

## بررسی امکان صرفه جویی در مصرف سوخت و کاهش آلودگی هوا با استفاده از خودروهای برقی - بنزینی (الکتروهیبرید)

دکتر حمید ناظمان\* و احسان حقدوست\*\*

تاریخ دریافت: ۲۱ خرداد ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: ۲۷ آبان ۱۳۹۱

آمارهای کشور، حاکی از رشد مصرف بنزین در بخش حمل و نقل کشور بوده و در سال‌های اخیر بنزین مصرفی بطور قابل ملاحظه‌ای بیش از ظرفیت پالایش داخلی شده است و لذا هزینه واردات بنزین سهم نسبتاً مهمی از بودجه دولت را به خود اختصاص می‌دهد. افزایش جمعیت شهری، اقبال عمومی استفاده از خودروهای شخصی و عرضه بنزین به قیمت بارانه‌ای از عوامل تعیین‌کننده این پدیده هستند. علاوه بر تحمیل هزینه‌های فزاینده به اقتصاد کشور، با ایجاد آلودگی بیش از حد هوا در مناطق شهری لطمات جبران‌ناپذیری نیز بر سلامت شهروندان وارد می‌کنند. در این پژوهش سعی بر آن است که با استفاده از روشهای پیشرفته اقتصادسنجی، مصرف بلندمدت بنزین در بخش حمل و نقل برآورد گردیده و آنگاه با توجه به اهمیت موضوع، امکان استفاده از تکنولوژیهای پیشرفته‌تر در حمل و نقل شهری مورد توجه قرار گیرد. در این زمینه به طور خاص کاربرد خودروهای دوسوخته برقی - بنزینی که در کشورهای پیشرفته صنعتی مورد توجه بوده مورد بررسی قرار می‌گیرد. نتایج بدست آمده از پژوهش حاکی از آن است که استفاده از این نوع خودروها در حمل و نقل شهری از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر بوده و می‌تواند دارای منافع قابل ملاحظه‌ای به صورت محدود شدن مصرف بنزین و کاهش آلودگی هوا باشد.

**واژه‌های کلیدی:** پیش‌بینی مصرف بنزین، حمل و نقل شهری، یارانه سوخت، آلودگی هوا، تکنولوژی پیشرفته.

## ۱. مقدمه

محدودیت طبیعی و پایان پذیر بودن برخی منابع، همچون سوخت‌های فسیلی لاجرم ما را به سوی تلاش برای استفاده هرچه صحیح‌تر از این ثروت‌های با ارزش رهنمون می‌شود. نگرش حاکم بر بخش انرژی در اقتصاد ایران از دیرباز نگرشی عمدتاً فنی و مهندسی بوده و به اهمیت اقتصادی این بخش کمتر توجه شده است، در حالی که بخش انرژی یکی از بخش‌های اصلی اقتصاد کشور است. با توجه به اهمیت این بخش از نظر تولید ثروت ملی در سایر بخش‌ها و با لحاظ نمودن آثار وسیع مصرف انرژی بر محیط زیست، لازم است که این بخش تا حد امکان از دیدگاه اقتصادی سامان‌دهی شود.

از نظر پیشینه مطالعات انرژی در جهان باید توجه داشت که طرح‌های تحقیقاتی عمدتاً از دهه ۱۹۷۰ میلادی و پس از شوک‌های جهانی نفتی در کشورهای بزرگ مصرف‌کننده انرژی مورد تأکید قرار گرفته و در سال‌های اخیر نیز با توجه به اهمیت بخش انرژی بطور محسوس گسترش یافته است.

در تحلیل‌های راهبردی بلندمدت، مسئله کمیابی منابع بویژه منابع انرژی همواره مورد توجه اقتصاددانان بوده و با توجه به فناپذیری منابع فسیلی تردیدی نیست که در طول زمان مسئله کمیابی با تأکید بیشتری مورد توجه قرار خواهد گرفت و به نظر می‌رسد که این موضوع در ایران نیز یکی از مهمترین مسائل سیاستگذاری اقتصادی خواهد بود.

هنگامی که مصارف مختلف انرژی را در مقیاس جهانی مورد توجه قرار می‌دهیم، مشخص می‌شود که بیش از یک چهارم انرژی اولیه در بخش حمل و نقل مصرف می‌شود که سهم فرآورده‌های نفتی در تأمین آن در حدود ۷۰ درصد است<sup>۱</sup> که به این ترتیب اهمیت بخش حمل و نقل در حوزه اقتصاد انرژی و محیط زیست بیش از پیش نمایان می‌شود. در این زمینه به نظر می‌رسد که توسعه تکنولوژی‌های نوین و کاربرد آن در خودروها مانند پیل سوختی، خودروهای الکتروهیبریدی، موتورهای الکتریکی و استفاده از سوخت‌های جایگزین، در آینده تأثیرات وسیعی در ساختار بازار انرژی و مسائل اقتصادی و سیاسی مرتبط با آن خواهد داشت. کاربرد این

---

۱. ترازنامه انرژی (۱۳۸۸)

بررسی امکان صرفه‌جویی در مصرف سوخت و کاهش آلودگی هوا با استفاده از ... ۱۷۱

تکنولوژی‌ها همچنین می‌تواند بر الگوی تولید و مصرف انرژی نیز اثرگذار بوده و موجب ایجاد تغییرات در رفتارهای اجتماعی و شیوه زندگی مردم شود.

مشاهدات اخیر در کشورهای صنعتی بویژه پس از افزایش نسبی قیمت‌های انرژی و بحران اقتصادی جهانی حاکی از آن است که صنایع خودروسازی در حال تحول ساختاری بوده و درصد طراحی و تولید خودروهایی با مصرف سوخت و آلایندگی کمتر هستند.

در این پژوهش، سعی می‌شود با استفاده از روشهای اقتصادسنجی ابتدا به پیش‌بینی بلندمدت مصرف بنزین در کشور پرداخته و سپس منافع حاصل از بکارگیری خودروهایی کم‌مصرف الکتروهیبریدی در حمل و نقل شهری مورد بررسی قرار گیرد.

## ۲. مصرف انرژی و انتشار آلاینده‌ها در بخش حمل و نقل ایران

در ایران مصرف بنزین و گازوئیل در بخش حمل و نقل بخش مهمی از سوخت‌های فسیلی مصرف شده در کشور را شامل می‌شود. بطوری که در سال ۱۳۸۸ بنزین مصرف شده در بخش حمل و نقل کشور در حدود ۲۳/۵ میلیارد لیتر و گازوئیل مصرفی بیش از ۳۵ میلیارد لیتر در سال بوده است.<sup>۱</sup>

با توجه به اینکه این میزان بیش از ۵۰ درصد کل مصارف فرآورده‌های نفتی در کشور است، مشخص است که مصرف سوخت‌های فسیلی (بنزین و گازوئیل) در بخش حمل و نقل کشور از کل مصارف صنعتی، تجاری و خانگی در اقتصاد کشور بیشتر بوده است.

با توجه به اینکه ظرفیت پالایشگاه‌های کشور محدود است، در سالهای اخیر تأمین سوخت مصرفی بخش حمل و نقل از منابع داخلی کافی نبوده و مقادیر قابل توجهی سوخت بویژه بنزین از خارج از وارد شده است. براساس آمار سال ۱۳۸۷ بطور متوسط روزانه ۲۷/۵ میلیون لیتر بنزین و ۵ میلیون لیتر گازوئیل از طریق واردات تأمین گردیده است. ولی در سالهای اخیر متعاقب سیاستگذاری در این زمینه بصورت اعمال سهمیه‌بندی بنزین و اقدام برای بهینه‌سازی مصرف سوخت سبب کاهش آهنگ رشد مصرف در این بخش گردیده و به نظر می‌رسد با اجرای طرح هدفمندی یارانه‌ها و در عین حال اقدام برای توسعه ظرفیت پالایشگاه‌ها می‌توان در این زمینه به تدریج به خودکفایی رسید و از واردات فرآورده‌های سوختی بی‌نیاز شد.

۱. ترازنامه انرژی (۱۳۸۸)

مهمترین مشکل مصرف سوخت در این بخش، قدیمی بودن تکنولوژی ساخت خودروهای تولیدی کارخانجات داخلی است. به طوری که هزینه‌های سنگینی را بر اقتصاد کشور تحمیل می‌نماید. براساس آمارهای بدست آمده مصرف بنزین موتور و نفت و گاز بخش حمل و نقل در سال ۱۳۸۶ به ترتیب ۲۳ و ۱۸ میلیون مترمکعب بوده که در مجموع معادل ۲۳۸ میلیون بشکه نفت خام است. ارزش سوخت مصرفی این بخش در آن سال، بالغ بر ۲۱۰ هزار میلیارد ریال معادل ۲۲/۴۴ میلیارد دلار می‌شود.

در تحلیل مصرف بالای بنزین باید اشاره نمود که در سالهای اخیر نزدیک به ۲ میلیون خودرو در سال تولید شده و مجموع کل خودروهای بنزینی شامل سواری و وانت موجود در کشور تا پایان سال ۱۳۹۰ بیش از ۱۴ میلیون خودرو بوده است. تولید بالای خودرو از سال ۱۳۸۰ به بعد در کشور یکی از عوامل بسیار مؤثر در افزایش مصرف بنزین بوده است. گفتنی است که علیرغم کاهش نسبی سن متوسط ناوگان بنزینی کشور در سالهای اخیر، این رقم هنوز از متوسط جهانی خیلی بیشتر است. نکته قابل تأمل دیگر این است که تکنولوژی خودروهای تولیدی داخلی نیز با تکنولوژی روز دنیا فاصله دارد و مصرف خودروهای تولیدی کشور از مصرف نمونه‌های مشابه اروپایی خیلی بیشتر است. بگونه‌ای که برخی خودروهای تولیدی در کشور بیش از دو برابر کلاس مشابه خارجی سوخت مصرف می‌کند.

