

فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی، شماره ۵۷، زمستان ۱۳۸۹، ۶۴ - ۲۹

## اثرات فناوری اطلاعات و ارتباطات بر بهره‌وری کل عوامل تولید در کشورهای در حال توسعه منتخب

دکتر محمود محمودزاده \*

پذیرش: ۸۹/۲/۲۶

دریافت: ۸۷/۱/۱۰

فناوری اطلاعات و ارتباطات / بهره‌وری کل / کشورهای در حال توسعه

### چکیده

ارزیابی اثرات فناوری اطلاعات و ارتباطات (فاوا) بر عملکرد اقتصادی کشورها از دهه ۱۹۹۰ مورد توجه قرار گرفته است. یکی از مهمترین متغیرهای مورد بحث، بهره‌وری کل عوامل تولید است. فاوا می‌تواند از طریق مجراهای زیرساخت، کاربری و سرریز بر بهره‌وری کل موثر باشد. در این مقاله اثرات فاوا بر بهره‌وری کل با استفاده از شاخص‌های ساده و ترکیبی از ابعاد زیرساخت، کاربری و سرریز در ۳۴ کشور همگن با استفاده از روش داده‌های تلفیقی در دوره زمانی ۲۰۰۳-۱۹۹۵ ارزیابی شده است.

نتایج نشان می‌دهد سرمایه فاوا، سرمایه انسانی، باز بودن اقتصاد و نرخ پس‌انداز تاثیر مثبت و معنادار بر بهره‌وری کل دارند. متوسط کشش بهره‌وری نسبت به سرمایه انسانی، نرخ پس‌انداز و باز بودن اقتصاد به ترتیب ۰/۰۳، ۰/۰۱ و ۰/۰۳ است. یافته‌ها نشان می‌دهد انباشت سرمایه فاوا باعث افزایش بهره‌وری کل می‌شود؛ یک درصد افزایش سرمایه فاوا نسبت به کل سرمایه، بهره‌وری کل ۰/۱۵ درصد افزایش می‌دهد. فاوا از نظر زیرساخت، کاربری و سرریز داخلی بر بهره‌وری کل تاثیر مثبت دارد. متوسط کشش بهره‌وری کل نسبت به زیرساخت و کاربری به ترتیب ۰/۰۶۵ و ۰/۰۲۵ بوده و معنادار است. در مجموع یک درصد بهبود زیرساخت و کاربری می‌تواند بهره‌وری کل را بیش از ۰/۰۹ درصد افزایش دهد.

طبقه‌بندی: D24, L63:JEL

## مقدمه

ارزیابی اثرات فاوا بر عملکرد اقتصادی کشورها از دهه ۱۹۹۰ مورد توجه قرار گرفته است. یکی از مهمترین متغیرهای مورد بحث، بهره‌وری کل است. فاوا به سه طریق می‌تواند رشد اقتصادی را گسترش دهد: اول به عنوان یک بخش اقتصادی؛ دوم به عنوان نهاد مورد استفاده در سایر بخش‌ها؛ و سومین راه تأثیر فاوا بر رشد اقتصادی از طریق تاثیر صنایع فاوا بر بهره‌وری عوامل است. اگر سرعت رشد تولید فاوا مبتنی بر منافع کارایی و بهره‌وری این صنایع باشد این موضوع به رشد بهره‌وری در کل اقتصاد کمک می‌نماید. بنابراین بخشی از تکنولوژی به رشد بهره‌وری کل در بخش فاوا نسبت داده می‌شود.

واقعیت آن است که امروزه استفاده از فاوا به اشکال مختلف در بخش‌های اقتصادی و بازرگانی رونق گرفته است و پیش‌بینی می‌شود با پذیرش بنگاه‌های اقتصادی و مصرف‌کنندگان جایگاه فاوا در اقتصاد کشورها ارتقا یابد. دو رویکرد در زمینه استفاده فاوا در کشورهای در حال توسعه وجود دارد. برخی تحلیل‌گران اعتقاد دارند با توسعه فاوا در جهان، فاصله کشورهای توسعه یافته با کشورهای در حال توسعه بیشتر خواهد شد و در نتیجه شکاف دیجیتالی در جهان عمیق‌تر خواهد بود و آینده‌ای روشن نمی‌توان برای کشورهای در حال توسعه ترسیم نمود. با این رویکرد، پیشنهاد خاصی برای توسعه این کشورها نمی‌توان ارائه نمود. رویکرد دوم فاوا را به عنوان فرصت برای کشورهای در حال توسعه می‌داند و از آن تحت عنوان توسعه جهشی<sup>۱</sup> یاد می‌کند. با این نگاه کشورهای در حال توسعه می‌توانند سرعت توسعه خود را شدت بخشند و شکاف دیجیتالی و اقتصادی خود را با کشورهای توسعه یافته کاهش دهند.

