥	٠/٠٥٣	٠/٠٩٥	٠/١٩٨	٠/٢٣٢	٠/٢٥٨	٠/٣٦٠
حداکثر شدت ترمز	٤٦	٠/٧٤٥	٠/٠٨٦	٠/٤٠٥	٠/٧٢٠	٠/٧٥٤	٠/٧٩١	٠/٨٥٨
میانگین فاصله میان ترمزها، ثانیه	٤٦	٢٢/٢٠٦	٧/٨٢٣	٦/٣٨٦	١٧/٣٣٥	٢١/٣١٩	٢٥/٦٢١	٤٧/٣٥٣

جدول ۹. آمار توصیفی رفتار ترمزگیری خودروی خودران

شاخص	مقدار
تعداد رویدادهای ترمز	٢١
میانگین شدت ترمز	٠/٣٥٩
نوسان شدت ترمز	٠/٢١١
حداقل شدت ترمز	٠/٠١٥
حداکثر شدت ترمز	٠/٧٤٢
مدت رانندگی بر اساس داده‌های ترمز، ثانیه	٦٠٧
میانگین فاصله میان ترمزها، ثانیه	٣٠/٣٥٠
انحراف معیار فاصله میان ترمزها، ثانیه	١٧/٩٨٩

جدول ۱۰. مقایسه رفتار ترمزگیری رانندگان انسانی با خودروی خودران

شاخص	رانندگان انسانی	خودروی خودران	اختلاف	اختلاف نسبی
تعداد ترمز	٣٥/٥٦٥	٢١	+١٤/٥٦٥	+٦٩/٣٦٪
میانگین شدت ترمز	٠/٤٠٥	٠/٣٥٩	+٠/٠٤٦	+١٢/٨٤٪
نوسان شدت ترمز	٠/٢٢٥	٠/٢١١	+٠/٠١٤	+٦/٥٨٪
میانگین فاصله میان ترمزها، ثانیه	٢٢/٢٠٦	٣٠/٣٥٠	−٨/١٤٤	-٢٦/٨٣٪

جدول ۱۱. آزمون تی تک‌نمونه‌ای برای مقایسه رفتار انسانی با خط مبنای خودران

شاخص	میانگین انسانی	انحراف معیار انسانی	مقدار خودران	اختلاف میانگین	آماره تی	سطح معناداری	اندازه اثر کوهن	فاصله اطمینان ۹۵٪ برای اختلاف
تعداد ترمز	۳۵/۵۶۵	۱۶/۳۷۸	۲۱	۱۴/۵۶۵	۶/۰۳۱	کمتر از ۰/۰۰۱	۰/۸۸۹	۹/۷۰۱ تا ۱۹/۴۲۹
میانگین شدت ترمز	۰/۴۰۵	۰/۱۴۰	۰/۳۵۹	۰/۰۴۶	۲/۲۳۰	۰/۰۳۱	۰/۳۲۹	۰/۰۰۴ تا ۰/۰۸۸
نوسان شدت ترمز	۰/۲۲۵	۰/۰۵۳	۰/۲۱۱	۰/۰۱۴	۱/۷۸۰	۰/۰۸۲	۰/۲۶۲	۰/۰۰۲- تا ۰/۰۳۰
میانگین فاصله میان ترمزها	۲۲/۲۰۶	۷/۸۲۳	۳۰/۳۵۰	-۸/۱۴۴	-۷/۰۶۰	کمتر از ۰/۰۰۱	-۱/۰۴۱	۱۰/۴۶۷- تا ۵/۸۲۰-

جدول ۱۲. توزیع شدت رویدادهای ترمز در رانندگان انسانی و خودروی خودران

گروه شدت ترمز	تعداد در انسان	درصد در انسان	تعداد در خودران	درصد در خودران
ترمز سبک، کمتر از ۰,۲۵	۶۲۲	۳۸/۰۲٪	۷	۳۳/۳۳٪
ترمز متوسط، ۰,۲۵ تا ۰,۵۰	۳۱۰	۱۸/۹۵٪	۹	۴۲/۸۶٪
ترمز شدید، ۰,۵۰ یا بیشتر	۷۰۴	۴۳/۰۳٪	۵	۲۳/۸۱٪
مجموع	۱۶۳۶	۱۰۰٪	۲۱	۱۰۰٪

