فصل‌نامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی/ سال دوازدهم / شماره‌ی ۵۱/ زمستان ۱۳۹۵/ صفحات ۲۴۶-۲۱۵

اثر تغییر قیمت واقعی سوخت بر بهبود تکنولوژی و تولید گازهای گلخانه‌ای در بخش حمل‌ونقل جاده‌ای ایران

سهراب دل‌انگیزان
استادیار گروه اقتصاد دانشگاه رازی، sohrabdelangizan@gmail.com

آزاد خانزادی
استادیار گروه اقتصاد دانشگاه رازی، azadkhanzadi@gmail.com

مریم حیدریان [۱]
دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد انرژی دانشگاه رازی،
maryamheidarian.1368@yahoo.com
تاریخ دریافت: ۹۵/۰۱/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۰/۱۸

چکیده

با اجرای طرح هدفمندی یارانه‌ها و افزایش قیمت حامل‌های انرژی، انتظار می‌رفت که مصرف انرژی در بخش حمل‌ونقل کاهش یابد. موضوع تغییر قیمت سوخت و حامل‌های انرژی و از این طریق افزایش قیمت واقعی سوخت نسبت به سایر عوامل تولید؛ از نگاه نظری می‌تواند منجر به تغییر رفتار مصرف‌کنندگان سوخت به سمت استفاده از تکنولوژی‌های جایگزین با کارایی بالاتر و هزینه‌ی مصرفی کمتر گردد. لذا می‌توان انتظار داشت که در اثر افزایش قیمت واقعی بنزین و نفت‌گاز، نوسازی ناوگان جاده‌ای و توجه بیشتر به سوخت‌های جایگزین صورت گرفته باشد. بدین منظور این مطالعه به بررسی اثرات تغییر قیمت واقعی سوخت (بنزین و نفت‌گاز) بر بهبود تکنولوژی در بخش حمل‌ونقل جاده‌ای ایران در بازه‌ی زمانی ۱۳۹۳-۱۳۷۰ و با استفاده از روش حداقل مربعات پایدار (RLS) می‌پردازد. بهبود تکنولوژی در حمل‌ونقل جاده‌ای به دو گروه تکنولوژی در سوخت (شاخص مصرف CNG) و تکنولوژی در موتور (میانگین سنی ناوگان) تقسیم می‌شود. ازآنجایی‌که پیشرفت هر تکنولوژی بایستی با شرایط اقتصادی و زیست‌محیطی همسو باشد تا توسعه‌ی پایدار شکل بگیرد، لذا در این مطالعه ابتدا تأثیر قیمت سوخت را بر هرکدام از شاخص‌های تکنولوژی سنجیده، سپس اثر این شاخص‌ها بر میزان تولید گازهای گلخانه‌ای برآورد شده است. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد در شاخص استفاده از سوخت جایگزین، افزایش قیمت سوخت موجب افزایش مصرف CNG و به‌تبع آن کاهش گازهای گلخانه‌ای شده‌است. در شاخص تکنولوژی در موتور نیز، افزایش قیمت سوخت در زیربخش‌های سواری و اتوبوس موجب کاهش طول عمر ناوگان شده ولی در زیربخش‌های مینی‌بوس و کامیون این رابطه‌ی معکوس بوده است. لذا افزایش طول عمر ناوگان بر تولید سرانه گازهای گلخانه‌ای در هر زیربخش جاده‌ای، مثبت و معنادار بوده است.

طبقه‌بندی JEL: L_{92}, Q_{43}, O_{33}

---

۱. نویسنده مسئول

کلید واژه‌ها: قیمت سوخت، تکنولوژی، حمل‌ونقل جاده‌ای، حداقل مربعات پایدار

۱- مقدمه

ایران به‌عنوان یک کشور رو به رشد و برخوردار از منابع انرژی غنی و گسترده، یکی از مصادیق الگوی رشد با فشار بر منابع طبیعی محسوب می‌شود. این موضوع ضمن ایجاد اخلال جدی در روند توسعه‌ی کشور و کاهش اعتماد به‌نفس ملی در خلق ثروت و کارآفرینی، منجر به فشار بیش از حد به منابع زیرزمینی و ذخایر سوخت‌های فسیلی از یک‌سو و افزایش آلودگی ناشی از مصرف این سوخت‌ها از سوی دیگرمخصوصا ً در کلان شهرها شده است. لذا برنامه‌ریزی برای کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی در بخش‌های مختلف اقتصادی از اهمیت فراوانی برخوردار است. دو راهبرد اصلی برای این امر وجود دارد؛ یکی راهبرد قیمتی و دیگری راهبرد غیرقیمتی. در استفاده از سیاست‌های مبتنی بر قیمت فرض بر آن است که مصرف کننده نسبت به قیمت بیشتر سوخت واکنش نشان داده و طبق قانون تقاضا، میزان تقاضای مصرفی خود را کاهش خواهد داد. در راهکارهای غیر قیمتی سیاست‌گذار به دنبال تشویق فرهنگی مصرف‌کنندگان، توسعه‌ی و تقویت سازمان‌های مردم نهاد زیست‌محیطی، ترویج فرهنگ استفاده کمتر از خودرو و در نهایت تشویق و توسعه‌ی تکنولوژی‌های کاهش دهنده مصرف سوخت و بهبوددهنده شاخص‌های زیست‌محیطی است.

با نگاهی به آمار و اطلاعات مصرف انرژی در ایران و کشورهای توسعه‌یافته، مصرف ناکارای انرژی در کشور قابل ملاحظه است. از اواخر سال ۱۳۸۹ با اجرای طرح هدفمندسازی یارانه‌ها و افزایش قیمت حامل‌های انرژی (به‌عنوان یکی از پارامترهای مؤثر در میزان تقاضا و مصرف انرژی) مصرف انرژی تا حدودی کاهش یافت، ولی از سال ۱۳۹۱ با افزایش قیمت ارز و تغییر قیمت واقعی سوخت نسبت به سایر عوامل تولید، مصرف بنزین و نفت‌گاز مجدد دچار یک روند صعودی شد (آمارنامه‌ی مصرف انرژی وزارت نفت، ۱۳۹۲). لازمه‌ی تداوم کاهش مصرف، علاوه بر افزایش قیمت حامل‌های انرژی، برخورداری از تکنولوژی‌های نوین و ارتقاء بهره‌وری انرژی می‌باشد.

برخی مطالعات نشان می‌دهند با آزادسازی بهای انرژی و البته افزایش قیمت از طریق برداشته شدن یارانه آن، درآمد بیشتری برای دولت حاصل خواهد شد. این امر منجر به حمایت از منابع موردنیاز برای نگهداری و توسعه‌ی تولید انرژی و نیز توسعه‌ی و رشد اقتصادی خواهد گردید. درعین‌حال این افزایش بهای انرژی، منجر به سودآوری

بخش انرژی و تأمین منابع و درآمدهای مورد نیاز برای تشویق تحقیقات و توسعه‌ی سرمایه‌گذاری در این بخش خواهد شد. بر این اساس در میان‌مدت و همچنین بلندمدت می‌توان انتظار کاهش در مصرف با استفاده از تکنولوژی‌های مؤثر انرژی- اندوز را داشت. این موضوع رشد مستقیم اقتصادی را نیز به همراه خواهد داشت (گزارش صندوق بین‌المللی پول، ۲۰۱۰، ۴۵).

در میان بخش‌های مختلف اقتصادی، صنعت حمل‌ونقل به دلیل نقش اساسی در توسعه‌ی اقتصادی کشور و دارا بودن سهمی بالغ بر ۲۵ درصد از کل مصرف نهایی انرژی کشور، در جایگاهی بعد از بخش خانگی و صنعت از لحاظ مصرف انرژی قرارگرفته است. این بخش، فقط وسیله‌ای برای ارائه خدمات به مردم نیست، بلکه وظیفه جمع‌آوری محصولات و مواد از تولیدکنندگان و توزیع آن‌ها در میان مصرف‌کنندگان را نیز به عهده دارد. لذا حمل‌ونقل به عامل مهم و اثرگذاری بر هزینه‌ی کالاها تبدیل شده است و بررسی تکنولوژی‌های مدرن در این صنعت و منطقی کردن قیمت حامل‌های انرژی می‌تواند بهترین راهنمای اتخاذ سیاست‌های کلان اقتصادی در این زمینه باشد (ترازنامه‌ی انرژی، ۱۳۹۱، ۶۲). از طرفی سهم بالای مصرف بنزین و نفت‌گاز در بخش حمل‌ونقل، به‌ویژه حمل‌ونقل جاده‌ای نسبت به دیگر حامل‌های انرژی، سیاست‌گذاران انرژی را وادار ساخته است تا سیاست‌های صرفه‌جویی انرژی را با جدیت بیشتری برای این بخش اعمال نمایند. ازجمله این سیاست‌ها می‌توان به خارج نمودن خودروهای فرسوده از چرخه تردد، افزایش قیمت سوخت، ممنوعیت خرید و فروش خودروهایی با عمر بالا اشاره کرد.

از آنجایی‌که قیمت انرژی و تغییرات ساختاری و تکنولوژیکی هرکدام بر سیاست‌های تولیدی و مصرفی یک کشور تأثیرگذار هستند، لذا بررسی اثرات این دو مقوله از اهمیت قابل‌توجهی برخوردار است. این مطالعه به دنبال یافتن این سؤال است که آیا افزایش قیمت سوخت (بنزین و نفت‌گاز) در بخش حمل‌ونقل جاده‌ای باعث شده‌است که مسئولین و تولیدکنندگان به سمت تغییر و بهبود تکنولوژی روی بیاورند؟ لازم به ذکر است که این تغییر و بهبود تکنولوژی منوط به کاهش تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای در حمل‌ونقل جاده‌ای است. لذا برای پاسخ به این سؤال، از دو شاخص بهبود تکنولوژی در سوخت و موتور خودروهای تولیدی استفاده‌شده و تأثیر تغییر قیمت سوخت بر

هرکدام از این شاخص به‌طور جداگانه و سپس تأثیر این شاخص‌ها بر میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای با استفاده از الگوی حداقل مربعات پایدار[1] در بازه‌ی زمانی ۱۳۹۳-۱۳۷۰ بررسی خواهد شد. فرضیات مورد آزمون در این مطالعه عبارتند از:

- فرضیه‌ی اول: افزایش قیمت سوخت (بنزین و نفت‌گاز) دارای اثری مثبت و معنادار بر مصرف CNG (شاخص بهبود تکنولوژی در سوخت) در حمل‌ونقل جاده‌ای است.

- فرضیه‌ی دوم: افزایش مصرف CNG دارای اثری منفی و معنادار بر میزان تولید سرانه گازهای گلخانه‌ای در این بخش است.

- فرضیه‌ی سوم: افزایش قیمت سوخت (بنزین و نفت‌گاز) دارای اثری منفی و معنادار بر طول عمر ناوگان جاده‌ای (شاخص بهبود تکنولوژی در موتور) است.

- فرضیه‌ی چهارم: کاهش طول عمر ناوگان دارای اثری منفی و معنادار بر میزان تولید سرانه گازهای گلخانه‌ای در این بخش است.

چارچوب این مقاله در پنج بخش تنظیم شده است. ابتدا به مروری بر ادبیات موضوع در قالب مبانی نظری، معرفی شاخص‌های بهبود تکنولوژی و تحقیقات انجام شده در جهان و ایران پرداخته، در بخش سوم روش تحقیق و مدل برای هرکدام از شاخص‌ها معرفی و در بخش چهارم به تجزیه و تحلیل یافته‌ها پرداخته می‌شود. در بخش آخر نیز نتیجه‌گیری و پیشنهادات ارائه می‌گردد.