تحقیقات تجربی نتایج متفاوتی در کشورهای مختلف به دنبال داشته است. بیشتر مطالعات در کشورهای توسعه یافته انجام یافته است. این مطالعات بر اثرگذاری فاوا بر بهره‌وری کل تاکید دارند هر چند در برخی موارد وجود تناقض بهره‌وری مشاهده می‌شود. مطالعات اندکی در کشورهای در حال توسعه انجام یافته است. کشورهای در حال توسعه از نظر زیرساخت‌های فاوا تفاوت معناداری با کشورهای پیشرو دارند. برای مثال سهم

مخارج فاوا از تولید ناخالص داخلی (که یکی از سنج‌های مهم برای نفوذ فاوا در اقتصاد کشورها است) در کشورهای توسعه یافته به بیش از ۱۰ درصد رسیده است در حالی این نسبت برای بیشتر کشورهای در حال توسعه کمتر از ۵ درصد است. این نسبت برای ایران ۲/۴ بوده و این سهم طی دوره ۲۰۰۱-۰۶ ثابت باقی مانده است (ویتسا<sup>۱</sup>، ۲۰۰۶). همچنین این کشورها از نظر پنج متغیر هسته فاوا (ضریب نفوذ تلفن ثابت، همراه، رایانه، اینترنت و میزبانان اینترنتی<sup>۲</sup>) نیز فاصله زیادی با کشورهای پیشرو دارند (اتحادیه جهانی مخابرات<sup>۳</sup>، ۲۰۰۷).

با این وجود، این کشورها تلاش زیادی برای بهبود وضعیت زیرساخت فاوا و به کارگیری آن به کار بسته‌اند و در زیربخش‌های فاوا (ارتباطات، سخت‌افزار، نرم‌افزار و خدمات رایانه‌ای) سرمایه‌گذاری‌های زیادی انجام داده‌اند. این رویکرد مثبت به فاوا با این بینش همراه است که فاوا می‌تواند فاصله دیجیتالی و به دنبال آن شکاف فرصت‌های دیجیتالی را بین کشورها کاهش دهد. کشورها از دو جنبه به فاوا توجه دارند. از یک طرف، بیشترین تلاش برای بهبود و ارتقای بسترهای الکترونیکی و همچنین تقویت بخش فاوا صورت می‌گیرد. این نگاه مبتنی بر تقویت بخش عرضه فاوا می‌باشد. از طرف دیگر، نفوذ و گسترش فاوا نیازمند تقاضا برای کالاها و خدمات فاوا است. بنابراین کاربری و استفاده از فاوا برای بهبود فرآیندهای تولید، تسهیل تجارت، افزایش بهره‌وری و در ابعاد مختلف زندگی در کانون توجه کشورها قرار دارد. این رویکرد بر پایه به کارگیری فاوا به عنوان نهاد در تمامی بخش‌های اقتصادی و سرریز پیامدهای مثبت آن در عرصه اقتصاد قرار دارد.

در این مقاله تاثیر فاوا بر بهره‌وری کل با رویکرد بین‌کشوری (کشورهای در حال توسعه همگون ایران) مطالعه می‌شود. سازماندهی مقاله به این شرح است. پس از مقدمه، پیشینه موضوع (نظری و تجربی) بحث شده است. قسمت دوم به تصریح مدل اختصاص دارد. سپس شرح متغیرها و منابع داده‌ها شرح داده شده و به دنبال آن برآورد مدل و نتایج

1. World Information Technology and Services Alliance (WITSA).

2. Hosts.

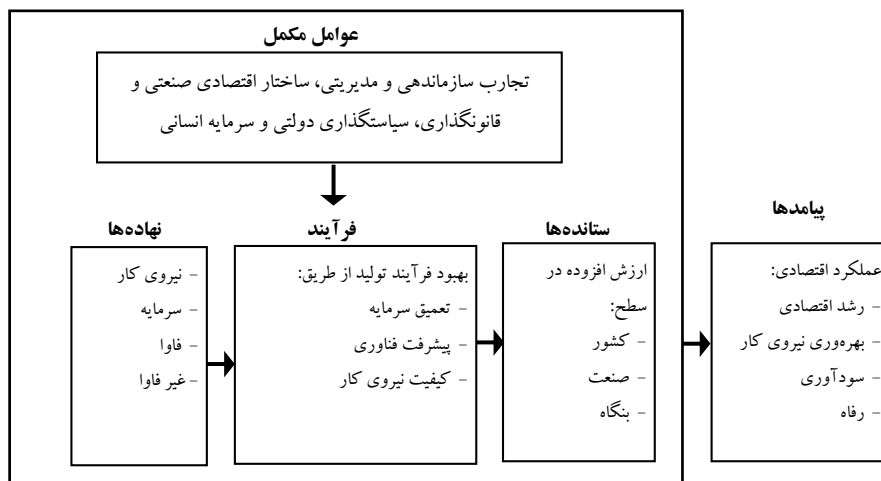
3. International Telecommunication Union.

