

مدل سازی دینامیکی اثر سیاست دوگانه سوز کردن خودروها بر میزان تولید آلودگی و مصرف انرژی

حمید رضا فر توک زاده^۱

حسن اشراقی^{*۲}

eshraghi.ir@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۸۸/۵/۱۵

تاریخ دریافت: ۸۸/۱/۲۰

چکیده

زمینه و هدف: یارانه‌های بخش انرژی و آلودگی‌های ناشی از مصرف سوخت در شهرهای بزرگ کشور، سبب اتخاذ سیاست‌های دوگانه سوز کردن خودروها در کشور شده است. با توجه به گستردگی به کارگیری این سیاست، ضرورت دارد اثرات اقتصادی و زیست محیطی آن در بلندمدت بیش تر مورد مطالعه قرار گیرد.

روش بررسی: پس از مرور منابع در خصوص مزایا و معایب خودروهای گازسوز و دوگانه سوز، با استفاده از متدولوژی پویایی‌های سیستم که یکی از روش‌های مدل سازی سیستم‌های پویا و اجتماعی است، یک مدل دینامیک در مورد نحوه اثرگذاری خودروهای دوگانه سوز بر میزان مصرف انرژی، یارانه‌های بخش انرژی و ایجاد آلودگی توسط خودروها تهیه شده است که با اجرای آن، اثرات بلندمدت سیاست فعلی، مورد بررسی قرار می‌گیرد.

یافته‌ها: بر اساس خروجی‌های شبیه سازی مدل، سیاست دوگانه سوز کردن خودروها، تنها باعث کاهش سرعت رشد یارانه‌ها و آلودگی هوا می‌شود و مشکل را به صورت ریشه‌ای حل نمی‌کند.

بحث و نتیجه گیری: با توجه به هزینه‌های سیاست دوگانه سوز کردن و عدم دریافت خروجی مطلوب، به نظر می‌رسد اولاً باید به راه‌بردهای دیگری نظیر ایجاد سبب سوخت یا توسعه خودروهای CNG سوز در کشور نیز توجه کرد، و ثانیاً در فرآیند دوگانه سوز کردن خودروها، از سیاست‌های مکمل نیز بهره گرفت.

سیاست دوگانه سوز کردن خودروها، چند سالی است که در کشور در حال اجرا و پیگیری است. یارانه‌های هنگفت انرژی و آلودگی شدید ناشی از مصرف سوخت در شهرهای بزرگ کشور، که مدیریت این دو را دشوار کرده است، محرک‌های اصلی دولت برای اجرای این سیاست می‌باشند. با توجه به اثرات فراوان سوخت در مسایل زیست محیطی، در این مقاله تلاش شده است تا پس از بیان مزایا و معایب خودروهای گازسوز و دوگانه سوز، با استفاده از

۱- استادیار دانشگاه صنعتی مالک اشتر.

۲- پژوهش گر دانشکده مدیریت دانشگاه صنعتی مالک اشتر* (مسئول مکاتبات)

متدولوژی پویایی‌های سیستم، که یکی از روش‌های مدل‌سازی سیستم‌های پویا و اجتماعی است، یک مدل دینامیک در مورد نحوه اثرگذاری خودروهای دوگانه‌سوز بر میزان مصرف انرژی، یارانه‌های بخش انرژی و ایجاد آلودگی توسط خودروها به‌دست می‌آوریم و سپس با اجرای این مدل در نرم‌افزار شبیه‌سازی، نشان می‌دهیم که ادامه این سیاست با روند فعلی، در بلندمدت جواب‌گو نبوده و خود، می‌تواند منشأ مشکلات فراوانی باشد.

واژه های کلیدی: خودرو، دوگانه‌سوز، انرژی، آلودگی، مدل‌سازی دینامیکی ف انرژی، آلودگی، مدل‌سازی دینامیکی.

مقدمه

GTL^۵، LCNG^۶ و مشتقاتی نظیر DME^۷، اتانول و متانول نیز سرمایه‌گذاری شده است (۱). علاوه بر این، سوخت‌های بدون منشأ گاز، نظیر انرژی خورشیدی، آب، هیدروژن و بیودیزل نیز جزء سوخت‌های مورد استفاده در جهان هستند که کارهای مطالعاتی و سرمایه‌گذاری‌های فراوانی بر روی آن‌ها صورت گرفته است.

استفاده از سوخت CNG به شکل فعلی با فشار ۲۰۰ بار از دهه ۱۹۷۰ در ایتالیا آغاز شده است. استفاده از CNG، علاوه بر مزایای فراوان آن در مقایسه با بنزین، معایبی نظیر کاهش قدرت موتور، سنگین بودن تجهیزات، گرانی تجهیزات مربوطه و طی نمودن مسافت کم‌تر به‌ازای یک بار سوخت‌گیری نیز دارد (۲).

طرح LPG سوز کردن خودروها، در اواخر دهه ۶۰ در کشور آغاز شد، اما به‌دلیل عدم توجیه اقتصادی و وابستگی شدید به واردات، پس از گذشت ۵ سال متوقف شد. تغییر یک‌باره سیاست دولت و جای‌گزینی CNG به‌جای LPG موجب شد که برخی از قطعه‌سازان مخازن LPG، ۴۰ تا ۵۰ میلیارد تومان متضرر شوند (۳).

تقاضا برای موتورهای گازسوز، با رشد شدید مصرف بنزین، سهمیه‌بندی و بالا رفتن قیمت آن، رشد چشم‌گیری یافته است. جدول ۱، رشد تعداد خودروهای گازسوز را در ایران و در دنیا طی سالیان اخیر نشان می‌دهد.

سوخت جای‌گزین بنزین، موضوعی است که از سال‌ها پیش در دنیا مطرح شده است (۱). دلایل اصلی اهمیت این موضوع، نگرانی از تمام شدن سوخت‌های فسیلی، آلودگی محیط زیست و هزینه‌های اقتصادی سوخت‌های فعلی است. در هر کشوری با توجه به شرایط و منابع آن، یکی از انواع سوخت کاربرد بیش‌تری یافته است. به‌عنوان مثال، در کشور برزیل که یکی از تولیدکنندگان اصلی شکر در دنیاست، الکل استخراج شده از نی‌شکر، سوخت اصلی خودروها را تشکیل می‌دهد. در ایران نیز با توجه به ذخایر عظیم گاز طبیعی، استفاده از سوخت‌های گازی به‌عنوان سوخت جای‌گزین بنزین، مورد توجه قرار گرفته است. از مزایای این نوع سوخت‌ها، می‌توان به کاهش بارانه‌های بخش حمل‌ونقل و کاهش آلودگی و هزینه‌های آن در کشور اشاره کرد.

با توجه به اهمیت و اثر سوخت در مسایل زیست‌محیطی، در این مقاله با ارایه یک مدل دینامیکی، اثر سیاست‌های دولت در زمینه دوگانه‌سوز کردن خودروها، بر روی مدیریت محیط زیست و نیز هزینه‌های اقتصادی و مصرف انرژی بررسی شده است.

تاریخچه گازسوز کردن خودروها

در حال حاضر در کشور ایران، گاز طبیعی فشرده (CNG)^۱، به‌عنوان سوخت اصلی با منشأ گاز طبیعی برای وسایل نقلیه مطرح است. در نقاط مختلف جهان، بر روی انواع دیگری از سوخت‌های گازی، نظیر گاز طبیعی مایع شده (LNG)^۲، ANG^۳، گاز نفتی مایع (CPG)، سوخت گازی مایع (LPG)^۴،

5- Gas To Liquid

6- Liquefied Compressed Natural Gas

7- DiMethyl Ethan

1- Compressed Natural Gas

2- Liquefied Natural Gas

3- Absorbed Natural Gas

4- liquefied Petroleum Gas

جدول ۱: تعداد خودروهای گازسوز در ایران و جهان، از سال ۲۰۰۱ به بعد (۴)

دسامبر ۲۰۱۲	۲۰۰۶	۲۰۰۵	۲۰۰۴	۲۰۰۳	۲۰۰۲	۲۰۰۱	
۳,۰۰۰,۰۰۰	۲۲۹,۶۰۷	۴۸,۰۲۹	۱,۰۰۰	۱,۰۰۰	۸۰۰	۸۰۰	ایران
۱۶,۷۳۳,۰۹۸	۵,۷۹۱,۳۷۹	۴,۶۳۳,۴۰۸	۳,۹۳۵,۱۹۲	۳,۱۰۴,۷۸۸	۲,۳۵۶,۶۰۷	۱,۷۹۲,۸۱۲	جهان

از کیت گازسوز می‌توان هنگام نیاز، سوخت را از بنزین به گاز تغییر داد. این مسأله که این موتورها برای کار با گاز طراحی نشده‌اند، بزرگ‌ترین مشکل آن‌ها می‌باشد. زیرا در احتراق آن‌ها مشخصات یک موتور گازسوز دیده نشده است و باعث پایین آمدن بازده به هنگام کار با سوخت گاز می‌شود. البته برخی تمهیدات برای غلبه بر مشکلات فوق به عمل آمده است که تا حدی عملکرد این موتورها را قابل قبول می‌کند.

۳- دو سوخت هم‌زمان^۲: این موتورها، موتورهایی هستند هستند که اغلب از تبدیل یک موتور دیزل به گازسوز به دست می‌آید. در این گونه موتورها، ابتدا گاز با نسبت ۹۰ تا ۹۵٪ از کل انرژی وارد محفظه احتراق می‌شود. هنگامی که مخلوط هوا و سوخت داخل محفظه احتراق تا حد مناسب فشرده و آماده احتراق شد، مقدار کمی گازوییل توسط انژکتور پاشیده می‌شود. این فرایند باعث می‌شود تا احتراق، آغاز شده و موتور فعال شود. گازوییل در این جا به جای شمع عمل می‌کند و لذا به آن سوخت پیلوت و یا سوخت آتش‌زنه می‌گویند. در این موتورها، هر یک از اجزا به دیگری وابسته بوده و بدون هم نمی‌توانند عمل کنند. البته انواع دیگری از موتورهای دوسوخت هم‌زمان، نظیر موتورهای بنزینی - الکتریکی نیز وجود دارند که به خودروهای هیبریدی معروف شده‌اند.