۴-۷- شاخص‌ها

برای کمی‌سازی رفتار مداخله‌گرانه رانندگان، شاخصی با عنوان شاخص بار رفتاری ساخته شد. این شاخص بر اساس سه مؤلفه محاسبه شد: تعداد ترمز، میانگین شدت ترمز و نوسان شدت ترمز. از آنجا که این سه متغیر در مقیاس‌های متفاوت قرار داشتند، ابتدا هر یک به نمره استاندارد تبدیل شدند. سپس میانگین سه نمره استاندارد به‌عنوان شاخص بار رفتاری هر فرد محاسبه شد. در این شاخص، مقدار بالاتر نشان‌دهنده ترمزگیری بیشتر، شدیدتر و ناپایدارتر است. بنابراین، مقدار بالاتر شاخص بار رفتاری به‌عنوان نشانه‌ای از اعتماد رفتاری پایین‌تر یا تمایل بیشتر به مداخله در نظر گرفته شد (جدول ۱۳). مطابق جدول ۱۳، شاخص بار رفتاری دارای میانگین صفر است؛ زیرا این شاخص از نمرات استاندارد ساخته شده است. افراد با مقدار بالاتر از میانه دارای رفتار ترمزگیری سنگین‌تر و افراد با مقدار پایین‌تر دارای رفتار نزدیک‌تر به عملکرد خودران هستند. بر اساس چارک اول و سوم این شاخص، شرکت‌کنندگان به سه گروه تقسیم شدند: بار رفتاری پایین، بار رفتاری متوسط و بار رفتاری بالا (جدول ۱۴).

نتایج جدول ۱۴ نشان می‌دهد که گروه دارای بار رفتاری بالا، به‌طور میانگین حدود ۵۰ بار ترمز گرفته‌اند؛ درحالی‌که این مقدار در گروه بار رفتاری پایین حدود ۳۰ بار بوده است. همچنین، نوسان شدت ترمز در گروه بار رفتاری بالا بیشتر از دو گروه دیگر است. این یافته نشان می‌دهد که بخشی از شرکت‌کنندگان در مواجهه با خودروی خودران، رفتار بسیار مداخله‌گرانه‌تری نشان داده‌اند. برای تحلیل مستقیم شکاف میان اعتماد اعلام‌شده و رفتار واقعی، شاخص شکاف اعتماد محاسبه شد (جدول ۱۵). در این شاخص، اعتماد عملی پرسشنامه‌ای به‌عنوان نماینده اعتماد ادراک‌شده و شاخص بار رفتاری به‌عنوان نماینده معکوس اعتماد رفتاری در نظر گرفته شد. برای محاسبه شاخص شکاف اعتماد، ابتدا اعتماد عملی به نمره استاندارد تبدیل شد. سپس شاخص بار رفتاری نیز استاندارد شد. از آنجا که بار رفتاری بیشتر به معنای اعتماد رفتاری کمتر است، جهت آن معکوس شد. بنابراین، شاخص شکاف اعتماد بر اساس اختلاف میان اعتماد ادراک‌شده استاندارد و اعتماد رفتاری استاندارد محاسبه شد.

تفسیر این شاخص به این صورت است:

مقدار مثبت بالا: اعتماد اعلامی بیشتر از اعتماد رفتاری است؛ یعنی فرد در پرسشنامه اعتماد بالاتری نشان داده، اما در رفتار واقعی بیشتر مداخله کرده است.

مقدار منفی پایین: اعتماد رفتاری بیشتر از اعتماد اعلامی است؛ یعنی فرد در پرسشنامه اعتماد پایین‌تری اعلام کرده، اما در عمل رفتار آرام‌تر و نزدیک‌تر به خودران داشته است.

مقدار نزدیک به صفر: اعتماد اعلامی و رفتار واقعی نسبتاً هم‌راستا هستند. مطابق جدول ۱۵، شاخص شکاف اعتماد دارای دامنه قابل توجهی است. کمینه آن ۲/۸٦٦- و بیشینه آن ۳/۲۵۱ است. این دامنه نشان می‌دهد که شرکت‌کنندگان از نظر میزان همخوانی یا ناهمخوانی میان اعتماد اعلامی و رفتار واقعی تفاوت زیادی با یکدیگر دارند.

٤-۸- طبقه‌بندی شرکت‌کنندگان بر اساس شکاف اعتماد

بر اساس مقدار شاخص شکاف اعتماد، شرکت‌کنندگان به سه گروه تقسیم شدند (جدول ١٦): گروهی که اعتماد اعلامی آن‌ها بیشتر از اعتماد رفتاری بود، گروهی که اعتماد رفتاری آن‌ها بیشتر از اعتماد اعلامی بود و گروهی که اعتماد اعلامی و رفتار واقعی آنان تقریباً هم‌راستا بود.

مطابق جدول ١٦، ١٦ نفر از شرکت‌کنندگان در گروهی قرار گرفتند که اعتماد اعلامی آنان بیشتر از اعتماد رفتاری بود. این گروه برای بحث شکاف اعتماد بسیار مهم است؛ زیرا این افراد در پرسشنامه سطحی از اعتماد یا پذیرش را گزارش کرده‌اند، اما رفتار واقعی آنان در شبیه‌ساز نشان‌دهنده مداخله و ترمزگیری بیشتر بوده است. در مقابل، ۱۹ نفر در گروهی قرار گرفتند که اعتماد رفتاری آنان بیشتر از اعتماد اعلامی بود. این افراد ممکن است در پرسشنامه محتاطانه‌تر پاسخ داده باشند، اما در عمل رفتار آرام‌تر و نزدیک‌تری به خودران نشان داده‌اند. ۱۱ نفر نیز در گروه هم‌راستا قرار گرفتند؛ یعنی میان اعتماد اعلامی و رفتار واقعی آنان اختلاف زیادی مشاهده نشد.

