سامانه‌های پردازشی و ارتباطی چندرسانه‌ای هوشمند
Intelligent Multimedia Processing and Communication Systems (IMPCS)

Fall 2024, 5 (3), 1-16
DOI: 10.71856/impcs.2024.1188262

Received: 7 July 2024
Accepted: 17 Aug 2024

مقاله مروری

An Overview on Advanced Technologies and Challenges of Driver Assistance Systems

Mahdi Seyfipoor[1], Mohadeseh Parvizi[۲], Siamak Mohammadi[3*]

1. PhD Student, Faculty of Electrical and Computer Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran.
mahdiseyfipoor@ut.ac.ir
2. MSc Student, Artificial Intelligence, Alzahra University, Tehran, Iran.
parviziimohadeseh@gmail.com
3. Associate Professor, Faculty of Electrical and Computer Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran.*Corresponding Author*, smohamadi@ut.ac.ir

Abstract
Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) have been developed to enhance driving safety and comfort. These systems collect and process environmental information using the data combination of various sensors, including radar, lidar, camera, and ultrasonic sensors, to prevent accidents and find a better and safer route. ADAS-related systems are investigated in two types: active and passive, in the passive type, the system's task is to create the necessary warnings for the driver, while in the active type, the system reacts to specific situations in addition to making correct decisions. A driver assistance system is divided into six different levels, which change as the level of abstraction increases, the degree of automation of the system changes, and at higher levels the system moves towards fully automated driving. Despite significant advancements in this field, challenges remain, including limitations of sensors in adverse weather conditions, heavy traffic, heavy data management, the size of the chips used, the issue of real-time rapid response, and cybersecurity. This review explores how using Deep learning and AI algorithms for enhance ADAS capabilities in data processing, obstacle detection and predictive analysis for better results.

Introduction: ADAS aims for better and safer driving by gathering sufficient data from the environment. Using sensor fusion technologies and enhancing the algorithms improved these systems over time. Regardless of these improvements, several challenges remain to be addressed. AI and deep learning algorithms play a key role in improving the aforementioned systems. These algorithms can solve problems such as more accurate identification of obstacles, object detection, prediction of other vehicles, pedestrians, or environmental changes, and heavy data management. By using these algorithms, advanced driver assistance systems will be improved over time using the learning process, and with the interaction between the car and the environment as well as between the cars, each vehicle will share its experiences with the other vehicles through the network, which will lead to faster and better learning. Communication with other vehicles and the environment causes up-to-date data and traffic conditions and prevents sudden hazards. This will improve real-time response and reduce accidents and improve traffic flow. The present study is a review article that examines emerging technologies in advanced driver assistance systems. It also examines challenges such as adverse weather conditions, maintaining cybersecurity, understanding and processing heavy data, and using artificial intelligence and deep learning algorithms.

Method: This study leverages a comprehensive review on existing ADAS technologies, challenges and potential solution. Additionally, this research highlights emerging technologies in ADAS development by comparing existing features with anticipated advancement.

Results: This review demonstrates the use of AI, deep learning algorithms and big data enhances ADAS tasks. This approach increases accuracy in obstacle detection, object recognition and predictive capabilities. This enhancement enables vehicles to predict the behaviors of other vehicles, road traffic, dynamic environment and pedestrians. Improved data processing techniques promise to manage large amount of data more effectively. Furthermore, real-time data sharing between vehicles and surrounding environment, improves real-time responsiveness and safety.

Keywords: Emerging Technologies, Driver Assistance System, Challenges, Solutions.

سامانه‌های پردازشی و ارتباطی چندرسانه‌ای هوشمند
Intelligent Multimedia Processing and Communication Systems (IMPCS)
انجمن علمی تجارت الکترونیکی ایران

مروری بر فناوری پیشرفته و چالش‌های سیستم دستیاررراننده

تاریخ دریافت: ۱۷/ ۰٤/ ۱٤۰۳ دورهٔ پنجم، پاییز ۱٤۰۳
تاریخ پذیرش: ۲۷/ ۰۵/ ۱٤۰۳ شمارهٔ دوم، صص: ۱-۱٦

مهدی سیفی‌پور[۱]، محدثه پرویزی[۲]، سیامک محمدی[۳*]

۱. دانشجوی دکتری مهندسی کامپیوتر، دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه تهران، تهران، ایران. mahdiseyfipoor@ut.ac.ir
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد هوش مصنوعی، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران. parviziimohadeseh@gmail.com
۳. دانشیار، دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه تهران، تهران، ایران(نویسندهٔ مسئول). smohamadi@ut.ac.ir

چکیده: سیستم‌های دستیار رانندهٔ پیشرفته (ADAS) به منظور افزایش ایمنی و راحتی در رانندگی توسعه یافته‌اند. این سیستم‌ها با استفاده از ترکیب داده‌ای سنسورهای مختلف از جمله رادار، لیدار، دوربین و سنسورهای آلتراسونیک، اطلاعات محیطی را جمع‌آوری و پردازش می‌کنند تا از وقوع تصادفات جلوگیری‌کرده و مسیر بهتر و امن‌تری را پیدا کنند. سیستم‌های مرتبط با ADAS در دو نوع فعال و غیرفعال بررسی‌می‌شوند که در نوع غیرفعال، وظیفه سیستم ایجاد هشدارهای لازم برای راننده است درحالی‌که در انواع فعال، سیستم علاوه بر تصمیم‌گیری‌های صحیح به طور خودکار در شرایط خاص واکنش نشان‌می‌دهند. یک سیستم دستیار راننده به شش سطح مختلف تقسیم‌بندی می‌شود که با افزایش سطح انتزاع، میزان خودکار بودن سیستم افزایش یافته و در سطوح بالاتر سیستم به سمت رانندگی کاملاً خودکار پیش می‌رود. با وجود پیشرفت‌های چشمگیر در این زمینه، چالش‌هایی از جمله محدودیت سنسورها در شرایط جوی نامساعد، ترافیک‌های سنگین، مدیریت داده‌های سنگین، ابعاد تراشه‌های مورد استفاده، پاسخ سریع در مورد مسائل زمان واقعی و امنیت سایبری همچنان وجود دارد. الگوریتم‌های هوش مصنوعی و یادگیری عمیق نقش کلیدی در بهبود سیستم‌های یادشده ایفامی‌کنند. این الگوریتم‌ها می‌توانند مسائلی چون شناسایی دقیق‌تر موانع، تشخیص اشیا، پیش‌بینی تغییرات محیطی - جاده‌ای و مدیریت داده‌های سنگین را حل‌کنند. با وجود این الگوریتم‌ها، سیستم‌های دستیار رانندهٔ پیشرفته در طول زمان با فرآیند یادگیری بهبودخواهدیافت. همچنین با تعامل بین خودرو و محیط و تعامل بین خودروها، هر وسیله نقلیه تجربه‌های خود را از طریق شبکه در اختیار سایر وسایل نقلیه قرار خواهد داد که این امر سبب یادگیری سریع‌تر و بهتر خواهدشد. ارتباط با سایر وسایل نقلیه و محیط، باعث روز بودن داده‌ها و وضعیت ترافیک جاده‌ای می‌شود که به پیشگیری از خطرات ناگهانی کمک‌می‌کند. این امر پاسخ در زمان واقعی را بهبود بخشیده و باعث کاهش تصادفات و بهبود جریان ترافیک خواهد شد. پژوهش حاضر یک مقاله مروری بوده که به بررسی تکنولوژی‌های نوظهور در سیستم‌های دستیار رانندهٔ پیشرفته می‌پردازد. همچنین چالش‌هایی مثل شرایط آب‌وهوایی نامساعد، حفظ امنیت سایبری، درک و پردازش داده‌های سنگین و استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی و یادگیری عمیق را بررسی‌می‌کند. پژوهش حاضر علاوه بر شناسایی این مشکلات راهکارهایی برای حل یا بهبود مسئله را معرفی‌می‌کند.

واژه‌های کلیدی: فناوری‌های نوظهور، سیستم دستیار راننده، چالش‌ها، راهکارها.

۱. مقدمه

با پیشرفت و رشد چشمگیر استفاده از وسایل نقلیه، تأمین امنیت رانندگان و عابران پیاده به امر مهمی تبدیل‌شده‌است. هر ساله افراد زیادی به‌دلیل تصادفات ناشی از خطای انسانی جان خود را از دست می‌دهند. به‌منظور جلوگیری از این تصادفات، سیستم‌های دستیار رانندهٔ پیشرفته[۱] طراحی‌شده‌اند. هدف اصلی این سیستم‌ها [۱] پیشگیری از تصادفات در شرایط مختلف از جمله سرعت بالا و پارک معکوس است. این سیستم‌ها در سال‌های ۱۹۷۰ و۱۹۸۰ میلادی با امکانات ساده‌ای همچون سیستم‌های ترمز ضدقفل[۲] و کنترل پایداری الکتریکی[۳] وارد عرصه تکنولوژی شدند. در سال‌های ۲۰۰۰ میلادی با پیشرفت سنسورهایی مثل رادار و دوربین‌ها تکنولوژی‌هایی مثل کنترل کروز تطبیقی[۴] و دستیار کنترل خط[۵] توسعه داده‌شدند. با پیشرفت تکنولوژی و حوزه‌های هوش‌مصنوعی، در سال ۲۰۱۰ میلادی الگوریتم‌های هوش‌مصنوعی و یادگیری‌ماشین باعث توسعه جدید تکنولوژی‌های جدیدی از جمله ترمز اورژانسی خودکار[۶] و دستیار پارک خودکار[۷] شدند. [۲] [۳]. با پیشرفت تکنولوژی تکنیک ترکیب سنسورها برای دریافت اطلاعات بیشتر و دقیق‌تر از محیط پیرامون، گسترش یافت[۴]. با استفاده از پردازش اطلاعات جمع‌آوری‌شده توسط سنسورها امنیت جان رانندگان و عابران پیاده تضمین‌می‌شود و رانندگی برای رانندگان ساده‌تر خواهدشد. این سیستم‌ها برای تضمین امنیت در شرایط خطرناک می‌توانند کنترل خودرو را از راننده بگیرند و پس از رفع خطر، کنترل را به راننده بازگردانند[۵]. سیستم‌های دستیار رانندهٔ پیشرفته از لحاظ خودکار بودن به شش سطح از سطح صفر (که ماشین کاملاً غیرخودکار است) تا سطح پنج (که ماشین کاملاً خودکار است) تقسیم‌می‌شوند. این تقسیم‌بندی یک دید کلی ارائه‌می‌کند که در هر شرایطی استفاده از کدام سطح مناسب‌تر است[۶]. در حال حاضر، تکنولوژی‌های پیشرفته‌ای بادقت بالا در سیستم‌های مذکور وجود دارند که امنیت را به‌خوبی تأمین‌می‌کنند. بااین‌حال، مانند هر سیستم دیگری، این سیستم‌ها نیز با چالش‌هایی مواجهند از جمله مدیریت ترافیک شدید و نامنظم. در هنگام ترافیک‌های شدید که چراغ‌راهنمایی یا تابلوی راهنما وجود ندارد و رانندگان به قوانین پایبند نیستند کارایی این سیستم‌ها دچار مشکل خواهدشد[۷]. همچنین، برخی از سنسورها در شرایط جوی نامناسب عملکرد مطلوبی ندارند. برای رفع این چالش‌ها ، تکنولوژی‌های فعلی باید بهبودیابند و تکنولوژی‌های جدیدی نیز معرفی‌شوند. در این مقاله، به بررسی تکنولوژی‌های موجود و فناوری‌های آینده در سیستم‌های دستیار راننده خواهیم پرداخت.

سیستم‌های دستیار راننده از لحاظ خودکار بودن به شش سطح تقسیم‌می‌شوند[۸]. سطح صفر کاملاً غیرخودکار و سطح پنج کاملاً خودکار است. تاکنون تا سطح ۳ بصورت واقعی اجرا شده‌است[۴].

سطح صفر (غیرخودکار): در این سطح، رانندگی به‌طور کامل توسط راننده انجام‌می‌شود و هیچ سیستم کمکی دخالت ندارد.

