

هوش مصنوعی در خودروهای خودران

فاطمه عمرانی^۱، فاطمه خانی^۲

^۱مربی، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران، f.omrani@pnu.ac.ir

^۲مربی، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران، khani@pnu.ac.ir

چکیده - توسعه هوش مصنوعی در سال‌های اخیر، اثرات گسترده‌ای بر پیشرفت تکنولوژی خودروهای خودران داشته است. امروزه، هوش مصنوعی به یک جزء لاینفک در تشخیص محیط پیرامون و تصمیم‌گیری مناسب در حرکت برای خودروهای خودران تبدیل شده است. ما در این مقاله سعی کرده‌ایم یک طبقه‌بندی مناسب از اتوماسیون خودروهای خودران ارائه دهیم و سپس نقش هوش مصنوعی در این حوزه و ابزارها و نرم‌افزارهای مورد استفاده در این حوزه را توضیح دهیم و سپس به چالش‌ها و محدودیت‌های استفاده از هوش مصنوعی بپردازیم.

کلید واژه- هوش مصنوعی، وسایل نقلیه خودران، سطوح اتوماسیون خودروهای خودران، نرم‌افزارهای خودروهای خودران.

۱- مقدمه

رانندگی خود هستند. لذا خودروهای مجهز به این امکانات در سطوح پایین خودران بودن هستند و اتوماسیون کامل محسوب نمی‌شوند. در بالاترین سطح اتوماسیون از خودرو انتظار می‌رود که تحت هر شرایطی خودش رانده شود. این سطح خودران بودن ایجاب می‌کند که وسیله نقلیه با قابلیت‌های درک، تفکر و استدلال مانند یک راننده انسانی کار کند. پیشرفت‌های هوش مصنوعی در سال‌های اخیر منجر به انسجام طبیعی بین هوش مصنوعی و ماشین‌های خودران برای برآوردن چنین الزاماتی شده است [۳].

محققان اهداف مختلفی از توسعه وسایل نقلیه خودران دارند که می‌توان مواردی مثل به حداقل رساندن تصادفات و وسایل نقلیه، روان شدن جریان ترافیک و قابلیت، کاهش مصرف سوخت، اهداف تجاری و تسهیل حمل و نقل را نام برد. با وجود مزایای بالقوه عظیم، بسیاری از مسائل ایمنی، امنیتی، قانونی و نظارتی، اجتماعی، اخلاقی و فناوری حل نشده وجود دارد [۴].

در این بررسی، ابتدا به معرفی وسایل نقلیه خودران و سطوح مختلف آن‌ها پرداخته شده است. پس از آن نقش هوش مصنوعی در سیستم‌های تصمیم‌گیری خودروهای خودران مطرح شده است. و بعد از آن به ابزارها و نرم افزارهای هوشمند در این زمینه پرداخته شده است. و پس از آن مشکلات و محدودیت‌های این حوزه بیان شده است و در نهایت نتیجه‌گیری بیان شده است.

در سال‌های اخیر، توسعه سریع وسایل نقلیه خودران در نقاط مختلف جهان توجه زیادی را جلب کرده است. پیش‌بینی می‌شود که این وسایل نوآورانه، می‌توانند بسیاری از چالش‌های دیرینه سیستم‌های حمل‌ونقل مدرن، از جمله مسایل مرتبط با تراکم، ایمنی، پارکینگ و صرفه‌جویی در انرژی را حل کنند. پیشرفت‌های قابل توجهی در سال‌های اخیر رخ داده است که این پیشرفت‌ها ناشی از سرمایه‌گذاری‌های قابل توجه و تبلیغات موثر از سوی ذینفعان مختلفی همچون آژانس‌های حمل‌ونقل، شرکت‌های بزرگ فناوری، شرکت‌های شبکه حمل‌ونقل، تولیدکنندگان خودرو، و همچنین تولیدکنندگان تراشه و نیمه‌هادی است. با این حال، ایده وسایل نقلیه خودران جدید نیست و پیشرفت‌های اخیر در عرصه هوش مصنوعی و فناوری‌های نوین جمع‌آوری و پردازش داده‌ها، تحقیقات در این حوزه را به سطحی بی‌سابقه رسانده است.

