

بررسی تطبیقی اثرات پیشرفت فنی بر روی بهره‌وری عوامل تولید در بخش‌های صنعت و کشاورزی (بررسی موردی: ایران)

صفا الله بخشعلی*

احمد مجتهد**

در این مطالعه ابتدا بهره‌وری نهایی عوامل تولید نیروی کار و سرمایه و همچنین اثرات پیشرفت فنی بر روی بهره‌وری عوامل تولید در بخش‌های صنعت و کشاورزی بررسی شده و سپس به مقایسه پیشرفت فنی عوامل تولید در دو بخش کشاورزی و صنعت پرداخته شده است. برای تجزیه و تحلیل بهره‌وری نهایی عوامل تولید و اثرات پیشرفت فنی بر روی آنها در دو بخش صنعت و کشاورزی از تابع کاب-داگلاس استفاده شده است. داده‌های این مطالعه به صورت سری زمانی مربوط به سالهای ۷۹-۱۳۳۸ استخراج شده و از داده‌های حسابهای ملی بانک مرکزی، بانک اطلاعاتی PDS، FAO و بانک اطلاعات مقاله‌ها و داده‌های اقتصادی ایران (IELDB2) نیز استفاده گردیده است و از روش حداقل مربعات معمولی (OLS) برای برآورد توابع نیز مورد استفاده قرار گرفته است.

نتایج بررسی نشان می‌دهد که بهره‌وری نهایی نیروی کار و سرمایه در دو بخش صنعت

*. صفا الله بخشعلی؛ عضو هیأت علمی دانشگاه امام علی (ع). E.mail: sbakhshali@noavar.com

** دکتر احمد مجتهد؛ عضو هیأت علمی دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی.

E.mail: mojtahed@mbr-a-cbi.org

و کشاورزی مثبت بوده و مقادیر آنها در بخش کشاورزی تفاوت چندانی با بخش صنعت ندارد. لازم به ذکر است که در برآورد تابع تولید و پیشرفت فنی، زمانی که اثرات کمی و کیفی عوامل تولید بر روی ارزش افزوده بخشها تفکیک شده است، نتایج نشان می دهد که اثرات تغییرات کمی نیروی کار و سرمایه بر روی ارزش افزوده بخش کشاورزی هر دو مثبت بوده است ولی در بخش صنعت اثرات تغییرات کمی نیروی کار منفی و اثرات تغییرات کمی سرمایه مثبت محسوب می شود.

نتایج نشان می دهد که تغییرات کیفی عوامل نیروی کار و سرمایه بخش کشاورزی، روی ارزش افزوده این بخش تأثیر منفی و تغییرات کیفی عوامل نیروی کار و سرمایه بخش صنعت روی ارزش افزوده بخش مذکور تأثیر مثبت داشته است.

کلید واژه‌ها:

ایران، پیشرفت فنی، بخش کشاورزی، بخش صنعت، بهره‌وری عوامل تولید، تابع تولید کاب - داگلاس، بهره‌وری نیروی کار، بهره‌وری سرمایه

مقدمه

از بهره‌وری تعاریف مختلفی ارائه شده است، اما آنچه در همه تعاریف مشترک است؛ استفاده صحیح منابع در راه تحقق اهداف است. بهره‌وری، معیاری است که نشان می‌دهد اقتصاد با چه درجه‌ای از کارآیی منابع برای رسیدن به اهداف حرکت می‌کند.

در مفهوم کلی؛ بهره‌وری رابطه بین محصول تولید شده توسط سیستم تولیدی یا خدماتی و نهاده‌هایی است که برای تولید به کار می‌روند. بنابراین، بهره‌وری به‌عنوان استفاده کارا از منابع (کار، سرمایه، زمین، مواد و انرژی و ...) در تولید کالاها و خدمات است.

بهره‌وری بالاتر به مفهوم تکمیل و تولید کالاهای بیشتر با یک سطح ثابت از منابع یا استفاده از منابع کمتر جهت یک سطح مشخص و ثابت تولید است که معمولاً از نسبت بازده به نهاده به‌دست می‌آید. اگر عوامل تولید با شیوه‌های مناسب مدیریت و با استفاده از فنون و روشهای علمی مورد استفاده قرار گیرد، افزایش می‌یابد.

بدون شک، تکنولوژی می‌تواند در روبرو شدن با مشکلات نوین جهانی و فشارهای کمبود منابع به ما یاری رساند. چنین به نظر می‌رسد که تواناییهای فوق‌العاده تکنولوژی نوین به‌گونه‌ایست که می‌تواند راه‌حل مناسبی برای هر مسئله‌ای پیدا کند. تکنولوژی از طریق تبدیل جهان طبیعی به جهان ساخت بشر به رشد اقتصادی و ایجاد ثروت‌های مادی کمک می‌کند.

برای استفاده از پیشرفت‌های فنی و تکنولوژی به نیروی کار ماهر و مدیران کارآزموده نیاز است، تا با هدایت و جهت‌دهی درست منابع در مسیر بهبود، به رشد و توسعه اقتصادی کمک نمود. انسان به‌عنوان مهمترین و مؤثرترین عامل تولید، چنانچه نتواند از ابزار و تجهیزات پیشرفته و تکنولوژی استفاده بهینه کند، عملاً پیشرفت تکنولوژی فاقد کارایی لازم خواهد بود. به همین دلیل، کشورهای در حال توسعه در سطح وسیعی در بهره‌گیری از تکنولوژی پیشرفته با محدودیت روبرو

هستند؛ زیرا عوامل انسانی، فاقد آموزش و دانش کافی برای بهره‌گیری مطلوب از تجهیزات موجود هستند. همه برنامه‌ریزان به این واقعیت که کیفیت نیروی کار بر عملکرد تولیدی تأثیر می‌گذارد، واقفند و اذعان دارند که باید در تخمینهای مربوط به داده‌های نیروی کار، تغییرات کیفی آن را نیز در نظر گرفت.

از طرف دیگر، رابطه مستقیم میان رشد اقتصادی هر کشور با میزان سرمایه‌گذاری در آن کشور وجود دارد و هر چه بازدهی عامل سرمایه بیشتر باشد، آهنگ رشد اقتصادی در کشور نیز سریع‌تر خواهد بود. یکی از مشکلات کشورهای در حال توسعه، پایین بودن نسبت سرمایه‌گذاری به تولید ناخالص داخلی در این کشورها است؛ ضمن اینکه گاهی از همین سرمایه‌گذاری محدود نیز استفاده بهینه‌ای به عمل نمی‌آید و از این رو، بازدهی سرمایه در زمینه‌های مختلف به‌طور معمول پایین است. بکارگیری تکنولوژی کهنه و قدیمی، عدم توانایی در استفاده از ظرفیت کامل، عدم توجه کافی به امر تعمیر و نگهداری، کمبود نیروی کار متخصص و کارا در استفاده از عامل سرمایه و ضعف مدیریت، از جمله عواملی هستند که در بازدهی پایین سرمایه نقش حیاتی و تعیین‌کننده‌ای ایفا می‌کنند.

