مدیریت صنعتی
دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران

دورهٔ ۷، شمارهٔ ۱
بهار ۱۳۹۴
ص. ۱۹-۱

مقایسهٔ عملکرد روش‌های رگرسیون آماری و فازی در تخمین تابع تقاضای بنزین (مطالعهٔ موردی در ایران)

محمدرضا تقی‌زاده یزدی[۱]، حسین میرشجاعیان حسینی[۲]، عزت‌الله اصغری‌زاده[۳]، حامد شکوری گنجوی[۴]

چکیده: بنزین از کلیدی‌ترین فرآورده‌های انرژی در حمل‌ونقل مسافر در ایران به‌شمار می‌رود. مصرف روزافزون بنزین و نیاز به سیاستگذاری‌های صحیح در راستای مدیریت تقاضای بنزین، شناخت ساختار تقاضای فرآوردهٔ بنزین را به اولویت بسیاری از برنامه‌های تحقیقاتی در ایران بدل ساخته است. یکی از مهم‌ترین چالش‌های موجود در این میان، درنظرگرفتن نااطمینانی‌های ناشی از شکست‌های ساختاری اقتصادی، تغییر در سیاستگذاری‌ها، نبودن داده‌های دقیق و ابهام در روند آتی است. این تحقیق تلاش می‌کند با بهره‌گیری از الگوهای متنوع شبیه‌سازی، به شناختی بهتر از عوامل مؤثر بر تقاضای بنزین در ایران دست یابد. از این‌رو، با استفاده از رگرسیون‌های آماری و فازی، به تخمین تابع تقاضای بنزین در ایران در بازهٔ زمانی ۱۳۶۰-۱۳۸۶ پرداختیم و متغیرهای مؤثر بر تقاضای بنزین معرفی شدند. سپس مدل‌های دو روش با استفاده از معیارهای استاندارد مقایسه شدند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد علی‌رغم برتری نسبی روش رگرسیون آماری، دو روش آماری و فازی دارای دقت کافی و عملکرد مناسب در برآورد و پیش‌بینی تقاضای سرانهٔ بنزین در ایران هستند. همچنین، از میان متغیرهای تخمین، تنها سه متغیر قیمت بنزین، متغیر سهم سرانهٔ خوردو و متغیر روند دارای اثر معنادار بر متغیر وابستهٔ مصرف سرانهٔ بنزین است و متغیر درآمد سرانه اثر معناداری بر مصرف سرانهٔ بنزین ندارد.

واژه‌های کلیدی: تقاضای بنزین ایران، رگرسیون آماری، رگرسیون فازی.

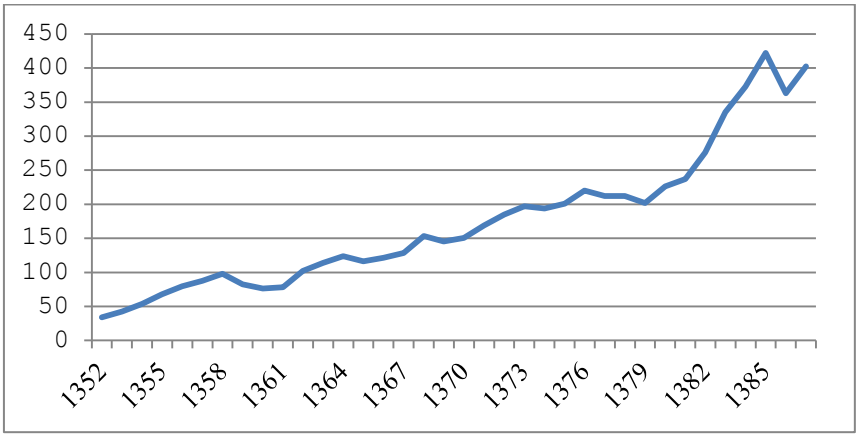
۱. استادیار مدیریت صنعتی دانشکدهٔ مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۲. استادیار گروه اقتصاد بین‌رشته‌ای دانشکدهٔ اقتصاد، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۳. دانشیار گروه مدیریت صنعتی دانشکدهٔ مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۴. دانشیار گروه مهندسی صنایع دانشکدهٔ فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۰۶/۱۰
تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹۳/۱۲/۶
نویسندهٔ مسئول مقاله: محمدرضا تقی‌زاده یزدی
Email: mrtaghizadeh@ut.ac.ir

مقدمه

انرژی عاملی بسیار تأثیرگذار در اقتصاد هر کشور است و مدیریت صحیح عرضه و تقاضای آن، از ضروریات نظام برنامه‌ریزی هر کشور به‌شمار می‌رود. هرچند ایران جزء کشورهای عمدهٔ تولیدکنندهٔ انرژی‌های هیدروکربوری محسوب می‌شود، اما به‌واسطهٔ سیاست‌های حمایتی خود در راستای عرضهٔ ارزان‌قیمت انرژی، شاهد مصرف بالا و روزافزون انرژی است. چنین رویکردی در زمینهٔ فرآوردهٔ بنزین، کشور را به واردکنندهٔ صرف بدل ساخته است. به‌طور کلی، دلایل اصلی مصرف بالای این فرآورده در ایران پایین‌بودن قیمت بنزین، فرسودگی خودرو، بالابودن مصرف خودروها، افزایش تعداد خودرو و نبودن الگوی مصرف بهینه است.

نمودار ۱ میزان مصرف بنزین را در دورهٔ ۱۳۵۲–۱۳۸۶ نشان می‌دهد. براساس داده‌های موجود، در دهه‌های ۱۳۵۰، ۱۳۶۰ و ۱۳۷۰ شمسی، به‌ترتیب ۳۴/۶، ۶۵ و ۱۲۰/۷ میلیارد لیتر بنزین در کشور مصرف شد که به‌طور متوسط بیانگر رشدی معادل ۱۰/۲ درصد در سال است (ترازنامهٔ انرژی، ۱۳۸۷). این افزایش روزافزون در مصرف بنزین موجب شد تا ظرفیت‌های تولیدی جامعه جوابگوی مصرف آن نباشد و کشور در تأمین داخلی این فرآورده با مشکل مواجه شود.



نمودار ۱. میزان مصرف بنزین موتور در دورهٔ زمانی ۱۳۵۲–۱۳۸٦ (هزار بشکه در روز)

منبع: ترازنامهٔ انرژی (۱۳۸۷)

محاسبه‌ها نشان می‌دهد دولت سهم بزرگی از تولید ناخالص داخلی را صرف پرداخت یارانهٔ انرژی از جمله بنزین کرده است، درحالی‌که سهم یارانهٔ انرژی از تولید ناخالص داخلی کشور در سال ۱۳۶۹ معادل ۵/۵۴ درصد بود. این رقم در سال ۱۳۷۲ به ۱۳/۹۳ درصد افزایش یافت. هرچند این رقم در سال ۱۳۸۰، ۸/۳۵ درصد کاهش داشت، بار دیگر در سال ۱۳۸۱ به ۱۴/۱ درصد و در سال ۱۳۸۳ به ۱۶/۹ درصد افزایش یافت. در میان حامل‌های انرژی، سه حامل گازوئیل، بنزین و برق بیشترین سهم یارانه‌های پنهان انرژی را داشتند. در این میان، سهم بنزین معادل ۲۲ درصد بود که به‌طور عمده در بخش حمل‌ونقل مسافر هزینه شد.

وضعیت نابهنجار و مصرف لجام‌گسیختهٔ حامل‌های انرژی از جمله بنزین، نیاز به سیاست‌گذاری‌های صحیح در راستای مدیریت تقاضای انرژی را صدچندان می‌کند. بی‌شک نخستین گام در کنترل و عقلایی‌سازی مصرف این فرآورده، شناخت ساختار تقاضای بنزین است. یکی از مهم‌ترین چالش‌های موجود در این میان، درنظرگرفتن نااطمینانی‌های ناشی از شکست‌های ساختاری اقتصادی، تغییر در سیاستگذاری‌ها، نبودن داده‌های دقیق و ابهام در روند آتی است. این تحقیق در تلاش است تا با بهره‌گیری از الگوهای متنوع شبیه‌سازی، به شناختی بهتر از عوامل مؤثر بر تقاضای بنزین در ایران دست یابد. از این‌رو، با استفاده از رگرسیون‌های آماری و فازی، به تخمین تابع تقاضای بنزین در ایران در بازهٔ زمانی ۱۳۶۰–۱۳۸۶ پرداخته شد. سپس مدل‌های دو روش با استفاده از معیارهای استاندارد مقایسه شد و درنهایت متغیرهای مؤثر بر تقاضای بنزین معرفی شدند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد علی‌رغم برتری نسبی روش رگرسیون آماری، دو روش آماری و فازی دارای دقت کافی و عملکرد مناسب در برآورد و پیش‌بینی تقاضای بنزین در ایران هستند. همچنین، از میان متغیرهای تخمین، تنها سه متغیر قیمت واقعی بنزین، سهم سرانهٔ خودرو و متغیر روند دارای اثر معنادار بر تقاضای سرانهٔ بنزین هستند.

