

سنجش رشد بهره‌وری عوامل تولید (TFP) و اثر مقیاس بر مبنای تابع تجزیه پذیر مرزی (مطالعه موردی صنایع ایران)

دکتر محمدنبی شهیکی تاش¹

الهام شیوایی²

چکیده

در این مقاله نرخ پیشرفت فنی (TP) و بهره‌وری عوامل تولید (TFP) بر مبنای رویکرد مرز تصادفی (SFA) در 140 صنعت ایران بررسی شده است. یافته‌های تحقیق بیانگر آن است که بیشترین رشد پیشرفت فنی در طی دوره 1374 تا 1386 مربوط به صنایع تولید مواد پلاستیکی به شکل اولیه و ساخت لاستیک مصنوعی، صنایع تولید وسایل نقلیه موتوری و صنایع تولید محصولات اولیه آهن و فولاد بوده است. همچنین یافته‌های این تحقیق موید آن است که اولاً متوسط رشد TFP در طی دوره مورد بررسی 1/28 بوده و ثانیاً بیشترین نقش در رشد TFP را پیشرفت فنی و پس از آن تغییرات تکنیکی در بخش صنعت داشته است و صنایع تولید قطعات و ملحقات برای وسایل نقلیه موتوری، تولید وسایل نقلیه موتوری، تولید سایر محصولات غذایی طبقه‌بندی نشده در جای دیگر و تولید محصولات اولیه آهن و فولاد بیشترین نرخ رشد TFP را داشته‌اند.

واژگان کلیدی: پیشرفت فنی، صرفه‌های مقیاس، کارایی، تجزیه‌پذیری، بهره‌وری عوامل تولید (TFP)

Keywords: Technical Progress, Economies of Scale, Efficiency, Decomposition, Total Factor Productivity (TFP).

JEL Classification: D16, L83.

¹. دکتری اقتصاد، استادیار دانشکده مدیریت و اقتصاد دانشگاه سیستان و بلوچستان mohammad_tash@yahoo.com

². دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مدیریت و اقتصاد دانشگاه سیستان و بلوچستان

1- مقدمه

در اقتصاد بهره‌وری را می‌توان به عنوان نسبت ستانده به داده برای واحد مورد بررسی تعریف کرد. بهره‌وری کل به میزان بهره‌وری با در نظر گرفتن کل عوامل تولید و کل محصولات اشاره دارد. تغییر در بهره‌وری می‌تواند به چند دلیل رخ دهد. در چارچوب ایستا و در هر نقطه از زمان، بنگاه می‌تواند با بهبود کارایی فنی به بهره‌وری بالاتری دست یابد. بهره‌وری و کارایی اگرچه به شکل عمومی به عنوان مترادف به کار می‌روند اما باید میان آنها تفاوت قائل شد، چرا که یک بنگاه می‌تواند کارا عمل کند اما همچنان قادر باشد که بهره‌وری خود را بهبود دهد. این بهبود با استفاده از انتخاب مقیاس مناسب حاصل می‌شود¹. بنابراین انتخاب مقیاس نیز عامل دیگری در تعیین بهره‌وری بنگاه است. با تعمیم چارچوب تحلیل به حالت پویا و وارد کردن عامل زمان، می‌توان از تغییرات فناوری به عنوان یک عامل دیگر تغییرات بهره‌وری اشاره کرد. تغییرات فناوری باعث انتقال مرز امکانات تولید به سمت بالا شده و به ازای مقادیر نهاده داده شده، امکان دستیابی به ستانده بیشتر را به بنگاه می‌دهد. به طور کلی می‌توان روش‌های تحلیل بهره‌وری را به چهار دسته تقسیم کرد: 1- روش‌های مبتنی بر تخمین‌های اقتصادسنجی توابع هزینه یا تولید²، 2- روش‌های مبتنی بر شاخص‌های بهره‌وری کل عوامل تولید³ (این روش‌ها شامل محاسبه شاخص دیویژیا⁴، شاخص تورنکوئیست⁵ هستند)، 3- تحلیل پوششی داده‌ها⁶ (که مهمترین کمیت مورد استفاده شاخص مالمکوئیست⁷ است) و 4- روش تحلیل مرزی تصادفی⁸.

1. کارآیی به معنای استفاده بهینه از امکانات سازمان برای دستیابی به اهداف است و با محاسبه نسبت خروجی واقعی به خروجی استاندارد (مرز امکانات تولید) به دست می‌آید و اثر بخشی به معنای انتخاب درست اهداف است. هر جا که بحث هدف و دستیابی به هدف مطرح است با بحث اثربخشی سروکار داریم. عبارتی هنگامی فعالیتی اثربخش است که بتواند هدف سازمان را تامین کند اما بحث کارایی بحث چگونگی رسیدن به هدف است. اگر هر دو با هم باشند یعنی درست انجام دادن کارهای درست (نزدیک بودن به مرز امکانات تولید) یا جمع کارایی و اثربخشی، در این حالت بهره‌وری داریم. اما پیشرفت فنی بیانگر میزان افزایش در تولید با فرض ثابت بودن نهاده‌های تولید است.

2. Least Square Econometric Production Models

3. Total Factor Productivity Indices

4. Divisia

5. Tornqvist

6. Data Envelopment Analysis

7. Malmquist

8. Stochastic Frontiers

دو روش اول غالباً مبتنی بر داده‌های سری زمانی بوده و معیاری از تغییرات فناوری و یا بهره‌وری کل عوامل را ارایه می‌نمایند. هر دو روش مبتنی بر این فرضند که بنگاه‌ها از لحاظ فنی کارا هستند. اما روش‌های سوم و چهارم معمولاً بر روی نمونه‌ای از بنگاه‌ها در یک نقطه از زمان اعمال شده و معیاری از کارایی نسبی میان بنگاه‌ها را ارایه می‌دهند. شاخص‌های بهره‌وری کل چند وجهی¹ می‌توانند به مانند روش‌های سه و چهار برای مقایسه بهره‌وری نسبی گروهی از بنگاه‌ها در یک نقطه از زمان به کار روند. همچنین در صورت در دسترس بودن داده‌های تابلویی می‌توان از روش‌های تحلیل پوششی و تحلیل مرزهای تصادفی برای اندازه‌گیری تغییرات فنی و تغییرات کارایی نیز استفاده کرد (باتیس و کولی، 1998).

همچنین می‌توان روش‌های یک و چهار پارامتری و دو روش دیگر را ناپارامتری دانست، چرا که دو روش اول نیازمند تخمین اقتصادسنجی توابع پارامتریک هستند در حالی که دو روش دیگر این چنین نیستند. همچنین روش اول پایه تحقیق جاری می‌باشد که توسط فارل² (1957)، آیگنر و چاو³ (1968)، آیگنر، لاؤل و اشمیدت⁴ (1977)، برندت و وود⁵ (1986)، لاؤل و ریچاردسون⁶ (1990)، لاؤل⁷ (1993)، کولی⁸ (1994)، باتیس و کولی⁹ (1995)، باسو و فرنالده¹⁰ (1995)، هجالمارسون و همکاران¹¹ (1996)، کالیراجان و زائو¹² (1996)، کولی و پرلمن¹³ (1999) و لاؤل و اشمیدت¹⁴ (2007) مورد استفاده و تکوین قرار گرفت.

