بررسی نیازمندی‌های سخت افزاری و نرم افزاری در تولید خودروهای خودران

حامد مصافی [۱،۱]، مهرداد شرق[۲]، فرناز حسینی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد موسسه آموزش عالی شهریار، گروه مهندسی کامپیوتر، ایران، آستارا، HamedMasafi@Shahriar.ac.ir
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد موسسه آموزش عالی شهریار، گروه مهندسی کامپیوتر، ایران، آستارا، Mehrdadshargh@Shahriar.ac.ir
۳- عضو هیات علمی موسسه آموزش عالی شهریار، گروه مهندسی کامپیوتر، ایران، آستارا،Farnazhoseini@Shahriar.ac.ir

خلاصه

امروزه بسیاری از شرکت‌های خودروسازیِ مطرح و شرکت‌های کامپیوتری، در حال تحقیق و بررسی در خصوص تولید خودروهای خودران هستند؛ تا کنون نمونه‌هایی از این خودروها نیز ساخته شده است. چشم‌انداز بازار در این خودروها به اندازه‌ای روشن است که شرکت‌های کامپیوتری مانند گوگل، اینتل و اپل را نیز به این ورطه کشانده است تا با ساخت این خودروها گامی برای افزایش علم بشر بردارند و البته در سود سرشار این بازار نیز سهمی داشته باشند. این مطالعه‌ی موردی به بررسی ساختار این خودروها، نیازمندی‌های سخت افزاری و نرم افزاری مورد استفاده در این خودروها پرداخته و یک نمونه موفق در زمینه تولید این خودروها که توسط شرکت Nvidia ساخته شده و مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.

کلمات کلیدی: ماشین‌های خودران، شرکت Nvidia، Self Driving Car، شبکه‌های عصبی همگشتی

۱. مقدمه

رشد روزافزون علم بشر را موفق به خلق ابزارهایی می‌کند که شاید در گذشته برای وی آرزویی بیش نبودند. در گذشته زمان لازم برای دوبرابر شدن علم بشر هزاران سال بود؛ از همین رو ساخت ابزارهای جدید یا یافتن روش‌های ساخت آن نیاز به مدت زمان زیادی داشت. در پی این رشد کند روند فزونی علم، اکتشافات و ابداعات بشر در فواصل زمانی نسبتاً زیادی از هم به وقوع می‌پیوست. به لطف نوآوری‌ها و یافته‌های گذشتگان در هر برهه سرعت رشد علم بیشتر شده و در اوخر قرن بیستم مدت زمان دوبرابر شدن علم بشر به ۳۰ سال رسید. طبق پیش‌بینی‌ها دو برابر شدن علم بشر در سال ۲۰۲۰ به سه هفته خواهد رسید. با این اوصاف بعید نیست هر روز شاهد نوآوری جدیدی در حوزه علم بشری باشیم. یکی از نیازهای زندگی مدرن توانایی یادگیری ماشین‌ها و کمک به زندگی راحت‌تر بشر است. شاید ایده‌آل ترین ماشینی که بتوان تصور کرد ربات انسان‌نما باشد ولی ساخت چنین رباطی نیاز به تولید علم خاص آن دارد. علم تولید ربات در یکی از

[1] **Corresponding author: دانشجوی کارشناسی ارشد موسسه آموزش عالی شهریار، گروه مهندسی کامپیوتر، ایران، آستارا**
Email: HamedMasafi@Shahriar.ac.ir

نوین‌ترین دستاوردهای بشری به نام خودروی خودران[1] نهفته است [۲]. خودروهای خودران به شکل نوینی از خودروها اطلاق می‌شود که توانایی طی مسیر بدون دخالت عامل انسانی را دارا می‌باشند[۲].

بخش بندیِ ادامه‌ی این مطالعه به این ترتیب است که در بخش ۲ سطوح مختلف خودروهای خودران مورد بحث قرار می‌گیرد. در بخش ۳ چالش‌های موجود در تولید این خودروها معرفی می‌شود. در بخش ۴ بسترهای سخت افزاری و در بخش ۵ بسترهای نرم افزاری مورد استفاده در این خودروها معرفی می‌گردد. بخش ۶ یک نمونه موفق از تولید خودروهای خودران توسط شرکت Nvidia را بررسی می‌کند. بخش ۷ نتیجه‌گیریِ کلی حاصل از این مطالعه را نمایش می‌دهد.

