

بررسی ارتباط میان بهره‌وری و رشد بخش نفت در اقتصاد ایران

دکتر محمد نادعلی، جواد رضایی و دکتر احمد صلاح منش *

تاریخ وصول: ۱۳۹۰/۷/۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۳/۳۰

چکیده

هدف از این مقاله محاسبه رشد بهره‌وری بخش نفت و یافتن جهت ارتباط میان رشد بهره‌وری و رشد بخش نفت در اقتصاد ایران است. بر این اساس پس از محاسبه رشد بهره‌وری بخش نفت طی دوره زمانی ۸۶-۱۳۶۰ و مرور بررسی مبانی نظری و مطالعات تجربی انجام شده در زمینه ارتباط میان بهره‌وری و رشد، به بررسی رابطه علی میان رشد بهره‌وری و رشد بخش نفت، با استفاده از تکنیک آزمون ریشه واحد و هم‌انباشتگی در چارچوب روش خود رگرسیون برداری و بردار تصحیح خطا، پرداخته شده است. بر اساس برخی از نتایج وجود رابطه مثبت میان رشد بهره‌وری و رشد بخش نفت در ایران با علیت گرنجری از طرف رشد بهره‌وری به رشد بخش نفت تایید شده است.

طبقه بندی JEL: O30.C21.Q16

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری کل عوامل تولید، رشد اقتصادی، بخش نفت

* به ترتیب، پژوهشگر اقتصادی بانک مرکزی، عضو هیات علمی موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی و استادیار گروه اقتصاد دانشگاه شهید چمران اهواز

(mohammadnadali@yahoo.com)

۱- مقدمه

نفت خام به عنوان یکی از عوامل مهم در تولید، همواره جایگاه ویژه‌ای در اقتصاد جهانی داشته است. به خصوص پس از وقوع تکانه‌ی نفتی دهه ۱۹۷۰ که منجر به رکود اقتصادی در دنیای غرب شد، توجه به نفت و فرآورده‌ای نفتی به عنوان عامل مهم در تولید معطوف شده و در دهه ۱۹۸۰ میلادی ارتباط میان استفاده از نفت و رشد اقتصادی مورد توجه قرار گرفت.

از آنجا که کشور ایران دارای منابع غنی و گسترده انرژی و مخازن بزرگ نفتی است، محاسبه بهره‌وری این بخش و تعیین رابطه میان بهره‌وری و رشد در این بخش می‌تواند در تبیین سیاست‌های بخش انرژی کمک موثری نماید. با مشخص شدن رابطه مزبور می‌توان تعیین کرد که آیا رشد بهره‌وری عوامل تولید فعال در بخش نفت تقویت کننده رشد این بخش است یا این ارتباط معکوس است. از دیدگاه مکاتب مختلف اقتصادی، مهمترین عوامل موثر بر رشد اقتصادی شامل سرمایه و نیروی کار اعم از متخصص و غیر متخصص است. در تئوری‌های جدید رشد، عامل انرژی نیز وارد مدل شده است. اهمیت انرژی در مدل‌های مختلف یکسان نبوده است. در مدل بیوفیزیکی رشد، انرژی تنها عامل و مهمترین عامل رشد عنوان شده است.^۱ در مدل نئوکلاسیکی انرژی از طریق تاثیر بر نیروی کار و سرمایه به طور غیرمستقیم بر رشد اقتصادی موثر است.^۲ بنابراین در مدل‌های جدید به نقش انرژی در مدل‌های رشد اقتصادی توجه ویژه‌ای صورت گرفته است. حال با توجه به اهمیت انرژی در رشد کلان اقتصادی از یک سو و وابستگی اقتصاد کشور به بخش انرژی و نفت از سوی دیگر، شناخت عوامل موثر بر رشد بخش انرژی (نفت) در کشور مهم و ضروری است. از آنجا که یکی از عوامل مهم و موثر بر رشد در بخش‌های اقتصادی بهره‌وری عوامل تولید (در کنار رشد نیروی کار و سرمایه) است، لذا محاسبه میزان بهره‌وری در بخش نفت و شناسایی ارتباط میان رشد این عامل با رشد بخش نفت می‌تواند در افزایش رشد بخش نفت و به تبع آن رشد اقتصاد کلان موثر باشد؛ چرا که شناخت مکانیسم‌ها و عوامل موثر بر بخش انرژی در نهایت منجر به رشد کلان کشور خواهد شد. بر این اساس در این تحقیق

^۱ Ayres and Nair

^۲ Barro

بهره‌وری بخش نفت و تعیین ارتباط آن با رشد این بخش محاسبه و بررسی شده است. پس از مطالعات نظری و تجربی در زمینه بهره‌وری و رشد اقتصادی، رشد بهره‌وری در بخش نفت در ایران بررسی شده است. در نهایت، با آزمون رابطه علی دو متغیر رشد بهره‌وری بخش نفت و رشد بخش نفت در کشور، نتیجه‌گیری آرایه شده است.

۲- مطالعات نظری

بررسی دلایل ایجاد رشد در ادبیات اقتصادی به عنوان یکی از پرسش‌های اساسی توجه اقتصاددانان بسیاری را به خود جلب کرده و به تبع آن طیف گسترده‌ای از مطالعات در این باره انجام گرفته است. مطالعات اولیه عمدتاً بر نقش سرمایه فیزیکی به عنوان عامل رشد تأکید داشته است. مطالعات اخیر با گسترش مفهوم سرمایه از حیث محدود ماشین آلات و تجهیزات به محدوده وسیع‌تری شامل دانش متبلور شده در انسان و تحقیقات به عنوان سرمایه انسانی که ارتقاء دهنده بهره‌وری است، بسط یافته تا نواقص تحلیل‌های کلاسیک رشد اقتصادی را برطرف کنند.^۳

در اواسط دهه ۱۹۸۰ در دانشگاه شیکاگو، رومر (۱۹۸۶) و رابرت لوکاس^۴ (۱۹۸۸) علاقه اقتصاددانان را به رشد اقتصادی با تأکید بر اقتصاد اندیشه‌ها و سرمایه انسانی شعله‌ور کردند. با استفاده از پیشرفت‌های جدید در نظریه رقابت ناقص، رومر اقتصاد فن‌آوری را به اقتصاددانان کلان نگر معرفی کرد. پس از این پیشرفت‌های نظری، مطالعات تجربی توسط تعدادی از اقتصاددانان، نظیر رابرت بارو از دانشگاه هاروارد، برای کمی کردن و آزمون نظریه‌های رشد شروع شد. در دهه ۱۹۹۰ تحقیقات نظری و تجربی رشد به صورت وسیع تری ادامه یافت. در سال‌های اخیر نیز تعدادی از اقتصاددانان با ارائه الگوهای رشد درون زاء سعی در توضیح دانش و فن‌آوریهای جدید به عنوان عامل رشد به صورت درون زاء داشته‌اند. رشد اقتصادی، هر چند که تنها معیار توسعه اقتصادی نمی‌باشد ولی اهمیت آن همواره بیش از سایر شاخص‌های توسعه بوده است. افزایش تولید، بیان دیگری از رشد اقتصادی است. انسان در تلاش برای افزایش تولید همواره کوشیده است تا مقدار بیشتری از مواهب در دسترس را به کار بگیرد. مسایلی همچون محدود

