مقاله پژوهشی، صفحات: ۱۲۱ تا ۱۴۶

فصلنامه اقتصاد محاسباتی
شاپا ۰۴۳۳-۲۸۲۱

برآورد تابع تقاضای نهاده‌های تولید در صنعت پتروشیمی

رقیه معرفتی[۱]
نارسیس امین رشتی[۲*]
آزاده محرابیان[۳]
رویا سیفی پور[۴]

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۱۰/۳۰ **تاریخ پذیرش نهایی:** ۱۴۰۲/۰۲/۰۶

چکیده

هدف پژوهش حاضر بدست آوردن تابع تقاضای نهاده‌های تولید در صنعت پتروشیمی است. سوال اصلی این مطالعه مربوط به اثر و سهم هر یک از عوامل تولیدی در هزینه‌های پرداختی در صنعت پتروشیمی بوده است. روش تحقیق در این مطالعه مبتنی بر تحلیلی – توصیفی و استفاده از روش سیستم معادلات همزمان بوده است. به منظور آزمون رابطه بین‌متغیرها از اطلاعات دوره زمانی ۱۳۹۹-۱۳۷۵ استفاده شده است. نتایج این تحقیق نشان داد که رابطه بین‌سهم عامل تولید مواد اولیه در کل هزینه پرداختی به عوامل تولید و قیمت نسبی نیروی کار، مواد اولیه و محصول مثبت و رابطه آن با قیمت نسبی ماشین آلات و انرژی منفی است. نتایج کشش‌های جایگزینی نیز نشان می‌دهد که سرمایه با نیروی کار، مواد خام با نیروی کار و سرمایه با انرژی ورودی‌های جایگزین (کشش جایگزینی بیشتر از صفر) و سرمایه با مواد خام، مواد خام با انرژی ورودی‌های مکمل (کشش جایگزینی کمتر از صفراست) هستند. بر این اساس می‌توان گفت که رابطه جانشینی بین‌مواد خام و نیروی کار و همچنین رابطه مکملی بین‌مواد خام و سرمایه نسبتاً قوی تر از سایرین است.

واژگان کلیدی: تقاضای نهاده، صنعت پتروشیمی، انرژی، سیستم معادلات همزمان

طبقه‌بندی JEL: G21، G24، O11، O16

[۱] دانشجوی دکتری، گروه اقتصاد، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران ، پست الکترونیکی: r.marefati@gmail.com
[۲*] استادیار اقتصاد، گروه اقتصاد، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، نویسنده مسئول، پست الکترونیکی: Narciss.Aminrashti@gmail.com
[۳] استادیاراقتصاد، گروه اقتصاد، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، پست الکترونیکی: mehrabianazadeh@yahoo.com
[۴] استادیاراقتصاد، گروه اقتصاد، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، پست الکترونیکی: roy.seyfipour@iauctb.ac.ir

۱. مقدمه

یکی از موضوعاتی که در تحلیل تقاضای نهاده بسیار جالب توجه است و مورد توجه قرار می‌گیرد این است که رابطه بین‌نهاده‌های تولیدی مورد استفاده در بخش پتروشیمی جایگزین یا مکمل است. به عنوان مثال، اگر انرژی و سرمایه مکمل یکدیگر باشند، برای صرفه جویی در هر یک از دو ورودی باید کمتر از هر دو ورودی استفاده کنیم. اگر این دو جایگزین باشند، شرکت می‌تواند یکی از ورودی‌ها را جایگزین کند تا آن را ذخیره کند. لازم به ذکر است که اکثر منابع انرژی منشاء فسیلی و متناهی دارند، بنابراین ویژگی اساسی نهایی بودن انرژی آن را از سایر نهاده‌های تولید متمایز می‌کند و نیاز به صرفه جویی در انرژی و در نظر گرفتن امکان جایگزینی سایر نهاده‌ها با آن است. اما از سوی دیگر، فراوانی منابع انرژی در ایران و قیمت پایین حامل‌های انرژی در مقایسه با بسیاری از کشورها را می‌توان به عنوان یک مزیت نسبی در نظر گرفت (بخشایش و یزدانی، ۱۳۹۴). البته این مزیت زمانی مفید است که باعث کاهش هزینه‌ها و هزینه‌های تولید و افزایش رقابت پذیری کالاهای داخلی در بازارهای بین‌المللی شود، بنابراین نسبت به تقاضا برای نهاده‌های تولید آگاه باشید و عوامل موثر بر استفاده از هر یک از این نهاده‌ها را شناسایی کنید.این امر به سیاستگذاران این امکان را می‌دهد تا تولیدات پتروشیمی کشور را با دقت بیشتری برنامه‌ریزی و پیش بینی کنند.

صنعت پتروشیمی با توجه به گسترش بخش‌های خود برای تولید محصولات خود نیازمند نهاده‌های تولید مانند فناوری، نیروی کار، سرمایه و انرژی است. تقریباً همه اقتصاددانان، صرف نظر از مکتب فکری خود، بر تمرکز و تشکیل سرمایه به عنوان مهم ترین عوامل تعیین کننده رشد و توسعه اقتصادی تأکید زیادی دارند. نهاده‌های تولید در فرآیند یک فعالیت اقتصادی به عنوان مکمل و جایگزین تولید کالا و خدمات استفاده می‌شود و نوسانات قیمت و عرضه آن بر ظرفیت‌های تولید بخش‌های مختلف اقتصادی مانند صنعت پتروشیمی تأثیر می‌گذارد. انرژی نیز یکی از نهاده‌های مهم تولید است که همراه با سایر نهاده‌ها مانند نیروی کار و سرمایه به فرآیند تولید کمک می‌کند. با توجه به اینکه انرژی یکی از عوامل تاثیرگذار در امنیت اقتصادی کشورمان است؛ مدیریت تقاضای انرژی می‌تواند در تضمین امنیت اقتصادی بسیار مهم باشد. اهمیت حیاتی انرژی در اقتصاد کلان کشور و نیاز به مدیریت کارآمد در این بخش ایجاب می‌کند که تقاضا برای عوامل تولید به ویژه انرژی در بخش صنعت که یکی از ارکان اساسی اقتصاد کشور

است مورد بررسی قرار گیرد. صنعت پتروشیمی به عنوان یک بخش صنعتی نقش حساس و مؤثرتری در اقتصاد جهانی و اشتغال نیروی کار و استفاده از سرمایه دارد. با توجه به اهمیت این صنعت در بین‌سایر صنایع از نظر جذب سرمایه، اشتغال نیروی انسانی، سهم بالای آن در ارزش افزوده بخش نفت و همچنین به دلیل نیاز به بازسازی و تکمیل زیرساخت ها، شناسایی کارایی و ساختار فناوری صنعت پتروشیمی، تقاضا و ویژگی‌های ناشی از آن مانند محاسبه تقاضای نهاده‌های تولید و کشش‌های جایگزینی و قیمتی آن می‌تواند در برنامه‌ریزی استفاده شود و راهی برای کنترل و پیش‌بینی عرضه و تقاضای این محصول برای مدیران صنعت فراهم کند (حیدری، ۱۳۸۵).

توابع تقاضای نهاده‌های تولید مانند فناوری، انرژی، نیروی کار و سرمایه در بخش پتروشیمی لزوماً تقاضای مشتق شده و ناشی از تقاضای محصولات پتروشیمی است. در علم اقتصاد دو راه برای به دست آوردن توابع تقاضای ورودی وجود دارد. روش اول استخراج توابع تقاضای مستقیم نهاده‌ها با استخراج تابع سود از قیمت هر نهاده است. روش دوم استخراج تابع هزینه از قیمت هر نهاده و به دست آوردن تابع تقاضای غیرمستقیم (شرطی) ورودی است. در این تحقیق از روش دوم برای به دست آوردن توابع تقاضای نهاده‌های تولید در صنعت پتروشیمی استفاده شده است. زیرا در روش اول برای تخمین پارامترها به قیمت محصول نیاز داریم. علاوه بر این، در اکثریت قریب به اتفاق مطالعات مشابه (تقاضای ورودی) از روش دوم استفاده شده است. در روش مذکور ابتدا یک تابع تولید برای بخش پتروشیمی انتخاب و تابع هزینه دوگانه آن تعیین می‌شود. سپس با استخراج این تابع، بهای تمام شده نسبت به قیمت هر یک از چهار ورودی تابع تقاضای آن نهاده به دست می‌آید. از طرف دیگر، یک روش مناسب برای تعیین قابلیت جایگزینی فاکتورهای مختلف تولید، استفاده از کشش جایگزینی آلن (AES) است. این کشش درصد تغییر در نسبت دو عامل تولید را که از یک درصد تغییر در قیمت نسبی آنها حاصل می‌شود، اندازه گیری می‌کند.

ساختار این مقاله از پنج بخش تشکیل شده است. در ادامه ادبیات تحقیق بررسی می‌شود. بخش سوم به بررسی مطالعات قبلی می‌پردازد. در بخش چهارم، مدل تجربی تحقیق برآورد شده است و در بخش پایانی، نتیجه گیری و پیشنهادات سیاستی ارائه شده است.

۲.ادبیات موضوع و مطالعات انجام شده

توابع تقاضای نهاده‌های تولید، انرژی، نیروی کار و سرمایه (ماشین‌آلات پتروشیمی) در بخش پتروشیمی لزوماً تقاضای مشتق‌شده و ناشی از تقاضای محصولات پتروشیمی است. در علم اقتصاد دو راه برای به دست آوردن توابع تقاضای ورودی وجود دارد. روش اول توابع تقاضای مستقیم نهاده‌ها است که با استخراج تابع سود از قیمت هر نهاده و تابع تقاضای آن نهاده به دست می‌آید. روش دوم استخراج تابع هزینه از قیمت هر نهاده و به دست آوردن تابع تقاضای غیرمستقیم (شرطی) ورودی است.