۲- ادبیات موضوع

۲-۱- مبانی نظری

تکنولوژی همواره به‌عنوان یک ابزار، بخشی از زندگی بشر را تشکیل داده است. از زمان انقلاب صنعتی تاکنون نظریه‌پردازان و پژوهشگران اقتصادی به ارائه نظریه‌های جدید در رابطه با تکنولوژی و نقش آن در پدیده‌های اقتصادی؛ به‌ویژه در فرآیند تولید و رشد اقتصادی پرداخته‌اند (رابینز[2]، ۱۳۸۴، ۱۵۱). منظور از تکنولوژی، روش تولید است. به‌بیان دیگر در هر تولیدی، چه در سطح خرد و چه کلان، روش تولید موجود،

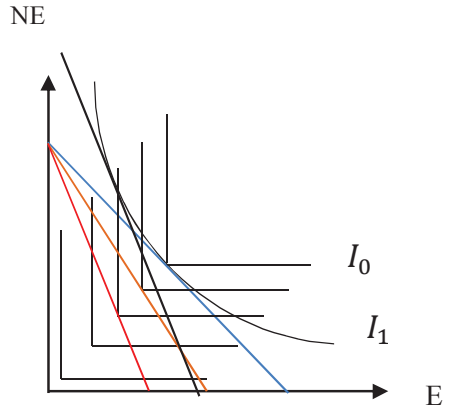
1. Robust Least Squares
2. Robbins

تکنولوژی محسوب می‌شود. بنـابراین منظـور از بـه‌کـارگیری تکنولـوژی جدیـد، تغییـر تکنولوژی موجود است. تغییر تکنولوژی علاوه بر آن‌که ممکن است باعـث تولیـد بیشـتر شود، می‌تواند منجر به تغییر کیفی تولید، افزایش کـارایی عوامـل و هزینـه‌هـای تولیـد، کاهش اثرات زیان آور زیست محیطی، سهولت استفاده، کاهش مصرف انرژی و یـا حتـی ایجاد کالای جدید نیز شود. در صنعت حمل‌ونقل، تکنولوژی جدیـد مـی‌توانـد در قالـب تولید وسـایل حمـل‌ونقـل جدیـدتر بـا قابلیـت بـالاتر و مصـرف سـوخت کمتـر، اثـرات زیست‌محیطی و آلودگی کمتر، صدای مطلوب‌تر، حمل‌ونقـل آسـان‌تـر و کـم هزینـه‌تـر، سرعت بیشتر، ایمنی بالاترسهولت کاربرد و نیز حتی تغییر سـوخت مصـرفی و یـا کـلاً تغییر وسایل حمل‌ونقل ظاهر شود. لذا تکنولوژی گاهی باعث افـزایش مقـدار تولیـد، در مواقع دیگر باعث افزایش کیفیت تولید، و گاهی نیز سبب به وجود آمدن وسـایل جدیـد حمل‌ونقـل شـده اسـت (دوان و کرامـر[1]، ۲۰۰۰، ۵۵۲). در دنیـای امـروز تکنولـوژی بـا جانشین ساختن محصولات، خدمات و مواد جدید با محصولات، خدمات و مواد قـدیمی، صرفه‌جویی در میزان مصرف مواد، جایگزینی ماشین‌آلات و به حـداقل رسـاندن احتیـاج آن‌ها به نیروی انسانی، کوتاه کردن عمر محصولات و نوآوری مداوم، نقش مهمی در بازار و رقابت ایفا می‌کند که خـود سـبب افـزایش بهـره‌وری و تـوان تولیـد کشـورها شـده و درنتیجه موجب رشد و توسعه‌ی اقتصادی و ارتقاء استاندارهای زندگی می‌شود (روسـتا و دیگران، ۱۳۷۸، ۴۰). در این میان کاملاً روشن است که نهـاده‌ی انـرژی بـه‌عنـوان یـک کالای با اهمیت تولیدی و واسطه، دستخوش تکنولوژی‌های نـوین شـده و از ایـن نهـاده به‌صورت کاراتر استفاده شود. در نظریه‌هـای جدیـد رشـد، عـلاوه بـر نهـاده‌هـای کـار و سرمایه، انرژی نیز به‌عنوان یکی از نهاده‌های مهم تولید در بحث‌های اقتصاد کلان مطرح است و حتی به اعتقـاد برخـی اقتصـاددانان اکولوژیسـت، نیـروی‌کـار و سـرمایه عوامـل واسطه‌ای هستند که به‌کارگیری آن‌ها نیـز مسـتلزم اسـتفاده از انـرژی اسـت (اسـترن[2]، ۱۹۹۳، ۱۳۸).

مصرف انرژی تابعی معکوس از قیمت آن است. با افزایش قیمت انرژی و ثابت مانـدن قیمت سایر عوامل و نیز با فرض جانشـینی بـین عوامـل تولیـد، مصـرف انـرژی کـاهش

1. Dewan and Kraemer
2. Stern

خواهد یافت. اما با افزایش قیمت تنها یک حامل انرژی یا افزایش نامتناسب قیمت حامل‌ها، اثر افزایش قیمت می‌تواند با افزایش مصرف حامل‌های دیگر جبران شود. البته در هر دو حالت میزان جانشینی بین عوامل تولید یا حامل‌های انرژی به امکان‌پذیری تکنیکی براساس شاخص کشش جانشینی بلندمدت و کوتاه‌مدت بستگی خواهد داشت.



نمودار ۱- منحنی تولید همسان برای انرژی و سایر عوامل تولید

به‌منظور بررسی اثر تغییر قیمت بر مصرف انرژی، عوامل تولید را به دو دسته انرژی (E) و سایر عوامل (NE) تقسیم می‌کنیم. درنتیجه تابع تولید به‌صورت Q=F(NE, E) ارائه خواهد شد (حسنتاش، ۱۳۸۴، ۲۱). منحنی‌های تولید همسان برای انرژی و سایر عوامل را می‌توان به‌صورت‌دو نوع کاملاً متفاوت از منحنی‌های I_0 و I_1 در نمودار (۱) نمایش داد. شکلی از تابع که در آن اجازه تغییر نسبت و جانشینی نهاده‌ها وجود ندارد (I_0) و شکلی که در آن اجازه تغییر نسبت و جانشینی نهاده‌های تولید وجود دارد (I_1). تغییر قیمت در حالت بدون اجازه جانشینی تنها می‌تواند مصرف هر دو نهاده را با همان نسبت قبل تغییر دهد، لذا تنها با تغییر سطح تولید امکان‌پذیر است. لذا سیاست‌های افزایش قیمت انرژی و دادن یارانه مستقیم به‌منظور اصلاح مصرف آن، تنها از طریق کاهش تولید نمایان خواهد شد. این یعنی افزایش قیمت انرژی حتی با پرداخت مستقیم همان مقدار افزایش به صورت یارانه، با دامن زدن به رکود همراه خواهد بود، در حالی که اگر نوع تابع تولید به شکل تابع تولید با اجازه جانشینی عوامل تولید باشد، می‌توان

با افزایش قیمت انرژی و در کنار آن پرداخت یارانه مستقیم به همان اندازه‌ی افزایش یافته، ترکیب مصرفی نهاده‌های تولید را تغییر داد و با انرژی کمتری همان میزان محصول را تولید کرد. یعنی تنها در این شرایط می‌توان با اصلاح قیمت انرژی بدون ایجاد رکود اقتصادی، میزان مصرف انرژی را به‌عنوان یک نهاده بسیار استراتژیک ملی کاهش داد و اقتصاد را به شرایط رکود وارد نکرد.

پیندیک[1] (۱۹۷۹) نیز انرژی را یکی از عوامل تولید و میزان تأثیر قیمت آن بر شاخص بهره‌وری مصرف را، وابسته به کشش جانشینی بین انرژی و سرمایه و نیروی‌کار ذکر می‌کند. با افزایش هماهنگ قیمت حامل‌های انرژی اگر امکان جانشینی انرژی با سایر عوامل تولید وجود نداشته باشد، سطح تولید پایین می‌آید و افزایش قیمت تأثیر قابل‌توجهی بر شاخص بهره‌وری مصرف نخواهد داشت. درحالی‌که اگر جانشینی بین عوامل امکان‌پذیر باشد با کاهش مصرف انرژی، سطح تولید تغییر نکرده و شاخص بهره‌وری بهبود می‌یابد. اغلب تحقیقات انجام‌شده، انرژی، کار و سرمایه را در بلندمدت جانشین یکدیگر می‌دانند، درحالی‌که این عوامل در کوتاه‌مدت به‌عنوان مکمل یکدیگر شناخته می‌شوند، زیرا در کوتاه‌مدت از لحاظ تکنولوژیکی امکان جایگزینی کمتری وجود دارد (ابریشمی و همکاران، ۱۳۸۹، ص. ۸). بنابراین نه در کوتاه‌مدت، بلکه تنها در بلندمدت سیاست قیمت‌گذاری باعث می‌شود تا تولیدکنندگان به سمت استفاده از تکنولوژی‌های صرفه‌جویی‌کننده انرژی روی بیاورند و با جایگزینی انرژی با سایر عوامل تولید، مصرف انرژی و آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از آن را کاهش دهند.

از سوی دیگر با افزایش قیمت انرژی در یک بازه‌ی زمانی بزرگ‌تر، فرایندهای تحقیق و تکنولوژی به سمت تغییر تکنولوژی‌هایی گرایش نشان خواهند داد که انرژی-اندوز باشند. اگر همچنان که در قسمت مقدمه بیان شد، تکنولوژی شامل دو حوزه‌ی پروتکل و تجهیزات باشد، یعنی در بخش حمل‌ونقل شامل تغییر نوع سوخت و تغییر ساختار مصرفی موتورهای استفاده شده در وسایل حمل‌ونقل باشد، در میان‌مدت می‌توان انتظار داشت که با افزایش قیمت انرژی، سوخت مصرفی از بنزین به گاز CNG تغییر و در بلندمدت نیز به سمت استفاده از موتورهای با عملکرد مصرفی بهتر و البته آلایندگی کمتر (در عمل کاهش عمر ناوگان) هدایت گردد.

1. Pindyck

۲-۲- شاخص‌های بهبود تکنولوژی در بخش حمل‌ونقل جاده‌ای

به‌منظور شناسایی و معرفی شاخص‌های بهبود تکنولوژی در بخش حمل‌ونقل جاده‌ای، ابتدا بایستی مفهوم پیشرفت و بهبود تکنولوژی را در این بخش روشن ساخت. زمانی یک تکنولوژی از کارایی و بهبود کافی برخوردار است که در جهت کاهش مصرف انرژی و آلودگی هوا باشد. در مورد خودروهای تولیدی، این بهبود تکنولوژی به دو قسمت تکنولوژی در سوخت و تکنولوژی در موتور تقسیم می‌شود. در تکنولوژی در سوخت، به دنبال یافتن سوختی هستیم که در عین کاهش مصرف، آلاینده‌های کمتری وارد محیط‌زیست کند و در مورد تکنولوژی در موتور، موتوری بهینه خواهد بود که سیستم سوخت‌رسانی آن دارای مصرف کمتر و خروجی با آلودگی کمتر باشد. بنابراین در بحث بهبود تکنولوژی خودرو، هدف اصلی علاوه بر کاهش هزینه‌ها برای تولیدکننده، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای نیز می‌باشد، نکته قابل توجه آن است که با توجه به اجبارهای بین‌المللی و ملی دولت‌ها روی توسعه‌ی پایدار، این حالت شکل خواهد گرفت.

