# برآورد تابع تقاضای فرآورده‌های نفتی در بخش صنعت ایران

حسین یادگاری

**اشاره**

در دنیای امروز، مدیریت تقاضا نقش بسیار مهمی در برنامه‌ریزی کشورها دارد و با عنایت به این نکته که انرژی از پارامترها و عوامل بسیار مهم در امنیت اقتصادی کشور ما محسوب می‌شود و سهم قابل توجهی در درآمد ملی و سبد هزینه خانوارها دارد؛ مدیریت تقاضای انرژی می‌تواند از اهمیت فراوانی در تأمین امنیت اقتصادی برخوردار باشد. در حال حاضر در همه استان‌های کشور نفت‌کوره بیشترین سهم را در تأمین انرژی صنایع به عهده دارد. بنابراین و با توجه به توانایی زیادی که در صرفه‌جویی وبهینه‌سازی‌مصرف‌انرژی‌وجود دارد، می‌توان با اتخاذ تدابیر خاص و اعمال مدیریت تقاضا، شرایط مناسبی برای ایجاد تغییر در الگوی مصرف انرژی فراهم آورد. اهمیت حیاتی بخش انرژی در اقتصاد کلان کشور و همچنین ضرورت اعمال مدیریت کارآمد در این بخش ایجاب می‌کند تا تقاضای فرآورده‌های نفتی در بخش صنعت که یکی از ارکان اساسی اقتصاد کشور است، مورد مطالعه قرار گیرد. در این مقاله تابع تقاضا برای چهار فرآورده برآورد شده که موارد زیر ماحصل برآورد فوق است:

۱- در بخش صنعت، رابطه بین مصرف فرآورده‌های نفتی و گاز طبیعی از یک رابطه منظم مبتنی بر جانشینی این دو حامل انرژی در طول زمان پیروی نمی‌کند.

۲- کشش‌های قیمتی فرآورده‌های نفتی پایین است. یعنی حساسیت قیمتی در این زمینه به مقدار بسیار کمی وجود دارد.

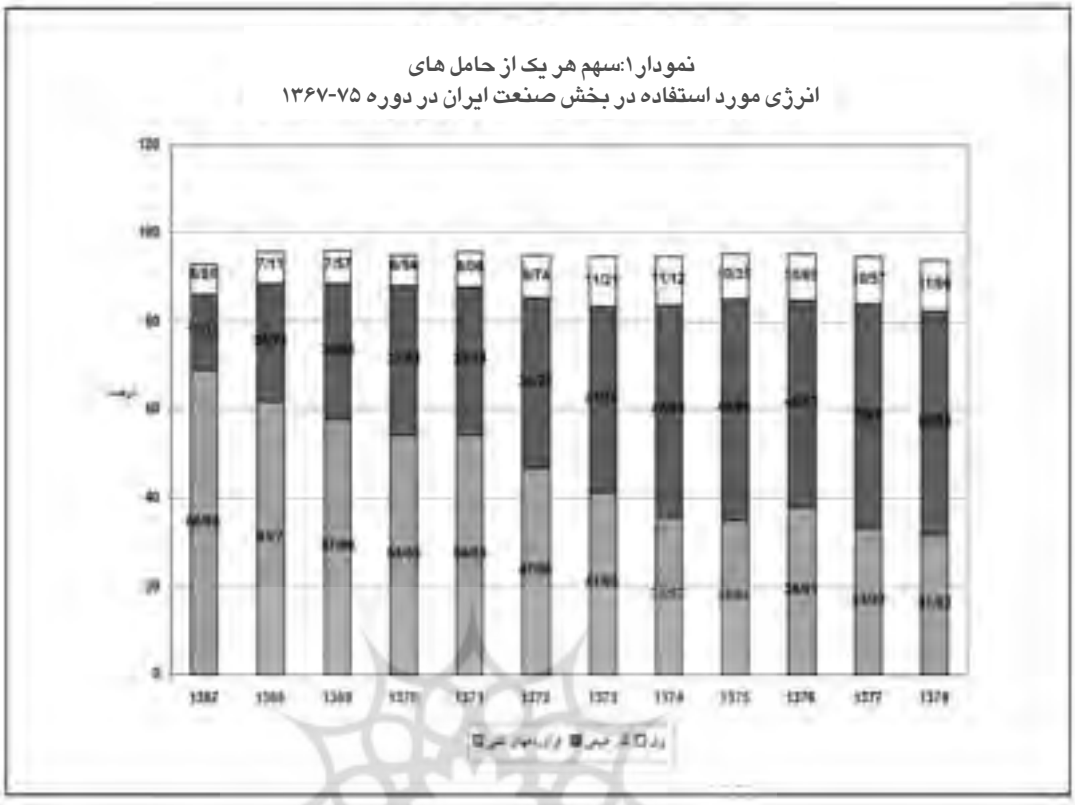
۳- محدودیت عرضه گاز طبیعی و عدم توسعه شبکه گازرسانی در کل کشور، بزرگترین مشکل در جایگزین کردن آن با فرآورده‌های نفتی در بخش صنعت است.

**واژه‌های کلیدی: تابع تقاضا، فرآورده‌های نفتی، صنعت، کشش**

## ۱- مقدمه

با توجه به اهمیت روزافزونی که مساله عرضه و تقاضای انرژی در تعادل اقتصادی و رشد و توسعه دارد و نیز به جهت ارتباط فشرده‌ای که بین بخش نفت با کلیه بخش‌های صنعتی برقرار است، شناخت ساختار مصرف انرژی و برنامه‌ریزی برای تأمین و توزیع بهینه انرژی در بخش صنعت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به‌علاوه با عنایت به این نکته که کشور ما یک اقتصاد تک محصولی دارد و تنها منبع مهم درآمدی کشور صادرات نفت خام است؛ توجه بیش از پیش به بهینه‌سازی مصرف انرژی یعنی جایگزینی فرآورده‌های نفتی، با ارزش صادراتی بالا با سایر حامل‌های انرژی نظیر گاز طبیعی، گاز مایع و برق (که سهم چندانی در صادرات آنها نداریم)می‌توانیم ضمن حفظ سهم صادرات خود از نفت، به هدف بهینه‌سازیی

نمودار۱:سهم هر یک از حامل های
انرژی مورد استفاده در بخش صنعت ایران در دوره ۷۵-۱۳۶۷



منبع : ترازنامه انرژی کشور۱۳۷۸

مصرف انرژی نیز دست یابیم. رهایی از وضع موجود و دستیابی به‌اهداف توسعه اقتصادی مستقل از نفت و تکیه بر صنعتی پویا، رقابت‌پذیر و معطوف به‌رشد صادرات، مستلزم دگرگونی و تحول ساختاری ونهادینه است. در چنین شرایطی است که صنعت به عنوان یکی از ارکان مهم (و توسعه آن به عنوان مهمترین عامل در تحول ساختاری اقتصاد) در نیل به اقتصاد غیر وابسته به درآمدهای نفتی، مورد توجه خواهد بود.

هدف اصلی این مقاله، شناخت ارتباط بین انواع حامل های انرژی در بخش صنعت چند استان منتخب است که این مهم با استفاده از اندازه‌گیری کشش‌های قیمتی خودی، درآمدی و متقاطع صورت می‌گیرد. در این تحقیق از ترکیب داده‌های سری زمانی و مقطعی هر استان استفاده شده است (زیرا اطلاعات سری زمانی استان‌ها برای چند سال محدود موجود بود)، به عبارت دیگر از روش Panal Data استفاده شده که دو مزیت دارد:

۱-تعداد مشاهدات افزایش یافته و در نتیجه تخمین‌های کاراتری به دست می‌آید.