وسایل نقلیه خودران از فناوری‌های حسی مختلفی مانند بینایی کامپیوتر، کیلومتر شماری، GPS، نورهای لیزری، حسگرها و یک سیستم نقشه‌برداری برای مسیریابی استفاده می‌کند. این فناوری‌ها می‌توانند برای تعیین محیط‌ها و مکان‌ها و شناسایی مسیرهای مناسب در میان موانع و علائم استفاده شوند [۱، ۲]. این موارد مربوط به سیستم‌های کمک راننده پیشرفته می‌شود که در رانندگی به رانندگان کمک می‌کنند و رانندگان همچنان ملزم به انجام وظایف

۲- وسایل نقلیه خودران و سطوح مختلف آن‌ها

خودروهای خودران وسایل نقلیه مجهز به فناوری های پیشرفته ای هستند که آنها را قادر می سازد بدون دخالت انسان حرکت کنند و کار کنند. آنها از ترکیبی از حسگرها، دوربین ها، رادار، هوش مصنوعی و الگوریتم های یادگیری ماشینی برای درک محیط اطراف خود، تصمیم گیری و رانندگی خود استفاده می کنند[۵]. انجمن بین المللی مهندسان خودرو یک سیستم طبقه بندی پذیرفته شده برای سطوح اتوماسیون رانندگی ایجاد کرده است. این سیستم یک روش استاندارد برای توصیف قابلیت های وسایل نقلیه خودران ارائه می دهد[۶، ۷]. پنج سطح اتوماسیون عبارتند از:

سطح ۰: بدون اتوماسیون رانندگی

کلیه وظایف رانندگی توسط راننده انسانی انجام می شود.

سطح ۱: کمک راننده

خودرو برخی از ویژگی های کمک راننده مانند کروز کنترل تطبیقی و سیستم های هشدار خروج از خط را ارائه می دهد.

سطح ۲: اتوماسیون رانندگی جزئی

وسیله نقلیه می تواند فرمان و سرعت را در شرایط خاص کنترل کند، اما راننده باید مراقب خود باقی بماند.

سطح ۳: اتوماسیون رانندگی مشروط

وسیله نقلیه می تواند تمام جنبه های رانندگی را در شرایط خاص کنترل کند، اما ممکن است در شرایط پیچیده نیاز به توجه راننده داشته باشد.

سطح ۴: اتوماسیون رانندگی بالا

خودرو بدون دخالت انسان در محیط های خاص عمل می کند.

سطح ۵: اتوماسیون کامل رانندگی

بالاترین سطح استقلال است که خودرو قادر به انجام کلیه وظایف رانندگی تحت هر شرایطی است.

درک این سطوح از اتوماسیون برای مصرف کنندگان،

سیاست گذاران و ذینفعان صنعت بسیار مهم است تا وضعیت فعلی فناوری مستقل و پیشرفت های بالقوه آینده آن را درک کنند.

۳- فن آوری های حسی مورد استفاده در وسایل نقلیه خودران

وسایل نقلیه خودران برای درک محیط خود به انواع فناوری های حسی پیچیده متکی هستند. این فناوری ها برای توانایی وسیله نقلیه در جهت یابی ایمن و کارآمد بسیار مهم هستند. به عنوان برخی از مهمترین این فناوری ها می توان به بینایی کامپیوتری^۱، تشخیص نور و محدوده^۲ رادار، سیستم موقعیت یابی جهانی^۳ و واحد اندازه گیری اینرسی^۴ اشاره نمود. در ادامه نقش هر کدام از این فناوری ها را شرح می دهیم.

واحد اندازه گیری اینرسی: یک IMU از حسگرهای شتاب سنج وژیروسکوپ خود برای اندازه گیری بیش از شش درجه آزادی، سه محور حرکت (به جلو و عقب، چپ و راست، و بالا و پایین)، و همچنین سه محور چرخش (غلت، پیچ و انحراف) استفاده می کند[۸].