۲-۱. تابع تقاضای مستقیم یا غیر مشروط مربوط به نهاده[1]

با بهره‌گیری از لم هتلینگ[2] و همچنین مشتق‌گیری از تابع سود$\pi(P,W)$ نسبت به قیمت هر یک از نهاده‌ها تابع تقاضا نهاده تولید $x_i(P,W)$ بدست می‌آید:

$$\frac{\partial\pi(P,W)}{\partial W_i} = x_i(P,W) \qquad (۱)$$

بطوریکه در آنP بیانگر قیمت محصول، W نشان دهنده بردار قیمت‌های عوامل، W_i بیانگر قیمت نهادهiام و x_i مربوط به تقاضای نهادهiام است. همانگونه که مشاهده می‌شود توابع تقاضای نهاده‌ها هر یک از محصولات بستگی به قیمت آن نهاده و قیمت محصول تولیدی دارد.

۲-۲. تابع تقاضای غیر مستقیم یا مشروط[3] مربوط به نهاده

به منظور برآورد تابع تقاضای غیرمستقیم، شفارد[4] نشان داده که اگر از تابع هزینه $C(W,Y)$ مربوط به بنگاه نسبت به قیمت هر یک از نهاده‌ها مشتق گرفته شود تابع تقاضای شرطی آن نهاده تولید بدست می‌آید.

$$x_i(W,Y) = \frac{\partial C(W,Y)}{\partial W_i} \qquad (۲)$$

بطوریکه در آنW بیانگر بردار قیمت نهاده ها، Y نشان دهنده سطح تولید، x_i بیانگر تقاضای نهاده iام و در نهایت W_i نشان دهنده قیمت نهاده iام است. به این توابع تقاضا، توابع تقاضای

[1] Unconditional Demand
[2] Hoteling Theorem
[3] Conditional Demand
[4] Shephard

غیرمستقیم گفته می‌شود چون تقاضا برای عوامل تولید، مشروط به دستیابی به سطح مشخصی از تولید است.

۲-۳. تابع هزینه

تابع هزینه بنگاه در هر سطح مشخصی از محصول با توجه به حداکثر سازی سود تعیین می‌شود. زیرا کل هزینه علاوه بر میزان تولید قطعاً ناشی از قیمت نهاده‌های تولیدی بکار رفته در تابع تولید نیز است. لذا تابع هزینه در معادله (۳) نمایش داده شده است:

$$C = c^*(Y, W_1, \dots, W_n) \quad (۳)$$

بطوریکه در آن Y بیانگر میزان تولید و $W_1, W_2, \dots W_n$ به ترتیب نشان دهنده قیمت عوامل $x_1, x_2, \dots, x_n$ است (قیمت نهاده‌ها ثابت در نظر گرفته می‌شود). بر این اساس خصوصیات رابطه (۳) باید به گونه‌ای مشخص شود که این رابطه با فرآیند حداکثر سازی سود سازگار است. تابع سود در معادله (۴) نمایش داده شده است:

$$M = Pf(x_1, x_2, \dots, x_n) - \sum_{i=1}^{n} W_i x_i \quad (۴)$$

بطوریکه در آنpنشان دهنده قیمت محصول،fتابع محصول،W_i بیانگر قیمت نهاده‌های تولیدی و x_i عوامل تولیدی بکار رفته در تولید هستند. در تابع سود (۴) بر خلاف تابع هزینه (۳) تولید مستقل نبوده و مقدار آن تابعی از قیمت تولیدات و قیمت عوامل تولیدی است. اگرچه در تابع هزینه میزان محصول به صورت مستقل تغییر می‌کند و با ثابت بودن قیمت عوامل تولید، هزینه در هر سطح داده شده‌ای از تولید تعیین می‌گردد. اما در تابع سود مقدار تولید به صورت مستقل تغییر نمی‌کند و به همراه قیمت نهاده‌ها و تولید مشخص می‌شود از این رو تابع هزینه در معادله (۳) نمی‌تواند مستقیماً از رابطه (۴) بدست آید. بلکه تابع هزینه از روش‌هایی بدست می‌آید که در آنها مقدار تولید ثابت محسوب می‌شود.

۲-۴. پیشینه تحقیق

گارسیا درنتریا و باربرن (۲۰۲۲) به بررسی عوامل اقتصادی اثر گذار بر تقاضای عوامل تولیدی در صنعت آب پرداختند. در این مطالعه با استفاده از یک تابع هزینه CES به براورد عوامل موثر بر تقاضای نهاده‌ها پرداخته شد. در بخش اول کشش قیمتی نهاده‌ها برآورد گردید. در بخش دوم مشاهده گردید که تکنولوژی مهمترین عامل در تقاضا برای نهاده‌های تولیدی بوده است.

دمیرر (۲۰۲۱) به برآورد نقش تکنولوژی در تقاضای نهاده‌های تولیدی از روش سیستم معادلات همزمان در صنعت آمریکا پرداخت. در این راستا از یک تابع CES استفاده شد. نتایج بدست آمده از این مطالعه بیانگر این بود که صنایع آمریکایی سرمایه بر بوده و تکنولوژی نقش مهمی در تقاضای نهاده‌های تولیدی داشته است.

المحیش (۲۰۱۷) تقاضا برای نهاده‌های انرژی و بهره وری در صنعت برق را برآورد کرد. نتایج این مطالعه نشان داد که هزینه‌های تولید با تغییر مقیاس‌های تولید در این صنعت در حال تغییر بوده است. برآورد می‌شود که کشش‌های قیمتی نهاده‌های تولید در صنعت برق بیشتر از یک و کشش جایگزینی بین‌نهاده‌ها در این صنعت پایین باشد.

کاخکی و همکاران (۲۰۱۶) تابع تقاضای نهاده‌های تولید در صنایع شیمیایی را تخمین زدند. در این تحقیق برای برآورد توابع عرضه محصول و تقاضای نهاده‌های تولید از روش تابع هزینه ترانسلوگ نرمال و برای تخمین همزمان این سیستم معادلات از روش معادله به ظاهر نامرتبط استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که کشش‌های قیمتی تقاضای تقاضای نهاده‌ها دارای علامت منفی هستند. کشش‌های تقاضای متقابل نشان دهنده یک رابطه مکمل بین‌ورودی‌های تولیدی و یک رابطه جانشینی بین‌نیروی کار است. کشش‌های تقاضای نهاده نسبت به قیمت محصول مثبت و کشش‌های عرضه محصول نسبت به قیمت نهاده منفی و بزرگتر از یک است.

یورس و همکاران (۲۰۱۵) تابع تقاضای نهاده‌های تولید در بخش تولید در لیتوانی را تخمین زد. در این مطالعه، تمام کشش‌های ذاتی و متقاطع تقاضای نهادی محاسبه شده است. کشش‌های تقاضا به سمت داخل نشان دهنده رابطه معکوس بین‌قیمت و میزان نهادهای تولیدی است و با توجه به قدر مطلق آنها کشش تقاضا برای این موسسات را نسبت به قیمت آنها نشان می‌دهد. همچنین مقادیر کشش‌های تقاضای متقاطع نشان دهنده توان مکمل ضعیف بین‌ورودی‌ها است.

شوارتز (۲۰۱۴) در مطالعه ای وابستگی تقاضای مصرف انرژی در صنایع شیمیایی را برآورد کرد. به منظور برآورد کشش قیمت و جایگزینی بین‌نهاده‌های تولید، از روش سیستم معادلات همزمان استفاده شده است. نتایج این برآورد نشان داد که کشش قیمتی نهاده‌های تولید بیشتر از یک است.

کریشنا پیلای و تامپسون (۲۰۱۲) از داده‌های مقطعی در مورد رابطه بین‌جایگزینی و توابع تولید هموتاتیک و غیر هموتاتیک برای برآورد تنش‌های جایگزینی قیمت در صنعت ایالات متحده

استفاده کردند. کار و سرمایه، در حالی که نیروی کار و سرمایه جایگزین‌های قوی برای برق هستند.

سبحانی و منظور (۱۳۹۳) کشش جایگزینی سرمایه و انرژی در صنایع شیمیایی را برآورد کردند. در این مقاله با استفاده از تابع هزینه ۴ نهاده (سرمایه، نیروی کار، برق و سایر حامل‌های انرژی) و برای داده‌های سری زمانی (۱۹۹۸-۲۰۰۷)، سهمیه‌های هزینه برای نهاده‌های تولید برآورد شده و سپس از آنها کشش‌های جایگزینی قیمت محاسبه می‌شود و به جای آلن و موریشما استفاده می‌شود. بر اساس نتایج این مطالعه، مقدار کشش قیمتی موریشیما برای سرمایه و برق ۱٫۵۸۸ و کشش قیمت آلن برای سایر حامل‌های انرژی ۰٫۶۹۸ است که هر دو نشان دهنده جایگزینی سرمایه و ورودی انرژی در دوره مورد مطالعه است. همچنین میزان تلاقی قیمت بین‌دو ورودی انرژی الکتریکی و سایر حامل‌های انرژی به جز انرژی الکتریکی برابر با (۱/۳۶۳-) بود که نشان می‌دهد این دو ورودی مکمل یکدیگر در دوره مورد بررسی هستند.

