



اولین همایش بین‌المللی  
قوای محرکه نوین

اولین همایش بین‌المللی قوای محرکه نوین (با محوریت خودروهای برقی)

اسفند ۱۳۹۷

## مرور چالش‌های خودروهای خودران مجهز به حسگر دید

امیر خسرویان<sup>۱</sup>، مسعود مسیح طهرانی<sup>۲\*</sup>، عبدالله امیرخانی<sup>۳</sup>

۱- کارشناس ارشد، آزمایشگاه سیستم‌های دینامیکی خودرو، دانشکده مهندسی خودرو، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران

۲- استادیار، آزمایشگاه سیستم‌های دینامیکی خودرو، دانشکده مهندسی خودرو، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران

۳- استادیار، دانشکده مهندسی خودرو، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران

### چکیده

اخیراً تأکید زیادی بر روی خودران کردن وسایل نقلیه صورت گرفته است به دلیل این که این امر فواید بسیاری از جمله بهینه سازی مسیریابی خودروها، بهبود ایمنی، کاهش زمان و مصرف انرژی خواهد داشت. این خودروها جهت موقعیت‌یابی خود و خودروهای دیگر نیاز به برخی حسگرها دارند. یکی از حسگرهای مرسوم در خودروهای خودران حسگر دید می‌باشد. این حسگر نیز مانند سایر حسگرها در مواجهه با رانندگی در شرایط غیرمعمول دچار چالش‌هایی می‌شود. این مقاله شایع‌ترین رویکردهای ارائه شده برای رویارویی با چالش‌های موجود در حسگرهای دید خودروهای خودران را مورد بررسی قرار می‌دهد. در انتها نتایج و راهکارهای موثر در این شاخه و همچنین چشم‌انداز تحولات خودروهای خودران در دهه ی آینده مورد بررسی قرار گرفته است.

### کلیدواژگان

خودروهای خودران، حسگر دید، خودروهای هوشمند، حسگر دید استریو

## A review of vision based autonomous vehicle challenges

Amir Khosravian<sup>1</sup>, Masoud Masih-Tehrani<sup>1\*</sup>, Abdollah Amirkhani<sup>1</sup>

1- School of Automotive Engineering, Iran university of science and technology, Tehran, Iran.

Tehran, Iran, masih@iust.ac.ir

### Abstract

Recently there is a lot of attention on autonomous vehicles due to optimized navigation, increasing safety, reduction in travel time and energy consumption. These vehicles need sensors in order to navigate and localize themselves and other vehicles. One of these sensors is called vision. This sensor like any other one have to face a lot of challenges specially in unusual situations. This paper surveys some of common works done in order to face these challenges. Finally effective results and approaches in this field concluded and autonomous vehicle perspective in future is also discussed.

### Keywords

Autonomous vehicles, Vision sensor, Intelligent vehicles, Stereovision sensor

خودروهای سطح پنج خودروهایی هستند که به طور کامل مستقل از راننده‌اند [2]. امروز سطح ۳ خودروهای خودران در کمپانی‌های بزرگی مانند تسلا (سری S و X) دیده می‌شود که نیازمند نظارت مداوم راننده می‌باشد. در صورت عدم دانش کافی راننده از عملکرد حسگرهای موجود در این خودروها ممکن است تصادفات ناگواری به واسطه نیمه خودران بودن و عدم نظارت کافی راننده بوجود آید [3].

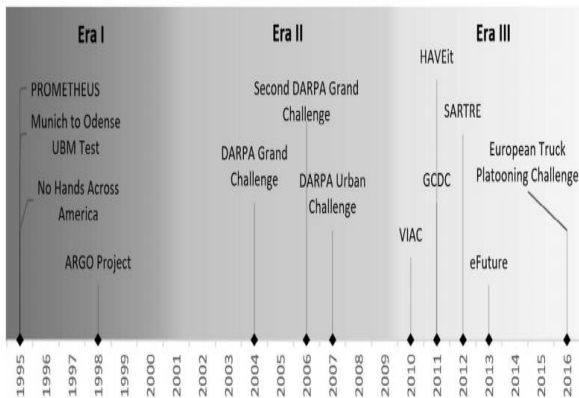
از جمله پیشنهادات موثر جهت مسیریابی خودروهای هوشمند استفاده از حسگر دید مصنوعی می‌باشد. در این روش، بسیاری از موارد نیاز به شناسایی دارند. این موارد صرفاً شامل شناسایی مسیر نخواهند بود بلکه خطوط مسیر و موارد مشخص شده بر روی آن، علائم موجود در جاده، خودروهای دیگر و عابرین پیاده باید تشخیص داده شوند. مورد آخر ذکر شده از اهمیت بسیار بالایی برخوردار می‌باشد چرا که اصولاً اقدامات عابرین پیاده بسیار غیر قابل پیش‌بینی می‌باشد. هدف این مقاله ارائه یک مرور کلی بر چالش‌ها و فعالیت‌های انجام شده بر حسگر دید خودروهای خودران از سال ۲۰۰۰ میلادی به بعد می‌باشد.

