اثرات سیاست‌های زیست محیطی و اقتصادی بر رفتار حمل و نقل شهری با رویکرد قیاسی – استقرایی: مطالعه‌ی موردی شهر تهران

داود منظور[1]　　محمد کاظم صفاکیش[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۰۹/۱٤　　تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۹/۰۳

چکیده

افزایش آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی موجب شده است تا به اجرای سیاست‌های مناسب برای توسعه‌ی به کارگیری فناوری‌های پاک، به ویژه در بخش حمل و نقل شهری، توجه شود. برای پیش‌بینی اثرات این سیاست‌ها باید ترجیحات مصرف‌کنندگان نسبت به فناوری‌های مختلف مصرف‌کننده‌ی انرژی شناسایی شود. در این مقاله از یک مدل انتخاب گسسته برای شناسایی مؤلفه‌های رفتاری در یک مدل تلفیقی قیاسی- استقرایی به‌نام سیمز استفاده می‌شود. بدین ترتیب، یک مدل انتخاب گسسته‌ی لاجیت چند جمله‌ای برای انواع خودروها با فناوری‌های مختلف و برای شیوه‌های مختلف حمل و نقل، با استفاده از ترجیحات ابراز شده از سوی شهروندان تهرانی براورد شده است.

اطلاعات مورد نیاز از پرسشنامه‌هایی که به‌وسیله‌ی ۲۵۰ نفر از این شهروندان تکمیل شده است، به‌دست می‌آید. سپس، اثرات سیاست‌های فناوری محور و سیاست‌های زیست‌محیطی و اقتصادی؛ مانند مالیات بر نشر، افزایش قیمت بنزین، محدودیت استفاده از خودروهای تک سرنشین و محدودیت استفاده از خودرو بنزین سوز روی سهم بازار فناوری‌های مختلف حمل و نقل در تهران و آلایندگی ناشی از آن‌ها را شبیه‌سازی می‌کنیم می‌پردازیم.

بر اساس نتایج اجرای این مدل، اعمال سیاست‌های فناوری محور تأثیر به سزایی در تغییر سهم بازار فناوری‌های حمل و نقل، به سمت فناوری‌های پاک و کاهش انتشار آلاینده‌ها دارد. پیش بینی مدل آن است که با ورود فناوری‌های جدید با هزینه‌ی چرخه‌ی عمر کم‌تر نسبت به فناوری‌های مرسوم ، بیش از هفتاد درصد سهم بازار به این خودروها اختصاص یابد.

واژگان کلیدی: مدل تلفیقی انرژی ـ اقتصاد، مدل انتخاب گسسته‌ی لاجیت، مدل‌های قیاسی ـ استقرایی، سیاست‌های زیست محیطی

JEL: R4, Q4, Q5

۱- استادیار دانشکده‌ی اقتصاد، دانشگاه امام صادق (ع) Email:manzoor@isu.ac.ir

۲- کارشناس ارشد اقتصاد، دانشگاه امام صادق (ع).

۱ـ مقدمه

انتشار روزافزون گازهای گلخانه‌ای و گرمایش جهانی، آلودگی هوا و دیگر تخریب‌های زیست ـ محیطی کشورها را بر آن داشته است که سیاست‌هایی برای کاهش انتشار گازهای گلخانه ای را در پیش گرفته و اعمال کنند. همچنین، با شکل‌گیری پیمان‌هایی؛ مانند پیمان کیوتو و پیوستن بسیاری از کشورها از جمله کشورهای صنعتی به این پیمان، کشورهای جهان به ویژه کشورهایی که تأثیر عمده‌ای در انتشار گازهای گلخانه‌ای و در نتیجه، تغییرات آب و هوایی و گرم شدن زمین دارند، باید سیاست‌هایی که برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای گردیده‌اند. به میزان مشخصی است را اجرا کنند که بر اساس این پیمان ملزم به اجرای آن هستند.

فارغ از بایدهای این پیمان‌ها بسیاری از کشورهایی که با مشکلات آلودگی هوا ناشی از سوخت‌های فسیلی و دیگر آلودگی‌های زیست ـ محیطی روبه‌رو هستند، به برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری برای کاهش هزینه‌های زیست ـ محیطی توجه دارند. این آلودگی‌ها با رشد اقتصادی و صنعتی تشدید می‌شود. در بسیاری از کشورهای در حال توسعه آلودگی‌های زیست ـ محیطی با سرعتی بیش از سرعت رشد اقتصادی افزایش می‌یابد، چرا که کشورهای صنعتی و توسعه‌یافته برای انتقال مشکلات زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌های صنعتی صنایع انرژی‌بر را از طریق شرکت‌های چندملیتی به این کشورها انتقال می‌دهند. بسیاری از کشورهای صنعتی با وجود اجرای سیاست‌هایی برای رسیدن به استانداردهای مطلوب و یا کنترل آلودگی‌های زیست ـ محیطی، موفق به کاهش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشورهای خود نشده‌اند.

حفظ محیط زیست مستلزم جایگزینی فناوری‌های انرژی‌بر موجود در اقتصاد با فناوری‌های پاک است که به نوبه‌ی خود هزینه‌های مالی زیادی در بر دارد. روش واکنش بنگاه‌ها و مصرف‌کنندگان نسبت به فناوری‌های پاک متفاوت است. سیاست‌گذاران علاقه‌مندند بدانند که چگونه سیاست‌های آن‌ها در ترکیب فناوری‌های انرژی‌بر موجود و ترجیحات مصرف‌کننده تغییر به وجود می‌آورد، به گونه‌ای که کم‌ترین کاهش در رفاه مصرف‌کننده و بیشترین تعدیل به سمت فناوری‌های سازگار با محیط زیست حاصل شود.

ورود فناوری‌های جدید به بازار تقاضا و عرضه و قیمت انرژی را تغییر داده و از این طریق بر متغیرهای کلان اقتصادی اثر می‌گذارد و تغییرات در این متغیرها بر بازار انرژی و در نتیجه، فناوری‌های موجود در بازار اثر می‌گذارد.

سیاست‌های زیست ـ محیطی بخش حمل ونقل در میان دیگر بخش‌های مصرف‌کننده‌ی انرژی در اقتصاد سهمی عمده از مصرف سوخت‌های فسیلی و ایجاد آلودگی محیطی و انتشار گازهای گلخانه‌ای را در اختیار دارد. بخش عمده‌ی مشکل آلودگی هوا در شهرهای بزرگ و از آن جمله شهر تهران ناشی از بخش

حمل‌ونقل است. از این رو، طراحی و اجرای سیاست‌های مؤثر و کارا برای نیل به فن آوری‌های پاک و کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و انتشار آلاینده‌ها ناشی از بخش حمل و نقل و طراحی ابزارهایی برای بررسی میزان کارایی سیاست‌های مزبور اهمیت ویژه‌ای دارد.

تحقیق حاضر در چارچوب یک مدل تلفیقی انرژی اقتصاد که برخوردار از اطلاعات فناورانه و واقع‌گرایی رفتاری است، به پیش بینی اثرات سیاست‌های فناوری محور و ابزارهای سیاستی اقتصادی بخش حمل ونقل بر کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و آلاینده‌های ناشی از آن در شهر تهران می پردازد.