^۳ Romer

^۴ Lucas

بودن منابع و هزینه‌های افزایشی بهره‌برداری و دسترسی به منابع جدید، باعث تقویت این انگیزه شده که هم از منابع موجود حداکثر بهره‌برداری به عمل آید و هم روش‌ها و فناوری‌هایی که عملکرد بالاتری نسبت به شیوه‌های رایج تولید دارند ابداع گردیده و از آنها استفاده شود. نیروی کار و سرمایه دو عامل مهم و اصلی تولید در اقتصاد است. از این رو بررسی روند تغییرات بهره‌وری این دو نهاد در طول زمان می‌تواند در جهت دهی و هدف‌گذاری سیاست‌های توسعه اقتصادی کمک نماید.

در اغلب مباحث نظری ارتباط میان رشد بهره‌وری و رشد اقتصادی با استفاده از تابع تولید به صورت زیر ارائه شده است.

$$Y_t = A_t f(L_t, K_t) \quad (۱)$$

$$\frac{dY_t}{dt} = \frac{dA_t}{dt} \times f(L_t, K_t) + A_t \left[\frac{df}{dL_t} \times \frac{dL_t}{dt} + \frac{df}{dk_t} \times \frac{dk_t}{dt} \right] \quad (۲)$$

$$\frac{\frac{dY_t}{dt}}{Y_t} = \frac{\frac{dA_t}{dt}}{A_t} + \left[\frac{A_t \left(\frac{df}{dL_t} \right) L_t}{Y_t} \times \frac{\frac{dL_t}{dt}}{L_t} + \frac{A_t \left(\frac{df}{dk_t} \right) K_t}{Y_t} \times \frac{\frac{dk_t}{dt}}{K_t} \right] \quad (۳)$$

$$g_y = ag_t + (1-a)g_k + \varphi \quad (۴)$$

در رابطه فوق a سهم عامل کار از تولید، $1-a$ سهم عامل سرمایه از تولید و φ پسماند سولو یا بهره‌وری کل عوامل تولید است. رابطه (۴) به صورت زیر قابل بازنویسی است.

$$g_y - g_t = \frac{1-a}{a}(g_k - g_y) + \frac{1}{a}\varphi \quad (۵)$$

بر طبق حقایق آشکار شده کالدور $g_k - g_y = 0$ است. بنابراین رابطه نهایی به صورت زیر است.

$$g_y - g_t = \frac{1}{a}\varphi \Rightarrow \varphi = a(g_y - g_t) \quad (۶)$$

به عبارت دیگر بر اساس روابط فوق، بهره‌وری عوامل تولید توضیح دهنده بخشی از رشد اقتصادی است که قابل بیان با رشد نیروی کار و نیروی سرمایه نیست. بر

اساس مطالعه بلانچارد و فیشر^۵ (۱۹۹۶) از رشد ۳/۴ درصدی آمریکا در این دوره تنها ۱/۴ درصد آن مربوط به تولید نیروی کار و حدود ۲ درصد آن به بهره‌وری کل عوامل تولید بوده است.

بدیهی است رشد بهره‌وری کل عوامل کاهش هزینه‌های تولید و افزایش قدرت رقابت تولیدکننده در بازار را در بر داشته است. زیرا رشد بهره‌وری عوامل تولید کاهش دهنده‌ی سطوح قیمت‌ها از جمله قیمت عوامل تولید است. این عامل منجر به کاهش هزینه متوسط تولید کالا و خدمات در بازار و افزایش میزان سودآوری محصولات در واحدهای تولیدی خواهد شد. پیامد چنین تحولی، تأثیر چشم‌گیری بر افزایش تقاضا و از همه مهم‌تر افزایش توان رقابت فعالیت‌های اقتصادی در بازارهای خارجی خواهد شد. در نتیجه حجم سرمایه‌گذاری‌های جدید افزایش یافته و گسترش دهنده‌ی استفاده از ابداعات و فناوری‌های جدید است. این خود عامل مؤثر در رشد بهره‌وری برای مراحل بعدی است. واضح است که توسعه اقتصادی با بهبود و افزایش توانمندی‌ها و ظرفیت‌های اقتصادی امکان‌پذیر است (شاه‌آبادی، ۱۳۸۴). به طوراساسی نوآوری‌های تکنولوژیکی، کیفیت نیروی کار، بهبود سیستم‌ها، کاربرد اصول صرفه‌جویی، سیاست‌های دولت، مقررات و توانایی مدیریت برای ایجاد ترکیب بهینه این عوامل از عوامل کیفی و کمی مؤثر بر بهبود بهره‌وری است. رشد بهره‌وری نیز اثر نهایی خود را در رشد بخش اقتصادی و رشد اقتصاد کلان نشان می‌دهد.

۳- پیشینه تحقیق

بازنگری مطالعات انجام شده درباره بررسی ارتباط میان بهره‌وری کل عوامل تولید و رشد اقتصادی به تفکیک بخش‌های اقتصادی در داخل و خارج نشانگر وجود دو رویکرد در داخل کشور به این مقوله است. در بیشتر مطالعات تنها به محاسبه بهره‌وری بخش‌های اقتصادی پرداخته و به موضوع ارتباط آن با سایر شاخص پرداخته نشده است. از سوی دیگر در برخی مطالعات با بررسی منابع رشد بخشی به تحلیل اثرات متغیرهای مختلف در رشد بخش‌های اقتصادی پرداخته شده است. لیکن در مطالعات خارجی ضمن بررسی و محاسبه بهره‌وری کل عوامل تولید به

⁵ Blanchard and Fischer

ارتباط میان این شاخص و سایر شاخص‌های کلان اقتصادی نظیر رشد اقتصادی نیز پرداخته شده است که در ادامه به برخی از آنها اشاره می‌شود.

