

بررسی و ارزیابی عملکرد خودروهای خودران و نقش آن ها در سیستم حمل و نقل هوشمند

شهرام آسایش^{۱*}، سعید همتی^۲

۱- کارشناسی ارشد راه و ترابری، دانشکده عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران

۲- کارشناسی ارشد راه و ترابری، دانشکده عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران

Shahram_asayesh@civileng.iust.ac.ir

Saeed_hemmati@civileng.iust.ac.ir

چکیده

خودروهای نیمه خودران و خودران از جدیدترین محصولات سیستم حمل و نقل هوشمند هستند. این خودروها بر اساس قابلیت‌هایی که در جهت کاهش دخالت انسان در رانندگی دارند در شش سطح مختلف طبقه‌بندی شده‌اند. سطح صفر فاقد قابلیت‌های خودکار و سطح پنج آن می‌تواند در تمام محیط‌ها، بدون راننده حرکت کند. این خودروها مجهز به فناوری‌هایی هستند که آن‌ها را از سایر خودروهای رایج متمایز می‌کند. از مهم‌ترین فناوری‌های به کاررفته در این خودروها می‌توان به سیستم ونت، لیدار، رادار، سیستم موقعیت‌یاب جهانی، دوربین، کامپیوتر مرکزی و حسگرهای مافوق صوت اشاره کرد. ورود این خودروها به زندگی روزمره بر ایمنی جاده، صنایع مختلف، محیط‌زیست، اقتصاد، ساختار شهری و جنبه‌های دیگر زندگی انسان تأثیرگذار خواهد بود. این خودروها علاوه بر مزایای زیاد، معایبی نیز دارند که شرکت‌های تولید کننده درصدد بهبود عملکرد آنها و رفع این نواقص می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: خودرو، خودران، حمل و نقل هوشمند، فناوری، ایمنی

۱- مقدمه

سیستم‌های حمل و نقل در سال‌های اخیر به پایه‌های اساسی برای رشد اقتصادی کشورها تبدیل شده است. بسیاری از شهرها با مشکل رشد کنترل نشده ترافیک که باعث مشکلات جدی مانند تاخیرات، انباشتگی ترافیک، افزایش قیمت سوخت، افزایش مقدار گاز کربن دی اکسید ناشی از وسایل نقلیه، افزایش تصادفات و در کل پایین آمدن کیفیت زندگی می‌شود مواجه هستند. مشکلات این چنینی در آینده به خاطر رشد جمعیت و افزایش مهاجرت به مناطق شهری در بسیاری از کشورها بیشتر خواهد شد. بنابراین نیاز به افزایش ایمنی و کارایی سیستم حمل و نقل است. پیشرفت فناوری اطلاعات و ارتباطات^۱ در زمینه سخت افزار و نرم افزار و ارتباطات قادر به ایجاد فرصت‌های جدیدی برای توسعه سیستم حمل و نقل هوشمند شده است. ادغام فناوری اطلاعات و ارتباطات با زیرساخت‌های حمل و نقل منجر به سفرهای بهتر و ایمن‌تری شده است. سیستم‌های حمل و نقل هوشمند^۲ نشان دهنده گروهی از فناوری‌هایی است که می‌تواند مدیریت سیستم حمل و نقل عمومی عمومی را بهبود بخشد. فناوری‌های سیستم حمل و نقل هوشمند شامل فناوری‌های پیشرفته بی‌سیم، الکترونیکی و خودکار با هدف بهبود ایمنی، بهره‌وری و راحتی حمل و نقل است. سیستم حمل و نقل هوشمند بر چهار اصل اساسی استوار است: توسعه پایدار، یک‌پارچگی، ایمنی و پاسخ. این اصول نقش مهمی در جهت دست‌یابی به اهداف اصلی سیستم حمل و نقل هوشمند که شامل دسترسی و پویایی و توسعه اقتصادی می‌باشد ایفا می‌کند. موفقیت سیستم حمل و نقل هوشمند تا حد زیادی به برنامه لازم جهت دسترسی، جمع‌آوری و پردازش داده‌های محیط بستگی دارد[۱].

¹ ICT (Information and communications technology)

² ITS (intelligent transportation systems)

خودروهای نیمه خودران و خودران از جدیدترین محصولات سیستم حمل و نقل هوشمند می باشد. فناوری خودرو مستقل امکان تغییر اساسی حمل و نقل را فراهم می کند. این خودروها با بهره گیری از ابزار پیشرفته مانند هوش مصنوعی، حسگرهای تصویر، رباتیک، سیستم های امنیت داده، سیستم های ارتباطی و تجهیزات دیگر توانستند خیلی زود جایگاه قابل توجهی در حمل و نقل پیدا کنند. تجهیز وسایل نقلیه با استفاده از این فناوری ها باعث کاهش تصادفات، مصرف انرژی و آلودگی می شود و هزینه ها را کاهش می دهد. مسلماً ورود خودروهای نیمه خودران و خودران بر صنایع، مشاغل و قوانین مختلفی تأثیرگذار خواهد بود و در صورتی که این صنایع و مشاغل نتوانند خود را با این تغییرات سازگار کنند رو به انحطاط خواهند رفت. بر اساس تحقیقی از سوی دانشگاه آکسفورد بررسی شد که در دو دهه آینده، بیش از ۴۷ درصد از مشاغل به شکل کامپیوتری در خواهند آمد، ربات جای انسان را می گیرد، زیرا هم ارزان تر است و هم انرژی خاصی مصرف نمی کند. به جایی خواهیم رسید که از خود پرسیم: چرا باید بخش منابع انسانی داشته باشیم؟ [۲]

از توسعه ماشین های خودران طرف های متعددی سود می برند: سازندگان ماشین، دولت و مصرف کنندگان. سازندگان با تولید و فروش این ماشین ها سود می برند. دولت از چند جهت می تواند از این ماشین ها سود ببرد. از جمله مزایای این خودروها برای دولت می توان به کاهش تراکم جاده و تلفات جاده ای اشاره کرد. مصرف کنندگان هم از ماشین های ایمن سود می برند.

با توجه به موارد ذکر شده، شناخت کامل سیستم خودروهای نیمه خودران و خودران و تأثیرات آن در ابعاد مختلف از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. بنابراین در این مطالعه به بررسی سطوح مختلف خودروهای خودران، فناوری های به کاررفته در این خودروها، تأثیرات این خودروها بر زیرساخت های شهر، مصرف انرژی و انتشار کربن، ایمنی جاده، صنعت بیمه، اقتصاد و همچنین مزایا و معایب آن ها پرداخته شده است.

