فن‌آوری رانندگی سازگار با محیط زیست: یک راهکار موثر و اقتصادی در کاهش مصرف سوخت و انتشار گازهای گلخانه‌ای

احمد اصل هاشمی[۱] , فاطمه یعقوبی رودپشتی [۲]، غلامحسین صفری[۳*]

۱- عضو هیات علمی گروه سلامت و ایمنی ترافیک، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز

۲- دانشجوی کارشناسی مهندسی بهداشت محیط ، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز

۳*- استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز

*ایمیل نویسنده مسئول: hsafari13@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۳۱

چکیده

حمل و نقل جاده ای مقادیر قابل توجهی سوخت فسیلی مصرف می کند و سهم قابل توجهی از انتشار CO_2 و سایر آلاینده ها در سراسر جهان را شامل می شود. بخش حمل و نقل حدود ۲۰ تا ۲۵ درصد از انرژی جهانی را مصرف می‌کند و مسئول تقریباً ۲۵ درصد از انرژی جهانی مرتبط با انتشار CO_2 است که ۷۵ درصد آن از طریق حمل و نقل جاده‌ای نشر می‌یابد. رانندگی سازگار با محیط زیست یکی از ۴۰ اقدامی است که باید تا سال ۲۰۵۰ در کاهش ۶۰ درصدی آلودگی ناشی از ترافیک مشارکت نماید. فناوری رانندگی سازگار با محیط زیست را می‌توان مجموعه‌ای از انتخاب‌ها و رفتارهای اتخاذ شده توسط رانندگان در راستای صرفه جویی در مصرف انرژی و حفظ محیط زیست تلقی کرد. این تکنولوژی، اقدامی نسبتاً کم هزینه و فوری به منظور کاهش قابل توجه مصرف سوخت و انتشار آلاینده ها است. نتایج مطالعات در این زمینه نشان می دهد که اگرچه بازده موتور خودروها به دلیل دستاوردهای تکنولوژیکی اخیر و ادغام انواع سوخت‌های جدید توسعه یافته است، اما رفتار رانندگان متناسب با این توسعه بهبود نیافته است. با این حال، انتظار می‌رود که با آموزش رانندگان و اطلاع‌رسانی مناسب، این موضوع بیشتر به کاهش مصرف سوخت و انتشار گازهای گلخانه‌ای مضر کمک نماید. عوامل اصلی و عمده موثر بر رانندگی سازگار با محیط زیست شامل شتاب/کاهش سرعت، سرعت رانندگی، انتخاب مسیر و در جا کار کردن خودروو می‌باشد. پژوهش حاضر یک مطالعه‌ای مروری است که داده‌های آن از طریق مطالعات کتابخانه‌ای به دست آمده است. هدف از این مطالعه بررسی و مقایسه عوامل اصلی موثر در اجرای فناوری رانندگی سازگار با محیط زیست می‌باشد و در نهایت، چالش‌ها و جهت تحقیقات آتی برای فناوری رانندگی سازگار با محیط زیست پیشنهاد داده شده است. بهر حال، با توجه به قیمت نجومی سوخت و دغدغه حفظ منابع طبیعی و انرژی، یکی از بهترین و منطقی‌ترین راهکارهای بشر در راستای توسعه پایدار، صرفه‌جویی در مصرف انرژی و حفظ محیط‌زیست، فناوری رانندگی سازگار با محیط زیست می‌باشد.

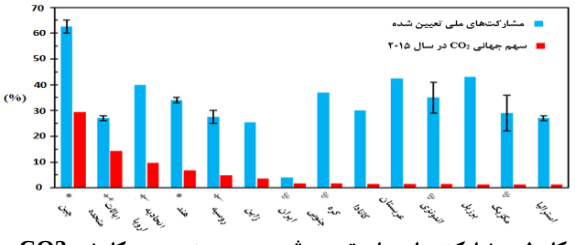
کلمات کلیدی

"رانندگی سازگار با محیط زیست"، "ایمنی ترافیک"، "مصرف سوخت"، "حفظ محیط زیست"، " رد پای کربن"

۱- مقدمه

کاهش آلودگی محیط زیست و تغییرات اقلیمی ناشی از انسان و همچنین وابستگی زیاد به منابع تجدید ناپذیر برای تولید انرژی از مهمترین چالش هایی است به عنوان اولویت توسط اهداف پایداری سازمان ملل متحد و توافق سبز اروپا مورد توجه قرار گرفته است. نگرانی های جهانی در مورد گرم شدن زمین و کاهش سوخت های فسیلی، بسیاری از کشورها را وادار به انجام اقدامات جدی تری در زمینه صرفه جویی در انرژی و کاهش انتشار گاز CO_2 کرده است. در ۱۲ دسامبر ۲۰۱۵، اعضای کنوانسیون چارچوب سازمان ملل متحد در مورد تغییرات آب و هوا (UNFCCC) به توافقی تحت عنوان توافقنامه پاریس به منظور مبارزه با تغییرات آب و هوایی و تسریع و تشدید اقدامات و سرمایه گذاری‌های مورد نیاز برای آینده پایدار با کربن کم دست یافتند. هدف اصلی توافقنامه پاریس این است که افزایش دمای کره زمین نسبت به سطوح قبل از صنعتی شدن، بسیار کم‌تر از ۲ درجه سلسیوس نگه داشته شود و تلاش‌های بیشتری برای محدود کردن افزایش دما به ۱/۵ درجه سانتیگراد انجام شود (Arantegui, 2018; Foley, 2017; United Nations, 2018). توافقنامه پاریس در ۴ نوامبر ۲۰۱۶ لازم اجرا شد و ۱۷۵ کشور آن را تا آوریل ۲۰۱۸ تصویب کردند (United Nations, 2018; Huang, 2018). برای دستیابی به اهداف توافقنامه پاریس ، انتشار گازهای گلخانه‌ای باید به میزان قابل توجهی کاهش یابد. شکل (۱) مشارکت‌های ملی تعیین شده (INDCs) را به صورت درصد کاهش CO_2 تا سال ۲۰۳۰ به کمتر از سطح سال ۲۰۰۵ برای کشورهای اصلی انتشار دهنده CO_2 (United Nations, 2018)، همراه با سهم آن‌ها از انتشار جهانی CO_2 در سال ۲۰۱۵ نشان می دهد (European Commission, 2018). این کشورهای عمده ۸۰ درصد از انتشار جهانی CO_2 را در سال ۲۰۱۵ به خود اختصاص داده اند. همانطور که در شکل (۱) نشان داده شده است، به طور متوسط اکثر کشورها در حال برنامه ریزی برای کاهش انتشار CO_2 خود تا ۳۳ درصد در سال ۲۰۳۰ در مقایسه با سطح آن در سال ۲۰۰۵ هستند(Alshehry, 2017). برنامه تغییرات آب و هوایی اروپا (ECCP) در سال ۲۰۰۱ پتانسیل آموزش رانندگان و رانندگی سازگار با محیط زیست را حداقل کاهش۵۰ میلیون تن انتشار CO_2 تا سال ۲۰۱۰ محاسبه کرد که معادل میزان انتشار CO_2 سالانه از ۱۵ میلیون خودرو است. به نظر می‌رسد رانندگی سازگار با محیط زیست یک گزینه ارزان قیمت و بدون "پشیمانی" است که به دستیابی به اهداف کیوتو و بهبود کیفیت هوا کمک می نماید (Shahbaz, 2015; Alshehry, 2017). به طور کلی ، بخش حمل و نقل مسئول تولید

بیشترین حجم گازهای گلخانه ای است که حدود ۳۰ درصد از انتشارات تولیده شده توسط انسان تخمین زده شده است (United Nations, 2018a) و ۲۲ درصد از سال ۱۹۹۰ افزایش یافته است (United Nations, 2018b). بخش حمل و نقل حدود ۲۰ تا ۲۵ درصد از انرژی جهانی را مصرف می‌کند و مسئول تقریباً ۲۵ درصد از انرژی جهانی مرتبط با انتشار CO_2 است که ۷۵ درصد آن از طریق حمل و نقل جاده ای منتشر می شود (Alshehry 2017). علاوه بر این، تخمین زده می شود که مصرف انرژی و انتشارات CO_2 ناشی از حمل و نقل جهانی، در سال ۲۰۳۰ به دلیل افزایش جمعیت و رشد اقتصادی بیش از ۵۰ درصد افزایش می یابد (Barić, 2013; Hellstrom 2017). تلاش‌های متنوعی برای بهبود مصرف سوخت و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در جاده‌ها انجام شده است از قبیل: اجرای استانداردهای شدیدتر آلایندگی خودرو (به عنوان مثال استانداردهای یورو ۵ و۶)، موتورها و فناوری های جدید خودرو (به عنوان مثال کوچک سازی موتور و خودرو های هیبریدی/ برقی) (Zhang, 2018; Huang, 2015) ، کیفیت سوخت بهتر و سوخت های تجدیدپذیر (به عنوان مثال بنزین و سوخت‌های زیستی با درجه اکتان بالاتر) (Zhen, 2015). با این حال، یک عامل مهم که اغلب نادیده گرفته می شود و ممکن است مصرف سوخت خودرو را به میزان قابل توجهی بهبود بخشد، فناوری رانندگی سازگار با محیط زیست است. سرمایه گذاری برای سوخت‌ها و فناوری‌های خودرویی جدید معمولاً قابل توجه و بلند مدت است و بهبود چند درصدی آن ممکن است قابل توجه تلقی شود. برآورد شده است که بهبود کارایی بالقوه موتور پیشرفته و فن آوری‌های خودرو به ترتیب فقط حدود ۴-۱۰ درصد و ۲-۸ درصد در کاهش سوخت موثر بوده اند (Zhou, 2016). با این حال، اجرای رانندگی سازگار با محیط زیست نسبتاً کم هزینه و فوری است و می‌تواند منجر به بهبود بیشتر بهره‌وری سوخت حتی تا ۴۵ درصد نیز شود (Sivak, 2012). همچنین رانندگی سازگار با محیط زیست مقرون به صرفه تر از برنامه‌های مقاوم سازی ناوگان از قبیل جایگزینی اتوبوس‌های دیزلی موجود با اتوبوس‌های گاز طبیعی فشرده جدید می باشد (Xu, 2017). رانندگی سازگار با محیط زیست ابتکاری است که مورد استقبال و تحقیقات جهانی در دهه گذشته قرار گرفته است (Alam,2014)، اگرچه تلاش‌های زیادی برای تبدیل مزایای ادعایی رانندگی سازگار با محیط زیست نسبت به شیوه رانندگی واقعی با اثرات ماندگار و یکنواخت مورد نیاز است.



شکل ۱- مشارکت های ملی تعیین شده به صورت درصد کاهش CO_2 تا سال ۲۰۳۰ به کمتر از سطح سال ۲۰۰۵ برای کشورهای اصلی انتشار دهنده CO_2 (United Nations, INDCs)، همراه با سهم آنها از انتشارات جهانی CO_2 در سال ۲۰۱۵ (European Commission).

*** به ازای واحد تولید ناخالص داخلی؛ ‡ هدف برای سال ۲۰۲۵؛ † سطح پایه در سال ۱۹۹۰؛ & سطح پایه اگر تجارت طبق روال معمول باشد.**

اگرچه استفاده از سوخت‌های جایگزین و وسایل نقلیه الکتریکی همراه با روی آوردن به منابع انرژی تجدیدپذیر، یک راه حل احتمالی برای مسائل زیست محیطی فوق الذکر در بلند مدت است، اما کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای ناوگان خودروهای فعلی تا آنجا که ممکن است می‌تواند یک جایگزین امیدوار کننده با مزایای کوتاه مدت و میان مدت باشد (European Commission). از این رو، علاقه تحقیقاتی در مورد رانندگی اکولوژیکی (رانندگی سازگار با محیط زیست) و تأثیر رفتار رانندگی بر مصرف سوخت اخیراً افزایش یافته است. با اینکه ارتباط بین مصرف سوخت و رفتار رانندگی از ابتدای تاریخ خودرو مورد مطالعه قرار گرفته است، اما به دلیل تأثیرات زیست محیطی و مالی مصرف سوخت، هنوز هم همچنان محبوب است. هدف این مطالعه بررسی فناوری رانندگی سازگار با محیط زیست و نقش آن در کاهش مصرف سوخت و انتشار گازهای گلخانه ای است. این مطالعه مروری به طور خاص، مفاهیم، اهداف، اصول، معیارها و قوانین رانندگی سازگار با محیط زیست و در نهایت، چالش‌ها و سمت و سوی تحقیقاتی آینده در رابطه با رانندگی سازگار با محیط زیست را شامل می‌شود.