۲- امکان بررسی تغییرات بین استان‌ها در طی زمان میسر می‌شود، یعنی نوع و ساختار صنایع هر استان در طی زمان مورد بررسی قرار می‌گیرد.

## ۲- مصرف انرژی در بخش صنعت ایران

در کشور ما فرآورده‌های مختلف هیدروکربوری، ارزش صادراتی متفاوتی دارند. بنابراین باید تلاش کرد تا در کلیه بخش‌های اقتصادی و بویژه بخش صنعت از حامل‌های انرژی‌ای که درآمد کمتری از صدورشان عاید کشور می‌شود، استفاده کرد. ترکیب حامل‌های انرژی مورد مصرف در بخش صنعت را باید به گونه‌ای انتخاب کرد تا ضمن تأمین انرژی مورد نیاز، حداکثر بهره‌وری و حداقل هزینه را به همراه داشته باشد. بنابراین با توجه به این هدف، بهتر است که اولویت مصرف انرژی در بخش صنعت به شرح زیر باشد:

۱- گاز طبیعی
۲- گاز مایع
۳- نفت کوره

صنایع ایران بسیار متنوع هستند و می‌توان آنها را

جدول ۱: رتبه بندی استان‌ها از نظر تعداد کارگاه‌های صنعتی، ارزش افزوده و بهره‌دهی انرژی (در سال ۱۳۷۵)

| رتبه استان از نظر تعداد کارگاههای صنعتی در کل کشور | | رتبه استان از نظر ارزش افزوده در کل کشور | | رتبه استان از نظر بهره‌دهی انرژی در بین استان‌های منتخب | |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | تهران | ۱ | تهران | ۱ | تهران |
| ۲ | خراسان | ۲ | اصفهان | ۲ | زنجان |
| ۳ | اصفهان | ۳ | خوزستان | ۳ | کرمان |
| ٤ | آذربایجان شرقی | ٤ | خراسان | ٤ | آذربایجان شرقی |
| ٥ | مازندران | ٥ | آذربایجان شرقی | ٥ | خراسان |
| ٦ | فارس | ٦ | مرکزی | ٦ | اصفهان |
| ۷ | گیلان | ۷ | فارس | ۷ | فارس |
| ۸ | آذربایجان غربی | ۸ | کرمان | ۸ | آذربایجان غربی |
| ۹ | خوزستان | ۹ | مازندران | ۹ | همدان |
| ۱۰ | مرکزی | ۱۰ | گیلان | ۱۰ | مازندران |
| ۱۱ | کرمان | ۱۱ | آذربایجان غربی | ۱۱ | گیلان |
| ۱۲ | یزد | ۱۲ | یزد | ۱۲ | کرمانشاه |
| ۱۳ | لرستان | ۱۳ | زنجان | ۱۳ | یزد |
| ۱٤ | زنجان | ۱٤ | لرستان | ۱٤ | خوزستان |
| ۱٥ | همدان | ۱٥ | همدان | ۱٥ | لرستان |
| ۱٦ | کرمانشاه | ۱٦ | کرمانشاه | ۱٦ | مرکزی |

منبع: ترازنامه انرژی استان‌ها سال ۱۳۷۵

به سه دسته کلی تقسیم کرد:

۱- صنایع تبدیلی بزرگ: صنایع شیمیایی، فلزات اساسی و غیرفلزات؛

۲- صنایع کالاهای واسطه‌ای: صنایع سیمان، صنایع شیمیایی و کاغذ؛

۳- صنایع کالاهای مصرفی.

مصرف انرژی در بخش صنعت ایران از کارایی لازم برخوردار نیست که عمده‌ترین علت آن فقدان سیاست‌هایی مبتنی بر مدیریت انرژی و پایین بودن قیمت‌ها است. در نمودار شماره ۱، سهم هر یک از حامل‌های انرژی در بخش صنعت ایران، یعنی فرآورده‌های نفتی، گاز طبیعی و برق در دوره ۷۵-۱۳۶۷ ارائه شده است. همان‌طورکه در نمودار مشخص شده است، سهم فرآورده‌های نفتی در دوره مورد نظر کاهش و سهم دو حامل دیگر یعنی گاز طبیعی و برق افزایش یافته است. سهم گاز طبیعی در پایان دوره مورد نظر تقریباً ۳ برابر شده است. گاز طبیعی در بخش صنعت کاربردهای فراوانی دارد از جمله برای تأمین سوخت کوره‌ها، تولید بخار و در برخی از واحدهای صنعتی نظیر پالایشگاه‌ها و پتروشیمی برای تأمین خوراک واحدهایی نظیر واحد تولید هیدروژن و یا واحد تولید اوره استفاده می‌شود.

## ۳- مصرف انرژی در بخش صنعت استان های منتخب

در این قسمت ۱۶ استان از کل کشور انتخاب شده است. معیار انتخاب این استان‌ها نیز تعداد کل کارگاه‌های صنعتی، ارزش افزوده و بهره‌دهی انرژی است. بهره‌دهی انرژی طبق تعریف، عبارت است از: حاصل تقسیم ارزش افزوده بخش مورد نظر به قیمت‌های ثابت بر ارزش انرژی مصرفی آن بخش. در جدول (۱) استان‌های منتخب براساس معیارهای مورد نظر رتبه‌بندی شده‌اند.

در جدول (۲) مهم ترین بخش صنعتی هر استان به لحاظ ارزش افزوده، مصارف انرژی و بهره‌دهی انرژی مشخص شده است. همان گونه که در جدول نمایان است مهمترین بخش صنعتی از نظر مصرف انرژی در اغلب استان‌های منتخب، تولید محصولات کانی غیرفلزی است و پس از آن صنایع تولید فلزات اساسی و منسوجات قرار گرفته‌اند.

حدود۸۷ درصد از کل کارگاه‌های صنعتی کشور و در حدود ۹۵ درصد از کل کارگاه‌های بزرگ صنعتی (۵۰ نفر پرسنل و بیشتر) در استان‌های منتخب قرار دارند. این ارقام اهمیت این استان‌ها را به لحاظ بخش صنعتی در کشور نشان می‌دهد. به‌علاوه ۹۷ درصد از کل ارزش افزوده ایجاد شده توسط بخش صنعت کشور در این استان‌ها ایجاد شده است.

با توجه به نمودار شماره (۲) مشخص می‌شود که در دوره مورد بررسی ۷۵-۱۳۶۷ حدود ۳۱/۵ درصد از استان‌های منتخب، تنها از طریق فرآورده‌های نفتی و برق و در حدود ۱۹ درصد نیز از (۵ تا ۲۰ درصد) از گاز طبیعی برای تأمین انرژی بخش صنعت بهره برده‌اند.

