



KNO-1202-4801

تحلیل هوشمند داده‌های سنسورهای داخلی خودرو برای شناسایی رفتارهای مشکوک مرتبط با سرقت

آرمان رحمتی لپوندانی Armanrahmatiteater@gmail.com

مهدی نیاجلیلی Mniajalili@tvu.ac.ir

گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران

چکیده: سرقت خودرو یکی از مشکلات رایج و چالش برانگیز در بسیاری از جوامع است که می‌تواند تأثیرات اقتصادی و اجتماعی زیادی داشته باشد. در این مقاله، هدف اصلی شناسایی رفتارهای مشکوک مرتبط با سرقت خودرو از طریق تحلیل داده‌های سنسورهای داخلی خودرو و استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین است. داده‌های سنسورهای مختلف شامل شتاب، موقعیت جغرافیایی، دما، فشار، و وضعیت درب‌ها از خودروها جمع‌آوری شده و سپس به کمک الگوریتم‌های پیشرفته یادگیری ماشین مانند درخت تصمیم، ماشین بردار پشتیبانی، جنگل تصادفی و نزدیک‌ترین همسایگان برای شبیه‌سازی و شناسایی رفتارهای مشکوک تحلیل شدند. روش تحقیق شامل جمع‌آوری داده‌های سنسور از خودروهای مختلف و پیش‌پردازش آن‌ها با استفاده از تکنیک‌های نرمال‌سازی و فیلتر کردن نویز است. یافته‌های تحقیق نشان داد که استفاده از داده‌های سنسورهای مختلف خودرو، به‌ویژه ترکیب داده‌های شتاب، موقعیت، فشار، دما و وضعیت درب‌ها، به‌طور مؤثری به شناسایی رفتارهای مشکوک کمک می‌کند. الگوریتم جنگل تصادفی بهترین عملکرد را از خود نشان داد و توانست رفتارهای مشکوک را با دقت بالا شبیه‌سازی کند. نتایج نشان می‌دهند که استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای تحلیل داده‌های سنسور خودرو می‌تواند به‌طور چشم‌گیری دقت سیستم‌های امنیتی خودرو را افزایش داده و به‌موقع هشدارهای امنیتی را ارسال کنند.

کلید واژه‌ها: یادگیری ماشین، سرقت خودرو، سنسور، هوش مصنوعی.

• مقدمه

سرقت خودرو یکی از مشکلات عمده‌ای است که بسیاری از کشورها با آن مواجه هستند. خودروها به عنوان دارایی‌های ارزشمند افراد و شرکت‌ها محسوب می‌شوند و شناسایی سرقت خودرو و پیشگیری از آن یکی از دغدغه‌های مهم جوامع مختلف است [۱]. این عامل تأثیرات منفی قابل توجهی بر امنیت، اقتصاد و رفاه اجتماعی دارد. این نوع جرم، به‌ویژه در مناطق شهری با تراکم بالا رایج‌تر است و به شکل‌های مختلفی از جمله سرقت‌های سازمان‌یافته و فردی رخ می‌دهد [۲]. نیاز به سیستم‌های هوشمند برای پیشگیری از این نوع جرایم با توجه به افزایش آمار سرقت‌ها به شدت احساس می‌شود. استفاده از داده‌های سنسورهای داخلی خودرو می‌تواند به طور چشم‌گیری در شناسایی رفتارهای مشکوک موثر باشد. این سنسورها شامل شتاب‌سنج، موقعیت جغرافیایی، دما، فشار و وضعیت موتور و سیستم‌های امنیتی هستند و تحلیل داده‌های آن‌ها می‌تواند الگوهای رفتاری غیرعادی مرتبط با سرقت را شناسایی کند [۳].

در گذشته، سیستم‌های امنیتی خودرو بر پایه هشدارهای مکانیکی و دستی بودند. اما امروزه با پیشرفت تکنولوژی، سنسورهای هوشمند و سیستم‌های الکترونیکی نقش مهمی ایفا می‌کنند. این سنسورها اطلاعات دقیقی درباره وضعیت خودرو و رفتار راننده مانند شتاب‌گیری‌های ناگهانی



و تغییرات غیرمنتظره ارائه می‌دهند که می‌تواند نشانه‌ای از یک سرقت باشد [۴]. تحلیل داده‌های سنسورهای خودرو با استفاده از مدل‌های یادگیری ماشین مانند جنگل تصادفی (Random Forest)، ماشین بردار پشتیبانی (SVM) و نزدیک‌ترین همسایگان (KNN) انجام می‌شود که توانایی بالایی در شناسایی الگوهای پیچیده و تفکیک رفتارهای طبیعی از غیرطبیعی دارند [۵].

