مجله برنامه و بودجه، شمارهٔ ۳۸ و ۳۹، ص. ۱۰۱-۱۲۸.

مدلهای برآورد تابع تقاضای سوخت در بخش حمل و نقل

نویسنده: زهرا آخانی*

چکیده

امروزه اهمیت انرژی بر کسی پوشیده نیست، بنابراین، اقتصادشناسان برای برآورد و پیش‌بینی تقاضای انرژی (به ویژه فراورده‌های نفتی) در بخشهای مختلف و با توجه به اوضاع اقتصادی و اجتماعی هر کشور، مدلهایی پیشنهاد و آزمون کرده‌اند.

از آنجا که انرژی در بخشهای مختلف مصرف می‌شود و متغیرهای عمده تأثیرگذار بر مصرف انرژی در هر بخش متفاوت است. معرفی یک مدل کلی برای برآورد تقاضای انرژی در بخشهای اقتصادی، تورش ایجاد خواهد کرد. بدین روی، می‌توان با انتخاب مدل مناسب و متغیرهای مهم تأثیرگذار بر مصرف در هر بخش یا زیربخش اقتصادی، ضریبهای مربوطه را محاسبه کرد که از این طریق کمک شایانی به برنامه‌ریزان و سیاستگذاران در جهت انتخاب سیاستهای خود، از جمله تغییر قیمت و سیاستهای حمایتی می‌شود.

حمل و نقل، یکی از بخشهای مهم اقتصادی هر کشور به شمار می‌رود و جزو معدود بخشهایی است که در بیشتر کشورها، وابستگی تام به فراورده‌های نفتی دارد. از سوی دیگر، متغیرهای مهم این بخش، با توجه به اینکه تقاضای آن تقاضای مشتق می‌باشد، با بخشهای دیگر متفاوت است. در این مقاله، نمونه‌هایی از مدلهای مختلف را که برای برآورد تابع تقاضای سوخت در بخش حمل و نقل استفاده شده و در کشورها نیز آزمون گردیده، معرفی کرده‌ایم.

به طور خلاصه، در این مقاله، ۱۵ مدل معرفی شده که از مدلهای ساده به مدلهای پیچیده طبقه‌بندی شده است. از سوی دیگر، از آنجا که در بخش حمل و نقل نیز چند زیربخش (جاده‌ای، راه‌آهن، هوایی) وجود دارد، مدلهای هر زیربخش جداگانه معرفی شده‌اند که با توجه به اهمیت حمل و نقل جاده‌ای در کشورها، بیشتر مدلهای انتخابی، مربوط به تقاضای بنزین و گازوئیل در بخش

*کارشناس سازمان برنامه و بودجه استان مرکزی

جاده‌ای می‌باشد.

به طور کلی، متغیرهای مهم برای برآورد تقاضای سوخت در زیربخشهای حمل و نقل، شامل قیمت سوخت، درآمد قابل تصرف، تعداد وسایل نقلیه موجود، عمر وسایل نقلیه، نرخ استفاده و کارایی آنها، مسافر و تن کیلومتر حمل شده، قیمت خدمات حمل و نقل، وضعیت خاص هر کشور (سیاستهای دولت، وضعیت جنگی، آب و هوا و...) می‌باشد. با توجه به اینکه وارد کردن تمام متغیرها در یک مدل، از کارایی آن می‌کاهد، با در نظر گرفتن وضعیت خاص هر کشور، می‌توان یکی از مدلهای معرفی شده را انتخاب و برآورد کرد.

مقدمه

بشر تاکنون، اختراعات و اکتشافات زیادی کرده است. این اختراعات به گونه‌ای زندگی انسانها را متحول ساخته است که در یک لحظه، از هر نقطه دنیا به نقطه دیگر، اطلاعات وسیعی منتقل می‌شود. پژوهشگران، از طریق رایانه و شبکه‌های بین‌المللی، در خانه‌های خود، با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند و همزمان می‌توانند به بحث بپردازند و یافته‌های علمی و پژوهشی خود را به همکاران دیگر، در نقاط دیگر انتقال دهند. از طریق شبکه‌های بین المللی (اینترنت) روزانه ۱۰ تا ۲۰ میلیون اطلاع مبادله می‌شود. این سرعت انتقال، در جابه جایی انسانها و کالاها نیز صادق است. امروزه ارتباط بین قاره‌ها، کشورها، شهرها و روستاها با یکدیگر از طریق هواپیماهای غول‌پیکر، کشتیهای بزرگ، قطارهای سریع‌السیر و خودروها صورت می‌گیرد. سفرهایی که در زمانی نه چندان دور (۱۵۰ سال پیش) چند ماه یا چند سال طول می‌کشید و همواره با خطر بسیاری همراه بود، هم اکنون، با وسایل نقلیه امروزی، در طول کمتر از یک روز یا حتی چند ساعت و چند دقیقه انجام می‌شود. حتی سفر به ماورای زمین نیز به سادگی توسط سفینه‌های فضا پیما امکان‌پذیر شده است و انسان در صدد تسخیر کرات دیگر است. از سوی دیگر، پژوهشهایی برای بررسی امکان زندگی و بهره‌برداری از کرات دیگر، از قبیل مریخ، ماه و استفاده از آنها به‌عنوان محلی برای تدفین زباله‌هایی که حیات روی زمین را تهدید می‌کند، صورت می‌گیرد.

امروزه حمل و نقل یکی از مهمترین رشته‌های خدماتی هر کشور به شمار می‌رود. پیشرفت آن، نشانهٔ توسعه یافتگی کشور است، و برعکس، هر کشوری پیشرفته‌تر باشد، وسایل نقلیه، از سیستمهای مجهزتر و کارآمدتر در بخش حمل و نقل بهره می‌گیرد. بنابراین، رابطه دوطرفه‌ای میان

پیشرفت و توسعه اقتصادی و گسترش خدمات حمل و نقل وجود دارد. خدمات حمل و نقل به چند گروه تقسیم‌بندی می‌شود که هر کشور با توجه به موقعیت جغرافیایی خود، از بخش ویژه‌ای بیشتر استفاده می‌کند. برای مثال، کشورهایی که در میان آبها محصورند، خدمات حمل و نقل آبی و دریایی پیشرفته‌تری دارند یا کشورهایی که در محاصره خشکی هستند، از وسایل نقلیه زمینی و هوایی بیشتری استفاده می‌کنند. خدمات حمل و نقل، به گروههای زیر تقسیم بندی می‌شود:

الف) زمینی

- جاده‌ای
- درون شهری
- برون شهری
- راه‌آهن
- مترو : قطارهای زیر زمینی
- تراموا: قطارهای درون شهری
- راه‌آهن : قطارهای معمولی بین شهری

ب) هوایی

ج) دریایی

د) خط لوله

بخش جاده‌ای، مهمترین شاخه حمل و نقل است. این بخش، در هر کشوری، بالاترین سهم از لحاظ جابه جایی مسافر و کالا، و به همان نسبت، مصرف سوخت را به خود اختصاص داده است. در بیشتر کشورها - به استثنای کشورهای با برنامه‌ریزی متمرکز - بیش از ۷۵ درصد از سوخت مصرفی در بخش زمینی - جاده‌ای به‌کار می‌رود. هم اکنون، نزدیک به ۷۰۰ میلیون وسیله نقلیه در جهان در حال تردد است و هر وسیله، بنا به خصوصیات، مدل و کارایی موتور، مصرف سوخت متفاوتی دارد. برای مثال، در اروپا، هر خودرو برای طی یک مسافت ۴۰ کیلومتری، ۴ لیتر بنزین مصرف می‌کند. ولی در ایران برای رسیدن به مقصدی در فاصلهٔ ۴۰ کیلومتری باید دو برابر طول

این مسیر و چهار برابر سوخت مصرف شود.[۱]*

سوخت مصرفی وسایل نقلیه در بخش زمینی عموماً بنزین و گازوئیل است. البته در بعضی کشورها، از جمله هند و برزیل، از الکل حاصل از نیشکر یا از گاز طبیعی فشرده نیز برای سوخت خودروها استفاده می‌شود، ولی به سبب محدودیت تولید نیشکر و عدم گسترش وسایل نقلیه گازسوز، سوخت حاصل از آنها در حال حاضر، جایگزین جهانی برای خودروها نخواهد بود. ماشینهای سبک، از قبیل خودروهای شخصی، وانت‌بار و موتورسیکلت، بنزین، و ماشینهای سنگین، از قبیل کامیون، اتوبوس، مینی‌بوس و انواع تریلرها، گازوئیل مصرف می‌کنند.

سوخت بخش راه آهن برون شهری نیز گازوئیل است. البته بعضی از خطوط راه‌آهن، برقی است (از جمله خط آهن آذربایجان - جلفا). در بعضی از کشورهایی که منابع نفتی ندارند نیز از زغال سنگ استفاده می‌شود.