تجربی ارائه می‌شود. خلاصه و نتایج، بخش پایانی مقاله را شکل می‌دهد.

## چارچوب مفهومی و مبانی نظری

بهره‌وری کل نشان دهنده تغییرات فنی است که از طریق افزایش نهاده‌های سرمایه و نیروی کار توضیح داده نمی‌شود البته آن شامل عوامل سیاستی و نهادی نیز می‌شود. راه‌های مختلفی برای اثرگذاری فاوا بر بهره‌وری وجود دارد اما در مورد سهم فاوا از بهره‌وری کل توافق وجود ندارد. پیشرفت تکنولوژیکی بسیار سریع در صنایع تولیدکننده فاوا یکی از راه‌های اثرگذاری فاوا بر بهره‌وری کل است.

یکی از چارچوب‌های مفهومی در زمینه اثرات فاوا بر کلان اقتصادی، توسط ددریک و همکاران (۲۰۰۳) ارائه شده است. نمودار (۱) نشان می‌دهد که نهاده‌های مختلف (نیروی کار، سرمایه فاوا و غیر فاوا) در کنار سایر عوامل تولید باعث بهبود فرآیند تولید، تعمیق سرمایه، پیشرفت فن آوری و کیفیت نیروی کار می‌شود. پیامدهای این اثر افزایش ارزش افزوده در سطح بنگاه، بخش و کشور و سرانجام رشد اقتصادی، بهره‌وری و رفاه مصرف‌کننده است. در قالب این الگو، سرمایه فاوا به طور مشخص سه بهبود را در فرآیند تولید ایجاد می‌کند: تعمیق سرمایه، بهبود بهره‌وری نیروی کار و پیشرفت فناوری. پیشرفت فنی در فرآیند تولید یا کیفیت تولید می‌تواند سطح تولید را بدون افزایش نهاده‌ها، افزایش دهد که این پدیده به بهره‌وری چند عاملی<sup>۱</sup> یا بهره‌وری کل عوامل تولید معروف است. افزایش بهره‌وری چند عاملی به این معنا است که با ثابت بودن سطح نهاده‌ها، بنگاه، صنعت و کشور به سطح بالاتری از تولید دست می‌یابند. این شکل از بهبود فناوری بسیار مهم است چون منافع ساختاری را در پی خواهد داشت که دایمی هستند.<sup>۲</sup>



منبع: ددریک و همکاران (۲۰۰۳)

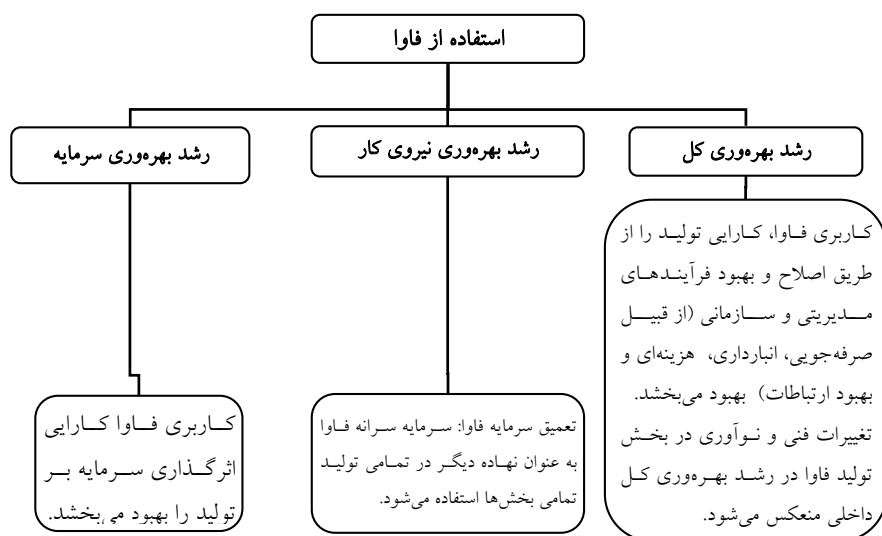
### نمودار ۱- فناوری اطلاعات و عملکرد اقتصادی