برای تفسیر دقیق‌تر گروه‌های شکاف اعتماد، میانگین متغیرهای پرسشنامه‌ای و رفتاری در هر گروه بررسی شد (جدول ۱۷).

جدول ۱۷ نشان می‌دهد که گروه «اعتماد اعلامی بیشتر از اعتماد رفتاری» بالاترین میانگین اعتماد عملی را دارد، اما همزمان تعداد ترمز و نوسان شدت ترمز آنان نیز بالا است. این الگو نشان‌دهنده ناهمخوانی میان پاسخ پرسشنامه‌ای و رفتار واقعی است. به بیان دیگر، این افراد در سطح ذهنی پذیرش و اعتماد بالاتری گزارش کرده‌اند، اما رفتار آنان همچنان مداخله‌گرانه بوده است.

گروه «اعتماد رفتاری بیشتر از اعتماد اعلامی» میانگین اعتماد عملی پایین‌تری دارد، اما شاخص بار رفتاری آنان منفی است؛ یعنی از نظر رفتاری، ترمزگیری کمتری نسبت به سایر گروه‌ها داشته‌اند. این گروه نشان می‌دهد که برخی افراد ممکن است در پاسخ‌های پرسشنامه‌ای محتاط باشند، اما در محیط شبیه‌ساز رفتار آرام‌تری نشان دهند.

گروه هم‌راستا نیز از نظر شاخص شکاف اعتماد به صفر نزدیک است. این گروه نشان‌دهنده افرادی است که بین اعتماد اعلامی و رفتار واقعی آنان ناهمخوانی قابل توجهی وجود ندارد.

جدول ۱۳. آمار توصیفی شاخص بار رفتاری

شاخص	تعداد	میانگین	انحراف معیار	کمینه	چارک اول	میانه	چارک سوم	بیشینه
شاخص بار رفتاری	٤٦	۰/۰۰۰	۰/۵۰٤	-۱/٦۹۵	-۰/۳۳٦	۰/۰۷٦	۰/۳۱۸	۱/۱۰۵

جدول ١٤. گروه‌بندی شرکت‌کنندگان بر اساس شاخص بار رفتاری

گروه رفتاری	معیار گروه‌بندی	تعداد	میانگین تعداد ترمز	میانگین شدت ترمز	میانگین نوسان شدت ترمز	تفسیر
بار رفتاری پایین	کمتر یا مساوی چارک اول	۱۲	۲۹/٦٦۷	۰/۳۳۷	۰/۱٦۸	رفتار نزدیک‌تر به خودران
بار رفتاری متوسط	بین چارک اول و سوم	۲۲	۳۱/۰۹۱	۰/٤٤٤	۰/۲۳٤	واکنش رفتاری متوسط
بار رفتاری بالا	بیشتر یا مساوی چارک سوم	۱۲	٤۹/٦٦۷	۰/٤۰۲	۰/۲٦٦	مداخله رفتاری بالا

جدول ۱۵. آمار توصیفی شاخص شکاف اعتماد

شاخص	تعداد	میانگین	انحراف معیار	کمینه	چارک اول	میانه	چارک سوم	بیشینه
شاخص شکاف اعتماد	٤٦	۰/۰۰۰	۱/٤۳٤	-۲/۸٦٦	-۱/۰۰۱	۰/۱۰۵	۰/۹۳۷	۳/۲۵۱

جدول ۱۷. میانگین شاخص‌های اصلی در گروه‌های شکاف اعتماد

گروه شکاف اعتماد	تعداد	اعتماد نظری	اعتماد عملی	تعداد ترمز	میانگین شدت ترمز	نوسان شدت ترمز	شاخص بار رفتاری	شاخص شکاف اعتماد
اعتماد اعلامی بیشتر از اعتماد رفتاری	١٦	۳/۲٦٦	۳/۸۳۸	٤۳/۱۲۵	۰/٤۱۰	۰/۲۵۷	۰/۳٦۷	۱/۵۷۱
اعتماد رفتاری بیشتر از اعتماد اعلامی	۱۹	۲/۷۳۷	۲/۷۲۲	۳۲/۰۰۰	۰/۳۷٤	۰/۲۰۱	-۰/۲۹۷	-۱/۳٦۸
هم‌راستا	۱۱	۳/۲۵۰	۳/۳۳۷	۳۰/۷۲۷	۰/٤۵۲	۰/۲۲۰	-۰/۰۱۹	۰/۰۷۸

٤-۹- هم‌راستایی رفتار انسانی با خط مبنای خودران

برای بررسی اینکه چه تعداد از شرکت‌کنندگان از نظر رفتار ترمزگیری به خودروی خودران نزدیک بوده‌اند، سه معیار بررسی شد (جدول ۱۸): تعداد ترمز کمتر یا مساوی خودران، میانگین شدت ترمز کمتر یا مساوی خودران، و نوسان شدت ترمز کمتر یا مساوی خودران. همچنین، هم‌راستایی کامل زمانی در نظر گرفته شد که فرد در هر سه معیار همزمان برابر یا پایین‌تر از خط مبنای خودران باشد.