در مباحث اقتصادی، بعضی اقتصاددانان تکنولوژی را عاملی مستقل در تولید می‌دانند بعضی دیگر عاملی وابسته به زمان و عده‌ای نیز آن را عاملی وابسته به سرمایه‌گذاری می‌شناسند و بالاخره، برخی آن را عامل توضیح‌دهنده پسماند رشد می‌دانند که می‌تواند به وسیله سایر عوامل تولید ایجاد شود. توان یا ظرفیت تولیدی یک اقتصاد از یک سو بستگی به میزان عوامل تولید در دسترس آن اقتصاد و از طرف دیگر، بستگی به تکنولوژی موجود در آن جامعه دارد.

نکته‌ای که در مورد تکنولوژی قابل ذکر است؛ اینکه منظور از تکنولوژی در واقع تغییرات آن است، به بیان دیگر، در هر نوع تولید، چه در سطح یک بنگاه و چه در سطح کل صنایع می‌توان روش تولید موجود را، تکنولوژی نامید.

بنابراین، منظور از استفاده از تکنولوژی، تغییر در تکنولوژی موجود است.

البته، تغییر تکنولوژی علاوه بر آن که ممکن است باعث تولید بیشتر شود، می تواند منجر به تغییر کیفی آن و یا حتی ایجاد کالای جدید نیز بشود.

در نظریه های اقتصادی، تکنولوژی معمولاً به دو شکل تعریف می شود:

الف) تکنولوژی عاملی است که با استفاده از عوامل تولید یکسان با گذشته، امکان تولید بیشتر را فراهم می آورد؛ بر اساس این تعریف، تکنولوژی عاملی است که با به کار گرفتن آن و با هزینه ای برابر با قبل می تواند به تولیدی بیش از تولید گذشته دست یابد؛

ب) تکنولوژی عاملی است که با به کار گرفتن آن و با استفاده از عوامل تولید به مقدار کمتر از قبل، امکان تولیدی برابر با قبل را به ما می دهد. به بیان دیگر، بر اساس این تعریف، تکنولوژی عاملی است که با هزینه ای کمتر از گذشته، می تواند به تولیدی برابر با تولید قبلی برسد.

به طور کلی، تکنولوژی بر سه نوع است و می توان آن را به سه شکل مختلف زیر دسته بندی کرد:

۱. تکنولوژی خنثی: در صورتی که با به کار گرفتن تکنولوژی در نسبت عوامل تولید تغییری ایجاد نشود، به آن تکنولوژی خنثی گفته می شود.
۲. تکنولوژی سرمایه بر تکنولوژی است که نسبت عوامل تولید را به نفع سرمایه تغییر می دهد. این تکنولوژی، تکنولوژی کاراندوز نیز نامیده می شود.
۳. تکنولوژی کاربر: تکنولوژی است که نسبت عوامل تولید را به نفع نیروی کار تغییر می دهد. این تکنولوژی، تکنولوژی سرمایه اندوز نیز نامیده می شود.

بیان مسئله و فرضیات

ارتباط مستقیم بین رشد اقتصادی و بهره وری عوامل تولید از یک طرف، و تأثیر بسزای تحولات تکنولوژیکی بر رشد اقتصادی و بهره وری عوامل تولید از طرف دیگر، ما را بر آن داشت تا ابتدا بهره وری نهایی عوامل نیروی کار و سرمایه در بخشهای

مهم اقتصادی؛ یعنی کشاورزی و صنعت و سپس تحولات تکنولوژیکی عوامل تولید را در این دو بخش بررسی کرده، و مقایسه‌ای بین بهره‌وری و پیشرفت فنی این بخش‌ها به عمل آوریم. لذا، در این زمینه سئوالات زیر مطرح است:

- آیا بهره‌وری عوامل تولید (نیروی کار و سرمایه) در دو بخش کشاورزی و صنعت تفاوت دارند یا خیر؟

- آیا می‌توان گفت که پیشرفت فنی عوامل تولید در بخش کشاورزی و بخش صنعت متفاوت بوده‌اند یا خیر؟

برای دستیابی به پاسخ سئوالات فوق، فرضیات زیر جهت بررسی و آزمون مطرح می‌گردند:

الف) بهره‌وری نهایی نیروی کار در بخش کشاورزی، بیشتر از بهره‌وری نهایی نیروی کار در بخش صنعت است.

ب) بهره‌وری نهایی سرمایه در بخش صنعت، بیشتر از بهره‌وری نهایی سرمایه در بخش کشاورزی است.

ج) پیشرفت فنی نیروی کار در بخش صنعت، بیشتر از پیشرفت فنی نیروی کار در بخش کشاورزی است.

و) پیشرفت فنی سرمایه در بخش صنعت، بیشتر از پیشرفت فنی سرمایه در بخش کشاورزی است.

سوابق تحقیق مطالعات خارجی

بررسی «یورگنسون»^۱ (۱۹۶۷)، نخستین مطالعه منسجم در زمینه بهره‌وری بود که به بررسی نقش فناوری در تولید و چگونگی تفکیک سهم رشد نهاده‌ها و کارایی

1. Jorgenson

آنها در تولید معطوف گردیده است.^۱

«ستورامان»^۲ (۱۹۷۴)، بهره‌وری در بخشهای مختلف هندوستان را مطالعه کرد و به این نتیجه رسید که بهره‌وری در بخشهای خدمات و تجارت کاهش. در بخش معادن و جنگلداری افزایش و در سایر بخشها در حد فاصل قرار داشت.^۳

«کروگر»^۴ و «تenser»^۵ (۱۹۸۲)، نیز رشد بهره‌وری در صنایع ترکیه را مطالعه کردند. نتیجه مطالعات ایشان نشان داد که در صنایع دولتی و خصوصی رشد بهره‌وری یکسان بود، اما استفاده از منابع تولیدی در صنایع دولتی بیشتر بود. «کیمی»^۶ (۱۹۸۷)، با بررسی رشد بهره‌وری در صنایع لهستان نشان داد که سرمایه‌گذاری خارجی با رشد بهره‌وری صنایع همراه نبوده است و «چن و تانگ»^۷ (۱۹۹۰) در مطالعه خود نتیجه گرفتند که صادرات نه تنها موجب رشد بهره‌وری در صنایع تایوان گردیده؛ بلکه موجب افزایش بهره‌وری در سایر بخشها نیز شده است. مطالعات «باونلی»^۸ (۱۹۹۲) بیانگر این موضوع بود که در کشور برزیل بین بهره‌وری کل و رشد تولید رابطه‌ای مستقیم وجود دارد.^۹

«پیلات»^{۱۰} (۱۹۹۵)، بهره‌وری صنایع مختلف کره جنوبی را با بهره‌وری صنایع مشابه در اروپا و آمریکا مقایسه کرد. یکی دیگر از کارهای جدید در زمینه محاسبه بهره‌وری کل عوامل تولید به روش تحلیل شاخص مالم کوئیست توسط «لوئیس اورا»^{۱۱} (۲۰۰۰) انجام گرفت که به مطالعه پس‌انداز بانک‌ها در اسپانیا پرداخت و در این کار از تحلیل پارامتریک یک شاخص به جای تحلیل ناپارامتریک استفاده کرد.