۲- مفهوم رانندگی سازگار با محیط زیست:

رانندگی سازگار با محیط زیست یک رفتار یا سبک رانندگی است که با کاهش مصرف سوخت و انتشار گازهای گلخانه‌ای به محیط زیست کمک می‌کند و با تغییرات آب و هوایی مقابله می‌کند. به طور کلی، این فناوری به تنظیم سرعت حرکت وسیله نقلیه (نسبت به شرایط ترافیک) و انتخاب مسیرهایی که مصرف سوخت را به حداقل می‌رساند، اشاره دارد. بنابراین، رانندگی سازگار با محیط زیست را می‌توان مجموعه‌ای از انتخاب‌ها و رفتارهای اتخاذ شده توسط رانندگان دانست که با استفاده از یک وسیله نقلیه با صرفه جویی در مصرف انرژی ارتباط دارند. افزایش تمایل تحقیقاتی در رابطه با رانندگی سازگار با محیط زیست نشان می‌دهد که اگرچه بازده موتور خودروها به دلیل دستاوردهای تکنولوژیکی اخیر و ادغام انواع سوخت جدید بهبود یافته است، اما رانندگان رفتار خود را بر این اساس بهبود نداده‌اند. با این حال، انتظار می رود که با اطلاع‌رسانی مناسب و آموزش رانندگان، رانندگی سازگار با محیط زیست به کاهش مصرف سوخت و انتشارات گازهای گلخانه‌ای مضر کمک کند (Ayyildiz 2017). تحقیقات اخیر نشان داده است که رانندگی سازگار با محیط زیست می تواند مصرف سوخت را از ۱۵ تا ۲۵ درصد و انتشار گاز های گلخانه‌ای را حداقل ۳۰ درصد کاهش دهد (Meseguer 2017, Husnjak 2015). در مقابل، کل صرفه-جویی به دست آمده در سوخت توسط موتورها و وسایل نقلیه با آخرین فناوری در حدود ۱۰ تا ۱۲ درصد برآورد می‌شود که به طور قابل توجهی کمتر است (Zhou 2016). بر اساس گفته‌های سایر محققان، یک رفتار کلی بوم شناختی (اکولوژیکی)، از قبیل خرید وسیله نقلیه، استفاده از آن و تصمیم گیری های سازگار با محیط زیست، منجر به کاهش مصرف سوخت به میزان ۴۰ تا ۴۵ درصد می‌شود (Sivak 2012). به طور رسمی، رانندگی سازگار با محیط زیست به اتخاذ رفتار رانندگی اشاره می‌کند که کارایی موتور خودرو را به حداکثر می‌رساند (UK 2016). بایستی مشخص شود که مفهوم رانندگی سازگار با محیط زیست دارای ابعاد مختلفی است که رفتار رانندگی و همچنین کلیه تصمیمات مستقیم یا غیرمستقیم مربوط به صرفه جویی در سوخت و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از قبیل انتخاب وسیله نقلیه را نیز در بر می‌گیرد. هرچند رفتار رانندگی سازگار با محیط زیست، یعنی شتاب

یکنواخت و حفظ سرعت ثابت، نقش بسیار مهمی دارد اما بایستی این رفتار با اقدامات دیگری از قبیل استفاده منطقی از تهویه مطبوع در راستای حداکثر صرفه جویی در مصرف سوخت ادغام شود (Mantouka 2020, Magana 2016). همه اجزاء و بخش‌های تشکیل دهنده مفهوم رانندگی سازگار با محیط زیست در شکل (۲) خلاصه شده است. رانندگی سازگار با محیط زیست نه تنها رانندگان خودروها و کامیون‌های شهری، بلکه عملکرد طیف وسیعی از کارخانه‌ها و تجهیزات بزرگ و کوچک را نیز شامل می‌شود. مهارت‌ها، تکنیک ها و رفتارهای رانندگی می‌تواند تفاوت قابل توجهی در میزان سوخت مورد استفاده در سفر ایجاد کند. بطورکلی رانندگی سازگار با محیط زیست شامل پنج عنصر زیر است (UNECE, 2007) :

- آموزش رانندگان مبتدی؛
- آموزش مجدد رانندگان دارای مجوز (گواهینامه)؛
- صرفه جویی در مصرف سوخت با استفاده منطقی از تجهیزات داخل خودرو؛
- فشار باد تایرها؛
- رفتار خرید (به عنوان مثال خرید خودروهای دارای برچسب انرژی).

شکل ۲- مفهوم گسترده‌ای از رانندگی سازگار با محیط زیست (Fafoutellis 2020)

۳- اهداف رانندگی سازگار با محیط زیست

اهداف کلیدی استراتژیک رانندگی سازگار با محیط زیست عبارتند از (Len, 2015):

٤- اصول رانندگی سازگار با محیط زیست

اصول کلیدی رانندگی سازگار با محیط زیست عبارتند از (Len, 2015):

- تسهیل نمودن؛
- استفاده موثر و کارامد از حرکت؛
- پیش‌دستی و پیش‌بینی؛
- برنامه‌ریزی؛ و
- بهینه سازی فناوری‌های کم انتشار

۵- ارزش‌ها و رانندگی سازگار با محیط زیست

در جدول (۱) ارتباط بین فناوری رانندگی سازگار با محیط زیست با ارزش‌های شهری ارائه شده است (Len, 2015).

جدول ۱- رانندگی سازگار با محیط زیستن و ارزش‌های شهری

ارزش‌ها	نقش رانندگان سازگار با محیط زیست
همکاری	ما با توافق و استفاده از روش‌های عملی رانندگی سازگار با محیط زیست و گزینه‌های انتخاب سوخت، برای کاهش انتشارات (آلایندگی‌ها) همکاری می‌کنیم.
شجاعت	ما به دیگران نشان می دهیم که به چالش کشیدن و تغییر سبک رانندگی می تواند برای محیط زیست مفید باشد.
یکپارچگی	ما مسئولیت ردپای انتشارات خودرو شما را بر عهده می‌گیریم
نوآوری	ما دائماً به دنبال روشی جدیدی برای کاهش اثرات زیست محیطی استفاده از وسیله نقلیه موتوری هستیم.
کیفیت	ما همیشه به عنوان رانندگان حرفه ای سازگار با محیط زیست رانندگی می‌کنیم.
احترام	ما به محیط زیست و چشم انداز توسعه پایدار احترام می گذاریم.

٦- عوامل اصلی رانندگی سازگار با محیط زیست

رانندگی سازگار با محیط زیست شامل عوامل متعددی است و تعاریف یا محدوده متفاوتی در ادبیات و مرور متون دارد. Sivak و Schoettle رانندگی سازگار با محیط زیست را تصمیماتی می دانند که راننده می تواند به منظور کاهش مصرف سوخت وسایل نقلیه سبک، در دامنه ای از خرید خودرو گرفته تا تصمیمات پس از خرید، اتخاذ کند. این تصمیمات را می توان در سه گروه ، یعنی تصمیمات استراتژیک (انتخاب و نگهداری خودرو) ، تصمیمات تاکتیکی (برنامه ریزی مسیر و وزن) و تصمیمات عملیاتی (سبک رانندگی) طبقه بندی کرد. در میان این تصمیمات، انتخاب خودرو مهمترین عامل است و تصمیمات پس از خرید به طور کامل نمی‌تواند خرید خودروی کم بازده را جبران کند. بنابراین پیشنهاد شد که تمرکز سیاست بایستی بر انتخاب خودرو تاکید داشته باشد (Sivak, 2012).با این حال، صرفه جویی در سوخت تنها عاملی نیست که انتخاب خودرو افراد را تعیین می کند و عوامل پس از خرید هنوز هم می توانند سهم زیادی در کاهش ۴۵ درصدی مصرف سوخت به ازای هر راننده داشته باشد. بر اساس مفهوم عملکردهای رفتاری، Sanguinetti و همکاران (Sanguinetti, 2017) شش نوع رفتار رانندگی سازگار با محیط زیست شامل رانندگی ، راحتی کابین ، برنامه ریزی سفر ، مدیریت بار ، سوخت رسانی و نگهداری را شنا سایی کردند. رفتار رانندگی عمدتا شامل تندی حرکت

(شتاب)، کروزینگ (سرعت بهینه)، کندی حرکت ، انتظار ، انتخاب حالت رانندگی و پارک خودرو می‌باشد.Zhou و همکاران (Zhou, 2012) شش گروه عوامل موثر بر مصرف سوخت، یعنی عوامل مربوط به سفر، آب و هوا، و سیله نقلیه، جاده، ترافیک و عوامل مرتبط با راننده را شناسایی کردند. حوزه وسیع تری از رانندگی سازگار با محیط زیست نیز شامل آموزش عمومی، تجهیزات بازخورد رانندگی، مقررات، م شوق های مالی و تقو یت اصول (هن جار های) اجت ماعی می‌شود (Barkenbus).در این مطالعه، رانندگی سازگار با محیط زیست محدود به رفتارهای رانندگی یا کنترل راننده بر وسیله نقلیه در طول سفر است که می‌تواند بر مصرف سوخت و آلاینده ها تأثیر بگذارد. این عوامل شامل سرعت رانندگی، افزایش سرعت، کاهش سرعت، انتخاب مسیر، درجا کارکردن موتور و لوازمات جانبی خودرو (سایر عوامل) است. دلیل این امر این است که این عوامل رایج ترین و مفیدترین مهارت های رانندگی سازگار با محیط زیست هستند که هر راننده می‌تواند هر روز در عمل به جای خرید یک خودروی کم مصرف جدید از آن استفاده کند. علاوه بر این، تغییرات در این رفتارهای رانندگی می تواند منجر به کاهش قابل توجهی در مصرف سوخت و انتشار گازهای گلخانه ای نسبت به سایر رفتارها مانند شیوه های نگهداری بهتر شود (Alam, 2014).

۱-۶-سرعت رانندگی

سرعت ثابت، نمایه (پروفایل) سرعت مطلوب برای مصرف سوخت تحت شرایط مختلف جاده است (Chang, 2005; Lee, 2011). بنابراین معمولاً در صورت امکان، استفاده از کروز کنترل برای رانندگی سازگار با محیط زیست توصیه می‌شود (Sivak, 2012; Lee, 2011; Australian Department of the Environment, 2018). همچنین سرعت بهینه برای صرفه جویی در صرف سوخت متفاوت است. این به این دلیل است که هر موتور احتراق داخلی (ICE) دارای سرعتی برای مصرف بهینه سوخت است. میزان مصرف سوخت ابتدا با افزایش دور موتور به دلیل کاهش تلفات حرارتی کاهش می یابد ، به نقطه مطلوب می‌رسد و سپس با سرعت زیاد به دلیل افزایش تلفات اصطکاک افزایش می‌یابد (Pulkrabek, 1997). در نتیجه ، منحنی مصرف سوخت – سرعت رانندگی، شکل U را نشان می دهد.این منحنی برای خودروهای هیبریدی و برقی نیز صدق می‌کند. سرعت مطلوب و بهینه برای خودرو های هیبر یدی در محدوده مشابه با خودروهای احتراق داخلی است، اما برای خودروهای برقی بسیار کمتر است (Sanguinetti, 2017). الشاوربی و همکاران (El-Shawarby, 2005) ، تأثیر سرعت ثابت کروز بر مصرف سوخت و آلایندگی را بر اساس ۱۰ سفر ۱ کیلومتری بررسی کردند. نتایج نشان داد که میزان مصرف بهینه سوخت و میزان نشر (آلایندگی) در واحد مسافت در محدوده ۶۰-۹۰ کیلومتر در ساعت بود، و در خارج از این محدوده، افزایش مصرف سوخت و میزان نشر قابل توجه بود. Wang و همکاران (Wang, 2008) گزارش داند که همبستگی (ارتباط) مثبتی بین مصرف سوخت در واحد زمان با سرعت کروز و مصرف سوخت در واحد مسافت وجود دارد و حد بهینه آن بین سرعت‌های ۵۰-۷۰ کیلومتر بر ساعت می‌باشد.Wang و Rakha (Wang, 2016) دریافتند که سرعت بهینه حرکت در اتوبوس های دیزلی (۴۰-۵۰ کیلومتر بر ساعت) کمتر از خودروهای بنزینی سبک وزن (۶۰-۸۰ کیلومتر بر ساعت) است. سرعت مطلوب و بهینه برای کارایی موتور خودروهای برقی در محدوده ۵۰-۶۰ کیلومتر بر ساعت است (Ruan, 2016). اداره محیط زیست استرالیا پیشنهاد کرده است که مصرف سوخت در سرعتهای بیش از ۹۰ کیلومتر بر ساعت بطور چشمگیری افزایش می یابد، به طوری که یک خودرو در سرعت ۱۱۰ کیلومتر بر ساعت تا ۲۵ درصد بیشتر از سرعت ۹۰ کیلومتر بر ساعت سوخت مصرف می‌کند (Australian Department of the Environment, 2018). وزارت انرژی ا یالات متحده پیشنهاد می‌کند که م صرف سوخت معمولاً در سرعت‌های بالای ۸۰ کیلومتر بر ساعت سریعا کاهش می‌یابد، اگرچه هر وسیله نقلیه در یک سرعت متفاوت (یا محدوده ای از سرعت) به صرفه جویی بهینه در مصرف سوخت خود می‌رسد (USDoE, 2018). ملاحظه می‌شود که سرعت‌های مطلوب پیشنهاد شده معمولاً زیر محدودیت سرعت در بزرگراه ها است (به عنوان مثال ۱۱۰ کیلومتر بر ساعت در NSW استرالیا). بنابراین، کاهش محدودیت سرعت بزرگراه ممکن است به کاهش م صرف سوخت و انت شار گازهای گلخانه ای کمک کند. آژانس محیط زیست اروپا تخمین زده است که کاهش سرعت بزرگراه‌ها از ۱۲۰ به ۱۱۰ کیلومتر بر ساعت می‌تواند میزان مصرف سوخت را تا ۱۲ درصد در خودروهای دیزلی و ۱۸ درصد در خودروهای بنزینی، با در نظر گرفتن رانندگی روان و رعایت ۱۰۰ درصدی سرعت مجاز کاهش دهد(EEA, 2011). علاوه بر این، کاهش سرعت مجاز باعث کاهش سایر آلاینده ها، به ویژه انتشار NOx و PM در خودروهای دیزلی، و همچنین ایمنی بیشر خواهد شد.دستیابی به مزایای ادعا شده در رابطه با رانندگی سازگار با محیط زیست در شرایط واقعی عملا م شکل ا ست. بنابراین، اجرای دقیق تر و افزایش درک مردم از مزایای (صرفه جویی در مصرف سوخت، کاهش انتشار گازهای گلخانه ای و مزایای ایمنی) و هزینه‌های (مدت زمان سفر کمی طولانی تر) سرعت مجاز پایین تر ضروری است. در برخی موارد، از قبیل عملیات خدمات اضطراری(مانند آمبولانس ، ماشین پلیس و کامیون های آتش نشانی) و مسافران با برنامه زمانی دقیق و فشرده، صرفه جویی در زمان دارای اولویت بالاتری نسبت به کاهش مصرف سوخت و انتشار گازهای گلخانه ای است. با این حال، در اکثر کارهای رانندگی روزانه، مزایای رانندگی سازگار با محیط زیست بایستی از هزینه‌های آن بیشتر باشد. هیچ استراتژی بهینه سازی یکسان برای همه رانندگان وجود ندارد و رانندگان باید حق انتخاب استراتژی رانندگی را با توجه به نیازهای خود داشته باشند.در شرایط واقعی سرعت رانندگی را نمی توان به طور ایده آل ثابت نگه داشت و بایستی حد مجاز سرعت، زمان سفر، شیب جاده، علائم راهنمایی و رانندگی و جریان ترافیک را در نظر گرفت (F. Mensing, 2013). بنابراین، سرعت رانندگی سازگار با محیط زیست معمولاً در محدوده سرعت مجاز یا کمتر از سرعت مجاز توصیه می‌شود (Sanguinetti, 2017; J.N. Barkenbus 2010; Birrell, 2014). مطالعات زیادی برای برآورد پروفایل مطلوب سرعت رانندگی تحت شرایط مختلف در دنیای واقعی از قبیل سطح ازدحام (Wang, 2014) ، شیب جاده ها (D'Amato, 2017; Saerens, 2013) ، سناریوهای دنبال کردن خودرو (Li, 2017) ، جاده های علامت دار (He, 2015; Kundu, 2013)، و خودروهای برقی و هیبریدی (Xu, 2016) انجام شده است.