ساختار مقالهٔ حاضر این‌گونه است: در بخش بعد، به پیشینهٔ تحقیق پرداخته می‌شود. سپس، روش‌شناسی رگرسیون خطی آماری و فازی ارائه می‌شود. در ادامه، تابع تقاضای بنزین با استفاده از مدل‌های رگرسیون خطی آماری و فازی برآورد و تقاضای بنزین برای سال‌های ۱۳۶۰ تا ۱۳۸۶ تخمین زده می‌شود. بعد از این مرحله، معیارهای انتخاب مدل ارائه و عملکرد مدل‌های رگرسیون خطی آماری و فازی مقایسه می‌شود. بخش پایانی نیز نتیجه‌گیری را بیان می‌کند.

پیشینهٔ تحقیق

از آنجاکه بنزین کالای مهم مصرفی به‌شمار می‌آید، برآورد تابع تقاضا و پیش‌بینی مقدار مصرف آن نقش عمده‌ای در شکل‌گیری صحیح سیاستگذاری‌های دولت و بهینه‌سازی مصرف آن دارد؛ بنابراین، با توجه به اهمیت این موضوع، مطالعات گسترده‌ای در این زمینه صورت پذیرفته است. ابونوری و شیوه (۱۳۸۵)، تابع تقاضای بنزین در ایران را در سال‌های ۱۳۴۷ تا ۱۳۸۱ برآورد کردند. آن‌ها با معرفی متغیرهای تأثیرگذار بر مصرف بنزین در ایران و برآورد تابع تقاضای آن به تبیین میزان تأثیرگذاری هرکدام از این عوامل پرداختند و چگونگی تأثیرگذاری سیاست‌های مختلف اقتصادی را بر مصرف بنزین ارزیابی کردند. آن‌ها از روش‌های آماری و تکنیک حداقل مربعات معمولی استفاده کردند و نتایج تحقیقشان نشان می‌دهد تعداد خودرو، درآمد ملی و رشد جمعیت عوامل تأثیرگذار بر مصرف بنزین است و قیمت بنزین تأثیر چندانی بر مقدار مصرف آن ندارد.

چیت نیس (۱۳۸۴)، با معرفی مفهوم روند ضمنی در مدل‌سازی و به‌کارگیری مدل سری زمانی ساختاری، تابع تقاضای بنزین را تخمین زد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد تابع تقاضای بنزین در کوتاه‌مدت و بلندمدت نسبت به قیمت بی‌کشش‌اند. همچنین، تقاضا نسبت به درآمد در کوتاه‌مدت بی‌کشش اما در بلندمدت باکشش است. او پیشنهاد می‌کند برای کنترل و کاهش مصرف بنزین

مجموعه‌ای از سیاست‌های قیمتی و غیر قیمتی افزایش تدریجی قیمت بنزین، افزایش کارایی خودروها، افزایش استانداردهای کارایی و افزایش خدمات حمل‌ونقل عمومی به‌کار گرفته شود.

صادقی و همکاران (۱۳۸۸)، تابع تقاضای بنزین در بخش حمل‌ونقل را با استفاده از الگوریتم ژنتیک تخمین زدند. آن‌ها با استفاده از تکنیک الگوریتم ژنتیک، به تخمین تابع تقاضای بنزین در بخش حمل‌ونقل برای دورهٔ زمانی ۱۳۵۳ تا ۱۳۸۵ در قالب معادله‌های خطی، درجهٔ دو و نمایی پرداختند و با انتخاب بهترین مدل تخمین، تقاضای بنزین در بخش حمل‌ونقل تحت سناریوهای مختلف را تا سال ۱۴۰۴ پیش‌بینی کردند. آن‌ها در تحقیقشان، تقاضای بنزین تابعی از تولید ناخالص داخلی، قیمت بنزین، جمعیت، تعداد خودروهای بنزین‌سوز، عمر متوسط خودرو و راندمان مصرف را درنظر گرفتند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان می‌دهد مدل درجهٔ دو از دقت بالایی نسبت به سایر مدل‌ها در تخمین تقاضای بنزین برخوردار است.

نوروزی و سلگی (۱۳۸۵)، دربارهٔ تخمین توابع تقاضای کوتاه‌مدت و بلندمدت بنزین در دورهٔ ۱۳۴۶ تا ۱۳۸۳ و پیش‌بینی میزان تأثیر سناریوهای مختلف قیمتی بر مصرف آن در سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۹ بحث کردند. آن‌ها در تحقیقشان، نه مدل با متغیرهای قیمت واقعی بنزین، درآمد واقعی، موجودی وسایل نقلیه و کارایی تخمین زدند و برای تخمین مدل‌ها از روش ARDL استفاده کردند. نتایج تخمین‌ها نشان می‌دهد بنزین کالایی کم‌کشش و ضروری است. آن‌ها با پیش‌بینی مقدار مصرف بنزین در دورهٔ ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۹ نشان دادند با افزایش قیمت در یک سال و ثابت‌ماندن آن در سال‌های آتی، مصرف- در سال افزایش قیمت- کاهش می‌یابد و سپس دوباره به رشد خود در سال‌های آتی ادامه می‌دهد. درنتیجه، سیاست قیمتی کارایی لازم را برای جلوگیری از رشد مصرف ندارد، اما چناچه قیمت به‌صورت پلکانی بالا رود- با توجه به درصد افزایش- می‌تواند مانع رشد بالای مصرف شود.

زراءنژاد و قپانچی (۱۳۸۶)، مدل تصحیح خطای تقاضای بنزین را در ایران برآورد کردند. آن‌ها با به‌کارگیری روش همجمعی یوهانسن ـ جوسیلیوس، رابطهٔ بلندمدت و مدل تصحیح خطا را برآورد کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد تقاضا برای بنزین نسبت به قیمت و درآمد بی‌کشش است؛ یعنی بنزین کالایی ضروری است و درنتیجه عوامل غیر قیمتی و غیر درآمدی در کاهش مصرف آن تأثیر ویژه‌ای دارند. ضریب جملهٔ تصحیح خطا برابر با ۰/۵۱- برآورد شد؛ یعنی در هر سال ۵۱ درصد از بی‌تعادلی ایجادشده در هر دوره تعدیل می‌شود.

خطایی و اقدمی (۱۳۸۴)، کشش قیمتی تقاضای بنزین در سال‌های ۱۳۵۹-۱۳۸۱ را بررسی و کشش‌پذیری تقاضای بنزین را برای سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴ پیش‌بینی کردند. به این منظور، با استفاده از روش خودتوضیح با وقفه‌های گسترده (ARDL)، تقاضای کل بنزین را برآورد کردند. نتایج برآورد تابع تقاضای کل بنزین که تابعی از قیمت حقیقی بنزین و تعداد خودروهاست، نشان می‌دهد رابطه‌ای منفی و ضعیف میان قیمت حقیقی بنزین و تقاضای کل بنزین وجود دارد، به‌طوری‌که یک واحد افزایش در قیمت حقیقی بنزین (۲۰۰ ریال قیمت اسمی) به کاهش سالانهٔ ۱۸/۵ واحد (۱۸۵۰ میلیون لیتر) در تقاضای بنزین منجر می‌شود. برای پیش‌بینی میزان کشش‌پذیری تقاضای بنزین در هر سه سناریوی تورمی ۵، ۸

و ۲۲ درصدی در لایحهٔ چشم‌انداز برنامهٔ چهارم توسعه، سه حالت (۱۰، ۳۰ و ۵۰ درصد) برای افزایش مداوم قیمت اسمی بنزین تا سال ۱۳۹۴ درنظر گرفته شد. براساس این محاسبه‌ها، افزایش سالانهٔ ۱۰ درصدی قیمت اسمی بنزین تأثیر مثبتی بر کشش‌پذیری تقاضای بنزین ندارد و تا پایان دورهٔ پیش‌بینی، کشش تقاضای بنزین کاهش می‌یابد و روند نزولی آن ادامه می‌یابد. افزایش سالانهٔ ۳۰ درصدی قیمت اسمی بنزین در سناریوهای رشد سریع و مطلوب به‌طور تدریجی افزایش کشش‌پذیری تقاضای بنزین را موجب می‌شود و در سال‌های پایانی دورهٔ پیش‌بینی به ۰/۵- می‌رسد. با افزایش سالانهٔ ۵۰ درصد در قیمت اسمی بنزین، کشش‌پذیری در هر سه سناریو سریع‌تر رخ داد. به‌طوری‌که در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ آستانهٔ کشش‌پذیری نیز مشاهده می‌شود.