این مقاله بدنبال سنجش بهره‌وری کل عوامل تولید (TFP) در 140 صنعت کد چهار ISIC بر مبنای رویکرد مرز تصادفی می‌باشد. در راستای نیل به این هدف، ابتدا مبانی نظری تابع تجزیه‌پذیر

¹. Multilateral TFP Indices

². Farrell

³. Aigner and Chu

⁴. Aigner, Lovell and Schmidt

⁵. Berndt and Wood

⁶. Lovell and Richardson

⁷. Lovell

⁸. Coelli

⁹. Battese and Coelli

¹⁰. Basu and Fernald

¹¹. Hjalmarsson and et.al

¹². Kalirajan and Zhao

¹³. Coelli and Parelman

¹⁴. Lovell and Schmidt

مرز تصادفی ارایه می‌شود که بر مبنای آن می‌توان بهره‌وری کل عوامل تولید (TFP) را محاسبه نمود. سپس به روش برآورد تابع تجزیه‌پذیر تصادفی بر مبنای روش حداکثر درست‌نمایی (MLE)¹ و نتایج حاصل از آن اشاره می‌گردد و در نهایت به جمع‌بندی یافته‌های تحقیق و پیشنهادات سیاستی پرداخته خواهد شد.

2- مبانی نظری

یکی از بهترین معیارهای ارزیابی عملکرد یک صنعت، ارزیابی مرز کارایی² در صنعت است که توسط باتیس و کولی (1995)³ معرفی شده است. طبق مدل باتیس و کولی فرض می‌کنیم که رابطه بین نهاده‌ها (X_{it}) و ستاده‌ها (Q_{it}) را می‌توان با استفاده از تابع تولید تقریب زد که i نشان‌دهنده بنگاه و t سال است. بنابراین مرز تولید که متناظر با بهترین تابع تجربی است بصورت زیر تعریف می‌شود:

$$\frac{dY}{Y} + \frac{dP}{P} - \sum_i \theta_i \left(\frac{dX_i}{X_i} + \frac{dW_i}{W_i} \right) - (1 - \sum \theta_i) \left(\frac{dK}{K} + \frac{dW_K}{W_K} \right) = \beta \left(\left(\frac{dY}{Y} + \frac{dP}{P} \right) - \left(\frac{dK}{K} + \frac{dW_K}{W_K} \right) \right)$$

که Q_{it}^F سطح تولید بالقوه⁴ بروی مرز تولید در دوره t برای بنگاه i است که یک تابع پیوسته⁵، اکیداً فزاینده⁶ و شبه مقعر⁷ بوده و X_{it} یک بردار مرتبه K از نهاده‌ها است. برای برآورد مرز تصادفی می‌توان جز استوکاستیک $v_{it} - u_{it}$ را در تابع تولید تعریف و تابع تولید را بصورت زیر مجدداً بیان نمود:

$$Q_{it} = F(X_{it}, t) \exp\{v_{it} - u_{it}\}$$

¹ Maximum Likelihood Estimation

² Evolution of Frontier Efficiency

³ Battese, G. and Coelli, T. (1995). "A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function and Panel Data", *Empirical Economics*, Vol. 20, 325-332.

⁴ Potential Output Level

⁵ Continuous

⁶ Strictly Increasing

⁷ Quasi - Concave

$(v_{it} - u_{it})$ جزء خطای ترکیبی است که v_{it} متغیر تصادفی بوده و بیانگر عوامل برونزا و شوک‌های تصادفی¹ است و u_{it} یک متغیر تصادفی که عوامل درونزا و ناکارایی تکنیکی تولید را نشان می‌دهد که اصطلاحاً به آن خطای کارایی تکنیکی می‌گویند. معمولاً u_{it} بزرگتر یا مساوی با صفر است و فرض شده که مستقل از خطای تصادفی v_{it} می‌باشد. لذا در این تحقیق، کارایی فنی صنایع کشور با استفاده از مدل تابع مرزی تصادفی زیر اندازه‌گیری شده است:

$$Q_{it} = f(x_{it}, \beta) \exp(\varepsilon_{it}) = f(x_{it}, \beta) \exp(v_{it} - u_{it})$$

$$\varepsilon_{it} = v_{it} - u_{it}$$

$$v_{it} \cong iid N(0, \sigma_v^2)$$

$$u_{it} \cong iid N(m_{it}, \sigma_u^2)$$

$$u_{it} \geq 0$$

در مدل فوق، $f(\cdot)$ شکل تابع مناسب، y_{it} ستانده واحد i ام در زمان t و x_{it} بردار عوامل تولیدی برای واحد i ام در زمان t می‌باشد. متغیرهای u_{it} و v_{it} نیز بترتیب بیانگر میزان عدم کارایی و سایر اختلالات آماری در مدل هستند. u_{it} ، دارای توزیع نرمال بریده شده در نقطه صفر با میانگینی برابر با m_{it} می‌باشد.

در این مدل بجای واریانس‌های σ_v^2 و σ_u^2 ، دو پارامتر واریانس (σ^2) و γ که بترتیب $\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$ و $\gamma = \sigma_u^2 / (\sigma_v^2 + \sigma_u^2)$ جایگزین و برآورد می‌شوند. پارامتر γ در واقع معنی‌دار بودن جزء عدم کارایی و اثر آن در مدل را ارزیابی می‌نماید. این پارامتر در فرآیند حداکثرسازی تکراری برآورد گردیده و مقداری بین صفر و یک را اختیار می‌کند. γ هنگامی برابر با صفر است که $\sigma_u^2 = 0$ یا $\sigma_v^2 = \infty$ باشد، جزء عدم کارایی از مدل حذف و مدل $Q_{it} = f(x_{it}, \beta) \exp(\varepsilon_{it})$ به یک مدل رگرسیونی معمولی تبدیل می‌شود. در شرایطی که $\gamma \rightarrow 1$ ، در این حالت مدل مذکور به مدل تابع مرزی معین نزدیک خواهد شد.

¹. Random Shocks

در این مقاله بر مبنای تابع تولید، بهره‌وری عوامل تولید با استفاده از تجزیه تابع مرز کارا استخراج شده است. تجزیه رشد TFP به عوامل به ما کمک می‌کند که بخوبی تغییرات نوآوری و تطبیق بنگاه‌ها با تکنولوژی جدید را بررسی و سرعت انتشار تکنولوژی را ارزیابی نمائیم (کالیراجان و زائو، 1996: 331).