### ۱) مقدمه

خودروهای خودران به زودی حضور برجسته‌ای در قالب سیستم‌های پیشرفته پشتیبانی راننده هم در حوزه تحقیقات و هم در حوزه خودروهای تجاری خواهند داشت. اهداف اصلی این تکنولوژی کاهش تصادفات، افزایش تحرک برای افراد معلول و سالمند و استفاده‌ی موثرتر از زیرساخت‌های جاده (نظیر اتوبان‌های هوشمند) می‌باشد.

از جمله دلایل پیشرفت تکنولوژی خودران عدم نیاز به راننده و خطاهای به وجود آمده به دلیل حضور راننده از جمله حواس‌پرتهی، خستگی و تأثیر احساسات بر رانندگی که در حال حاضر طبق تحقیقات انجام شده در اداره کل ایمنی ترافیک ملی حدود ۹۴٪ از کل تصادفات جهان تحت تأثیر خطاهای رانندگی می‌باشند [۱].

سازمان بین‌المللی امنیت ترافیک بزرگراه‌ها خودروها را در زمینه خودران بودن بین سطح صفر تا سطح پنج تقسیم‌بندی نموده است. سطح صفر خودروهایی هستند که تنها توسط راننده هدایت می‌شوند و در مقابل



شکل ۱ تاریخچه فعالیت‌های انجام شده در زمینه خودروهای خودران [۸]

### ۲) تاریخچه و پیش زمینه حسگرهای دید

تا قبل از قرن ۲۱ یکی از چالش‌های اصلی محققین و خودروسازهای صنعتی، طراحی و ساخت اولین خودروی کاملاً خودران بوده است که کاملاً مورد اطمینان، ایمن و قوی بوده و در ضمن قابلیت راندن با سرعت بالا را داشته باشد. همین رقابت‌ها باعث توسعه بسیار در زمینه‌ی کاری خودروهای خودران گشت. اگرچه بسیاری از مشکلات و پیچیدگی‌ها در عملکرد نرم‌افزارها و سخت‌افزارهای خودروهای خودران همچنان حل نشده است چرا که بسیاری از خودروهای خودران فقط توان پیشروی در جاده‌های ایده‌آل و در شرایط آب و هوایی کاملاً عادی را دارند. به عنوان مثال الگوریتم مسیریابی و تعویض لاین آرگو شرایط جاده‌های کاملاً عادی جهت راندگی خودران نیاز داشته است. این شرایط عادی شامل جاده‌های صاف همراه با پیچ‌های بسیار آرام (با شیب کم) می‌شود [۴].

علاوه بر این معضلات، خودرو نتوانست در شرایط نور نامناسب نظیر تونل‌های تاریک یا هنگامی که نور آفتاب مستقیماً در لنزهای خودرو میتابید عملکرد مناسبی از خود نشان دهد [۵]. البته عملکرد سنسور دید در شرایط نوری نامناسب به مرور زمان با بهبود الگوریتم‌ها و سنسورهای پیشرفته‌تر به مرور زمان پاسخ داده شد. از جمله راه‌های پیشنهاد شده برای حل این مشکل استفاده از دو دوربین در نقاط متفاوت، ترکیب سنسور دوربین با یک سنسور فعال (مانند رادار یا لیدار) می‌باشد [۵].

در سال ۲۰۰۳، سازمان دارپا (پروژه‌های تحقیقی پیشرفته‌ی دفاعی) پروژه‌ی جدید راه‌اندازی کرد که در آن به خودروهایی با قابلیت خودران بودن بدون استفاده از علائم جاده‌ای احتیاج بود. این خودروها باید قابلیت راندن در صحراهای بیابانی (جاده‌های آفرود) را می‌داشتند [۶]. اولین چالش رقابتی دارپا در ۲۰۰۴ برگزار شد که متأسفانه هیچ شرکت کننده‌ای موفق به تکمیل مراحل تعیین شده نشد. اما در دور دوم این رقابت‌ها که در سال ۲۰۰۵ برگزار شد، پنج خودرو موفق به انجام چالش مذکور شدند که موفقیت چشمگیری در زمینه خودروهای خودران بوده است [۷]. اگرچه فعالیت‌های سازمان دارپا گامی موثر در زمینه خودروهای خودران بوده است اما همچنان موانع هر روز خودروهای شهری را همانند عابرین پیاده و دوچرخه‌سواران دارا نبود. در حال حاضر نیز خودروهای خودران موجود قابلیت تمام خودران بودن را ندارند؛ لذا کنترل و نظارت انسان در حین راندگی همچنان نیاز است. این امر نشان دهنده‌ی امکان انجام پژوهش بیشتر در زمینه کنترل پایداری این خودروها در شرایط متفاوت می‌باشد. شکل ۱ تاریخچه‌ای از فعالیت‌های انجام شده در زمینه خودروهای خودران را از حدود سال ۲۰۰۰ به بعد نشان می‌دهد.