جدول ۲: مهم‌ترین بخش صنعتی استان‌های منتخب از نظر ارزش افزوده، مصارف انرژی و بهره‌دهی انرژی

| ردیف | نام استان | مهم‌ترین بخش صنعتی از نظر ارزش افزوده | مهم‌ترین بخش صنعتی از نظر مصارف انرژی | مهم‌ترین بخش صنعتی از نظر بهره‌دهی انرژی |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | تهران | تولید وسایل موتوری، تریلر و نیمه تریلری | محصولات غذایی و آشامیدنی | ماشین‌آلات اداری و محاسباتی |
| ۲ | خراسان | فعالیت‌های کشاورزی | مواد غذایی و آشامیدنی | کاغذ و محصولات کاغذی |
| ۳ | اصفهان | صنایع تولید فلزات اساسی | تولید فلزات اساسی | تولید رادیو و تلویزیون |
| ۴ | آذربایجان شرقی | ماشین‌آلات و تجهیزات | محصولات کانی غیرفلزی | انتشار، چاپ و تکثیر رسانه‌های ضبط شده |
| ۵ | مازندران | مواد غذایی و آشامیدنی | تولید منسوجات | انتشار، چاپ و تکثیر رسانه‌های ضبط شده |
| ۶ | فارس | محصولات غذایی غیرفلزی | تولید مواد و محصولات شیمیایی | محصولات کانی غیرفلزی |
| ۷ | گیلان | چوب، محصولات چوبی و چوب پنبه | محصولات کانی غیرفلزی | چرم، محصولات چرمی و چوب پنبه |
| ۸ | آذربایجان غربی | مواد غذایی و آشامیدنی | محصولات کانی غیرفلزی | تولید پوشاک |
| ۹ | خوزستان | تولید محصولات شیمیایی | تولید فلزات اساسی | تولید وسایل نقلیه |
| ۱۰ | همدان | مواد غذایی و آشامیدنی | محصولات کانی غیرفلزی | تولید وسایل حمل و نقل |
| ۱۱ | کرمانشاه | مواد غذایی و آشامیدنی | محصولات کانی غیرفلزی | تولید وسایل حمل و نقل |
| ۱۲ | مرکزی | فلزات اساسی | تولید فلزات اساسی | تولید ماشین‌آلات و دستگاه‌های اداری |
| ۱۳ | کرمان | فلزات اساسی | فلزات اساسی | مواد غذایی و آشامیدنی |
| ۱۴ | کرمان | تولید منسوجات | محصولات کانی غیرفلزی | تولید ماشین‌آلات و تجهیزات |
| ۱۵ | یزد | تولید منسوجات | تولید منسوجات | تولید منسوجات |
| ۱۶ | زنجان | مواد غذایی و آشامیدنی | تولید منسوجات | تولید وسایل حمل و نقل |

منبع: ترازنامه انرژی استان‌ها سال ۱۳۷۵

از عمده علل عدم استفاده از گاز طبیعی در برخی از استان‌ها می‌توان به فقدان خطوط لوله گاز، دوری از شبکه‌های انتقال، دسترسی آسان‌تر به فرآورده‌های نفتی و ارزان بودن آنها اشاره کرد. همان‌طورکه در نمودار (۲) مشخص است، گاز طبیعی در پنج استان کشور (آذربایجان غربی، یزد، لرستان، کرمان و کرمانشاه) تقریبا هیچ نقشی در تأمین انرژی بخش صنعت در دوره ۷۵-۱۳۶۷و حتی سال‌های پس از آن نداشته است. این امر نشان می‌دهد که با افزایش شبکه گازرسانی در استان‌های مذکور و جایگزینی گاز طبیعی با فرآورده‌های نفتی، امکان زیادی برای صرفه‌جویی در مصرف فرآورده‌های نفتی، به وجود خواهد آمد. بنابراین با توجه به مزایای مترتب بر مصرف گاز طبیعی نظیر سوخت پاک و غیرآلاینده، بازده بالاتر، استفاده آسان، بی نیازی به ذخیره‌سازی و غیر خورنده بودن، می‌توان به اهدافی از قبیل حفظ محیط زیست، کاهش مصرف فرآورده‌های نفتی با ارزش (از نظر درآمد صادراتی) و افزایش کارایی مصرف انرژی و بالاخره دستیابی به مصرف بهینه انرژی در صنعت نایل آمد.

## ۴- بررسی مدل و نتایج تخمین

در این تحقیق از روش اقتصاد سنجی Data Panal جهت برآورد تابع تقاضای فرآورده‌های نفتی بخش صنعت ایران استفاده شده است.یک فرم تبعی تابع تقاضایی که مورد استفاده قرار گرفته به شکل زیر است:

$$Q_t = f(V_t, PQ_t, PG_t, PE_t, NI)$$

که در آن:

$Q_t$ : مصرف فرآورده‌های نفتی در بخش صنعت استان‌های منتخب (هزار بشکه معادل نفت خام)؛

$V_t$ :ارزش افزوده بخش صنعت در استان‌های منتخب به‌قیمت‌های ثابت سال ۱۳۶۱ (میلیارد ریال)؛

$PQ_t$ : شاخص قیمت فرآورده‌های نفتی اصلی؛ نفت کوره، نفت گاز، نفت سفید و بنزین (بشکه معادل نفت خام)؛

$PG_t$ : قیمت گاز طبیعی در بخش صنعت (بشکه معادل نفت خام)؛

$PE_t$ : قیمت برق در بخش صنعت (بشکه معادل نفت خام)؛

NI: تعداد صنایع بزرگ در استان‌های منتخب.

در برآورد این تابع مهم‌ترین متغیرهایی که بر تقاضای فرآورده‌های نفتی در بخش صنعت اثر می‌گذارند، در نظر گرفته شده است. البته متغیرهای کیفی دیگری نیز ممکن است در این امر دخیل باشند مثل شرایط آب‌وهوایی، آموزش نیروی انسانی، بهره‌وری در استفاده از منابع و... ، اما به دلیل

اینکه به لحاظ کمی قابل اندازه‌گیری نیستند در مدل وارد نشده‌اند. اطلاعات آماری مدل به صورت انباشته مقطعی[۲] چیده شده است (به پیوست مراجعه کنید).

### ۱-۴- بررسی داده‌های آماری مورد استفاده در مدل

آمار و اطلاعات مربوط به مصرف فرآورده‌های نفتی، ارزش افزوده و تعداد صنایع بزرگ از ترازنامه انرژی استان‌های مربوطه و همچنین از گزارش‌ها سالانه شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی استخراج شده است. این آمار برای ۱۶ استان و در دوره زمانی ۱۳۷۵-۱۳۶۷ در نظر گرفته شده است. تعداد صنایع بزرگ تأثیر زیادی در مصرف فرآورده‌های نفتی دارند، بنابراین این متغیر را به عنوان یک متغیر توضیحی مهم وارد مدل کرده‌ایم و انتظار این است که رابطه مثبتی برای آن برآورد شود. در مورد قیمت فرآورده‌های نفتی نیز با توجه به سهم هر یک از چهار فرآورده اصلی نفتی (نفت کوره، نفت‌گاز، نفت سفید و بنزین) در بخش صنعت یک شاخص قیمت براساس قیمت وزنی فرآورده‌های نفتی محاسبه شده است (طبق جدول شماره۳).