اکنون اگر از تابع $Q_{it} = F(X_{it}, t) \exp\{v_{it} - u_{it}\}$ که نشان دهنده تابع مرزی تصادفی است، لگاریتم گرفته و دیفرانسیل کامل آن را بدست آوریم خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{it} &= \frac{d\ln F(L_{it}, K_{it}, t)}{dt} - \frac{du_{it}}{dt} + \frac{dv_{it}}{dt} \\ &= \frac{\partial \ln F(L_{it}, K_{it}, t)}{\partial t} + \sum_{J=K,L} \frac{\partial \ln F(L_{it}, K_{it}, t)}{\partial J_{it}} \frac{dJ_{it}}{dt} - \frac{du_{it}}{dt} \\ &= TP_{it} + \sum_{J=K,L} e_{it}^J \frac{dJ_{it}}{dt} - \frac{du_{it}}{dt} \end{aligned}$$

که TP_{it} نرخ پیشرفت فنی است و به صورت زیر بدست می‌آید:

$$TP_{it} = \frac{\partial \ln F(L_{it}, K_{it}, t)}{\partial t} = \alpha_t + \beta_{it} t + \beta_{iL} (\ln L_{it}) + \beta_{iK} (\ln K_{it})$$

اگر تغییرات تکنولوژی خنثی نباشد آنگاه ممکن است TP_{it} برای نهاده‌های متفاوت تغییر نماید. کولی و باتیس (1988) این تغییرات را بصورت زیر محاسبه نمودند:

$$TP_{it} = \sqrt{\left(1 + \frac{\partial \ln F(L_{it}, K_{it}, t)}{\partial t}\right) \left(1 + \frac{\partial \ln F(L_{it}, K_{it}, t+1)}{\partial(t+1)}\right)} - 1$$

همچنین سمت راست معادله \dot{Q}_{it} رشد نهاده‌ها بصورت موزون را محاسبه می‌کند که وزن‌ها در این شاخص کشش ستاده (e_{it}^J) نسبت به نهاده J می‌باشند. به عبارتی:

$$TFP \equiv \dot{Q}_{it} - \sum_{J=K,L} e_{it}^J \frac{dJ_{it}}{dt}$$

با توجه به دو رابطه اخیر و در شرایط بازدهی ثابت به مقیاس، به این نتیجه می‌رسیم که رشد TFP شامل دو مولفه‌ی پیشرفت تکنیکی (که متناظر با نوآوری و انتقال در مرز تکنولوژی است) و کارایی تکنیکی می‌باشد.

$$TFP = TP_{it} - \frac{du_{it}}{dt}$$

$-\frac{du_{it}}{dt}$ بیانگر تغییرات کارایی تکنیکی است که ممکن است به مرز کارایی نزدیک یا دور شود. همان‌طور که در $-\frac{du_{it}}{dt}$ مشخص است این نسبت از تغییرات منفی عدم کارایی در طی زمان بدست می‌آید.

از آنجا که در این تحقیق از تابع تولید ترانسلوگ استفاده شده است، کشش ستاده نسبت به نیروی کار و سرمایه برابر است با:

$$e_t^L = \alpha_L + \beta_{LL} Ln\tilde{L}_t + \beta_{LK} Ln\tilde{K}_t + \beta_{iL}t$$

$$e_t^K = \alpha_K + \beta_{KK} Ln\tilde{K}_t + \beta_{LK} Ln\tilde{L}_t + \beta_{iK}t$$

که \tilde{K} و \tilde{L} ارزش میانگین نهاده‌ها در هر مقطع را نشان می‌دهد. با توجه به کشش ستاده نسبت به نیروی کار و سرمایه می‌توان با استفاده از $e_t = e_t^L + e_t^K$ در مورد بازدهی فزاینده، کاهنده و ثابت نسبت به مقیاس قضاوت نمود. با محاسبه e بصورت زیر می‌توان نرخ رشد بهره‌وری عوامل را بدست آورد:

$$TFP = \underbrace{TP_{it}}_{\text{TechnologicalProgressAffect}} + \underbrace{\frac{\Delta TE_{it}}{E_{it}}}_{\text{CatchingupEffect}} + (e_t - 1) \underbrace{\left[\frac{e_t^K}{e_t} \Delta K_{it} + \frac{e_t^L}{e_t} \Delta L_{it} \right]}_{\text{ReturnsToScaleEffect}}$$

3- برآورد اقتصاد سنجی مدل

در این مقاله برای نمایش فرم تبعی $Q_{it}^F = f(X_{it}, t)$ از تابع ترانسلوگک زیر استفاده شده است:

$$\begin{aligned} \ln Q_{it} = & \alpha_0 + \alpha_L \ln L_{it} + \alpha_K \ln K_{it} + \frac{1}{2} \beta_{LL} (\ln L_{it})^2 + \frac{1}{2} \beta_{KK} (\ln K_{it})^2 + \beta_{LK} (\ln L_{it})(\ln K_{it}) \\ & + \beta_{tL} (\ln L_{it})t + \beta_{tK} (\ln K_{it})t + \alpha_i t + \frac{1}{2} \beta_{it} t^2 + (v_{it} - u_{it}) \end{aligned}$$

$$v_{it} \cong iid N(0, \sigma_v^2)$$

$$u_{it} \cong iid |N(m_{it}, \sigma_u^2)|$$

$$u_{it} \geq 0$$

در رابطه فوق بایستی میزان عدم کارایی هر بنگاه (u_{it}) از جمله اختلال معمولی (v_{it}) تفکیک شود. بر همین اساس از روش جاندر و همکاران (1982) استفاده شده است. جاندر و یک رابطه برای تعیین ارزش مورد انتظار شرطی جزء u_{it} به شرط جمله اختلال ترکیبی، $E(u_{it} | \varepsilon_i = v_i - u_i)$ ارائه نمود. در شرایطی که u_{it} دارای توزیع نرمال بریده شده می‌باشد، این رابطه برابر است با:

$$E(u_{it} | \varepsilon_i = v_i - u_i) = \frac{\sigma \lambda}{(1 + \lambda^2)} \left[\frac{\phi\left(\frac{\varepsilon_i \lambda}{\sigma} + \frac{\mu}{\sigma \lambda}\right)}{\Phi\left(-\frac{\varepsilon_i \lambda}{\sigma} - \frac{\mu}{\sigma \lambda}\right)} - \left(\frac{\varepsilon_i \lambda}{\sigma} + \frac{\mu}{\sigma \lambda}\right) \right]$$

که در آن $\lambda = \frac{\sigma_u}{\sigma_v}$ و $\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$ است. λ درجه نامتقارن و غیر نرمال بودن

جمله اختلال ترکیبی ($\varepsilon_i = v_i - u_i$) را نشان می‌دهد. همچنین $\phi(\cdot)$ و $\Phi(\cdot)$ بترتیب تابع چگالی و توزیع نرمال استاندارد می‌باشند. در این مطالعه با استفاده از تابع حداکثر درست‌نمایی (ML) و تخمین σ ، λ ، μ و ε_i از تابع زیر، بر حسب فرض مورد نظر در خصوص نوع توزیع

u_i و همچنین تخمین پارامترهای مدل ترانسلوگ، مقادیر برآوردی برای u_i و v_i محاسبه شده است.