### ۳) عملکرد و موانع بر سر راه حسگر دید خودرو

مشابه انسان‌ها، خودروهای خودران نیز باید بتوانند به صورت پیوسته محیط اطراف خود را مشاهده کرده و موقعیت خود را هم در سطح محلی (نسبت به خودروهای دیگر و عابرین پیاده) و هم در سطح جهانی (جهت مسیریابی صحیح) محاسبه نمایند. شکل ۲ نحوه انجام این امر را در خودروهای خودران نشان می‌دهد. این مراحل شامل بازدید از محیط، موقعیت یابی و طراحی نقشه، طراحی مسیر، تصمیم‌گیری و کنترل خودرو می‌باشد. بازدید از محیط به معنای دریافت پیوسته اطلاعات محیط به کمک حسگرهای تعبیه شده در خودرو می‌باشد. این حسگرها کاری مشابه چشم انسان را برای خودرو خودران انجام می‌دهند [۹]. موقعیت یابی و طراحی نقشه از داده‌های دریافتی حسگرها جهت یافتن فاصله خودرو از موانع موجود در محیط (سطح محلی) و فاصله خودرو از مقصد نهایی (سطح جهانی) استفاده می‌کند [۹]. بخش طراحی مسیر بر مبنای نقشه طراحی شده در بخش قبل اقدام به طراحی مسیریابی ممکن جهت رسیدن به مقصد نهایی می‌کند [۱۰]. بخش تصمیم‌گیری مسیر نیز بهترین مسیر را بین مسیریابی موجود و قابل دسترسی انتخاب مینماید. در انتخاب بهترین مسیر ممکن عواملی نظیر آب و هوا و علائم جاده‌ای نیز هائز اهمیت می‌باشند [۹]. بخش کنترل خودرو نیز تصمیم‌گیری لحظه‌ای مورد نیاز خودرو را جهت پیچیدن، دور زدن، تعویض لاین، سبقت و ... برعهده دارد. این تصمیم‌گیری‌ها شامل افزایش یا کاهش تورک، شتاب‌گیری، ترمزگیری، چرخش فرمان و ... می‌شود [۱۱].

همانطور که ذکر شد جهت دریافت پیوسته‌ی داده‌ها در خودروهای خودران باید از تعدادی حسگر استفاده نمود. این حسگرها سه وظیفه کلی را بر عهده دارند که وظایف شامل اندازه‌گیری شرایط خود خودرو (نظیر سرعت، شتاب، یاب و زاویه فرمان)، مسیریابی صحیح و

شناسایی موانع اطراف خودرو می‌باشد. حسگر دید یک حسگر غیرفعال بوده و در دسته‌ی سوم حسگرهای تعریف شده جای می‌گیرد. این حسگر به خودرو قابلیت دید مصنوعی جهت شناسایی علائم جاده، عابرین پیاده، خودروهای دیگر، چراغ‌های راهنمایی رانندگی، دوچرخه سواران و ... را



اگرچه حسگرهای دید هم دشواری‌های مخصوص به خود را خواهند داشت. یکی از مشکلات رایج در خودروهای مجهز به حسگر دید محاسبه فاصله دقیق خودرو از موانع اطراف خود است که گاهی الگوریتم‌های بسیار پیچیده‌ای جهت این امر استفاده می‌شوند که خود زمان محاسبه را افزایش می‌دهد در حالی که خودرو باید بتواند در لحظه اقدام به تصمیم‌گیری کند. در حسگر دید استریو دو دوربین در وضعیت افقی نسبت به هم قرار گرفته‌اند که به خودرو اجازه تشخیص عمق برای طراحی یک نقشه سه بعدی را می‌دهد اما باز هم طراحی نقشه سه بعدی با این روش بسیار پیچیده‌تر و محاسباتی‌تر از طراحی نقشه به کمک حسگرهای فعال می‌باشد. در جدول ۱ مقایسه ای بین فواید و مضرات حسگر دید با حسگر دید استریو مشاهده می‌نمایید. چیدمان و انتخاب حسگرهای متفاوت مستقیماً وابسته به کاربرد خودرو خودران در نظر گرفته شده و مانورهای در سر راه آن می‌باشد.