به دلیل وجود خودروهای بنزینی فراوان در کشور، ارزان‌ترین و ساده‌ترین راه برای گازسوز کردن این خودروها، دوگانه‌سوز کردن آن‌ها می‌باشد. مشکل اصلی نیز در همین نکته نهفته است که در ادامه به آن اشاره خواهد شد. ستاد تبصره ۱۳، در راستای برنامه دوگانه‌سوز کردن خودروها طبق قانون بودجه سال ۸۶ تشکیل و متولی این امر شده است.

تقسیم‌بندی خودروهای گازسوز:

خودروهایی که از گاز طبیعی به‌عنوان سوخت استفاده می‌کنند، به سه دسته تقسیم می‌شوند:

۱- یگانه‌سوز با مصرف گاز: این خودروها صرفاً با گاز طبیعی کار می‌کنند و سوخت دیگری ندارند.

۲- دوگانه‌سوز: این خودروها به دو دسته تقسیم می‌شوند:

۱-۲- پایه گازسوز^۱: موتورهای پایه گازسوز، از ابتدا برای کار با سوخت گاز طراحی شده‌اند. از آن جا که طراحی این خودروها بر مبنای گاز بوده، تمام مسایل و مشکلات سوخت گاز در طراحی آن‌ها مد نظر قرار گرفته است. بنابراین، چنانچه موتور این خودروها به صورت بهینه طراحی شده باشد، از کیفیت و بازده خوبی برخوردار خواهد بود.

۲-۲- دوگانه‌سوز با پایه بنزین^۲: خودروهای دوگانه‌سوز با پایه بنزین (که به اختصار دوگانه‌سوز نامیده می‌شود)، به آن دسته از خودروهایی اطلاق می‌شود که با استفاده از کیت تبدیل، از بنزین‌سوز به گازسوز تبدیل شده‌اند. در واقع طراحی اولیه این خودروها بر مبنای سوخت بنزین بوده است. نحوه عمل کرد این خودروها بدین گونه است که با استفاده

1- Dedicated
2- Bifuel

بررسی آلاینده‌های انواع سوخت‌ها

خودروهای با سوخت‌های فسیلی، آلاینده‌های مختلفی دارند که اصلی‌ترین آن‌ها گاز مونواکسید کربن (CO)، اکسید نیتروژن (NO_x) و هیدروکربن‌های غیر متان می‌باشند. تمامی این گازها سمی بوده و آثار سوئی بر سلامتی بدن و محیط زیست دارند. مونواکسید کربن، سریع‌تر از اکسیژن با هموگلوبین خون ترکیب شده و مانع از رسیدن اکسیژن کافی به قسمت‌های مختلف بدن می‌شود. از عوارض آشکار دیگر این گاز، ایجاد سردرد، تندخویی و عصبی شدن افراد است که به‌خوبی در جامعه امروز نمود یافته است. سرطان، کشیفی لباس‌ها، پوسیدگی زود هنگام پارچه‌ها و کاغذ، خوردگی سریع فلزات و باران‌های اسیدی که پوشش‌های گیاهی را از بین می‌برد، بخش دیگری از آثار این آلودگی‌ها هستند (۵). اثرات مخرب آن بر روی مغز و کاهش ضریب هوشی را نیز به‌عنوان یکی از آثار نسبتاً پنهان این آلودگی‌ها باید در نظر گرفت.

فیض (۶)، به مقایسه آلاینده‌های خودروهای فسیلی در طول عمر خودرو پرداخته است. آلاینده مونواکسید کربن یک خودروی گازسوز، تقریباً ۸۰٪ و اکسیدهای نیتروژن آن، حداقل ۷۰٪ کم‌تر از خودروهای بنزین‌سوز می‌باشد. انتشار آلاینده‌های سمی ناشی از تبخیر بنزین از باک خودرو در زمان سوخت‌گیری، در خودروهای گازسوز به‌وقوع نمی‌پیوندد. هم‌چنین در واحد انرژی، گاز طبیعی نسبت به سایر سوخت‌های هیدروکربنی مایع، کربن کم‌تری دارد که باعث انتشار میزان کم‌تر دی‌اکسید کربن در مسافت یکسان می‌گردد (۲).

اصفهانیان (۷)، میزان تولید متان و اثر آن در گرمای زمین را در خودروهای گازسوز، و دلایل سوخت پاک نامیده شدن سوخت‌های گازی را بررسی کرده است.

Goyal (۲) بیان می‌کند که خودروهای CNG سوز در مقایسه با خودروهای بنزین‌سوز، ۷۰٪ هیدروکربن‌های نسوخته کم‌تری تولید می‌کنند. وی هم‌چنین بیان می‌کند که موتورهای گازسوز، آلودگی صوتی کم‌تری نسبت به موتورهای بنزین‌سوز تولید می‌کنند که هرچه عدد اکتان سوخت بالاتر باشد، میزان این آلودگی کم‌تر خواهد شد.

یک تحقیق جامع در سال ۱۹۹۵، نشان داد که هیدروکربن‌های غیرمتانی و گازهای سمی آلوده‌کننده هوا برای خودروهای گازسوز در حدود ۰/۱ مقادیر نظیر خودروهای بنزینی بودند، درحالی‌که آلاینده‌های متانی در حدود ۱۰ برابر مقادیر متناظر خودروهای بنزین‌سوز بودند. مصرف سوخت نیز برای خودروهای CNG سوز حدود ۲۰٪ کم‌تر از خودروهای مشابه بنزین‌سوز بوده است (۸).

سایت آفتاب (۹)، به افت ۲۰٪ی بازده و کاهش ۳۰٪ی عمر موتورهای دوگانه‌سوز (BiFuel) کارگاهی (در صورت عدم رعایت استانداردهای مربوطه) و اثر آن در افزایش مصرف سوخت و ایجاد آلودگی می‌پردازد و با اشاره به تحقیقات صورت گرفته، افزایش آلودگی را در خودروهای دوگانه‌سوز نشان می‌دهد.

براساس گزارش بانک جهانی، وقتی خودروی بنزین‌سوز به گازسوز تبدیل می‌شود، ظرف ۲ سال مقدار آلاینده‌هایی که ایجاد می‌کند، بیش از موتورهای بنزین‌سوز است (۱۰).

علاوه بر موارد فوق، خودروهای دوگانه‌سوز در ایران با مشکلات بیش‌تری مواجهند که برخی از آن‌ها بدین شرح است:

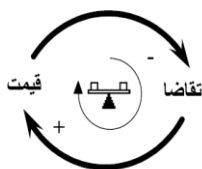
۱- در ایران، برای گازسوز کردن همه خودروها، از چند نوع کیت ثابت استفاده می‌شود. این کیت‌ها، بر اساس نوع خودرو طراحی و تنظیم نمی‌شود و لذا باعث مصرف بیش‌تر سوخت و نیز خام‌سوزی (احتراق ناقص) می‌گردد. طبق استانداردهای جهانی، یک مترمکعب گاز، باید معادل ۱/۳ لیتر بنزین عمل کند، ولی در ایران، به‌دلیل همین عدم تطابق کیت و خودرو، این مقدار کم‌تر از ۰/۹ است که به معنای اتلاف فراوان انرژی و منابع کشور، و نیز ایجاد آلودگی است.

۲- در حالت تغییر سوخت از بنزین به گاز، باید سیستمی برای سوزاندن بنزین باقی‌مانده در داخل مسیر و موتور وجود داشته باشد، ولی در تجهیزاتی که در ایران برای دوگانه‌سوز کردن خودرو نصب می‌شود، این مطلب رعایت نشده و لذا این خودروها

حلقه علی منفی پدید می آید. در مراجع ۱۴-۱۲ اطلاعات بیش تری در مورد این روش شناسی، ارائه شده است.



شکل ۱-۱: رابطه علی منفی، ناشی از نگاه خطی



شکل ۱-۲: حلقه علی منفی، ناشی از نگاه سیستمی

در این قسمت، تلاش می شود تا با توجه به اطلاعات موجود و با کمک روش شناسی پویایی های سیستم، یک مدل دینامیکی (پویا) در مورد اثرات دوگانه سوز کردن خودروها در ایران، بر روی میزان ایجاد آلودگی و نیز مصرف انرژی به دست آوریم. این مدل، می تواند در شناخت روابط علی و معلولی متغیرها و اثرگذاری عوامل بر روی یکدیگر مفید بوده و مبنای خوبی برای بررسی اثر سیاست های مختلف بر روی این موارد باشد. فرآیند مدل سازی مورد استفاده در این مقاله، روش Stermen (۱۵) است که در شکل ۲ نشان داده شده است.

برای اجرای سیاست دوگانه سوز کردن خودروها، دو عامل را می توان به عنوان محرک های اصلی شناسایی کرد: آلودگی هوای کلان شهرها و میزان مصرف سوخت و هزینه های مربوط به آن. این دو عامل، سبب تمایل دولت به سوخت جایگزین بنزین شده و تسهیلات و قوانین دولت، تقاضای مردم برای این امر را ایجاد می کند.

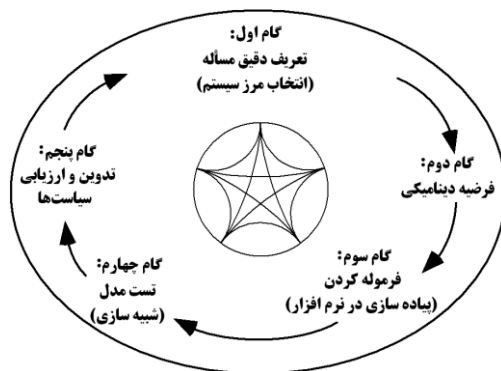
در هنگام تغییر سوخت، با خام سوزی مواجه می شوند و به جای CO₂، مونواکسید کربن تولید می کنند.

۳- تحقیقاتی که در بالا بدان ها اشاره شد، در مورد خودروهایی صورت گرفته است که در خود کارخانه به صورت دوگانه سوز تولید شده اند. در حال حاضر در کشور ما بسیاری از خودروهای بنزین سوز، در کارگاه ها دوگانه سوز می شوند که در نتیجه، از بازده و کیفیت پایین تری برخوردار بوده و میزان آلودگی و مصرف انرژی آن ها بالاتر است.