$$\begin{aligned} \log l(\alpha, \beta, \mu, \lambda, \sigma_{it}) = & \sum_{i=1}^N \left\{ -\frac{1}{2} \left[T \ln 2\pi - \ln 2 + T \ln \sigma_{it}^2 + \ln(1 + \lambda T_i) - 2 \ln \phi \left(\frac{\mu}{\sigma_{it}} \right) \right] \right\} \\ & + \sum_{i=1}^N \left\{ -\frac{1}{2} \left[-\frac{\lambda}{1 + \lambda T} \left(\sum_{i=1}^T \frac{\varepsilon_{it} - \mu}{\sigma_{it}} \right)^2 + \sum_{i=1}^T \left(\frac{\varepsilon_{it} - \mu}{\sigma_{it}} \right)^2 \right] \right\} \\ & + \sum_{i=1}^N \ln \phi \left\{ \left[\sqrt{\frac{\lambda}{1 + \lambda T}} \right] \left[\frac{1}{\sigma_{it}} \right] \left[\sum_{i=1}^T (\varepsilon_{it} - \mu) + T\mu \left(1 - \frac{1}{\lambda} \right) \right] \right\} \end{aligned}$$

که Q_{it} متناظر با ارزش افزوده صنعت می‌باشد. قابل ذکر است که توزیع مرتبط با «اثرات ناکارایی تکنیکی» یک تابع توزیع نرمال غیر منفی بریده شده¹ با مولفه‌های (N, m_{it}, σ_u^2) می‌باشد. لازم به توضیح است که در این تحقیق برای کمی نمودن شاخص تکنولوژی $t(j)$ از اطلاعات مربوط به هزینه‌های تحقیق و توسعه (R&D) و تعداد نیروی کار دارای تحصیلات لیسانس به بالا (LL) طبق رهیافت فازی استفاده شده است.

$$t_j(i) = \begin{cases} 1 & \text{if : } R \& D_j^i \leq R \& D_j^{\min}, \quad LL_j^i \leq LL_j^{\min} \\ \frac{1}{2} \left\{ \left[\frac{R \& D_j^{\max} - R \& D_j^i}{R \& D_j^{\max} - R \& D_j^{\min}} \right] + \left[\frac{LL_j^{\max} - LL_j^i}{LL_j^{\max} - LL_j^{\min}} \right] \right\} & \text{if : } R \& D_j^{\min} \leq R \& D_j^i \leq R \& D_j^{\max} \\ & LL_j^{\min} \leq R \& D_j^i \leq LL_j^{\max} \\ 0 & \text{if : } R \& D_j^i \geq R \& D_j^{\max}, \quad LL_j^i \geq LL_j^{\max} \end{cases}$$

در جدول 1 نتایج مدل برآوردی مربوط به تابع مرز تصادفی ترانسلوگ به روش MLE ذکر شده است.

¹. Truncation of The Normal Distribution

جدول 1: برآورد تابع مرز تصادفی ترانسلوگ به روش MLE1374

$$\ln Q_{it} = \alpha_0 + \alpha_L \ln L_{it} + \alpha_K \ln K_{it} + \frac{1}{2} \beta_{LL} (\ln L_{it})^2 + \frac{1}{2} \beta_{KK} (\ln K_{it})^2 + \beta_{LK} (\ln L_{it})(\ln K_{it}) + \beta_{iL} (\ln L_{it})t + \beta_{iK} (\ln K_{it})t + \alpha_t t + \frac{1}{2} \beta_{tt} t^2 + (v_{it} - u_{it})$$

متغیرها	پارامترها	ضرایب	انحراف معیار	آماره t
Constant	α_0	0.10349956E+02	0.75702085E+00	0.13671957E+02
$\ln L_{it}$	α_L	0.10479830E+01	0.15199012E+00	0.68950731E+01
$\ln K_{it}$	α_K	-0.43420977E+00	0.12684561E+00	-0.34231359E+01
$(\ln L_{it})^2$	β_{LL}	0.54904207E-01	0.14193023E-01	0.38683942E+01
$(\ln K_{it})^2$	β_{KK}	0.60462979E-01	0.13079730E-01	0.46226474E+01
$(\ln L_{it})(\ln K_{it})$	β_{LK}	-0.24859221E-01	0.14480108E-01	-0.17167842E+01
$(\ln L_{it})t$	β_{tL}	0.92376769E-01	0.57046827E-01	-0.16193148E+01
$(\ln K_{it})t$	β_{tK}	0.19462132E+00	0.40353505E-01	0.48229101E+01
T	α_t	-0.14595052E+01	0.34331303E+00	-0.42512373E+01
t^2	β_{tt}	-0.74909966E+00	0.19552803E+00	-0.38311626E+01
sigma-squared	$\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$	0.10647446E+00	0.69085963E-02	0.15411880E+02
Gamma	$= \sigma_u^2 / (\sigma_v^2 + \sigma_u^2)$	0.72923813E+00	0.13504717E-01	0.53998772E+02
Mu	m_{it}	0.55729789E+00	0.33552363E-01	0.16609796E+02
Eta	η	0.50354321E-01	0.29568528E-02	0.17029702E+02
log likelihood function = 0.35722920E+03				
LR test of the one-sided error = 0.14693364E+04				
number of iterations = 19				
total number of observations = 1703				

منبع: پژوهش جاری

اکنون بر اساس معادله برآوردی جدول 1، سطح کارایی تکنیکی بنگاه i ام در زمان t بصورت نسبت میانگین تولید به میانگین تولید بالقوه به صورت زیر بدست می آید:

$$TE_{it} = \frac{E(Q_{it}/u_{it}, L_{it}, K_{it})}{E(Q_{it}^F/L_{it}, K_{it})} = \exp\{-u_{it}\}$$

در جدول 2 بر اساس رابطه TE ارزیابی از کارایی تکنیکی صنایع واقع در کد چهار ISIC ارائه شده است. همانطور که قبلاً بیان شد کارایی تکنیکی نشان‌دهنده میزان توانایی یک بنگاه در حداکثرسازی تولید با توجه به عوامل تولید مشخص است و یا به عبارتی بیانگر استفاده از حداقل نهاده‌های تولیدی برای تولید یک سطح معین ستاده است. با بررسی جدول 2 مشاهده می‌شود که صنایع تولید محصولات اساسی مسی، پاک کردن و درجه‌بندی و بسته‌بندی پسته، تولید وسایل نقلیه موتوری و تولید مواد پلاستیکی به شکل اولیه و ساخت لاستیک مصنوعی بالاترین سطح کارایی در صنعت ایران در سال 1386 را داشته‌اند.