صدرزاده مقدم و همکاران. (۲۰۱۳) تابع تقاضای انرژی و کشش قیمت و جایگزینی نهاده‌ها را در بخش صنعت تخمین زد. این مطالعه به برآورد تابع تقاضای انرژی در بخش صنعت و محاسبه کشش‌های جایگزینی بین‌ورودی‌ها با رویکرد بهینه‌سازی دو مرحله‌ای می‌پردازد. برآورد تقاضای انرژی در بخش‌های مختلف، تعیین سیاست‌های کلان انرژی را ممکن می‌سازد. در این تحقیق در بخش اول با برآورد تابع تقاضای انرژی در بخش صنعت کشور به عنوان یکی از پرمصرف ترین بخش‌های انرژی، عوامل موثر بر این تقاضا شناسایی شده و در بخش دوم با استفاده از لاجیت. معادلات تابع و رگرسیون مولفه‌های تقاضای انرژی پرداخت شده و کشش‌های قیمتی و جانشینی بین‌این مولفه‌ها محاسبه می‌شود.

داوود منظور و حقیقی (۱۳۹۱) در مطالعه خود با رویکرد تعادل عمومی قابل محاسبه به تحلیل کشش‌های قیمتی در صنعت برق پرداختند. بر اساس نتایج، در کوتاه مدت، تغییر تقاضای انرژی بیشتر ناشی از تغییرات سطوح فعالیت است. به عبارت دیگر، هر چه کاهش سطح فعالیت یک بخش بیشتر باشد، کاهش تقاضا برای حامل‌های انرژی در آن بخش بیشتر می‌شود. به طور کلی، تقاضای برق در همه بخش‌ها در بلندمدت نسبت به کوتاه مدت افزایش می‌یابد. در بلندمدت، فعالیت‌های تولیدی به طور فزاینده‌ای به دنبال استفاده از فناوری‌هایی هستند که انرژی ارزان‌تری مصرف می‌کنند.

بهبودی و همکاران (۱۳۸۹)، در پژوهشی با عنوان عوامل اقتصادی و اجتماعی مؤثر بر انتشار سرانه دی اکسید کربن در ایران، به بررسی رابطه بین‌مصرف انرژی (شدت انرژی)، رشد اقتصادی و انتشار سرانه دی اکسید کربن کربن، طی دوره زمانی ۱۳۴۶-۱۳۸۳ در ایران پرداختند. آنها از روش هم انباشتگی جوهانسون - جوسیلیوس و مدل تصحیح خطای برداری (VECM) برای تخمین مدل استفاده کردند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که بین‌متغیرهای مستقلی مانند مصرف انرژی، آزادسازی تجارت، جمعیت شهری و سرانه انتشار دی اکسید کربن در ایران رابطه مثبت وجود دارد.

فخرایی (۱۹۹۲) کارکردهای تقاضای حامل‌های انرژی مختلف را برای بخش‌های مختلف اقتصادی کشور از جمله صنعت ارائه کرد. در این مدل به منظور تعیین مجموع فروش برق به بخش صنعتی، قیمت واقعی فروش برق به بخش صنعتی و تولید ناخالص داخلی در مشخصات مدل آورده شده است.

۳. روش تحقیق

۳-۱. برآورد تابع تقاضای نهاده‌های تولید در صنعت پتروشیمی

تقاضا برای نهاده‌های پتروشیمی الزاماً یک تقاضای مشتق شده است و از تقاضای فرآورده‌های نفتی ناشی می‌شود. در این تحقیق از روش تابع هزینه برای برآورد توابع تقاضای انرژی، مواد اولیه و مواد خام (مواد اولیه موادی هستند که برای تغییر شکل فیزیکی یا شیمیایی در صنعت پتروشیمی وارد و مصرف می‌شوند) و نیروی کار و خدمات ماشین آلات استفاده شده است. با برآورد توابع تقاضای نهاده‌ها، علاوه بر محاسبه کشش‌های جایگزینی و قیمتی تقاضا، ساختار بخش پتروشیمی نیز مشخص می‌شود. در اینجا فرض بر این است که در بخش پتروشیمی یک تابع تولید کل وجود دارد که می‌توان آن را دو بار به دست آورد و این تابع تولید از ۵ عامل نیروی کار، سرمایه (ماشین آلات)، انرژی و مواد اولیه و عوامل دیگر تشکیل شده است:

$$Y = f(S, C, K, L, M) \qquad (۵)$$

که در آن S: انرژی، C: مواد خام و اولیه، K: سرمایه(ماشین آلات)، L: نیروی کار، M: سایر عوامل و Y ارزش تولید است. فرض می‌کنیم عوامل تولید به دو گروه متمایز طبقه‌بندی می‌شوند به طوری که در گروه اول سرمایه، نیروی کار، مواد اولیه و انرژی و در گروه دوم سایر عوامل تولید قرار

می‌گیرند و بین‌این دو گروه تمایز ضعیفی وجود دارد. یعنی نسبت خروجی نهایی دو عامل متعلق به یک گروه مستقل از مقدار استفاده شده توسط هر عامل گروه دیگر است. در این حالت تابع تولید به صورت زیر است:

$$Y = f[(K, L, S, C), (M)] \quad (۶)$$

با استفاده از وضوح ضعیف می‌توان سایر عوامل تولید را از تابع فوق حذف کرد و بنابراین تابع تولید را به صورت زیر در نظر گرفت:

$$Y = f(S, C, K, L) \quad (۷)$$

با به حداقل رساندن هزینه با تعیین سطح محصول معین، تابع هزینه شرکت را می‌توان بدست آورد. زیرا در فرآیند به حداقل رساندن قیمت تمام شده عوامل تولید و محصول ثابت فرض می‌شود، یعنی با تغییر میزان تقاضا برای عوامل یک بنگاه، قیمت عوامل و محصول تغییر نمی‌کند. بنابراین تلویحاً فرض می‌شود که بخش پتروشیمی در کشور در یک فضای کاملاً رقابتی فعالیت می‌کند. بنابراین برای تابع تولید فوق تابع هزینه به شرح زیر وجود دارد که رابطه بهینه بین‌هزینه شرکت، قیمت نهاده و سطح تولید را فراهم می‌کند.

$$C = f(W_K, W_L, W_C, W_S, Y) \quad (۸)$$

که در آن W_S: قی‌مت انرژی، W_C: قیمت مواد اولیه و خام، W_K: قیمت خدمات عامل سرمایه (ماشین آلات) وW_L : دستمزد نیروی کار، :Y تولی‌د بخش پتروشیمی وC: هزینه کل بخش پتروشیمی (منهای M) است.

به منظور برآورد توابع تقاضای عوامل، عوامل تولید غیرمستقیم (شرطی) را می‌توان با استفاده از لم شفارد و استنتاج از تابع هزینه نسبت به قیمت عوامل بدست آورد.

$$X_i = \frac{\partial C(Y, W)}{\partial W_i}$$
$$i = S, C, K, L \quad (۹)$$

که در آن x_i تقاضای عامل i ام و W_i قی‌مت عامل i ام می‌باشد. در ای‌ن تحقی‌ق از فرم تابعی ترانسلوگ برای تابع هزی‌نه استفاده شده است. تابع ترانسلوگ هیچ محدودیتی بر کشش‌های جایگزینی اعمال نمی‌کند و به کشش‌های جایگزینی اجازه می‌دهد تا با محصول و سهم ورودی‌ها متفاوت باشند. در حالی که در تابع کاب داگلاس، کشش‌های جایگزینی به ترتیب برابر با یک و ثابت هستند. همچنین در تابع ترانسلوگ هیچ گونه محدودیتی در هموتتیک و همگنی از قبل برای

مدل اعمال نمی‌شود و کشش مقیاس در مدل ترنسلوگ با محصول و سهم هزینه‌ها تغییر می‌کند. بنابراین با توجه به مزایای مدل ترانسلوگ نسبت به سایر مدل‌ها، در این تحقیق از تابع ترانسلوگ برای به دست آوردن توابع تقاضای نهاده‌ها و درک ساختار تولیدی بخش پتروشیمی ایران استفاده شده است. تابع هزینه ترانسلوگ مورد استفاده در این مطالعه به شرح زیر است. تابع ذکر شده برگرفته شده از مطالعه المحیش (۲۰۱۷) و کاخکی و همکاران (۲۰۱۶) بوده است:

$$ln\,C\,(W,Y) = \alpha_0 + \alpha_y\,ln\,Y + \frac{1}{2}\alpha_{yy}(ln\,Y)^2 + \sum_{i=1}^{4}\alpha_i\,ln\,W_i + \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{4}\sum_{j=1}^{4}\alpha_{ij}\,ln\,W_i\,ln\,W_j + \sum_{i=1}^{4}\alpha_{yi}\,ln\,W_i\,ln\,Y + \sum_{i=1}^{n}\alpha_{it}\,T\,ln\,W_i + \alpha_t T + \frac{1}{2}\alpha_{tt}T^2 + \alpha_{yt}T\,ln\,Y \quad i,j = S,C,K,L \qquad (۱۰)$$

در این تابع W_i قیمت نهادهiام و Y سطح تولید و T متغیر روند می‌باشد. با استفاده از لم شفارد و مشتق گرفتن از معادله فوق نسبت به $ln\,W_i$، معادلات تقاضای غیر مستقیم برای عوامل تولید (بر حسب سهم هزینه) بدست می‌آید یعنی:

$$\frac{\partial\,ln\,C}{\partial\,ln\,W_i} = \frac{\partial C}{\partial W_i}\times\frac{W_i}{C} = \frac{W_i x_i}{C} = S_i = \alpha_i + \sum_{j=1}^{4}\alpha_{ij}\,ln\,W_j + \alpha_{yi}\,ln\,Y + \alpha_{it}T \quad i,j = S,C,K,L \qquad (۱۱)$$