۲ـ پیش‌بینی اثرات سیاست‌های فناوری محور در بخش انرژی

برای بررسی اثرات تغییرات فناورانه بر مصرف سوخت و میزان آلایندگی بخش‌های مصرف کننده‌ی انرژی باید اطلاعات مربوط به نوع و موجودی ، میزان مصرف سوخت و آلایندگی هر فناوری در هر بخش موجود باشد. سیاست‌های زیست ـ محیطی بخش انرژی می‌تواند بر ترجیحات مصرف‌کنندگان در استفاده از فناوری‌های انرژی‌بر تأثیر بگذارد و بنگاه‌ها و مصرف‌کنندگان را به استفاده از فناوری‌های پاک ترغیب کند. بنابراین شناسایی الگوی شکل‌گیری ترجیحات مصرف‌کنندگان و بنگاه‌ها در استفاده از فناوری برای سیاست‌گذاری کارامد ضروری است.

برای بررسی اثرات سیاستی در اقتصاد انرژی عموماً از مدل‌های قیاسی[1] و یا استقرایی[2] استفاده می‌شود. ساختار متفاوت این دو مدل به پیش‌بینی‌های متفاوت از اثرات تغییرات فناوری و هزینه‌های آن می‌انجامد. مدل‌های قیاسی نگاهی کلان به اقتصاد دارند و تغییرات رفتاری را با استفاده از داده‌های تاریخی شبیه‌سازی و اغلب هزینه‌های تغییرات را بیشتر از حد واقعی براورد می‌کنند(Azar and Dowlatabadi,1999).

مدل‌های استقرایی تغییرات فناوری را در حجم موجودی سرمایه وارد می‌کنند؛ ولی، از داخل کردن ویژگی‌های رفتاری در پیش‌بینی تغییرات فناوری ناتوان هستند و هزینه‌های تغییرات را کم‌تر از حدواقعی براورد می‌کنند.

برای پرهیز از پیش‌بینی‌های متفاوت از اثرات سیاست‌ها باید از مدل‌هایی استفاده کرد که در آن‌ها ویژگی برخورداری از اطلاعات فناوری در مدل‌های قیاسی و ویژگی واقع‌گرایی رفتاری در مدل‌های استقرایی با یکدیگر تلفیق شود و ضمن استفاده از نقاط قوت هر دو مدل بتوان در یک چارچوب رفتاری واقعی اثرات سیاست‌های فناوری محور را بررسی گردد(Jaccard et al.,2003).

---

1 - top-down models
2- bottom-up models

ارزیابی اثرات سیاست‌های زیست‌محیطی در بخش انرژی به مدل‌هایی نیاز دارد که بتوانند تغییرات فناوری را به‌گونه‌ای درون‌زا پیش‌بینی کند و هم‌زمان سه ویژگی واقع‌گرایی رفتاری، برخورداری از اطلاعات فناوری و امکان محاسبه‌ی بازخوردهای اقتصاد کلان را داشته باشند. از این مدل‌ها با عنوان مدل‌های تلفیقی انرژی ـ اقتصاد[1] یاد می‌شود. مدل‌های تلفیقی، گونه‌ای از مدل‌های انرژی ـ اقتصاد هستند که می‌کوشند واقع‌گرایی رفتاری، برخورداری از اطلاعات فناوری و بازخوردهای اقتصاد کلان را در خود گردهم آورند و تفاوت پیش‌بینی‌های این دو مدل از اثرات یک سیاست خاص را برطرف سازند. بدین منظور، مدل‌های تلفیقی گوناگونی با درجاتی مختلف از برخورداری از ویژگی‌های سه‌گانه‌ی مذکور شکل گرفته است.

برای به‌وجود آوردن واقع‌گرایی رفتاری در مدل‌های تلفیقی از مدل‌های انتخاب گسسته استفاده می‌شود. برای شناسایی ترجیحات مصرف‌کننده و تعیین میزان تأثیرگذاری هر یک از عوامل مختلف در انتخاب گزینه‌هایی که به مصرف‌کننده پیشنهاد می‌شود، از مدل‌های انتخاب گسسته استفاده می‌شود. این مدل‌ها از اطلاعات مبتنی بر ترجیحات آشکار شده و یا اطلاعات مبتنی بر ترجیحات اظهار شده برای پیش‌بینی انتخاب‌های افراد استفاده می‌کنند. با استفاده از مدل‌های انتخاب گسسته‌ی لاجیت چند جمله‌ای[2] می‌توان پارامترهای رفتاری موجود در مدل‌های تلفیقی را برآورد کرد و بدین ترتیب، واقع‌گرایی رفتاری را در مدل‌های تلفیقی انرژی ـ اقتصاد به‌وجود آورد.

۳ـ مدل نظری تحقیق

یکی از مدل‌های جامع انرژی ـ اقتصاد که برای شبیه‌سازی اثرات متقابل عرضه و تقاضا در بخش انرژی و اثرات متقابل بخش انرژی بر دیگر بخش‌های کلیدی اقتصاد به کار می‌رود، مدل تلفیقی سیمز است. برخلاف مدل‌های تعادل عمومی محاسبه‌پذیر[3] که در آن همه‌ی بخش‌ها و بازارها هم‌زمان به تعادل می‌رسند، در مدل سیمز از تعادل بخش‌های بودجه‌ی دولت و بازار نیروی کار صرف‌نظر می‌شود. این مدل بیشتر بر بخش‌های عرضه‌ی انرژی، صنایع انرژی بر و مصارف نهایی انرژی در بخش‌های خانگی، تجاری و اداری و حمل و نقل تأکید می‌کند. این مدل از نوع مدل‌های برش مقطعی است که برای پیش‌بینی حجم و نوع فناوری‌های استفاده شده در اقتصاد به کار می‌رود و در آن تغییرات فناوری در هر بخش از اقتصاد با توجه به میزان از رده خارج شدن فناوری‌ها، به روز کردن و خرید کالاها و فناوری‌های جدید شبیه‌سازی می‌شود. این مدل مانند دیگر مدل‌های استقرایی ابتدا به شناسایی و طبقه‌بندی انواع خدمات انرژی مورد نیاز در یک اقتصاد

1- energy-economy hybrid models
2 - Multi-nomial Logit
3- General Equilibrium Models

می‌پردازد؛ سپس، با گرداوری اطلاعات فنی و اطلاعات هزینه‌های انرژی، برای هر یک از خدمات انرژی مورد تقاضا در اقتصاد و به تفکیک هر یک از فناوری‌هایی که در هر بخش استفاده می‌شود، میزان آلایندگی را محاسبه می‌کند.

