



تحلیل اثر متقابل و خوشه بندی عوامل موثر بر خودروی خودران با رویکرد آینده نگاری

حمید حنیفی

دکتری مدیریت تکنولوژی، گروه مدیریت تکنولوژی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

عادل آذر (نویسنده مسئول)

استاد گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

AZARA@modares.ac.ir

منوچهر منطقی

استاد مجتمع دانشگاهی مدیریت و مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۱۵

چکیده

زمینه: به طور بنیادی، جابجایی توسط سه جزء سیستم از قبیل: خودرو، راننده و زیرساخت حمل و نقل تضمین می شود. با گذشت زمان، خودروها و زیرساخت از طریق توسعه فناوری، پیشرفت چشمگیری داشته اند. اما تنها جزء ثابت پرخطر این سیستم به علت محدودیت های انسانی، انسان است. راه حل پیشنهادی دانشمندان برای حل این جزء، استفاده از خودروهای خودران است. **هدف:** در این تحقیق تلاش شده که اثرات متقابل عوامل موثر بر خودروی خودران تجزیه و تحلیل شود تا با تمرکز بر روی مهمترین آنها قبل از ورود این فناوری و یا حتی توسعه بومی آن در کشور ایران، آمادگی های لازم کسب شده باشد. **با توجه:** با توجه به پارادایم مسئله، متدولوژی تحقیق از نوع کیفی، استراتژی انجام آن آینده نگاری، جامعه پژوهش از متخصصین صنعت خودرو، و نمونه ها نیز بصورت غیر تصادفی هدفمند انتخاب شدند. ابزار جمع آوری داده ها مصاحبه بود. نرم افزار استفاده شده، نرم افزار میک مک بود. برای تجزیه و تحلیل نیز از نمودارهای خروجی نرم افزار مذکور مطابق استاندارد آن استفاده گردید.

یافته ها: عوامل موثر بر خودروهای خودران خوشه بندی شدند. به طور نمونه، عوامل فناوری محصول، عوامل فناوری ایمنی و عوامل اقتصادی در سطح کشور ایران از عوامل موثری بودند که اثرگذاری بالا و اثرپذیری کمی بر فناوری خودروی خودران داشتند.

نتیجه گیری و بحث: با خوشه بندی عوامل موثر خودروهای خودران می توان از الان برای اجرایی نمودن فناوری خودروی خودران، با استفاده از این عوامل، برنامه ریزی مناسب نمود و یا حتی از آنها در بحث واردات این فناوری استفاده کرد تا بیشترین سود اقتصادی و اجتماعی از این فناوری کسب گردد.

کلید واژه ها: فناوری خودروی خودران، خودروی بدون راننده، آینده نگاری فناوری، تحلیل اثر متقابل، میک مک

۱- مقدمه

به طور بنیادی، حرکت و جابجایی توسط سه جزء سیستم از قبیل: خودرو، راننده و زیر ساخت حمل و نقل تضمین می شود. با گذشت زمان، دو جزء از سه جزء مذکور یعنی خودرو و زیر ساخت از طریق توسعه و بهبود فناوریانه، پیشرفت چشمگیری داشته اند و برای جابجایی ها مفیدتر شده اند. اما تنها جزء ثابت این سیستم، انسان به عنوان راننده بوده که همچنان عنصر پر خطر در رانندگی ها و جابجایی ها است (لونیتا^۱، ۲۰۱۷). براساس آمارهای تحقیقاتی، از دهه ۱۹۷۰، جهان شاهد رشد سریع وسایل نقلیه است که در واقع به مهمترین وسیله حمل و نقل برای سفر روزانه مردم تبدیل شده اند. اما به دلیل محدود بودن بینایی، خستگی در هنگام رانندگی، سبقت و غیره، نمی توان از ابتدای کار تا انتها، حوادث رانندگی را کاهش داد (سینگ^۲، ۲۰۱۵). تنها در سال ۲۰۱۵، بیش از شش میلیون تصادف وسیله نقلیه در ایالات متحده رخ داده است، که از این تعداد، ۲۷ درصد منجر به جراحات یا فوت شده است (NHTSA^۳، ۲۰۱۵). از طرفی دیگر با توجه به اینکه رفتار راننده تحت تاثیر عوامل مختلف فردی از قبیل: جنسیت، سن، تجربه، پرخاشگری راننده و غیره است، لذا الگوسازی راننده هنوز هم کار بسیار مشکلی است. یکی از ایده های امیدوارکننده برای رفع خطای رفتاری راننده، ممکن است رهایی کامل راننده از رانندگی باشد (یو^۴ و دیگران، ۲۰۱۹). طبق تجزیه و تحلیل

انفعالات راننده مانند برنامه تحقیقات استراتژیک بزرگراهها^۵، این خود رانندگان هستند که عامل اصلی بروز حوادث جاده ای هستند (دینگوس^۶ و دیگران، ۲۰۰۶)، (کلایر^۷ و دیگران، ۲۰۱۴). بی احتیاطی راننده، خستگی، مسمومیت یا مشکلات دیگر مانند پرداختن به کودکان شلوغ و متمرکز در صندلی عقب از دلایل اصلی بیشتر تصادفات وسایل نقلیه است (NHTSA، 2017b) (NSC^۸، 2018). موضوع خودروی خودران^۹ یا خودروی بدون راننده، راه حل این مسئله یعنی حذف انسان از رانندگی می تواند باشد. خودروهای خودران یک محدوده گسترده ای از مزیت ها را از جمله، امنیت، بهره وری، اثرات محیطی و افزایش جابجایی را به همراه خود دارند (هوارد^{۱۰} و دای^{۱۱}، ۲۰۱۴). فناوری خودروی خودران به سرعت در جاده های آمریکا در حال تبدیل شدن به واقعیت است. آزمایش ها در جاده های عمومی در چندین ایالت از جمله کالیفرنیا^{۱۲}، تگزاس^{۱۳}، نوادا^{۱۴}، پنسیلوانیا^{۱۵} و فلوریدا^{۱۶} در حال انجام است. تولیدکنندگان خودروهای خودران سطوح مختلف آزادی این خودروها را هدف قرار داده اند، در حالی که وسایل نقلیه نیمه خودران در حال حاضر پیشرو هستند (فاوارو^{۱۷} و دیگران، ۲۰۱۸). این فناوری انقلابی حمل و نقل، بدون شک موضوع مالکیت وسایل نقلیه و الگوهای نسل کنونی را در شهرها تغییر خواهد داد (فاگنانت^{۱۸} و کوچلمن^{۱۹}، ۲۰۱۴). خودروی خودران در حال ظهور باعث

¹¹ Dai¹² California¹³ Texas¹⁴ Nevada¹⁵ Pennsylvania¹⁶ Florida¹⁷ Favaro¹⁸ Fagnant¹⁹ Kochelman¹ Lonita² Singh³ National Highway Traffic Safety Administration⁴ You⁵ Strategic Highway Research Program (SHRP2)⁶ Dingus⁷ Klauer⁸ National safety Council, USA⁹ Autonomous Vehicle (AVs)¹⁰ Howard

خواهد شد که کل سیستم‌های جابجایی تغییر یابد و در نتیجه، وضعیت حمل و نقل و ساختارهای جابجایی مسافران باید بیشتر از قبل با هم یکپارچه شوند و مدیریت عملکرد فرایندها نیز باید تغییر یابد (بنسال^{۲۰} و دیگران، ۲۰۱۶). تحقیقات مختلفی در خصوص خودروهای خودران شده است. به طور نمونه، تخمین زده شده که خطاهای انسانی، حدود ۹۰ درصد از دلایل اصلی همه تصادفات هستند، لذا احتمالاً خودروهای خودران می‌توانند خطاهای انسانی که منجر به تصادف می‌شوند را حذف نمایند. همچنین می‌توانند باعث مزیت‌های ناشی از بهره‌وری در زمان، کاهش ترافیک و بهره‌وری در منابع شوند (KPMG، ۲۰۱۲). خودروهای خودران قادر به تغییر مکان خود برای فاصله گرفتن از مناطق متراکم‌تر به منظور توسعه مناطق دیگر می‌باشند. این فناوری باعث کاهش ترافیک عمومی در جاده‌ها، مصرف سوخت و کاهش انتشار گاز CO₂ می‌شود. همچنین بر رفتار سفرهای افراد پیر و کودکان که قادر به سفر با خودروهای معمولی نیستند نیز اثر خوبی می‌گذارد (فاگنانت و کوچلمن، ۲۰۱۴). خودروهای خودران بر مالکیت خودرو، انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG^{۲۱})، ایستگاه‌های شارژ، جریان ترافیک، و تقاضاهای پارکینگ خودرو تاثیر خواهند گذاشت (چن^{۲۲} و دیگران، ۲۰۱۶؛ فاگنانت و کوچلمن، ۲۰۱۴). طبق اعلام انجمن مهندسان خودرو^{۲۳}، شش سطح اتوماسیون رانندگی از سطح صفر (بدون اتوماسیون) تا سطح ۵ (خود رانندگی) وجود دارد. در حالی که برخی از مزایای اقتصادی پیش بینی شده (مانند جاده

های امن تر) با سطوح متوسط (سطح ۱، ۲، ۳ و ۴) تحقق می‌یابند، تحقق ارزش اقتصادی کامل خودروهای خودران ها نیاز به اتوماسیون سطح ۵ دارد (KPMG، ۲۰۱۵).

البته مسائل زیادی وجود دارد که قبل از اینکه خودروهای خودران گسترش یابند، باید حل شوند. مسائل ارتباطی وجود دارد که می‌تواند بهره‌وری ارتباطات یک وسیله نقلیه را با وسایل نقلیه دیگر کاهش دهد (گورا^{۲۴}، ۲۰۱۶). در ترافیک‌هایی که مخلوطی از خودروهای با راننده و خودروهای خودران وجود دارد، پیش بینی نوع فعالیت راننده، یکی از موضوعات کلیدی می‌باشد. بنابراین توسعه روشهای پیش بینی برای تمایلات طبیعی راننده ضروری است (ژانگ^{۲۵} و دیگران، ۲۰۱۶). ضمناً از طرفی، علیرغم سطح بالای علاقه و سناریوهای خوش بینانه در خصوص خودروهای خودران، یک نظر شک‌گرایانه در این خصوص وجود دارد و آن نظر این است که تلاش برای تغییر عادات رانندگی و نگرانی‌هایی در خصوص ایمنی این خودروها و همچنین افزایش قابل توجه هزینه‌ها باعث می‌شود که مانعی برای پذیرش این فناوری توسط مردم شود (بونئو^{۲۶} و دیگران، ۲۰۱۷). لذا درک مصرف‌کنندگان از رانندگی خودران می‌تواند دانش مهمی برای فهم از حال و آینده را فراهم نماید. نتایج یک نظر سنجی نشان می‌دهد که بیش از ۹۰ درصد مردم از کنترل فرمان و ترمز لذت می‌برند و رانندگی خود را نسبت به رانندگی توسط خودروهای خودران ترجیح می‌دهند (پژوهشگاه حمل و نقل دانشگاه میشیگان^{۲۷}، ۲۰۱۵). یکی دیگر از موضوعاتی که در خودروهای خودران وجود دارد

²⁴ Gora

²⁵ Zhang

²⁶ Bonneay

²⁷ University Of Michigan Transportation Research Institute (UMTRI)

²⁰ Bansal

²¹ Greenhouse Gas

²² Chen

²³ Society of Automotive Engineers(SAE)

توان از الان در موضوعات مختلف مرتبط با خودروی خودران، ابتکار عمل داشت. پیامدهای منفی این فناوری را حذف نمود و از پیامدهای مثبت آن نیز در جهت تقویت آنها آگاه بود (حنیفی و دیگران، ۱۴۰۱).

در پاراگراف اول تعدادی از مشکلات خودروهای قدیمی مطرح شد و در پاراگراف دوم راهکار پیشنهادی توسط دانشمندان که استفاده از خودروهای خودران بود و همچنین چالش‌های باقیمانده حل نشده در مورد خودروهای خودران بیان گردید. بنابر مطالب فوق و با توجه به اهمیت خودروهای خودران و وجود مزایا و همچنین چالش‌هایی که در بالا به تعدادی از آنها اشاره شد، در این تحقیق سعی گردیده که تحلیل اثرات متقابل عوامل موثر بر فناوری خودروی خودران و خوشه بندی آنها صورت گیرد. نتایج این تحقیق احتمالاً به سازمان‌ها یا بنگاه‌های مربوطه این امکان را فراهم خواهد نمود هنوز که سالها با رسیدن به سطح نهایی این خودروهای خودران فاصله زمانی وجود دارد، بتوان روی این عوامل موثر، فعالیت‌های علمی، تحقیقاتی و اجرایی انجام داد که قبل از ورود این فناوری از طریق واردات و یا توسعه بعضی از فناوری‌های آن در داخل کشور، زیرساخت‌های مختلف فناورانه سخت افزاری یا نرم افزاری و همچنین اجتماعی و فرهنگی لازم برای واردات یا توسعه این فناوری فراهم گردد.