شاکری و همکاران (۱۳۸۹)، مدل ساختاری تقاضای بنزین و نفت گاز را در بخش حمل‌ونقل ایران تخمین زدند. آن‌ها در تحقیقشان، به مدل‌سازی تقاضای فرآورده‌ها از طریق حداکثرسازی سه مرحله‌ای تابع مطلوبیت با توجه به قید مخارج مربوطه در هر مرحله پرداختند. مدل پیشنهادی از نوع مدل‌های سری زمانی ساختاری است و دارای جزء غیر قابل مشاهدهٔ روند است که پس از تبدیل مدل به‌صورت حالت– فضا و با به‌کارگیری الگوریتم کالمن فیلتر از طریق روش حداکثر راست‌نمایی برای دورهٔ زمانی ۱۳۵۸–۱۳۸۶ برآورد شد. نتایج بیانگر آن است که اولاً ماهیت روند از نوع روند هموار بود و ثانیاً فرایند حرکتی آن غیر خطی است. با توجه به توابع تقاضای برآوردشده، کشش قیمتی تقاضای بنزین کمتر از یک است، به‌طوری‌که درمورد بنزین این کشش در کوتاه‌مدت و بلندمدت به‌ترتیب برابر ۰/۲۴- و ۰/۳- است. کشش درآمدی برای بنزین ۱/۷۱ و حساسیت تقاضای بنزین به تغییرات سرانهٔ مالکیت وسایل نقلیهٔ بنزین ۱/۴۱ برآورد شد.

التونی و الموتایری (۱۹۹۵)، تقاضای بنزین در کویت را برای سال‌های ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۹ با استفاده از مدل هم‌انباشتگی و تصحیح خطا تخمین زدند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان می‌دهد که تقاضای بنزین در کوتاه‌مدت نسبت به قیمت و درآمد بی‌کشش است و کشش‌های قیمتی تقاضا در کوتاه‌مدت و بلندمدت به‌ترتیب ۰/۳۷- و ۰/۴۶- و کشش درآمدی تقاضا برای کوتاه‌مدت و بلندمدت به‌ترتیب ۰/۴۷ و ۰/۹۲ است.

سن و الموتاری (۲۰۱۱) تقاضای کل بنزین را در سنگال برای سال‌های ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۸ تخمین زدند. او یک مدل خطی لگاریتمی را در مقابل یک مدل خطی برای برآورد تقاضای بنزین استفاده کرد و از متغیرهای تأخیری به‌عنوان متغیرهای مستقل در مدل‌هایش بهره برد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد کشش کوتاه‌مدت قیمت و درآمد، کمتر از کشش بلندمدت آن‌هاست و تقاضای کوتاه‌مدت و بلندمدت بنزین در سنگال نسبت به قیمت و درآمد بی‌کشش است.

پارک و ژائو (۲۰۱۰)، تقاضای بنزین آمریکا را از سال ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۸ با استفاده از رگرسیون هم‌انباشتگی[1] پیش‌بینی کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که کشش قیمت در اواخر دههٔ ۷۰ به‌سرعت افزایش یافت و سپس تا سال ۱۹۸۷ کاهش یافت. بعد از فرازونشیب‌های کوچک از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۰، کشش قیمت دوباره پس از سال ۲۰۰۰ افزایش یافت. همچنین، کشش درآمد در دوره‌های ذکرشده، رفتار مشابهی با کشش قیمت داشت، اما از نظر مقدار بسیار کوچک‌تر بود.

1. Cointegrating Regression

کرت و همکاران (۲۰۱۰)، تقاضای بنزین را در سطوح ملی و محلی در مکزیک تخمین زدند. آن‌ها از مدل‌های «همبستگی سری زمانی» و «مدل GMM[1] با داده‌های تلفیقی» استفاده کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان می‌دهد کشش قیمت در بلندمدت در شهر مکزیکو در بازهٔ ۰/۲- تا ۰/۲۶- است، درحالی‌که مطالعات قبلی که از اساس بر داده‌های کل کشور متمرکز بودند، کشش قیمت را بین ۰/۶- تا ۰/۸- تخمین زده بودند. علاوه‌براین، مدل‌های به‌کاررفته در آن تحقیق نشان می‌دهند که تغییرات در کرایه‌های حمل‌ونقل عمومی، آثار کمی بر مصرف بنزین دارد و قدر مطلق کشش‌های درآمد در کوتاه‌مدت و بلندمدت، بزرگ‌تر از قدر مطلق مقادیر کشش‌های قیمت است.

آزاده و همکاران (۲۰۱۰)، لگوریتمی هوشمند برای پیش‌بینی تقاضای بنزین مبتنی بر شبکه‌های عصبی، رگرسیون و طراحی آزمایش‌ها ارائه کردند. آن‌ها الگوریتم پیشنهادشده را برای تخمین تقاضای ماهانهٔ بنزین در ژاپن، آمریکا، کویت، کانادا و ایران در سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۵ به‌کار گرفتند. متغیرهای به‌کارگرفته‌شده در تحقیق آن‌ها شامل قیمت، تولید ناخالص داخلی، جمعیت، تعداد خودرو، تقاضای بنزین در دورهٔ گذشته و ضریب همبستگی بین متغیرهاست. آن‌ها برای انتخاب یکی از روش‌های شبکه‌های عصبی و رگرسیون به‌منظور تخمین تقاضای بنزین در آینده، از روش تحلیل واریانس استفاده کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان می‌دهد خطای شبکه‌های عصبی کمتر از رگرسیون است؛ بنابراین برای پیش‌بینی تقاضای بنزین مناسب‌تر است.

روش‌شناسی رگرسیون خطی آماری و فازی

در تقسیم‌بندی‌ای کلی، روش‌های رگرسیونی در طبقهٔ روش‌های شبیه‌سازی در مقابل روش‌های بهینه‌سازی جای می‌گیرد. هدف از روش‌های شبیه‌سازی، همانندسازی ریاضی روابط میان متغیرها در جهان حقیقی است. به‌دلیل تعداد بسیار بالای متغیرهای دخیل در فرایند شبیه‌سازی و روابط متعدد و متداخل آن‌ها، در مدل‌های شبیه‌سازی— همچون تمامی روش‌های مدل‌سازی- سعی می‌شود متغیرهای کم‌اهمیت‌تر از مدل حذف شوند و فقط روابط میان متغیرهای اصلی و معنادار بررسی شوند. از این‌رو، مدل‌های شبیه‌سازی، شامل بخشی به نام پسماند هستند که تمامی متغیرهای حذف‌شده یا نادیده‌انگاشته‌شده در آن جای می‌گیرند. محاسبه و بررسی پسماندها— که در عمل از تفاضل میان مقدار واقعی و مقدار تخمین‌زده‌شدهٔ متغیر وابسته به‌دست می‌آید- علاوه‌بر فراهم‌آوردن امکان ارزیابی دقت و صحت مدل تصریح‌شده، امکان مقایسهٔ عملکرد روش‌های مختلف شبیه‌سازی را برای مدل‌سازان ایجاد می‌کند (گجراتی، ۱۳۸۹). چنانچه اشاره شد، هدف از تحقیق حاضر مقایسهٔ عملکرد مدل‌های رگرسیون خطی آماری و فازی در تخمین تقاضای بنزین در ایران است. از این‌رو، در بخش حاضر به معرفی روش‌شناسی مدل‌های رگرسیون خطی آماری و فازی پرداخته می‌شود و بخش بعدی مقاله به تخمین و ارزیابی عملکرد روش‌های بالا اختصاص می‌یابد.

1. Generalized method of moments

روش‌شناسی رگرسیون خطی آماری

به‌طور نسبی، روش‌های خطی تخمین آماری یا اقتصادسنجی، روش‌های معمول برای تخمین تقاضای انرژی در میان محققان حوزهٔ انرژی است. چنانکه امروزه نیز متداول است، مدل‌سازی اقتصادسنجی از سه مرحله تشکیل می‌شود: تشخیص، تخمین و پیش‌بینی/ تبیین و تفسیر. ابتدا ساختار سیستم مورد بررسی با یک یا مجموعه‌ای از معادله‌ها تصریح می‌شود. سپس ارزش ضرایب متغیرهای توضیحی مدل بر مبنای داده‌های تاریخی، مقطعی یا تلفیقی تخمین زده می‌شود. در گام آخر، برآورد نهایی روابط میان متغیرهای توضیحی و متغیر وابسته به‌منظور پیش‌بینی عملکرد آیندهٔ سیستم یا تبیین و تفسیر روابط میان متغیرهای سیستم استفاده می‌شود. ضعف عمدهٔ مدل‌های اقتصادسنجی ریشه در فرض‌های زیربنایی نظریهٔ اقتصادی دارد: فرض‌هایی دربارهٔ رفتار عقلایی عوامل اقتصادی، دردسترس‌بودن اطلاعاتی که تصمیم‌گیر واقعی در اختیار ندارد (فرض‌های اطلاعات کامل) و فرض‌هایی در زمینهٔ تعادل در سیستم مورد بررسی. بسیاری از اقتصاددانان به ایده‌آل و انتزاعی‌بودن این فرض‌ها اذعان دارند، اما در عین حال به نتایج قوی‌ای اشاره می‌کنند که از این مدل‌ها منتج می‌شود.