استفاده از داده‌های سنسورهای داخلی خودرو به‌عنوان ابزاری برای شناسایی رفتارهای مشکوک و پیشگیری از سرقت‌های احتمالی، با پیشرفت فناوری‌های هوشمند مورد توجه قرار گرفته است. این سنسورها اطلاعات دقیقی مانند شتاب، سرعت، موقعیت جغرافیایی، دما، فشار و وضعیت درب‌ها را جمع‌آوری می‌کنند که می‌توانند برای شناسایی رفتارهای غیرمعمول مرتبط با سرقت مفید باشند [۳]. با این حال، تحلیل این داده‌ها به دلیل حجم بالا و احتمال وجود نویز، نیازمند استفاده از الگوریتم‌های پیشرفته است. الگوریتم‌های یادگیری ماشین در تحلیل داده‌های پیچیده سنسورها و شناسایی الگوهای غیرمعمول بسیار موثر هستند. این الگوریتم‌ها قادرند بر اساس داده‌های گذشته، رفتارهای معمول خودروها را شبیه‌سازی کرده و هرگونه انحراف از این الگوها را به‌عنوان رفتار مشکوک شناسایی کنند. این ویژگی به سیستم‌های امنیتی خودرو اجازه می‌دهد تا هشدارهای لازم را پیش از وقوع سرقت ارائه دهند [۶]. تحلیل داده‌هایی مانند شتاب‌گیری ناگهانی یا تغییرات در موقعیت خودرو به کمک این الگوریتم‌ها می‌تواند به پیشگیری مؤثر از سرقت کمک کند [۷]. استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای پردازش داده‌های سنسور خودرو می‌تواند نقش حیاتی در بهبود سیستم‌های امنیتی خودرو ایفا کند. در حالی که سیستم‌های سنتی امنیت خودرو معمولاً به‌طور محدود تنها به هشدارهای مکانیکی یا سیستم‌های قفل الکترونیکی تکیه دارند، مدل‌های مبتنی بر داده‌کاوی و یادگیری ماشین قادرند رفتارهای مشکوک را با دقت و سرعت بیشتری شناسایی کنند.

در کشورهایی مانند ایران که سرقت خودرو به عنوان یک مسئله اجتماعی و اقتصادی مهم تلقی می‌شود [۸]، ارتقای سیستم امنیتی خودروها و ارائه راهکارهایی در راستای کاهش وقوع سرقت بسیار جالب اهمیت است. لذا در این تحقیق، هدف اصلی ارائه یک مدل جامع برای تحلیل داده‌های سنسورهای داخلی خودرو و شناسایی رفتارهای مشکوک با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین است. همچنین، این تحقیق زمینه‌ساز توسعه سیستم‌های هوشمند امنیتی خودرو خواهد بود که قادر به شناسایی دقیق رفتارهای مشکوک هستند و از وقوع سرقت‌های بیشتر جلوگیری می‌کنند. هدف کلی افزایش دقت و کارایی سیستم‌های امنیتی خودرو از طریق تحلیل داده‌های سنسورهای داخلی است.

• مبانی پژوهش

در این مطالعه به تحلیل و بررسی مفاهیم اصلی و تکنیک‌هایی اشاره دارد که برای شناسایی رفتارهای مشکوک در خودروها با استفاده از داده‌های سنسور و الگوریتم‌های یادگیری ماشین مورد استفاده قرار می‌گیرند. این مفاهیم شامل انواع سنسورهای داخلی خودرو، نحوه جمع‌آوری داده‌ها، و روش‌های پردازش و تحلیل این داده‌ها به‌منظور شناسایی الگوهای غیرطبیعی است. استفاده از سنسورهای مختلف مانند سنسورهای شتاب‌سنج، موقعیت جغرافیایی، دما و فشار می‌تواند اطلاعاتی دقیق از رفتار خودرو و راننده فراهم کند که به‌طور مؤثری در شناسایی سرقت‌ها یا رفتارهای مشکوک کمک می‌کند.

○ سنسورهای داخلی خودرو

سنسورهای اصلی مورد استفاده در کنترل رفتار خودروها شامل شتاب‌سنج، سنسور موقعیت جغرافیایی، فشار، دما و وضعیت درب‌ها بوده که این موارد در ادامه تشریح شده است:

سنسور شتاب‌سنج: این سنسور برای اندازه‌گیری شتاب خودرو در سه جهت مختلف (X, Y, Z) طراحی شده است. شتاب‌سنج قادر است هرگونه تغییرات ناگهانی در شتاب خودرو را شناسایی کند که ممکن است نشانه‌ای از تغییرات غیرطبیعی یا سرقت باشد. این سنسور به‌طور خاص در تشخیص شتاب‌گیری ناگهانی یا ترمزگیری‌های غیرمنتظره کاربرد دارد.