۲. سطوح مختلف خودروی خودران

خودروهای خودران دارای سطح‌بندی مختلفی هستند که از سطح یک تا شش به ترتیب زیر نامگذاری شده‌اند [۳-۱]:

سطح صفر: این سطح اشاره به خودروهایی دارد که پیش از پیدایش مفهوم خودروی خودران ساخته شده‌اند و رانندگی آنها به طور کامل وابسته به عامل انسانی یا همان راننده پشت فرمان است.

سطح یک: خودروهای سطح یک توانایی حفظ سرعت با خودروی جلویی و توقف یا کاهش سرعت در شرایطی که فاصله با خودروی جلویی کاهش یابد، را دارد می‌باشند. این سامانه با نام‌هایی چون کنترل سرعت ساخته شده‌اند و در بسیاری از خودروهای امروزی موجود است. در واقع در این سامانه راننده می‌تواند پاهای خود را از روی پدال‌ها بردارد، اما دست بر روی فرمان و چشم به سمت جاده باید باشد. به محض تماس پای راننده با یکی از پدال‌ها یا اندکی چرخش در فرمان سامانه به سرعت غیر فعال شده و هدایت به راننده سپرده می‌شود.

سطح دو: خودروهای سطح دو علاوه بر امکانات سطح یک امکان گردش در پیچ‌ها را نیز دارا می‌باشند. این خودروها نسل ابتدایی از خودروهایی هستند که صاحب دوربین شده‌اند و می‌توانند موارد ابتدایی جاده مانند سطح آسفالت و خطوط و شانه خاکی را درک کنند. در این نوع خودروها راننده می‌تواند دست‌ها را از فرمان بردارد اما همچنان چشم‌های راننده باید به جاده باشد و در شرایطی خارج از حالت ایده‌آل هدایت خودرو را در دست گیرد.

سطح سه: در این سطح خودرو توانایی خودرانی دارد. خودرو می‌تواند در جاده‌ها حرکت کند و انتظار می‌رود در شرایط ایده‌آل مانند یک راننده نه چندان ماهر ولی اصول‌مند هدایت خودرو را انجام دهد. در این مرحله وجود راننده در پشت فرمان الزامی است.

سطح چهار: خودروهای سطح چهار ماهرتر از خودروهای سطح پنج هستند. به طور کامل خودران شده‌اند اما در برخی حالت‌های اضطراری ممکن است نیاز به دخالت راننده باشد. راننده در این سطح می‌تواند در حالت ایده‌ال محیط اطراف چشم‌ها را نیز از جاده بردارد. اما در شرایطی خاص اتوموبیل با صدور یک هشدار صوتی از راننده می‌خواهد هدایت را در دست گیرد.

[1] Self-Driving Cars

سطح پنج: خودروی سطح پنج همان چیزی است که در فیلم‌ها به تصویر کشیده شده است. این خودرو به طور کامل خودران است. ممکن است سازندگان برای این گونه خودرو امکانات ناوبری مانند فرمان و پدال‌ها را تعبیه نکند.

۳. چالش‌های موجود در تولید خودروی خودران

تولید یک محصول یا فرآورده نیاز به تولید علم و فن مورد نیاز دارد. تولید هر علم یا فن نیازمند حل چالش‌هایی است. برای تولید یک خودروی خودران نیاز به حل چالش‌های زیادی است، چند مورد از بنیادین‌ترین آنها عبارتند از:

یادگیری عمیق[1]: شیوه درک انسان از محیط پیرامون شامل درک، به خاطر سپاری و به یاد آوری است. یک ماشین در عصر نوین باید این توانایی را داشته باشد. یک خودرو به عنوان یک ماشین با امری حساس باید بتواند محیط پیرامون را ببیند، بشنود، حس کند یا به هر نحو دیگری درک کند. چنین خودرویی باید بتواند داده‌های ادراکی خود را به خاطر بسپارد و در مواقع ضروری از آنها استفاده کند یا به عبارتی دیگر آنها را به یاد بیاورد [۴].