۲- سطوح مختلف خودروهای خودران

SAE، یک انجمن مربوط به ایالات متحده است که استانداردهای خودرو را توسعه می دهد. این انجمن دارای یک سیستم شش سطحی برای تعریف سطوح مختلف خودروهای مستقل است. سطح صفر همان خودروهای رایج است که تمامی اعمال کنترلی حین رانندگی اعم از ترمز، کلاچ و فرمان توسط راننده انجام می شود و هیچ گونه سیستم خودکاری در آن وجود ندارد. این سطح پایین ترین سطح بین سطوح شش گانه است. سطح یک شامل سیستم انسانی و کامپیوتری است که روی وظایف کار می کند و اکثریت کار توسط راننده انجام می شود. این سطح شامل بسیاری از اتومبیل هایی است که در حال حاضر در خیابان ها موجود است. SAE^۳ توضیح می دهد سیستم های سطح یک شامل فرمان، شتاب، کاهش سرعت و همچنین ویژگی هایی هستند که از اطلاعات در مورد محیط رانندگی استفاده می کنند. در نهایت، انتظار می رود که انسان بیشترین کار را انجام دهد. در سیستم های سطح دو، فرمان و سرعت وسیله نقلیه توسط یک یا چند سیستم کمک راننده کنترل می شوند، اما کنترل بخش های دیگر توسط انسان انجام می شود. وسایل نقلیه در سطح سه و بالاتر سیستم های رانندگی خودکار در نظر گرفته می شوند. تفاوت قابل توجه در اینجا این است که وسایل نقلیه قادر به کنترل محیط رانندگی اطرافشان هستند. مهم تر از همه، این نوع خودروها خودشان تصمیم گیرنده هستند. به عنوان مثال، یک ماشین سطح سه می تواند قبل از اقدام به دور زدن وسیله نقلیه در مقابل خود را ببیند. اتومبیل های اتوماتیک فورد می خواهند تا سال ۲۰۲۱ در جاده ها قرار گیرند و پیش بینی می شود که در سطح چهار باشند. SAE سطح چهار را این گونه توصیف می کند که تمامی اقدامات و جنبه های مختلف یک رانندگی پویا توسط یک سیستم رانندگی خودکار انجام می گردد. حتی وقتی که انسان به درخواست سیستم خودکار برای مداخله در کنترل خودرو پاسخ مناسب ندهد. به بیان ساده تر اگر مشکلی پیش بیاید خود خودرو آن را برطرف می کند. در این سطح، کنترل خودرو توسط انسان ضروری نیست. سطح پنج دارای اتوماسیون کامل است که نیازی به پدال، فرمان و کنترل توسط انسان نیست. در شکل ۱ سطوح مختلف خودروهای خودران نشان داده شده است [۳، ۴].

³ Society of Automotive Engineers international

سطوح اتوماسیون خودروهای خودران		
سطح ۰  فاقد هرگونه قابلیت اتوماتیک	سطح ۱  خودرو در یک لحظه می تواند به یک وظیفه عمل کند؛ مثل ترمز خودکار	سطح ۲  این خودروها دو عملکرد اتوماتیکی دارند
سطح ۳  این خودروها وظایف رانندگی پویا را انجام می دهند اما هنوز ممکن است نیاز به مداخله انسان داشته باشند	سطح ۴  این خودروها در محیط های قابل اطمینان بدون راننده هستند	سطح ۵  این خودروها می توانند به طور کامل در همه محیط ها بدون حضور راننده حرکت کنند

شکل ۱: سطوح مختلف خودروهای خودران (منبع : SAE)

۳- فناوری های به کاررفته در خودروهای خودران

خودروهای بدون راننده و سیستم های دستیار راننده به ترکیبی متعادل از فناوری ها مانند رادار، لیدار، دوربین های مختلف، کامپیوتر مرکزی، سیستم رمزگذار لاستیک و گیرنده، سیستم موقعیت یاب جهانی و ... اتکا می کند. معمولاً قابلیت های این فناوری ها با یکدیگر همپوشانی دارند اما هر کدام از آن ها نقاط ضعف و قوت خود را دارند.

۳-۱- ونت

فناوری مورد استفاده برای جابه جایی اتومبیل ها به صورت مشترک برای ایجاد یک شبکه حمل و نقل ونت^۴ نام دارد. این فناوری می تواند انقلاب بعدی در اطلاعات باشد که این اجازه را به ما می دهد تا ماشین های بدون راننده داشته باشیم. این ماشین ها از طریق ونت یک اتصال بی سیم می شوند تا یک شبکه وسیع ایجاد کنند. در این حالت سایر وسایل نقلیه نیز به یکدیگر متصل می شوند تا یک شبکه متحرک ساخته شود. خود ونت زیرمجموعه ای از شبکه بی سیم متحرک^۵ است که ویژگی هایی مانند سرعت بالا و پویایی پایدار دارد که اغلب اتصالات آن کوتاه مدت می باشند [۵]. ونت این امکان را فراهم می کند، زمان مرده ای که برای انتظار انجام کاری هدر می رود را، به زمانی تحت عنوان زمان زنده تبدیل کند که برای انجام وظایف استفاده می شود. در آینده همه وسایل حمل و نقل به هم متصل می شوند تا با یکدیگر به تبادل اطلاعات بپردازند که باعث می شود سفر ما راحت تر، ایمن تر و سریع تر باشد. ونت این اجازه را به ما می دهد تا زیرساخت های حمل و نقل و ارتباطات را از طریق دستگاه های ارتباطی مستقر در جاده ها یکپارچه و هماهنگ کنیم. این واحدها که واحدهای جاده ای نامیده می شوند با سیستم داخل ماشین ارتباط برقرار می کنند. واحدهای داخل ماشین می توانند اطلاعات را با واحدهای جاده ای تبادل کنند و از آنجا که ونت ها برای انتقال سریع و مطمئن اطلاعات طراحی شده اند می توانند برای ایمنی مانند جلوگیری از برخورد و اطلاع رسانی و مدیریت بحران استفاده شوند. یک شبکه بی سیم خودرویی ونت از خودروها و واحدهای کنار جاده مجهز به

⁴ Vehicular ad-hoc network

⁵ Manet

رابطه‌های بی‌سیم که ارتباط بین ماشین‌ها (۷۲۷) و ماشین‌ها با زیرساخت‌ها (۷۲۱) را برقرار می‌کند تشکیل شده است. فناوری‌های بی‌سیم ۷۲۸ ارتباط پایه‌ای برای بسیاری از برنامه‌های ماشین‌ها خواهد بود که باعث می‌شود رانندگی ایمن‌تر، راحت‌تر و از نظر انرژی به صرفه‌تر باشد. با افزایش اهمیت ابزار و شبکه‌های بی‌سیم متحرک، نیاز به ارتباط بین ماشین‌ها (۷۲۷)، ماشین‌ها با کنار جاده (۷۲۲)^۸ و ماشین‌ها با زیرساخت (۷۲۱) افزایش یافته است. ونت می‌تواند برای محدوده گسترده‌ای از برنامه‌های ایمنی و غیر ایمنی وسایل نقلیه، پرداخت خودکار عوارض، مدیریت ترافیک، خدمات مبتنی بر مکان مثل پیدا کردن نزدیک‌ترین ایستگاه سوخت یا رستوران استفاده شود. در سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند، هر وسیله نقلیه نقش فرستنده، گیرنده و روتر را برای پخش اطلاعات در شبکه وسایل نقلیه یا موسسه حمل‌ونقل دارد که از این اطلاعات برای اطمینان از ایمنی و جریان آزاد ترافیک استفاده می‌شود. برای برقراری ارتباط بین وسایل نقلیه و کنار جاده، ماشین‌ها باید به نوعی ارتباط رادیویی مجهز باشند که قادر به ایجاد شبکه‌های بی‌سیم کوتاه برد مخصوص باشد. وسیله نقلیه نیز باید دارای سخت‌افزاری باشد که بتواند اطلاعات مکانی دقیق را دریافت کند. تعداد و نحوه توزیع واحدهای کنار جاده به پروتکل ارتباطات مورد استفاده بستگی دارد. ارتباطات ممکن در سیستم حمل‌ونقل هوشمند به سه دسته تقسیم می‌شوند.

۳-۱-۱- ارتباط وسیله نقلیه با وسیله نقلیه (۷۲۷)

ارتباط مستقیم بین ماشین‌ها، امکان تبادل اطلاعات بدون نیاز به هر دستگاه ثابت یا ایستگاه پایه را فراهم می‌کند. در یک شبکه ۷۲۷ دو حالت برقراری ارتباط وجود دارد: تک انتقالی^۹: در این حالت دو ماشین به اندازه کافی به هم نزدیک هستند تا بتوانند به طور مستقیم با یکدیگر ارتباط برقرار کنند.

چند انتقالی^{۱۰}: در این حالت ماشین‌هایی که نمی‌توانند به طور مستقیم ارتباط برقرار کنند پیام‌ها را از طریق گره‌های میانی ارسال می‌کنند.

در سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند اتفاقات و شرایط جلوی ماشین اهمیت دارد نه پشت آن‌ها. در ارتباطات بین خودرویی دو روش برای انتقال پیام وجود دارد:

پخش غیرعادی^{۱۱}: در این روش وسایل نقلیه پیام‌ها را به صورت دوره‌ای و با فواصل منظم ارسال می‌کنند. اگر پیام دریافت شده از ماشین پشتی باشد ماشین آن پیام را نادیده می‌گیرد. اما اگر پیام از ماشین جلویی دریافت شود، ماشین گیرنده پیام، پیام خود را به ماشین‌های پشت خود ارسال می‌کند. در این حالت تمام خودروهای در حال حرکت به سمت جلو تمام پیام‌ها را دریافت می‌کنند. عیب این روش این است که تعداد زیادی پیام تولید می‌شود که باعث می‌شود احتمال برخورد یا تداخل پیام‌ها افزایش یابد بنابراین سرعت تحویل پیام کاهش و زمان تحویل افزایش می‌یابد.

پخش هوشمند^{۱۲}: این روش مشکلات مربوط به روش اول را با محدود کردن تعداد پیام‌ها برای یک رویداد اضطراری خاص برطرف می‌کند. اگر ماشین تشخیص‌دهنده به اتفاق همان پیام را از ماشین پشتی دریافت کند فرض می‌کند که حداقل یک ماشین در پشت خود پیام را دریافت کرده و پخش آن را متوقف می‌کند. در این حالت فرض بر این است که ماشین پشتی مسئولیت پخش پیام بین سایر ماشین‌ها را دارد. اگر ماشین یک پیام را از چند ماشین دیگر دریافت کند فقط اولین پیام را در نظر می‌گیرد و اثر می‌دهد.

⁶ Vehicle to vehicle

⁷ Vehicle to infrastructures

⁸ Vehicle to road

⁹ Single hop

¹⁰ Multi hop

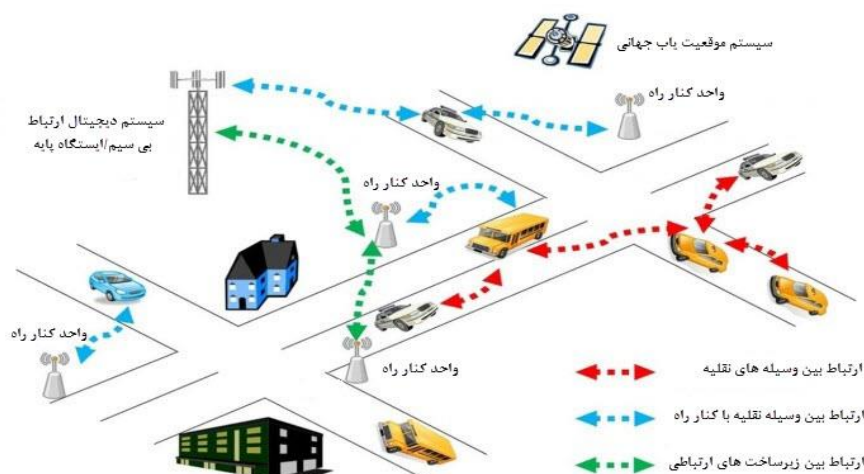
¹¹ Naïve broadcasting

¹² Intelligent broadcasting

تعدادی برنامه کاربردی وجود دارد که فقط با استفاده از ارتباطات ۷۲۷ امکان پذیر هستند. واضح ترین آن سیستم های ایمنی هستند که هدف آن ها جلوگیری یا کاهش خطرات احتمالی با هشدار دادن به راننده یا دخالت مستقیم در ماشین می باشد. اطلاعات بی سیم ممکن است تاخیر راننده در واکنش را با آماده شدن زودتر و افزایش هوشیاری نسبت به صحنه ترافیک پیش رو کاهش دهد. در شکل ۲ ارتباط ۷۲۷ با خطوط خط چین قرمز نشان داده شده است. [۶].

۳-۲- ارتباط وسیله نقلیه با زیرساخت (۷۲i)

ارتباط ماشین با زیرساخت برای هرگونه ارتباط بین ماشین و دستگاه های ثابت استفاده می شود. با توجه به شکل ۲ این ارتباط می تواند یک طرفه یا دوطرفه باشد. سیستم های پخش از انتقال یک طرفه اطلاعات از ایستگاه پخش به ماشین پشتیبانی می کند. در مقابل، در سیستم های ارتباطی دوطرفه، ماشین نقطه به نقطه با ایستگاه پایه ارتباط برقرار می کند. در این مورد، ایستگاه پایه ممکن است مسئولیت هماهنگ سازی ارتباط را داشته باشد که در این صورت ایستگاه پایه می تواند کنترل دسترسی و مدیریت ترافیک را تأمین کند. ۷۲i می تواند از طریق تجهیزات اختصاصی مثل سیستم های کوتاه برد اختصاصی^{۱۳} که ارتباط کوتاه برد با سرعت انتقال بالا است یا از طریق سیستم های موجود مثل ارائه دهندگان تلفن همراه تأمین شود. شاید شناخته شده ترین و گسترده ترین برنامه ۷۲i، سیستم الکترونیکی پرداخت هزینه^{۱۴} است که به طور خودکار عوارض و هزینه استفاده از جاده را از یک حساب پیش پرداخت مرتبط با رادیو بی سیم یا فرستنده رادیویی فراهم کند [۷]. برنامه های کاربردی متعددی برای سیستم های اطلاعات ترافیکی و مسافرتی وجود دارد مانند ارائه به روزرسانی نقشه ها و اطلاعات مربوط به تراکم ترافیک به سیستم مسیریابی ماشین. یک سیستم مسیر متناوب با یک صفحه نمایش تراکم می تواند تأخیرهای پیش بینی شده در مسیرهای عبور را به راننده اطلاع دهد. این نوع صفحه نمایش با داده های بی سیم تهیه شده از منبع مرکزی که تمام اطلاعات ترافیکی را از تمام خیابان های شهر جمع آوری می کند و در مورد موقعیت مقصد و مسیر اصلی اطلاع دارد به روزرسانی می شود. سپس سیستم داخل ماشین زمان رسیدن به مقصد از راه های مختلف را محاسبه می کند. اگر با توجه به تراکم مسیر فعلی، سیستم مسیریابی را پیدا کند که زودتر به مقصد برسد، آن را به راننده یا سیستم کمک راننده اطلاع می دهد [۸].



شکل ۲: سیستم ارتباطی شبکه ونت (منبع : mdx.ac.uk)

¹³ Dedicated short-range communications

¹⁴ Electronic Toll Collection

۳-۱-۳- ارتباط و وسیله نقلیه با کنار جاده (۷۲۲)

این ارتباط فقط از یک بخش تشکیل شده است. در این حالت واحد کنار جاده یک پیام را به تمام ماشین‌های مجهز اطراف ارسال می‌کند. ارتباط بین ماشین‌ها با کنار جاده یک اتصال با پهنای باند بالا می‌باشد. فاصله بین واحدهای کنار جاده ممکن است یک کیلومتر یا کمتر باشد تا قادر به انتقال داده‌ها با سرعت بالا در شرایط ترافیکی سنگین باشد. واحد کنار جاده با فاصله زمانی معین یک پیام حاوی سرعت مجاز را پخش می‌کند و هرگونه محدودیت‌های جغرافیایی یا مسیری را با داده‌های ماشین مقایسه می‌کند تا تعیین کند آیا هشدار سرعت مجاز را بین ماشین‌های اطراف اعمال کند یا خیر. اگر سرعت یک ماشین از سرعت مجاز موردنظر بیشتر شد یک پیام به صورت شنیداری یا دیداری فرستاده خواهد شد تا راننده سرعت خود را کاهش دهد [۹].