تشخیص نور و محدوده: لیدار موانع و وسایل نقلیه را برای حفظ فاصله ایمن ردیابی می کند. این فناوری کمک می کند تا علائم جاده، علائم راهنمایی و رانندگی، و نشانه گذاری های جاده را برای تجزیه و تحلیل خطر در زمان واقعی شناسایی کند، و از عملکرد موثر وسایل نقلیه خودران اطمینان حاصل کند[۹].

بینایی کامپیوتری: فن آوری های بینایی کامپیوتری به وسایل نقلیه خودران اجازه می دهد تا اشیاء مختلف را طبقه بندی و شناسایی کنند. با استفاده از سنسورها و دوربین های لیدار و با ترکیب داده ها با نقشه های سه بعدی،

^۱Computer Vision

^۲Light Detection and Ranging (LIDAR)

^۳Global Positioning System (GPS)

^۴Inertial Measurement Unit (IMU)

اشاره دارد.

الف) الگوریتم‌های ادراک

ادراک عملی است که با استفاده از حسگرها انجام می‌شود. بر اساس خروجی و هدف مورد نیاز، الگوریتم‌های ادراک موجود را می‌توان به دو دسته گروه‌بندی کرد: الف) ادراک واسطه‌ای که نقشه‌های دقیقی از محیط اطراف خودرو را از طریق تجزیه و تحلیل فواصل تا وسایل نقلیه، عابران پیاده، درختان، خط‌کشی‌های جاده و غیره ایجاد می‌کند. و ب) ادراک مستقیم که درک صحنه و تصمیم‌گیری یکپارچه را فراهم می‌کند. ادراک واسطه‌ای از رویکردهای هوش مصنوعی مانند شبکه عصبی کانولوشنال^۱ برای تشخیص یک یا چند شیء استفاده می‌کند. یکی از کلاسیک‌ترین کارهای ادراک که توسط رویکردهای هوش مصنوعی توسعه یافته است، تشخیص علائم ترافیکی است. نسبت دقت رویکردهای هوش مصنوعی مانند شبکه عصبی عمیق^۲ به مقدار ۹۹٫۴۶ درصد رسیده است و در برخی آزمایش‌ها از تشخیص انسانی بهتر عمل کرده است [۱۳]. موضوعات مرتبط مانند تشخیص خطوط و چراغ‌های راهنمایی نیز هنگام اعمال ساختارهای مدل CNN به دقت در سطح مشابهی دست یافته‌اند. به عنوان مثال در [۱۴] پیشنهاد تکریم دانش جاده و قوانین منطق فازی برای شناسایی جاده‌ها برای ناوبری بینایی خودروهای خودران مطرح شده است. در [۱۵] الگوریتم تبدیل تصادفی تطبیقی برای تشخیص خطوط پیشنهاد شده است و اعتبار آن در مقایسه با تشخیص خط مبتنی بر الگوریتم ژنتیک اثبات شده است. روش‌های طبقه‌بندی دیگری مانند ماشین‌های بردار پشتیبان برای طبقه‌بندی بیشتر ویژگی‌های یادگیری CNN معرفی شده‌اند. به عنوان مثال، در [۱۶] یک ماشین یادگیری افراطی برای طبقه‌بندی ویژگی‌های ادراکی عمیق از طریق CNN معرفی شده است و به عملکرد تشخیص رقابتی ۹۹٫۵۴ درصد در داده‌های معیار علائم راهنمایی و رانندگی آلمان دست یافته است.

وسایل نقلیه خودران می‌توانند فاصله‌ها را اندازه‌گیری کنند و چراغ‌های راهنمایی، ماشین‌های دیگر و عابران پیاده را تشخیص دهند [۱۰].

رادار: رادار یکی از فناوری‌های سنجش است که برای یک سیستم پیشرفته کمک راننده و یک سیستم رانندگی خودکار ضروری است. یک دستگاه رادار با استفاده از امواج رادیویی یک شیء، مانع و غیره را که در اطراف یک وسیله نقلیه وجود دارد شناسایی می‌کند [۱۱].