که در آن S_i سهم هزینه عامل iام است. لذا سیستم توابع تقاضا برای نهاده‌های پتروشیمی براساس سهم هر یک از نهاده‌ها در کل هزینه‌های تولید عبارتند از:

$$S_L = \alpha_L + \alpha_{LL}\,ln\,W_L + \alpha_{LK}\,ln\,W_K + \alpha_{LC}\,ln\,W_C + \alpha_{LS}\,ln\,W_S + \alpha_{Ly}\,ln\,Y + \alpha_{Lt}T$$
$$S_K = \alpha_K + \alpha_{KL}\,ln\,W_L + \alpha_{KK}\,ln\,W_K + \alpha_{KC}\,ln\,W_C + \alpha_{KS}\,ln\,W_S + \alpha_{Ky}\,ln\,Y + \alpha_{Kt}T$$
$$S_C = \alpha_C + \alpha_{CL}\,ln\,W_L + \alpha_{CK}\,ln\,W_K + \alpha_{CC}\,ln\,W_C + \alpha_{CS}\,ln\,W_S + \alpha_{Cy}\,ln\,Y + \alpha_{Ct}T$$
$$S_S = \alpha_S + \alpha_{SL}\,ln\,W_L + \alpha_{SK}\,ln\,W_K + \alpha_{SC}\,ln\,W_C + \alpha_{SS}\,ln\,W_S + \alpha_{sy}\,ln\,Y + \alpha_{St}T \qquad (۱۲)$$

مجموع سهم هزینه‌ها برابر واحد می‌باشند لذا محدودیت‌های $(upAdding)$ زیر به هنگام تخمین لحاظ می‌گردد:

$$\sum_{i=1}^{4}\alpha_i = 1, \sum_{i=1}^{4}\alpha_{iy} = 0 \quad , \sum_{i=1}^{4}\alpha_{ij} = \sum_{j=1}^{4}\alpha_{ij} = 0, \sum_{i=1}^{4}\alpha_{it} = 0 \quad i,j = L,K,Ce, \qquad (۱۳)$$

قیدهای تقارنی ضرایب نیز به صورت $\alpha_{ij} = \alpha_{ji}$، بر مدل اعمال می‌شوند. با توجه به محدودیت‌های فوق، ماتریس کوواریانس یک اختلال معادله‌ای منفرد (با تعیین‌کننده صفر) است و نمی‌توان پارامترهای آن را تخمین زد. برای حل مشکل یکتا بودن ماتریس کوواریانس، یکی از معادلات (در اینجا معادله مربوط به ماشین‌ها) حذف می‌شود. با اعمال دو قید آخر تمام قیمت‌ها متناسب با قیمت ماشین آلات به دست می‌آید. بدین ترتیب سیستم معادلات پس از اعمال قیود فوق به صورت زیر مشخص می‌شود:

$$S_L = \alpha_L + \alpha_{LL}\, ln(\frac{W_L}{W_K}) + \alpha_{LC}\, ln(\frac{W_C}{W_K}) + \alpha_{LS}\, ln(\frac{W_S}{W_K}) + \alpha_{LY}\, ln\, Y + \alpha_{Lt}T$$

$$S_S = \alpha_S + \alpha_{SL}\, \ln(\frac{W_L}{W_K}) + \alpha_{SC}\, \ln(\frac{W_C}{W_K}) + \alpha_{SS}\, \ln(\frac{W_S}{W_K}) + \alpha_{SY}Y + \alpha_{St}T$$

$$S_C = \alpha_C + \alpha_{CL}\, ln(\frac{W_L}{W_K}) + \alpha_{CC}\, ln(\frac{W_C}{W_K}) + \alpha_{CS}\, ln(\frac{W_S}{W_K}) + \alpha_{CY}\, ln\, Y + \alpha_{Ct}T \qquad (۱۴)$$

که در آن S_C, S_S, S_K, S_L: به ترتیب سهم‌های هزینه نیروی کار، سرمایه، انرژی و سیمان، Y: ارزش تولید بخش پتروشیمی به قیمت ثابت سال ۹۰، W_S: شاخص قیمت انرژی، W_C: شاخص قیمت مواد خام و اولیه، W_L: شاخص دستمزد نیروی کار، W_K: شاخص قیمت خدمات عامل سرمایه می‌باشند.

۴. یافته‌ها

۴-۱. داده‌های آماری

به منظور برآورد سیستم معادلات، داده‌های آماری زیر طی سال‌های ۱۳۹۷-۱۳۷۵ مورد نیاز بوده که از منابع مختلف به شرح زیر استخراج شده است:

شاخص قیمت انرژی پتروشیمی

شاخص قیمت انرژی پتروشیمی با استفاده از داده‌های دفتر شاخص‌های اقتصادی بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران محاسبه شده است که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است.

شاخص قیمت مواد اولیه

دفتر شاخص‌های اقتصادی بانک مرکزی هر ساله شاخص قیمت مواد اولیه را منتشر می‌کند و در این تحقیق از این ارقام برای شاخص قیمت مواد اولیه استفاده شده است. این در حالی است که

بانک مرکزی در برخی سال‌ها شاخص قیمت مواد اولیه و مواد اولیه را به تفکیک مواد اولیه داخلی و وارداتی منتشر کرده است که در این سال‌ها به شرح زیر انجام شده است.

$$W_{Cei} = \frac{C_{Di}}{C_i} \times W_{Di} + \frac{C_{ii}}{C_i} \times W_{ii} \quad (۱۵)$$

که در آن W_{Cei}: شاخص قیمت مواد اولیه و خام در سالiام، C_{Di}: مصرف مواد اولیه و خام داخلی در سال iام، C_{ii}: مصرف مواد اولیه و خام وارداتی در سال iام، W_{Di}: شاخص قیمت مواد اولیه و خام وارداتی در سال iام، W_{ii}: شاخص قیمت مواد اولیه و خام داخلی در سال iام و C_i: مصرف کل مواد اولیه و خام در سالiام می‌باشد.

شاخص دستمزد نیروی کار

برای این شاخص از شاخص بهای خدمات پتروشیمی کل کشور که توسط دفتر شاخص‌های اقتصادی بانک مرکزی منتشر شده است، استفاده شده است.

شاخص قیمت خدمات عملیاتی سرمایه (ماشین آلات)

این شاخص نیز با استفاده از شاخص قیمت ماشین آلات منتشر شده توسط بانک مرکزی محاسبه شده است.

مصرف انرژی

در این تحقیق منظور از انرژی میزان سوخت مصرفی در بخش پتروشیمی است. آمار این اقلام از طریق داده‌های سازمان بورس و اوراق بهادار ایران به دست آمده است و سپس مصرف از طریق این اقلام محاسبه شده است.

مصرف مواد اولیه

برای سری مصرف مواد اولیه از آمار منتشر شده توسط شرکت مواد اولیه استان‌های مختلف استفاده شده است.

هزینه انرژی

برای محاسبه بهای تمام شده انرژی، ابتدا با استفاده از میانگین موزون قیمت انرژی در سال ۹۰ و میزان مصرف انرژی در سال ۹۰، هزینه انرژی در سال جاری محاسبه شده است. سپس برای

سال‌های دیگر هزینه انرژی با استفاده از شاخص قیمت انرژی و مقادیر مصرف مربوطه محاسبه شده است:

$$C_{Si} = C_{S61} \times \frac{W_i \times C_i}{W_{61} \times C_{61}} \quad (۱۶)$$

که در آن C_{Si}: هزینه انرژی در سالiام، W_i: شاخص قیمت انرژی در سال iام، C_i: مصرف انرژی در سال iام می‌باشد.

هزینه مواد اولیه و خام

ابتدا با استفاده از میانگین موزون قیمت و مصرف مواد اولیه در سال ۹۰ بهای تمام شده مواد اولیه در سال جاری محاسبه شده و سپس از رابطه زیر برای محاسبه بهای تمام شده مواد اولیه در سایر سال‌ها استفاده شده است:

$$C_{Ci} = C_{C76} \times \frac{W_i \times C_i}{W_{76} \times C_{76}} \quad (۱۷)$$

که در آن C_{Ci}: هزینه مواد اولیه و خام در سالiام، W_i: شاخص قیمت مواد اولیه و خام در سال iام، C_i: مصرف مواد اولیه و خام در سال iام می‌باشد.

هزینه نیروی کار و سرمایه

با توجه به اینکه در بخش پتروشیمی ارزش افزوده به عنوان هزینه کل نیروی کار و سرمایه در حساب‌های ملی منتشر می‌شود، برای جبران خدمات کارکنان و عملیات مازاد، از روش زیر برای تفکیک ارزش افزوده استفاده می‌شود:

$$C_{Ki} = C_{K53} \times \frac{K'_{ti} \times W_{Ki}}{K'_{t53} \times W_{53}}$$
$$C_{Li} = Va - C_{Ki} \quad (۱۸)$$

که در آن C_{Ki}: هزینه سرمایه در سال iام، W_{Ki}: شاخص قیمت خدمات عامل سرمایه در سال iام، K'_{ti}: ظرفیت به کار گرفته شده در سال iام، C_{Li}: هزینه نیروی کار در سال iام و Va: ارزش افزوده بخش پتروشیمی به قیمت جاری است. برای محاسبه موجودی سرمایه در بخش پتروشیمی با استفاده از آمارهای سرمایه‌گذاری در ماشین آلات و لوازم کسب و کار در بخش پتروشیمی طی سال‌های ۹۷-۱۳۷۵ و احتساب عمر مفید معادل ۹ سال برای ماشین آلات پتروشیمی به روش

PIM[1](روش مورد استفاده بانک مرکزی) موجودی سرمایه و میزان استهلاک در سالهای ۹۷-۱۳۷۵ محاسبه گردید.