بخش هوایی، یکی از بخشهای نوین و با حساسیت بالاست که رشدی روزافزون دارد. سوختهای مصرفی این بخش، نفت جت (ATK)، بنزین هواپیما و سوخت جت (JP4) می‌باشد.

بنابراین، منبع عمده تأمین انرژی این بخش فراورده‌های نفتی است و تقریباً ۹۸ درصد انرژی این بخش از این نوع انرژی تأمین می‌گردد. البته این مقدار، آسفالت، روغنهای ماشین و مصرف انرژی برای تولید وسایل نقلیه را در برنمی‌گیرد. بدین ترتیب، می‌توان گفت که بخش حمل و نقل، به عنوان یکی از معدود بخشهایی است که وابستگی آن به نفت ۱۰۰ درصد است. اما از آنجا که منابع نفتی پایان‌پذیر است و در آیندهٔ نزدیک نیز انتظار نمی‌رود که جایگزینی برای فراورده‌های نفتی مورد مصرف در بخش حمل و نقل کشف شود، بنابراین، باید با برنامه‌ریزی صحیح از موجودی منابع نفتی استفاده کرد. پیش از هر برنامه‌ریزی، باید مطالعات مفصلی انجام داد. تاکنون مطالعات انجام شده در زمینه وضعیت و چگونگی تقاضای فراورده‌های نفتی با ملاحظه تأثیرات آن بر اقتصاد (مجموعه همهٔ بخشهای اقتصادی) بوده‌است. نظر به اینکه ماهیت هر بخش با بخش دیگر کاملاً متفاوت است و متغیرهای تأثیرگذار بر مصرف نیز با هم فرق می‌کند، بنابراین، مطالعهٔ بخشی ضروری به نظر می‌رسد. حتی در مطالعه یک بخش نیز نباید آن را به طور کلی در نظرگرفت،

* اعداد تُک داخل دو کمان، به منابع و یادداشتهای پایان مقاله اشاره دارد.

بلکه باید هر بخش را به زیر بخشهای مجزا تقسیم نمود.

همان طور که اشاره کردیم، در بخش حمل و نقل از فراورده‌های نفتی متعددی استفاده می‌کنند که برخی از آنها مختص زیربخشی از حمل و نقل است. این فراورده‌ها، عبارت است از: بنزین و سوختهای هوایی، شامل نفت جت، بنزین هواپیما و بنزین جت. اما گازوئیل در دیگر بخشهای اقتصادی نیز کاربرد دارد. البته در بعضی موارد نیز از گاز طبیعی به‌عنوان سوخت خودروها استفاده می‌شود، ولی به علت عدم گسترش آن، فعلاً از مطالعه مصرف گاز صرف‌نظر می‌کنیم.

بنابر اهمیت حیاتی بخش حمل و نقل در اقتصاد کشورها و با توجه به وابستگی شدید این بخش به فراورده‌های نفتی، در مقاله حاضر کوشیده‌ایم تا انواع مختلف تابع تقاضای سوخت در این بخش را که در بیشتر کشورها مورد استفاده قرار می‌گیرند، معرفی کنیم.

۱. نظرهای ارائه شده درباره تقاضای سوخت در بخش حمل و نقل

تعریف تقاضا به چندین قرن پیش برمی‌گردد. در بررسی تاریخی در تعریف تقاضا، به دو نظریه عمده برمی‌خوریم که مربوط به اقتصادشناسان و آمارشناسان است.

۱. اقتصادشناسان، در تعریف تقاضا، قوانین عمومی نظیر عملکرد بازار را عامل عمده می‌دانستند.

۲. آمارشناسان، تقاضا را باتوجه به قوانین روانی و ترجیحات مصرف‌کننده تعریف می‌کردند.

در طول زمان، با گسترش پژوهشها در زمینه‌های علمی و نظری، تحلیل تقاضا با پشتوانه نظریه‌های علمی قوی به صورت کاربرد عملی درآمد.

نخستین کار عملی را در سال ۱۶۹۹ میلادی، داونانت[1] منتشر کرد که مربوط به جدول تقاضای گندم بود. در سده هیجدهم، افرادی چون ورن[2] و لوید[3]، اثر عرضه و تقاضا را روی قیمت بررسی کردند. در سال ۱۷۶۶، آدام اسمیت نوشت: "مقدار تقاضا، به تغییرات قیمت و بالعکس وابسته

1. Davenant
2. Vern
3. Lloyd

است. همچنین عرضه به قیمت وابسته است". در سال ۱۷۳۳، برنولی در مورد اصول نظریه ترجیحات نوشت: "افزایش در ثروت فرق نمی‌کند که کم و ناچیز باشد، همیشه افزایش در مطلوبیت را به دنبال دارد و نسبت معکوس با مقدار کالایی دارد که قبلاً مصرف می‌کرده است."

گوسن، جونز، والراس و اجورث[1] و اقتصادشناسان ریاضی، مفهوم مطلوبیت برنولی را تأیید نمودند و ثابت کردند که تابع تقاضا نزولی است.

اجورث مفهوم منحنیهای بی‌تفاوتی را پایه گذاری کرد. فیشر و پارتو، اصول اساسی نظریه مدون را براساس مطلوبیت اوردینال و کاردینال پایه نهادند و نرخ نهایی جایگزینی را به جای مطلوبیت نهایی نزولی معرفی کردند. اسلاتسکی، این مجموعه را در سال ۱۹۱۵، با استفاده از ریاضیات، تکمیل کرد. بحث منحنی تقاضا گسترش یافت و کارهای اولیه بررسی اثر درآمدی بر الگوی مصرف را آمارشناسانی نظیر باکستر، دوپیتوکس[2] دیکتریسی[3] و لیپلای[4] انجام دادند. آنها بودجه خانوار را به صورت جدول درآوردند. در اواخر سده نوزدهم، مارشال، نظریه‌ها و کارهای تجربی را با هم تلفیق کرد و کار وی اقتصادشناسان کشاورزی را تشویق کرد که از فن جدیدی برای تحلیل بازار منفرد و همبستگی آن استفاده کنند. مارشال مفاهیم کشش تقاضا را به طور منظم ارائه داد.

در سال ۱۹۰۷، بنینی تابع تقاضای قهوه در ایتالیا را با استفاده از تحلیل و رگرسیون انجام داد و در سال ۱۹۱۰، پیگو اثر مستقیم را زیر سؤال برد و تحلیل خود را روی اثرهای غیر مستقیم متمرکز کرد. او در کارهای خود فرضیه خواسته‌های مستقل را در نظر گرفت. در دهۀ ۱۹۳۰، مدلهای نوینی که تأکید بر سریهای زمانی داشتند، مورد توجه قرار گرفت. افرادی نظیر بویلی، آلن، هیکس، اسلاتسکی و شولتز تحلیل روی بودجه خانوار را با استفاده از داده‌های مقطعی شروع کردند. آنها تحلیل کلاسیکها در مورد تقاضا را نیز بررسی کردند که منطبق با کار ساموئلسن بود. به طور کلی، کلاسیکها می‌خواستند به پرسشهایی از قبیل تابع تقاضا چه شکلی دارد و چگونه به دست می‌آید؟ کشش درآمدی و قیمتی کالای X چقدر است؟ پاسخ دهند. این پرسشها زمانی که وسایل الکترونیک کشف شد، به آسانی قابل پاسخ دادن بود. آنها برای اینکه به پرسشهای خود پاسخ داده

1. Edjeworth
2. Duepetiaux
3. Dicterici
4. Leplay

باشند، تابع تقاضای منفرد را در نظر گرفتند. خلاصه آنکه اقتصادشناسان تقاضا و منحنی تقاضا را این گونه تعریف کرده‌اند: "رابطه تبعی که بین مقادیر خریداری شده از یک کالا با قیمت خود کالا و قیمتهای سایر کالاها و درآمد و یا مخارج کل و سایر متغیرهای مربوطه برقرار است". و "منحنی تقاضا، عبارت از ارتباط دهنده‌ای است که تعادل بین مقدارهای خریداری شده کالا را با قیمت بازار آن کالا برقرار می‌سازد. در حالی که درآمد پولی اسمی و قیمت اسمی کالاهای دیگر ثابت نگه‌داشته شود." (۲)

همان‌گونه که اشاره کردیم، از سده هفدهم تاکنون، بحثهای بسیاری در مورد تابع تقاضا و خصوصیات آن مطرح شده است. بعضی افراد، توابع تقاضا را از حداکثرکردن تابع مطلوبیت نسبت به قید بودجه به دست می‌آورند که از عقلایی بودن مصرف کننده نشأت می‌گیرد. این نوع توابع، دارای چهار خاصیت است که شامل همگن بودن از درجهٔ صفر، خاصیت جمع‌پذیری، اثر جایگزینی منفی، تقارن اثرهای متقاطع می‌باشد. نوع دیگر توابع تقاضا، تقاضای مشتق است. برای مثال، رانندگان بنزین مصرف می‌کنند و مصرف آن برای تولید خدمات حمل و نقل می‌باشد، بنابراین، مصرف آن، مصرف نهایی نیست و تقاضای بنزین از تقاضای حمل و نقل مشتق می‌شود. هرچه تقاضای حمل و نقل افزایش یابد، تقاضا برای بنزین نیز افزایش می‌یابد. تقاضای مشتق، عبارت است از "تقاضای یک کالا برای تولید کالاهای دیگر". عواملی که در تقاضای حمل و نقل اثر دارد، به طور مستقیم و غیر مستقیم، روی تقاضای بنزین، نیز اثر دارد که در تابع تقاضای بنزین، این عوامل باید در نظر گرفته شود.