۳-۲- لیدار^{۱۵}

از آخرین فناوری‌های مسیره‌دهی در صنعت خودروبی لیدار است که توجه‌ها را به خود جلب کرده است. در این سیستم مسافت یابی و ردیابی به وسیله سیگنال‌های نوری انجام می‌شود. لیدارها به جای استفاده از امواج صوتی و رادیویی برای اسکن محیط اطراف، از پالس‌های نور لیزر استفاده می‌کنند. به این ترتیب سیستم لیدار می‌تواند با سرعت نور محیط اطراف را تصویر کند. این فناوری ابتدا توسط ناسا و ارتش آمریکا برای دنبال کردن ماه و فاصله ماهواره‌ها ایجاد شد. نحوه عملکرد این سیستم به صورت زیر است:

- دستگاه لیدار پالس‌های لیزر را در همه جهات انتشار می‌دهد تا این پالس‌ها به یک جسم برخورد کنند.
 - به محض برخورد، این پالس‌ها به سیستم لیدار منعکس می‌شوند.
 - سیستم لیدار این پالس‌های منعکس شده را دریافت و ثبت می‌کند.
 - سیستم فاصله بین جسم و خودرو را بر اساس زمان حرکت پالس‌های لیزر از سیستم و انعکاس آن محاسبه می‌کند.
- مزیت بزرگ لیدار نسبت به بقیه حسگرها فراهم کردن میدان دید ۳۶۰ درجه و دادن اطلاعات بسیار دقیق از محیط اطراف است [۱۰]. بر اساس همین ویژگی‌ها لیدار یک ماشین بدون راننده یا هر رباتی را قادر به مشاهده محیط اطراف می‌کند. شکل ظاهری لیدار هم به این صورت است که یک جعبه بزرگ بر روی سقف ماشین است که پیوسته در حال چرخش است. با ساطع شدن میلیون‌ها اشعه نور در هر ثانیه، اندازه‌گیرهای حسگر لیدار تصویری از جهان که سه‌بعدی است فراهم می‌کند. لیدار این امکان را به خودرو می‌دهد تا یک نقشه سه‌بعدی بزرگ تولید کند که با آن می‌توان ماشین یا هر ربات دیگر را هدایت کرد. با توجه به اینکه در لیدار نور ساطع می‌شود سرعت بسیار بالای نور این اجازه را به دستگاه می‌دهد تا داده‌ها را از تعداد زیاد پالس‌های لیزر در هر ثانیه دریافت کند. بنابراین اطلاعات به‌طور پیوسته در حال آپدیت شدن می‌باشند که باعث می‌شود اطلاعات بسیار دقیق دریافت شوند. با استفاده از لیدار برای تصویر کردن و مسیریابی محیط اطراف، انسان می‌تواند زودتر از زمان مورد انتظار از کناره‌های یک مسیر یا چراغ راهنمایی یا علائم کنار خیابان مطلع شود. این نوع از قابلیت پیش‌بینی دقیقاً همان چیزی است که یک فناوری مانند خودروی بدون راننده به آن احتیاج دارد. طول موج بسیار کوتاه استفاده‌شده در لیدار باعث افزایش چشمگیر در وضوح تصویر می‌شود. با لیدارهای جدید خودرو قادر است تا بین یک شخص سوار بر دوچرخه یا یک عابر پیاده تفاوت قائل شود و حتی تعیین کند با چه سرعتی و در چه جهتی در حال حرکت می‌باشند. ترکیب مسیریابی فوق‌العاده، قابلیت پیش‌بینی و ردگیری جسم با وضوح بالا لیدار را به حسگر کلیدی در خودروهای بدون راننده امروزی تبدیل کرده

¹⁵ Lidar

است. اما عیب لیدار توانایی آن در نمایش سریع و بدون تأخیر سرعت وسایل نقلیه اطراف است که به همین علت از رادار استفاده می‌شود. یکی از تفاوت‌های لیدار با رادار برد آن است که نسبت به رادار کوتاه‌تر است.

۳-۳- رادار^{۱۶}

آمار تصادفات نشان می‌دهد در اکثر موارد، خطای انسانی یکی از دلایل تصادف بوده است. سیستم‌های دستیار راننده پیشرفته نیازمند تعداد زیادی رادار است که نقش مهمی در عملکرد کلی خودروهای بدون راننده دارد. در رادار به جای استفاده از امواج صوتی یا نور، از امواج رادیویی برای اندازه‌گیری فاصله استفاده می‌شود. این حسگر می‌تواند سرعت، فاصله، زاویه و حالت اجسام را تشخیص دهد. حسگرهای رادار سبک‌تر از دیگر حسگرها می‌باشند و می‌توانند تقریباً در همه شرایط محیطی کار کنند. طبقه‌بندی این حسگرها بر اساس محدوده عملکردی است که به سه دسته تقسیم می‌شوند: رادارهای برد کوتاه با برد ۳۰ متر، رادارهای برد متوسط با برد ۳۰ تا ۸۰ متر و رادارهای دوربرد با برد بیش از ۲۰۰ متر. موارد استفاده رادارهای برد کوتاه عبارتند از: کمک به پارک کردن، رادارهای پشت ماشین برای هشدار برخورد یا جلوگیری از برخورد، شناسایی نقاط کور، کمک به تعویض خط و کنترل ترافیک تقاطع. از رادارهای با برد متوسط و زیاد در ترمز اضطراری، کنترل خودکار فاصله و کمک در ترمز استفاده می‌شود. این حسگرها در هر گوشه از خودرو و یکی هم در جلوی آن برای تشخیص اشیا در فاصله دور قرار داده می‌شوند. در رادار به جای استفاده از امواج صوتی یا نور از امواج رادیویی برای اندازه‌گیری فاصله استفاده می‌شود. دو دستگاه رادار روی سپر جلو و دو دستگاه هم روی سپر عقب ماشین این اجازه را به ماشین می‌دهند تا با فرستادن سیگنال به پردازشگر داخل ماشین با اقدام مناسب از برخورد جلوگیری کند [۱۱].

۳-۴- سیستم موقعیت‌یاب جهانی^{۱۷}

یک خودروی بدون راننده باید بداند کجا هست و کجا می‌رود که به همین خاطر از سیستم موقعیت‌یابی جهانی استفاده می‌شود. یکی از فاکتورهای مهم در ایمنی ماشین‌های بدون راننده داده‌های سیستم موقعیت‌یاب با دقت بالا است. البته این سیستم، حسگر اصلی در ماشین‌های خودران نمی‌باشد بلکه یک پشتیبان است. مزیت این سیستم ارزان و دقیق بودن آن است. در حال حاضر مناطق مختلف جهان از سیگنال‌های متفاوت استفاده می‌کنند که مشکل اصلی این سیستم است [۱۲].

۳-۵- دوربین

یکی دیگر از فناوری‌هایی که در ماشین‌های خودران استفاده می‌شود دوربین است. از ویژگی دوربین‌ها می‌توان به کنترل ماشین هنگام خروج از خط، هشدار در صورت حضور عابر پیاده و هشدار برخورد از عقب اشاره کرد. دوربین‌های نصب‌شده روی شیشه جلوی اتومبیل با مقایسه سطح خیابان و خطوط مرزی، خط‌کشی‌های خیابان را تشخیص می‌دهد. اگر خودرو سهواً خط خود را ترک کند فرمان خودرو به راننده هشدار می‌دهد. یکی از دوربین‌هایی که در خودروهای بدون راننده استفاده می‌شود دوربین‌های فروسرخ است. برای مثال شرکت مرسدس یک سیستم کمک دید در شب دارد که شامل دو لامپ با نور نامرئی است که فروسرخ را منعکس نمی‌کند. این لامپ‌ها نور را به سطح جاده می‌اندازند. همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است یک دوربین روی شیشه جلوی خودرو قرار دارد که تابش فروسرخ را تشخیص می‌دهد و یک تصویر روشن روی نمایشگری که روی داشبورد است ایجاد می‌کند که باعث مشخص شدن موانع و خطرات در راه می‌شود. دوربین‌های دیگر چراغ‌های راهنمایی را شناسایی می‌کنند، علائم جاده را می‌خوانند و پشت وسایل نقلیه دیگر حرکت می‌کنند و به‌طور همزمان مراقب عابران پیاده و سایر موانع نیز می‌باشند [۱۳].