حجم وسیعی از تحقیقات تجربی در روان‌شناسی و مطالعات سازمانی نشان می‌دهد برخلاف روش‌شناسی اقتصادسنجی مبنی بر حداقل‌سازی مجموع مربعات اجزای پسماند مدل، رفتار مردم مبتنی بر بهینه‌سازی نیست. آن‌ها توان ذهنی را برای تصمیم‌گیری‌های بهینه ندارند. حتی اگر توان محاسبه‌های کافی داشته باشند، اطلاعات مورد نیاز را برای بهینه‌سازی در اختیار ندارند. درعوض آن‌ها تلاش می‌کنند اهداف شخصی و سازمانی متنوعی را دنبال کنند، از شیوه‌های رایج تصمیم‌گیری استفاده کنند و از بسیاری از اطلاعات موجود برای کاهش پیچیدگی مسائل صرف نظر کنند. اقتصادسنجی دچار محدودیت‌های ذاتی و جدی آماری نیز است. تکنیک رگرسیون که در تخمین پارامترها استفاده می‌شود، تنها در شرایط ویژه‌ای— که به آن فرض‌های کلاسیک گفته می‌شود- تخمینی بدون تورش به‌دست می‌دهد. تکیهٔ اقتصادسنجی بر تخمین براساس داده‌های عددی از دیگر ضعف‌های آن است. تمرکز دقیق بر داده‌های کمّی موجب می‌شود مدل‌ساز از عوامل کمتر محسوس صرف‌نظر کند. هرچند مدل‌سازان سعی می‌کنند این خلأ را با معرفی متغیرهای مجازی پر کنند، اما هنوز نمی‌توانند بسیاری از متغیرهای قابل مشاهده‌ای در مدلشان بگنجانند که اندازه‌گیری نشدند یا قابلیت تبدیل را به مقادیر عددی ندارند. از جمله متغیرهایی که در مدل‌های اقتصادسنجی به‌علت نبودن داده‌های کمّی حذف شدند، بسیاری از عوامل تعیین‌کنندهٔ تصمیم‌گیری مانند اهداف، آرزوها، برداشت‌ها و استنباط‌هاست.

به‌طور مشابه، مدل‌های اقتصادسنجی نمی‌توانند هیچ پیش‌بینی یا تفسیری را دربارهٔ شرایطی بیان کنند که پیش از این تجربه نشده است. متخصصان اقتصادسنجی فرض می‌کنند همبستگی‌ای که توسط داده‌های تاریخی به‌دست آوردند در آینده نیز باقی می‌ماند. درواقع، مدل‌های اقتصادسنجی معمولاً دامنهٔ زمانی محدودی را دربر می‌گیرند و هیچ داده‌ای در ورای این تجربهٔ تاریخی ندارند. درنتیجه، این مدل‌ها اغلب قاطع و محکم نیستند و در مواجهه با شرایط و سیاست‌های جدید با شکست روبه‌رو می‌شوند.

علی‌رغم تمامی مشکلات بالا و هجمه‌های واردشده به روش‌شناسی و عملکرد مدل اقتصادسنجی، مدل‌های تخمین آماری نیز هنوز مدل‌های پیشتاز در عرصهٔ شبیه‌سازی‌اند. این پیشتازی مرهون چند دلیل عمده است. نخست آنکه مدل‌های اقتصادسنجی به‌طور عمده براساس تئوری‌های اقتصادی شکل می‌گیرند و از این‌رو، در کنار تخمین و برآورد آماری، منطق نظری نیز دارند. این در حالی است که بسیاری از مدل‌های شبیه‌سازی دیگر براساس تخمین‌های صرفاً عددی به‌دست می‌آیند. دوم آنکه تلاش مستمر پژوهشگران حوزهٔ اقتصادسنجی، بسیاری از ضعف‌های موجود این مدل‌ها را برطرف ساخت؛ برای مثال، امروزه با به‌کارگیری مدل‌های علیت انگل و گرانجر می‌توانیم دریابیم که آیا رابطهٔ میان متغیرهای توضیحی و وابستهٔ مدل، فقط همبستگی‌ای آماری است یا رابطه‌ای علی و معلولی. سوم آنکه فرایند مدل‌سازی اقتصادسنجی دارای مزایایی است که بسیاری از روش‌های دیگر از آن عاجزند؛ برای مثال، در بسیاری از روش‌های شبیه‌سازی (مانند رگرسیون‌های فازی)، نمی‌توان مرحله‌ای مانند تشخیص در مدل‌سازی اقتصادسنجی یافت؛ به‌عبارت دیگر، به‌جز مقایسهٔ عملکرد تصریحات مختلف در یک روش شبیه‌سازی، راهی دیگر برای شناخت متغیرهای معنادار و بی‌معنا در سیستم مورد نظر وجود ندارد. این در حالی است که روش‌شناسی اقتصادسنجی سرشار از آزمون‌های آماری است که به‌صورت گام‌به‌گام امکان نزدیک‌شدن به تصریح بهینه را فراهم می‌آورند. درنهایت، باید گفت هنگامی‌که سخن از عملکرد یک روش بهینه‌سازی به میان می‌آید، می‌توان مجموعه‌ای از نقاط قوت و ضعف را درنظر آورد. روش‌شناسی اقتصادسنجی نیز از این امر مستثنی نیست، اما آنچه به‌طور قطع می‌توان گفت، آن است که هنوز راهی طولانی برای دستیابی به مدل‌های بهینهٔ شبیه‌سازی باقی است. (استرن، ۲۰۰۰).

روش‌شناسی رگرسیون خطی فازی

به‌طور کلی، دو دسته مدل‌های فازی وجود دارند: دستهٔ اول مدل‌هایی‌اند که ارتباط متغیرهای موجود در آن‌ها فازی است و دستهٔ دیگر، مدل‌هایی‌اند که متغیرهای فازی را شامل می‌شوند. در این تحقیق، تمرکز بر مدل‌هایی است که داده‌ها در آن‌ها قطعی (غیر فازی) ولی ارتباط بین متغیرها فازی است؛ به‌عبارت دیگر، مدل مورد بحث در این تحقیق، شامل خروجی فازی، ضرایب فازی و یک بردار ورودی غیر فازی است. ایدهٔ اصلی این رویکرد، مینیمم‌کردن فازی‌بودن مدل با استفاده از حداقل‌کردن گسترهٔ کلی ضرایب فازی با به‌کارگیری داده‌های موجود است.

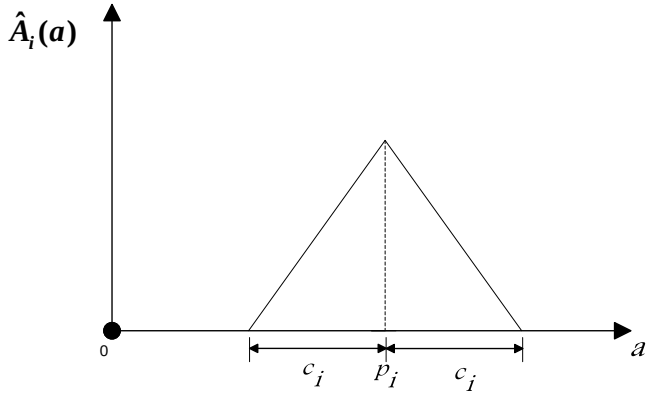
مدل‌های رگرسیون خطی فازی، مدل‌هایی رقیب برای روش‌های اقتصادسنجی به‌شمار می‌آیند. این مدل‌ها می‌توانند یکی از نقاط ضعف عمدهٔ روش‌های اقتصادسنجی یعنی فرض اطلاعات کامل را پوشش دهند. همچنین، در موارد زیر رگرسیون آماری با مشکل مواجه می‌شود و از صحت کافی برای پیش‌بینی برخوردار نیست، درصورتی‌که رگرسیون خطی فازی می‌تواند استفاده شود و نتایج قابل قبولی ارائه دهد (ساویچ و پدریکز، ۱۹۹۱):