همانطور که اشاره شد، رشد بالای تولید خودرو با تکنولوژی پایین در کنار قیمت‌های پایین سوخت، همچنان بزرگترین عامل در مصرف بالای بنزین در سالهای اخیر در کشور بوده‌اند. روند تولید خودروهای بنزینی نشان می‌دهد که میزان تولید خودرو در دوره ۱۳۹۰-۱۳۸۱ تقریباً معادل با جمع کل خودروهای وارداتی و تولید شده از ابتدای تاریخ ورود خودرو به کشور تا قبل از ۱۳۸۱ بوده است.

### ۳. ارزانی نسبی سوخت و تأثیر آن در ائتلاف انرژی

بررسی وضعیت قیمت فروش بنزین در داخل و مقایسه آن با قیمت‌های بین‌المللی نشان می‌دهد که قیمت‌های فروش داخل نسبت به قیمت‌های بین‌المللی قابل مقایسه نبوده و همواره فاصله بسیاری با آن داشته است. بگونه‌ای که در سال ۱۳۸۸ بنزین فروش داخل در حدود ۴/۲ برابر ارزاتر از قیمت بین‌المللی عرضه شده است. با توجه به بررسی قیمت‌ها مشاهده می‌شود که بخش قابل توجهی از

### بررسی امکان صرفه‌جویی در مصرف سوخت و کاهش آلودگی هوا با استفاده از ... ۱۷۳

ارزش بنزین مصرفی در کشور توسط دولت بصورت یارانه تأمین می‌شود که این مسئله می‌تواند یکی از دلایل مصرف بالای بنزین در کشور محسوب شود. در سال ۸۸ در میان بخش‌های مصرف‌کننده، بخش حمل و نقل با ۴۲/۷٪ از کل یارانه انرژی بیشترین سهم را در برخورداری از این منابع داشته است. همانگونه که جدول ۱ نیز نشان می‌دهد، در دوره ۱۳۸۸-۱۳۷۹ میزان یارانه اختصاص یافته به بنزین روند رو به رشدی داشته به گونه‌ای که یارانه احتسابی برای بنزین از رقم ۲۴۴۷۰/۵ میلیارد ریال در سال ۱۳۷۹ به ۱۳۱۰۱۴ میلیارد ریال در سال ۱۳۸۸ رسیده است. به عبارت دیگر، در این دوره بطور متوسط یارانه محاسباتی برای بنزین سالانه حدود ۲۳/۲ درصد رشد داشته است. با توجه به جدول ۱ مشخص است که تغییرات ارقام مربوط به یارانه بنزین بستگی به دو عامل دارد:

- ارزش بین‌المللی بنزین که متأثر از قیمت‌های جهانی نفت خام است
- میزان مصرف بنزین در داخل کشور

هرچند این موضوع در مورد سایر حاملها نیز تا حدودی مصداق دارد، ولی توجه به این نکته ضروری است که میزان مصرف بنزین در کشور از حدود ۱۵ میلیارد لیتر در سال ۱۳۷۹ به بیش از ۲۴ میلیارد لیتر در سال ۱۳۸۷ افزایش یافته بود که پس از اعمال سیاست سهمیه‌بندی و همچنین اجرای طرح هدفمندی یارانه‌ها در سالهای اخیر تا حدودی کنترل شده است. بدیهی است که پایین بودن قیمت‌های داخلی بنزین در سالهای گذشته عامل اصلی افزایش مصرف آن بوده است.

#### جدول ۱. وضعیت مصرف بنزین و میزان یارانه احتسابی در بخش حمل و نقل

در سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۷۹

سال	کل مصرف (میلیون لیتر)	قیمت فروش داخلی (ریال)	متوسط قیمت منطقه‌ای (ریال)	قیمت تمام شده (ریال)	یارانه (میلیارد ریال)
۱۳۷۹	۱۵۵۱۹/۹	۳۸۵	۱۸۵۰/۵	۱۹۶۱/۷	۲۴۴۷۰/۵
۱۳۸۰	۱۶۷۳۷/۴	۴۵۰	۱۳۰۵/۴	۱۳۹۵/۲	۱۵۸۱۹/۶
۱۳۸۱	۱۸۴۴۰/۲	۵۰۰	۱۴۵۲/۵	۱۵۵۹/۹	۱۹۵۴۵/۲
۱۳۸۲	۲۰۵۳۹/۳	۶۵۰	۱۷۴۵/۷	۱۸۶۳/۶	۳۴۹۳۶/۶
۱۳۸۳	۲۲۲۰۱/۹	۸۰۰	۲۵۳۳/۳	۲۷۰۰/۵	۴۲۱۹۴/۹
۱۳۸۴	۲۴۴۶۹/۶	۸۰۰	۳۵۵۳/۱	۳۸۱۲/۲	۷۳۷۰۶/۵
۱۳۸۵	۲۶۸۶۷	۸۰۰	۴۱۷۴/۳	۴۴۷۵/۱	۹۸۸۳۹/۸

#### ۱۷۴ فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی سال اول شماره ۴

۱۰۵۵۹۵/۴	۵۴۸۸/۶	۵۱۲۲/۸	۱۰۰۰	۲۳۵۲۵/۲	۱۳۸۶
۱۰۵۳۲۱	۶۵۹۲	۶۲۲۱/۳	۱۰۰۰	۲۴۴۹۴	۱۳۸۷
۱۳۱۰۱۴	۶۵۹۲	۴۲۰۰	۱۰۰۰	۲۳۴۲۹	۱۳۸۸

مأخذ: ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۸

با توجه به مباحث بیان شده می توان گفت علاوه بر پارامترهای قیمتی و احتساب یارانه که موجب مصرف بالای بنزین در کشور شده است، متغیرها و پارامترهایی همچون رشد روزافزون تعداد خودروها، بالا بودن عمر متوسط ناوگان خودروهای سواری و پایین بودن تکنولوژی خودروها نیز باید مورد توجه قرار گیرد که در ادامه به بررسی اثرات این پارامترها بر روی تقاضای بنزین در چارچوب یک مدل تحلیلی پرداخته می شود.

#### ۴. آلاینده‌گی سوخت مصرفی خودروها

از طرفی علاوه بر مسائل اقتصادی مرتبط با بخش انرژی، مصرف سوخت‌های فسیلی دارای آثار مخربی بر محیط زیست است. مهمترین آثار مخرب ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی انتشار آلاینده‌ها و گازهای گلخانه‌ای است. بخش حمل و نقل نیز با توجه به مصرف بالای سوخت‌های فسیلی در آن سهم عمده‌ای در انتشار این نوع آلاینده‌ها در کشور دارا بوده است. اطلاعات مربوط به انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی و گازهای گلخانه‌ای در بخش حمل و نقل به صورت خلاصه در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲. سهم و میزان گازهای آلاینده و گلخانه‌ای بخش حمل و نقل کشور در سال ۱۳۸۸

نوع گازهای آلاینده	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	SPM
میزان انتشار آلاینده‌گی (هزار تن)	۹۱۱	۵۴۴	۱۳۳۹۴۰	۷	۸۳۸۲	۴۰	۳۰۷
سهم بخش حمل و نقل از آلاینده‌گی (در صد)	۴۹/۶	۳۲/۴	۲۴/۹	۳۸/۹	۹۶/۹	۷۸/۷	۷۸/۱

مأخذ: ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۸

#### ۵. پیشینه مطالعات مربوط به مدل‌های تقاضای سوخت

برای پیش‌بینی تقاضای بنزین در بخش حمل و نقل، مجموعه‌ای از روشهای مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه تعداد تجمعی خودروها، الگوی استفاده از آنها و راندمان متوسط

## بررسی امکان صرفه‌جویی در مصرف سوخت و کاهش آلودگی هوا با استفاده از ... ۱۷۵

آنها به میزان زیادی روی تقاضای انرژی تأثیر دارند، در مطالعات صورت گرفته عموماً تلاش می‌شود این عناصر در تحلیل گنجانده شوند. در این بخش از مقاله به بررسی مدل‌های اقتصادسنجی مورد استفاده در مطالعات قبلی پرداخته می‌شود.

پایه این نوع تحلیل‌های اقتصادی، معمولاً مدل تک معادله‌ای است که در آن شکل خلاصه شده تابع تقاضا برای کل سوخت‌های مصرفی در بخش حمل و نقل و یا برای هر یک از سوخت‌های مصرفی بطور خاص (بنزین، دیزل و غیره) مورد توجه قرار می‌گیرد. در این زمینه مطالعات زیادی صورت گرفته که از آن جمله می‌توان به مطالعات انجام شده در مورد تقاضا در کشورهای در حال توسعه اشاره کرد.<sup>۱</sup> مطالعات مربوط به مصرف داخلی فرآورده‌های نفتی در کشورهای صادرکننده نفت (اوپک) نیز قابل ذکر است.<sup>۲</sup>

براساس مطالعات صورت گرفته بر روی روش‌های مورد استفاده در تخمین تقاضای انرژی، روش اتحاد ریاضی و روش ساختاری دو روش متداول مورد استفاده برای تخمین تقاضای انرژی بخش حمل و نقل است. در تحقیقات انجام شده از ابتدای دهه ۱۹۷۰ تاکنون، عموماً اهمیت موجودی خودروها، نوع و میزان استفاده از خودروها و راندمان متوسط خودروها را در تعیین تقاضای انرژی بخش حمل و نقل مورد توجه قرار گرفته‌اند. در حالت کلی این مدل‌ها را می‌توان به صورت زیر نشان داد:

$$E = C.U.Eff \quad (1)$$

که در آن  $E$  تقاضای سوخت،  $C$  موجودی خودروها،  $U$  نرخ مصرف سالانه (کیلومتر بر سال) و  $Eff$  راندمان خودرو (لیتر بر کیلومتر) است.

