

تجزیه‌ی رشد بهره‌وری کل عوامل تولید در صنعت ایران با استفاده از رهیافت اقتصادسنجی^۱

دکتر نادر دشتی، دکتر کاظم یاوری و دکتر مجید صباغ *

تاریخ وصول: ۱۳۸۷/۹/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۳/۱۹

چکیده:

بهره‌وری نقش مهم و موثری در رشد تولید و افزایش رقابت پذیری دارد. از طریق محاسبه و تحلیل شاخص‌های بهره‌وری عوامل تولید می‌توان میزان عملکرد بخش‌های مختلف اقتصادی را در استفاده از منابع تولیدی بررسی نمود. در این مطالعه، منابع رشد بهره‌وری کل عوامل تولید در صنعت ایران طی دوره‌ی زمانی ۱۳۸۵-۱۳۵۰ با استفاده از رهیافت اقتصادسنجی مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور ابتدا یک تابع هزینه‌ی ترانسلوگ به همراه سیستم معادلات سهم هزینه با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده برای دوره‌ی زمانی مورد مطالعه به روش سیستم معادلات به ظاهر نامرتبط (SURE)^۲ برآورد گردید. سپس با استفاده از نتایج حاصل از تخمین مدل، رشد بهره‌وری کل عوامل تولید به دو جزء تغییر تکنولوژی و صرفه‌های مقیاس تجزیه شد. نتایج نشان داد که سهم تغییر تکنولوژی در رشد بهره‌وری کل، بیشتر از سهم گسترش مقیاس تولید بوده است.

طبقه بندی JEL: D24، O33

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری کل عوامل تولید، تغییر تکنولوژی، تابع ترانسلوگ، صنعت

^۱ این مقاله برگرفته از رساله دکتری علوم اقتصادی نادر دشتی تحت عنوان "تخمین و تحلیل تغییر تکنولوژی در صنعت ایران" می‌باشد که به راهنمایی جناب آقای دکتر کاظم یاوری و حمایت مرکز تحقیقات سیاست علمی کشور انجام شده است.

* به ترتیب، دانش‌آموخته دکتری اقتصاد و دانشیاران گروه اقتصاد دانشگاه تربیت مدرس

(dashti_n@yahoo.com)

^۲ Seemingly Unrelated Regression Equations

۱- مقدمه

بخش صنعت اهمیت ویژه‌ای در اقتصاد ایران دارد. این بخش یکی از تواناترین بخش‌های اقتصاد کشور بوده و تامین‌کننده‌ی بیش از ۴۰ درصد تولید ناخالص داخلی، ۳۰ درصد اشتغال و ۳۵ درصد صادرات غیر نفتی می‌باشد (مرکز آمار ایران، ۱۳۸۸). از این‌رو می‌توان گفت توسعه‌ی بخش صنعتی، پیش شرط و نیاز ضروری توسعه‌ی اقتصادی کشور می‌باشد و تا زمانی که موانع توسعه در این بخش برطرف نشود سایر بخش‌ها نیز به رشد و توسعه دست نخواهند یافت.

توسعه‌ی بخش صنعتی، مستلزم افزایش تولید در آن بخش است. بنا بر تئوری‌های تولید، رشد تولید از دو طریق تحقق می‌یابد. در روش اول، افزایش تولید با به کارگیری عوامل تولیدی بیشتر با ثابت بودن تکنولوژی حاصل می‌شود. در طریق دوم، سهم اصلی و عمده در افزایش تولید با به کارگیری روش‌های پیشرفته و کارآمد تولید با بهره‌وری بالا تامین می‌شود (سلامی، ۱۳۷۶).

در ایران محدودیت سرمایه به عنوان یکی از عوامل اصلی تولید در بخش صنعت، افزایش تولید از طریق اول را در درازمدت محدود می‌سازد؛ لذا توجه به روش دوم، یعنی بالا بردن بهره‌وری عوامل تولید، ضرورتی اجتناب‌ناپذیر برای افزایش عرضه‌ی محصولات است.

اقتصاددانان برای بهره‌وری و نقش آن در توسعه اهمیت زیادی قائل هستند. تاکید در این مورد به حدی است که برخی از آنها پدیده توسعه نیافتگی را مولود پایین بودن بهره‌وری می‌دانند. در شرایط کنونی بهره‌وری بالاتر و استفاده از امکانات موجود عملاً از یک انتخاب بالاتر رفته و به یک ضرورت تبدیل گردیده است. بررسی مولفه‌های رشد اقتصادی در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه پیشرو نشان می‌دهد که سهم افزایش بهره‌وری عوامل تولید از سهم افزایش میزان سرمایه گذاری پیشی گرفته است. می‌توان گفت که امروزه بهره‌وری به ثروت ملل تبدیل گردیده است و ارتقای مستمر آن به عنوان شرط بقای نظام‌ها شناخته شده است (امامی میبدی، ۱۳۸۴).

بدین ترتیب اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل دقیق بهره‌وری ضروری بوده و در سالهای اخیر مورد توجه پژوهشگران مختلف قرار گرفته است. بنابراین هدف این مقاله اندازه‌گیری رشد بهره‌وری کل و تجزیه‌ی آن در بخش صنعت کشور

می‌باشد. تا بر اساس آن بتوان تاثیر سیاست‌های قبلی و در صورت لزوم، اتخاذ سیاست‌های مناسب را در بخش صنعت مشخص کرد.

در مقاله‌ی حاضر، ابتدا مفهوم بهره‌وری و انواع آن بیان شده است. سپس پیشینه‌ی تحقیق و مطالعات انجام شده، مرور شده است. در ادامه به معرفی الگو و داده‌ها و بررسی نتایج پرداخته شده و نهایتاً جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ارائه شده است.

۲- مفهوم بهره‌وری

عبارت بهره‌وری در ادبیات اقتصادی معنی گوناگونی دارد. زیرا علی‌رغم کاربرد وسیع آن، شاید هنوز بسیاری از کسانی که در حرکت بهره‌وری نقش اساسی دارند استنباط روشنی از آن نداشته باشند.

واژه‌ی بهره‌وری در لغت به معنای «قدرت تولید، باروری و مولد بودن است». ساده‌ترین تعریف از بهره‌وری آن را «نسبت مقدار معینی محصول و مقدار معینی از یک یا چند عامل تولید» می‌داند. این معیار بازگوکننده‌ی نحوه‌ی استفاده از منابع و عوامل تولیدی در یک برهه از زمان می‌باشد و آثار سه‌گانه تغییر تکنولوژی، تغییر مقیاس و تغییر در راندمان استفاده از نهاده‌ها را در بر می‌گیرد (امیر تیموری و خلیلیان، ۱۳۸۶). در این مفهوم، بهره‌وری شاخص استفاده مور، مفید و کارا از منابع مختلف تولید است (طاهری، ۱۳۸۰). بهره‌وری بالاتر به مفهوم تولید کالای بیشتر با همان مقدار منابع، یا دستیابی به محصول بیشتر از نظر حجم و کیفیت با همان مقدار نهاده است (پروپنکو، ۱۳۷۲). به طور کلی بهره‌وری تنها یک رابطه‌ی ساده نیست؛ بلکه مجموعه‌ای از روش‌ها برای رسیدن به یک استاندارد بالای زندگی است. مفهوم بهره‌وری در سیستم‌های مختلف اقتصادی و یا سیاسی تفاوت نمی‌کند و به قول ژان فوراستیه مفهوم بهره‌وری رنگ سیاسی و وطن خاصی ندارد و مللی که از لحاظ ایدئولوژی اجتماعی کاملاً مخالف یکدیگرند آن را به یک اندازه پذیرفته‌اند.

۳- انواع بهره‌وری

به طور کلی دو نوع بهره‌وری وجود دارد (امامی میبیدی، ۱۳۸۴):

- ۱- بهره‌وری جزئی که با توجه به تک تک عوامل تولید بیان می‌شود.

۲- بهره‌وری کل که با توجه به مجموع عوامل تولید مشخص می‌گردد.

۳-۱- بهره‌وری جزئی

بهره‌وری جزئی (PP)^۳ یا بهره‌وری عامل مشخص تولید (FSP)^۴ برای هر یک از عوامل تولید، توسط نسبت تولید به عامل تولید مورد نظر محاسبه می‌شود. با استفاده از تعریف تابع تولید کل یعنی $Q = f(x, t)$ که در آن x یک بردار $1 \times n$ از نهاده‌ها و t سطح تکنولوژی است، بهره‌وری عامل تولید i به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$FSP_i = \frac{Q}{X_i} = \frac{1}{X_i} f(X_1, X_2, \dots, X_n) \quad (1)$$

از دیدگاه اقتصاد تولید، اگر این نسبت به صورت نسبت ارزش ستانده به یکی از نهاده‌ها ارائه شود، بهره‌وری متوسط یا تولید متوسط عامل گفته می‌شود و اگر این نسبت به صورت تغییرات ستانده به تغییرات یک نهاده بیان شود، بهره‌وری نهایی یا تولید نهایی عامل نامیده می‌شود. افزایشی در یک نسبت در طول زمان نشان می‌دهد که بهره‌وری افزایش یافته، یا در مصرف عامل صرفه جویی شده است و بر عکس، کاهش در یک نسبت در طول زمان نشان دهنده کاهش بهره‌وری یا کاربرد بیشتر عامل تولید می‌باشد. بهره‌وری نیروی کار، بهره‌وری سرمایه، بهره‌وری انرژی و بهره‌وری مواد واسطه، مثال‌هایی رایج از بهره‌وری جزئی در بخش صنعت می‌باشد.