از تکانه اول نفتی (سال ۱۹۷۳) که بیم کمبود نفت می‌رفت، مطالعات تقاضای انرژی به سرعت گسترش یافت؛ البته مطالعات در این زمینه به دو دههٔ ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ میلادی برمی‌گردد. اما بروز تکانه اول و دوم نفتی (در سال ۱۹۷۹ مصادف با پیروزی انقلاب اسلامی ایران)، سیاستگذاران را بر آن داشت که آثار منفی کمبود عرضهٔ انرژی را کاهش دهند. در این رهیافت، نیاز به ابزارهایی برای پیش‌بینی تقاضای انرژی وجود داشت. این ابزارها مدلهای اقتصاد سنجی است که شامل چندین متغیر با روابط پیچیدهٔ ریاضی می‌باشد و نتایج آنها، برای اتخاذ سیاستهای مناسب استفاده می‌شد. به طور کلی، بحث تقاضای انرژی به چهار گروه تقسیم می‌شود:

۱. مدلهایی که ارتباط مصرف و کل متغیرهای اقتصادی را آزمون می‌کند.

۲. مدلهایی که تخصیص سوخت را با توجه به نوع سوخت مصرفی در اقتصاد یا در بخش ویژه بهینه می‌کند.

۳. مدلهای تقاضای انرژی بخشی که مصرف را در بخش یا زیربخش ویژه اقتصادی بررسی می‌کند.

۴. مدلهای سیستمهای انرژی که بررسی کلی از عرضه و تقاضا برای انواع منابع انرژی و مقایسه‌های بین‌المللی را ممکن می‌سازد.(۳)

در مطالعه حاضر، تمرکز روی نوع سوم است.

۲. مدلهای مختلف تقاضای سوخت در بخش حمل و نقل

الف) بخش جاده‌ای[۱]

۱) مدل نوع اول

$$G = f_1 (P_G \text{ و} y)$$

$$\text{یا } \mathrm{LnG} = \alpha_0 + \alpha_1 \mathrm{LnP_G} + \alpha_2 \mathrm{Ln\ y} + u_{it}$$

این مدل به "مدلهای ایستا" یا "استاتیک" معروف می‌باشد. در این مدل، فرض می‌شود که تقاضا برای سوخت، تابعی از قیمت سوخت و درآمد واقعی یا درآمد قابل تصرف واقعی کشور است. با توجه به اینکه در بعضی کشورها، قیمت سوخت، کنترل شده می‌باشد و اثرهای آن واقعی نیست، و از طرفی، میزان مصرف به تعداد وسایل نقلیه بستگی دارد و به‌کار بردن مدل اول تعدیلها را طولانی‌تر از دورهٔ مورد استفاده در تخمین نشان می‌دهد و زمانی که به صورت سری زمانی استفاده می‌شود، همهٔ تعدیلها را در نظر نمی‌گیرد، بنابراین، در صورت دسترسی به آمار و اطلاعات دیگر، به‌کار بردن چنین مدلی، به ویژه در کشورهایی که قیمت سوخت تحت کنترل دولت است، مناسب نیست.

---

۱. این مدلها عمدتاً برای برآورد تقاضای بنزین استفاده می‌شود.

۲. مدل نوع دوم

نوع دوم به مدلهای پویا معروف است و از این نشأت می‌گیرد که در طول زمان تطبیق انجام می‌شود و مصرف‌کنندگان، زمانی که درآمد یا قیمت تغییر می‌کند، در همان زمان واکنش نشان نمی‌دهند، بلکه یک سال بعد رفتار خود را با وضعیت جدید منطبق می‌کنند. مصرف سال بعد، ناشی از نرخ استفاده از وسایل می‌باشد که این نیز تابعی از متغیرهای اقتصادی، نظیر درآمد و قیمت است. در چنین مدلهایی، تعدیل با استفاده از مدل تعدیل کلاسیک تقاضا، صورت می‌گیرد. بنابراین، فرض می‌کنیم G^* مقدار مطلوب و مورد دلخواه[1] است و تابعی از قیمت و درآمد می‌باشد.

$$G^* = f(P_G, Y_t)$$

$$G^* = \alpha P_G^{\alpha} Y_E^{\beta}$$

$$\frac{G_t}{G_{t-1}} = \left(\frac{G_t^*}{G_{t-1}}\right)^{\theta} \qquad \& \qquad 0 < \theta < 1$$

$$\mathrm{Ln}G_t - \mathrm{Ln}\, G_{t-1} = \theta \mathrm{Ln}\, G_t^* - \theta \mathrm{Ln}\, G_{t-1}$$

$$\mathrm{Ln}G_t = \gamma_0 \mathrm{Ln}\alpha + \gamma_1 \mathrm{Ln}P_t + \gamma_2 \mathrm{Ln}Y + (1-\theta)\, \mathrm{Ln}\, G_{t-1}$$

چون G_t^* مورد دلخواه قابل دسترسی نیست، بنابراین، با استفاده از فرایند تعدیل ساده، به فرم نهایی تابع دست می‌یابیم.

این مدل، فرض می‌کند که نرخ استفاده از وسایل برای همهٔ انواع وسایل خودروها یکسان است و به خصوصیات و مدل آن بستگی ندارد.(۴) از آنجا که عامل عمده مصرف سوخت در بخش حمل و نقل، ویژگی، نوع و تعداد خودروهاست و از نظر کشورها نیز وضعیت متفاوتی نسبت به یکدیگر دارند، مدل فوق پاسخگوی کاملی برای تقاضا نخواهد بود. البته به دلیل سادگی و پویابودن مدل، بیشتر مطالعات کاربرد فراوانی دارد، و از سوی دیگر، به آسانی می‌توان کشش کوتاه‌مدت و بلند مدت قیمتی و درآمدی را محاسبه نمود.

در مدل فوق، کشش کوتاه مدت قیمت γ_1 و درآمد γ_2 است و کششهای بلند مدت از تقسیم

1. Desired

کشش کوتاه مدت بر عکس ضریب تعدیل می‌باشد.

$$\text{کشش بلند مدت قیمتی} = \frac{\gamma_1}{1-\theta}$$

$$\text{کشش بلند مدت درآمدی} = \frac{\gamma_2}{1-\theta}$$

در عمل، تقریباً در بیش از نیمی از مطالعات، از این مدل استفاده شده است که به این مدل، مدل با وقفه درونزا[1] نیز می‌گویند و با LE نشان می‌دهند.

۳. مدل نوع سوم

$$G = f_3 (P_G , Y , V)$$

V: موجودی وسایل نقلیه

دو مدل فوق، مبتنی بر متغیرهای کلان اقتصادی می‌باشد و مطابق با نظریه عمومی تقاضاست. تابع تقاضای سوخت در بخش حمل و نقل، ماهیتی متفاوت با کالاهای دیگر دارد. این تابع تقاضا، تابع تقاضای مشتق است، و از سوی دیگر، علاوه بر قیمت سوخت و درآمد، تعداد خودروهای موجود بر تقاضا اثر می‌گذارد. بنابراین، باید موجودی خودروهای کشور را در مدل در نظر گرفت. بر این اساس، مصرف تابعی از قیمت، درآمد و موجودی وسایل نقلیه است. در این مدل، کششهای درآمدی و قیمتی اثرهای کوتاه‌مدت را بیان می‌کند، ولی اثرهای بلند مدت توسط ضریب موجودی وسایل نقلیه توضیح داده خواهد شد.(۵)

۴. مدل نوع چهارم

$$G = f_4 (P_G , Y, V, Char)$$

Char: نوع خصوصیات مدل خودروها

اگرچه موجودی وسایل نقلیه به عنوان یکی از متغیرهای مهم در تابع تقاضای سوخت به شمار می‌رود، اما نرخ استفاده از آن، خصوصیات و اندازه کارایی خودرو، بر تقاضا اثر مهمی دارد. این

1. Lagged Endogenous

عوامل نسبت به قیمت نیز حساس هستند. زیرا زمانی که قیمت سوخت پایین باشد، ترددها و استفاده از خودرو افزایش می‌یابد. کارایی نیز نسبت به قیمت حساس است، زیرا زمانی که قیمت سوخت بالا رود، رانندهٔ وسیلهٔ نقلیه با توجه به هزینهٔ تعمیرات، سعی در بهبود دستگاه موتور و تنظیم موتور و مانند اینها می‌کند. بنابراین، بهتر است وسایل نقلیه یا جانشین[1] آن را وارد مدل کرد. مدلهایی که شامل متغیر کارایی و خصوصیت خودرو باشند "مدلهای خصوصیات"[2] نامیده می‌شوند. (۶)

نمونه‌هایی از این مدل که کارایی وسایل نقلیه را وارد کرده‌اند، مربوط به مطالعات سوئینی و پیندایک، بادی و والتر می‌باشد. در زیر، هر یک از این مدلها را توضیح خواهیم داد.