بینایی ماشین[2]: برای یادگیری ژرف خودرو باید درکی از محیط پیرامون خود داشت. ادراک خودرو با سنسورهایی چون لیزر، فراصوت و دوربین صورت می‌گیرد. اما تصویری که از دوربین دریافت می‌شود برای سامانه نرم‌افزاری خودرو نامفهوم است. خودرو باید بتواند تصویر را درک کرده و عوامل تاثیرگذار بر هدایت خودرو مانند مسیر جاده و نقاط تلاقی را استخراج کند [۵].

ناوبری خودرو[3]: اگر خودرو درک کاملی از محیط پیرامون داشته باشد ولی قادر به تاثیرگذاری بر روی آن نباشد یک ماشین بدون کاربرد خواهد بود. تاثیر خودرو بر محیط اطراف به معنی پیمایش مسیر است لذا خودرو باید توانایی طی مسیر را داشته باشد. از آنجا که خودروها قبل از پیدایش مفهوم خودران نیز توانایی طی مسیر داشتند ضروری است سامانه نرم‌افزاری مجهز به بخش ناوبری باشد تا بتواند با اثربخشی به فرمان و پدال‌های گاز و ترمز بتوانند خودرو را در جهت مطلوب حفظ کند.

۴. نیازمندی‌های سخت افزاری در تولید خودروی خودران

این بخش به معرفی سخت افزارهای مورد نیاز و عمومی در تولید خودروهای خودران می‌پردازد.

جی‌پی‌اس[4]: سامانه موقعیت‌یابی جهانی یا GPS منظومه‌ای از ۲۴ ماهواره است که زمین را دور می‌زنند و در شش مدار که در هر مدار چهار ماهواره قرار دارد، چیده شده است. این ماهواره‌ها از محاسبات ریاضی برای تعیین فاصله استفاده می‌کنند. در این سامانه همزمان حداقل نه ماهواره از سطح زمین قابل دید هستند و یک سخت‌افزار مناسبِ این عمل می‌تواند با اندازه گیری فاصله نسبت به هر ماهواره، مختصات وسیله بر روی کره زمان را با دقتی در حدود ۱۰ متر اندازه‌گیری کند. این دقت برای ناوبری خودرو کافی نیست ولی به کمک آن می‌توان موقعیت خودرو در جاده و مبدا و

[1] Deep Learning
[2] Machine Vision
[3] Car navigation
[4] GPS

مقصد آن را مشخص کرد. همچنین خودروهای هوشمند نوین از این سامانه و استفاده از سرویس‌های هواشناسی اقدام به پیش‌بینی وضعیت آب و هوا در ساعات آتی و محل مورد انتظار، می‌کنند [۶].

سنسورهای التراسونیک[1]: گوش انسان می‌تواند صوتی در بازه ۲۰ تا ۲۰ هزارهرتز را بشنود که با افزایش سن این بازه تنگ‌تر می‌شود. سنسورهای فراصوت از صدایی در بالای بازه شنوایی انسان برای ارسال صوت و دریافت آن استفاده می‌کنند. صوت ارسال شده به موانع برخورد کرده و بازتاب می‌یابد و قسمت گیرنده سنسور می‌تواند این برگشت را دریافت کرده و با محاسبه زمانِ سپری شده و استفاده از سرعت صوت فاصله جسم با خودرو را اندازه‌گیری کند. سنسورهای فراصوت به منظور تعیین فاصله جسم با خودرو مورد استفاده قرار می‌گیرند. قبل از ظهور خودروهای خودران از این سنسورها در خودروها به منظور کمک به راننده در حرکت دنده عقب استفاده می‌شد. با پیدایش خودروهای خودران از این سنسور به منظور کمک به دوربین در اطراف بدنه خودرو به منظور درک بهتر از محیط پیرامون و وجود موانع استفاده می‌شود [۷].

لیزر[2]: لیزر ابزاری است که نور را به صورت پرتوهای موازی بسیار باریکی که طول موج مشخصی دارند ساطع می‌کنند. خودروهای خودران از نور لیزر برای تشخیص وجود مانع در مسیر استفاده می‌کنند.

رادار[3]: رادار یکی از اجزای انتخابی در خودروهای خودران است. رادار به وسیله این امکان را می‌دهد تا بتواند محیط پیرامون خود را پایش کرده و خودروهای اطراف را شناسایی کند.