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

برنامه‌های کاربردی خودروی متصل، اتصال بین وسایل نقلیه را برای جلوگیری از تصادف، بین وسایل نقلیه و زیرساخت‌ها فراهم می‌کنند تا ایمنی، جابجایی و مزایای زیست محیطی را در

مسائل قانونی در زمانهایی است که خودرو اشتباه می‌کند. در زمان تصادف چه کسی مقصر است؟ اگر مالک خودرو در زمان تصادف، خودرو در کنترلش نباشد، آیا مقصر است؟ اگر او مقصر نیست، پس چه کسی مقصر است؟ (یونگ^{۲۸}، ۲۰۱۹). موضوع دیگری که در خصوص خودروهای تمام اتوماتیک مطرح است این است که سوالات پیچیده‌ای در این خصوص وجود دارد مبنی بر اینکه با توجه به اینکه هم اکنون در خودروهای معمولی، فعالیت‌هایی از قبیل ارسال پیامک، پاسخ دادن به ایمیل، صحبت کردن با تلفن، عدم استفاده از کمربند ایمنی در هنگام رانندگی و استفاده از مواد مخدر در حین رانندگی و غیره باعث جریمه شدن راننده می‌شود (ویلسون^{۲۹} و استیمسون^{۳۰}، ۲۰۰۸). سوال این است با تمام اتوماتیک شده خودروها وضعیت قانونی در خصوص این فعالیتها برای سرنشینان خودروی خودران چطور می‌شود؟ آیا هوشیاری و توجه کاربران مورد نیاز است یا خیر؟ این موارد ممکن است در حال حاضر به دور از دسترس باشند، ولی اگر خودروهای خودران همان طور که وعده داده شده که انجام شود، هیچ دلیل ایمنی دیگری وجود ندارد که افراد نباید در هیچ کدام از فعالیت‌های فوق مشارکت نمایند (گولد^{۳۱} و بنگلر^{۳۲}، ۲۰۱۴). مطابق تحقیقی که با عنوان سناریو نویسی برای آینده خودروی بدون راننده انجام شده است، نتیجه گرفته شده است که از آنجایی که با وجود آینده‌های مختلفی از قبیل آینده‌های ممکن، باورپذیر، محتمل و مطلوب در موضوع فناوری خودروی خودران، نتیجه این بوده است که برای رسیدن به آینده مطلوب خودروی خودران باید از الان به سمت آن پیش رفت. این اقدامات از این جهت دارای اهمیت است که می

³¹ Gold

³² Bengler

²⁸ Young

²⁹ Wilson

³⁰ Stimson

میان وسایل نقلیه، زیرساخت‌ها و دستگاه‌های بی‌سیم برای برقراری اتصال مداوم در زمان واقعی به همه کاربران سیستم را فراهم کند (وزارت حمل و نقل ایالات متحده امریکا^{۳۳}، ۲۰۱۵). تعریفی از اتومبیل‌های هوشمند خودران وجود دارد مبنی بر اینکه از سه عنصر تشکیل شده‌اند: استقلال، هوش و اتومبیل. استقلال مربوط به سطح مداخلات انسانی لازم برای بهره‌برداری است که می‌تواند به عنوان یک طیف دیده شود: از حالتی که نیاز کمتری به مداخله انسان دارد تا حالتی که سطح بالاتری از استقلال را دارد و نیاز به مداخله انسان ندارد. عنصر دوم هوش است که مربوط به روشهایی است که یک سیستم می‌تواند محیط اطراف خود را درک کند و قادر است رفتار را با محیط‌های متغیر سازگار کند. این شامل توانایی یادگیری، پردازش اطلاعات پیچیده و حل مشکلات است. عنصر سوم اتومبیل است. اتومبیل‌ها وسیله نقلیه موتوری هستند که برای حمل و نقل کالا و یا افراد و برای انجام خدمات مورد استفاده قرار می‌گیرند که مجموع این سه عنصر می‌شود اتومبیل هوشمند خودران (کوکونینگ^{۳۴} و دیگران، ۲۰۱۶). اولین خودروی خودران در سال ۱۹۸۸ توسط کارنیگی ملون دانشگاهی ناولب^{۳۵} ساخته شد و با استفاده از تصاویر دوربین قادر بود خطوط را دنبال کند. ناولب اولین سفر خودران را در سراسر ایالات متحده در سال ۱۹۹۵ انجام داد و با طی مسیری معادل ۲۸۴۹ مایل بین پیتسبورگ^{۳۶} و سان دیگو^{۳۷} با سرعت متوسط ۶۳.۸ مایل در ساعت حرکت کرد. گوگل^{۳۸} پروژه خودروی

خودران خود را در سال ۲۰۰۹ (با نام وایمو^{۳۹} پس از ۲۰۱۶) آغاز کرد و خودروهای خودران را برای حدود ۸ میلیون مایل در جاده‌های عمومی در شش ایالت امریکا آزمایش کرده است. وایمو یک مینی ون^{۴۰} را بر اساس یک بستر تولید انبوه به منظور اتوماتیک کامل معرفی کرد. شرکت مشترک سواری اوبر^{۴۱} اولین برنامه خودروی خودران خود را در بخش خدمات جابجایی در پیتسبورگ^{۴۲} در سال ۲۰۱۶ آزمایش کرد و قصد دارد در آینده همه رانندگان خود را با اتومبیل‌های خودران جایگزین کند، در آینده نه چندان دور (بر^{۴۳}، ۲۰۱۶). تسلا^{۴۴} قابلیت‌های فرمان اتوماتیک اتومبیل، تغییر خطوط رانندگی و قابلیت‌های پارکینگ را در حالت اتوپایلوت^{۴۵} خود ارائه داده و قصد دارد با مدل سه در سالهای آتی ویژگی‌های خودروهای نیمه خودران و خودران را به بازار انبوه معرفی نماید (تامپسون^{۴۶}، ۲۰۱۶). اداره ملی ایمنی ترافیک بزرگراه‌ها ایالات متحده امریکا (NHTSA) در ژانویه سال ۲۰۱۶ بیانیه‌ای را منتشر کرد که برنامه‌های مربوط به پیشرفت و استقرار خودروهای تمام اتوماتیک را تشریح می‌کند (NHTSA, 2016). البته انجمن مهندسان امریکا^{۴۷} سطح اتوماسیون در خودروهای خودران را به این صورت تعریف کرده است، از سطح صفر (بدون اتوماسیون) تا سطح ۵ (اتوماسیون کامل) (اداره خودروهای نقلیه کالیفرنیا، ۲۰۱۶). یکی از راه‌های اینکه بتوان از مزایای مختلف این فناوری‌های نوظهور استفاده نمود آینده نگاری فناوری است. آینده نگاری فناوری^{۴۸}، فرآیند تلاش نظام‌مند برای بررسی

41 Uber

42 Pittsburg

43 Berr

44 Tesla

45 Autopilot

46 Thompson

47 Society of Automotive Engineers(SAE)

48 Technology Foresight(TF)

33 US Department of Transportation

34 Cock Buning

35 Carnegie Mellon University's Navlab

36 Pittsburg

37 San Diego

38 Google

39 Waymo

40 Minivan

آینده‌ی بلند مدت علم، فناوری، اقتصاد و جامعه با هدف شناسایی حوزه‌های تحقیق راهبردی و فناوری‌های عمومی نوظهور محتمل به منظور کسب بالاترین منافع اقتصادی و اجتماعی (مارتین، ۱۹۹۶). فرآیندی نظام‌مند، مشارکتی برای گردآوری اطلاعات آینده و چشم‌اندازسازی میان تا بلندمدت با هدف پرداختن به تصمیمات امروز و بسیج اقدامات مشترک است (کمیسیون اروپا، ۲۰۰۱). مارتین (۱۹۹۶) می‌گوید: منطق اصلی انجام آینده‌نگاری این درک گسترده است که احتمالاً فناوری‌های عمومی نوظهور دارای تاثیر انقلابی بر صنعت، جامعه و محیط زیست در دهه‌های آتی خواهند داشت. این فناوری‌ها، اتکای بالایی به توسعه پیشرفت‌های علمی دارند. اگر بتوان فناوری‌های نوظهور را در مراحل اولیه شناسایی کرد، دولت‌ها و دیگران می‌توانند منابع موجود را صرف حوزه‌های تحقیقات راهبردی مورد نیاز برای کسب اطمینان از توسعه‌ی سریع و موثر نمایند.

عوامل اجتماعی و فرهنگی مرتبط با

خودروی خودران

کارشناسان خودروهای خودران معتقد هستند که پذیرش اجتماعی توسط مصرف‌کننده‌ها حداقل سختی‌ها و موانع هستند، در حالی که مسئولیت و مقررات، سخت‌ترین موانع تصویب خودروهای خودران می‌باشد (آندروود^{۴۹}، ۲۰۱۴). مطالعه‌ای نشان داده که ۶۷ درصد از پاسخ‌دهندگان انتظار داشتند که خودروی خودران، کل سیستم حمل و نقل را بهبود بخشند، اما بیش از ۴۰ درصد اظهار داشتند که اگر فرزند، همسر، والدین یا عزیزانشان در حضور خودروهای خودران از خیابان عبور کنند، احساس راحتی نخواهند کرد. مردان، پاسخ

دهندگان جوان‌تر و پاسخ‌دهندگان مناطق شهری نسبت به خودروی خودران، پذیرش بیشتری داشتند (دبی^{۵۰} و دیگران، ۲۰۱۸). نتایج تحقیق فوق نشان می‌دهد که اقشار مختلف مردم نظرات متفاوت در خصوص پذیرش خودروی خودران دارند. بعضی‌ها امکان پذیرش راحت‌تری نسبت به بعضی دیگر دارند. لذا این موضوع دارای اهمیت است که با روش‌های مناسب پذیرش این فناوری می‌توان موجب ترغیب مردم برای استفاده از این فناوری شد و بهتر است تحقیقات مجزا با رویکرد کیفی در هر کشوری انجام شود. تحقیقی دیگری با عنوان سازگاری و چالش‌های خودروهای خودران برای عابران پیاده در شهرهای چین انجام شده است. نتایج نشان داده که عابران چینی، خودروهای خودران را به خوبی نمی‌پذیرند. لذا اکتشافات بیشتری باید در مورد تعامل استاندارد انسان و ماشین، اجتناب از بار اضافی اطلاعات و تحقیقات پذیرش مبتنی بر ملت انجام شود. این نتیجه‌گیری برای شرکت‌های خودروسازی و محققان خودروهای بدون راننده بسیار مفید است تا به پیچیدگی محیط عابران پیاده چین و همچنین کشورهای مشابه توجه بیشتری داشته باشند (وانگ^{۵۱} و دیگران، ۲۰۲۰). موضوع قابل تامل در این تحقیق نیز این است که باید در برنامه‌نویسی در خودروی خودران، رفتارها و فرهنگ‌های متفاوت کشورها را در نظر گرفت و این مستلزم این است که محققین هر کشور در خصوص رفتارها و فرهنگ‌های کشور خود در زمینه خودروهای خودران، تحقیقات مجزایی انجام دهند.