۲-۲-۱- بهبود تکنولوژی در سوخت

برای انتخاب شاخص بهبود تکنولوژی در سوخت بایستی ابتدا انواع سوخت مصرفی و رایج در خودروها را با توجه به مزایا و معایب آن‌ها بررسی و در پایان بهترین سوخت را با توجه به معیار کاهش مصرف و آلودگی هوا انتخاب کرد. قبل از این کار بایستی به مفهوم "چاه تا چرخ" در بررسی سوخت‌ها و مهم‌ترین شاخص استانداردسازی سوخت یعنی عدد اوکتان پرداخت. مفهوم "چاه تا چرخ" بدان معناست که تنها نباید به مصرف و انتشار آلاینده‌های مربوط به سوخت در هنگام سوختن در موتور توجه کرد، بلکه ممکن است سوخت‌هایی که انتشار آلاینده‌ی کمتری در خودرو دارند، ولی در مرحله تولید به‌شدت آلودگی ایجاد می‌کنند و یا حمل‌ونقل و ذخیره‌سازی سوخت‌هایی که برای موتورهای درون‌سوز بسیار مناسب‌اند، دشوار و پرهزینه می‌باشند. در مقایسه‌ی سوخت خودروها، بایستی تمام پیشینه‌ی سوخت از مواد خام مصرفی تا استفاده از انرژی مدنظر قرار بگیرد. زنجیره "چاه تا چرخ" شامل پنج مرحله؛ تولید ماده خام یا اولیه، حمل ماده اولیه، تولید سوخت، توزیع آن و مصرف در وسیله نقلیه است. میزان بهسوزی یک سوخت را با معیاری به نام عدد اوکتان می‌سنجند، هرچه سوخت

مناسب‌تر باشد و آرام‌تر بسوزد، عدد اوکتانش بالاتر و در مقابل پدیده‌ی احتراق مقاوم‌تر است. به‌طوری‌که در بنزین‌های یورو ۲ عدد اوکتان ۸۷ و به مرور زمان با استفاده از بنزین‌های یورو ۴ و ۵ این عدد به ۹۷ رسید.

از آنجایی‌که هدف اصلی در این پژوهش بررسی اقتصادی اثرات واقعی کردن قیمت بنزین و نفت‌گاز بر بهبود تکنولوژی است، لذا تشریح انواع سوخت و ویژگی‌های مربوط به آن‌ها به دلیل گستردگی و تخصصی بودن موضوع، در این مطالعه امکان‌پذیر نمی‌باشد و تنها به خلاصه‌ای از آن‌ها در جداول (۱) اکتفا می‌شود.

جدول ۱- مزایا و معایب سوخت‌های مصرفی در بخش حمل‌ونقل جاده‌ای

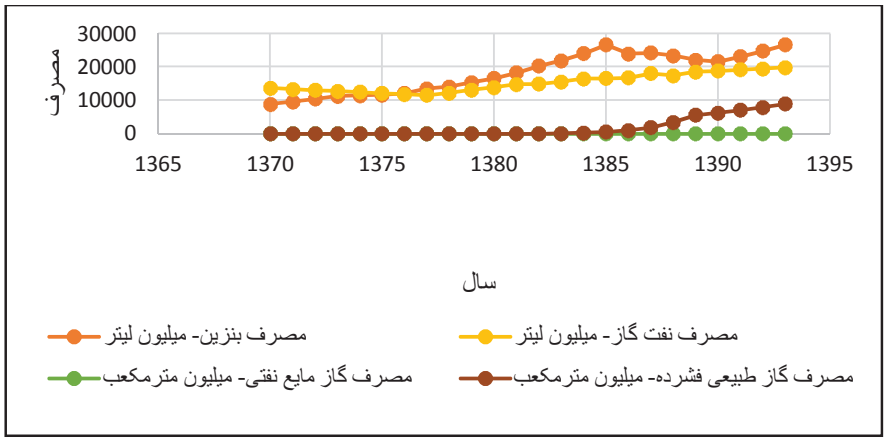
نوع سوخت	مزایا	معایب
بنزین	میزان انتشار NO_X از چاه تا چرخ نسبت به بقیه سوخت‌هاسبتا ً کم است. میزان مصرف انرژی چاه تا چرخ بنزین در حد متوسط است. کاهش آلاینده‌ها به دلیل استفاده از فرمول‌بندی جدید در بنزین تولیدی	فرار بودن، ایجاد رسوب در موتور خودرو به دلیل وجود اکسیداسیون و پلیمریزاسیون، پایین بودن عدد اوکتان نسبت به بقیه سوخت‌ها، انتشار COاز چاه تا چرخ نسبتا ً بالاست.
نفت‌گاز	مصرف انرژی چاه تا چرخ گازوئیل کم‌تر از بقیه سوخت‌هاست. انتشار HC و COنسبتا ً کم است. کاهش آلاینده‌های SO_2 به دلیل فرمول‌بندی جدید در گازوئیل.	انتشار NO_X و PM (ذرات معلق) زیاد است. پایین بودن عدد کتان در این سوخت
گاز طبیعی فشرده (CNG)	موتور در هوای سرد به‌راحتی روشن می‌شود. عدد اوکتان بسیار بالایی دارد. تمیز می‌سوزد و رسوب کمتری در موتور ایجاد می‌کند. مصرف پایین انرژی چاه تا چرخ نسبت به بنزین، انتشار مواد آلاینده به‌طور ناچیز	کارایی حجمی پایین‌تر به دلیل نوع سوخت، پیمایش مسافت کمتر نسبت به خودروهای بنزین‌سوز، پایین بودن قدرت موتور در خودروهای گازسوز نسبت به بنزین‌سوز
گاز مایع نفتی (LPG)	عدد اوکتان بالا، مصرف پایین انرژی چاه تا چرخ نسبت به بنزین، انتشار بسیار پایین ذرات معلق و دیگر مواد آلاینده نسبت به بنزین (به‌جز NO_X)	مخزن سوخت سنگین و حجیم‌تر نسبت به بنزین، ایمنی کمتر نسبت به بنزین و گازوئیل، افت توان در موتورهای دوگانه‌سوز و هزینه‌ی بالای جایگاه‌های سوخت‌گیری و تجهیزات گازسوز کردن خودرو
متانول	عدد اوکتان بالاتر نسبت به بنزین، قابلیت تبدیل به هیدروژن مورد استفاده در	قیمت بالاتر و چگالی انرژی کمتر نسبت به بنزین، حجیم بودن مخزن

نوع سوخت	مزایا	معایب
	خودروهای پیل سوختی، انتشار CO_2 کمتر نسبت به بنزین	سوخت نسبت به مخزن بنزین
اتانول	ویژگی‌های این سوخت بسیار شبیه متانول است، اما در مقایسه با آن دارای عدد اوکتان کمتر و نیز بخارات غیرسمی می‌باشد.	-
دی‌متیل‌اتر (DME)	عدد اوکتان بالا، مصرف انرژی چاه تا چرخ و انتشار آلاینده‌ها نسبت به بنزین کمتر است.	بهای بسیار بالاتر از بنزین و مخزن سنگین و حجیم سوخت
هیدروژن (H)	عدد اوکتان بالا، پایین بودن انتشار تمامی آلاینده‌ها به‌جز NO_X	هزینه‌ی بالای تجهیزات، مخزن بسیار حجیم سوخت و ایمنی بسیار پایین

منبع: گزارش ارزیابی پایداری تکنولوژی‌های حمل‌ونقل جاده‌ای از سری گزارشات علمی و سیاستی JRC[1]، ۲۰۱۲

با بررسی مشخصات و ویژگی‌های انواع سوخت‌ها و با توجه به معیارها و استانداردهای موجود در این زمینه، می‌توان گفت که سوخت‌های دی‌متیل‌اتر، LPG، CNG، متانول و هیدروژن به‌عنوان سوخت‌های پاک در جهان معرفی شده‌اند که از بین این سوخت‌ها تنها CNG و LPG در ایران توانسته است به‌عنوان سوخت جایگزین بنزین و نفت‌گاز مطرح شود. البته طی سال‌های اخیر مصرف LPG به دلیل وارداتی بودن و مشکلات عدیده‌ای که در پی استفاده از این نوع سوخت به وجود آمده، باعث کاهش مصرف و متوقف شدن طرح دوگانه‌سوز کردن خودروها با LPG شد (نمودار ۱).

1. Sustainability Assessment of Road Transport Technologies, JRC scientific and policy reports, 2012



نمودار ۱- روند مصرف روزانه انواع سوخت در بخش حمل‌ونقل جاده‌ای طی دوره‌ی زمانی ۱۳۷۰-۱۳۹۳

منبع: آمارنامه مصرف انرژی (۱۳۹۳) - شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران

۲-۲-۲- *بهبود تکنولوژی در موتور*

انواع موتور خودروها شامل؛ کاربراتوری، انژکتوری، دارای سیستم توربوشارژ و سوپرشارژ، دیزلی و توربودیزلی، گازسوز و دوگانه‌سوز و خودروهای هیبریدی است. در این میان، سیستم سوخت‌رسانی کاربراتوری به دلیل آنکه به‌سختی مصرف سوخت آن تنظیم می‌شود و در نتیجه از استانداردهای تولیدکننده دور است، کنار گذاشته می‌شود.

سیستم انژکتوری، از مزایای آن می‌توان به کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای، راندمان حجمی بالای موتور، کاهش ارتفاع موتور، کاهش مصرف سوخت و اندازه‌گیری دقیق سوخت اشاره کرد.

توربوشارژ و سوپرشارژ، کمپرسوری است که با افزایش توان مکش هوای ورودی توسط موتور خودرو، موجب احتراق بهتر سوخت و درنتیجه افزایش قدرت موتور می‌شود.

دیزلی و توربودیزلی، دارای گشتاور مناسبی بوده و برای خودروهای تجاری مناسب‌تر هستند. بازده‌ی بالاتر و آلایندگی کمتری نسبت به همنوعان بنزین‌سوز و یا دوگانه‌سوز خود دارند. هزینه‌های سوخت این‌گونه موتورها، پایین بوده و بسیار اقتصادی هستند.

دوگانه‌سوز، این نوع سیستم‌های سوخت‌رسانی دارای آلودگی کمتر و سوخت ارزان‌تری هستند. ولی بازدهی موتور در این سیستم‌ها پایین است و مصرف بیشتری نسبت به خودروهای بنزینی دارند.

خودروهای هیبریدی، که برای حرکت کردن از دو یا چند منبع مجزای قدرت استفاده می‌کنند، در سیستم پیشرانه آن‌ها یک موتور احتراق داخلی در کنار یک یا چند موتور الکتریکی قرار دارد و به خودرو این قابلیت را می‌دهد که فقط از یکی از این منابع انرژی یا هردوی آن‌ها در کنار یکدیگر استفاده کند. این نوع سیستم سوخت‌رسانی دارای مصرف سوخت بهینه، بازدهی بالا و آلایندگی کمتر می‌باشد (فرتوک‌زاده و اشراقی، ۱۳۹۴، ۵).

با توجه به این که به صورت مستمر بهبود تکنولوژی در اتومبیل و کامیون‌های جدیدتر صورت گرفته و رفته رفته به ناوگان اضافه شده‌اند، لذا می‌توان از شاخص میانگین سنی ناوگان به جای شاخص بهبود تکنولوژی استفاده کرد (پی.فنی و کاردبرینگ[1] (۱۹۸۸)، درو کودجاک[2] (۲۰۱۵)، گزارشات علمی و سیاستی JRC[3]). جدول (۲) به مقایسه متوسط مصرف سوخت در ناوگان سنگین جاده‌ای و میزان صرفه‌جویی‌های حاصل‌شده از جایگزینی ناوگان نو با فرسوده پرداخته است.