بر اساس نظر اتکینسون و مک کی<sup>۱</sup> (۲۰۰۷) فاوا به سه طریق بر بهره‌وری کل اثر دارد: آثار خارجی شبکه؛ بهبود مکمل‌ها با پذیرش فاوا؛ و بهبود دسترسی به دانش. اثرات مثبت هر یک از عوامل یاد شده بر بهره‌وری با تاخیر زمانی همراه خواهد بود. فاوا می‌تواند اثرات شبکه‌ای از طریق اتصال تمامی مشترکین تلفن به شبکه تلفن ایجاد نماید که رضایت تمامی کاربران را افزایش خواهد داد. با این وجود، ایجاد شبکه‌های با ارزش برای کاربران به زمان نیاز دارد و این فرآیند بدون مشکل نخواهد بود. برای مثال ممکن است فناوری‌های مختلف مورد استفاده مناسب نباشند و اتصال برقرار نشود. این موضوع برای تغییرات سازمانی نیز مصداق دارد که معمولاً هزینه‌بر، وقت‌بر و با عدم موفقیت همراه است. دستیابی به اطلاعات نیز این مشکلات را دارد. همه فاوا کاربر پسند نیستند و ممکن است کاربران در استفاده از آنها برای دسترسی به اطلاعات با سختی‌ها روبرو شوند.

نمودار (۲) مجراهای اثرگذاری فاوا بر رشد را ارائه می‌نماید: اول این که فاوا کارایی نهاده‌ها (سرمایه و نیروی کار) را افزایش می‌دهد. دوم این که فاوا نوآوری‌های تکنولوژیکی را به عنوان منبع رشد بهره‌وری کل تقویت و تسریع می‌کند. بهره‌وری نیروی

1. Atkinson and McKay.

کار به عنوان نتیجه تعمیق سرمایه ناشی از مشارکت فاوا به عنوان نهاده در فرآیند تولید رشد می‌یابد. در این حالت، سرمایه‌گذاری فاوا بدون تغییر تکنولوژی تولید، بهره‌وری نیروی کار را افزایش می‌دهد. با افزوده شدن تعمیق سرمایه، عوامل اقتصادی تخصیص مجدد منابع را انجام می‌دهند که سبب بهبود کارایی تکنولوژیکی و استفاده بهتر از فاوا در فرآیند تولید و سرانجام نمایان شدن منافع بهره‌وری کل می‌شود.



منبع: آنکتاد (۲۰۰۷)

## نمودار ۲: مجراهای اثرگذاری فاوا بر رشد بهره‌وری

هر چند فاوا بهره‌وری نیروی کار را از طریق تعمیق سرمایه (افزایش خدمات سرمایه در هر واحد زمان) و رشد بهره‌وری کل افزایش می‌دهد ولی ممکن است اثرات فاوا در بخش‌های مختلف تفاوت عمده‌ای داشته باشند. در عمل مهمترین تمییز بین صنایع تولیدکننده و صنایع مصرف‌کننده فاوا صورت می‌گیرد. صنایع تولیدکننده فاوا شامل تولید نیمه‌هادی‌ها، رایانه، ارتباطات از راه دور، سخت افزار یا ارائه نرم‌افزار و خدماتی که این فناوری‌ها را قادر می‌سازد به طور موثر در سازمان‌ها به کار برده شوند. صنایع استفاده‌کننده

عبارتند از تمامی بخش‌های اقتصادی که از فاوا برای کارایی و اثربخشی سازمان خود استفاده می‌کنند. این بخش مشتمل بر صنایع تولیدی، خرده‌فروشی، عمده‌فروشی، مالی، بیمه، دارایی‌های واقعی، خدمات کسب و کار و تخصصی و سایر بخش‌ها است. رشد بهره‌وری کل عوامل تولید در صنایع تولیدی فاوا بسیار سریع‌تر از صنایع مصرف‌کننده فاوا است.

برای ارزیابی تاثیر فاوا بر بهره‌وری کل روش‌های زیادی وجود دارد. در عمل، تحلیل بهره‌وری کل به دو صورت انجام می‌شود: حسابداری رشد و تحلیل رگرسیونی. در روش اول، رشد بهره‌وری کل به رشد بهره‌وری کل در بخش‌های اقتصادی نسبت داده می‌شود. جرگنسون، گلوب و فرانمی (۱۹۸۷) مدلی را برای تجزیه رشد بهره‌وری کل به منابع به‌وجود آورنده (هر یک از صنایع) ارائه کردند. رشد بهره‌وری برای هر یک از صنایع از نسبت تولید ناخالص هر بخش به تولید ناخالص داخلی به دست می‌آید. رهیافت قیمت یا "رویکرد دوگانه" به بهره‌وری توسط جرگنسون (۲۰۰۲) ارائه گردید. بر اساس این رویکرد، رشد بهره‌وری در بخش‌های مختلف از تفاوت تغییر قیمت محصول و نهاده‌ها سرچشمه می‌گیرد. از آنجا که قیمت محصولات صنایع تولیدی فاوا به شدت کاهش می‌یابد بنابراین تغییر قیمت محصولات فاوا به شاخص قیمت کل می‌تواند تقریب مناسبی برای رشد بهره‌وری کل باشد. از آنجا که بخش مهمی از کاهش قیمت فاوا به خاطر کاهش بسیار سریع نیمه‌های با حفظ کیفیت است. نیمه‌های در تولید تجهیزات فاوا و سایر کالاها به کار گرفته می‌شوند. بنابراین نیمه‌های هم به عنوان نهاده و هم به عنوان محصول در سطح صنایع استفاده می‌شود و از این نظر رشد بهره‌وری در نیمه‌های هم‌دیگر را خنثی می‌کنند.<sup>۱</sup>