در مدل تلفیقی سیمز رقابت بین فناوری‌ها در هر یک از خدمات انرژی مورد تقاضا در اقتصاد با توجه به هزینه‌های نسبی فناوری‌ها در کل چرخه‌ی عمر آن‌ها[1] و با در نظر گرفتن محدودیت‌های انواع فناوری‌ها، مانند محدودیت حداکثر سهم بازار کسب شده از سوی یک فناوری به جهت محدودیت‌های فیزیکی و یا قوانین محدودکننده‌ای که یک فناوری خاص را از تصاحب کل بازار باز می‌دارد، ارزیابی و تحلیل می‌شود.

رقابت بین فناوری‌ها در مدل سیمز بر خلاف مدل‌های استقرایی، تنها بر اساس هزینه‌های مالی و نرخ تنزیل اجتماعی[2] ارزیابی نمی‌شود. این مدل تعریفی جدیدی از هزینه‌های فناوری در کل چرخه عمر آن می‌کند. این هزینه‌ها بر اساس نرخ تنزیل ضمنی محاسبه می‌شوند که به نوبه‌ی خود با توجه به داده‌های واقعی و هزینه‌های نامشهود ناشی از ترجیحات تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان تعیین می‌شود.

رابطه‌ی (۱) برای تعیین سهم بازار یک فناوری در مدل تلفیقی سیمز به کار می‌رود(Jaccard,2005).

$$MS_j = \frac{[CCj * r/(1-(1+r)^{-n}) + OCj + ECj + ij]^{-v}}{\sum_{K=1}^{K}[CCj * r/(1-(1+r)^{-n}) + OCj + ECj + ij]^{-v}} \qquad (۱)$$

در رابطه‌ی فوق MS_j سهم بازار برای فناوری j، CC_j هزینه‌های سرمایه‌ای، n طول عمر فناوری، OC_j هزینه نگهداری و تعمیرات، EC_j هزینه‌های انرژی برای فناوری j است. هزینه‌های انرژی یک فناوری به قیمت انرژی و میزان مصرف انرژی برای تولید هر واحد از محصول یا خدمات داده شده به‌وسیله‌ی هر فناوری، مانند میزان مصرف انرژی برای تولید یک تن فولاد و یا ایجاد گرمایش در یک مترمربع در بخش تجاری، بستگی دارد.

پارامتر r نشان دهنده‌ی متوسط وزنی نرخ ترجیح زمانی تصمیم‌گیرندگان برای هر یک از خدمات انرژی است. این پارامتر برای همه‌ی فناوری‌های استفاده شده در یک گره خدمات انرژی[3] ثابت بوده و برای گره‌های مختلف می‌تواند متفاوت باشد.

1- life cycle cost
2- Social discount rate
3- energy service node

پارامتر i_j نماینده‌ی همه‌ی هزینه‌های نامشهود فناوری j مازاد بر هزینه‌هایی است که به طور مرسوم در هزینه‌های چرخه‌ی عمر محاسبه می‌شود. k تعداد فناوری‌های موجود در هر گره خدمات انرژی است. پارامتر v بیانگر میزان ناهمگنی[1] موجود در زیر بخش انرژی است.

مقادیر بالا برای این پارامتر به این معنی است که یک فناوری با هزینه‌ی چرخه‌ی عمر پایین می‌تواند همه یا نزدیک به تمام سهم بازار جدید را در یک گره خدمات انرژی در اختیار گیرد و مقادیر کم این پارامتر به این معنی است که یک فناوری جدید باوجود داشتن برتری در هزینه‌ی چرخه‌ی عمر نسبت به دیگر فناوری‌های موجود در آن گره سهم متوازنی از آن گره را به خود اختصاص خواهد داد.

در مدل‌های برنامه‌ریزی خطی سنتی مقدار پارامتر v بینهایت فرض می‌شود که به معنی یک بازار کاملا همگن است که درآن فناوری دارای هزینه‌ی چرخه‌ی عمر کم‌تر همه‌ی سهم بازار را به خود اختصاص می‌دهد.

مدل سیمز هم واقع‌گرایی رفتاری دارد و هم از اطلاعات فناوری به خوبی بهره‌مند می‌شود و تا حدودی هم می‌تواند بازخوردهای اقتصاد کلان را در مدل شبیه‌سازی کند و ازاین رو، به مدل‌های تعادل عمومی محاسبه‌پذیر نزدیک است.

پارامترهای موجود در مدل تلفیقی سیمز به دو گروه پارامترهای رفتاری و فناوری تقسیم می‌شوند. تعیین مقادیر این پارامترها اندکی نیاز به توضیح دارد. در ادبیات سنتی مدل‌های استقرایی مهم‌ترین اقلام داده‌های فناوری را هزینه‌های انرژی، هزینه‌های عملیاتی، هزینه‌های سرمایه‌ای، میزان آلایندگی و میزان کارایی انرژی هر یک از فناوری‌ها تشکیل می‌دهد. از آنجایی که اطلاعات تفصیلی درباره‌ی مصرف سالانه‌ی انرژی افراد و واحدهای اقتصادی برای استفاده در این گونه مدل‌ها اغلب در اختیار نیست، این به صورت تجمیع شده به تفکیک گره‌های خدمات انرژی گرداوری می‌شوند. برای اطمینان از درستی و توانایی اطمینان شبیه‌سازی مصارف انرژی در این مدل‌ها لازم است دست‌کم به اطلاعات فنی ۵ درصد از فناوری‌های موجود در هر گره مصرف دسترسی داشته باشیم.

پارامترهای رفتاری از پارامترهای فناوری نیز پیچیده‌تر است. در گذشته، مقادیر سه پارامتر رفتاری موجود در مدل سیمز؛ یعنی تعیین نرخ ترجیح زمانی تصمیم‌گیرندگان (r)، هزینه‌های نامشهود فناوری‌ها (i) و ضریب ناهمگن (v) با استفاده از داده‌های تاریخی، قضاوت‌های تحلیل‌گران درباره‌ی آینده‌ی این پارامترها و تحلیل‌های صاحب‌نظران درباره‌ی این داده‌ها تعیین می‌شد. روش نوینی که برای تعیین مقادیر این پارامترهای رفتاری از آن استفاده می‌شود، به‌کارگیری مدل‌های انتخاب گسسته برای بررسی ترجیحات مصرف‌کنندگان بین فناوری‌ها و شیوه‌های مختلف مصرف انرژی است. به کمک پارامترهای این مدل‌ها، مقادیر پارامترهای

1- heterogeneity

رفتاری در مدل سیمز تعینی می‌شود. داده‌های استفاده شده در مدل‌های انتخاب گسسته می‌تواند با استفاده از ترجیحات آشکارشده[1] یا داده‌های تاریخی مربوط به انتخاب‌های مصرف‌کنندگان و یا از میان انتخاب‌های اظهار شده[2] در پرسش‌نامه‌ها از سوی مصرف‌کنندگان به دست آید. در مورد اخیر یک نمونه‌ی تصادفی از مصرف‌کنندگان یا مدیران بنگاه‌های اقتصادی انتخاب می‌شود واز طریق پرسشنامه از آن‌ها خواسته می‌شود تا از میان گزینه‌های فرضی(فن آوری‌ها) مطرح شده در پرسشنامه، یک گزینه را انتخاب کنند.