۳-۲- بهره‌وری کل عوامل تولید^۵

تحلیل شاخص‌های بهره‌وری جزئی به تنهایی، می‌تواند گمراه کننده باشد. زیرا افزایشی در یک نسبت، ممکن است واقعاً نتیجه افزایش بهره‌وری نباشد؛ بلکه در اصل ممکن است ناشی از افزایش کاربرد نهاده دیگر باشد. بنابراین بهره‌وری افزایش یافته نیروی کار، ممکن است در حقیقت نتیجه افزایش سرمایه یا افزایش نسبت $\frac{K}{L}$ باشد. از طرف دیگر شاخص‌های بهره‌وری جزئی عموماً شاخص‌های اربیبی از پیشرفت فنی هستند؛ زیرا اثر جایگزینی عوامل را توأم با آثار پیشرفت‌های

³ Partial Productivity

⁴ Factor Specific Productivity

⁵ Total Factor Productivity

فنون تولید به صورت یکجا در نظر می‌گیرند. اقتصاددانان در جستجوی عوامل راهبردی در توسعه‌ی اقتصادی تلاش نموده‌اند که آثار تغییرات فنی را جدا از آثار جایگزینی عوامل ارزیابی کنند که از تلاش‌های آنها شاخص بهره‌وری کل عوامل بوجود آمده است. از این رو شاخص‌های بهره‌وری کل به واسطه‌ی لحاظ داشتن اثرات متقابل و جایگزینی بین عوامل تولید از درجه‌ی اطمینان بیشتری نسبت به شاخص‌های بهره‌وری جزئی برخوردارند.

بهره‌وری کل از نسبت تولید به ترکیب وزنی عوامل محاسبه می‌شود. در نتیجه رشد بهره‌وری کل، رشد اضافی تولید علاوه بر رشد ترکیب وزنی عوامل تولید می‌باشد.

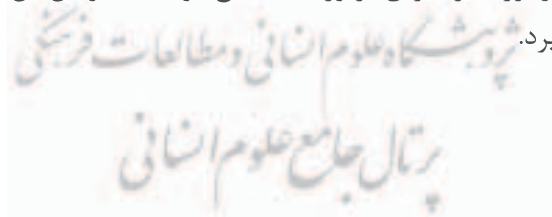
۴- روش‌های اندازه‌گیری شاخص‌های بهره‌وری

در حال حاضر برای اندازه‌گیری بهره‌وری از دو روش اصلی استفاده می‌شود که عبارتند از:

الف- روش غیر پارامتری

ب- روش پارامتری (اقتصادسنجی)

در روش غیر پارامتری، شاخص بهره‌وری با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی و یا محاسبه‌ی اعداد شاخص تعیین می‌شود. در این میان، روش اعداد شاخص نسبت به روش‌های دیگر مستقیم‌تر و به اصطلاح آماری‌تر محسوب می‌شود. این روش یکی از روش‌های عمده‌ی متداول و کاربردی تعیین بهره‌وری است و به همین علت، روش برگزیده‌ی موسسات آماری تولیدکننده‌ی آمارهای رسمی محسوب می‌گردد. البته کیفیت نتایج کار در این روش، منوط به کم و کیف اطلاعات اولیه مورد نیاز می‌باشد (خاوری‌نژاد، ۱۳۸۴). در روش اقتصادسنجی، محاسبه‌ی بهره‌وری از طریق برآورد یک تابع تولید یا دوگان آن یعنی تابع هزینه صورت می‌گیرد.



۵- مروری بر تحقیقات انجام شده

در چند دهه‌ی گذشته، مطالعات متعددی در زمینه بهره‌وری انجام گرفته است. از جمله این مطالعات، تحقیق کندریک و کرایمر^۶ در سال ۱۹۶۵ مبتنی بر نسبت ستاده به نهاده است. در این مطالعه به کمک شاخص‌های بهره‌وری جزئی و بهره‌وری کل، عملکرد بنگاه مورد بررسی قرار گرفته است. کریک و هریس^۷ نیز در سال ۱۹۷۳ با ارزش‌گذاری مقادیر فیزیکی ستانده‌ها و نهاده‌ها بر اساس قیمت‌های سال پایه، مدلی را برای اندازه‌گیری بهره‌وری معرفی کرده‌اند. تاکید اصلی این مدل، بر بهره‌ی کل است؛ اما بهره‌وری جزئی را نیز در نظر دارد (خاکی، ۱۳۷۶). سامنت^۸ در سال ۱۹۷۹ مدل دیگری را برای اندازه‌گیری بهره‌وری کل ارائه نمود که در آن، اثر نهاده‌ها بر سطح محصول اندازه‌گیری می‌شود. همچنین مدل‌های دیگری برای اندازه‌گیری بهره‌وری ارائه شده است که از جمله آنها می‌توان به مدل هیتس، مدل ماندل، مدل تیلور و مدل دیویس اشاره نمود (زراء نژاد و قنادی، ۱۳۸۴).

فار و دیگران^۹ (۱۹۹۴) رشد بهره‌وری را در ۱۷ کشور عضو *OECD* طی سال‌های ۸۸-۱۹۷۹ محاسبه کردند. نتایج نشان داد رشد بهره‌وری در آمریکا بیشتر از سایر کشورها می‌باشد که علت آن پیشرفت تغییرات فناوری بوده است. ایدسون و والتر^{۱۰} (۱۹۹۹) بهره‌وری نیروی کار را در صنایع کوچک و بزرگ فلزات فابریکی، ماشین‌آلات، برق، تجهیزات حمل و نقل و ابزارآلات با استفاده از روش تابع تولید مورد محاسبه و مقایسه قرار داده و نتیجه‌گیری می‌کنند نیروی کار صنایع بزرگ به علت استفاده از تکنولوژی، تجهیزات و سازماندهی پیشرفته، دارای بهره‌وری بیشتری نسبت به صنایع کوچک است.

کانت و نائوتیال^{۱۱} (۱۹۹۷) ساختار تولید، جانشینی عوامل، تغییر تکنولوژی و بهره‌وری کل عوامل در صنعت کشتی‌سازی کانادا را با بهره‌گیری از تئوری دوگان تولید و هزینه‌ی مورد مطالعه قرار داده‌اند. مطابق نتایج به دست آمده ساختار تولید همگن است؛ اما کشش جانشین برابر واحد نمی‌باشد. در ضمن نرخ تغییر

^۶ Kenderik and Krimer

^۷ Kerik and Heris

^۸ Sament

^۹ Fare

^{۱۰} Idson and Walter

^{۱۱} Kant and Nautiyal

تکنولوژی در طی دوره‌ی سی ساله مورد مطالعه منفی بوده است و تکنولوژی موردنظر کار و سرمایه‌اندوز و انرژی و موادبر بوده است.

شوماخر و ساتایه^{۱۲} (۱۹۹۸) به بررسی بهره‌وری و کارایی انرژی در صنعت سیمان هند پرداخته و نتیجه گرفته‌اند که طی دوره‌ی ۱۹۹۳-۱۹۷۳ بهره‌وری کل عوامل تولید به اندازه ۸ درصد افزایش یافته است، به طوری که شاخص ترانسلوگ نشان می‌دهد. محاسبه‌ی شاخص‌های سولو و کندریک، نتیجه مذکور را تأیید کرده است. به نظر آنها افزایش بهره‌وری کل عوامل تولید، بدنبال آزادسازی صنعت سیمان در سال ۱۹۸۲ حاصل گردیده است. همچنین تحلیل اقتصادسنجی نشان داده است که بهبود فنی در صنعت سیمان هند، سبب استفاده بیشتر از انرژی و سرمایه شده، در حالی که در مصرف مواد و نیروی کار صرفه‌جویی شده است هیونبا و ندیری^{۱۳} (۲۰۰۸) منابع رشد بهره‌وری را در صنعت کامپیوتر آمریکا بررسی نموده‌اند. نتایج نشان داده است که رشد بهره‌وری کل عوامل تولید، ناشی از نوآوری‌های فنی و صرفه‌های ناشی از افزایش مقیاس بوده است.

در ایران نیز مطالعات متعددی در زمینه بهره‌وری انجام شده است. یکی از این مطالعات بررسی بهره‌وری صنایع طی سال‌های ۶۴-۱۳۴۶ می‌باشد که توسط آذربایجانی در سال ۱۳۶۸ انجام گرفته است. او در این مطالعه با استفاده از تابع کاب-داگلاس، شاخص‌های بهره‌وری کل را در صنایع ایران اندازه‌گیری کرده است. نتایج حاکی از آن است که صنایع ماشین‌آلات، ابزار و محصولات فابریکی، صنایع فلزات اساسی و صنایع شیمیایی در مقایسه با دیگر گروه‌های صنعتی از بهره‌وری بیشتری برخوردار بوده‌اند.

جمشیدیان و شهشهانی (۱۳۸۰) عوامل موثر بر تغییرات بهره‌وری در صنعت نساجی کشور را مورد تحلیل قرار داده‌اند. نتایج نشان می‌دهد عوامل نرم افزاری علت اصلی تغییرات بهره‌وری در این صنعت بوده است.

قلی زاده و صالح (۱۳۸۴) با اندازه‌گیری و تحلیل بهره‌وری کل عوامل تولید در بخش‌های مختلف اقتصاد ایران (با تأکید بر بخش کشاورزی و نقش سرمایه) به این نتیجه رسیده‌اند که در بخش کشاورزی، علیرغم عدم تغییر کارایی تکنولوژیکی و مقیاس، بهره‌وری عوامل تولید به دلیل کارایی مدیریتی افزایش یافته است.