سنسور موقعیت جغرافیایی: این سنسور برای شناسایی موقعیت مکانی خودرو استفاده می‌شود. این سنسور می‌تواند مسیر حرکت خودرو را ثبت کرده و تغییرات ناگهانی در مسیر حرکت، که ممکن است نشانه‌ای از سرقت یا تغییر مسیر غیرمجاز باشد، شناسایی کند. همچنین، این سنسور می‌تواند در تحلیل وضعیت پارک شدن یا حرکت به خارج از منطقه جغرافیایی تعیین‌شده کمک کند.

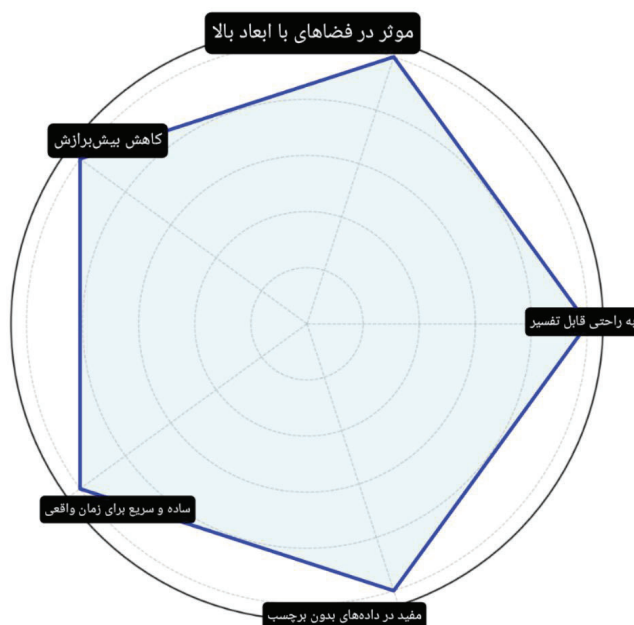
سنسور فشار: سنسور فشار در داخل خودرو می‌تواند فشار داخلی کابین و فشار در سیستم‌های مختلف خودرو را اندازه‌گیری کند. تغییرات غیرطبیعی در فشار ممکن است به ورود غیرمجاز به خودرو یا تغییرات غیرعادی در وضعیت آن اشاره داشته باشد.

سنسور دما: این سنسور برای اندازه‌گیری دما در قسمت‌های مختلف خودرو استفاده می‌شود. نوسانات ناگهانی در دما ممکن است به‌ویژه در داخل کابین خودرو نشانه‌ای از سرقت یا اعمال غیرمجاز باشد. تغییرات دما به‌ویژه در حالت خاموش یا بدون حرکت خودرو می‌تواند به یک تهدید امنیتی اشاره کند.

سنسور وضعیت درب‌ها: این سنسور وضعیت باز شدن درب‌ها را گزارش می‌کند و می‌تواند با کنترل وضعیت درب‌های خودرو ورود غیرمجاز به خودرو را شناسایی و گزارش نماید.

○ یادگیری ماشین

یادگیری ماشین (Machine Learning) یکی از شاخه‌های مهم هوش مصنوعی است که توانایی استخراج الگوها و تحلیل داده‌ها را بدون نیاز به برنامه‌نویسی دقیق فراهم می‌کند. این فناوری به‌ویژه در شناسایی رفتارهای پیچیده و غیرعادی مؤثر بوده و در تحلیل داده‌های سنسورهای خودرو کاربرد فراوان دارد. به کمک الگوریتم‌های طبقه‌بندی، داده‌های مربوط به رفتار خودرو می‌توانند به دسته‌های مشکوک و غیرمشکوک تقسیم شوند و این امر در پیش‌بینی وقوع سرقت‌ها و شناسایی تهدیدات امنیتی بسیار مفید است [۷، ۹]. این روش که مزایای آن در شکل ۱ نشان داده شده است می‌تواند در کاهش بروز سرقت نقش به‌سزایی داشته باشد.



شکل ۱: نمایش نقاط قوت الگوریتم‌های یادگیری ماشین در شناسایی سرقت خودرو



الگوریتم‌های طبقه‌بندی مانند درخت تصمیم، ماشین بردار پشتیبانی و جنگل تصادفی نقش کلیدی در شناسایی رفتارهای مشکوک دارند. درخت تصمیم می‌تواند ویژگی‌های مختلف داده‌های خودرو مانند شتاب، فشار و موقعیت مکانی را تحلیل کرده و رفتارهای غیرعادی را شبیه‌سازی کند. SVM نیز به‌ویژه در تحلیل داده‌های پیچیده و چندبعدی مانند شتاب، سرعت و موقعیت جغرافیایی مؤثر است. جنگل تصادفی با ترکیب چندین درخت تصمیم، دقت بالایی در طبقه‌بندی رفتارهای مشکوک ارائه می‌دهد و به‌عنوان یک ابزار قدرتمند در این زمینه شناخته می‌شود [۵].