سیستم موقعیت‌یابی جهانی: سیستم ناوبری خودروی خودران مبتنی بر سیستم موقعیت‌یابی جهانی یک فناوری جدید و امیدوارکننده است که از داده‌های جغرافیایی زمان واقعی دریافتی از چندین ماهواره موقعیت‌یابی جهانی برای محاسبه طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی، سرعت و مسیر برای کمک به ناوبری خودرو استفاده می‌کند [۱۲].

۴- نقش فعلی هوش مصنوعی در خودروهای خودران

در حال حاضر نقش هوش مصنوعی را در این حوزه می‌توان به دو زمینه آموزش هوش مصنوعی برای ادراک، محلی سازی و نقشه برداری و آموزش هوش مصنوعی برای تصمیم‌گیری تقسیم نمود [۳].

۴-۱- آموزش هوش مصنوعی برای ادراک، محلی

سازی و نقشه برداری

ساختار سیستم رانندگی AV برای تشخیص اشیاء در جاده‌ها شامل دو جزء اصلی است: ۱) یک ماژول ادراک که اطلاعات تشخیص و ردیابی در مورد محیط اطراف مانند وسایل نقلیه، عابران پیاده و علائم راهنمایی و رانندگی را بر اساس ورودی‌های جمع‌آوری شده از انواع مختلف حسگرهای شرح داده شده در بخش قبل، فراهم می‌کند. ۲) ماژول محلی سازی و نقشه برداری که به وضعیت‌های نسبی خودروهای با سایر اشیاء مثل فاصله یک خودرو تا سایر وسایل نقلیه، موقعیت آن در نقشه و سرعت نسبی

^۱convolutional neural network (CNN)

^۲deep neural network (DNN)

^۳advanced driver-assistance system (ADAS)

پراکنده ترکیب شده است.

۴-۲- آموزش هوش مصنوعی برای تصمیم گیری

با توجه به اطلاعات آموخته شده مانند محیط اطراف، وضعیت خودرو (سرعت و زاویه فرمان)، برنامه های مربوط به تصمیم گیری مانند پارک خودرو، برنامه ریزی مسیر و دنبال کردن خودرو مورد بررسی قرار گرفته است.

پارکینگ خودرو، یک رانندگی خودرو در یک سناریوی محدود از پارکینگ با مانورهای با سرعت پایین است. به جز پارکینگ نیمه خودرو که از حسگرهای اولتراسونیک یا رادارها استفاده می کند، پارکینگ خودرو با استفاده از حسگرهای دوربین، رادار یا لیدار مورد بررسی قرار گرفته است. کاربردهای بالقوه شامل تشخیص وسیله نقلیه/پیاده رو مبتنی بر نقطه ابر سه بعدی، شناسایی علامت های جای پارک و شناسایی فضاهای خالی مورد بحث قرار گرفته است. در همین راستا، در [۱۹] یک طبقه بندی مبتنی بر جنگل تصادفی دو مرحله ای را برای کمک به پارکینگ خودرو پیشنهاد شده است و این رویکرد را در طول مسابقه رانندگی خودرو آئودی که یک مسابقه در سطح دانشگاه است، اعتبارسنجی کرده اند.

۵- ابزارها و نرم افزارهای هوشمند برای خودروهای خودران

وسایل نقلیه خودران شامل تعداد زیادی حسگر هستند که ورودی هایی را به سیستم های محاسباتی ارائه می دهند. نرم افزارهای هوشمند و قابل اعتمادی برای پردازش اطلاعات از حسگرهای مختلف و تصمیم گیری مورد نیاز است. به علاوه نرم افزارها و ابزارهایی برای طراحی و توسعه ماژول ها و لایه های مختلف نیاز است و همچنین ابزارهایی برای تحلیل و اعتبارسنجی لازم است. در شکل ۱، نشان داده شده است که SysAnalyzer و SysWeaver برای طراحی و توسعه ماژول ها و لایه های مختلف استفاده می شوند. TROCS و AutoSim برای تحلیل و اعتبارسنجی به کار می روند [۲۰].