جدول ۲- مقایسه‌ی متوسط سن، تعداد و مصرف سوخت و هزینه‌های سالانه در ناوگان سنگین جاده‌ای

شاخص	کامیون	اتوبوس	مینی‌بوس
متوسط سن ناوگان تا ابتدای سال ۹۰	۱۵/۷۵	۱۰/۴۸	۲۳/۰۷
تعداد ناوگان تا ابتدای سال ۹۰	۳۱۴۸۱۹	۲۵۷۱۵	۴۲۹۴۶
تعداد خودروهای فرسوده تا ابتدای سال ۹۰	۱۱۳۹۶۸	۱۱۴۲۳	۳۶۸۷۶
متوسط مصرف سوخت ناوگان جاده‌ای با تکنولوژی دهه‌ی ۷۰ (یک دستگاه- لیتر)	۴۸۷۵۰	۱۰۳۵۴۰	۲۰۰۰۰
متوسط مصرف سوخت ناوگان جاده‌ای با تکنولوژی روز (یک دستگاه-لیتر)	۲۲۵۰۰	۶۰۱۲۰	۸۸۰۰

منبع: کتاب اطلاعات حمل‌ونقل کشور، سال ۱۳۹۱

1. P. Feeney and Cardebring
2. Drew Kodjak
3. JRC (Joint Research Centre) SCIENTIFIC AND POLICY REPORTS

همچنین در این روند کامیون با عمر بیش از ۲۵ سال، اتوبوس با عمر بیش از ۱۵ سال و مینی‌بوس با عمر بیش از ۱۵ سال فرسوده محسوب می‌شوند. گرچه انتخاب این نوع شاخص نیز با ابهاماتی ازجمله؛ عدم‌تغییر در روش تولید و بهره‌گیری از همان روش تولید سابق، همراه است ولی طبق مطالعه‌ی پی.فنی و کاردبرینگ (۱۹۸۸) و درو کودجاک (۲۰۱۵)، کاهش طول عمر ناوگان می‌تواند در کاهش مصرف سوخت و انتشار گازهای گلخانه‌ای مؤثر باشد. لذا شاخص طول عمر ناوگان با این شرط پذیرفته می‌شود که اتومبیل‌های جدید استانداردهای کارایی مصرف سوخت را رعایت کرده‌اند. در نتیجه تکنولوژی ایجاد شده، منجر به بهبود کارایی مصرف سوخت و کاهش آلاینده‌ها خواهد شد.

۲-۳- پیشینه‌ی تحقیق

با اینکه بررسی اثرات قیمت حامل‌های انرژی بر تکنولوژی موضوعی بحث‌برانگیز است، ولی مطالعات اندکی تاکنون به‌طور مستقیم به این موضوع، آن هم در بخش حمل‌ونقل جاده‌ای پرداخته‌اند، در ادامه مطالعات مشابهی در این زمینه آورده شده است.

۲-۳-۱- مطالعات خارجی

وان زون و همکاران[1] (۲۰۰۳)، در مطالعه‌ای با گسترش مدل رشد رومر[2] در دو فرضیه نشان دادند که اگر کشوری بخواهد رشد اقتصادی داشته باشد باید با بهبود تحقیقات، در راستای بهبود تکنولوژی عمل کند. آن‌ها مصرف انرژی را به‌عنوان یک کالای واسطه در نظر گرفته و سپس بیان نمودند که این کالاهای واسطه به دلیل درون‌زا بودن تغییرات فنی صرفه‌جویی‌کننده انرژی، ناهمگن هستند. آن‌ها همچنین نشان دادند که باقی‌مانده‌های مدل رومر، می‌تواند در یک حالت رشد پایدار نیز ایجاد شود. اما این نرخ رشد رابطه‌ی معکوسی با قیمت واقعی انرژی دارد. لذا به‌منظور افزایش کارایی انرژی و رشد تولید تحت افزایش قیمت‌های واقعی انرژی، لازم است که از یک ترکیب سیاستی برای انرژی و مخارج تحقیق و توسعه‌ی استفاده کرد.

1. Van Zon et al.
2. Romer

پرز و همکاران[1](۲۰۰۶)، نشان دادند کـه بهبـود تکنولـوژی میـزان مصـرف انـرژی را کاهش می‌دهد. آن‌ها در مقاله خود در مورد به‌کارگیری تکنولوژی‌های کاهنده‌ی مصـرف انرژی بررسی‌هایی انجـام دادنـد و در مـدل خـود بـا اسـتفاده از جریـان‌هـای تکنیکـی صرفه‌جویی انرژی را نشان دادند که موفقیت در صرفه‌جـویی مصـرف انـرژی، منجـر بـه افزایش عرضه انرژی می‌شود. از سویی دیگر نشان دادند کـه فقـط وجـود بـازده‌ی ثابـت نسبت به مقیاس همراه با عرضه‌ی ثابت انرژی، رشد بلندمدت اقتصادی را پدید می‌آورد.

ما و همکاران[2](۲۰۰۸)، نشان دادند که در سال‌های (۲۰۰۴-۱۹۹۵)، میـزان مصـرف انرژی با بهبود جریان تکنولوژی و ایجاد پیشرفت‌هایی در این زمینه، رفتـه‌رفتـه کـاهش یافته است. در این مقاله کشش جزئی جانشینی برای انـرژی و کشـش قیمتـی تقاضـای انرژی برای چین، با استفاده از تابع هزینـه‌هـای ترانسـلوگ دومرحلـه‌ای محاسـبه شـده است. آن‌ها نشان دادند که انرژی می‌تواند جـایگزین خـوبی بـرای زغـال‌سـنگ و بنـزین باشد.

تانگ و تان[3](۲۰۱۳)، با استفاده از روش علیت گرنجر در بازه‌ی زمـانی ۲۰۰۹-۱۹۷۰ به بررسی رابطه‌ی مصرف برق، رشد اقتصادی، قیمت حامل‌هـای انـرژی و تکنولـوژی در مالزی پرداخته‌انـد. در ضـمن در ایـن مطالعـه از شـاخص مخـارج تحقیقـات و توسـعه[4] (R&D) به‌عنوان شاخص تکنولوژی استفاده شده‌است. نتایج مطالعه آن‌هـا حـاکی از آن است که درآمد تأثیر مثبتی بر مصرف برق داشته، درحالی‌که قیمت انـرژی و تکنولـوژی رابطه‌ی منفی با یکدیگر دارند. لذا بایستی سرمایه‌گذاری‌هایی در این زمینه صورت گیرد تا برق مورد نیاز تأمین گردد و با تشویق تکنولوژی، استفاده از سـوخت‌هـای فسـیلی بـه حداقل برسد و رشد و توسعه‌ی اقتصادی نیز ایجاد شود.

تریگیورو و همکاران[5] (۲۰۱۴)، در مقاله‌ای تحـت عنـوان "تـأثیر قیمـت حامـل‌هـای انرژی در اتخاذ تکنولوژی‌های پاک: شواهدی از SMEهای اروپا" به بررسی تأثیر قیمـت واقعی انرژی در چندین فعالیت زیست‌محیطی در سطح شرکت‌های SME پرداختـه‌انـد. نتایج مطالعه آن‌ها حاکی از آن است که برای توسـعه‌ی تکنولـوژی‌هـای پـاک، بایسـتی

1. Perez et al.
2. Ma et al.
3. Tang & Tan
4. Research and Development expenditure
5. Triguero et al.

تکنولوژی اکولوژیکی تقویت شود و عوامل مدیریتی و فنی نیز در این امر تأثیرگذار هستند.

۲-۳-۲- مطالعات داخلی

عباسی‌نژاد و وافی‌نجار (۱۳۸۳)، طی سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۵۰به بررسی بهره‌وری انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی و تخمین کشش نهاده‌ای و قیمتی انرژی در بخش صنعت و حمل‌ونقل با روش 2SLS، پرداخته‌اند. نتایج تخمین‌ها نشان می‌دهد که کشش‌های قیمتی‌نسبتاً پایین و گویای آن است که تغییرات اندک قیمت انرژی به‌تنهایی نمی‌تواند تأثیر قابل توجهی در میزان مصرف آن در بخش حمل‌ونقل داشته باشد، مگر در صورت افزایش‌های شدید و با فرض ثابت بودن قیمت سایر عوامل و اعمال سیاست‌های تبعیض قیمت، برای انتقال مصرف از یک سوخت یا نهاده به سمت سوخت یا نهاده‌ی دیگر.

ابریشمی و همکاران (۱۳۸۹)، در مطالعه‌ای به بررسی رابطه‌ی بلندمدت میان قیمت و بهره‌وری انرژی در اقتصاد ایران طی سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۵۰ با استفاده از آزمون هم‌انباشتگی نامتقارن یا پنهان پرداخته‌اند. نتایج این تحقیق حاکی از آن است که رابطه‌ی بلندمدت میان این دو متغیر، از طریق آزمون هم‌انباشتگی استاندارد رد می‌شود. درحالی‌که یک هم‌انباشتگی نامتقارن میان قیمت و بهره‌وری انرژی مشاهده می‌شود. با توجه به این مطالعه، روند کنونی کاهش قیمت واقعی انرژی در ایران، بهره‌وری انرژی را به‌شدت کاهش خواهد داد. در این شرایط، اصلاح قیمت‌های انرژی در کشور ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است.

درویش متولی و همکاران (۱۳۹۰)، در مطالعه‌ای تحت عنوان "ارزیابی کارایی تکنولوژی‌های بخش انرژی" به بررسی و ارزیابی کارایی تکنولوژی‌های بخش انرژی با استفاده از مدل ترکیبی DEA و AHP که یکی از مدل‌های چندمعیاره‌ی تصمیم‌گیری هستند و از تحلیل پوشش داده‌ها و فرایند تحلیل سلسله مراتبی تشکیل‌شده، استفاده شده‌است. بررسی موردنظر با توجه به داده‌های به‌دست آمده در سال ۱۳۸۹ صورت پذیرفت. یافته‌ها نشان می‌دهد که داشتن یک رویه‌ی علمی مناسب به‌منظور اندازه‌گیری کارایی واقعی و اولویت‌های تکنولوژی‌های کارایی انرژی که به‌مثابه‌ی تصمیم‌گیرنده و تعیین‌کننده‌ی خط‌مشی انرژی و خط‌مشی تصمیم‌گیری ملی در زمینه‌ی انرژی خواهد

بود، می‌تواند در تدوین برنامه‌های بلندمدت کشور مورد استفاده قرار گیرد و کاستی‌های موجود در بخش‌های مختلف در خصوص به‌کارگیری تکنولوژی‌های بخش انرژی را در راستای دستیابی به این اهداف برطرف نماید.

صادقی و همکاران (۱۳۹۴)، در مطالعه‌ای به بررسی اثرات واقعی کردن قیمت حامل‌های انرژی بر جانشینی درون‌عاملی و درون سوختی در ایران طی دوره‌ی زمانی ۱۳۹۰-۱۳۵۹ در قالب دو سناریوی قیمت‌های جهانی و قیمت‌های داخلی پرداخته‌اند. جهت این بررسی ابتدا با استفاده از تابع هزینه‌ی ترانسلوگ و لم‌شفارد، معادلات سهم عوامل تولید و انواع حامل‌های انرژی را محاسبه کرده و سپس اثر واقعی کردن قیمت حامل‌های انرژی بر جانشینی درون عاملی یا درون سوختی با استفاده از روش یوهانسون- یوسیلیوس برآورد کردند. نتایج حاکی از آن بود که واقعی کردن قیمت انرژی سبب کاهش مصرف انرژی و افزایش بیکاری می‌شود. از طرف دیگر باعث جانشینی ضعیف میان انرژی با سرمایه می‌شود همچنین گاز به این علت که سوخت پاک‌تر و امروزی‌تری نسبت به نفت‌کوره است، جانشین نفت‌کوره می‌شود. از طرفی چون ارزش حرارتی نفت‌کوره از گاز بیشتر است در برخی موارد جانشین گاز می‌شود. برق جانشین زغال‌سنگ است، چرا که نسبت به زغال‌سنگ پاک‌تر و امروزی‌تر است و مصرف آن همراه با تکنولوژی افزایش می‌یابد.

مرور پیشینه‌های مرتبط در این حوزه نشان می‌دهد که از یک‌سو در اکثر مطالعات صورت گرفته، از شاخص مخارج تحقیقات و توسعه‌ی (R&D)، کارایی و بهره‌وری به‌عنوان شاخص و پروکسی برای تکنولوژی استفاده شده است. و از سوی دیگر در این مطالعات، رابطه‌ی بین قیمت انرژی و تکنولوژی مثبت بوده و همین رابطه‌ی مثبت موجب کاهش مصرف انرژی شده‌است.