با توجه به جدول (۳) قیمت وزنی برای فرآورده‌های

**جدول ۳: سهم فرآورده‌های نفتی در بخش صنعت**

(درصد)

| سال / فرآورده | ۱۳۶۸ | ۱۳۷۸ | ۱۳۷۰ | ۱۳۷۲ | ۱۳۷۶ | میانگین وزنی |
|---|---|---|---|---|---|---|
| نفت کوره | ۶۸ | ٤/٧٤ | ٨/٧٧ | ٩/٩٦ | ۶۳ | ۷۰ |
| نفت گاز | ۲۱ | ۱۷ | ۳/۱۲ | ۲٥/۱۷ | ۳۶ | ۲۲ |
| نفت سفید | - | ۷/٤ | ۱/۲ | ۷/۱۱ | ۵/۱ | ٤ |
| بنزین موتور | ٤ | ۸/۱ | ۸/۳ | ٤/٤ | ۵/۰ | ۳ |
| جمع | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ |

منبع: استخراج شده توسط نگارنده از گزارش‌های سالیانه شرکت ملی پالایش و پخش و ترازنامه انرژی استان‌ها، وزارت نیرو، سال‌های مختلف

نفتی به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$PQ_t = \%70(PHL) + \%22(PGOL) + \%5(PKL) + \%3(PGL)$$

که در آن:

$PQ_t$ : قیمت اسمی وزنی فرآورده‌های نفتی (ریال / لیتر)

PHL: قیمت اسمی نفت کوره (ریال/ لیتر)

PGOL: قیمت اسمی نفت گاز (ریال / لیتر)

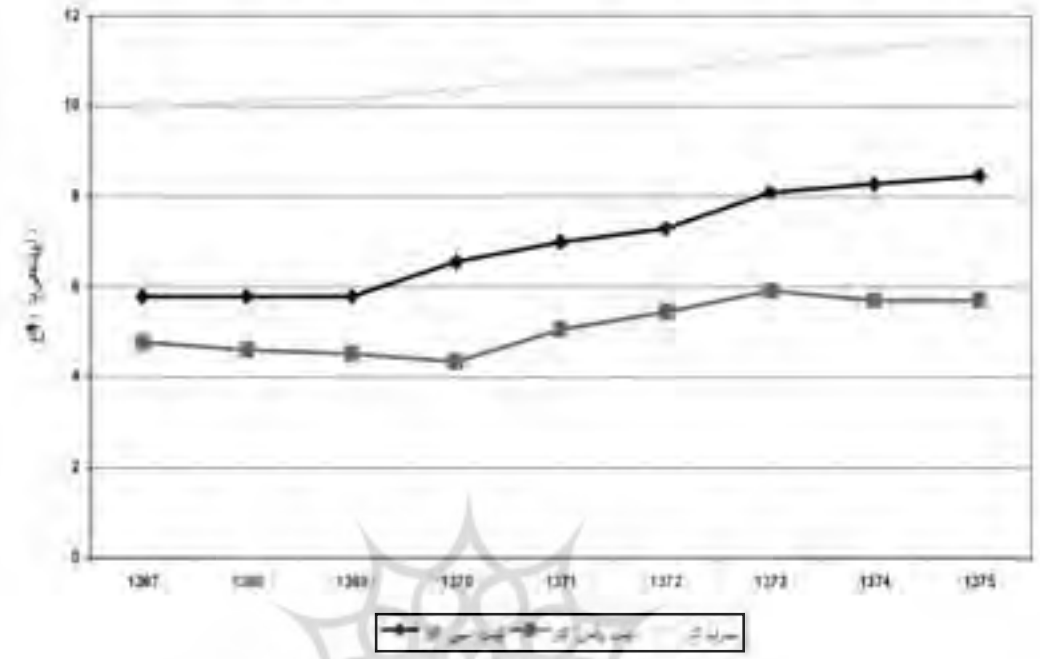
PKL : قیمت اسمی نفت سفید (ریال / لیتر)

PGL : قیمت اسمی بنزین، (ریال / لیتر) است..

**نمودار۲: متوسط۹ساله مصرف حامل های انرژی در استان های منتخب‌دردوره ۷۵-۱۳۶۷**

منبع :ترازنامه انرژی استان ها سال های ۱۳۷۵و۱۳۷۷

**نمودار۳: روند مصرف وقیمت گاز طبیعی در دوره ۷۵-۱۳۶۷**



قیمت گاز طبیعی ($PG_t$) و برق ($PE_t$) که برای بررسی رابطه جایگزینی یا مکمل بودن با فرآورده‌های نفتی وارد مدل شده‌اند به ترتیب از شرکت ملی گاز ایران و وزارت نیرو به دست آمده‌اند. کلیه قیمت‌ها، با استفاده از ضرایب تبدیل حامل‌های انرژی به بشکه معادل نفت‌خام تبدیل شده، سپس با استفاده از شاخص CPI قیمت‌های واقعی محاسبه شده است.

## ۲-۴- برآورد مدل

### مدل شماره ۱:

در این مدل تابع تقاضای فرآورده‌های نفتی با استفاده از اطلاعات ۱۶ استان برآورد شده و متغیر مجازی DUM نیز برای استان‌هایی که در دوره مورد نظر فاقد شبکه گازرسانی بوده‌اند در نظر گرفته شده است. این متغیر برای استان‌های کرمان، آذربایجان غربی، یزد و لرستان صفر در نظر گرفته شده است. معادله به کار رفته در این مقاله به شکل زیر (خطی‌لگاریتمی) و تخمین معادله به روش GLS انجام گرفته است.

$$LQ = \beta_0 + \beta_1 Lv + \beta_2 LPQ + \beta_3 LPG + \beta_4 LPE + \beta_5 LNI + U$$

که متغیرها در معادله فوق عبارتند از:

$LQ_t$ : لگاریتم طبیعی مصرف فرآورده‌های نفتی در بخش صنعت استان‌ها؛

LV : لگاریتم طبیعی ارزش افزوده واقعی بخش صنعت استان‌ها؛

LPQ : لگاریتم طبیعی قیمت واقعی فرآورده‌های نفتی در بخش صنعت؛

LPG : لگاریتم طبیعی قیمت واقعی گازطبیعی در

**جدول ٤: نتایج تخمین مدل شماره ۱**

| متغیرهای مستقل | ضرایب | آماره t |
|---|---|---|
| عرض از مبدأ | ۶۹/۵ | ۱۲۵/۳۲ |
| LV | ۱۵/۰ | ۸/۹۲ |
| LPQ | -۰/۲ | -۱۹/۳ |
| LPE | -۰/۲۲ | -۲۱/۵۱ |
| LPG | -۰/۰۷ | -۶/۴ |
| LNI | ۰/۰۲ | ۳۴/۱۷ |
| DUM | -۰/۰۴ | -۳/۶۲ |
| S.E. OF Regression = ۰/۰۷ | $\overline{R}^2$ =۰/۹۹ | |

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

بخش صنعت؛

LPE : لگاریتم طبیعی قیمت واقعی برق در بخش صنعت؛

LNI : تعداد صنایع بزرگ؛

U : متغیر تصادفی با میانگین صفر و واریانس ثابت.

همان گونه که مشاهده می‌شود، کلیه ضرایب برآورد شده به لحاظ آماری معنی‌دار هستند. در این مدل رابطه بین مصرف فرآورده‌های نفتی و قیمت برق در بخش صنعت، یک رابطه مکمل برآورد شده است، زیرا در صنعت، تقاضا برای برق قاعدتا برای نیروی محرکه به کار می‌رود و قابل جایگزینی با سایر سوخت‌ها از جمله فرآورده‌های نفتی نیست.