دوربین[4]: مهمترین جزئی که یک خودرو برای درک محیط پیرامون باید داشته باشد دوربین است. دوربین‌ها مانند چشمان انسان تصویر محیط اطراف را به نرم‌افزار سامانه انتقال می‌دهند. خودروهای خودران معمولاً بیش از یک دوربین دارند. تعداد دوربین معقول برای یک خودروی خودران پنج عدد است که سه تا از آنها در جلو و دو عدد در پشت خودرو نصب می‌گردند.

واحد پردازشگر گرافیکی: حجم پردازش بر روی تصاویر ورودی از دوربین یا سایر سنسورها بسیار بالاست به همین دلیل نرم‌افزار این خودروها نیاز به سخت‌افزاری دارند که بتواند به صورت موازی روی حجم وسیعی از داده‌ها به طور همزمان پردازش انجام دهد. یک جز لاینفک در سخت‌افزار خودروها واحد پردازشگر گرافیکی (GPU[5]) است که با توجه با ماهیت چندین‌هسته‌ای و پردازش موازی-محور مورد مناسبی برای انجام پردازش‌های سنگین و کمک به درک محیط پیرامون است [۸].

۵. نیازمندی‌های نرم افزاری در تولید خودروی خودران

این بخش به معرفی نرم افزارها، زبان‌های برنامه نویسی و کتابخانه‌های مورد نیاز و عمومی در تولید خودروهای خودران می‌پردازد.

[1] Ultrasonic sensors
[2] Laser
[3] Radar
[4] Camera
[5] Graphic Processor Unit

بستر نرم افزاری مبتنی بر شبکه‌های عصبی همگشتی: پیشتر اشاره شد یادگیری عمیق بخش جداناشدنی از یک خودروی خودران است. خودروهای خودران برای به خاطر سپاری و یادآوری از شبکه‌های عصبی همگشتی یا به اختصار CNN[1] بهره می‌برند[۹]. اساس کار این نوع فرآیند بر آموزش و مطابقت استوار است، به این ترتیب که در ابتدا مجموعه‌ای از تصاویر یا فیلم‌ها که خودرو در طول رانندگی آنها را خواهد دید مانند تصویر مسیرها، عابران پیاده، انواع تابلوهای راهنمایی و رانندگی و غیره در قالب مدل‌های قابل فهم به نرم‌افزار سامانه داده می‌شود. این نمونه‌گیری‌ها از رانندگی واقعی رانندگان و در شرایط مطلوبی که خودرو در مسیر به درستی حرکت کرده، گرفته شده است. در طول مسیر هوش مصنوعی خودرو از تصاویر دریافتی از دوربین خودرو اجسام و اشیاء قابل شناسایی که قبلاً در آموزش آنها را دیده است، استخراج می‌کند. در هنگام حرکت خودرو سامانه نرم‌افزاری در هر لحظه تصویر دوربین را دریافت کرده و پردازش می‌کند. در خلال پردازش تصویر برای بخش‌هایی با اندازه‌های مختلف تبدیل می‌شود. در واقع یک فرم از تصویر به حالت‌ها و اندازه‌های مختلف بررسی می‌شود. یک فرم به هزاران بخش که هر کدام یک مستطیل قابل رسم بر روی فریم اصلی هستند، تقسیم می‌شوند. سپس هر قسمت با نمونه‌های موجود در حافظه سامانه مطابقت داده می‌شود. الگوریتم‌های تطابق الگو توانایی تشخیص الگو و بیان میزان مشابهت را دارا هستند از همین رو یک سامانه مجهز به CNN می‌تواند بیان کند یک بخش مشخص از یک تصویر چه میزان احتمال دارد چه چیزی باشد. لذا سامانه متفکر خودرو پس از دیدن یک جسم در تصویر می‌تواند بیان کند برای مثال به احتمال زیاد یک عابر پیاده است، یا ممکن است یک تیر چراغ برق باشد. با توجه به اینکه اجسامی که اتومبیل در رانندگی روزمره خواهد دید محدود و معدود هستند شبکه‌های عصبی همگشتی موجود در این سامانه با دقت بیشتری نسبت به سایر سامانه‌های نرم‌افزاری مشابه عمل کند.