مدل سیمز دربرگیرنده‌ی هزار فناوری مختلف است که این فناوری‌ها برای دستیابی به سهم بازار در قالب صد گره[3] خدمات انرژی در اقتصاد با یکدیگر رقابت می‌کنند. از آنجایی که گرداوری داده‌های مربوط به انتخاب‌ها و ترجیحات مصرف‌کنندگان برای همه این گره‌ها بسیار دشوار است، گرداوری اطلاعات بیشتر در گره‌هایی متمرکز شده که بیشترین مصرف انرژی را به خود اختصاص داده و به لحاظ سیاست‌گذاری‌های انرژی و زیست ـ محیطی اولویت بالاتری دارند. این گره‌ها عبارتند از : بخش عرضه‌ی انرژی و بخش‌های خانگی، حمل و نقل و صنعتی .

در بیشتر کاربردهای مدل‌های انتخاب گسسته از انتخاب‌های اظهار شده در پرسشنامه‌ها استفاده می‌شود، چرا که با استفاده از پرسشنامه‌هایی که برای دستیابی به اطلاعات مورد نیاز طراحی می‌شوند، بسیار آسان‌تر می‌توان به انتخاب مصرف‌کنندگان هر چند با تورش پی برد(Louviere et al.,2000).

مدل انتخاب گسسته یک مدل خطی پارامتری می‌باشد که شکل عمومی آن به صورت زیر است:

$$U_j = \beta_j + \Sigma_{k=1}^{k} \beta_k x_{jk} + e_j \qquad (۲)$$

در این معادله U_j نشان‌دهنده‌ی مطلوبیت حاصل از گزینه‌ی j، β_j جزء ثابت تابع مطلوبیت ، β_k بردار ضرایب و X_k بردار عوامل مؤثر درانتخاب فرد است و e_j نماینده‌ی عوامل نامشهود مؤثر در انتخاب یا جزء خطا می‌باشد. شکل عمومی مدل‌های انتخاب گسسته را که در بخش انرژی استفاده می‌شود، می‌توان به صورت زیر نوشت(Jaccard,2003).

$$U_j = \beta_j + \beta_{CC} CC + \beta_{OC} OC + \beta_{EC} EC + \beta_{OTHER} OTHER + e_j \qquad (۳)$$

با فرض پیروی جزء خطا از تابع توزیع احتمال حدی I مدل انتخاب گسسته از نوع لاجیت چند جمله‌ای خواهد بود که در این صورت سهم بازار برای هر گزینه در هر گره از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید (Train,2003).

1- Revealed Preferences
2 -stated choice
3- node

$$P_{ni} = \frac{e^{\beta x_{ni}}}{\sum_j e^{\beta x_{nj}}} \quad (۴)$$

در مرحله‌ی بعد تلاش می‌شود از پارامترهای رفتاری که از مدل انتخاب گسسته‌ی بالا به دست می‌آید، در مدل تلفیقی سیمز استفاده شود. برای این منظور از پارامترهای β در مدل انتخاب گسسته برای تعیین مقادیر پارامترهای رفتاری در معادله‌ی (۱) مورد استفاده می‌شود. همان‌طور که گفته شد به کمک این معادله سهم بازار فناوری‌ها در مدل سیمز تعیین می‌شود و پارامترهای رفتاری آن r، i و v است. در این صورت انتظار می‌رود پیش‌بینی‌های هر دو مدل انتخاب گسسته و سیمز به یکدیگر نزدیک شود.

برای تعیین مقدار پارامتر رفتاری r در مدل سیمز به کمک نتایج براورد پارامترهای مدل انتخاب گسسته از معادله‌ی (۵) استفاده می‌شود که به‌وسیله‌ی ترین استخراج شده است(Train, 2003).

$$\mathrm{r} = \frac{\beta_{CC}}{\beta_{OC}} * (1-(1+r)^{-n}) \quad (۵)$$

که در آن β_{oc} و β_{cc} ضرایب متغیرهای هزینه‌های نگه‌داری و هزینه‌های سرمایه‌ای در مدل انتخاب گسسته و n طول عمر فناوری است.

برای محاسبه‌ی مقدار هزینه‌های نامشهود i_j ابتدا بر اساس رابطه‌ی زیر برای هر کدام از اجزاء هزینه‌های نامشهود ضریب بازیافت سرمایه [1]محاسبه می‌شود(Horn and Rivers,2005).

$$CRF_k = \frac{\beta_k}{\beta_{oc}} \quad (۶)$$

که در آن CRF_k و β_K به ترتیب ضریب بازیافت سرمایه و ضریب متوسط وزنی برای هرمتغیر غیرپولی k است. هزینه‌های نامشهود در گره خدمات انرژی jاز مجموع حاصل ضرب ضریب بازگشت سرمایه برای هر متغیر غیر پولی در مقدار متناظر با آن محاسبه می‌شود.

$$\mathrm{i_j} = \sum^{K} \mathrm{CRF_k} * \mathrm{X_k} \quad (۷)$$

که در آن X_k متوسط مقدار متغیر غیر پولی k و K تعداد متغیرهای غیرپولی است و جزء ثابت در تابع مطلوبیت (۳) را نیز شامل می‌شود[2].

بر اساس معادله‌ی بالا پیش از محاسبه‌ی مقدار i_j باید مقادیر هر کدام از X_k ها (برای مثال، متوسط زمان رانندگی در حالت استفاده از خودروی شخصی) تعیین شود. این بدان معنی است که در هر بار اجرای مدل

1- capital recovery factors

۲- برای اجزاء ثابت تابع مطلوبیت $X_k=1$ است

سیمز یک مقدار مشخص و ثابت برای X_k در نظر گرفته می‌شود. بنابراین، در طول یک دوره‌ی شبیه‌سازی این متغیرها پویایی ندارند. با این وجود، برای بررسی اثرات سیاست‌ها این متغیرها می‌توانند پیش از هر مرتبه شبیه‌سازی تغییر نمایند(Horn and Rivers,2005).

پس از تعیین مقادیر پارامترهای r و i_j ، پارامتر ناهمگنی بازار (v) از برابر قرار دادن رابطه‌های تعیین سهم بازار در مدل‌های انتخاب گسسته و مدل سیمز تعیین می‌شود:

$$\frac{e^{V_j}}{\sum_{k=1}^{k} e^{V_k}} = \frac{[CC_j * \frac{r}{1-(1+r)^{-n}} + MC_j + EC_j + i_j]^{-v}}{\sum_{K=1}^{K} [CC_K * \frac{r}{1-(1+r)^{-n}} + MC_K + EC_K + i_K]^{-v}} \quad (۸)$$

انتظار می‌رود پارامتر v که نشانگر درجه‌ی ناهمگنی بازار مورد بررسی است، با تغییر مقادیر دیگر پارامترها چندان تغییر نکند. بنابراین، مقدار v باید به گونه‌ای تعیین شود که برای دامنه‌ی تغییرات ممکن پارامترها در طول دوره شبیه‌سازی کمابیش ثابت بماند. برای یافتن مقدار این پارامتر، آرایه‌ای از ترکیبات مختلف مقادیر پارامترها را برای فناوری‌های مورد بررسی در نظر می‌گیریم؛ سپس، با در نظر گرفتن یک مقدار فرضی برای پارامتر v، سهم بازار هر یک از فناوری‌ها را با استفاده از دو مدل سیمز و انتخاب گسسته محاسبه می‌کنیم. مربع انحرافات بین سهم‌های بازار به دست آمده از دو مدل برای هر فناوری با هم جمع بسته می‌شود تا مجموع مربعات خطاها[1] برای v مورد نظر به دست آید. در نهایت، با استفاده از نرم‌افزار اکسل[2] مقدار v را که کم‌ترین مجموع مربعات خطاها را به‌وجود می‌آورد و برآورد مناسبی از پارامتر ناهمگنی بازار برای فناوری‌های مورد بررسی می باشد، محاسبه می‌کنیم(Horn and Rivers,2005).