جدول 2: صنایعی که بیشترین کارایی در سال 1386 را داشته‌اند

تغییرات کارایی	1386	1385	1380	1374	صنایع	FK
0.1260	0.8162	0.8078	0.7600	0.6902	تولید محصولات اساسی مسی	2721
0.1500	0.7693	0.7589	0.7015	0.6193	پاک کردن و درجه بندی و بسته بندی پسته	1518
0.1623	0.7420	0.7306	0.6680	0.5797	تولید وسایل نقلیه موتوری	3410
0.1673	0.7300	0.7182	0.6535	0.5627	تولید مواد پلاستیکی به شکل اولیه و ساخت لاستیک مصنوعی	2413
0.1696	0.7243	0.7124	0.6466	0.5547	تولید خوراک دام و حیوانات	1533
0.1774	0.7042	0.6916	0.6224	0.5268	تولید روغن و چربی حیوانی و نباتی خوراکی	1514
0.1777	0.7033	0.6906	0.6213	0.5256	تولید الیاف مصنوعی	2430
0.1779	0.7027	0.6900	0.6206	0.5248	تولید گیرنده های تلویزیون و رادیو، دستگاه های ضبط یا پخش صوت و ویدئو و کالاهای وابسته	3230
0.1903	0.6661	0.6523	0.5773	0.4758	تولید فراورده های نفتی تصفیه شده	2320
0.1918	0.6609	0.6469	0.5712	0.4690	تولید مالنا و ماءالشعیر	1553
0.1955	0.6483	0.6340	0.5566	0.4529	تولید محصولات اساسی آلومینیومی	2722
0.1969	0.6430	0.6286	0.5504	0.4461	تولید فراورده های لینی	1520
0.1981	0.6387	0.6241	0.5454	0.4406	تولید سیم و کابل عایق بندی شده	3130
0.1981	0.6385	0.6238	0.5451	0.4403	تولید مواد شیمیایی اساسی بجز کود و ترکیبات ازت	2411
0.2024	0.6211	0.6060	0.5252	0.4186	تولید صابون و مواد پاک کننده و لوازم بهداشت و نظافت و عطرها و لوازم آرایش	2424
0.2029	0.6189	0.6038	0.5227	0.4159	تولید سموم دفع آفات و سایر فراورده‌های شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی	2421
0.2035	0.6165	0.6013	0.5199	0.4130	تولید جعبه و کارتن و سایر وسایل بسته بندی کاغذی و مقوایی	2102
0.2036	0.6159	0.6007	0.5192	0.4123	تولید محصولات سرامیکی نسوز-عایق حرارت	2692
0.2040	0.6140	0.5988	0.5171	0.4100	تولید انواع موتورسیکلت	3591

0.2046	0.6116	0.5963	0.5143	0.4070	تولید الکل اتیلیک از مواد تخمیر شده	1551
0.2067	0.6016	0.5860	0.5030	0.3949	تولید ماشین آلات اداری و حسابگر و محاسباتی	3000
0.2067	0.6015	0.5859	0.5029	0.3948	تولید انواع رنگ و روغن جلا و پوشش های مشابه و بنانه	2422
0.2071	0.5993	0.5836	0.5004	0.3921	تولید محصولات اولیه آهن و فولاد	2710
0.2086	0.5915	0.5756	0.4916	0.3828	دباغی و تکمیل چرم	1911
0.2087	0.5911	0.5753	0.4912	0.3824	تولید فلزات گرانبها و سایر محصولات اساسی - بجز آهن و فولاد و مس و آلومینیوم	2723
0.2089	0.5899	0.5741	0.4899	0.3810	تولید باتاقان و دنده و چرخ دنده و دیفرانسیال	2913
0.2091	0.5889	0.5730	0.4887	0.3798	عمل آوری و حفاظت گوشت و فرآورده های گوشتی از فساد	1516
0.2096	0.5862	0.5703	0.4857	0.3766	تولید طناب، ریسمان، نخ قند و توری	1723
0.2098	0.5850	0.5690	0.4843	0.3752	تولید لامپ ها و لامپ های لوله ای الکترونیکی و سایر اجزای الکترونیکی	3210

منبع: پژوهش جاری

اکنون با توجه به جدول 1 می توان توابع TP، کشش نیروی کار و کشش سرمایه را بصورت زیر استخراج نمود:

$$TP_{it} = \frac{\partial \ln F(L_{it}, K_{it}, t)}{\partial t} = -1.46 - 0.75t + 0.092(\ln L_{it}) + 0.19(\ln K_{it})$$

$$e_t^L = 1.04 + 0.05 \ln \tilde{L}_t - 0.024 \ln \tilde{K}_t + 0.092t$$

و

$$e_t^K = -0.43 + 0.06 \ln \tilde{K}_t - 0.024 \ln \tilde{L}_t + 0.19t$$

نتایج حاصل از محاسبه توابع اخیر در سطح میانگین داده ها در طی دوره 1374 تا 1386 در جدول 3 ارائه شده است. با بررسی جدول 3 می توان به این نتیجه دست یافت که متوسط نرخ رشد پیشرفت فنی در دوره مورد بررسی در بخش صنعت ایران 0/77 بوده و همچنین با بررسی $e_t = e_t^L + e_t^K$ مشاهده می شود که بطور متوسط صنایع ایران دارای بازده فزاینده نسبت به مقیاس می باشند.

جدول 3: میانگین هندسی TP_{it} ، e_t^L و e_t^K بخش صنعت ایران

شاخص ها	TP_{it}	$e_t = e_t^L + e_t^K$
میانگین هندسی کل صنایع	0/77	1/21

منبع: پژوهش جاری

در جدول 4 نیز رتبه‌بندی از صنایعی که بیشترین رشد پیشرفت فنی در طی دوره 1374 تا 1386 را داشته‌اند ارائه شده است. یافته‌های این مطالعه مؤید آن است که صنایع تولید مواد پلاستیکی به شکل اولیه و ساخت لاستیک مصنوعی، صنایع تولید وسایل نقلیه موتوری و صنایع تولید محصولات اولیه آهن و فولاد بالاترین TR_{it} را تجربه نموده‌اند.

جدول 4: صنایعی که بیشترین رشد پیشرفت فنی (TR_{it}) را در طی دوره 1374 تا 1386 داشته‌اند