¹² Schumacher and Sathaye

¹³ Hyunbae and Nadiri

مولایی (۱۳۸۴) به مقایسه‌ی بهره‌وری گروه‌های مختلف صنعتی کوچک و بزرگ ایران پرداخته است. نتایج پژوهش حاکی از آن است که بهره‌وری کل، متوسط و نهایی کل صنایع کوچک کمتر از کل صنایع بزرگ است. اما برخی از گروه‌های صنایع کوچک نسبت به صنایع بزرگ دارای بهره‌وری بیشتری است. امیرتیموری و خلیلیان (۱۳۸۶) با استفاده از تخمین تابع تولید کشاورزی، رشد بهره‌وری کل عوامل تولید را در بخش کشاورزی ایران محاسبه نموده‌اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که رشد بهره‌وری کل عوامل تولید در بخش کشاورزی کشور در دوره‌ی مورد بررسی، نوسان‌های زیادی داشته و میانگین آن برابر ۲/۵ درصد بوده است.

طیبی و دیگران (۱۳۸۷) تأثیر صادرات صنعتی و سرمایه‌ی انسانی بر بهره‌وری عوامل تولید و رشد اقتصادی در کشورهای عضو *OIC* را بررسی کردند.

۶- روش تحقیق

در این تحقیق به منظور محاسبه رشد بهره‌وری کل عوامل تولید و تجزیه آن از روش پارامتری (اقتصادسنجی) استفاده می‌گردد. همان‌طور که اشاره گردید در این روش برای اندازه‌گیری بهره‌وری از برآورد تابع تولید یا هزینه استفاده می‌شود. برآورد مستقیم تابع تولید زمانی مناسب است که مقدار محصول به شکل درونزا مشخص شود؛ در حالیکه برای مقدار برونزای تولید، تابع هزینه ترجیح داده می‌شود (کانت و نائوتی یال، ۱۹۹۷). تئوری دوگان این امکان را فراهم می‌سازد که تمامی اطلاعات مربوط به مقیاس و تقاضای نهاده‌ها به سهولت قابل محاسبه باشند (شرافت، ۱۳۷۵).

به منظور برآورد شکل تابعی مناسب از میان شکل‌های تابعی موجود، با توجه به مزایای توابع انعطاف‌پذیر، شکل تابعی ترانسلوگ به استناد کاربرد وسیع آن در مطالعات مشابه و همچنین به لحاظ ویژگی‌های نظری و آماری از جمله امکان استخراج راحت تر توابع تقاضای عوامل تولید، می‌تواند شکل مناسب تابع هزینه برای مطالعه‌ی حاضر در نظر گرفته شود (امینی، ۱۳۷۹).

شکل عمومی تابع هزینه با در نظر گرفتن متغیر روند زمان T به صورت زیر است (رسموسن، ۲۰۰۰^{۱۴}).

¹⁴ Rasmussen

$$C = f(P_l, P_k, P_e, P_m, Q, T) \quad (2)$$

که در آن P_l ، P_k ، P_e و P_m به ترتیب قیمت‌های نیروی کار، سرمایه، انرژی و مواد، Q مقدار تولید، C هزینه و T متغیر روند زمانی می باشد.

بنابراین تابع هزینه‌ی ترانسلوگ به صورت زیر نوشته می شود:

$$\begin{aligned} \ln C = & v + \sum_i a_i \ln P_i + a_q \ln Q + \frac{1}{\rho} \sum_i \sum_j b_{ij} \ln P_i \ln P_j \\ & + \sum_i b_{iq} \ln Q \ln P_i + \frac{1}{\rho} b_q (\ln Q)^\rho + b_t T + \frac{1}{\rho} b_{tt} (T)^\rho \\ & + \sum_i b_{it} (\ln P_i) T + b_{qt} (\ln Q) T \end{aligned} \quad (3)$$

$i, j = k, l, e, m$

مشتق جزئی تابع ترانسلوگ نسبت به قیمت نهاده‌ی i ام، تابع تقاضای سهم

نهاده i ام را وقتی قیمت نهاده‌های تولید داده شده است ارائه می کند. بنابراین:

$$\frac{\partial \ln C}{\partial \ln P_i} = \frac{\partial C}{\partial P_i} \frac{P_i}{C} = \frac{x_i P_i}{C} = s_i \quad (4)$$

$$s_i = a_i + \sum_j b_{ij} \ln P_j + b_{iq} \ln Q + b_{it} T \quad (5)$$

در رابطه‌ی فوق، $C = \sum P_i X_i$ و s_i سهم هزینه‌ی نهاده‌ی i ام است. از آنجایی که جمع سهم هزینه‌ها برای هر مشاهده برابر یک است، سیستم معادلات تقاضای سهم نهاده‌ها، باید قیدهای زیر را در مورد پارامترهای مدل تامین نماید:

$$\sum_j a_j = 1, \quad \sum_j b_{ij} = 0 \quad (6)$$

در عین حال برای آنکه سیستم معادلات تقاضای سهم نهاده‌ها خصوصیات مربوط به نظریه‌ی تولید نئوکلاسیک را ارضاء کند (تابع هزینه‌ی همگن از درجه‌ی یک نسبت به قیمت‌ها)، باید قیدهای زیر بر روی پارامترها صادق باشد:

$$\sum b_{ij} = 0, \quad \sum b_{iq} = 0 \quad (7)$$

به علاوه شرط تقارن

$$b_{ij} = b_{ji} \quad (8)$$

با توجه به معادله‌ی سهم هزینه، تغییرات آنرا می‌توان به صورت زیر نشان

داد:

$$\Delta S_i = \sum_j b_{ij} \Delta \ln P_j + b_{iq} \Delta \ln Q + b_{it} \Delta T \quad (9)$$

برای یک دوره‌ی زمانی ناپیوسته، تغییر در سهم هزینه‌ی عوامل تولید نتیجه‌ی تغییرات قیمت عوامل، تغییر مقدار تولید و تغییر در تکنولوژی می‌باشد. تمایل و جهت تغییر تکنولوژی با ثابت بودن قیمت نسبی عوامل، به وسیله‌ی تغییر در سهم اندازه‌گیری می‌شود. با استفاده از برآورد پارامترهای تابع هزینه می‌توان رابطه‌ی تغییر تکنولوژی را به صورت زیر به دست آورد (کانت و نائوتی یال، ۱۹۹۷ و دیتا و کریستوفرسن،^{۱۵} ۲۰۰۴).

$$\overset{\circ}{C} = \frac{\partial \ln c}{\partial T} = b_t + b_{tt} T + \sum b_{ti} \ln P_i + b_{tq} \ln Q \quad (10)$$

با توجه به رابطه‌ی (۱۰) تغییرات تکنولوژی به سه مولفه قابل تفکیک

می‌باشد:

۱- تغییر فنی خالص $b_t + b_{tt} T$

۲- تغییر فنی غیرخنثی $\sum b_{ti} \ln P_i$

۳- تغییر فنی ناشی از گسترش مقیاس $b_{tq} \ln Q$

مولفه‌ی اول نشان می‌دهد که تغییر تکنولوژی خالص، هیچ ارتباط مشخصی با عوامل تولید و میزان تولید و قیمت عوامل ندارد. در یک تابع به عنوان جزء ثابت یا عرض از مبدا در نظر گرفته می‌شود و افزایش یا کاهش آن تنها باعث انتقال تابع هزینه به سمت پایین و بالا می‌شود. زمانی که این مولفه منفی باشد بیانگر این است که تابع هزینه به سمت پایین انتقال می‌یابد و بیانگر تحولات مثبت تکنولوژیکی است.

مولفه‌ی دوم نشان می‌دهد که عوامل تولید چه تاثیر متقابلی در طول زمان روی یکدیگر دارند. به عبارتی دیگر، تحولات تکنولوژیکی در طول زمان چه تاثیری روی عوامل داشته است. آیا موجب جایگزینی عوامل یا منجر به صرفه جویی در عوامل شده است؟ تغییر این مولفه موجب تغییر شیب منحنی هزینه می‌شود.

مولفه‌ی سوم نشان می‌دهد که تحولات فنی بر روی ظرفیت بنگاه چه تاثیری داشته است. واضح است که تحولات فنی گسترش مقیاس تولید، موجب بهره‌گیری

¹⁵ Data and Christoffersen

از صرفه‌های اقتصادی ناشی از افزایش تولید شده و هزینه را کاهش می‌دهد و در نتیجه باعث شیفت تابع هزینه می‌شود.

در تابع هزینه‌ی دوگان، بازده به مقیاس (کشش مقیاس) توسط رابطه‌ی زیر تعیین می‌شود:

$$E = \left[\frac{\partial \ln C}{\partial \ln Q} \right]^{-1} = \left(a_q + b_q \ln Q + \sum_i b_{iq} \ln P_i + b_{qt} T \right)^{-1} \quad (11)$$

عبارت داخل کروشه، کشش هزینه را نسبت به میزان ستاده نشان می‌دهد. اگر افزایش میزان ستاده به طور متناسب، بیشتر از افزایش کلیه‌ی نهاده‌ها باشد، افزایش هزینه به طور متناسب، کمتر از افزایش ستاده خواهد بود و در این حالت E بزرگتر از یک خواهد بود؛ بنابراین ساختار تولید دارای خصوصیت بازده به مقیاس افزایشی است. در حالت عکس نیز ساختار تولید بیانگر خصوصیت بازده به مقیاس نزولی می‌باشد.