گاو فن^۶ و دیگران (۲۰۰۳) ارتباط میان کارایی، بهره‌وری و رشد اقتصادی در کشورهای شرق آسیا را مورد بررسی قرار داده‌اند. بر اساس برخی از نتایج در طول دوره ۱۹۷۰-۱۹۹۰، کشورهای ژاپن، سنگاپور، کره جنوبی و تایوان رشد اقتصادی خود را مرهون رشد بهره‌وری کل عوامل تولید بوده‌اند.

اسکات^۷ و دیگران (۲۰۰۶) با استفاده از داده‌های ۱۴۵ کشور، به بررسی اهمیت بهره‌وری کل عوامل تولید بر رشد اقتصادی پرداخته است. نتایج حاکی از آنست که بطور متوسط ۱۴ درصد از رشد تولید، با رشد بهره‌وری کل عوامل تولید همراه بوده است.

دهیچی و لاجال^۸ (۲۰۰۶) الگوی بهره‌وری و رشد اقتصادی در بخش کشاورزی کشور تونس در طی دوره ۱۹۹۶-۲۰۰۰ را مطالعه کرده‌اند. بر اساس برخی از نتایج رشد بهره‌وری در دهه ۸۰ و ۹۰ در بخش کشاورزی بدلیل رشد اقتصادی در این بخش در طی مدت مذکور بوده است.

گادفری^۹ (۲۰۰۶) در مطالعه‌ای با همکاری صندوق بین‌المللی پول به بررسی رشد اقتصادی و بهره‌وری کل عوامل تولید در کشور نیجریه طی دوره ۱۹۶۳-۲۰۰۳ پرداخته است. بر اساس برخی از نتایج این مطالعه رشد منفی بهره‌وری کل عوامل تولید، همراه رشد منفی تولید بوده است. این نکته گویای ارتباط منطقی میان این دو شاخص بوده است.

هاجیک^{۱۰} (۲۰۰۵) با همکاری بانک ملی جمهوری چک ارتباط میان رشد اقتصادی و بهره‌وری کل عوامل تولید در کشور چک طی دوره ۱۹۹۲-۲۰۰۴ را بررسی کرده است. در این مطالعه ضمن بررسی منابع رشد اقتصادی در جمهوری چک طی دوره مذکور با استفاده از روش حسابداری رشد به بررسی ارتباط میان بهره‌وری کل عوامل تولید و رشد اقتصادی پرداخته شده است. نتایج حاکی از تاثیر مثبت شتاب

⁶ Gaofeng Han

⁷ Scott

⁸ Dhehibi and Lachaal

⁹ Godfrey Kalinga

¹⁰ Hajek

رشد بهره‌وری کل عوامل، در سرعت رشد اقتصادی طی دوره مورد بررسی بوده است.

حسینی و سلامی (۱۳۸۶) منابع رشد بخش کشاورزی در اقتصاد ایران را مورد بررسی قرار داده‌اند. بر اساس نتایج این مطالعه عامل عمده رشد تولید در بخش کشاورزی طی دوره ۸۴-۱۳۵۶ افزایش قیمت‌ها و بهره‌وری عوامل تولید بوده است. ولی زاده (۱۳۸۸) عملکرد شاخص‌های بهره‌وری در اقتصاد و بخش‌های اقتصادی ایران را بررسی کرده است. بر اساس برخی از نتایج روند شاخص بهره‌وری کل عوامل تولید طی دوره ۸۵-۱۳۶۸ نزولی و در برخی سال‌ها منفی بوده است. همچنین، روند بهره‌وری کل عوامل علی‌رغم سرمایه‌گذاری‌های جدید (سرمایه سرانه) مدیریت استفاده از منابع صحیح نبوده و رشد اقتصادی صرفاً به نهاده‌های تولید متکی بوده است. همچنین متوسط رشد سالانه بهره‌وری کل عوامل تولید، موجودی سرمایه و نیروی کار شاغل طی دوره مورد بررسی به ترتیب برابر ۱، ۳،۳ و ۳،۱ درصد بوده است.

امینی و فرهادی‌کیا (۱۳۹۰) روند شاخص‌های بهره‌وری در بخش نفت طی دوره ۸۶-۱۳۷۵ را بررسی کرده‌اند. بر اساس نتایج تحقیق مدیریت استفاده از منابع به ویژه سرمایه و انرژی در دوره مورد بررسی در بخش نفت نامطلوب بوده است. همچنین سرمایه‌گذاری‌های انجام شده ناکافی و با رویکرد ارتقای سطح فناوری صورت نگرفته است. همچنین به دلیل بالا بودن نرخ استهلاک امکانات سرمایه‌ای در بخش نفت ضرورت افزایش سرمایه‌گذاری به منظور جایگزینی سرمایه‌های مستهلک شده وجود داشته است. همچنین، کاهش بهره‌وری سرمایه در این بخش به معنای کاهش متوسط تولید به ازای هرواحد سرمایه بوده است. این مطلب بیانگر وجود ظرفیت بیکار ماشین‌آلات و تجهیزات و به بهره‌برداری نرسیدن سرمایه‌گذاری‌های انجام شده بوده است.

مشیری و دیگران (۱۳۹۰) با استفاده از داده‌های در سطح بنگاه، بهره‌وری کل عوامل تولید برای ده کد *ISIC2* در دوره‌ی ۸۶-۱۳۸۰ را برآورد کرده‌اند. بطور کلی بررسی مطالعات تجربی بیانگر ارتباط مستقیم میان بهره‌وری کل عوامل تولید و رشد اقتصادی بوده است.

۴- روش شناسی تحقیق

روش شناسی شامل محاسبه رشد بهره‌وری بخش نفت و بررسی رابطه علی دو متغیر رشد بهره‌وری بخش نفت و رشد بخش نفت در کشور است. برای محاسبه رشد بهره‌وری بخش نفت از روش مدل DEA و شاخص مقدار ورودی تورنکوئیست^{۱۱} استفاده شده است. از روش خود رگرسیون برداری (VAR) برای شناسایی رابطه میان رشد بهره‌وری نفت با رشد این بخش استفاده شده است. در ابتدا آزمون دیکی- فولر تعمیم یافته^{۱۲} (ADF) برای بررسی ایستایی سری زمانی و آزمون ریشه واحد به کار برده شده است. سپس از آزمون هم‌انباشتگی متکی بر رهیافت VAR برای بررسی رابطه بلندمدت میان رشد بهره‌وری بخش نفت با رشد بخش نفت استفاده شده است. بر مبنای استخراج با استفاده از نرم افزار Eviews6 از آزمون علیت گرنجری برای تعیین جهت علیت میان رشد بهره‌وری نفت با رشد این بخش استفاده شده است.