سطح یک (دستیار راننده): یک سیستم دستیار راننده وجود دارد که به راننده در کنترل سرعت یا شتاب کمک‌می‌کند.

سطح دو (خودکار بودن جزئی): در سیستم دستیار راننده، کنترل شتاب و سرعت برای افزایش امنیت وجود دارد. این سیستم‌ها به راننده کمک‌می‌کنند تا عملکرد بهتری داشته‌باشند. سیستم‌های پیشرفته کمک راننده عمدتاً در این گروه قرار می‌گیرند.

سطح سه (خودکار بودن مشروط): در این سطح، سیستم می‌تواند بیشتر وظایف رانندگی را خودکار انجام‌دهد، اما همچنان نیاز به توجه راننده دارد.

سطح چهار (خودکار بودن سطح بالا): در این سطح، سیستم می‌تواند تمام وظایف رانندگی را در شرایط خاص مدیریت‌کند، اما همچنان نیاز به توجه راننده دارد.

سطح پنج (کاملاً خودکار): این سیستم‌ها کاملاً خودکارند و بدون نیاز به توجه راننده، تمامی وظایف رانندگی را در هر شرایطی انجام‌می‌دهند.

سیستم کمک‌راننده پیشرفته آینده‌ای مستقل را فراهم‌می‌کند. شکل ۱ انواع سطوح مختلف خودکار بودن سیستم دستیار رانندهٔ پیشرفته را نشان‌می‌دهد.

۲. مروری بر سیستم‌های دستیار راننده

سیستم‌های دستیار رانندهٔ پیشرفته به دو دسته کلی شامل سیستم‌های فعال و سیستم‌های غیرفعال تقسیم‌می‌شوند.

۱،۲. سیستم‌های غیرفعال

این سیستم‌ها اطلاعات موردنیاز را از سنسورها دریافت‌کرده و پس از پردازش داده‌ها، به راننده فقط هشدارمی‌دهند. درواقع در مواقع ناامن نشان‌دادن واکنش و انجام عمل مناسب بر عهده راننده است و سیستم‌های غیرفعال نقش هشداردهنده را بازی‌می‌کنند. هشدار به سه صورت دیداری، شنیداری و لمسی(مانند لرزش در فرمان) ممکن است[۸]. در بین روش‌های گفته‌شده، دو روش دیداری و شنیداری مرسوم‌تر هستند. روش دیداری به‌دلیل قابلیت‌های ارسال پیام به صورت رنگی و قابل فهم‌تر، بیشتر استفاده‌می‌شود. البته از مشکلات این روش ایجاد حواس‌پرتی برای راننده و برداشته‌شدن نگاه وی از جاده می‌باشد. کنترل پایداری الکتریکی[۸] (که در پیچ‌ها به کنترل فرمان کمک‌می‌کند) و کنترل کشش[۹] (که در مسیر بودن هر یک از چرخ‌ها را بررسی‌می‌کند) از کاربردهای مورداستفاده این سیستم‌ها هستند[۷]. از بین سنسورها نیز سنسورهای دیداری مانند انواع دوربین‌ها در زیر مجموعه سیستم‌های غیرفعال قرارمی‌گیرند[۴].

۲،۲. سیستم‌های فعال

سیستم‌های فعال نیز همانند سیستم‌های غیرفعال اطلاعات را از سنسورها دریافت‌می‌کنند. اما پس از پردازش اطلاعات، این سیستم‌ها

سطح ۰	سطح ۱	سطح ۲	سطح ۳	سطح ۴	سطح ۵
کاملا غیرخودکار	دستیار راننده	اتوماسیون نسبی	اتوماسیون شرطی	اتوماسیون بالا	کاملا خودکار
رانندگی کاملاً توسط راننده انجام‌می‌شود.	تمام کارها با راننده است اما در بعضی شرایط می‌تواند از سیستم کمک بگیرد.	راننده باید همواره هشیار باشد. حتی به هنگام انجام برخی کارهای ساده توسط خودرو، راننده باید کنترل داشته‌باشد.	راننده همواره باید آمادگی کنترل ماشین را در شرایطی که سیستم اتوماسیون قادر به فعالیت نیست، داشته باشد.	بیشتر کنترل توسط سیستم دستیار راننده است اما راننده باید هشیار باشد که اگر سیستم کار نکرد، کنترل را به دست بگیرد.	به کمک راننده نیاز نیست مگر در مواقعی که راننده خودش تمایل داشته‌باشد.
رانندگی فقط با راننده است، اما خودرو می‌تواند درباره محیط هشدار دهد.	خودرو کمک‌های ساده‌ای مثل ترمز اضراری خودکار و حفظ خط را دارد.	خودرو شتاب و تنظیم فرمان خودکار را پشتیبانی می‌کند و در برخی شرایط خاص ترمز اتوماتیک نیز دارد.	خودرو کنترل کامل شتاب، تنظیم فرمان و ترمز اضطراری را در برخی شرایط پشتیبانی می‌کند.	خودرو تقریبا تمام وظایف رانندگی را در تمامی شرایط در اختیار دارد.	خودرو تمامی وظایف رانندگی را بدون نیاز به دخالت راننده به عهده دارد.

شکل۱: سطوح خودکار بودن خودرو و ویژگی‌های هر سطح

به‌طور خودکار و بدون دخالت راننده عمل‌کرده و با به‌دست‌گرفتن کنترل ماشین، موقعیت‌های ناامن را مدیریت می‌کنند.

این سیستم‌ها نسبت به سیستم‌های غیرفعال پیشرفته‌تر هستند و برای جلوگیری از تصادفات و افزایش امنیت کارایی بالایی دارند[۸].

ترمز اضطراری خودکار[۱۰]، دستیار حفظ خطوط[۱۱]، نگهدارنده در وسط خط جاده[۱۲] و دستیار ترافیک[۱۳] از جمله سیستم‌های فعال هستند[۷]. در میان سنسورها، سنسورهای لیدار، رادار و آلتراسونیک از جمله سنسورهای فعال محسوب‌می‌شوند[۴]. شکل۲ انواع این سیستم‌ها را نشان‌می‌دهد.

۳. فناوری‌های موجود

تکنولوژی‌های موجود در سیستم‌های دستیار راننده، تابه‌حال جان هزاران انسان را نجات داده‌است. در این بخش برخی از پرکاربردترین این سیستم‌ها را بررسی‌می‌کنیم[۵].

۱،۳. کنترل سرعت تطبیقی

سیستم کنترل سرعت تضمین‌می‌کند که در شرایط مختلف، سرعت مناسب وسیله نقلیه را حفظ‌کند. سیستم کنترل سرعت تطبیقی[۱۴] یک نوع پیشرفته از سیستم کنترل سرعت[۱۵] است. این سیستم با استفاده از سنسورهای رادار[۱۶]، لیدار[۱۷] و دوربین‌ها در صورت وجود مانع، با تطبیق سرعت مناسب، فاصله با مانع را نیز حفظ‌می‌کند.

۲،۳. هشدار خروج از خط

سیستم هشدار خروج از خط[۱۸] با استفاده از دوربین‌ها اطلاعاتی از محیط پیرامون وسیله نقلیه به‌دست‌می‌آورد. سپس با استفاده از پردازش اطلاعات به‌دست‌آمده منطقهٔ امنی را شناسایی‌کرده و در صورت خروج از این خط هشدار می‌دهد. سیستم‌های دیگری نیز از جمله سیستم‌های دستیار نگهدارنده در مرکز خط[۱۹] برای کمک به این سیستم وجود دارند. این سیستم بدون دخالت راننده می‌تواند وسیله نقلیه را در خط ترافیک نگه دارد و در صورت تمایل راننده به تعویض خط ترافیک، امن بودن جاده بررسی‌می‌شود.

۳،۳. ترمز اضطراری خودکار

سیستم ترمز اضطراری خودکار[۲۰] در مواقع ناامن مثل نزدیک‌شدن به یک مانع کنترل را از راننده گرفته و خودرو را متوقف‌می‌کند. این سیستم از سنسورهایی مثل رادار، لیدار و دوربین‌ها استفاده‌می‌کند[۵].

۴،۳. تشخیص نقاط کور

سیستم تشخیص نقاط کور[۲۱] با استفاده از سنسورهای رادار و دوربین‌های نصب‌شده روی آینه بغل، وجود وسایل نقلیه‌ای که در دیدرس راننده نیستند را تشخیص‌داده و هشدارمی‌دهد.

۵،۳. سیستم‌های پارک اتوماتیک[۲۲]

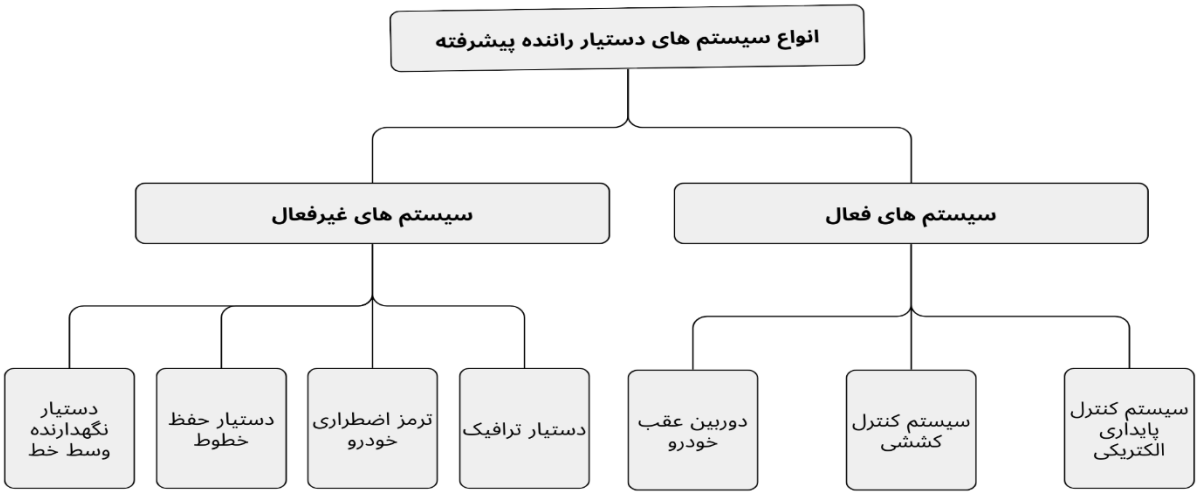
سیستم پارک اتوماتیک با استفاده از دوربین‌های نصب‌شده در اطراف و عقب وسیله نقلیه، پارک‌کردن را برای راننده آسان‌تر می‌کند. همچنین برخی سیستم‌های پیشرفته مکان‌های نزدیک و خالی برای پارک‌کردن را پیدا می‌کنند.

۶،۳. سیستم‌های پیشگیری از برخورد

سیستم‌های پیشگیری از برخورد[۲۳] با استفاده از سنسورها و الگوریتم‌های پردازش‌داده، احتمال وجود تصادف را پیش‌بینی‌کرده و به راننده هشدارمی‌دهند. در برخی موارد این سیستم‌ها برای جلوگیری از خطر، توانایی

شکل ۲ : انواع سیستم‌های دستیار رانندهٔ پیشرفته

در اختیار گرفتن کنترل خودرو را نیز دارا هستند. این سیستم می‌تواند از سیستم‌هایی مثل شناسایی عابر پیاده[۲۴] و سیستم تشخیص خواب‌آلودگی راننده[۲۵] نیز استفاده‌کند.



۷,۳. نظارت بر فشار باد تایر[۲۶]

ترکیدن لاستیک‌ها به‌دلیل افزایش دما یا فرسوده بودن آن‌ها باعث تصادفات جاده‌ای می‌شود. سیستم‌های نظارت بر فشار باد تایر سعی در هشدار به‌موقع برای جلوگیری از تصادفات را دارند. این سیستم‌ها به سه روش کارمی‌کنند:

- به کمک سنسورهای اندازه‌گیری فشار و محاسبه طول عمر تایر
- به کمک محاسبه تغییر سرعت زاویه‌ای چرخ[۲۷] برای شعاع مؤثر تایر[۲۸]
- ترکیب دو روش فوق

۸,۳. سیستم دید در شب[۲۹]

در شرایطی مثل تاریکی، مه، گردوخاک و یا نور شدید وسیله نقلیه روبه‌رو، دید راننده مختل‌می‌شود. در چنین شرایطی امکان تصادف افزایش می‌یابد. استفاده از دوربین‌ها و فیلترهای مناسب دید بهتری به راننده ارائه‌می‌دهند.