مطابق جدول ۱۸، تنها ۵ نفر از ٤٦ شرکت‌کننده از نظر تعداد ترمز در سطح برابر یا پایین‌تر از خودروی خودران قرار داشتند. همچنین، فقط ۱۲ نفر از نظر میانگین شدت ترمز و ١٦ نفر از نظر نوسان شدت ترمز با خط مبنای خودران هم‌راستا بودند.

مهم‌ترین یافته این بخش آن است که فقط یک نفر، یعنی ۲/۲ درصد از نمونه، در هر سه معیار رفتاری به‌طور همزمان با خط مبنای خودران هم‌راستا بود. این نتیجه نشان می‌دهد که هم‌راستایی کامل رفتار انسان با رفتار خودران بسیار محدود است. بنابراین، حتی اگر برخی افراد از نظر پرسشنامه‌ای اعتماد یا پذیرش نسبتاً بالایی داشته باشند، رفتار واقعی آنان معمولاً فاصله قابل توجهی از الگوی خودران دارد.

٤-۱۰- رابطه میان اعتماد پرسشنامه‌ای و رفتار ترمزگیری

برای بررسی رابطه میان اعتماد ادراک‌شده و رفتار واقعی، همبستگی پیرسون میان متغیرهای پرسشنامه‌ای و شاخص‌های رفتاری محاسبه شد (جدول ۱۹).

نتایج جدول ۱۹ نشان می‌دهد که اعتماد نظری و اعتماد عملی تقریباً هیچ رابطه معناداری با رفتار ترمزگیری ندارند. به‌طور خاص، رابطه اعتماد عملی با شاخص بار رفتاری برابر با ۰/۰۲۸ و سطح معناداری آن ۰/۸۵٤ بود. همچنین رابطه اعتماد نظری با شاخص بار رفتاری برابر با ۰/۰۲٤- و سطح معناداری آن ۰/۸۷۵ بود. این یافته یکی از مهم‌ترین نتایج مقاله است. اگر اعتماد پرسشنامه‌ای واقعاً بازتاب‌دهنده رفتار واقعی افراد بود، انتظار می‌رفت کسانی که اعتماد بالاتری گزارش می‌کنند، کمتر، آرام‌تر و باثبات‌تر ترمز بگیرند. اما نتایج نشان داد چنین رابطه‌ای وجود ندارد. بنابراین، اعتماد اعلام‌شده در پرسشنامه الزاماً رفتار واقعی فرد در محیط شبیه‌ساز را پیش‌بینی نمی‌کند. این نتیجه به‌طور مستقیم از ایده اصلی مقاله حمایت می‌کند: سنجش اعتماد به خودروهای خودران فقط از طریق پرسشنامه کافی نیست و باید شاخص‌های رفتاری نیز در کنار آن تحلیل شوند.

٤-١١- تفسیر کلی شکاف اعتماد

نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که میان اعتماد اعلام‌شده و رفتار واقعی شرکت‌کنندگان شکاف وجود دارد. از یک سو، در پرسشنامه، اشتیاق به پذیرش، تمایل به کنار گذاشتن کنترل و اعتماد عملی کلی بالاتر از مقدار متوسط بودند. از سوی دیگر، در رفتار واقعی، شرکت‌کنندگان نسبت به خودروی خودران بیشتر و شدیدتر ترمز گرفتند و فاصله زمانی میان ترمزهای آنان نیز کوتاه‌تر بود. این ناهمخوانی نشان می‌دهد که بخشی از شرکت‌کنندگان ممکن است در سطح ذهنی خود را آماده پذیرش خودروی خودران بدانند، اما در سطح رفتاری همچنان تمایل به مداخله و کنترل داشته باشند. چنین وضعیتی را می‌توان به‌عنوان شکاف اعتماد تفسیر کرد. شکاف اعتماد در این مقاله به دو شکل مشاهده شد. شکل نخست، حالتی بود که اعتماد اعلامی افراد بیشتر از اعتماد رفتاری آنان بود. این گروه شامل ١٦ نفر بود و نشان‌دهنده بیش‌برآورد اعتماد در سطح پرسشنامه‌ای است. شکل دوم، حالتی بود که اعتماد رفتاری بیشتر از اعتماد اعلامی بود. این گروه شامل ۱۹ نفر بود و نشان می‌دهد برخی افراد ممکن است در پرسشنامه محتاطانه پاسخ دهند، اما در عمل رفتار آرام‌تری نسبت به خودران نشان دهند. گروه سوم، شامل ۱۱ نفر، رفتار و اعتماد نسبتاً هم‌راستا داشتند.