به عبارت‌بهتر نقش برق در ایجاد نیروی محرکه و روشنایی است. ضریب ارزش افزوده(کشش درآمدی) نیز طبق انتظار، مثبت برآورد شده است به طوری که ۱ درصد افزایش در ارزش افزوده در حدود ۰/۱۵ درصد مصرف فرآورده‌های نفتی را افزایش می‌دهد. همچنین

جدول ۵: نتایج مدل شماره ۲

| متغیرهای مستقل | ضرایب | آماره t |
|---|---|---|
| C | ۵/۵۶ | ۳۲/۲۰ |
| LV | ۰/۴۴ | ۲/۱۳ |
| LPQ | -۰/۳۶ | -۲/۳۵ |
| LPE | -۰/۱۵ | -۲/۹۰ |
| LPG | -۰/۴ | -۳/۳ |
| LNI | ۰/۳۷ | ۲/۹۰ |
| ۰/۵۱ S.E. OF Regression | $R^2$ = ۰/۹۹ | |

رابطه بین تعداد صنایع و مصرف فرآورده‌های نفتی نیز یک رابطه مستقیم و مثبت برآورد شده است.

اما رابطه گاز طبیعی با فرآورده‌های نفتی یک رابطه مکمل بسیار ضعیف (۰/۰۷-) برآورد شده که انتظار می‌رفت رابطه جایگزینی حاصل شود، زیرا گاز طبیعی در بخش صنعت تقریبا در کلیه موارد می‌تواند جایگزین فرآورده‌های نفتی بشود. این مسأله به دلایل زیر قابل توجیه است. در دوره مورد بحث ۷۵-۱۳۶۷ اغلب استان‌های کشور فاقد شبکه گازرسانی بوده‌اند و در این مدل به این منظور از متغیر مجازی استفاده شده که ضریب برآوردی آن کاملا معنادار است.

جدول۶: نتایج مدل شماره۳

| متغیرهای مستقل | ضرایب | آمارهٔ t |
|---|---|---|
| C | ۹۰/۵ | ۵/۱۰۲ |
| LV | ۱۲/۱ | ۵/۵ |
| LPQ | -۰/۱۷ | -۲/۴ |
| LPE | -۰/۲۶ | -۸/۲ |
| LNI | ۰/۳۹ | ۸/۱۶ |
| ۰/۵۷ S.E. OF Regression | $R^2$ = ۰/۹۹ | |

استان‌هایی که در دوره ۷۵-۱۳۶۷ از گاز طبیعی برای تأمین انرژی بخش صنعت استفاده کرده‌اند، روند منظمی در مصرف گاز نداشته و جایگزینی آن کامل نبوده است و خود این مسأله ناشی از عدم ظرفیت کافی گازرسانی است و هر زمان که مصرف سایر بخش‌ها بویژه بخش خانگی افزایش یابد، کمبود آن از بخش صنعت تأمین می‌شود. به عبارتی مصرف گاز طبیعی در کنار فرآورده‌های نفتی و مکمل آن بوده است.

از همه مهمتر اینکه روند قیمت‌های اسمی و واقعی گاز در دوره ۷۵-۱۳۶۷ روند صعودی بوده و مصرف گاز نیز در استان‌های مورد بحث صعودی بوده است. یعنی رابطه تقاضای گاز طبیعی در طول زمان یک رابطه مثبت بوده است (نمودار ۳ را ملاحظه کنید).

در واقع قیمت گاز طبیعی پایین‌تر از حدی است که افزایش تقاضا نسبت به آن حساس باشد و از آنجا که عرضه گاز و فرآورده همزمان به حد کافی در اختیار صنایع وجود ندارد، بنابراین صاحبان صنایع قادر به

جدول ۷

| مدل / کشش‌ها | کشش قیمتی خودی | کشش درآمدی | کشش متقاطع شماره ۱ | کشش متقاطع شماره ۲ |
|---|---|---|---|---|
| مدل شماره ۱ | -۰/۲۰ | ۰/۱۵ | -۰/۲۲ | -۰/۰۷ |
| مدل شماره ۲ | -۰/۳۶ | ۰/۲۲ | -۰/۱۵ | -۰/۲ |
| مدل شماره ۳ | -۰/۱۷ | ۰/۱۲ | -۰/۲۶ | — |

انتخاب منبع انرژی مورد نیاز با توجه به قیمت آنها نیستند.

**مدل شماره ۲:**

در این مدل برای اینکه نتایج برآورد تابع تقاضا بیشتر به واقعیت نزدیک باشد، استان‌هایی که در دوره ۷۵-۱۳۶۷ از گاز طبیعی در سبد انرژی بخش صنعت استفاده نکرده‌اند را حذف نموده و مدل برای ۱۲ استان بدون استفاده از متغیر مجازی برآورد شده است.

همان‌طور که ملاحظه می‌شود کلیه ضرایب برآوردی از نظرآماری معنادار هستند و علامت آنها نیز همانند مدل قبل بوده و قیمت گاز همچنان با ضریب منفی مشخص شده ولی رابطه قویتری را نسبت به مدل شماره یک نشان می‌دهد که دلایل آن در مدل ۱ توضیح داده شد.

**مدل شماره ۳:**

در این مدل با توجه به توضیحات ارائه شده در مدل‌های ۱ و ۲ در مورد گاز طبیعی و علائم نادرستی که ممکن است از طرف قیمت آن ارائه شود مدل را با ۱۶ استان و بدون حضور قیمت گاز برآورد کرده‌ایم. باز هم کلیه ضرایب برآوردی معنادار هستند و متغیرهای مستقل تا ۹۹/۹ درصد تغییرات تقاضای فرآورده‌های نفتی را توضیح می‌دهند. علامت ضرایب نیز طبق انتظار و مطابق مدل‌های ۱ و ۲ است.

## ۵-بررسی کشش‌ها

همان‌گونه که در جدول شماره ۷ مشخص شده است؛ کشش‌های قیمتی در هر سه مدل، پایین بوده و این مطلب که قیمت فرآورده‌های نفتی حساسیتی در مورد مصرف آنها ایجاد نمی‌کند و با سطح قیمت‌های فعلی؛ فرآورده‌های نفتی، کالایی بی‌کشش هستند و نیز این سطح قیمت‌ها نمی‌تواند در چگونگی مصرف آنها تأثیرگذار باشد، را تأیید می‌کند. کشش‌های درآمدی نیز در هر سه مدل، مطابق انتظار مثبت برآورد شده‌اند که نشان‌دهنده رابطه مستقیم مصرف فرآورده‌های نفتی با ارزش‌افزوده در بخش صنعت است. شایان ذکر است پایین بودن این کشش‌ها لزوما دال بر کارا بودن صنایع نیست، زیرا بخشی از ارزش‌افزوده منتسب به مصرف فرآورده‌های نفتی و بخش دیگر مربوط به نیروی انسانی و تکنولوژی است.

کشش متقاطع شماره ۱ با ضریب منفی، نشان‌دهنده رابطه مکمل برق با فرآورده‌های نفتی است و این کشش‌ها در فاصله ۰/۱۵- تا ۰/۲۶- برآورد شده‌اند. اما کشش متقاطع شماره ۲ که در واقع ارتباط بین مصرف فرآورده‌های نفتی و گاز طبیعی را در بخش صنعت نشان می‌دهد در فاصله ۰/۰۷- تا ۰/۲- برآورد شده‌اند که یک رابطه مکمل بسیار ضعیف را نشان می‌دهد. درحالی‌که گاز در بخش صنعت برخلاف برق در بسیاری از موارد می‌تواند جایگزین فرآورده‌های نفتی باشد و دلیل منفی بودن ضریب آن در مدل شماره ۱ توضیح داده شد که مهمترین علت آن محدودیت عرضه گاز طبیعی به صنایع و مشکلات گازرسانی به بخش‌های مختلف کشور است. یعنی، وقفه‌هایی که در طول سال در گازرسانی به صنایع پیش می‌آید، باعث می‌شود که مصرف گاز طبیعی در کنار فرآورده‌های نفتی تنها نقش مکمل داشته باشد. آمار دقیق‌ماهانه و یا حتی به صورت فصلی از مصرف حامل‌های انرژی در بخش صنعت در دسترس نیست، نمی‌توان به دقت این اثرات را تفکیک کرد.