علاوه بر الگوریتم‌های نظارت‌شده، روش‌های یادگیری بدون نظارت مانند تشخیص آنومالی نیز می‌توانند در شناسایی رفتارهای غیرعادی کاربرد داشته باشند. این الگوریتم‌ها بدون نیاز به داده‌های برچسب‌خورده، به شناسایی الگوهای پنهان در داده‌ها کمک می‌کنند. همچنین، یادگیری عمیق (Deep Learning) با استفاده از شبکه‌های عصبی چندلایه مانند شبکه‌های عصبی کانولوشنی (CNN)، در تحلیل داده‌های پیچیده مانند تصاویر یا سیگنال‌های زمانی از سنسورها و دوربین‌های نظارتی، دقت شناسایی را به‌طور چشم‌گیری افزایش می‌دهد [۱، ۳]. در نهایت، مدل‌های ترکیبی که الگوریتم‌های طبقه‌بندی و تشخیص آنومالی را ترکیب می‌کنند، می‌توانند نتایج بهتری در شناسایی رفتارهای مشکوک ارائه دهند. این مدل‌ها علاوه بر شبیه‌سازی دقیق‌تر رفتارهای غیرطبیعی، قابلیت ارسال هشدارهای به‌موقع به مالک خودرو را نیز دارند. یادگیری ماشین نه تنها در پیشگیری از سرقت‌ها مؤثر است بلکه با بهبود عملکرد سیستم‌های امنیتی خودرو، به افزایش ایمنی کلی خودروها کمک می‌کند. ویژگی‌های الگوریتم‌های مختلف در شناسایی رفتارهای مشکوک خودرو در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱: ویژگی‌های مختلف الگوریتم‌های مختلف را در شناسایی رفتارهای مشکوک خودرو

الگوریتم	نوع	کاربرد در شناسایی سرقت خودرو	نقاط قوت	محدودیت‌ها
درخت تصمیم	نظارت‌شده	دسته‌بندی رفتار خودرو به "عادی" یا "مشکوک" بر اساس ویژگی‌هایی مانند سرعت و شتاب	قابل فهم، مؤثر برای داده‌های کوچک	حساس به اورفیتینگ در داده‌های پیچیده
ماشین بردار پشتیبانی (SVM)	نظارت‌شده	دسته‌بندی حرکت مشکوک خودرو بر اساس داده‌های GPS و سنسورها، تمرکز بر شناسایی مرزها	مؤثر در فضاها با ابعاد بالا، مناسب برای شناسایی مرزها	حساس به تنظیم پارامترها و ویژگی‌های بزرگ
جنگل تصادفی	نظارت‌شده	ترکیب چندین درخت تصمیم برای طبقه‌بندی و پیش‌بینی رفتار خودرو	کاهش اورفیتینگ، مناسب برای داده‌های بزرگ	محاسباتی است و نیاز به منابع بیشتری دارد
نزدیک‌ترین همسایگان (KNN)	نظارت‌شده	دسته‌بندی رفتارهای مشابه خودرو، مناسب برای شناسایی رفتارهای مشکوک جدید	ساده و سریع برای استفاده در زمان واقعی، مناسب برای خوشه‌بندی	با داده‌های نامتوازن دقت کمتری دارد
شناسایی آنومالی	بدون نظارت	شناسایی انحرافات در رفتار خودرو با شناسایی الگوهای غیرعادی که از پروفایل‌های عادی انحراف دارند	مفید در شرایطی که داده‌های برچسب‌خورده وجود ندارد، شناسایی الگوهای جدید	ممکن است ناهنجاری‌های ظریف را شناسایی نکند، نرخ مثبت کاذب بالا

• روش تحقیق

جمع‌آوری داده‌ها (Data Collection): برای شناسایی رفتارهای مشکوک مرتبط با سرقت خودرو، داده‌ها از سنسورهای داخلی خودرو جمع‌آوری می‌شوند. سنسورهای مورد استفاده شامل سنسورهای حرکت، فشار، دما، شتاب‌سنج و موقعیت جغرافیایی بودند که اطلاعاتی مانند تغییرات ناگهانی در موقعیت، نوسانات فشار و دما، و شتاب غیرطبیعی را ثبت می‌کنند. داده‌ها از خودروهای مختلف، که سنسورهای مذکور روی آن‌ها نصب شده است و در شرایط مختلف شهری و جاده‌ای به مدت زمان مشخص قابل جمع‌آوری است. داده‌های خام جمع‌آوری‌شده از سنسورها ممکن است شامل نویز یا مقادیر گم‌شده باشند. بنابراین، این داده‌ها با تکنیک‌هایی مانند حذف نویز، نرمال‌سازی (با استفاده از Min-Max Scaling یا Z-