۹,۳. دستیار تقاطع

دستیار تقاطع[۳۰] تصادفات یا شلوغی در تقاطع‌ها یا ترافیک‌های نامنظم بررسی‌می‌کند. در صورت خطر از طریق هشدارهای دیداری و شنیداری به راننده هشدار داده‌می‌شود. این سیستم‌ها در شناسایی انسداد(به معنای همپوشانی دو جسم) نیز کاربرد دارند. استفاده از الگوریتم‌هایی مثل الگوریتم کرم‌شب‌تاب نیز در بهبود جریان ترافیک در تقاطع‌ها [۹] مؤثر است.

۱۰,۳. سایر سیستم‌ها

سیستم تشخیص باران[۳۱]، سیستم هشداردهنده کمربند ایمنی[۳۲]، تنظیم خودکار نور[۳۳][۵] سیستم شناسایی مخاطره[۳۴][۱۰] (که با استفاده از ایجاد شبکهٔ بین خودروها امکان وجود مخاطره را بررسی می‌کند) از دیگر سیستم‌های دستیار رانندهٔ پیشرفته هستند.

۴. چالش‌ها و فرصت‌ها در سیستم‌های کمک‌راننده خودکار

سیستم‌های کمک‌راننده خودکار با چالش‌های مختلفی روبه‌رو هستند. این چالش‌ها به دو زیر بخش اساسی چالش‌های سیستمی و چالش‌های عملکردی تقسیم‌می‌شوند. (شکل ۳)[۱۱].

۱,۴. چالش‌های سیستمی

این چالش‌ها شامل مساحت، توان مصرفی، سرعت و انرژی هستند.

۱,۱,۴. توان

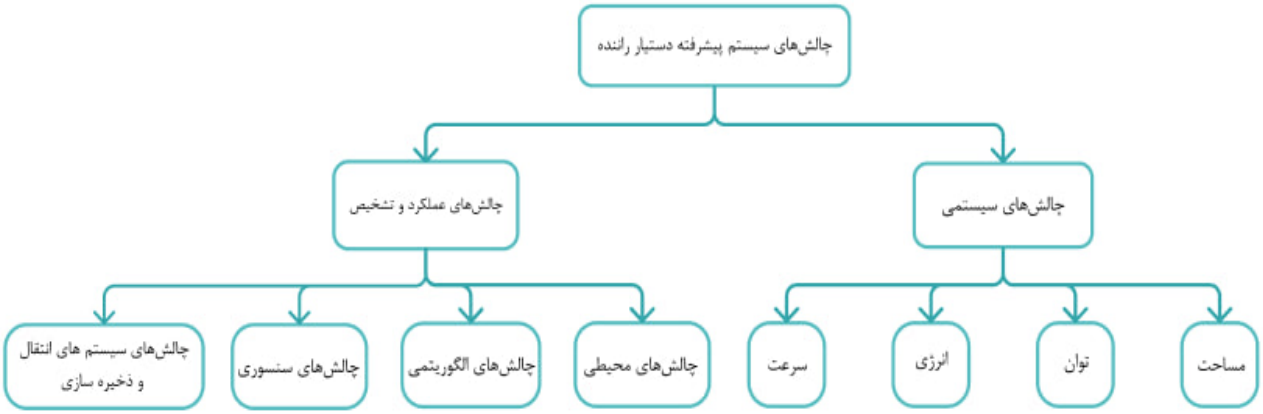
با توجه به اینکه در این سیستم‌ها از سنسورهای زیادی استفاده می‌کنند، حجم داده زیادی برای پردازش وجود دارد. بنابراین مدیریت توان مصرفی پراهمیت است. به‌ویژه در خودروهای الکتریکی که عمر باتری برای آن‌ها مهم است. برای متعادل ساختن این امر بهتر است وظایف تراشه‌ها دقیق تعریف و از تکنولوژی‌های رمزگذاری استفاده‌شود.

۲,۱,۴. سرعت

سرعت سیستم در پاسخ به مسئله نیز امری مهم محسوب‌می‌شود. تاخیر در این سیستم‌ها ممکن است باعث خطر شود. با استفاده از تراشه‌های CPU، GPU و DSP می‌توانیم قدرت محاسباتی و سرعت را افزایش دهیم[۱۲].

۳,۱,۴. مساحت

به‌دلیل یکپارچه بودن سیستم، سطح تراشه و اندازه سیستم باید کاهش یابد. با تجزیه‌وتحلیل توپولوژی‌های مختلف و مقایسه بین آن‌ها می‌توان تراشه‌ای را انتخاب‌کرد که اندازه مناسب‌تری داشته‌باشد [۱۳].



شکل ۳ : چالش‌های سیستم دستیار راننده

۴،۱،۴. انرژی

همچنین بهره‌وری انرژی و پایداری به بهبود کلی کارکرد سیستم کمک-می‌کند. برای بهره‌وری انرژی بهتر، در صورت امکان باید از سنسورها و الگوریتم هایی با انرژی مصرفی کم‌تر استفاده‌کنیم [۱۴].

۲،۴. چالش‌های عملکردی

در ادامه چالش‌های عملکردی را در ۴ گروه بررسی‌می‌کنیم:

۱،۲،۴. چالش‌های محیطی

سیستم‌های کمک‌راننده اطلاعات زیادی را از محیط پیرامون دریافت می‌کنند و با پردازش بر روی این اطلاعات تصمیم‌گیری لازم صورت می‌پذیرد. شرایط محیطی مانند شرایط آب‌وهوایی مثل باد، باران، گرد و غبار و برف، شرایط جاده‌ای مثل چاله‌ها، زباله‌های جاده‌ها و مناطق ساخت‌وساز می‌توانند تصمیم‌گیری صحیح و بهینه را مختل‌کنند. علاوه بر موارد ذکرشده وجود نقاط کور و شناسایی اشیا کوچک نیز از چالش‌های مربوط به این بخش می‌باشد[۱۵]. برای حل این مشکلات می‌توان از ترکیب سنسورها استفاده کرد. در چنین شرایطی اگر یک یا برخی از سنسورها قادر به پاسخگویی نبودند سایر سنسورها می‌توانند پاسخگو باشند. همچنین می‌توان با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری عمیق رفتار در چنین موقعیت‌هایی را به سنسور آموزش‌داد [۱۶].

۲،۲،۴. چالش‌های الگوریتمی

الگوریتم‌های مورد استفاده یادگیری‌ماشین و یادگیری عمیق معمولاً دارای محدودیت هستند. همچنین پردازش حجم زیادی از داده‌ها ممکن است دقت و سرعت را کاهش دهد. برای حل این مشکل می‌توان با استفاده از روش‌های هرس مدل[۳۵] و کوانتیزه[۳۶] کردن مدل الگوریتم‌ها را بهینه‌کنیم. همچنین تست سیستم در محیط شبیه‌سازی‌شده و امکان ایجاد ارتباط بین وسایل نقلیه کمک‌کننده است[۱۷].

۳،۲،۴. چالش‌های سنسوری

سنسورها نقش بسیار مهمی در جمع‌آوری اطلاعات از محیط پیرامون را برعهده‌دارند. اما محدودیت‌های زیادی دارند. از جمله این محدودیت‌ها عدم کارایی برخی از آن‌ها در شرایط بد آب‌وهوایی، عدم کارایی برخی از آن‌ها در شرایط نوری نامناسب و عدم تشخیص اجسام کوچک و دور می‌باشد. برای حل این مشکل علاوه بر راهکارهای ذکرشده در بخش چالش‌های محیطی، می‌توانیم از سنسورهای پیشرفته‌تری استفاده‌کنیم. مثل نسل‌های جدید لیدار و رادار یا دوربین‌های گرمایشی[۳۷] که در صورت وجود نور کم نیز خوب عمل‌می‌کنند[۱۸].

۴،۲،۴. چالش‌های انتقال و ذخیره‌سازی

با توجه به حجم زیاد داده‌ها و محدودیت پهنای باند، انتقال داده‌ها از سنسورها به سیستم مرکزی ممکن است با مشکلاتی مثل تأخیر، از دست رفتن داده‌ها و نویز همراه شود. برای حل این مشکلات راه‌حل‌های متعددی وجوددارد. از جمله استفاده از الگوریتم‌های فشرده‌سازی داده‌ها، استفاده از الگوریتم‌های تصحیح خطا مثل الگوریتم همینگ[۳۸]، محاسبات لبه‌ای[۳۹]، به‌کارگیری سیستم‌های توزیع شده[۴۰] مانند فضای ابری و استفاده از SSD[۴۱]ها که حجم و سرعت بیشتری دارند[۱۹].

در این بخش برای چالش‌های موجود راهکارهایی ارائه‌شد که هرکدام از این راهکارها مزیت‌هایی دارند. تمامی راهکارهای ذکرشده به همراه مزیت آن‌ها در جدول ۱ آمده‌است[۱۱].

۵. فناوری‌های آینده و پیشرفت‌ها

در این بخش به معرفی فناوری‌های آینده در سیستم‌های دستیار راننده می‌پردازیم:

۱،۵. فناوری حسگرهای پیشرفته

حسگرهای پیشرفته اغلب نتیجه پیشرفت در سنسورهای رادار، لیدار و دوربین هستند. بهبود این حسگرها باعث افزایش دقت در اطلاعات پیرامون و درنتیجه بهبود الگوریتم و عملکرد سیستم‌های دستیار راننده خواهدشد.

۱،۱،۵. سیستم‌های راداری پیشرفته

فناوری‌های راداری با امواج میلی‌متری و قابلیت تصویربرداری، نقشه‌های محیطی دقیق‌تری را به‌خصوص در شرایط آب‌وهوایی نامساعد و

سناریوهایی با دید کم ارائه‌می‌دهند. این سنسورها همچنین توان مصرفی کم و دقت بالایی دارند[۲۰]. سنسورهای راداری علاوه بر تشخیص موانع، قابلیت دنبال‌کردن مانع و تشخیص حرکات را نیز دارا می‌باشند.

جدول ۱ : راهکار مواجهه با چالش‌ها و مزیت هریک از آن‌ها

چالش	راهکار	مزیت راهکار
محیطی	سنسور مقاوم در برابر آب‌وهوا	عملکرد بهتر
	تکنیک‌های بهبود تصویر	بهبود تصاویر در دید کم
سنسوری	سنسورهای سرعت بالا	کاهش تاخیر پاسخ
	سنسور مناسب	بهبود تشخیص
سیستمی	تکنیک‌های رمزگذاری داده‌ها	کاهش مصرف انرژی و بهبود کارایی سیستم
	برنامه‌ریزی وظایف روی تراشه	
	توپولوژی های مختلف	کاهش فضای تراشه
	پیاده‌سازی الگوریتم‌های بر روی پلتفرم‌های ناهمگن	به حداکثر رسیدن قدرت محاسباتی و بهبود عملکرد
	سنسور فیوژن	ترکیب داده ها در سنسورهای خودرو
الگوریتمی	پیاده‌سازی مدل‌های یادگیری ماشین بر روی سخت‌افزار	بهبود عملکرد و کاهش تأخیر
	معماری ناهمگن قابل پیکربندی مجدد	بهبود عملکرد بدون کاهش دقت
	پیاده‌سازی الگوریتم‌های تقریبی توسط شبکه عمیق	کاهش زمان محاسباتی و حفظ عملکرد پیش‌بینی
محدودیت مدل یادگیری ماشین	کمی‌سازی و فشرده‌سازی مدل	بهبود عملکرد مدل‌های یادگیری عمیق
	الگوریتم‌های زمان‌بندی بهینه	ترکیب یادگیری ماشین با سیستم عامل بی‌درنگ
	رویکردهای یادگیری چندوظیفه‌ای	بهینه سازی استفاده از منابع محاسباتی
انتقال و ذخیره‌سازی	فناوری G۵	انتقال بلادرنگ
	الگوریتم‌های تصحیح خطا	انتقال امن‌تر
	فشرده‌سازی داده‌ها	کاهش حجم داده ها
	سیستم ذخیره‌سازی توزیع‌شده	مدیریت کارآمد حجم داده‌ها

۲,۱,۵. سیستم‌های لیداری پیشرفته

لیدارهای نسل جدید با ارسال موج پیوسته مدوله‌شده با فرکانس[۴۲] رزولوشن بالاتر، برد طولانی‌تر و دقت بالاتری نسبت به سیستم‌های لیدار فعلی ارائه‌می‌دهند. این پیشرفت‌ها به طور قابل‌توجهی تشخیص و ردیابی اشیا را بهبودمی‌بخشند[۲۱]. سنسورهای جدید لیدار سرعت بیشتری دارند.این سنسورها با ایجاد یک نقشه سه‌بعدی از پیرامون باعث بهبود تشخیص اشیاء با دقت بالاتری می‌شوند[۲۲].