۱. بهاره انتظاری، «اندازه‌گیری بهره‌وری کل عوامل تولید در صنعت قطعه‌سازی و مقایسه آن در سطح بین‌المللی (۱۳۶۸-۱۳۷۸)»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی، ۱۳۸۱، ص ۲.

2. Saturaman

۳. همان، ص ۹.

4. Kruger

5. Tenser

6. Cemmi

7. Chen and Tung

8. Bouneli

۹. همان، ص ۳.

10. Pilat

11. Luis Orea

نتیجه این تحقیق نشان داد که افزایش در بهره‌وری کل عوامل تولید در بانکها ناشی از افزایش پیشرفت تکنولوژیکی بود. همچنین بازده به مقیاس نیز اثر بخشی مثبتی بر رشد تولید داشت. «کروگر» (۲۰۰۱)، روند جهانی بهره‌وری کل عوامل تولید را در ۸۷ کشور جهان برای سالهای ۱۹۶۰ تا ۱۹۹۰ بررسی کرد و به این منظور از شاخص بهره‌وری مالم کوئیست و تحلیل فراگیر داده‌ها استفاده کرد. نتایج تحقیق نشان داد که بهره‌وری کل عوامل تولید و همچنین بهره‌وری نیروی کار در اغلب کشورها به استثنای کشورهای آسیایی از سال ۱۹۷۳ به بعد کاهش یافته است.^۱

مادوس، جاکوئین، پاستور، جاز، مانوئل، سرانو و لورنزو در سال ۲۰۰۰ به بررسی همگرایی تغییرات فنی، کارا و بهره‌وری در کشورهای عضو OECD پرداخته‌اند. هدف مطالعه آنها تحلیل همگرایی بهره‌وری نیروی کار در کشورهای عضو OECD طی سالهای ۹۰-۱۹۷۵ است. آنها یک روش مرزی غیر پارامتری را برای محاسبه شاخص بهره‌وری مالم کوئیست استفاده کرده‌اند. رشد بهره‌وری نیروی کار در پیشرفت فنی، تغییرات کارایی و تجمع نهاده بر کارگر توزیع شده است. برخلاف مطالعات دیگر، نتایج به دست آمده نشان می‌دهد تغییر فنی بر عکس همگرایی بهره‌وری نیروی کار عمل می‌کند؛ زیرا تغییر فنی کشورهای با بهره‌وری نیروی کار بالاتر، همیشه بیشتر بوده است.

«شستالوا ویکتوریا» (۲۰۰۳)، به بررسی تغییرات در بهره‌وری و کارایی در تولید برای یک نمونه یازده تایی از کشورهای عضو OECD در یک دوره ۲۰ سال با استفاده از روش تحلیل فراگیر داده‌ها (DEA)^۲ استاندارد با مرزهای هم‌زمان و DEA با مرزهای متوالی پرداخته است. این مقاله منابع رشد بهره‌وری را با استفاده از شاخصهای بهره‌وری صنعتی مالم کوئیست بررسی نموده است. بررسی شاخصها جایگزین وابسته به هم، امکان توجیه اختلاف بین آنها را فراهم می‌کند. این مطالعه

۱. همان، ص ۳.

مخالف این موضوع است که در صنایع دارای رکود تکنولوژیکی روش DEA با مرزهای متوالی، اندازه مناسبتر را برای توزیع تغییرات فنی ارزش DEA استاندارد ایجاد می‌کند.

«فوزیوان» (۲۰۰۴)، به بررسی صادرات، پیشرفت فنی و رشد بهره‌وری در صنایع تولیدی چین پرداخته‌است. در این مقاله اثرات صادرات بر روی رشد بهره‌وری عوامل کل (TFP)^۱ در بخش حمل و نقل صنایع تولیدی چین طی دوره ۱۹۹۰-۹۷ بررسی شده‌است. رشد بهره‌وری عوامل کل با استفاده از روش ناپارامتریک برآورد شده‌است. همچنین رشد بهره‌وری عوامل کل (TFP) شامل پیشرفت فنی و تغییرات کارایی بهره‌وری این بررسی، دال بر رشد مثبت بهره‌وری ناشی از صادرات در سطح صنایع به دست نیامده‌است. در این مطالعه پیشنهاد شده که برای رشد بهره‌وری عوامل کل و توسعه بازار داخلی، اتخاذ سیاست خارجی باز ضروریست.

مطالعات داخلی

«آذربایجانی» (۱۳۶۸)، به بررسی و مطالعه صنایع کشور به روش سنتی در طول سالهای ۱۳۴۶ تا ۱۳۶۴ پرداخت و از تابع تولید کاب - داگلاس با کشش جانشینی ثابت و برابر با یک و از دو شاخص سنتی بهره‌وری کندریک و سولو استفاده کرد. این شاخصها نشان دادند که صنایع ماشین‌آلات، ابزار و محصولات فابریکی، فلزات اساسی و شیمیایی در طول دوره مورد بررسی بیشترین بهره‌وری عوامل تولید را داشته‌است. «قطمیری و قادری» (۱۳۷۵)، عوامل مؤثر بر بهره‌وری صنایع کشور طی سالهای ۱۳۵۰ تا ۱۳۷۲ را اندازه‌گیری کردند و به این نتیجه رسیدند که روند بهره‌وری در صنایع غذایی، نساجی و چرم، کاغذ و مقوا و فلزات اساسی بر اساس شاخصهای بهره‌وری ابتدایی سولو و کندریک، دارای روند افزایشی و نیز در گروه صنایع کانی غیرفلزی در حال کاهش بوده‌است؛ اما بهره‌وری در گروههای صنایع ماشین‌آلات،

شیمیایی، چوب و محصولات آن، روند معینی را نشان نداد.