هزینه کل

هزینه کل بخش پتروشیمی از مجموع چهار هزینه محاسبه می‌شود.

نرخ تولید

در حساب‌های ملی ایران، ارزش تولید بخش پتروشیمی از مجموع ارزش تولید فعالیت‌های پتروشیمی بخش خصوصی و دولتی محاسبه می‌شود که در این تحقیق از آن استفاده شده است.

الف) آزمون محدودیت تقارن

گفتیم که یکی از محدودیت‌های اعمال شده برای مدل، محدودیت تقارن است. بنابراین، قبل از اعمال این محدودیت بر روی توابع و هزینه‌های سهم، آن را بر روی توابع سهم آزمایش می‌کنیم. همانطور که قبلا ذکر شد، محدودیت متقارن به شرح زیر است:

$$\alpha_{ij} = \alpha_{ji} \qquad i \neq j \qquad (۱۹)$$

در این مطالعه شش محدودیت به صورت زیر خواهیم داشت:

$$\alpha_{LK} = \alpha_{KL}, \alpha_{LC} = \alpha_{CL}, \alpha_{LS} = \alpha_{SL}, \alpha_{KC} = \alpha_{CK}, \alpha_{KS} = \alpha_{SK}, \alpha_{CS} = \alpha_{SC}$$

برای آزمون این محدودیت‌ها چون چهار معادله سهم به طور همزمان قابل برآورد نیستند لذا یکی از توابع سهم (تابع سهم سرمایه) را حذف کردیم و سه معادله باقی مانده را به وسیله روش SUR تخمین زدیم. سپس با استفاده از آزمون والد به آزمون این محدودیت‌ها پرداختیم. آماره آزمون استفاده شده در این روش آماره کای-دو است. در این آزمون فرضیه H_0 به صورت زیر در مقابل فرضیه H_1 مورد آزمون قرار گرفت:

$$H_0: \alpha_{LC} = \alpha_{CL}, \alpha_{LS} = \alpha_{SL}, \alpha_{CS} = \alpha_{SC}$$
$$H_1: Otherwise$$

[1] Perpetual Inventory Method

همانطور که در جدول (۱) مشاهده می‌شود آماره آزمون کای-دو محاسبه شده برای این آزمون ۰/۸۵ و سطح اهمیت نهایی متعلق به آن ۰/۸۳ می‌باشد که نشان دهنده قبول فرضیه H_0 در سطوح اهمیت مرسوم است. یعنی فرض متقارن بودن ماتریس هشین تابع هزینه مورد تایید قرار می‌گیرد.

جدول (۱):آزمون محدودیت‌های تقارن

Wald Test:			
System: SYS03			
Null Hypothesis:	C(3)=C(8)		
	C(4)=C(14)		
	C(10)=C(15)		
Chi-square	0.852836	Probability	0.836792

منبع: یافته‌های تحقیق

ب) آزمون همگنی تابع هزینه

یکی دیگر از مفروضات مدل این بود که تابع هزینه نسبت به قیمت عوامل همگن از درجه یک باشد و لازمه برقراری فرض همگنی در معادلات سهم حاصل از تابع ترانسلوگ این است که محدودیت‌های زیر برقرار باشد:

$$\sum_{i=1}^{n}\alpha_i = 1, \sum_{i=1}^{n}\alpha_{ij} = \sum_{j=1}^{n}\alpha_{ij} = 0, \sum_{i=1}^{n}\alpha_{iY} = 0, \sum_{i=1}^{n}\alpha_{iT} = 0$$

بنابراین با توجه به اینکه تعداد نهاده‌های بخش پتروشیمی برابر چهار می‌باشد در این تحقیق فرض همگنی شامل هفت محدودیت به شکل زیر خواهد بود:

$$\alpha_L + \alpha_K + \alpha_C + \alpha_S = 1$$
$$\alpha_{LK} + \alpha_{LC} + \alpha_{LS} + \alpha_{LL} = 0$$
$$\alpha_{KK} + \alpha_{KL} + \alpha_{KC} + \alpha_{KS} = 0$$
$$\alpha_{CL} + \alpha_{CK} + \alpha_{CC} + \alpha_{CS} = 0$$
$$\alpha_{SS} + \alpha_{SL} + \alpha_{SK} + \alpha_{SC} = 0$$
$$\alpha_{LT} + \alpha_{KT} + \alpha_{CT} + \alpha_{ST} = 0$$
$$\alpha_{LY} + \alpha_{KY} + \alpha_{CY} + \alpha_{SY} = 0$$

برای آزمایش این محدودیت‌ها، چون لازم بود هر چهار معادله موجود به طور همزمان تخمین زده شوند. بنابراین ابتدا معادلات با روش حداقل مربعات وزنی برآورد شده و سپس این فرضیات با استفاده از آزمون والد تخمین زده شد. آمار تست مجذور کای به طور همزمان مورد آزمایش قرار گرفت. همانطور که از نتیجه آزمون در جدول (۲) مشخص است، آماره کای دو محاسبه شده برای

این آزمون ۱۹/۸۹ و سطح معنی داری نهایی برای آن ۰/۰۰۵ است. این نتایج نشان می‌دهد که فرض همگن بودن تابع هزینه را نمی‌توان پذیرفت.

جدول (۲):آزمون محدودیت‌های همگنی

Wald Test:			
System: SYS01			
Null Hypothesis:	C(2)+C(3)+C(4)+C(5)=0		
	C(9)+C(10)+C(11)+C(12)=0		
	C(16)+C(17)+C(18)+C(19)=0		
	C(23)+C(24)+C(25)+C(26)=0		
	C(1)+C(8)+C(15)+C(22)=1		
	C(6)+C(13)+C(20)+C(27)=0		
	C(7)+C(14)+C(21)+C(28)=0		
Chi-square	19.89795	Probability	0.005794

منبع: یافته‌های تحقیق

استفاده از تابع ترانسلوگ منوط به ایجاد شرایطی به نام محدودیت‌های رفتاری است. دو مورد از این محدودیت‌ها تحت عنوان تقارن و همگنی مورد آزمایش قرار گرفتند. با این حال، فرضیه همگنی به دلایل نمونه یا نقص داده‌ها رد شد. بر این اساس تابع هزینه و سیستم معادلات سهم با قیود به صورت زیر خواهد بود:

$$ln(\frac{C(W,Y)}{W_K}) = \alpha_0 + \alpha_y \ln Y + \frac{1}{2}\alpha_{yy}(\ln Y)^2 + \alpha_L \ln(\frac{W_L}{W_K}) + \alpha_C \ln(\frac{W_C}{W_K}) + \alpha_S \ln(\frac{W_S}{W_K}) + \frac{1}{2}\alpha_{LL}(ln(\frac{W_L}{W_K}))^2 + \alpha_{LC} \ln(\frac{W_L}{W_K}) \ln(\frac{W_C}{W_K}) + \alpha_{LS} \ln(\frac{W_L}{W_K}) \ln(\frac{W_S}{W_K}) + \frac{1}{2}\alpha_{CC}(ln(\frac{W_C}{W_K}))^2 + \alpha_{CS} \ln(\frac{W_C}{W_K}) \ln(\frac{W_S}{W_K}) + \frac{1}{2}\alpha_{SS}(ln(\frac{W_S}{W_K}))^2 + \alpha_{LY} \ln(\frac{W_L}{W_C}) \ln Y + \alpha_{CY} \ln(\frac{W_C}{W_K}) \ln Y + \alpha_{SY} \ln(\frac{W_S}{W_K}) \ln Y + \alpha_{TL} T \ln(\frac{W_L}{W_K}) + \alpha_{TC} T \ln(\frac{W_C}{W_K}) + \alpha_{TS} T \ln(\frac{W_S}{W_K}) + \alpha_T T + \frac{1}{2}\alpha_{TT} T^2 + \alpha_{YT} T \ln Y \quad (۲۰)$$

$$S_L = \alpha_L + \alpha_{LL} \ln(\frac{W_L}{W_K}) + \alpha_{LC} \ln(\frac{W_C}{W_K}) + \alpha_{LS} \ln(\frac{W_S}{W_K}) + \alpha_{LY} \ln Y + \alpha_{LT} T$$

$$S_C = \alpha_C + \alpha_{CL} \ln(\frac{W_L}{W_K}) + \alpha_{CC} \ln(\frac{W_C}{W_K}) + \alpha_{CS} \ln(\frac{W_S}{W_K}) + \alpha_{CY} \ln Y + \alpha_{CT} T$$

$$S_S = \alpha_S + \alpha_{SL}\, ln(\frac{W_L}{W_K}) + \alpha_{SC}\, ln(\frac{W_C}{W_K}) + \alpha_{SS}\, ln(\frac{W_S}{W_K}) + \alpha_{SY}\, ln\, Y + \alpha_{ST} T$$

سیستم معادلات فوق به وسیله روش SUR تخمین زده شده و بعد از رفع خود همبستگی بین‌اجزاء اخلال ضرایب نهایی در جدول (۳) به صورت زیر بدست آمده اند:

جدول (۳): نتایج برآورد معادلات بعد از رفع خود همبستگی

ضریب	مقدار	آماره t	ضریب	مقدار	آماره t	ضریب	مقدار	آماره t
α_0	-۱۸۳/۸۴۸	-۷/۱۵۷	α_{LS}	-۰/۱۹۱	-۶/۵۴	α_{SY}	-۰/۰۳۲	-۰/۷۷
α_Y	۳۵/۰۰۱	۷/۱۹	α_{KK}	۰/۰۷۱	۳/۹۵	α_{LT}	-۰/۰۱۵	-۵/۵۹
α_{YY}	-۳/۲۵	-۷/۰۴	α_{KC}	-۰/۰۴۴	-۲/۳۱	α_{KT}	-۰/۰۰۳	-۳/۹۵
α_L	۱/۲۴۵	۳/۴۱	α_{KS}	-۰/۰۱۳	-۰/۸۲	α_{CT}	۰/۰۰۹.	-۲/۳۳
α_K	-۰/۵۳۳	-۳/۲۳	α_{CC}	۰/۰۰۷	۲/۳۷	α_{ST}	۰/۰۰۹	۳/۴۹
$\alpha_{S\alpha\alpha}$	-/۳۱۲	۰/۴۵	α_{CS}	-۰/۰۲۶	-۲/۱۶	α_T	۰/۰۹۱	۰/۸۳
α_S	۰/۶	۱/۴۱	α_{SS}	۰/۲۳	۵/۶۳	α_{TT}	۰/۰۰۰۷	۱/۱۹
α_{LL}	۰/۱۴۲	۵/۱۳	α_{LY}	-۰/۰۴۱	-۱/۱۵	α_{YT}	-۰/۰۰۷	-۰/۶۹
α_{LK}	-۰/۰۱۴	-۱/۲۱	α_{KY}	۰/۰۶	۳/۸۹	-	-	-
α_{LC}	۰/۰۶۳	۰/۶۹	α_{CY}	۰/۰۱۳.	-۰/۹۱	-	-	-

منبع:یافته‌های تحقیق *ضرایب مربوط به سهم هزینه سرمایه از طریق محدودیت‌های تقارن و همگنی محاسبه شده است.

ضمناً ضریب تعیین R^2 که نشان می‌دهد درصد تغییر متغیر وابسته توسط متغیرهای توضیحی توضیح داده می‌شود و همچنین آماره دوربین واتسون که برای تعیین خودهمبستگی مرتبه اول بین‌جملات اخلال استفاده می‌شود، برای هر یک از معادلات به صورت زیر به دست می‌آید:

جدول (۴): ضریب تعیین و آماره دوربین- واتسون سیستم معادلات

تابع	ضریب تعیین R^2	آماره دوربین-واتسون $D.W$
هزینه	۰/۹۵	۱/۷۲
سهم هزینه نیروی کار	۰/۹۴	۱/۶۲
سهم هزینه مواد اولیه و خام	۰/۹۲	۱/۹۴
سهم هزینه انرژی	۰/۹۵	۱/۸۲

منبع: یافته‌های تحقیق

نتایج جدول فوق نشان می‌دهد که ضریب تعیین تمامی معادلات بالا است و این توضیح خوب بیانگر متغیرهای توضیحی است یعنی از نظر اقتصادسنجی مدل به دلیل ضریب تعیین بالا از برازش خوبی برخوردار است. همچنین معادله دوربین واتسون در همه موارد دارای عددی نزدیک به دو بوده که نشان دهنده عدم وجود خودهمبستگی مرتبه اول است. همچنین با بررسی ضرایب مدل و در نظر گرفتن آمار آنها، مشخص می‌شود که حدود ۷۵ درصد ضرایب در سطح ۵ درصد معنادار هستند، یعنی حدود ۷۵ درصد ضرایب از نظر آماری مخالف صفر هستند. لازم به ذکر است که افزایش سطح اطمینان تغییری در اهمیت ضرایب بی معنی ایجاد نمی کند.

در معادلات فوق، ضرایب معادله سهم نسبی مواد اولیه و مواد اولیه در بهای تمام شده کل نشان می‌دهد که رابطه بین‌سهم عامل تولید مواد اولیه و مواد اولیه در کل هزینه پرداختی به عوامل تولید، قیمت نسبی نیروی کار، مواد اولیه و محصول مثبت است و رابطه آن با قیمت نسبی ماشین آلات و انرژی منفی است. همچنین با افزایش تولید در بخش پتروشیمی، سهم هزینه مواد اولیه از کل بهای تمام شده افزایش می‌یابد، به عبارت دیگر با افزایش مقیاس تولید، سهم مواد اولیه نیز افزایش می‌یابد.

لازم به ذکر است که تفسیر ضرایب فردی مدل‌های ترانسلوگ به دلیل تعدد ضرایب بسیار پیچیده و بی فایده است، در عوض بررسی روابط بین‌متغیرها و کشش‌ها بسیار مفید است. همانطور که گفته شد، یک تابع هزینه باید نسبت به قیمت عوامل مقعر (یا شبه مقعر) باشد. در این قسمت با استفاده از میانگین مقادیر متغیرها وجود این شرط را بررسی می‌کنیم. برای این منظور ماتریس هشین این تابع را به صورت زیر تشکیل می‌دهیم:

$$H = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 C}{\partial W_L^2} & \frac{\partial^2 C}{\partial W_L \partial W_K} & \frac{\partial^2 C}{\partial W_L \partial W_C} & \frac{\partial^2 C}{\partial W_L \partial W_S} \\ \frac{\partial^2 C}{\partial W_K \partial W_L} & \frac{\partial^2 C}{\partial W_K^2} & \frac{\partial^2 C}{\partial W_K \partial W_C} & \frac{\partial^2 C}{\partial W_K \partial W_S} \\ \frac{\partial^2 C}{\partial W_C \partial W_L} & \frac{\partial^2 C}{\partial W_C \partial W_K} & \frac{\partial^2 C}{\partial W_C^2} & \frac{\partial^2 C}{\partial W_C \partial W_S} \\ \frac{\partial^2 C}{\partial W_S \partial W_L} & \frac{\partial^2 C}{\partial W_S \partial W_K} & \frac{\partial^2 C}{\partial W_S \partial W_C} & \frac{\partial^2 C}{\partial W_S^2} \end{bmatrix}$$

$$H = \begin{bmatrix} -0.346 & -0.001 & 0.007 & -0.121 \\ -0.001 & -0.056 & -0.0005 & -0.0009 \\ 0.007 & -0.0005 & -0.153 & -0.001 \\ -0.121 & -0.0009 & -0.001 & 0.064 \end{bmatrix}$$

برای برقراری شرط تقعر باید ماتریس Hشبه معین منفی باشد بنابراین:

$|H_1| = -0.346 < 0, |H_2| = 0.019 > 0$
$|H_3| = -0.003 < 0, |H_4| \cong 0$

بنابراین، تابع هزینه برآورد شده شبه مقعر است. یکی از شرایط رفتار خوب تابعی از افزایش هزینه آن نسبت به قیمت نمایندگان است. بنابراین برای بررسی این موضوع به دلیل:

$$\frac{\partial \ln C}{\partial \ln W_i} = S_i = \frac{\partial C}{\partial W_i} \times \frac{W_i}{C} \quad (۲۱)$$

بنابراین در عبارت فوق برای برقرار بودن شرط صعودی بودن تابع هزینه نسبت به قیمت عوامل باید $\frac{\partial C}{\partial W_i} > 0$ باشد. چون عبارت $\frac{W_i}{C}$ همواره مثبت است، بنابراین، برتری تابع هزینه به علامت سهم هزینه برآورد شده بستگی دارد. از آنجایی که این سهم طی سال‌های ۱۳۷۵-۹۷ همواره برای تمامی عوامل مثبت است، لذا این شرط برقرار است. شکل تابع هزینه می‌تواند به راحتی به ما در درک ساختار تولید کمک کند. در این ارتباط اگر تابع هزینه برآورد شده به صورت حاصل ضرب $C = F(Y).H(W)$ قابل تفکیک باشد تابع تولید از خصوصیت هموتتیک بودن برخوردار است. در این رابطه $F(Y)$ یک تابع پیوسته و غیر نزولی از Y است. $H(W)$ که آن را اصطلاحاً تابع هزینه واحد گویند یک تابع غیر منفی، همگن خطی، غیر نزولی و مقعر نسبت به قیمت عوامل می‌باشد. در مدل حاضر اگر تمام پارامترهای α_{Yi} تفاوت معنی داری از صفر نداشته باشند می‌توان گفت تابع هزینه به شکل فوق بوده و تکنولوژی تولید هموتتیک است. بر اساس برآورد سه پارامتر $\alpha_{LY}, \alpha_{KY}, \alpha_{CY}$، به طور تک به تک، پارامتر α_{KY} از نظر آماری برابر صفر نمی‌باشد. بنابراین، فرض هموتوتیک بودن فناوری تولید مردود است. اما برای اطمینان بیشتر که تابع تولید هموتوتیک نیست، باید از تستی استفاده کنیم که به طور همزمان برابری صفر هر سه پارامتر را آزمایش کند. در این تحقیق برای بررسی این موضوع از آزمون والد به شرح زیر استفاده می‌کنیم:

جدول (۵): آزمون هموتتیک بودن تابع تولید

Wald Test:			
System: SYS02			
Null Hypothesis:	C(13)=0		
	C(14)=0		
	C(15)=0		
Chi-square	17.31330	Probability	0.000609

منبع: یافته‌های تحقیق

نتایج آزمون همزمان این محدودیت‌ها توسط آزمون والد (جدول ۵) نتیجه قبلی را تایید می‌کند. با توجه به آماره کای اسکوئر محاسبه شده (۱۷/۳۱) و سطح معنی داری نهایی متناظر (۰/۰۰۰۶)، فرض هموتوتیک بودن تابع تولید در تمام سطوح معنی داری متعارف رد می‌شود.