برای تشریح تاثیر فاوا بر رشد اقتصادی و بهره‌وری از تابع نئو کلاسیکی زیر استفاده می‌شود.

$$Y = F(A, K, L) \quad (1)$$

با دیفرانسیل گیری از معادله (۱) نسبت به زمان خواهیم داشت:

$$\frac{dY}{dt} \cdot \frac{1}{Y} = \frac{\partial F}{\partial A} \cdot \frac{dA}{dt} \cdot \frac{1}{A} + \frac{\partial F}{\partial K} \cdot \frac{dK}{dt} \cdot \frac{1}{K} + \frac{\partial F}{\partial L} \cdot \frac{dL}{dt} \cdot \frac{1}{L} \quad (2)$$

رشد مربوط به تغییر تکنولوژی  $\frac{dA}{A} = \dot{A}$  ،  $\dot{g} = \frac{dA}{dt} = \frac{\dot{A}}{A}$  می توان

رابطه (۲) را به صورت زیر مرتب نمود:

$$\frac{F_A \cdot A}{Y} \dot{g} = \frac{F_A \cdot A}{Y} \frac{\dot{A}}{A} = \frac{\dot{Y}}{Y} - \frac{F_K \cdot K}{Y} \cdot \frac{\dot{K}}{K} - \frac{F_L \cdot L}{Y} \cdot \frac{\dot{L}}{L} \quad (3)$$

$F_K$  تولید نهایی سرمایه،  $F_L$  تولید نهایی نیروی کار و نقطه روی متغیرها بیانگر مشتق متغیر نسبت به زمان است. با فرض تکنولوژی خنثی هیکس،  $\dot{g}$  به صورت زیر خواهد بود:

$$\dot{g} = \frac{\dot{A}}{A} = \frac{\dot{Y}}{Y} - \frac{F_K \cdot K}{Y} \cdot \frac{\dot{K}}{K} - \frac{F_L \cdot L}{Y} \cdot \frac{\dot{L}}{L} \quad (4)$$

تغییر تکنولوژی وقتی خنثی هیکس تعبیر می شود که انتقال منحنی تولید یکسان، نرخ نهایی جانشینی فنی را تغییر ندهد. اگر به عوامل تولید به اندازه بازدهی نهایی اجتماعی پرداخت شود در این صورت  $F_K = r = \frac{R}{P}$  (قیمت اجاره ای سرمایه) و  $F_L = w = \frac{W}{P}$  (نرخ دستمزد).

با استفاده از رویکرد دوگان<sup>۱</sup> از معادله تولید و درآمد عوامل به صورت زیر به دست می آید:

$$Y = rK + wL \quad (5)$$

با دیفرانسیل گیری نسبت به زمان داریم:

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{rK}{Y} \cdot \left[ \frac{\dot{r}}{r} + \frac{\dot{K}}{K} \right] + \frac{wL}{Y} \cdot \left[ \frac{\dot{w}}{w} + \frac{\dot{L}}{L} \right] \quad (6)$$

با جایگزینی رابطه (۶) در (۳) داریم:

$$\frac{F_A \cdot A}{Y} \dot{g} = \left[ \frac{F_A \cdot A - rK}{Y} \right] \frac{\dot{K}}{K} + \left[ \frac{F_L \cdot L - wL}{Y} \right] \frac{\dot{L}}{L} + \frac{rK}{Y} \cdot \frac{\dot{r}}{r} + \frac{wL}{Y} \cdot \frac{\dot{w}}{w} \quad (7)$$

با فرض تکنولوژی خنثی هیکس، رابطه (۷) به صورت زیر می شود:



$$\dot{g} = \left[ \frac{F_A \cdot A - rK}{Y} \right] \frac{\dot{K}}{K} + \left[ \frac{F_L \cdot L - wL}{Y} \right] \frac{\dot{L}}{L} + \frac{rK}{Y} \cdot \frac{\dot{r}}{r} + \frac{wL}{Y} \cdot \frac{\dot{w}}{w} \quad (8)$$