یکم - مطالعهٔ سوئینی

تعداد خودروها × مصرف سوخت خودرو × مسافت پیموده شده = مصرف سوخت

تعداد خودروها × کارایی خودرو × استفاده از خودرو = مصرف سوخت

$$G = U \times \frac{1}{E} \times V \qquad (۱)$$

مطالعهٔ سوئینی مبتنی بر این روش می‌باشد که خودروها را براساس خصوصیات و مدل در یک سال گروهبندی می‌کنند و توجه خود را روی فرایند تعدیل موجودی وسایل نقلیه و استفاده از این وسایل متمرکز می‌کند. متغیرهای مهمی که بر مصرف سوخت اثر دارند، متوسط کارایی ناوگان می‌باشد که کارایی را مایل در هر گالن تعریف می‌کند. از سوی دیگر، کل خودروها را بر اساس خصوصیات و یکسانی کارایی، طبقه‌بندی کرده و متوسط وزن کل ناوگان را از این طریق به دست می‌آورد. کل مصرف سوخت در هر کشور، از جمع مصرف هر خودرو یا هر گروه از خودروها به‌دست می‌آید.

$$Gas = \sum_{i=} \frac{VMPC_i^* Ni}{mpg_i} \qquad (۲)$$

Gas : سوخت مصرف شده توسط خودروهای شخصی

$VMPC_i$: مسافت پیموده شده در خودروهای گروه i به مایل

1. Praxy
2. Charactristic Models

mpg_i: کارایی (مصرف مایل در گالن) خودروهای گروه i

از سوی دیگر، می‌توان نوشت:

$$VM = AVMPC \times N \qquad (۳)$$

VM: مسافتی (به مایل) که توسط ناوگان خودروها حاصل شده است.

N: تعداد خودروها

AVMPC: متوسط مسافت پیموده شده به مایل در هر وسیله است.

با استفاده از معادلهٔ (۳) می‌توان معادلهٔ (۲) را به صورت زیر نوشت:

$$Gas = \{ \sum (\frac{1}{mpg_i}) (\frac{VMpc_i}{AVMPC} * \frac{N_i}{N}) \} VM, \qquad (۴)$$

$$Gas = \frac{VM}{AMPg} \qquad (۵)$$

$$Ampg = 1 / \{ \sum_{i=-\infty}^{i} (\frac{1}{mpg_i}) (\frac{VMPC_{it}}{AVMPC_t}) (\frac{N_{it}}{N_t}) \} \qquad (۶)$$

t: زمان

Ampg متوسط کارایی هر گروه است که متوسط کارایی ناوگان را نیز بیان می‌کند. معادلهٔ (۵) معرف آن است که مصرف سوخت به مسافت پیموده شده، نرخ استفاده از خودرو و موجودی خودرو، بستگی دارد. این متغیرها خود، تابعی از متغیرهای کلان اقتصادی، نظیر درآمد، هزینه رانندگی، قیمتها و جز اینها می‌باشد.

در این حالت، مصرف کننده با دو انتخاب روبه روست. او می‌تواند از میان مسافت پیموده شده یا تعداد سفرها و بالا بردن کارایی خودرو، دست کم یکی را برگزیند. رابطهٔ (۵) را می‌توان به صورت لگاریتمی در نظر گرفت و از آنجا که VM و Ampg تابعی از متغیرهای کلان اقتصادی است، بنابراین، سوخت نیز تابعی از درآمد، هزینه رانندگی، قیمتها و ... می‌باشد.(۷)

دوم - مطالعه پیندایک

نوع دوم مدلهایی که کارایی را در نظر می‌گیرند، از مطالعات پیندیک حاصل شده است. در این

مدل مصرف سوخت در هر کشوری برابر است با تعداد خودرو ضرب در حجم ترافیک یا مسافت پیموده شده (به مایل) خودروها که بر کارایی خودرو تقسیم می‌شود.

$$G = \frac{V \cdot TVPC}{E} - V_t = (1 - r)\, V_t + NR_t \qquad (۱)$$

$$V_t = (1 - r)\, V_t + NR_t \qquad (۲)$$

V: موجودی خودرو G: مصرف سوخت

TVPC: حجم ترافیک خودرو (به طور متوسط، کیلومتر طی شده توسط هر خودرو در سال)

E: کارایی خودرو (مقدار مایل یا گالن مصرف شده در یک مایل یا یک کیلومتر را کارایی خودرو گویند)

r: نرخ استهلاک NR: کل خودروهای اضافه شده در سال

مصرف سوخت از رابطه (۱) به دست می‌آید که تابعی از موجودی خودرو، حجم ترافیک و کارایی ماشینهاست.

کارایی و موجودی خودروها نسبت به تغییرات قیمت در کوتاه مدت حساسیت کمتری دارد. ولی حجم ترافیک نسبت به تغییرات قیمت بیشتر اثر پذیر است. موجودی خودرو، بیش از آنکه به تغییرات قیمت سوخت و درآمد وابسته باشد، به موجودی جدید شماره گذاری خودروها و نرخ استهلاک بستگی دارد. شماره گذاری خودروهای جدید، موجودی واقعی است که با موجودی مورد دلخواه نزدیک است. موجودی مطلوب و مورد دلخواه، تابعی از قیمت ماشینها (P_c)، قیمت سوخت (P_G) و درآمد (y) است. بنابراین موجودی سرانه جدید به موجودی مطلوب سرانه ($\frac{V^*}{POP}$) بستگی دارد.

$$\frac{NR_t}{POP_t} = \omega \left(\frac{V_t^*}{POP_t} - \frac{V_{t-1}}{POP_{t-1}} \right) + r \left(\frac{V_{t-1}}{POP_{t-1}} \right) + \lambda \frac{NR_{t-1}}{POP_{t-1}}$$

$$\frac{NR_t}{POP_t} = \alpha_0 + \alpha_1 Pc + \alpha_2 P_G + \alpha_4 \frac{Y}{POP} - (W - r) \left(\frac{V_{t-1}}{POP_{t-1}} \right) + \lambda \frac{NR_{t-1}}{POP_{t-1}} \qquad (۳)$$

PoP : جمعیت

V^* : موجودی مطلوب خودروهاست و تابعی خطی از P_G و P_c و y و NR است.

w سرعت تعدیل کوتاه مدت و $\frac{w}{1-\lambda}$ بلندمدت است .

نرخ استهلاک نیز برای کشورهای مختلف، متفاوت است و تابعی از قیمت و درآمد می‌باشد. با افزایش درآمد، استهلاک بیشتر می‌شود (مصرف کنندگان قادرند خودروهای جدیدتری خریداری کنند.) و قیمت بالای ماشین، نرخ استهلاک را کاهش می‌دهد.

$$r = \sum b_{0t} D_t + b \frac{Y}{POP} + b_2 Pc \qquad (۴)$$

D : متغیر مجازی

معادله‌های (۲)، (۳) و (۴) موجودی خودروها را توصیف می‌کند.

TVPC به درآمد سرانه و قیمت سوخت بستگی دارد، که با قیمت رابطه منفی و با درآمد سرانه رابطه مثبت دارد:

$$\log TVPC = \sum c_i D_t + c_1 \log \frac{Y}{POP} + c_2 \log P_G + c_4 \log TVPC_{t-1} \qquad (۵)$$

معادلهٔ (۶) کارایی سوخت را توصیف می‌کند. متوسط کارایی به تغییرات قیمت با یک وقفه زمانی بستگی دارد:

$$\log \left(\frac{1}{E}\right) = \sum d_{oi} D_c + d_t \log pc + d_2 \log \frac{1}{E_{t-1}} \qquad (۶)$$

در معادلهٔ (۶) افزایش کارایی با افزایش قیمت به یک نسبت می‌باشد و محدودیتی در این زمینه وجود ندارد. بنابراین، برای رفع مشکل فوق از معادلهٔ زیر استفاده می‌شود.

$$\log \frac{1}{E - K} = \sum d'_{oi} D_t + d'_1 \log P_G + d'_2 \log \frac{1}{E_{t-1} - K_0} \qquad (۷)$$

در این صورت، می‌توان معادله‌های (۳)، (۴)، (۵)، (۷) و (۲) را تخمین زد.[۸]

$$K = \frac{1}{EMax}$$

سوم - مطالعه بادی، گریفین

مطالعه آنها مبتنی بر اتحاد مصرف سوخت می‌باشد که در مطالعه سوئینی ذکر شد.