زبان‌های برنامه نویسی: زبان R، یک زبان برنامه‌نویسی و محیط نرم‌افزاری برای محاسبات آماری و علم داده‌ها است، که بر اساس زبان‌های اس و اسکیم پیاده‌سازی شده است. این نرم‌افزار متن باز، تحت اجازه‌نامه عمومی همگانی گنو عرضه شده و به رایگان قابل دسترس است. طبق اطلاعات منتشر شده در سایت ieee.org زبان برنامه‌نویسی R در رده ششم زبان‌های برنامه‌نویسی پرکابرد سال ۲۰۱۷ در سطح جهانی جای می‌گیرد. عمده کابرد این زبان در برنامه‌نویسی سامانه‌های مرتبط با یادگیری ماشین است لذا انتظار می‌رود در سال‌های آتی همچنان میزان کابران این زبان افزایش یابد [۱۰]. زبان پایتون[2] یک زبان برنامه‌نویسی همه منظوره سطح بالاست. از ویژگی‌های شاخص پایتون سادگی نوشتار و قدرت بالای آن است. از همین رو در دنیای امروز طیف وسیعی از برنامه‌نویسان از آن استفاده می‌کنند. سادگی آن موجب شده افراد غیر برنامه‌نویس مانند ریاضیدانان که نیاز به ساخت برنامه پیدا می‌کنند از این زبان استفاده می‌کنند. پایتون در برگیرنده حجم بسیار بالایی از کتابخانه‌هاست که توسط افراد و تیم‌های گوناگون نوشته شده است و به آسانی در اینترنت قابل یافت است. در دوران یادگیری عمیق برای پایتون کتابخانه‌های زیادی نوشته شده است که سهم زیادی از حجم عملیات مورد نیاز که در حالت عادی بر عهده برنامه‌نویس نهایی است، را در بر می‌گیرد[۱۱].

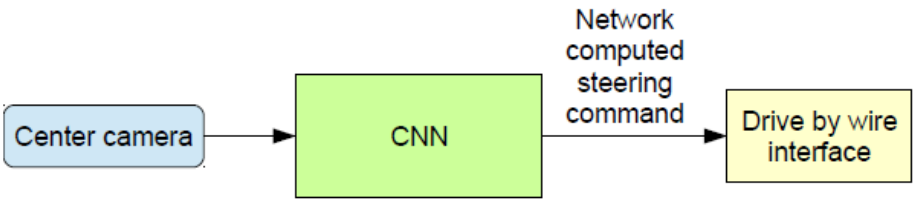
پایگاه‌داده[3]ها: هر سامانه نرم‌افزاری در حیطه یادگیری ماشین نیاز به مکان ذخیره‌سازی اطلاعات دارد. این مکان ذخیره‌سازی باید مکانیزم‌های بهینه برای نوشتن و خواندن اطلاعات داشته باشد و بتواند در کوتاه‌ترین زمان ممکن اطلاعات درخواستی را از مخزن نگهداری اطلاعات بازنمایی کند. نرم‌افزارهای خبره در این کار، سیستم‌های مدیریت پایگاه داده هستند.

[1] Convolutional Neural Networks
[2] Python
[3] Dataset

کتابخانه[1]ها: کتابخانه‌های بسیار زیادی به این منظور نوشته شده اند. اکثر این کتابخانه‌ها به صورت عمومی و برای فیلترگذاری و شناسایی در تصویر کاربرد دارند. یکی از پرکابردترین آنها کتابخانه معروف OpenCV است. OpenCV مجموعه ای از کتابخانه‌های برنامه‌نویسی پردازش تصویر[2] و یادگیری ماشین است. این مجموعه بیشتر بر پردازش تصویر بی درنگ تمرکز دارد. کتابخانه OpenCV کاربردهای بسیاری دارد که از آن جمله می‌توان به فیلترگذاری، سیستم تشخیص حرکت، واقعیت افزوده، ماشین بردار پشتیبانی اشاره کرد. از این کتابخانه می‌توان در ساخت سامانه بینایی ماشین نیز بهره برد. امکانات این کتابخانه در زمینه شناسایی اشیا در تصویر یا فیلترگذاری بر روی تصویر و ساخته مدل قابل فهم برای ماشین و غیره می‌تواند راهگشای امر در بسیاری از مسائل دشوار در ساخت بخش بینایی خودروهای خودران باشد[۱۲]. کتابخانه YOLO[3] با این شعار که چشم انسان فقط یک بار به اشیا نگاه می‌کند، بستری فراهم آورده است که به صورت تخصصی بر روی شناسایی اشیا در تصویر کار می‌کند. این کتابخانه یک نمونه عالی در زمینه استفاده از CNN است. کتابخانه YOLO قادر به شناسایی عناصر و اشیائی که در تصویر حرکت می‌کنند، است، که این توانایی نیازمند این است که قبلاً اشیاء مورد نظر به کتابخانه معرفی شده و مخزان داده با آن اشیاء آموزش دیده باشد.