در مطالعات اولیه مانند پیندیک (۱۹۷۹) سعی شده است تقاضای سوخت در بخش حمل و نقل در شکل کلی آن فرمول‌بندی شود.<sup>۳</sup> در مطالعات بعدی تقاضای سوخت در قالب مدلی که معمولاً به صورت حاصل ضرب سه متغیر بالا بیان شده است، تعریف می‌شود که هر یک از این متغیرها خود از تابعی از سایر متغیرهای توضیحی بدست می‌آید. در این روش تابع تقاضای انرژی برخلاف تئوریهای مرسوم اقتصادی در زمینه استخراج توابع تقاضا که از توابع هزینه یا

1. Paga and Britol (1994)

2. Chakravorty and Fesharaki (2000)

3. Adams (1974)

مطلوبیت و از طریق یک فرایند بهینه یابی بدست می آید، حاصل نمی شود.<sup>۱</sup> کاربرد این نوع مدلها برای اهداف محاسباتی از راههای جایگزین قابل تحقق است که در این زمینه به دو مطالعه انجام شده زیر می توان اشاره کرد.

- مطالعه انجام شده توسط پیندیک که یکی از اولین مطالعات برای تحلیل تقاضای انرژی در بخش حمل و نقل به شمار می آید.

- مطالعه جانسون و اسچپر<sup>۲</sup> که نسبتاً جدیدتر بوده و در آن از ساختار نسبتاً ساده ای استفاده شده است.

با این وجود، میزان در دسترس بودن داده ها در اغلب موارد، چنین تحلیل های مفصلی را حتی در کشورهای توسعه یافته نیز با مشکل مواجه کرده است و این امر محققان را ناگزیر ساخته است تا روشهای ساده تری برای محاسبه بکار گیرند.

به عنوان مثال یوری<sup>۳</sup> برای تقاضای بنزین از یک مدل ساده کلی استفاده کرده است. اخیراً، هوگز و همکاران<sup>۴</sup> با استفاده از یک فرمول بندی خطی- لگاریتمی، تقاضای بنزین را در دو دوره زمانی مختلف برای ایالات متحده تحلیل کرده اند. در تحقیق گلاستر و گراهام<sup>۵</sup> مدل های تقاضا و روشهای اقتصادی به طور تفصیلی مرور می شوند. در مدل تقاضای انرژی ارائه شده توسط پیندیک (۱۹۷۹)، تقاضای بنزین با استفاده از مدل رابطه برابری تخمین زده شده است. برای تعیین موجودی خودروها، از سه معادله استفاده می شود و دو معادله دیگر نیز نرخ استهلاک (افت بها) برای موجودی و میزان افزایش خودروهای جدید به موجودی را نشان می دهند. این امر در معادله (۲) نشان داده شده است.

$$STK_t = (1 - r)STK_{t-1} + NR_t \quad (2)$$

که در آن  $STK_t$  موجودی خودروها،  $r$  استهلاک موجودی و  $NR_t$  خودروهای تازه ثبت شده است. خودروهای تازه ثبت شده، موجودی را به سطح مطلوب خود می رسانند که این سطح مطلوب تابعی از متغیرهای توصیفی مانند قیمت خودرو  $P_c$ ، قیمت سوخت  $(P_f)$  و درآمد  $(Y)$  در آمد است. مقدار سرانه خودروهای تازه ثبت شده را می توان به این شکل بیان کرد:

1. Pindyck (1979)  
2. Johansson and Schipper (1997)  
3. Uri (1982)  
4. Hughes, et al (2008)  
5. Glaister and Graham (2002)



بررسی امکان صرفه‌جویی در مصرف سوخت و کاهش آلودگی هوا با استفاده از ... ۱۷۷

$$\frac{NR_t}{POP_t} = w \left( \frac{STK_t^*}{POP_t} - \frac{STK_{t-1}}{POP_{t-1}} \right) + r \frac{STK_{t-1}}{POP_{t-1}} + \lambda \frac{NR_{t-1}}{POP_{t-1}} \quad (3)$$

با این فرض که  $STK$  یک تابع خطی از  $P_f, P_c, Y$  باشد، معادله (۲) را می‌توان به شکل زیر نوشت:

$$\frac{NR_t}{POP_t} = a. + a_1 P_c + a_2 P_f + a_3 \frac{Y}{POP} - (w-r) \left( \frac{STK_{t-1}}{POP_{t-1}} \right) + \lambda \frac{NR_{t-1}}{POP_{t-1}} \quad (4)$$

در مورد نرخ استهلاک  $r$  انتظار می‌رود که با افزایش درآمد سرانه افزایش پیدا کند و با بالا رفتن قیمت‌های خودروها، کاهش یابد. این امر را می‌توان مشابه معادله (۵)، با یک تابع خطی نشان داد.

$$r = a. + \frac{b_1 Y}{POP} + b_2 P_c \quad (5)$$

معادلات (۲)، (۳) و (۵) نشان‌دهنده موجودی خودروها هستند.

میزان کاربری خودروها معمولاً برحسب تعداد کیلومتر پیموده شده توسط هر خودرو در طول سال بیان می‌شود. انتظار می‌رود که مقدار این کمیت به شکلی مثبت به درآمد سرانه بستگی داشته باشد، اما بستگی آن به قیمت سوخت منفی باشد. این امر در معادله لگاریتمی - خطی (۶) نشان داده می‌شود:

$$\ln(U_t) = c. + c_1 \ln(Y / POP) + c_2 \ln P_f + c_3 \ln(U_{t-1}) \quad (6)$$

در مورد مقدار متوسط رانندگی مصرف سوخت انتظار می‌رود که با قیمت سوخت تغییر کند، اما این تغییر با مقداری تأخیر زمانی صورت می‌گیرد. این امر نیز در یک رابطه لگاریتمی - خطی دیگر، معادله (۷)، نشان داده شده است:

$$\ln(Eff_t) = d. + d_1 \ln P_f + d_2 \ln(Eff_{t-1}) \quad (7)$$

در مدل جانسون و اسپیچر (۱۹۹۷) تقاضای سوخت برابر است با حاصل ضرب سه پارامتر به شرح زیر:

$$E = S.I.D \quad (۸)$$

که در آن I مصرف سوخت به ازای هر کیلومتر پیموده شده (یا شدت سوخت) است و D مقدار فاصله پیموده شده در هر سال برای هر خودرو و S سرانه تعداد تجمعی خودروها است. در این مطالعه از یک روش سیستماتیک بازگشتی استفاده شده که در آن D به صورت تابعی از S و I و سایر متغیرها تخمین زده می شود، اما I و S صرفاً به صورت تابعی از سایر متغیرها بدست می آیند. علاوه بر این، تمامی سه جزء تقاضا با استفاده از رابطه های لگاریتمی - خطی ای تعیین می شوند که متداول ترین توابعی هستند که یک کشش ثابت بدست می دهند و نتایج بدست آمده از آنها به سهولت قابل تفسیر است. با این وجود، برای متغیر چگالی جمعیت و مالیات، از مقادیر غیرلگاریتمی استفاده شده تا از مشکلات ناشی از مقادیر نزدیک به صفر اجتناب شود. روابط زیر به منظور تخمین مدل پویای ترکیبی استفاده شده اند:

موجودی خودروها

$$\ln S_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln S_{i,t-1} + \alpha_2 \ln P_{it} + \alpha_3 \ln Y_{it} + \alpha_4 T_i + \alpha_5 G_i + u_{it} \quad (۹)$$

شدت سوخت

$$\ln I_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln I_{i,t-1} + \beta_2 \ln P_{it} + \beta_3 \ln Y_{it} + \beta_4 T_i + \beta_5 G_i + u_{it} \quad (۱۰)$$

فاصله پیموده شده

$$\ln D_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 \ln D_{i,t-1} + \gamma_2 \ln(P_{it} I_{it}) + \gamma_3 \ln Y_{it} + \gamma_4 T_i + \gamma_5 G_i + \gamma_6 \ln S_{it} + u_{it} \quad (۱۱)$$

که در آنها P قیمت سوخت، Y درآمد (تولید ناخالص داخلی)، G چگالی جمعیت و T مالیات است.

از مطالعات کاربردی اخیر در زمینه تخمین تقاضای انرژی در حمل و نقل، می توان به کار تحقیقی مربوط به هندوستان اشاره کرد. در مدلی که برای پیش بینی تقاضای سوخت در هندوستان طراحی شده متغیرهای مالکیت خودرو و مقدار متوسط مصرف سوخت خودروها به کار گرفته

شده و با استفاده از روش اقتصادسنجی تقاضای سوخت برای بخش حمل و نقل هندوستان را پیش‌بینی کرده‌اند.<sup>۱</sup>

این محققان مقدار کل تقاضا را برای موجودی خودرو در یک سال معین و نیز مقدار متوسط تقاضای سوخت برای هر خودرو در هر سال را تخمین زده‌اند. در این مطالعه میزان مالکیت سرانه خودرو با استفاده از توابع غیرخطی پیش‌بینی شده است. میزان خوب بودن تطابق این توابع با مقادیر واقعی مورد اعتبارسنجی قرار گرفته و از این طریق رابطه بین درآمد سرانه و میزان سرانه مالکیت خودرو تعیین گردیده و سپس با انجام پیش‌بینی‌هایی برای ناوگان خودرویی با استفاده از این روابط و با ترکیب این پیش‌بینی‌ها با مفروضات مربوط به مقدار متوسط مصرف سوخت برای هر خودرو، مقدار کل تقاضا تعیین گردیده است. البته باید توجه داشت که مانند تقاضای انرژی در بخش صنعت، مطالعات اخیر در مورد پیش‌بینی تقاضای انرژی در حمل و نقل نیز اغلب متکی بر مدل‌های هم‌انباشتگی و مدل‌های تصحیح خطا بوده‌اند. این مدل‌ها متکی بر ویژگی‌های تکنیکی سری‌های زمانی بوده و در آنها تلاش شده است تا از وقوع اشتباه در تعیین مقادیر و پارامترها در مدل، اجتناب شود. با این وجود، در اغلب موارد، این مدل‌ها در سطح کلان بوده و راندمان و موجودی خودروها به شکل صریح در آنها در نظر گرفته نمی‌شود. اغلب این مدل‌ها بیشتر روی یک سوخت خاص متمرکز می‌شوند تا مجموعه کلی سوخت‌ها و حالات مورد استفاده در حمل و نقل و در نتیجه، حالات جایگزین ممکن در آنها نادیده گرفته می‌شوند.