علاوه بر این، روش دیگری تحت عنوان بخش بندی معنایی جاده ها با سطح قابل رانندگی به جای تشخیص اشیایی مانند وسایل نقلیه و علائم راهنمایی و رانندگی به عنوان روش جدیدی برای درک در خودروهای خودران مطرح شده است. تقسیم بندی معنایی هر پیکسل در یک تصویر را به یک برچسب کلاس مانند عابران پیاده، وسایل نقلیه و جاده ها پیوند می دهد. این روش به خودروها کمک می کند تا زمینه های موجود در محیط را بهتر درک کنند. به عنوان مثال در [۱۷] از معماری رمزگذار-رمزگشای ویژه CNN استفاده شده است و پس از پردازش تصویر ورودی از طریق شبکه، یک طبقه بندی پیکسلی برای تعیین برچسب محاسبه شده است که دقت پیش بینی را ۸۸ درصد برای خودروها و ۹۶ درصد برای جاده ها گزارش کرده است.

(ب) محلی سازی و نقشه برداری

محلی سازی و نقشه برداری از نقشه برداری ثابت و داخلی برای برنامه های ربات موبایل، به محلی سازی و نقشه برداری در فضای باز، پویا و پرسرعت برای خودروهای خودران تبدیل شده است. این فرآیند به عنوان مکان یابی و نقشه برداری همزمان^۴ نیز نامیده می شود. بسیاری از خودروهای نمونه اولیه مانند Google و Uber از روش های نقشه برداری پیشینی استفاده کرده اند. این روش ها اطلاعات جاده های خاصی را قبل از رانندگی جمع آوری می کنند و سپس این اطلاعات که شامل نقشه های دقیق ایجاد شده برای یک وسیله نقلیه است را در پایگاه های داده بزرگی ذخیره می کنند تا این وسیله به طور مستقل در آن جاده های خاص رانندگی کند. محلی سازی با مشاهده شباهت های بین نقشه های پیشینی و داده های حسگر فعلی انجام می شود، در حالی که تشخیص مانع از طریق مشاهده اختلاف بین نقشه پیشینی و داده های حسگر فعلی به دست می آید. به عنوان مثال در [۱۸] داده های GPS، کیلومتر شماری اینرسی و دوربین ها به عنوان ورودی SLAM برای تخمین مسیر وسیله نقلیه و بازسازی منظره ۳ بعدی

^۴simultaneous location and mapping (SLAM)

بخش تقسیم نمود که در ادامه شرح داده می شود [۲۰، ۳].

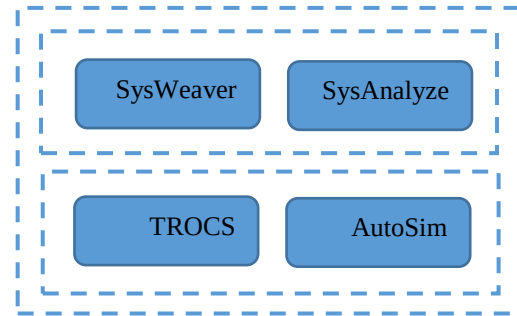
۱-۶- مسائل مربوط به حسگرها

موفقیت رویکردهای هوش مصنوعی تا حد زیادی به کیفیت داده های حسگر به عنوان ورودی بستگی دارد. حسگرهای مورد استفاده در خودروهای خودران به سه دسته تقسیم می شوند. دسته های اصلی حسگرهای خود حسی، محلی سازی و حس اطراف هستند. دسته بعدی حسگرهای حس عمقی هستند. با استفاده از حسگرهای حس عمقی، وضعیت فعلی خودروی خود را از جمله سرعت، شتاب و زاویه فرمان خودرو اندازه گیری می شود. اطلاعات حس عمقی معمولاً با استفاده از واحدهای اندازه گیری از پیش نصب شده، مانند کیلومتر شمار و واحدهای اندازه گیری اینرسی تعیین می شود. محلی سازی با استفاده از حسگرهای خارجی مانند GPS تعیین می شود. دسته سوم حسگرهای اطراف است. از حسگرهای بیرونی برای درک علائم جاده، شیب جاده، علائم راهنمایی و رانندگی، شرایط آب و هوایی، و وضعیت (موقعیت، سرعت، شتاب و غیره) موانع استفاده می شود.