TR_{it}	صنایع	کد ISIC
1.21	تولید مواد پلاستیکی به شکل اولیه و ساخت لاستیک مصنوعی	2413
1.16	تولید وسایل نقلیه موتوری	3410
1.15	تولید محصولات اولیه آهن و فولاد	2710
1.12	آماده‌سازی و ریسندگی الیاف منسوج- بافت منسوجات	1711
1.10	تولید محصولات ساخته شده از بتون و سیمان و گچ	2695
1.08	تولید فرآورده‌های نفتی تصفیه شده	2320
1.05	تولید قطعات و ملحقات برای وسایل نقلیه موتوری و موتور آنها	3430
1.05	تولید محصولات پلاستیکی بجز کفش	2520
1.04	تولید دارو و مواد شیمیایی مورد استفاده در پزشکی و محصولات دارویی گیاهی	2423
1.04	تولید فرآورده‌های لبنی	1520
1.02	تولید سایر محصولات فلزی طبقه بندی نشده در جای دیگر	2899
1.00	تولید کود شیمیایی و ترکیبات ازت	2412
0.99	تولید محصولات اساسی آلومینیومی	2722
0.98	تولید لاستیک رویی و تویی و روکش کردن مجدد و بازسازی لاستیک‌های رویی	2511
0.98	بریدن و شکل دادن و تکمیل سنگ	2696
0.98	تولید مواد شیمیایی اساسی بجز کود و ترکیبات ازت	2411
0.98	تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی طبقه بندی نشده در جای دیگر	2699
0.97	تولید نان شیرینی و بیسکویت و کیک	1546
0.97	تولید محصولات اساسی مسی	2721
0.97	تولید سایر محصولات گلی و سرامیکی غیر نسوز ساختمانی	2698
0.97	تولید محصولات فلزی ساختمانی	2811
0.97	آماده‌سازی و آرد کردن غلات و حبوب	1531
0.97	تولید صابون و مواد پاک‌کننده و لوازم بهداشت و نظافت و عطرها و لوازم آرایش	2424
0.97	تولید روغن و چربی حیوانی و نباتی خوراکی	1514
0.97	تولید قند و شکر	1542
0.95	عمل آوری و حفاظت میوه‌ها و سبزی‌ها از فساد- بجز پسته و خرما	1519
0.95	تولید فرش ماشینی و موکت	1726

در جدول 5 نیز با توجه به شاخص‌های تجزیه پذیر TFP، نمایی از وضعیت پیشرفت فنی، تغییرات کارایی و اثر مقیاس در طی دوره 1374 تا 1386 بخش صنعت ایران ارایه شده است. همان‌طور که در جدول 5 مشاهده می‌شود سه عامل اثرگذار بر رشد TFP گزارش شده است. یافته‌های این تحقیق موید آن است که اولاً متوسط رشد TFP در بخش صنعت در طی دوره مورد بررسی 1/28 بوده و ثانیاً بیشترین نقش در رشد TFP را پیشرفت فنی و پس از آن تغییرات تکنیکی داشته است.

جدول 5: میانگین هندسی TR_{it} ، ΔTE_{it} و $T\dot{F}P$ بخش صنعت ایران در طی دوره 1374 تا 1386

$T\dot{F}P$	$SCALE$	ΔTE_{it}	TR_{it}	شاخص‌ها
1/28	0/07	0/39	0/77	میانگین هندسی کل صنایع
1	5/5	30	64	سهم هر یک از مولفه‌ها در رشد (TFP) بصورت درصد

منبع: پژوهش جاری

در جدول 6 نیز صنایعی که بیشترین رشد TFP را در طی دوره مورد بررسی داشته‌اند گزارش شده است. با بررسی جدول 6 مشاهده می‌شود که صنایع تولید قطعات و ملحقات برای وسایل نقلیه موتوری و موتور آنها، تولید وسایل نقلیه موتوری، تولید سایر محصولات غذایی طبقه‌بندی نشده در جای دیگر و تولید محصولات اولیه آهن و فولاد بیشترین نرخ رشد TFP را داشته‌اند.

جدول 6: صنایعی که بیشترین رشد بهره‌وری عوامل ($T\dot{F}P$) را در طی دوره 1374 تا 1386 داشته‌اند

$T\dot{F}P$	$SCALE$	ΔTE_{it}	TR_{it}	صنایع	کد ISIC
1.53	0.25	0.23	1.05	تولید قطعات و ملحقات برای وسایل نقلیه موتوری و موتور آنها	3430
1.46	0.18	0.13	1.16	تولید وسایل نقلیه موتوری	3410
1.43	0.16	0.42	0.84	تولید سایر محصولات غذایی طبقه بندی نشده در جای دیگر	1548
1.42	0.10	0.16	1.15	تولید محصولات اولیه آهن و فولاد	2710
1.42	0.18	0.49	0.75	تولید فلزات گرانبها و سایر محصولات اساسی - بجز آهن و فولاد و مس و آلومینیوم	2723
1.42	0.15	0.22	1.05	تولید محصولات پلاستیکی بجز کفش	2520
1.41	0.18	0.46	0.77	تولید سایر تجهیزات الکتریکی طبقه بندی نشده در جای دیگر	3190
1.41	0.12	0.21	1.08	تولید فرآورده های نفتی تصفیه شده	2320
1.41	0.15	0.33	0.92	کشتار دام و طیور	1515
1.40	0.17	0.25	0.98	تولید مواد شیمیایی اساسی بجز کود و ترکیبات ازت	2411
1.40	0.13	0.30	0.97	تولید سایر محصولات گلی و سرامیکی غیر نسوز ساختمانی	2698

1.40	0.16	0.20	1.04	تولید فراورده های لبنی	1520
1.40	0.20	0.34	0.85	تولید انباره ها و پیل ها و باتری های اولیه	3140
1.39	0.10	0.27	1.02	تولید سایر محصولات فلزی طبقه بندی نشده در جای دیگر	2899
1.38	0.11	0.45	0.83	ریخته گری آهن و فولاد	2731
1.36	0.11	0.43	0.82	تولید دستگاه های توزیع و کنترل نیروی برق	3120
1.36	0.09	0.30	0.97	آماده سازی و آرد کردن غلات و حبوب	1531
1.36	0.09	0.31	0.97	تولید قند و شکر	1542
1.36	0.09	0.45	0.81	تولید انواع رنگ و روغن جلا و پوشش های مشابه و بنانه	2422
1.36	0.08	0.06	1.21	تولید مواد پلاستیکی به شکل اولیه و ساخت لاستیک مصنوعی	2413
1.35	0.08	0.32	0.95	عمل آوری و حفاظت میوه ها و سبزی ها از فساد-بجز پسته و خرما	1519
1.35	0.09	0.42	0.85	تولید سیم و کابل عایق بندی شده	3130
1.35	0.10	0.34	0.91	تولید سایر ماشین آلات با کاربرد عام	2919
1.35	0.16	0.43	0.76	تولید بدنه-اتاق سازی-برای وسایل نقلیه موتوری و ساخت تریلر و نیم تریلر	3420
1.35	0.09	0.28	0.98	تولید سایر محصولات کانی غیر فلزی طبقه بندی نشده در جای دیگر	2699
1.35	0.09	0.27	0.98	تولید لاستیک رویی و تویی و روکش کردن مجدد و بازسازی لاستیک های رویی	2511
1.35	0.09	0.52	0.74	تولید سایر کالاهای کاغذی و مقوایی	2109
1.35	0.12	0.40	0.82	عمل آوری و حفاظت گوشت و فراورده های گوشتی از فساد	1516
1.35	0.09	0.27	0.98	بریدن و شکل دادن و تکمیل سنگ	2696

منبع: پژوهش جاری

با بررسی جداول 2 و 6 مشاهده می‌شود که بهره‌وری عوامل تولید (TFP) و کارایی در اکثر صنایع روند رو به بهبودی داشته است. حال سوال آن است که چه عواملی منجر به بهبود بهره‌وری و رشد آن در صنایع شده و چه عواملی مانع دستیابی به شرایط ایده‌آل شده‌اند. در جداول 7 و 8 به این سوالات با توجه به مطالعات انجام شده در ایران پاسخ داده شده است. مطالعات صورت گرفته در کشور بیانگر آن است که مهمترین دلایلی که باعث ریشه بهره‌وری در بخش صنعتی ایران شده‌اند عبارتند از: افزایش سرمایه انسانی، افزایش درجه باز بودن اقتصاد، پیشرفت فنی، افزایش میزان تحقیق و توسعه (R&D)، انتقال فناوری متبلور در واردات کالاهای واسطه‌ای- سرمایه‌ای، گسترش اندازه بنگاه‌های صنعتی و بهره‌مند شدن برخی از بنگاه‌ها از صرفه‌های مقیاس، فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) و گسترش تجارت الکترونیک در مبادلات تجاری.