۳- مواد و روش‌ها

۳-۱- تأثیر قیمت‌های سوخت بر بهبود تکنولوژی در سوخت (شاخص A)

اصلاح قیمت حامل‌های انرژی و تعدیل آن‌ها تا سطح قیمت‌های واقعی، یکی از ابزارهای مناسب جهت اصلاح الگوی مصرف و منطقی کردن میزان تقاضا برای این فرآورده‌ها می‌باشد، که در این راستا بحث استفاده از سوخت پاک نیز بیشتر از گذشته

مطرح می‌شود. با توجه بـه مباحـث انتخـاب شـاخص تکنولـوژی در سـوخت در بخـش حمل‌ونقل جاده‌ای، می‌توان انتظار داشت که با تغییر قیمت سوخت‌های رایـج (بنـزین و نفت‌گاز) در این بخش، تقاضا بـرای مصـرف سـوخت‌هـای جـایگزین افـزایش یابـد. ایـن سوخت جایگزین بایستی از لحاظ هزینه و اثرات زیست‌محیطی در وضعیتی مناسب‌تر از سوخت‌های دیگر باشد. CNG سوختی است که فعلاً در کشور ایـران بـه‌عنـوان سـوخت پاک و جایگزین بنزین مطرح است. طبـق مطالعـه‌ی تانـگ و تـان (۲۰۱۳) تقاضـا بـرای مصرف سوخت تابعی از قیمت خود سوخت، قیمت سـوخت جانشـین (بنـزین) و درآمـد سرانه است که در معادله (۱) اثرات این متغیرها بر مصرف CNG بررسـی شـده‌اسـت. از سوی دیگر، طبـق مطالعـه‌ی بیلاکزیـوک و همکـاران (۲۰۱۵)[1] انتظـار مـی‌رود افـزایش مصرف این سوخت موجب کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای در بخش حمل‌ونقـل جـاده‌ای شود (معادله ۲).

$$\text{Model(A-1)}: LCNGC_t = \alpha + \beta_1 LCNGP_t + \beta_2 LGP_t + \beta_3 LGDP_t + \beta_4 D_1 + \varepsilon_t \quad (۱)$$

$$\text{Model(A-2)}: LGEM_{1t} = \alpha + \beta_1 LCNGC_t + \beta_2 LGC_t + \beta_3 LHCN_t + \beta_4 D_1 + \varepsilon_t \quad (۲)$$

که در آن، $LCNGC_t$: لگاریتم مصرف گاز طبیعی فشرده برحسب میلیـون مترمکعـب به‌عنوان شاخص بهبود تکنولوژی در سوخت؛ $LCNGP_t$: لگاریتم قیمت واقعی گاز طبیعی فشرده برحسب ریال به مترمکعب و به قیمـت ثابـت سـال پایـه ۱۳۹۰؛ LGP_t: لگـاریتم قیمت واقعی بنزین برحسب ریال به لیتر و بـه قیمـت ثابـت سـال پایـه ۱۳۹۰؛ $LGDP_t$: لگاریتم درآمد واقعی سرانه برحسب هزار ریال به نفر و به قیمت ثابت سـال پایـه ۱۳۹۰ به‌عنوان شاخص استاندارد زندگی؛ $LGEM_{1t}$: لگاریتم میزان تولید گازهای گلخانه‌ای بـه ازای تعداد خودروهای سواری و برحسب تن/ دستگاه؛ LGC_t: لگاریتم مصـرف بنـزین در بخش حمل‌ونقل جاده‌ای برحسـب میلیـون لیتـر؛ $LHCN_t$: لگـاریتم تعـداد خودروهـای دوگانه‌سوز در کشور؛ D_1 و ε_t: به ترتیب متغیر مجازی دوران هدفمندی یارانه‌ها و جـزء اخلال.

داده‌های مربوط به میزان تولید گازهـای گلخانـه‌ای، مصـرف و قیمـت سـوخت‌هـا از ترازنامه‌ی انرژی، تعداد ناوگان موجود در بخش حمل‌ونقل جاده‌ای از کتاب حمـل‌ونقـل،

1. Bielaczyc et al.

داده‌های درآمد سرانه از حساب‌های موجود در بانک مرکزی استخراج شده است که به‌صورت سری‌زمانی طی دوره‌ی ۱۳۹۳-۱۳۷۰ برای کشور ایران انتخاب‌شده‌اند.

۳-۲- تأثیر قیمت‌های سوخت بر بهبود تکنولوژی در موتور (شاخص B)

ازآنجایی‌که در مورد انتخاب شاخص برتر در تکنولوژی موتور به‌تفصیل بحث شد، لذا در این بخش به عوامل مؤثر بر میانگین سنی ناوگان (به‌عنوان شاخص بهبود تکنولوژی در موتور) در چهار زیربخش جاده‌ای (سواری، اتوبوس، مینی‌بوس، کامیون و کشنده‌ها) پرداخته می‌شود. با توجه به مطالعه‌ی پی. فنی و کاردبرینگ (۱۹۸۸) و درو کودجاک (۲۰۱۵)، سیاست‌های قیمت‌گذاری سوخت ازجمله‌ی این عوامل می‌باشد که می‌تواند در کاهش مصرف سوخت، خارج نمودن خودروهای فرسوده از تردد و درنتیجه کاهش طول عمر ناوگان نقش به‌سزایی داشته باشند (معادلات۶-۳).

Models (B-1): (۳)

$$LMAG_{1t} = \alpha + \beta_1 LGP_t + \beta_2 LGDP_t + \beta_3 I\ NVT_t + \beta_4 D_1 + \varepsilon_t$$

$$LMAG_{2t} = \alpha + \beta_1 LDP_t + \beta_2 LGDP_t + \beta_3 I\ NVT_t + \beta_4 D_1 + \varepsilon_t \quad (۴)$$

$$LMAG_{3t} = \alpha + \beta_1 LDP_t + \beta_2 LGDP_t + \beta_3 I\ NVT_t + \beta_4 D_1 + \varepsilon_t \quad (۵)$$

$$LMAG_{4t} = \alpha + \beta_1 LDP_t + \beta_2 LGDP_t + \beta_3 I\ NVT_t + \beta_4 D_1 + \varepsilon_t \quad (۶)$$

لازم به ذکر است، ازآنجایی‌که هدف اصلی این مطالعه بررسی اثرات قیمت واقعی سوخت بر بهبود تکنولوژی است، بایستی این بهبود تکنولوژی از کمترین اثرات مخرب زیست‌محیطی برخوردار باشد. به همین خاطر در مرحله‌ی بعد، با توجه به مطالعه‌ی لی و چونگ[1] (۲۰۱۶)، اثرات کاهش طول عمر ناوگان بر تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای در هرکدام از زیربخش‌های جاده‌ای سنجیده خواهد شد (معادلات ۱۰-۷).

Models (B-2):

$$LGEM_{1t} = \alpha + \beta_1 LMAG_{1t} + \beta_2 LGC_t + \beta_3 Openness_t + \beta_4 D_1 + \varepsilon_t \quad (۷)$$

$$LGEM_{2t} = \alpha + \beta_1 LMAG_{2t} + \beta_2 LDC_t + \beta_3 Openness_t + \beta_4 D_1 + \varepsilon_t \quad (۸)$$

$$LGEM_{3t} = \alpha + \beta_1 LMAG_{3t} + \beta_2 LDC_t + \beta_3 Openness_t + \beta_4 D_1 + \varepsilon_t \quad (۹)$$

$$LGEM_{4t} = \alpha + \beta_1 LMAG_{4t} + \beta_2 LDC_t + \beta_3 Openness_t + \beta_4 D_1 + \varepsilon_t \quad (۱۰)$$

1. Lee and Chong

که در آن، $LMAG_t$: لگاریتم میانگین سنی ناوگان جاده‌ای برحسب سال و به‌عنوان شاخص بهبود تکنولوژی در موتور؛ LGP_t: لگاریتم قیمت بنزین برحسب ریال بر لیتر و به قیمت ثابت سال پایه ۱۳۹۰؛ LDP_t: لگاریتم قیمت نفت‌گاز برحسب ریال بر لیتر و به قیمت ثابت سال پایه ۱۳۹۰؛ $LGDP_t$: لگاریتم درآمد واقعی سرانه برحسب هزار ریال بر نفر و به قیمت ثابت سال پایه ۱۳۹۰ و به‌عنوان شاخص استاندارد زندگی؛ $I\ NVT_t$: سهم سرمایه‌گذاری‌های صورت گرفته در حمل‌ونقل به کل سرمایه‌گذاری‌ها در کشور که شامل مجموع ارزش کل خرید، تحصیل یا افزایش دارایی‌های ثابت در بخش مربوطه منهای خالص فروش آن‌ها در هر سال؛ $LGEM_t$: لگاریتم میزان تولید سرانه‌ی گازهای گلخانه‌ای به ازای تعداد ناوگان موجود در هر زیربخش جاده‌ای و برحسب تن /دستگاه؛ LGC_t: لگاریتم مصرف بنزین برحسب میلیون لیتر؛ LDC_t: لگاریتم مصرف نفت‌گاز برحسب میلیون لیتر؛ $Openness_t$: مجموع حجم صادرات و واردات به تولید ناخالص داخلی که به‌عنوان شاخص بازبودن ساختار تجاری یک کشور محسوب می‌شود. D_1 و ε_t: به ترتیب متغیر مجازی دوران هدفمندی یارانه‌ها و جزء اخلال می‌باشند. لازم به ذکر است، اندیس‌های ۴-۱ که در معادلات آورده شده، به ترتیب نشان‌دهنده بخش‌های سواری، اتوبوس، مینی‌بوس، کامیون و کشنده‌ها است.

داده‌های مربوط به میانگین سنی ناوگان از کتاب حمل‌ونقل و داده‌های شاخص بازبودن ساختار تجاری و سرمایه‌گذاری از حساب‌های موجود در بانک مرکزی گردآوری شده‌است که به‌صورت سری‌زمانی طی دوره‌ی ۱۳۹۳-۱۳۷۰ برای کشور ایران انتخاب شده است.

۴- یافته‌های تحقیق

۴-۱- *یافته‌های حاصل از برآورد روش حداقل مربعات پایدار برای شاخص A*

پیش از برآورد مدل لازم است داده‌های موردمطالعه ازلحاظ مانایی بررسی شوند. به‌منظور بررسی مانایی متغیرها روش‌های متعددی وجود دارد که روش دیکی- فولر تعمیم‌یافته[1] (ADF) از عمومیت بیشتری نسبت به روش‌های دیگر برخوردار است، اما در خصوص آن ذکر این نکته ضروری است که این آزمون توان اندکی دارد، به این معنا

1. Augmented Dicky-Fuller

که ممکن است یک سری زمانی مانا باشد اما این آزمون نتواند این موضوع را کشف نماید. همچنین در مواردی که شکست ساختاری در فرایند داده‌ها وجود دارد، ممکن است آزمون ADF با ارائه نتیجه اشتباه سری مانا را نامانا جلوه دهد. ازاین‌رو، به‌منظور افزایش دقت نتایج تحقیق از روش KPSS[1] برای آزمون مانایی متغیرها بهره خواهیم جست که در ادامه به نتایج حاصل از آن برای متغیرهای مورد مطالعه می‌پردازیم (سوری، ۱۳۹۳، ۴۷۷).