شرایط غیرعادی مانند آب و هوای نامناسب، مشکلاتی را در مورد دقت و صحت در خروجی های حسگر ایجاد می کند. این مسئله آن قدر مهم است که به عنوان یک موضوع مهم تحقیقاتی در حوزه خودروهای خودران محسوب می شود. در شرایط برفی، مشخص شده است که هر دو سیستم مبتنی بر دید و مبتنی بر لیدار دارای مشکلات شدید هستند. مشخص شده است که سنگینی یا چگالی برف بر پرتوهای لیدار تأثیر می گذارد و باعث انعکاس دانه های برف می شود که منجر به "موانع فانتوم" می شود [۲۲].

۲-۶- پیچیدگی و عدم قطعیت

پیچیدگی شامل برخورد با حجم وسیعی از اطلاعات جمع آوری شده از حسگرها و آموزش مدل داده است. عدم قطعیت در طول جمع آوری داده های حسگر رخ می دهد.



شکل ۱: ابزارهای مورد نیاز در خودروهای خودران [۲۰]

ابزارهای مورد استفاده در وسایل نقلیه خودران به شرح زیر است:

۱) SysWeaver: این ابزار یک طراحی مبتنی بر مدل برای یکپارچه سازی قطعات سخت افزاری و نرم افزاری است. نرم افزارهای مبتنی بر زبان برنامه نویسی سنتی نمی توانند به سرعت به تحمل خطا و قابلیت اطمینان دست پیدا کنند. این ها را می توان با طراحی مبتنی بر مدل دریافت کرد [۲۱].

۲) Autosim: برای سناریوهای مختلف مانند تغییر خط و غیره استفاده می شود. این امولاتور است که می تواند با وسیله نقلیه تعامل داشته باشد و به وسیله نقلیه اجازه می دهد تا محیط مجازی را حس کند.

۳) SysAnalyzer: این ابزار برای برنامه ریزی زمان بندی ماژول های مختلف به صورت همزمان استفاده می شود. همچنین می تواند پشتیبان تهیه کند.

۴) TROCS: ابزار شبیه سازی کنترل جاده و ترافیک است. ابزاری است که در توسعه و آزمایش وسایل نقلیه خودران مورد استفاده قرار می گیرد. این ابزار در تنظیم پارامترهای نقشه و آزمایش منطق رفتاری، از جمله سناریوهایی مانند تعاملات با چراغ های راهنما و دیگر موقعیت های پیچیده ترافیکی کمک می کند. با شبیه سازی شرایط مختلف ترافیکی، این ابزار از تحلیل و اعتبارسنجی سیستم های خودران پشتیبانی می کند و اغلب در کنار دیگر ابزارها مانند AutoSim مورد استفاده قرار می گیرد.

۶- محدودیت ها و مشکلات

مسائل و مشکلات خودروهای خودران را می توان به چهار

^۱phantom obstacles

تراشه FPGA خود را با فناوری ۲۰ نانومتری تولید کرد و در مقایسه با نسل قبلی FPGA تا ۴۰ درصد مصرف انرژی کمتری به دست آورد.

۷- نتیجه گیری

با هوش مصنوعی، وسایل نقلیه خودران و سیستم‌های رانندگی ممکن است انتخابی داشته باشند که صنعت را به عصر جدیدی از توسعه سریع سوق دهد. با وجود این، هوش مصنوعی دارای محدودیت‌های قابل توجهی است که رشد رانندگی خودکار را محدود می‌کند. در این مقاله ما به بررسی نقش هوش مصنوعی در خودروهای خودران، ابزارها و نرم‌افزارهای هوشمند این حوزه و چالش‌ها و محدودیت‌های آن پرداختیم. با توجه به اینکه این حوزه در حال رشد و توسعه می‌باشد، زمینه کارهای تحقیقاتی در بخش‌های مختلف آن فراهم است.