⁵¹ Wang

⁴⁹ Underwood

⁵⁰ Debbie

عوامل قانونی و ارزشی مرتبط با خودروی خودران

تحقیقی با عنوان ضرورت قانونی، کارایی پارتویی و کشتار تعدیل شده در تصادفات خودروهای خودران انجام شده است. در تحقیق مطرح شده، نویسندگان رویکرد حقوقی فلسفی به این نوع مسئله اخلاقی داشته‌اند. نتیجه آن این بوده که در این مواقع باید از اصل پارتو استفاده نمود. در این اصل، در یک تصادف، حداقل شرایط به این صورت است: اگر خودروی خودران طوری برنامه‌ریزی شود که از برنامه عدول کند و باعث مرگ مسافری شود، رضایت بخش نیست. اینگونه نیست که در برنامه نویسی خودرو برای انحراف، مسافر را از دست بدهیم. اصل پارتو اجازه نمی‌دهد مسافر بمیرد. صدمه زدن به کسی را فقط در صورتی توجیه می‌کند که حداقل آسیب مشابهی را در هر گزینه دیگری ببیند. بنابراین این روش کشتن کسی را توجیه نمی‌کند و از این نظر قابل احترام است (کیلینگ^{۵۲}، ۲۰۱۸). نتیجه تحقیق فوق می‌تواند در هر کشور با توجه به حقوق و قوانین آن کشور متفاوت باشد، لذا تحقیقات جدی در این خصوص برای کشورهای مختلف لازم و ضروری به نظر می‌رسد و نتیجه تحقیق فوق نمی‌تواند در کشورهای دیگر تعمیم یابد. تحقیق دیگری با عنوان خودروهای خودران برای شهرهای هوشمند و پایدار: کاوش عمیق حریم خصوصی و پیامدهای امنیت سایبری انجام شده است. این مطالعه تجزیه و تحلیل خودروهای خودران را به عنوان یک راه حل بالقوه حمل و نقل برای توسعه هوشمند و پایدار در نظر گرفته و خطرات مربوط به حفظ حریم خصوصی و امنیت سایبری خودروهای خودران برای توسعه شهرهای هوشمند و پایدار ارزیابی

نموده است. تلاش‌های دولت‌های فدرال در ایالات متحده، انگلیس، چین، استرالیا، ژاپن، سنگاپور، کره جنوبی، آلمان، فرانسه و اتحادیه اروپا و دولت‌های ایالتی ایالات متحده را برای مقابله با خطرات مربوط به حریم خصوصی و امنیت سایبری مربوط به خودروهای خودران مورد بررسی قرار داده است. نتیجه تحقیق مذکور این بوده که در موضوع خودروهای خودران، عوامل بی‌شماری بر چگونگی رسیدگی هر دولت به انواع مختلف خطرات تأثیر می‌گذارند و این راهبردها با گذشت زمان تغییر می‌کنند. به همین ترتیب، برای توجیه کافی دلایل استراتژی‌های دولت در زمینه حفظ حریم خصوصی و امنیت سایبری و تغییرات این استراتژی‌ها در طول زمان به یک تحلیل جامع از هر کشور نیاز است (سی‌مین لیم^{۵۳} و تاییحق^{۵۴}، ۲۰۱۸). ضمناً برای قانونگذاری خوب و اجرای به موقع قوانین با توجه به رشد بالای دارایی‌های فکر و غیر مشهود، و سرعت بالای تغییرات فناوری‌های اطلاعاتی، باید دستگاه‌های نظارتی و سیاستگذاری همگام به وظایف خود عمل کنند (علی‌آبادیان و دیگران، ۱۴۰۰). لذا یکی از موضوعات مهم در خصوص فناوری خودروی خودران، تعیین قوانین بهنگام در خصوص موضوعات مختلف از قبیل حریم خصوصی، موضوعات امنیتی و موارد دیگر می‌باشد که باید به آن توجه ویژه ای داشت.

⁵⁴ Tacihagh

⁵² Keeling

⁵³ Si Min Lim

عوامل مدیریتی و سیاستی مرتبط با خودروی خودران

در مطالعه‌ای که با عنوان تحولات کنونی در سیاست خودروهای خودران در ایالات متحده آمریکا، تاثیر فدرالیسم در قوانین و سیاست‌های نظارتی ایالتی و ملی انجام شده، تلاش نظارتی مربوط به این فناوری‌های جدید در ایالات متحده را در سطح فدرال و ایالتی مورد بررسی قرار داده است. در اصل، مسائل مربوط به ایمنی و استانداردهای خودرو باید توسط NHTSA تنظیم شود، در حالی که حوزه‌های عملکرد وسایل نقلیه و الزامات بیمه باید به ایالت‌ها واگذار شود. شرکت‌های تحت پوشش باید ۱۵ مورد زیر را در ارزیابی ایمنی خود لحاظ کنند: (۱) ضبط و به اشتراک‌گذاری داده‌ها^{۵۵}، (۲) حریم خصوصی^{۵۶}، (۳) ایمنی سیستم^{۵۷}، (۴) امنیت سایبری خودرو^{۵۸}، (۵) رابط ماشین انسان^{۵۹}، (۶) قابلیت تصادف^{۶۰}، (۷) آموزش و تربیت مصروف‌کنندگان^{۶۱}، (۸) ثبت نام و صدور گواهینامه^{۶۲}، (۹) رفتار پس از تصادف^{۶۳}، (۱۰) قوانین فدرال، ایالتی و ناحیه^{۶۴}، (۱۱) ملاحظات اخلاقی^{۶۵}، (۱۲) دامنه طراحی عملیاتی^{۶۶}، (۱۳) تشخیص و پاسخ اشیاء و رویدادها^{۶۷}، (۱۴) بازگشت به عقب (شرایط حداقل خطر)^{۶۸}، (۱۵) روش‌های اعتبارسنجی^{۶۹}. (سالاتیلو^{۷۰} و فیلور^{۷۱}، ۲۰۱۷).

عوامل اقتصادی مرتبط با خودروی خودران

تحقیق دیگری با عنوان ارزیابی هزینه و عملکرد ناوگان خودروی الکتریکی خودران اشتراکی: یک مطالعه موردی در آستین^{۷۲} و تگزاس^{۷۳} ایالات متحده آمریکا انجام شده که نتایج آن حاکی از این است که برای کلیه معیارهای مورد مطالعه، ناوگان هیبریدی از نوع الکتریکی بنزینی^{۷۴} (HEV)، بهتر از ناوگانهای الکتریکی عمل می‌کند و سودآورتر است. ضمناً منافع زیست محیطی آنها نیز می‌تواند قابل توجه باشد. خودروهای خودران این امکان را دارد که همراه با یک شبکه برق تجدیدپذیر، حمل و نقل با تولید کربن صفر را فراهم کند (لواب^{۷۵} و دیگران، ۲۰۱۹). لازم به ذکر است که با توجه به محدودیت‌های تحقیق مذکور لازم است که در خصوص مسائل فنی از قبیل قابلیت‌های خودروی خودران در مناطق مختلف و منافع زیست محیطی آنها بررسی‌های دقیق‌تری شود. البته تحقیقات دیگری در کشورهای دیگر در خصوص خودروهای خودران انجام شده که یکی از آنها تحقیقی با عنوان خودروهای خودران، تجزیه و تحلیل عملکرد شبکه حمل و نقل و سناریوهای عملیاتی در منطقه تورنتو کشور کانادا می‌باشد. در تحقیق مذکور بیان شده که خودروهای خودران توانایی تغییر چشمگیر جابجایی‌های شهری در آینده را دارند. این مطالعه سناریوهای عملیاتی بالقوه خودروهای

⁶⁶ Operational Design Domain

⁶⁷ Object and Event Detection and Response

⁶⁸ Fall Back (Minimal Risk Condition)

⁶⁹ Validation Methods

⁷⁰ Salatiello

⁷¹ Felver

⁷² Austin

⁷³ Texas

⁷⁴ Gasoline Hybrid-Electric vehicle

⁷⁵ Loeb

⁵⁵ Data Recording and Sharing

⁵⁶ Privacy

⁵⁷ System Safety

⁵⁸ Vehicle Cybersecurity

⁵⁹ Human Machine Interface

⁶⁰ Crashworthiness

⁶¹ Consumer Education and Training

⁶² Registration and Certification

⁶³ Post-Crash Behavior

⁶⁴ Federal, State and Local Laws

⁶⁵ Ethical Considerations

مذکور می توان به اینصورت برداشت نمود که برای اجرای هر چه بهتر خودروهای خودران اشتراکی و موضع مالکیت فردی خودوری خودران باید قوانین، ریسک های اجتماعی و امنیتی و موارد دیگر آن مورد بررسی دقیقتری در کشورهای مختلف انجام شود.

عوامل محیط زیستی مرتبط با خودروی خودران

در خصوص یکی دیگر از اهداف خودروهای خودران یعنی موضوع آلودگی هوا، تحقیقی با عنوان آنالیز بالقوه خودروهای خودران در کاهش انتشار گازهای گلخانه ای در حمل و نقل جاده ای انجام شده است. در این تحقیق گفته شده که اجرای گسترده خودروی خودران می تواند نقطه عطفی از نظر کاهش انتشار گازهای گلخانه ای باشد. با توجه به اظهارات اخیر مدیر پروژه اتومبیل گوگل، کریس ارمسون^{۸۴} در کنفرانسی در آستین^{۸۵} گفته که کاهش تولید گازهای گلخانه ای، به نظر آسان یا سریع نمی رسد. زیرا این موضوع فقط یک مشکل فنی نیست، بلکه یک مشکل سیستمی گسترده تر است که نیاز به حل برخی از موضوعات دارد و به سؤالات خاصی باید پاسخ داده شود. در مرحله اول، تغییر مقررات حقوق بین المللی موجود، از جمله، در مرحله اول، مقررات کنوانسیون وین در مورد ترافیک جاده ای ۱۹۶۸ و مقررات ملی^{۸۶} ضروری خواهد بود. علاوه بر این، ایجاد راه حل های جدید قانونی باید قبل از آمدن خودروهای خودران اتفاق بیفتد که این چالش را حتی سخت تر می کند. دوم اینکه، مجدداً سؤال مطرح می شود، چگونگی بیمه

خودران را در منطقه تورنتو بزرگ (GTA)^{۷۶}، کانادا شبیه سازی نموده و عملکرد سیستم حمل و نقل را در سطح منطقه ای ارزیابی می کند. برای هر سناریو، ظرفیتهای اساسی انواع خاصی از پیوندهای جاده ای اصلاح می شوند تا بتوانند افزایش نظری در کل توانایی با رفتار رانندگی خودروی خودران را شبیه سازی نمایند. سناریوی دیگر به بررسی عملکرد پارکینگ بدون راننده در مرکز شهر تورنتو می پردازد. نتایج شبیه سازی نشان می دهد که افزایش جذابیت آزادراهها نسبت به سایر مسیرها منجر به کمی افزایش در فاصله مسافرتی می شود، زیرا وسایل نقلیه برای دسترسی به ارتباطات جاده ای با ظرفیت بالاتر منحرف می شوند. به نظر می رسد که در ضریب نفوذ ۹۰ درصد خودروهای خودران به میزان متوسط سفر تا یک پنجم کاهش می یابد (کلوسترا^{۷۷} و روردا^{۷۸}، ۲۰۱۹). البته می توان گفت که در تحقیق مذکور، ریسک افزایش سفرها توسط خودروهای خودران به دلیل جذابیت سفر مورد بررسی قرار نگرفته است. یکی از موضوعات اصلی استفاده از خودروهای خودران که مورد بحث است، مالکیت فردی خودروهای خودران (مانند اتومبیل های تسلا^{۷۹}) و خودروهای خودران جدید (به عنوان مثال، خدمات خودروهای خودران مشترکی اوبر^{۸۰} و وایمو^{۸۱}) است (بوش^{۸۲} و دیگران، ۲۰۱۸). با توجه به نتایج متفاوت اجتماعی و الزامات زیرساختهای مختلف، تشویق و تسهیل انتقال سریع به یک ناوگان خودران مشترک و کاهش احتمال تملک گسترده خودروهای خودران خصوصی پیشنهاد شده است (هابوچا^{۸۳} و دیگران، ۲۰۱۷). از نتایج تحقیق

⁸² Bosch

⁸³ Haboucha

⁸⁴ Chris Urmson

⁸⁵ Austin

⁸⁶ The Provisions of the Vienna Convention on Road Traffic of 1968 and National Regulations

⁷⁶ Greater Totonto Area

⁷⁷ Kloostra

⁷⁸ Roorda

⁷⁹ Tesla

⁸⁰ Uber

⁸¹ Waymo

خودروی خودران؟ و چه کسی؟ سازنده خودرو، توسعه دهنده نرم افزار یا صاحب خودرو؟ و هر کدام چه سهمی از مسئولیت حوادث احتمالی را بر عهده خواهد گرفت؟ سوم اینکه، آیا می توان به اندازه کافی از خودروی خودران در برابر حملات هکرها، بلکه از خطای نرم افزار ساده نیز محافظت کرد؟ چهارم، خودروی خودران افراد را وسوسه می کند تا بیشتر سفر کنند، زیرا هرگز در زمانی که در خودروی خودران هستند، وقت اشان هدر نمی رود و ضمناً کمتر خسته کننده و استرس زا خواهد بود. از طرفی دیگر این موضوع ممکن است باعث شود تمایل به زندگی حتی در حومه شهرها بیشتر شود. پنجم، فقط مطرح نمودن مهمترین موضوعات مرتبط با گسترش خودروی خودران باعث می شود میلیون ها راننده حرفه ای شغل خود را از دست دهند و پیدا کردن افراد جدید با مدارک حرفه ای پایین ممکن است یک مشکل جدی اجتماعی باشد. یک انقلاب عظیم نیز در انتظار قطعه سازان خودرو و کل شبکه توزیع، فروش و نگهداری به دلیل سقوط قابل توجه تولید است (ایگلینسکی^{۸۷} و بابجاک^{۸۸}، ۲۰۱۷). با توجه به موارد مطرح شده در تحقیق فوق نشان می دهد که موضوعات اجتماعی بسیار پیچیده تر و گسترده تر از موضوعات فنی و مهندسی خودروهای خودران می باشند و باید تحقیقات دقیق تری در این خصوص در کشورهای مختلف با توجه به شرایط اقتضایی آنها انجام شود.