جدول ۱۸. هم‌راستایی رفتار رانندگان انسانی با خط مبنای خودران

معیار هم‌راستایی	تعداد افراد دارای معیار	درصد
تعداد ترمز کمتر یا مساوی خودران	۵	۱۰/۹٪
میانگین شدت ترمز کمتر یا مساوی خودران	۱۲	۲٦/۱٪
نوسان شدت ترمز کمتر یا مساوی خودران	١٦	۳٤/۸٪
هم‌راستایی همزمان در هر سه معیار	۱	۲/۲٪

جدول ۱۹. همبستگی میان اعتماد پرسشنامه‌ای و شاخص‌های رفتاری

رابطه	ضریب همبستگی	سطح معناداری	تفسیر
اعتماد نظری با تعداد ترمز	-۰/۰۸۰	۰/۵۹٦	رابطه معنادار نیست
اعتماد نظری با میانگین شدت ترمز	-۰/۰۲۲	۰/۸۸۲	رابطه معنادار نیست
اعتماد نظری با نوسان شدت ترمز	۰/۰٦۷	۰/٦٦۰	رابطه معنادار نیست
اعتماد نظری با شاخص بار رفتاری	-۰/۰۲٤	۰/۸۷۵	تقریباً بدون رابطه
اعتماد عملی با تعداد ترمز	۰/۰٤٤	۰/۷۷۲	رابطه معنادار نیست
اعتماد عملی با میانگین شدت ترمز	۰/۰۰۵	۰/۹۷۲	تقریباً بدون رابطه
اعتماد عملی با نوسان شدت ترمز	-۰/۰۰۷	۰/۹٦٤	تقریباً بدون رابطه
اعتماد عملی با شاخص بار رفتاری	۰/۰۲۸	۰/۸۵٤	تقریباً بدون رابطه

٤-١٢-جمع‌بندی یافته‌ها

یافته‌های این بخش نشان داد که اعتماد به خودروهای خودران یک سازه چندبعدی است و صرفاً با پرسشنامه قابل ارزیابی دقیق نیست. نتایج اصلی پژوهش را می‌توان به‌صورت زیر جمع‌بندی کرد. نخست، اعتماد نظری شرکت‌کنندگان فقط در سناریوی دورزدن میدان به‌طور معناداری بالاتر از مقدار متوسط بود. در مقابل، سناریوهای دنباله‌روی، فاصله عرضی و درک خطر به سطح معنادار نرسیدند. این یافته نشان می‌دهد که نوع سناریو بر شکل‌گیری اعتماد تأثیر دارد و سناریوهای مرتبط با خطر، اعتماد

پایین‌تری ایجاد می‌کنند. دوم، پس از تجربه شبیه‌ساز، اشتیاق به پذیرش، تمایل به کنار گذاشتن کنترل و اعتماد عملی کلی به‌طور معناداری بالاتر از مقدار متوسط بودند. با این حال، عدم نگرانی به‌طور معناداری پایین‌تر از مقدار متوسط بود. بنابراین، شرکت‌کنندگان همزمان با پذیرش نسبی فناوری، همچنان نگرانی‌هایی نسبت به خودروهای خودران داشتند.

سوم، رفتار ترمزگیری انسان به‌طور قابل توجهی با رفتار خودروی خودران تفاوت داشت. رانندگان انسانی حدود ٦٩ درصد بیشتر از خودروی خودران ترمز گرفتند. همچنین، شدت متوسط ترمز آنان حدود ۱۳ درصد بیشتر از خودران بود. فاصله میان ترمزها نیز در انسان‌ها به‌طور معناداری کوتاه‌تر از خودران بود. چهارم، توزیع شدت رویدادهای ترمز نشان داد که ٤۳,۰۳ درصد از ترمزهای انسانی در گروه شدید قرار داشتند، درحالی‌که این مقدار برای خودروی خودران ۲۳/۸۱ درصد بود. این یافته نشان می‌دهد که واکنش‌های انسانی در مواجهه با رانندگی خودران شدیدتر و محافظه‌کارانه‌تر بوده است.

پنجم، فقط یک نفر از ٤٦ شرکت‌کننده، یعنی ۲/۲ درصد نمونه، در هر سه معیار تعداد ترمز، شدت ترمز و نوسان شدت ترمز با خط مبنای خودران هم‌راستا بود. این نتیجه نشان می‌دهد که هم‌راستایی کامل رفتار انسانی با رفتار خودران بسیار محدود است. ششم، همبستگی میان اعتماد پرسشنامه‌ای و شاخص‌های رفتاری تقریباً صفر و غیرمعنادار بود. این یافته نشان می‌دهد که اعتماد اعلام‌شده در پرسشنامه، رفتار واقعی ترمزگیری را پیش‌بینی نمی‌کند. در مجموع، نتایج این مقاله نشان می‌دهد که شکاف اعتماد در تعامل انسان با خودروهای خودران یک پدیده قابل مشاهده است. افراد ممکن است در سطح پرسشنامه‌ای پذیرش و اعتماد نسبتاً مثبتی نشان دهند، اما رفتار واقعی آنان در شبیه‌ساز همچنان شامل مداخله، احتیاط و ترمزگیری بیشتر باشد. بنابراین، برای ارزیابی اعتماد به خودروهای خودران، استفاده همزمان از داده‌های پرسشنامه‌ای و شاخص‌های رفتاری ضروری است. یافته‌های این مقاله نشان داد که علی‌رغم گزارش سطح نسبتاً بالای پذیرش و اعتماد در پرسشنامه، رفتار واقعی شرکت‌کنندگان در شبیه‌ساز رانندگی شامل ترمزگیری بیشتر، شدت بالاتر و مداخله مکررتر نسبت به رفتار خودروی خودران بوده است. این ناهمخوانی با ادبیات اعتماد در *سیستم‌های خودکار* هم‌راستا است که بر تفاوت میان اعتماد ادراک‌شده و اعتماد رفتاری تأکید دارد (Lee & See, 2004; Walker et al., 2023). مطابق با مدل کالیبراسیون اعتماد در Lee و See (۲۰۰٤)، اعتماد مؤثر زمانی شکل می‌گیرد که سطح اعتماد کاربر با قابلیت واقعی سیستم هم‌راستا باشد. در این مطالعه، فاصله معنادار میان رفتار انسانی و خط مبنای خودران نشان‌دهنده عدم کالیبراسیون کامل اعتماد است. این نتیجه با مفهوم سوءکالیبراسیون اعتماد در Parasuraman و Riley (۱۹۹۷) نیز همخوان است که بیان می‌کند عدم تطابق اعتماد با عملکرد سیستم می‌تواند به مداخله بیش از حد یا استفاده ناکافی از *سیستم‌های خودکار* منجر شود.