۲-۶- افزایش سرعت (شتاب) و کاهش سرعت

یک قاعده کلی در رانندگی سازگار با محیط زیست، تغییر سبک رانندگی تهاجمی است که عمدتاً به افزایش یا کاهش و شدید سرعت اشاره می کند، عملکرد زمان افزایش یا کاهش سرعت، افزایش یا کاهش سرعت رانندگی یا شروع/توقف وسیله نقلیه است. با این حال، همواره روش های با کارایی بیشتر و یا کمتر برای انجام این کار وجود دارد و استراتژی‌ها متفاوت هستند و اجماعی در این زمینه وجود ندارد(Larsson, 2009; Sanguinetti, 2019).اکثر برنامه های رانندگی سازگار با محیط زیست، رانندگی نرم و روان و به حداقل رساندن شتاب و ترمز کردن را توصیه می کنند (Australian Department of the Environment, 2018; USDoE, 2018). بر اساس اظهارات وزارت انرژی ایالات متحده آمریکا (USDoE, 2018) رانندگی تهاجمی می‌تواند صرفه جویی در مصرف سوخت را ۱۵ تا ۳۰ درصد در سرعت بزرگراه و ۱۰ تا ۴۰ درصد در توقف و شروع ترافیک کاهش دهد. رانندگان می توانند با رعایت فاصله مناسب با خودروی جلویی از افزایش یا کاهش غیر ضروری سرعت نسبت به زمان اجتناب کنند تا رانندگان بتوانند تا آنجا که ممکن است جریان جاده و ترافیک را پیش بینی کنند(IEE, 2008). با این حال، چند مطالعه (Xia, 2013; Saerens, 2013) گزارش کرده‌اند که افزایش یا کاهش سرعت حرکت تهاجمی تر نسبت به سرعت مورد نظر باعث صرفه جویی در سوخت در شرایط خاص می‌شود.به طور کلی، سبک رانندگی نرم و روان در مصرف سوخت صرفه جویی می‌کند و ایمنی را در مقایسه با رانندگی تهاجمی افزایش می‌دهد. رانندگی سازگاتر با محیط زیست معمولاً رانندگان را تشویق می‌کند که استفاده از پدال گاز و پدال ترمز را با نگاهی به جریان ترافیک، سیگنال ها و شیب جاده، به حداقل بر سانند. این نوع پیش بینی می‌تواند دنده را به طور موثرتری تغییر دهد و از شتاب های غیر ضروری، ترمز، سرعت بیش از حد و درجا کار کردن موتور جلوگیری کند. تعدادی از مطالعات به منظور بررسی تأثیر افزایش/کاهش سرعت در مصرف سوخت و انتشار گازهای گلخانه ای انجام شده است. اریکسون (Ericsson, 2001) تأثیر ۱۶ عامل الگوی رانندگی مستقل بر مصرف سوخت و آلایندگی را تجزیه و تحلیل کرد. مشخص شد که ۹ عامل نقش مهمی ایفا می‌کنند، چهار مورد مربوط به شتاب و تقاضای نیرو، سه مورد مربوط به تعویض دنده و دو مورد مربوط به سرعت رانندگی است. Pelkmans و همکاران (Pelkmans, 2001) گزارش دادند که شتاب عامل اصلی برای یک اتوبوس در ترافیک شهرهای واقعی است که ۳۵ درصد زمان رانندگی را شامل می‌شود اما مسئول ۷۰ درصد مصرف سوخت و ۶۰ تا۸۰ درصد از انتشارات CO، HC و NOx از کل چرخه هست. El-Shawarby و همکاران (El-Shawarby, 2005) دریافتند که رانندگی تهاجمی با حداکثر ظرفیت شتاب، ۵۰ در صد مصرف سوخت بیشتر ، ۳ در صد CO_2 بیشتر ، ۲۰ برابر CO بیشتر ، شش برابر HC بیشتر ، اما ۶۵ درصد انتشار NOx کمتر در مقایسه با رانندگی آرام (۴۰ درصد حداکثر ظرفیت شتاب) دارد.Chen و همکاران (Chen, 2007) گزارش دادند که شرایط سرعت کم با افزایش و کاهش مکرر سرعت، به ویژه در شرایط شلوغ و با تراکم زیاد، از عوامل اصلی انتشار بالای CO و HC هستند. نتایج مطالعه گالوس و همکاران (Gallus, 2017) نشان داد که میزان انتشار CO2 و NOx رانندگی تهاجمی به ترتیب ۲۰ تا ۴۰ درصد و ۵۰ تا ۲۵۵ درصد بیشتر از رانندگی معمولی بود. با این حال تفاوت خاصی بین سبک‌های رانندگی از نظر انتشار CO و HC وجود نداشت. Wang و همکاران (Wang, 2011) گزارش کردند که شتاب گیری مکرر، به ویژه شتاب تند و تیز، باعث افزایش نشر (آلایندگی) و مصرف سوخت اتوبوس ها می شود. Berry (Berry, 2010) دریافت که کاهش سرعت در بزرگراه‌ها تقریباً به اندازه کاهش شتاب در کل رانندگی، در مصرف سوخت صرفه جویی می‌کند. با این حال، وقتی صحبت از افراد می‌شود، پیشنهاد می‌شود که رانندگان تهاجمی بایستی بر کاهش شتاب (تغییر سرعت در واحد زمان) تمرکز کنند، در حالی که رانندگان کم تهاجم بایستی بر روی کاهش سرعت در بزرگراه ها تمرکز کنند. اگر تهاجمی ترین رانندگان با شتاب کمتر رانندگی کنند، بیشترین صرفه جویی در سوخت حاصل می شود.بطور کلی شتاب و کندی (افزایش و کاهش ناگهانی سرعت) از عوامل کلیدی تاثیر گذار بر مصرف سوخت و انتشار گازهای گلخانه‌ای هستند. بنابراین، تلاش هایی برای یافتن مقادیر یا استراتژی های بهینه شتاب/کاهش سرعت انجام شده است. Choi و Kim (Choi, 2017) مقادیر شتاب تهاجمی بحرانی را که باعث افزایش ناگهانی مصرف سوخت خودروهای سواری LPG شده بود ، مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که مقادیر بحرانی ۲/۵۹۸ m/s^2 برای شروع خودرو و ۱/۴۷۰۵ m/s^2 در هنگام رانندگی بود. کارآمدترین استفاده از دنده‌ها و استراتژی شتاب، دور موتور پایین و موقعیت گاز متوسط (۵۰ در صد) برای خودروهای بنزینی و دیزلی بود (IEE, 2008).Birrell و همکاران (Birrell, 2014) استفاده از شتاب روان و مثبت برای رسیدن زودتر به دنده‌های بالا و سرعت حرکت مطلوب و استفاده از گاز یکنواخت با حداکثر ۵۰ درصد را توصیه نمودند. آنها کاربرد ترمز موتور را (بدون تغییر در دنده‌ها) برای کاهش سرعت نرم و به حداقل رساندن استفاده از ترمز پا را در موارد مناسب توصیه نمودند. Sun و همکاران (Sun, 2015) یک طرح هموار سازی سرعت برای رانندگی سازگار با محیط زیست به منظور جلوگیری از توقف موقت و شتاب/کاهش سرعت غیر ضروری در تقاطع جاده‌ها توصیه نمودند. Hellström و همکاران (Hellström, 2019) یک سیستم کنترل رو به جلو را پیشنهاد کرد که قبل از حرکت در سرازیری سرعت را کاهش داده و قبل از حرکت در سربالایی سرعت را افزایش داده تا سرعت خودرو در محدوده مشخصی حفظ شود و زمان از دست رفته در یک نقطه در نقطه دیگری به دست آید. Birrell و همکاران (Birrell, 2013) تأثیر یک پدال گاز ارتعاشی بر عملکرد رانندگی را با فشار بیش از ۵۰ در صد بر روی پدال گاز بررسی نمودند. نتایج نشان داد که کاهش معنی داری در میانگین مقادیر شتاب و استفاده حداکثری و بیش از حد از گاز وجود دارد.

۳-۶ - در جا کار کردن خودرو (روشن بودن موتور در دنده خلاص)

در جا کار کردن خودرو باید به حداقل برسد تا هزینه نقلیه در زمان توقف (درجا) به بازده سوخت صفر (صفرکیلومتر بر لیتر) برسد(Sanguinetti, 2017). یک وسیله نقلیه در حالت درجا کار کردن بسته به نوع خودرو، اندازه موتور، نوع سوخت و بار ۵/۷ تا ۰/۶ لیتر بر ساعت سوخت مصرف می کند (Argonne National Laboratory). تخمین زده می‌شد که سالانه حدود ۲۲/۷ میلیارد لیتر سوخت در ایالات متحده به دلیل در جا کار کردن خودروها به هدر