جدول ۳- مانایی سری‌های زمانی- آزمون KPSS برای شاخص A (در سطح و با عرض از مبدأ)

متغیر	KPSS	مقادیر بحرانی (درصد)		
		۱	۵	۱۰
***LCNGP	۰/۴۲۱۰	۰/۷۳۹	۰/۴۶۳	۰/۳۴۷
**LGP	۰/۵۰۸۱	۰/۷۳۹	۰/۴۶۳	۰/۳۴۷
**LGDP	۰/۶۰۴۱	۰/۷۳۹	۰/۴۶۳	۰/۳۴۷
**LGEM1	۰/۵۸۴۳	۰/۷۳۹	۰/۴۶۳	۰/۳۴۷
**LCNGC	۰/۶۰۶۹	۰/۷۳۹	۰/۴۶۳	۰/۳۴۷
**LHCN	۰/۵۵۱۳	۰/۷۳۹	۰/۴۶۳	۰/۳۴۷
**LGC	۰/۶۶۱۸	۰/۷۳۹	۰/۴۶۳	۰/۳۴۷

***. معنی داری در سطح یک درصد، **. معنی داری در سطح پنج درصد، ***. معنی داری در سطح ده درصد**

مأخذ: نتایج تحقیق

نتایج آزمون مانایی جدول (۳) نشان می‌دهد که در روش KPSS تمام متغیرها در سطح مانا بوده‌اند، مقدار آماره LM محاسبه‌شده برای آن‌ها در سطح از مقادیر بحرانی بزرگ‌تر شده و بنابراین دارای میانگین، واریانس و ساختار خودکوواریانس ثابت هستند. لذا می‌توان نتیجه گرفت که رابطه‌ی بین سری‌های زمانی موردنظر از ثبات کافی برخوردار بوده و رگرسیون حاصل، حقیقی خواهد بود. نتایج حاصل از تخمین الگو به‌صورت جدول (۴) به‌دست آمده است:

1. Kwiatkowski-Phillips-Schmit-Shin

جدول ۴- نتایج حاصل از برآورد شاخص A (اثرگذاری قیمت سوخت بر بهبود تکنولوژی در سوخت)

متغیرهای توضیحی		ضرایب	انحراف معیار	آماره Z	سطح احتمال
مدل A-1: تعیین اثرات افزایش قیمت سوخت بر لگاریتم مصرف CNG (متغیر وابسته: LCNGC)					
لگاریتم قیمت واقعی گاز طبیعی فشرده	LCNGP	-۰/۱۶۱۳	۰/۰۲۲۸	-۷/۰۷۸۲	۰/۰۰۰۰
لگاریتم قیمت واقعی بنزین	LGP	۰/۰۹۸۷	۰/۰۲۷۴	۳/۶۰۲۸	۰/۰۰۰۰
لگاریتم درآمد واقعی سرانه	LGDP	۳/۳۰۳۰	۰/۰۷۲۲	۴۵/۷۴۷۵	۰/۰۰۰۰
متغیر مجازی دوران هدفمندی یارانه‌ها	D1	۱/۹۸۴۷	۰/۰۳۰۸	۶۴/۳۸۳۹	۰/۰۰۰۰
عرض از مبدأ	C	-۳۱/۰۵۶۰	۰/۷۳۸۷	-۴۲/۰۳۸۵	۰/۰۰۰۰
مدل A-2: تعیین اثرات افزایش مصرف CNG بر میزان تولید گازهای گلخانه‌ای (متغیر وابسته: LGEM)					
لگاریتم مصرف گاز طبیعی فشرده	LCNGC	-۰/۲۸۸۹	۰/۰۱۲۸	-۲۲/۵۶۷۱	۰/۰۰۰۰
لگاریتم تعداد خودروهای دوگانه‌سوز در کشور	LHCN	-۰/۰۴۹۶	۰/۰۰۸۶	-۵/۷۶۰۲	۰/۰۰۰۰
لگاریتم مصرف بنزین	LGC	۰/۵۸۲۱	۰/۰۳۳۲	۱۷/۵۰۳۳	۰/۰۰۰۰
متغیر مجازی دوران هدفمندی یارانه‌ها	D1	-۰/۰۴۲۲	۰/۰۱۲۸	-۳/۲۹۲۵	۰/۰۰۱۰
عرض از مبدأ	C	۱۰/۱۲۲۰	۰/۲۹۵۱	۳۴/۲۹۸۹	۰/۰۰۰۰

مأخذ: نتایج تحقیق

نتایج حاصل از برآورد مدل (A-1) نشان می‌دهد که مصرف و تقاضای گاز طبیعی فشرده در کشور کم کشش بوده با افزایش یک درصدی قیمت CNG، مصرف این نوع سوخت به میزان ۰/۱۶ درصد کاهش یافته است. درحالی‌که با افزایش یک درصدی قیمت بنزین، مصرف CNG به‌اندازه‌ی ۰/۰۹ درصد افزایش معناداری داشته است و این یعنی گاز طبیعی فشرده جانشین بنزین بوده است. درنتیجه فرضیه‌ی اول دال بر رابطه‌ی مثبت و معنادار بین قیمت بنزین و مصرف CNG تأیید می‌شود. درآمد سرانه

به‌عنوان شاخص استاندارد زندگی نیز به دلیل ارزان‌تر بودن قیمت CNG نسبت به بنزین، باعث افزایش مصرف CNG شده است. متغیر مجازی دوران هدفمندی یارانه‌ها نیز اثری مثبت بر روی مصرف CNG دارد و این نشان‌دهنده‌ی آن است که سیاست اجرای هدفمندی یارانه‌ها و اصلاح قیمت حامل‌های انرژی موجب افزایش مصرف CNG در کشور شده است.

نتایج حاصل از برآورد مدل (A-2) نیز نشان می‌دهد که افزایش مصرف CNG، موجب کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای به ازای هر اتومبیل در زیربخش سواری شده‌است و درنتیجه فرضیه‌ی دوم تحقیق دال بر رابطه‌ی منفی و معنادار بین مصرف CNG و تولید گازهای گلخانه‌ای تأیید می‌شود. با افزایش تعداد خودروهای دوگانه‌سوز، تولید گازهای گلخانه‌ای به ازای هر اتومبیل سواری کاهش یافته است. با افزایش مصرف بنزین نیز همان‌طور که انتظار می‌رود تولید گازهای گلخانه‌ای افزایش یافته است که همین نتیجه نیز مصداقی بر تأیید فرضیه‌ی دوم و انتخاب شاخص مصرف CNG به‌عنوان سوخت برتر در بهبود تکنولوژی به شمار می‌آید. متغیر مجازی دوران هدفمندی یارانه‌ها نیز دارای اثری منفی و معنادار بر تولید آلاینده‌ها است.

جدول ۵- آزمون‌های تشخیص و درستی ضرایب شاخص A

آزمون‌ها	مدل A-1		مدل A-2	
R^2	۰/۷۹۸۶		۰/۹۰۴۷	
Adjusted- R^2	۰/۷۵۶۲		۰/۸۶۲۴	
R_W^2	۰/۹۴۶۰		۰/۹۷۹۴	
Adjusted-R_W^2	۰/۹۴۵۳		۰/۹۷۸۹	
R_N^2	۲۳۴۳۶/۵۳	(۰/۰۰۰۰)*	۲۷۹۱۱/۳۹	(۰/۰۰۰۰)
LM Test	۱/۱۱۹۲	(۰/۳۴۹۴)	۱/۱۸۴۶	(۰/۳۶۰۵)
Jarque-Bera	۰/۶۷۷۴	(۰/۷۱۲۶)	۱/۳۲۷۵	(۰/۵۱۴۸)
Heteroscedasticity	۰/۷۳۷۶	(۰/۹۵۰۸)	۱/۷۳۲۹	(۰/۲۲۶۴)

***اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده احتمال آماره‌ی مربوطه می‌باشند**

مأخذ: نتایج تحقیق

در روش حداقل مربعات پایدار (RLS)، آماره‌های R^2 و Adjusted- R^2 به‌شدت به انتخاب نوع تابع حساس هستند. مطالعات نشان می‌دهد که این آماره‌ها ممکن است به سمت بالا تورش‌دار باشند، لذا در این روش آماره‌های (R_W^2، $\bar{R}_W^2$) برآورد می‌شوند که معیار بهتری برای متناسب شدن نسبت به R^2 هستند. برای مثال می‌توان گفت که در محاسبه‌ی R_W^2 از مقادیری استفاده می‌شود که تابعی از مقدار باقی‌مانده‌ها هستند (هابر[1]، ۱۹۸۱). مقادیر بالای این آماره‌ها در چهار معادله نشان‌دهنده قدرت بالای توضیح‌دهندگی متغیرهای مستقل است. آماره R_N^2 یک نوع مقاوم از آماره والد است که فرضیه‌ی آن دال بر صفر بودن تمام ضرایب می‌باشد و برای محاسبه‌ی آن از فرم درجه دوم آزمون والد استفاده می‌شود. نتایج این آماره حاکی از رد قوی فرضیه‌ی صفر مبنی بر صفر بودن ضرایب می‌باشد و لذا اعتبار ضرایب تأیید می‌شود. نتایج آزمون بروش-گادفری[2] (LM) در هر دو معادله نشان از عدم وجود خودهمبستگی سریالی بین جملات خطا می‌باشد و با توجه به احتمال آماره F در این آزمون که از ۵ درصد بیشتر است، فرضیه‌ی صفر مبنی بر عدم وجود خودهمبستگی پذیرفته می‌شود. توزیع نرمال جملات خطا از طریق آزمون جارک- برا تأیید شده است. با توجه به احتمال این آزمون در هر دو معادله و بزرگ‌تر بودن آن‌ها از ۵ درصد نشان می‌دهد که فرضیه‌ی صفر مبنی بر توزیع نرمال جملات خطا رد نمی‌شود. در ضمن نتایج آزمون بروش- پاگان-گادفری[3] نیز در هر دو معادله نشان از رد ناهمسانی واریانس‌ها بین جملات خطا می‌باشد و با توجه به آماره F در این آزمون که از ۵ درصد بیشتر است، فرضیه‌ی صفر مبنی بر همسانی واریانس‌ها تأیید می‌شود.

1. Huber
2. Breush -Godfrey Serial Correlation LM test
3. Breush-Pagan-Godfrey

۴-۲- یافته‌های حاصل از برآورد روش حداقل مربعات پایدار برای شاخص B

جدول ۶- مانایی سری‌های زمانی- آزمون KPSS برای شاخص B (در سطح و با عرض از مبدأ)

متغیر	KPSS	مقادیر بحرانی (درصد)		
		۱	۵	۱۰
LMAG1**	۰/۶۷۶۸	۰/۷۳۹	۰/۴۶۳	۰/۳۴۷
LMAG2**	۰/۶۹۹۰	۰/۷۳۹	۰/۴۶۳	۰/۳۴۷
LMAG3**	۰/۵۷۱۶	۰/۷۳۹	۰/۴۶۳	۰/۳۴۷
LMAG4***	۰/۳۶۵۷	۰/۷۳۹	۰/۴۶۳	۰/۳۴۷
LGEM1**	۰/۵۸۴۳	۰/۷۳۹	۰/۴۶۳	۰/۳۴۷
LGEM2**	۰/۵۵۹۳	۰/۷۳۹	۰/۴۶۳	۰/۳۴۷
LGEM3**	۰/۶۵۷۳	۰/۷۳۹	۰/۴۶۳	۰/۳۴۷
LGEM4***	۰/۴۵۹۴	۰/۷۳۹	۰/۴۶۳	۰/۳۴۷
LGP**	۰/۵۰۸۱	۰/۷۳۹	۰/۴۶۳	۰/۳۴۷
LDP***	۰/۴۲۷۷	۰/۷۳۹	۰/۴۶۳	۰/۳۴۷
INVT**	۰/۱۷۳۰	۰/۲۱۶	۰/۱۴۶	۰/۱۱۹
LGDP**	۰/۶۰۴۱	۰/۷۳۹	۰/۴۶۳	۰/۳۴۷
LGC**	۰/۶۶۱۸	۰/۷۳۹	۰/۴۶۳	۰/۳۴۷
LDC**	۰/۶۷۱۴	۰/۷۳۹	۰/۴۶۳	۰/۳۴۷
Openness***	۰/۴۵۱۱	۰/۷۳۹	۰/۴۶۳	۰/۳۴۷