در مقایسه با مطالعات He et al. (۲۰۲۲)، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که رفتارهای واکنشی مانند ترمزگیری به‌طور کامل توسط اعتماد خودگزارشی قابل پیش‌بینی نیستند و بیشتر تحت تأثیر ادراک لحظه‌ای خطر و شرایط سناریو قرار دارند. در مطالعه حاضر نیز عدم وجود رابطه معنادار میان اعتماد پرسشنامه‌ای و شاخص‌های رفتاری، این ادعا را تقویت می‌کند.

همچنین نتایج با یافته‌های Zhu et al. (۲۰۲۲) هم‌راستا است که نشان دادند واکنش ترمز رانندگان به مانور خودروهای خودران وابسته به شرایط موقعیتی و زمان‌بندی مانور است. با این حال، در مطالعه حاضر حتی در شرایط کنترل‌شده شبیه‌ساز، شکاف پایدار میان رفتار انسان و رفتار مرجع خودران مشاهده شد که نشان‌دهنده ماهیت ساختاری‌تر این شکاف است.

از منظر نظری، این یافته‌ها از تفکیک میان اعتماد ادراک‌شده و اعتماد رفتاری حمایت می‌کنند (Walker et al., 2023). در حالی که اعتماد ادراک‌شده بازتاب نگرش کاربران نسبت به فناوری است، اعتماد رفتاری در این مطالعه از طریق شاخص‌های ترمزگیری عملیاتی شد و نشان داد که این دو سازه الزاماً هم‌راستا نیستند. این نتیجه نشان می‌دهد که درک واقعی از اعتماد در خودروهای خودران تنها از طریق ترکیب داده‌های نگرشی و رفتاری امکان‌پذیر است. یکی از یافته‌های مهم این مطالعه، وجود فاصله سیستماتیک میان رفتار رانندگان انسانی و خط مبنای خودران بود. برخلاف برخی مطالعات که انتظار دارند تجربه با سیستم موجب همگرایی رفتار انسان و سیستم شود، نتایج نشان داد حتی پس از مواجهه با شبیه‌ساز، رفتار انسانی همچنان به‌طور معنادار محافظه‌کارانه‌تر و مداخله‌گرانه‌تر از خودران باقی می‌ماند. این نتیجه با دیدگاه Hoff و Bashir (۲۰۱۵) درباره نقش تجربه در اعتماد اکتسابی همخوان است، اما نشان می‌دهد که تجربه کوتاه‌مدت برای همگرایی کامل رفتار کافی نیست.

در مجموع، این مطالعه نشان می‌دهد که شکاف اعتماد نه‌تنها یک پدیده ادراکی، بلکه یک پدیده رفتاری قابل اندازه‌گیری است. استفاده همزمان از اعتماد پرسشنامه‌ای، شاخص‌های ترمزگیری و خط مبنای خودران امکان تحلیل دقیق‌تری از این شکاف فراهم

کرده است. بنابراین، نتایج این پژوهش تأکید می‌کند که ارزیابی اعتماد در خودروهای خودران باید فراتر از ابزارهای خودگزارشی رفته و شامل داده‌های رفتاری واقعی نیز باشد.

۵- نتیجه‌گیری

مقاله حاضر با هدف بررسی شکاف میان اعتماد ادراک‌شده و اعتماد رفتاری رانندگان نسبت به خودروهای خودران انجام شد. در این راستا، داده‌های پرسشنامه‌ای با داده‌های رفتاری ثبت‌شده در شبیه‌ساز رانندگی ترکیب شد و رفتار خودروی خودران نیز به‌عنوان خط مبنا برای مقایسه با رفتار انسانی مورد استفاده قرار گرفت. تحلیل‌ها بر اساس داده‌های ٤٦ شرکت‌کننده انجام شد که هر دو نوع داده ادراکی و رفتاری را شامل می‌شدند.