می‌رود که سهم نیمی از آن برای وسایل نقلیه شخصی می‌باشد (USDoE, 2015). حذف در جا کار کردن غیر ضروری وسایل نقلیه شخصی از نظر صرفه جویی در سوخت و کاهش آلایندگی مشابه خارج نمودن ۵ میلیون خودرو از جاده‌ها است(USDoE, 2015). همچنین در جا کار کردن خودرو باعث انتشار آلاینده‌های بالایی از CO، HC ، NOx و PM می شود(Rahman, 2013). زمان در جا کار کردن خودرو را می‌توان به طرق مختلف کاهش داد. در مرحله اول، لازم است درک و آگاهی مردم در مورد در جا کار کردن خودرو به روز شود. خودروهای مدرن برای گرم کردن موتور یا مبدل کاتالیزوری نیازی به در جا کار کردن ندارند (USDoE, 2015).رسیدن به دمای بهره برداری ایده آل با رانندگی سریع تر از حالت درجا کار کردن خودرو حاصل می‌شود. حتی در در سردترین روزها، اکثر تولیدکنندگان برای گرم کردن موتور خودداری از در جا کار کردن خودرو و رانندگی آرام حدود ۳۰ ثانیه را توصیه می‌کنند. به طور مشابه، اتومبیل‌های مدرن با خاموش و روشن شدن آسیب نمی‌بینند و ۱۰ ثانیه درجا کار کردن مصرف سوخت و آلایندگی بیشتری نسبت به توقف و راه اندازی مجدد (خاموش و روشن نمودن) دارد(Australian Department of the Environment, USDoE, 2015). در زمان‌های انتظار (توقف) بیشتر از ۱ دقیقه، خاموش کردن موتور پیشنهاد می شود. خاموش کردن موتور خودرو به جای ۱۰ بار درجا کار کردن ۲ دقیقه‌ای در یک مسیر ۱۰ مایلی می‌تواند منجر به بهبود بخشیدن صرفه جویی مصرف سوخت تا ۱۹ درصد شود (Sivak, 2012). با این حال، یک نظرسنجی نشان داد که متوسط کل زمان درجا کار کردن خودرو برای رانندگان آمریکایی ۱۶/۱ دقیقه در روز بود (Carrico, 2009). حداقل ۸۰ درصد از پاسخ دهندگان تصور می‌کردند که خودرو در حالت درجا کار کردن بیش از ۳۰ ثانیه بهتر از خاموش و روشن نمودن مجدد است. به طور متوسط پاسخ دهندگان معتقد بودند که یک وسیله نقلیه باید حداقل ۲ دقیقه قبل از رانندگی در آب و هوای معتدل و حتی بیشتر در آب و هوای سرد بصورت درجا کار کند. در نتیجه، مقدار زیادی سوخت به دلیل آگاهی نادرست و منسوخ در رابطه با درجا کار کردن خودروها به هدر می‌رفت.همچنین اخیرا یک نظرسنجی آنلاین نشان داد که اگرچه اکثریت مردم از رانندگی سازگار با محیط زیست آگاه بودند و نگرش مثبتی نسبت به آن داشتند، اما آگاهی آنها از رفتارهای صرفه جویی در مصرف سوخت به طور کلی پایین بود (Maamria, 2016). بنابراین، همانند مفهوم رانندگی سازگار با محیط زیست ، تغییر رفتارها و نگرش مردم در رابطه با درجا کار نمودن خودرو، یک روش موثرتر ، سریع‌تر و ارزان‌تری برای صرفه جویی در مصرف سوخت در مقایسه با کاهش زمان درجا کار نمودن خودرو است.اطلاعاتی از قبیل اجتناب از در جا کار کردن خودرو به مدت طولانی قبل از رانندگی یا توقف، و خاموش کردن خودرو در زمان انتظار برای مسافران.فوق عمدتا در رابطه با این موضوع در جاده ها قرار دارد، با این حال ، رانندگان معمولاً کنترل کمتری بر روی حالت در جا کار کردن خودرو در ترافیک دارند و خاموش کردن خودرو در این شرایط ممکن است ناراحت کننده یا حتی ناامن باشد. این نوع در جا کار کردن را می توان با سرعت کارآمدتر، شتاب، کاهش سرعت و مسیریابی مناسب کاهش داد یا از آن اجتناب کرد. با نگاهی به تغییرات جریان ترافیک یا سیگنال‌ها، می توان زمان توقف در ترافیک شلوغ یا تقاطع‌ها را با کم کردن زودتر و یکنواخت‌تر سرعت (رها کردن گاز و استفاده از ترمز موتور به جای ترمز دستی) و اجتناب از شتاب و ترمزهای غیر ضروری، کاهش داد. زمان در جا کار کردن خودرو در تقاطع ها، ازدحام‌ها و تصادفات را می‌توان با تجهیزات مسیریابی ساز گار با محیط زیست کاهش داد یا از آنها جلوگیری کرد (Yao, 2013; Nie, 2013).همچنین فنآوری‌های جدید موتور خودروها می‌تواند به کاهش زمان توقف در ترافیک کمک کند. به عنوان مثال، بسیاری از وسایل نقلیه جدید در حال حاضر مجهز به فناوری استاپ – استارت (توقف – راه اندازی) هستند که موتور را در هر زمان خاموش می‌کند و هنگامی که رانندگان پدال گاز را لمس می‌کنند به راحتی موتور روشن می‌شود (Lee, 2017; Abas, 2017). Fonseca و همکاران (Fonseca, 2011) گزارش دادند که یک وسیله نقلیه مجهز به سیستم خاموش – روشن بیش از ۲۰ درصد کاهش CO_2 بیشتری نسبت به خودروهای مشابه فاقد این فناوری دارند. خودروهای هیبریدی موتور را در حالت توقف و حتی در سرعت پایین رانندگی خاموش می‌نمایند.

٤-٦ - انتخاب مسیر

انتخاب مسیر یکی دیگر از عوامل اصلی است که میزان مصرف کلی سوخت و میزان آلایندگی را برای یک سفر مبدا – مقصد تعیین می‌کند. پس از انتخاب مسیر، عوامل رانندگی سازگار با محیط زیست فوق الذکر تا حد زیادی با ویژگی‌های مسیر محدود می شوند. انتخاب مسیر شامل عوامل متعددی از جمله زمان سفر، مسافت، حد مجاز سرعت و شرایط جاده‌ای و ترافیکی است. معمولاً چندین مسیر برای یک سفر مبدأ – مقصد وجود دارد. عمدتا یک راننده مسیری را انتخاب می‌کند که کوتاه ترین فاصله یا سریع‌ترین زمان سفر را داشته باشد. با این حال، کوتاه‌ترین یا سریع‌ترین مسیر همیشه بهترین انتخاب از نظر مصرف سوخت و انتشار آلاینده‌ها نیست (Masikos, 2015; Ahn, 2008). یک مطالعه سوئدی نشان داد که ۴۶ درصد از انتخاب سفرهای خودجوش رانندگان، کم مصرف‌ترین مسیرها نبوده و ۸/۲ درصد از سوخت را می‌توان با استفاده از سیستم ناوبری بهینه سازی سوخت صرفه جویی کرد (Ericsson, 2006). این به این دلیل است که سریع‌ترین مسیر ممکن است طولانی‌تر باشد و شامل بزرگراه‌هایی شود که اجازه نمی‌دهند وسایل نقلیه با سرعت سازگار با محیط زیست (۵۰ – ۹۰ کیلومتر بر ساعت) حرکت کنند، در نتیجه منجر به مصرف سوخت بیشتری را در پی خواهد داشت. در حالی که کوتاه‌ترین مسیر ممکن است دارای ترافیک شلوغ باشد و منجر به مصرف سوخت بیشتر و زمان سفر طولانی‌تر شود. مبادله بین زمان سفر، مسافت و مصرف سوخت مورد نیاز است. Zeng و همکاران (Zeng, 2016) یک رویکرد مسیریابی سازگار با محیط زیست با حداقل انتشار CO_2 در حالی که محدودیت‌های زمانی را برآورده می‌کند، توسعه دادند. آن‌ها دریافتند که میانگین کاهش CO_2 می‌تواند به ۱۱ درصد برسد وقتی که بافر (میانگیر) زمان سفر ۱۰ درصد باشد. Ahn و Rakha (Ahn, 2013) دریافتند که سیستم مسیریابی سازگار با محیط زیست معمولاً فاصله سفر را کاهش می‌دهد اما لزوماً زمان سفر را کاهش نمی‌دهد. نوع و درجه (شیب) جاده می‌تواند بر میزان مصرف سوخت و انتشار گازهای گلخانه‌ای تأثیر بسزایی داشته باشد. نوع جاده سرعت، شتاب و کاهش سرعت و در نتیجه میزان مصرف سوخت را تعیین می‌کند. به عنوان مثال، متوسط مصرف سوخت بزرگراه ها با محدودیت سرعت ۸۰ کیلومتر در ساعت یا بیشتر نسبت به سایر جاده‌ها حدود ۹ در صد بهتر است. انتخاب جاده‌ای مسطح و ثابت با محدودیت (حد مجاز) سرعت نه تنها

ایمن‌تر است، بلکه منجر به صرفه جویی در مصرف سوخت نیز می‌شود. Gallus و همکاران (Gallus, 2017) گزارش دادند که با شتاب 0 ± 1 m/s^2 ، انتشار CO_2 و NO_x همبستگی خطی با شیب جاده برای همه شرایط شهری، روستایی و بزرگراه نشان وجود دارد. افزایش شیب جاده از ۰ تا ۵ درصد منجر به ۶ تا ۸۱ درصد افزایش CO2 و ۱۱۵ تا ۸۵ درصد افزایش NOx می شود. Jin و همکاران (Jin, 2016) گزارش دادند که برای یک قطعه آزادراه ۲۵۰ متری با همان سرعت اولیه، سرعت نهایی و زمان سفر، مصرف سوخت در مسیری با شیب ۶ درصد در مقایسه با مسیرهای با شیب ۰ درصد و ۶- درصد به ترتیب ۸۶ درصد و ۱۷۱ درصد بیشتر بود. شیب جاده- ای بالاتر مستلزم آن است که خودرو بیشتر در شرایط بار زیاد موتور حرکت کند و باعث مصرف سوخت و آلایندگی بیشتر شود. بخش کوچکی از کل سفر با شرایط بار زیاد موتور مسئول میزان قابل توجهی از انتشار آلاینده‌ها و مصرف سوخت در سفر است (Ahn, 2013). بنابراین، باید از مسیرهایی با شیب جاده‌ای بیشتر اجتناب کرد. گزارش شده است که مصرف سوخت مسیرهای مسطح ۱۵ تا ۲۰ درصد بهتر از جاده‌های تپه‌ای است (Boriboonsomsin, 2009). هنگام انتخاب مسیر، شرایط ترافیکی نیز بایستی در نظر گرفته شود. یک مسیر کم مصرف باید از جاده‌های شلوغ اجتناب کند و زمان درجا کارکردن در تقاطع‌ها یا چراغ‌های راهنمایی را به حداقل برساند. مطالعات متعددی در این زمینه انجام شده است. Boriboonsomsin و همکاران (Boriboonsomsin, 2012) یک سیستم ناوبری مسیریابی بر اساس اطلاعات تاریخی و زمان واقعی ترافیک ارائه دادند. نتایج نشان داد که در مقایسه با سریع‌ترین مسیر، یک مسیر سازگار با محیط زیست بین ۱۲ تا ۱۴ درصد در مصرف سوخت صرفه جویی می‌کند اما بسته به مسافت سفر، منجر به طولانی‌تر شدن زمان سفر به میزان ۱۶ تا ۲۲ درصد می شود. در مقایسه با سریع‌ترین مسیر، مسیر سازگار با محیط زیست می‌تواند مصرف سوخت را بسته به نوع وسیله نقلیه، مسافت طی شده و جریان ترافیک ۲/۲ تا ۷/۴ درصد کاهش دهد. حداکثر صرفه جویی در مصرف سوخت را می‌توان تحت ازدحام و شلوغی زیاد و شرایط ۱۰ تا ۱۵ کیلومتری بدست آورد. Ahn و Rakha (Ahn, 2008) دریافتند که هر نوع وسیله نقلیه دارای مسیر بهینه متفاوتی برای HC و CO است، اما مسیر برای NOx، CO_2 و مصرف سوخت یکسان است. Bandeira و همکاران (Bandeira, 2014) گزارش دادند که مسیرهای سازگار با محیط زیست با توجه به مدل خودرو و روش برآورد انتشار آلاینده‌ها متفاوت است. یکی از عواملی که معمولاً در مطالعات مسیریابی سازگار با محیط زیست نادیده گرفته می شد این است که چگونه انتخاب مسیرهای یک وسیله نقلیه بر سایر وسایل نقلیه در سطح شبکه تأثیر می‌گذارد. مطالعات انجام شده بیشتر اثربخشی سیستم مسیریابی محیطی را برای خودروهای شخصی بررسی کرده‌اند Rakha و Ahn از یک چارچوب مسیریابی سازگار با محیط زیست INTEGRATION برای ارزیابی تأثیرات گسترده شبکه استفاده کردند (Ahn, 2013; Rakha, 2012). نتایج نشان داد که مزایای مسیریابی سازگار با محیط زیست در سرتاسر سیستم با افزایش میزان نفوذ در بازار سیستم افزایش می‌یابد(Ahn, 2013). با این حال ، گارسیا – کاسترو و همکاران(Garcia-Castro, 2017) گزارش دادند که درصد بالایی از رانندگان سازگار با محیط زیست در شرایط تقاضای ترافیکی بالا تأثیرات منفی بر انتشار جهانی گازهای گلخانه‌ای خواهند داشت زیرا حرکت رو به جلو و شتاب/کاهش سرعت آرام منجر به افزایش ازدحام و شلوغی می‌شود. علاوه بر این، این امکان وجود دارد که اگر رانندگان زیادی به یک مسیر هدایت شوند، ممکن است مسیر اولیه زیست محیطی در نظر گرفته شده شلوغ شود و در نتیجه از نظر مصرف سوخت مقرون به صرفه نباشد (Boriboonsomsin, 2012). این امر نه تنها به اطلاعات لحظه ای ترافیک بلکه به ارتباط بین وسایل نقلیه نیز نیاز دارد. جیانگ و همکاران (Jiang, 2017) گزارش دادند که مزایای رانندگی سازگار با محیط زیست با میزان نفوذ در بازار وسایل نقلیه متصل و خودکار افزایش می‌یابد تا اینکه در میزان نفوذ ۴۰ درصدی کاهش می‌یابد.