۴- در خودروهایی که در کارگاه ها دوگانه سوز می شوند، افت توان موتور، بیش تر از خودروهای کارخانه ای است. لذا برخی از رانندگان، جهت افزایش توان موتور خود، قطعه ای به نام مبدل کاتالیست (کاتالیست کانورتر) را برمی دارند که باعث افزایش شدید آلایندهی خودرو می شود (۱۱).

مدل دینامیکی اثرات دوگانه سوز کردن خودروها

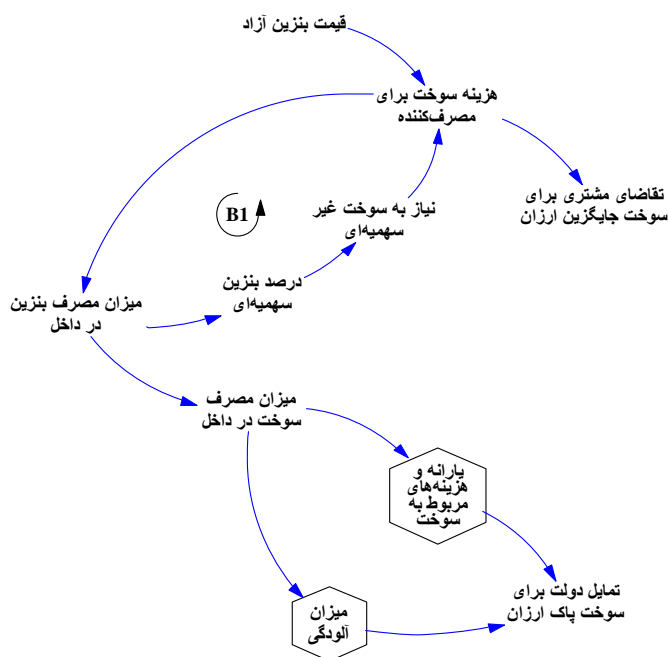
روش شناسی پویایی های سیستم^۱، در اوایل دهه ۶۰ میلادی، توسط Forrester و در دانشگاه MIT معرفی شد. این رویکرد که برای بررسی رفتار پویای سیستم های پیچیده فیزیکی و اجتماعی مناسب است، با تأکید بر بازخورها و تأخیرهای موجود در این سیستم ها، به درک بهتر فرآیندها، روابط علی و معلولی و اثرات بلندمدت تصمیم ها و سیاست ها کمک می کند. نگاه سیستمی، که پایه این روش شناسی است، بر خلاف نگاه خطی، بیان می کند که در بسیاری از مواقع، معلول نیز بر روی علت خود اثر می گذارد و حلقه های بازخوری را تشکیل می دهد. شکل ۱، مثالی از تفاوت این دو نوع نگاه را نشان می دهد. همان طور که در این شکل دیده می شود، در نگاه خطی، افزایش قیمت یک کالا، سبب کاهش تقاضای آن در بازار می شود که در نتیجه، یک رابطه علی منفی (معکوس) را شکل می دهد. اما در نگاه سیستمی، مسأله به همین جا ختم نمی شود، بلکه کاهش تقاضا، خود، باعث کاهش قیمت کالا می گردد و یک



شکل ۲- پنج گام مدل سازی Sierman (۱۵)

از آن جا که هدف این مقاله، بررسی اثرات زیست محیطی سیاست دوگانه سوز کردن خودروهاست، تأکید در مدل سازی، بر روی عامل آلودگی خواهد بود و به عامل میزان مصرف سوخت، به عنوان یکی از عوامل ایجاد آلودگی اشاره خواهد شد.

در شکل ۳، دلایل تمایل دولت و تقاضای مردم برای سوخت جایگزین نشان داده شده است. میزان آلودگی، علاوه بر تحمیل هزینه های آلودگی (نظیر هزینه های درمان)، یک فشار اجتماعی برای کاهش آلودگی را نیز ایجاد می کند.

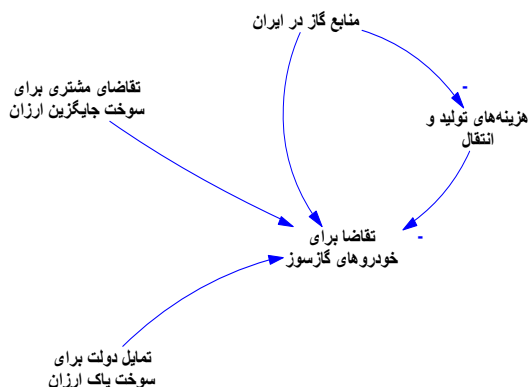


شکل ۳- عوامل ایجاد کننده تقاضای مردم و تمایل دولت برای سوخت جایگزین ارزان

بر اثر افزایش هزینه های دولت در بخش سوخت، سیاست سهمیه بندی بنزین و عرضه بنزین غیر سهمیه ای با قیمت بالاتر، در کشور اجرا شد که خود، تا حدی باعث تغییر الگوی مصرف سوخت و کاهش میزان مصرف بنزین در داخل شد. حلقه B1 در شکل ۳، این امر را نشان داده است.

همان طور که در شکل ۴ دیده می شود، تمایل دولت و تقاضای مردم، در کنار وجود منابع عظیم گاز در داخل و هزینه ناچیز توزیع آن در کشور، تقاضا برای خودروهای گازسوز را ایجاد کرده است. با توجه به وجود تعداد زیاد خودروهای بنزینی در حال تردد در کشور، برای این پاسخ گویی به این تقاضای خودروهای گازسوز، دو راه حل وجود دارد:

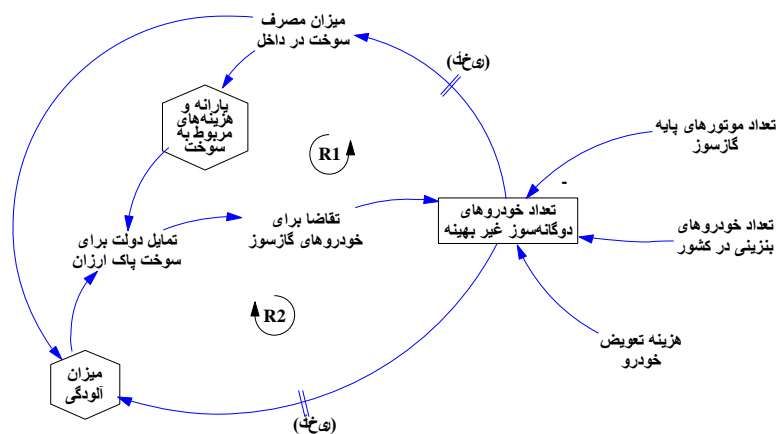
- ۱- تعویض خودروهای بنزین سوز با خودروهای پایه گازسوز
- ۲- تبدیل خودروهای بنزین سوز به خودروهای دوگانه سوز، با نصب کیت تبدیل و مخزن گاز



شکل ۴- عوامل ایجاد تقاضا برای خودروهای گازسوز

لذا تمایل دولت و تقاضای مردم، به سمت روش دوم و تبدیل خودروها به دوگانه سوز بوده است. همان طور که در بخش قبل اشاره شد، مصرف سوخت این خودروها به هیچ وجه بهینه نبوده و موجب افزایش مصرف سوخت و نیز افزایش آلودگی خواهند شد. حلقه های R1 و R2 در شکل ۵، این مطلب را نشان می دهند.

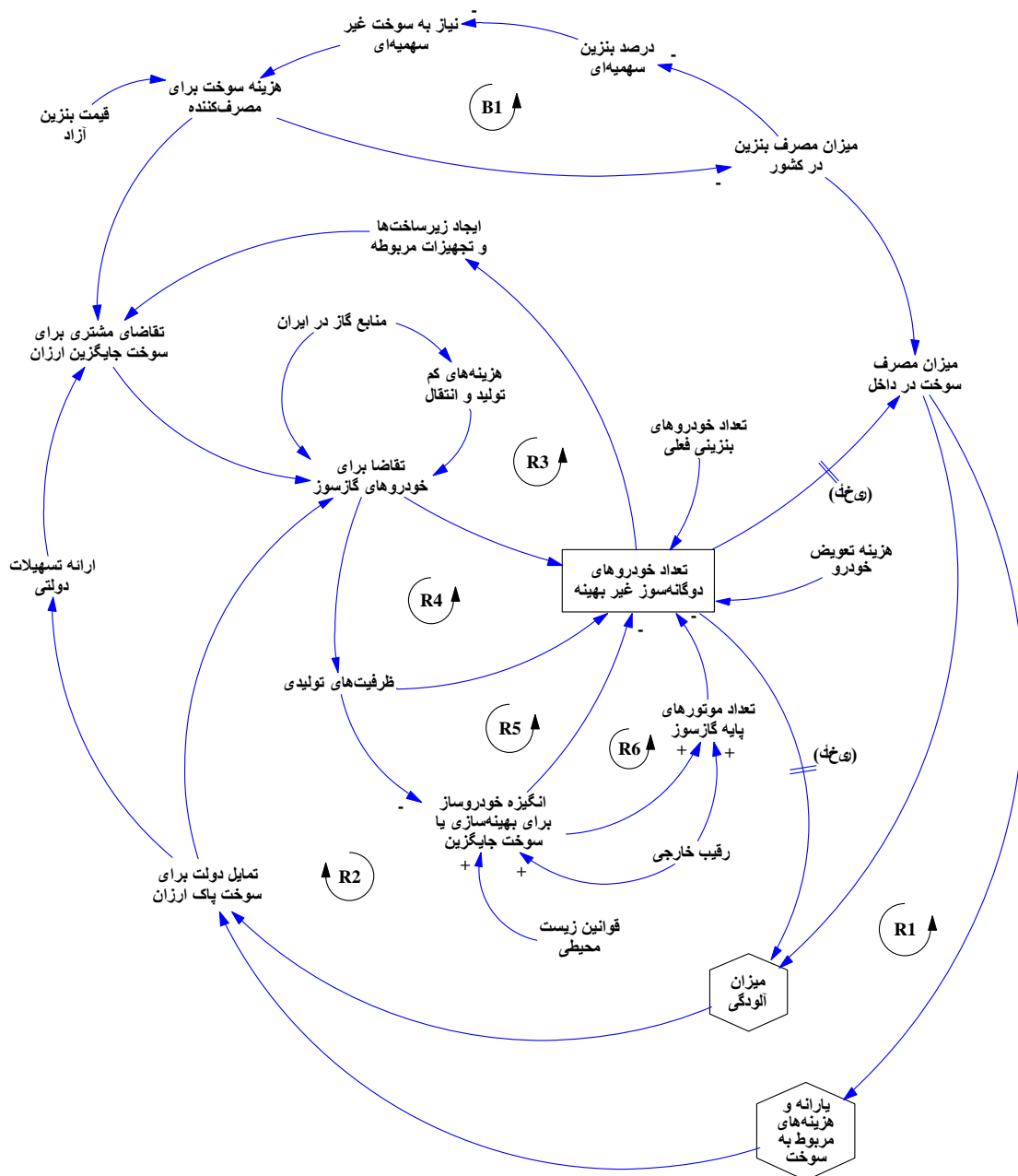
روش اول، پرهزینه است. البته موتورهای پایه گازسوز در کشور، طراحی و تولید شده اند و به تدریج، خودروهای جدید با این موتورها به بازار عرضه خواهند شد، ولی تعویض خودروهای بنزین سوز فعلی با این خودروها، به معنای تحمیل هزینه به دارندگان خودروهای بنزینی است که در حال حاضر، با توجه به قیمت نسبتاً پایین بنزین، انگیزه ای برای این اقدام وجود ندارد.