به‌کارگیری و اجرای مدل انرژی ـ اقتصاد سیمز پیش از هر چیز مستلزم طبقه‌بندی بخش‌های مختلف مصرف‌کننده و تبدیل‌کننده‌ی انرژی در کشور و گردآوری اطلاعات فنی در هر بخش از جمله پارامترهای مصرف، هزینه و انتشار آلاینده‌ها به تفکیک فناوری‌های مورد استفاده در هر بخش است. در این میان، بخش‌های اصلی مصرف‌کننده‌ی انرژی از جمله صنایع انرژی بر مانند صنعت فولاد و تولید الکتریسیته، بخش خانگی و بخش حمل ونقل اهمیتی ویژه دارد.

1- cumulative error term
2- Microsoft Excel solver

٤ ـ روش گرداوری اطلاعات مورد نیاز

با توجه به سهم بالای بخش حمل ونقل درون شهری در مصرف سوخت وآلودگی هوا این مقاله به بررسی سیاست‌های فناوری ـ محور و همچنین ابزارهای سیاستی اقتصادی برای ترغیب مردم به استفاده از فناوری‌ها و شیوه‌های حمل و نقل دارای آلایندگی کم‌تر می‌پردازد.

به منظور براورد مدل انتخاب گسسته پرسشنامه‌هایی تهیه و بین ۲۵۰ نفر از شهروندان تهرانی توزیع شد[۱]. با توجه به سهم بیش از پنجاه درصدی سفرهای شغلی و تحصیلی از مجموع سفرهای شهری و از آنجا که انگیزه ها و پارامترهای موثر در انتخاب روش‌های حمل و نقل جهت سفرهای شغلی و تحصیلی ملموس و دارای قابلیت اندازه گیری بیشتری هستند در این تحقیق روی این سفرها تمرکز شده است. سفرهای شغلی ۶۷ درصد و سفرهای تحصیلی ۳۳ درصد از مجموع سفرهای شغلی و تحصیلی را به خود اختصاص داده‌اند ترکیب افراد منتخب جهت پاسخگویی به پرسشنامه‌ها از جهت هدف سفر متناسب با این ترکیب بوده است. در این پرسشنامه‌ها با ۸ پرسش از افراد خواسته می‌شود با توجه به مقادیر پارامترهای مؤثر در انتخاب هر گزینه – که با توجه به مشخصات واقعی فناوری‌ها و همچنین، سیاست‌های مورد بررسی تعیین می‌شود– از بین چهار نوع خودرو: ۱ـ استاندارد بنزین سوز ۲ـ دوگانه‌سوز ۳ـ خودروهای دارای فناوری استفاده از سوخت هیدروژن و ۴ـ خودروهای دوگانه‌سوز برقی و بنزینی (هیبرید الکتریک) و از بین شیوه‌های مختلف حمل ونقل؛ شامل استفاده از خودروی تک سرنشین، خودروی شخصی به صورت گروهی[۲]، و ناوگان حمل و نقل عمومی یکی را انتخاب کنند. به این ترتیب، از هر پرسشنامه ۸ مشاهده انتخاب و ۳۲ مشاهده عدم انتخاب به‌دست می‌آید. با استفاده از این داده‌ها و با کمک نرم افزار LIMDEP 7 ضرایب تابع مطلوبیت چند جمله‌ای لوجیت براورد می‌شود و سپس، بر اساس آن‌ها پارامترهای رفتاری مدل تلفیقی براورد می‌گردد.

٥ـ اجرای مدل و براورد پارامترها

با توجه به الگوی انتخاب گسسته، تابع مطلوبیتی را که مبنای انتخاب خودرو است، به صورت زیر در نظر می‌گیریم:

$$V = \beta_{CC} * CC + \beta_{FC} * FC + \beta_{FA} * FA + \beta_{T\lim} * T\lim + \beta_{POW} * POW + \beta_{ACS} \quad (۹)$$

که در آن CC نشان‌دهنده‌ی هزینه‌های سرمایه‌ای ، FC هزینه‌ی سوخت، FA سهولت دسترسی به ایستگاه‌های توزیع‌کننده‌ی سوخت مورد نیاز خودرو، Tlim متغیر مجازی برقراری محدودیت آمد و شد

۱- برای مطالعه‌ی چگونگی تعیین حجم نمونه و درصد اطمینان نتایج رجوع شود به:
Louviere, J., Hensher, D., Swait, J. (2000)

2-carpooling

برای خودرو موردنظر، و POW متغیر مجازی مربوط به برابری قدرت موتور خودرو با خودروی کنونی پرسش‌شوندگان و B_{ACS} جزء ثابت تابع مطلوبیت است. فرض می‌شود ضرایب پارامترهای مؤثر در انتخاب برای همه‌ی انواع خودرو یکسان می‌باشد؛ ولی، جمله‌ی ثابت تابع مطلوبیت برای انواع خودرو می‌تواند متفاوت باشد. (هورن و ریورس، ۲۰۰۵)جدول (۱) براورد ضرایب تابع مطلوبیت (۹) را نشان می‌دهد.

جدول (۱) ـ براورد ضرایب تابع مطلوبیت انتخاب خودرو

ضریب	ACS-hyb-elec	ACS-ALT	ACS-GAS	POW	T LIM	FA	FC	CC
β	-۰/۴۶	-۰/۵۶	-۱/۰۲	-۰/۲۲	-۰/۷۶	۱/۲	-۰/۰۰۴۸	-۰/۰۰۰۸۶
t value	-۴/۱۸	-۱۷/۶۶	-۱۱/۲۳	-۱/۸۳	-۳/۱۸	-۳/۲۴	-۳/۲۸	-۶/۶۳

منبع: محاسبات تحقیق

برای انتخاب هر یک از شیوه‌های حمل و نقل توابع مطلوبیت را بر اساس نتایج به‌دست آمده از مدل چند جمله‌ای لوجیت به صورت زیر در نظر می‌گیریم:

$$V_i = \beta_{DT} * DT + \beta_{WWT} WWT + \beta_{COST} COST + \beta_{TRANS} TRANS + \beta_0 \qquad (۱۰)$$

در معادلات بالا V_{SOV} , V_{HOV} , $V_{TRANSIT}$, V_{PARK} به ترتیب مطلوبیت هر یک از شیوه‌های حمل و نقل؛ یعنی خودرو شخصی تک سرنشین، استفاده گروهی از خودروی شخصی، ناوگان حمل ونقل عمومی و پارک سوار است. در عبارات بالا DT نشان‌دهنده‌ی زمان سفر، COST هزینه‌های ماهانه‌ی سفر و WWT زمان پیاده‌روی تا رسیدن به ایستگاه و زمان انتظار در ایستگاه و TRANS متغیر مجازی ضرورت تغییر وسیله‌ی نقلیه در طول سفر است. ضرایب این متغیرها در همه‌ی شیوه‌های حمل و نقل یکسان فرض شده است؛ ولی، جمله‌ی ثابت هر شیوه‌ی حمل ونقل می‌تواند متفاوت باشد. (هورن و ریورس، ۲۰۰۵) جدول (۲) براورد ضرایب تابع مطلوبیت (۱۰) را نشان می‌دهد.