«بخشعلی» (۱۳۷۴)، به بررسی نقش تکنولوژی در ارتقای سطح بهره‌وری در شرکت تولیدی قوه پارس پرداخته که در آن پیشرفت فنی عوامل تولید در شرکت قوه پارس با استفاده از تابع کاب-داگلاس و تابع CES محاسبه شده و اثرات آن بر بهره‌وری عوامل بررسی گردیده است. همچنین، مقایسه‌ای بین پیشرفت فنی در صنایع مختلف با پیشرفت فنی شرکت قوه پارس به عمل آمده است.

«بتول رفعت» (۱۳۸۱)، در مطالعه خود به اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل بهره‌وری عوامل تولید در گروه‌های صنایع کارخانه‌ای ایران (۱۳۵۸-۱۳۷۸) پرداخته است. در این مطالعه، صنایع کارخانه‌ای کشور برحسب طبقه‌بندی بین‌المللی فعالیت‌های صنعتی به بیست و سه گروه صنعتی تقسیم شده است. در بررسی بهره‌وری جزئی، از شاخصهای جزئی بهره‌وری نیروی کار و بهره‌وری سرمایه به صورت نسبت ستاده به نهاده استفاده شده است و همچنین شاخص بهره‌وری کل تولید با استفاده از تابع سولو اندازه‌گیری و بررسی شده است. برای اندازه‌گیری بهره‌وری کل عوامل تولید از طریق شاخص سولو؛ توابع تولید مناسب هر بخش صنعتی، همچون تابع تولید با کشش جانشینی ثابت (CES) و تابع تولید لوملتچر، تعادلی، ترانسلوگ و دبرتین مورد استفاده قرار گرفته است.

«غلامرضا خاکسار» (۱۳۸۰)، در مطالعه خود به عنوان اندازه‌گیری و تحلیل بهره‌وری در صنعت آلومینیم کشور به اندازه‌گیری بهره‌وری در سطح شرکت ایرالکو، - تنها تولیدکننده آلومینیم در ایران - پرداخته است. در این پژوهش از تابع تولید خطی، تابع تولید کاب-داگلاس و تابع تولید با کشش جانشینی ثابت و روش حداقل مربعات معمولی استفاده شده است.

مبانی نظری تحقیق تابع تولید و پیشرفت فنی

عامل پیشرفت فنی در تابع تولید عاملی است که بدون تغییر حجم سرمایه و کار در تولید، سبب افزایش تولید می‌شود. به عبارت دیگر، پیشرفت فنی در زمان برحسب افزایش در حجم تولید Q با مقدار ثابت سرمایه K و کار L تعریف می‌شود و تابع تولید را می‌توان به شکل زیر نوشت:

$$Q = A(t)f(K, L) \quad (1)$$

در اینجا اثر پیشرفت فنی بر ترکیب کار و سرمایه خنثی است و $A(t)$ مستقل از کار و سرمایه خواهد بود. اما در واقع، پیشرفت تکنولوژی اثری فعال بر سرمایه و کار دارد و برای نشان دادن اثر فعال تکنولوژی بر رشد اقتصادی فرض می‌شود که تولید از تابع تولید کاب - داگلاس پیروی می‌کند.

$$Q = A(t)K^\alpha L^\beta \quad (2)$$

$$(\alpha + \beta) = 1$$

چون پیشرفت فنی اثراتی به صورت انقایی دارد و سطح تکنولوژی، خود بر سرعت رشد و ارتقای آن مؤثر است، می‌توان تابع تأثیر تکنولوژی را به صورت نمایی نسبت به زمان در نظر گرفت:

$$A(t) = e^{\lambda t} \quad (3)$$

در اینجا فرض بر این است که تغییرات تکنولوژیکی با نرخ ثابت λ انجام می‌شود. شکل عمومی تابع کاب - داگلاس به شکل زیر است:

$$Q = AL^\alpha K^\beta e^{\lambda t + \varepsilon} \quad (4)$$

- که در آن:
- Q : تولید کل
- t : روند زمان
- α : کشش (جزئی) نیروی کار
- A : ضریب ثابت
- λ : نرخ رشد تکنولوژی
- β : کشش (جزئی) سرمایه
- L : نیروی کار
- ε : جزء اخلاص
- K : موجودی سرمایه

برای اینکه تابع فوق قابل تخمین باشد و بتوان نرخ رشد تکنولوژی را از آن به دست آورد، بایستی تابع را به شکل خطی در آورد و برای این کار از تابع کاب-داگلاس فوق، لگاریتم می‌گیریم و آن را به شکل خطی تبدیل می‌کنیم:

$$\ln Q = \ln A + \alpha \ln L + \beta \ln K + \lambda t + \varepsilon \quad (5)$$

$$\ln Q = A_0 + \alpha \ln L + \beta \ln K + \lambda t + \varepsilon \quad (6)$$

همان طور که در بالا نیز اشاره شد λ (ضریب t) نرخ پیشرفت فنی، کل عوامل را نشان می‌دهد و بیانگر این مطلب است که با گذشت یک سال، تغییرات تولید تا چه میزان متأثر از گذشت زمان است، که این میزان تأثیر به پیشرفت فنی یا تکنولوژیک اصطلاح یافته است. از آن جا که این پیشرفت فنی به طور عمده از دو عامل نیروی کار و سرمایه نشأت می‌گیرد، لذا برای نشان دادن اثر پیشرفت فنی خالص هر یک از عوامل

تولید (کار و سرمایه) تابع تولید کاب - داگلاس را به صورت زیر می نویسیم^۱:

$$\ln Q = A_t + \alpha \ln L + \beta \ln K + \theta_t t + \frac{1}{4} \theta_{tt} t^2 + \theta_{lt} t \ln L + \theta_{lk} t \ln K + \varepsilon \quad (7)$$

که در آن:

Q : تولید کل

α : کشش (جزئی) نیروی کار

θ_{lt} : ضریب پیشرفت فنی خالص نیروی کار

L : نیروی کار

β : کشش (جزئی) سرمایه

θ_{lk} : ضریب پیشرفت فنی خالص سرمایه

K : موجودی سرمایه

θ_t : ضریب ثابت اثر خالص تکنولوژی

ε : جز اخلاص

t : روند زمان

θ_{tt} : ضریب اثر خالص تکنولوژی

A : ضریب ثابت

حال برای اینکه تأثیر پیشرفت فنی را روی رشد تولیدات به دست آوریم از تابع

فوق نسبت به روند زمان مشتق می گیریم:

$$\frac{\partial \ln Q}{\partial t} = \theta_t + \theta_{tt} t + \theta_{lt} \ln L + \theta_{lk} \ln K \quad (8)$$