مراجع

- [۱] A. Mukhtar, L. Xia, and T. B. Tang, "Vehicle detection techniques for collision avoidance systems: A review," *IEEE transactions on intelligent transportation systems*, vol. 16, no. 5, pp. 2318-2338, 2015.
- [۲] S. D. Pendleton *et al.*, "Perception, planning, control, and coordination for autonomous vehicles," *Machines*, vol. 5, no. 1, p. 6, 2017.
- [۳] Y. Ma, Z. Wang, H. Yang, and L. Yang, "Artificial intelligence applications in the development of autonomous vehicles: A survey," *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, vol. 7, no. 2, pp. 315-329, 2020.
- [۴] P. G. Neumann, "Risks of automation: A cautionary total-system perspective of our cyberfuture," *Communications of the ACM*, vol. 59, no. 10, pp. 26-30, 2016.
- [۵] V. Ilková and A. Ilka, "Legal aspects of autonomous vehicles—An overview," in *2017 21st international conference on process control (PC)*, 2017: IEEE, pp. 428-433.
- [۶] F. M. Favarò, N. Nader, S. O. Eurich, M. Tripp, and N. Varadaraju, "Examining accident reports involving autonomous vehicles in California," *PLoS one*, vol. 12, no. 9, p. e0184952, 2017.
- [۷] S. International, "Taxonomy and definitions for terms related to driving automation systems for on-road motor vehicles," *SAE*

ممکن است نويز وجود داشته باشد که باعث ايجاد خطاهای ورودی به سنسورها شود.

۳-۶- مسائل پیچیده تنظیم مدل

روش های یادگیری عمیق، یادگیری ماشین و یادگیری تقویتی در خودروهای خودران استفاده می‌شود. در نتیجه، مدل‌های داده پیچیده تولید می‌شوند و سپس کالیبراسیون پارامتر برای این مدل‌ها پیچیده می‌شود. کاربر نهایی باید یک مدل تنظیم مناسب با روش آزمون و خطای پرهزینه ایجاد کند. به عنوان مثال، ما از الگوریتم‌های یادگیری نظارت‌شده در وسایل نقلیه خودکار استفاده می‌کنیم و فرض می‌کنیم اگر مجموعه داده‌های آموزش‌دیده و مجموعه داده ورودی در برخی موقعیت‌ها، مانند ترافیک در خطوط، که غیرقابل پیش‌بینی است، کاملاً متفاوت باشند، در اینجا مشکلی از مسائل پیچیده تنظیم مدل پیش می‌آید. آموزش مجموعه داده های کلان شهرها، شهرها، مناطق نیمه شهری و روستایی نیز شامل مسائل پیچیده تنظیم مدل است. انتقال اطلاعات از مجموعه داده های آموزش دیده به مجموعه داده های آزمایشی نیز به چالش بزرگی برای رویکرد فنی هوش مصنوعی در وسایل نقلیه خودکار تبدیل می‌شود.

۴-۶- مشکل سخت افزاری

پیاده‌سازی‌های هوش مصنوعی در برنامه‌های خودروهای خودران به منابع محاسباتی نیاز دارند و بنابراین به شدت به دستگاه‌های محاسباتی متکی هستند. معماری‌های محاسباتی متنوعی از جمله سیستم واحد پردازشگر مرکزی چند هسته‌ای، سیستم ناهمگن، سیستم توزیع‌شده و غیره پیشنهاد شده‌اند. دستگاه‌های محاسباتی متعدد معمولاً در سیستم خودروهای خودران ادغام می‌شوند. از سوی دیگر، یک FPGA یک مدار مجتمع قابل تنظیم مجدد برای اجرای توابع منطقی دیجیتال مختلف است. FPGA ها برای کاربردهای معین با معماری محاسباتی خاص خود و برای اهداف متفاوتی برنامه ریزی شده‌اند که منجر به کاهش هزینه های مهندسی غیر تکراری می‌شود. از این رو، منجر به راندمان محاسباتی بالاتر و مصرف انرژی کمتر در مقایسه با CPU/GPU هایی می‌شود که با هدف محاسبات پیشنهادی عمومی ایجاد می‌شوند. به عنوان مثال، Altera