## ۶- نتیجه‌گیری

اهم نتایج این بررسی را می‌توان به شرح زیر خلاصه کرد:

۱- فرآورده‌های نفتی و برق در بخش صنعت مکمل یکدیگر هستند.

۲- در بخش صنعت رابطه بین مصرف فرآورده‌های نفتی و گاز طبیعی یک رابطه منطقی نیست. یعنی از یک رابطه منظم بر جانشینی این دو حامل انرژی در طول زمان تبعیت نمی‌کند. این شاید به این دلیل باشد که مصرف گاز در بخش صنعت تابعی از مصرف سایر بخش‌ها (بویژه خانگی - تجاری) و فصول سال است و علت اصلی آن محدودیت در عرضه گاز طبیعی به کلیه نقاط کشور در تمام فصول سال است.

۳- کشش‌های قیمتی فرآورده‌های نفتی پایین است. یعنی حساسیت قیمتی در این زمینه به مقدار بسیار کمی وجود دارد.

۴- محدودیت عرضه گاز طبیعی و عدم توسعه شبکه گاز رسانی در کل کشور بزرگترین مشکل در جایگزین کردن آن با فرآورده‌های نفتی در بخش صنعت است. به عبارت بهتر، با وجود توان بالقوه آن در کشور، بستر لازم برای این کار فراهم نشده است.

**پی‌نوشت :**

۱- با استفاده از نرم‌افزار Eviews

۲-Cross - Section

**فهرست منابع و مأخذ**

**منابع فارسی :**


۱- ترازنامه انرژی کشور، وزارت نیرو - دفتر برنامه‌ریزی انرژی سال‌های ۱۳۷۶، ۱۳۷۷ و ۱۳۷۸.

۲-گزارش اقتصادی و ترازنامه سال ۱۳۷۷، بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران.

۳- ترازنامه انرژی استان‌ها، وزارت نیرو. دفتر برنامه‌ریزی انرژی سال‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۷۷.

۴- گزارش عملکرد سه ساله (۱۳۷۸ و ۱۳۷۶) شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی، مدیریت برنامه‌ریزی تلفیقی، امور بررسی و تنظیم اهداف و خط مشی‌ها.

۵- مصرف فرآورده‌های نفتی، شرکت ملی نفت ایران، مدیریت برنامه‌ریزی تلفیقی سال ۱۳۷۷.

۶ -سالنامه آماری، مرکز آمار ایران، سال‌های مختلف.

۷- مرکز مطالعات انرژی - وزارت نیرو، "استراتژی بهبود بازده مصرف انرژی‌نهایی ایران". ۱۳۷۴

۸- بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، مدیریت کل آمارهای اقتصادی، اداره آمار اقتصادی، دایره آمار صنعتی، اسفند ۱۳۷۵ و دی ماه۱۳۷۶ .

۹- گزارش‌های‌شرکت ملی نفت ایران (سال‌های ۱۳۷۳ تا ۱۳۷۸)، اداره بررسی‌ها و طرح‌ریزی آمار و اطلاعات.

۱۰- شرکت ملی گاز ایران، مدیریت برنامه‌ریزی تلفیقی، آمار قیمت گاز در بخش صنعت.

۱۱- ویتیینک. دیک ار . کاربرد تحلیل رگرسیونی، ترجمه دکتر ابریشمی و تیمور محمدی (۱۳۷۵)، دانشگاه تهران.

۱۲- مزرعتی، محمد (۷۳-۱۳۷۲)، بررسی تقاضای عمده‌ترین حامل های انرژی در ایران، رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

۱۳- مشیری، سعید (۱۳۷۹)، جزوه درسی تکنیک‌های مدل‌سازی انرژی، درس انرژی ۲، منتشر نشده، موسسه مطالعات بین‌المللی انرژی - پژوهشکده انرژی.

۱۴- یان کمنتا، مبانی اقتصاد سنجی، ترجمه کامبیز هژبر کیانی (۱۳۷۲)، مرکز نشر دانشگاهی.


**فهرست منابع انگلیسی :**


1-Griffths, william&Hill carter (1997), under graduated Econometrics, George Judge yohnwiley & sons , Inc .

2- Green. H. william (1993), Econometric analysis, second edition , PP: 465-485 , Mc Millan.

3 - Layard. P.R.G, walters A.A(1987), microeconomic theory, MacGraw Hill Book Company.

4 - MOOSA. A, IMAD, long-run and short - run demand for oil by developing countries, an empirical analysis, OPEC review , Vol. XXII , (1998) No: 1.

5 - Razak-Abdul & F, AL - FARSI, Demand for oil products in the GCC countries, Energy policy ( 1997) Vol. 25 , No: 1, PP: 55- 61.

6 - LIN Chan, HING & Lee, Shu Kam, Forecasting the Demand for Energy in China, The energy journal (1996), Vol. 17 , No: 1.

7 - BP, Amoco (2000), statistical Review of world energy

8 - IEA (1998), Report of IRAN .

9 - Eviews, version 3.1, An Economic software pakage .

## پیوست

در بعضی مواقع با مواردی برخورد می‌کنیم که برای واحدهای مختلف، نظیر بنگاه‌ها، استان‌ها و... به اندازه کافی داده‌های سری زمانی در دسترس نیست. بویژه در ایران که تهیه و دسترسی به آمار و اطلاعات حقیقتا با مشکلات فراوانی همراه است. در چنین مواردی که محقق نیاز به انجام بررسی‌های آماری از طریق رگرسیون داشته باشد، برای اینکه تخمین پارامترها به واقعیت نزدیک‌تر و اعتبار بیشتری داشته باشد، بهتر است واحدهای مقطعی را در طی زمان در نظر بگیرد. به عبارت دیگر از روش Panal Data استفاده کرده و داده‌های مقطعی و سری‌زمانی موجود را تلفیق کند تا به نتایج قابل اطمینان‌تری دست یابد. به این ترتیب مشکل کمبود اطلاعات نیز تا حدی حل می‌شود. روش Pooling ، تخمین‌های کارائی نسبت به روش‌های معمول اقتصادسنجی که از داده‌های سری زمانی استفاده می‌کنند می‌دهد که مکانیزم آن به ترتیب زیر است.

در روش‌هایی که تنها از داده‌های سری زمانی استفاده می‌شود واریانس از رابطه $\sigma^2=\frac{\sigma^2}{N-P}$ بدست می‌آید که در آن $P$ تعداد پارامترهای موجود و $N$ نیز تعداد مشاهدات است. اما اگر داده‌های سری زمانی با داده‌های مقطعی تلفیق شوند واریانس بهبود می‌یابد، یعنی کمتر می‌شود. واریانس در این روش برابر است با $\sigma^2=\frac{\sigma^2}{NT-N-P}$ ، که بدیهی است قبل کوچک‌تر است ($T$ واحد زمان است). در این مطالعه نیز از آنجا که برای تخمین تابع تقاضای فرآورده‌های نفتی استان‌ها در بخش صنعت، اطلاعات سری زمانی به اندازه کافی موجود نبود از روش تلفیقی استفاده کردیم. اکنون به طور مختصر مدل Panal Data را توضیح می‌دهیم. اساس این مدل‌ها بر ترکیب داده‌های مقطعی و سری زمانی است.