یکی دیگر از روش‌های مرسوم در پیش‌بینی تقاضای بنزین و یا دیزل استفاده از مدل‌های توصیفی است که مبتنی بر راندمان خودروها در ناوگان حمل و نقل جاده‌ای است. به عنوان نمونه مدلی برای تقاضای بنزین در ژاپن براساس روش راندمان خودروها تدوین شده است.<sup>۲</sup> براساس این مدل، متغیرهای جمعیتی، قیمت سوخت، راندمان خودروها و میزان استفاده از خودروها، تعیین‌کننده میزان تقاضای بنزین است. این مدل به صورت ساده به شکل زیر ارائه می‌شود:

$$D_t = \frac{S_t \times KM_t}{AFE_t} \quad (12)$$

در رابطه (۱۲)  $D_t$  میزان تقاضای بنزین در سال  $t$  است. همچنین  $S_t$ ،  $KMT_t$  و  $AEFT_t$  به ترتیب ذخیره خودروهای حاضر و باقی در ناوگان، متوسط کیلومترهای پیمایش شده توسط هر خودرو و

1. Bouachera and Mazraati (2007)

2. Bonilla (2006)

راندمان تعدیل شده سوخت است. ذخیره خودروهای حاضر و باقی به صورت رابطه (۱۳) بیان می شود.

$$S_t = \sum_{S=t, t+1}^{t+1} Sale_i \times \gamma_i \quad i=0, \dots, I \quad t=0, \dots, T \quad (13)$$

که در آن  $S_t$  ذخیره خودروهای حاضر و باقی در ناوگان بوده و Sale بیانگر فروش خودروهای جدید در بازار است.  $i$  شمارشگر انواع خودروها و  $t$  نیز بیان کننده زمان است. همچنین  $\gamma_i$  ضریب ماندگاری هر خودرو در ناوگان است. همچنین ذخیره خودروهای حاضر و باقی در واقع جمع فروش خودروهای جدید است که در ضریب ماندگاری ضرب می شود.

## ۶. روش گردآوری داده‌های آماری مدل

در این بخش به منظور تخمین تقاضای بنزین و پیش‌بینی مصرف بلندمدت آن از داده‌های سری زمانی مربوط به بخش حمل و نقل جاده‌ای در اقتصاد ایران در سه دهه گذشته استفاده شده است. در این مدل از دو نوع پارامترهای ساختاری و اقتصادی که تاکنون ثابت شده بر روی تقاضای سوخت مؤثر هستند، استفاده شده است. این داده‌ها عبارتند از: مصرف بنزین (Cons)، قیمت واقعی بنزین (Price)، درآمد سرانه ( $GDP_{per}$ )، تعداد تجمعی خودروهای سواری (Vehicle)، متوسط عمر خودروهای سواری (Age) و راندمان مصرف سوخت خودروها (Effic) که روش گردآوری و محاسبه هر یک از این اطلاعات به شرح زیر است.

- مصرف بنزین: اطلاعات مربوط به مصرف بنزین به عنوان شاخص تقاضا در کشور از آمارنامه مصرف فرآورده‌های نفتی سال ۱۳۸۸ برحسب میلیون لیتر استخراج شده است.
- قیمت واقعی بنزین: اطلاعات قیمتی اسمی بنزین در کشور از آمارنامه مصرف فرآورده‌های نفتی انرژی‌زا سال ۱۳۸۸ شرکت پخش و پالایش وزارت نفت استخراج شده است. به منظور محاسبه قیمت واقعی بنزین از شاخص قیمتی سال ۱۳۸۰ محاسبه شده توسط بانک مرکزی استفاده شده است. براساس ادبیات و تئوری‌های اقتصادی مهمترین عامل در تعیین مقدار تقاضا قیمت کالا است. بنابراین به نظر می‌رسد در مدل تقاضای بنزین نیز این پارامتر تأثیرگذار باشد.
- درآمد سرانه: این اطلاعات نیز که براساس میزان تولید ناخالص داخلی و جمعیت کشور در سالهای مختلف محاسبه شده، از اطلاعات منتشره توسط بانک مرکزی استخراج شده است. از

آنجا که براساس مطالعات گذشته نشان داده که درآمد سرانه بر روی تقاضای سوخت و سفرهای درون و برون شهری مؤثر است.

• تعداد تجمعی خودروهای سواری: از آنجایی که عمده‌ترین مصرف‌کننده بنزین در کشور محسوب می‌شوند بنابراین تغییرات این پارامتر نیز قطعاً بر روی میزان مصرف بنزین در کشور اثرگذار خواهد بود.

• متوسط عمر خودروهای سواری: همانطور که قبلاً نیز گفته شد، یکی از دلایل مصرف بالای فرسوده بودن ناوگان حمل و نقل در کشور است. این متغیر که یک متغیر ساختاری محسوب می‌شود در بسیاری از مطالعات صورت گرفته در سایر کشورها بر روی تقاضای بنزین این پارامتر به عنوان یک پارامتر تأثیرگذار شناخته شده است.

در ایران با توجه اینکه این اطلاعات سالانه و به صورت منسجم محاسبه و منتشر نمی‌شود، بنابراین در این مقاله براساس سایر اطلاعات موجود به محاسبه غیرمستقیم این پارامتر پرداخته شده است. روش محاسبه متوسط عمر خودروها، سری زمانی خودروهای سواری ثبت شده در هر سال از سال ۱۳۲۷ در نظر گرفته شده است. سپس با فرض عدم احتساب از رده خارج کردن خودروهای فرسوده در سالهای اخیر متوسط عمر ناوگان خودروهای سواری کشور به صورت زیر محاسبه شده است:

$$A_t = \sum_{i=1327}^t \frac{R_{it}}{S_t} Age_{it} \quad (14)$$

$$S_t = \sum_{i=1327}^t R_{it} \quad (15)$$

که در آن:

$A_t$ : متوسط موزون عمر خودروهای سواری در زمان t

$R_{it}$ : ابعاد خودروهای ثبت شده سال i در زمان t

$S_t$ : تعداد کل خودروهای سواری در زمان t

$Age_{it}$ : عمر خودروی ثبت شده سال i در زمان t

۱. به عنوان مثال خودرویی که در سال ۱۳۷۰ (i) ثبت شده در سال ۱۳۸۰ (t) دارای ۱۵ سال عمر است.

بدیهی است که در صورت احتساب ارقام مربوط به خروج خودروهای فرسوده در سالهای اخیر، عمر متوسط بدست آمده تغییر خواهد کرد. ولی در هر صورت ساختار روابط تعریفی فوق قابل استفاده خواهد بود.

• راندمان مصرف سوخت خودروهای سواری: یکی از مهمترین متغیرهای ساختاری در ناوگان حمل و نقل کشور که تا حد بسیار بالایی بر روی تقاضای سوخت خودروها تأثیرگذار است، میزان مصرف سوخت خودرو در هر ۱۰۰ کیلومتر به عنوان شاخصی برای راندمان مصرف سوخت خودروهای سواری است. با توجه به اینکه میزان پیمایش خودروها در هر سال در کشور محاسبه و گزارش نمی‌شود، بنابراین به راحتی نمی‌توان میزان متوسط مصرف خودروها در هر ۱۰۰ کیلومتر قابل محاسبه نیست. بنابراین به منظور محاسبه این شاخص از یک راه حل جایگزین یعنی استفاده از آمار تعداد خودروهای ثبت شده در هر سال و لحاظ متوسط مصرف سوخت این خودروها با در نظر گرفتن عمر آنهاست. در این صورت می‌توان متوسط وزنی راندمان ناوگان خودروها را برای ایران محاسبه نمود.

$$ef_t = \sum_{i=1327}^{1385} \frac{R_{it}}{S_t} fc_{it} \quad (16)$$

که در آن  $R_{it}$  تعداد خودروهای ثبت شده در سال  $i$  در زمان  $t$  و  $S_t$  تعداد کل خودروهای سواری در سال  $t$  است. از طرف دیگر  $fc_{it}$  متوسط مصرف سوخت خودروهای نوع  $i$  در زمان  $t$  است، بطوری که این پارامتر تابعی از زمان و عمر خودرو است.

$$fc_{it} = f(t, Age_{it}) \quad (17)$$

اطلاعات این متغیر ( $fc_{it}$ ) نیز براساس استانداردهای مصرف سوخت خودروها در هر ۱۰۰ کیلومتر و نوع آن خودرو که توسط شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت منتشر شده است، استخراج شده است.

## ۷. ساختار مدل پیشنهادی پژوهش

در بخش بررسی مدلها و متغیرهایی که در تخمین تابع تقاضای سوخت در بخش حمل و نقل تاکنون مورد استفاده قرار گرفته است، پرداخته شد. براساس مطالعات گذشته برخی از پارامترها که

## بررسی امکان صرفه‌جویی در مصرف سوخت و کاهش آلودگی هوا با استفاده از ... ۱۸۳

در ایران نیز می‌تواند بر روی تقاضای مصرف سوخت تأثیر داشته باشد معرفی شده است. براساس این متغیرها، به منظور تخمین و پیش‌بینی تقاضا برای بنزین در کشور مدل اقتصادسنجی مورد نظر به شرح زیر ارائه می‌شود.