عامل وابسته خواهد بود که از مهمترین آنها میتوان به مواردی نظیر ذات احتیاج به حسگر فعال یا غیرفعال، دقت مورد نیاز دریافتی از سیستم، میزان بودجه اشاره نمود. طبیعتاً استفاده از چندین دوربین قابلیت اطمینان داده‌های دریافتی را افزایش میدهد اما گاهی این امر باعث افزایش چشمگیر هزینه‌های تمام شده خودرو می‌شود [۱۲]. این امر بخصوص در خودروهای تجاری هائز اهمیت خواهد بود چرا که هدف پیشینه کردن ایمنی در حین نگه داشتن هزینه در کمترین حالت ممکن می‌باشد. یکی از برتری‌های حسگر دید هزینه کمتر نسبت به حسگرهای فعال نظیر رادار و لیدار می‌باشد. در ضمن سنسورهای فعال ممکن است به اشتباه سیگنال ارسالی از خودرویی دیگر را دریافت کنند که حسگر دید با این چالش مواجه نیست. به همین دلیل بسیاری از پژوهشگران به استفاده از این سنسور و بهبود شرایط عملکردی آن جهت تجاری سازی خودروهای تمام خودران روی آورده‌اند [۱۳].



شکل ۲ فرایند تصمیم‌گیری یک خودرو خودران [۸]

جدول ۱ نوع حسگرهای دید و فواید و مضرات هر کدام

مضرات	فواید	کاربرد	نوع حسگر
محاسبات بیشتر نسبت به حسگرهای فعال [۱۵] (۲۰۱۳). دشواری جهت تشخیص فاصله [۱۵] (۲۰۰۵). نیاز به داشتن سرعت لحظه‌ای، عملکرد ضعیف در شرایط آب و هوایی نامناسب [۱۴] (۲۰۰۵)، حساس نسبت به شرایط نوری نامناسب [۱۵] (۲۰۱۳)	محاسبات کمتر نسبت به حسگر دید استریو، طبقه بندی مناسب موانع، وسعت دید بالا در حین داشتن رزولوشن مناسب [۱۴] (۲۰۰۵) دریافت اطلاعات مازاد پیرامون محیط [۱۵] (۲۰۱۳) طول دریافت تصویر بالا	-تشخیص موانع، طبقه بندی موانع، تشخیص لاین	تک دوربین (حسگر دید)
محاسبات سنگین [۱۶] (۲۰۱۱) نیاز به محاسبات سرعت و فاصله، عملکرد ضعیف در شرایط آب و هوایی نامناسب، تشخیص موانع دور نیازمند محاسبات سنگین‌تر میباشد، حساس به شرایط نوری نامناسب [۱۵] (۲۰۱۳)	عمق سنجی (مشابه چشم انسان) [۱۴] (۲۰۰۵) ساختار سه بعدی تشخیص بهتر نسبت به حسگر دید معمولی	-تشخیص و طبقه بندی موانع، تشخیص لاین، طراحی نقشه سه بعدی	حسگر دید استریو

همانطور که ذکر شد هنوز فعالیت‌های بسیار زیادی تا رسیدن به سطح ۵ خودروهای خودران (بدون هیچگونه احتیاجی به نظارت راننده) احتیاج

۴) چالش‌های موجود بر سر راه حسگر دید



# اولین همایش بین‌المللی قوای محرکه نویسنه (با محوریت خودروهای برقی)

اسفند ۱۳۹۷

چيست درک کنند. به عنوان مثال ميتوان به تصادف ايجاد شده در ۷ می ۲۰۱۶ ناشی از سيستم خلبان خودکار تسلا اشاره کرد. در این سانحه حسگر دید خودرو موفق به تشخیص کامیون کوچک در حال حرکت در جاده در مقابل آسمان سفید نشد. به علاوه، راننده نیز با تصور بر اینکه حالت خلبان خودکار تسلا قادر است تمام موانع را تشخیص داده و به طور کاملاً خودران رانندگی نماید، موفق به کنترل به موقع خودرو نشد و نهایتاً این تصادف رخ داد. بنابراین باید تمام نقاط قوت و بخصوص نقاط ضعف خودرو و حسگرهای متفاوت استفاده شده در آن به مردم جامعه آموزش داده شوند.