اگر تولید نهایی اجتماعی برابر با سهم درآمد عوامل باشد در این صورت داریم:

$$\dot{g} = \frac{rK}{Y} \cdot \frac{\dot{r}}{r} + \frac{wL}{Y} \cdot \frac{\dot{w}}{w} \quad (9)$$

لازمه برقراری رابطه (۹) این است که بازدهی نسبت به مقیاس ثابت باشد به گونه‌ای که نرخ نهایی جانشینی فنی برابر با سهم درآمد عوامل تولید باشد. اگر  $PY = RK + WL$ ,

باشد در این صورت رابطه (۹) به صورت زیر خواهد بود:  $w = \frac{W}{P}$  و  $r = \frac{R}{P}$

$$\dot{g} = \frac{rK}{Y} \cdot \frac{\dot{R}}{R} + \frac{wL}{Y} \cdot \frac{\dot{W}}{W} - \frac{\dot{P}}{P} \quad (10)$$

این معادله نشان می‌دهد که رشد TFP عبارت است از تفاوت بین میانگین وزنی هزینه عوامل تولید و قیمت محصول. اگر تولید نهایی اجتماعی سرمایه با درآمد سرمایه (اجاره) برابر نباشد فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس برقرار نخواهد بود. به طور اخص، اگر تولید نهایی اجتماعی سرمایه از درآمد سرمایه به خاطر اثرات سرریز بیشتر باشد، تابع تولید از نوع بازدهی نسبت به مقیاس فزاینده خواهد بود و باقیمانده سولو، TFP را به اندازه  $\left[ \frac{F_A \cdot A - rK}{Y} \right] \frac{\dot{K}}{K}$  بیش از حد برآورد خواهد نمود.

جرگنسون و موتوهایشی (۲۰۰۵) با بسط تابع تولید سولو و استفاده از تابع امکانات تولید، تاثیر فاوا بر بهره‌وری کل را به صورت زیر بررسی نموده‌اند:

$$Y = A \cdot X(K, H, S, T, N) \quad (11)$$

تولید (Y) تابعی از نهاده‌های خدمات غیر فاوا (K)، خدمات سخت‌افزار (H)، خدمات سرمایه نرم افزار (S) خدمات سرمایه ارتباطات (T) و خدمات نیروی کار (N) است. بهره‌وری کل عوامل از طریق A اندازه‌گیری می‌شود. با فرض رقابت کامل در بازار عوامل و محصول، بهره‌وری کل عبارت است از ما به تفاوت نرخ رشد محصول و نهاده‌ها؛ بهره‌وری کل از دو جا نشات می‌گیرد. بخش اول ناشی از صنعت فاوا بوده و بخش دوم مربوط به سایر بخش‌ها است. سهم عوامل از رشد به صورت زیر به دست

می آید:

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \dot{g} + \frac{F_K \cdot K}{Y} \cdot \frac{\dot{K}}{K} + \frac{F_H \cdot H}{Y} \cdot \frac{\dot{H}}{H} + \frac{F_S \cdot S}{Y} \cdot \frac{\dot{S}}{S} + \frac{F_T \cdot T}{Y} \cdot \frac{\dot{T}}{T} + \frac{F_N \cdot N}{Y} \cdot \frac{\dot{N}}{N} \quad (12)$$

با فرض تکنولوژی خشتی هیکس، داریم:

$$(13)$$

$$\dot{g} = \frac{\dot{Y}}{Y} - \left( \frac{F_K \cdot K}{Y} \cdot \frac{\dot{K}}{K} + \frac{F_H \cdot H}{Y} \cdot \frac{\dot{H}}{H} + \frac{F_S \cdot S}{Y} \cdot \frac{\dot{S}}{S} + \frac{F_T \cdot T}{Y} \cdot \frac{\dot{T}}{T} + \frac{F_N \cdot N}{Y} \cdot \frac{\dot{N}}{N} \right)$$

با استفاده از رویکرد دوگان و شرحی که ارائه شد، داریم:

$$\dot{g} = \frac{RK}{P_K Y} \cdot \frac{\dot{r}}{r} + \frac{RH}{P_H Y} \cdot \frac{\dot{h}}{h} + \frac{RS}{P_S Y} \cdot \frac{\dot{s}}{s} + \frac{RT}{P_T Y} \cdot \frac{\dot{t}}{t} + \frac{WN}{P_Y} \cdot \frac{\dot{w}}{w} \quad (14)$$