۵-۶ – سایر عوامل

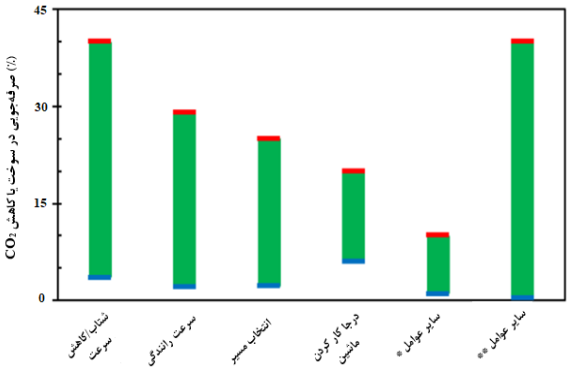
سیستم تهویه هوا از سوخت اضافی استفاده می‌کند و اصول رانندگی سازگار با محیط زیست نشان می‌دهد که از آن به صورت محافظه کارانه استفاده کنید. سیستم تهویه بزرگترین بار کمکی یک وسیله نقلیه است (Farrington, 2000). یک کمپرسور تهویه هوا (کولر گازی) می تواند ۵ تا ۶ کیلووات از قدرت موتور استفاده کند که معادل رانندگی ثابت و یکنواخت خودرو با سرعت ۵۶ کیلومتر بر ساعت است. تخمین زده می شد که با کاهش ۵۰ درصدی استفاده از کولرهای گازی ، ۱۳/۵ میلیارد لیتر سوخت (یا ۳ درصد مصرف سوخت) در ایالات متحده صرفه جویی شود (Johnson, 2002). نتایج تجربی نشان می‌دهد که یک اتومبیل مسافربری کوچک با حداکثر سرمایش، سوخت بیشتری نسبت به باز بودن شیشه ها در سرعت‌های بین ۶۴ تا ۱۱۳ کیلومتر بر ساعت مصرف می کند. با این حال، مصرف سوخت با شیشه های پایین به دلیل افزایش کشش آیرودینامیکی در سرعت ۱۲۹ کیلومتر بر ساعت نسبت به استفاده از کولر گازی بیشتر است. بنابراین ، پایین آوردن شیشه‌ها برای تهویه و سرمایش در سرعت‌های پایین کارآمدتر است (به عنوان مثال در خیابان‌های شهر) اما استفاده از کولر گازی در سرعت‌های بالا (به عنوان مثال در بزرگراه‌ها) موثرتر است به شرطی که با حداکثر بار خنک کننده کار نکند. پارک کردن ماشین در سایه در هوای گرم و در یک مکان گرم در هوای خنک می‌تواند سوخت نا شی از گرم شدن موتور و استفاده از کولر را کاهش دهد. پارک کردن ماشین در سایه در هوای گرم و در یک مکان گرم در هوای خنک می‌تواند سوخت نا شی از گرم شدن موتور و استفاده از کولر را کاهش دهد. استفاده از سایر لوازم جانبی خودرو، مانند گرمایش کابین و صندلی، چراغ‌های جلو، سیستم‌های سرگرمی و فندک‌های سیگار، مصرف سوخت را نیز افزایش می‌دهد. استفاده محافظه کارانه از این ویژگی ها توصیه می‌شود (Sanguinetti, 2017). با این حال، به طور کلی تأثیر آن‌ها ناچیز است و ایمنی و راحتی رانندگان نباید در رانندگی سازگار با محیط زیست به خطر بیفتد.

سایر عوامل موثر بر مصرف سوخت شامل وزن خودرو، فشار باد تایر، تعمیر و نگهداری وکشش آیرودینامیکی است (Sivak, 2012; Sanguinetti, 2017; Australian Department of the Environment; USDoE, 2018; IEE, 2008). با حذف اقلام و موارد غیر ضروری، بایستی وزن خودرو به حداقل برسد. ۴۵ کیلوگرم وزن اضافی می‌تواند مصرف سوخت را ۱ تا ۲ در صد افزایش دهد و تأثیر آن برای وسایل نقلیه کوچک بیشتر است (USDoE, 2018; Alam, 2014). تخمین زده می شود که هر پوند اضافی از وزن متوسط مسافر، میزان مصرف بنزین ایالات متحده را بیش از ۱۴۸

میلیون لیتر در سال افزایش می‌دهد (Jacobson, 2006). تعمیر و نگهداری مناسب می‌تواند میزان مصرف سوخت را کاهش دهد. مصرف سوخت می‌تواند با رانندگی با لاستیک‌های کم باد ۱ تا ۲ درصد، با موتور ناقص تنظیم شده ۴ درصد و با سنسور اکسیژن معیوب به میزان ۴۰ درصد افزایش یابد (Sivak, 2012). کشش آیرودینامیکی باید به حداقل برسد. قطعات اضافی در نمای بیرونی خودرو یا باز بودن پنجره ها می‌تواند مقاومت هوا و مصرف سوخت را با سرعت بالای رانندگی تا ۲۰ درصد افزایش دهد (Australian Department of the Environment, 2018). یک جعبه بار بزرگ در سقف خودرو می تواند ۲ تا ۲۵ در صد صرفه جویی در م صرف سوخت را کاهش دهد و یک صندوق عقب یا سینی عقب می‌تواند صرفه جویی در مصرف سوخت را ۱ تا ۵ درصد بسته به سرعت رانندگی کاهش دهد (USDoE, 2018). بنابراین، تو صیه می شود بارهای ضروری را در داخل خودرو به جای قفسه‌های خارجی ذخیره کنید، از قفسه‌ها (صندوق) عقب به جای باربند سقف استفاده کنید، و از قفسه‌های آیرودینامیکی استفاده کنید و در صورت عدم اجتناب از بار در سقف، و میزان بار کم با بسته بندی محکم باشد(Sanguinetti, 2017). با این حال، رانندگان معمولاً در طول سفر کنترل چندانی بر این عوامل ندارند و شانس اجرای این مهارت‌ها نسبتاً کم است.

۶-۶- مقایسه عوامل رانندگی سازگار با محیط زیست

شکل (۳) محدوده درصدی از صرفه جویی در مصرف سوخت یا کاهش CO_2 تو سط عوامل رانندگی سازگار با محیط زیست را با هم مقایسه می‌کند. صرفه جویی در مصرف سوخت از مطالعات تجربی یا عددی برای یک سفر مبدا – مقصد محاسبه می‌شود. برخی از داده ها که نشان می‌دهند مزایای بالقوه یک عامل واحد در شرایط ایده آل یا شرایط حاد قابل مقایسه نیست و بنابراین حذف می‌شود. به عنوان مثال، اگرچه م صرف سوخت جاده‌های با شیب ۶ در صد، ۸۶ در صد و ۱۷۱ در صد بیشتر از جاده‌های با شیب ۰ درصد و۶ – درصد است (Jin, 2016) ، اما سه مسیر از این قبیل جاده‌ها که فقط شامل جاده‌های سربالایی، مسطح یا سرازیری برای یک سفر با مبدا و مقصد مشخص وجود ندارد. همچنین باید توجه داشت که عوامل موثر بر رانندگی سازگار با محیط مستقل نیستند و بیشتر با یکدیگر همپوشانی دارند، همانطور که در جدول (۲) و شکل (۲) نشان داده شده است، عوامل اصلی رانندگی سازگار با محیط زیست شتاب/کاهش سرعت است که ۳/۵ تا ۴۰ درصد در صرفه جویی مصرف سوخت یا کاهش CO_2 مشارکت دارد. این امر موثر بودن اجتناب از شیوه رانندگی پرخاشگرانه که معمولاً در برنامه‌های رانندگی با محیط زیست توصیه می‌شود را توجیه می‌کند. سرعت رانندگی و انتخاب مسیر می‌توانند منجر به صرفه جویی در مصرف سوخت به ترتیب ۲ تا ۲۹ در صد و ۲/۲ تا ۲۵ در صد با شند. متعاقب آنها درجا کار کردن خودرو با ۶ الی ۲۰ درصد کاهش است. سایر عوامل (نشان داده شده با *) که رانندگان در طول سفر بر آن‌ها کنترل دارند (به عنوان مثال کولر گازی) تأثیر ناچیزی بر مصرف سوخت دارند (کمتر از ۱۰ در صد). اگرچه معیوب بودن سنسور اکسیژن می تواند تا ۴۰ در صد مصرف سوخت بیشتری را سبب شود، اما چنین عواملی (که با ** نشان داده شده) بطور مکرر اتفاق نمی‌افتند و رانندگان هیچ کنترلی بر آن‌ها در طول سفر ندارند. بنابراین، اکثریت مطالعات رانندگی سازگار با محیط زیست بر رفتارهای رانندگی شتاب، کاهش سرعت، سرعت رانندگی، انتخاب مسیر و درجا کار کردن خودرو متمرکز شده است.



شکل ۳- میزان صرفه جویی در سوخت یا کاهش CO_2 توسط عوامل موثر در رانندگی سازگار با محیط زیست (Huang, 2018)

جدول ۲- عوامل رانندگی سازگار با محیط زیست پارامترهای مرتبط با آن‌ها

عوامل رانندگی سازگار با محیط زیست	پارامترهای در نظر گرفته شده
سرعت رانندگی	کروز کنترل، سرعت خودرو، محدودیت سرعت، رعایت محدودیت سرعت، زمان سفر، جریان ترافیک، سیگنال ترافیک، نوع سوخت، شیب جاده، تعویض دنده
افزایش/ کاهش سرعت	پرخاشگری، پیش بینی، پیشروی، جریان ترافیک، سیگنال ترافیک، شیب جاده موقعیت دریچه گاز، ترمز گرفتن/موتور
درجا کارکردن موتور	آگاهی در مورد درجا کارکردن موتور، پیش بینی، جریان ترافیک، سیگنال ترافیک، سرعت خودرو، افزایش/کاهش سرعت، انتخاب مسیر، توقف– شروع و فن آوری های هیبریدی (ترکیبی)
انتخاب مسیر	مدت زمان سفر، مسافت سفر، زمان سفر رفتن، شیب جاده، نوع جاده، محدودیت سرعت، ازدحام، درجا کارکردن در تقاطع ها، تاثیرات گسترده در سطح شبکه، میزان نفوذ به بازار، نوع وسیله نقلیه.
سایر عوامل *	تهویه هوا، وزن اضافی (۴۵ کیلوگرم)، آیرودینامیک باز کردن پنجره ها.
سایر عوامل **	لاستیک‌های باد کم (۱–۵ پوند/اینچ مربع)، موتور بی صدا، سنسور اکسیژن معیوب، کشش آیرودینامیکی (بارهای خارجی).

***: عواملی که رانندگان هنگام رانندگی بر آنها کنترل دارند و می توانند مکرراً مورد استفاده قرار گیرند.**

****: عواملی که رانندگان در هنگام رانندگی هیچ کنترلی بر آنها ندارند و مکرر اتفاق نمی‌افتد.**

۷- مزایای زیست محیطی، اقتصادی و فردی رانندگی سازگار با محیط زیست:

رانندگی سازگار با محیط زیست یک روش کارآمد برای رانندگی و صرفه جویی در هزینه است، در حالی که هنوز از انعطاف پذیری و

شخصیت بالایی برخوردار است. رانندگان سازگار با محیط زیست نه تنها در هزینه صـــرفه جویی می کنند، بلکه ایمن تر رانندگی می کنند، از خودروهای خود مراقبت می کنند و از رانندگی، بیشتر از رانندگان معمولی لذت می‌برند، زیرا این فناوری استرس را کاهش می دهد. مزایای فناوری رانندگی سازگار با محیط زیست متعدد است و از مهم ترین مزایای این فناوری می توان به موارد زیر اشاره کرد (Baric, 2013):

۷-۱- ایمنی

الف) افزایش ایمنی در ترافیک جاده ای

ب) بهبود قابلیت های رانندگی

۷-۲- محیط زیست

الف) کاهش انتشار گازهای گلخانه ای (CO_2)

ب) کاهش انتشارات مضر محلی

ج) کاهش سر و صدا

۷-۳- اقتصاد رانندگی

الف) کاهش مصرف سوخت (۵ تا ۱۵ درصد در چشم انداز دراز مدت)

ب) کاهش هزینه های نگهداری

ج) کاهش هزینه های ناشی از حوادث رانندگی (کاهش تصادفات تا ۴۰ درصد)