از طرفی دیگر انسان‌ها در اتوبان با سرعت ۱۲۰ کیلومتر بر ساعت باید توان دید تا ۱۲ ثانیه جلوتر از خود را داشته باشند تا بتوان بصورت ایمن رانندگی نمایند [۲۲]. این در حالیست که حتی بعضی حسگرها فعال مثل رادار قابلیت مشاهده بیش از ۴.۵ الی ۷.۵ ثانیه را ندارند. اما در مورد حسگرهای دید این گونه نیست. همانطور که در جدول (۱) نیز ذکر شد، حسگرهای دید قابلیت تشخیص موانع موجود حتی در فواصل دور را نیز دارند. به علاوه این که مقایسه‌ی تنهای این اعداد با همدیگر صحیح نیست. باید یادآوری نمود که کامپیوترها قدرت پردازش بسیار بیشتری نسبت به ۱۲ ثانیه انسان‌ها دارند و قدرت واکنش خودروهای خودران حتی با زمان کمتر نیز از انسان میتواند بالاتر باشد که این یکی از دلایل اصلی افزایش ایمنی در این خودروهاست.

## ۴-۴) از کار افتادگی خودرو و نقص فنی

اگر برای بخشی از خودرو که به وسیله انسان هدایت میشود نقص فنی‌ای پیش آید، راننده خودرو را به آرامی به کنار هدایت می‌کند. این امر باید در خودروهای خودران نیز صادق باشد. این خودروها باید قابلیت تشخیص از کارافتادگی حسگرهایشان را نیز داشته باشد تا در صورت تشخیص عدم قطعیت در حسگر دید خودرو، به آرامی خودرو را به کنار هدایت کرده و اخطار از کارافتادگی خودرو را بروز دهد.

## ۵) خودروهای تجاری مجهز به حسگر دید

نوع دوربین‌های موجود در برخی خودروهای تجاری از سال ۲۰۰۰ میلادی به بعد در جدول ۲ آورده شده‌اند. شایان ذکر است که بعضی از خودروهای موجود در جدول ۲ ممکن است مجهز به برخی حسگرهای فعال نیز باشند که بدلیل غیر مرتبط بودن از هدف اصلی این مقاله از ذکر آن‌ها چشم‌پوشی شده است. در جدول ۳ نیز امکاناتی که خودرو با در نظر گرفتن این حسگرها قابل به انجام آن شده است را مشاهده مینمایید.

جدول ۲- حسگرهای دید برخی خودروهای تجاری

است و چالش‌های اساسی‌ای در کارکرد حسگر دید در شرایط متفاوت وجود دارد. سه چالش بسیار مهم در این زمینه شامل (۱) عملکرد ایده‌آل در شرایط آب و هوایی نامناسب، (۲) عملکرد ایده‌آل در شرایط نوری نامناسب و (۳) دیدگاه انسان‌ها به خودروهای خودران می‌باشد.

## ۴-۱) عملکرد در شرایط آب و هوایی نامناسب

این شرایط شامل آب و هوای برفی، باران سنگین و مه میباشد که به دفعات برای خودروهای خودران در دسرساز بوده است. البته باید ذکر شود که شرایط مذکور حتی برای چشم انسان نیز چالش برانگیز بوده و طبیعتاً مهار کردن آن در یک خودروی خودران جای کار بیشتری خواهد داشت [۱۴]. بسیاری از خودروهای مجهز به حسگر دید از علائم جاده جهت موقعیت‌یابی و مسیریابی استفاده می‌کنند. در حالی که یک لایه نازک برف میتواند باعث شود تمام این علائم ناپدید شوند که در نتیجه مسیریابی سخت یا ناممکن خواهد شد. در ضمن کیفیت رنگ پایین و قدیمی استفاده شده در خط‌کشی جاده‌ها، گرد و غبار نشسته در جاده و مواردی این چنینی حتی بدون بارش برف نیز میتوانند برای حسگر دید خودرو خطا ایجاد نمایند [۱۷]. از طرفی وجود مه در جاده میتواند همانطور که دید انسان را دشوار میسازد، شرایط متشابه برای خودروهای خودران مجهز به حسگر دید نیز به وجود آورد [۱۴].

در بعضی شرایط استفاده از حسگرهای دید استریو میتواند این مشکل را تا حدی بهبود بخشد اما هنوز فعالیت زیادی تا یک پاسخ قطعی به این چالش نیاز است [۱۸].

## ۴-۲) عملکرد در شرایط نوری نامناسب

فلش لنز، سایه‌های بزرگ و سایر تغییرات ناگهانی در نور میتواند برای حسگر دید خطا ایجاد نماید. به عنوان مثال یک خودرو خودران مجهز به حسگر دید ممکن است یک سایه‌ی بزرگ را بخشی از یک مانع تصور نماید. برای حل چالش‌های ایجاد شده به واسطه نور میتوان از روش‌هایی نظیر استفاده از دوربین‌های مادون قرمز یا جاده‌های علائم جاده‌ای با قابلیت بازتاب نور استفاده نمود [۱۹]. اما طبق تحقیقات انجام شده در استفاده از دوربین‌های مادون قرمز از نظر محاسباتی جهت استفاده در دنیای واقعی بهینه نخواهند بود [۲۰].