$$G = U \cdot \frac{1}{E} \cdot V = \frac{UV}{E} \qquad (۱)$$

$$\frac{G}{V} = \frac{U}{E} \qquad (۲)$$

رابطهٔ (۱) مصرف سوخت را توصیف می‌کند. مصرف سوخت به تعداد خودروها، کارایی و

نرخ استفاده از آن (V , $\frac{1}{E}$, U) بستگی دارد. به علت عدم دسترسی به کیلومتر رانده شده (U) و مصرف سوخت در هر کیلومتر ($\frac{1}{E}$)، دو عامل U و $\frac{1}{E}$ را با هم ترکیب می‌کنیم.

$$U = f(Y / N , P_G)$$

Y/N: درآمد سرانه P_G: قیمت واقعی سوخت

U تابعی از درآمد و قیمت است. افزایش موجودی خودروهای سرانه ($\frac{V}{N}$)، احتمالاً به کاهش نرخ استفاده از خودروها می‌انجامد. زیرا در خانواری که دو خودرو وجود دارد، الزاماً کیلومتر رانده شده دو برابر زمانی که یک خودرو در اختیار دارند، نیست. اما در کشورهای جهان سوم و کشورهایی که تعداد خودروها بازار را اشباع نکرده است، افزایش موجودی خودروهای سرانه، به افزایش نرخ استفاده از خودروها منجر می‌شود.

$$\text{Log}(\frac{G}{V}) = \alpha_0 + \alpha_1 \log(\frac{Y}{N}) + \alpha_2 \log(P_G) + \alpha_3 \log(\frac{V}{N}) + \alpha_4 \log E \qquad (۳)$$

در معادله فوق، کارایی ناوگان خودروهای موجود (E) توسط خصوصیات فنی خودروها تعیین می‌شود. از سوی دیگر، فرض می‌شود درآمد سرانه ($\frac{Y}{N}$) و قیمت سوخت ($\frac{PG}{P}$) کارایی خودرو را تعیین می‌کند. با توجه به اینکه موجودی خودروها عمر مفید ۸ تا ۱۰ سال دارند، کارایی سوخت (E) به وقفه‌های توزیعی (L) درآمد سرانه و قیمت بستگی دارد.

$$\text{LogE} = \delta + \delta(l) \log(\frac{Y}{N}) + B(l) \log P_G \qquad (۴)$$

از آنجا که در هر دوره از زمان، خودروها از لحاظ عمر متفاوت هستند، فرض می‌شود که مدلهای یک سال دارای کارایی یکسانی است و با استفاده از وقفه‌های توزیعی برای سالهای مختلف تابع کارایی را به دست می‌آوریم. رابطه (۴) را در (۳) قرار می‌دهیم:

$$\log(\frac{G}{V}) = \gamma^* + \gamma^*(L) \log(\frac{Y}{N}) + \beta^*(L) \log P_G + \alpha_4 \log \frac{V}{N} \qquad (۵)$$

L: نمادی برای وقفه‌هاست.

این نوع مدل، هم شامل وسایل نقلیه و هم ارزشهای وقفه‌ای از قیمت و درآمد است. این مدل "Vehicle Other Lag Model" نامیده می‌شود.[۹]

چهارم - مطالعه والتر، واسر

رابطهٔ (۱) را برای کل خودروها در نظر گرفته و مصرف کل را از طریق جمع رابطه در زمان t به دست می‌آوریم:

$$G_t = \sum_{i=1}^{n} \frac{U_{it}}{E_{it}} \qquad (۱)$$

معادلهٔ (۱) را در $\frac{U_t}{U_t}$ ضرب می‌کنیم و سپس آن را ساده می‌کنیم که معادلهٔ زیر حاصل می‌شود:

$$G_t = \frac{U_t}{E_t} \quad \& \quad U_t = \sum u_{it} \qquad (۲)$$

$$E_t = \frac{1}{\sum (1/E^*_{it} \cdot u_{it} / U_t)} \qquad (۳)$$

معادلهٔ (۳) را به صورت لگاریتمی در نظر می‌گیریم. در این معادله U_t تابعی از متغیرهای زیر است:

$$U_t = \alpha_0 - \alpha(L)\, PG_t + \alpha_2 (L)\, PP_t + \alpha_3 (L)\, Y_t + \alpha_4 (L)\, V_{t-1} + \varepsilon_{it} \qquad (۴)$$

متوسط کارایی وسایل نقلیه در هر لحظه از زمان معلوم است و به خصوصیات و ویژگیهای خودروها بستگی دارد. البته کارایی از عادات رانندگی نیز اثر می‌پذیرد. فرض می‌شود کارایی خودروها به صورت معادله (۵)، می‌باشد در آن معادله (L) نمایانگر وقفه‌هاست. کارایی برای مدلهای مختلف هر سال متفاوت است. بنابراین، از شکل باوقفه برای بیان مطلب فوق استفاده می‌شود.

$$E_t = B_0 + B_1(l)\, P_{Gt} - B_2 (l)\, Y_t + \varepsilon_{2t} \qquad (۵)$$

معادله (۵) ساختار سنی وسایل نقلیه را نشان می‌دهد. رابطه (۴) و (۵) را در رابطه (۳) با فرم لگاریتمی قرار می‌دهیم:

$$G_t = (\alpha_0 - B_0) - (\alpha_1 (l) + B_1(l))P_{Gt} + \alpha_2(l)\, P_{pt} + (\alpha_3 (l)\, B_4(l)Y) + \alpha_4(l)V_{t-1} + \varepsilon_{1t} - \varepsilon_{2t} \qquad (۶)$$

البته می‌توان تعداد موجودی وسایل نقلیه (V) را نیز از طریق معادله‌های (۷) و (۸) به‌دست آورد.

فرض می‌کنیم موجودی مطلوب V^* تابعی از ارزش انتظاری برنامه‌ریزیهاست، بنابراین:

$$V_t^* = \delta_0 - \delta_1(l)\, PG_t + \delta_2 PN_t + \delta_3(l)\, Y_t + \delta_4(l) QPR_t - \delta_5(l)\, QPUB_t + \varepsilon_{3t} \quad (۷)$$

با استفاده از تعدیل جزئی می‌توان V واقعی را به‌دست آورد.(۱۰)

$$V_t^* = \delta_0 - \delta_1(l)\, PG_t + \delta_2 PN_t + \delta_3(l)\, Y_t + \delta_4(l) QPR_t - \delta_5(l)\, QPUB_t + \varepsilon_{3t}$$

$$V_t = k\delta_0 - \delta_1^*(l)\, PG - \delta_2^*(l)\, Y_t + \delta_3^*(l)\, P_{Nt} \quad (۸)$$

$$\delta_3^*(l)\, P_{Nt} + \delta_4^*(l) QPR_t + \delta_5^*(l)\, QPUB_t + (1-k) V_{t-1} + \varepsilon_{3t}$$

PP: شاخص قیمتها — E_t : متوسط وزنی کارایی خودروها

E_i: کارایی خودرو iام — U_t: کل کیلومتر پیموده شده

U_i: نرخ استفاده از خودرو i — Y_t: درآمد واقعی

P_G: قیمت اسمی سوخت — V_t: تعداد وسایل نقلیه

V^*: تعداد وسایل نقلیه مطلوب — ρ: سرعت تعدیل، $0<\rho<1$

QPR: ترافیک شبکه خصوصی خدمات حمل و نقل — P_N: هزینه خودروهای جدید

۵. مدل نوع پنجم

در این مدل، مانند مدل قبل، ابتدا فرض می‌شود کل مصرف سوخت از حاصل ضرب نرخ استفاده از خودروها در تعداد موجودی خودروها به دست می‌آید.

$$G_t = U_t V_t \quad (۱)$$

فرم لگاریتمی آن را در نظر می‌گیریم:

$$\text{Log } G_t = \text{Log}U_t + \text{Log}V_t \quad (۲)$$

نرخ استفاده از خودرو U_t تابعی از قیمت سوخت و درآمد است.

$$\text{Log}U_t = \alpha_1 + \alpha_1 \text{Log}\left(\frac{pg}{P}\right)_t + \alpha_2 \text{Log}Y_3 \quad (۳)$$

تعداد خودروهای مطلوب V^* نیز تابعی از قیمت بنزین، درآمد و قیمت خودرو است.

$$LogV_t^* = b_{0t} + b_1 Log\,(Pg^* / Pr)_t + b_2 LogY_t + b_3 Logpc_t \qquad (۴)$$