عوامل فناورانه مرتبط با خودروی خودران

یکی از موضوعات پرکاربرد موضوع اینترنت است که تحقیقی با عنوان چارچوب اینترنت

عامل ها برای خودروهای متصل در خصوص سیستم کنترل ترافیک توزیع شده انجام شده است. در این تحقیق اذعان شده که با توسعه اینترنت اشیاء^{۸۹} که اشیاء از طریق اینترنت می توانند ارتباط برقرار کنند و مقوله خودروهای متصل به یک فناوری بالقوه برای حمل و نقل هوشمند تبدیل می شود (بویی^{۹۰} و جونگ^{۹۱}، ۲۰۱۷). در تحقیق دیگری مطرح شده که محیط هوشمند بر نحوه خدمات در شهرهای هوشمند مبتنی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات موثر است و این موضوع برای اجرای مدیریت منابع محیطی پیشنهاد می گردد (خمسه و دیگران، ۲۰۲۳، ۸۵). شامل استفاده از فناوری های پیشرفته برای محیط های شهری است که منجر به افزایش کیفیت زندگی شهروندان می شود. در این خصوص محققان بیان نموده که استفاده از محصولات فناورانه داخلی و تشویق مردم به استفاده از آنها در اولویت قرار دارد (خمسه و دیگران، ۱۳۹۰). به طور نمونه مفهوم اینترنت عامل^{۹۲} بر اساس ترکیبی بین اینترنت اشیاء و سیستم چند عاملی^{۹۳} معرفی شده است که اینترنت اشیاء را قادر می سازد با معماری هوشمند سازگار شود. به طور خاص، توسعه دستگاه های اینترنت اشیاء برای افزایش انعطاف پذیری، چابکی و قابلیت اطمینان، نیاز به عدم تمرکز^{۹۴} و توزیع^{۹۵} دارد. در این راستا، سیستم چند عاملی، امکان افزایش استقلال و انعطاف پذیری در محیط صنعتی را فراهم می کند که امکان افزایش از نظر ادغام و قابلیت همکاری برنامه ها و سیستم ها را فراهم می آورد. کنترل چراغ راهنمایی هوشمند^{۹۶} یکی از کاربردهای

^{۹۲} Internet of Agent (IoA)

^{۹۳} Multi-Agent System (MAS)

^{۹۴} Decentralize

^{۹۵} Distribute

^{۹۶} Smart Traffic Light Control (STLC)

^{۸۷} Iglinski

^{۸۸} Babjak

^{۸۹} Internet of Things (IoT)

^{۹۰} Bui

^{۹۱} Jung

خودروهای متصل با اینترنت اشیاء از نظر بهبود ترافیک در زمان واقعی و سهولت در مدیریت سیستم‌های حمل و نقل برای کاهش ترافیک است (فنگ^{۹۷} و دیگران، ۲۰۱۵). در تحقیق مذکور نویسندگان با الهام از فناوری‌های پیشرفته قبلی خودروها، یک رویکرد توزیع شده برای سیستم ترافیک هوشمند در تقاطع‌ها بر اساس ارتباط و همکاری میان عوامل متصل را ارائه نمودند که به عنوان اینترنت عامل‌ها نامگذاری شده است. در این سناریو، خودروهای متصل به طور خودکار با یکدیگر مذاکره می‌کنند تا تصمیم خود را برای عبور از تقاطع‌ها توسط خودشان با توجه به زمان رسیدن به تقاطع‌ها بگیرند (بویی و جونگ، ۲۰۱۷). در تحقیق بیان شده موضوع اینترنت اشیاء و اتصال همه چیزها در سالهای آتی پیش بینی شده است. لذا لازم است که در خصوص اتصال همه چیزهای مهم و ضروری به خودروی خودران بررسی دقیقتری شود. تحقیق دیگری با عنوان چه کسی مالک خودروی خودران من می‌باشد؟ اخلاق و مسئولیت در هوش مصنوعی و هوش انسانی انجام شده است. در تحقیق مطرح شده گفته شده که در واقع هیچ وسیله‌ای به اصطلاح خودران هم اکنون در اختیار نیست. زیرا خودران یعنی آنها کارها را بدون مراجعه به ما یا مخترعین یا سازندگانشان انجام دهند، لذا آنها انتخاب‌های واقعی نمی‌کنند. چنانچه در آینده واقعا خودران شوند، ممکن است آنها بسیار خطرناک و قدرتمند شوند و شروع به پاسخگویی نسبت به عملکرد خود کنند و از اشتباهاتی که مرتکب می‌شوند از آنها می‌آموزند. در واقع ما از درست انجام دادن یاد نمی‌گیریم و همانطور که کارل پوپر^{۹۸} استدلال می‌کند، از

اشتباه کردن یاد می‌گیریم. خلقت موجودات خودران نشانگر این است که نمی‌توان مالک آنها شد، زیرا خودران‌ها، خود مالک، خودتنظیم و خودگردان هستند، فقط به شرطی که آن استقلال را به روند دموکراتیک تسلیم کنند. یعنی به قانون شرکت‌ها گوش کنند. در همین راستا است که به عنوان مثال، استیون هاوکنینگ^{۹۹} گفته است: توسعه کامل هوش مصنوعی می‌تواند پایان نژاد بشر را رقم بزند. الون ماسک گفته است: ما باید بسیار مراقب هوش مصنوعی باشیم. به طور بالقوه خطرناک‌تر از تجهیزات هسته‌ای است (هریس^{۱۰۰}، ۲۰۱۸). لذا با توجه به نتایج تحقیق مذکور می‌توان بیان نمود که یکی از پرچالش‌ترین موضوعات خودروی خودران، موضوعات مرتبط با مسئولیت قانونی خودروی خودران است و باید دقیقاً مشخص شود در چه شرایطی، چه کسی و تا چه اندازه در بروز حوادث، مسئولیت قانونی دارد؟ بدیهی است که این موضوع تحقیقات گسترده‌ای نیاز دارد. البته تحقیقی دیگری با عنوان حملات امنیتی مبتنی بر بلاکچین، طرح‌های انعطاف‌پذیر برای خودروهای خودران در صنعت چهارم انجام شده است که در آن مطرح نموده که اتوماسیون خودروها یکی از کاربردهای سیستم حمل و نقل هوشمند^{۱۰۱} است و قبلاً توسط بسیاری از صنایع خودروسازی مانند اوبر، گوگل و توشیا به صورت آزمایشی در سراسر جهان مورد استفاده قرار گرفته است. این آزمایشات با بسیاری از مسائل ایمنی، حریم خصوصی و امنیتی مواجه شده است، مانند جعل هویت^{۱۰۲}، انکار سرویس^{۱۰۳}، زمان بندی و حملات کرم چاله^{۱۰۴}، که با توجه به ایمنی، نگرانی‌های زیادی را در مورد استفاده از

¹⁰¹ Smart Transport System(STS)

¹⁰² Impersonation

¹⁰³ Denial-of-Service (DoS)

¹⁰⁴ Wormhole Attacks

⁹⁷ Feng

⁹⁸ Karl Popper

⁹⁹ Steven Hawking

¹⁰⁰ Harris

را در هفت نقطه تأثیر خلاصه نموده است: (۱) زیرساخت های حمل و نقل، (۲) کاربری زمین و محیط ساخته شده، (۳) جریان ترافیک، (۴) انتخاب حالت حمل و نقل، (۵) حقوق حمل و نقل، (۶) مشاغل مربوط به حمل و نقل، و (۷) ایمنی تردد (سهرابی و دیگران، ۲۰۲۰).

ضمناً خلاصه مرور پیشینه ادبیات به همراه نتایج و همچنین نقد آنها در جدول شماره ۱ ارائه گردیده است:

آنها ایجاد می کند. اگرچه راه حل های زیادی در ادبیات برای مسائل فوق وجود دارد، اما اکثر آنها بر اساس معماری متمرکز است که دارای یک نقطه شکست است. لذا اقدامات متقابل برای حملات سایبری خودروهای خودران همراه با مسائل مربوط به پیاده سازی آنها مشخص و بررسی شد که چگونه بلاکچین می تواند بر این مسائل غلبه کند (گوپتا^{۱۰۵} و دیگران، ۲۰۲۰). تحقیقی با عنوان امنیت سایبری برای خودروهای خودران: مرور حملات و دفاع با پیشرفت فناوری انجام شده است. در نتیجه مشخص گردیده که حملات به خودروی خودران به سه دسته تقسیم می شوند: (۱) سیستم کنترل خودران^{۱۰۶}، (۲) اجزای سیستم های رانندگی خودران^{۱۰۷} و (۳) ارتباطات خودرو^{۱۰۸}. دفاع در برابر چنین حملاتی نیز به سه صورت طبقه بندی شد: (۱) معماری امنیتی^{۱۰۹}، (۲) تشخیص نفوذ^{۱۱۰} و (۳) تشخیص ناهنجاری^{۱۱۱} (کیم^{۱۱۲} و دیگران، ۲۰۲۱). تحقیق دیگری نیز با عنوان تأثیرات خودروهای خودران بر سلامت عمومی: یک مدل مفهومی و توصیه های سیاستی انجام شده است. نتیجه این بوده که یک مدل پیشنهاد شده که تغییرات احتمالی حمل و نقل پس از اجرای خودروهای خودران

جدول ۱. مرور پیشینه ادبیات به همراه نتایج و نقد آنها

ردیف	موضوع پژوهش	نام پژوهشگر و سال پژوهش	نتایج کلی پژوهش	نقد به پژوهش مرور ادبیات توسط محقق حاضر
۱	افکار سنجی در خصوص خودروهای خودران	دبی و دیگران، ۲۰۱۷	پذیرش بیشتر توسط مردان جوانتر و ساکنین شهرها	بررسی در خصوص اقشار مختلف و اجرای سیاستهای پذیرش فناوری انجام نشده است.