- تعداد مشاهده‌ها کم باشد.
- مشکل‌بودن تشخیص توزیع نرمال پسماندها
- مشخص‌نبودن رابطهٔ ریاضی بین متغیرهای توضیحی و وابسته
- ابهام در امکان[1] رخداد متغیرهای مدل
- بی‌دقتی و انحراف ناشی از خطی‌سازی روابط

به‌منظور آشنایی بیشتر با روش‌شناسی رگرسیون خطی فازی، ادامهٔ این بخش به معرفی یکی از مدل‌های رگرسیون فازی اختصاص می‌یابد که در این تحقیق استفاده شد. همان‌طورکه از رابطهٔ ۱ برمی‌آید، ضرایب متغیرهای مدل فازی، ورودی‌های غیر فازی و خروجی‌های مدل فازی بود و مدل پایه به‌صورت یک تابع خطی درنظر گرفته شد:

$$\tilde{y} = f\left(x, \tilde{A}\right) = A_0 + \tilde{A}_1 X_1 + \tilde{A}_2 X_2 + \ldots + \tilde{A}_n X_n \qquad (1)$$

A_i (i=۱,۲,…,n)ها اعداد فازی مثلثی $\left(p_i, c_i\right)$هستند، به‌گونه‌ای‌که p_i پارامتر میانه و c_i پارامتر گسترهٔ عدد فازی است و مقدار پارامتر گستره بر میزان فازی‌بودن دلالت می‌کند. تابع عضویت مربوط به ضریب فازی $\tilde{A}_i$ در نمودار ۲ ارائه و به‌صورت رابطهٔ ۲ بیان می‌شود.



نمودار ۲. تابع عضویت مثلثی ضرایب فازی ($\tilde{A}_i$)

1. Possibility

$$\tilde{A}_i(a)=\begin{cases}1-\dfrac{|a-p_i|}{c_i}, & p_i-c_i\le a\le p_i-c_i\\ 0, & otherwise\end{cases} \qquad (۲)$$

اکنون با مشخص‌شدن تابع عضویت ضرایب فازی مدل و به‌کارگیری اصل گسترش، تابع عضویت خروجی فازی به‌صورت زیر به‌دست می‌آید (زاده، ۱۹۷۵):

$$\tilde{y}(y)=\begin{cases}\max(\min_i\{\tilde{A}_i(a_i)\}), & \{a_i\,|y=f(x,a_i)\}\neq\varphi\\ 0, & Otherwise\end{cases} \qquad (۳)$$

حال با مد نظر قراردادن مدل پایهٔ ۱ و رابطهٔ ۳، تابع عضویت خروجی فازی به‌صورت زیر حاصل شد که نشان می‌دهد پارامتر میانه و گسترهٔ این خروجی‌های فازی به‌ترتیب $\sum_{i=1}^{n}p_i x_i$ و $\sum_{i=1}^{n}c_i|x_i|$ است.

$$\tilde{y}(y)=\begin{cases}1-\dfrac{\left|y-\sum_{i=1}^{n}p_i x_i\right|}{\sum_{i=1}^{n}c_i|x_i|}, & x_i\neq 0\\ 1, & x_i=0, y=0\\ 0, & x_i=0, y\neq 0\end{cases} \qquad (۴)$$

فرض کنید تعداد مشاهده‌های در دسترس m باشد، در این‌صورت می‌توان رابطهٔ ۱ را به‌صورت زیر نشان داد:

$$\tilde{y}_j=(p_0,c_0)+(p_1,c_1)x_{1j}+(p_2,c_2)x_{2j}+\ldots+(p_n,c_n)x_{nj}$$
$$j=1,2,\ldots,m \qquad (۵)$$

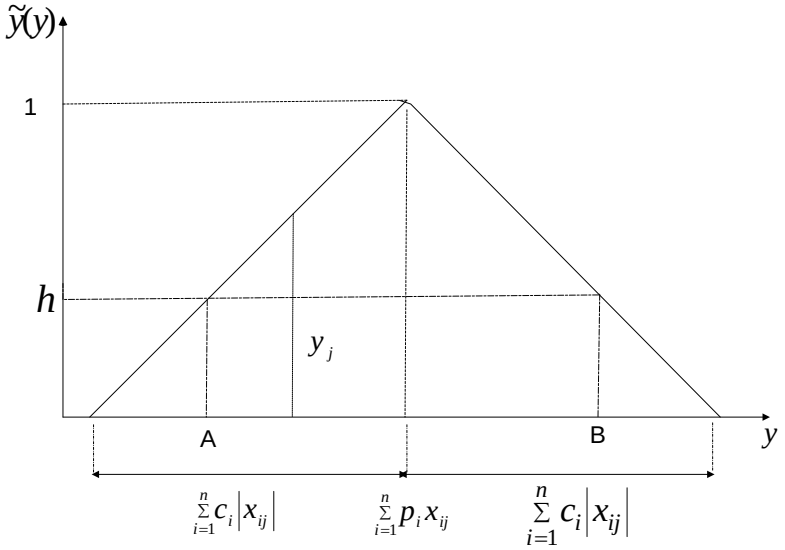
حال تلاش بر این است تا ضرایب $\tilde{A}_i=(p_i,c_i)$ به‌نحوی محاسبه شود که مقدار پارامتر گسترهٔ عدد فازی خروجی مربوط به مجموعه داده‌ها حداقل شود؛ بنابراین، تابع هدف به‌صورت زیر به‌دست می‌آید (مونتگمری و پک، ۱۹۸۲):

$$Min \sum_{j=1}^{m} \sum_{i=1}^{n} (c_0 + \sum_{i=1}^{n} c_i |x_{ij}|) \qquad (۶)$$

شایان ذکر است هدف مدل رگرسیون، تعیین مقادیر بهینهٔ پارامترهاست، به‌طوری‌که مشاهدهٔ y_j با درجهٔ عضویت حداقل h متعلق به $\tilde{y}(y)$ باشد؛ بنابراین داریم:

$$\tilde{y}(y_j) \geq h, \quad j = 1,2,...,m \qquad (۷)$$

درجهٔ عضویت h توسط کاربر تعیین‌شده و نمودار ۲ تابع عضویت خروجی فازی را نشان می‌دهد؛ به‌عبارت دیگر، رابطهٔ ۷ بیان می‌کند خروجی فازی باید بین دو مقدار A و B (در نمودار ۳) قرار گیرد.



نمودار ۳. تابع عضویت متغیر وابستهٔ خروجی مدل رگرسیون

با جایگزینی رابطهٔ ۴ در رابطهٔ ۷، نامعادله‌های زیر حاصل شد که همان محدودیت‌های مدل برنامه‌ریزی خطی برای مینیمم‌کردن تابع هدف ۶ هستند:

$$\begin{aligned} y_j &\geq p_0 + \sum_{i=1}^{n} p_i x_{ij} - (1-h)(c_0 + \sum_{i=1}^{n} c_i |x_{ij}|), \quad j = 1,2,...,m \\ y_j &\leq p_0 + \sum_{i=1}^{n} p_i x_{ij} + (1-h)(c_0 + \sum_{i=1}^{n} c_i |x_{ij}|), \quad j = 1,2,...,m \end{aligned} \qquad (۸)$$

بنابراین، برای محاسبهٔ ضرایب مدل رگرسیون خطی فازی (۱) از مدل برنامه‌ریزی خطی زیر استفاده می‌شود. در این مدل، پارامترهای c_i و p_i مربوط به مدل رگرسیون خطی فازی، متغیرهای تصمیم‌گیری‌اند.

$$Min \sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{n}(c_0 + \sum_{i=1}^{n} c_i |x_{ij}|)$$

$$s.t.$$

$$y_j \geq p_0 + \sum_{i=1}^{n} p_i x_{ij} - (1-h)(c_0 + \sum_{i=1}^{n} c_i |x_{ij}|), \quad j = 1,2,...,m \qquad (9)$$

$$y_j \leq p_0 + \sum_{i=1}^{n} p_i x_{ij} + (1-h)(c_0 + \sum_{i=1}^{n} c_i |x_{ij}|), \quad j = 1,2,...,m$$

$$c_i \geq 0, \quad p_i \geq 0$$

برآورد تقاضای بنزین در ایران با استفاده از مدل‌های رگرسیون خطی آماری و فازی

تاکنون مطالعات گسترده‌ای در زمینهٔ برآورد تقاضای بنزین صورت پذیرفت که به‌طور عمده در بخش پیشینهٔ تحقیق به آن اشاره شد. با توجه به مطالعات صورت‌پذیرفته و داده‌های در دسترس، رابطهٔ ۱۰ به‌منظور تخمین تابع تقاضای بنزین در ایران برای دورهٔ زمانی ۱۳۶۰–۱۳۸۶ تصریح شد.