مدل مورد استفاده در این مقاله یک مدل لگاریتمی است که در این مدل تمامی متغیرهای آورده شده در بخش قبل به صورت لگاریتمی و به روش حداقل مربعات کامل OLS و با استفاده از نرم‌افزار Eviews5 تخمین زده می‌شود. مدل مورد استفاده به صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$\log(\text{Cons}) = C + \alpha_1 \log(\text{price}) + \alpha_2 \log(\text{GDP}_{\text{per}}) + \alpha_3 \log(\text{vehicle}) + \alpha_4 \log(\text{effic}) + \alpha_5 \log(\text{age})$$

روش کار در این مقاله شامل دو مرحله است. در مرحله اول با تخمین مدل ارائه شده به بررسی میزان تأثیرگذاری پارامترها بر روی تقاضای سوخت پرداخته و پس از آن با در نظر گرفتن روند معقول برای هر یک از پارامترهای مورد نظر به پیش‌بینی مصرف بنزین تا سال ۱۴۰۴ پرداخته می‌شود. در مرحله دوم تحقیق، براساس پیش‌بینی‌های صورت گرفته در مورد مصرف بنزین در کشور متوسط مصرف سوخت برای هر خودرو محاسبه خواهد شد. پس از محاسبه این شاخص براساس میزان بهره‌وری مصرف سوخت خودروهای هیبریدی و میزان کاهش مصرف سوخت و کاهش انتشار آلاینده‌ها براساس سناریوهای تعریف شده، به محاسبه فواید اقتصادی اجرای این طرح پرداخته می‌شود.

### ۸. برآورد مدل و پیش‌بینی تقاضای بنزین

همانطور که در قسمت قبل بیان شد داده‌هایی که در این مقاله مورد استفاده قرار گرفته‌اند، داده‌های سری زمانی هستند. در تحلیل سری‌های زمانی محققان غالباً  $R^2$  بالایی را مشاهده می‌کنند، هرچند ممکن است رابطه معناداری بین متغیرها وجود نداشته باشد. این  $R^2$  بالا ناشی از وجود روند زمانی هم‌جهت در متغیرها است و لزوماً به دلیل وجود ارتباط حقیقی بین متغیرها نیست.

برای بررسی پایایی متغیرهای مورد استفاده در الگو از آزمون ریشه واحد استفاده شد. بدین منظور آزمون دیکی-فولر تعمیم‌یافته ( $ADF^1$ ) مورد استفاده قرار گرفته که نتایج آن در جدول ۳

---

1. Augmented Dicky Fuller

آمده است. همانطور که مشاهده می‌شود تمامی متغیرهای مورد استفاده در سطح و در سطح اطمینان ۵٪ نامانا هستند، اما با یکبار تفاضل گیری مانا می‌شوند. آزمون انجام شده با در نظر گرفتن عرض از مبدأ بوده است.

جدول ۳. نتایج آزمون ریشه واحد متغیرها

متغیرها	آزمون ADF در سطح		آزمون ADF با اولین تفاضل	
	مقدار آماره t	مقدار بحرانی	مقدار آماره t	مقدار بحرانی
Cons	-۱/۶۲	-۲/۹۸	۵/۷۸	-۲/۹۹
Price	-۱/۶۷	-۲/۹۸	-۳/۷۲	-۲/۹۹
GDP <sub>Per</sub>	-۱/۴۷	-۲/۹۹	-۳/۰۱	-۲/۹۹
vehicle	۱/۸۲	-۲/۹۹	-۳/۸	-۲/۹۹
effic	-۱/۵۶	-۳/۰۰	-۳/۳۹	-۲/۹۹
age	-۲/۳۷	-۲/۹۹	-۳/۷۳	-۲/۹۹
Resid	-۵/۶۱	-۲/۹۹	***	***

مأخذ: نتایج تحقیق

با توجه به نتایج آزمون ریشه واحد جهت برآورد مدل به روش OLS، هم‌انباشتگی متغیرها بوسیله آزمون ریشه واحد پسماندهای الگو مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمون نشان می‌دهد که پسماندهای مدل اولیه برآورد شده بوسیله OLS در سطح اطمینان ۵ درصد پایا است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که متغیرهای مدل هم‌انباشته‌اند و برآوردهای روش OLS معتبر هستند.

بر اساس معادله تخمین زده شده نتایج تخمین و کشش‌های بدست آمده در جدول ۳ نشان داده شده است. بر اساس نتایج بدست آمده همانطور که در جدول ۴ نیز مشاهده می‌شود، مهمترین متغیر مؤثر بر تقاضای بنزین راندمان مصرف سوخت خودروهاست. نتایج تخمین نشان می‌دهد به ازای هر ۱ درصد بهبود در راندمان مصرف سوخت ۲/۴۴ درصد تقاضای بنزین در کشور را کاهش خواهد داد.

یکی دیگر از نکات قابل توجه در نتایج بدست آمده ضریب بسیار پایین متغیر قیمت است. این ضریب نشان می‌دهد کشش قیمتی بنزین بسیار پایین و کم کشش است. همچنانکه مطالعات



## بررسی امکان صرفه‌جویی در مصرف سوخت و کاهش آلودگی هوا با استفاده از ... ۱۸۵

قبل از حاکمی از پایین بودن کشش‌های قیمتی سوخت بوده است.<sup>۱</sup> بنابراین می‌توانیم استدلال کنیم که سیاستهای قیمتی در کنترل مصرف بنزین در کشور چندان مؤثر نخواهد بود و در صورتی که طرح هدفمندی یارانه‌ها علاوه بر قیمت از تدابیر غیرقیمتی بخصوص اصلاح زیرساختهای تولیدی نیز استفاده نماید، ممکن است تا حدودی احتمال موفقیت آن را بهبود بخشد. در مورد سایر برآوردهای مربوط به این مدل، با توجه به ضرایب بدست آمده برای متغیرهای عمر خودروها و همچنین تعداد خودروهای سواری که به عنوان پارامترهای ساختاری در بخش حمل و نقل شناخته می‌شوند، می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات این پارامترها نیز نسبت به متغیر قیمت و درآمد سرانه به عنوان پارامترهای اقتصادی می‌توانند تأثیرگذاری بیشتری در صرفه‌جویی سوخت داشته باشند. در واقع نتایج ضرایب بدست آمده برای این دو متغیر نشان می‌دهد که افزایش در تعداد و عمر خودروها موجب افزایش در مصرف بنزین خواهد شد. به طوری که به ازای هر ۱ درصد افزایش در عمر و تعداد خودروها، به ترتیب ۰/۶ و ۰/۸ درصد مصرف بنزین در کشور افزایش می‌یابد.

جدول ۴. نتایج تخمین مدل تقاضا

متغیر	ضرایب	انحراف معیار	t آماره
ضریب ثابت	۱/۸۹۴	۴/۰۹۷۴	۰/۴۶۲۲
log(Price)	-۰/۰۶۸	۰/۰۳۵۴	-۱/۹۱۹۶
log(GDP <sub>per</sub> )	۰/۳۷۳۴	۰/۱۱۰۶	۳/۳۷۵۱
log(vehicle)	۰/۸۰۳۹	۰/۰۶۵۳	۱۲/۳۱۰۹
log(effic)	۲/۴۴۱۶	۱/۱۶۵۸	-۲/۰۹۴۲
log(age)	۰/۶۰۹۰	۰/۰۷۵۴	۸/۰۷۲۴
R-squared		۰/۹۹۶۵	
Adjusted R-squared		۰/۹۹۵۶	
Durbin-Watson		۱/۹۵	
F Statistic		۱۱۴۳/۱۸۸	

مأخذ: نتایج تحقیق

افزایش تعداد خودروهای شخصی که تا حدود زیادی به دلیل رشد جمعیت، تولید بیشتر خودرو، عدم توسعه سریع و مناسب وسایل حمل و نقل عمومی و سایر عوامل محیطی بوده که انتظار می‌رود در سال‌های آینده نیز همچنان در رشد تقاضای بنزین نقش داشته باشند. همچنین مقدار  $R^2$  در این مدل نشان می‌دهد که تغییرات متغیرهای توضیحی به خوبی توانسته‌اند تغییرات تقاضا به عنوان متغیر وابسته را نشان دهند. در واقع این پارامترها تا ۹۹ درصد تغییرات مصرف بنزین در کشور را نشان می‌دهند. همچنین براساس مقدار شاخص دوربین- واتسون در جدول و طبق آزمون LM می‌توان در سطح اطمینان ۵ درصد وجود خودهمبستگی در مدل را رد نمود.

اکنون با استفاده از نتایج تخمین و ضرایب بدست آمده برای پارامترها می‌توان با در نظر گرفتن یک سناریوی نسبتاً واقع‌بینانه برای متغیرهای مستقل، مصرف تقریبی بنزین در سالهای آینده را پیش‌بینی کرد. برای این منظور روند آتی پارامترهای مدل با در نظر گرفتن یک نرخ تغییر و تحول آنها در قالب فروض مطرح شده توسط سازمانها و نهادهای رسمی کشور ارقام پیش‌بینی شده برای مصرف سوخت در بازه زمانی ۱۳۹۰-۱۴۰۵ بدست می‌آید. بر این مبنا رشد متوسط درآمد سرانه واقعی با توجه به عملکرد سالهای گذشته و لحاظ نمودن برآوردهای بانک مرکزی در حدود ۳ درصد و نرخ رشد تعداد خودروهای بنزین سوز با توجه به رشد سریع تولید خودرو در سالهای اخیر و لحاظ نمودن برنامه‌های تولید کارخانه‌های خودروسازی برای سالهای ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۵ بطور متوسط در حدود ۶ درصد در سال در نظر گرفته شده است. البته باید توجه داشت که میزان خروج خودروهای فرسوده در کشور را معادل واردات خودرو از خارج در نظر گرفته شده و به این ترتیب آثار ناشی از اعمال سیاست جایگزینی خودروهای فرسوده در محاسبه عمر خودروها جبران شده است.

در مورد قیمت‌گذاری بنزین در این تحقیق، فرضی مشابه فروض مربوط به تدابیر قبلی دولت در برنامه پنجم در نظر گرفته شده و فرض می‌شود که روش محتاطانه‌تری در اجرای طرح هدفمندی یارانه‌ها مورد عمل قرار گیرد. نرخ رشد واقعی قیمت بنزین پس از تعدیل معادل ۱۰ درصد در سال در نظر گرفته شود. بدیهی است که در صورت تغییر نرخ تورم می‌توان این فروض را نیز متناسب با مشاهدات بعدی تعدیل کرده و نتایج حاصل را در محاسبات مربوطه لحاظ نمود. البته در این زمینه نکته قابل تأکید این است که هر قدر قیمت بنزین و سوختهای فسیلی افزایش یابد، مزیت اقتصادی استفاده از خودروهای کم‌مصرف بطور کلی و مزایای مربوط به خودروهای

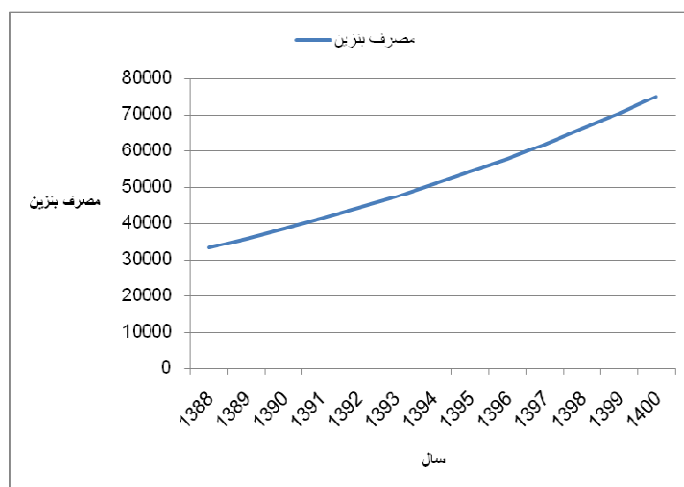
## بررسی امکان صرفه‌جویی در مصرف سوخت و کاهش آلودگی هوا با استفاده از ... ۱۸۷

برقی بطور خاص بهتر آشکار شده و صرفه اقتصادی آنها بیشتر خواهد بود و آنچه در این تحقیق مورد آزمون قرار می‌گیرد مزایای استفاده از این خودروها در محتاطانه‌ترین حالت ممکن بوده و با فرض شرایطی است که عرضه بنزین با کمترین افزایش قیمت میسر باشد. بدیهی است که در صورت افزایش بیشتر قیمت‌ها موجب توجه مزیت و مطلوبیت اقتصادی بیشتری برای این نوع خودروها خواهد بود.

در مورد متغیر راندمان مصرف سوخت خودروها و عمر آنها، براساس سیاست‌های دولت و چشم‌انداز این سیاست‌ها در برنامه پنجم توسعه، هدفگذاری دولت این است که در پایان چشم‌انداز ۲۰ ساله (سال ۱۴۰۴) راندمان به ۸ لیتر کاهش یابد؛ هر چند این چشم‌انداز نیز با توجه به پیشرفت تکنولوژی با استانداردهای دنیا فاصله فراوانی خواهد داشت. بر این اساس باید سالیانه ۲/۴ درصد راندمان مصرف خودروها بهبود یابد تا در پایان برنامه به این هدف رسید.

در مورد میانگین عمر خودروها نیز با توجه به سیاست جایگزینی خودروها در کشور و همچنین رشد سالیانه تولید خودرو با توجه به میانگین کنونی عمر خودروها (حدود ۱۱ سال) و با در نظر گرفتن اینکه وزارت صنایع و شرکت بهینه‌سازی مصرف سوخت پیش‌بینی کرده‌اند که در یک برنامه ۱۵ ساله این میانگین به ۸ سال نزدیک شود. بر این اساس می‌توان فرض کرد که سالیانه ۱/۶ درصد از میانگین عمر خودروها کاسته شود. اکنون براساس این سناریو برای متغیرهای مستقل می‌توان مقادیر پیش‌بینی شده برای سوخت خودروها را بدست آورد. همانطور که در نمودار ۲ نیز مشاهده می‌شود روند مصرف بنزین در کشور روندی صعودی با نرخ فزاینده خواهد داشت. این نمودار نشان می‌دهد که از طریق بهبود نسبی راندمان مصرف سوخت و کاهش تدریجی عمر متوسط خودروها نمی‌توان روند افزایشی مصرف بنزین در کشور را متوقف کرد. به نظر می‌رسد که در این مسئله مهمترین عامل افزایش مصرف بنزین در سال‌های آینده شدت نرخ رشد تقاضا و تولید خودرو در کشور خواهد بود.

در این شرایط و با در نظر گرفتن این واقعیت که استفاده از خودروی شخصی در رفت و آمدهای درون‌شهری و مسافرت‌های برون‌شهری به عنوان یک کالای مصرفی بادوام به صورت نوعی ضرورت عرفی برای خانوارهای شهری مطرح شده است، مسئله افزایش مصرف سوخت و در عین حال شدت آلودگی هوای شهرها از مسائل اصلی اقتصادی و اجتماعی بوده و نیازمند توجه و چاره‌اندیشی جدی است.



نمودار ۲. پیش‌بینی مصرف بنزین میلیون لیتر (۱۳۹۰-۱۴۰۰)

مأخذ: نتایج تحقیق

به نظر می‌رسد که یکی از راهکارهای مؤثر در کاهش مصرف سوخت و در عین حال پیشگیری از شدت آلودگی هوای شهرهای بزرگ، علاوه بر توسل به راهکارهای صرفاً اقتصادی، اتخاذ تدابیر تکمیلی فنی و مهندسی به صورت اصلاح سیستم سوخت خودروها و بهبود بیشتر راندمان مصرف سوخت است که از مدتها قبل مورد توجه محققین بوده است.<sup>۱</sup> اقدامات جدی‌تر در این زمینه مستلزم استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته‌تر دنیا در صنعت خودروسازی مانند خودروهای دوسوختی (برقی بنزینی) و مانند آنهاست که در ادامه به ارزیابی منافع استفاده از این نوع خودرو و تأثیر آن بر مصرف بنزین و کاهش آلودگی پرداخته می‌شود.

### ۹. منافع استفاده از خودروهای برقی - بنزینی (الکتروهیبریدی)

خودروی هیبریدی ماشینی است که از دو نوع سوخت برای تأمین نیروی محرکه خود بهره می‌گیرد. در این خودروها دو موتور سوختی و برقی نیروی محرکه لازم را برای حرکت خودرو فراهم می‌کنند. در این خودروها برق مصرفی موتور برقی از طریق نسل جدید باتری‌ها یعنی باتری‌های دوقطبی حاصل می‌شود. در مواقع عادی نیروی اضافی حاصل از عملکرد موتور سوختی از طریق دینام خودرو در باتری آن ذخیره می‌شود و به این طریق از اتلاف انرژی در خودرو به

۱. صفدریان (۱۳۷۶)

## بررسی امکان صرفه‌جویی در مصرف سوخت و کاهش آلودگی هوا با استفاده از ... ۱۸۹

شدت جلوگیری می‌شود. مصرف سوخت کمتر شده و آلودگی هوای ناشی از آن نیز کاهش می‌یابد. در انواع پیشرفته‌تر این خودروها باتری خودرو از طریق اتصال به برق شهری نیز قابل پر کردن بوده و نیروی حرکت خودرو در سرعت‌های پایین در خیابان‌های شهر از طریق موتور برقی تأمین می‌شود و صرفاً در مسافت‌های طولانی در جاده‌های بیرون شهر و بزرگراه‌ها که خودرو با سرعت بالاتری حرکت می‌کند، از موتور سوختی آن استفاده می‌شود.

انعطاف‌پذیری در عملکرد و صرفه‌جویی در مصرف سوخت، استفاده از خودروهای هیبریدی را برای رفت و آمدهای روزانه در شهرهای بزرگ بسیار مناسب و مفید نموده است. بازده بالا، آلایندگی کم، مسافت قابل پیمایش بالا، ایمنی مطلوب و قیمت قابل رقابت با خودروهای متداول از جمله ویژگی‌های حائز اهمیت برای خودروهای هیبریدی جدید است. بسیاری از خودروسازان بزرگ مبادرت به تولید این خودروها در سطحی گسترده نموده‌اند. این خودروها که در دهه‌های اخیر معرفی شده و به تدریج رواج یافته‌اند، بنابر مطالعات انجام شده دارای مزایای زیست‌محیطی بارزی بوده و در کشورهای پیشرفته صنعتی مورد توجه نخبگان واقع شده‌اند.<sup>۱</sup>

با توجه به مزایای زیست‌محیطی خودروهای هیبریدی، به نظر می‌رسد مخصوصاً در شهرهای بزرگ که به علت تراکم جمعیت و کثرت خودروهای شخصی معمولاً با ترافیک سنگین مواجه بوده و به لحاظ شدت و غلظت آلودگی هوا مخاطرات بزرگی برای سلامت شهروندان وجود دارد، استفاده از این نوع خودروها یک راهکار مطلوب برای جلوگیری از تشدید آلودگی هوا است. از آنجا که این خودروها می‌توانند در سرعت‌های پایین خیابانهای شهر صرفاً با نیروی موتور برقی خود حرکت کرده و نیازی به استفاده از موتور سوختی خود ندارند، تقریباً هیچ نوع آلودگی در هوای شهر ایجاد نکرده و در عین حال رفاه خودروی شخصی مورد علاقه شهروندان را نیز فراهم می‌کنند. پیشرفت‌های فنی در ساخت این خودروها فوق‌العاده بوده بطوری که اخیراً مدل‌های جدیدی با کمترین مصرف سوخت (حدود ۱ الی ۲ لیتر در صد کیلومتر) به بازار آمده است. البته باید توجه کنیم که این خودروها موقع پرشدن باتری خودرو از برق شهر، در واقع بطور غیرمستقیم سوخت فسیلی مصرف می‌کنند. ولی از آنجا که می‌توان برای پر کردن باتری با برنامه‌ریزی قبلی عمل کرده و تا حد امکان در ساعات شب و ساعات غیر از اوج مصرف برق اقدام نمود، در واقع با استفاده از ظرفیت خالی نیروگاه‌ها می‌توان هزینه مؤثر پر کردن باتری خودرو را به مقدار زیادی کاهش داد. علاوه بر آن باید توجه کرد که چون نیروگاه‌های برق معمولاً دور از مراکز جمعیت