¹⁰⁹ Security Architecture

¹¹⁰ Intrusion Detection

¹¹¹ Anomaly Detection

¹¹² Kim

¹⁰⁵ Gupta

¹⁰⁶ Autonomous Control System

¹⁰⁷ Autonomous Driving Systems Components

¹⁰⁸ Vehicle-to-Everything Communications

۲	ارزیابی و عملکرد ناوگان خودران اشتراکی	لواب و کوکلن، ۲۰۱۹	کارکرد خودروی خودران با شبکه برق تجدید پذیر	بررسی همه جانبه فنی در شهرهای مختلف با توجه به آب و هوای متفاوت انجام نشده است.
۳	مالکیت فردی خودروی خودران	کروگر و دیگران، ۲۰۱۶	تملک گسترده خودروی خودران	بررسی برای تدوین قوانین و موضوعات مرتبط با ریسک های اجتماعی خودروی خودران انجام نشده است.
۴	تجزیه و تحلیل عملکرد شبکه حمل و نقل و سناریوهای عملیاتی	کلوسترا و روردا، ۲۰۱۹	احتمال کاهش سفرها با ضریب نفوذ ۹۰ درصد خودروی خودران،	بررسی برای محاسبه ریسک افزایش سفرها به دلیل راحتی و جذابیت سفرها انجام نشده است.
۵	آنالیز بالقوه خودروهای خودران در کاهش انتشار گازهای گلخانه ای در حمل و نقل جاده ای	ایگلینسکی و بابایک، ۲۰۱۷	احتمال کاهش گازهای گلخانه ای، وجود یک مشکل سیستمی گسترده تر نسبت به مشکلات فنی	بررسی همه جانبه در خصوص سوخت های مختلف قابل استفاده در خودروی خودران انجام نشده است.
۶	اینترنت عامل ها برای خودروهای خودران متصل	بویی و جونگ، ۲۰۱۷	سیستم پویای چراغ راهنمایی و رانندگی، افزایش استقلال و انعطاف پذیری سیستم خودروی خودران، مذاکره خودروها با همدیگر	بررسی اتصال خودروی خودران به چیزهای دیگر از طریق اینترنت اشیاء و ریسک و مزایای آن بررسی نشده است.
۷	چه کسی مالک خودروی خودران است؟ اخلاق و مسئولیت در هوش مصنوعی	هریس، ۲۰۱۸	اپراتور، سازنده یا توسعه دهنده سیستم با توجه به شرایط مختلف	قوانین مورد نیاز برای بحث مالکیت خودروی خودران و قوانین مرتبط با آن بررسی نشده است.
۸	ضرورت قانونی، کارآیی پارتویی و کشتار تعدیل شده در تصادفات خودروهای خودران	کیلینگ، ۲۰۱۸	استفاده از اصل پارتو برای تصمیم گیری در هنگام تصادف خودروی خودران	موضوع با توجه به قوانین کشورها یختلف می تواند متفاوت باشد.
۹	خودروهای خودران برای شهرهای هوشمند و پایدار: کاوش عمیق حریم خصوصی و پیامدهای امنیت سایبری	سی مین لیم و تاییحق، ۲۰۱۸	مقایسه دولت های مختلف کشورهای امریکا، انگلیس، چین، استرالیا، ژاپن، سنگاپور، کره جنوبی، آلمان، فرانسه در خصوص مقابله با خطرات مربوط به حریم خصوصی	بهترین تحقیقات این چنینی که مرتبط با قوانین و حقوق یک کشور است باید توسط پژوهشگران و دولتمردان همان کشور صورت گیرد که کاملاً واقف به قوانین باشند.
۱۰	تحولات کنونی در سیاست خودروهای خودران در ایالات متحده امریکا: تاثیر فدرالیسم در قوانین و سیاست های نظارتی ایالتی	سالاتیلو و فیلور، ۲۰۱۷	ارزیابی های ایمنی در خصوصی: اشتراک گذاری داده ها، حریم خصوصی، ایمنی سیستم، امنیت سایبری خودرو، رابط ماشین انسان، قابلیت تصادف و ...	شرایط هر کدام از موضوعات از یک کشور با کشور دیگر می تواند متفاوت باشد.
۱۱	سازگاری و چالش های خودروهای خودران برای عابران پیاده در شهرهای چین	وانگ و دیگران، ۲۰۲۰	اکتشافات بیشتری در خصوص تعاملات استاندارد انسان و خودرو باید بررسی شود.	با توجه به رفتار و فرهنگ های مختلف کشورها می تواند استاندارد تعاملات خودروی خودران با مردم آن کشور متفاوت باشد.
۱۲	حملات امنیتی مبتنی بر بلاکچین، طرح های انعطاف پذیر برای خودروهای خودران در صنعت چهارم	گوپتا و دیگران، ۲۰۲۰		_____

۱۳	امنیت سایبری برای خودروهای خودران	کیم و دیگران، ۲۰۲۱	حملات به خودروی خودران؛ سیستم کنترل خودران، اجزای سیستم های رانندگی خودران، ارتباطات خودرو	—
۱۴	تأثیرات خودروهای خودران بر سلامت عمومی، مدل مفهومی و توصیه های سیاستی	سهرابی و دیگران، ۲۰۲۰	تغییرات احتمالی پس از اجرای خودروی خودران: زیرساخت های حمل و نقل، کاربری زمین ها، جریان ترافیک، انتخاب حالت حمل و نقل، حقوق حمل و نقل، مشاغل مربوط به حمل و نقل، ایمنی تردد	—

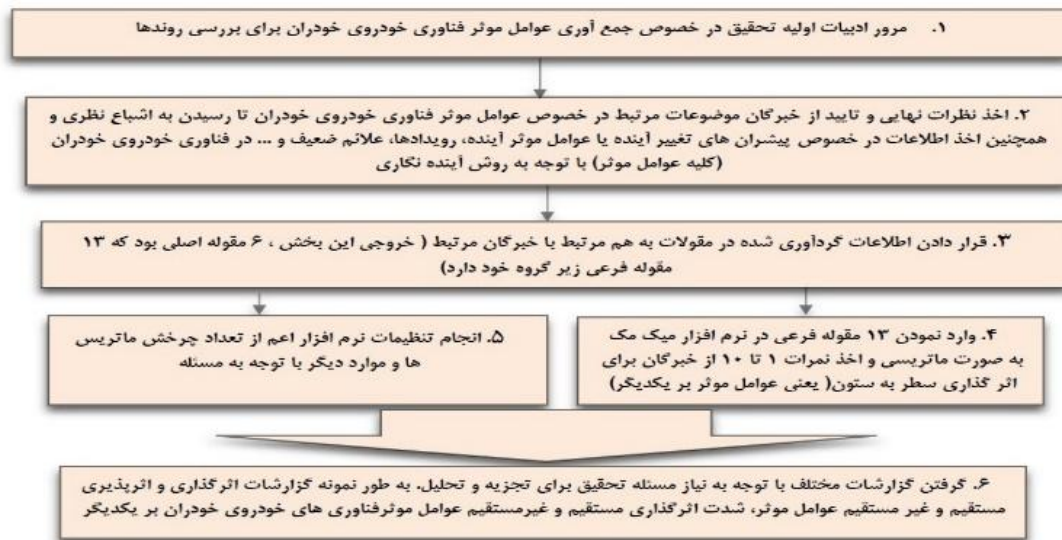
نتایج اخذ شده در جدول پیشینه پژوهش و نقدهای صورت گرفته توسط محققین حاضر، مبنایی برای شروع سؤالاتی شد که از خبرگان تحقیق حاضر برای تعیین و یا تایید عوامل موثر در فناوری خودروهای خودران پرسیده شد. عوامل موثر بر خودروهای خودران در گام بعدی با استفاده از نرم افزار میک مک تحلیل اثر متقابل و خوشه بندی گردید.

۳- روش پژوهش

با توجه به موضوع پژوهش حاضر به لحاظ هستی شناسی در بخش تفسیریون قرار دارد، یعنی موضوعاتی که به لحاظ شرایط اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی و فناورانه متغیرهای تحقیق می توانند تغییر کنند، و از طرفی دیگر از لحاظ معرفت شناسی نیز موضوع تحقیق در ناحیه نسبی گرایی است و کاملاً جهانشمول نیست و باید با توجه به شرایط هر جامعه روی این نوع موضوعات تحقیق علمی شود. لذا با توجه به تعیین پارادایم تحقیق با استفاده از دو موضوع معرفت شناسی و هستی شناسی مذکور می توان گفت، متدولوژی پژوهش حاضر از نوع کیفی است. استراتژی تحقیق نیز از نوع آینده نگاری

است. جامعه آماری پژوهش، متخصصین در حوزه هایی از قبیل: صنعت خودرو، فناوری اطلاعات و ارتباطات، فرهنگی و اجتماعی، پزشکی و بهداشت، پلیس و امنیت، سیاست، اقتصادی و موارد مرتبط دیگر بود. روش نمونه گیری از نوع غیر تصادفی بود و حجم نمونه نیز انجام مصاحبه تا مرحله اشباع نظری متغیرها بود. ابزار پژوهش، مصاحبه با خبرگان و همچنین استفاده از اسناد موجود در پیشینه ادبیات بود. تجزیه و تحلیل داده ها به اینصورت بود که ابتدا تحلیل مصاحبه ها و اسناد مکتوب، و سپس تجزیه و تحلیل با نرم افزار میک مک^{۱۱۳} انجام شد. توضیح اینکه، روش تحلیل تأثیر متقابل یک روش خبره بنیاد برای خلق نتایج کمی است. در این رویکرد از خبرگان خواسته می شود که احتمال وقوع رویدادهای مختلف را برآورد کنند (منزوی، ۱۳۹۲). نرم افزار میک مک نیز یک نرم افزار برای تحلیل اثرات متقابل عوامل مرتبط با آینده به منظور خوشه بندی است که تحقیق حاضر استفاده شده است. ضمناً جهت سهولت مطالعه و اهمیت این بخش، مراحل انجام تحقیق بصورت خلاصه در نمودار شماره ۱ ارائه گردیده است:

¹¹³ MICMAC/Matrix Of Crossed Impact
MultiPlications Applied to a Classification

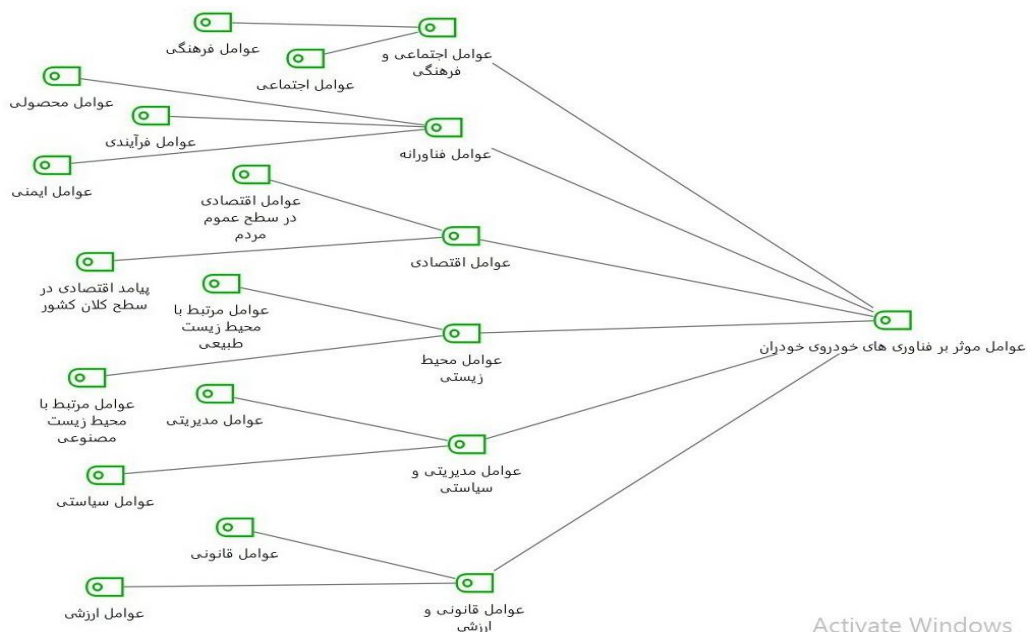


نمودار ۱. مراحل انجام تحقیق حاضر

۴- یافته ها:

خودران که با استفاده از مصاحبه با خبرگان و همچنین مرور پیشینه پژوهش استخراج گردید، ارائه شده است:

عوامل موثر بر فناوری خودروی خودران: در نمودار شماره دو، عوامل موثر بر فناوری خودروی



نمودار ۲. عوامل موثر فناوری خودروی خودران

سطح مقولات فرعی بستگی دارد. شش مقوله اصلی و مقولات فرعی آنها به این شرح می باشد:

نمودار فوق نشان می دهد که برای اینکه فناوری خودروی خودران در آینده در شرایط خوب و با کیفیت مناسبی در سطح کشور اجرا شود، به شش عامل در سطح مقوله اصلی و سیزده مقوله در

مدیریتی / عوامل سیاسی، ۶) عوامل قانونی و
ارزشی: عوامل قانونی / عوامل ارزشی.