(۱۰)

$$ln(gasoline_pc_t) = c + \alpha_1 ln(gnp_pc_t) + \alpha_2 ln(gasoline_price_t) + \alpha_3 ln(car_pc_{t-1}) + \alpha_4 dum_cng_t + \alpha_5 war_t + \alpha_6 trend_t + u_t$$

در رابطهٔ بالا، $ln(gasoline_pc)$ لگاریتم طبیعی سهم سرانهٔ مصرف بنزین، c عرض از مبدأ، $ln(gnp_pc)$ لگاریتم طبیعی تولید واقعی سرانهٔ ناخالص داخلی، $ln(gasoline_price)$ لگاریتم طبیعی قیمت واقعی بنزین، $ln(car_pc_{t-1})$ لگاریتم طبیعی سهم سرانهٔ خودروی بنزینی در سال قبل، dum_cng متغیر مجازی معرف خودروهای گازسوز (۱۳۷۸–۱۳۸۶)، war متغیر مجازی جنگ (۱۳۶۰–۱۳۶۸)، $trend$ متغیر روند و u_t جزء پسماند مدل‌اند. علت به‌کارگیری متغیر تأخیری سهم سرانهٔ خودرو، پرهیز از همخطی احتمالی میان سهم سرانهٔ خودرو و درآمد سرانه به‌عنوان یکی از متغیرهای تعیین‌کنندهٔ سهم سرانهٔ خودرو است.

پیش‌شرط هرگونه تخمین در مدل‌های اقتصادسنجی، اطمینان از مانایی متغیرهای مستقل و وابستهٔ مورد استفاده در تحقیق است. بررسی نتایج آزمون‌های متعدد مانایی همچون دیکی– فولر[1] و دیکی– فولر تعمیم‌یافته[2] بیانگر مانایی فرم‌های لگاریتمی متغیرهای این تحقیق است. به‌منظور صرفه‌جویی در فضای مقاله، از ارائهٔ جدول نتایج آزمون‌های مانایی خودداری شد. نتایج تخمین رابطهٔ ۱۰ با استفاده از رگرسیون‌های آماری سری زمانی در جدول ۱۰ ارائه می‌شود.

1. Dicky-Fuller
2. Augmented Dicky-Fuller

جدول ۱. برآورد تابع تقاضای بنزین با استفاده از روش تخمین رگرسیون آماری سری زمانی

نام متغیر	مدل ۱	مدل ۲	مدل ۳	مدل ٤
C	−۱۸/۵۱	−۹/۴۸	--------	--------
	۱۷/۳۹*	۸/۳۶*		
$ln(gnp_pc)$	۰/۰۴	۰/۰۵	--------	--------
	۰/۱۱*	۰/۱۱*		
$ln(gasoline_price)$	−۰/۱۳	−۰/۲۴***	−۰/۳۰***	−۰/۳۰***
	۰/۱۱*	۰/۰۶*	۰/۰۳*	۰/۰۳*
$ln(car_pc_{t-1})$	۰/۴۷***	۰/۴۹***	۰/۶۳***	--------
	۰/۱۴*	۰/۱۲*	۰/۰۳*	
$ln(car_pc_t)$	--------	--------	--------	۰/۵۶***
				۰/۰۳*
dum_cng	−۰/۱۰	--------	--------	--------
	۰/۱۱*			
war	−۰/۰۴	--------	--------	--------
	۰/۰۸*			
$trend$	۰/۰۱	۰/۰۰۸	۰/۰۰۱۸***	۰/۰۰۱***
	۰/۰۱*	۰/۰۰۵*	۰/۰۰*	۰/۰۰*
Durbin-Watson statistic	۱/۶۰	۱/۵۲	۱/۵۳	۱/۶۲
R^2	۰/۹۴	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۹۴

* میزان انحراف از معیار ضرایب تخمین

*** معناداری ضرایب در سطح اعتماد ۱ درصد

منبع: محاسبه‌های نویسندگان

مدل ۱ در جدول ۱ بیانگر بی‌معنابودن بسیاری از متغیرهای توضیحی تحقیق در معادلهٔ ۱۰ است. متغیرهای بی‌معنا گام‌به‌گام از این مدل حذف شد تا درنهایت بهترین تخمین در مدل ۳ به‌دست آمد. نتایج مدل ۳ نشان می‌دهند از میان متغیرهای تخمین، تنها سه متغیر قیمت بنزین، متغیر تأخیری سهم سرانهٔ خوردو و متغیر روند، اثر معنادار بر متغیر وابستهٔ مصرف سرانهٔ بنزین دارند. از آنجاکه متغیر درآمد سرانه به‌دلیل نداشتن اثری معنادار بر متغیر وابسته حذف شد، امکان وجود همخطی میان متغیرهای آن و متغیر سهم سرانهٔ خودرو از بین رفت. از این‌رو، می‌توان به‌منظور افزایش درجهٔ آزادی مدل، به‌جای جزء تأخیری متغیر سهم سرانهٔ خودرو، از میزان جاری آن استفاده کرد. مدل ۴ نتایج این تغییر را نشان می‌دهد.

همان‌طورکه در جدول ۱ نمایان است، نتایج نهایی تخمین مدل نشان می‌دهند کشش قیمت واقعی تقاضای سرانهٔ بنزین در ایران و در دورهٔ مورد بررسی مقداری برابر ۰/۳۰ و کشش سهم سرانه خودرو در تقاضای سرانهٔ بنزین برابر ۰/۵۶ است. درنتیجه، اگر قیمت واقعی بنزین در ایران ۱۰۰ درصد افزایش یابد،

تقاضای سرانهٔ آن ۳۰ درصد کاهش می‌یابد. در مقابل، اگر سهم سرانهٔ خودرو در ایران دو برابر شود، تقاضای سرانهٔ بنزین در ایران ۵۶ درصد رشد می‌یابد.

با شناخت تصریح صحیح رابطهٔ ۱۰، نوبت به تخمین رگرسیون خطی فازی با ضرایب فازی، ورودی‌های غیر فازی و خروجی‌های فازی می‌رسد. مدل مورد بررسی در این بخش به شکل رابطهٔ ۱۱ است.

(۱۱)

$$ln(gasoline_pc_t) = (p_1, c_1) ln(gasoline_price_t) + (p_2, c_2) ln(car_pc_t) + (p_3, c_3) trend_t + u_t$$

$$t = ۱۳۶۰ - ۱۳۸۶$$

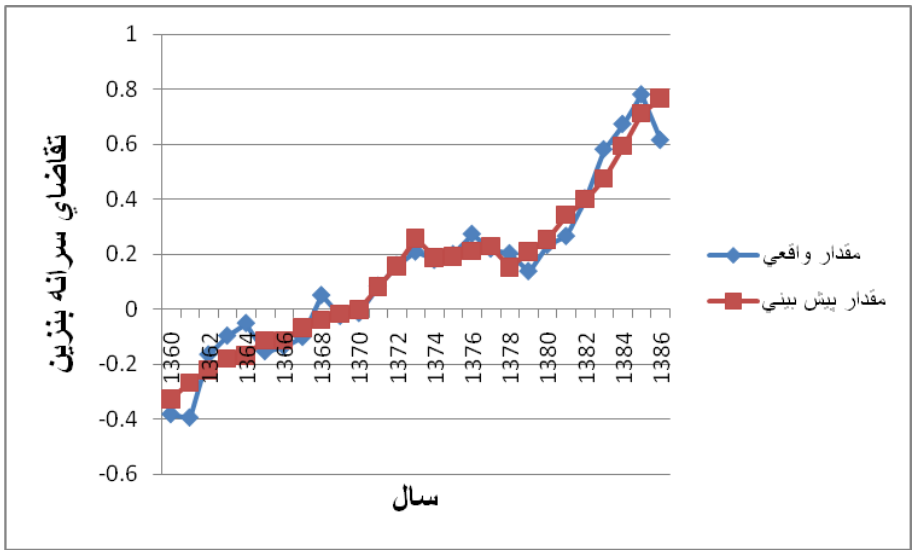
در ابتدا، به‌منظور محاسبهٔ ضرایب رابطهٔ ۱۱، یک مدل برنامه‌ریزی خطی مطابق با مدل ۹ ساخته شد و جواب‌های بهینهٔ آن محاسبه شد. مقادیر در جدول ۲ ارائه شدند. نتایج روش تخمین فازی در جدول ۲ نه تنها دارای علائم مبتنی بر نظریات اقتصادی است (کشش منفی قیمت و کشش مثبت سهم سرانهٔ خودرو)، بلکه از نظر مقدار بسیار نزدیک به مقادیر مدل رگرسیونی آماری است.