۷-٤- مسئولیت اجتماعی

الف) کمک به سبک رانندگی مسئولیت پذیرتر

ب) کاهش استرس هنگام رانندگی

ج) افزایش راحتی رانندگی برای سرنشینان و سایر رانندگان

کاهش مصـرف سـوخت و انتشـار گازهای گلخانه‌ای ناشـی از رانندگی سـازگار با محیط در شـکل (۴) نشـان داده شـده اسـت. علاوه بر این، رانندگی سازگار با محیط زیست باعث کاهش آلودگی صوتی و همچنین آلودگی هوای محلی می‌شود. سر و صدای موتور یک خودرو با دور موتور ۴۰۰۰ دور در دقیقه برابر با صـــدای موتور ۳۲ اتومبیل در ۲۰۰۰ دور در دقیقه است. این بدان معناست که رانندگی سازگار با محیط زیست یکی از مشکلات اساسی ترافیک در مناطق شهری را کاهش می‌دهد. رانندگی ایمن‌تر در نتیجه پیش بینی وضعیت ترافیک، حفظ سرعت ثابت، سرعت کمتر رانندگی، سبقت کم‌تر و عصبانیت و پرخاشگری کم‌تر در رانندگان (اســـترس کم‌تر) و در نتیجه جریان ترافیکی روان از مزایای این فناوری است (Baric, 2013). علاوه بر این رانندگی سازگار با محیط زیست، رانندگی راحت‌تر، کارآمدتر و اقتصـــادی‌تری را ایجاد می‌کنند. رانندگی سـازگار با محیط زیسـت سـاییدگی، پارگی و نیاز به تعمیرات را کاهش می‌دهند، بنابراین منابع کم‌تری برای جایگزینی اجزای پرهزینه زیســـت محیطی مانند ترمز، روان کننده و لاســـتیک مورد نیاز اســـت. همچنین رانندگان سازگار با محیط زیست درک بیشتری از مسئولیت‌های خود در قبال ســـایر کاربران جاده و محیط اطراف خود دارند. تمام مزایای ذکر شده را می‌توان در زمان مساوی یا با کاهش زمان سفر بدست آورد. تجربه نشـان داده اسـت که رانندگان سـازگار با محیط زیسـت دیرتر به مقصد نمی‌رسند، بلکه اغلب حتی زودتر نیز می‌رسند. این بیشتر به دلیل سـرعت بخشـیدن به جریان ترافیک و در نتیجه اجتناب از توقف اسـت (Len, 2015). بطور کلی می‌توان گفت:

رانندگی سازگار با محیط زیست منجر به کاهش (UNECE, 2007):

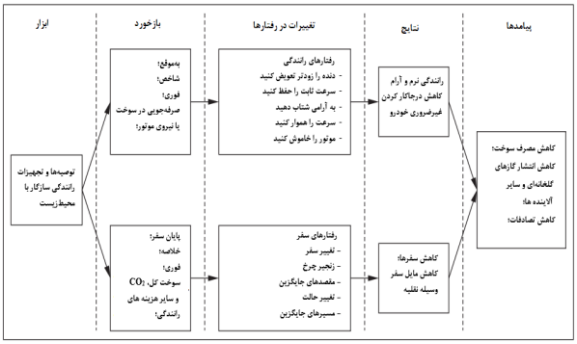
- مصرف سوخت؛
- هزینه‌های تعمیر و نگهداری خودرو ؛
- استرس؛
- مزاحمت سر و صدا ؛
- آلاینده‌های هوای محلی ؛
- گازهای گلخانه ای؛
- میزان تصادف.

رانندگی سازگار با محیط زیست منجر به بهبود:

- ایمنی ترافیک؛
- راحتی

رانندگی سازگار با محیط منجر به رفتار رانندگی ایمن به دلایل زیر می‌شود:

- سبک رانندگی پیش‌بینی شده
- حفظ سرعت ثابت
- سرعت کم‌تر
- سبقت کم‌تر
- استرس/و پرخاشگری کم‌تر



شکل ٤- کاهش مصرف سوخت و انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از رانندگی سازگار با محیط (Boriboonsomsin, 2010)

۸- قوانین و معیارهای رانندگی سازگار با محیط زیست

سبک رانندگی شما تأثیر مستقیمی بر مصرف سوخت خودرو دارد. اگر شیوه رانندگی سازگار با محیط‌زیست را اتخاذ کنید، می‌توانید در هزینه‌ها صـرفه‌جویی کرده و تاثیرات منفی خود بر محیط‌زیسـت را کاهش دهید. همچنین مطالعات نشان می‌دهد که رانندگان دوستدار محیط‌زیست به دلیل نگاه بهتر و سـبک رانندگی یکنواخت‌تر کم‌تر تصـادف می‌کنند. در عصر حاضر و با وجود مفاهیم مهمی همچون قیمت نجومی سوخت و دغدغه حفظ منابع طبیعی و انرژی، یکی از عقلانی‌ترین راهکارهای بشر، رانندگی سـازگار با محیط زیســت می‌باشـد. به منظور کمک به ترویج فرهنگ رانندگی سـازگار با محیط زیسـت، قوانین و معیارهای در رابط با سبک رانندگی، نحوه‌ی استفاده و نگهداری از خودرو توصیه شده است که رعایت این نکات ســـاده و ایجاد تغییراتی هر چند بســـیار اندک در رفتارهای رانندگی، علاوه بر صرفه جویی در مصرف بنزین موجب حفظ محیط زیست نیز می‌شود.

۸-۱- قوانین طلایی رانندگی سازگار با محیط (IEE, 2013) :

۸-۱-۱- پیش بینی بیشتر

- موقعیت‌ها و سایر کاربران جاده را تا آنجا که ممکن است پیش بینی کنید.

- حفظ فاصله بیشتر بین وسایل نقلیه به منظور جلوگیری از شتاب و ترمزهای غیر ضروری و حداکثر استفاده از شتاب خودرو

۸-۲-۱-۲-سرعت ثابت را حفظ کنید

- با استفاده از بالاترین چرخ دنده ممکن در دور کم، به آرامی رانندگی کنید یعنی با بیشترین دنده ممکن در دور کم رانندگی نمایید.

۸-۲-۱-۳- زودتر به دنده‌های بالاتر بروید

- در اسرع وقت دنده را تعویض نمایید تقریبا بین ۲۰۰۰ تا ۲۵۰۰ دور در دقیقه تغییر داده و به دنده بالاتر بروید.

۸-۲-۱-٤- فشار باد تایرها را مرتباً چک کنید

- حداقل یکبار در ماه و قبل از رانندگی با سرعت بالا؛
- ۲۵ درصد فشار کمتر از فشار اسمی در پنوماتیک، اصطکاک چرخش (رول) را ۱۰در صد و مصرف سوخت را ۲ در صد افزایش می‌دهد.

۸-۲-۱-۵- به یاد داشته باشید که همه بارهای جانبی مصرف سوخت را زیاد می‌کنند

- تجهیزات برقی و به ویژه تهویه مطبوع به میزان قابل توجهی مصرف سوخت را بالا می‌برند، بنابراین از آن کم مصرف کنید.
- از حمل بار سنگین و افزودن بی مورد به کشش آیرودینامیکی از قبیل بازکردن پنجره‌ها در سرعت‌های بالا یا حمل جعبه‌های سقفی در صورت عدم استفاده از آنها خودداری نمایید.
- هر ۱۰ کیلوگرم بار اضافی باعث مصرف ۰/۱ لیتر سوخت در هر ۱۰۰ کیلومتر می شود (۱۰۰ کیلوگرم بار اضافی باعث مصرف می شود ۱ لیتر سوخت در ۱۰۰ کیلومتر).

۸-۲- قوانین نقره ای رانندگی سازگار با محیط (IEE, 2013)

۸-۲-۱- صرفه جویی در سوخت با انتخاب خودروی با نشر (آلایندگی) کم شروع می‌شود

- یک مدل خودرو کم مصرف با کاهش انتشار CO_2 انتخاب کنید.
- خودروهای دیزلی همیشه باید مجهز به فیلترهای ذرات باشند. نمایشگر مصرف سوخت به شما کمک می‌کند تا در مصرف سوخت صرفه جویی کنید.
- کروز کنترل و گیربکس اتوماتیک می‌توانند مصرف سوخت را کاهش دهند.

۸-۲-۲- از سفرهای کوتاه مدت با ماشین خودداری کنید

- از سفرهای کوتاه مدت با اتومبیل خودداری کنید زیرا موتورهای سرد نسبت به موتورهای گرم به سوخت بیشتری در هر مایل نیاز دارند و به طور معادل CO_2 بیشتری تولید می‌کنند.
- در سفرهای کوتاه مدت موتور به دمای مطلوب کارکرد خود نمی‌رسد و باعث افزایش سایش و کاهش ماندگاری و دوام می‌شود.

۸-۲-۳- موتور را روشن نکنید تا در واقع فرصتی برای شروع رانندگی ایجاد نشود.

- بلافاصله پس از روشن شدن موتور رانندگی کنید. موتور را گرم نکنید در جا کار کردن خودرو سوخت را هدر می‌دهد و موتور هنگام حرکت سریع‌تر گرم می‌شود.

۸-۲-٤- موتور را در زمان توقف خاموش کنید.

- در صورت توقف برای مدت زمان زیاد، موتور را خاموش کنید. برای اکثر موتورهای مدرن، دوره سر به سری، که در آن سوخت ذخیره شده با خاموش شدن موتور بیشتر از سوخت مورد استفاده برای راه اندازی مجدد موتور است، حدود ۲۰ ثانیه است.

۸-۲-۵- از روغن‌های اصطکاکی کم و لاستیک‌های کم مصرف استفاده کنید.

- از سیستم برچسب گذاری اتحادیه اروپا استفاده کنید.

۸-۲-۵- هنگام رانندگی با سرعت بیشتر شیشه‌ها را ببندید.

- پنجره‌های باز شده کشش دینامیکی را افزایش داده و سوخت بیشتری مصرف می‌کند.

۸-۲-٦- اتومبیل خود را به طور منظم بررسی کرده و سرویس کنید.

- اطمینان حاصل کنید که اتومبیل شما به طور منظم (مطابق برنامه سازنده) برای حفظ کارایی موتور سرویس می‌شود.

۸-۲-۷- وسایل حمل و نقل جایگزین را در نظر بگیرید (دوچرخه سواری، پیاده روی، حمل و نقل عمومی، به اشتراک گذاری ماشین، همراهی، پارک و سوار شدن)

- حدود ۲۵ درصد از تمام سفرهای خودرو کمتر از ۲ کیلومتر و ۵۰ درصد از سفرهای خودرد کمتر از ۵ کیلومتر طول دارند. انتخاب دوچرخه سواری یا پیاده‌روی نه تنها تأثیرات مثبتی بر محیط زیست بلکه بر سلامت و بودجه شما نیز دارد.
- استفاده از وسایل نقلیه عمومی همچنین به شما کمک می کند تا در هزینه خود صرفه جویی کرده و از استرس و گازهای خروجی جلوگیری کنید.

برای صرفه جویی در سوخت و هزینه ها، به نوبت سوار ماشین دوستان یا همکاران (استفاده چند نفر از یک خودرو همزمان) را در نظر بگیرید یا سعی کنید ماشین را به اشتراک بگذارید.

۹- چالش ها و جهت تحقیقات آتی

حمل و نقل جاده‌ای مقدار زیادی سوخت فسیلی مصرف می کند و CO_2 و انتشار آلاینده‌های قابل توجهی را منتشر می‌کند. رفتارهای رانندگی به عنوان آخرین عوامل مهم در تعیین کارایی سوخت خودرو و انتشار آلاینده‌ها در نظر گرفته می‌شوند. رانندگی سازگار با محیط زیست اقدامی نسبتاً کم هزینه و فوری برای بهبود چشمگیر مصرف سوخت است؛ در سال‌های اخیر مورد توجه و پذیرش جهانی قرار گرفته است. با این حال، اثربخشی رانندگی سازگار با محیط زیست به دلیل دامنه تحقیق، روش‌ها و عوامل مختلف آنها بسیار متفاوت است. چالش‌های زیر باید به عنوان چشم اندازهای آینده در نظر گرفته و مورد بررسی قرار گیرند (Huang, 2018):

- تأثیر برنامه‌های آموزشی رانندگی سازگار با محیط زیست و تجهیزات داخل خودرو در کوتاه مدت قابل توجه بوده، اما با گذشت زمان کمرنگ می شود. برای طراحی برنامه‌های آموزشی موثرتر و ماندگارتر و تجهیزات داخل خودرو نیاز به تلاش بیشتری است.

- مزایای مدل‌سازی و تست‌های آزمایشگاهی رانندگی سازگار با محیط زیست معمولاً بسیار بیشتر از آزمایشات میدانی است .تلاش‌های بی شتری برای تبدیل مزایای احتمالی رانندگی سازگار با محیط زیست از مطالعات تحقیقاتی به رانندگی عملی مورد نیاز است.
- متغیرهای زیاد در یک رانندگی در دنیای واقعی، ارزیابی دقیق و من صفانه تأثیر رانندگی سازگار با محیط زی ست بر میزان م صرف سوخت و انتشسار آلاینده‌ها را دشوار می‌کند. طراحی تجربی (آزمایشگاهی) بهتر برای تمرکز بر متغیرهای کلیدی با بیشترین تأثیر بر صرفه جویی در م صرف سوخت و کاهش انت شار گازهای گلخانه‌ای مورد نیاز است.
- مهارت‌های فعلی رانندگی سازگار با محیط زیست بیشتر کیفی ا ست. به منظور ارائه پیشنهادات کمی که می‌توانند در سخت افزار خودرو ادغام شوند تا پیشرفت‌های ثابت و یکنواخت‌تری ایجاد شود، تحقیقات بیشتری مورد نیاز است.
- اکثر مطالعات عمدتا تأثیر رانندگی سازگار با محیط زیست بر کاهش میزان م صرف سوخت و انت شار CO_2 را بر رسی کرده‌اند، اما انتشار آلاینده‌هایی مانند CO، HC، Nox و PM را مورد بررسی قرار نداده‌اند. ممکن است بین صرفه جویی در مصرف سوخت، انتشار آلاینده‌ها و زمان سفر نیاز به مبادله باشد (Mensing, 2014). استراتژی‌های مختلفی از رانندگی سازگار با محیط زیست ممکن است برای اهداف مختلف مورد نیاز باشد.
- مطالعات فعلی رانندگی سازگار با محیط زیست بیشتر بر رفتارهای رانندگی افراد متمرکز است، اما در سطوح شبکه فاقد ملاحظه ا ست. شیوه‌های رانندگی ساز گار با محیط زی ست تو صیه شده ممکن است توسط وسایل نقلیه اطراف محدود شده یا حتی در شرایط رانندگی واقعی غیر واقعی باشد.
- مطالعات کنونی رانندگی سازگار با محیط زیست عمدتا برای رانندگان دارای گواهینامه یا با تجربه است، در حالی که مطالعات کم‌تری برای رانندگان در حال یادگیری یا مبتدی انجام شده است. تحقیقات در خصوص نحوه رانندگی سازگار با محیط زیست و بهبود عملکرد رانندگان جدید مورد نیاز است.