**نمودار اثرگذاری مستقیم عوامل موثر خودروی
خودران بر یکدیگر:** در نمودار شماره سه، اثرگذاری
و اثرپذیری مستقیم عوامل موثر فناوری خودروهای
خودران، نشان شده است:

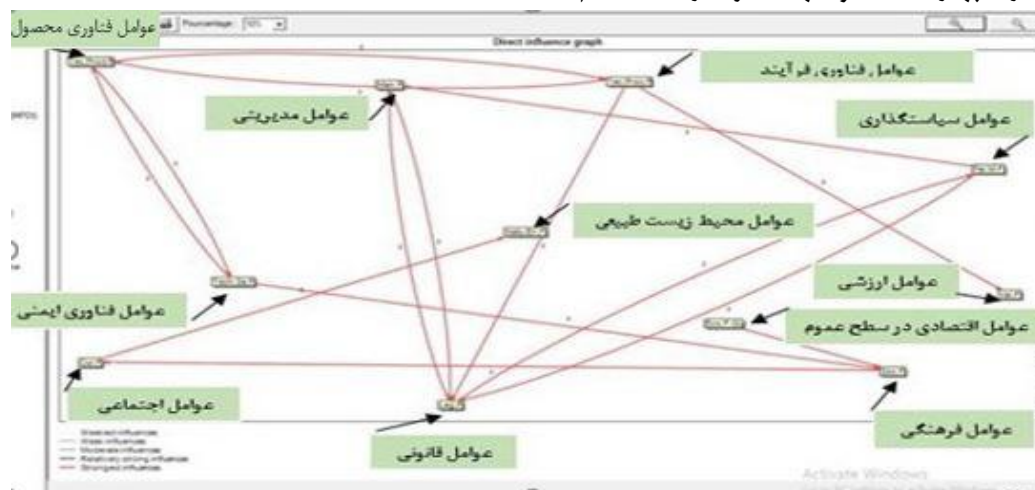
۱) عوامل اجتماعی و فرهنگی: عوامل فرهنگی /
عوامل اجتماعی، ۲) عوامل فناورانه: عوامل
محصولی / عوامل فرآیندی / عوامل ایمنی، ۳)
عوامل اقتصادی: عوامل اقتصادی در سطح عموم
مردم / عوامل اقتصادی در سطح کلان کشور،
۴) عوامل محیط زیستی: عوامل مرتبط با محیط
زیست طبیعی / عوامل مرتبط با محیط زیست
مصنوعی، ۵) عوامل مدیریتی و سیاسی: عوامل



نمودار ۳. اثرگذاری و اثرپذیری مستقیم عوامل موثر بر فناوری خودروی خودران

عوامل موثر فناوری خودروی خودران بر یکدیگر ارائه
شده است:

**نمودار شدت و جهت اثرگذاری مستقیم عوامل
موثر فناوری خودروی خودران بر یکدیگر:** در
نمودار شماره چهار، شدت و جهت اثرگذاری مستقیم

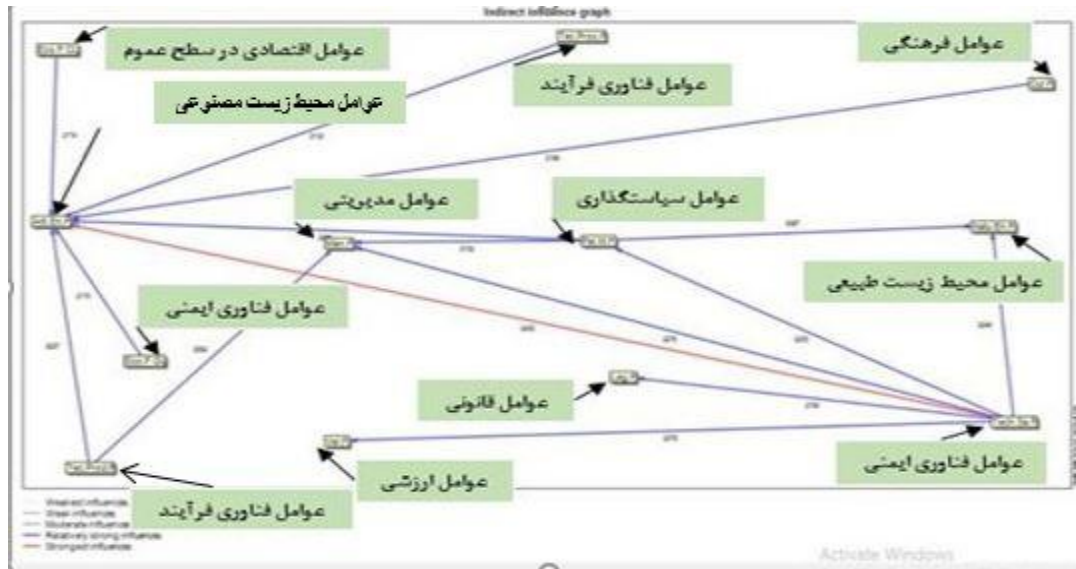


نمودار ۴. شدت و جهت اثرگذاری مستقیم عوامل موثر خودروی خودران بر یکدیگر

تحلیل اثر متقابل و خوشه بندی عوامل موثر بر خودروی خودران با رویکرد آینده نگاری

نمودار اثرگذاری غیر مستقیم عوامل موثر فناوری خوروهای خودران بر یکدیگر: در نمودار

شماره پنج، اثرگذاری غیرمستقیم عوامل موثر فناوری خودروی خودران بر یکدیگر نشان داده شده است:



نمودار ۵. اثرگذاری غیرمستقیم عوامل موثر فناوری خودروی خودران

روایی و پایایی ابزار پژوهش: قابلیت اعتبار در

پژوهش کیفی معادل روایی در پژوهش کمی است. یعنی میزان و درجه اعتماد به واقعی بودن یافته‌ها برای شرکت‌کنندگان در پژوهش است (Creswell, 2007). در پژوهش حاضر مطابق نظر کرسول (۲۰۰۷) برای کسب اطمینان از قابلیت اعتبار مناسب، توسط یک پژوهشگر مسلط در این حوزه نیز مورد کنترل بیرونی قرار گرفت و مطالب لازم به محقق اصلی منتقل و برای بالا بردن قابلیت اعتبار در نتایج تحقیق حاضر در نظر گرفته شد. ضمناً ضریب پایایی کاپای کوهن، یک معیار ارزیابی اعتبار تحلیل کیفی است و برای محاسبه توافق بین دو کدگذار در تحلیل کیفی استفاده می‌شود که با محاسبه این ضریب مشخص گردید که مقدار ضریب حدود ۰.۷۶ است که چون بین محدوده ۰.۶۰-۰.۷۹ است (Cohen, 1960)، لذا بیانگر ۳۵٪ تا ۶۳٪ اعتبار است که در محدوده متوسط اعتبار یک تحلیل کیفی است. از طرفی دیگر با توجه به اینکه داده‌های گردآوری شده از منابع مختلفی از قبیل مقالات و منابع اطلاعاتی متفاوت و مرتبط با خودروی خودران و خبرگان

در صنایع مختلف و همچنین با روش‌های مختلف گردآوری شد، لذا می‌توان گفت راهبرد مثلث سازی در ابزار گردآوری داده‌های پژوهش حاضر اجرا شده است. در نهایت با توجه به دو مطلب بیان شده می‌توان بیان نمود که ابزار پژوهش حاضر در بخش مصاحبه دارای روایی مناسب است. شاخص بعدی که بررسی شد، قابلیت اطمینان بود که در پژوهش کمی معادل پایایی است و به درجه تکرارپذیری داده‌ها گفته می‌شود (Creswell, 2007). در پژوهش حاضر برای کسب قابلیت اطمینان در زمان مصاحبه با خبرگان، با اجازه مصاحبه‌شونده، صدای ایشان ضبط و سپس این صداها به متن تبدیل شد و از این متن‌ها برای اصلاح متن‌های مصاحبه استفاده گردید. از طرفی دیگر برای افزایش قابلیت اطمینان در هنگام انجام مصاحبه، یادداشت‌برداری دقیق انجام و مجدداً این اطلاعات یادداشت شده با مطالب شنیده شده در صدای ضبط شده مقایسه و برای انجام کدگذاری مجدد و انجام اصلاحات استفاده گردید (Creswell, 2007). این دو فعالیت نیز باعث افزایش قابلیت اطمینان گردید

۵- بحث و نتیجه گیری:

هدف از این تحقیق، تحلیل اثر متقابل و خوشه بندی عوامل موثر بر فناوری خودروی خودران بود. از این جهت دارای اهمیت بود که با انجام این تحقیق، مشخص می‌شود که بر روی کدام عوامل و به چه نحوی باید تمرکز بیشتر و بر کدام عوامل، تمرکز کمتری نمود. دانستن همه این موضوعات قبل از اجرایی شدن فناوری خودروی خودران برای برنامه‌ریزی اجرا مفید خواهد بود. پاسخ سوال تحقیق این بود که خوشه‌بندی عوامل موثر فناوری های خودروی خودران و مقدار اثرگذاری و اثرپذیری متقابل آنها روی همدیگر مشخص گردید. همچنین مشخص شد که کدام عوامل، سیستم را دچار تحول می‌کنند و خودشان از سیستم اثر نمی‌گیرند، و کدام عوامل می‌توانند سیستم و عوامل دیگر را دچار تحول و پیشرفت نمایند و خودشان نیز مجدداً در این چرخه مثبت پیشرفت، دچار تحول مجدد شوند، و کدام عوامل از سیستم و عوامل دیگر، کمتر اثر می‌پذیرند، و کدام عوامل به عنوان برون‌داد سیستم و یا پایش سیستم هستند. با توجه به نتایج اخذ شده در بخش نتایج این تحقیق و مشخص شدن نمودارهای مختلف بین عوامل موثر فناوری خودروی خودران، می‌توان برنامه‌های مختلف را برای هر کدام از عوامل موثر به شرح زیر در نظر گرفت:

مطابق نمودار شماره ۳ نتایج تحقیق، عواملی از قبیل عوامل فناوری محصول، عوامل فناوری ایمنی در ناحیه روشن‌نگر نمودار قرار دارند و ناحیه عوامل روشن‌نگر نمودار اثرگذاری مستقیم عوامل موثر خودروی خودران بر یکدیگر نامیده می‌شوند. مفهوم آن این است که این عوامل دارای اثرگذاری خیلی بالا و اثرپذیری کم از دیگر عوامل و همچنین از سیستم هستند و می‌توانند به نوعی، خودشان باعث جابجایی سیستم و عوامل دیگر شوند و به یک حالت ثانویه نسبت به حالت اول منتقل شوند و عوامل دیگر را نیز به دنبال خود منتقل نمایند. مانند یک آهنربای قوی، عوامل دیگر را تحت تاثیر قرار می‌دهند و نظم سیستم را بر هم می‌زنند.

این عوامل معمولاً خودشان از عوامل دیگر اثر کمتری می‌گیرند و یا اثر نمی‌گیرند. لذا وقتی این عوامل به سیستم اضافه می‌شوند، سیستم موجود را برهم می‌زنند و در صورت تحول می‌توانند باعث دگرگونی در متغیرهای دیگر به طور نمونه در گروه عوامل محیط زیست مصنوعی یا طبیعی، عوامل ارزشی و یا عوامل قانونی شوند. در خصوص این آیتیم در مقایسه با مرور ادبیات، نتایج همسو می‌باشد. مثلاً در تحقیق کیم و دیگران (۲۰۲۱) که در مرور پیشینه پژوهش به آن پرداخته شده بود نیز به موضوعات ایمنی سیستم و امنیت سایبری خودروی خودران پرداخته بود که با نتایج تحقیق حاضر همسو می‌باشد. البته در این تحقیقات در خصوص اثرگذاری موضوعات امنیتی خودروی خودران بر موضوعات دیگر تحقیقی نشده بود. ولی در مورد اثرگذاری بر روی عوامل دیگر در تحقیق حاضر بحث گردیده است.

مطابق نمودار شماره ۳ نتایج تحقیق، عواملی از قبیل عوامل سیاستگذاری و عوامل مدیریتی در ناحیه ای قرار گرفته‌اند که هم اثرگذاری بالا و هم اثرپذیری بالایی بر روی سیستم و بازیگران دیگر دارند. این ناحیه عوامل بازتاب نمودار اثرگذاری مستقیم عوامل موثر خودروی خودران بر یکدیگر نامیده می‌شوند. یعنی با تغییر خودشان به علت اثرگذاری بالا بر روی عوامل دیگر، کل سیستم و عوامل دیگر را تحت تاثیر قرار می‌دهند. از طرفی دیگر، چون اثرپذیری بالایی نیز از سیستم دارند، خودشان نیز تحت تاثیر مجدد همان سیستم یا عوامل دیگر قرار می‌گیرند. بنابراین یک چرخه ایجاد می‌شود که به طور دائم، عوامل بر هم اثر می‌گذارند و باعث رشد و تحول در همدیگر می‌شوند. البته امکان تشکیل چرخه منفی نیز وجود دارد. به طور مثال در این تحقیق، عوامل مدیریتی در صورت تحول و پیشرفت می‌توانند باعث شوند که عوامل محیط زیست طبیعی یا مصنوعی و یا عوامل ارزشی یا عوامل گروه‌های دیگر نیز دچار تحول و پیشرفت شوند. از طرفی دیگر چون این گروه عوامل یعنی گروه

متغیرهای بازتاب، خودشان اثرپذیری بالا نیز از سیستم دارند، این تحولی که در عوامل دیگر ایجاد می‌کنند، مجدداً به خودشان نیز بر می‌گردد و دوباره خودشان دچار تحول می‌شوند و به همین صورت در چرخه مثبت و یا حتی گاهی در چرخه منفی دچار تغییرات می‌شوند. لذا این عوامل بسیار مهم هستند و باید تحت کنترل باشند. چون هر کاری که می‌کنند، مجدداً به خودشان نیز باز می‌گردد. در خصوص این دو عامل سیاستگذاری و مدیریتی در تحقیق سالاتیلو و فیلور (۲۰۱۷) بصورت کلی تحقیق شده بود که نتایج آن همسو با نتایج تحقیق حاضر بوده است. البته نحوه تحقیق و مکان تحقیق در ایالات متحده امریکا بود که با توجه به ماهیت این موضوع لازم است که با توجه به اختلافات فرهنگی، اجتماعی و فناورانه، تحقیقات در کشورهای مختلف با توجه به شرایط همان کشور انجام شود.