۶. معرفی یک نمونه موفق در تولید خودرو خودران توسط شرکت Nvidia

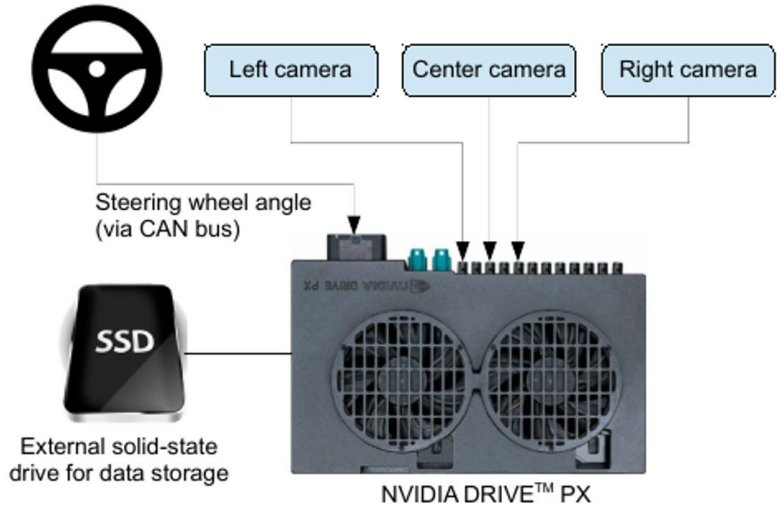
شرکت NVIDIA دست به ساخت یک کامپیوتر با توان پردازشی بالا مختص خودروهای خودران زده است. متخصصان این شرکت در قالب یک پروژه علمی این کامپیوتر را در یک اتوموبیل به خدمت گرفته‌اند. این متخصصان برای این امر یک CNN را آموزش دادند تا بتواند از تصاویر دریافتی از دوربین جلوی خودرو موانع و سطح جاده را تشخیص دهد[۱۳]. همانگونه که بیان گشت این خودرو از CNN برای شناسایی اشیاء پیش روی دوربین خود استفاده می‌کند. برای آموزش این شبکه از مجموعه بسیار زیادی از فیلم‌هایی که از دوربین‌های نصب شده در اتوموبیل‌ها ضبط شده، استفاده شده است. در این آموزش‌ها مواردی مانند نوع جاده، وضعیت آب و هوا و عملکرد راننده (اینکه در جاده حرکت کرده و یا از آن منحرف شده است) مورد توجه قرار گرفته‌اند. برای آموزش این شبکه فقط از تصاویر فیلم‌هایی استفاده شده که در آنها راننده به طور صحیح در مسیر حرکت کرده بود. نرخ فریم بر ثانیه این فیلم‌ها ۱۰ در نظر گرفته شد، مقداری بالاتر نتیجه را پیچیده‌تر می‌کرد، چون CNN پر می‌شد از تصاویری که بسیار شبیه به هم هستند و پردازش آنها هزینه بیشتری دارد بدون اینکه مزیتی داشته باشد. شکل ۱ مکانیزم عملکرد این سامانه را بیان می‌کند. همانگونه که در شکل نمایش داده شده است، تصاویر دریافتی با استفاده از CNN مورد بررسی قرار می‌گیرند و پس از درک اشیاء موجود در تصویر نسبت به کنترل خودرو اقدام لازم عملی می‌گردد.