¹⁶ Radar

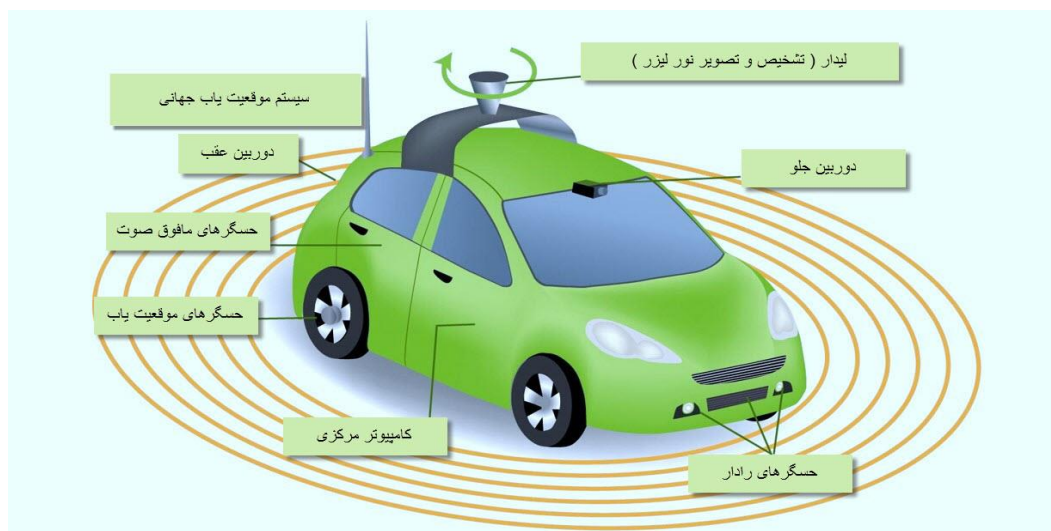
¹⁷ The Global Positioning System (GPS)

۳-۶- حسگرهای مافوق صوت و موقعیت یاب^{۱۸}

یکی از مهمترین مسائل مطرح در خودروهای خودران ایجاد درک نسبت به محیط خارجی برای جلوگیری از برخورد نامطلوب به اشیاء موجود در محیط حرکت است. از سوی دیگر ممکن است نیاز داشته باشیم که خودرو بتواند درکی از فاصله ها بدون تماس فیزیکی داشته باشد. برای این منظور از حسگرهای مافوق صوت استفاده می شود. این حسگرها معمولاً درون لاستیک تعبیه می شوند و می توانند موقعیت جدول ها و سایر وسایل نقلیه را هنگام حرکت و پارک کردن تشخیص دهند [۱۴].

۳-۷- کامپیوتر مرکزی

این بخش به عنوان مغز سخت افزاری خودروهای خودران شناخته می شود. کامپیوتر مرکزی با دریافت سیگنال از انواع مختلف دوربین، رادار، لیدار و سنسورها تعیین می کند که چه کاری انجام شود. سپس با خودرو برای اقدامات لازم ارتباط برقرار کرده و دستورالعمل های لازم را به واحدهای مکترونیک و محرک ها که شامل اجزای خودرو اعم از فرمان ، ترمز ، سیستم تعلیق و ... می باشد منتقل می کند .



شکل ۳ : تجهیزات به کار رفته در خودروهای خودران

۴- بررسی تاثیر ورود این خودروها به سیستم حمل و نقل

۴-۱- تاثیر خودروهای خودران بر ایمنی جاده

اگر وعده سازندگان ماشین های بدون راننده برای از بین بردن اکثریت قریب به اتفاق تصادفات رانندگی عملی شود این فناوری در میان تأثیرگذارترین فناوری ها در زمینه ای سلامت عمومی در تاریخ بشر قرار می گیرد. اما چقدر زندگی واقعا نجات داده خواهد شد؟ دلیل خوبی برای باور به این نکته است که در اواخر این قرن ده ها میلیون مرگ و میر ناشی از ترافیک در سراسر جهان از بین خواهد رفت. از گذشته تاکنون تلاش های زیادی برای تغییر این مقدار و تغییر در ساختار فرهنگ اتومبیل و ایمنی انجام شد . در سال ۱۹۷۰، حدود ۶۰ هزار نفر در حوادث ترافیکی در ایالات متحده جان باختند. یک تغییر چشمگیر در

¹⁸ Ultrasonic sensors

جهت ایمنی، از جمله کمربندهای موردنیاز و کیسه های هوا در همه جا، موجب بهبود شانس فرد برای زنده ماندن در مسیرهای آمریکا در دهه های پس از آن شد. محققان تخمین زده اند که اتومبیل های بدون راننده می تواند تا نیمه قرن، تا ۹۰ درصد تلفات رانندگی را کاهش دهند. این بدان معنی است که با استفاده از تعداد تلفات در سال ۲۰۱۳ به عنوان پایه، ماشین های خودران می تواند سالانه ۲۹۴۴۷ نفر را نجات دهد. در ایالات متحده از نزدیک به ۳۰۰۰۰۰ مرگ و میر در طول یک دهه جلوگیری می شود و ۱،۵ میلیون نفر در هر نیم قرن زنده می مانند. برای مثال: تلاش های ضد مصرف سیگار در طول یک دوره ۵۰ ساله، ۸ میلیون نفر در ایالات متحده را نجات داد. به گفته سازمان بهداشت جهانی، در سراسر جهان سالانه حدود ۱،۲ میلیون تلفات رانندگی وجود دارد و این بدان معنی است که اتومبیل های بدون راننده حدود ۱۰ میلیون نفر را در یک دهه نجات خواهند داد و در نیم قرن ۵۰ میلیون نفر در سراسر دنیا زندگی می کنند. در اواسط این قرن، وسایل نقلیه مستقل و دیگر سیستم های کمک راننده پیشرفته می تواند در نهایت موجب سقوط تلفات ناشی از تصادفات رانندگی از رتبه دوم به نهم در ایالات متحده آمریکا شود. برتونسو و دومینیک وی [۱۵] در یک مقاله برای یک شرکت مشاوره تخمین زدند که ایمنی جاده ای بهتر خواهد شد و تا ۱۹۰ میلیارد دلار در سال در هزینه های مراقبت های بهداشتی مرتبط با تصادفات صرفه جویی خواهد شد. مطمئناً، این همه به اتخاذ گسترده خودروهای بدون راننده بستگی دارد. به گفته اندرو مور، کارشناس مؤسسه کامپیوتر در کارنگی ملون هیچ کس نمی خواهد رانندگی خودران را در جهان به دست آورد، تا زمانی که ثابت شود بسیار امن است، مانند یک عامل ۱۰۰ درصد امن تر از داشتن یک راننده انسان. همچنین مور گفت: شرایطی وجود خواهد داشت که یک ماشین می داند که در حال تصادف است و برنامه ریزی می کند که چگونه تصادف کند. آیا سعی می کند راننده را نجات دهد؟ یا سعی خواهد داشت شخص دیگری را نجات دهد. مایکل سیواک و براندون شواتل، محققان حمل و نقل در دانشگاه میشیگان، در مقاله ای پیش از این نوشتند: در طی دوره گذار، زمانی که وسایل نقلیه معمولی و خودران جاده ها را به اشتراک می گذارند، ممکن است ایمنی در حال افزایش باشد، حداقل برای وسایل نقلیه معمولی [۱۶]. خودروهای خودران گوگل از سال ۲۰۰۹ بیش از ۱ میلیون مایل مسافت پیموده اند. در همان زمان، در ماه آگوست در ۱۶ حادثه دخالت داشتند که هیچکدام از آنها توسط خودروهای خودران ایجاد نشده بودند.