عدم وجود هموتتیک به این معناست که تغییر در مقیاس تولید در نسبت یا سهم استفاده از عوامل تولید باعث کج شدن می‌شود، به عبارت دیگر در صورت تغییر مقیاس تولید، نسبت استفاده از عوامل نیز تغییر می‌کند. تغییر مقیاس نیز به عنوان تغییر در سطح تولید تعریف می‌شود. بنابراین، تعبیر دیگر هموتوتیک نبودن این است که وقتی قیمت همه عوامل در یک نسبت تغییر می‌کند و از یک منحنی تولید یکسان به منحنی تولید یکسان دیگر می‌رود، در نقطه تعادل جدید، نسبت عوامل اعمال شده به نسبت آنها در نقطه اولیه متفاوت خواهد بود. در شرایط جدید یکی از عوامل بیش از سایر عوامل مورد استفاده قرار می‌گیرد و به اصطلاح تولید کننده با تغییر مقیاس کج مواجه می‌شود. در این تحقیق برای اندازه گیری این انحراف از معیار Antel استفاده شد: معیار به شرح زیر است:

$$N_i = \frac{\partial \ln S_i}{\partial \ln Y} = \frac{\partial S_i}{\partial \ln Y} \times \frac{1}{S_i} \qquad (۲۲)$$

$$N_i = \alpha_{Yi} \times \frac{1}{S_i}$$

که در اینجا N_i میزان اریب ناشی از غیر هموتتیکی برای عاملiام است و نشان می‌دهد اگر سطح تولید (در نتیجه تغییر قیمت تمام عوامل به یک نسبت) به میزان یک درصد تغییر کند، سهم هزینه آن عامل چند درصد تغییر می‌کند. اگر $N_i \succ 0$ باشد تغییر مقیاس در جهت استفاده بیشتر از نهادهiام است و اگر $N_i \prec 0$ باشد تغییر مقیاس در جهت استفاده کمتر از عامل ام است، چنانچه $N_i = 0$ باشد تغییر مقیاس خنثی است و نسبت بکارگیری عوامل را تغییر نمی‌دهد. این نسبت برای عوامل تولید بخش پتروشیمی به صورت زیر محاسبه شدند:

$$N_L = \alpha_{LY} \times \frac{1}{S_L} = -0.25$$

$$N_K = \alpha_{YK} \times \frac{1}{S_K} = 1$$

$$N_C = \alpha_{YC} \times \frac{1}{S_C} = 0.18$$

$$N_S = \alpha_{YS} \times \frac{1}{S_S} = -0.1$$

نتایج نشان می‌دهد که با تغییر مقیاس تولید (افزایش سطح تولید)، تولیدکنندگان پتروشیمی از نیروی کار و انرژی کمتر و سرمایه و مواد اولیه بیشتری استفاده می‌کنند. البته باید توجه داشت که جایگزینی سرمایه بیشتر از مواد اولیه است.

همچنین باید توجه داشت که بحث جانشینی نسبی با جانشینی متفاوت است. در بحث جایگزینی حرکت بر روی همان منحنی تولید در نظر گرفته می‌شود و در این جابجایی اگر از یک عامل بیشتر استفاده کنیم باید از عامل دیگر کمتر استفاده کنیم، در ضمن بحث جایگزینی نتیجه تغییر نسبی قیمت است. اما وقتی صحبت از جایگزینی نسبی می‌شود، همه عوامل به یک نسبت تغییر می‌کنند، اما قیمت نسبی ثابت است. همچنین حرکت از یک منحنی تولید یکسان به منحنی تولید مشابه همان منحنی تولید است که در آن هر دو یا چند عامل ممکن است به صورت مطلق استفاده شوند. اما آنچه مسلم است یکی از عوامل به طور نسبی و دیگری کمتر استفاده خواهد شد.

محاسبه کشش‌های جزئی خودی و جانشینی آلن-اُزاوا[1]

همانطور که گفته شد، این کشش درصد تغییر نسبت دو عامل تولید ناشی از یک درصد تغییر قیمت نسبی آنها را اندازه گیری می‌کند و برای گروه بندی هر جفت نهاده از نظر جایگزینی و مکمل استفاده می‌شود. . طبق نظر بلکوربی و راسل، کشش‌های جایگزینی متقاطع آلن نشان دهنده درجه جایگزینی بین‌دو ورودی است. این نوع کشش‌ها برای تابع هزینه ترانسلوگ را می‌توان به صورت زیر محاسبه کرد:

$$AES_{ij} = \frac{\alpha_{ij}}{S_i S_j} + 1$$

$$AES_{ii} = \frac{\alpha_{ii} + S_i^2 - S_i}{S_i^2} \qquad (۲۳)$$

با توجه به نتایج برازش مدل اصلی و روابط فوق، کشش‌های جایگزینی آلن برای ورودی‌های پتروشیمی مطابق جدول زیر می‌باشد.

همانطور که نتایج جدول ۶ نشان می‌دهد، تمام کشش‌های جزئی خود آلن دارای علامت مورد انتظار (منفی) هستند. به عبارت دیگر رابطه معکوس بین‌قیمت و تقاضا را نشان می‌دهند. نتایج کشش‌های جایگزینی نیز نشان می‌دهد که سرمایه با نیروی کار، مواد خام با نیروی کار و سرمایه

[1] Allen Partial Elasticity of Substitution

با انرژی ورودی‌های جایگزین (کشش جایگزینی بیشتر از صفر) هستند و سرمایه با مواد خام، مواد خام با انرژی ورودی‌های مکمل (کشش جایگزینی کمتراز صفر) هستند. با استفاده از مقادیر عددی کشش‌های جایگزینی ارائه شده در جدول، می‌توان نتیجه گرفت که رابطه جانشینی بین‌مواد اولیه و نیروی کار و همچنین رابطه مکمل بین‌مواد اولیه و سرمایه نسبتا قوی‌تر از سایرین است. به عبارت دیگر کاهش قیمت مواد اولیه باعث افزایش مصرف مواد اولیه و در نتیجه کاهش اشتغال و افزایش استفاده از سرمایه می‌شود.

جدول (۶): کشش‌های جزئی خودی و جانشینی آلن

		L	K	C	S
نیروی کار	L	-۰/۳۳	۰/۵۸	۲/۶	-۰/۱
ماشین آلات	K		-۴/۰۵	-۹/۴۷	۰/۳
مواد اولیه و خام	C			-۱۱/۸	-۰/۱۹
انرژی	S				-۰/۱۶

کشش‌های قیمتی داخلی و متقاطع تقاضا:

کشش‌های قیمت تقاضا که درصد تغییر در مقدار تقاضا را به درصد تغییرات قیمت خود نهاده (کشش قیمت داخلی) یا قیمت سایر نهاده‌ها (کشش قیمت متقاطع) اندازه‌گیری می‌کنند، برای تابع هزینه ترانسلوگ به دست می‌آیند. معادله زیر:

$$\varepsilon_{ii} = AES_{ii} \times S_i$$
$$\varepsilon_{ij} = AES_{ij} \times S_j$$
$$\varepsilon_{ji} = AES_{ij} \times S_i$$

این کشش‌ها برای تابع برآورد شده در این مطالعه در جدول زیر محاسبه شده است:

نتایج به دست آمده از محاسبه کشش‌های قیمتی داخلی و متقاطع تقاضا در جدول (۷) نشان می‌دهد که تمامی کشش‌های قیمتی داخلی دارای علامت منفی صحیح و مورد انتظار هستند. کشش قیمتی مواد اولیه به صورت قدر مطلق بالاتر از سایر نهاده‌ها است. به عبارت دیگر، تقاضا برای نهاده‌های مواد اولیه نسبت به سایر نهاده‌ها نسبت به تغییرات قیمت حساس تر است. سرمایه، نیروی کار و انرژی در ردیف بعدی قرار دارند. همچنین قدر مطلق مقدار عددی کشش‌های قیمتی

همه نهاده‌ها کمتر از یک است و بنابراین می‌توان گفت که تقاضا برای همه نهاده‌ها بی کشش است یعنی با یک درصد تغییر در قیمت هر نهاده، تقاضای آن به طور نسبی به میزان کمتری بر حسب درصد تغییر می‌کند. به عنوان مثال، اگر قیمت مواد اولیه یک درصد تغییر کند، تقاضا برای مواد اولیه ۰/۸۲ تغییر می‌کند. کشش‌های محاسبه شده برای ورودی‌ها نیز نتایج به دست آمده را از نظر جایگزینی و مکمل بودن ورودی‌های قسمت قبل تأیید می‌کند و فقط اندازه عددی آنها متفاوت است که مربوط به ناخالصی کراس‌های به دست آمده در این است.