۳,۱,۵. ترکیب سنسورها[۴۳]

ترکیب سنسورهای موجود از جمله لیدار، رادار و دوربین‌ها باعث بهبود درک سیستم از محیط می‌شود و باعث افزایش دقت تا ۱۲ ٪می‌شود. به‌عنوان مثال ترکیب دوربین‌ها برای تشخیص یک خودرو در پیش‌رو و استفاده از رادار برای شناسایی فاصله و سرعت مناسب از آن کمک کننده می‌باشد. درواقع سنسورها در ترکیب با یکدیگر ضعف سنسورهای دیگر را پوشش‌می‌دهند. جدول ۲ عملکرد سنسورهای مختلف و همچنین روش ترکیب سنسوری را در شرایط گوناگون نمایش‌می‌دهد[۱۱].

جدول ۲ : عملکرد انواع حسگرها در موقعیت‌های مختلف

	دوربین	لیدار	رادار	ترکیب سنسوری
تشخیص موانع	✓	✓	✓	✓
تشخیص عابر	✓	✗	✗	✓
عملکرد در شب	✗	✓	✓	✓
دید جانبی و عمقی	✓	✗	✗	✓
اندازه‌گیری فاصله	✗	✓	✓	✓
اندازه‌گیری سرعت	✗	✓	✓	✓
مقاوم در برابر شرایط جوی نامساعد	✗	✗	✓	✓

علاوه‌بر سنسورهای ذکرشده از سنسورهایی دیگری از جمله سنسورهای شتاب‌سنج[۴۴]، سنسورهای سطح سوخت[۴۵]، سنسورهای مانیتورینگ فشار تایر[۴۶] و سنسورهای دیگر که برای اهداف خاصی مورد استفاده قرار می‌گیرند، استفاده‌می‌شوند[۲۳].

۲,۵. نمایشگرهای واقعیت افزوده (AR)

برخی از سیستم‌های کمک‌راننده باعث پرت‌شدن حواس راننده از جاده خواهندشد. برای حل این مشکل نمایشگرهای واقعیت افزوده توسعه یافتند. این سیستم‌ها با فراهم‌کردن المان‌های گرافیکی بر روی شیشه جلویی ماشین یا یک صفحهٔ نمایش که در زاویه دید راننده وجود دارد

مشکل پرت‌شدن حواس راننده را حل‌کرده‌اند. به طور کلی دو نوع از این سیستم‌ها وجود دارد. نوع اول بیشتر با زمان واقعی درگیر هستند و نمایش گرافیکی قوی‌تری دارند[۲۴]. نمایشی از قابلیت نمایشگرهای واقعیت افزوده در شکل ۴ نشان‌داده‌شده‌است.

۱،۲،۵. شیشه‌های جلو AR

این شیشه‌ها با نمایش اطلاعات لازم مثل میزان سرعت، هایلایت‌کردن عابران پیاده، دوچرخه‌سواران و موانع، امنیت راننده و سایرین را افزایش می‌دهند. همچنین این سیستم‌ها قابلیت نمایش مناطق موردعلاقه مثل رستوران‌های نزدیک یا نزدیک‌ترین پمپ‌بنزین را دارا هستند[۲۵]. شیشه‌های واقعیت افزوده مشکل پرت‌شدن حواس راننده هنگام مشاهده اخطار در صفحه نمایش‌های جانبی را حل‌می‌کنند.

۲،۲،۵. نمایشگرهای هدآپ(HUD)

هدآپ‌های پیشرفته در جایی استفاده‌می‌شوند که لازم است حواس راننده مدام به علائم جاده‌ای باشد. این نمایشگرها اطلاعات حیاتی را بر روی شیشه جلو نمایش‌می‌دهند و با کاهش نیاز رانندگان به کنترل مداوم علائم جاده، امنیت را افزایش می‌دهند[۷].

۳،۵. سیستم‌های پیشرفتهٔ نظارت بر راننده[۴۷]

این سیستم‌ها با استفاده از ویژگی‌های بیومتریک و همچنین احساسات بر راننده نظارت‌می‌کنند.

۱،۳،۵. نظارت بیومتریک

نظارت بیومتریک به معنای بررسی و شناسایی رفتار یک فرد خاص یا یک الگوی رفتاری خاص است. به‌عنوان مثال هر شخص الگوی رانندگی

شکل۴ : نمایشگرهای واقعیت افزوده

مخصوص به خود را دارا است، بنابراین تشخیص بیومتریک می‌تواند تغییرات در این الگو از جمله ناهشیاری، خستگی یا وضعیت سلامت نامناسب را شناسایی‌کرده و به راننده هشدار دهد[۲۵].

۲،۳،۵. تشخیص احساسات

سیستم‌های پیشرفته نظارت بر راننده همچنین قادر خواهندبود احساسات راننده و سطوح استرس را تشخیص‌داده و شرایط لازم را برای راحتی بیشتر راننده فراهم‌کنند. این سیستم‌ها خواب‌آلودگی و پرت‌شدن حواس راننده از جاده را تشخیص‌می‌دهند. سیستم‌های ذکر شده در آینده با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری عمیق دقیق‌تر و قابل اعتمادتر خواهندشد.

لازم به ذکر است برای تشخیص احساسات و خواب‌آلودگی راننده احتیاج به شناسایی چهره راننده وجود دارد. در [۲۶]. بیان‌می‌دارد با روش ویولا-جونز و تحلیل بافت تصویر به بهبود دقت شناسایی چهره در زوایای مختلف و در شرایط نوری نامساعد کمک‌می‌کند.

۴،۵. رانندگی خودکار

فناوری‌های امروزی اغلب به سمت رانندگی خودکار سوق پیدا کرده‌اند.

۱،۴،۵. سطح ۴ و ۵ از سطوح خودکار بودن سیستم

فناوری‌های فعلی اغلب در سطوح ۲ و ۳ (اتوماسیون جزئی) هستند، با این حال در آینده شاهد توسعه و استقرار سیستم‌های سطح ۴ (اتوماسیون بالا) و سطح ۵ (اتوماسیون کامل) خواهیم بود که قادر به مدیریت همهٔ وظایف رانندگی بدون دخالت انسان خواهندبود[۲۷]. خودروهای کاملاً خودکار قابلیت اتصال به سایر وسایل نقلیه دیگر را دارا می‌باشند و با دریافت اطلاعات از سایر خودروها امکانات بهتری را فراهم‌می‌کنند. امکاناتی از جمله مسیریابی، شناسایی و عدم برخورد با مانع و همچنین تصمیم‌گیری در زمان واقعی برای مدیریت سرعت، شتاب، مسیریابی و عدم برخود با مانع را شامل‌می‌شوند[۲۸].

۲،۴،۵. رانندگی خودکار در بزرگراه‌ها

سیستم‌های خودکار پیشرفته می‌توانند در محیط‌های پیچیدهٔ شهری و همچنین بزرگراه‌ها حرکت‌کنند و تجربهٔ رانندگی مستقل یکپارچه را در انواع مختلف جاده‌ها با شرایط متفاوت فراهم‌کنند. تاکسی‌های خودران بدون راننده از مثال‌های این سیستم‌ها هستند.

۵،۵. رانندگی سازگار با محیط‌زیست و بهره‌وری انرژی

این سیستم‌ها با استفاده از یادگیری الگوی رانندگی راننده، آموزش و تذکرات لازم برای مصرف سوخت کمتر را به راننده می‌دهند تا درنهایت راننده نحوهٔ صحیح رانندگی برای حفظ سوخت را فراگیرد. همچنین این سیستم‌ها با مسیریابی بهینه و تطبیق سرعت با توجه به نوع جاده و محیط موجود، منجر به تلفات سوخت کمتر می‌شوند. سیستم مزبور از فناوری هیبریدی استفاده‌می‌کند. سیستم‌های هیبریدی سرعت جنبشی خودرو را در هنگام ترمز بازیابی کرده و منجر به مصرف سوخت کمتر خواهندشد. از چالش‌های موجود برای این سیستم‌ها می‌توان به تشویق و آموزش رانندگان و همچنین جذب حمایت دولت‌ها اشاره‌کرد[۲۹].

۶،۵. سیستم‌های یادگیری مستمر به کمک الگوریتم‌های یادگیری‌عمیق

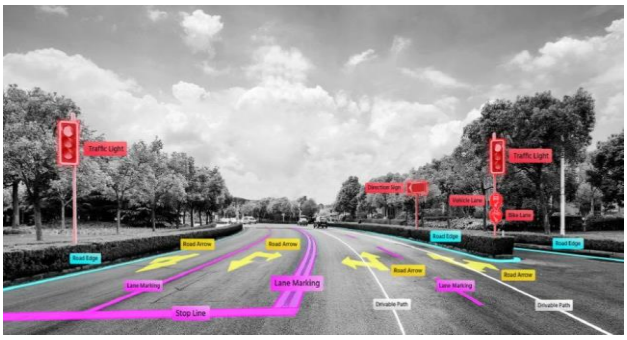
مدل‌های یادگیری‌عمیق پیشرفته، با قابلیت‌های تشخیص، طبقه‌بندی و پیش‌بینی اشیا، نقش مهمی در توسعه سیستم‌های دستیار رانندهٔ پیشرفته دارند. این مدل‌ها با فراهم‌کردن درک عمیقی از محیط‌های پیچیده رانندگی، سیستم را قادر می‌سازد تا تصمیمات دقیق‌تری بگیرد [۳۰]. به‌علاوه، سیستم‌های یادگیری مستمر که دائم از داده‌های جدید یادمی‌گیرند و عملکرد خود را در طول زمان بهبودمی‌بخشند، نقش مهمی در تکامل ADAS دارند. این سیستم‌ها با امکان انطباق سناریوهای رانندگی جدید و موقعیت‌های پیش‌بینی نشده، به افزایش کارایی و امنیت در سیستم‌های رانندگی هوشمند کمک‌می‌کنند[۳۱].

با پیشرفت و افزایش قابلیت‌های سیستم‌های دستیار راننده، حجم داده‌های ورودی نیز افزایش می‌یابد. در چنین شرایطی الگوریتم‌های پیشین راضی‌کننده نخواهندبود و نیاز به استفاده از الگوریتم‌های پیچیده‌تر با تعداد لایه‌ها و نورون‌های بیشتر خواهدبود[۳۲].

با پیشرفت و افزایش قابلیت‌های سیستم‌های دستیار راننده، حجم داده‌های ورودی نیز افزایش می‌یابد. در چنین شرایطی الگوریتم‌های پیشین راضی‌کننده نخواهندبود و نیاز به استفاده از الگوریتم‌های پیچیده‌تر با تعداد لایه‌ها و نورون‌های بیشتر خواهدبود[۳۱]. استفاده از الگوریتم‌های یادگیری عمیق باعث بهبود دقت تا ۲۰درصد در شناسایی موانع خواهدشد. همچنین با تحلیل رفتارهای راننده یا دیگران وسایل نقلیه قابلیت پیش بینی خطر را خواهندداشت[۳۳].