1. R. Stevenson, "Measuring Technological Bias", *American Economic Review*, Vol.70, No.1 (1980), pp.162-173.

رابطه بالا اثر خالص پیشرفت فنی هریک از عوامل تولید (تکنولوژی، نیروی کار و سرمایه) را بر رشد تولید نشان می‌دهد که در آن:

$$(0_t + 0_{tt}) \text{ اثر خالص تکنولوژی}$$

$$(0_{tL}LnL) \text{ اثر خالص پیشرفت فنی حاصل از نیروی کار}$$

$$(0_{tk}LnK) \text{ اثر خالص پیشرفت فنی حاصل از سرمایه}$$

الگوی مورد استفاده در پژوهش

در این معادله برای تجزیه و تحلیل بهره‌وری نهایی عوامل تولید نیروی کار و سرمایه در بخشهای صنعت و کشاورزی از تابع تولید کاب-داگلاس استفاده شده است که از جمله مزیتها و ویژگیهای بارز این الگو آن است که ضرایب برآوردی عوامل، علاوه بر اینکه کشش جزئی هر کدام را بیان می‌کند، می‌تواند بیانگر بهره‌وری نهایی هر کدام از عوامل تولید (سرمایه و نیروی کار) باشد. داده‌های این معادله به صورت سری زمانی مربوط به سالهای ۱۳۷۹-۱۳۳۸ است که از داده‌های حسابهای ملی بانک مرکزی، بانک اطلاعاتی PDS، FAO و بانک اطلاعات مقاله‌ها و داده‌های اقتصادی ایران (IELDB2) جمع‌آوری شده‌اند و از روش حداقل مربعات معمولی جهت برآورد توابع استفاده شده است.

معادله برآوردی بخش کشاورزی به صورت زیر است:

$$LnY_1 = \alpha_1 + \alpha_{L_1} LnL_1 + \alpha_{K_1} LnK_1 + e_1 \quad (9)$$

در این معادله Y_1 ارزش افزوده بخش کشاورزی، α_1 ضریب ثابت عرض از مبدأ، α_{L_1} بهره‌وری نهایی نیروی کار یا کشش جزئی نیروی کار در بخش کشاورزی، α_{K_1} بهره‌وری نهایی سرمایه یا کشش جزئی سرمایه در بخش کشاورزی و e_1 جزء اخلاص محسوب می‌شود.

همچنین معادله برآوردی برای بخش صنعت به صورت زیر است:

$$\ln Y_2 = \alpha_2 + \alpha_{L_2} \ln L_2 + \alpha_{K_2} \ln K_2 + e_2 \quad (10)$$

در این معادله Y_2 ارزش افزوده بخش صنعت، α_2 ضریب ثابت عرض از مبدأ، α_{L_2} بهره‌وری نهایی نیروی کار یا کشش جزئی نیروی کار در بخش صنعت، α_{K_2} بهره‌وری نهایی سرمایه یا کشش جزئی سرمایه در بخش صنعت و e_2 جزء اخلال است. برای بررسی پیشرفت فنی عوامل تولید (نیروی کار و سرمایه) در بخش کشاورزی از الگوی زیر استفاده شده است:

$$\ln Y_1 = \beta_1 + \beta_L \ln L_1 + \beta_K \ln K_1 + \theta_{t_1} \cdot t + \frac{1}{2} \theta_{tt_1} t^2 + \theta_{tL_1} t \cdot \ln L_1 + \theta_{tK_1} t \cdot \ln K_1 + \varepsilon_1 \quad (11)$$

با توجه به رابطه (۸) در اینجا، $(\theta_{t_1} + \theta_{tt_1} t)$ اثر خالص پیشرفت تکنولوژی در بخش کشاورزی، $\theta_{tL_1} \ln L_1$ اثر خالص پیشرفت فنی حاصل از نیروی کار بخش کشاورزی و $\theta_{tK_1} \ln K_1$ اثر خالص پیشرفت فنی حاصل از سرمایه بخش کشاورزی را روی ارزش افزوده بخش کشاورزی نشان می‌دهد.

جهت بررسی پیشرفت فنی عوامل تولید در بخش صنعت نیز از الگوی زیر استفاده شده است:

$$\ln Y_2 = \beta_2 + \beta_{L_2} \ln L_2 + \beta_{K_2} \ln K_2 + \theta_{t_2} \cdot t + \frac{1}{2} \theta_{tt_2} t^2 + \theta_{tL_2} t \cdot \ln L_2 + \theta_{tK_2} t \cdot \ln K_2 + \varepsilon_2 \quad (12)$$

با توجه به رابطه (۸) در این معادله نیز، $(\theta_{t_2} + \theta_{tt_2} t)$ اثر خالص پیشرفت تکنولوژی در بخش صنعت، $\theta_{tL_2} \ln L_2$ اثر خالص پیشرفت حاصل از نیروی کار بخش صنعت و $\theta_{tK_2} \ln K_2$ اثر خالص پیشرفت حاصل از سرمایه بخش صنعت را روی ارزش

افزوده بخش صنعت نشان می‌دهد.

در این بررسی از آزمون نرمال بودن برای متغیرهای موجود در مدل و پسماندهای ایجاد شده در مدلهای برآورد شده، آزمون ریشه واحد دیکی - فولر تعمیم یافته (ADF) برای بررسی مانایی متغیرها، آزمون انگل - گرنجر برای بررسی هم‌انباشتگی سریها، آزمون LM برای بررسی خودهمبستگی، آزمون وایت برای بررسی ناهمسانی واریانس استفاده شده است.

سنجش، مقایسه و تحلیل بهره‌وری و پیشرفت فنی

الف) تابع تولید و بهره‌وری نهایی عوامل تولید

۱. الف) بخش کشاورزی

نتایج حاصل از تخمین تابع تولید در بخش کشاورزی به صورت زیر است:

$$\ln Y_1 = 0.43 \ln L_1 + 0.2 \ln K_1 + 0.04 t \quad (13)$$

t:
(26/95)
(3/41)
(17/74)

$$R^2 = 0.919 \quad \bar{R}^2 = 0.915 \quad D.W = 2.19 \quad F = 221.94$$

همانطور که در مدل مشاهده می‌شود، لگاریتم ضریب تکنولوژی یا پیشرفت فنی معادل ۰/۰۴ بوده و در دوره مورد بررسی تغییرات فنی مثبت بوده است. بهره‌وری نهایی نیروی کار معادل ۰/۴۳ بوده است یعنی با یک درصد افزایش در تعداد نیروی کار در بخش کشاورزی به اندازه ۰/۴۳ درصد افزایش در ارزش افزوده این بخش حاصل می‌شود. همچنین بهره‌وری نهایی سرمایه ۰/۲ است؛ یعنی با یک درصد افزایش در مقدار سرمایه ارزش افزوده به میزان ۰/۲ درصد افزایش می‌یابد. همچنانکه مشاهده می‌شود ضرایب محاسبه شده در سطح اطمینان بیش از ۹۹ درصد معنی‌دار است.