با در نظر گرفتن سرعت تعدیل، این معادله را تعدیل می‌کنیم:

$$LogV_t - LogV_{t-1} = g\,(LogV_t^* - LogV_{t-1}) \qquad (۵)$$

V^*: تعداد وسایل نقلیه مطلوب — ρ: سرعت تعدیل، $0<\rho<1$

QPR: ترافیک شبکه خصوصی خدمات حمل و نقل — P_N: هزینه خودروهای جدید

g: سرعت تعدیل و $0<g<1$ — Pr : قیمت واقعی خدمات حمل و نقل

Pc: قیمت وسایل نقلیه — Y : درآمد واقعی

Pg : قیمت اسمی سوخت — P: قیمت سایر کالاها

۶. مدل نوع ششم

در این مدل فرض شده که تابع تقاضای سوخت از تقاضا برای حمل و نقل خودرو مشتق می‌شود. تقاضای سوخت تابعی از قیمت بنزین، درآمد و موجودی خودرو است. اما موجودی خودرو نیز تابعی از قیمت بنزین، درآمد، قیمت خودرو، موجودی وسایل نقلیه از دورهٔ قبل است.

$$G_t = f\,(P_G, Y, V) \qquad V_t = f\,(PG, Y, Pc, V_{t-1})$$

بنابراین، با دو رابطه فوق G_t و V_t را به طور همزمان تخمین می‌زنیم. برای تخمین رابطهٔ فوق از فرم لگاریتمی استفاده می‌کنیم.(۱۱)

$$G_t = \alpha + bPG_t + Cy_t + dV_t + \varepsilon_t$$

$$V_t = f + gPG + hy_t + nPc + mV_{t-1} + \varepsilon_{2t}$$

PC: قیمت خودرو — PG: قیمت سوخت

V: موجودی خودرو — G: مصرف سوخت

y_t: درآمد واقعی

۷. مدل نوع هفتم

در مدلهایی که تاکنون گفتیم، فرض شده بود که بازار در حالت تعادل است مصرف کنندگان و

تولیدکنندگان با قیمت یکسان خرید و فروش می‌کنند. اما بازارهایی وجود دارد که تعادل در آن برقرار نیست. یعنی مازاد عرضه یا تقاضا در بازار وجود دارد. بنابراین، مدل هفتم، مدل عرضه و تقاضای سوخت در شرایط عدم تعادل است.

در این مدل، فرض می‌شود که عرضه (S) و تقاضا (D) با هم برابر نیستند و مازاد تقاضا وجود دارد مازاد تقاضا ممکن است به علت کنترل قیمت یا عوامل دیگر باشد. بنابراین، مقدار مشاهده شده حداقل مقدار عرضه و تقاضاست.

$$Q_t = \min (D_t , S_t) \qquad (۱)$$

تابع تقاضای بنزین، تابع تقاضای مشتق است که از تقاضای خدمات حمل و نقل مشتق می‌شود بنابراین، باید روی تابع مطلوبیت مصرف کننده متمرکز شد. با استفاده از تابع تولید خانوار و تحلیل ماکزیمم کردن مطلوبیت، مصرف سوخت تابعی از قیمت سوخت (PG) درآمد قابل تصرف (y)، قیمت خدمات حمل و نقل (Pa)، قیمت نهاده‌های دیگر (Px) است. فرض می‌کنیم که موجودی خودرو (V) جایگزینی برای Pa خواهد بود. بنابراین:

$$G_t = \alpha_0 + \alpha_1 PG + \alpha_2 Y_t + \alpha_3 V_t + \varepsilon_{it} \qquad (۲)$$

y: درآمد قابل تصرف سرانه V: موجودی خودرو سرانه

G_t: مصرف سرانه سوخت

در رابطه فوق، V_t درونزاست. زیرا تصمیمات مصرف کننده برای داشتن یا نداشتن خودرو به قیمت سوخت بستگی دارد.

تابع عرضه سوخت از رفتار بنگاه برای حداکثرسازی سود به دست می‌آید:

$$S_t = B_0 + B_1 P_t + B_2 PP_t + B_3 PR_t + B_4 PD + B_5 CR + \varepsilon_{it} \qquad (۳)$$

معادلهٔ قیمت نیز به صورت زیر خواهد بود.

$$P_t - P_{t-1} = \gamma_0 + \gamma_1 (D_t - S_t) + \gamma_2 PP_t + \varepsilon_{it} \qquad (۴)$$

معادلهٔ تعدیل قیمت از این فرض ناشی می‌شود که متغیر قیمت باید درونزا باشد. با تخمین سه معادلهٔ (۴)، (۳)، (۲) می‌توان عدم تعادلهای موجود را بررسی کرد.[۱۲]

PP_t: قیمت نفت خام به عنوان جانشین برای قیمت نهاده

PR_t: قیمت نفت باقیمانده

PD_t: قیمت فراورده‌های میان تقطیر

CR_t: سرانه حجم نفت خام که پالایشگران داخلی در زمان t مصرف می‌کنند

$D_t - S_t$: مازاد تقاضای جاری

۸. مدل نوع هشتم

این مدل براساس تابع تولید خانوار به‌دست می‌آید. تابع تقاضای سوخت، از تابع تقاضای خدمات حمل و نقل مشتق می‌شود. فرض می‌شود که تقاضای سوخت (G_{it}) توسط مصرف کنندهٔ i در دورهٔ t تابعی از خدمات حمل و نقل (A^d_{it})، قیمت سوخت و قیمت کالاهای دیگر است، که در تابع تولید خدمات حمل و نقل باشد.

pit : بردار قیمت کالاهاست.

$$G_{it} = \Phi_i (A^d_{it}, P_{it})$$

فرض می‌شود، $V_{i,t}$ و $U_{i,t-1}$ موجودی خودرو در پایان و ابتدای سال است که خانوار مالک آن می‌باشد. δ_{it} نیز استهلاک است، بنابراین، سرمایه گذاری ناخالص خودروها در دورهٔ t :

$$I_i(t,t) = V_{i,t} - (1 - \delta_{it}) V_{it-1}$$

تابع تولید خدمات حمل و نقل، به صورت :

$$A^s_{it} = \theta_{it} \lambda_i (1 - \delta_{it}) V_{it-1} + F_i (G(t,t), I_i (t,t),t)$$

A^s_{it}: تولید خدمات حمل و نقل

θ_{it} : نسبت محصول به سوخت

F_i: تابع تولید exante است که سه نهاده دارد که شامل بنزین، سرمایه گذاری ناخالص روی خودرو و زمان صرف شده مصرف‌کنندگان است.

λ_i: نسبت ثابتی از سوخت به خودرو در گروه V و $V<t^2$

$$A^d_{it} = A^s_{it} = A_{it}$$

$$A^{d}_{it} = \theta_{it} (1 - \delta_{it}) \lambda_i V_{i,t-1} = F_i (X_{it} , P_{it})$$

X_{it}: درآمد کاری و غیر کاری خانور i در زمان t

P_{it}: بردار قیمت سایر کالاها

تغییرات فن‌آوری و سلیقه باعث انتقال تابع تقاضا می‌شود. از سوی دیگر، فرض می‌شود که توابع (۱) و (۳) خطی می‌باشند و بین دو دوره $\theta_{it} (1 - \delta_{it})$ اختلاف چندانی وجود ندارد:

$$\theta_{it} (1 - \delta_{it}) = \theta_i (1 - \delta_t)$$

همچنین فرض می‌شود Fi نیز در طول دوره ثابت است. با این فرض و جایگزینی رابطه (۳) در (۱) خواهیم داشت:

$$G_{it} = \alpha_i + \gamma_{it} G_{it-1} + \gamma_{it} X_{it} + \gamma_{13} P_{it} + \varepsilon_{it}$$

در روش نرلاو[1] و بالسترا[2] (۱۹۶۶)، $\lambda_i S_{it-1}$ را با G_{it-1} جایگزین کرده است.

P_{it} در معادلهٔ فوق قیمت سوخت است و ε_{it} جزء اخلال می‌باشد.