## روش های مختلف ترکیب داده هادرمدل های Panal Data

### داده های غیر انباشته (Unstacked Data)

با یک مثال این روش را توضیح می‌دهیم. فرض کنید سه کشور داریم و اطلاعات عبارتند از: مصرف (C) و مخارج دولتی (G) برای چهار سال (۷۳-۱۳۷۰). ترکیب اطلاعات مطابق جدول ۱ است.

جدول ۱

| سال | $C_1$ | $C_2$ | $C_3$ | $G_1$ | $G_2$ | $G_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱۳۷۰ | ۶۱/۶ | ۶۶ | ۷۷/۴ | ۱۷/۸ | ۱۸/۷ | ۱۷/۶ |
| ۱۳۷۱ | ۶۱/۱ | ۶۵/۷ | ۷۹/۲ | ۱۵/۸ | ۱۷/۱ | ۱۶/۹ |
| ۱۳۷۲ | ۶۰/۷ | ۶۶/۱ | ۸۰/۲ | ۱۵/۷ | ۱۵/۹ | ۱۷/۴ |
| ۱۳۷۳ | ۶۲/۴ | ۶۵/۴ | ۷۸/۶ | ۱۶/۳ | ۱۴/۸ | ۱۶/۳ |

$C_1$ مصرف کشور اول و $G_1$ نیز مخارج دولتی کشور اول است. همانطور که در بالا مشخص شده است اطلاعات مربوط به هر سری (مصرف یا مخارج دولتی) برای هر کشور در یک ستون جداگانه قرار داده شده است و اطلاعات هر سری به صورت سری زمانی مرتب شده است.

### داده های انباشته (Stacked Data)

این فرم ترکیب به دو صورت می‌تواند انجام شود:

#### ۱-انباشته مقطعی (Cross- Section)

بازهم مثال قبل را در نظر بگیرید، این بار متغیرهای مصرف و مخارج دولتی برای هر کشور در طی دوره زمانی مربوطه (۷۳-۱۳۷۰) در یک Cross-Section قرار می‌گیرد و اطلاعات مربوط به مصرف کلیه کشورها در یک ستون و اطلاعات مخارج دولتی همه کشورها در ستون جداگانه‌ای قرار می‌گیرند، یعنی کلیه اطلاعات در دو ستون قرار داده می‌شوند به جدول ۲:

جدول ۲

| سال | کشور | C | G |
|---|---|---|---|
| ۱۳۷۰ | ۱ | ۶۱/۶ | ۱۷/۸ |
| ۱۳۷۱ | ۱ | ۶۱/۱ | ۱۵/۸ |
| ۱۳۷۲ | ۱ | ۶۱/۷ | ۱۵/۷ |
| ۱۳۷۳ | ۱ | ۶۲/۱ | ۱۶/۳ |
| ۱۳۷۰ | ۲ | ۷۷/۱ | ۱۸/۷ |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| ۱۳۷۳ | ۲ | ۷۸/۶ | ۱۱/۸ |
| ۱۳۷۳ | ۳ | ۶۵/۵ | ۱۶/۳ |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| ۱۳۷۳ | ۳ | ۶۵/۵ | ۱۶/۳ |

## ۲-روش های‌تخمین‌مدل های Pool Data

معادلاتی که براساس روش تلفیقی تخمین زده می‌شوند به شکل جدول ۳ می‌توانند نوشته شوند:

جدول ۳

| سال | کشور | C | G |
|---|---|---|---|
| ۱۳۷۰ | ۱ | ۶۱/۶ | ۱۷/۸ |
| ۱۳۷۰ | ۲ | ۷۷/۱ | ۱۸/۷ |
| ۱۳۷۰ | ۳ | ۶۶ | ۱۷/۶ |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| ۱۳۷۳ | ۱ | ۶۲/۱ | ۱۶/۳ |
| ۱۳۷۳ | ۲ | ۷۸/۶ | ۱۱/۸ |
| ۱۳۷۳ | ۳ | ۶۵/۵ | ۱۶/۳ |

$$Y_{it} = \alpha_{it} + X_{it}'\beta_i + \varepsilon_{it} \qquad (۱)$$

$$\begin{cases} y: NT \times 1 \\ x: NT \times k \\ \beta: k \times 1 \end{cases}$$

که در رابطه فوق $Y_{it}$ متغیر وابسته، $\beta_i$ پارامترهای مدل و $X_{it}$ بردار متغیرهای توضیحی (k متغیر)، $t = 1, \cdots, T$ تعداد واحدهای مقطعی (Cross-Section) و $i = 1, \cdots, N$ دورهٔ زمانی را نشان می‌دهد. هر Cross-Section یک $\alpha_i$ مخصوص به خود دارد که اگر $\alpha_i$ برای تمام واحدهای مقطعی یکسان در نظر گرفته شود به روش OLS تخمین‌های کارایی برای $\alpha$ و $\beta$ بدست می‌آید. مدل‌های Panal Data به دو صورت اثر ثابت (Fixed effect) و اثر تصادفی (Random effect) برآورد می‌شوند.

### مدل اثر ثابت (Fixed effect)

در این مدل فرض از مبداء $\alpha_i$ برای هر دو واحد مقطعی متفاوت از دیگری است. بنابراین در فرمول (۲)، هر $\alpha_i$ یک متغیر مجهول است که باید برآورد شود. این مدل به شکل زیر نوشته می‌شود:

$$Y_{it} = \alpha_i + X_{it}'\beta_i + \varepsilon_{it}$$

$$\begin{cases} y: NT \times 1 \\ x: NT \times k \\ \beta: k \times 1 \\ \varepsilon: T \times 1 \end{cases} \qquad (۲)$$

و فرم گسترده ماتریسی آن نیز به شکل زیر می‌باشد:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} i & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & i & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & i & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \vdots \\ \alpha_N \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_N \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_N \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_N \end{bmatrix} \qquad (۳)$$

یا $y = [d_1, d_2, \cdots, d_N \quad x] \begin{bmatrix} \alpha \\ \beta \end{bmatrix} + \varepsilon$

در رابطه فوق $d_i$ متغیر مجازی مربوط به واحد $i$ ام و $D$ ماتریسی با ابعاد $(nT \times n)$ فرم خلاصه شده مدل با متغیرهای مجازی به صورت زیر است:

$$y = D\alpha + x\beta + \varepsilon$$

به این مدل‌ها، مدل‌های حداقل مربعات با متغیرهای مجازی (least squares dummy variable) یا LSDV نیز گفته می‌شود.

اگر $n$ به قدر کافی کوچک باشد این مدل را می‌توان به روش OLS تخمین زد (با K متغیر توضیحی). اما اگر $n$ بزرگ باشد (برای مثال ۱۰۰۰) تخمین به شکل زیر خواهد بود.