- change detection with deconvolutional networks," *Autonomous Robots*, vol. 42, pp. 1301-1322, 2018.
- [۱۹] G. Notomista and M. Botsch, "A machine learning approach for the segmentation of driving maneuvers and its application in autonomous parking," *Journal of Artificial Intelligence and Soft Computing Research*, vol. 7, no. 4, pp. 243-255, 2017.
- [۲۰] G. Bathla *et al.*, "Autonomous vehicles and intelligent automation: Applications, challenges, and opportunities," *Mobile Information Systems*, vol. 2022, no. 1, p. 7632892, 2022.
- [۲۱] L. N. Long, S. D. Hanford, O. Janrathitikarn, G. L. Sinsley, and J. A. Miller, "A review of intelligent systems software for autonomous vehicles," in *2007 IEEE Symposium on Computational Intelligence in Security and Defense Applications*, 2007: IEEE, pp. 69-76.
- [۲۲] P. Radecki, M. Campbell, and K. Matzen, "All weather perception: Joint data association, tracking, and classification for autonomous ground vehicles," *arXiv preprint arXiv:1605.02196*, 2016.
- international*, vol. 4970, no. 724, pp. 1-5, 2018.
- [۸] J. Huang, Z. Huang, and K. Chen, "Combining low-cost inertial measurement unit (IMU) and deep learning algorithm for predicting vehicle attitude," in *2017 IEEE Conference on Dependable and Secure Computing*, 2017: IEEE, pp. 237-239.
- [۹] S. Royo and M. Ballesta-Garcia, "An overview of lidar imaging systems for autonomous vehicles," *Applied sciences*, vol. 9, no. 19, p. 4093, 2019.
- [۱۰] J. Janai, F. Güney, A. Behl, and A. Geiger, "Computer vision for autonomous vehicles: Problems, datasets and state of the art," *Foundations and Trends® in Computer Graphics and Vision*, vol. 12, no. 1-3, pp. 1-308, 2020.
- [۱۱] I. Bilik, O. Longman, S. Villeval, and J. Tabrikian, "The rise of radar for autonomous vehicles: Signal processing solutions and future research directions," *IEEE signal processing Magazine*, vol. 36, no. 5, pp. 20-31, 2019.
- [۱۲] W. Rahiman and Z. Zainal, "An overview of development GPS navigation for autonomous car," in *2013 IEEE 8th Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA)*, 2013: IEEE, pp. 1112-1111. ^
- [۱۳] U. Meier, J. Masci, and J. Schmidhuber, "Multi-column deep neural network for traffic sign classification," *Neural Networks*, vol. 32, no. 1, pp. 333-338, 2012.
- [۱۴] W. Li, X. Jiang, and Y. Wang, "Road recognition for vision navigation of an autonomous vehicle by fuzzy reasoning," *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 93, no. 3, pp. 275-280, 1998.
- [۱۵] Q. Li, N. Zheng, and H. Cheng, "Springrobot: A prototype autonomous vehicle and its algorithms for lane detection," *IEEE Transactions on intelligent transportation systems*, vol. 5, no. 4, pp. 300-308, 2004.
- [۱۶] Y. Zeng, X. Xu, D. Shen, Y. Fang, and Z. Xiao, "Traffic sign recognition using kernel extreme learning machines with deep perceptual features," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 18, no. 6, pp. 1647-1653, 2016.
- [۱۷] V. John, K. Yoneda, Z. Liu, and S. Mita, "Saliency map generation by the convolutional neural network for real-time traffic light detection using template matching," *IEEE transactions on computational imaging*, vol. 1, no. 3, pp. 159-173, 2015.
- [۱۸] P. F. Alcantarilla, S. Stent, G. Ros, R. Arroyo, and R. Gherardi, "Street-view