جدول 7: عوامل موثر بر ارتقاء بهره‌وری و رشد بهره‌وری در بخش صنعت ایران

ردیف	محقق (سال)	عوامل موثر بر ارتقا بهره‌وری و رشد بهره‌وری
1	رفیعی و همکاران (1390)	افزایش سرمایه انسانی و بهبود کیفیت مدیریت
2	محموند و جابری (1389)	افزایش درجه باز بودن اقتصاد و ارتقا سرمایه انسانی
3	نایی و همکاران (1389)	بهبود سرمایه انسانی و پیشرفت فنی و افزایش میزان تحقیق و توسعه (R&D)
4	شاه آبادی و رحمانی (1389)	ارتقا سرمایه انسانی، افزایش تحقیق و توسعه (R&D) در بخش صنعت و انتقال فناوری متبلور در واردات کالاهای واسطه ای - سرمایه ای
5	فیض پور و دهقانپور (1389)	اندازه بنگاه و صرفه‌های مقیاس
6	دشتی و همکاران (1388)	ارتقا تکنولوژی و گسترش مقیاس تولیدی
7	امینی و حجازی (1387)	ارتقا سرمایه انسانی، افزایش تحقیق و توسعه (R&D)، افزایش نرخ بهره برداری از ظرفیت تولیدی
8	محمود زاده و اسدی (1386)	فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) و بهبود سرمایه انسانی
9	مهدوی و حق دوست (1386)	تجارت الکترونیک
10	مهرآرا و محسنی (1383)	سرریز تجارت خارجی
11	کوپاهی و دربان (1381)	نوع مالکیت (بخش خصوصی)، TFP بالاتری نسبت به بخش دولتی داشته است
12	کميجاني و شاه آبادی (1380)	افزایش تحقیق و توسعه (R&D)

منبع: پژوهش جاری

همچنین قابل ذکر است که بهره‌وری عوامل تولید (TFP) بخش صنعت در شرایط فعلی، نسبت به شرایط ایده‌آل هنوز فاصله دارد. زیرا شواهد تجربی موید آن است که بهره‌وری سرمایه در برخی صنایع پایین است و دلیل آن نیز فرسودگی ماشین‌آلات و مدرن نبودن آنها و همچنین عدم هماهنگی نیروی کار و دانش فنی لازم جهت استفاده موثر از سرمایه فیزیکی بوده است. ضمن آنکه بهره‌وری پایین نیروی کار در فعالیت‌های مختلف صنعتی باعث تشدید عدم کارایی سرمایه شده و این امر منجر به افت تولید (پایین‌تر از ظرفیت اسمی) در برخی از صنایع گشته است. در جدول (8) به مهمترین عوامل بازدارنده رشد بهره‌وری در بخش صنعت ایران اشاره شده است.

جدول 8: عوامل موثر بر کاهش بهره‌وری و کاهش رشد بهره‌وری در بخش صنعت ایران

ردیف	محقق (سال)	عوامل موثر بر کاهش بهره‌وری و کاهش رشد بهره‌وری
1	فیض پور و دهقانپور (1389)	تمرکز و انحصار در صنایع
2	سبجانی و محمدلو (1387)	شوک های ناشی از جنگ، انقلاب و تحریم های اقتصادی
3	امینی و حجازی (1387)	کاهش رقابت پذیری اقتصاد، مدیریت ناصحیح تخصیص منابع و استفاده ناهیهنه از منابع
4	مولایی و همکاران (1381)	فرسودگی ماشین آلات و مدرن نبودن آنها و همچنین عدم هماهنگی نیروی کار و دانش فنی لازم جهت استفاده موثر از سرمایه فیزیکی و بهره‌وری پایین نیروی کار، سرمایه و انرژی در بخش صنعت

منبع: پژوهش جاری

4- جمع بندی

در این مقاله کارایی تکنیکی (TE)، نرخ پیشرفت فنی (TF) و بهره‌وری عوامل تولید (TFP) بر مبنای رویکرد مرز تصادفی (SFA) در صنایع ایران ارزیابی گردید. یافته‌های تحقیق جاری بیانگر آن است که:

1- صنایع تولید محصولات اساسی مسی، پاک کردن و درجه‌بندی و بسته‌بندی پسته، تولید وسایل نقلیه موتوری و تولید مواد پلاستیکی به شکل اولیه و ساخت لاستیک مصنوعی بالاترین سطح کارایی در صنعت ایران در سال 1386 را داشته‌اند.

2- بیشترین تغییرات کارایی در طی سال‌های 1374 تا 1386 را صنایع تولید ماشین‌آلات عمل‌آوری مواد غذایی و نوشابه و توتون و تنباکو، تولید محصولات پلاستیکی بجز کفش، تولید تجهیزات بالا برنده و جابه‌جاکننده داشته‌اند.

3- بیشترین رشد پیشرفت فنی در طی دوره 1374 تا 1386 مربوط به صنایع تولید مواد پلاستیکی به شکل اولیه و ساخت لاستیک مصنوعی، صنایع تولید وسایل نقلیه موتوری و صنایع تولید محصولات اولیه آهن و فولاد بوده است.

4- یافته‌های این تحقیق مویده آن است که اولاً متوسط رشد TFP در طی دوره مورد بررسی 1/28 بوده و ثانیاً بیشترین نقش در رشد TFP را پیشرفت فنی و پس از آن تغییرات تکنیکی در بخش صنعت داشته است.

5- صنایع تولید قطعات و ملحقات برای وسایل نقلیه موتوری و موتور آنها، تولید وسایل نقلیه موتوری، تولید سایر محصولات غذایی طبقه‌بندی نشده در جای دیگر و تولید محصولات اولیه آهن و فولاد بیشترین نرخ رشد TFP را داشته‌اند.