یافته‌های این مقاله نشان داد که اعتماد به خودروهای خودران یک سازه چندبعدی است و نمی‌توان آن را صرفاً از طریق ابزارهای خودگزارشی ارزیابی کرد. اگرچه شرکت‌کنندگان در سطح پرسشنامه‌ای سطح نسبتاً بالایی از پذیرش و تمایل به استفاده از خودروهای خودران را نشان دادند، اما همچنان بخشی از نگرانی نسبت به این فناوری باقی مانده بود. این موضوع نشان می‌دهد که پذیرش فناوری لزوماً به معنای حذف کامل نگرانی یا اعتماد کامل نیست.

در سطح رفتاری، نتایج نشان داد که رانندگان انسانی در مقایسه با رفتار مرجع خودران، مداخله بیشتری از خود نشان داده و الگوی ترمزگیری آن‌ها محافظه‌کارانه‌تر و ناپایدارتر بوده است. این اختلاف رفتاری بیانگر آن است که حتی در شرایط کنترل‌شده شبیه‌ساز، کاربران هنوز تمایل به حفظ کنترل فعال دارند.

یکی از مهم‌ترین یافته‌های مطالعه، عدم وجود رابطه معنادار میان اعتماد پرسشنامه‌ای و شاخص‌های رفتاری بود. این نتیجه نشان می‌دهد که اعتماد اعلام‌شده در پرسشنامه‌ها الزاماً قادر به پیش‌بینی رفتار واقعی کاربران در تعامل با خودروهای خودران نیست. بنابراین، اتکا صرف به ابزارهای خودگزارشی می‌تواند تصویر ناقصی از اعتماد کاربران ارائه دهد.

بر اساس نتایج، شکاف اعتماد به‌صورت ناهمخوانی میان اعتماد ادراک‌شده و رفتار واقعی قابل مشاهده است. برخی کاربران در سطح ادراکی اعتماد بالاتری گزارش کردند اما در رفتار، مداخله بیشتری نشان دادند، در حالی که برخی دیگر الگوی معکوس داشتند. این موضوع نشان می‌دهد که اعتماد در خودروهای خودران باید به‌صورت همزمان در دو سطح ادراکی و رفتاری مورد ارزیابی قرار گیرد.

از منظر کاربردی، یافته‌های این مقاله تأکید می‌کند که افزایش پذیرش خودروهای خودران تنها از طریق بهبود نگرش کاربران کافی نیست. برای کاهش شکاف اعتماد، لازم است طراحی سیستم، رابط انسان–ماشین، آموزش کاربران و تجربه تدریجی با فناوری به‌گونه‌ای انجام شود که رفتار واقعی کاربران نیز به سمت واگذاری کنترل و کاهش مداخله حرکت کند.

در نهایت، این مقاله نشان داد که شکاف اعتماد در تعامل انسان با خودروهای خودران یک پدیده قابل اندازه‌گیری و قابل تحلیل است. ترکیب داده‌های ادراکی، رفتاری و خط مبنای سیستم می‌تواند تصویر دقیق‌تری از اعتماد کاربران ارائه دهد. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده، سنجش اعتماد تنها به پرسشنامه محدود نشود و شاخص‌های رفتاری مانند تعداد و شدت ترمز، نوسان رفتار، زمان واکنش و میزان مداخله نیز به‌عنوان اجزای اصلی تحلیل اعتماد در نظر گرفته شوند.

٦- مراجع

-He, X., Stapel, J., Wang, M., & Happee, R. (2022). Modelling perceived risk and trust in driving automation reacting to merging and braking vehicles. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, *86*, 178-195. **doi.org/10.1016/j.trf.2022.02.016**

-Hoff, K., & Bashir, M. (2015). Trust in Automation: Integrating Empirical Evidence on Factors That Influence Trust. *Human Factors The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, *57*, 407-434.

-Lee, J. D. (2008). Review of a pivotal Human Factors article: "Humans and automation: use, misuse, disuse, abuse". *Hum Factors*, *50*(3), 404-410.
doi.org/10.1518/001872008x288547

-Lee, J. D., & See, K. A. (2004). Trust in automation: designing for appropriate reliance. *Hum Factors*, *46*(1), 50-80.
doi.org/10.1518/hfes.46.1.50_30392

-Walker, F., Forster, Y., Hergeth, S., Kraus, J., Payre, W., Wintersberger, P., & Martens, M. (2023). Trust in automated vehicles: constructs, psychological processes, and assessment. *Front Psychol*, *14*, 1279271.
doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1279271

-Zhu, H., Zhu, S., Iryo-Asano, M., & Nakamura, H. (2022). Investigating driver reactions to movements of autonomous vehicle in permitted right turn through driving simulator experiments. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, *89*, 385-398. **doi.org/10.1016/j.trf.2022.06.018**

پیوست ۱ - پرسشنامه پرخاشگری راننده

الف ویژگی‌های راننده

۱. دوستان من می‌گویند که من تا حدودی منطقی (استدلالی) هستم.
۲. من وقتی با دوستانم مخالف هستم صراحتا به آنها می‌گویم.
۳. وقتی مردم با من مخالفت می کنند نمی توانم وارد بحث و جدل شوم.
٤. من کمی بیشتر از یک فرد معمولی وارد دعوا می‌شوم.
٥. من در کنترل روحیه‌ام (خلق و خوی خودم) مشکل دارم.
٦. من انقدر عصبانی (دیوانه) شده ام که همه چیز(بعضی چیزها) را شکسته ام.