همچنین با محاسبه‌ی سهم هر کدام از نهاده‌ها با استفاده از پارامترهای تابع هزینه‌ی برآورد شده، می‌توان کشش جانشینی جزئی آلن (σ_{ij}) و کشش‌های خودقیمتی و متقاطع (η_{ij}) را برای نهاده‌ها محاسبه کرد. کشش‌های جزئی جانشینی به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

$$\sigma_{ij} = \frac{1}{S_i S_j} b_{ij} + 1 \quad i \neq j \quad (12)$$

$$\sigma_{ii} = \frac{1}{S_i} (b_{ii} - S_i^v - S_i) \quad (13)$$

در روابط فوق S_i و S_j به ترتیب نشانگر سهم هزینه‌ی نهاده‌های i و j می‌باشند. کشش متقاطع تقاضای نهاده‌ها نیز با توجه به معادلات سهم از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$\eta_{ij} = \frac{b_{ij}}{S_i} + S_j \quad i \neq j \quad (14)$$

$$\eta_{ij} = \frac{b_{ii}}{S_i} + S_i - 1 \quad (15)$$

در هر حال با داشتن آمار و اطلاعات مورد نیاز می‌توان نسبت به تخمین سیستم توابع هزینه اقدام نمود. هر چند که پارامترهای تابع هزینه‌ی اصلی (رابطه‌ی ۳) با روش *OLS* قابل برآورد است، اما معادلات سهم هزینه را شامل نمی‌شود. یک روش جایگزین برای تخمین عبارت از برآورد معادلات سهم هزینه به عنوان سیستم رگرسیون چند متغیره می‌باشد. با وجود این، این رهیافت، پارامترهای مربوط به ستاده و تکنولوژی و اثر متقابل بین آنها را که صرفاً در تابع هزینه وجود دارند در نظر نمی‌گیرد. لذا در چنین موردی بهترین روش، برآورد همزمان تابع هزینه و معادلات سهم هزینه به منزله‌ی یک سیستم رگرسیون چند متغیره می‌باشد. وارد کردن معادلات سهم عوامل سبب نیز کاراتر شدن پارامترهای برآوردی می‌شود. بدین ترتیب در عمل از روش برآورد معادلات به ظاهر نامرتبط^{۱۶} (*SURE*) استفاده می‌گردد (باتاجی و ریچ^{۱۷}، ۲۰۰۵). با توجه به اینکه در سیستم هزینه مجموع سهم هزینه‌ها برابر یک می‌باشد می‌توان با حذف یکی از معادلات سهم هزینه نسبت به برآورد ضرایب اقدام کرد. بعداً می‌توان ضرایب معادله‌ی حذف شده را از روی ضرایب بقیه‌ی معادلات به دست آورد (کانت و نائوتی یال، ۱۹۹۷). در نهایت مطابق روابطی که در بهره‌وری کل عوامل تولید ارائه گردید می‌توان رشد بهره‌وری را اندازه‌گیری نمود. در این مطالعه، معادله‌ی سهم هزینه‌ی انرژی حذف می‌شود.

۷- تغییر تکنولوژی و رشد بهره‌وری کل

از لحاظ تئوری، پیشرفت تکنولوژی به صورت تغییر مکان تابع تولید به سمت بالا با فرض عدم تغییر در مجموعه عوامل تولید و همین‌طور تغییر مکان تابع هزینه به سمت پایین با فرض ثابت بودن سطح تولید و قیمت نهاده‌ها تعریف می‌شود. بدین ترتیب به واسطه‌ی تغییر موقعیت تابع تولید، تولید متوسط و بهره‌وری عوامل تولید نیز تغییر پیدا می‌کند. از این رو بهبود در تکنولوژی تولید یکی از عوامل و منابع اصلی تغییر بهره‌وری در واحدهای تولیدی محسوب می‌شود.

به طور کلی تغییر در بهره‌وری کل عوامل (رشد بهره‌وری) شامل اثرات تغییر در مقیاس تولید، تغییر راندمان (کارایی) تولید و تغییر تکنولوژی می‌باشد. این

¹⁶ Seemingly Unrelated Regression Equations

¹⁷ Baltagi and Rich

بدین معنی است که چنانچه مقیاس تولید در طول زمان ثابت بماند و یا در بین واحدهای تولیدی در یک زمان یکسان باشد و هم چنین عدم کارایی در تولید وجود نداشته باشد و یا لااقل میزان عدم کارایی در طول زمان ثابت بماند، آنگاه رشد بهره‌وری کل عوامل تولید به عنوان معیار تغییر تکنولوژی در نظر گرفته می‌شود (سلامی، ۱۳۷۶).

به باور کانت و نائوتی یال (۱۹۹۷)، نرخ رشد بهره‌وری به صورت باقیمانده‌ی تفاوت بین نرخ رشد محصول جمعی و نهاده جمعی تعریف می‌شود. این باقیمانده به دو صورت تعبیر می‌شود؛ نخست، بهره‌وری کل به پیشرفت فنی که باعث انتقال تابع تولید می‌شود مربوط می‌گردد. با داشتن یک تابع تولید و تحت دو فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس و بازارهای رقابت کامل نهاده و ستاده، تغییر تکنولوژی و بهره‌وری یکسان خواهد بود. دوم، تغییر تکنولوژی می‌تواند به مواردی مانند مقیاس، جانشینی عوامل، تحقیق و توسعه و کارایی مدیریتی ربط داده شود. دنی و دیگران^{۱۸} (۱۹۸۱) با لحاظ هر دو رهیافت، رشد TFP را به اثرات مقیاس و نرخ تغییر تکنولوژی تفکیک کردند:

$$TFP = -T + (1 - E_{CQ})\dot{Q} \quad (16)$$

در سمت راست این رابطه، جزء اول، نشان دهنده‌ی اثر تغییر تکنولوژی و جزء دوم، نشانگر اثر مقیاس می‌باشد. در حالتی که بازده به مقیاس ثابت باشد، کشش هزینه برابر یک بوده و لذا رشد TFP معادل نرخ تغییر تکنولوژی خواهد بود. از این رو، هنگامی که اثر مقیاس وجود داشته باشد رشد TFP با رشد تغییر تکنولوژی، یکسان نخواهد بود.

۸- منابع داده‌ها و ساختار متغیرها

داده‌های به کار رفته در این مطالعه از کتاب آمار کارگاه‌های صنعتی ایران، برای سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۵۰ به دست آمده‌اند. تمامی شاخص‌های بهره‌وری بر حسب معیار ارزشی (ارزش تولید) اندازه‌گیری شده‌اند. در ضمن همه‌ی داده‌های مورد استفاده در تحقیق بر حسب قیمت واقعی می‌باشد که برای تبدیل داده‌های اسمی به حقیقی، از شاخص بهای عمده‌فروشی کالاها در ایران استفاده شده و سال ۱۳۷۶

¹⁸ Denny

به عنوان سال پایه انتخاب گردیده است. از این‌رو در این تحقیق، کلیه داده‌هایی که به صورت ارزشی هستند به قیمت ثابت سال ۱۳۷۶ بوده و نرخ رشدهای محاسبه شده، نشان‌دهنده‌ی نرخ رشد واقعی در صنعت مورد مطالعه می‌باشند. ارزش تولید، مجموع ارزش کالاهای تولید شده، ارزش ضایعات قابل فروش و تغییرات ارزش موجودی کالاهای در جریان ساخت می‌باشد. برای محاسبه‌ی موجودی سرمایه، از روش موجودی‌گیری دائمی^{۱۹} (PIM) استفاده شده است. این روش به پیشنهاد سازمان ملل متحد، در بیشتر کشورها مورد استفاده قرار می‌گیرد (رحمانی و حیاتی، ۱۳۸۶). هزینه‌ی سرمایه، به صورت هزینه‌ی کاربرد سرمایه، ضربدر موجودی سرمایه محاسبه می‌شود. به منظور محاسبه‌ی هزینه‌ی کاربرد سرمایه، رابطه‌ی $Puk = (r+P)Pi$ به کار برده شده است که r نرخ بهره‌ی بلندمدت است و P نرخ استهلاک سرمایه می‌باشد که این نرخ برای صنعت از طریق نظرخواهی از کارشناسان وزارت صنایع و معادن و سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، فرض شده در هر سال ۵/۵٪ می‌باشد و Pi شاخص تعدیل‌کننده‌ی قیمت سرمایه‌گذاری می‌باشد.

هزینه‌ی کل، مجموع هزینه‌ی سرمایه، نیروی کار، انرژی و مواد می‌باشد. برای عامل نیروی کار (شامل کارگران ساده و ماهر، تکنسین‌ها، مهندسی‌ن و شاغلان غیر تولیدی) تعداد افرادی که استخدام شده و دستمزدی که به عنوان حقوق و مزایا به آنها پرداخت شده است، جهت تخمین مدل به کار رفته‌اند. قیمت نیروی کار به صورت نسبت کل حقوق و دستمزد پرداختی به نیروی کار، تقسیم بر تعداد نیروی کار به دست آمده است. هزینه‌ی سوخت، مجموع هزینه‌ی همه نوع سوخت به کار رفته در تولید (شامل بنزین، گازوئیل، نفت کوره، نفت سفید، گاز مایع و گاز طبیعی) می‌باشد. هزینه‌ی انرژی، از مجموع هزینه‌ی سوخت و هزینه‌ی برق به دست آمده است. قیمت انرژی از طریق محاسبه‌ی میانگین وزنی قیمت سوخت و قیمت برق تعیین شده است. برای به دست آوردن قیمت سوخت، میانگین وزنی قیمت چهار سوخت عمده در صنعت (شامل بنزین، گازوئیل، گاز طبیعی و نفت کوره) محاسبه گردیده است. سهم هزینه‌ی سرمایه، نیروی کار، انرژی و مواد از طریق تقسیم هزینه‌ی متناظر به هزینه‌ی کل به دست آمده است.

¹⁹ Perpetual Inventory Method

۹- بررسی ساکن بودن متغیرها و جملات باقیمانده

برای استفاده از داده‌های سری زمانی در تخمین مدل، ابتدا باید از ثابت بودن واریانس، کواریانس و میانگین داده‌ها در طول زمان اطمینان حاصل کرد؛ در غیر این صورت، آماره‌های F و t معتبر نبوده و مدل تخمین زده شده نیز قابلیت استناد ندارد (گجراتی، ۱۳۷۸ و بیدرام، ۱۳۸۱).