شکل ۱- نمایش دیاگرام شبکه عصبی همگشتی مورد استفاده در خودرو خودران شرکت Nvidia [۱۳]

[1] Library
[2] Image Processing
[3] You Only Look Once

در شکل ۲ شمای کلی تجهیزات سخت‌افزاری این پروژه نمایان شده است. در جلوی خودرو سه دوربین به کار گرفته شده‌اند. دوربین اصلی در وسط و مستقیم رو به جلو تنظیم شده است. این دوربین در پشت آینه عقب خودرو نصب گردیده است تا بهترین دید را به جلوی خودرو داشته باشد. دو دوربین دیگر در سمت راست و چپ با کمی تغییر زاویه به سمت بیرون به منظور حمایت از دید و پوشش منطقه وسیعتری، نصب گردیده‌اند. تصاویر دریافتی در این دوربین‌ها به رایانه Drive PX شرکت NVIDIA متصل است. این رایانه همچنین به ابزارهای هدایتی خودرو مانند فرمان و پدال گاز و ترمز متصل شده است. این رایانه تصاویر را از دوربین‌ها دریافت کرده، آنها را پردازش می‌کند و در نهایت به اعمال تغییراتی در مکانیزم‌های مکانیکی متصل به ابزارهای هدایتی خودرو، باعث پیمایش مسیر درست توسط خودرو می‌گردد. این رایانه برای نگهداری اطلاعاتی که ممکن است بعداً به آنها نیاز پیدا کند از یک هارد دیسک استفاده می‌کند. بسیار مهم است که این هارد دیسک از نوع SSD[1] باشد تا در سریعترین زمان ممکن اطلاعات را بنویسد و بخواند. این هارد دیسک همچنین محلی برای ذخیره‌سازی آموزش‌های مورد استفاده در شبکه عصبی همگشتی نیز است که در بدو امر توسط سازندگان این خودرو آماده و وارد حافظه این دیسک شده است.

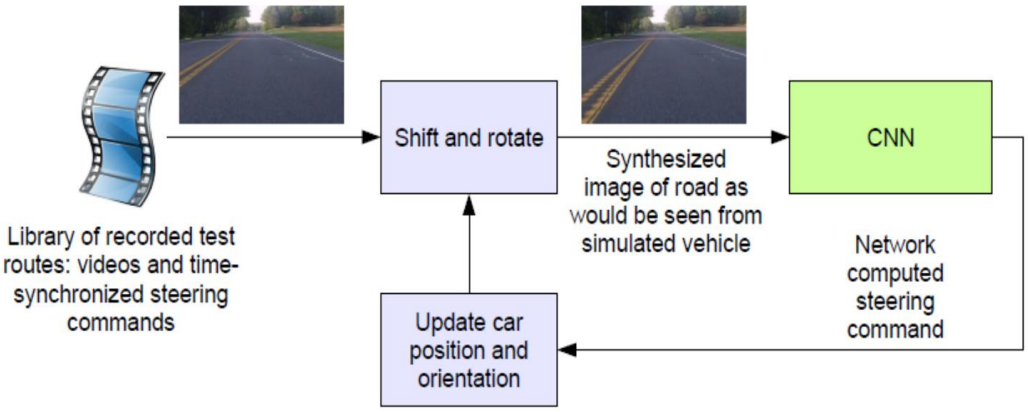


شکل ۲-شمای کلی ساختار تجهیزات سخت‌افزاری خودرو خودران شرکت Nvidia [۱۳]

قبل از اینکه خودرو وارد جاده واقعی شود نیاز بود تا صحت عملکرد سامانه‌های پویشی و هدایتی این خودرو آزموده شوند. به این منظور CNN آموزش داده شده در یک محیط شبیه‌سازی شده مورد آزمون قرار گرفت. در شکل ۳ روند اجرای گام‌های این آزمون نشان داده شده است. این آزمون شبیه‌سازی شده بر مبنای یک رانندگی در جاده واقعی صورت گرفته است. ابتدا اولین فرم در رانندگی واقعی به CNN داده می‌شود. سپس این فریم پردازش شده و یک فرمان خروجی صادر می‌شود. این فرمان خروجی یک عملکرد برای یکی از ابزارهای هدایت خودرو مانند فرمان یا پدال‌ها است. در قدم بعد سامانه نرم‌افزاری آزمون فریم دریافت شده را چرخش و شیفت می‌دهد. در واقع این سامانه فریم رو طوری تغییر می‌دهد که اگر خودرو واقعاً در آن جاده رانندگی می‌کرد و تصمیم بر گردش فرمان یا فشار یکی از پدال‌ها میگرفت، آن فریم از

[1] Solid State Drive

دوربین گرفته می‌شد. در گام بعدی فریم تغییر داده شده یا فریم واقعی بعدی در فیلم مقایسه می‌شود. اگر این فریم‌ها یکسان باشند عملکرد سامانه ناوبری خودرو قابل قبول است.