روشی دیگر برای مواجهه با این چالش ترکیب حسگر دید با یک حسگر فعال نظیر لیدار جهت دست‌یافتن به نتایج دقیق و قابل اطمینان می‌باشد [۲۱]. علیرغم تلاش محققین جهت پاسخی مناسب از خودرو در شرایط نوری نامناسب، مشخصاً هنوز تلاش بسیاری نیاز است تا خودروها بتوانند به صورت ایمن و با قابلیت اطمینان بالا در این شرایط به جاده‌ها فرستاده شوند.

## ۴-۳) دیدگاه انسان‌ها در زمینه خودروهای خودران

یک فرهنگسازی عمیق در جامعه نیاز خواهد بود تا مردم بتوانند نقاط قوت و ضعف حسگرهای استفاده شده در خودرو را صرف نظر از این که نوع حسگر



اولین همایش بین‌المللی  
قوای محرکه نوبل

# اولین همایش بین‌المللی قوای محرکه نوبل (با محوریت خودروهای برقی)

اسفند ۱۳۹۷

## ۶) پیشنهادات برای کارهای آینده خودروهای خودران با حسگر دید

با گسترش مرزهای دانش در زمینه خودروهای خودران و با نزدیک شدن به سطح ۵ این خودروها، تلاش بیشتر جهت پاسخگویی به برخی جوانب این خودروها ضروری است. از جمله این جوانب میتوان به موارد زیر اشاره نمود:

- بهبود تشخیص و کاهش عدم قطعیت حسگر دید خودرو در شرایط نامناسب آب و هوایی و همچنین نوری.
- کاهش عدم قطعیت به کمک ترکیب حسگر دید با حسگرهای فعال و استفاده از تعداد بیشتری حسگر دید در صورت داشتن بودجه کافی.
- افزایش آگاهی جامعه از نقاط قوت و ضعف حسگر دید
- طراحی مدل مناسبی از خودرو که با مقایسه عملکرد این مدل با داده‌های دریافتی دوربین بتوان تشخیص داد که آیا این حسگر دچار نقص فنی گشته است یا خیر؟

## ۷) نتیجه‌گیری

در این مقاله، یک مرور کلی بر حسگر دید خودروهای خودران، فواید و مضرات استفاده از این حسگر و چالش‌های پیش روی این حسگر انجام شده است. اگرچه پیشرفت‌های انجام شده از گذشته تا کنون (از سطح یک تا سه) خودروهای خودران افزایش چشم‌گیری در دقت و ایمنی این خودروها داشته است، اما هنوز کارهای بسیاری جهت رسیدن به یک خودروی کاملا خودران نیاز می‌باشد. زمینه‌های در نظر گرفته شده در این مقاله شامل دقت عملکرد حسگر دید، کمک به کاهش هزینه به دلیل ارزان قیمت‌تر بودن این حسگر و در نظر گرفتن الگوریتمی مناسب جهت کاهش محاسبات حسگر دید جهت تعیین فاصله می‌باشد. بعد از برطرف کردن چالش‌های ذکر شده و تحقیق و توسعه مناسب زمینه‌های کاری خودروهای خودران، می‌توان انتظار داشت در آینده خودروهای خودران بدون هیچگونه وابستگی به راننده و مجهز به حسگر دید در عموم جامعه ظاهر گردند.

## ۸) مراجع

- [1] "Critical reasons for crashes investigated in the national motor vehicle crash causation survey. - Google Search." [Online]. Available: <https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/812115>. [Accessed: 09-Feb-2019].
- [2] Ohn-Bar, E., Trivedi, M.M., 2016. Looking at humans in the age of self-driving and highly automated vehicles. IEEE Trans. Intell. Vehic. 1 (1), 90-104.  
Pachal, P., Jul 2016. Despite tesla's setbacks, audi is racing fast toward self-driving cars. <<http://mashable.com/2016/07/16/audi-self-driving-a7/>>.
- [3] Krisher, T., Durbin, D.-A., Sep 2016. Tesla update halts automatic steering if driver inattentive. <<http://phys.org/news/2016-09-tesla-halts-automatic-driverinattentive.html>>.
- [4] A. Broggi, M. Bertozzi, and A. Fascioli, "Architectural issues on vision-based automatic vehicle guidance: The experience of the ARGO project," *Real-Time Imaging*, 2000.
- [5] S. J. J. Cacciola, "Fusion of Laser Range-Finding and Computer Vision Data for Traffic Detection by Autonomous Vehicles," *Processing*, 2007.