جدول ۲. برآورد تابع تقاضای بنزین با استفاده از روش تخمین رگرسیون خطی فازی

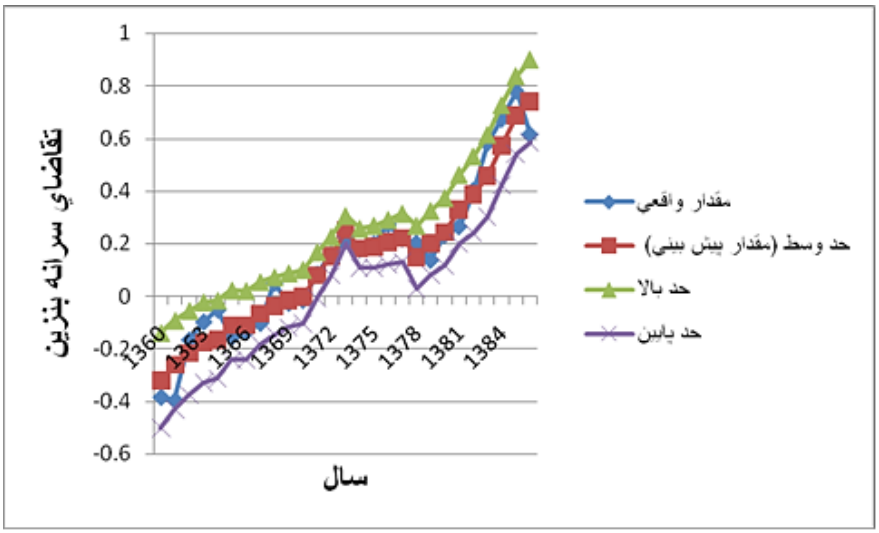
نام متغیر	عدد میانه (p)	گسترهٔ چپ و راست (c)
ln(gasoline_price)	-۰/۲۹۹۲	۰/۰۷۰۴
ln(car_pc)	۰/۵۴۱۵	۰/۰۳۴۵
trend	۰/۰۱۶	۰/۰۰۰۱

منبع: محاسبه‌های نویسندگان

اکنون با توجه به تابع تقاضای بنزین که با روش‌های اقتصادسنجی و فازی به‌دست آمد، به‌منظور بررسی عملکرد این دو روش، برآورد برای سال‌های ۱۳۶۰ تا ۱۳۸۶ انجام گرفت و نتایج عددی در ضمیمهٔ مقاله ارائه شدند. نمودارهای مربوط به داده‌های واقعی و پیش‌بینی‌شده در نمودار ۴ آورده شدند. همان‌طورکه از این نمودارها نیز مشخص است، مقادیر پیش‌بینی‌شده به مقادیر واقعی نزدیک است؛ به‌عبارت دیگر، مدل‌های ارائه‌شده برای پیش‌بینی تقاضای سرانهٔ بنزین از دقت کافی برخوردارند. اینکه از نظر دقت عملکرد کدام‌یک برتری نسبی دارد، موضوعی است که باید بررسی شود.



نمودار ٤. داده‌های واقعی و پیش‌بینی‌شدهٔ روش رگرسیون آماری



نمودار ٥. داده‌های واقعی و پیش‌بینی‌شدهٔ روش رگرسیون فازی

مقایسهٔ عملکرد مدل‌های رگرسیون خطی آماری و فازی

در این بخش، دربارهٔ چندین معیار برای مقایسهٔ عملکرد مدل‌های ارائه‌شده برای پیش‌بینی تقاضای سرانهٔ بنزین بحث می‌شود. در ابتدا، معیارهای انتخاب مدل تشریح و برای هر مدل به‌طور جداگانه محاسبه می‌شوند. درنهایت، مدل‌های اقتصادسنجی و فازی استخراج‌شده برای پیش‌بینی تقاضای بنزین مقایسه

می‌شوند. هدف از این رویکرد آن است که عملکرد روش‌های اقتصادسنجی و فازی مقایسه شوند تا جایگاه این روش‌ها در پیش‌بینی تقاضای بنزین مشخص شود. معیارهای انتخاب مدل و مقادیر محاسبه‌شده در زمینهٔ مدل‌های اقتصادسنجی و فازی، به‌ترتیب در جدول‌های ۳ و ۴ ارائه شدند.

نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد روش رگرسیون آماری دارای برتری جزئی نسبت به رگرسیون فازی است. با وجود این، این برتری آنقدر جزئی است که در عمل تفاوت ویژه‌ای میان این دو روش در دقت برآورد و پیش‌بینی قابل مشاهده نیست.

جدول ۳. معیارهای مقایسهٔ مدل‌های اقتصادسنجی و فازی

معیار	فرمول	تشریح معیار
R^2	$R^2 = 1 - \frac{RSS}{TSS}$	این معیار دقت برازش داخل نمونه را اندازه می‌گیرد و هیچ تضمینی نمی‌کند که مدل ارائه‌شده برای پیش‌بینی آینده دقت کافی ندارد. برای مقایسهٔ دو یا چند مدل، متغیرهای مستقل و وابسته باید یکسان باشند. وقتی تعداد متغیرهای مدل اضافه می‌شوند، مقدار این معیار افزایش می‌یابد و می‌تواند گمراه‌کننده باشد.
Adjusted R^2	$\bar{R}^2 = 1 - (1 - R^2)\frac{n-1}{n-k}$	n تعداد مشاهده‌ها و k تعداد ضرایب تخمین است. همواره $\bar{R}^2 <= R^2$ است. در اینجا، تعداد ضرایب تخمین (k) در محاسبهٔ $\bar{R}^2$ مؤثر است و برخلاف R^2 که با افزایش تعداد ضرایب افزایش می‌یابد، مقدار $\bar{R}^2$ فقط در صورتی افزایش می‌یابد که قدر مطلق مقدار t متغیر اضافه‌شده بیشتر از یک باشد؛ بنابراین به‌منظور مقایسه، استفاده از معیار $\bar{R}^2$ بهتر از معیار R^2 است.
Akaike Information Criterion (AIC)	$\ln AIC = (2k/n) + \ln(RSS/n)$	در این معیار، با افزایش تعداد ضرایب جریمه افزایش می‌یابد. $(2k/n)$ فاکتور جریمه است که نسبت به معیار $\bar{R}^2$ از میزان بالاتری برخوردار است. در مقایسهٔ دو یا چند مدل، مدل با مقدار کمتر AIC ترجیح داده می شود. این معیار، ارزیابی عملکرد پیش‌بینی داخل نمونه و بیرون نمونه را درنظر می‌گیرد.
Schwarz Information Criterion (SIC)	$\ln SIC = \frac{k}{n}\ln n + \ln(\frac{RSS}{n})$	در این معیار، $[(\frac{k}{n})\ln n]$ فاکتور جریمه است و جریمهٔ بیشتری را به‌دلیل افزایش تعداد ضرایب نسبت به معیار AIC درنظر می‌گیرد. در مقایسهٔ دو یا چند مدل، مدل با مقدار کمتر AIC ترجیح داده می شود. این معیار، ارزیابی عملکرد پیش‌بینی داخل نمونه و بیرون نمونه را درنظر می‌گیرد.
Mallows' s C_p	$C_p = \frac{RSS_p}{\hat{\sigma}^2} - (n - 2p)$	P تعداد ضرایب مدل است. در مقایسهٔ دو یا چند مدل، مقدار کمتر C_p ترجیح داده می‌شود.

منبع: گجراتی (۱۳۸۹)

جدول ٤. مقادیر معیارهای مقایسهٔ مدل‌های اقتصادسنجی و فازی

معیار	مدل اقتصادسنجی	مدل فازی
R^2	۰/۹۴۶۸	۰/۹۴۵۳
$\bar{R}^2$	۰/۹۴۲۴	۰/۹۴۰۷
AIC	−۵/۱۸۴۸	−۵/۱۵۷۱
SIC	−۵/۰۴۰۸	−۵/۰۱۳۱
C_p	۴/۷۶۶۰	۵/۴۸۹۴

منبع: محاسبه‌های نویسندگان

نتیجه‌گیری

مدیریت تقاضای بنزین، یکی از معضلات اصلی کشور به‌شمار می‌رود. در خلال دهه‌های گذشته، بی‌توجهی به قیمت‌گذاری صحیح، ارتقانیافتن کیفیت خودروها و گسترش‌نیافتن حمل‌ونقل عمومی به شکاف گسترده میان تولید و مصرف این فرآورده و گسترش بسیار سریع واردات آن منجر شد. از این‌رو، بررسی عوامل تأثیرگذار بر تقاضای بنزین در راستای شناخت ساختار رفتاری مصرف، امری حیاتی به‌شمار می‌رود. هدف این تحقیق، مقایسهٔ عملکرد رویکردهای اقتصادسنجی و فازی در تخمین تابع تقاضای بنزین و شناسایی متغیرهای مؤثر بر تقاضای بنزین بود. متغیرهای مورد استفاده در برآورد تابع تقاضای بنزین عبارت‌اند از: تولید واقعی سرانهٔ ناخالص داخلی، قیمت واقعی بنزین، تعداد سرانهٔ خودروی بنزینی، متغیر روند، متغیر مجازی معرف خودروهای گازسوز و متغیر مجازی جنگ.