۵ - محاسبه رشد بهره‌وری عوامل تولید در بخش نفت

کوپمنز (۱۹۵۱) و سولو^{۱۳} (۱۹۵۷) برای اولین بار تحقیقاتی درباره رشد بهره‌وری داشته‌اند. سولو در مطالعه رشد بهره‌وری ایالات متحده، تاثیر تکنولوژی و دانش فنی را در رشد بهره‌وری مورد بررسی قرار داده است. نیشی میتزو و پیچ^{۱۴} (۱۹۸۲)، رشد بهره‌وری را به دو عامل تغییر در کارایی و تغییر تکنولوژی تجزیه کرده‌اند. با توجه به ایرادات مطرح شده در روشهای پارامتری، دانشمندان به استفاده از روشهای ناپارامتری تاکید داشته‌اند. کیوزو دیگران^{۱۵} (۱۹۸۲) شاخص بهره‌وری مال م کوئیست را به صورت زیر تعریف کرده‌اند.

$$M_i^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1}, y^t, x^t) = \left(\frac{D_i^t(y^{t+1}, x^{t+1}) D_i^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})}{D_i^t(y^t, x^t) D_i^{t+1}(y^t, x^t)} \right)^{\frac{1}{\alpha}} =$$

$$\left(\frac{D_o^{t+1}(y^t, x^t) D_o^t(y^t, x^t)}{D_o^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1}) D_o^t(y^{t+1}, x^{t+1})} \right)^{\frac{1}{\alpha}} = E_i^{t+1} \times T_i^{t+1}$$

^{۱۱} Tornqvist

^{۱۲} Augmented Dickey Fuller (ADF)

^{۱۳} Koopmans and Solow

^{۱۴} Nishmizu and Page

^{۱۵} Caves

(۷)

$$= \frac{D_i^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})}{D_i^t(y^t, x^t)} \times \left(\frac{D_i^t(y^{t+1}, x^{t+1})}{D_i^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})} \frac{D_i^t(y^t, x^t)}{D_i^{t+1}(y^t, x^t)} \right)^{\frac{1}{\tau}} =$$

$$\frac{D_o^t(y^t, x^t)}{D_o^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})} \times \left(\frac{D_o^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1})}{D_o^t(y^{t+1}, x^{t+1})} \frac{D_o^{t+1}(y^t, x^t)}{D_o^t(y^t, x^t)} \right)^{\frac{1}{\tau}}$$

در رابطه فوق E_i^{t+1} تغییر کارائی فنی و T_i^{t+1} برآورد کننده‌ی تغییرات

تکنولوژی در شرایط انتقال تابع مرزی بین دو دوره t و $t+1$ است.

با توجه به رابطه فوق و در صورت وجود رشد بهره‌وری، این شاخص بزرگتر از واحد و در صورت عدم رشد بهره‌وری، کمتر از واحد خواهد بود. همچنین اگر هیچ تغییری در ستانده‌ها و داده‌ها مشاهده نشود ($x^t = x^{t+1}$, $y^t = y^{t+1}$) این شاخص برابر واحد خواهد بود. مقادیر تابع مسافت بر پایه بررسی مقایسه موقعیت واحد تحت بررسی در دوره $\{t, t+1\}$ ، $D(x^q, y^q)$ ، از تابع مرزی (ترکیب داده‌ها-ستانده‌ها در دوره زمانی $\{t, t+1\}$ ، p)، $D^p(x, y)$ داده‌های کل مقادیر واحدها به صورت زیر قابل استخراج است.

$$\{D_0^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1})\}^{-1} = \max \phi$$

$$S.t: -\phi Y_{it+1} + Y_{t+1} \lambda \geq 0$$

$$X_{it+1} - X_{t+1} \lambda \geq 0, \lambda \geq 0$$

$$\{D_0^t(X_t, Y_t)\}^{-1} = \max \phi$$

$$S.t: -\phi Y_{it} + Y_t \lambda \geq 0$$

$$X_{it} - X_t \lambda \geq 0, \lambda \geq 0$$

$$\{D_0^{t+1}(X_t, Y_t)\}^{-1} = \max \phi \tag{۸}$$

$$S.t: -\phi Y_{it} + Y_{t+1} \lambda \geq 0$$

$$X_{it} - X_{t+1} \lambda \geq 0, \lambda \geq 0$$

$$\{D_0^t(X_{t+1}, Y_{t+1})\}^{-1} = \max \phi$$

$$S.t: -\phi Y_{it+1} + Y_t \lambda \geq 0$$

$$X_{it+1} - X_t \lambda \geq 0, \lambda \geq 0$$

فیر^{۱۶} و دیگران (۱۹۹۴) بحث عدم کارایی در شاخص بهره‌وری مالیم کوئیست را مطرح نمودند که در شرایط تابع فاصله، ارزشی کمتر از یک دارد. این شاخص به دو شاخص اندازه‌گیری تغییرات کارایی و اندازه‌گیری تغییرات تکنولوژی TEC قابل تفکیک است. اندازه تغییرات تکنولوژی به صورت تغییرات منحنی هم مقداری داده و ستانده به صورت زیر قابل نمایش است.

$$M_0^{t+1}(y^{t+1}, x^{t+1}, y^t, x^t) = EC \times TEC \quad (9)$$

در تحلیل‌های اندازه‌گیری بهره‌وری، بحث بازده متغیر به مقیاس مطرح می‌گردد. در این صورت با توجه به تفکیک کارایی به دو دسته کارایی خالص (کارایی مدیریتی) و کارایی مقیاس، می‌توان وضعیت صرفه‌جویی نسبت به مقیاس را نیز بررسی نمود.

تغییرات کارایی تکنولوژی \times تغییرات کارایی مقیاس \times تغییرات کارایی مدیریتی = تغییرات بهره‌وری کل عوامل تولید

محاسبه شاخص مالیم کوئیست با بهره‌گیری از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها بر اساس مقایسه رشد بهره‌وری تعداد واحد تصمیم‌گیرنده در طی دو دوره انجام می‌پذیرد. به عبارت دیگر، به دلیل ماهیت مقایسه‌ای مدل‌های DEA و برای محاسبه‌ی این شاخص در هر دوره، به داده‌هایی خاص شامل تعدادی واحد تصمیم‌گیرنده نیاز است. بنابراین در حالتی که فقط یک واحد تصمیم‌گیرنده موجود است و هدف محاسبه رشد بهره‌وری این واحد در طول زمان می‌باشد، این شاخص از محاسبه رشد بهره‌وری ناتوان خواهد بود. لذا در این مقاله به منظور حل این مشکل از شاخص دیگری به نام شاخص بهره‌وری تورنکوئیست استفاده می‌شود (رضائی و دیگران، ۱۳۸۷).