نام خودرو تجاری	سال میلادی	حسگر دید	دید استریو	دوربین مادون قرمز
Infiniti Q50S[۲۳]	۲۰۱۵	✓	×	×
Lexus RX[۲۵][۲۴]	۲۰۱۶	✓	×	×
Ford (high end production vehicles)[۲۶]	۲۰۱۴	✓	×	×
Volvo XC90[۲۷][۲۳]	۲۰۱۶	✓	×	×
BMW750i xDrive[۲۸][۲۳]	۲۰۱۷	✓	✓	✓
Mercedes-Benz E and S-Class[۳۲][۳۱][۳۰][۲۹]	۱۳الی ۱۶	✓	✓	✓
Otto semi-Trucks[۳۲]	۲۰۱۶	✓	×	×
Renault GT Nav[۳۳]	۲۰۱۷	✓	×	×
Tesla Model S[۲۳][۳۴]	۲۰۱۶	✓	×	×

جدول ۳- امکانات خودران موجود در برخی خودروهای تجاری

نام خودرو تجاری	رانندگی خودران در آزادراه	تعویض لاین	پارک نیمه خودکار	ترمزگیری نیمه خودکار
BMW750i xDrive[۲۸][۲۳]	✓	×	✓	✓
Ford (high end production vehicles) [۲۶]	✓	×	✓	✓
Infiniti Q50S[۲۳]	✓	×	×	✓
Lexus RX[۲۵][۲۴]	✓	×	✓	✓
Mercedes-Benz E and S-Class [۳۲][۳۱][۳۰][۲۹]	✓	×	✓	✓
Otto semi-Trucks[۳۲]	✓	×	×	✓
Renault GT Nav[۳۳]	✓	×	✓	✓
Tesla Model S[۲۳][۳۴]	✓	✓	✓	✓
Volvo XC90[۲۷][۲۳]	✓	×	✓	✓

البته باید ذکر شود که سیستم پارک نیمه خودکار بیشتر توسط حسگر سونار انجام می‌شود و حسگر دید صرفاً نقش مکمل برای افزایش دقت را برعهده دارد.