شکل ۵- اثر تولید خودروهای دوگانه سوز بر روی میزان مصرف سوخت و میزان آلودگی

افزایش تقاضا برای خودروهای گازسوز (حلقه R4)، کاهش انگیزه خودروساز برای بهینه سازی یا سوخت جایگزین، ناشی از ایجاد ظرفیت تولید برای دوگانه سوزها در خود و در قطعه سازان (حلقه R5) و رشد آرام تعداد موتورهای پایه گازسوز، به دلیل فقدان انگیزه در خودروساز (حلقه R6)، عوامل تشدیدکننده تقاضا برای خودروهای دوگانه سوز هستند.

علاوه بر عوامل بالا که بر تمایل دولت اثرگذارند، عوامل دیگری نیز هستند که در اثر افزایش تعداد خودروهای دوگانه سوز، باعث افزایش تقاضای مردم می شوند. این عوامل و حلقه های تقویتی، در شکل ۶ نشان داده شده اند. ایجاد زیرساختها و تجهیزات مربوط در سطح کشور، ناشی از افزایش تعداد خودروهای دوگانه سوز (حلقه R3)، ایجاد ظرفیت های تولیدی ناشی از



شکل ۷- مدل روابط علی و معلولی عوامل اثرگذار بر تعداد خودروهای دوگانه‌سوز

اساسی بر می‌دارند. در واقع راه‌حل‌های موقت علامت مشکل را به‌طور موقت و مسکن‌وار برطرف کرده و سیستم را از پرداختن به ریشه‌های مسأله غافل می‌کنند (شکل ۸).
با توجه به این‌که راه‌حل‌های اساسی مشکل‌تر بوده و همت و تلاش بیشتری را نسبت به راه‌حل‌های موقتی می‌طلبند، افراد نوعی کشش به‌طرف راه‌حل‌های موقت دارند. اما گسترش ریشه مسأله و کاهش توان انجام اقدامات اساسی، موجب تشدید ریشه

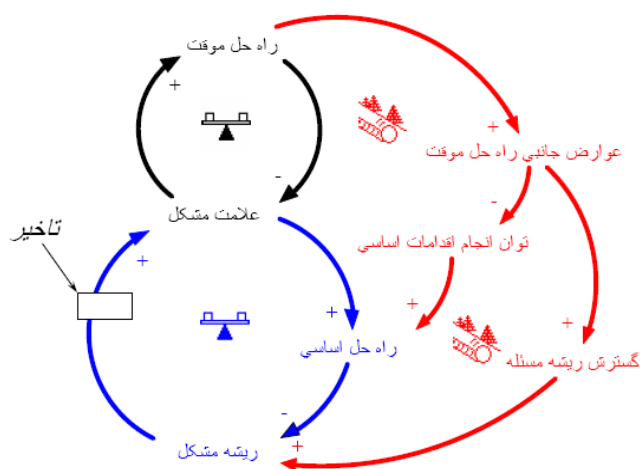
شکل ۷، مدل کامل روابط علی و معلولی را بین عوامل ایجادکننده تقاضای سوخت جای‌گزین و تعداد خودروهای دوگانه‌سوز نشان می‌دهد.

الگوی انتقال فشار به راه‌حل موقت

یکی از الگوهای رفتاری مشهور که در پویایی‌های سیستم‌های اشاره می‌شود، الگوی انتقال فشار (۱۶) است. این الگو بیان می‌کند که راه‌حل‌های موقت توجه و فشار را از روی راه‌حل‌های

مسأله می‌شود. این موضوع و مدل در شکل ۹ نشان داده شده

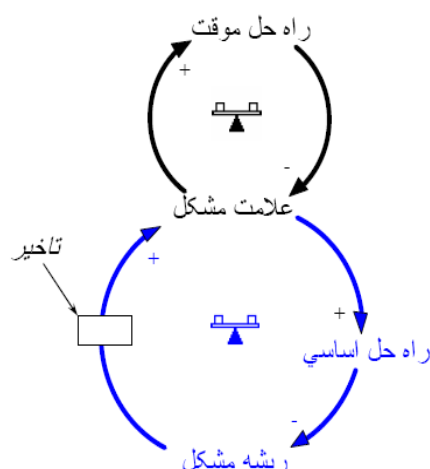
است.



شکل ۹- مدل دینامیکی الگوی انتقال فشار

عارضه دیگر افزایش تعداد دوگانه‌سوزها، با توجه به قیمت اندک گاز، گسترش فرهنگ سوخت رایگان است که باعث می‌شود مردم نسبت به میزان مصرف سوخت، حساسیتی نداشته باشند و در نتیجه، ریشه مشکل، یعنی مصرف غیر بهینه سوخت در خودروها گسترش یابد.

مورد دیگری که باید به آن توجه کرد، این است که آلودگی‌های مختلف، نظیر آلودگی هوا، آلودگی صوتی و نیز تولید گرما و گرم شدن زمین، که همگی جزء معضلات زیست‌محیطی کشور ما و جهان در قرن اخیر هستند، رایگان ایجاد نمی‌شوند! یعنی برای ایجاد همین معضلات نیز باید هزینه زیادی پرداخت و سوخت بیش‌تری مصرف کرد. در حال حاضر در کشور ما، با توجه به یارانه‌های پرداختی دولت، این هزینه برای مصرف‌کنندگان محسوس نبوده و لذا حاضر به پرداخت هزینه اولیه بیش‌تر جهت خرید خودروهای بهینه‌تر نیستند. در نتیجه، خودروسازان داخلی نیز انگیزه‌ای برای سرمایه‌گذاری بر روی این موضوع ندارند. همان‌طور که در شکل ۱۲ مشاهده می‌شود، برای این که بتوان با این معضلات زیست‌محیطی مقابله کرد، بهترین راه، مقابله با فرهنگ سوخت رایگان است. یعنی چنان‌چه مصرف‌کنندگان و دارندگان خودروهای شخصی متوجه شوند هزینه‌ای که بابت ایجاد آلودگی هوا پرداخت می‌کنند، در



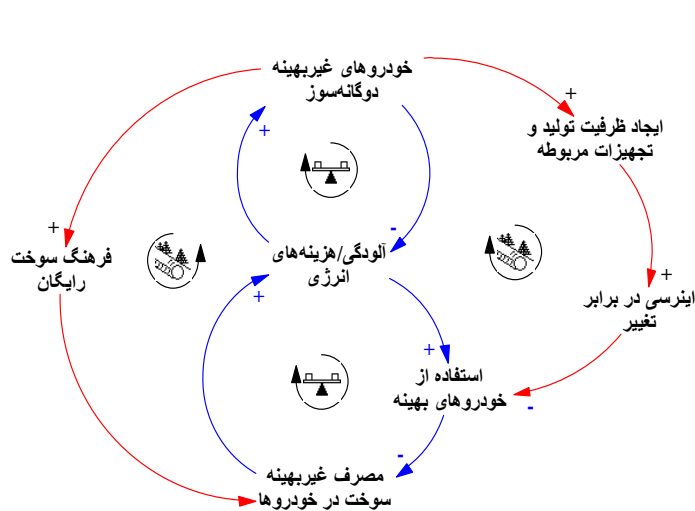
شکل ۸- مدل دینامیکی اثر راه‌حل موقت

هدف از اشاره به الگوی انتقال فشار در این مقاله، این است که نشان دهیم آلودگی و هزینه‌های انرژی، مشکل اصلی نیستند، بلکه خود، علایم مشکلی هستند که با یک تأخیر زمانی نسبتاً طولانی خود را نشان داده‌اند. با این نگاه، ریشه مشکل، مصرف غیربهینه سوخت در خودروهاست. تولید خودروهای با مصرف نسبتاً زیاد و عدم توجه به تنظیمات فنی خودرو، باعث شده است که مصرف سوخت در خودروها غیر بهینه بوده و هزینه‌ها و آلودگی را افزایش دهد. در این شرایط، دوگانه‌سوز کردن خودروها، صرفاً یک راه‌حل موقت است و راه‌حل اساسی، استفاده از خودروهای بهینه می‌باشد (شکل ۱۰).

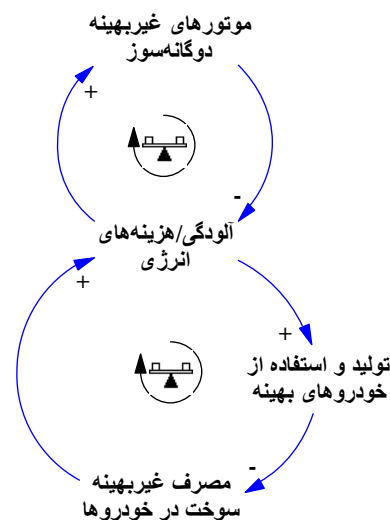
در شکل ۱۱ عوارض این راه‌حل موقت نشان داده شده است که این عوارض، در بلندمدت باعث گسترش ریشه مشکل و دشوارتر شدن اجرای راه‌حل اساسی می‌گردد. ایجاد ظرفیت تولید و تجهیزات مربوط، باعث ایجاد اینرسی خودروسازان داخلی در برابر تغییرات می‌گردد. این امر، امکان دستیابی به راه‌حل اساسی، یعنی تولید خودروهای کم‌مصرف و بهینه‌سوز را دشوارتر می‌سازد. علاوه بر آن، با گسترش خودروهای دوگانه‌سوز، مالکان این خودروها نیز به این وضعیت عادت کرده و در برابر تغییر شرایط، از خود مقاومت نشان می‌دهند.