***. معنی داری در سطح یک درصد، **. معنی داری در سطح پنج درصد، ***. معنی داری در سطح ده درصد**

مأخذ: نتایج تحقیق

نتایج آزمون مانایی همانند حالت قبل مانا بودن متغیرها را در سطح نشان می‌دهد. ازآنجایی‌که مقدار آماره LM محاسبه‌شده برای آن‌ها در سطح از مقادیر بحرانی بزرگ‌تر شده، بنابراین مانا بودن آن‌ها را به اثبات می‌رساند و دارای میانگین، واریانس و ساختار خودکوواریانس ثابت هستند. لذا می‌توان نتیجه گرفت که رابطه‌ی بین سری‌های زمانی موردنظر از ثبات کافی برخوردار بوده و رگرسیون حاصل، حقیقی خواهد بود و نه کاذب. با توجه به مانا بودن متغیرها، نتایج حاصل از تخمین الگو به‌صورت جدول (۷) به‌دست آمده است:

جدول ۷. برآورد مدل میانگین سنی ناوگان در زیربخش‌های حمل‌ونقل جاده‌ای (مدل‌های B-1)

متغیرهای توضیحی	متغیرهای وابسته- لگاریتم میانگین سنی ناوگان در هر زیر بخش			
	بخش سواری	بخش اتوبوس	بخش مینی‌بوس	بخش کامیون و کشنده‌ها
LFP- لگاریتم قیمت واقعی سوخت	-۰/۱۰۶۱ (۰/۰۰۰۰)	-۰/۰۰۳۹ (۰/۰۰۳۸)	۰/۰۲۳۲ (۰/۰۰۰۰)	۰/۰۱۵۲ (۰/۰۰۰۰)
LGDP-لگاریتم درآمد واقعی سرانه	-۱/۷۲۵۸ (۰/۰۰۰۰)	-۰/۳۲۴۱ (۰/۰۰۰۰)	۰/۵۹۱۳ (۰/۰۰۰۰)	۰/۳۱۶۰ (۰/۰۰۰۰)
INVT- سهم سرمایه‌گذاری‌های صورت گرفته در حمل‌ونقل به کل سرمایه‌گذاری‌ها در کشور	۲/۱۷۱۹ (۰/۰۰۰۰)	۰/۱۸۱۳ (۰/۰۰۰۰)	۱/۵۶۱۷ (۰/۰۰۰۰)	۱/۸۷۰۹ (۰/۰۰۰۰)
D1- متغیر مجازی دوران هدفمندی یارانه‌ها	-۰/۱۳۲۸ (۰/۰۰۰۰)	-۰/۰۱۴۵ (۰/۰۰۰۰)	-۰/۰۴۰۷ (۰/۰۰۰۰)	-۰/۰۶۵۸ (۰/۰۰۰۰)
C- عرض از مبدأ	۲۲/۰۱۸۱ (۰/۰۰۰۰)	۶/۳۹۱۶ (۰/۰۰۰۰)	-۳/۹۰۶۲ (۰/۰۰۰۰)	-۰/۷۹۵۷ (۰/۰۰۰۰)
آزمون‌های تشخیص و درستی ضرایب مدل				
R^2	۰/۸۵۲۰	۰/۷۶۴۷	۰/۶۸۴۵	۰/۶۲۷۰
Adjusted- R^2	۰/۸۲۰۸	۰/۷۱۵۱	۰/۶۱۸۱	۰/۵۴۸۵
R_W^2	۰/۹۵۷۰	۰/۸۳۲۵	۰/۷۸۷۴	۰/۷۱۴۸
Adjusted-R_W^2	۰/۹۵۶۸	۰/۸۳۲۰	۰/۷۸۴۳	۰/۷۱۴۰
R_N^2	۳۰۶۰۲/۹۶ (۰/۰۰۰۰)	۶۲۶۰/۶۳۸ (۰/۰۰۰۰)	۴۹۲۵/۷۲۳ (۰/۰۰۰۰)	۳۲۹۴/۰۴۴ (۰/۰۰۰۰)
LM Test	۳/۳۵۵۵ (۰/۰۵۹۱)	۱/۶۳۲۸ (۰/۲۴۰۷)	۱/۰۴۰۹ (۰/۲۱۳۰)	۱/۶۰۵۳ (۰/۲۶۲۴)
Jarque-Bera	۴/۵۹۵۰ (۰/۱۰۰۵)	۰/۳۶۴۴ (۰/۸۳۳۴)	۳/۶۴۸۸ (۰/۱۶۱۳)	۳/۰۰۱۸ (۰/۲۲۲۹)
Heteroscedasticity	۱/۴۴۴۹ (۰/۱۲۸۱)	۱/۶۷۱۴ (۰/۱۹۸۰)	۱/۱۰۷۱ (۰/۳۸۲۰)	۰/۹۵۷۴ (۰/۴۵۳۲)

اعداد بالا نشان‌دهنده آماره آزمون‌های مربوط به متغیرها و اعداد داخل پرانتز احتمال آن‌ها می‌باشند

مأخذ: نتایج تحقیق

نتایج حاصل از برآورد مدل‌های (B-1) نشان می‌دهد که افزایش قیمت سوخت موجب کاهش معنادار در طول عمر ناوگان سواری و اتوبوس شده‌است ولی در زیربخش‌های مینی‌بوس و کامیون باعث افزایش در طول عمر ناوگان شده‌است. به‌طوری‌که با ثابت در نظرگرفتن متغیرهای دیگر، با افزایش قیمت سوخت، طول عمر ناوگان در زیربخش‌های سواری و اتوبوس به میزان ۰/۱۰ و ۰/۰۰۳ درصد کاهش و در زیربخش‌های مینی‌بوس و کامیون به میزان ۰/۰۲ و ۰/۰۱ درصد افزایش داشته است. درنتیجه فرضیه‌ی سوم تحقیق (مربوط به شاخص بهبود تکنولوژی در موتور) دال بر اثرگذاری منفی و معنادار قیمت سوخت بر میانگین سنی ناوگان تنها در زیربخش‌های سواری و اتوبوس تأیید شده است.

با افزایش درآمد سرانه به‌عنوان شاخص استاندارد زندگی نیز طول عمر ناوگان در زیربخش‌های سواری و اتوبوس کاهش و در سایر زیربخش‌ها افزایش معناداری داشته است. سهم سرمایه‌گذاری در بخش حمل‌ونقل به کل سرمایه‌گذاری نیز دارای اثری مثبت و معنادار بر طول عمر ناوگان است و این نشان‌دهنده‌ی آن است که حجم سرمایه‌گذاری‌های صورت گرفته در این حوزه چندان در جهت نوسازی ناوگان و استفاده از تکنولوژی‌های نوین در تولید خودروها نبوده است. متغیر مجازی دوران هدفمندی یارانه‌ها نیز باعث کاهش معناداری در طول عمر ناوگان در هر چهار زیربخش جاده‌ای شده‌است.

جدول ۸- برآورد مدل تولید سرانه گازهای گلخانه‌ای در زیربخش‌های حمل‌ونقل جاده‌ای (مدل‌های B-2)

متغیرهای توضیحی	متغیرهای وابسته- لگاریتم تولید گازهای گلخانه‌ای به ازای هر اتومبیل در هر زیر بخش			
	بخش سواری	بخش اتوبوس	بخش مینی- بوس	بخش کامیون و کشنده‌ها
LMAG- لگاریتم میانگین سنی ناوگان	۱/۳۸۱۰ * (۰/۰۰۰۰)	۰/۳۶۰۷ (۰/۰۰۴۶)	۱/۲۲۷۵ (۰/۰۰۰۰)	۳/۴۳۸۷ (۰/۰۰۰۰)
LFC- لگاریتم مصرف سوخت	۰/۴۹۶۶ (۰/۰۰۰۰)	۱/۵۶۱۳ (۰/۰۰۰۰)	۰/۸۸۷۲ (۰/۰۰۰۰)	۰/۵۴۷۲ (۰/۰۰۰۰)
Openness-شاخص بازبودن تجاری	۰/۸۷۸۰ (۰/۰۰۰۰)	۰/۷۷۲۹ (۰/۰۰۰۰)	۰/۳۲۸۴ (۰/۰۰۰۰)	۲/۶۱۷۶ (۰/۰۰۰۰)
D1- متغیر مجازی دوران هدفمندی یارانه‌ها	۰/۰۲۳۵ (۰/۰۶۵۸)	-۰/۲۲۴۶ (۰/۰۰۰۰)	۰/۰۱۷۱ (۰/۱۰۲۲)	۰/۰۵۳۵ (۰/۰۰۵۸)
C- عرض از مبدأ	-۵/۶۹۷۱ (۰/۰۰۰۰)	-۸/۷۱۳۶ (۰/۰۰۰۰)	-۵/۳۴۳۶ (۰/۰۰۰۰)	-۱۱/۳۴۵۴ (۰/۰۰۰۰)
آزمون‌های تشخیص و درستی ضرایب مدل				
R^2	۰/۸۱۳۱	۰/۸۰۰۱	۰/۸۴۵۹	۰/۸۵۳۱
Adjusted- R^2	۰/۷۷۳۷	۰/۷۵۸۱	۰/۸۱۳۵	۰/۸۲۲۱
R_W^2	۰/۹۵۶۱	۰/۸۶۷۴	۰/۹۶۶۹	۰/۹۴۴۳
Adjusted-R_W^2	۰/۹۵۵۸	۰/۸۶۷۱	۰/۹۶۶۲	۰/۹۴۴۰
R_N^2	۲۶۵۳۲/۱۹ (۰/۰۰۰۰)	۸۱۹۲/۳۰۹ (۰/۰۰۰۰)	۳۶۵۴۰/۳۲ (۰/۰۰۰۰)	۲۳۶۸۸/۱۳ (۰/۰۰۰۰)
LM Test	۳/۱۷۳۴ (۰/۰۶۷۴)	۱/۷۹۶۳ (۰/۱۹۶۰)	۲/۷۷۷۱ (۰/۰۶۳۹)	۱/۹۲۸۵ (۰/۱۷۵۹)
Jarque-Bera	۱/۵۸۲۰ (۰/۴۵۳۳)	۰/۴۲۸۲ (۰/۸۰۷۲)	۰/۷۰۶۵ (۰/۷۰۲۳)	۱/۹۱۹۷ (۰/۲۵۸۰)
Heteroscedasticity	۲/۲۵۲۰ (۰/۱۰۱۶)	۲/۱۳۱۹ (۰/۱۳۸۹)	۲/۷۲۷۷ (۰/۰۵۹۹)	۰/۹۵۱۸ (۰/۴۵۶۱)

***اعداد بالا نشان‌دهنده آماره آزمون‌های مربوط به متغیرها و اعداد داخل پرانتز احتمال آن‌ها می‌باشند.**

مأخذ: نتایج تحقیق

نتایج حاصل از برآورد مدل‌های (B-2) نیز نشان‌دهنده‌ی آن است که افزایش میانگین سنی ناوگان به‌عنوان شاخص بهبود تکنولوژی در موتور باعث افزایش معناداری در تولید سرانه گازهای گلخانه‌ای شده‌است. به‌طوری‌که با ثابت در نظرگرفتن متغیرهای دیگر، با افزایش میانگین سنی ناوگان، تولید سرانه گازهای گلخانه‌ای در زیربخش‌های سواری، اتوبوس، مینی‌بوس و کامیون به ترتیب به میزان ۱/۳۸، ۰/۳۶، ۱/۲۲ و ۳/۴۳ افزایش داشته است. درنتیجه فرضیه‌ی چهارم تحقیق (مربوط به شاخص بهبود تکنولوژی در موتور) دال بر کاهش طول عمر ناوگان اثری منفی و معنادار بر تولید گازهای گلخانه‌ای دارد، در هر چهار زیربخش جاده‌ای تأیید می‌شود.

با افزایش مصرف سوخت نیز حجم تولید گازهای گلخانه‌ای افزایش‌یافته که این میزان برای اتوبوس بیشترین (۱/۵۶ درصد) و برای خودروهای سواری کمترین میزان تولید سرانه آلاینده‌ها (۰/۴۹ درصد) در میان سایر زیربخش‌های جاده‌ای به همراه دارد. شاخص درجه بازبودن تجاری نیز دارای اثری مثبت و معنادار بر تولید گازهای گلخانه‌ای است. متغیر مجازی دوران هدفمندی یارانه‌ها نیز در بخش اتوبوس دارای اثرگذاری منفی و معنادار و در سایر زیربخش‌ها اثرگذاری مثبت را به همراه دارد.