جدول (۲) ـ براورد ضرایب تابع مطلوبیت انتخاب شیوه‌های حمل و نقل

پارامترهای موثر در انتخاب	ASC-TRANSIT	ASC-HOV	ASC-SOV	TRANS	WWT	COST	DT
ضرایب β	-۱/۱۵	-۰/۶۳	-۰/۲۳	-۰/۱۴	-۰/۰۷۶۷	-۰/۰۴۳۶	-۰/۰۰۲۴۱
T value	-۳/۶۷	-۲/۷۳	-۳/۲۱	۲	-۴/۲	-۶/۲	-۵/۳۲

منبع: محاسبات تحقیق

پس از براورد توابع مطلوبیت از براورد ضرایب به‌دست آمده برای محاسبه‌ی مقادیر پارامترهای رفتاری در مدل سیمز به روشی که در قسمت (۳) توضیح داده شده، استفاده می‌کنیم. مقادیر نرخ تنزیل و نرخ ناهمگنی بازار بر اساس روابط (۵) و (۶) و (۷) برای انتخاب خودرو و انتخاب شیوه‌های حمل و نقل محاسبه شده است. نتایج به‌دست‌آمده در جدول (۳) گزارش شده است.

جدول (۳) ـ مقادیر پارامترهای رفتاری به دست آمده از مدل DCM

نوع رقابت	r (درصد)	V
خودرو	۲۰.۹	۶.۱۴
روشهای حمل و نقل	بدون کاربرد در این مورد	۱.۰۸

منبع: محاسبات تحقیق

٦- بررسی نتایج سیاست‌های زیست ـ محیطی و ترافیکی در چارچوب مدل تلفیقی

اکنون، با استفاده از مدل تلفیقی قیاسی ـ استقرایی سیمز می‌توان اثرات سیاست‌های فناوری محور و ابزارهای سیاستی اقتصادی روی سهم بازار انواع خودرو و میزان انتشار آلاینده‌های ناشی از مصرف سوخت در بخش حمل و نقل شهری تهران بررسی کرد. منظور از سیاست‌های فناوری محور حمایت از تولید و عرضه‌ی فناوری‌ها روش‌های سازگار با محیط زیست در بخش حمل و نقل است. ابزارهای سیاستی اقتصادی عبارتند از:

۱- مالیات بر نشر برای خودروهای شخصی: وضع مالیات بر خودروهای شخصی به میزان هزینه‌های زیست ـ محیطی به‌وجود آمده به‌وسیله‌ی هر خودرو در سال.

۲- افزایش قیمت بنزین: افزایش قیمت بنزین تا میزان ۴ برابر قیمت کنونی.

۳- سیاست‌های تشویقی برای استفاده از خودروهای غیر بنزین‌سوز؛ شامل: (الف) افزایش ۲۵ درصدی امکان دسترسی به سوخت برای خودروهای دوگانه‌سوز و هیدروژنی، (ب) رفع محدودیت‌های ترافیکی برای خودروهای هیدروژنی و هیبرید الکتریک و کاهش ۵۰ درصدی هزینه مجوز طرح ترافیک برای خودروهای دوگانه سوز، (ج) یکسان شدن توان موتور خودروهای غیر بنزین‌سوز با خودروهای بنزین‌سوز.

۴- سیاست‌های تشویقی برای استفاده از خودروهای غیر تک سرنشین، شامل: (الف) افزایش ۱۵ درصدی زمان سفر برای این خودروها، (ب) کاهش ۲۰ درصدی زمان سفر برای دیگر روش‌های حمل و نقل، (ج) کاهش زمان پیاده‌روی و انتظار در ایستگاه به دو سوم زمان کنونی، (د) کاهش تعداد دفعات تغییر وسیله‌ی نقلیه به نصف، (هـ) کاهش ۲۰ درصدی هزینه‌های حمل و نقل عمومی.

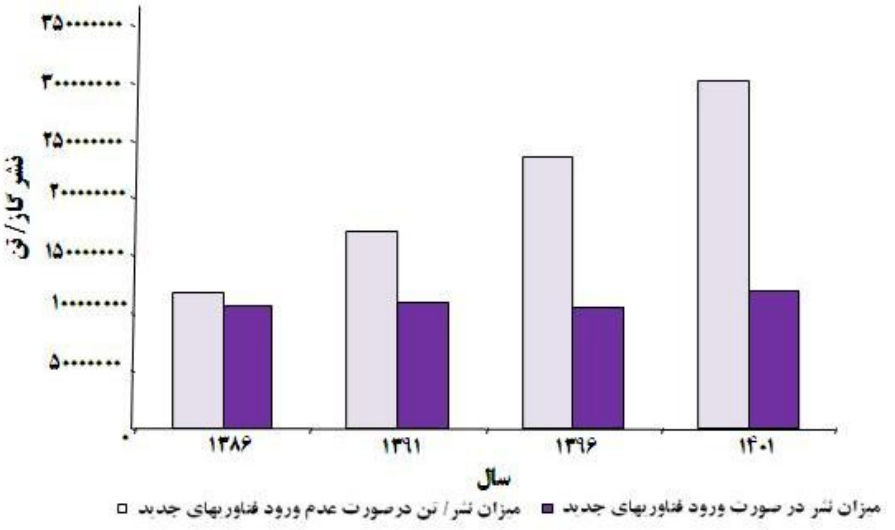
با استفاده از مدل تلفیقی ابتدا سهم بازار چهار فناوری موجود در بازار خودرو و سپس، سهم بازار هر یک از روش‌های حمل و نقل محاسبه میشود. فرض می‌شود که خودروهای با فناوری جدید در سال ۱۳۸۵ به

مردم عرضه شده و ترکیب خودروهای ورودی بر اساس سهم بازاری است که بر اساس مدل تلفیقی محاسبه می‌شود. دوره های شبیه‌سازی پس از اعمال سیاست‌ها به صورت سه دوره‌ی پنج ساله در نظر گرفته می‌شود. فرض می‌شود تعداد خودروهای جدیدی که در هر سال به شهر تهران وارد می‌شود ثابت و برابر با این تعداد در سال ۱۳۸۵، باشد و هر ساله ۱۰ درصد از این خودروها جایگزین خودروهای فرسوده با فناوری قدیمی می‌شود. میزان تقاضای سفر در طول دوره‌ی شبیه‌سازی ثابت فرض می‌شود، به طوری که افزایش تقاضای سفر در طول این دوره با کاهش تقاضای سفر برای توسعه‌ی خدمات الکترونیک خنثی می‌شود. میزان آلاینده‌های بررسی شده برابر با مجموع وزن گازهای (CH, SPM ,NOX, CO, CO2, SO2) انتشار یافته در اثر مصرف سوخت‌های فسیلی در بخش حمل و نقل شهری است و هزینه‌های ناشی از انتشار این گازها با توجه به هزینه‌های اجتماعی محاسبه شده از سوی بانک جهانی و سازمان حفاظت محیط زیست ایران[1] براورد می‌شود(World Bank, 2003).