۱۰- نتیجه گیری

فناوری رانندگی سازگار با محیط زیست بر ا ساس مقالات علمی زیادی مورد نقد و برر سی قرار گرفته ا ست. م شخص شده ا ست که رانندگی سازگار با محیط زیست اقدامی نسبتاً کم هزینه و فوری برای کاهش قابل توجه میزان مصرف سوخت و انتشار گازهای گلخانه‌ای است. عوامل ا صلی تأثیرگذار بر میزان م صرف سوخت و انت شار آلاینده‌ها که راننده در هنگام رانندگی بر آن‌ها کنترل دارد عبارتند از شتاب/کاهش سرعت، سرعت رانندگی، انتخاب مسیر و در جا کار کردن خودرو. برنامه‌های آموزشی و تجهیزات بازخورد داخل خودرو معمولاً برای اجرای مهارت‌های رانندگی سازگار با محیط زیست مورد استفاده قرار می‌گیرند. کاهش فوری و قابل توجه میزان مصرف سوخت و انتشار CO_2 با افزایش جزئی در مدت زمان سفر مشاهده شده است. با این حال، اثرات هر دو روش می‌تواند به مرور زمان به دلیل عادات رانندگی قدیمی و منسوخ توسعه یافته در طول سال‌ها کاهش یابد. این امر مستلزم توسعه پیشنهادات کمی در زمینه رانندگی سازگار با محیط زیست و ادغام آن‌ها در سخت افزار خودرو برای ایجاد پی شرفت‌های ثابت و یکنواخت ا ست. تلاش‌هایی برای توسعه برنامه‌های آموزشی موثرتر، پایدارتر و مداوم و تجهیزات داخل خودرو برای رانندگان مورد نیاز است. مطالعات آینده در مورد تأثیر رانندگی سازگار با محیط زیست بر انت شار آلاینده‌ها ضروری است زیرا حمل و نقل جاده‌ای همچنان بزرگترین عامل آلودگی هوا در مناطق شهری است. تأثیر رانندگی سازگار با محیط زیست بر میزان م صرف سوخت و انت شار گازهای گلخانه‌ای در سطح شبکه نیز باید در نظر گرفته شود.

منابع

- Abas, M.A, Zainal Abidin, S.F, Rajoo, S, 2017. Evaluation between Engine Stop/Start and Cylinder Deactivation Technologies under Southeast Asia Urban Driving Condition. SAE paper 2017-01-0986.
- Ahn, K, Rakha, H.A, 2008. The effects of route choice decisions on vehicle energy consumption and emissions. Transportation Research Part D: Transport and Environment. V.13, P.151-167.
- Ahn, K, Rakha, H.A, 2013. Network-wide impacts of eco-routing strategies: A large-scale case study. Transportation Research Part D: Transport and Environment. V.25, P.119-130.
- Alam, M.S, McNabola, A, 2014. A critical review and assessment of Eco-Driving policy & technology: Benefits & limitations. Transport Policy. V.35, P.42-49.
- Alshehry, A.S, Belloumi, M, 2017. Study of the environmental Kuznets curve for transport carbon dioxide emissions in Saudi Arabia. Renewable and Sustainable Energy Reviews. V.75, P.1339-1347.
- Australian Department of the Environment, 10 Top Tips for Fuel Efficient Driving, https://www.environment.gov.au/settlements/transport/fuelguide/tips.html , accessed 12.04.2018.
- Ayyildiz, K.; Cavallaro, F.; Nocera, S.; Willenbrock, R. Reducing fuel consumption and carbon emissions through eco-drive training. Transp. Res. Part F Traffic Psychol. Behav. **2017**, 46, 96–110.

- Bandeira, J.M, Fontes, T, Pereira, S.R, 2014. Assessing the Importance of Vehicle Type for the Implementation of Eco-Routing Systems. Transportation Research Procedia. V.3, P.800-809.
- Barić, D, Zovak, G, Periša, M, 2013. Effects of eco-drive education on the reduction of fuel consumption and CO2 emissions. Promet-Traffic&Transportation. V.3, P.265-72.
- Barkenbus, J.N, 2010. Eco-driving: An overlooked climate change initiative. Energy Policy. V.38, P.762-769.
- Berry, I.M, 2010. The Effects of Driving Style and Vehicle Performance on the Real-World Fuel Consumption of U.S. Light-Duty Vehicles. Degree of Master. Department of Mechanical Engineering, Massachusetts Institute of Technology.
- Birrell, S, Taylor, J, McGordon, A, 2014. Analysis of three independent real-world driving studies: A data driven and expert analysis approach to determining parameters affecting fuel economy. Transportation Research Part D: Transport and Environment. V.33, P.74-86.
- Birrell, S.A, Young, M.S, Weldon, A.M, 2013. Vibrotactile pedals: provision of haptic feedback to support economical driving. Ergonomics. V.56, P.282-292.
- Boriboonsomsin, K, Barth, M, 2009. Impacts of Road Grade on Fuel Consumption and Carbon Dioxide Emissions Evidenced by Use of Advanced Navigation Systems. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. V.2139, P.21-30.
- Boriboonsomsin, K, Barth, M.J, Zhu, W, 2012. Eco-Routing Navigation System Based on Multisource Historical and Real-Time Traffic Information. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. V.13, P.1694-1704.
- Boriboonsomsin, K, Vu, A, Barth, M, 2010. Co Eco-Driving: Pilot Evaluation of Driving Behavior Changes among U.S. Drivers, University of California Transportation Center UCTC-FR-2010-20.
- Carrico, A.R, Padgett, P, Vandenbergh, M.P, 2009. Costly myths: An analysis of idling beliefs and behavior in personal motor vehicles. Energy Policy. V.37, P. 2881-2888.
- Chang, D.J, Morlok, E.K, 2005. Vehicle Speed Profiles to Minimize Work and Fuel Consumption. Journal of Transportation Engineering. V.131, P.173-182.
- Chen, C, Huang, C, Jing, Q, 2007. On-road emission characteristics of heavy-duty diesel vehicles in Shanghai. Atmospheric Environment. V.41, P.5334-5344.
- Choi, E, Kim, E, 2017. Critical aggressive acceleration values and models for fuel consumption when starting and driving a passenger car running on LPG. International Journal of Sustainable Transportation. V.11, P.395-405.
- Co Eco-Driving, 2010. Pilot Evaluation of Driving Behavior Changes among U.S. Drivers, University of California Transportation Center UCTC-FR-2010-20. p. 4
- D'Amato, A, Donatantonio, F, Arsie, 2017. Development of a Cruise Controller Based on Current Road Load Information with Integrated Control of Variable Velocity Set-Point and Gear Shifting. SAE paper V.1, P.89.
- ECOdriving – Widespread Implementation for Learner Drivers and Licensed Drivers .Contract no: IEE/09/822/SI2.558293
- El-Shawarby, I, Ahn, K, Rakha, H, 2005. Comparative field evaluation of vehicle cruise speed and acceleration level impacts on hot stabilized emissions. Transportation Research Part D: Transport and Environment. V.10, P.13-30.
- Ericsson, E, 2001. Independent driving pattern factors and their influence on fuel-use and exhaust emission factors. Transportation Research Part D: Transport and Environment. V.6, P.325-345.
- Ericsson, E, Larsson, H, Brundell-Freij, K, 2006. Optimizing route choice for lowest fuel consumption Potential effects of a new driver support tool. Transportation Research Part C: Emerging Technologies. V.14, P.369-383.
- European Commission, CO2 time series 1990-2015 per region/country, http://edgar.jrc.ec.europa.eu/overview.php?v=CO2ts1990-2015, accessed 12.04.2018.
- European Commission. Amending Regulation (EC) No 7152007 of the European Parliament and of the Council and Commission Regulation (EC) No 6922008 as regards emissions from light passenger and commercial vehicles (Euro 6). Official Journal of the European Union. 142 (2012) 16-24.
- Fafoutellis, P., Mantouka, E.G. and Vlahogianni, E.I., 2020. Eco-driving and its impacts on fuel efficiency: An overview of technologies and data-driven methods. Sustainability, 13(1), p.226.

- Farrington, R, Rugh, J, 2000. Impact of vehicle air-conditioning on fuel consumption, tailpipe emissions, and electric vehicle range. The Earth Technologies Forum.
- Foley, A, Smyth, BM, Pukšec, T, 2017. A review of developments in technologies and research that have had a direct measurable impact on sustainability considering the Paris agreement on climate change. Renewable and Sustainable Energy Reviews. V.68, P. 835-839.
- Fonseca, N, Casanova, J, Valdés, M, 2011. Influence of the stop/start system on CO2 emissions of a diesel vehicle in urban traffic. Transportation Research Part D: Transport and Environment. V.16, P.194-200.
- Gallus, J, Kirchner, U, Vogt, R, 2017. Impact of driving style and road grade on gaseous exhaust emissions of passenger vehicles measured by a Portable Emission Measurement System (PEMS). Transportation Research Part D: Transport and Environment. V.52, Part A, P.215-226.
- Garcia-Castro, A, Monzon, A, Valdes, C, 2017. Modeling different penetration rates of eco-driving in urban areas: Impacts on traffic flow and emissions. International Journal of Sustainable Transportation. V.11, P.282-294.
- He, X, Liu, H.X, Liu, X, 2015. Optimal vehicle speed trajectory on a signalized arterial with consideration of queue. Transportation Research Part C: Emerging Technologies. V.61, P.106-120.
- Hellström, E, Ivarsson, M, Åslund, J, 2009. Look-ahead control for heavy trucks to minimize trip time and fuel consumption. Control Engineering Practice. V.17, P.245-254.
- Huang, Y, Hong, G, Huang, R, 2015. Investigation to charge cooling effect and combustion characteristics of ethanol direct injection in a gasoline port injection engine. Applied Energy. V.160, P.244-254.
- Huang, Y., Ng, E.C., Zhou, J.L., Surawski, N.C., Chan, E.F. and Hong, G., 2018. Eco-driving technology for sustainable road transport: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 93, pp.596-609.
- Husnjak, S.; Forenbacher, I.; Bucak, T. Evaluation of eco-driving using smart mobile devices. PROMET Traffic Transp. 2015, 27, 335–344.
- IEE, 2008. Ecodriven Campaign Catalogue for European Eco-driving & Traffic Safety Campaigns.
- IEE. Eco-driving, 2013. Short-duration training for licensed drivers and integration into driving education for learner drivers - Experiences and results from the ECOWILL project.
- Jacobson, S.H, McLay, L.A, 2006. The Economic Impact of Obesity on Automobile Fuel Consumption. The Engineering Economist. V.51, P.307-323.
- Jiang, H, Hu, J, An, S, 2017. Eco approaching at an isolated signalized intersection under partially connected and automated vehicles environment. Transportation Research Part C: Emerging Technologies. V.79, P.290-307.
- Jin, Q, Wu, G, Boriboonsomsin, K, 2016. Power-Based Optimal Longitudinal Control for a Connected Eco-Driving System. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. V.17, P.2900-2910.
- Johnson, V.H, 2002. Fuel Used for Vehicle Air Conditioning: A State-by-State Thermal Comfort-Based Approach. SAE Paper 2002-01-1957.
- Kundu, S, Kundu, S, 2015. Flexible Vehicle Speed Control Algorithms for Eco-Driving. 2015 IEEE 82nd Vehicular Technology Conference (VTC2015-Fall).
- Kundu, S, Wagh, A, Qiao, C, 2013. Vehicle speed control algorithms for eco-driving. 2013 International Conference on Connected Vehicles and Expo (ICCVE).
- Lacal Arantegui, R, Jäger-Waldau, A, 2018. Photovoltaics and wind status in the European Union after the Paris Agreement. Renewable and Sustainable Energy Reviews. V.81, P.2460-2471.
- Larsson, H, Ericsson, E, 2009.The effects of an acceleration advisory tool in vehicles for reduced fuel consumption and emissions. Transportation Research Part D: Transport and Environment. V.14, P.141-146.
- Lee, S, Cherry, J, Safoutin, M, 2017. Modeling and Validation of 12V Lead-Acid Battery for Stop-Start Technology. SAE paper 2017-01-1211.
- Lee, T, Son, J, 2011. Relationships between Driving Style and Fuel Consumption in Highway Driving. SAE paper 2011-28-0051.