۴-۲- تأثیر بر مصرف انرژی و میزان انتشار کربن

استفاده گسترده از وسایل نقلیه خودران به طور قابل توجهی می تواند به کاهش مصرف انرژی کمک کند. به عنوان مثال، در بزرگراه ها، وسایل نقلیه خودکار می توانند با یکدیگر ارتباط برقرار کنند و به صورت یک گروه رانندگی کنند. این می تواند کل مصرف انرژی حمل و نقل جاده را کاهش دهد، زیرا وقتی وسایل نقلیه با فاصله ای کم نسبت به هم حرکت می کنند با کمترین مقاومت هوا مواجه می شوند. علاوه بر این، ارتباط خودروها با هم و با زیرساخت های جاده مثل سیستم های کنترل ترافیک باعث بهبود جریان ترافیک و کاهش تراکم می شود. در رأس این موارد، "رانندگی سازگار با محیط زیست" ^{۱۹} (یک سبک رانندگی که سرعت و شتاب را برای مصرف سوخت کارآمدتر کنترل می کند) می تواند تا ۲۰٪ مصرف انرژی را کاهش دهد. با توجه به اینکه انتظار می رود ایمنی خودرو به طور چشمگیری در خودروهای خودران افزایش یابد، برخی از تجهیزات سنگین ایمنی از سیستم خودرو حذف شده که باعث سبک تر شدن ماشین و در نتیجه کاهش مصرف انرژی می شود. انتشار کلی کربن نیز به تقاضای سفر بستگی دارد. اتومبیل های خودران باعث می شوند تا خودرو در آمریکا به میزان ۶۰٪ افزایش یابد. اتومبیل های خودران همچنین می توانند یک گروه کاملاً جدیدی از افراد را برای مثال افراد سالخورده، سنین پایین و حتی معلولین به استفاده از وسایل نقلیه تشویق کند. این امر موجب افزایش رفاه جامعه و باعث تحرک بیشتر می شود. باین حال تقاضای سفر، مصرف انرژی و انتشار کربن افزایش می یابد. بنابراین ویژگی های ماشین های خودران بر روی مصرف انرژی هم تاثیر مثبت و هم تأثیر منفی داشته باشند [۱۷].

¹⁹ Ecodriving

۴-۳- تأثیر خودروهای خودران بر صنعت بیمه

ورود خودروهای خودران به بازار بر صنایع و مشاغل زیادی تأثیرگذار خواهد بود. یکی از مهم‌ترین صنعت‌ها که تأثیر زیادی از این فناوری جدید می‌پذیرد و حتی ممکن است به نابودی بکشد صنعت بیمه خواهد بود. با ورود این خودروها دیگر نیازی به بیمه مسئولیت راننده وجود نخواهند داشت. گرچه این مسئله در آینده نزدیک روی نخواهد داد، اما هم‌اکنون شرکت ولوو اعلام کرده است در صورتی که خودروهای خودران این شرکت دچار تصادف شوند، مسئولیت کامل آن را بر عهده خواهد گرفت [۱۸]. بیمه‌گذاران، بیمه مسئولیت محصول را به جای مسئولیت راننده ارائه خواهند کرد (زمانی که اشتباهی در این خودروها روی می‌دهد، مقصر تولیدکننده خودرو خواهد بود. بنابراین تولیدکنندگان این خودروها باید بیمه شوند). طبق گزارش اداره ملی امنیت ترافیک بزرگراه‌ها^{۲۰}، افزودن کیسه‌های هوا تقریباً هر ساله ۲۵۰۰ انسان را در آمریکا نجات می‌دهد و این امر مستقیماً بر فرضیه‌های آماری بیمه عمر تأثیر گذاشته است. بهبود کلی امنیت که آغازگر آن فناوری خودران بوده، پیش از اینکه وسایل نقلیه تماماً خودران به جریان اصلی خودروهای بازار راه یابند، به‌طور مشابه بر مدل‌های ریسک بیمه تأثیر می‌گذارد و انتظار می‌رود امنیت به سرعت بهبود یابد. اولین تصادف که از سوی یک خودروی خودران گوگل شروع شد، پس از این اتفاق افتاد که ۱/۴۵ میلیون مایل سفر کرده بود؛ که تقریباً ۰/۷ تصادف در هر یک میلیون سفر است. این مقدار به‌طور قابل توجهی پایین‌تر از متوسط فعلی ایالات متحده (دو تصادف در هر یک میلیون مایل سفر) است. با وجود این، همه چیز به نفع فناوری وسایل نقلیه خودران است. پیش‌بینی می‌شود و انتظار می‌رود در سال ۲۰۲۰ رشد سالانه ۴۹ درصدی این خودروها را شاهد باشیم. بنابراین، مدل‌های کسب و کار سازندگان اتومبیل و شرکت‌های بیمه نیاز دارند تا هرچه سریع‌تر با این موضوع تطبیق یابند. برای بیمه‌گران، برنده کسی است که خیلی زود به کاهش درآمدهای حق بیمه‌های سنتی اتومبیل واکنش نشان دهد و فرصت‌های جدید (مانند پوشش امنیت سایبری در ماشین‌ها) را بشناسد.

۴-۴- تأثیر ماشین‌های خودران روی ساختار شهر

خودران‌ها می‌توانند یکی از بزرگ‌ترین و قدرتمندترین چالش‌ها برای تأثیر روی ساختار شهرها باشد. درحالی که هیجان و جذابیت خودران‌ها برای عموم مردم به خوبی شناخته شده است، هنوز شهرهای بسیاری برای اینکه خودروهای هوشمند چه تأثیری روی توسعه شهری و آینده آن‌ها می‌گذارند، آماده نیستند و بسیاری از سازمان‌های توسعه شهری تأثیرهایی که خودروهای خودران روی زیرساخت‌ها، ساختار مالیاتی، تجهیزات ایمنی ترافیک و حتی املاک و مستغلات می‌گذارد را در نظر نگرفته‌اند. در آینده، تأثیر فناوری روی مسافت، سرعت و توسعه شهری مشخص خواهد شد. این بدین معنی است که آن‌ها تغییر خواهند کرد و بسیاری از آن‌ها غیرقابل پیش‌بینی خواهند بود. برخی از این موارد عبارت‌اند از:

• کاهش نیاز به پارکینگ

یکی از مهم‌ترین تأثیرات خودروهای خودران روی ساختار شهری، کاهش نیاز به پارکینگ است. بسیاری از شهرها سالانه مقدار زیادی از درآمد خود را از طریق اجاره پارکینگ و سایر جریمه‌های مربوط به پارکینگ کسب می‌کنند. به عنوان مثال سان‌فرانسیسکو به تنهایی سالانه حدود ۱۳۰ میلیون دلار از طریق پارکینگ‌ها درآمدزایی می‌کند. در آمریکا خودروها ۹۵٪ زمان خود را در محدوده شهری در حالت پارک می‌گذرانند. داشتن ماشینی که بتواند فرد را به مقصد برساند و به خانه بازگردد نیاز به داشتن پارکینگ را کاهش می‌دهد. خودروهای خودران همچنین نیاز به مجوز پارکینگ و سایر هزینه‌های مربوط به آن را کاهش می‌دهد.

²⁰ NHTSA

• کاهش زمان تلف شده

یکی از بزرگترین شکایات و دغدغه‌های مسافران محلی که هر روز به شهرها می‌روند، تلف شدن زمان آن‌ها است. شرکت‌های سازنده امید دارند فناوری خودروهای خودران نیاز میلیون‌ها آمریکایی و مردمان کشورهای دیگر را در جهت بهبود معیشت پاسخ دهد. آن‌ها قادر خواهند بود که به جای از دست دادن زمان خود که بیشتر صرف رفت و آمد می‌شود وقت خود را به دیگر فعالیت‌ها مانند تفریح و کار بپردازند.