گفتنی است که از لحاظ ظاهر، مدل هشتم با مدل دوم یکسان است، ولی مدل هشتم از تابع تولید به دست آمده است و برای خانوارهاست، اما مدل دوم، در سطح کلان اقتصادی است.(۱۳)

۹. *مدل نوع نهم*

در این مدل نیز مانند بسیاری از مدلها بر مبنای اتحاد مرسوم مصرف سوخت است، یعنی مصرف سوخت برابر است با نرخ استفاده سرانه وسایل نقلیه در تعداد کل وسایل است:

$$G_{it} = U_t \cdot V_t \qquad (۱)$$

U_t: نرخ استفاده از خودرو (مسافت پیموده شده به مایل) V_t: تعداد وسایل نقلیه

در این مدل، تقاضا برای انرژی به دو جزء انعطاف‌پذیر و انعطاف‌ناپذیر تقسیم می‌شود. فرض می‌شود که سرمایه‌گذاری ناخالص در وسایل نقلیهٔ موتوری جدید در زمان t ، I_t می‌باشد و نرخ استهلاک و جایگزینی r_t است و r_t در طول زمان ثابت است. بنابراین، موجودی واقعی وسایل

1. Nerlove 2. Balestra

نقلیه به صورت زیر خواهد بود:

$$V_t = I_t + (1 - r)\, V_{t-1} \qquad (۲)$$

با استفاده از (۱) می‌توان نوشت :

$$G_{it} = U_t \,.\, I_t + U_t\,(1 - r)\, V_{t-1} \qquad (۳)$$

در رابطهٔ (۳)، قسمت اول از سمت راست را تقاضای انعطاف پذیر و قسمت دوم را تقاضای انعطاف‌ناپذیر گویند. مصرف سوخت وسایل نقلیه جدید توسط جزء انعطاف‌پذیر و مصرف سوخت موجودی ماشینهای قدیمی با جزء انعطاف‌ناپذیر توضیح داده می‌شود. جزء انعطاف‌پذیر در زمان t، Gf_t می‌باشد.

$$Gf_t = U_t^{*}\, I_t = F\,(X_t) \qquad (۴)$$

در این رابطه X_t، بردار متغیرهای برونزای همزمان است که تصمیمات سرمایه‌گذاری و نرخ استفاده را تعیین می‌کند. فرض می‌شود نرخ استفاده در طول زمان ثابت است، بنابراین:

$$G_t = Gf_t + (1 - r)\, G_{t-1} = F(X_t) + (1 - r)\, G_{t-1} \qquad (۵)$$

مصرف سوخت، جمع سادهٔ تقاضای انعطاف‌پذیر و انعطاف‌ناپذیر می‌باشد. در رابطهٔ فوق می‌توان F(X) را این گونه نوشت:

$$F(X_t) = \alpha + P_G^{\gamma 1}\, Y^{\gamma 2} \qquad (۶)$$

بنابراین، مصرف سوخت، تابعی از قیمت بنزین، درآمد و مصرف دورهٔ قبل است.

$$G_t = \alpha + P_G^{\gamma 1} \,.\, Y^{\gamma 2} + (1 - r)\, G_{t-1} \qquad (۷)$$

۱۰. مدل نوع دهم

رابطه‌های (۱) و (۲) از مدل نهم را در نظر می‌گیریم. این مدل، بین جزء انعطاف‌پذیر و انعطاف‌ناپذیر فرقی قایل نمی‌شود و به جای آن تابع نرخ استفاده و سرمایه‌گذاری را جدا می‌کند. سرمایه‌گذاری تابعی از مدل تعدیل موجودی ماشینهای مشابه است که مصرف‌کننده سطح مورد دلخواه از وسایل نقلیه را دارد و در هر سال شکاف بین واقعی و مورد دلخواه کم می‌شود. اگر موجودی مورد دلخواه را در زمان t ، V_t^{*} فرض کنیم، بنابراین، خواهیم داشت :

$$I_t = h\,(V_t^* - V_{t-1}) + r \cdot V_{t-1}$$

تابع h غیر منفی است و مشتق اول آن مثبت و مشتق دوم، غیر مثبت است. حال فرض می‌شود که V^*_t تابعی از متغیرهای برونزاست:

$$V_t^* = j\,(X_t)$$

اکنون باید تابع نرخ استفاده (U) را مشخص کرد. نرخ استفاده از وسایل نقلیه به مصرف سوخت در هر کیلومتر و متوسط کیلومتر پیموده شده برای هر وسیله بستگی دارد که قسمت اول همان متوسط کارایی است که به متغیرهای برونزا و با وقفه و همزمان بستگی دارد. متوسط کیلومتر پیموده شده برای وسیله به متغیرهای همزمان برونزا و عادتهای مردم وابسته است. بنابراین، U تابعی از موجودی وسایل نقلیه، U سال قبل و متغیرهای برونزا، نظیر درآمد و قیمت، بستگی دارد.

$$U_t = U\,(X_t\,,\ V_{t-1}\,,\ V_{t-1})$$

برای تخمین این مدل باید معادله‌های زیر را به طور همزمان در نظر گرفت:

$$G_t = U_t \cdot V_t \Rightarrow U_t = \frac{G}{V} \qquad (۱)$$

معادلهٔ موجودی وسایل حمل و نقل: (۲)
$$V_t = I_t + (1 - r) \cdot V_{t-1} \rightarrow$$

معادلهٔ سرمایه گذاری: (۳)
$$I_t = h\,(V_t^* - V_{t-1}) + r \cdot V_{t-1} \rightarrow$$

$$V_t^* = j\,(X) \qquad (۴)$$

$$\frac{G}{V} = U_t = U\,(X_t\,,\ V_{t-1}\,,\ U_{t-1}) \rightarrow \qquad (۵)$$

معادلهٔ نرخ استفاده: (۶)
$$\frac{G}{V} = f = (G / V_{t-1}\ GNP\ ,\ V_t\ ,\ PG) \rightarrow \circ$$

X_t در معادلهٔ (۵) و (۴) بردار متغیرهای برونزای از پیش تعیین شده است که در این معادله X_t را قیمت سوخت و GNP درنظر می‌گیریم. با تخمین توابع (۲)،(۳)و (۶) می‌توان توابع تقاضای سوخت و سرمایه گذاری را به دست آورد.(۱۴)

با تخمین معادله‌های (۲) و (۳) و (۶) می‌توان تقاضای سوخت و سرمایه گذاری را مشخص کرد.

۱۱. مدل نوع یازدهم

تقاضای سوخت از تقاضا برای حمل و نقل خودرو مشتق می‌شود و مصرف کنندگان سوخت خودرو و زمان را برای تولید حمل و نقل استفاده می‌کنند. تابع تولید حمل و نقل به صورت :

$$T = t\,(G\,,\,A) \qquad (۱)$$

G_t: سوخت

A: خودرو

برای هر مصرف کننده تابع مطلوبیت به حمل و نقل خودرو و دیگر کالاهای مصرفی (x) وابسته است:

$$U = u\,(\,(G\,,\,A)\,,\,X\,) \qquad (۲)$$

با توجه به اینکه مصرف کننده مطلوبیت خود را نسبت به قید بودجه حداکثر می‌کند، تابع تقاضای سوخت به صورت زیر خواهد بود:

$$G = G\,(\,PG / PX\,,\,Pa / PX\,,\,Y/Px\,) \qquad (۳)$$

PX: شاخص قیمت مصرف کننده — Y: درآمد مصرف کننده

Pa: قیمت خودرو — PG: قیمت سوخت

چون معادلهٔ فوق ایستاست، می‌توان با استفاده از مدل تعدیل جزئی، آن را پویا کرد:

$$G_t = \lambda\, G\,(\,PG / Px\,,\,Pa / Px\,,\,Y/Px\,) + (1 - \lambda)\, G_{t-1} \qquad (۴)$$

برای تخمین معادلهٔ فوق می‌توان آن را مانند رابطهٔ (۵) در نظر گرفت :

$$\mathrm{Log}G_t = \alpha_0 + \alpha_1 \mathrm{Log}(Pa/Px) + \alpha_2 \mathrm{Log}(Pa/Px) + \alpha_3 \mathrm{Log}(Y/Px) + \alpha_4 \mathrm{Log}G_{t-1} + U_t \qquad (۵)$$

ب) مدلهای دو مرحله‌ای برای حمل و نقل هوایی و راه آهن

بخش راه آهن و هوایی با بخش جاده‌ای تفاوت عمده‌ای از لحاظ اطلاعات آماری دارد. در این دو بخش، آمارهای مسافر و بار به تفکیک وجود دارد، زیرا هنگام بارگیری و مسافرت باید بلیط تهیه شود. بنابراین، اطلاعات نسبت به بخش جاده‌ای دقیقتر است. در بخش جاده‌ای، تعداد مسافر و بار را نمی‌توان محاسبه کرد، فقط در بخش برون شهری، به طور محدودی، آمار و اطلاعات وجود

دارد.

برای دسترسی به اطلاعات دقیقتر، می‌توان مدلهای دیگری را برای این دو بخش در نظر گرفت. از آنجا که تابع تقاضای سوخت در بخش حمل و نقل، تابعی از تقاضا برای بار و مسافر است، بنابراین، ابتدا تقاضای بار و مسافر را به دست می‌آوریم. تقاضا برای بار، تن کیلومتر (TK) و تقاضا برای مسافر را مسافر کیلومتر (PK) فرض می‌شود.

$$TK = f (W_{TK} , W , X, Y_1)$$

$$PK = f (W_{PK} , W, D, Y_2)$$

با فرض اینکه شرکتهای حمل و نقل، سود خود را حداکثر می‌کنند؛ تن کیلومتر تابعی از قیمت نهاده یا قیمت بار (W_{TK})، محصول شرکتها(Y_1 ، Y_2) و قیمتهای سایر نهاده‌ها W است (در این معادله‌ها، نهاده‌های دیگر همان شبکه‌های حمل و نقل غیر از راه آهن یا هوایی است.در بخش راه‌آهن، W شامل قیمت تن کیلومتر یا مسافر کیلومتر در بخش هوایی و زمینی است و برای تخمین تقاضای سوخت در بخش هوایی W شامل قیمت تن کیلومتر یا مسافر کیلومتر در بخش زمینی و راه‌آهن است. در معادله فوق X نیز بردار مقادیر عوامل ثابت می‌باشد.