فرض کنیم داده‌هایی از یک واحد تصمیم‌گیرنده در طول n سال، شامل m ورودی و s خروجی موجود باشد. این واحد در سال k ام (دوره پایه) دارای بردار ورودی $X^k = (x_1^k, x_2^k, \dots, x_m^k)$ و بردار خروجی $Y^k = (y_1^k, y_2^k, \dots, y_s^k)$ و در دوره $k+1$ ام بترتیب دارای بردار ورودی $X^{k+1} = (x_1^{k+1}, x_2^{k+1}, \dots, x_m^{k+1})$ و بردار خروجی $Y^{k+1} = (y_1^{k+1}, y_2^{k+1}, \dots, y_s^{k+1})$ باشد. بنابراین اگر وضعیت این واحد در

¹⁶ Fare

هر سال به عنوان یک DMU در نظر گرفته شود و مدل DEA با بازده ثابت به مقیاس و خروجی محور در نظر بگیریم، آنگاه شاخص مقدار ورودی تورنکوئیست به صورت زیر تعریف و محاسبه می‌شود.

$$\sum_{i=1}^m ex_i = 1 \quad TQ_X = \prod_{i=1}^m \left[\frac{X_i^{k+1}}{X_i^k} \right]^{ex_i} \quad (10)$$

که در آن ex_i بصورت میانگین هندسی از کشش ورودی i ام یکبار در سال k و بار دیگر در سال $k+1$ محاسبه می‌شود و X_i ورودی‌های مورد نظر یکبار در سال k و بار دیگر در سال $k+1$ می‌باشد.

$$ex_i^k = \frac{r_i^k x_i}{\sum_i r_i^k x_i} \quad ex_i^{k+1} = \frac{r_i^{k+1} x_i}{\sum_i r_i^{k+1} x_i} \quad (11)$$

در حقیقت مقدار TQ_X بیانگر تغییرات ورودی در طی دو سال است که با استفاده از مقدار کشش هر ورودی در درآمد کل محاسبه می‌شود که r_i وزن ورودی‌ها یکبار در سال k و بار دیگر در سال $k+1$ می‌باشد. به همین ترتیب می‌توانیم شاخص مقدار خروجی تورنکوئیست را تعریف و محاسبه نماییم.

$$\sum_{j=1}^s ey_j = 1 \quad TQ_Y = \prod_{j=1}^s \left[\frac{y_j^{k+1}}{y_j^k} \right]^{ey_j} \quad (12)$$

که در آن ey_j بصورت میانگین هندسی از کشش خروجی j ام یکبار در سال k و بار دیگر در سال $k+1$ می‌باشد و y_j خروجی مورد نظر یکبار در سال k و بار دیگر در سال $k+1$ است.

$$ey_j^{k+1} = \frac{q_j^{k+1} y_j}{\sum_j q_j^{k+1} y_j} \quad ey_j^k = \frac{q_j^k y_j}{\sum_j q_j^k y_j} \quad (13)$$

مقدار TQ_Y بیانگر تغییر خروجی در طی دو سال است که با بهره‌گیری از کشش هر خروجی محاسبه می‌شود و q_i وزن خروجی‌ها یکبار در سال k و بار دیگر در سال $k+1$ می‌باشد. لذا داریم:

$$TFPG_{k,k+1} = \frac{TQ_Y}{TQ_X} \quad (14)$$

نتایج محاسبه شاخص بهره‌وری کل عوامل تولید در بخش نفت در جدول زیر مشاهده می‌شود.

جدول ۱: نتایج تغییرات کارایی فنی، تکنولوژی و TFP رشد بهره‌وری کل عوامل

دوره	تغییرات کارایی	تغییرات تکنولوژی	رشد بهره‌وری کل عوامل
۱۳۶۰-۱۳۶۱	۰/۱۲۱	۲/۲	۰/۲۶۶
۱۳۶۱-۱۳۶۲	۰/۲۶۴	۰/۹۵۸	۰/۲۵۳
۱۳۶۲-۱۳۶۳	۰/۲۶	۰/۷۵۹	۰/۱۹۷
۱۳۶۳-۱۳۶۴	۰/۱۹۲	۱/۰۸۲	۰/۲۰۸
۱۳۶۴-۱۳۶۵	۰/۱۹۸	۰/۸۷۱	۰/۱۷۲
۱۳۶۵-۱۳۶۶	۰/۱۷۱	۱/۱۴۸	۰/۱۹۶
۱۳۶۶-۱۳۶۷	۰/۱۹۸	۱/۰۶۲	۰/۲۱
۱۳۶۷-۱۳۶۸	۰/۱۹۲	۰/۹۴۸	۰/۱۸۲
۱۳۶۸-۱۳۶۹	۰/۱۸۴	۱/۱۷۷	۰/۲۱۷
۱۳۶۹-۱۳۷۰	۰/۲۱۷	۱/۱۹۳	۰/۲۵۹
۱۳۷۰-۱۳۷۱	۰/۲۵۳	۱/۰۴	۰/۲۶۳
۱۳۷۱-۱۳۷۲	۰/۲۷۹	۱/۰۲۶	۰/۲۸۶
۱۳۷۲-۱۳۷۳	۰/۲۸۸	۰/۹۰۱	۰/۲۵۹
۱۳۷۳-۱۳۷۴	۰/۲۶۸	۱/۰۱۴	۰/۲۷۲
۱۳۷۴-۱۳۷۵	۰/۲۷۳	۰/۹۲۷	۰/۲۵۳
۱۳۷۵-۱۳۷۶	۰/۲۴۶	۰/۹۳۲	۰/۲۲۹
۱۳۷۶-۱۳۷۷	۰/۲۳۴	۰/۹۸۸	۰/۲۳۱
۱۳۷۷-۱۳۷۸	۰/۲۲	۰/۹۰۷	۰/۲
۱۳۷۸-۱۳۷۹	۰/۱۹۱	۱/۰۸۹	۰/۲۰۸
۱۳۷۹-۱۳۸۰	۰/۲۰۷	۰/۸۲۹	۰/۱۷۲
۱۳۸۰-۱۳۸۱	۰/۱۷۲	۱/۰۲۲	۰/۱۷۶
۱۳۸۱-۱۳۸۲	۰/۱۷۶	۱/۱۵۴	۰/۲۰۳
۱۳۸۲-۱۳۸۳	۰/۲۰۳	۱/۰۴۸	۰/۲۱۳
۱۳۸۳-۱۳۸۴	۰/۲۱۳	۰/۹۹۵	۰/۲۱۲
۱۳۸۴-۱۳۸۵	۰/۲۱۲	۱/۰۱	۰/۲۱۴
۱۳۸۵-۱۳۸۶	۰/۲۲۹	۰/۹۸۶	۰/۲۲۶
۱۳۸۶-۱۳۸۷	۰/۲۳۲	۱/۰۴۷	۰/۲۴۳