نتایج آزمون‌های تشخیص و درستی مدل‌های برآوردی نیز نشان می‌دهد که مقادیر هر چهار ضریب تعیین در معادلات (R^2 و R^2- تعمیم‌یافته، $\overline{R}^2_W$، R^2_W) تأییدکننده‌ی قدرت بالای توضیح‌دهندگی متغیرهای مستقل است. نتایج آماره R^2_N حاکی از رد قوی فرضیه‌ی صفر مبنی بر صفر بودن ضرایب می‌باشد و لذا اعتبار ضرایب تأیید می‌شود. نتایج آزمون بروش- گادفری (LM) در همه‌ی معادلات نشان از عدم وجود خودهمبستگی سریالی بین جملات خطا می‌باشد. توزیع نرمال جملات خطا از طریق آزمون جارک- برا تأیید شده استدر ضمن نتایج آزمون بروش-پاگان-گادفری نیز نشان از رد ناهمسانی واریانس‌ها بین جملات خطا می‌باشد.

۵- جمع بندی و نتیجه‌گیری

در این مطالعه با توجه به معیارها و استانداردهای مربوط و نیز مطالعات صورت گرفته، مصرف گاز طبیعی فشرده (CNG) و میانگین سنی ناوگان به ترتیب به‌عنوان شاخص‌های نشان‌دهنده‌ی بهبود تکنولوژی در سوخت و موتور انتخاب شدند. سپس

تأثیر افزایش قیمت واقعی سوخت (بنزین و نفت‌گاز) بر این شاخص‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. مجدداً اثر این شاخص‌ها بر میزان تولید گازهای گلخانه‌ای موردسنجش قرار گرفت. نتایج حاصل از برآورد مدل‌ها، حاکی از تأیید تمام فرضیات مطرح شده در این پژوهش می‌باشد:

- فرضیه‌ی اول تحقیق مبنی بر وجود رابطه‌ی مثبت بین قیمت سوخت و مصرف CNG، به دلیل بهبود سیاست‌های قیمت‌گذاری انرژی در جایگزین کردن سوخت پاک، تأیید شده‌است.

- فرضیه‌ی دوم نیز مبنی بر وجود رابطه‌ی منفی و معنادار بین مصرف CNG و تولید سرانه گازهای گلخانه‌ای تأیید شد. همچنین در برآورد این مدل افزایش تعداد خودروهای دوگانه‌سوز موجب افزایش تولید سرانه گازهای گلخانه‌ای در زیربخش سواری شده است که دلیل آن را می‌توان در نامناسب بودن روش‌های دوگانه‌سوز کردن خودروهاکه اکثراً در کارگاه‌ها صورت می‌گیرد، دانست.

- فرضیه‌ی سوم تحقیق مبنی بر وجود رابطه‌ی منفی و معنادار بین قیمت سوخت و طول عمر ناوگان، تنها در زیربخش‌های سواری و اتوبوس تأیید شد. به نظر می‌رسد در بازه‌ی زمانی موردبررسی تنها این دو زیربخش آن هم به دلیل توجه بیشتر دولت به برنامه‌های نوسازی حمل‌ونقل عمومی از شرایط بهتری نسبت به دو زیربخش دیگر برخوردار بوده‌اند. ولی در مینی‌بوس و کامیون به دلیل هزینه‌های بالای استهلاک و جایگزینی ناوگان فرسوده با جدید، سیاست‌های قیمت‌گذاری سوخت نتوانسته به‌خوبی کمبودهای این قسمت را جبران کند. همین توجیه را می‌توان برای روابط بین درآمد سرانه و طول عمر ناوگان نیز آورد. با افزایش سهم سرمایه‌گذاری در حمل‌ونقل به کل سرمایه‌گذاری نیز شاهد افزایش طول عمر ناوگان هستیم. دلیل این روابط را می‌توان اینگونه خلاصه کرد؛ یا سرمایه‌گذاری‌های صورت گرفته در جهت نوسازی ناوگان کارا نبوده یا حجم این سرمایه‌گذاری‌ها به دلیل وجود تحریم‌های اقتصادی در سال‌های اخیر به‌خوبی نتوانسته نیازهای این بخش را تأمین کند.

- فرضیه‌ی چهارم تحقیق مبنی بر وجود رابطه‌ی مثبت و معنادار بین طول عمر ناوگان و تولید سرانه گازهای گلخانه‌ای تأیید می‌شود. لذا توجه به نوسازی ناوگان و

اعمال برنامه‌های سیاستی مرتبط با آن می‌تواند در کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای مؤثر باشد.

منابع

آمارنامه مصرف انرژی سال‌های مختلف موجود در سایت وزارت نفت- http://www.niopdc.ir/

ابریشمی، حمید. مهدی نوری و امیر دودابی‌نژاد. (۱۳۸۹). رابطه‌ی قیمت و بهره‌وری انرژی در ایران: بررسی تجربی هم‌انباشتگی نامتقارن، فصلنامه‌ی پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، ۱۸ (۵۵): ۲۲-۵.

ترازنامه‌ی انرژی سال‌های مختلف-http://www.saba.org.ir/

حسنتاش، غلامحسین (۱۳۸۴)، مبانی اقتصادی بهینه‌سازی مصرف انرژی، بررسی راهکارهای قیمتی و غیرقیمتی. فصلنامه‌ی جامعه و اقتصاد، ۳.

درویش‌متولی، محمدحسین، مجید معتمدی و محمود درویش‌متولی (۱۳۹۰). ارزیابی کارایی تکنولوژی‌های بخش انرژی براساس مدل ترکیبی AHP/DEA. ۲(۲)، ۲۱-۱.

رابینز، استیفن (۱۳۸۴)، تئوری سازمان، ترجمه سید مهدی الوانی و حسن دانایی‌فرد، تهران، انتشارات صفار، چاپ دهم،

روستا، احمد، عبدالحمید ابراهیمی و داور ونوس (۱۳۷۸)، مدیریت بازاریابی، تهران، انتشارات سمت، چاپ چهارم،

سوری، علی. (۱۳۹۳). اقتصادسنجی – جلد دوم، پیشرفته، انتشارات فرهنگ شناسی . ۲۹۳-۹۹۶.

صادقی، زین‌العابدین، فاطمه عباسی و فاطمه ایرانی‌کرمانی (۱۳۹۴)، بررسی اثرات واقعی کردن قیمت حامل‌های انرژی بر جانشینی درون عاملی و درون سوختی در ایران، فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی برنامه‌ریزی و بودجه، ۱۹(۴)، ۸۵-۶۵.

عباسی نژاد، حسین و داریوش وافی‌نجار، (۱۳۸۳)، بررسی بهره‌وری و بهره‌وری انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی و تخمین کشش نهاده‌ای و قیمتی انرژی در بخش صنعت و حمل و نقل با روش 2SLS، مجله تحقیقات اقتصادی، شماره‌ی ۲۸. ص ۱۳۷-۱۱۳

فرتوک‌زاده، حمیدرضا و حسن اشراقی (۱۳۹۴)، مدل‌سازی دینامیکی اثر سیاست دوگانه‌سوز کردن خودروها بر میزان تولید آلودگی و مصرف انرژی. علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، ۱۷(۱)، ۲۹-۱.

کتاب اطلاعات حمل و نقل سال‌های مختلف، شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت، http://www.ifco.ir/

گزارش صندوق بین‌المللی پول(۲۰۱۰)، اصلاح قیمت حامل‌های انرژی در جمهوری اسلامی ایران، ترجمه دکتر علی حسن‌زاده، تازه‌های اقتصاد، سال هفتم، شماره‌ی ۱۲۶

Bielaczyc, P., J. Woodburn, A. Szczotka, and P. Pajdowski. (2015). “The Impact of Alternative Fuels on Fuel Consumption and Exhaust Emissions of Greenhouse Gases from Vehicles Featuring SI Engines. Energy Procedia 66, 21 – 24.

Dewan, S. and K. L. Kraemer (2000). ‘Information Technology and Productivity. Evidence from Country Level Data’, Management Science, Special Issue on the Information Industries, Vol. 46, pp. 548–62.

Huber, Peter J. (1981). Robust Statistics. New York: John Wiley & Sons.

Kodjak, Drew (2015). “Policies to reduce fuel consumption, air pollution, and carbon emissions from vehicles in G20”, briefing paper. The International Council on Clean Transportation.

Lee, S. and W.o, Chong (2016), “Causal relationships of energy consumption, price, and CO_2 emissions in the U.S. building sector”. Resources, Conservation and Recycling. 107, 220-226.

Ma, Hengyun, Oxley, Les, Gibson, John, Kim, Bonggeun, (2008), China's energy economy: technical change, factor demand and interfactor/interfuel substitution. Energy Economics 30(5), 2167-2183.

Ntziachristos, L. and Dilara, P. (2012). “Sustainability Assessment of Road Transport Technologies”, JRC scientific and policy reports. European Commission, 1-52.

Perez-Barahona, Agustin, Zou, Benteng, (2006), a comparative study of energy saving technological progress in a vintage capital mode. Resource and Energy Economics, 28(2), 181-191.

P. Feeney, Bernard and Peter Cardebring (1988), Car Longevity in Sweden: A Revised Estimate. Tran span, 22(6), 455-465.

Pindyck, R. S. (1979). The structure of world energy demand, MIT Press.

Stern, D.I. (1993). “Energy and Economic Growth in the USA: A Multivariate Approach”. Energy Economics, 15, 137-150.

Tang, Chor Foon and Eu Chye Tan (2013)," Exploring the nexus of electricity consumption, economic growth, energy prices and technology innovation in Malaysia" Applied Energy 104 297–305

Triguero, Angela, Lourdes Moreno-Mondéjar , María A. Davia (2014), " The influence of energy prices on adoption of clean technologies and recycling: Evidence from European SMEs" , Energy Economics 46 246–257

Van Zon, Adriaan, Hakan Yetkiner, (2003), an endogenous growth model with embodied energy –saving technical. Resource and Energy Economics 25(1), 81-103.

Effect of Changes in Real Fuel Prices on Technology Improvement and Greenhouse Gas Emissions in the Iranian Road Transportation Sector

Sohrab Delangizan
Assistant Professor of Economics, Razi University, sohrabdelangizan@gmail.com

Azad Khanzadi
Assistant Professor of Economics, Razi University, azadkhanzadi@gmail.com

Maryam Heidarian[1]
Masters' Student of Energy Economics, Razi University, maryamheidarian.1368@yahoo.com
Received: 2016/04/15 Accepted: 2017/01/09

Abstract

The reform of energy subsidies and increase in fuel prices were expected to reduce energy consumption in the transportion sector. Higher prices were supposed to encourage consumers to use alternative technologies with higher fuel efficiency and lower costs. In the present study, we examine the effects of relative price changes of fuel (Gasoline and Diesel Fuel) on technology in the Iranian road transport sector during the period 1991-2014, using the Robust Least Squares method (RLS). We divide the changes in technology in road transport into two groups; fuel technology (CNG consumption indicator) and engine technology (average age of the fleet). We first study the change in these measures and then the effect of these changes on greenhouse gas emissions. The results confirm that the expected changes took place. The increase in relative prices led to increasing CNG consumption and consequently reductions in greenhouse gas emissions. The increased prices also lead to improvements in terms of average age of fleets with respect to cars and buses, but we did not see this positive change with respect to minibuses and trucks. On balance, the decrease in the average age of the transportation fleet had positive effects on both fuel use and greenhouse gas emissions per vehicle.

JEL Classification: L_{92}, Q_{43}, O_{33}

Keywords: Fuel Price, Technology, Road Transportation, Robust Least Squares Method

1- Corresponding Author