نتایج حاصل از آزمون دیکی فولر تصحیح شده (ADF) حاکی از آن است که تمامی متغیرهای مورد نظر از ریشه‌ی واحد بوده است. بنابراین پس از یک بار تفاضل‌گیری، ساکن شده است. همچنین آزمون مذکور برای جملات باقیمانده‌ی معادلات نشان‌دهنده‌ی ساکن بودن آنهاست. لذا می‌توان گفت که بحث رگرسیون کاذب منتفی بوده و نتایج حاصل از برآورد قابل اعتمادند.

جدول ۱: نتایج بررسی ساکن بودن متغیرهای تفاضل مرتبه‌ی اول

| نام متغیر | آماره ADF | مقادیر بحرانی مک‌کینون | | |
|-----------|-----------|------------------------|--------|--------|
| | | ٪ ۱۰ | ٪ ۵ | ٪ ۱ |
| D(LC) | -۴/۸۵۶ | -۲/۶۱۴ | -۲/۹۵۱ | -۳/۶۳۹ |
| D(LPL) | -۳/۹۱۲ | -۲/۶۱۴ | -۲/۹۵۱ | -۳/۶۳۹ |
| D(LPK) | -۳/۸۹۶ | -۲/۶۱۴ | -۲/۹۵۱ | -۳/۶۳۹ |
| D(LPE) | -۶/۶۳۳ | -۲/۶۱۴ | -۲/۹۵۱ | -۳/۶۳۹ |
| D(LPM) | -۵/۸۴۵ | -۲/۶۱۴ | -۲/۹۵۱ | -۳/۶۳۹ |
| D(ML) | -۳/۱۰۴ | -۲/۶۱۴ | -۲/۹۵۱ | -۳/۶۳۹ |
| D(MK) | -۵/۰۶۶ | -۲/۶۱۴ | -۲/۹۵۱ | -۳/۶۳۹ |
| D(ME) | -۶/۳۶۰ | -۲/۶۱۴ | -۲/۹۵۱ | -۳/۶۳۹ |
| D(MM) | -۳/۱۴۰ | -۲/۶۱۴ | -۲/۹۵۱ | -۳/۶۳۹ |
| D(LQ) | -۵/۲۶۰ | -۲/۶۱۴ | -۲/۹۵۱ | -۳/۶۳۹ |

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۲: نتایج بررسی ساکن بودن جملات باقیمانده

| نام متغیر | آماره ADF | مقادیر بحرانی مکینون | | |
|-----------|-----------|----------------------|--------|--------|
| | | ٪ ۱۰ | ٪ ۵ | ٪ ۱ |
| RESID 01 | -۵/۴۵۱ | -۲/۶۱۲ | -۲/۹۴۸ | -۳/۶۳۲ |
| RESID 02 | -۵/۲۳۴ | -۲/۶۱۲ | -۲/۹۴۸ | -۳/۶۳۲ |
| RESID 03 | -۵/۸۸۳ | -۲/۶۱۲ | -۲/۹۴۸ | -۳/۶۳۲ |
| RESID 04 | -۵/۹۷۵ | -۲/۶۱۲ | -۲/۹۴۸ | -۳/۶۳۲ |

۱۰- برآورد مدل و تحلیل نتایج

نتیجه‌ی برآورد تابع هزینه‌ی ترانسلوگ به همراه سیستم معادلات سهم نهاده‌های تولید در جدول (۳) آمده است. وجود تعداد قابل توجهی متغیرهای معنی‌دار و نیز بالابودن R^2 از نشانه‌های خوبی برازش الگو بوده است. بر اساس مقدار آماره‌ی دوریین-واتسن استخراج الگوی برآورد شده مشکل خودهمبستگی نداشته است.



جدول ۳: پارامترهای برآورده‌شده الگوی هزینه‌ی ترانسولوگ

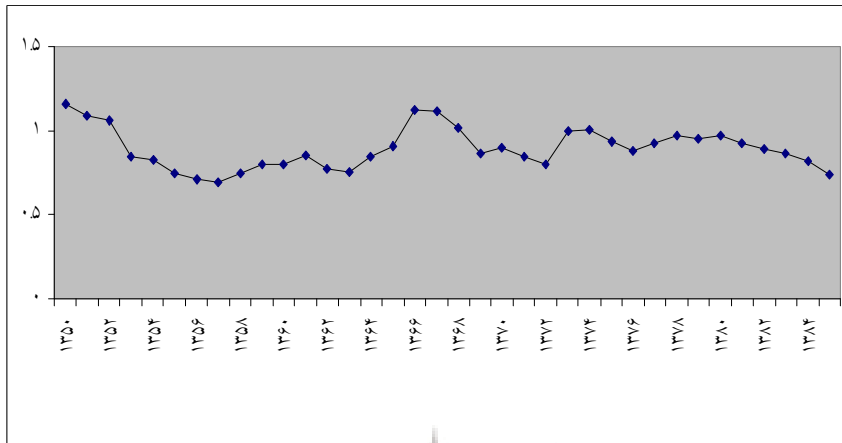
| نام متغیر | ضریب برآورد شده | آماره t | نام متغیر | ضریب برآورد شده | آماره t |
|---|-----------------|-----------|-------------------------------------|-----------------|-----------|
| v | -۸۴/۱۰۹ | -۲/۸۲۶ | b_{lm} | -۰/۱۴۴ | -۱۴/۶۵۸ |
| a_l | ۲/۳۴۹ | ۶/۵۵۲ | b_{ke} | -۰/۰۴۱ | -۳/۶۰۰ |
| a_k | -۰/۲۴۰ | ۱/۴۷۳ | b_{km} | -۰/۰۹۱ | -۱۱/۸۳۰ |
| a_e | -۲/۰۲۱ | -۱/۸۲۴ | b_{em} | -۰/۰۶۲ | -۲/۴۵۳ |
| a_m | -۰/۴۳۲ | ۱/۱۷۷ | b_{lt} | -۰/۰۰۱ | -۱/۳۸۱ |
| a_q | ۸/۲۷۵ | ۲/۳۴۲ | b_{lt} | -۰/۰۱۱ | -۶/۲۰۰ |
| b_t | -۰/۵۱۴ | -۲/۳۸۸ | b_{kt} | ۰/۰۰۰۳ | ۰/۴۷۴ |
| b_q | -۰/۲۵۷ | -۱/۱۵۹ | b_{et} | -۰/۰۳۴ | ۲/۶۶۳ |
| b_{ll} | ۰/۱۰۴ | ۹/۰۸۶ | b_{mt} | ۰/۰۱۱ | ۷/۴۱۲ |
| b_{kk} | ۰/۰۹۷ | ۱۶/۰۹۳ | b_{qt} | -۰/۰۲۹ | -۲/۲۹۶ |
| b_{ee} | -۰/۷۵۷ | -۱/۸۲۸ | b_{lq} | -۰/۲۱۸ | -۸/۶۸۸ |
| b_{mm} | -۰/۰۲۲ | ۰/۸۸۲ | b_{kq} | -۰/۱۰۲ | ۹/۸۵۸ |
| b_{lk} | ۰/۰۳۴ | ۷/۴۹۵ | b_{eq} | -۰/۴۴۸ | -۴/۱۶۷ |
| b_{le} | -۰/۰۳۷ | -۱/۳۲۸ | b_{mq} | ۰/۳۱۶ | ۱۵/۵۹۹ |
| $R^2 = ۰/۹۹$ آماره‌های معادله هزینه | | | $R^2 = ۰/۹۶$ $D.W = ۱/۸۸$ تعدیل شده | | |
| $R^2 = ۰/۸۹$ آماره‌های معادله سهم نیروی کار | | | $R^2 = ۰/۸۷$ $D.W = ۱/۸۱$ تعدیل شده | | |
| $R^2 = ۰/۹۲$ آماره‌های معادله سهم سرمایه | | | $R^2 = ۰/۹۰$ $D.W = ۲/۰۴$ تعدیل شده | | |
| $R^2 = ۰/۹۴$ آماره‌های معادله سهم مواد | | | $R^2 = ۰/۹۳$ $D.W = ۱/۹۶$ تعدیل شده | | |

۱-۱۰- کشش هزینه‌ی نسبت به ستانده و بازدهی نسبت به مقیاس

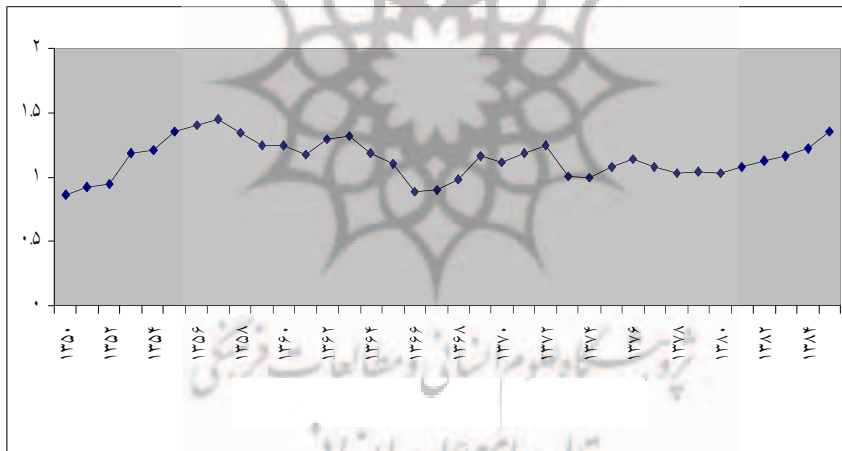
کشش هزینه‌ی نسبت به ستانده، نشان‌دهنده‌ی درصد تغییر در هزینه‌ی کل در نتیجه افزایش یک درصد در تولید بوده است. این کشش توسط رابطه‌ی (۱۱) برای صنعت کشور طی دوره‌ی مورد مطالعه محاسبه گردیده و در نمودار (۱) نشان داده شده است. میانگین آن معادل $۰/۸۹۴$ - بوده است؛ بدین معنی که افزایش یک درصدی در تولید، مقدار هزینه‌ی کل را به اندازه‌ی $۰/۸۹۴$ درصد افزایش می‌دهد. این میزان را می‌توان ناشی از بازدهی صعودی نسبت به مقیاس در صنعت کشور دانست. به عبارتی دیگر، بررسی میزان کشش هزینه نسبت به تولید طی دوره‌ی مورد مطالعه بیانگر بازدهی صعودی نسبت به مقیاس بوده است. ارتباط بین کشش هزینه نسبت به تولید و بازدهی نسبت به مقیاس خلاف جهت هم بوده است. این

موضوع به روشنی از مقادیر بازدهی نسبت به مقیاس قابل ملاحظه است. میانگین بازدهی نسبت به مقیاس طی دوره‌ی مورد مطالعه در صنعت ایران برابر با ۱/۱۴ بوده است. این روند مطابق نمودار (۲) نشان دهنده‌ی بازدهی صعودی نسبت به مقیاس بوده است.