ب محیط‌های رانندگی

۱. هنگامی که چراغ راهنمایی سبز نشان می‌دهد (می‌شود)، شخصی دیر شروع به حرکت می کند.
۲. دوچرخه سوار در وسط خط دوچرخه سواری می‌کند و ترافیک را کند می کند.
۳. یک نفر در مسیر سریع سمت چپ(خط سبقت)بسیا آهسته رانندگی میکند و شما می‌خواهید از آن سبقت بگیرید
٤. شخصی به پشت ماشین شما فشار می آورد (مثلاً می خواهد به زور خط را آزاد کند).
٥. یک نفر جلوی شما را برای جای پارکی(پارکینگی) که منتظرش هستید قطع می کند
٦. یک نفر بین خطوط رانندگی می کند و راه شما را مسدود می کند
۷. یک نفر بدون اینکه به عقب(پشت سر) نگاه کند در مقابل شما در حال برگشت است (جلوی شما برعکس می‌شود)
۸. شخصی در جهت مخالف نور خود را کم نمی کند(چراغ هایش را خاموش نمی‌کند)
۹. زمانی که سعی دارید از لبه اتومبیل سبقت بگیرید، شخصی (یک نفر) سرعت اتومبیل را افزایش می‌دهد.
۱۰. یک نفر به خاطر سبک رانندگی شما ژست‌های نامناسبی به شما داد (حرکات نامناسبی به شما نشان داد).

ترجیحات راننده

۱. من دوست دارم تندتر(سریعتر) از دیگران رانندگی کنم.
۲. وقتی چراغ راهنمایی به رنگ سبز در می‌آید، من زودتر از دیگران شروع می‌کنم.
۳. من بیشتر از بقیه ترمز می‌کنم.
٤. من مسیرها(خط‌ها) را در زمان کوتاه تری نسبت به دیگران تغییر می‌دهم.
٥. من یک وسیله نقلیه جلویی را نزدیکتر از دیگران دنبال می کنم.
٦. من دوست دارم آنطور که می خواهم رانندگی کنم تا به دنبال هیجان باشم (مسابقه سرعت اتومبیل یا موتور سیکلت).
۷. من فکر می‌کنم که مهارت رانندگی من بالاتر (بهتر) از سطح متوسط است.
۸. فکر می کنم یک راننده تهاجمی هستم.

Trust Gap in Driver Interaction with Autonomous Vehicles: A Comparison of Perceived Trust and Braking Behavior in a Driving Simulator

Mohammad Saeedi, Ph.D., Candidate, Department of Civil Engineering - Transportation Planning, Faculty of Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

Ali Abdi Kordani, Professor, Department of Civil Engineering - Transportation Planning, Faculty of Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

***Hamid Mirzahossein,** Professor, Department of Civil -Transportation Planning, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.*

Ehsan Ramezani Khansari, Assistant Professor, Department of Civil Engineering - Transportation Planning, Faculty of Engineering, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

Amin Faridiaghdam, Ph.D., Candidate, Department of Civil -Transportation Planning, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

E-mail: mirzahossein@eng.ikiu.ac.ir

Received: May 2026- Accepted: November 2026

ABSTRACT

This paper aims to investigate the gap between perceived trust and behavioral trust among drivers interacting with autonomous vehicles. To this end, questionnaire data and behavioral data obtained from a driving simulator were analyzed simultaneously, and the autonomous vehicle's behavior was also used as a baseline for comparison. The study sample consisted of 46 participants who provided both perceptual and behavioral data. Perceived trust was measured through a questionnaire in two levels: initial trust and post-simulator experiential trust. Actual behavior was analyzed based on braking indicators, including the number of braking events, mean braking intensity, and braking intensity variability. The results showed that the average number of braking events for human drivers (35.56 vs. 21 in the autonomous vehicle) was approximately 69% higher than that of the autonomous vehicle. In addition, mean braking intensity (0.405 vs. 0.359) and braking intensity variability (0.225 vs. 0.211) were also higher in human drivers. In contrast, the average time interval between braking events was shorter for human drivers than for the autonomous vehicle. Furthermore, no significant correlation was found between questionnaire-based trust measures and behavioral indicators. Overall, the findings indicate that despite relatively positive self-reported trust levels in the questionnaire, drivers' actual behavior remains more interventionist than the reference autonomous driving behavior. This suggests a significant gap between perceived trust and behavioral trust in human interaction with autonomous vehicles.

Keywords: Autonomous Vehicles, Perceived Trust, Behavioral Trust, Trust Gap, Driving Simulator