همان‌طور که اشاره شد در اکثر صنایع در طی سال‌های 1374 تا 1386 با روند رشد TFP مواجه بوده‌ایم، اما کماکان ناکارایی در بخش‌هایی از صنعت کشور حاکم است. از این رو ارتقاء سطح مهارت‌های فنی و حرفه‌ای و بهبود کیفیت نیروی انسانی، استفاده بهینه از تجهیزات و ماشین‌آلات و بهبود ضریب تکنولوژیکی بخش صنعت با گسترش تحقیق و توسعه (R&D) و ارتقاء رقابت به عنوان مولفه نهادی بازار، در کنار یک بسته سیاستی پولی، مالی و ارزی دقیق و هدفمند، در راستای ارتقاء بهره‌وری و کارایی صنایع کشور الزامی است.

منابع و مأخذ

الف: منابع و مأخذ فارسی

1. دشتی، نادر، یاور، کاظم، و صباغ کرمانی، مجید (1388). "رشد بهره‌وری کل عوامل تولید در صنعت ایران با استفاده از رهیافت اقتصادسنجی". فصلنامه اقتصاد مقداری 6(1 (پیاپی 20)): 101-128.
2. رفیعی، حامد (1390). "بررسی بهره‌وری کل عوامل تولید و محاسبه کارایی و بازدهی مقیاس در گاوداری‌های صنعتی تولیدکننده شیر «مطالعه موردی: استان گیلان»". تحقیقات اقتصاد کشاورزی 3(4 (پیاپی 12)): 117-132.
3. سبحانی، حسن، و عزیزمحمولو، حمید (1387). "تحلیل مقایسه‌ای بهره‌وری عوامل تولید در زیربخش‌های صنایع بزرگ ایران". تحقیقات اقتصادی (82): 87-119.
4. شاه‌آبادی، ابوالفضل، و رحمانی، امید (1389). "بررسی نقش تحقیق و توسعه بر بهره‌وری بخش صنعت اقتصاد ایران". 7(25): 28-38.
5. شاه‌آبادی، ابوالفضل، و کمیجانی، اکبر (1380). "اثر فعالیت‌های R&D داخلی و خارجی (از طریق تجارت خارجی) بر بهره‌وری کل عوامل تولید". پژوهشنامه بازرگانی 5(18): 29-68.
6. فیض پور، محمدعلی و دهقانپور، محمدرضا (1390). "ساختار صنعت و بهره‌وری نیروی کار در صنایع تولیدی ایران". پژوهشنامه اقتصادی 11(2 (پیاپی 41)): 71-95.
7. کوپاهی، مجید، و دربان آستانه، علیرضا (1381). "اندازه‌گیری و تحلیل بهره‌وری صنایع کوچک روستایی (مطالعه موردی: استان خراسان)". علوم کشاورزی ایران 33(4): 661-669.
8. محمدوند ناهیدی، محمدرضا، و جابری خسروشاهی، نسیم (1389). "بررسی اثر درجه باز بودن اقتصاد، جمعیت شاغل، سرمایه انسانی و شدت سرمایه بر روی مدیریت بهره‌وری نیروی کار در اقتصاد ایران". مدیریت صنعتی 5(12): 89-105.
9. محمودزاده، محمود، و اسدی، فرخنده (1386). "اثرات فناوری اطلاعات و ارتباطات بر رشد بهره‌وری نیروی کار در اقتصاد ایران". پژوهشنامه بازرگانی 11(43): 153-184.
10. مولایی، محمد، قره‌باغیان، مرتضی، و صباغ کرمانی، مجید (1381). "بررسی و مقایسه بهره‌وری گروه‌های مختلف صنعتی کوچک و بزرگ ایران". مدرس علوم انسانی 6(3 (پیاپی 26)): 147-169.

11. مهدوی عادل، محمدحسین. و رضای حق دوست، شمسی (1386). "ضرورت تجارت الکترونیک در ایران با توجه به نقش آن در بهره‌وری بنگاههای کشورهای پیشرو توسعه". دانش و توسعه (21): 97-120.
12. مهرآرا، محسن. و محسنی، رضا (1383). "آثار تجارت خارجی بر بهره‌وری: مورد ایران". پژوهش‌های اقتصادی (66): 57-89.
13. نایی، حمیدرضا. ابراهیمی، رضا. و آزادگان، علی اصغر (1389). "اندازه‌گیری و تحلیل عوامل موثر بر رشد بهره‌وری کل عوامل در اقتصاد ایران با استفاده از روش باقیمانده سولو". پژوهشنامه علوم اقتصادی 10 (1 (پیاپی 37)): 121-140.
14. یزدی پور، علیرضا (1387). "تحلیل عوامل موثر بر بهره‌وری انرژی در کارگاههای بزرگ صنعتی ایران". پژوهشنامه اقتصادی 8 (3 (پیاپی 30)): 71-104.

ب: منابع و مآخذ لاتین

1. Aigner, D. J. and S. F. Chu (1968). "Estimating the Industry Production Function". American Economic Review 58: 826-39.
2. Aigner, D.J., C.A.K. Lovell and P. Schmidt (1977). "Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models". Journal of Econometrics 6:1 (July): 21-37.
3. Basu, S., and Fernald, J.G., (1995). "Are Apparent Productive Spillovers a Figment of Specification Error?". Journal of Monetary Economics 36: 165-88.
4. Battese, G. and Coelli, T. (1995). "A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function and Panel Data". Empirical Economics Vol. 20 :325-332.
5. Berndt, Ernst R. and Wood, David O. (1986). U.S. Manufacturing Output and Factor Input Price and Quantity Series, 1908-1947 and 1947-1981, Massachusetts Institute of technology, Energy Laboratory Working Paper 86-01 OWE.
6. Carlton, Dennis W. and Perloff, Jeffrey M. (1994). *Modern Industrial Organization*. 2nd Edition, New York: Harper Collins Publishing Co.
7. Coelli, T.J. (1994). A Guide to FRONTIER, Version 4.1: A Computer Program for Stochastic Frontier Production and Cost Function Estimation, Department of Econometrics. University of New England, Armidale, NSW, Australia.
8. Coelli, T.J. and S. Parelman (1999). "A Comparison of Parametric and Non-parametric Distance Functions: With Application to

- European Railways". European Journal of Operational Research 117: 326-339.
9. Farrell, M.J. (1957). "The measurement of productive efficiency". Journal of Royal Statistical Society 120: 253-281.
 10. Hjalmarsson, L., S.C. Kumbhakar and A. Heshmati (1996). "DEA, DFA and SFA: A Comparison". Journal of Productivity Analysis 7:2/3 (July): 303-327.
 11. Kalirajan, K. P., Obwona, M. B. & Zhao, S. (1996). "A Decomposition of Total Factor productivity Growth: the Case of Chinese Agricultural Growth Before and After Reforms". American Journal of Agricultural Economics 78: 331-338.
 12. Lovell, C.A.K. (1993). "Production Frontiers and Productive Efficiency". in: Fried, H.O.
 13. Lovell C.A.K. and Schmidt S.S. (2007.) *The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications*. New York, Oxford University Press, p:3-67.
 14. Lovell, C.A.K.; S. Richardson, P. Travers and L.L. Wood (1990). "Resources and Functioning: A New View of Inequalities in Australia". Department of Economics, University of North-Carolina, Working Paper Series 90-8.