Score Normalization) و حذف مقادیر خارج از دامنه تمیز شدند. هدف از پیش‌پردازش، آماده‌سازی داده‌ها برای تحلیل دقیق‌تر و کاهش تفاوت‌های مقیاس بین داده‌های مختلف بود.

ویژگی‌های کلیدی از داده‌های سنسورها، استخراج شدند تا رفتارهای مشکوک شناسایی شوند. این ویژگی‌ها شامل میزان تغییرات شتاب، نوسانات فشار، تغییرات ناگهانی در موقعیت جغرافیایی و نوسانات دما بودند. همچنین از مدل‌های ریاضی برای شبیه‌سازی رفتار طبیعی خودرو استفاده شد تا بتوان الگوهای غیرطبیعی را بهتر شناسایی کرد. برای شناسایی رفتارهای مشکوک، الگوریتم‌های یادگیری ماشین مانند SVM، Random Forest، KNN و شبکه‌های عصبی به کار گرفته شدند. داده‌ها به دو دسته "سارق" و "غیرسارق" تقسیم شدند و مدل‌های طبقه‌بندی آموزش داده شدند. ارزیابی مدل‌ها با معیارهایی مانند دقت (Accuracy)، حساسیت (Sensitivity)، دقت مثبت (Precision) و F1-Score انجام شد. مدل‌های آموزش‌دیده با داده‌های جدید از خودروهای مختلف و محیط‌های متنوع (شهری و جاده‌ای) تست شدند تا عملکرد آن‌ها در شناسایی رفتارهای مشکوک بررسی شود. جدول ۲ ارزیابی مدل‌های یادگیری ماشین قابل اعتماد را نشان می‌دهد.

۶- جدول ۲: ارزیابی مدل‌های مختلف یادگیری ماشین

۱۱- مدل	۱۰- دقت (%)	۹- حساسیت (%)	۸- دقت مثبت (%)	۷- F1-Score (%)
۱۶- Random Forest	۹۴ - ۱۵	۹۲ - ۱۴	۹۶ - ۱۳	۹۴ - ۱۲
۲۱- SVM	۹۱ - ۲۰	۹۰ - ۱۹	۹۳ - ۱۸	۹۱ - ۱۷
۲۶- KNN	۸۹ - ۲۵	۸۵ - ۲۴	۹۱ - ۲۳	۸۸ - ۲۲

• یافته‌های پژوهش

در این تحقیق، داده‌های سنسورهای داخلی خودرو شامل شتاب، سرعت، موقعیت جغرافیایی، وضعیت درب‌ها، دما و فشار داخل خودرو جمع‌آوری و پردازش شدند. هدف از جمع‌آوری این داده‌ها شبیه‌سازی رفتارهای طبیعی و غیرطبیعی خودرو برای شناسایی رفتارهای مشکوک بود. نتایج نشان داد شتاب‌گیری ناگهانی، توقف غیرطبیعی و تغییرات ناگهانی در موقعیت جغرافیایی از الگوهای مؤثر در شناسایی رفتارهای مشکوک هستند. همچنین، داده‌های مربوط به وضعیت درب‌ها و تغییرات غیرمجاز در آن‌ها نشان‌دهنده تلاش برای سرقت یا دسترسی غیرمجاز به خودرو بودند. داده‌های مربوط به دما و فشار نیز نقش مهمی در شناسایی رفتارهای مشکوک داشتند. تغییرات سریع دما در داخل خودرو می‌توانست نشان‌دهنده ورود یا استفاده غیرمجاز باشد، به‌ویژه زمانی که خودرو پارک شده بود. الگوریتم‌های یادگیری ماشین با تحلیل داده‌های سنسورها توانستند رفتارهای مشکوک را با دقت بالا شناسایی کنند. مدل‌های مختلف طبقه‌بندی مانند درخت تصمیم، ماشین بردار پشتیبانی و جنگل تصادفی برای شناسایی این رفتارها آموزش داده شدند. الگوریتم جنگل تصادفی در شناسایی رفتارهای پیچیده و داده‌های پر حجم عملکرد بهتری نسبت به سایر الگوریتم‌ها داشت.