• حمل و نقل عمومی

برای چند دهه برنامه‌ریزی‌های شهری امیدوار بودند که یک سیستم حمل و نقل نقطه به نقطه، با تراکم پایین و بدون هزینه‌هایی که در حال حاضر سیستم‌های حمل و نقل سنتی دارند، تعریف کنند. مشهود است که هیجان برنامه‌ریزی‌های شهری از این است که چطور یک خودرو می‌تواند بدون راننده حرکت کند و از خیابان‌های شهر استفاده کند. پس قطعاً باید آن‌ها آماده‌ی طرح یک برنامه‌ی منسجم برای ورود این خودروها باشند. بنابراین، خودروهای خودران می‌تواند تأثیر بسزایی در ناوگان حمل و نقل عمومی داشته باشند.

• تغییر سیاست‌های حمل و نقل شهری

همان‌طور که دیدیم، خودروهای خودران می‌توانند تأثیرات مختلف و بسزایی به روی عملکرد شهر و تولید درآمد داشته باشند. حال سؤال بزرگی که مطرح می‌شود، این است که این خودروها چه تأثیری می‌تواند روی برنامه‌ریزی شهری داشته باشد؟ سؤال دیگری که ذهن‌ها را به خود مشغول کرده این است که چه کسی باید برنامه‌ریزی شهری را با ورود خودران‌ها انجام دهد؟ سازمان‌های خصوصی یا بخش دولتی؟ با افزایش بودجه‌ها و همچنین ارزش زمین‌ها، بسیاری از شهرها قادر به اجرای خدمات مانند سیستم حمل و نقل عمومی نیستند. در حالی که برخی ممکن است، تغییر حمل و نقل عمومی به سمت صنعتی شدن را شکست رفاه عمومی قلمداد کنند، اما برخی دیگر آن را به عنوان فرصتی برای بهبود استانداردها و اختصاص بودجه‌های بیشتر می‌دانند. این تغییر به‌ویژه در شهرهای کوچک و حومه‌ای که در آن حمل و نقل عمومی به صورت نامناسب تأمین می‌شود، محسوس خواهد بود. البته نکته‌ی قابل تأمل آن است که سیستم‌های حمل و نقل متشکل از خودروهای خودران به آن اندازه کارآمد و ارزان نیستند که به عنوان خطوط اتوبوس‌رانی در همه‌ی زمان‌ها قابل دسترس باشند. همچنین کارشناسان اعتقاد دارند که نباید در مورد خصوصی‌سازی خدمات عمومی تعجیل شود و در ابتدا باید امنیت این سیستم تضمین گردد [۱۹].

۴-۵- تأثیر خودروهای خودران بر اقتصاد

در سال ۲۰۱۲ حدود ۳۰،۸۰۰ تصادف مرگبار اتفاق افتاده است. این تصادفات منجر به فوت حدود ۲۲،۹۱۲ راننده و مسافر، ۴۹۵۰ موتورسیکلت‌سوار، ۴۷۴۳ عابر پیاده و ۷۲۶ دوچرخه‌سوار شده است. اداره حمل و نقل ارزش رسمی آماری یک زندگی را حدود ۹،۲ میلیون دلار برآورد می‌کند، بنابراین در صورتی که خودروهای بدون راننده بتوانند سالانه حدود ۳۰،۰۰۰ جان را نجات دهند سود حاصل از آن حدود ۲۷۶ میلیارد دلار خواهد بود. علاوه بر جان باختگان حوادث، سازمان جلوگیری و کنترل بیماری، میزان هزینه مربوط به کارهای پزشکی در سال ۲۰۰۵ را حدود ۴۱ میلیارد دلار تخمین زده است. بنابراین تا اینجا مجموعاً ۳۱۷ میلیارد دلار در هزینه‌های مربوط به تصادفات مرگبار صرفه‌جویی شده است. علاوه بر تصادفات منجر به فوت، تصادفاتی هم هستند که باعث جراحات‌های سطحی و عمیق، نقص عضو و... می‌شوند. سازمان مدیریت ایمنی ترافیک بزرگراه‌ها تعداد افرادی که در سال ۲۰۱۲ در تصادفات صدمه‌دیده‌اند (زنده مانده‌اند) تقریباً ۲،۳۶۲،۰۰۰ نفر تخمین می‌زند. بر اساس گزارش‌های سازمان حمل و نقل برای یک مصدومیت عادی ۲۷،۰۰۰ دلار، مصدومیت متوسط ۴۳۲،۴۰۰ دلار و برای مصدومیت شدید حدود ۵،۴ میلیون دلار برآورد کرده است. اگر به‌طور محافظه‌کارانه میزان متوسط هزینه‌های صدمات ناشی

از تصادف را ۸۰,۰۰۰ دلار در نظر بگیریم ، هزینه کل مربوط به صدمات تصادف حدود ۱۸۹ میلیارد دلار خواهد شد. تصادفاتی هم وجود دارد که هیچ کس آسیب نمی بیند. اداره سرشماری آمریکا حدود ۱۰,۸ میلیون تصادف وسیله نقلیه در سال ۲۰۰۹ ثبت کرده است. برای جلوگیری از شمارش مجدد ، فرض می کنیم که نصف این مقدار در تصادفات فوق الذکر یعنی ۲,۳ میلیون مصدومیت و ۳۰,۰۰۰ مرگ حساب نشده است. در نهایت ۵ میلیون تصادف وجود دارد که هیچ گونه مرگ و مصدومیتی را شامل نمی شود که اگر هزینه هر کدام را ۷,۴۰۰ دلار لحاظ کنیم حدوداً ۳۷ میلیارد دلار هزینه خواهد داشت. نوع دیگری از صرفه اقتصادی هم وجود دارد که مربوط به زمان است. این یک معامله بزرگ هست اگر که شما در نظر داشته باشید که چقدر از زمان مردم در خودروها صرف رانندگی می شود. اگر سالانه حدود ۲,۹ تریلیون مایل مسافت رانندگی باشد سرانه هر نفر حدود ۱۰,۰۰۰ مایل خواهد بود. اگر به طور متوسط سرعت را ۶۰ مایل بر ساعت در نظر بگیریم و هر وسیله نقلیه را یک نفر حساب کنیم ، حدود ۴۹,۶ میلیارد ساعت در خودرو می گذرد. به عبارتی هر نفر ۱۵۷ ساعت در سال. سازمان حمل و نقل ارزش هر ساعت سفر را ۱۲,۹۸ دلار برای تحلیل هزینه و سود در نظر می گیرد. اما احتمالاً بیش از این مقدار باشد چون زمان تلف شده اینجا لحاظ نشده است. اگر به طور محافظه کارانه فرض کنیم ارزش هر ساعت که قصد داریم یک کاری غیر از رانندگی در خودرو انجام دهیم حدود ۲ دلار باشد ، مقدار کل سود ناشی از این زمان چیزی حدود ۹۹ میلیارد دلار در یک سال می شود. بنابراین خودران ها ۳۱۷ میلیارد دلار از تصادفات مرگبار، ۲۲۶ میلیارد دلار از تصادفات غیر مرگبار و ۹۹ میلیارد دلار صرفه جویی در زمان و مجموعاً ۶۴۲ میلیارد دلار سودآور خواهند بود. البته این مقدار خیلی محافظه کارانه است به نحوی که بسیاری از موارد سودآور دیگر مانند شهروندانی که اکنون قادر به رانندگی نیستند در نظر گرفته نشده است. البته که همین مقدار ۶۴۲ میلیارد دلار در سال مبلغ بسیار بالایی است [۲۰].