۲. الف) بخش صنعت

نتایج حاصل از برآورد تابع تولید در بخش صنعت به صورت زیر است:

$$\ln Y_t = \frac{0.42}{(12/2)} \ln L_t + \frac{0.15}{(4/83)} \ln K_t + \frac{0.37}{(2/88)} t + \frac{0.78}{(9/04)} AR(2) + \frac{0.97}{(51/1)} MA(1) \quad (14)$$

$$R^2 = 0.995 \quad \bar{R}^2 = 0.995 \quad D.W = 2/17 \quad F = 1833/8$$

با توجه به تابع برآورد شده، ضریب تکنولوژی یا پیشرفت فنی تولید طی دوره مورد بررسی، مثبت بوده و معادل ۰/۰۳۷ است. همچنین بهره‌وری نهایی نیرو در این بخش ۰/۴۲ است. به عبارتی با یک درصد افزایش در تعداد نیروی کار، ارزش افزوده این بخش ۰/۴۲ درصد افزایش می‌یابد. همچنین بهره‌وری نهایی سرمایه در این بخش معادل ۰/۱۵ است؛ یعنی با یک درصد افزایش در سرمایه، ارزش افزوده به میزان ۰/۱۵ درصد افزایش می‌یابد.

ب) تابع تولید و پیشرفت فنی

۱. ب) بخش کشاورزی

نتایج برآورد تابع تولید و پیشرفت فنی عوامل تولید در بخش کشاورزی به

صورت زیر است:

$$\ln Y_t = -\frac{11/23}{(-5/63)} + \frac{1/21}{(9/19)} \ln L_t + \frac{0.07}{(3/26)} \ln K_t + \frac{1/23}{(9/85)} t - \frac{0.07}{(-9/42)} \ln L_t - \frac{0.38}{(-3/25)} \ln K_t - \frac{0.91}{(-12/09)} MA(2) \quad (15)$$

$$R^2 = 0.996 \quad \bar{R}^2 = 0.996 \quad D.W = 2/1 \quad F = 170.9$$

نتایج برآوردها نشان می‌دهد که افزایش یک درصد در تعداد نیروی کار بخش کشاورزی ارزش افزوده این بخش را به اندازه ۱/۲۱ درصد افزایش می‌دهد. همچنین افزایش یک درصد در سرمایه، سبب افزایش ۰/۰۷ درصد ارزش افزوده بخش

کشاورزی شده است. اثر خالص پیشرفت فنی در بخش کشاورزی طی زمان مثبت است؛ اما پیشرفت فنی نیروی کار و پیشرفت فنی سرمایه در این بخش هر دو به مقدار کمی منفی هستند و قدر مطلق ضریب منفی نیروی کار بزرگتر از ضریب منفی سرمایه است. شاید بتوان یکی از دلایل اصلی تأثیر مثبت تعداد نیروی کار و تأثیر منفی پیشرفت فنی نیروی کار را بر روی ارزش افزوده بخش کشاورزی در مهاجرت نیروی کار جوان و به خصوص تحصیل کرده‌ها از بخش روستایی به بخش شهری دانست، چراکه در دوره‌های اخیر نیروی کار فعال و جوان، بخش روستایی، به دلیل تفاوت فاحش درآمد بین شهر و روستا، اقدام به مهاجرت نموده و منجر به کمبود نیروی کار فعال در روستاها شده‌اند؛ در نتیجه افزایش یک درصد بیشتر تعداد نیروی کار در بخش روستایی سبب افزایش بیشتری در ارزش افزوده بخش کشاورزی می‌شود. از طرفی به جهت کم توجهی به مسئله آموزش در بخش کشاورزی، و همچنین افزایش تخصص و مهارت و به خصوص تحصیلات نیروی کار در بخش کشاورزی، قبل از اینکه این امر منجر به افزایش بازده در این بخش شود موجب ایجاد شرایط مساعد برای مهاجرت جوانان از بخش روستایی می‌شود. گاهی، تخصصهای کسب شده توسط نیروی کار با شغل‌های تصاحب شده توسط آنها سازگاری و تناسب چندانی ندارد، و از این رو پیشرفت فنی نیروی کار در این بخش منفی شده است. با توجه به این که سرمایه به عنوان عامل مکمل نیروی کار محسوب می‌شود و تأثیر مثبت بر ارزش افزوده بخش کشاورزی دارد ولی تغییرات فنی آن منفی بوده است. تغییرات سرمایه در این مدت بیشتر کمی بوده است تا کیفی؛ چرا که پیشرفت فنی و تکنولوژیکی سرمایه طی زمان مورد بررسی منفی بوده است.

۲. ب) بخش صنعت

نتایج حاصل از تخمین تابع تولید و پیشرفت فنی عوامل تولید در بخش صنعت به صورت زیر است:

$$\begin{aligned} \ln Y_t = & 14/3 - 0/66 \ln L_t + 0/078 \ln K_t - 0/41 t - 0/002 t^2 \\ & + 0/037 t \ln L_t + 0/008 \ln K_t + 0/97 DUM - 0/16 DUM \ln K_t \\ & - 0/99 MA(1) \end{aligned} \quad (16)$$

$$R^2 = 0/998 \quad \bar{R}^2 = 0/998 \quad D.W = 1/56 \quad F = 2488$$

همچنان که در نتایج برآوردی تابع فوق مشاهده نمی‌شود، بهره‌وری نهایی نیروی کار از نظر کمی در بخش صنعت منفی است که ازدحام نیروی کار در بخش صنعت موجبات این امر را فراهم آورده است و با کاهش تعداد کارگران در صنایع، بهره‌وری نیروی کار معادل ۰/۶۶- افزوده می‌گردد، ولی بهره‌وری سرمایه مثبت و معادل ۰/۰۷۸ است.

پیشرفت فنی نیروی کار و پیشرفت فنی سرمایه طی زمان مورد بررسی بر خلاف بخش کشاورزی مثبت و به ترتیب معادل ۰/۰۳۷ و ۰/۰۰۸ بوده است. بنابراین، می‌توان گفت که پیشرفت فنی عوامل تولید بخش صنعت بیشتر از پیشرفت فنی عوامل تولید در بخش کشاورزی بوده است.