جدول (۷): کشش‌های قیمتی خودی و متقاطع تقاضا

		L	K	C	S
نیروی کار	L	-۰/۱۸	۰/۰۳	۰/۱۸	-۰/۰۳۱
ماشین آلات	K	۰/۳۲	-۰/۲۴	-۰/۶۶	۰/۰۹۳
مواد اولیه و خام	C	۱/۴۵	-۰/۵۶.	-۰/۸۲.	-۰/۰۶
انرژی	S	-۰/۰۵۶	۰/۰۱۸	-۰/۰۱۳	-۰/۰۴

منبع: یافته‌های تحقیق

۵. نتیجه‌گیری

هدف این مقاله برآورد تابع تقاضای نهاده‌های تولید در صنعت پتروشیمی است. به منظور آزمون رابطه بین‌متغیرها از اطلاعات دوره زمانی ۱۳۹۹-۱۳۷۵ استفاده شده است. جامعه آماری پژوهش، شرکت‌های تولید کننده محصولات پتروشیمی می‌باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که رابطه بین‌سهم عامل تولید مواد اولیه در کل هزینه پرداختی به عوامل تولید و قیمت نسبی نیروی کار، مواد اولیه و مواد اولیه و محصول مثبت و رابطه آن با قیمت نسبی ماشین آلات و انرژی منفی است. در کشش‌های جزئی تخمین زده شده، همه کشش‌های جزئی خود آلن دارای علامت مورد انتظار (منفی) بودند. نتایج کشش‌های جایگزینی نیز نشان می‌دهد که سرمایه با نیروی کار، مواد خام با نیروی کار و سرمایه با انرژی ورودی‌های جایگزین (کشش جایگزینی بیشتر از صفر) و سرمایه با مواد خام، مواد خام با انرژی نیز ورودی‌های مکمل (کشش جایگزینی کمتر از صفر) هستند. بر این اساس می‌توان گفت که رابطه جانشینی بین‌مواد خام و نیروی کار و همچنین رابطه

مکملی بین‌مواد خام و سرمایه نسبتاً قوی‌تر از سایرین است. در کشش‌های متقاطع برآورد شده، مشاهده شد که کشش قیمتی مواد اولیه از نظر قدر مطلق بیشتر از سایر نهاده‌ها است. به عبارت دیگر، تقاضا برای نهاده مواد اولیه نسبت به سایر نهاده‌ها نسبت به تغییرات قیمت حساس‌تر است. نهاده‌های سرمایه، نیروی کار و انرژی در رتبه‌های بعدی در این زمینه قرار دارند. همچنین قدر مطلق عددی کشش‌های قیمتی همه نهاده‌ها کمتر از یک است و بنابراین می‌توان گفت که تقاضا برای همه نهاده‌ها بی‌کشش است. یعنی با تغییر درصد معینی در قیمت هر نهاده، تقاضای آن نهاده بر حسب درصد، به میزان کمتری در خلاف جهت آن تغییر می‌کند. از آنجایی که دو نهاده مواد اولیه و نیروی کار به شدت جایگزین می‌شوند، کاهش قیمت مواد اولیه باعث کاهش استفاده از نیروی انسانی (اشتغال) و افزایش بیش از حد مصرف مواد اولیه می‌شود. این به نوبه خود استفاده از ماشین آلات را به جای نیروی کار افزایش می‌دهد. به نظر می‌رسد این تحلیل در کنار مکانیزه شدن صنعت پتروشیمی منجر به کاهش اشتغال در این بخش شود. بنابراین دولت می‌تواند بر اساس سیاستی که می‌خواهد، با در نظر گرفتن مزایا و مضرات تغییر قیمت مواد اولیه، سیاست‌گذاری کند.

منابع

- احمدوند، محمد. میرمظاهری، مهدی. و ادیبی، کمال (۱۳۸۶). فرصت‌ها و تهدیدهای صنعت پتروشیمی ایران. فصلنامه اقتصاد و تجارت نوین، ۱۰، ۱۱۱-۸۶.
- اسلاملوئیان، کریم و استادزاد، علی حسین (۱۳۹۴)، مالیات سبز دربخش‌های انرژی و کالای نهایی در ایران: رویکرد نظریه بازی‌ها، پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، ۵(۱۷)، ۱-۳۷.
- پورکاظمی، محمد حسین (۱۳۸۵)، ارزیابی کارایی مجتمع‌های صنایع پتروشیمی ایران با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها. فصلنامه پیک نور، ۴(۲)، ۴۵-۳۵.
- حسنلو،سعی‌د، خلیلیان، صادق و امیرنژاد، حمید (۱۳۹۵)، برآورد میزان بهینه مالیات سبز بر انتشار دی اکسیدکربن در صنعت سیمان ایران، پژوهش‌های محیط زیست، ۱۲ (۶)، ۳۹-۵۰.
- حسنوند داریوش، آسایش حمید، محمدی نوده عادل (۱۳۹۹)، بررسی نقش سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی بر رشد اقتصادی کشور در بخش‌های مختلف اقتصادی. پژوهش‌های رشد و توسعه پایدار (پژوهش‌های اقتصادی)، ۲۰ (۲)، ۱۲۱-۱۴۴.

- صدرزاده مقدم، سعید؛ زین العابدین صادقی و احمد قدس الهی (۱۳۹۲)، تخمین تابع تقاضای انرژی و کشش قیمتی و جانشینی نهاده‌ها در بخش صنعت: رگرسیون معادلات به ظاهر نامرتبط SUR، فصلنامه پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران ۲ (۶)، ۱۱-۳۲.
- فرهنگ، امیرعلی، خداوردیزاده، محمد و خداوردیزاده، صابر (۱۳۹۸)، آزمون فرضیه اثرگذاری نامتقارن نابرابری درآمد بر رشد اقتصادی در ایران، فصلنامه راهبرد توسعه، ۶۰، ۳۰-۵۲.
- منظور، داوود، شاهمرادی، اصغر و حقیقی، ایمان (۱۳۸۹)، بررسی آثار حذف یارانه آشکار و پنهان انرژی در ایران، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، ۷ (۲۶)، ۲۱-۵۴.
- ورهرامی، ویدا (۱۳۹۵)، بررسی اثر پیشرفت تکنولوژی بر صرفه‌جویی مصرف انرژی، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، ۲۳، ۴۱-۲۳.
- Akkemik, K. A. (2009), Cost function Estimates, Scale Economies and Technological Progress in the Turkish Electricity Generation Sector, Energy Policy, 37, 204-213.
- Chan, K. S. and H. Tong (1986). On estimating thresholds in autoregressive models. Journal of Time Series Analysis 7: 178-190.
- Christensen, L and W. Green (1986), Economies of Scale in U.S Electric Power Generation; Journal of Political Economy, 84, 655-676.
- Christensen, L.R., D.W. Jorgenson and L.J. Lau (1973) Transcendental Logarithmic Production Frontiers; The Review of Economics and Statistics, 55, 28-45.
- Quandt, R. E. (1958). The estimation of parameters of a linear regression system obeying two separate regimes. Journal of the American Statistical Association, 53: 873-880.
- Terasvirta, T. (2004). Smooth Transition Regression Modeling. In H. Lutkepohl and M. Kratzig (Eds). Applied Time Series Econometrics. Cambridge: Cambridge University Press.
- Terasvirta, T. (2014), Modeling economic relationships with smooth transition regressions, In A. Ullah & D. E. Giles (eds.), Handbook of Applied Economic Statistics, Dekker, New York, 507–552.
- Truett, L. J. and D. B. Truett (2007), A Cost-Based Analysis of Scale Economies in The French Auto Industry, International Review of Economics and Finance, 16, 369-382.
- Uzawa, H. (1962) Production Function with Constant Elasticities of Substitution; the Review of Economics and Statistics, 70, 67-75.
- Gracia-de-Rentería, Pilar, and Ramón Barberán. (2022). Economic Determinants of Industrial Water Demand: A Review of the Applied

Research Literature, Water 13, No. 12: 1684. https://doi.org/10.3390/w13121684.
- Demirer, Mert (2021), Production Function Estimation with Factor-Augmenting Technology: An Application to Markups, Penn Economics.

Computational Economics
ISSN 2821-0433

Estimating the demand function of production inputs in the petrochemical industry

Roghieh Marefati [1]
Narsis Aminrashti [2]*
Azadeh Mehrabian [3]
Roya Seyfipour [4]

Abstract

The aim of the current research is to obtain the demand function of production inputs in the petrochemical industry. The main question of this study was related to the effect and contribution of each of the production factors in the costs paid in the petrochemical industry. The research method in this study was based on analytical-descriptive and using the system of simultaneous equations method. In order to test the relationship between the variables, the information of the time period 2015-2018 has been used. The results of this research showed that the relationship between the share of raw material production factors in the total cost paid to production factors and the relative price of labor, raw materials and products is positive and its relationship with the relative price of machinery and energy is negative. The results of elasticity of substitution also show that capital with labor, raw materials with labor and capital with energy are substitute inputs (elasticity of substitution is greater than zero) and capital with raw materials, raw materials with energy are complementary inputs (elasticity of substitution is less than zero). . Based on this, it can be said that the substitution relationship between raw materials and labor, as well as the complementary relationship between raw materials and capital, is relatively stronger than others.

Keywords

Input Demand; Petrochemical Industry; Energy; Simultaneous Equation System

***JEL Classification*:** G21, G24, O11, O16

[1] Ph.D. student in Economics, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, Email: r.marefati@gmail.com
[2]* Assistant Professor of Economics, Department of Economics, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, Corresponding Author, Email: Narciss.Aminrashti@gmail.com
[3] Assistant Professor of Economics, Department of Economics, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, Email: mehrabianazadeh@yahoo.com
[4] Assistant Professor of Economics, Department of Economics, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, Email: roy.seyfipour@iauctb.ac.ir