نمایند. ایجاد تقاضا برای خودروهای بهینه‌سوز، سبب عرضه این خودروها توسط خودروسازان داخلی شده و امکان ورود آن‌ها به میدان رقابت جهانی را نیز فراهم می‌کند.

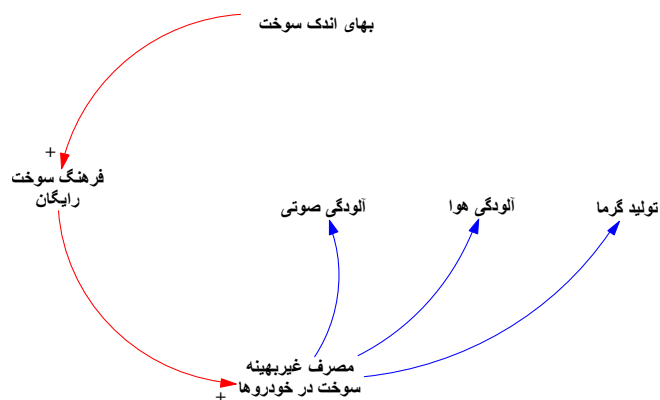
طول عمر خودروی ایشان، بسیار زیاد خواهد بود، حاضر خواهند شد که با پرداخت بخش کوچکی از این هزینه در هنگام خرید خودرو، یا جهت معاینه و تنظیمات فنی خودروی خود، مصرف سوخت خود را کاهش داده و از خودروهای بهینه‌تر استفاده



شکل ۱۱- اثر انتقال فشار به دوگانه‌سوز کردن خودروها



شکل ۱۰- اثر راه‌حل موقت دوگانه‌سوز کردن خودروها



شکل ۱۲- عامل ایجاد آلودگی و گرما توسط خودروها

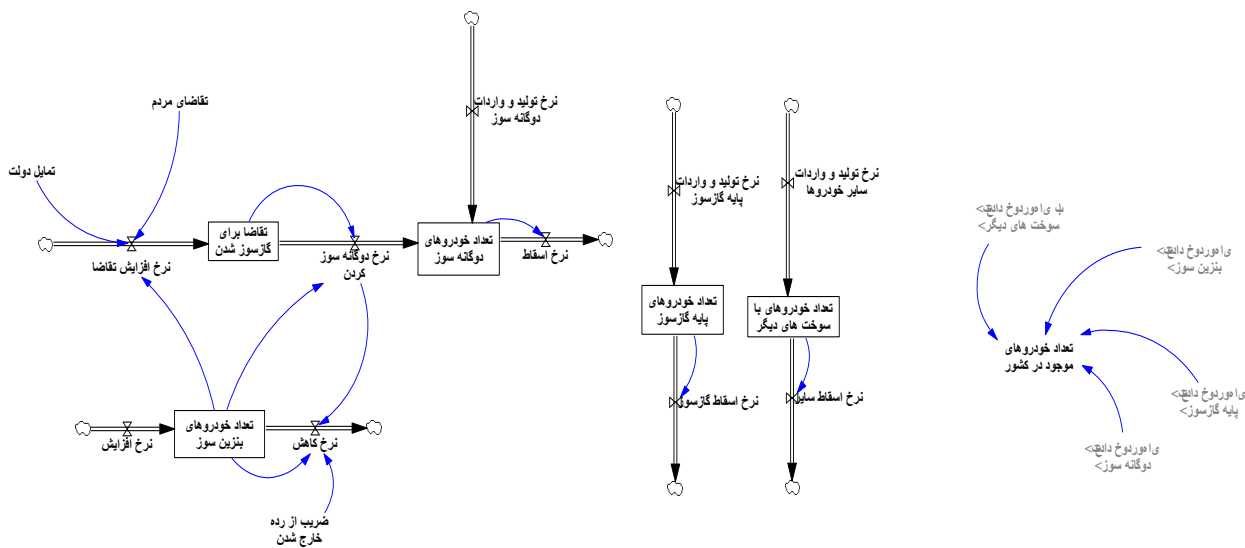
شبیه‌سازی رایانه‌ای مدل

اطلاعات جامع و دقیقی نظیر تعداد و انواع خودروهای موجود در سطح کشور، در حال تولید و در حال واردات و نیز میزان سوخت مصرفی و هزینه آن‌ها، وضعیت ترافیک و اثر آن در افزایش مصرف سوخت و... است. از آن‌جا که هدف اصلی این مقاله، نشان دادن اثر کلی سیاست دوگانه‌سوز کردن خودروها بر روی میزان مصرف سوخت و ایجاد آلودگی است، مدلی که در

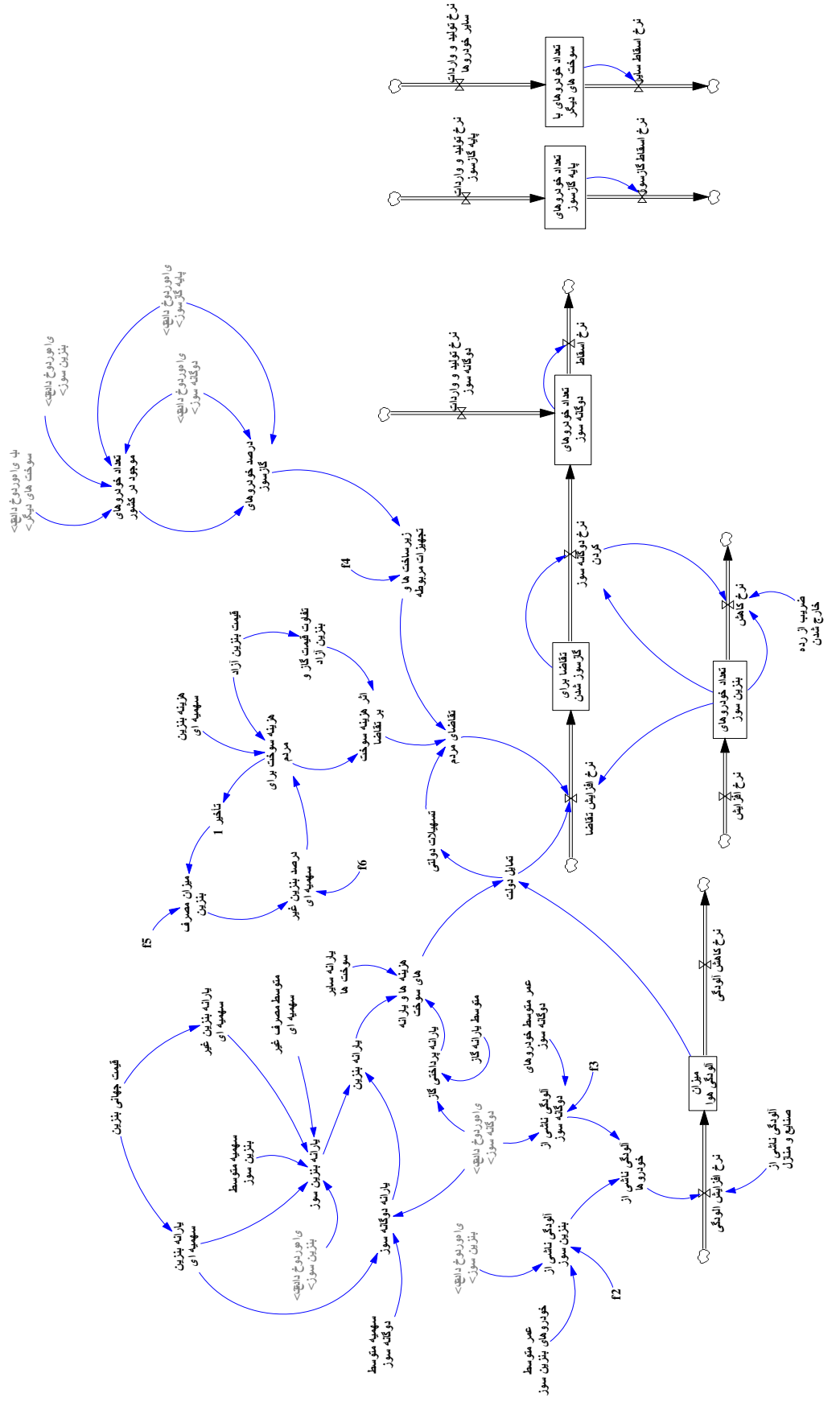
گام‌های سوم و چهارم در روش استرن، پیاده‌سازی مدل در نرم‌افزار و سپس شبیه‌سازی آن است. در این مقاله، از نرم‌افزار Vensim استفاده شده است. با این کار، امکان شبیه‌سازی وضع موجود و بررسی اثر سیاست‌های مختلف بر روی عوامل مورد نظر مقاله، یعنی نرخ افزایش آلودگی و میزان یارانه‌های پرداختی سوخت، فراهم می‌شود. برای ایجاد مدل واقعی، نیاز به

در شکل ۱۳، تعداد کل خودروها، به عنوان مجموع خودروهای بنزین سوز، پایه گازسوز، دوگانه سوز، و سایر سوخت ها نشان داده شده است. هر دسته از این خودروها، با نرخ مشخصی از رده خارج می شوند. علاوه بر آن، خودروهای بنزینی موجود نیز با نرخ مشخصی به خودروهای دوگانه سوز تبدیل می شوند.

ادامه آرایه خواهد شد، تا حد ممکن ساده شده است و فقط به شبیه سازی رفتار کلی متغیرهای مورد نظر می پردازد. بدیهی است که با افزودن اطلاعات فوق به مدل، شبیه سازی دقیق تر و نتیجه گیری ها واقعی تر و ملموس تر خواهند شد که این امر، پیشنهاد ما برای کارهای آتی و مقالات تکمیلی است. در مورد نرم افزار Vensim و متغیرهای نرخ و حالت، اطلاعات مناسبی در منابع ۱۳ و ۱۴ ذکر شده است.



شکل ۱۳- مدل سازی تعداد خودروهای موجود و در حال تولید و واردات در کشور



شکل ۱۴- مدل کامل پیاده سازی شده در نرم افزار Vensim

هم‌چنین، مشاهده می‌شود که به‌علت سهمیه بنزین نسبتاً بالای خودروهای دوگانه‌سوز و افزایش تعداد آن‌ها، علی‌رغم کاهش تعداد خودروهای بنزین‌سوز، پارانه بخش سوخت در مجموع در حال افزایش می‌باشد.

اعتبارسنجی مدل

یکی از بخش‌های مهم پویایی‌های سیستم، اعتبارسنجی مدل است. اطمینان از اعتبار مدل، پیش‌شرط ضروری برای اطمینان از اعتبار نتایج حاصل از مدل است. برای اعتبارسنجی مدل‌های پویا، آزمون‌های متعددی طرح شده‌اند که به دو دسته ساختاری و رفتاری تقسیم می‌شوند. آزمون‌های ساختاری، اعتبار کلیت و ساختار مدل، و آزمون‌های رفتاری، اعتبار رفتار و خروجی‌های مدل را بررسی می‌کند. از جمله آزمون‌های ساختاری، می‌توان به آزمون‌های پارامتری مدل، کفایت مرز و شرایط حدی اشاره کرد. تحلیل حساسیت که یکی از آزمون‌های مهم برای سنجش اعتبار و پایایی انواع مدل‌ها محسوب می‌شود، رفتار انعکاسی، رفتار متناقض و پیش‌بینی رفتار نیز از جمله آزمون‌های رفتاری می‌باشند. در منبع ۱۳ به‌صورت مفصل در مورد اعتبارسنجی مدل‌های دینامیکی بحث شده است. ضمناً در روش‌شناسی پویایی‌های سیستم، نوع روابط بین متغیرها و اعتبار مقادیر عددی، در گروه‌های کانونی^۱ متشکل از متخصصان آن زمینه تعیین می‌شود (۱۳). برای مدل این مقاله نیز گروه‌های کانونی متعددی در این خصوص تشکیل گردیده است.

آزمون‌های متعددی برای بررسی روایی و پایایی این مدل مورد استفاده قرار گرفته‌اند که به جهت رعایت اختصار، از ذکر همه آن‌ها و نمودارهای خروجی آن‌ها خودداری شده است. دو مورد از این آزمون‌ها عبارتند از:

۱- آزمون شرایط حدی: در این آزمون با تعیین مقادیر اولیه متغیرها در حالت حدی، میزان پایداری رفتار مدل بررسی می‌شود.

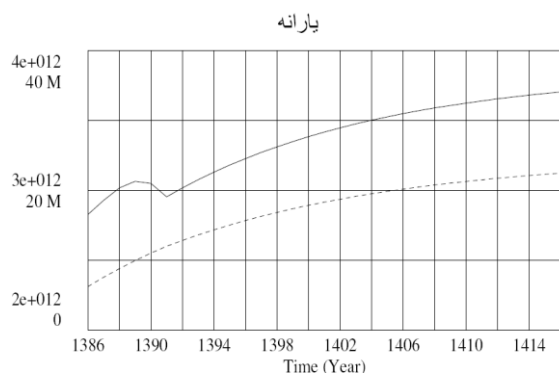
چنان‌چه میزان هزینه بنزین سهمیه‌ای و قیمت بنزین آزاد، در پایین‌ترین سطح خود قرار گیرد، میزان آلودگی هوا افزایش

در شکل ۱۴، با افزودن عوامل ایجادکننده تمایل دولت، یعنی هزینه‌ها و پارانه‌های سوخت و میزان آلودگی، و عوامل اثرگذار بر تقاضای مردم، و سایر متغیرهای مطرح شده در بخش قبل، مدل کامل نشان داده شده است. در این مدل، فرض شده است که خودروهای دوگانه‌سوز، صرفاً از سوخت سهمیه‌ای استفاده می‌کنند و خودروهای بنزین‌سوز، علاوه بر بنزین سهمیه‌ای، از بنزین غیر سهمیه‌ای نیز استفاده می‌کنند. از آن‌جا که در حال حاضر، دولت برای این نوع سوخت نیز مبلغی پارانه پرداخت می‌کند، اثر پارانه آن نیز در مدل وارد شده است.

همان‌طور که اشاره شد، در این مدل، از فرض‌های نسبتاً ساده‌کننده استفاده شده است. به‌عنوان مثال، نرخ افزایش تعداد خودروهای بنزین‌سوز و نیز خودروهای با سایر سوخت‌ها، پارانه سایر سوخت‌ها، نرخ کاهش آلودگی، قیمت جهانی بنزین، قیمت بنزین آزاد و سهمیه بنزین خودروهای بنزین‌سوز و دوگانه‌سوز، ثابت فرض شده‌اند. برای افزایش روایی مدل و بررسی دقیق‌تر اثر سیاست‌های مختلف بر متغیرهای هدف (گام پنجم روش استرمن)، علاوه بر تغییر برخی از این متغیرهایی که ثابت فرض شده‌اند، باید خودروهای عمومی و شخصی نیز که میزان سهمیه سوخت آن‌ها با هم متفاوت است، از یکدیگر تفکیک شوند.

با فرض وجود ۶ میلیون خودروی بنزین‌سوز، ۲۶۰۰۰۰ خودروی دوگانه‌سوز، افزایش سالانه ۸۰۰۰۰۰ دستگاه خودروی بنزین‌سوز و تولید سالانه ۶۵۰۰۰۰ خودروی دوگانه‌سوز، مقادیر متغیرهای مهم (هزینه‌ها و پارانه‌های سوخت، تعداد خودروهای موجود در کشور، آلودگی ناشی از بنزین‌سوز و دوگانه‌سوز و نرخ افزایش آلودگی)، به‌صورت شکل ۱۵ خواهد بود. همان‌طور که مشاهده می‌شود، علی‌رغم کاهش آلودگی ناشی از خودروهای بنزین‌سوز، مجموع نرخ افزایش آلودگی، در حال رشد است که ناشی از ایجاد و افزایش آلودگی خودروهای دوگانه‌سوز می‌باشد. تغییر رفتاری که در سال ۱۳۹۲ مشاهده می‌شود، ناشی از این است که بر اساس فرضیات این مدل، تا سال ۱۳۹۲، تمام خودروهای بنزین‌سوز موجود در کشور، دوگانه‌سوز شده‌اند و پس از آن، تنها همان ۸۰۰ هزار خودروی بنزین‌سوزی که هر سال تولید می‌شوند، در حال تردد در کشور می‌باشند.

۲- آزمون حساسیت رفتار: با تغییرات جزئی متغیرهای اثرگذار مدل، رفتار خروجی، تغییراتی بر اساس وزن و میزان اثرگذاری متغیر بر روی آلودگی ناشی از خودروها از خود نشان می‌دهد و تغییرات شدید غیر قابل پیش‌بینی ندارد.



Current : هزینه ها و پارانه های سوخت
Current : تعداد خودروهای موجود در کشور

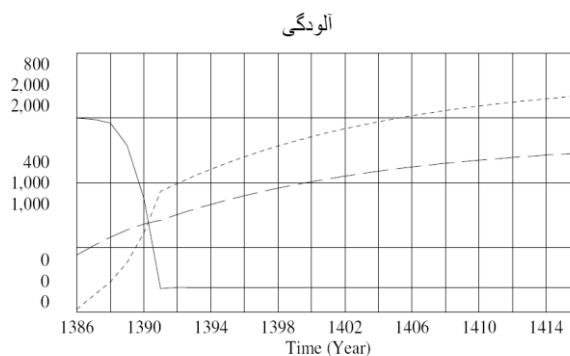
شکل ۱۵ (ب) - تعداد کل خودروها و پارانه سوخت

خواهد کرد و آن‌گاه، باید با صرف هزینه‌های بالا، دنبال راه‌حل و جای‌گزین جدیدی برای آن گشت.

۲- همان‌طور که اشاره شد، فراوانی و ارزانی گاز، مانع از این است که کسی به فکر بهینه‌سازی مصرف سوخت (که از آن به‌عنوان راه‌حل اساسی یاد شد) باشد. در حالی‌که با موارد ساده‌ای نظیر تنظیم باد لاستیک‌های خودرو، استفاده از دنده مناسب در حین رانندگی، تعویض به‌موقع فیلترها و روغن موتور و خاموش کردن خودرو در هنگام توقف، می‌توان مصرف سوخت را تا حد زیادی کاهش داد، هم‌اکنون به این‌گونه موارد بهای بسیار اندکی داده می‌شود. مطالعات وزارت نفت، حاکی از آن است که ۳۰ تا ۵۰٪ از مصارف انرژی در بخش حمل‌ونقل، با اعمال راهکارهای مناسب از جمله جای‌گزینی روش‌های قدیمی تولید خودرو با روش‌های جدید، قابل صرفه‌جویی است (۱۷). شکل ۱۶، متوسط

می‌یابد. با افزایش هزینه‌ها و قیمت، از میزان آلودگی کاسته می‌شود. این امر مشابه حالتی است که انتظار می‌رود مدل از خود نشان دهد.

چنان‌چه عمر متوسط خودروهای دوگانه‌سوز کاهش یابد، میزان آلودگی هوا، همان‌طور که پیش‌بینی می‌شود، کاهش خواهد یافت.