مأخذ: محاسبات تحقیق

بر اساس نتایج جدول (۱) میانگین تغییرات کارایی فنی، تکنولوژی، رشد TFP طی دوره تحقیق بترتیب $۰/۲۱۸$ ، $۱/۰۵۵$ ، $۰/۲۲۲$ بوده است. کمترین میزان کارایی فنی طی دوره $۱۳۶۱-۱۳۶۰$ به میزان $۰/۱۲۱$ بوده است. بیشترین میزان تغییرات تکنولوژی طی دوره $۶۱-۱۳۶۰$ ، به میزان $۲/۲$ بوده است. کمترین میزان آن طی دوره $۶۳-۱۳۶۲$ به میزان $۰/۷۵۹$ بوده است. همچنین بیشترین میزان تغییرات بهره‌وری کل عوامل بخش نفت برای دوره $۷۲-۱۳۷۱$ به میزان $۰/۲۸۶$ درصد بوده است. براساس نتایج جدول مذکور رشد بهره‌وری کل عوامل تولید طی دوره مورد بررسی معادل $۰/۲۲۲$ درصد بوده است. این میزان از اهداف برنامه چهارم توسعه فاصله بسیار زیادی داشته است.

۶- آزمون رابطه علی رشد بهره‌وری با رشد بخش نفت در ایران

در این بخش رابطه علی میان رشد بهره‌وری نفت با رشد این بخش طی سالهای $۱۳۸۶-۱۳۶۰$ بررسی شده است. در این مقاله جهت تبیین رابطه علیت میان دو متغیر مورد بررسی در چارچوب مدل‌ها و روش‌های استفاده شده آزمون رابطه علی بررسی شده است.^{۱۷}

۶-۱- روش تحقیق

در این مقاله از روش خود رگرسیون برداری (VAR) برای شناسایی رابطه میان رشد بهره‌وری نفت با رشد این بخش استفاده شده است. در ابتدا از آزمون دیکی-فولر تعمیم یافته^{۱۸} (ADF) برای بررسی ایستایی سری زمانی استفاده شده است. سپس از آزمون هم‌انباشتگی متکی بر رهیافت VAR برای بررسی رابطه بلندمدت میان رشد بهره‌وری بخش نفت با رشد بخش نفت استفاده شده است. بر مبنای نتایج حاصله آزمون علیت گرنجری برای تعیین جهت علیت میان رشد بهره‌وری نفت با رشد این بخش استفاده شده است.

۶-۲- آزمون ریشه واحد

بر اساس نتایج آزمون ADF مطابق جدول (۲) مانایی متغیرها تایید شده است.

جدول ۲: نتایج آزمون ریشه واحد متغیرها طی دوره $۱۳۶۰-۸۶$

متغیرها	آزمون با عرض از مبدأ	آزمون با عرض از مبدأ و روند
	(ADF)	(ADF)

۱۷ از آمار و اطلاعات منتشره بانک مرکزی ایران طی دوره مورد نظر استفاده شده است.

۱۸ Augmented Dickey Fuller (ADF)

-۳/۸۵۵۹	-۳/۸۱۱۹	TFP
-۵/۲۲۹۷	-۴/۸۸۲۵	OILG
-۳/۵۹۵۰	-۲/۹۸۱۰	مقدار بحرانی در سطح ۵ درصد
-۳/۲۳۳۴	-۲/۶۲۹۹	مقدار بحرانی در سطح ۱۰ درصد

مأخذ: محاسبات تحقیق

۳-۶- آزمون هم‌انباشتگی

آزمون هم‌انباشتگی مبتنی بر چارچوب VAR در ابتدا توسط یوهانسن در سال ۱۹۹۸ به کار برده شد. در این آزمون فرضیه صفر (H_0) دلالت بر عدم وجود هم‌انباشتگی میان متغیرها داشته و در مقابل فرضیه (H_1) دلالت بر وجود یک بردار هم‌انباشتگی دارد. نتایج آزمون هم‌انباشتگی مبتنی بر رهیافت یوهانسن در جدول (۳) خلاصه شده است. نتایج نشان دهنده‌ی وجود رابطه بلندمدت میان رشد بهره‌وری بخش نفت با رشد این بخش بوده است.

جدول ۳: آزمون هم‌انباشتگی یوهانسن (۸۶-۱۳۶۰)

متغیر	فرضیه صفر (H_0)	آماره آزمون	مقدار بحرانی در سطح ۵ درصد
TFP&OILG	$r=0$	۷۸/۶۰۵۸	۱۵/۴۹۴۷
	$r \leq 1$	۲/۹۷۲۸۸	۳/۸۴۱۴

مأخذ: محاسبات تحقیق

۴-۶- آزمون علیت گرنجری^{۱۹}

وجود رابطه بلندمدت میان دو متغیر رشد بهره‌وری و رشد بخش نفت به مفهوم ارتباط علی میان آنها با دوبردار است. اما سوال این است که آیا رشد بهره‌وری باعث رشد بخش نفت می‌شود و یا رشد بخش نفت سبب رشد بهره‌وری در این بخش می‌گردد؟. برای پی بردن به پاسخ این سوال از رهیافت علیت گرنجری تحت VAR متغیرها استفاده شده است. رهیافت علیت گرنجری تقدم و اطلاعات ایجاد شده توسط متغیری مانند X را در توضیح ارزش جاری متغیر دیگر مانند Y را اندازه گیری می‌کند. فرضیه صفر (H_0) در این حالت این است که X علیت گرنجر Y نمی‌باشد و Y نیز علیت گرنجر X نیست. نتایج آزمون علیت گرنجری در جدول (۴) به صورت خلاصه آمده است.

^{۲۳} تکنیک آزمون علیت گرنجری مربوطه در پیوست (۱) ارائه شده است.