1. Funk (1999) and Brady (2003)

شهری واقع شده‌اند، آلودگی احتمالی ناشی از سوخت فسیلی مصرفی آنها در آلودگی هوای داخل شهر نقشی نداشته و از این لحاظ مزیتی برای خودروهای برقی محسوب نمی‌شود. در بازار ایران که پیش‌بینی‌ها حاکی از افزایش مداوم تقاضای خودرو در سالهای آینده است، به نظر می‌رسد در صورتی که این خودروها توسط شرکت‌های خودروساز داخلی به تدریج معرفی گردیده و بازاریابی شود می‌تواند اقدام مؤثری در جهت کاهش مصرف بنزین بوده و در عین حال در اصلاح و حفظ کیفیت هوای شهرها نیز مفید واقع شود. البته لازم به توضیح است که خودروهای هیبریدی مفروض در این تحقیق از نوع نسبتاً ساده و ارزان قیمت آنها بوده و از نظر قیمت در بازارهای جهانی قابل رقابت با خودروهای پرفروش بنزینی ساخت داخل هستند. خودروهای هیبریدی جدیدتر که دارای باتری با فناوری پیشرفته‌تر بوده و تا حدود زیادی قابل حرکت با نیروی باتری خود هستند، قیمت‌های بالاتری داشته و صرفه اقتصادی آنها در قیمت‌های بالاتر بنزین بیشتر خواهد بود.

با توجه به اینکه این خودروها در مقیاس نسبتاً وسیعی توسط سازندگان عمده در کشورهای آسیایی طرف تجارت با ایران مثل چین و ژاپن و هندوستان تولید و عرضه می‌شود، به نظر می‌رسد اقدام خودروسازان داخلی به جلب مشارکت و همکاری سازندگان خارجی برای انتقال فناوری و سپس بومی‌سازی آن در داخل می‌تواند علاوه بر تأمین بازار داخلی در حرکت تدریجی به سوی بازارهای صادراتی این محصولات در آینده نیز مؤثر باشد. البته مطالعات و تحقیقات دانشگاهی در زمینه فناوری این نوع خودروها از مدتها قبل در بعضی دانشکده‌های فنی و صنعتی کشور شروع شده و علاقمندان زیادی به طراحی و ساخت نمونه‌های آزمایشی آنها در دانشگاهها نیز پرداخته‌اند.

اکنون می‌توانیم با استفاده از پیش‌بینی‌هایی که در مورد تعداد خودروها و مصرف بنزین بدست آوردیم و با طراحی یک سناریوی فرضی در زمینه ورود تدریجی خودروهای هیبریدی در ناوگان حمل و نقل کشور و براساس برخی فروض نسبتاً واقع‌بینانه در سناریوی مورد نظر به بررسی میزان صرفه‌جویی در مصرف بنزین و کاهش آلودگی هوا پرداخته و منافع آن را در یک دوره ۱۵ ساله (۱۴۰۵-۱۳۹۰) برآورد کنیم. سناریوی مورد نظر بدین گونه طراحی شده است که از سال ۱۳۹۰ براساس یک برنامه منظم هر سال ۵ درصد از کل خودروهای تولیدی و وارداتی به خودروهای الکتروهیبریدی اختصاص داده شود و در ادامه آن سالانه ۵ درصد به سهم این

## بررسی امکان صرفه‌جویی در مصرف سوخت و کاهش آلودگی هوا با استفاده از ... ۱۹۱

خودروها افزوده شده تا جایی که در سال ۱۴۰۵ (سال پایانی اجرای طرح) ۷۵ درصد کل خودروهای تولید شده در کشور سهم خودروهای هیبریدی باشد. همچنین در ادامه برنامه جایگزینی خودروهای فرسوده، فرض شده است که به همان تعداد خودروی هیبریدی عرضه شود. براساس اطلاعات فنی منتشر شده توسط سازندگان بزرگ خودروهای هیبریدی، ساده‌ترین این خودروها بطور متوسط در حدود ۴۵ درصد در مصرف سوخت صرفه‌جویی می‌نماید که بر این اساس و با توجه به متوسط مصرف سوخت هر خودرو میزان متوسط مصرف سالیانه هر خودرو هیبریدی در سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۵ محاسبه شده است. با توجه به تعداد خودروهای الکتروهیبریدی پیش‌بینی شده در این طرح منافع ناشی از کاهش مصرف سوخت و انتشار آلودگی دی‌اکسید کربن طی ۱۵ سال محاسبه شده و نتایج محاسبات در جدول ۵ نشان داده شده است.

نتایج محاسبات نشان می‌دهد که در اثر اجرای چنین طرحی طی ۱۵ سال در حدود ۲۶۱۱۷ میلیون لیتر در مصرف بنزین صرفه‌جویی شده و همچنین از انتشار ۵۹ میلیون تن دی‌اکسید کربن نیز کاسته می‌شود. البته بدیهی است که به همین نسبت گازهای آلاینده دیگر نیز کمتر انتشار یافته و از میزان مخاطرات مربوط به سلامت شهروندان کاسته می‌شود. به طوری که دیده می‌شود منافع مالی مربوط به صرفه‌جویی در بنزین مصرفی در این طرح به تنهایی معادل ارزش پولی ۲۶ میلیون لیتر بنزین می‌شود که با احتساب حداقل قیمت‌های کنونی در بازار جهانی رقمی بالغ بر ۱۵ میلیارد یورو برآورد می‌شود. از آنجا که کاهش ۵۹ میلیون تن دی‌اکسید کربن و به همان نسبت سایر گازهای سمی ناشی از سوخت‌های فسیلی از هوای شهرهای بزرگ و پرجمعیت می‌تواند آثار محسوسی در پاکیزگی هوای این مناطق داشته باشد، فواید زیست‌محیطی آن برای شهروندانی که معمولاً در این شهرها از شدت و غلظت آلودگی هوا رنج می‌برند، در حد بسیار بالایی است و بسیار بالاتر از آن است که با معیارهای پولی سنجیده شود.

جدول ۵. منافع ناشی از جایگزینی تدریجی خودروهای الکتروهیبریدی در ناوگان خودروهای سواری کشور

سال	تعداد مفروض خودروی هیبریدی	صرفه‌جویی بنزین (میلیون لیتر)	کاهش انتشار آلودگی (هزار تن CO <sub>2</sub> )
۱۳۹۰	۱۶۳۸۹۷۳	۲۶۴۰	۶۰۴۵
۱۳۹۱	۱۶۷۸۵۵	۲۸۲	۶۴۶
۱۳۹۲	۲۸۵۴۷۸	۵۰۲	۱۱۴۹

۱۹۲ فصلنامه اقتصاد محیط زیست و انرژی سال اول شماره ۴

۱۳۸۹	۶۰۷	۳۳۰۱۷۹	۱۳۹۳
۱۲۷۸	۵۵۸	۲۹۰۸۱۶	۱۳۹۴
۱۳۹۲	۶۰۸	۳۰۳۱۴۵	۱۳۹۵
۱۷۱۴	۷۴۹	۳۵۷۱۷۰	۱۳۹۶
۲۰۴۶	۸۹۳	۴۰۸۰۶۷	۱۳۹۷
۲۴۷۷	۱۰۸۲	۴۷۳۰۴۱	۱۳۹۸
۳۱۹۰	۱۳۹۴	۵۸۳۰۴۴	۱۳۹۹
۴۰۵۰	۱۷۶۹	۷۰۸۴۰۱	۱۴۰۰
۴۹۹۹	۲۱۸۴	۸۳۶۹۰۱	۱۴۰۱
۵۵۸۴	۲۴۳۹	۸۹۴۷۳۹	۱۴۰۲
۶۵۴۶	۲۸۶۰	۱۰۰۳۸۷۰	۱۴۰۳
۷۸۴۷	۳۴۲۸	۱۱۵۱۶۹۸	۱۴۰۴
۹۴۲۵	۴۱۱۷	۱۳۲۳۹۹۳	۱۴۰۵
۵۹۷۸۰	۲۶۱۱۷	۱۰۷۵۷۳۷۳	<b>جمع کل</b>

مأخذ: نتایج تحقیق

### ۱۰. جمع بندی و نتیجه گیری

بخش حمل و نقل به ویژه حمل و نقل زمینی تقاضاکننده عمده فرآورده های نفتی در کشور محسوب می شود. خودروهای سواری شخصی در کشور عمدتاً بنزین سوز بوده و با افزایش تولید این خودروها و امکان خرید آن در بازار، سهم آنها در ترکیب کل خودروهای کشور افزایش یافته و تعداد آنها همچنان با رشد بالایی افزایش خواهد یافت. کیفیت حمل و نقل شهری که به لحاظ اهمیت رفت و آمد شهروندان و همچنین افزایش مصرف سوخت خودروها دارای اهمیت زیادی در اقتصاد شهری بوده است، اخیراً با اجرای تدابیری در سهمیه بندی سوخت و هدفمندی یارانه ها و خارج کردن خودروهای فرسوده و بهبود راندمان سوخت خودروها در کانون توجه برنامه ریزان اقتصادی و صنعتی مورد توجه قرار گرفته است.