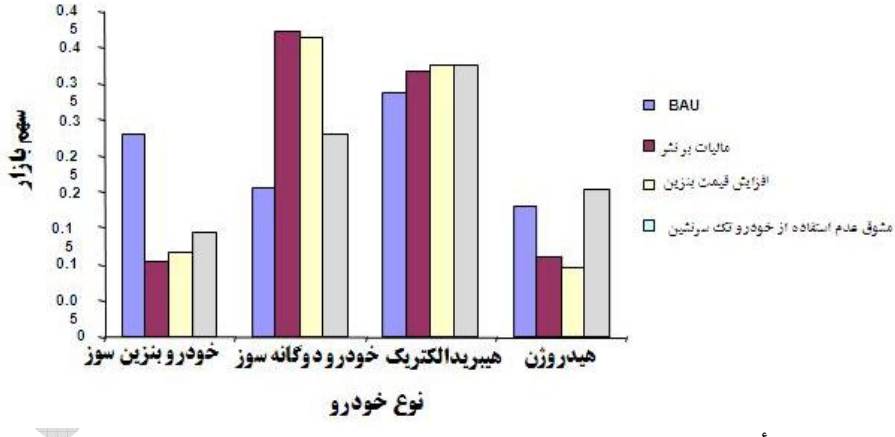
با ورود فناوری‌های جدید با هزینه‌ی چرخه عمر کم‌تر نسبت به فناوری‌های شناخته شده به بازار خودرو ، بیش از هفتاد درصد سهم بازار به این خودروها اختصاص می‌یابد. بدیهی است که به مرور زمان نسبت این خودروها در مقایسه با کل موجودی خودرو در شهر تهران افزایش خواهد داشت. نمودار (۱) میزان انتشار آلاینده‌ها در شهر تهران را در دو سناریوی ورود و عدم ورود فناوری‌های جدید نشان می‌دهد. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود ورود فناوری‌های جدید، میزان آلاینده‌های بخش حمل و نقل شهری را تا حد چشمگیری کاهش می‌دهد. نمودار (۲) نیز به مقایسه‌ی اثرات سیاست‌های چهارگانه بر ترکیب خودروها می‌پردازد، به طوری که ملاحظه می‌شود افزایش قیمت بنزین بیشترین تأثیر را بر توسعه‌ی به‌کارگیری خودروهای هیدروژنی و خودروهای دوگانه سوز برقی خواهد داشت. در صورت وضع مالیات بر نشر، خودروهای دوگانه‌سوز با سوخت گازطبیعی و بنزین بالاترین سهم بازار (بیش از ۴۰ درصد) را خواهند داشت و به‌دنبال آن خودروهای دوگانه‌سوز برقی ـ بنزینی قرار می‌گیرند.

۱- گزارش بازنگری انرژی در جمهوری اسلامی ایران (۱۳۸۲) با عنوان :

Environmental Energy Review (EER) – Iran, World Bank Group, "Environment Strategy for the Energy Sector: Fuel for thought", MOE, 300190/ZR/EER-Iran. Final Report



نمودار ۱- میزان آلاینده را در صورت ورود و عدم ورود خودرو های جدید

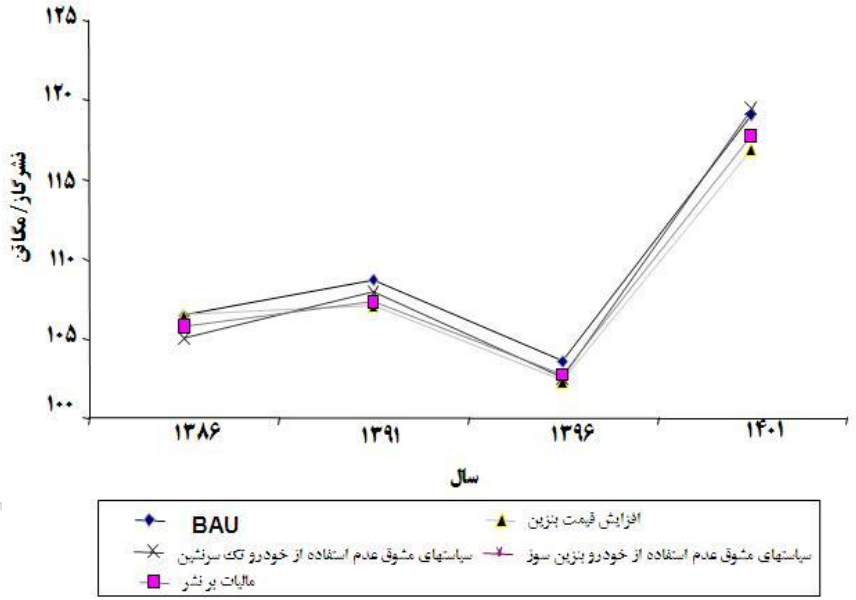


نمودار ۲ـ تأثیر گذاری سیاست‌های ترافیکی و زیست ـ محیطی اعمال شده بر سهم بازار خودرو

نمودار (۳) اثرات ابزارهای سیاستی مختلف را بر میزان نشر گازهای آلاینده ناشی از حمل و نقل شهری را با یکدیگر مقایسه می‌کند. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از شبیه سازی

سیاست‌ها در مدل تلفیقی، سیاست افزایش قیمت بنزین و به‌دنبال آن سیاست وضع مالیات بر نشر بیشترین تأثیر را در کاهش میزان انتشار آلاینده‌ها دارد.

اما، تأثیر این سیاست‌ها بر کاهش میزان آلاینده‌های ناشی از بخش حمل و نقل شهری چندان بزرگ نیست و در نتیجه، در صورت اعمال این سیاست‌ها کاهشی چشمگیر در هزینه‌های زیست ـ محیطی ناشی از آلاینده‌ها را نخواهیم دید. چرا که پس از اعمال سیاست‌های فناوری محور، تغییر در سهم بازار به نفع فناوری‌های جدید در بازار خودرو موجب می‌شود، هزینه‌های شیوه‌های حمل و نقلی که در آن‌ها از خودروی شخصی استفاده می‌شود، کاهش یابد که این امر به نوبه‌ی خود سهم بازار این شیوه‌ها را افزایش می‌دهد. افزایش سهم بازار این شیوه‌های حمل و نقل به نوبه‌ی خود سهم ناوگان حمل و نقل عمومی -که به دلیل طولانی‌تر بودن مدت سفر دارای LCC بیشتری در مقایسه با دیگر روش‌های حمل و نقل است ـ در پاسخگویی به تقاضای حمل و نقل شهری را کاهش می‌دهد. همین امر، به‌طور نسبی آلاینده‌ها را منتشر می‌کند و از تأثیرگذاری سیاست‌ها در کاهش انتشار آلاینده‌ها می‌کاهد.