Current : آلودگی ناشی از بنزین سوز
Current : آلودگی ناشی از دوگانه سوز
Current : نرخ افزایش آلودگی

شکل ۱۵ (الف) - نرخ‌های افزایش آلودگی

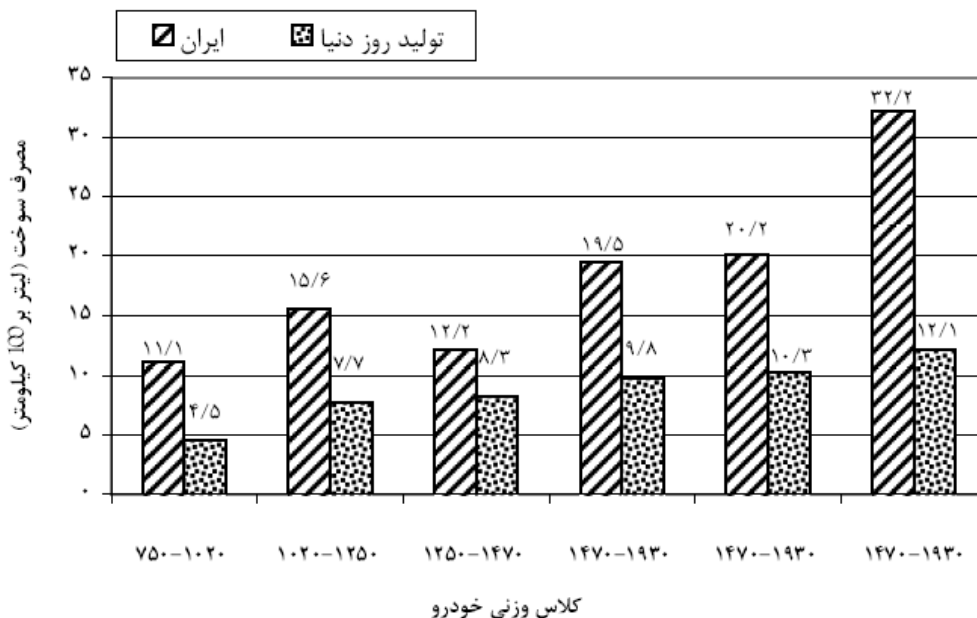
نتیجه‌گیری

هدف این مقاله، بررسی اثر دوگانه‌سوز کردن خودروها بر روی میزان آلودگی و مصرف سوخت در کشور است. همان‌طور که مشاهده شد، مدل دینامیکی، با برداشتن حصار زمان و نزدیک کردن آینده‌های دور، امکان تحلیل بهتر و آسان‌تر اثرات بلندمدت سیاست دوگانه‌سوز کردن را فراهم می‌کند.

با توجه به داده‌ها و مدل ارائه شده در مقاله، مشاهده می‌شود که سیاست دوگانه‌سوز کردن خودروها، تنها باعث کاهش سرعت رشد پارانه‌ها و آلودگی شده و مشکل را به‌صورت ریشه‌ای حل نمی‌کند. در کنار این بحث، سیاست دوگانه‌سوز کردن خودروها، نکات و آثار جنبی دیگری نیز دارد که توجه به آن‌ها ضروری است. برخی از نکات و پیامدهای زیست‌محیطی آن، در ادامه ذکر می‌شوند.

۱- به‌نظر می‌رسد در مورد راه‌حل موقت دوگانه‌سوز کردن خودروها، این خطر وجود دارد که مجدداً سناریوی بنزین و نیز LPG، در کشور تکرار شود. یعنی در صورت استفاده غیر بهینه از CNG در کشور، پس از چند سال مشکلات عدیده آن بروز

مصرف سوخت در خودروها را در ایران و جهان نشان می‌دهد.

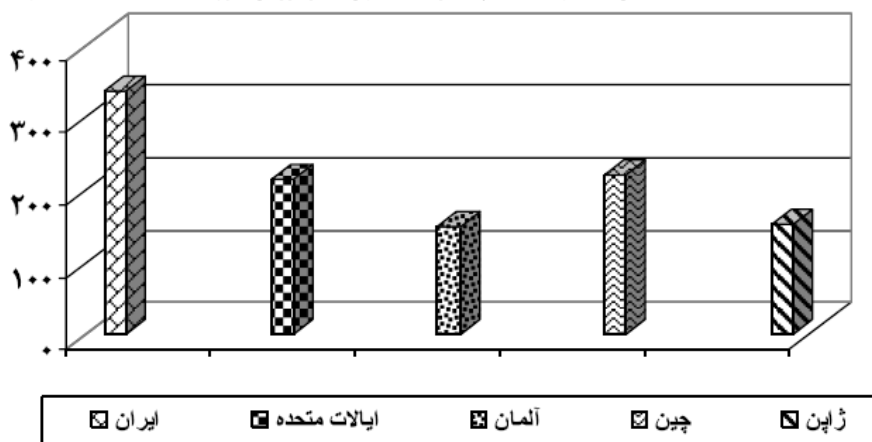


شکل ۱۶- مقایسه مصرف سوخت برخی خودروهای سبک با متوسط جهانی (بر اساس آمار سال ۱۳۸۴) (۱۸)

می‌کند. در سال ۲۰۰۲، شدت انرژی مربوط به ایران، ۳۲۲ تن معادل نفت خام به قیمت ثابت سال ۲۰۰۰ بوده است، در حالی که این رقم در چین، ۲۱۷، در آلمان، ۱۶۱، در آمریکا ۲۲۷ و در ژاپن، ۱۵۶ تن معادل نفت خام بودن است (۱۹).

یکی از شاخص‌های بهره‌وری انرژی، شدت انرژی است که تعریف آن عبارت است از مقدار انرژی معادل نفت خام که برای ایجاد ۱۰۰۰ دلار تولید ناخالص داخلی مصرف می‌شود. شکل ۱۷، شدت انرژی را در ایران و چند کشور دیگر جهان مقایسه

(تن معادل نفت خام به ازای میلیون دلار ارزش افزوده به قیمت ثابت سال ۲۰۰۰)



شکل ۱۷- شدت انرژی در ایران و کشورهای منتخب در سال ۲۰۰۵ (۱۹)

راهبرد ذکر کرد، از جمله این که وابسته کردن کشور به یک نوع سوخت، ممکن است در شرایط بحرانی و تشدید تحریم، مشکلات فراوانی را برای کشور ایجاد کند. علاوه بر این، نگاهی به وضعیت سوخت در کشورهای پیشرفته، وجود سبب سوخت را در این کشورها نشان می‌دهد که می‌تواند توجیه نسبتاً خوبی برای کشور ما نیز باشد. بر مبنای راهبرد ایجاد سبب سوخت، سیاست پیشنهادی، سرمایه‌گذاری بر روی تحقیقات در زمینه سوخت‌های متنوع دیگری نظیر سوخت‌های هیدروژنی، گیاهی و دیزل، در دنیا در حال رشد است که لازم است ما نیز به سمت استفاده از آن‌ها و انجام تحقیقات در مورد آن‌ها حرکت کنیم. میزان استفاده از خودروهای دیزل و یا دوگانه‌سوزهای دیزل - گاز (خودروهای هیبریدی)، در اروپا در حال افزایش است که این امر در شکل ۱۸ دیده می‌شود. طبق برخی آمارها، هم‌اکنون سوخت بیش از ۵۰٪ خودروهای دنیا، دیزل است (۲۰). مصرف و آلاینده‌گی کمتر، بازده و عمر بالاتر خودروهای دیزلی، از جمله مزیت‌های به‌کارگیری سوخت نفت گاز است. بازدهی انرژی در موتور دیزل ۴۲٪ است در حالی که این عدد در موتورهای بنزینی، حدود ۲۴٪ می‌باشد (۲۱).

علت اصلی این مصرف بی‌رویه، بهای نازل سوخت در ایران است. این بهای اندک، فرهنگ سوخت رایگان را تشدید می‌کند.

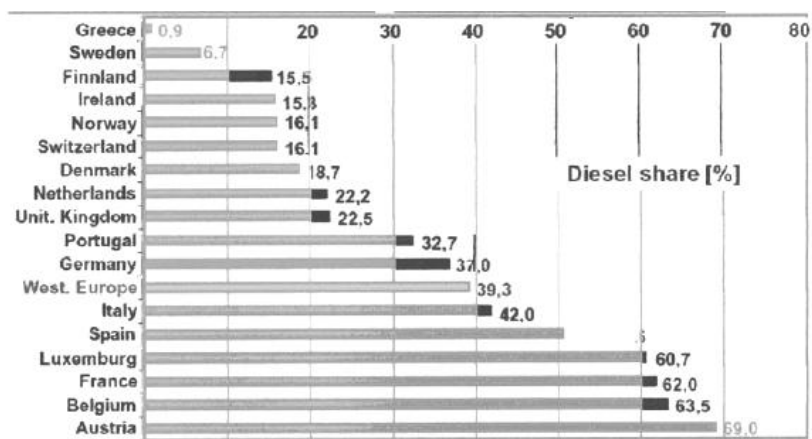
۳- هر چند خودروهای دوگانه‌سوز آلودگی هوا را کمتر می‌کنند، ولی با گسترش تعداد آن‌ها و نیز گذشتن چند سال از فعالیت این خودروها، همان‌طور که در شکل ۱۵ دیدیم، آلودگی حاصل از این خودروها تشدید خواهد شد. لذا برای رفع این مشکل، به هیچ وجه نمی‌توان از راه‌حل اساسی، یعنی بهینه‌سازی مصرف سوخت صرف‌نظر کرد.

برای این که هر دو هدف ما یعنی کاهش هزینه انرژی و کاهش آلودگی هوا محقق شود، به‌نظر می‌رسد دو راهبرد کلی قابل پیگیری باشند:

۱. راهبرد ایجاد سبب سوخت در کشور
۲. راهبرد توسعه خودروهای CNG سوز

راهبرد ایجاد سبب سوخت در کشور

یک راهبرد کلی این است که از وابسته کردن تمام خودروها به یک نوع سوخت اجتناب شود. دلایل متعددی می‌توان برای این



شکل ۱۸- سهم فروش خودروهای دیزل در اروپا در مقایسه با کل خودروهای تولیدی، ژانویه ۲۰۰۲ (۲۱)

راهبرد توسعه خودروهای CNG سوز

در مورد راهبرد CNG سوز کردن خودروها، به‌نظر می‌رسد بهترین سیاست ممکن، سیاست توسعه پلکانی باشد. یعنی

هزینه‌های این راهبرد در کشور ما، در مقایسه با راهبرد دوم، بالاست و لذا سرمایه‌گذاری بر روی آن، توجیه اقتصادی ندارد.