مقایسه بهره‌وری نهایی نیروی کار و سرمایه در بخش کشاورزی و بخش صنعت

با توجه به نتایج برآوردهای مربوط به تابع تولید بخش کشاورزی و تابع تولید بخش صنعت مشاهده می‌شود که بهره‌وری نهایی نیروی کار در بخش کشاورزی ۰/۴۳ و بهره‌وری نهایی نیروی کار در بخش صنعت ۰/۴۲ بوده است. در اینجا فرضیه تحقیق؛ مبنی بر اینکه بهره‌وری نهایی نیروی کار در بخش کشاورزی بیشتر از بهره‌وری نهایی نیروی کار در بخش صنعت است به صورت زیر مطرح و آزمون می‌شود:

$$H_0: \alpha_{L1} \leq \alpha_{L2}$$

$$H_1: \alpha_{L1} > \alpha_{L2}$$

با فرض اینکه α_{L1} و α_{L2} دارای توزیع نرمال بوده و مستقل از هم هستند، می توان آزمون t را به صورت زیر نوشت:

$$t = \frac{\alpha_{L1} - \alpha_{L2}}{\sqrt{Var(\alpha_{L1}) + Var(\alpha_{L2})}} = \frac{0/43 - 0/42}{\sqrt{0/000259 + 0/001201}} = \frac{0/01}{0/03821} = 0/26$$

با توجه به اینکه مقدار t محاسبه شده کوچکتر از t جدول است، لذا با اطمینان بیش از ۹۹ درصد می توان گفت که فرض H_0 رد نمی شود. به عبارت دیگر می توان گفت که بین بهره‌وری نهایی نیروی کار بخشهای صنعت و کشاورزی تفاوت معنی دار وجود ندارد.

بهره‌وری نهایی سرمایه در بخش صنعت معادل ۰/۱۵ و بهره‌وری نهایی سرمایه در بخش کشاورزی معادل ۰/۲ بوده است. یا به عبارتی بر خلاف فرضیه تحقیق، بهره‌وری نهایی سرمایه در بخش صنعت بیشتر از بهره‌وری نهایی سرمایه در بخش کشاورزی نیست. لذا، فرضیه تحقیق به صورت زیر مطرح و آزمون می شود:

$$H_0: \alpha_{K2} \leq \alpha_{K1}$$

$$H_1: \alpha_{K2} > \alpha_{K1}$$

با فرض نرمال بودن توزیع α_{K1} و α_{K2} و همچنین مستقل بودن این دو با هم می توان فرضیه تحقیق را به صورت زیر آزمون نمود:

$$t = \frac{\alpha_{K2} - \alpha_{K1}}{\sqrt{Var(\alpha_{K2}) + Var(\alpha_{K1})}}$$

$$t = \frac{0/15 - 0/2}{\sqrt{0/000975 + 0/003556}} = -0/7428$$

همانطور که مشاهده می‌شود، چون آماره t محاسبه شده کمتر از t جدول است لذا نمی‌توان فرض H_0 را رد کرد و یا به عبارتی نمی‌توان گفت که بهره‌وری نهایی سرمایه در بخش صنعت بیشتر از بهره‌وری سرمایه در بخش کشاورزی است.

مقایسه پیشرفت فنی بخش کشاورزی و بخش صنعت

اثر خالص پیشرفت فنی نیروی کار در بخش کشاورزی منفی، و در بخش صنعت مثبت است؛ یعنی از نظر تحولات فنی و تکنولوژیکی نیروی کار، گذشت زمان تأثیر منفی در بخش کشاورزی و تأثیری مثبت در بخش صنعت بر رشد ارزش افزوده بخشهای مربوط داشته است؛ به گونه‌ای که میانگین پیشرفت فنی نیروی کار در بخش کشاورزی $1/15-$ و در بخش صنعت $0/529+$ بوده است. همچنان که مشاهده می‌شود، پیشرفت فنی نیروی کار بخش صنعت بیشتر از بخش کشاورزی بوده است. در اینجا فرضیه تحقیق در مورد اینکه پیشرفت فنی نیروی کار در بخش صنعت بیشتر از پیشرفت فنی نیروی کار در بخش کشاورزی است، آزمون مربوطه به صورت زیر مطرح می‌شود:

$$H_0: \theta_{tL_2} LnL_2 \leq \theta_{tL_1} LnL_1$$

$$H_1: \theta_{tL_2} LnL_2 > \theta_{tL_1} LnL_1$$

با فرض اینکه LnL_1 و LnL_2 دارای توزیع نرمال بوده و مستقل از هم باشند می‌توان آزمون t را به شکل زیر به کار گرفت:

$$t = \frac{0/37 Ln\hat{L}_2 - (-0/077 Ln\hat{L}_1)}{\sqrt{Var(-0/37 Ln\hat{L}_2) + Var(-0/077 Ln\hat{L}_1)}}$$

$$t = \frac{0/529 - (-1/15)}{\sqrt{0/00013 + 0/0001}} = \frac{1/679}{0/015} = 112$$

چون t محاسبه شده از t جدول بزرگتر است، لذا فرض خلاف (فرض H_0) رد شده و فرضیه تحقیق (فرض H_1) پذیرفته می‌شود. بنابراین، می‌توان گفت که بخش صنعت از نظر پیشرفت فنی نیروی کار وضعیت بهتری نسبت به بخش کشاورزی داشته‌است.

پیشرفت فنی سرمایه در بخش کشاورزی تأثیر منفی و در بخش صنعت تأثیر مثبت بر روی ارزش افزوده بخشهای مربوطه داشته‌است. طی دوره مورد بررسی متوسط پیشرفت فنی سرمایه در بخش کشاورزی $-0/0165$ و متوسط پیشرفت فنی سرمایه در بخش صنعت $+0/0488$ بوده‌است. براساس فرضیه تحقیق «پیشرفت فنی سرمایه در بخش صنعت بیشتر از پیشرفت فنی سرمایه در بخش کشاورزی است». لذا، فرضیه تحقیق را به صورت زیر نوشته و آزمون می‌کنیم:

$$H_0: \theta_{ik_2} \ln K_2 \leq \theta_{ik_1} \ln K_1$$

$$H_1: \theta_{ik_2} \ln K_2 > \theta_{ik_1} \ln K_1$$

یا:

$$H_0: 0/008 \ln K_2 \leq -0/0038 \ln K_1$$

$$H_1: 0/008 \ln K_2 > -0/0038 \ln K_1$$

با فرض اینکه $\ln K_1$ و $\ln K_2$ دارای توزیع نرمال بوده و مستقل از هم باشند می‌توان آزمون آماده t را بصورت زیر نوشت:

$$t = \frac{0/008 \ln \hat{K}_2 - (-0/0038 \ln \hat{K}_1)}{\sqrt{\text{Var}(0/008 \ln \hat{K}_2) + \text{Var}(-0/0038 \ln \hat{K}_1)}}$$