$b = [x'M_D x]^{-1}[x'M_D y]$ ، در این رابطه b تخمین OLS از $\beta$ می‌باشد که در آن $M_D = I - D(D'D)^{-1}D'$ است. این تخمین یک روش حداقل مربعات است که از داده‌های متفاوت

شده استفاده می‌کند یعنی $\begin{cases} x^* = M_d x \\ y^* = M_d y \end{cases}$ ستون‌های ماتریس $D$ متعامد هستند، بنابراین داریم:

$$M_d = \begin{bmatrix} M^* & * & \cdots & \cdots & * \\ * & M^* & \cdots & * & * \\ \vdots & \vdots & M^* & & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ * & * & * & \cdots & M^* \end{bmatrix}$$

هر ماتریس روی قطر اصلی عبارتست از:

$$M^* = I_T - \frac{1}{T} ll'$$

بردار $Zi$ که ابعاد آن $T \times 1$ است را در رابطهٔ $M^*$ ضرب می‌کنیم، بنابراین خواهیم داشت:

$$M^* Z_i = Z_i - \bar{Z}_i$$

که $\bar{Z}$ میانگین $T$ مشاهده برای واحد $i$ ام است، بنابراین رگرسیون $M_d Y$ روی $M_d X$ معادل رگرسیون $(y_{it} - \bar{y}_i)$ روی $(x_{it} - \bar{x}_i)$ است که $x_{it}$ بردار $k \times 1$ از میانگین $x_{it}$ روی $T$ مشاهده است. ضرایب متغیر مجازی نیز به وسیله یک معادله نرمال دیگر به شکل زیر به دست می‌آید:

$$D'Da + D'Xb = D'y$$

یا

$$a = (D'D)^{-1} D'(y - xb)$$

معادله فوق اشاره می‌کند که برای هر $a_i$، $i$ عبارتست از میانگین باقی‌مانده در گروه $i$ ام.

$$a_i = \bar{y}_i - b'\bar{x}_i$$

تخمین زننده مناسب واریانس $b$ عبارتست از:

$$\mathbf{var}(b) = S^2 \left[ x' M_d x \right]^{-1}$$

در عبارت قبل تخمین زننده $S^2$ عبارتست از:

$$S^2 = \frac{\sum\sum (y_{it} - \alpha_i - b'x_{it})^2}{nT - n - k}$$

که در آن:

$$e_{it} = y_{it} - a_i - b'x_{it} = y_{it} - (\bar{y}_i - b'\bar{x}_i) - b'x_{it} = (y_{it} - \bar{y}_i) - b'(x_{it} - \bar{x}_i)$$

بنابراین $S^2$ دقیقاً مجموع مربعات باقی‌مانده‌های رگرسیون در معادله $b = \left[ x' M_d x \right]^{-1} \left[ x' M_d y \right]$ است.

اگر تفاوت بین واحدهای مقطعی مورد نظر باشد، با استفاده از آمارهٔ $f$ که در قبل می‌آید می‌توانیم جزء ثابت هر معادله را آزمون کنیم.

$$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \cdots = \alpha_n$$

$$F(n-1, nT-n-k) = \frac{(R_u^2 - R_r^2)/(n-1)}{(1-R^2 u)/(nT-n-k)}$$

که در آن $N$ تعداد گروه‌ها، $NT$ تعداد کل مشاهدات و $k$ تعداد متغیرهای توضیحی است. $R_u^2$ مربوط به مدل رگرسیون غیرمقید و $R_r^2$ مربوط به مدل رگرسیون مقید است.

## مدل اثر تصادفی (Random effect)

زمانی که اطمینان داریم اختلاف بین واحدهای مقطعی می‌تواند باعث انتقال تابع رگرسیون شود، مدل fixed effects یک رویکرد عقلایی خواهد بود. اما در مدل‌های Random، عرض از مبدأ در هر گروه به صورت تصادفی بوده و جمله خطا از دو جزء تشکیل می‌شود. یکی خطای مربوط به واحدهای مقطعی و دیگری مربوط به کل داده‌ها.

$$y_{it} = x_{it} + y'_{it}\beta + \underbrace{u_i + \varepsilon_{it}}_{\omega_i}$$

فروض مدل

$$\begin{aligned} &E(u_i) = E(\varepsilon_{it}) = 0 \\ &E(\varepsilon_{it}^2) = \sigma_\varepsilon^2 \quad \text{واریانس همسانی وجود ندارد} \\ &E(u_i^2) = \sigma_u^2 \\ &E(u_i \varepsilon_{it}) = 0 \quad \forall i,t \\ &E(\varepsilon_{it}, \varepsilon_{is}) = 0 \quad \text{if} \quad t \neq s \quad (\neq) \\ &E(u_i u_j) = 0 \quad \text{if} \quad i \neq j \end{aligned} \tag{۴}$$

یا

$$\Rightarrow \begin{aligned} &\omega_{it} = u_i + \varepsilon_{it} \\ &\omega_i = [\omega_{i1}, \cdots \omega_{iT}]' \\ &E(\omega_{it}) = 0 \\ &E(\omega_{it}^2) = \sigma \\ &E(\omega_{it} + \omega_{is}) = E[(u_i + \varepsilon_{it})(u_i + \varepsilon_{is})] = \sigma^2 u \\ &t \neq s \end{aligned}$$

بین خطاها خود همبستگی وجود دارد.

برای هر واحد مقطعی نیز یک ماتریس واریانس - کوواریانس داریم:

$$\Omega = E(\omega_i \omega_i') = \begin{bmatrix} \sigma_u^2 + \sigma_\varepsilon^2 & & \sigma_u^2 \\ & \ddots & \\ \sigma_u^2 & & \sigma_u^2 + \sigma_\varepsilon^2 \end{bmatrix} = \sigma_\varepsilon^2 I + \sigma_u^2 ll'$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

$I$ یک بردار ستونی $T \times 1$ است و چون $I_i$ و $I_j$ مستقل هستند بنابراین ماتریس ـ کوواریانس کلی نیز به شکل زیر خواهد بود (برای $nt$ مشاهده):

$$V = \begin{bmatrix} \Omega & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & \Omega \end{bmatrix}$$

برای تخمین مدل Random effect از روش GLS یا FGLS استفاده می‌کنیم. در روش GLS تبار به $P^{-1} = I \otimes \Omega^{-\frac{1}{2}}$ داریم. بنابراین فقط باید $\Omega^{-\frac{1}{2}}$ را به دست آوریم که از رابطه زیر به دست می‌آید $\Omega^{-\frac{1}{2}} = I - \frac{\theta}{T} i i'$ و در آن $\theta = 1 - \frac{\sigma_\varepsilon}{(T\sigma_\mu^2 + \sigma_\varepsilon^2)^{\frac{1}{2}}}$ است.

تبدیل $X_i$ و $Y_i$ برای روش GLS به شکل زیر است.

$$\Omega^{-\frac{1}{2}} = \begin{bmatrix} y_{i1} - \theta \bar{y}_i \\ y_{i2} - \theta \bar{y}_i \\ \vdots \\ y_{iT} - \theta \bar{y}_i \end{bmatrix}$$

و اگر مقادیر مربوط به $\Omega$ ، ماتریس واریانس ـ کوواریانس هر گروه را نداشته باشیم، ابتدا آن را تخمین زده و سپس از روش GLS استفاده می‌کنیم که به این روش FGLS گفته می‌شود در این روش ابتدا $\sigma^2$ ها را بوسیله باقی‌مانده‌ها تخمین می‌زنیم و $\hat{\Omega}$ و $\hat{\theta}$ را به‌دست می‌آوریم و سپس تخمین GLS می‌زنیم در این روش هر واحد مقطعی، نمونه‌ای از کل جامعه در نظر گرفته می‌شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی