

تأثیر خودروهای خودران در کاهش مصرف سوخت و انتشار گازهای گلخانه‌ای

امیرحسین کرباسی^{۱*}، محمود صفارزاده^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه ریزی حمل و نقل، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت

مدرس؛ amirhosein.karbasi@modares.ac.ir

۲- استاد تمام برنامه ریزی حمل و نقل، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس؛

saffar_m@modares.ac.ir

چکیده:

در سال‌های اخیر توجه‌های زیادی به سمت ظهور فناوری‌های جدید در حوزه حمل‌ونقل بوده است که یکی از مهم‌ترین دستاوردهای آن ظهور خودروهای خودران بوده است. خودروهای خودران در سطح‌های مختلفی توصیف می‌شوند که سطح موردنظر بالاترین سطح خودرانی یعنی رانندگی بدون نیاز به راننده را می‌باشد. با توجه به ویژگی‌های منحصر به فرد خودروهای خودران، این خودروها قابلیت کاهش میزان مصرف سوخت و همچنین قابلیت سازگاری با سوخت‌های جایگزین جدید را دارا می‌باشند. هدف از این مطالعه بررسی عوامل تأثیرگذار در کاهش مصرف سوخت با استفاده از خودروهای خودران به صورت عادی و به صورت اشتراکی و با توجه به سوخت‌های جدید می‌باشد. نتایج مطالعات نشان می‌دهد که خودروهای خودران قابلیت کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی را با تأثیرگذاری بر عواملی همچون سرعت، رانندگی اقتصادی، کاهش تراکم، تغییر وزن وسایل نقلیه، حرکت در یک خط و تصادفات دارند. همچنین خودروهای خودران به صورت اشتراکی بدون تغییر در تقاضا با کاهش میزان مسافت طی شده خودروهای شخصی و با در نظر گرفتن مالیات بر کربن قابلیت کاهش مصرف سوخت را دارند.

کلمات کلیدی: خودروهای خودران، اقتصاد سوخت، گازهای گلخانه‌ای، خودروهای خودران اشتراکی.

۱. مقدمه

وسایل نقلیه خودران (AV^۱) تا چند سال آینده می‌توانند در خیابان‌ها و بزرگراه‌ها سهم قابل توجهی داشته باشند [1]. این خودروها با از بین بردن نیاز به انجام وظایف رانندگی برای مسافران باعث راحتی و لذت بردن آن‌ها از سفر می‌شوند و همچنین فرصت‌های پویایی جدید برای گروه‌هایی از مردم که تاکنون به دلیل محدودیت‌های تحرکی، از بخشی از مشارکت در زندگی عمومی محروم بوده‌اند را فراهم کرده‌اند [2].

همچنین وسایل نقلیه خودران تأثیر زیادی بر شهرها و مناطق ما خواهد داشت. این فناوری به سرعت در حال ظهور در سیستم حمل و نقل می‌باشد و به دنبال آن باعث تغییرات در مصرف انرژی خواهد شد؛ افزایش ایمنی، تأثیرات تغییرات آب و هوایی، بازده عملیات حمل و نقل از جمله تأثیرات وسایل نقلیه خودران در سیستم حمل و نقل می‌باشد [3]. تعدادی از گزینه‌ها برای بهبود وضعیت سوخت وسایل نقلیه و رفتارهای رانندگی مطرح شده است و فناوری‌های کارآمد انرژی توانسته‌اند توانایی قابل توجهی برای کاهش مصرف سوخت داشته باشند [4]. ارتباط بین فناوری‌های خودروی خودران و تغییرات تخمین شده در مصرف انرژی، توجه زیادی را به خود جلب می‌کند [3]. رفتار رانندگی خودرو خودران می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر میزان مصرف سوخت داشته باشد [5].

سؤال اصلی این است که خودروهای خودران تا چه اندازه‌ای در مصرف انرژی تأثیرگذارند؟ اینکه آیا علاوه بر خودروهای خودران، خودروهای خودران به صورت اشتراکی و همچنین خودروهای خودران به صورت هیریدی نیز در مصرف انرژی تأثیرگذار خواهند بود؟ ما این مطالعه را با توسعه سناریوهای مختلف تقاضای انرژی بررسی می‌کنیم [3].

۲. تعریف خودروهای خودران

سازمان ملی ترافیک بزرگراه آمریکا (NHTSA) سعی کرده است تا با تعریف سطوح مختلف خودرانی (شکل ۱) بحث و گفتگوهای فنی در مورد خودروهای خودران (AV) را بیان کند. پایین‌ترین سطح بدون هیچ‌گونه خودرانی است، جایی که راننده کنترل کامل فرمان، گاز و ترمز را در دست دارد. وسایل نقلیه با سطح ۲ خودرانی، مانند کنترل کروز انطباقی و مرکز خط، در حال حاضر در تولید و در بازار جهانی موجود است. در سطح ۳، راننده می‌تواند موقتاً توجه خود را از کار رانندگی به فعالیت‌های دیگر متمرکز کند، اما باید در طی چند ثانیه متوجه شود که کنترل ماشین را در دست دارد. در سطح ۴، سیستم‌های خودران به طور کامل جایگزین راننده می‌شوند. در این مطالعه، ما از اصطلاحات خودرانی برای اشاره به سیستم‌های خودکار سطح ۴ استفاده می‌کنیم [6].

1. Autonomous vehicles



شکل ۱- سطوح خودرانی [6].

۳. تأثیر خودروهای خودران بر مصرف سوخت

تأثیر انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG^۱) بر اساس فروش خودرو، نرخ بقا، فاصله سالانه سفر، اقتصاد سوخت و شدت انتشار گازهای گلخانه‌ای به طور گسترده‌ای در مطالعات مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد که در این مطالعه به بررسی تأثیر این خودروها از لحاظ نرخ مصرف سوخت می‌پردازیم.

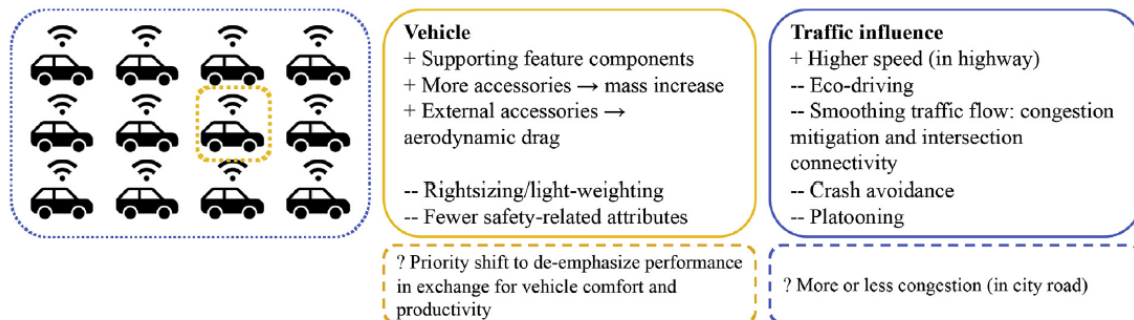
خودروانی خودرو ممکن است منجر به تغییرات در اقتصاد سوخت به روش‌های مختلف شود، همان‌طور که در شکل (۳) نشان داده شده است. این خودروها می‌توانند به عنوان یک نیروی اقتصادی یا به سوختی با هزینه اقتصادی تبدیل شود. نیروها در این مطالعه به دو دسته تقسیم می‌شوند: وسیله نقلیه و تأثیر ترافیک. شاخه وسیله نقلیه خود شامل تغییرات در اندازه خودرو، وزن، شکل، لوازم جانبی و غیره می‌شود که مربوط به تغییرات در خودروهای شخصی است [7]. در مطالعه آقای مرسکی نشان داده شد خودروهای خودران که بدون توجه به کارایی طراحی شده‌اند، می‌تواند اقتصاد سوخت را تا ۳ درصد بهبود دهند [5]. با این حال، تأثیر ترافیک بر میزان تأثیر رفتار رانندگی تا حدی بیشتر است. بخش زیر هر یک از عوامل را برای انجام یک تجزیه و تحلیل جامع معرفی می‌کند.

۳-۱. رانندگی اقتصادی^۲

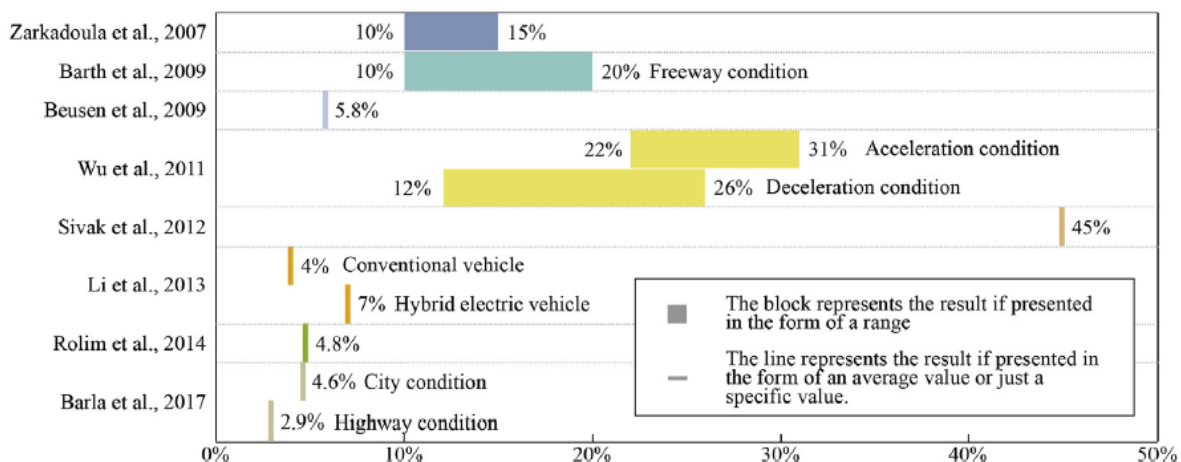
رانندگی اقتصادی می‌تواند به استفاده از سوخت کمک شایانی می‌کند، از جمله شتاب زدایی یا کاهش سریع، حفظ سرعت رانندگی، حذف رانندگی بیش از حد و غیره. شکل (۳) تحقیقات اخیر در مورد اثر رانندگی

1. greenhouse gas
2. Eco-driving

اقتصادی بر اقتصاد سوخت را نشان می‌دهد. نتایج بسیار متفاوت از یکدیگر هستند، اما مقدار متوسط حدود ۵٪ است.



شکل ۲- پتانسیل تأثیرات اقتصادی سوخت در اثر توسعه و استقرار خودروهای خودران [7].



شکل ۳- تأثیر رانندگی اقتصادی بر اقتصاد سوخت [7].

۳-۲. سرعت بالا^۱

با افزایش سطح اطمینان، خودروهای خودران ممکن است سرعت را افزایش دهند تا تجربه مسافرت راحت تر و سریع تر برای مسافران فراهم شود. با این حال، سرعت‌های بالا به میزان بالای مصرف سوخت منجر خواهد شد. با توجه به همه ملاحظات سرعت، افزایش مصرف سوخت برای خودروهای خودران به میزان ۳ تا ۱۰ درصد خواهد بود.

1. High speed

۳-۳. کاهش جریان ترافیک^۱

عوامل مختلف سبب ترافیک می‌شوند. کاهش میزان ترافیک اهرمی است که با استفاده از خودروهای خودران می‌توان میزان سوخت خودروها را کاهش داد. یلچورو و همکاران نشان دادند که با استفاده از خودرو خودران می‌توان مصرف سوخت را ۵٪ بهبود بخشید.

۳-۴. جلوگیری از تصادفات^۲

با بهبود ایمنی، حوادث مربوط به خطاهای انسانی کاهش می‌یابد. اکثر مطالعات بر تأثیر اقتصادی تصادفات تمرکز دارند. با توجه به تحقیقات استفانس و همکاران، کاهش برخورد منجر به تراکم ترافیک، باعث کاهش مصرف سوخت می‌شود، و با استفاده از خودروهای خودران می‌تواند مصرف سوخت را با تا ۱/۹٪ کاهش یابد.

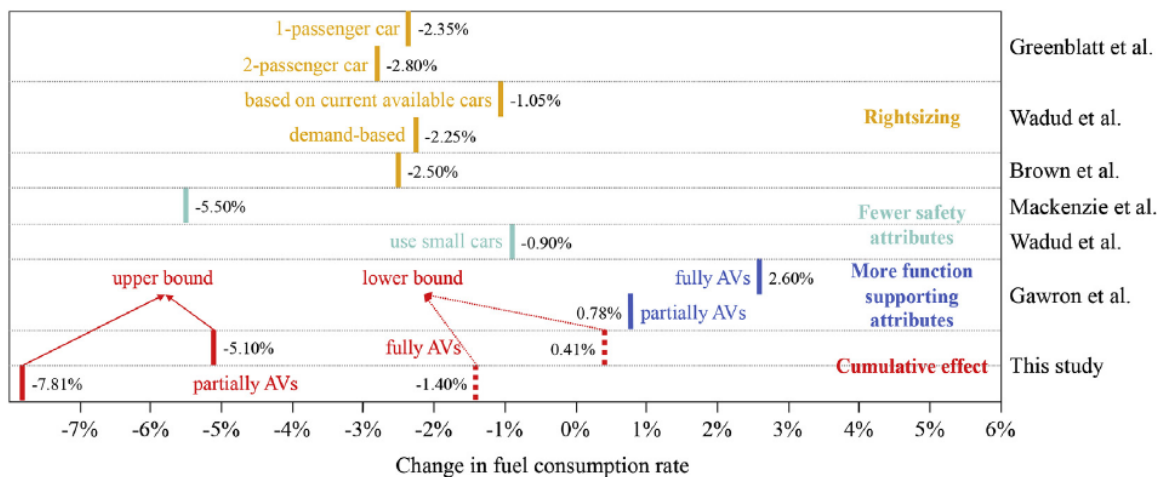
۳-۵. حرکت در یک خط^۳

حرکت در یک خط وسایل نقلیه به دلیل کاهش سرعت آپرودینامیکی، به‌ویژه در کنار رانندگی خودران، منجر به بهبود اقتصادی سوخت می‌شود. باین حال، مطالعات در این قسمت عمدتاً بر وسایل نقلیه سنگین به‌جای وسایل نقلیه مسافربری تمرکز می‌کنند. به دلیل عدم پشتیبانی از داده‌ها، در این تحقیق، تأثیر بر مصرف سوخت خودرو مسافرتی مورد توجه قرار نگرفته است. باین حال باید اذعان کرد که حرکت در یک خط عامل مهمی است.

۳-۶. تغییر وزن^۴

رفتار مصرف‌کننده فشار زیادی را بر روی صرفه‌جویی در انرژی خودرو وارد می‌کند. معرفی خودروهای خودران یک‌راه حل جدید برای این مشکل را فراهم می‌کند اما باعث رشد وزن خودرو در برخی از جنبه‌ها می‌شود که در شکل (۴) نشان داده شده و خلاصه شده است.

-
1. Smoothing the traffic flow
 2. Crash avoidance
 3. Platooning
 4. Weight change



شکل ۴- تغییر در میزان مصرف سوخت ناشی از وزن [7].

۳-۷. موارد دیگر

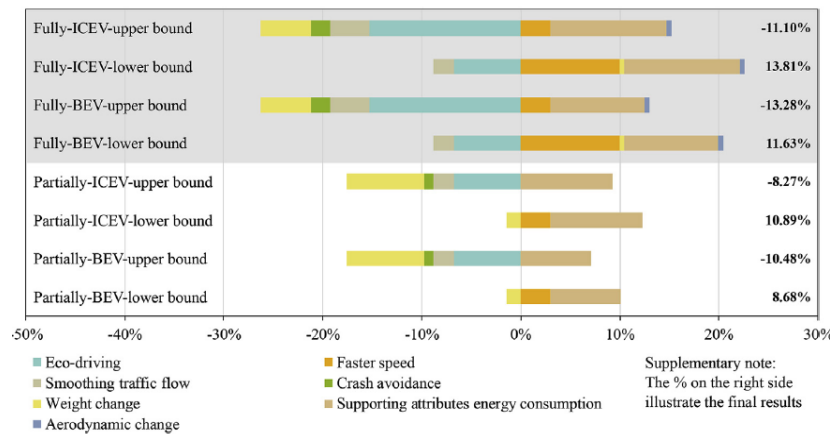
موارد دیگری اعم از انرژی مصرفی برای انتقال داده^۱ و همچنین کشش آیرودینامیکی^۲ در این بخش تأثیر گذارند. به طور خلاصه می توان انواع تأثیرهای خودروهای خودران بر میزان مصرف سوخت در دو حالت وسایل نقلیه موتور احتراق داخلی^۳ (ICEVs) و وسایل نقلیه الکتریکی^۴ (BEV) را در حد بالا و حد پایین خود در شکل (۵) ملاحظه کرد [7].

۳-۸. مالیات کربن و خودروهای خودران اشتراکی

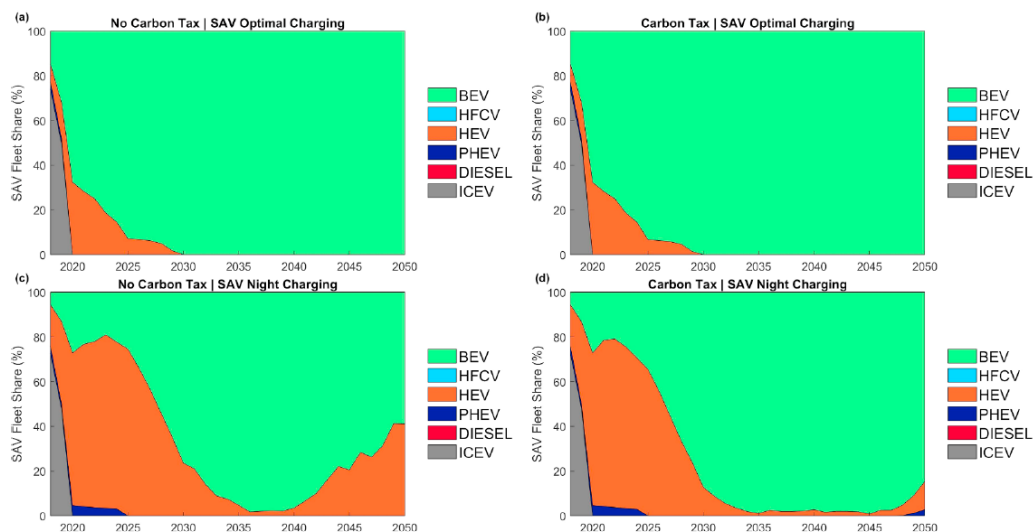
وسایل نقلیه موتور احتراق داخلی (ICEVs) با سوخت بنزین، یکی از مشکل سازترین و گران ترین اجزای سیستم های فعلی انرژی هستند که جایگزین آنها باعث پایداری بیشتر شرایط محیط زیستی می شود. بخش اعظم سوخت گیری در بخش حمل و نقل نیازمند تغییر از ICEV به فن آوری های جایگزین مانند وسایل نقلیه الکتریکی هیبریدی^۵ (HEVs)، وسایل نقلیه الکتریکی هیبریدی پلاگین^۶ (PHEVs)، وسایل نقلیه الکتریکی (BEV) و وسایل نقلیه سوخت هسته های هیدروژن^۷ (HFCVs) هستند. برای سنجش وسایل نقلیه خودران اشتراکی دو سناریو در نظر گرفته شده است که تأثیرات این خودروها را در دو سطح بدون مالیات کربن و با مالیات کربن با توجه به فناوری های ذکر شده تا سال ۲۰۵۰ نشان می دهد که شکل (۶) می توان مشاهده کرد.

1. Supporting attribute energy consumption
2. Aerodynamic drag
3. internal combustion engine vehicle
- 4 battery electric vehicles
- 5 hybrid electric vehicle
- 6 plug-in hybrid electric vehicles
- 7 hydrogen fuel cell vehicles

شکل (۶)، تکامل فن آوری خودروهای خودران اشتراکی را در چهار سناریو مشخص می کند که آیا یک مالیات بر کربن وجود دارد یا خیر. هر سناریوی تصریح می کند که خودروهای اشتراکی قابلیت جایگزینی خودروهای شخصی در ۷۰ درصد مقدار مایل سفر شده با نرخ ۱۰، (یعنی اشتراک گذاری بر روی تقاضای سفر تأثیری ندارد) را دارند. این نتایج تأیید قابل توجهی را نشان می دهد که خودروهای خودران اشتراکی مسافت پیموده شده سالانه خود را بالا می برند، و یک بخش پذیرش مناسب برای فن آوری های سوخت های جایگزین مانند وسایل نقلیه الکتریکی هیبریدی (HEV) مناسب برای فن آوری های سوخت های جایگزین مانند وسایل نقلیه الکتریکی هیبریدی (HEV) و وسایل نقلیه الکتریکی (BEV) را تشکیل می دهند. در هر چهار سناریو، خودروهای الکتریکی تا سال ۲۰۳۰ بیش از نیمی از ناوگان خودروهای خودران اشتراکی را تشکیل می دهد.

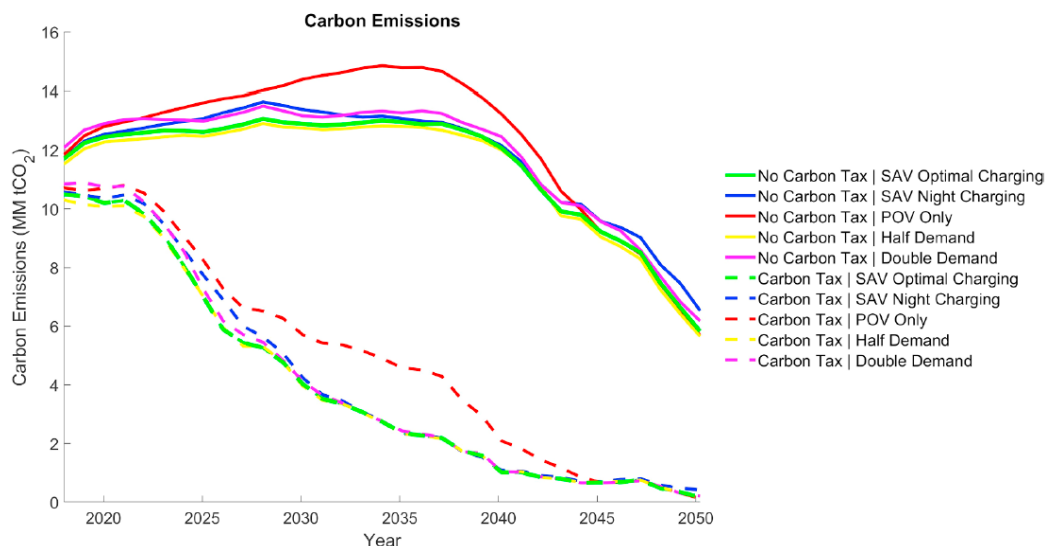


شکل ۵- خلاصه ای از تأثیرات در اقتصاد سوخت [7].



شکل ۶- تکامل فناوری خودروهای خودران اشتراکی در سناریوهای مختلف [8].

در این مطالعه نیز میزان انتشار گاز CO₂ را کربن را در حالت‌های بدون مالیات کربن و با مالیات کربن تحت حالت‌های شارژ بهینه، شارژ شبانه خودرو، تقاضا نیمه، تقاضا دوگانه در نظر گرفته شد که در شکل (۷) می‌توان مشاهده کرد. واضح‌ترین گروه‌بندی این سناریوها به واسطه سیاست، با مالیات بدون کربن و مالیات کربن به دنبال مسیرهای کاملاً متفاوت است. حتی در سناریوهای مالیاتی بدون کربن، هزینه‌های کاهش مصرف برق و فناوری حمل و نقل باعث کاهش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در سال ۲۰۳۵ می‌شود و میزان انتشار CO₂ سالانه در سال ۲۰۵۰ تقریباً نصف آن‌ها در سال ۲۰۱۵ است. افزایش مالیات بر کربن باعث می‌شود که انتشار گازهای گلخانه‌ای به شدت پس از سال ۲۰۲۱ کاهش یابد و تا افق زمانی ۲۰۵۰ نزدیک به صفر شود [8].



شکل ۷- کل انتشار CO₂ سالانه [8].

۴. نتیجه‌گیری

در این مطالعه به بررسی عوامل تأثیرگذار در کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی با توجه به خودروهای خودران پرداخته شد. نتایج مطالعات نشان می‌دهد که استفاده از خودروهای خودران می‌تواند مصرف سوخت را کاهش دهد اما توجه به این نکته مهم است که میزان مشارکت این خودروها در سیستم حمل و نقل باید افزایش یابد تا تأثیر این خودروها چشمگیر باشد.

نتایج نشان می‌دهد که خودروهای خودران می‌توانند با استفاده از فناوری‌های الکتریکی و همچنین هیبریدی مصرف سوخت را کاهش دهند و گام مهمی در حرکت از سوخت‌های فسیلی به سوخت‌های هیبریدی و الکتریکی بردارند. در این مطالعه عوامل مختلفی همچون سرعت، رانندگی اقتصادی، کاهش تراکم، تغییر وزن وسایل نقلیه، حرکت در یک خط و تصادفات موردسنجش قرار گرفت و نتایج نشان داد که اکثر عوامل باعث کاهش میزان سوخت می‌شود اما

عواملی همچون سرعت بالا در این وسایل باعث مصرف سوخت بیشتر می شود که این نتیجه نشان می دهد که باید توجه بیشتری به سیاست گذاری در مورد سرعت مجاز و همچنین حرکت از سمت سوخت های فسیلی به سمت سوخت های هیبریدی و الکتریکی شود.

همچنین در این مطالعه تأثیر اشتراکی شدن خودروهای خودران در کاهش مصرف سوخت مورد توجه قرار گرفت. این تأثیر در دو حالت بدون وضع مالیات بر کربن و همچنین با وضع مالیات کربن صورت گرفت که نتایج نشان می دهد که خودروهای خودران می توانند با توجه به فناوری های سوختی جدید جایگزین خوبی برای خودروهای قدیمی و حتی خودروهای خودران شخصی شوند به دلیل اینکه باعث کاهش در مسافت طی شده توسط خودروهای شخصی می شوند. در این مطالعات میزان تأثیرگذاری خودروهای خودران اشتراکی نیز مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می دهد که حتی بدون وضع مالیات بر کربن با استفاده از خودروهای خودران اشتراکی میزان انتشار کربن کاهش می یابد گرچه با وضع مالیات در سال ۲۰۵۰ تقریباً میزان انتشار کربن به صفر می رسد. در این مقاله مطالعات مربوط به سیاست گذاری قیمت در نظر گرفته نشده است که می تواند به عنوان تحقیقات آینده مورد استفاده قرار گیرد.

۵. مراجع

1. Fagnant, Daniel J., and Kara M. Kockelman. (2014). "The Travel and Environmental Implications of Shared Autonomous Vehicles, Using Agent-Based Model Scenarios." *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 40: 1–13. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trc.2013.12.001>.
2. Gasser, Tom Michael. 2016. "Law and Liability." *Autonomous Driving: Technical, Legal and Social Aspects*: 519–21.
3. Ross, Catherine, and Subhrajit Guhathakurta. (2017). "Autonomous Vehicles and Energy Impacts: A Scenario Analysis." *Energy Procedia* 143: 47–52. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.12.646>.
4. Wu, Changxu, Guozhen Zhao, and Bo Ou. (2011). "A Fuel Economy Optimization System with Applications in Vehicles with Human Drivers and Autonomous Vehicles." *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 16(7): 515–24.
5. Mersky, Avi Chaim, and Constantine Samaras. (2016). "Fuel Economy Testing of Autonomous Vehicles." *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 65: 31–48. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trc.2016.01.001>.
6. Zmud, Johanna P., and Ipek N. Sener. (2017). "Towards an Understanding of the Travel Behavior Impact of Autonomous Vehicles." *Transportation Research Procedia* 25: 2500–2519. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.281>.
7. Liu, Feiqi, Fuquan Zhao, Zongwei Liu, and Han Hao. (2019). "Can Autonomous Vehicle Reduce Greenhouse Gas Emissions? A Country-Level Evaluation." *Energy Policy* 132(December 2018): 462–73. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301421519303830>.
8. Jones, Erick C., and Benjamin D. Leibowicz. (2019). "Contributions of Shared Autonomous Vehicles to Climate Change Mitigation." *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 72(May): under review. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.05.005>.