که در آن  $s, h, t$  و  $t$  به ترتیب قیمت اجاره‌ای سرمایه سخت‌افزار، نرم‌افزار و ارتباطات است.  $P_i$  ها بیانگر قیمت تولید نهایی است. برای برآورد رشد  $\Delta TFP$ ، برای بخش ارتباطات از راه دور، به ارزش افزوده و عوامل تولید بخش نیاز است. به منظور ساده‌سازی اگر  $Y_T = F(K_T, N_T)$  باشد با استفاده از رویکرد دوگان همانند قبل، رشد  $\Delta TFP$  در این بخش عبارت است از:

$$\dot{g} = \frac{RK_T}{P_T Y_T} \cdot \frac{\dot{r}}{r} + \frac{WN_T}{P_T Y_T} \cdot \frac{\dot{w}}{w} \quad (15)$$

این معادله رشد  $\Delta TFP$ ، را در بخش ارتباطات نشان می‌دهد.  $\Delta TFP$  برای کل اقتصاد به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\dot{g} = \sum_j \mu^j g_j \quad \mu^j = \frac{P_j Y_j}{P_Y} \quad j = K, H, S, T \quad (16)$$

در این روش با استفاده از داده‌ها و اطلاعات ملی کشورها، سهم نهاده‌ها از بهره‌وری کل محاسبه می‌شود و از روش‌های اقتصادسنجی برای برآورد ضرایب استفاده نمی‌شود. ویژگی برجسته این روش این است که به صورت مشخص سهم بخش‌های اقتصادی را از بهره‌وری کل محاسبه می‌کند. عیب این روش عدم توانایی در توضیح چرایی رشد بهره‌وری کل است.

در روش دوم، هدف تحلیل عوامل موثر بر بهره‌وری کل است و به جای تفکیک

مکانیکی به دنبال تبیین عوامل موثر بر رشد بهره‌وری کل است. در مورد عوامل موثر بر بهره‌وری کل اتفاق نظر وجود ندارد. این پراکندگی هم در مطالعات نظری و هم در مطالعات تجربی مشاهده می‌شود. با توجه با اهداف مطالعه، در عمل اثرات یک سری متغیرها بر بهره‌وری مطالعه می‌شود.

## ۲. مطالعات تجربی

ادبیات تجربی در زمینه اثرات فاوا بر بهره‌وری کل نوظهور است. برآورد اثرات فاوا بر بهره‌وری کل همان گونه که در بخش پیش آمد به دو روش حسابداری رشد و مدل‌های رگرسیونی توضیح دهنده رشد بهره‌وری صورت می‌گیرد.

بر اساس الگوی حسابداری رشد، بهره‌وری کل عبارت است از ما به تفاوت نرخ رشد محصول و نهاده‌ها<sup>۱</sup>. بهره‌وری کل از دو جا نشات می‌گیرد. بخش اول ناشی از صنعت فاوا بوده و بخش دوم مربوط به سایر بخش‌هاست. اولینر و استیرو<sup>۲</sup> (۲۰۰۲) برای اقتصاد آمریکا، وان آرک و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۰۳) و لی و کاتری<sup>۴</sup> (۲۰۰۳) برای کشورهای آسیای شرقی از مهمترین تحقیقات تجربی در این زمینه هستند. نتایج نشان می‌دهد که بخش تولید کننده فاوا اثر مثبت قابل ملاحظه بر رشد بهره‌وری در کشورهای اروپایی و آسیای شرقی و ایرلند داشته و کانون پیشرفت‌های تکنولوژیکی بوده است و منافع و عواید تولید فاوا بیشتر از کاربری آن است. جرگسون و همکاران (۲۰۰۴) سهم بهره‌وری کل (به تفکیک فاوا و غیر فاوا) را از رشد آمریکا برآورد به شرح جدول (۱) برآورد کرده‌اند. الگوی مورد استفاده برای تعیین سهم نهاده‌ها عبارتست از:

$$\Delta \ln A = u_{ict} \Delta \ln A_{ict} + u_n \Delta \ln A_n \quad (17)$$

$\Delta \ln A$  رشد بهره‌وری کل عوامل تولید است.  $u_n, u_{ict}$  به ترتیب سهم تولیدی فاوا و غیر فاواست.  $\Delta \ln A_{ict}$  رشد بهره‌وری مربوط به فاوا و  $\Delta \ln A_n$  رشد بهره‌وری مربوط به

۱. جرگسون، (۲۰۰۴).

2. Oliner and Stiroh.

3. Van Ark and et al.

4. Lee and Khatri.

غیرفاواست.  $u_{ict} \Delta \ln A_{ict}$  سهم فاوا و  $u_n \Delta \ln A_n$  سهم سرمایه غیرفاوا را از رشد بهره‌وری کل نشان می‌دهند.