یافته‌های تحقیق نشان داد که ترکیب داده‌های سنسورهای مختلف، از جمله شتاب، موقعیت جغرافیایی، دما و فشار، می‌تواند دقت الگوریتم‌های یادگیری ماشین را به‌طور چشمگیری افزایش دهد. الگوریتم‌هایی مانند KNN نیز در شناسایی شباهت‌های رفتاری میان داده‌های جدید عملکرد خوبی نشان دادند. ارزیابی عملکرد الگوریتم‌ها نشان داد که جنگل تصادفی با دقت بالا و خطای کمتر بهترین عملکرد را داشت، در حالی که SVM در مواجهه با داده‌های با ابعاد بالا دقت کمتری از خود نشان داد. این تحقیق نشان داد که سیستم‌های هوشمند می‌توانند با تحلیل داده‌های سنسورها که در جدول ۳ نشان داده شده است، هشدارهای پیشگیرانه صادر کنند و زمان واکنش به سرقت‌ها را کاهش دهند. ترکیب داده‌های سنسورهای داخلی خودرو با داده‌های دوربین‌ها و سیستم‌های نظارتی کارایی سیستم‌های امنیتی را افزایش داد. این ترکیب باعث شناسایی دقیق‌تر و سریع‌تر تهدیدات امنیتی شد و پیشنهاد شد که الگوریتم‌های یادگیری ماشین با داده‌های گسترده‌تر و متنوع‌تر آموزش داده شوند تا دقت بیشتری در شناسایی رفتارهای مشکوک حاصل شود.



در این تحقیق، داده‌های جمع‌آوری شده از سنسورهای مختلف خودرو به‌طور دقیق بررسی شدند. سنسور شتاب‌سنج توانست شتاب‌گیری‌ها یا توقف‌های غیرمنتظره را شبیه‌سازی کرده و به‌طور مؤثری رفتارهای مشکوک را شناسایی کند. به‌ویژه، شتاب‌گیری‌های ناگهانی یا توقف‌های طولانی که ممکن بود نشان‌دهنده سرقت یا تلاش برای فرار باشد، توسط مدل‌های یادگیری ماشین شبیه‌سازی شدند. داده‌های مربوط به موقعیت جغرافیایی خودرو نیز به شناسایی تغییرات ناگهانی در مسیر حرکت کمک کردند. شناسایی تغییرات غیرمجاز در مسیر حرکت خودرو به‌ویژه زمانی که خودرو به خارج از محدوده پارک حرکت می‌کرد، به‌طور مؤثری سرقت‌ها را شبیه‌سازی کرد. این داده‌ها در کنار اطلاعات دیگر سنسورها برای شناسایی رفتارهای مشکوک استفاده شدند. سنسور فشار نیز توانست تغییرات فشار داخل خودرو را شبیه‌سازی کند. این تغییرات معمولاً به دلیل باز شدن غیرمجاز درب‌ها یا دسترسی غیرمجاز به خودرو رخ می‌دهد. همچنین، سنسور دما به شناسایی تغییرات دمای داخل خودرو پرداخته و در مواقعی که خودرو در حال حرکت نبود، این تغییرات می‌توانست نشانه‌ای از استفاده غیرمجاز از خودرو باشد.

جدول ۳: داده‌های سنسورهای داخلی خودرو برای شناسایی رفتارهای مشکوک مرتبط با سرقت

نوع سنسور	ویژگی‌ها	کاربرد در شناسایی رفتارهای مشکوک	نتایج تحلیل
سنسور شتاب‌سنج	اندازه‌گیری شتاب در سه محور (X, Y, Z)، دقت بالا	شناسایی شتاب‌گیری ناگهانی یا توقف غیرطبیعی خودرو	شتاب‌گیری یا توقف ناگهانی در برخی موارد نشان‌دهنده سرقت یا تلاش برای فرار بود.
سنسور GPS	دقت موقعیت‌یابی تا ۵ متر، قابلیت کار در تمام مناطق	شناسایی تغییرات ناگهانی در مسیر حرکت خودرو و خروج از منطقه تعیین شده	تغییر مسیر غیرمجاز یا حرکت به خارج از منطقه پارک خودرو در بسیاری از موارد شبیه‌سازی شد.
سنسور فشار	حساسیت بالا به فشار داخلی و محیطی، اندازه‌گیری از ۰ تا ۱۰۰ psi	شناسایی تغییرات غیرطبیعی در فشار داخلی کابین یا سیستم‌ها	افزایش یا کاهش غیرطبیعی فشار نشان‌دهنده باز شدن غیرمجاز درب‌ها یا وارد شدن افراد به خودرو بود.
سنسور دما	اندازه‌گیری دما از ۱۰- تا ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد	شناسایی تغییرات سریع در دمای داخل خودرو که می‌تواند نشان‌دهنده ورود غیرمجاز باشد	تغییرات ناگهانی در دما در برخی خودروها نشان‌دهنده ورود غیرمجاز یا استفاده غیرمجاز بود.
سنسور وضعیت درب‌ها	شناسایی وضعیت باز یا بسته بودن درب‌ها	شناسایی باز شدن غیرمجاز درب‌ها در زمان‌هایی که خودرو در حالت پارک است	باز شدن غیرمجاز درب‌ها به‌ویژه در مواقع غیرعادی یا در حالی که خودرو خاموش است، شناسایی شد.

در نهایت، استفاده از داده‌های سنسورهای مختلف به همراه الگوریتم‌های یادگیری ماشین باعث افزایش دقت شناسایی رفتارهای مشکوک شد. با ترکیب داده‌های شتاب، موقعیت، فشار، دما و وضعیت درب‌ها، سیستم‌های امنیتی خودرو توانستند تهدیدات را به‌طور مؤثری شبیه‌سازی کنند و هشدارهای به‌موقع ارسال کنند. نتایج تحقیق بیانگر اهمیت استفاده از یادگیری ماشین در پیشگیری از سرقت خودرو و بهبود سیستم‌های امنیتی بود. لذا در این راستا چالش‌های متعددی وجود دارد. این چالش‌ها و راهکار پیشنهادی در جدول ۴ آورده شده است. پیشنهاد می‌شود که پژوهش‌های آینده بر توسعه مدل‌های یادگیری ماشین و الگوریتم‌های جدید برای افزایش دقت و کارایی سیستم‌های امنیتی خودرو تمرکز کنند. این تحقیق گام‌های مؤثری در بهره‌گیری از فناوری‌های نوین برای شناسایی و پیشگیری از سرقت خودرو برداشت و زمینه‌ساز تحقیقات بیشتر در این حوزه شد.

جدول ۴: چالش‌ها و راهکارها



چالش‌ها	راهکارها
مدیریت حجم بالای داده‌ها	استفاده از الگوریتم‌های پیشرفته پردازش داده‌ها مانند کاهش ابعاد و فشردن داده‌ها برای بهینه‌سازی حجم داده‌ها.
داده‌های گمشده و نویز	استفاده از تکنیک‌های پیش‌پردازش مانند فیلتر کردن نویز، جایگزینی داده‌های گمشده و استفاده از مدل‌های مقاوم در برابر نویز.
عدم تطابق داده‌ها از سنسورهای مختلف	ایجاد الگوریتم‌هایی برای هم‌راستایی داده‌ها و استفاده از مدل‌های چندحسی (multi-sensor) برای ترکیب اطلاعات از سنسورهای مختلف.
تشخیص رفتارهای مشکوک پیچیده	استفاده از مدل‌های یادگیری ماشین پیچیده‌تر مانند شبکه‌های عصبی و الگوریتم‌های ترکیبی برای شبیه‌سازی الگوهای پیچیده.
کمبود داده‌های برچسب‌خورده برای آموزش مدل‌ها	استفاده از روش‌های یادگیری بدون نظارت و تقویتی برای شناسایی الگوهای مشکوک در داده‌های بدون برچسب.
محدودیت در دقت داده‌های سنسور	استفاده از سنسورهای با دقت بالاتر و تکنیک‌های تصحیح خطا برای افزایش دقت داده‌های جمع‌آوری شده.
پیچیدگی در یکپارچگی سیستم‌های مختلف (دوربین‌ها، سنسورها و الگوریتم‌ها)	طراحی سیستم‌های یکپارچه که از تمامی منابع داده (سنسورها، دوربین‌ها و سایر سیستم‌ها) برای تحلیل و پیش‌بینی استفاده کنند.
وابستگی به شرایط محیطی مانند تغییرات آب و هوایی	استفاده از مدل‌های مقاوم در برابر شرایط محیطی مختلف و تصحیح داده‌ها بر اساس تغییرات آب و هوایی یا شرایط جغرافیایی.

• نتیجه گیری

این تحقیق نشان داد که سنسورهای داخلی خودرو، از جمله شتاب‌سنج، GPS، فشار، دما و وضعیت درب‌ها، ابزارهای مؤثری برای شناسایی رفتارهای غیرعادی مرتبط با سرقت خودرو هستند. داده‌های جمع‌آوری شده از این سنسورها به کمک الگوریتم‌های یادگیری ماشین تحلیل شدند و توانایی سیستم در شبیه‌سازی و شناسایی رفتارهای مشکوک به‌طور قابل توجهی افزایش یافت.

الگوریتم‌های طبقه‌بندی مانند درخت تصمیم، ماشین بردار پشتیبانی (SVM)، جنگل تصادفی و نزدیک‌ترین همسایگان (KNN) توانستند رفتارهای طبیعی و غیرطبیعی خودرو را به‌طور دقیق تفکیک کنند. این الگوریتم‌ها با تحلیل داده‌های سنسورها، رفتارهای مشکوک مانند شتاب‌گیری ناگهانی، تغییر مسیر غیرمجاز و تغییرات غیرطبیعی فشار و دما را شناسایی کردند. الگوریتم جنگل تصادفی با دقت بالاتر و خطای کمتر نسبت به سایر الگوریتم‌ها عملکرد بهتری داشت. تحلیل داده‌های سنسور فشار نشان داد که تغییرات غیرطبیعی در فشار داخل خودرو، مانند باز شدن غیرمجاز درب‌ها، به‌عنوان شاخص مؤثر برای شناسایی رفتارهای مشکوک عمل می‌کند. همچنین، داده‌های سنسور دما توانستند تغییرات ناگهانی دما در خودرو، به‌ویژه زمانی که خودرو پارک شده بود، را شناسایی کرده و به شبیه‌سازی ورود یا استفاده غیرمجاز کمک کنند.

یکی از یافته‌های مهم تحقیق نشان داد که ترکیب داده‌های سنسورهای مختلف، از جمله شتاب، موقعیت جغرافیایی، فشار، دما و وضعیت درب‌ها، در یک مدل یادگیری ماشین باعث افزایش دقت شناسایی رفتارهای مشکوک می‌شود. این ترکیب داده‌ها به شبیه‌سازی دقیق‌تر رفتارهای غیرعادی و شناسایی تهدیدات امنیتی کمک کرد و توانایی سیستم در ارائه هشدارهای پیشگیرانه را بهبود بخشید. این تحقیق پیشنهاد می‌کند که سیستم‌های امنیتی خودرو در آینده از الگوریتم‌های پیچیده‌تر یادگیری ماشین و مدل‌های ترکیبی برای تحلیل داده‌های سنسورها استفاده کنند. همچنین، توسعه سیستم‌های یکپارچه با قابلیت ارسال هشدارهای به‌موقع به مالکان خودرو می‌تواند به کاهش میزان سرقت‌ها و افزایش ایمنی خودروها کمک کند. این تحقیق نشان داد که یادگیری ماشین می‌تواند نقش مهمی در بهبود عملکرد سیستم‌های امنیتی و پیشگیری از سرقت خودرو داشته باشد.



• منابع

- [1] X. Zeng, F. Wang, B. Wang, C. Wu, K.R. Liu, O.C. Au, In-vehicle sensing for smart cars, IEEE Open Journal of Vehicular Technology, 3 (2022) 221-242.
- [2] A. M, H.M. , J.k.P. , K.S. , V.k.S. , VEHICLE THEFT DETECTION AND LOCKING SYSTEM, International Journal of Innovative Research in Electrical, Electronics, Instrumentation and Control Engineering, 10 (2022) 328-337.
- [3] Ö. Özdemir, M.T. İşıyapar, P. Karagöz, K.W. Schmidt, D. Demir, N.A. Karagöz, A Survey of Anomaly Detection in In-Vehicle Networks, arXiv preprint arXiv:2409.07505, (2024).
- [4] M.A. Rouf, Q. Wu, X. Yu, Y. Iwahori, H. Wu, A. Wang, Real-time vehicle detection, tracking and counting system based on YOLOv7, Embedded Selforganising Systems, 10 (2023) 4-8.
- [5] D. Gangwani, P. Gangwani, Applications of machine learning and artificial intelligence in intelligent transportation system: A review, Applications of Artificial Intelligence and Machine Learning: Select Proceedings of ICAAAIML 2020, (2021) 203-216.
- [6] Z. He, J. Hu, B.B. Park, M.W. Levin, Vehicle sensor data-based transportation research: Modeling, analysis, and management, Taylor & Francis, 2019, pp. 99-102.
- [7] N. Singh, R. Agarwal, Intrusion detection system for smart vehicles using machine learning algorithms, 2023 international conference on communication, security and artificial intelligence (ICCSAI), IEEE, 2023, pp. 749-753.
- [8] J. Arora, A. Bangroo, S. Garg, Theft Detection and Monitoring System Using Machine Learning, Emerging Research in Computing, Information, Communication and Applications: ERCICA 2020, Volume 2, Springer2021, pp. 957-966.
- [9] E. Alpaydin, Introduction to machine learning, MIT press2020.
- [10] J. Guerrero-Ibáñez, S. Zeadally, J. Contreras-Castillo, Sensor technologies for intelligent transportation systems, Sensors, 18 (2018) 1212.