۷,۵. نقشه‌هایی با وضوح‌بالا و محلی‌سازی بی‌درنگ

وسایل نقلیه‌ای که در سطح ۴ و ۵ اتوماسیون قرارمی‌گیرند، نیاز به دید بهتری نسبت به سایر وسایل نقلیه دارند. این خودروها نیاز به یک دید سه‌بعدی و بسیار با کیفیت تر از نقشه‌های فعلی دارند. نقشه‌های با وضوح بالا و قابلیت محلی‌سازی بی‌درنگ با به‌روزرسانی بی‌درنگ این امر را ممکن می‌سازند. این نقشه‌ها از سه بخش مجزا تشکیل‌شده‌اند. ابتدا با تعیین موقعیت مکانی خودرو فاصله آن را تا مانع محاسبه‌می‌کنند. سپس مانع را تشخیص‌داده و درنهایت با توجه به نوع مانع عملکرد مناسب را انتخاب‌می‌کنند. لازم به ذکر است تمام فرآیند یادشده با دقت و وضوح بالاتری انجام‌می‌گیرد[۳۴].(شکل ۵)



شکل۵ : نمونه‌ای از نقشه‌های با وضوح بالا

نقشه‌های ذکرشده با کیفیت بالا موقعیت‌های مکانی را دقیق‌تر و باکیفیت بالاتری نمایش‌می‌دهند. سرعت آن‌ها بالاتر است و در زمان واقعی بهتر عمل‌می‌کنند. این امر باعث بهبود دقت حدود ۱۰ درصد در درک محیط توسط سیستم می‌شود. در نتیجه زمان پاسخ کاهش و امنیت افزایش می‌یابد[۳۵].

۸,۵. محاسبات لبه

این فناوری، با انجام پردازش داده‌ها در خود دستگاه (در این مورد، در داخل خودرو)، تأخیر در ارتباطات را به حداقل رسانده و تصمیم‌گیری سریع‌تر را امکان‌پذیر می‌کند.

این ویژگی برای کاربردهایی که نیاز به پاسخ سریع دارند، بسیار حیاتی است. به عنوان مثال در خودروهای هوشمند، سیستم‌هایی مانند پیشگیری از برخورد و ترمز اضطراری، نیاز به پاسخگویی فوری دارند. در چنین مواردی، هر ثانیه حیاتی است و تأخیر کوچکی می‌تواند تأثیرات جبران‌ناپذیری به همراه داشته‌باشد[۳۶]. بنابراین، استفاده از پردازش‌لبه در خودروهای هوشمند، می تواند به بهبود امنیت و کارایی این سیستم‌ها کمک‌کند.

علاوه بر موارد ذکرشده به‌دلیل استفاده از پردازش داخلی داده‌ها، حریم خصوصی راننده حفظ‌می‌شود و در شرایط اضطراری لزوما احتیاج به دسترسی به یک اینترنت پایدار نمی‌باشد. از چالش‌های موجود برای این سیستم‌ها می‌توان به بار محاسباتی پیچیده و هزینه بالا اشاره-کرد[۳۷].

۹,۵. تأثیر اتصال 5G بر سیستم‌های خودرویی هوشمند

در دنیای مدرن امروز، فناوری 5G با توانایی‌های بی‌نظیر خود، در حال ایجاد تحولات عمده در صنعت خودرو است. این فناوری با پهنای باند بالا و تأخیر کم، تبادل سریع و یکپارچه داده‌ها را بین وسایل نقلیه، زیرساخت‌ها و خدمات ابری تسهیل می‌کند. این عملکرد باعث واکنش سریع‌تر خودرو در زمان واقعی نسبت به محیط می‌شود و در نتیجه افزایش امنیت را درپی دارد[۳۸]. این امکان، قابلیت‌های سیستم‌های دستیار رانندهٔ پیشرفته را به‌طور قابل‌توجهی افزایش می‌دهد. با استفاده از اتصال 5G، این سیستم‌ها می‌توانند به‌طور مؤثری با سایر وسایل نقلیه، زیرساخت‌های شهری و خدمات ابری ارتباط برقرار کنند که این امر به بهبود عملکرد و امنیت خودروهای هوشمند کمک‌خواهدکرد.[۳۹]. شکل۶ سیستم ارتباط بین خودرویی را نشان‌می‌دهد.

۱۰,۵. استفاده از فناوری بلاک‌چین برای انتقال امن داده‌ها در وسایل نقلیه

در دنیای امروز که وسایل نقلیه به‌طور فزاینده‌ای به شبکه‌های ارتباطی متصل می‌شوند، امنیت انتقال داده‌ها بین این وسایل و زیرساخت‌های پشتیبانی‌کننده، از اهمیت بالایی برخوردار است. در این زمینه، فناوری بلاک‌چین می‌تواند نقش مهمی را در تضمین امنیت، یکپارچگی و حفظ حریم خصوصی اطلاعات ایفا کند.

بلاک‌چین امکان ردیابی و تأیید تمام تراکنش‌های انجام‌شده را فراهم‌می‌کند. این ویژگی باعث‌می‌شود که هرگونه تغییر غیرمجاز در داده‌ها، بلافاصله قابل‌تشخیص و ردیابی باشد؛ بنابراین، استفاده از بلاک‌چین در سیستم‌های وسایل نقلیه، می‌تواند به تضمین امنیت و حفظ حریم خصوصی کاربران کمک‌کند[۴۰].

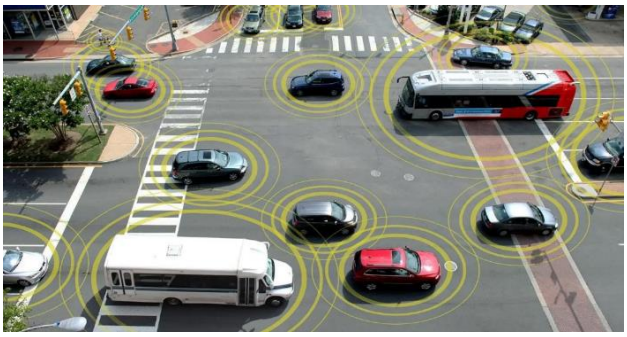
این فناوری اطلاعات محرمانه‌ای همچون مکان وسیله نقلیه و رفتار راننده در حین رانندگی را رمزگذاری می‌کند و در هنگام انتقال اطلاعات بین سایر وسایل نقلیه و زیرساخت‌های جاده‌ای از فناوری‌های احراز هویت و اعتبارسنجی استفاده‌می‌کند. این اقدامات از هک شدن و حمله‌های سایبری جلوگیری‌می‌کند.

۱۱,۵. اقدامات امنیت سایبری در وسایل نقلیه در شبکه خودرویی

باتوجه‌به افزایش ارتباطات بین وسایل نقلیه، امنیت سایبری به یکی از مهم‌ترین موضوعات در این زمینه تبدیل‌شده‌است. این ارتباطات می‌تواند باعث افزایش کارایی و امنیت وسایل نقلیه شود، اما درعین‌حال، ممکن

است خودروها در معرض خطرات امنیتی قرار گیرند. حملات سایبری می‌تواند در تبادل اطلاعات و واکنش سریع در زمان واقعی اختلال ایجادکنند و باعث ایجاد وقایع جبران‌ناپذیری شود. به همین دلیل، اقدامات پیشرفته امنیت سایبری برای محافظت در برابر تلاش‌های هک و دسترسی غیرمجاز به سیستم‌های دستیار رانندهٔ پیشرفته ضروری است. این اقدامات می‌تواند شامل روش‌های مختلفی از جمله رمزگذاری، تشخیص نفوذ و احراز هویت پیشرفته باشند[۴۱]. در روش‌های رمزگذاری با استفاده از الگوریتم های استاندارد رمزگذاری پیشرفته[۴۸] داده‌های حساس را رمزگذاری می‌کنند که در حین تبادل داده‌ها بین وسایل نقلیه دسترسی غیرمجاز داده‌نشود [۴۲]. از دیگر روش‌ها استفاده از دیوارهای آتش(fire wall) است. این دیوارها می‌توانند یک لایه امنیتی در برابر حملات خارجی عمل‌کنند.

روش‌های دیگری برای جلوگیری از هک سایبری وحفظ امنیت وجوددارند مثل استفاده از ماژول‌های امنیتی سخت افزاری[۴۹]، که با ذخیر کلیدهای رمزگذاری فرآیند رمزگذاری را ساده‌تر می‌کنند. فناوری بلاک چین و سیستم‌های تشخیص نفوذ[۵۰] که رفتارهای غیرنرمال در رانندگی را شناسایی‌کرده و احتمال وجود حمله سایبری را بررسی-می‌کنند. در نهایت، هدف از این اقدامات ایجاد یک محیط امن برای استفاده از وسایل نقلیه در شبکهٔ خودرویی است[۴۳] .



شکل۶ : نمایش سیستم ارتباط بین خودرویی

۱۲,۵. پارکینگ خودکار

با افزایش جمعیت و در نتیجه افزایش استفاده از وسایل نقلیه، مسئله پارکینگ از موارد قابل‌توجه می‌باشد. گاهی اوقات به دلیل پارک نامناسب فضای پارکینگ کاهش می‌یابد یا به دلیل فضای کم در هنگام پارک تصادفاتی رخ خواهدداد. برای حل این مشکل سیستم پارکینگ خودکار بدون دخالت انسان علاوه‌بر کاهش خطر تصادف در هنگام پارک می‌تواند به ایجاد فضای بیشتر در پارکینگ‌ها کمک‌کند. این فناوری با استفاده از ترکیب سنسورها اطلاعاتی درباره موانع و سایر خودروهای پارک‌شده به‌دست‌می‌آورد. همچنین با استفاده از محاسبات لبه‌ای، اتصال به سایر وسایل نقلیه و نقشه‌های با کیفیت بالا وجود فضای خالی در پارکینگ را در زمان واقعی بررسی‌می‌کند. در نهایت، هدف از این اقدامات ایجاد یک محیط امن برای استفاده از وسایل نقلیه در شبکهٔ خودرویی است[۴۴] .

۱۳,۵. به‌روزرسانی رایانش ابری و هوایی[۵۱]

استفاده از تکنولوژی فوق منجر به افزایش امنیت و عملکرد خودرو می‌شود. این تکنولوژی فرآیند ذخیرسازی، پردازش و تجزیه تحلیل را در فضای ابری و اینترنت انجام‌می‌دهد. ذخیره‌سازی متمرکز داده‌ها و تجزیه تحلیل قدرتمند برای تفسیر داده‌ها به بهبود تحلیل ترافیک و سیستم کمک‌راننده کمک‌می‌کند. این تکنولوژی به‌روزرسانی‌های به‌موقع درباره شرایط آب و هوایی، ترافیک و خطرات جاده‌ای فراهم‌می‌کند. همچنین وجود OTA باعث به‌روزرسانی نرم‌افزار و حل ایرادات سیتم از راه دور و بدون مراجعه به مرکز را فراهم‌می‌کند که در نتیجه باعث کاهش هزینه‌ها می‌شود[۴۵].

۶. مقایسه سیستم‌های موجود و تکنولوژی‌های نوظهور

در این بخش به مقایسه سامانه‌های موجود و تکنولوژی‌های نوظهور سیستم‌های دستیار راننده می‌پردازیم.

۱,۶. سنسورها

سنسورهای موجود شامل دوربین‌ها، لیدار، رادار و سنسور آلتراسونیک هستند که برای وظایفی همچون جلوگیری از برخودر، سرعت تطبیقی، ترمز اضطراری و سایر وظایف سیستم‌های دستیار رانندهٔ خودکار استفاده‌می‌شوند. تکنولوژی‌های آینده برای این سنسورها، استفاده از سنسورهای پیشرفته‌تر را شامل‌می‌شود. سنسورهایی مانند دوربین‌های مادون قرمز، دوربین‌های گرمایشی، استفاده از تکنیک‌های موجک و کانتور در پردازش تصویر[۴۶] و لیدارهای حالت جامد[۵۲] که فشرده، کم-هزینه و قابل‌اطمینان‌تر هستند. همچنین استفاده از ادغام اطلاعات گرفته‌شده از ترکیب سنسورها با استفاده از الگوریتم‌های هوش‌مصنوعی از تکنولوژی‌های آینده هستند. تمامی موارد ذکرشده محدودیت سنسورها را کاهش داده و باعث بهبود کارایی و سرعت سیستم در زمان واقعی خواهدشد[۴۷].