جدول ۴: آزمون علیت گرنجری تحت چارچوب $bVAR$ (۸۶-۱۳۶۰)

فرضیه صفر (H_0) (با دو وقفه)				متغیرها
$OILG \Rightarrow TFP$		$TFP \Rightarrow OILG$		
مقدار P	آماره F	مقدار P	آماره F	$TFP \& OILG$
۰/۶۰۸۳	۰/۵۰۹۷	۰/۰۰	۳۱/۵۸	

مأخذ: محاسبات تحقیق

بر اساس نتایج آزمون علیت گرنجری مطابق جدول (۴) علیت گرنجری میان رشد بهره‌وری و رشد بخش نفت یک طرفه بوده است. همچنین رابطه علی از طرف رشد بهره‌وری به رشد بخش نفت بوده است.

همانطور که ملاحظه شد، میان دو متغیر مورد بررسی رابطه بلندمدت نیز وجود دارد که برای تعیین جهت علیت میان دو متغیر در بلندمدت از آزمون علیت گرنجری در چارچوب بردار تصحیح خطا^{۲۰} استفاده شده است. نتایج برآورد در جدول (۵) آورده شده است. از آماره کای دو^{۲۱} و ارزش‌های احتمالات تحت فرضیه صفر (H_0) مبنی بر عدم وجود رابطه علی میان متغیرها استفاده شده است.

جدول ۵: آزمون علیت گرنجری تحت چارچوب VEC (۸۶-۱۳۶۰)

فرضیه صفر (H_0) (با دو وقفه)				متغیرها
$OILG \Rightarrow TFP$		$TFP \Rightarrow OILG$		
مقدار P	آماره $chi-sq$	مقدار P	آماره $chi-sq$	$TFP \& OILG$
۰/۶۰۰۷	۱/۰۱۹۳	۰/۰۰	۶۳/۱۶۷	

مأخذ: محاسبات تحقیق

بر اساس نتایج آزمون علیت گرنجری مطابق جدول (۵) علیت گرنجری میان رشد بهره‌وری و رشد بخش نفت یک طرفه بوده است. همچنین رابطه علی از طرف رشد بهره‌وری به رشد بخش نفت بوده است.

۷- نتیجه‌گیری

بررسی‌های تجربی حاکی از آنست که افزون بر موجودی سرمایه فیزیکی، نیروی انسانی و مواد خام، دانش و افکار جدید نیز سبب شکوفایی فعالیت‌های اقتصادی می‌شود و رشد بخشهای مختلف اقتصادی هر کشور تابعی از رشد بهره‌وری کل عوامل می‌باشد. بنابراین بهبود بهره‌وری به عنوان یکی از نیروهای محرکه توسعه،

²⁰ Vector Error Correction(VEC)

²¹ Chi-Square

یک عامل کلیدی است که جامعه را قادر به ایجاد ارزش افزوده می‌نماید که این ارزش افزوده از طریق ترکیب بهینه منابع در اختیار، دانش و مهارت‌های انسانی، فناوری تجهیزات، مواد خام، انرژی، سرمایه و خدمات میانی به دست می‌آید. در نتیجه افزایش و رشد بهره‌وری منجر به رقابت پذیرش فعالیت‌های اقتصادی بخش‌های مختلف می‌شود (رومر، ۱۹۸۶).

با توجه به جایگاه بخش نفت در اقتصاد ایران در این مطالعه بر روی رشد ارزش افزوده این بخش متمرکز و با محاسبه رشد بهره‌وری بخش نفت طی دوره زمانی ۸۶-۱۳۶۰، به تبیین جهت‌علیت این متغیر و رشد بخش نفت پرداخته شده است. بر اساس نتایج حاصل از تحقیق عمده تغییرات *TFP* بخش نفت و گاز در سال‌های اخیر، به سبب تغییرات تکنولوژیکی بوده است. تغییرات کارایی سهم اندکی نسبت به تغییرات کارایی در رشد *TFP* این بخش داشته‌است. به عبارتی تغییرات این متغیر بیانگر ظرفیت بسیار خالی موجود در این بخش به لحاظ استفاده مطلوب و بهینه از منابع بوده است. همچنین علیت گرنجری میان رشد بهره‌وری و رشد بخش نفت یک طرفه بوده است.

رابطه علی از طرف رشد بخش نفت به رشد بهره‌وری است که در کوتاه‌مدت و بلندمدت کاملاً معنی‌دار بوده است.

در مجموع با توجه به اثر مثبت رشد بهره‌وری بر روی رشد بخش نفت از یک سو و تاثیرپذیری بیشتر رشد بهره‌وری این بخش از تغییرات تکنولوژی از سوی دیگر، باید به برنامه‌ریزی و ارائه راهکارهایی در راستای ارتقای بهره‌وری و تحقق اهداف برنامه پنجم توسعه اقدام کرد که البته با تدوین درست راهبرد بهبود بهره‌وری و نیز ارزیابی مستمر و سرانجام با اجرای متناسب آنها، تحقق‌پذیر خواهد بود. در این چارچوب اجرای سیاست‌های تسریع در اجرای سیاست‌های اصل ۴۴ در بخش نفت و گاز، اجرای طرح‌های بهینه‌سازی و کمک به اصلاح و ارتقای فن‌آوری وسایل، تجهیزات کارخانجات و سامانه‌های تولید، بکارگیری روش‌های بهینه در اکتشاف، توسعه و بهره‌برداری از منابع نفت و گاز، به کارگیری فن‌آوری‌های جدید در عملیات اکتشافی در کلیه مناطق کشور و افزایش ضریب بازیافت از مخازن نفت و گاز کشور قابل توصیه است.

فهرست منابع:

- امینی، علیرضا و علیرضا فرهادی‌کیا. (۱۳۹۰). ارزیابی تحولات شاخص‌های بهره‌وری در بخش نفت و توصیه‌هایی برای بهبود بهره‌وری در برنامه پنجم توسعه. اولین همایش بهره‌وری و تعالی در صنعت نفت، موسسه مطالعات انرژی.
- شاه آبادی، ابوالفضل. (۱۳۸۴). منابع رشد بخش خدمات اقتصاد ایران. جستارهای اقتصادی، ۲(۴): ۵۵-۸۰.
- حسینی، رضا و حبیب‌الله سلامی. (۱۳۸۶). منابع رشد بخشی در اقتصاد ایران: مطالعه موردی بخش کشاورزی. فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی، ۷(۱): ۶۱-۷۴.
- رضائی، جواد، محمد رضا توکلی بغداد آباد و حسن غضنفری. (۱۳۸۷). ارزیابی تغییرات بهره‌وری کل عوامل تولید در بخش بازرگانی با استفاده از الگوی برنامه ریزی خطی. فصلنامه پژوهش‌نامه بازرگانی، ۱۳(۴۹): ۳۰-۱.
- مشیری، سعید، ناصر خیابانی، عباس شاکری و باقر درویشی. (۱۳۹۰). تخمین بهره‌وری با حل مساله تورش همزمانی برای برخی صنایع منتخب ایران (۸۶-۱۳۸۰). اقتصاد مقداری، ۸(۱): ۲۳-۴۹.
- ولی زاده، پروین. (۱۳۸۸). بهره‌وری نیروی کار، سرمایه و عوامل تولید. اداره بررسی‌ها و سیاست‌های اقتصادی، بانک مرکزی، مجموعه پژوهش‌های اقتصادی، ۴۰: ۳۸-۱.
- Ayres, R. U. & I. Nair. (1984). Thermodynamics and economics. Arnegie-Mellon University, Pittsburgh, pp. 50-68.
- Barro, R. J. (1991). Economic Growth in Cross- Section Countries. Quarterly Journal of Economic, 24:85-105
- Blanchard, O. J. & S. Fischer. (1996) . Lectures on Macroeconomics. The MIT Press.
- Caves, D.W., L. R. Chirstensen & W. E. Dievert. (1982) .The Economic Theory of Index Number And The Measurment of Input, Output and Productivity. Econometrica,50:1393-1414.

- Dhehibi, B. & L. Lachaal. (2006). Productivity and Economic Growth in Tunisian Agriculture: an Empirical Evidence. I AA E Conference, Gold Coast, Australia, August: pp. 25-39.
- Fare, R., S. Grosskopf, M., Norris & Z. Zhang. (۱۹۹۴). Productivity Growth, Technical Progress and Efficiency Changes in Industrialized Countries. *American Economic Review*, 84:75-90.
- Gaofeng H., K. Kalirajan & S. Nirvikar. (2003). Productivity, Efficiency and Economic Growth: East Asia and the Rest of the World. Santa Cruz Center for International Economics, Working Paper Series 1005, pp.102-125.
- Godfrey K. (2006). Economic Growth and Total Factor Productivity in Niger. IMF Working Paper, WP/06/208
- Granger, C. W. J. (1980). Testing for Causality. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 24:28-40.
- Hájek, M. (2005). Economic Growth and Total Factor Productivity in the Czech Republic from 1992 to 2004. Working Paper CES VŠEM, No 5/2005, pp.25-42
- Koopmans. T. C. (1951). An Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities. In T. C. Koopmans, ed., *Activity Analysis of Production and Allocation*, Cowles Commission for Research in Economics, Monograph, 13:35-46
- Lucas, R. E. (1988). On the Mechanics of Economic Development . *Journal of Monetary Economics*, 44:15-31.
- Nishmizu, M. & J. M. Page.(1982). Total Factor Productivity Growth , Technological Progress and Technical Efficiency Change: Dimensions of Productivity Change in Yugoslavia. *The Economic Journal*, 92:920-936.
- Romer, P. M. (1986). Increasing Returns and Long Run Growth. *Journal of Political Economy*, 94:12-37.
- Scott L. B., G., P. Dwyer & R. Tamura. (2006). How Important are Capital and Total Factor Productivity for Economic Growth?. *Economic Inquiry*, Oxford University Press, 44(1):23-49.
- Solow, R. (1957). Technical Change and The Aggregate Production Function. *Review of Economics and Statistics*, 39:312-320.
- Tornqvist, L. (1936). The Bank of Finland's Consumption Price Index. *Bank of Finland, Monthly Bulletin*, 10:1-8.

پیوست (۱)

آزمون علیت گرنجری

در مدل‌های دو متغیره X و Y رویکرد علیت گرنجری از استفاده معمول آنها - یعنی استفاده از اطلاعات و سابقه قبلی X در توضیح ارزشهای فعلی Y - متفاوت است. بر اساس این دیدگاه، گفته می‌شود Y معلول گرنجری X است در صورتی که X به پیش‌بینی Y کمک کند یا به مفهومی معادل آن وقفه‌های X باشد که از نظر آماری معنادار هستند.

بیان سری زمانی مدل دو متغیره $VAR(b)$ برای دو متغیر X و Y به صورت زیر است.

$$\begin{bmatrix} Y_t \\ X_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{11}^1 & a_{12}^1 \\ a_{21}^1 & a_{22}^1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{t-1} \\ X_{t-1} \end{bmatrix} + \dots + \begin{bmatrix} a_{11}^k & a_{12}^k \\ a_{21}^k & a_{22}^k \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{t-k} \\ X_{t-k} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \varepsilon_{2t} \end{bmatrix}$$

به طوری که t نشان دهنده زمان می‌باشد، a_{ij} ضرایب ماتریس‌های مرتبط با VAR هستند، پایین نویس‌ها اشاره به رتبه ماتریس دارند، $\sum t = (\varepsilon_{1t}, \varepsilon_{2t})$ عبارت است از بردار شوک‌های ناهمبسته و نهایتاً C_1 و C_2 ضرایب ثابت می‌باشند. با سیستمی شامل دو معادله، رابطه بالا به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$Y_t = C_1 + \sum_{i=1}^k \alpha_{11} Y_{t-i} + \sum_{j=1}^k \alpha_{12} X_{t-i} + \varepsilon_{1t}$$

$$X_t = C_2 + \sum_{i=1}^k \alpha_{21} Y_{t-i} + \sum_{j=1}^k \alpha_{22} X_{t-i} + \varepsilon_{2t}$$

$$Y_t = C_1 + \sum_{i=1}^k \alpha_{11} Y_{t-i} + \sum_{j=1}^k \alpha_{12} X_{t-i} + \varepsilon_{1t}$$

$$X_t = C_2 + \sum_{i=1}^k \alpha_{21} Y_{t-i} + \sum_{j=1}^k \alpha_{22} X_{t-i} + \varepsilon_{2t}$$

آزمون علیت گرنجری بین X و Y شامل کنترل معناداری ضرایب a_{12} و a_{22} می‌شود. به عبارتی دیگر، X نمی‌تواند علت گرنجری Y باشد در صورتی که بردار $(X_{t-1}, X_{t-2}, \dots, X_{t-k})$ هیچ قدرتی در پیش‌بینی X نداشته باشد. هر معادله نشان داده شده در بالا به طور جداگانه در آزمون علیت گرنجری تخمین زده می‌شود.

شود و فرضیه صفر آزمون این است که X علیت گرنجری Y نمی‌باشد و Y علت گرنجری X نمی‌باشد.