گروه دیگری که نمودار آن در بخش نتایج در نمودار شماره ۳ ارائه شده، گروهی است که در محدوده متغیرهای هدف قرار دارند و ناحیه عوامل پایش هدف نمودار اثرگذاری مستقیم عوامل موثر خودروی خودران بر یکدیگر می‌باشند. خاصیت این گروه این است که دارای اثرپذیری بالا و اثرگذاری پایین هستند. گروه عوامل محیط زیست مصنوعی، عوامل محیط زیست طبیعی، و عوامل ارزشی در تحقیق حاضر در این گروه قرار گرفته‌اند. یعنی تفسیر این عوامل با توجه به موقعیت‌اشان در نمودار فوق این است که وقتی عوامل گروه‌های دیگر بطور مثال در این مسئله، عوامل فناوری ایمنی یا عوامل فناوری محصول و یا عوامل دیگر تغییر می‌کنند، باعث می‌شوند این گروه عوامل نیز دچار تغییر شوند. ولی خودشان، اثر کمتری بر روی سیستم و عوامل دیگر دارند. به این گروه عوامل، معمولاً عوامل پایش اهداف نیز می‌توان گفت. این عوامل معمولاً برون‌داد سیستم را به ما نشان می‌دهند و چنانچه ما در سیستم فعالیتی انجام دهیم، می‌توانیم از تغییرات در این عوامل متوجه شویم که فعالیت‌های

ما بر روی سیستم آیا درست بوده است یا خیر. در مقایسه با مرور پیشینه پژوهش، نتیجه این بخش از تحقیق همسو با تحقیق ایگلینسکی و بابایاک (۲۰۱۷) است. البته فرق آن این است که در آن تحقیق آنالیز بالقوه خودروهای خودران را در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و موضوعات محیط زیست را تحقیق نموده و هیچگونه تحقیقی در خصوص اثرپذیری و اثرگذاری این عامل بر روی عوامل دیگر را انجام نداده است.

گروه دیگری از متغیرها وجود دارند که به آنها متغیرهای بلاتکلیف گویند. نام این ناحیه، عوامل بلاتکلیف نمودار اثرگذاری مستقیم عوامل موثر خودروی خودران بر یکدیگر نامیده می‌شوند. در این نمودار شماره ۳، بخش عوامل بلاتکلیف، با توجه به موقعیت قرارگیری گروه عوامل فرهنگی و عوامل اجتماعی از این خانواده می‌باشند. این عوامل، متغیرهایی هستند که باید آموزش داده شوند. چون اگر برای این متغیرها سیاستگذاری مناسب نشوند، در آینده مشکلات به وجود خواهد آورد.

بحث در خصوص نمودار شماره ۴ (شدت و جهت اثرگذاری مستقیم عوامل موثر خودروی خودران): یکی دیگر از نمودارهایی که در بخش نتایج تحقیق حاضر استخراج گردید، نمودار شدت اثرگذاری مستقیم عوامل موثر خودروی خودران است. بطور مثال، شدت اثرگذاری عوامل فناوری ایمنی روی عوامل فناوری محصول که رابطه قوی و دوطرفه در نمودار دارند، برنامه ریزی‌های مختلف و دقیق انجام داد. چون این عوامل اثرگذاری بالایی روی سیستم و عوامل دیگر دارند، می‌توان با اطمینان بیشتری روی عوامل فناوری ایمنی و عوامل فناوری محصول سرمایه‌گذاری نمود. ضریب اطمینان موفقیت در این پروژه‌ها بالاتر است. به طور نمونه در این تحقیق، رابطه بین عوامل اجتماعی بر عوامل محیط زیست طبیعی اثرگذار با شدت بالا و یکطرفه می‌باشد. همچنین رابطه بین عوامل سیاستگذاری بر عوامل مدیریتی نیز، یکطرفه با شدت بسیار قوی است. نکته دیگر این است که اگر رابطه‌ها

با رنگ آبی ضخیم در نمودار نشان داده شود، یعنی رابطه با شدت قوی است. در این نمودار این نوع رابطه را نداریم. در نهایت اینکه، رنگ آبی نازک، نشان دهنده رابطه متوسط و رنگ طوسی با ضخامت کم نشان دهنده رابطه ضعیف و نقطه چین هم نشان دهنده ضعیف ترین روابط می باشد. البته در تحقیق حاضر مطابق نمودار، روابط بسیار قوی است. چون با رنگ قرمز با ضخامت زیاد نشان داده شده اند. ضمناً در مقایسه با پیشینه پژوهش مرور شده، هیچکدام از تحقیقات در خصوص شدت و مسیر اثرگذاری عوامل فعالیت تحقیقاتی نکرده بودند. در تحقیق حاضر این فعالیت به طور کامل روی همه عوامل موثر فناوری های خودروی خودران انجام شده است. لذا این موضوع را می توان یکی از نوآوری های تحقیق حاضر در نظر گرفت. چون موضوع شدت و مسیر اثرگذاری دارای اهمیت بالایی برای برنامه ریزی و تصمیم گیری روی این عوامل دارد.

در نهایت مطابق گزارشات ارائه شده در بخش نتایج این تحقیق که در نمودار شماره ۵ با عنوان شدت و جهت اثرگذاری غیرمستقیم عوامل موثر خودروی خودران آورده شده است، مشخص گردید که رابطه بین عوامل فناوری ایمنی با عوامل محیط زیست مصنوعی و رابطه با شدت قوی ولی بطور غیر مستقیم است. مفهوم این است که در اثر تغییر یکی، دیگری هم تغییر می کند، البته، این رابطه بصورت یکطرفه از سوی عوامل فناوری ایمنی به سمت عوامل محیط زیست مصنوعی می باشد. بنابراین هر زمانی نیاز بود که تغییراتی در عوامل محیط زیستی مرتبط با خودروی خودران داده شود، می توان از طریق عوامل مرتبط با فناوری های ایمنی این فعالیت را انجام داد. البته باید دقت شود که این رابطه مطابق نمودار، رابطه یکطرفه است. یعنی از سوی عوامل محیط زیست مصنوعی با عوامل فناوری ایمنی رابطه ای وجود دارد. رابطه دیگری که در نمودار مذکور مشاهده شده است روابطی است که با رنگ آبی ضخیم نشان داده شده است، یعنی

دارای رابطه قوی هستند. مانند رابطه بین عوامل سیاستگذاری بر عوامل مدیریتی که مفهوم آن این است که می توان با سیاستگذاری های درست بر روی عوامل مرتبط با موضوعات مدیریت فناوری خودروی خودران اثرگذار بود. ضمناً این موارد نشان دهنده ارجحیت سیاستگذاری بر موضوعات مدیریتی است. هر چقدر سیاستگذاری درست باشد، مدیریت یک موضوع اجتماعی یا فنی آسانتر صورت می گیرد. در مقایسه با پیشینه پژوهش انجام شده در خصوص موضوعات سیاستگذاری و مدیریتی با نتایج این تحقیق همسو بوده است. به طور نمونه در تحقیق سهرابی و دیگران (۲۰۲۰) به تاثیرات خودروی خودران بر سلامت عمومی پرداخته است و توصیه های سیاستی مختلفی مدیریتی و سیاستگذاری در خصوص مسائل زیرساخت سیستم حمل و نقل و موارد دیگر ارائه شده است که نشان می دهد با نتایج تحقیق حاضر همسو می باشد.

بنابراین با توجه به نتایج اخذ شده و بحث های صورت گرفته در این تحقیق می توان نتیجه گرفت که خودروی خودران فقط یک فناوری فیزیکی نیست، فناوری خودروی خودران یک پدیده است و می تواند بر روی خیلی از ابعاد مختلف از قبیل عوامل اجتماعی، فرهنگی، فناوریانه، اقتصادی، محیط زیست، مدیریتی و سیاستگذاری و شاید موارد دیگر اثرگذار باشد و خودش نیز از این موضوعات می تواند اثر بپذیرد. این فناوری که پدیده چند بعدی محسوب می شود، برای بهتر اجرا شدن در سطح شهرهای مختلف کشور ایران، تلاش همه جانبه از سوی همه مردم، سازمان ها، دولتها می طلبد. از طرفی دیگر با توجه به اینکه نوع تحقیق حاضر از نوع آینده نگاری بود، موضوعاتی که در آن نتیجه گرفته شد می تواند برای سالهای بعد معتبر باشد و باید از الان شروع به فعالیتهای مختلف و رفع موانع در همه ابعاد گفته شده در خصوص فناوری خودروی خودران نمود. برای این همکاری، باید وزارتخانه ها یا سازمان ها و بنگاه های مرتبط طی جلسات مشترک تا جایی که ممکن است پروژه های مختلف در خصوص

عوامل موثر با مجریان مرتبط با آن و با مشارکت مردم، تعریف و اجرا نمایند. از موضوعات فنی و تخصصی در خصوص فناوری‌های جدید خودروی خودران گرفته تا موضوعات اجتماعی و فرهنگی، فناورانه، اقتصادی، محیط زیستی، سیاستگذاری و مدیریتی، و قانونی، ارزشی. البته لازم به ذکر است که از آنجاییکه تعداد زیادی از آیتم‌های مرتبط با این موضوع چون زیست محیطی در کشور ما متفاوت با کشورهای دیگر است، لازم است جداگانه تحقیقات علمی روی آنها انجام شود و با توجه به شرایط اجتماعی و فرهنگی کشور خودمان نتایج اخذ و اجرا گردد. لذا تحقیقات گسترده‌ای را در این خصوص و موضوعات مختلف مرتبط با این فناوری نیاز است که در آینده انجام شود. گرچه ممکن است بعضی از عوامل به خصوص عوامل سخت افزاری فناوری، قابل اجرا در همه کشورها با همان شرایط باشد و می‌توان موضوعات سخت افزاری را از کشوری

به کشور دیگر تعمیم داد. با توجه به اینکه در تحقیق حاضر تمرکز بر روی تحلیل اثر متقابل همه عوامل از قبیل عوامل اجتماعی، فرهنگی، فناورانه، اقتصادی، محیط زیستی، سیاستگذاری، مدیریتی و قانونی، بر همدیگر بوده است و به علت ماهیت این تحقیق، تمرکز بر تک تک عوامل مذکور نبوده است و در واقع یکی از محدودیت‌های تحقیق حاضر این موضوع بوده است. لذا پیشنهاد می‌شود محققان آتی بر روی این عوامل مختلف اجتماعی و فرهنگی، فناورانه، اقتصادی، محیط زیستی، سیاستگذاری و مدیریتی و قانونی، ارزشی بطور جداگانه تحقیقات علمی از نوع تحقیقات کیفی با استراتژی‌های مختلفی از قبیل تحلیل محتوی، و یا داده بنیاد انجام دهند. به این صورت که شاخص‌های هر عامل بصورت جداگانه شناسایی و راهکارهای در خصوص آماده‌سازی و بهبود این عوامل در کشور ایران را ارائه نمایند.

فهرست منابع فارسی

عباس، و حسینی شکیب، مهرداد. (۱۴۰۱). مدل کیفی کسب ارزش در حوزه فناوری اطلاعات مبتنی بر اقتصاد نوآوری با رویکرد داده بنیاد. آینده پژوهی مدیریت، دوره ۳۳، شماره ۱ (پیاپی ۱۲۸).

حنیفی، حمید، آذر، عادل، و منطقی، منوچهر. (۱۴۰۱). سناریو نویسی برای آینده خودروی بدون راننده، پژوهش های مدیریت در ایران، دوره ۲۶، شماره ۳.
علی آبادیان، علی، زمانی مقدم، افسانه، خمسه،

References:

- autonomous", electric vehicle fleet: Implications of vehicle & charging infrastructure decisions. *Transp. Res. Part Policy Pract.* 94, 243–254.
- Creswell, J. (2007). "Qualitative inquiry and research design: choosing among five approaches", Sage, pp. 201-220.
- Cohen, S.A., & Hopkins, D. (2019). "Autonomous vehicles and the future of urban tourism", *Annals of Tourism Research* 74 (2019) 33–42, <https://doi.org/10.1016/j.annals.2018.10.009>.
- Cohen, J. (1960). "A Coefficient of Agreement for Nominal Scales", *Educational and Psychological Measurement*, 20, 37-46. <http://dx.doi.org/10.1177/001316446002000104>.
- Dingus, T. A., Neale, V. L., Klauer, S. G., Petersen, A. D., & Carroll, R. J. (2006). The development of a naturalistic data collection system to perform critical incident analysis: An investigation of safety and fatigue issues in long-haul trucking. *Accident Analysis & Prevention*, 38, 1127–1136.
- EC. (2001). "A Practical Guide to Regional Foresight", FOREN(Foresight for Regional Development Network), Report EUR 20128, Luxembourg, December 2001.
- Favaro, F., Eurich, S., & Nader, N. (2018). "Autonomous vehicles, disengagements: Trends, triggers, and regulatory limitations", *Accident Analysis and Prevention* 110 (2018) 136–148.
- Fagnant, D.J., & Kockelman, K.M. (2014). The travel and environmental implications of shared autonomous vehicles, using agent-based model scenarios. *Transp.*
- Bansal, P., Kockelman, K.M., & Singh, A. (2016). "Assessing public opinions of and interest in new vehicle technologies", *An Austin perspective, Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 67 (2016) 1–14. Doi: 10.1016/j.trc.2016.01.019.
- Bosch, P.M., Becker, F., Becker, H., & Axhausen, K.W. (2018). "Cost-based analysis of autonomous mobility services". *Transport Pol.* 64, 76–91.
- Bonneau, V., Yi, H., Probst, L., Pedersen, B. & Lonkeu, O.K. (2017). "Autonomous cars: a big opportunity for European industry", *Digital Transformation Monitor (European Commission)*, available at: <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/monitor/content/autonomouscars-big-opportunity-european-industry> (accessed 1 June 2017).
- Berr, J. (2016) "Uber's audacious plan to replace human drivers". [Online]. Available: <https://www.cbsnews.com/news/ubers-audacious-plan-to-replace-human-drivers>.
- Bradley, K.L., & Matthew J.R. (2019). "Fully autonomous vehicles: analyzing transportation network performance and operating scenarios in the Greater Toronto Area", *Canada, Transportation Planning and Technology*, DOI: 10.1080/03081060.2019.1565159.
- Gold, C., & Bengler, K. (2014). "Taking over control from highly automated vehicles", *Advances in Human Aspects of Transportation*: Part II 8 64.
- Chen, T.D., Kockelman, K.M., & Hanna, J.P., (2016). "Operations of a shared,

- driving study data”, Analysis, 226 (2006).
- KPMG, (2012). “Self-driving cars”: The next revolution. New York. Retrieved from <http://www.kpmg.com/US/en/IssuesAndInsights/ArticlesPublications/Documents/self-driving-cars-next-revolution.pdf>.
- KPMG, C. (2015). “Autonomous Vehicles—The UK Economic opportunity.” KPMG LLP, United Kingdom. <https://www.smmmt.co.uk/wp-content/uploads/sites/2/CRT036586F-Connected-and-Autonomous-Vehicles-E2%80%93The-UK-Economic-Opportu...1.pdf>.
- Kim, K., Kim, J.S., & Park, J.H. “Cybersecurity for autonomous vehicles”: Review of attacks and defense, Computers and Security, <https://doi.org/10.1016/j.cose.2020.102150>.
- K.-H.N. Bui, J.J. Jung. (2017). “Internet of agents framework for connected vehicles: A case study on distributed traffic control system”, J. Parallel Distrib. Comput. (2017), <https://doi.org/10.1016/j.jpdc.2017.10.019>.
- Keeling. G., Legal N., (2018). “Pareto Efficiency & Justified Killing in Autonomous Vehicle Collisions”, 2018. Ethic Theory Moral Prac, <https://doi.org/10.1007/s10677-018-9887-5>.
- Kim, K., Kim, J.S., Jeong.S., & Park, J-H., (2020) “Cybersecurity for autonomous vehicles: Review of attacks and defense, Computers and Security, <https://doi.org/10.1016/j.cose.2020.102150>.
- Khamseh, A., Ghasemi, S., & Khamseh. (2023). A Model for the Success of Smart City Services with a Focus on Information and Communication Technology. International Journal of Supply and Operations Management, 10(1), 76-88. doi: 10.22034/ijssom.2022.109548.2474.
- Khamseh, A., Radfar, R., Moeini, E., & Madani, H. (2012). “A Survey of the Res. Part C: Emerg. Technol. 40, 1–13. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trc.2013.12.001>.
- Feng Y., Head, K.L., Khoshmagham, S. (2015) & Zamanipour, M. “A real-time adaptive signal control in a connected vehicle environment”, Transportation Research Part C: Emerging Technologies 55, 460–473.
- Gold, C., & Bengler, K. (2014). “Taking over control from highly automated vehicles”. Advances in Human Aspects of Transportation: Part II 8 64.
- Gora.P, & Rub. I, “Traffic Models for Self-driving Connected Cars”, Transportation Research Procedia, 14 (2016) 2207–2216. Doi: 10.1016/j.trpro.2016.05.236.
- Gupta, Rajesh., Kumari, A., & Tanwar, S., “A taxonomy of blockchain envisioned edge-as-a-connected autonomous vehicles”, Trans Emerging Tel Tech. 2020;e4009, <https://doi.org/10.1002/ett.4009>.
- Harris, J., “Who Owns My Autonomous Vehicle? (2018)”, Ethics and Responsibility in Artificial and Human Intelligence, Cambridge Quarterly of Healthcare Ethics (2018), Page 1 of 11. © Cambridge University Press. doi:10.1017/S0963180118000038.
- Howard, D. & D. Dai. (2014). “Public Perceptions of Self-driving Cars”: The Case of Berkeley, California. Presented at 93rd Annual Meeting of the Transportation Research, Washington, D.C.
- Haboucha, C. J., Ishaq, R., & Shiftan, Y. (2017). “User preferences regarding autonomous vehicles”. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 78, 37–49.
- Iglinski, H., & Babiak, M., “greenhouse gases (GHG) emissions”, International scientific conference on sustainable, modern and safe transport, Published by Elsevier, This is an open access article under the CC BY-NC-ND license.
- Klauer, S.G., et al. “The impact of driver inattention on near crash /crash risk: an analysis using the 100-car naturalistic

- Si M.L, Hazel.,T.(2018). “Autonomous Vehicles for Smart and Sustainable Cities”: An In-Depth Exploration of Privacy and Cybersecurity Implications, *Energies* 2018, 11, 1062; doi:10.3390/en11051062
www.mdpi.com/journal/energies. 2018.
- Salatiello, C., & Felver, T.B., “Current Developments in Autonomous Vehicle Policy in the United States”: Federalism’s Influence in State and National Regulatory Law and Policy. *Global Jurist*. 2017; 20170008.
- Singh, S. (2015). “Critical reasons for crashes investigated in the national motor vehicle crash causation survey”. (traffic safety facts crash Stats). Washington, DC: national highway traffic safety administration. 13th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems. Pp. 2–3.
- Sohrabi, S., Dadashova, B., Khreis., H., & Sener, I.N.(2021). “Quantifying the health and health equity impacts of autonomous vehicles”: A conceptual framework and literature review, *Journal of Transport & Health*, <https://doi.org/10.1016/j.jth.2021.101120>.
- See Madeleine de C.B., Lucky B., & Roeland W. de Bruin, (2016). Working paper: “Mapping the Legal Framework for the introduction into Society of Robots as Autonomous Intelligent Systems”, at p. 3-4, available on the Internet at http://www.caaai.eu/wp-content/uploads/2012/08/Mapping-L_N-fw-for-AIS.pdf.
- Thompson.C. (2016), “Tesla just revealed new cars and Model 3 will have fully self-driving hardware”. [Online]. Available: <http://www.businessinsider.com/tesla-announces-new-autopilot-self-driving-2016-10>.
- US Department of Transportation. (2015). “Connected Vehicle Frequently Asked Questions”. Retrieved Oct. 2015 from, http://www.its.dot.gov/connected_vehicle/connected_vehicles_FAQs.htm
- Underwood, S., (2014). “Automated vehicles forecast vehicle symposium opinion Success of Open Innovation Model Application in Iran’s Knowledge Base Corporation (Case Study: Biotechnology Corporation), *Indian Journal of Science and Technology*, Vol:5 Issue:10 October 2012 ISSN:0974-6846.
- Liam.Y; pp 94–5 © James Bridle. (2017). “Courtesy of the artist”. Text © 2019 John Wiley & Sons Ltd. Images: pp 92–3, 96–8 ©.
- Loeb, B., & Kochelman, K.M., “Fleet performance and cost evaluation of a shared autonomous electric vehicle (SAEV) fleet: A case study for Austin, Texas”, *Transportation Research Part A* 121 (2019) 374–385.
- Lonita, S.(2017). “Autonomous vehicles: from paradigms to technology, *IOP Conf. Series”: Materials Science and Engineering* 252 (2017) 012098 doi:10.1088/1757-899X/252/1/012098.
- Martin, B(1996), “Foresight in Science and Technology, *Technology Analysis & Strategic Management*”, Vol.7, pp.139-68.
- NHTSA(2015), “Traffic safety facts 2015: A compilation of motor vehicle crash data I fatality analysis reporting system and the general estimates system,” Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration, Washington, DC, USA, Tech. Rep. DOT HS 812 384.
- NSC. (2018). “More than 90% of crashes caused by human error”. Retrieved from <https://www.nsc.org/road-safety/safety-topics>
- NHTSA. (2016c). “DOT/NHTSA policy statement concerning autonomous vehicles 2016”, update to preliminary statement of policy concerning automated vehicles, 2013. Retrieved from http://www.aamva.org/NHTSADOTAutVehPolicyUpdate_Jan2016.
- NHTSA (2017b, October 6). USDOT releases 2016 fatal traffic crash data. Retrieved from <https://www.nhtsa.gov/press-releases/usdot-releases-2016-fatal-traffic-crash-data>.

- urban China”, Accident Analysis and Prevention, <https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105692>.
- Wilson, F. A., & Stimson, J. P. (2008). “Trends in fatalities from distracted driving in the United States”, 1999– 2008. American Journal of Public Health, 100, 2213–2219.
- Zhang, J., Wang. X., Yu, C., Liu. Z., & Wang. H.(2016). “Development of a Prediction Method for Driver’s Propensity”, Procedia Engineering, 137 (2016) 161–170. Doi: 10.1016/j.proeng.2016.01.246.
- survey”. Automated Vehicles Symposium 15–17
- University of Michigan Transportation Research Institute (UMTRI) (2015), “UMTRI survey shows driver concerns over autonomous cars”, available at: http://safecarnews.com/umtri-surveyshows-driver-concerns-over-autonomous-cars_ju6203/ (accessed 15 May 2017).
- Wang, K., Li, G., Chen, J., Long, Y., Chen, T., Chen, L., & Xia, Q.(2020). “The adaptability and challenges of autonomous vehicles to pedestrians in

Cross-Impact Balances and clustering of Factors Effecting Autonomous Vehicle by Foresight Approach

Hamid Hanifi

Ph.D. in Technology Management, Department of Technology Management,
Faculty of Management and Economics, Science and
Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Adel Azar (Corresponding Author)

Professor, Department of Industrial Management, Faculty of Management and
Economics, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Manouchehr Manteghi

Professor, School of Management and Industrial Engineering, Malek Ashtar
University of Technology, Tehran, Iran.

Abstract

Context: Fundamentally, movement is ensured by three components of the system such as: vehicle, driver and transportation infrastructure. Overtime, vehicles and infrastructure have improved significantly through technological development. However, the only constant component of this system, which is still risky in driving due to human limitations is the human being. The solution proposed by scientists in this field to solve this component is the use of autonomous vehicles.

Objective: In this research, an attempt has been made to analyze the Cross-Impact Balances and clustering of factors effecting autonomous vehicle, so that by focusing on the most important ones, before the import of this technology or even its development in Iran, the necessary preparations have been made.

Research method: according to the paradigm of the problem, the qualitative research methodology, the method of conducting it is foresight, the research population, experts in the automotive industry, the sample was randomly selected. Data collection tools were interviews. The software used was MICMAC software. Analysis of software output graphs was also done according to its standard.

Findings: Factors affecting autonomous vehicles were clustered. For example, product technology factors, safety technology factors, and economic factors in Iran are effective factors that have a high influence and a low dependence on autonomous vehicle technology.

Conclusion and Discussion: With the clustering created in the factors affecting autonomous vehicles, it is possible to make appropriate plans for implementation of autonomous vehicle technology so that we get the most benefit from this technology.

Key words: Autonomous Vehicle Technology, Driverless Car, Technology Foresight, Cross-Impact Balances (CIB), MICMAC software.