۲,۶. ارتباط وسایل نقلیه

سیستم‌های موجود اغلب خودمحور هستند. بدین معنی که اتصال کمی با سایر وسایل نقلیه یا زیرساخت‌های جاده‌ای دارند. این اتصالات متکی به ارتباطات کوتاه برد[۵۳] با پهنای باند محدود هستند و انتقال داده در آن‌ها کند است.

در آینده با استفاده از تکنولوژی 5G سرعت انتقال و بهره‌وری سوخت، جریان ترافیک بهبود و تاخیر کاهش می‌یابد. همچنین با استفاده از محاسبات لبه قابلیت اطمینان تصمیمات در زمان‌های واقعی افزایش می‌یابد[۳۹].

۳,۶. الگوریتم‌ها و روش تصمیم‌گیری

در حال حاضر برای پردازش داده‌های گرفته‌شده از سنسورها از الگوریتم‌های مبتنی بر قانون[۵۴] برخی الگوریتم‌های سادهٔ یادگیری‌ماشین و هوش‌مصنوعی استفاده‌می‌شود. اما این الگوریتم‌ها توانایی پیش‌بینی مستقل را ندارند. این امر سبب عدم مدیریت درست در شرایط غیر معمول[۵۵] می‌شود.

در آینده برای حل مشکلات ذکرشده از الگوریتم‌های یادگیری عمیق و الگوریتم‌های پیچیده‌تر هوش‌مصنوعی استفاده‌خواهدشد. همچنین استفاده از الگوریتم‌های یادگیری تقویتی و الگوریتم‌های خودآموز[۵۶] به سیستم کمک‌می‌کند که دنیای واقعی را تجربه‌کرده و تصمیم‌گیری‌هایی مبتنی بر پیش بینی داشته‌باشد[۳۱].

۴،۶. به‌روزرسانی رایانش ابری و هوایی

در حال حاضر به روز رسانی‌های هوایی - بدون نیاز به مرکز- بسیار محدود هستند و تنها در عملکردهای غیرحیاتی کاربرد دارند. این تکنولوژی در حال حاضر دامنهٔ محدودی دارد و در زمان واقعی عملکرد مناسبی ندارد.

در آینده این تکنولوژی پویاتر و بی‌درنگ خواهدبود. و بدون اختلال در عملکرد خودرو سیستم را به‌روزرسانی خواهدکرد. با استفاده از هوش‌مصنوعی مبتنی بر ابر، داده‌های حجیم بهتر و سریع‌تر آنالیز شده که باعث بهبود الگوریتم‌های یادگیری سیستم می‌شود. سیستم ذکرشده قادر به شناسایی خرابی‌های احتمالی قبل از وقوع نیز هست[۴۵].

۵،۶. پردازش و قدرت محاسباتی

سیستم‌های دستیار رانندهٔ موجود قدرت محاسباتی و پردازش پایینی دارند. این سیستم‌ها خودمحور، متمرکز و وابسته بر کامپیوترهای محلی هستند و از نظر بهره‌وری انرژی و قدرت پردازش محدود هستند. سیستم‌های موجود از پردازش سخت افزاری تسریع شده[۵۷] مثل GPU استفاده‌می‌کنند. اما این سیستم‌ها در زمان واقعی به‌خصوص محیط‌های پویا به‌درستی عمل‌نمی‌کنند. در آینده با استفاده از محاسبات لبه‌ای، محاسبات کوانتومی همچنین سخت‌افزارهای مخصوص هوش‌مصنوعی[۵۸] مثل پردازنده‌های شبکه عصبی، حل مسائل پیچیده‌تر بیهنه‌سازی مثل مدیریت ترافیک و مسیریابی در زمان واقعی بهبود می‌یابد[۳۵].

۶،۶. قابلیت‌های رانندگی خودمختار

در بین سطوح خودکار بودن وسایل نقلیه، خودروهای موجود تنها تا سطح ۲ موجود هستند. این خودروها قابلیت مدیریت و کنترل شتاب، ترمز و فرمان را دارند. اما راننده باید آگاه باشد و در صورت نیاز کنترل را به‌دست‌گیرد.

در آینده انتظار می‌رود که سیتسم‌های دستیار راننده تا سطح ۴ و ۵ پیشرفت‌کنند. در این سطوح حتی در شرایط پیچیده احتیاجی به دخالت راننده نمی‌باشد. در چنین شرایطی باید بین امنیت مسافران و آسیب رساندن به اموال، الویت‌بندی صورت‌گیرد. این مهم با استفاده از هوش‌مصنوعی اخلاقی[۵۹] و پروتکل‌های امنیتی پیشرفته ممکن خواهدشد[۲۹].

۷. مقایسه پارامترهای کلیدی در تحقیقات پیشین

در سال‌های اخیر تحقیقات فراوانی در حوزه تکنولوژی‌های آینده سیستم دستیار رانندهٔ پیشرفته و چالش‌های موجود در آن صورت گرفته‌است. در مرجع [۱] به بررسی چالش‌های رانندگی و خودکار بودن رانندگی در مناطق خاص پرداخته‌شده‌است. همچنین کاربرد و هزینه استفاده از سنسورها را در ترافیک جاده‌ای بررسی‌کرده و به بررسی مزایای پارک خودکار در مناطق شهری می‌پردازد. در [۲] خودکار بودن سیستم‌های دستیار راننده سطح‌بندی شده و جزئیات بیشتری دربارهٔ روش کار پارکینک خودکار و نقش سنسورها در آن‌ها بیان‌شده‌است. این درحالی است که در [۳] به بررسی ترکیب سنسورها و همچنین استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین و یادگیری عمیق برای شناسایی ناهنجاری پرداخته‌شده و در [۵] و [۶] به سنسورها، توانایی و کاربرد آن‌ها اشاره‌شده‌است. مرجع [۵] رانندگی خودکار را تا سطح سوم بررسی کرده و همچنین چالش‌های پیش‌رو برای سطوح بالاتر را بیان‌کرده‌است. همچنین این پژوهش اشاره‌ای به پارک خودکار وسیله نقلیه دارد. در مرجع [۶] اشاره‌ای به چالش‌های امنیتی و لزوم استفاده از امنیت سایبری شده‌است و در مرجع [۴] به بررسی ترکیب دوربین‌های مادون قرمز در کنار سایر سنسورها پرداخته‌شده و نگاهی به نقش الگوریتم‌های یادگیری عمیق از جمله شبکه‌های عصبی کانولوشنی شده‌است. در مرجع [۸] نیز در رابطه با سطوح خودکار بودن وسایل نقلیه و ویژگی‌های مورد نیاز برای رسیدن به خودرو کاملاً خودکار بحث‌شده‌است. همچنین دربارهٔ سیستم پارک خودکار و اهمیت تکنولوژی تشخیص نقاط کور در این سیستم‌ها صحبت‌کرده و مسئلهٔ امنیت سایبری در اتصال خودروها را بررسی‌کرده‌است. هیچ یک از این پژوهش‌ها، بررسی جامعی از سیستم‌ها و فناوری‌های مورد استفاده در سیستم‌های دستیار راننده را بررسی-نکرده‌است.

در این مقاله سعی شده‌است که تمامی نکات کلیدی، چالش‌ها، تکنولوژی‌های موجود و فناوری‌های آینده، منجسم و مقایسه‌ای ارائه‌شود. در جدول ۳ برخی از مهم‌ترین تکنولوژی‌های آینده آورده‌شده‌است. این جدول نشان‌می‌دهد مقاله ارائه‌شده چقدر نسبت به مقالات دیگر توضیحات بیشتر و منسجم تری ارائه کرده‌است.

۸. ساختار پژوهش

این مقاله مروری به بررسی انواع تکنولوژی‌های نوظهور در سیستم‌های دستیار رانندهٔ پیشرفته و فناوری‌های نسل آینده سیستم دستیار راننده می‌پردازد. همچنین چالش‌های سیستمی و عملکردی آن‌ها همراه راهکارهای ممکن و مقایسه‌های موردی برای بهبود سیستم‌های دستیار راننده در این مقاله ارائه‌شده‌است.

۹. چشم انداز و تحقیقات آینده

چشم‌انداز و تحقیقات آینده درباره سیستم‌های دستیار رانندهٔ پیشرفته را در سه بخش تحقیقات مرتبط با هوش‌مصنوعی، یادگیری عمیق و پردازش داده‌های بزرگ بررسی‌می‌کنیم.

۱،۹. حوزه‌های تحقیقاتی هوش مصنوعی و ADAS

در حال حاضر الگوریتم‌های سادهٔ هوش مصنوعی برای مدیریت برخی وظایف ساده مثل کنترل سرعت، شتاب و فرمان وجود دارند. اما سیستم‌های موجود عموما مبتنی بر قانون هستند.

در آینده سیستم‌های هوش مصنوعی آگاه از متن[60] توسعه خواهندیافت. این سیستم‌ها علاوه بر اطلاع از شرایط جاده‌ای و ترافیک، از شرایط راننده و ترجیهات او مطلع خواهندبود. همچنین قابلیت دیدبانی رفتار راننده و ارائه پشتیبانی مورد نیاز را دارند[۴۸].

عصبی می‌تواند مشکلات محیطی از جمله شرایط بد آب و هوایی را حل‌کند[۵۱]. همچنین با استفاده از یادگیری خودآموز، سیستم‌های دستیار راننده بر اساس تجربیات پیشین خود پیشرفت خواهندکرد. استفاده از الگوریتم‌های یادگیری عمیق منجر به استفاده از روش‌های

جدول ۳: جدول پارامتریک مقایسه‌ای تحقیقات پیشین

مرجع پژوهش	سال انتشار	رانندگی خودکار	نقشه با وضوح بالا	پارکینگ خودکار	سازگاری با محیط زیست	حسگرها	یادگیری ماشینی و عمیق	شیشه‌های واقعیت افزوده	امنیت سایبری
[۱]	۲۰۲۰	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✗	✗
[۲]	۲۰۱۹	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
[۳]	۲۰۲۳	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✗
[۴]	۲۰۲۳	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✗
[۵]	۲۰۲۲	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✗	✗
[۶]	۲۰۲۲	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✓
[۸]	۲۰۲۴	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✓	✗
مقاله ما	۲۰۲۴	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

سیستم‌های هوش‌مصنوعی پیش‌بینی‌کننده[61] از دیگر تکنولوژی‌های مورد بحث هستند. این سیستم‌ها به جای اینکه صرفا از روی ورودی سنسورها تصمیم‌گیری کنند، قابلیت پیش‌بینی دارند. به عنوان مثال می‌توانند پیش‌بینی‌کنند که آیا عابر پیاده در جاده قدم خواهدگذاشت یا خیر[۴۹]. هوش‌مصنوعی مشترک[62] از دیگر تکنولوژی‌های آینده سیستم‌های دستیار راننده هستند که به اتصال خودروها به یکدگیر و اتصال خودرو به همه چیز اشاره دارد. این اتصال موجب فراهم آمدن اطلاعات بیشتر،کارامدتر و در نهایت بهبود عملکرد سیستم خواهندشد. در ادامه هوش‌مصنوعی اخلاقی[63] در شرایطی که تصادف غیرقابل اجتناب است باید تصمیمات اخلاقی بگیرد و جان افراد را به خسارت مالی الویت قرار دهد[۵۰].