در زمینه اصلاح کیفیت خودروها و بهبود راندمان آنها، اگرچه جوان سازی ناوگان حمل و نقل کشور از طریق جایگزینی خودروهای فرسوده با خودروهای نو می تواند تا حدود زیادی متوسط راندمان کل را نیز بهبودی بخشد، اما اصلاح تکنولوژی ساخت خودرو بطور کلی و عرضه خودروهای جدید به بازار که سهم بالایی از کل خودروها را تشکیل می دهد، می تواند تأثیر نسبی



## بررسی امکان صرفه‌جویی در مصرف سوخت و کاهش آلودگی هوا با استفاده از ... ۱۹۳

بیشتری را در بهبود رانندگی و کاهش مصرف سوخت در کشور داشته باشد. از طرف دیگر با توجه به این واقعیت که کاهش قیمتی تقاضای سوخت در تحلیل‌های کوتاه و میان‌مدت ناچیز و کوچک بوده و در عین حال کاهش در آمدی تقاضا بطور محسوسی بزرگ است، برای کنترل مصرف سوخت و کاهش آلودگی نمی‌توان صرفاً به ابزار تغییرات قیمت بسنده کرد.

در شرایطی که داشتن خودروی شخصی با اقبال عمومی مردم مواجه شده و تقاضا برای خودرو در حال افزایش است، به نظر می‌رسد که معرفی خودروهای پیشرفته و کم‌مصرف به بازار و بهره‌گیری از فناوری پیشرفته دنیا در ساخت خودرو می‌تواند به عنوان یک راهکار مفید و مؤثر در این زمینه مورد توجه جدی برنامه‌ریزان اقتصادی و خودروسازان قرار گیرد. آن چنانکه در سناریوی مطرح شده در این تحقیق نشان داده شد با عرضه تدریجی خودروهای دوسوخته برقی-بنزینی به بازار خودروی کشور می‌توان در یک بازه زمانی ۱۵ ساله علاوه بر صرفه‌جویی بسیار قابل توجهی در مصرف بنزین، تا حد محسوسی آلودگی هوای ناشی از سوخت‌های فسیلی را نیز کاهش داد.

با توجه به اینکه صنایع خودروسازی کشور دارای تجربه کافی در تولید و بازاریابی محصولات این صنعت بوده و برنامه‌های مفصلی نیز برای توسعه این صنعت و افزایش تولید و جوابگویی به تقاضای رو به رشد بازار دارد و با در نظر گرفتن روند افزایشی قیمت سوخت در دنیا و توجه خودروسازان بزرگ به عرضه خودروهای کم‌مصرف هیبریدی، می‌توان نتیجه گرفت که تشویق خودروسازان داخلی به بومی‌سازی فناوری و عرضه تدریجی این نوع خودروها در داخل کشور می‌تواند فواید ارزنده‌ای در کاهش مصرف سوخت داشته و در عین حال در کاهش آلودگی هوا بویژه در شهرهای بزرگ کشور نقش مؤثری داشته باشد. از آنجا که تولیدکنندگان شاخص در بازار خودروهای هیبریدی در حال رقابت برای کاهش هزینه تولید و تسلط بر بازار رو به گسترش این محصولات هستند، قیمت‌ها رو به کاهش بوده و تا حدودی با خودروهای مرسوم قابل رقابت شده است. با توجه به این شرایط می‌توان انتظار داشت که عرضه تدریجی این نوع خودروها با استقبال نسبی بازار مواجه شده و در طول زمان با افزایش قیمت سوخت به تدریج بتواند سهم قابل توجهی در بازار داخلی خودرو داشته باشد.

## منابع

### الف- فارسی

- خیرخواهان، جعفر (۱۳۷۴)، بررسی توابع تقاضای انرژی در ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی.
- زمردیان، شبنم (۱۳۸۸)، تحلیل نظری اثرات زیست‌محیطی پروتکل کیوتو و بررسی پیامدهای آن بر کشورهای اوپک، پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی.
- شرکت ملی پخش و پالایش نفت ایران (۱۳۸۵)، آمارنامه مصرف فرآورده‌های نفتی انرژی‌زا، انتشارات روابط عمومی شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی.
- شرکت ملی پخش و پالایش نفت ایران (۱۳۸۷)، قیمت حامل‌های انرژی، تهران.
- صفدریان، سیامک (۱۳۷۶)، بررسی اقتصادی امکان اصلاح آلودگی هوای اصفهان با تأکید بر تغییر سیستم سوخت خودروها، پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی.
- طاهری بیگم، مرضیه (۱۳۷۵)، امکان‌سنجی اصلاح آلودگی هوای تهران با ایجاد یک پروژه فضای سبز فراگیر، پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی.
- لطفعلی‌خانی، مجید (۱۳۷۳)، برآورد هزینه‌های اجتماعی آلودگی هوای تهران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی.
- ناظمان، حمید (۱۳۷۶)، «صرفه‌جویی‌های اقتصادی در کنترل مصرف بنزین»، مؤسسه مطالعات انرژی وزارت نیرو، همایش ملی انرژی ایران.
- ناظمان، حمید، و همکاران (۱۳۸۱)، «بررسی راهکارهای اقتصادی صرفه‌جویی و مصرف بهینه انرژی در داخل کشور»، مؤسسه بین‌المللی مطالعات انرژی، وزارت نفت.
- وزارت نیرو، آمار ترازنامه انرژی سال‌های ۱۳۸۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹.

### ب- انگلیسی

- Adams and Y. Shachmurove (2008), "Modeling and Forecasting Energy Consumption in China", *Energy Economics*, Vol. 30. pp.1263-78.
- Adams, F. G., et al (1974), "Demand Elasticities for Gasoline", Discussion Paper No. 279, Dept. of Economics, U. of Pennsylvania, 1974.
- Bhattacharyya, S. C. (1997), "Energy Taxation and the Environment: A Developing Country Perspective", *Natural Resources Forum*, Vol. 21, No. 4, pp. 273-280.

- Blanco, S. (2011), Toyota Prius Plug-In Hybrid 2012 Now Offers 111 Mile per Gallon, Auto Green, Retrieved 16 Sept. 2011.
- Bonilla, D. (2006), "Demand for Gasoline in Passenger Vehicles in Japan", Paper Presented at the International Association of Energy Economics, Berlin, Germany, June.
- Bouachera Taoufik and Mohammad Mazraati (2007), "Fuel Demand and Car Ownership Modeling in India", *Opec Review*, Vol. 31, No. 1.
- Brady, Mike (2003), "The Future Demand for Alternative Fuel Passenger Cars", *Preliminary Review*, U. of California Davis, CalTrans Air Quality Project, July.
- Breugem, R. M. H., *et al* (2002), Comparison of Global Passenger Transport Models and Available Literature, RIVM report.
- Chakravorty, U. and Fesharaki (2000), "Domestic Demand for Petroleum in OPEC Countries", *OPEC Review*, Vol. 24, No. 1, pp. 23-52.
- Cuenca, R. M., Gains, L. and A. D. Vyas, Evaluation of Electric Vehicle Production and Operating, Center for Transportation Research, Division, Energy Systems.
- Dargay, J. and D. Gately (1997), "Vehical Ownership to 2015: Implications for Energy Use, and Emissions", *Journal of Energy Policy*, Vol. 25, No. 14, Dec.
- Funk, k. and A. Rabl (1999), Electric Versus Conventional Vehicle: Social Cost and Benefit in France, Transportation Research, pp. 397-411.
- Granovski, M., *et al* (2006), "Economic and Environmental Comparison of Conventional, Hybrid, Electric and Hydrogen Fuel Cell Vehicles", *Journal of Power Sources*, Vol. 159, pp. 1186-1193.
- Griffin, J. (1995), "Methodological Advances in Energy Modeling", *The Energy Journal*, Vol. 4, No. 1, pp. 11-124.
- Grraham, D. and S. Glaister (2002), "The Demand for Automobile Fuel", *Journal of Transport Economics & Policy*, Vol. 36, Part. 1, pp. 1-26.
- Hugh, J. E. *et al* (2008), "Evidence of a Shift in the Short-run Price Elasticity of Gasoline Demand", *Energy Journal*, Vol. 29, No. 1, pp. 113-134.
- Paga, E. and F. Britol (1994), "An Empirical Analysis of Oil Demand in Developing Countries", *OPEC Review*, Vol. 18, No. 2, pp. 25-46.
- I.E.A. (2007), World Energy Modeling, Methodology and Assumptions, Paris.
- Johansson, O. and L. Schipper (1997), "Measuring the Long-term Fuel Demand for Cars", *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 31, No. 3, pp. 277-92.
- Paga, E. and F. Britol (1994), "An Empirical Analysis of Oil Demand in Developing Countries", *OPEC Review*, Vol. 18, No. 2, pp. 25-46.

- Pesaran, M. H. and R. Smith (1998), *Energy Demand in Asian Developing Countries*, Oxford University Press.
- Pindyck, R. S. (1979), *The Structure of World Energy Demand*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1979.
- Sadeghi, M. and H. M. Hosseini (2008), "Integrated Energy Planning for Transport Sector; A Case Study for Iran", *Energy Policy*, Vol. 31, No. 2, pp. 350-66.
- Storchmann, K. (2005), "Long-run Gasoline Demand for Passenger Cars: The Role of Income Distribution", *Energy Economics*, Vol. 27, pp. 25-58.
- United States Dept. of Energy, and the U.S. Environment Protection Agency, Most and Least Efficient Vehicles of 2012, Fuel Economy, Gov. 2012.
- Uri, N. D. (1982), "The Demand for Energy in the Transport Sector in the United States", *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 16, No. 1, pp. 65-84.
- Worrell, E., *et al* (2004), "Advances in Energy Forecasting Models Based on Engineering Economics", *Annual Review of Environmental Resources*, Vol. 29, pp. 345-81.