نمودار ۳ـ تأثیرگذاری سیاست‌های ترافیکی و زیست ـ محیطی بر میزان نشر گازهای آلاینده

باید توجه داشت قیمت‌های در نظر گرفته شده برای دو نوع خودرو هیبرید الکتریک و هیدروژنی چندان واقعی نیست، چرا که این فناوری‌ها تاکنون تجاری نشده‌اند. به‌طبع، در صورت وجود تفاوت شدید بین

هزینه‌های سرمایه‌ای این فناوری‌ها و فناوری‌های متعارف احتمال انتخاب این فناوری‌ها از سوی پرسش‌شوندگان کاهش می‌یابد.

۷- نتیجه‌گیری

در این مقاله یک مدل تلفیقی قیاسی- استقرایی برای شبیه سازی سیاست‌های فناوری محور در بخش‌های مختلف مصرف‌کننده‌ی انرژی با تکیه بر داده‌های واقعی مبتنی بر رفتار مصرف کننده معرفی شد. بر اساس نتایج اجرای این مدل، اعمال سیاست‌های فناوری محور در تغییر سهم بازار فناوری‌های حمل و نقل، به سمت فناوری‌های پاک و کاهش انتشار آلاینده‌ها تأثیر به‌سزایی دارد. پیش‌بینی مدل آن است که با ورود فناوری‌های جدید با هزینه‌ی چرخه‌ی عمر کم‌تر نسبت به فناوری‌های شناخته شده به بازار خودرو ، بیش از هفتاد درصد سهم بازار به این خودروها اختصاص یابد. افزون بر این، با ورود فناوری‌های جدید، میزان آلاینده‌های بخش حمل و نقل شهری تا حد چشمگیری کاهش خواهد یافت. از مقایسه‌ی اثرات سیاست‌های چهارگانه‌ی شبیه‌سازی شده در مدل ملاحظه می‌شود که افزایش قیمت بنزین بیشترین تأثیر را بر توسعه‌ی به کارگیری خودرودهای هیدروژنی و خودروهای دوگانه سوز برقی خواهد داشت. در صورت وضع مالیات بر نشر ،خودروهای دوگانه‌سوز با سوخت گازطبیعی و بنزین بالاترین سهم بازار را خواهند داشت که به‌دنبال آن خودروهای دوگانه‌سوز برقی ـ بنزینی قرار می‌گیرند. سیاست افزایش قیمت بنزین و به‌دنبال آن سیاست وضع مالیات بر نشر بیشترین تأثیر را در کاهش میزان انتشار آلاینده‌ها دارد.

منابع و مآخذ

دفتر برنامه‌ریزی انرژی وزارت نیرو، ترازنامه‌ی انرژی، ۱۳۸۵.

شرکت مطالعات جامع حمل و نقل و ترافیک تهران، حمل و نقل و ترافیک تهران در یک نگاه، ۱۳۸۶ و ۱۳۸۵.

Azar, C, Dowlatabadi, H., (1999), A Review of Technical Change in Assessment of Climate Policy, Annual Review of Energy Environment 24, pp 513-544.

Bunch, D., Bradley, M., Golob, T, Kitamura, R., (1993), Demand for Clean-Fuel Vehicles in California: A Discrete-Choice Stated Preference Pilot Study, Transportation Research 27A, pp 237-253.

DeCanio, S., Laitner, J., (1997), Modeling Technological Change in Energy Demand Forecasting: A Generalized Approach, Technological Forecasting and Social Change 55, pp 249-263.

Energy Technology Systems Analysis Programme, (2000), MARKAL Users, Retrieved, September8,2003, from http://www.ecn.nl/unit_bs/etsap/users/main.html.

Energy Technology Systems Analysis Programme, (2002), The MARKAL Family of Models, ETSAP News 7, pp 4-6, Retrieved September 8, 2003, from http://www.ecn.nl/unit_bs/etsap/newslet/etsap77.pdf.

Ewing, G., Sarigollu, E., (2000), Assessing Consumer Preferences for Clean-Fuel Vehicles: A Discrete Choice Experiment, Journal of Public Policy and Marketing 19, pp 106-118.

Fiddaman, T.S., Exploring Policy Options with a Behavioral Climate-Economy Model, System Dynamics Review 18, pp 243-267.

Gabriel, S., Kydes, A., Whitman, P, (2001), The National Energy Modeling System:A Large Scale Energy-Economic Equilibrium Model, Operations Research 49.

Horne, M., Rivers. N (2005), Improving behavioral realism in hybrid energy-economy models using discrete choice studies of personal transportation decisions, Energy Economics 27, pp 59– 77.

Jaccard, M., Bataille, C., (2000), Estimating Future Elasticities of Substitution for the Rebound Debate, Energy Policy 28, pp 451-455.

Jaccard, M., Hybrid energy economy Models and Endogenous Technological Change in Energy and Environment, eds. Loulou, Richard; Jean-Phillippe Waaub, and George Zaccour, , 2005, Springer, pp 81-110.

Jaccard, M., et all, (1998), Cost Curve Estimations for Reducing CO_2 Emissions in Canada:An Analysis by Project and Sector, from http://www.emrg.sfu.ca/ EMRGweb/pubarticles/Reports for Natural Resources Canada.

Louviere, J., Hensher, D., Swait, J., (2000), State Choice Methods, Analysis and Applications. Cambridge: Cambridge University Press.

McFadden, D., (2000), Disaggregate Behavioral Travel Demand's RUM Side: A 30-Year Retrospective, Prepared for a presentation at the International Association of Travel Behavior Analysts.

Montgomery, D., (2001), Design and Analysis of Experiments, New York: John Wiley.

Train, K., (1979), A Comparison of the Predictive Ability of Mode Choice Models with Various Levels of Complexity, Transportation Research 13A, pp11-16.

Train, K., (1985), Discount Rates in Consumers' Energy-Related Decisions: A Review of the Literature, Energy 10, pp1243-1253.

Train, K, (1986), Quantitative Choice Analysis: Theory, Econometrics, and an Application to Automobile Demand. Cambridge Mass., MIT Press.

Train, K., (2003), Discrete Choice Methods with Simulation, Cambridge University Press.

Washbrook, K., (2002), Assessing the Potential for Road and Parking Charges to Reduce Demand for Single Occupancy Vehicle Commuting in the Greater Vancouver Region, School of Resource and Environmental Management, 699.

World Bank Group, (2003), Environmental Energy Review (EER) – Iran.