۲,۹. حوزه‌های تحقیقاتی یادگیری عمیق و ADAS

در حال حاضر از الگوریتم‌های سادهٔ یادگیری‌عمیق مثل شبکه‌های عصبی کانولوشنی برای برخی وظایف استفاده‌می‌شود. اما این فرآیندها محدود هستند و خیلی خوب عمل‌نمی‌کنند. در آینده با استفاده از الگوریتم‌های پیچیده‌تر یادگیری عمیق مثل شبکه‌های عصبی[64] RNN و GAN[65] این سیستم‌ها پیشرفت خواهندکرد. استفاده از این شبکه‌های بهتر برای محاسبات نیز خواهدشد. به عنوان مثال روش محاسبات نورومورفیک[66] امکان محاسبات پیچیده‌تر، در زمان کمتر را فراهم‌می‌کند.

۳,۹. حوزه‌های تحقیقاتی داده‌های بزرگ و ADAS

داده‌های جمع آوری‌شده از سنسورها حجم زیادی دارند. اما تنها مقدار کمی از آن‌ها به‌طور مؤثر مورد استفاده قرارمی‌گیرند. در آینده با استفاده از تکنولوژی‌های 5G و محاسبات لبه‌ای امکان محاسبات بلادرنگ و سریع ممکن خواهدشد. همچنین با استفاده از مدیریت داده‌های حجیم می‌توان خرابی سیستم را قبل از وقوع آن پیش‌بینی کرد. به اشتراک گذاشتن داده‌ها در فضای ابری با سایر وسایل نقلیه منجر به یادگیری جمعی و به‌روزرسانی مکرر سیستم خواهدشد. به صورتی که اگر یک خودرو در یک شرایط جدید قرارگیرد، تجربیات این موقعیت در اختیار سایر وسایل نقلیه قرارخواهدگرفت. استفاده از داده‌های حجیم در به‌روزرسانی نقشه‌های با وضوح بالا نیز مفید خواهدبود[۵۱].

۴,۹. مقایسه عددی مدل‌ها

برخی از تکنولوژی‌های ذکرشده تاأثیر مهمی در افزایش دقت شناسایی اشیا در سیستم‌های دستیار رانندهٔ خودکار دارند. در [۵۲] بیان‌می‌کند با ترکیب داده‌های دوربین، رادار و لیدار و فیلتر کالمن، دقت مدل در شناسایی اشیا افزایش می‌یابد. در این مقاله برای شناسایی جاده از دو فیلتر کالمن و الگوریتم یولو استفاده‌شده‌است، همچنین تکنولوژی‌های ذکرشده در شرایط مختلف ترافیکی بررسی‌شده‌است. از دیگر فناوری‌های مورد استفاده برای بهبود عملکرد سیستم دستیار رانندهٔ خودکار استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین و یادگیری عمیق است. به عنوان مثال استفاده از از SVM برای کنترل عرضی و طولی وسیله نقلیه و همچنین شناسایی رخداد، CNN برای تشخیص اشیا و نظارت بر هوشیاری راننده، الگوریتم‌های یادگیری تقویتی مانند Q-learning برای تصمیم‌گیری و الگوریتم k-means به منظور شناسایی شرایط جاده‌ای و ترافیکی در حوزه‌های ذکرشده باعث افزایش دقت خواهندشد[۵۳].

استفاده از فناوری‌ها و الگوریتم‌های هوش مصنوعی از جمله بهره‌گیری از شبکه‌های عصبی کانولوشنی برای شناسایی و تشخیص اشیا، استفاده از الگوریتم‌های RNN و LSTM برای مدیریت داده‌های متوالی در زمان واقعی و پیش‌بینی مسیرهای پیش‌رو و همچنین استفاده از مدل‌های گرافیکی مثل PGMs، شبکه‌های بیزین و مدل مارکوف برای مدیریت عدم قطعیت در محیط‌های مختلف، استفاده از الگوریتم SLAM به منظور ساخت یک نقشه با کیفیت بالا از محیط اطراف، استفاده از مدل‌های MPC به همراه الگوریتم‌هایی مثل A* و RRT* به‌منظور برنامه‌ریزی و پیدا کردن مسیر بهینه می‌تواند به بهبود دقت سیستم‌های ذکرشده کمک‌کند. همچنین استفاده از نقشه‌های با وضوح بالا دارای موقعیت مکانی دقیق خودرو و سایر شرایط جاده‌ای نیز باعث بهبود دقت در شناسایی و مکان‌یابی، برنامه‌ریزی، پیش‌بینی حرکت و شناسایی اشیا می‌شود [۵۵].

استفاده از تکنولوژی 5G ارتباط خودروها با یکدیگر را بهبود بخشیده و همچنین با بهبود تشخیص وسایل نقلیه، تشخیص خطوط جاده‌ای و احتمال برخورد، تشخیص علائم ترافیکی و عابران پیاده، باعث افزایش دقت می‌شود[۵۶]. جدول ۴ تأثیر حضور فناوری‌های مختلف برای

جدول ۴: تاثیر استفاده از فناوری‌های مختلف برای بهبود دقت

فناوری	دقت عادی	دقت با فناوری	مرجع
سنسورها	٪۵۵-۵۰	٪۶۰-۶۳	[۵۲]
یادگیری‌عمیق	٪۶۰-۸۰	٪۸۰-۹۵	[۵۳]
هوش مصنوعی	٪۷۰-۹۵	٪۸۰-۹۷	[۵۴]
نقشه وضوح بالا	٪۸۰-۸۵	٪۹۵	[۵۵]
فناوری 5G	٪۷۸-۸۵	٪۸۸-۹۵	[۵۶]

گوناگون (که در مراجع مربوطه اشاره شده‌است) را بر بهبود دقت سیستم دستیار راننده نشان می‌دهد.

۱۰. کاربرد تکنولوژی‌های ذکر شده در دنیای واقعی

شرکت مدیران خودرو به عنوان یکی از پیشروان صنعت خودروسازی در ایران، در حال حاضر از برخی از فناوری‌های ذکرشده از جمله پارک خودکار، ترمز اضطراری، کنترل سرعت تطبیقی و دستیار کنترل خط، در خودروهای خود استفاده‌می‌کند. این فناوری‌ها ایمنی را افزایش داده و تجربه رانندگی را در سطوح بالاتری رقم‌می‌زند. تکنولوژی‌های مورد استفاده در این خودروها در سطوح ۲ و ۳ هستند. امید است که بتوان با توجه به رشد فناوری‌های جدید به سطوح بالاتری از این تکنولوژی‌ها در این خودروها دست‌یافت.

۱۱. نتیجه‌گیری

فناوری‌های نسل آینده سیستم‌های ADAS نیز به‌طور خاص در این مقاله بررسی‌شده‌است. توسعه سیستم‌های پیشرفته دستیار راننده توانسته است به میزان قابل‌توجهی از تصادفات جلوگیری‌کرده و رانندگی را آسان‌تر و ایمن‌تر کند. این سیستم‌ها از ترکیب سنسورهای پیشرفته و الگوریتم‌های هوش مصنوعی برای تحلیل داده‌های محیطی و اتخاذ تصمیمات سریع استفاده‌می‌کنند. بااین‌حال، بهبود دقت و عملکرد سنسورها در شرایط مختلف جوی و پیچیده همچنان یک چالش باقی‌مانده است. آیندهٔ ADAS با تمرکز بر فناوری‌های نوین مانند رادارهای پیشرفته، لیدارهای جدید و هوش مصنوعی به‌منظور افزایش دقت و کارایی سیستم‌ها روشن به نظر می‌رسد. تحقیقات و نوآوری‌های بیشتر در این حوزه می‌تواند منجر به توسعه سیستم‌های کاملاً خودکار (سطح ۵) شود که بدون نیاز به دخالت انسان تمامی وظایف رانندگی را انجام‌دهند.

۱۲. روش‌شناسی مروری

به منظور ارائه این پژوهش و تهیه یک گزارش جامع از تکنولوژی‌های موجود و همچنین فناوری‌های نوظهور در سیستم‌های دستیار رانندهٔ پیشرفته، بالغ بر ۱۰۰ مقاله توسط نویسندگان بررسی‌شد که تعدادی از آن‌ها در لیست منابع پژوهش حاضر آورده‌شده‌است.

تمرکز اصلی ما بر روی مطالعه مقالات و آخرین دستاوردهای تحقیقاتی دنیا، به‌ویژه تحقیقات بعد از سال ۲۰۲۰ در رابطه با سیستم‌های دستیار رانندهٔ پیشرفته بوده‌است. برای دستیابی به تحقیقات مؤثرتر، مقالات با درجه اهمیت کم (مقدار Quartile و IF پایین‌تر) از لیست مقالات مورد بررسی ما در مراحل اولیه حذف‌شد. همچنین به‌منظور مطالعه و پژوهش جامع‌تر، همه پایگاه‌های داده علمی از جمله IEEE، Elsevier و Springer برای این امر مورد بررسی و جستجو قرارگرفته‌است. امید است مطالعه پژوهش حاضر برای علاقمندان به طراحی سیستم‌های خودران مفید واقع‌گردد.

منابع

[1] Haas, R. E., Bhattacharjee, S., & Möller, D. P. (2020). Advanced driver assistance systems. Smart Technologies: Scope and Applications, 345-371.

[2] Galvani, M. (2019). History and future of driver assistance. *IEEE Instrumentation & Measurement Magazine*, *22*(1), 11-16.

[3] Srinivasan, C., Sridhar, P., Raj, M., & Raj, S. (2023, June). Advanced Driver Assistance System (ADAS) in Autonomous Vehicles: A Complete Analysis. In *2023 8th International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES)* (pp. 1501-1505). IEEE.

[4] Srinivasan, S., Rajegowda, R., & Udhayakumar, E. (2023). Latest Advancements in Perception Algorithms for ADAS and AV Systems Using Infrared Images and Deep Learning.

[5] Sharkawy, A. E., Yacoub, M., & Asfoor, M. (2022). Comprehensive evaluation of emerging technologies of advanced driver assistance systems: An overview. Journal of Engineering Science and Military Technologies, 6(1), 41-51.

[6] Li, X., Lin, K. Y., Meng, M., Li, X., Li, L., Hong, Y., & Chen, J. (2022). A survey of adas perceptions with development in china. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 23(9), 14188-14203.

[7] Kankoriya, S., & Khatal, M. (2023). Advance Vehicle Advanced Driver Assistance Systems: Working & Features ADAS A Path towards Intelligent Vehicles. Travel With Virtual Reality.

[8] Kankoriya, S., & Khatal, M. (2024). Advanced Driver-Assistance Systems: Features Journey for Tomorrow. System, 4, 5.

[9] Jabbari, F., & Fallah Tafti, M. (2022). Evaluating the performance of intelligent traffic signals based on Firefly algorithm in an adaptive control system. *Traffic and Transportation Engineering Journal*, 3(3), 11-17.

[10] Chen, K. S., Yu, C. M., Lin, J. S., Huang, T. H., & Zhong, Y. S. (2024). Fuzzy Radar Evaluation Chart for Improving Machining Quality of Components. Mathematics, 12(5), 732.

[11] Seyfipour, M., Hajihaydari, E., Navidpour, R., & Mohammadi, S. (2024). Challenges and solutions in implementing object detection systems in advanced driver assistance systems (ADAS). Paper presented at the 22nd National Conference on Electrical, Computer, and Mechanical Engineering.

[12] Kocić, O., Simić, A., Bjelica, M. Z., & Maruna, T. (2016, November). Optimization of driver monitoring ADAS algorithm for heterogeneous platform. In 2016 24th Telecommunications Forum (TELFOR) (pp. 1-4). IEEE.

[13] Liu, Z., Cai, Y., Wang, H., & Chen, L. (2021). Surrounding objects detection and tracking for autonomous driving using LiDAR and radar fusion. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 34, 1-12.

[14] Dimassi, S., Jemai, M., Ouni, B., & Mtibaa, A. (2017, May). Reducing power consumption for system on programmable chip by scheduling tasks. In 2017 International Conference on Engineering & MIS (ICEMIS) (pp. 1-4). IEEE.

[15] Tahir, N. U. A., Zhang, Z., Asim, M., Chen, J., & ELAffendi, M. (2024). Object detection in autonomous vehicles under adverse weather: a review of traditional and deep learning approaches. Algorithms, 17(3), 103.