نمودار ۱: روند کشش هزینه نسبت به ستانده



نمودار ۲: روند بازدهی نسبت به مقیاس



۱۰-۲- کشش‌های خودقیمتی و متقاطع عوامل تولید

در جدول (۴) نتایج حاصل از محاسبه‌ی کشش‌های خودقیمتی و متقاطع عوامل تولید در واحدهای صنعتی نشان داده شده است. بر اساس اطلاعات این جدول در طی دوره‌ی زمانی مورد مطالعه، کشش‌های خودقیمتی تمامی عوامل تولید مطابق انتظار و منفی بوده است. به جز نهاده انرژی، سایر کشش‌های خود قیمت‌ی کوچکتر از یک بوده و لذا کشش‌ناپذیر بوده است. این بدان مفهوم است که تقاضای نهاده‌های موردنظر حساسیت کمتری نسبت به تغییرات قیمت آنها از خود نشان داده است. در رابطه با عامل انرژی نیز هر چند که مقدار عددی کشش قیمتی تقاضا اندکی بیشتر از یک بوده است، لیکن کمیت محاسبه شده نشان می‌دهد در صورت افزایش قیمت انرژی تولیدکنندگان باز هم عکس‌العمل زیادی از خود نشان نخواهد داد. ممکن است سهم پایین انرژی در هزینه‌ی تولید صنعت ایران باعث بروز چنین واکنشی از جانب تولیدکنندگان شده باشد.

هر چند که بخش بزرگی از هزینه‌ی تولید در واحدهای صنعتی مربوط به نهاده مواد می‌باشد، ولی واکنش مدیران واحدهای تولیدی نسبت به تغییر قیمت این عامل تولید کمتر می‌باشد؛ زیرا مواد به عنوان یک نهاده ضروری در فرایند تولید نقش ایفا می‌کند و امکان جایگزینی آن با سایر نهاده‌ها وجود ندارد. از همین رو علی‌رغم افزایش قیمت مواد اولیه، تولیدکنندگان عکس‌العمل چندانی نمی‌توانند نشان دهند.

جدول ۴: کشش‌های خودقیمتی و متقاطع عوامل تولید

| عامل تولید | نیروی کار | سرمایه | انرژی | مواد |
|------------|-----------|--------|--------|--------|
| نیروی کار | -۰/۲۸ | ۰/۰۵۹ | -۰/۱۶۵ | -۰/۰۴۹ |
| سرمایه | ۰/۱۰۹ | -۰/۰۸۱ | -۰/۳۷ | -۰/۱۵۶ |
| انرژی | -۱/۶۵ | -۲/۰۳ | -۱/۳۳ | -۲/۴۲ |
| مواد | -۰/۰۱۴ | -۰/۰۲۵ | -۰/۰۷۲ | -۰/۳۹۷ |

با استفاده از رابطه‌ی (۱۴) می‌توان به محاسبه‌ی کشش متقاطع عوامل تولید اقدام نمود. همان‌طوری که جدول (۴) نشان می‌دهد به جز کشش متقاطع بین نیروی کار و سرمایه، تمامی کشش‌های متقاطع عوامل تولید منفی بوده است. علاوه بر این قدرمطلق کشش متقاطع تقاضای نهاده‌ها عمدتاً کوچکتر از یک بوده

است. بدین ترتیب می‌توان استنباط کرد که تغییرات تقاضای عوامل تولید به واسطه‌ی تغییر قیمت سایر نهاده‌ها ناچیز بوده است.

نتایج حاصل از برآورد کشش‌های جانشینی عوامل نیز با بهره‌گیری از رابطه‌ی (۱۲) طی دوره‌ی زمانی مورد مطالعه در جدول (۵) گزارش شده است. اگر کشش جانشینی مثبت باشد دو نهاده جانشین هم بوده و در صورتی که منفی باشد، دو نهاده مکمل هم خواهند بود. مطابق ارقام جدول، به غیر از کشش جانشینی بین نهاده‌های نیروی کار و سرمایه، تمامی مقادیر کشش‌های جانشینی منفی بوده است. بر اساس کشش جانشینی مثبت بین نیروی کار و سرمایه استفاده از امکانات ماشینی، اتکای واحدهای تولیدی به نیروی کار را کاهش می‌دهد؛ بنابراین جانشینی نیروی کار و سرمایه امری عادی تلقی می‌گردد.

جدول ۵: کشش‌های جانشینی عوامل تولید

| عوامل تولید | کشش جانشینی | عوامل تولید | کشش جانشینی |
|-------------------|-------------|---------------|-------------|
| نیروی کار- سرمایه | ۰/۵۴۵ | سرمایه- انرژی | -۱۸/۵۳ |
| نیروی کار- انرژی | -۸/۲۵ | سرمایه- مواد | -۰/۲۳۴ |
| نیروی کار- مواد | -۰/۷۴ | انرژی- مواد | -۳/۶۲ |

۱۰-۳- نرخ تغییر تکنولوژی

در جدول (۶) نتایج محاسباتی تغییر تکنولوژی به صورت روند زمانی و همچنین به صورت تفکیک اجزای تشکیل دهنده‌ی آن نشان داده شده است. همان‌طور که در رابطه‌ی (۱۰) اشاره گردید تغییر فنی متشکل از سه جزء زیر می‌باشد:

۱- تغییر فنی خالص

۲- تغییر فنی غیر خنثی

۳- تغییر فنی ناشی از گسترش مقیاس

در میان سه مولفه‌ی فوق، تغییر فنی خالص است که موجب انتقال بیشتر تابع هزینه به سمت پایین شده و اثر آن بیشتر از سایر اجزا بوده است. مولفه‌ی تغییر فنی غیر خنثی نیز نشان می‌دهد که تغییرات قیمت عوامل تولید با تکنولوژی تولید در ارتباط بوده است؛ یعنی استفاده از نهاده‌های نسبتاً ارزانتر به کاهش هزینه‌ی تولید کمک نموده است. همچنین مولفه‌ی تغییر فنی ناشی از

گسترش مقیاس ناشی از آن است که با افزایش مقیاس تولید، هزینه‌های تولید کاهش یافته و یا به بیانی دیگر در صنعت کشور، صرفه‌های ناشی از اقتصاد مقیاس وجود داشته است.

جدول ۶: نرخ تغییر تکنولوژی و اجزای آن در صنعت ایران (درصد)

| سال | نرخ تغییر تکنولوژی | نرخ تغییر فنی خالص | نرخ تغییر فنی غیرخنثی | نرخ تغییر فنی ناشی از گسترش مقیاس |
|------|--------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| ۱۳۵۰ | -۰/۹۹۵ | -۰/۵۱۵ | ۰/۰۱۱ | -۰/۴۹۱ |
| ۱۳۵۱ | -۱/۰۰۰ | -۰/۵۱۷ | ۰/۰۰۸ | -۰/۴۹۱ |
| ۱۳۵۲ | -۱/۰۰۶ | -۰/۵۱۸ | ۰/۰۰۷ | -۰/۴۹۵ |
| ۱۳۵۳ | -۱/۰۲۶ | -۰/۵۱۹ | ۰/۰۰۲ | -۰/۵۰۹ |
| ۱۳۵۴ | -۱/۰۲۹ | -۰/۵۲۱ | ۰/۰۰۱ | -۰/۵۰۸ |
| ۱۳۵۵ | -۱/۰۳۷ | -۰/۵۲۲ | -۰/۰۰۱ | -۰/۵۱۳ |
| ۱۳۵۶ | -۱/۰۴۰ | -۰/۵۲۳ | -۰/۰۰۵ | -۰/۵۱۰ |
| ۱۳۵۷ | -۱/۰۴۳ | -۰/۵۲۵ | -۰/۰۰۹ | -۰/۵۰۸ |
| ۱۳۵۸ | -۱/۰۴۱ | -۰/۵۲۶ | -۰/۰۱۱ | -۰/۵۰۳ |
| ۱۳۵۹ | -۱/۰۴۳ | -۰/۵۲۷ | -۰/۰۱۰ | -۰/۵۰۵ |
| ۱۳۶۰ | -۱/۰۴۸ | -۰/۵۲۹ | -۰/۰۱۰ | -۰/۵۰۹ |
| ۱۳۶۱ | -۱/۰۴۸ | -۰/۵۳۰ | -۰/۰۱۰ | -۰/۵۰۷ |
| ۱۳۶۲ | -۱/۰۵۶ | -۰/۵۳۱ | -۰/۰۱۳ | -۰/۵۱۰ |
| ۱۳۶۳ | -۱/۰۶۲ | -۰/۵۳۳ | -۰/۰۱۷ | -۰/۵۱۲ |
| ۱۳۶۴ | -۱/۰۶۰ | -۰/۵۳۴ | -۰/۰۱۶ | -۰/۵۰۹ |
| ۱۳۶۵ | -۱/۰۵۸ | -۰/۵۳۵ | -۰/۰۲۱ | -۰/۵۰۱ |
| ۱۳۶۶ | -۱/۰۴۹ | -۰/۵۳۷ | -۰/۰۱۲ | -۰/۵۰۰ |
| ۱۳۶۷ | -۱/۰۵۹ | -۰/۵۳۸ | -۰/۰۱۸ | -۰/۵۰۱ |
| ۱۳۶۸ | -۱/۰۶۹ | -۰/۵۳۹ | -۰/۰۲۴ | -۰/۵۰۵ |
| ۱۳۶۹ | -۱/۰۸۴ | -۰/۵۴۱ | -۰/۰۲۹ | -۰/۵۱۳ |