شکل ۳-دیاگرام آزمون شبیه‌سازی رانندگی خودرو خودران شرکت Nvidia [۱۳]

۷. نتیجه‌گیری

این مطالعه موردی، مفاهیمی در مورد خودروهای خودران بیان شد همچنین اطلاعاتی در مورد ساخت یک خودروی مفهومی به همراه تکنولوژی‌های وابسته در شرکت NVIDIA بیان شد. اما ذکر چند نکته در این مجال حائز اهمیت است. در درجه نخست اینکه برای ساخت یک فرآورده نیاز به تولید علم و فن وجود دارد. برای تولید چنین محصولی در کشور در گام نخست نیاز به پیدایش علم آن حس می‌شود. در بیان نکته دوم باید به این مورد اشاره کنیم که خودروی خودران به معنای واقعی (سطح ۵) در هیچ کجای جهان ساخته نشده است. شرکت‌های خودروسازی و کامپیوتری و همچنین دانشگاه‌ها در یک رقابت تنگاتنگ بر سر کسب جایگاه مالی یا علمی از این صنعت هستند. به همین جهت استنباط می‌شود این موضوع برای پژوهش‌های آتی می‌تواند یک موضوع مناسب باشد چرا که می‌تواند اختلاف صنعتی کشور با سایر دولت‌ها را به طور محسوسی کاهش دهد.

۸. مراجع

1. EKESUND, J. (2016). Self-driving car.
2. Kim, J., Kim, H., Lakshmanan, K., & Rajkumar, R. R. (2013, April). Parallel scheduling for cyber-physical systems: Analysis and case study on a self-driving car. In *Proceedings of the ACM/IEEE 4th International Conference on Cyber-Physical Systems* (pp. 31-40). ACM.
3. Lee, U., Yoon, S., Shim, H., Vasseur, P., & Demonceaux, C. (2014, June). Local path planning in a complex environment for self-driving car. In *Cyber Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems (CYBER), 2014 IEEE 4th Annual International Conference on* (pp. 445-450). IEEE.
4. LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, *521*(7553), 436-444.
5. Jain, R., Kasturi, R., & Schunck, B. G. (1995). *Machine vision* (Vol. 5). New York: McGraw-Hill.

6. Misra, P., & Enge, P. (2006). Global Positioning System: signals, measurements and performance second edition. *Massachusetts: Ganga-Jamuna Press*.
7. Borenstein, J., & Koren, Y. (1988). Obstacle avoidance with ultrasonic sensors. *IEEE Journal on Robotics and Automation*, *4*(2), 213-218.
8. Krakiwsky, S. E., Turner, L. E., & Okoniewski, M. M. (2004, May). Graphics processor unit (GPU) acceleration of finite-difference time-domain (FDTD) algorithm. In *Circuits and Systems, 2004. ISCAS'04. Proceedings of the 2004 International Symposium on* (Vol. 5, pp. V-V). IEEE.
9. Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2012). Imagenet classification with deep convolutional neural networks. In *Advances in neural information processing systems* (pp. 1097-1105).
10. Ihaka, R., & Gentleman, R. (1996). R: a language for data analysis and graphics. *Journal of computational and graphical statistics*, *5*(3), 299-314.
11. Van Rossum, G. (2007, June). Python Programming Language. In *USENIX Annual Technical Conference* (Vol. 41, p. 36).
12. Bradski, G., & Kaehler, A. (2008). *Learning OpenCV: Computer vision with the OpenCV library*. "O'Reilly Media, Inc.".
13. Bojarski, M., Del Testa, D., Dworakowski, D., Firner, B., Flepp, B., Goyal, P., & Zhang, X. (2016). End to end learning for self-driving cars. *ArXiv preprint arXiv: 1604.07316*.