$$t = \frac{0/0488 - (-0/0165)}{\sqrt{0/000000011 + 0/000000007}} = 192$$

در سطح اطمینان ۹۹ درصد چون t محاسبه شده بیشتر از t جدول است، لذا فرض H_0 رد می‌شود و نقیص آن پذیرفته است؛ یعنی در این سطح اطمینان می‌توان گفت که پیشرفت فنی سرمایه در بخش صنعت بیشتر از پیشرفت فنی سرمایه در بخش کشاورزیست.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج بررسیهای به عمل آمده، می‌توان گفت که بهره‌وری نهایی نیروی کار در بخش کشاورزی با رقمی معادل ۰/۴۳، بیشتر از بهره‌وری نهایی سرمایه در بخش کشاورزی که معادل ۰/۲ است، خواهد بود. و همچنین از بهره‌وری نهایی نیروی کار و بهره‌وری نهایی سرمایه در بخش صنعت که به ترتیب معادل ۰/۴۲ و ۰/۱۵ بوده، بیشتر به نظر می‌رسد. البته، در برآورد تابع تولید و پیشرفت فنی - که اثرات تغییرات کمی و کیفی عوامل نیروی کار و سرمایه بخشهای مورد بررسی بر روی ارزش افزوده آنها تفکیک شده است، نتایج نشان می‌دهد که اثرات تغییرات کمی نیروی کار و سرمایه هر دو بر روی ارزش افزوده بخش کشاورزی مثبت ولی اثرات تغییرات کمی نیروی کار بخش صنعت بر روی ارزش افزوده آن بخش منفی و اثرات تغییرات کمی سرمایه روی ارزش افزوده آن مثبت بوده است. در حالی که اثرات تغییرات کیفی نیروی کار و سرمایه بخش کشاورزی منفی و اثرات تغییرات کیفی نیروی کار و سرمایه بخش صنعت مثبت بوده است.

شاید بتوان یکی از دلایل بالا بودن بهره‌وری نهایی نیروی کار در بخش کشاورزی را در کاهش نسبی نیروی کار در این بخش دانست. با توجه به اطلاعات سالهای ۱۳۳۸ - ۱۳۷۹ متوسط نرخ رشد ارزش افزوده بخش کشاورزی به روش نرخ رشد نهایی، طی سالهای مورد بررسی، معادل ۴/۱۵ درصد است در حالی که متوسط رشد نیروی کار بخش کشاورزی به روش نرخ رشد نهایی طی سالهای مورد بررسی ۰/۱۳ - درصد را نشان می‌دهد؛ یعنی تأثیر منفی بر رشد ارزش افزوده داشته است و

این رقم رشد، کمتر از مقدار مشابه آن در بخش صنعت - معادل ۲/۳۹ درصد - را می‌نمایاند. چنانچه با فرض ثبات سایر شرایط، میزان رشد نیروی کار در بخش کشاورزی با رشد نیروی کار در بخش صنعت معادل می‌شدند، اثرات رشد نیروی کار بخش کشاورزی بر روی ارزش افزوده آن مثبت می‌شد.

مقایسه بهره‌وری نهایی نیروی کار بخش کشاورزی با بهره‌وری نهایی نیروی کار بخش صنعت نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری بین بهره‌وری نهایی نیروی کار در دو بخش وجود نداشته و همچنین بهره‌وری نهایی سرمایه در دو بخش کشاورزی و صنعت نیز تفاوت معنی‌داری ندارد.

از نظر پیشرفت فنی؛ پیشرفت فنی نیروی کار و سرمایه در بخش صنعت مثبت و در بخش کشاورزی منفی بوده‌است. به عبارتی، بخش صنعت از نظر پیشرفت فنی عوامل وضعیت بهتری نسبت به بخش کشاورزی داشته‌است.

فهرست منابع:

۱. آذربایجانی، کریم. «اندازه‌گیری بهره‌وری صنایع کشور». پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه اصفهان، ۱۳۶۸.
۲. انتظاری، بهاره. «اندازه‌گیری بهره‌وری کل عوامل تولید در صنعت قطعه‌سازی و مقایسه آن در سطح بین‌المللی (۷۸-۱۳۶۸)». پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علامه طباطبائی، دانشکده اقتصاد، ۱۳۸۱.
۳. بخشعلی، صفی‌اله. «بررسی نقش تکنولوژی در ارتقاء سطح بهره‌وری بررسی موردی: شرکت قوه پارس». پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علامه طباطبائی، دانشکده اقتصاد، ۱۳۷۴.
۴. بیدرام، رسول. *Eviews* همگام با اقتصادسنجی. تهران: منشور بهره‌وری، ۱۳۸۱.
۵. خاکسار، غلامرضا. «اندازه‌گیری و تحلیل بهره‌وری در صنعت آلومینیوم کشور». پژوهش‌های اقتصادی مدرس، شماره ۲، ۱۳۸۰.
۶. رفعت، بتول. «اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل بهره‌وری عوامل تولید در گروه‌های صنایع کارخانه‌ای ایران». پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه اصفهان، ۱۳۸۱.
۷. زراءنژاد، منصور و لرکی بختیاری. «برآورد تابع تولید شرکت لوله‌سازی اهواز». پژوهش‌های اقتصادی ایران، شماره ۱۹، ۱۳۸۳.
۸. کرباسی، علیرضا. خاکسار آستانه، حمیده. «بررسی ارتباط متقابل بخش‌های صنعت و کشاورزی - مطالعه موردی ایران». پژوهش‌های اقتصادی ایران، شماره ۱۵، ۱۳۸۲.
۹. گجراتی، دامودار. مبانی اقتصادسنجی. ترجمه حمید ابریشمی. جلد دوم، تهران: انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۸.
۱۰. نوفرستی، محمد. ریشه واحد و جمعی در اقتصادسنجی. تهران: مؤسسه خدمات فرهنگی رسا، ۱۳۷۸.
11. Fu-Xiaolan. "Exports, Technical Progress and Productivity Growth in Chinese Manufacturing Industries", 2004.
12. Joaquin, M. Jose-Manual, Lorenzo, S. "Convergence in OECD Countries: Technical Change, Efficiency and Productivity", *Applied-Economics*, 32(6) (2000): 757-65.
13. Stevenson, R. "Measuring Technological Bias", *American Economic Review*, Vol.70, No.1 (1980) pp.162-173.
14. Victoria, Sh. "Sequential Malmquist Indices of Productivity Growth: An Application to OECD Industrial Activities", *Journal of Productivity Analysis*, 19(2-3) (2003).