مأخذ: یافته‌های تحقیق

ادامه‌ی جدول ۶: نرخ تغییر تکنولوژی و اجزای آن در صنعت ایران (درصد)

| | | | | |
|---------|--------|--------|--------|--------|
| ۱۳۷۰ | -۱/۰۸۴ | -۰/۵۴۲ | -۰/۰۲۵ | -۰/۵۱۵ |
| ۱۳۷۱ | -۱/۰۸۹ | -۰/۵۴۳ | -۰/۰۲۹ | -۰/۵۱۶ |
| ۱۳۷۲ | -۱/۰۹۵ | -۰/۵۴۵ | -۰/۰۳۳ | -۰/۵۱۶ |
| ۱۳۷۳ | -۱/۰۸۸ | -۰/۵۴۶ | -۰/۰۱۳ | -۰/۵۲۷ |
| ۱۳۷۴ | -۱/۰۹۰ | -۰/۵۴۷ | -۰/۰۱۹ | -۰/۵۲۲ |
| ۱۳۷۵ | -۱/۰۹۷ | -۰/۵۴۹ | -۰/۰۲۳ | -۰/۵۲۵ |
| ۱۳۷۶ | -۱/۱۰۳ | -۰/۵۵۰ | -۰/۰۲۲ | -۰/۵۳۰ |
| ۱۳۷۷ | -۱/۱۰۲ | -۰/۵۵۲ | -۰/۰۲۰ | -۰/۵۳۰ |
| ۱۳۷۸ | -۱/۱۰۲ | -۰/۵۵۳ | -۰/۰۱۷ | -۰/۵۳۲ |
| ۱۳۷۹ | -۱/۱۰۸ | -۰/۵۵۴ | -۰/۰۱۷ | -۰/۵۳۶ |
| ۱۳۸۰ | -۱/۱۱۱ | -۰/۵۵۶ | -۰/۰۱۵ | -۰/۵۳۹ |
| ۱۳۸۱ | -۱/۱۱۸ | -۰/۵۵۷ | -۰/۰۱۵ | -۰/۵۴۵ |
| ۱۳۸۲ | -۱/۱۲۵ | -۰/۵۵۸ | -۰/۰۱۵ | -۰/۵۵۱ |
| ۱۳۸۳ | -۱/۱۳۱ | -۰/۵۶۰ | -۰/۰۱۶ | -۰/۵۵۵ |
| ۱۳۸۴ | -۱/۱۳۷ | -۰/۵۶۱ | -۰/۰۱۹ | -۰/۵۵۶ |
| ۱۳۸۵ | -۱/۱۴۷ | -۰/۵۶۲ | -۰/۰۲۴ | -۰/۵۶۰ |
| میانگین | -۱/۰۷۲ | -۰/۵۴۰ | -۰/۰۱۴ | -۰/۵۱۸ |

۱۰-۴- رشد بهره‌وری کل عوامل تولید و تغییر تکنولوژی

همان‌طور که اشاره گردید تغییر تکنولوژی یکی از منابع اصلی تغییر بهره‌وری کل عوامل تولید در واحدهای تولیدی است. بنابراین بهبود تکنولوژی می‌تواند به رشد بهره‌وری کل عوامل تولید کمک نماید. از همین رو با برآورد پارامترهای تابع هزینه و استفاده از رابطه‌ی (۱۶)، نتیجه حاصل از ارتباط بین این دو در جدول (۷) گزارش شده است.

ملاحظه می‌گردد که در محدوده‌ی زمانی مورد مطالعه و به استناد رهیافت اقتصادسنجی مورد استفاده، بهره‌وری کل عوامل تولید به طور متوسط سالانه ۱/۸۴ درصد رشد داشته است. این رشد خود ناشی از تاثیر دو عامل تغییر تکنولوژی و

اندازه‌ی واحد تولیدی (مقیاس تولید) بوده است. همان‌طوری‌که از جدول فوق پیداست بهبود بهره‌وری کل عوامل تولید تا اندازه‌ی قابل‌توجهی تحت تأثیر تغییر تکنولوژی بوده است. با توجه به منفی بودن نرخ تغییر تکنولوژی مشخص می‌شود به‌کارگیری نمادهای تکنولوژی در طول زمان سبب گردیده که نرخ تغییر هزینه‌ی واحدهای تولیدی سیر نزولی داشته باشد. بدین ترتیب با صرف هزینه‌ی کمتر امکان به دست آوردن واحد محصول وجود داشته است. از طرف دیگر گسترش اندازه‌ی واحد تولیدی نیز موجب بهبود بهره‌وری کل عوامل تولید گردیده است. بدین ترتیب نتیجه‌ی بهبود تکنولوژی و نیز مقیاس تولید به صورت رشد بهره‌وری کل عوامل تولید در صنعت ایران نمایان گردیده است.

جدول ۷: نرخ رشد بهره‌وری کل عوامل تولید و اجزای آن در صنعت ایران (درصد)

| سال | رشد بهره‌وری کل عوامل تولید | نرخ تغییر تکنولوژی | صرفه‌های ناشی از اقتصاد مقیاس |
|------|-----------------------------|--------------------|-------------------------------|
| ۱۳۵۰ | ۰/۹۹۵ | -۰/۹۹۵ | - |
| ۱۳۵۱ | ۰/۷۶۶ | -۱/۰۰۰ | -۰/۲۳۵ |
| ۱۳۵۲ | ۰/۰۹۱ | -۱/۰۰۶ | -۰/۹۱۶ |
| ۱۳۵۳ | ۹/۹۹۴ | -۱/۰۲۶ | ۸/۹۶۷ |
| ۱۳۵۴ | ۰/۹۰۵ | -۱/۰۲۹ | -۰/۱۲۴ |
| ۱۳۵۵ | ۵/۴۷۲ | -۱/۰۳۷ | ۴/۴۳۵ |
| ۱۳۵۶ | -۲/۱۲۳ | -۱/۰۴۰ | -۳/۱۶۳ |
| ۱۳۵۷ | -۰/۵۹۴ | -۱/۰۴۳ | -۱/۶۳۸ |
| ۱۳۵۸ | -۲/۸۷۵ | -۱/۰۴۱ | -۳/۹۱۶ |
| ۱۳۵۹ | ۲/۳۷۹ | -۱/۰۴۳ | ۱/۳۳۵ |
| ۱۳۶۰ | ۳/۶۵۲ | -۱/۰۴۸ | ۲/۶۰۴ |
| ۱۳۶۱ | ۰/۲۶۰ | -۱/۰۴۸ | -۰/۷۸۹ |
| ۱۳۶۲ | ۳/۷۰۶ | -۱/۰۵۶ | ۲/۶۴۹ |
| ۱۳۶۳ | ۱/۹۷۸ | -۱/۰۶۲ | ۰/۹۱۵ |
| ۱۳۶۴ | -۰/۲۶۸ | -۱/۰۶۰ | -۱/۳۲۸ |

مأخذ: یافته‌های تحقیق

ادامه‌ی جدول ۷: نرخ رشد بهره‌وری کل عوامل تولید و اجزای آن در صنعت ایران (درصد)

| | | | |
|---------|--------|--------|--------|
| ۱۳۶۵ | -۱/۲۰۱ | -۱/۰۵۸ | -۲/۲۵۹ |
| ۱۳۶۶ | ۱/۶۱۸ | -۱/۰۴۹ | -۱/۵۶۸ |
| ۱۳۶۷ | -۰/۵۹۳ | -۱/۰۵۹ | -۰/۴۶۶ |
| ۱۳۶۸ | -۰/۸۸۴ | -۱/۰۶۹ | -۰/۱۸۶ |
| ۱۳۶۹ | ۵/۷۴۷ | -۱/۰۸۴ | ۴/۶۶۳ |
| ۱۳۷۰ | ۱/۷۳۴ | -۱/۰۸۴ | -۱/۶۵۰ |
| ۱۳۷۱ | ۱/۴۳۵ | -۱/۰۸۹ | -۱/۳۴۵ |
| ۱۳۷۲ | ۱/۷۲۹ | -۱/۰۹۵ | -۱/۶۳۳ |
| ۱۳۷۳ | ۱/۲۲۸ | -۱/۰۸۸ | -۱/۱۳۹ |
| ۱۳۷۴ | ۱/۲۲۹ | -۱/۰۹۰ | -۱/۱۳۹ |
| ۱۳۷۵ | ۱/۸۳۳ | -۱/۰۹۷ | -۱/۷۳۵ |
| ۱۳۷۶ | ۳/۳۴۸ | -۱/۱۰۳ | ۲/۲۴۵ |
| ۱۳۷۷ | ۱/۱۰۱ | -۱/۱۰۲ | -۰/۱۰۲ |
| ۱۳۷۸ | ۱/۲۹۹ | -۱/۱۰۲ | -۱/۱۹۷ |
| ۱۳۷۹ | ۱/۸۱۷ | -۱/۱۰۸ | -۱/۷۰۸ |
| ۱۳۸۰ | ۱/۴۷۷ | -۱/۱۱۱ | -۱/۳۶۶ |
| ۱۳۸۱ | ۲/۷۴۶ | -۱/۱۱۸ | ۱/۶۲۷ |
| ۱۳۸۲ | ۳/۷۱۱ | -۱/۱۲۵ | ۲/۵۸۶ |
| ۱۳۸۳ | ۳/۱۶۹ | -۱/۱۳۱ | ۲/۰۳۸ |
| ۱۳۸۴ | ۱/۹۷۸ | -۱/۱۳۷ | -۱/۸۴۱ |
| ۱۳۸۵ | ۴/۷۲۳ | -۱/۱۴۷ | ۳/۳۷۵ |
| میانگین | ۱/۸۴۸ | -۱/۰۷۲ | -۰/۷۷۶ |

۱۱- خلاصه و نتیجه‌گیری

به طور کلی نتیجه‌ی حاصل از برآورد تابع هزینه‌ی ترانسلوگ و معادلات سهم هزینه به روش *SURE* نشان داد که با توجه به معنی‌دار بودن تعداد زیادی از

ضرایب و بالا بودن ضریب تعیین، تابع فوق رفتار واحدهای تولیدی را به طرز مناسبی تبیین کرده است.