# اولین همایش بین‌المللی قوای محرکه نوبین (با محوریت خودروهای برقی)

اسفند ۱۳۹۷

- [27] Volvo, 2016. Pilot assist\*. <<http://support.volvocars.com/uk/cars/Pages/owners-manual.aspx?mc=v526&my=2016&sw=15w46&article=548956727ac6edfbc0a80151522a4edc>>
- [28] BMW, 2017. Bmw connecteddrive: Intelligent driving. <[http://www.bmw.com/com/en/insights/technology/connecteddrive/2013/driver\\_assistance/intelligent\\_driving.html](http://www.bmw.com/com/en/insights/technology/connecteddrive/2013/driver_assistance/intelligent_driving.html)>.
- [29] "Sensory Overload: How the New Mercedes S-class Sees All – Feature – Car and Driver." [Online]. Available: <https://www.caranddriver.com/news/a15370390/sensory-overload-how-the-new-mercedes-s-class-sees-all/>. [Accessed: 19-Feb-2019].
- [30] L. Ulrich, "Top ten tech cars," *IEEE Spectr.*, vol. 51, no. 4, pp. 38-47, Apr. 2014.
- [31] "Connected vehicle for a smarter mobility - Groupe Renault." [Online]. Available: <https://group.renault.com/en/innovation-2/connected-vehicle/>. [Accessed: 19-Feb-2019].
- [32] "\$30K Retrofit Turns Dumb Semis Into Self-Driving Robots | WIRED." [Online]. Available: <https://www.wired.com/2016/05/otto-retrofit-autonomous-self-driving-trucks/>. [Accessed: 19-Feb-2019].
- [33] "Let the Robot Drive: The Autonomous Car of the Future Is Here | WIRED." [Online]. Available: [https://www.wired.com/2012/01/ff\\_autonomouscars/](https://www.wired.com/2012/01/ff_autonomouscars/). [Accessed: 19-Feb-2019].
- [34] "Tesla's Autopilot system is reportedly getting more sensors - The Verge." [Online]. Available: <https://www.theverge.com/2016/8/11/12443310/tesla-autopilot-next-generation-radar-triple-camera>. [Accessed: 19-Feb-2019].
- [6] "Experience from the DARPA Urban Challenge." [Online]. Available: <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=2103608>. [Accessed: 17-Feb-2019].
- [7] "The 2005 DARPA Grand Challenge: The Great Robot Race - Google Books." [Online]. Available: [https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=rjxuCQAAQBAl&oi=fnd&pg=PA1&ots=D1k\\_vT0pP1&sig=IDzNvbdeycSCV7nBOhBIIIM-fjdo#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=rjxuCQAAQBAl&oi=fnd&pg=PA1&ots=D1k_vT0pP1&sig=IDzNvbdeycSCV7nBOhBIIIM-fjdo#v=onepage&q&f=false). [Accessed: 17-Feb-2019].
- [8] Van Brummelen, Jessica, O'Brien, Marie, Gruyer, Dominique, Najjaran, Homayoun, Autonomous vehicle perception: The technology of today and tomorrow
- [9] Maurer, M., Gerdes, J.C., Lenz, B., Winner, H. (Eds.), 2016. Autonomous Driving. Springer Berlin. Springer, Berlin, Heidelberg. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-48847-8>.
- [10] Katrakazas, C., Qaddus, M., Chen, W.-H., Deka, L., 2015. Real-time motion planning methods for autonomous on-road driving: State-of-the-art and future research directions. *Transp. Res. Part C: Emerg. Technol.*
- [11] Gruyer, D., Demmel, S., Magnier, V., Belaroussi, R., 2016b. Multi-hypotheses tracking using the Dempstershafer theory, application to ambiguous road context. *Inform.*
- [12] G. Bresson, M. C. Rahal, D. Gruyer, M. Revilloud, and Z. Alsayed, "A Cooperative fusion architecture for robust localization: Application to autonomous driving," in *IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Proceedings, ITSC*, 2016.
- [13] M. Bertozzi, A. Broggi, and A. Fascioli, "Vision-based intelligent vehicles: State of the art and perspectives," *Rob. Auton. Syst.*, 2000.
- [14] R. H. Rasshofer and K. Gresser, "Automotive radar and lidar systems for next generation driver assistance functions," *Adv. Radio Sci.*, 2005.
- [15] S. Sivaraman and M. M. Trivedi, "Looking at vehicles on the road: A survey of vision-based vehicle detection, tracking, and behavior analysis," *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, 2013.
- [16] H. Badino, D. Huber, and T. Kanade, "Integrating LIDAR into stereo for fast and improved disparity computation," in *Proceedings - 2011 International Conference on 3D Imaging, Modeling, Processing, Visualization and Transmission, 3DIMPVT 2011*, 2011.
- [17] J. Rebut, A. Bensrhair, and G. Toulminet, "Image Segmentation and Pattern Recognition for Road Marking Analysis," in *IEEE International Symposium on Industrial Electronics*, 2004.
- [18] S. Gehrig, M. Reznitskii, N. Schneider, U. Franke, and J. Weickert, "Priors for stereo vision under adverse weather conditions," in *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision*, 2013.
- [19] A. Borkar, M. Hayes, M. T. Smith, and S. Pankanti, "A layered approach to robust lane detection at night," in *2009 IEEE Workshop on Computational Intelligence in Vehicles and Vehicular Systems, CIVVS 2009 - Proceedings*, 2009.
- [20] F. Morgan, P. Hurney, M. Glavin, E. Jones, and P. Waldron, "Review of pedestrian detection techniques in automotive far-infrared video," *IET Intell. Transp. Syst.*, 2015.
- [21] J. Jo, Y. Tsunoda, B. Stantic, and A. W. C. Liew, "A likelihood-based data fusion model for the integration of multiple sensor data: A case study with vision and lidar sensors," in *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2017.
- [22] "of British Columbia (ICBC), I.C., 2015. Learn to drive smart: Your guide to driving safely. Insurance Corporation of British Columbia (ICBC)." [Online]. Available: <http://www.icbc.com/driver-licensing/Documents/driver-full.pdf>. [Accessed: 17-Feb-2019].
- [23] "Semi-Autonomous Cars Compared! Tesla vs. BMW, Mercedes, and Infiniti – Feature – Car and Driver." [Online]. Available: <https://www.caranddriver.com/features/a15101943/semi-autonomous-cars-compared-tesla-vs-bmw-mercedes-and-infiniti-feature/>. [Accessed: 19-Feb-2019].
- [24] "2019 Lexus RX - Luxury Crossover - Safety | Lexus.com." [Online]. Available: <https://www.lexus.com/models/RX/safety>. [Accessed: 19-Feb-2019].
- [25] Vandezande, L., Sep 2013. Lexus drops night vision tech. <<http://www.autoguide.com/auto-news/2013/09/lexus-drops-night-vision-tech.html>>.
- [26] "Sustainability Report 2017/18: Ford Motor Company." [Online]. Available: <https://corporate.ford.com/microsites/sustainability-report-2017-18/index.html>. [Accessed: 19-Feb-2019].