خودروهای خود می‌باشند. هم‌کاری با این کشورها، می‌تواند هم در زمینه انتقال فن‌آوری مفید باشد و هم باعث کاهش هزینه‌ها و گسترش بازار شود.

- کاهش سهمیه بنزین خودروهای عمومی: این سیاست، باعث ترغیب مالکان این نوع خودروها جهت گازسوز کردن خودروی خود می‌شود.

نهایتاً و مستقل از راه‌برد انتخابی، توجه به میزان مصرف سوخت و حساس کردن جامعه نسبت به آن، امری ضروری است. در این راستا، تولید خودروهایی با موتورهای پایه گازسوز، که البته گاز را نیز به صورت بهینه مصرف کنند (خودروهای کم مصرف) و نیز اعمال قوانین سخت‌گیرانه‌تر در مورد میزان و نحوه مصرف سوخت خودروها می‌توانند سیاست‌های مؤثری باشند. در حال حاضر، رده‌بندی خودروها بر اساس میزان مصرف بنزین است و این رده‌بندی در مورد میزان کل انرژی مصرفی وجود ندارد. ایجاد این رده‌بندی و استفاده از برچسب‌های انرژی، در جهت ایجاد حساسیت در جامعه و تغییر فرهنگ و الگوی مصرف سوخت، قابل استفاده است.

در پایان ذکر این نکته ضروری است که با توجه به سرمایه‌گذاری دولت برای گسترش خودروهای دوگانه‌سوز، چنان‌چه از هم‌اکنون سیاست‌های صحیح اتخاذ نشوند، در سال‌های آتی با افزایش تعداد این خودروها، ایجاد تغییرات و اصلاح شرایط، بسیار دشوار خواهد شد.

منابع

۱. پیمان پاک، علی رضا (۱۳۸۲/۹/۲۵)، موانع گازسوز کردن خودروها و ضرورت ائتلاف، گزارش تحلیلی شماره ۶۶۶، شبکه تحلیل گران تکنولوژی ایران (www.naft.itan.ir)

2. Goyal, P. Sidhartha, (2003), *Present scenario of air quality in Delhi: a case study of CNG implementation*, Atmospheric Environment, 37, (www.Elsevier.com)

به‌جای این‌که در کشور موج دوگانه‌سوز کردن ایجاد گردد، بهتر است ابتدا به‌صورت آزمایشی، تعدادی خودرو گازسوز شوند و با مطالعه نحوه عمل‌کرد، میزان مصرف سوخت، میزان آلودگی و موارد مهم دیگر آن‌ها، نقاط قوت و ضعف کشور، و گلوگاه‌های موجود در این زمینه را شناسایی کرده و سپس، با آگاهی و توانایی کامل به‌سمت گسترش تعداد خودروهای گازسوز حرکت کرد. برای این منظور، خودروهای پر مصرف عمومی، از اولویت برخوردارند. یعنی سیاست پیشنهادی این است که در این مرحله و با توجه به ظرفیت دوگانه‌سوز کردن فعلی در کشور، دولت صرفاً به گازسوز کردن خودروهای حمل‌ونقل عمومی بپردازد. با این کار با توجه به اختلاف قیمت گاز و بنزین، مردم به استفاده از وسایل حمل‌ونقل عمومی ترغیب خواهند شد و در نتیجه هم مصرف سوخت و هزینه‌های آن کم‌تر خواهد شد و هم ترافیک، آلودگی و هزینه‌های آشکار و پنهان آن‌ها کاهش می‌یابد. علاوه بر آن، امکان مطالعه موارد ذکر شده نیز به‌خوبی فراهم می‌شود. با توجه به تعداد کم‌تر خودروهای عمومی، از ایجاد صف‌های طویل در جلوی جایگاه‌های سوخت‌رسانی نیز جلوگیری می‌شود. در این مدت زمان، می‌توان بر روی فن‌آوری گازسوز کردن خودروها، تولید موتورهای پایه گازسوز و توسعه جایگاه‌ها متمرکز شد.

در مورد راه‌برد گازسوز کردن خودروها، علاوه بر سیاست پلکانی فوق، سیاست‌های زیر را نیز به‌عنوان سیاست‌های مکمل، می‌توان مطرح کرد:

- سرمایه‌گذاری در فن‌آوری CNG در داخل کشور: ایجاد مراکز تحقیقاتی، جذب دانشجویان دکترا و آشنا کردن جامعه با دانش فنی این نوع سوخت، می‌تواند باعث دستیابی کامل به این فن‌آوری شده و مشکلات فعلی، از قبیل دشوار بودن انتقال فن‌آوری مخازن (به‌دلیل قابلیت استفاده از آن در صنایع نظامی)، مرتفع خواهد شد.

- ایجاد هم‌افزایی منطقه‌ای: در اطراف ایران، کشورهای دیگری نظیر روسیه، ترکیه و پاکستان نیز هستند که علاوه بر داشتن ذخایر گاز، در حال گازسوز کردن

- راهکارهایی برای مقابله با آن»، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی مالک اشتر
۱۴. فرتوکزاده، حمیدرضا. اشراقی، حسن (زمستان ۱۳۸۷)، «مدل سازی دینامیکی پدیده مهاجرت نخبگان و نقش آموزش عالی در آن»، فصل نامه پژوهش و برنامه ریزی در آموزش عالی، شماره ۵۰
15. Sterman, John D., (2000), *Business Dynamics, System Thinking and Modeling for a Complex World*, McGrawhill
۱۶. سنگه، پیتر (چاپ پنجم، ۱۳۸۴)، پنجمین فرمان، حافظ کمال هدایت، تهران، سازمان مدیریت صنعتی
۱۷. براتی ملایری، عقیل. حوری جعفری، حامد (بهار ۱۳۸۷)، «بررسی وضعیت مصرف انرژی در بخش های مصرف کننده نهایی»، بررسی مسایل اقتصاد انرژی، سال اول، شماره ۱، صص ۵۶ - ۹۶
18. Houri Jafari, H., Baratimalayeri, A., (2008), *The crisis of gasoline consumption in the Iran's transportation sector*, Energy Policy, 36, 2536- 2543, (www.Elsevier.com)
۱۹. امامی میبدی، علی. اله دادی، سمیه (بهار ۱۳۸۷)، «ضرورت تدوین راهبردهای انرژی کشور»، بررسی مسایل اقتصاد انرژی، سال اول، شماره ۱، صص ۳ - ۲۷
۲۰. «طرح تولید خودروی سواری گازوییل سوز در یک شرکت داخلی»، (۱۳ آذر ۱۳۸۶)، شبکه اطلاع رسانی نفت و انرژی (<http://www.shana.ir>)
۲۱. «حمایت از طرح های صرفه جویی در صنعت خودرو»، (۲۶ آذر ۱۳۸۶)، سایت گروه مشاوران جوان وزارت صنایع (<http://www.nasiran.ir>)
۳. «چرا LPG رفت، CNG آمد»، (۵ دی ۸۶)، سایت آفتاب (www.aftab.ir)
4. <http://www.iangv.org>
۵. شایق، میترا (۴ آذر ۸۶)، «مصرف سوخت خودروهای ایرانی، ۲ برابر استانداردهای جهانی است»، سایت آفتاب (www.aftab.ir)
6. Faiz, Asif, Weaver, Christopher S., Walsh, Michael P., (1996), *Air Pollution from Motor Vehicles*, Washington D.C., The World Bank
۷. اصفهانیان، وحید (اردی بهشت ۱۳۸۳)، «اولین همایش سراسری سوخت جایگزین»، جزوه آلودگی، صص ۷۰، مؤسسه عالی پژوهشی خودرو، سوخت و محیط زیست
8. Hochhauser, A., Koel, W., Burns, V. et al, (1995), *Comparison of CNG and Gasoline Vehicle Exhaust Emissions: Mass and Composition- The Auto/Oil Air Quality Improvement Research Program*, SAE Technical Paper 952507
۹. «مزیت ها، مشکلات و اولویتهای گازسوز کردن خودروها»، (۳۱ اردیبهشت ۸۵)، سایت آفتاب (www.aftab.ir)
۱۰. صارمی فر، مهدی (۳ بهمن ۱۳۸۶)، «LPG از گور بیرون کشیده می شود»، همشهری آنلاین (www.hamshahronline.ir)
۱۱. ابراهیمی، علی (۹ مرداد ۱۳۸۵)، «بررسی روند اجرا و موانع گازسوز کردن خودروها»، همشهری آنلاین (www.hamshahronline.ir)
۱۲. فرتوکزاده، حمیدرضا، «نگاهی بر پویایی سیستم ها»، فصل نامه علمی و پژوهشی دانش مدیریت، شماره های ۱۷، ۱۹، ۲۰ و ۲۳ (تابستان ۱۳۷۱ - زمستان ۱۳۷۲)
۱۳. اشراقی، حسن (شهریور ۱۳۸۷)، «مدل سازی دینامیکی مهاجرت نخبگان از ایران و آرایه

A dynamic modeling for effects of dual-fuel vehicles on the production of pollution and energy consumption

Hamid Reza FartookZadeh¹

Hassan Eshraghi²

Abstract:

Background: Subsidies for energy and emissions from fossil fuel consumption in large cities, due to dual-fuel policy in the country. Given the widespread use of this policy, economic and environmental impacts need to be studied more in the long run. **Methods:** After reviewing the literature on the advantages and disadvantages of dual-fuel vehicles, using the methodology of system dynamics that is one of modeling methods for social and dynamic systems, creat a dynamic model about the influence of dual-fuel cars on energy consumption, subsidies for energy and pollution. So by running the model, the long-term effects of the current policy, is examined.

Results: Based on the outputs of the simulation model, dual-fueling policy, only reduces the growth rate subsidies and air pollution, and does not solve the problem basically.

Conclusion: Considering the costs of dual-fueling policy and not get the desired output, it seems primarily to other strategies, such as creating a basket of fuel or the development of CNG vehicles burning in the matter, and, secondly, in the process of dual-fueling, should be using the supplement policies.

Keywords: vehicle, dual-fuel, energy, pollution, System Dynamics.

1- Assistant Professor, Management Depatrment, Malek-e-Ashtar University of Technology

2- MSc Student of MBA, Malek-e-Ashtar University of Technology