[16] Yeong, D. J., Velasco-Hernandez, G., Barry, J., & Walsh, J. (2021). Sensor and sensor fusion technology in autonomous vehicles: A review. Sensors, 21(6), 2140.

[17] Borrego-Carazo, J., Castells-Rufas, D., Biempica, E., & Carrabina, J. (2020). Resource-constrained machine learning for ADAS: A systematic review. IEEE Access, 8, 40573-40598.

[18] Li, B. (2022). High-speed 3D optical sensing for manufacturing research and industrial sensing applications. Transactions on Energy Systems and Engineering Applications, 3(2), 1-12.

[19] Makris, A., Kontopoulos, I., Psomakelis, E., Xyalis, S. N., Theodoropoulos, T., & Tserpes, K. (2022). Performance analysis of storage systems in edge computing infrastructures. Applied Sciences, 12(17), 8923.

[20] Zheng, Y. (2024). Unlocking The Potential of Lidar: Principles, Applications, And Future Prospects. Highlights in Science, Engineering and Technology, 81, 258-264.

[21] Wang, M. (2024). Virtual Reality Simulated Augmented Reality Display on Windshields: Improving the Spatial Awareness of Autonomous Car Drivers.

[22] Dayananda, B. N., Srivastava, N., Achala, G., Nandagiri, A., Srihari, P., Pardhasaradhi, B., & Cenkeramaddi, L. R. (2024, April). Depth Information Fusion Using Radar-LiDAR-Camera Experimental Setup for ADAS Applications. In *2024 IEEE 13th International Conference on Communication Systems and Network Technologies (CSNT)* (pp. 59-65). IEEE.

[23] Ahmad, U., Han, M., Jolfaei, A., Jabbar, S., Ibrar, M., Erbad, A., ... & Alkhrijah, Y. (2024). A Comprehensive Survey and Tutorial on Smart Vehicles: Emerging Technologies, Security Issues, and Solutions Using Machine Learning. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems.

[24] Murugan, S., Sampathkumar, A., Kanaga Suba Raja, S., Ramesh, S., Manikandan, R., & Gupta, D. (2022). Autonomous vehicle assisted by heads up display (HUD) with augmented reality based on machine learning techniques. In Virtual and augmented reality for automobile industry: Innovation vision and applications (pp. 45-64). Cham: Springer International Publishing.

[25] Bisogni, C., Cascone, L., Nappi, M., & Pero, C. (2024). IoT-enabled biometric security: enhancing smart car safety with depth-based head pose estimation. ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications and Applications, 20(6), 1-24.

[26] Hariri, M., & Heydarzadeh, N. (2023). Face recognition in images using Viola-Jones method and image texture analysis. *Journal of Intelligent Processing and Multimedia Communication Systems*, 4(2), 1-10

[27] Wang, H., Feng, Y., Tian, Y., Wang, Z., Hu, J., & Tomizuka, M. (2024). Towards the next level of vehicle automation through cooperative driving: A roadmap from planning and control perspective. IEEE Transactions on Intelligent Vehicles.

[28] Li, J., Fotouhi, A., Liu, Y., Zhang, Y., & Chen, Z. (2024). Review on eco-driving control for connected and automated vehicles. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 189, 114025.

[29] Rana, M. M., & Hossain, K. (2023). Connected and autonomous vehicles and infrastructures: A literature review. International Journal of Pavement Research and Technology, 16(2), 264-284.

[30] De-Las-Heras, G., Sánchez-Soriano, J., & Puertas, E. (2021). Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) Based on Machine Learning Techniques for the Detection and Transcription of Variable Message Signs on Roads. Sensors, 21, 5866.

[31] Kim, Y., Oh, C., Hwang, J., Kim, W., Oh, S., Lee, Y., Sharma, H., Yazdanbakhsh, A., & Park, J. (2024). DaCapo: Accelerating Continuous Learning in Autonomous Systems for Video Analytics.

[32] Tatar, G., & Bayar, S. (2024). Real-Time Multi-Learning Deep Neural Network on an MPSoC-FPGA for Intelligent

Vehicles: Harnessing Hardware Acceleration With Pipeline. IEEE Transactions on Intelligent Vehicles.
[33] Ekatpure, R. (2023). Machine Learning for Enhancing Vehicle Safety and Collision Avoidance Systems in Automotive Development: Techniques, Models, and Real-World Applications. *Journal of Computational Intelligence and Robotics*, *3*(2), 1-43.
[34] Tian, B., Wang, J., Xie, Y., Li, Y., Zhu, Y., & Chen, L. (2024). High-Definition Mapping for Autonomous Driving in Surface Mines. IEEE Transactions on Intelligent Vehicles.
[35] Elghazaly, G., Frank, R., Harvey, S., & Safko, S. (2023). High-definition maps: Comprehensive survey, challenges and future perspectives. IEEE Open Journal of Intelligent Transportation Systems.
[36] Liu, L., Chen, C., Pei, Q., et al. (2021). Vehicular Edge Computing and Networking: A Survey. Mobile Networks and Applications, 26(1145-1168).
[37] Jihong, X. I. E., Xiang, Z. H. O. U., & CHENG, L. (2024). Edge Computing for Real-Time Decision Making in Autonomous Driving: Review of Challenges, Solutions, and Future Trends. International Journal of Advanced Computer Science & Applications, 15(7).
[38] Attaran, M. (2023). The impact of 5G on the evolution of intelligent automation and industry digitization. Journal of ambient intelligence and humanized computing, 14(5), 5977-5993.
[39] Hakak, S., Gadekallu, T. R., Ramu, S. P., Parimala, M., Maddikunta, P. K. R., de Alwis, C., & Liyanage, M. (2022). Autonomous Vehicles in 5G and Beyond: A Survey.
[40] Hemani, Singh, D., & Dwivedi, R. K. (2024). Designing blockchain based secure autonomous vehicular internet of things (IoT) architecture with efficient smart contracts. International Journal of Information Technology.
[41] Wang, Y., Wang, Y., Qin, H., et al. (2021). A Systematic Risk Assessment Framework of Automotive Cybersecurity. Automotive Innovation, 4(253-261).
[42] Qudus, A. (2024). Database Management Systems in Autonomous Vehicles: Ensuring Data Integrity and Security in ADAS.
[43] Guan, T., Han, Y., Kang, N., Tang, N., Chen, X., & Wang, S. (2022). An overview of vehicular cybersecurity for intelligent connected vehicles. Sustainability, 14(9), 5211.
[44] Dönmez, Ö., Vaculín, O., & de Borba, T. (2024). A Cost Effective Solution to an Automated Valet Parking System. International Journal of Automotive Technology, 25(2), 369-380.
[45] Wang, X., Li, K., & Chehri, A. (2023). Multi-sensor fusion technology for 3D object detection in autonomous driving: A review. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems.
[46] Liu, S., Chen, R., Hu, X., Zhou, B., Chen, C., Liu, Z., & Li, X. (2023, August). Development of cloud automation evaluation system based on typical ADAS functions. In Second International Conference on Applied Statistics, Computational Mathematics, and Software Engineering (ASCMSE 2023) (Vol. 12784, pp. 782-794). SPIE.
[47] Kothari, A., Talty, T., Huxtable, S., & Zeng, H. (2024). Energy-Efficient and Context-Aware Computing in Software-Defined Vehicles for Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) (No. 2024-01-2051). SAE Technical Paper.
[48] Jain, A., Goyal, V., & Sharma, K. (2024). A Comprehensive Analysis of AI/MLenabled Predictive Maintenance Modelling for Advanced Driver-Assistance Systems. Journal of Electrical Systems, 20(4s), 486-507.
[49] Wani, A., Kumari, D., & Singh, J. (2024). Ethics in the Driver's Seat: Unravelling the Ethical Dilemmas of AI in Autonomous Driving (No. 2024-01-2023). SAE Technical Paper.
[50] Pandolfi, A., Adinolfi, E. A., Polverino, P., & Pianese, C. (2023). Real-Time Prediction of Fuel Consumption via Recurrent Neural Network (RNN) for Monitoring, Route Planning Optimization and CO2 Reduction of Heavy-Duty Vehicles (No. 2023-24-0175). SAE Technical Paper.
[51] Selvaraj, S., & Banerjee, J. (2023, December). Harnessing the Power of Right Data Over Big Data for Autonomous Driving using Data Analytics. In 2023 IEEE International Transportation Electrification Conference (ITEC-India) (pp. 1-4). IEEE.
[52] Deo, A., & Palade, V. (2022). Switching trackers for effective sensor fusion in advanced driver assistance systems. *Electronics*, *11*(21), 3586.
[53] Moujahid, A., Dulva Hina, M., El Araki Tantaoui, M., & El Khadimi, A. (2018). Machine learning techniques in ADAS: A review. *Proceedings of the IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems*, 1-5Mounier, E., Elhabiby, M., Korenberg, M., & Noureldin, A. (2024). LiDAR-Based Multi-Sensor Fusion with 3D Digital Maps for High-Precision Positioning. *IEEE Internet of Things Journal*.
[54] Garikapati, D., & Shetiya, S. S. (2024). Autonomous vehicles: Evolution of artificial intelligence and the current industry landscape. *Big Data Cognition and Computation*, 8(4), 42.
[55] Singh, J., Sharma, A., & Kaur, S. (2024). Autonomous driving and ADAS embedded with AI: Comparing the AI norms. In *Proceedings of the 2024 International Conference on Intelligent Systems for Cybersecurity (ISCS)* (pp. 979-8-3503-7523-7). IEEE.
[56] Tang, Z., He, J., Yang, K., & Chen, H.-H. (2024). MCSV: A vehicle matching approach for 5G-connected vehicles in cooperative driving applications. *IEEE Network*, *38*(3), 227-234.nr.

پی‌نوشت

[1] Advanced Driver Assistance Systems (ADAS)
[2] Anti-lock Braking System(ABS)
[3] Electronic Stability Control(ESC)
[4] Adaptive Cruise Control(ACC)
[5] Lane Keeping Assist(LKA)
[6] Automatic Emergency Braking
[7] Automatic Parking Assist
[8] Electronic Stability Control (TCS)
[9] Traction Control System (TCS)
[10] Automatic Emergency Braking (AEB)
[11] Lane Keeping Assist (LKA)
[12] Lane Centering (LC)
[13] Traffic Jam Assist (TJA)
[14] Adaptive Cruise Control (ACC)
[15] Cruise Control
[16] Radar
[17] Lidar
[18] Lane Departure Warning (LDW)
[19] Lane Keeping Assist (LKA)
[20])AEB(Automatic Emergency Braking
[21] Blind Spot Detection (BSD)
[22] Automatic \ Parking Systems (APS)
[23] Collision Warning System (CWS)
[24] Pedestrian detection
[25] Drowsiness Detection
[26] Tire Pressure Monitoring (TPM)
[27] The Change of Wheel Angular
[28] Tire Effective Radius
[29] Automative Night Vision (ANV)
[30] Intersection Assist (IA)
[31] Rain detection
[32] Seatbelt Warning
[33] Adaptive lightening system
[34] Hazard Detection
[35] Model Pruning
[36] Quantization
[37] Thermal Cameras
[38] Hamming
[39] Edge Computing
[40] Distributed Systems
[41] Solid-state Drives
[42] Frequency-modulated continuous wave (FMCW)
[43] Sensor Fusion
[44] Accelerometer sensor
[45] Fuel level sensor
[46] Tire pressure monitoring sensor
[47] Advanced Driver Monitoring System (ADMS
[٤٨]Advanced Encryption Standard(AES)
[49] Hardware Security Modules (HSMs)
[50] Intrusion Detection Systems (IDS)
[51] Cloud Computing and Over-the-Air (OTA) Updates
[52] Solid-State LiDAR
[53] Dedicated Short-Range Communication (DSRC)
[54] Rule-based Algorithms
[55] Edge Cases
[56] Self-learning
[57] Hardware-Accelerated Processing
[58] AI-specific Hardware
[59] Ethical AI
[60] Context-Aware AI
[61] Predictive AI
[62] Collaborative AI
[63]Ethical Decision-Making
[64] Recurrent Neural Networks
[65]Generative Adversarial Networks
[66] Neuromorphic Computing