نتایج تحقیق نشان می‌دهد روش‌های رگرسیون آماری و فازی، تفاوت دقت بسیار کمی دارند و دارای دقت کافی در برآورد و پیش‌بینی تقاضای سرانهٔ بنزین هستند. همچنین، از میان متغیرهای تخمین، تنها سه متغیر قیمت بنزین، متغیر سهم سرانهٔ خوردو و متغیر روند دارای اثر معنادار بر متغیر وابستهٔ مصرف سرانهٔ بنزین است و متغیر درآمد سرانه اثر معناداری بر مصرف سرانهٔ بنزین ندارد.

References

Aboonuri, A. & Shivah, H. (2006). Estimation of gasoline demand in the period 1347-1381. *Economic Research*, 6: 205-225. (*In Persian*)

Azadeh, A., Arab, R. & Behfard, S. (2010). An adaptive intelligent algorithm for forecasting long term gasoline demand estimation: The cases of USA, Canada, Japan, Kuwait and Iran. *Expert Systems with Applications*, 37: 7427–7437.

Chitnis, M. (2005). Estimating price elasticity of gasoline demand using structural time series models and concept of implicit trend. *Economics Research Quarterly*, 5(3): 1-16. (*In Persian*)

Crotte, A., Noland, R. B. & Graham, D. J. (2010). An analysis of gasoline demand elasticities at the national and local levels in Mexico. *Energy Policy*, 38: 4445–4456.

Eltony, M. N. & Al-Mutairi, N. H. (1995). Demand for gasoline in Kuwait, Energy Economics. *Energy Economics*, 17(3): 249-253.

Gojorati, D. (2010). *Principles of Econometrics*, Abrishami, H., University of Tehran Press. Tehran. (*In Persian*)

Khataei, M. & Eghdami, P. (2005). Analysis of price elasticity of gasoline demand in Iran Land transportation and predicting it by the year 1394. *Iran Economics Researches*, 7(25): 23-46. (*In Persian*)

Ministry of power (2009). Energy balance sheet 1387, Deputy of Energy. Tehran. (*In Persian*)

Montgomery, D. C. & Peck, E. A. (1982). *Introduction to Linear Regression Analysis,* Wiley. New York.

Norozi, H. & Salgi, M. (2006). Surveying Effect of different price scenarios on gasoline. *Energy Economics Studies Quarterly*. 3(11): 64-83. (*In Persian*)

Park, S .Y. & Zhao, G. (2010). An estimation of U.S gasoline demand: A smooth time-varying cointegration approach. *Energy Economics*, 32: 110–120.

Sadeghi, H., Zolfaghari, M. & Heidarzadeh, M. (2009). Estimation of gasoline demand function in transportation sector using genetic algorithm. *Energy Economics Studies Quarterly*. 6(21): 1-27. (*In Persian*)

Savic, D. A., Pedrycz, W. (1991). Evaluation of fuzzy linear regression models. *Fuzzy Sets and Systems*, 39(1): 51-63.

Sene, M. N. & Al-Mutairi, N. H. (2011). Estimating the demand for gasoline in developing countries: Senegal. *Energy Economics*, In Press.

Shakeri, A., Mohammadi, T., Jahangard, A. & Moosavi, M. (1389). Estimating structural model of demand for gasoline and gas oil in Iran transport sector. *Energy Economics Studies Quarterly*. 7(25): 1-31. (*In Persian*)

Stern, J. D. (2000). *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*, McGraw-Hill.Irwin.

Zadeh, L. A. (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning I. *Inform. Sci.*, 8: 199-249.

Zaranejad, M. & Ghapanchi, F. (2007). Estimating Error correction model for gasoline demand in Iran. *Business Research Quarterly*, 42: 29-52. (*In Persian*)

ضمیمهٔ ۱. نتایج برآورد تقاضای سرانهٔ بنزین از سال ۱۳۶۰ تا ۱۳۸۶ با استفاده از روش‌های رگرسیون آماری و فازی

سال	روش رگرسیون آماری	روش رگرسیون فازی		
	مقدار پیش‌بینی	مقدار پیش‌بینی	حد بالا	حد پایین
۱۳۶۰	-۰/۳۲۵۶	-۰/۳۱۹۶	-۰/۱۳۸۲	-۰/۵۰۱۰
۱۳۶۱	-۰/۲۶۴۶	-۰/۲۶۰۱	-۰/۰۹۱۵	-۰/۴۲۸۶
۱۳۶۲	-۰/۲۱۸۱	-۰/۲۱۴۷	-۰/۰۵۴۳	-۰/۳۷۵۱
۱۳۶۳	-۰/۱۷۷۴	-۰/۱۷۵۰	-۰/۰۲۲۰	-۰/۳۲۸۱
۱۳۶۴	-۰/۱۶۶۵	-۰/۱۶۴۳	-۰/۰۱۵۷	-۰/۳۱۲۹
۱۳۶۵	-۰/۱۱۰۹	-۰/۱۰۹۸	۰/۰۲۳۱	-۰/۲۴۲۷
۱۳۶۶	-۰/۱۱۰۹	-۰/۱۰۹۷	۰/۰۲۱۵	-۰/۲۴۰۹
۱۳۶۷	-۰/۰۶۴۵	-۰/۰۶۴۳	۰/۰۵۴۴	-۰/۱۸۲۹
۱۳۶۸	-۰/۰۳۶۹	-۰/۰۳۷۱	۰/۰۷۲۷	-۰/۱۴۶۹
۱۳۶۹	-۰/۰۱۴۹	-۰/۰۱۵۶	۰/۰۸۸۱	-۰/۱۱۹۳
۱۳۷۰	۰/۰۰۰۲	-۰/۰۰۰۹	۰/۱۰۱۲	-۰/۱۰۲۹
۱۳۷۱	۰/۰۸۳۶	۰/۰۸۰۵	۰/۱۶۸۱	-۰/۰۰۷۲
۱۳۷۲	۰/۱۵۷۲	۰/۱۵۲۲	۰/۲۲۶۰	۰/۰۷۸۵
۱۳۷۳	۰/۲۵۹۲	۰/۲۵۱۸	۰/۳۰۵۱	۰/۱۹۸۵
۱۳۷۴	۰/۱۸۷۸	۰/۱۸۱۹	۰/۲۵۶۸	۰/۱۰۷۰
۱۳۷۵	۰/۱۹۴۷	۰/۱۸۸۳	۰/۲۶۸۴	۰/۱۰۸۱
۱۳۷۶	۰/۲۱۲۶	۰/۲۰۵۳	۰/۲۹۰۹	۰/۱۱۹۸
۱۳۷۷	۰/۲۳۰۴	۰/۲۲۲۳	۰/۳۱۴۰	۰/۱۳۰۶
۱۳۷۸	۰/۱۵۴۸	۰/۱۴۷۸	۰/۲۶۸۵	۰/۰۲۷۱
۱۳۷۹	۰/۲۱۱۳	۰/۲۰۲۵	۰/۳۲۴۶	۰/۰۸۰۴
۱۳۸۰	۰/۲۵۴۸	۰/۲۴۴۲	۰/۳۷۳۳	۰/۱۱۵۱
۱۳۸۱	۰/۳۴۴۱	۰/۳۳۰۶	۰/۴۶۱۵	۰/۱۹۹۷
۱۳۸۲	۰/۴۰۲۱	۰/۳۸۶۱	۰/۵۳۱۰	۰/۲۴۱۱
۱۳۸۳	۰/۴۷۶۳	۰/۴۵۷۴	۰/۶۱۲۸	۰/۳۰۲۰
۱۳۸۴	۰/۵۹۴۸	۰/۵۷۲۱	۰/۷۲۴۶	۰/۴۱۹۶
۱۳۸۵	۰/۷۱۳۳	۰/۶۸۷۰	۰/۸۳۵۴	۰/۵۳۸۵
۱۳۸۶	۰/۷۶۹۵	۰/۷۴۱۰	۰/۸۹۷۷	۰/۵۸۴۲