بنابراین، تقاضا برای سوخت نیز تابعی از مسافر کیلومتر، تن کیلومتر و W است که W در اینجا قیمت سوخت و قیمت دیگر سوختهای جایگزین می‌باشد.(۱۵)

تابع تقاضای سوخت = $G = f (PK , TK , W)$

خلاصه و نتیجه

در این مقاله، به معرفی انواع مختلف توابع تقاضای سوخت در بخش حمل و نقل پرداختیم. طبق نتایج حاصل از آن متغیرهای تاثیرگذار بر تقاضای سوخت در بخش حمل و نقل جاده‌ای ، راه‌آهن و هوایی، شامل متغیرهای زیر می‌باشد.

قیمت سوخت - طبق قانون تقاضا، تغییر قیمت هر کالا، روی مصرف آن کالا اثر منفی دارد. اگر قیمت کالایی افزایش یابد، به شرط اینکه کالا گیفن نباشد، مصرف آن کاهش می‌یابد. انتظار می‌رود سوخت مصرفی در بخش حمل و نقل کالایی نرمال باشد بنابراین تغییر قیمت روی مصرف

آن اثر معکوس دارد.

درآمد قابل تصرف و محصول ناخالص داخلی - افزایش درآمد افراد جامعه چند اثر روی بخش حمل و نقل دارد. اولاً امکانات حمل و نقل بیشتر می‌شود و موجب افزایش مواردی از قبیل خطوط جاده‌ای و خرید و تولید وسایل نقلیه می‌شود. ثانیاً با افزایش درآمد افراد، طبق منحنی عرضه نیروی کار، فراغت افراد بیشتر می‌شود، در نتیجه امکان مسافرت و ترددهای بیشتر در سطح شهرها یا کشورها فراهم خواهد شد. ثالثاً با افزایش محصول ناخالص داخلی، فعالیتهای اقتصادی کشور نیز افزایش یافته و حمل و نقل کالاهای تولیدی بیشتر می‌شود. بنابراین به طور کلی، اثر افزایش محصول ناخالص داخلی یا درآمد قابل تصرف روی مصرف سوخت مثبت است.

اگر افزایش درآمد افراد ناشی از افزایش سطح فن‌آوری و تولید صنعتی با ارزش افزوده بالا باشد، ممکن است مصرف سوخت کاهش یابد. زیرا در این حالت، امکان استفاده از وسایل با مصرف انرژی کمتر و کاراتر وجود خواهد داشت. ولی در کشورهای در حال توسعه، افزایش درآمد افراد و محصول ناخالص داخلی منجر به افزایش مصرف سوخت می‌شود. زیرا در مرحله گذر از توسعه نیافتگی به توسعه یافتگی، مصرف انرژی شدیداً بالا می‌رود. بنابراین، در کشورهای در حال توسعه، افزایش درآمد منجر به افزایش مصرف سوخت خواهد شد و در کشورهای توسعه یافته اثر آن مثبت است، ولی در بعضی موارد، ممکن است منفی باشد.

موجودی خودروها - مصرف سوخت ارتباط مستقیم با موجودی خودروها دارد. افزایش روزافزون خودروهای هر کشور، مصرف بالای سوخت را به دنبال دارد. در آمریکا در حدود ۱۴۰ میلیون وسیله نقلیه وجود دارد که نیمی از بنزین مصرفی جهان را مصرف می‌کنند. بنابراین، هرچه موجودی بیشتر شود، مصرف نیز بیشتر خواهد شد.

نرخ استفاده از خودرو - مهمتر از موجودی خودرو، عامل دیگری به نام نرخ استفاده از خودرو است. هرچه میزان استفاده از خودرو بیشتر باشد، سوخت بیشتری مصرف می‌شود. برای مثال، در کشور "الف"، ۱۰۰۰ خودرو وجود دارد، ولی به علت فقر یا عوامل جغرافیایی یا وجود شبکه حمل و نقل عمومی، به طور متوسط، ۵۰۰ خودرو در جاده‌ها تردد می‌کنند. این تعداد نیز سفرهای کوتاه دارند و میزان مسافرتهای درون شهری و برون شهری آنها بسیار کم است. بنابراین، در این کشور،

مصرف سوخت کم است. برعکس در کشور "ب"، از ۱۰۰۰ خودرو، ۹۹۰ خودرو در جاده‌ها تردد می‌کنند و تعداد سفرهای آنها و مدت زمان سفر نیز طولانی است. بنابراین کشور "ب" نسبت به "الف"، سوخت و انرژی بیشتری مصرف می‌کند. عوامل تأثیرگذار بر نرخ استفاده از خودرو، درآمد اشخاص، قیمت خودرو، قیمت سوخت و مانند اینها می‌باشد.

کارایی خودرو - کارایی خودرو به این معناست که تولید کنندگان خودروها با استفاده از شیوه‌های فنی، تغییراتی در بدنه، موتور و دیگر اجزای خودرو می‌دهند، به گونه‌ای که مسافت ۱۰۰ کیلومتر با مقدار سوخت کمتری طی شود. برای مثال، در خودرو مدل ۱۹۷۰، برای طی مسافت ۱۰۰ کیلومتر ۱۸ لیتر سوخت مصرف می‌شود، در حالی که در مدل ۱۹۹۵، همین مسافت با ۸ تا ۹ لیتر سوخت طی می‌شود. بنابراین، در جامعه‌ای ممکن است تعداد خودروها افزایش یابد، ولی خودروها سوخت کمتری مصرف کنند. در ایران، سرانه مصرف هر خودرو بنزین سوز، در سال، ۳۶۰۰ لیتر است. ولی در انگلستان، ۷۰۰ لیتر می‌باشد. زیرا خودروهایی که در این قبیل کشورهای توسعه یافته وجود دارد، از کارایی بالاتر برخوردار است، و از سوی دیگر، میزان اتلاف سوخت به کمترین حد ممکن می‌رسد.

متغیرهای دیگر - متغیرهایی از قبیل مسافرکیلومتر، تن کیلومتر، قیمت خدمات (قیمت بلیط)، اوضاع جغرافیایی، سیاستهای دولت در زمینه محدود کردن واردات خودرو، وضع یارانه یا مالیات بر فراورده‌های نفتی، قیمت دیگر خدمات حمل و نقل، سهمیه‌بندی در زمان جنگ، قیمت خودرو، هزینه تعمیرات و مانند اینها، به طور مستقیم و غیر مستقیم، روی مصرف سوخت اثر دارند.

واردکردن تمام این متغیرها، کارایی مدل و توضیح دهی آن را پایین می‌آورد و از لحاظ عملی نیز امکان‌پذیر نیست. زیرا آمار و اطلاعات در مورد هریک از عوامل ذکرشده، محدود است. بنابراین، با توجه به موقعیت هر کشور و منطقه، باید مدلهایی که شامل یک یا چند متغیر باشد و بیشترین توضیح دهی را داشته باشد، تخمین زده شود.

منابع و یادداشتها

۱. احمد ناصر و کاظمی علیار (۱۳۷۲/۱/۳۰). پژوهشی درباره کاربرد بنزین بدون سرب در خودروهای موجود در ایران. *روزنامه اطلاعات*.

2. Surveys in Applied Economics: Models of Consumer Behavior. (Dec. 1972). *The Economics Journal.*

3. Redney Samimi. (1995). Read Transport Energy Demand in Australia. *Energy Economics.* Vol. 17. No.4.

4. Carl Dahl & Tomas Sterner. (July 1991). Analysis Gasoline Demand Elastisities" : A Survey. *Energy Economics.*

۵. منبع ۴.

۶. منبع ۴.

7. J.L. Sweeny. (Nov. 1979). *Passenger Car Gasoline Demand Model.*

8. R. Pyndick. *The Structure of Demand.*

9. Badi H. Baltagi Griffen. (1983). Gasoline Demand in the OECD and Application of Policy and Testing Precdures. *European Economic Review* 22.

10. Walter Wasserfallen and Heinz Guntensperger. (Oct. 1988). Gasoline Consumption and the Stock of Motor Vehicles : An Emprical Analysis for the Swiss Economy. *Energy Economics.*

11. M. Nagy Eltony. (1994). The Demand for Gasoline in Kowait. *OPEC Review.*

12. Bong - Min Jony & Teh - Weihv. (Oct. 1984). Gasoline Demand and Supply Under a Disequilibrium Market. *Energy Economics.*

13. Jatinder S. Meha. Estimation of a Dynamic Demand Function for Gasoline with Different Schemes of Parameter Variation. *The Review of Economic Statistical.*

14. Ernst. R. Berndt & Germand Betero. (1985). Energy Demand in the Transportation Sector of Mexico. *Journal of Developing Economics* 17.

۱۵. منبع ۱۴.