مطابق یافته‌های تحقیق، آماره‌ی کشش مقیاس بیانگر وجود بازدهی صعودی نسبت به مقیاس در صنعت ایران بوده است. به این ترتیب افزایش متناسب به کارگیری همه‌ی عوامل تولید، موجب می‌شود تولید به میزانی بیشتر از تغییر منابع تولید دستخوش تحول گردد. نتیجه‌ی این امر کاهش هزینه‌ی واحد تولید و صرفه اقتصادی فرآیند تولید خواهد بود. لذا اتخاذ راهکارهایی که امکان افزایش اندازه‌ی واحدهای تولیدی را فراهم سازد توصیه می‌شود.

علامت منفی نرخ تغییر تکنولوژی حاکی از آن است که با گذشت زمان، نرخ تغییر هزینه‌ی واحدهای تولیدی کاهش یافته است. از آنجایی که تکنولوژی تولید در طول زمان موجب کاهش نرخ تغییر هزینه‌ی تولید در کارخانه‌های تولیدی گردیده است، بدین ترتیب می‌توان استنباط نمود که استفاده از تکنولوژی‌های نوین و پیشرفته عملاً موجب بهبود تغییرات هزینه در دوره‌ی زمانی مورد مطالعه گردیده است. لذا انتظار می‌رود که با ترویج این قبیل نمادهای تکنولوژیکی بتوان به اقتصادی‌تر شدن فرآیند تولید در صنعت کشور کمک نمود.

ارزیابی نتایج حاصل از محاسبه‌ی رشد بهره‌وری کل عوامل تولید نشان داد که در محدوده‌ی زمانی مورد مطالعه و به استناد رهیافت اقتصادسنجی مورد استفاده، بهره‌وری کل به طور متوسط سالانه ۱/۸۴ درصد رشد داشته است. این رشد خود ناشی از تاثیر دو عامل تغییر تکنولوژی و اندازه‌ی واحد تولیدی (مقیاس تولید) بوده است؛ لیکن سهم تغییر تکنولوژی در رشد بهره‌وری کل عوامل تولید، بیشتر از سهم گسترش مقیاس تولید بوده است.

فهرست منابع:

- آذربایجانی، کریم. (۱۳۶۸). اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل بهره‌وری صنایع کشور. اصفهان: سازمان برنامه و بودجه.
- امامی میبدی، علی. (۱۳۸۴). اصول اندازه‌گیری بهره‌وری و کارایی. تهران: موسسه مطالعات و پژوهشهای بازرگانی.
- امیرتیموری، سمیه و صادق خلیلیان. (۱۳۸۶). رشد بهره‌وری کل عوامل تولید در بخش کشاورزی ایران و چشم‌انداز آن در برنامه چهارم توسعه. فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال پانزدهم، ۵۹: ۳۷-۵۲.
- امینی، امرالله. (۱۳۷۹). تخمین و تحلیل تحولات فنی، کارآیی و بهره‌وری در صنعت خودروسازی ایران. پایان‌نامه دکتری اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس.
- بیدرام، رسول. (۱۳۸۱). Eviews همگام با اقتصادسنجی. تهران: منشور بهره‌وری.
- پروپنکو، جوزف. (۱۳۷۲). مدیریت بهره‌وری. ترجمه محمدرضا ابراهیمی مهر، تهران: موسسه کار و تأمین اجتماعی.
- جمشیدیان، مهدی و سید محمدحسن شهشهانی. (۱۳۸۰). بررسی علل افت و خیز بهره‌وری در صنعت نساجی کشور، مورد کارخانجات بارش. پژوهشهای اقتصادی مدرس، سال اول، ۳: ۱۵۲-۱۳۱.
- خاکی، غلامرضا. (۱۳۷۶). ارزش افزوده (راهی برای اندازه‌گیری بهره‌وری). تهران: سازمان گسترش و نوسازی صنایع ایران.
- خاوری نژاد، ابوالفضل. (۱۳۸۴). سنجش بهره‌وری اقتصاد ایران: روشها و چالشها. کتاب مقالات نخستین همایش ملی بهره‌وری و توسعه: ۵۵۴-۵۲۹.
- رحمانی، تیمور و سارا حیاتی. (۱۳۸۶). بررسی اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر رشد بهره‌وری کل عوامل تولید، مطالعه بین‌کشوری. فصلنامه پژوهشهای اقتصادی ایران، سال نهم، ۳۳: ۵۱-۲۵.
- زراء نژاد، منصور و بهروز قنادی. (۱۳۸۴). تخمین تابع بهره‌وری نیروی کار در بخش صنایع استان خوزستان. فصلنامه پژوهشهای اقتصادی ایران، سال هفتم، ۲۴: ۳۳-۵۲.
- سلامی، حبیب‌الله. (۱۳۷۶). مفاهیم و اندازه‌گیری بهره‌وری در کشاورزی. فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال پنجم، ۱۸: ۳۱-۷.
- شرافت، محمد ناصر. (۱۳۷۵). بررسی ساختار تکنولوژیک تولید و برآورد تقاضای نهاده‌های تولید. معاونت امور اقتصادی وزارت امور اقتصادی و دارایی.
- طاهری، شهنام. (۱۳۸۰). بهره‌وری و تجزیه و تحلیل آن در سازمانها. تهران: نشر هوای تازه.

طیبی، سید کمیل، مصطفی عماد زاده و آریتا شیخ بهایی. (۱۳۸۷). تأثیر صادرات صنعتی و سرمایه‌ی انسانی بر بهره‌وری عوامل تولید و رشد اقتصادی در کشورهای عضو OIC. فصلنامه اقتصاد مقداری (بررسی‌های اقتصادی سابق)، ۵(۲): ۱۰۶-۸۵.

قلی‌زاده، حیدر و ایرج صالح. (۱۳۸۴). بررسی بهره‌وری کل عوامل تولید در بخش‌های اقتصاد ایران در دوره ۸۱-۱۳۵۷ (با تأکید بر بخش کشاورزی و نقش سرمایه). مجله علوم کشاورزی ایران، ۵: ۱۱۴۱-۱۱۳۱.

گجراتی، دامودار. (۱۳۷۸). مبانی اقتصادسنجی. ترجمه حمید ابریشمی، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

مرکز آمار ایران، آمار کارگاه‌های صنعتی کشور، سالهای مختلف.

مرکز آمار ایران. (۱۳۸۸). گزیده آمار و اطلاعات اقتصادی و اجتماعی چهل سال کشور. مولایی، محمد. (۱۳۸۴). بررسی و مقایسه بهره‌وری گروه‌های مختلف صنعتی کوچک و بزرگ ایران. فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، سال هفتم، ۲۲: ۱۷۶-۱۵۷.

Baltagi, B. H. & D. P. Rich. (2005). Skilled-biased Technical Change on US Manufacturing: a General Index Approach. *Journal of Econometrics*, 126: 570-594.

Datta, A. & S. Christoffersen. (2004). Production Costs, Scale Economies and Technical Change in U.S. Textile and Apparel Industries. School of Business Administration, Philadelphia University.

Denny, M., M. Fuss & L. Waverman. (1981). The Measurement and Interpretation of Total Factor Productivity in Regulated Industries, with Application to Canadian Telecommunications. Academic Press, New York: 179-218.

Fare, R., S. Grosskopf, M. Noiriis & Z. Zhongyang. (1994). Productivity Growth, Technical Progress and Efficiency Change in Industrialized Countries. *American Economic Review*, 84: 66-83.

Hyunbae, C. & M. Ishaq Nadiri. (2008). Decomposing Productivity Growth in the U.S. Computer Industry. *The Review of Economics and Statistics*, 90: 174-180.

Idson Todd L. & Y.O. Walter. (1999). Workers are More Productivity in Large Firms. *American Economic Review*, 15, (3). June.

Kant, S. & J. C. Nautiyal. (1997). Production Structure, Factor Substitution, Technical Change, and Total Factor Productivity. *Can. J. Forest Research*, No.27: 701-710.

Rasmussen, S. (2000). Technological Change and Economies of Scale in Danish Agriculture. The Royal Eterinary and Agricultural University KVL, Copenhagen.

Salami, H. & S. Veeman. (2000). Using a General Dynamic Econometric Framework to Specify the Appropriate Model in Studing

Agricultural Production Structure: A Case Study of Crop Production in Iran. J. Agr. Sci: Tech. 2: 231-241.

Schumacher, K. & S. Jayant. (1998). India's Cement Industry: productivity, Energy Efficiency and Carbon Emmissions. Lawrence Berkeley National Laboratory, 41842, Berkeley, California.