- Len, W, Chris, B, 2015. Eco-driving Strategy 2015-2017 Sydney 2030.
- Li, S.E, Guo, Q, Xin, L, 2017. Fuel-Saving Servo-Loop Control for an Adaptive Cruise Control System of Road Vehicles with Step-Gear Transmission. IEEE Transactions on Vehicular Technology. V.66, P.2033-2043.
- Maamria, D, Gillet, K, Colin, G, 2016. Which methodology is more appropriate to solve Eco-Driving Optimal Control Problem for conventional vehicles? 2016 IEEE Conference on Control Applications (CCA).
- Magana, V.C. Munoz-Organero, M. 2016, Artemisa: A personal driving assistant for fuel saving. IEEE Trans. Mob. Comput, 15, 2437–2451.
- Mantouka, E.G., Barmpounakis, E., Vlahogianni, E., Golias, J, 2020. Smartphone sensing for understanding driving behavior: Current practice and challenges. Int. J. Transp. Sci. Technol.
- Masikos, M, Demestichas, K, Adamopoulou, E, 2015. Energy-efficient routing based on vehicular consumption predictions of a mesoscopic learning model. Applied Soft Computing. V.28, P.114-124.
- Mensing, F, Bideaux, E, Trigui, R, 2013. Trajectory optimization for eco-driving taking into account traffic constraints. Transportation Research Part D: Transport and Environment. V.18, P.55-61.
- Meseguer, J.E.; Toh, C.K.; Calafate, C.T.; Cano, J.C.; Manzoni, P. Drivingstyles: A mobile platform for driving styles and fuel consumption characterization. J. Commun. Netw. 2017, 19, 162–168
- Nie, Y, Li, Q, 2013. An eco-routing model considering microscopic vehicle operating conditions. Transportation Research Part B: Methodological. V.55, P.154-170.
- Pelkmans, L, De Keukeleere, D, Bruneel, H, 2001. Influence of Vehicle Test Cycle Characteristics on Fuel Consumption and Emissions of City Buses. SAE Paper 2001-01-2002.
- Pulkrabek, w.w, 1997. Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Rahman, S.M.A, Masjuki, H.H, Kalam, M.A, 2013. Impact of idling on fuel consumption and exhaust emissions and available idle-reduction technologies for diesel vehicles – A review. Energy Conversion and Management. V.74, V.171-182.
- Ruan, J, Walker, P, Zhang, N, 2016. A comparative study energy consumption and costs of battery electric vehicle transmissions. Applied Energy. V.165, P.119-134.
- Saerens, B, Rakha, H.A, Diehl, M, 2013. A methodology for assessing eco-cruise control for passenger vehicles. Transportation Research Part D: Transport and Environment. V.19, P.20-27.
- Sanguinetti, A, Kurani, K, Davies, J, 2017. The many reasons your mileage may vary: Toward a unifying typology of eco-driving behaviors. Transportation Research Part D: Transport and Environment. V.52, P.73-84.
- Shahbaz, M, Khraief, N, Jemaa, M.M.B, 2015. On the causal nexus of road transport CO2 emissions and macroeconomic variables in Tunisia: Evidence from combined cointegration tests. Renewable and Sustainable Energy Reviews. V.51, P.89-100.
- Sivak, M, SchoettleM B, 2012. Eco-driving: Strategic, tactical, and operational decisions of the driver that influence vehicle fuel economy. Transport Policy. V.22, P.96-99.
- Sun, J, Liu, H.X, 2015. Stochastic eco-routing in a signalized traffic network. Transportation Research Part C: Emerging Technologies. V.59, P.32-47.
- UK, 2016. Advising Fuel Efficient Driving Techniques for Your Fleet; Energy Savings Trust: London, United Kingdom Deptartment of Transport.
- United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), 2007. Ecodriving: the smart driving style
- United Nations, INDCs as communicated by Parties, http://www4.unfccc.int/Submissions/INDC/Submission%20Pages/submissions.aspx , accessed 12.04.2018.
- United Nations, Paris Agreement - Status of Ratification, http://unfccc.int/paris_agreement/items/9444.php , accessed 12.04.2018.
- United Nations, Summary of the Paris Agreement, http://bigpicture.unfccc.int/#content-the-paris-agreemen , accessed 12.04.2018.

- USDoE, Driving More Efficiently, http://www.fueleconomy.gov/feg/driveHabits.jsp , accessed 12.04.2018.
- USDoE. Idling Reduction for Personal Vehicles. 2015.
- Wang, A, Ge, Y, Tan, J, 2011. On-road pollutant emission and fuel consumption characteristics of buses in Beijing. Journal of Environmental Sciences. V.23, P.419-426.
- Wang, H, Fu, L, Zhou, Y, 2008. Modelling of the fuel consumption for passenger cars regarding driving characteristics. Transportation Research Part D: Transport and Environment. V.13, P.479-482.
- Wang, J, Rakha, H.A, 2016. Fuel consumption model for conventional diesel buses. Applied Energy. V.170, P.394-402.
- Xia, H, Boriboonsomsin, K, Barth, M, 2013. Dynamic Eco-Driving for Signalized Arterial Corridors and Its Indirect Network-Wide Energy/Emissions Benefits. Journal of Intelligent Transportation Systems. V.17, P.31-41.
- Xiang, X, Zhou, K, Zhang, W.B, 2015. A Closed-Loop Speed Advisory Model with Driver's Behavior Adaptability for Eco-Driving. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. V.16, P.3313-3324.
- Xu, S, Li, S.E, Peng, H, 2016. Fuel-Saving Cruising Strategies for Parallel HEVs. IEEE Transactions on Vehicular Technology. V.65, P.4676-4686.
- Xu, Y, Li, H, Liu, H, 2017. Eco-driving for transit: An effective strategy to conserve fuel and emissions. Applied Energy. V.194, P.784-797.
- Yao, E, Song, Y, 2013. Study on Eco-Route Planning Algorithm and Environmental Impact Assessment. Journal of Intelligent Transportation Systems. V.17, P.42-53.
- Zeng, W, Miwa, T, Morikawa, T, 2016. Prediction of vehicle CO2 emission and its application to eco-routing navigation. Transportation Research Part C: Emerging Technologies. V.68, P.194-214.
- Zhang, L, Hu, X, Wang, Z, 2018. A review of supercapacitor modeling, estimation, and applications: A control/management perspective. Renewable and Sustainable Energy Reviews. V.81, P.1868-1878.
- Zhen, X, Wang, Y, 2015. An overview of methanol as an internal combustion engine fuel. Renewable and Sustainable Energy Reviews. V.52, P.477-493.
- Zhou, M, Jin, H, Wang, W, 2016. A review of vehicle fuel consumption models to evaluate eco-driving and eco-routing. Transportation Research Part D: Transport and Environment. V.49, P.203-218.

Eco-driving technology: an effective and economical approach to reduce fuel consumption and greenhouse gas

Ahmad Asl Hashemi [1], Fatemeh Yaghoubi Rudpashti [2], Gholam Hossein Safari [3, *]

1- Faculty member, Department of Traffic Health and Safety, Faculty of Health, Tabriz University of Medical Sciences

2- BS student in Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Tabriz University of Medical Sciences

[*]3- Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Tabriz University of Medical Sciences

[*]Email Address : hsafari13@yahoo.com

Abstract

Road transportation uses notable amounts of fossil fuels and accounts for a remarkable share of CO_2 emissions and other pollutants worldwide. The transportation sector uses nearly 20% to 25 of global energy and is responsible for approximately 25% of global energy-related CO_2 emissions, 75% of which is disseminated via road transport. Eco-driving is one of the 40 measures that should contribute to a 60% reduction in emissions of traffic-related pollutants by 2050. Eco-driving technology can be considered as a set of choices and behaviors adopted by drivers in order to energy-saving and environmental protection. This approach is a relatively inexpensive and immediate measure to dramatically reduce fuel consumption and emissions of pollutants. The finding of researches in this field indicate that although the efficiency of car engines has been developed due to recent technological advances and the integration of new types of fuels, but the behavior of drivers has not improved in line with this development. Thus, it is expected to with proper training and information of drivers, this procedure leads to further reduce fuel consumption and greenhouse gas emissions. The main factors affecting eco-driving include acceleration/deceleration, driving speed, route select and idling. The present research is a study review in which data were obtained through library studies. The purpose of this study is to review and compare the major factors influencing the implementation of eco-driving technology. Finally, the challenges and future research for eco-driving technology are proposed. Therefore, due to the high price of fuel and the concern of conserving natural resources and energy, eco-driving technology is one of the best and most rational approaches for sustainable development, energy conservation and environmental protection.

Introduction

Road transportation uses notable amounts of fossil fuels and accounts for a remarkable share of CO_2 emissions and other pollutants worldwide. Overall, the transportation sector is responsible for generation the maximum amount of greenhouse gases, which is estimated to be approximately 30% of the man-made emissions, has increased by 22% since 1990. The transportation sector uses nearly 20% to 25 of global energy and is responsible for approximately 25% of global energy-related CO_2 emissions, 75% of which is disseminated via road transport. Furthermore, energy usage and CO_2 emissions from global transport are estimated to increment by more than 50% in 2030 because of population development and economic growth. The levels of pollutants emissions are related to fuel consumption efficiency. Hence, it is necessary to study the fuel consumption of the transportation sector, especially road transport, as well as approaches to reduce fuel consumption. In recently years, many measures have been taken to optimize fuel consumption and reduce emissions of pollutants and greenhouse gases in the transportation sector. These measures include: Implement stricter standards regarding the emission of pollutants from the vehicle (Euro V and VI), new engines and technologies (electric and hybrid), better fuel quality and alternative fuels (high-octane and biofuel). However, a momentous factor which is often ignored and may significantly improve vehicle fuel consumption is eco-driving technology, while, eco-driving technology is relatively inexpensive and immediate, and can further improve fuel efficiency. Recent research has shown that eco-driving can reduce fuel consumption by 15% to 25% and greenhouse gas emissions by at least 30%. In contrast, total fuel savings from engines and vehicles with the latest technology are estimated at around 10% to 12%, which is significantly lower. Moreover, eco-driving is more cost-effective than fleet resilience programs, such as replacing existing diesel buses with new compressed natural gas buses. Eco-driving is a driving behavior (driving style (that helps the environment and counteracting climate change through decreasing fuel usage and greenhouse gas emissions (GHG). In general, this technology involves adjusting the speed of the vehicle in relation to traffic conditions and selecting routes to minimize fuel consumption. Therefore, eco-driving can be considered as a set of choices and behaviors adopted by drivers in relation to the use of a vehicle, which leads to fuel consumption savings. Increasing study interest on eco-driving indicates that despite, the

efficiency of vehicles' motors has improved because of recent technological achievements and integration of new fuel types, but drivers have not improved their behavior accordingly. Thus, it is expected to with proper training and information of drivers, this procedure leads to further reduce fuel consumption and greenhouse gas emissions.

Methodology

The purpose of this study is to review and analyses the published studies on eco-driving technology and Role of this technology in reducing fuel consumption and greenhouse gas emissions. This review specifically includes the concepts, objectives, principles, criteria and rules of eco-driving and, finally, the challenges and direction of future research on eco-driving. Eco-driving include a number of factors and has different definitions or scope in the literature. Eco-driving defined as decisions that a driver could make to influence the fuel economy of light-duty vehicles, ranging from vehicle purchase to post-purchase decisions. These decisions can be classified into three classes: strategic decisions (vehicle selection and maintenance), tactical decisions (route and weight planning), and operational decisions (driving style). In this study, eco-driving is limited to the driving behaviors or driver control of the vehicle during the journey that can affect fuel consumption and pollutants emissions. These factors involve driving speed, acceleration, deceleration, route choice, idling and vehicle accessories (other factors). This is because these factors are the most common and useful eco-driving skills that any driver can use every day in practice instead of buying a new fuel-efficient car. Furthermore, changes in these driving behaviors can lead to a significant reduction in fuel consumption and emissions compared to other behaviors such as better maintenance practices.

Conclusion

Eco-driving technology has been studied based on many scientific articles. Eco-driving has been found to be a relatively inexpensive and immediate measure to significantly reduce fuel consumption and greenhouse gas emissions. The main factors influencing the amount of fuel consumption and pollutants emissions that the driver has control over during driving include acceleration/deceleration, driving speed, route selection and idling. Training programs and in-vehicle feedback equipment are commonly applied to implement eco-driving skills. An immediate and considerable reductions in fuel consumption and CO2 emissions have been observed, with a slight increase in the travel time. Eco-driving can be one of our cheapest options to achieve the Kyoto Protocol, improve air quality and stabilizing CO2 concentrations below a doubling of preindustrial concentrations. Road transport is still the largest source of energy consumption and air pollution in urban areas. Thus, further studies on the impact of eco-driving on greenhouse gas emissions and conservation of energy and the environment are needed in the future. Quantification of the effect of eco-driving on fuel consumption and emissions of greenhouse gas and other pollutants, now and in the future, is essential to design an effective program in terms of both costs and effects. The impact of eco-driving on fuel consumption and pollutant emissions at the network level must also be considered.

Keywords

Eco-driving, " Traffic safety", "fuel consumption", " Environmental Protection", "carbon footprint"