۵- مزایا و معایب خودروهای خودران

۵-۱- مزایا

- عدم نیاز به حضور راننده، خودرو را به یک مکان اوقات فراغت تبدیل می کند. این امر باعث می شود که دیگر نیاز نباشد که توجه راننده به جلو معطوف شود و همچنین امکان استفاده از فناوری های سرگرم کننده نیز مانند نمایشگرهای ویدئویی برای سفرهای طولانی نیز فراهم است.
- استفاده کنندگان از خودرو قادر خواهند بود که برخی از سفرهای خود را حتی در نیمه های شب انجام دهند و برای مدتی در داخل خودرو به استراحت بپردازند که این مورد خود دلیلی بر کاهش ترافیک سنگین در روز خواهد بود.
- زمان سفر با توجه به روان شدن ترافیک در سطوح شهر، هماهنگی بیشتر بین خودروها و همچنین افزایش سرعت در جاده ها، به شدت کاهش پیدا می کند.
- خستگی ناشی از رانندگی و کم خوابی را می تواند کاهش دهد و یا به طور کلی حذف کند.
- پارک وسایل نقلیه چه از منظر نبود فضای مناسب در سطح شهر و چه از منظر نداشتن مهارت کافی دیگر دارای نگرانی نخواهد بود زیرا یا خودش، خودش را پارک می کند و یا سرنشین را ترک کرده و به پارکینگ خانه بازمی گردد.
- افرادی که از زمان گذشته مانند افراد سالخورده و یا معلولین و یا حتی افراد بسیار جوان توانایی یا اجازه رانندگی نداشته اند می توانند تجربه آزادی و استفاده از اتومبیل را در زمان تنهایی داشته باشند.
- واضح است که با کاهش مصرف سوخت و انرژی، سفرها بسیار اقتصادی تر خواهند شد.
- سرقت از این خودروها امری بسیار سخت و مشکل خواهد بود چون دارای سطح ایمنی بالایی هستند.

۵-۲- معایب

- ممکن است زمانی که این خودروها به تولید انبوه برسند، تمام اقشار مختلف جامعه به دلیل قیمت بالا از دسترسی به آنها محروم شوند.
- امکان اینکه رانندگان خودروهای سنگین و رانندگان تاکسی شغل خود را از دست بدهند وجود دارد.
- یک اختلال و سوء تفاهم حتی جزئی در سیستم نرم افزاری و کامپیوتری آن می تواند باعث به وجود آمدن یک حادثه ی دردناک و پرخطر برای استفاده کنندگان از خودرو شود.
- اگر خودرو دچار حادثه ای شود، چه کسی مقصر است و اشتباه خود را می پذیرد؟ طراح نرم افزار یا خود خودرو؟!
- این خودروها به مجموعه ای از اطلاعات مکانی و سایر اطلاعات جغرافیایی وابسته هستند که این موضوع نگرانی های امنیتی را به وجود می آورد. همچنین هوشمند بودن این خودروها و اینکه تماماً در یک سیستم مدیریت می شوند، نگرانی های نفوذ هکرها و کنترل اطلاعات توسط آنها را ایجاد کرده است.
- نگرانی به وجود آمده ی دیگر بحث هماهنگی این خودروها در مواجهه با انواع آب و هوا است، زیرا برف و باران می تواند روی دقت حس گر ها و دوربین های خودران ها اثر بگذارد و با خطا همراه کند.
- با توجه به این موضوع که در صورت بروز مشکل در سیستم این خودروها، رانندگان باید وظیفه ی هدایت خودرو را بر عهده بگیرند، رانندگی نکردن آنها در شرایط عادی از تجربه و مهارت آنها در درازمدت می کاهد که موضوع بسیار مهمی است.
- خودران شدن خودروها به طور حتم یک خبر بسیار مطلوب برای گروهک های تروریستی خواهد بود، زیرا با استفاده از این خودروها می توانند یک بمب متحرک داشته باشند [۲۱].

۷- نتیجه گیری

خودروهای خودران در سطوح مختلف در آینده ی نزدیک وارد بازار خواهند شد و جایگزین خودروهای رایج می شوند. بنابراین بهتر است در این مدت نیاز به تغییر و سازگاری در تمامی صنایع و مشاغل احساس شود و در جهت سازگار شدن با این سیستم زیرساخت های لازم ایجاد شود. البته مشکلات زیادی بر سر راه انبوه سازی خودروهای خودران وجود دارد. یکی از این مشکلات قیمت بالای تجهیزات به کاررفته در آن مانند لیدار، رادار، حسگرهای مختلف و به تبع آن قیمت تمام شده خودرو است که هر قشری از جامعه توان پرداخت هزینه این خودروها را ندارند. مقررات راهنمایی و رانندگی نیاز به بازنگری کلی و به روزرسانی با توجه به قابلیت های خودروهای خودران دارند. سیستم ونت که درواقع رابط بین خودروهای خودران است بیشترین نقش در انتقال پیام بین خودران ها را دارد. از آنجایی که این خودروها به صورت مستقیم با جان انسان ها در ارتباط هستند، هرگونه اخلاص در ارتباط بین خودروها می تواند منجر به حوادث جبران ناپذیری شود. از این رو سیستم خودروهای خودران باید از امنیت بالایی در برابر حملات سایبری برخوردار باشند.

مراجع

1. Guerrero-Ibanez, J.A., S. Zeadally, and J. Contreras-Castillo, Integration challenges of intelligent transportation systems with connected vehicle, cloud computing, and internet of things technologies. IEEE Wireless Communications, 2015. 22(6): p. 122-128.
2. Frey, C.B. and M.A. Osborne, The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation? Technological forecasting and social change, 2017. 114: p. 254-280.
3. This is what the evolution of self-driving cars looks like. 2016; Available from: <https://www.businessinsider.de/what-are-the-different-levels-of-driverless-cars-2016-10/?r=US&IR=T#/#-1>.

4. Anderson, J.M., et al., Autonomous vehicle technology: A guide for policymakers. 2014: Rand Corporation.
5. Offor, P., Vehicle ad hoc network (vanet): Safety benefits and security challenges. 2012.
6. Zeadally, S., et al., Vehicular ad hoc networks (VANETS): status, results, and challenges. Telecommunication Systems, 2012. 50(4): p. 217-241.
7. Lu, X.L.R., VEHICULAR AD HOC NETWORK SECURITY AND PRIVACY. 2015: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jer.
8. Targe, P.A. and M. Satone, VANET based Real-Time Intelligent Transportation System. planning, 2016. 2: p. 3.
9. Isaac, J.T., et al., A secure vehicle-to-roadside communication payment protocol in vehicular ad hoc networks. Computer Communications, 2008. 31(10): p. 2478-2484.
10. Schwarz, B., LIDAR: Mapping the world in 3D. Nature Photonics, 2010. 4(7): p. 429.
11. Bajpayee, D. and J. Mathur. A comparative study about autonomous vehicle. in Innovations in Information, Embedded and Communication Systems (ICIIECS), 2015 International Conference on. 2015. IEEE.
12. Rajasekhar, M. and A.K. Jaswal. Autonomous vehicles: the future of automobiles. in Transportation Electrification Conference (ITEC), 2015 IEEE International. 2015. IEEE.
13. Jiang, T., et al., Self-driving cars: Disruptive or incremental. Applied Innovation Review, 2015. 1: p. 3-22.
14. Köhler, P., C. Connette, and A. Verl. Vehicle tracking using ultrasonic sensors & joined particle weighting. in Robotics and Automation (ICRA), 2013 IEEE International Conference on. 2013. IEEE.
15. Bertoncello, M. and D. Wee, Ten ways autonomous driving could redefine the automotive world. McKinsey & Company, 2015. 6.
16. Sivak, M. and B. Schoettle, Road safety with self-driving vehicles: General limitations and road sharing with conventional vehicles. 2015.
17. Wadud, Z., D. MacKenzie, and P. Leiby, Help or hindrance? The travel, energy and carbon impacts of highly automated vehicles. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2016. 86: p. 1-18.
18. Volvo Will Take Responsibility If Its Self-Driving Cars Crash. 2015; Available from: <https://www.caranddriver.com/news/a15352720/volvo-will-take-responsibility-if-its-self-driving-cars-crash/>.
19. Chris, G. Are American Cities Ready For Self-Driving Cars. 2016; Available from: <https://www.trafficsafetystore.com/blog/self-driving-cars-impact-urban-planning/>.
20. Ozimek, A., The massive economic benefits of self-driving cars. 2014, Forbes.[online].
21. Litman, T., Autonomous vehicle implementation predictions. 2017: Victoria Transport Policy Institute Victoria, Canada.