**جدول ۱- سهم فاوا از رشد بهره‌وری کل در آمریکا، ۲۰۰۳-۱۹۹۵**

| دوره<br>منابع رشد        | ۱۹۵۹-۲۰۰۳ | ۱۹۷۳-۷۳ | ۱۹۷۳-۹۵ | ۱۹۹۵-۲۰۰۳ | ۱۹۹۵-۲۰۰۳<br>منهای<br>۱۹۷۳-۹۵ |
|--------------------------|-----------|---------|---------|-----------|-------------------------------|
| بهره‌وری کل              | ۰/۷۴      | ۱/۱۲    | ۰/۳۴    | ۱/۱۴      | ۰/۸۰                          |
| سهم فاوا از بهره‌وری     | ۰/۲۵      | ۰/۰۹    | ۰/۲۴    | ۰/۵۳      | ۰/۲۸                          |
| سهم غیر فاوا از بهره‌وری | ۰/۴۹      | ۱/۰۳    | ۰/۱۰    | ۰/۶۱      | ۰/۵۱                          |

منبع: جرگسون و همکاران (۲۰۰۴)

جرگسون و موتوهاشی (۲۰۰۵) منابع رشد اقتصادی ژاپن و آمریکا را در دوره ۲۰۰۳-۱۹۷۵ با تاکید بر نقش فاوا بررسی کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهد سهم فاوا از رشد بهره‌وری کل پس از ۱۹۹۵ در این کشورها افزایش یافته است. منابع رشد بهره‌وری کل در جدول (۲) ارائه شده است.

**جدول ۲- منابع رشد بهره‌وری کل ژاپن و آمریکا، ۲۰۰۳-۱۹۷۵**

| کشور<br>دوره | ژاپن    |         |         | آمریکا  |         |         |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|              | ۱۹۷۵-۹۰ | ۱۹۹۰-۹۵ | ۱۹۹۵-۰۳ | ۱۹۴۸-۷۳ | ۱۹۷۳-۸۹ | ۱۹۸۹-۹۵ |
| بهره‌وری کل  | ۰/۵۷    | ۰/۸۰    | ۰/۴۵    | ۰/۹۳    | ۰/۳۱    | ۰/۳۱    |
| فاوا         | ۰/۲۳    | ۰/۳۲    | ۰/۳۶    | ۰/۰۵    | ۰/۲۰    | ۰/۲۳    |
| غیر فاوا     | ۰/۳۵    | ۰/۴۸    | ۰/۱۰    | ۰/۸۸    | ۰/۱۱    | ۰/۰۸    |

منبع: جرگسون و موتوهاشی (۲۰۰۵)

مطالعاتی با رویکرد رگرسیونی نیز انجام یافته است. شیو و حشمتی<sup>۱</sup> (۲۰۰۶) اثرات برخی متغیرها از قبیل سرمایه‌گذاری فاوا را بر ۳۰ استان در چین طی دوره زمانی ۲۰۰۳-۱۹۹۳ با استفاده از داده‌های تلفیقی ارزیابی کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهد سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و سرمایه‌گذاری اثرات مثبت و معنادار بر رشد بهره‌وری

1. Shiu and Heshmati.

کل دارد. یک درصد افزایش سرمایه‌گذاری فاوا، بهره‌وری کل را ۰/۴۶ درصد افزایش می‌دهد در حالی که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، ۰/۹۸ درصد افزایش می‌دهد. آنها رابطه (۱۸) را برآورد و تحلیل کرده‌اند.

$$TFP_{it} = \beta_0 + \beta_{ict} ICT + \beta_{fdi} FDI + \beta_{inv} INV + \dots + \beta_{open} OPEN + \sum_{i=1}^{30} B_i D_i + \sum_{i=2}^{10} T_i + e_i \quad (18)$$

در رابطه بالا، ICT, FDI, INV, ROAD, TEL, GOV, PCNT, REFORM, OPEN عبارتند از باز بودن اقتصاد، اصلاحات اقتصادی، تعداد تحصیل کرده در هر ۱۰ هزار نفر، مخارج دولت، خطوط تلفن، زیرساخت جاده، مخارج سرمایه‌گذاری، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و سرمایه‌گذاری فاوا است. D و T عبارتند از اثرات غیر قابل مشاهده مقطع و زمان.

سو و لی<sup>۱</sup> (۲۰۰۶) عوامل موثر از قبیل فاوا را بر بهره‌وری کل برای ۲۳ کشور عضو سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه و ۱۵ کشور در حال توسعه برای دوره زمانی ۱۹۹۲-۹۶ برآورد کرده‌اند. الگوی بکار رفته عبارت است از:

$$TFP_{i,t} = \alpha_0 + \beta_1 GDP_{i,t} + \beta_2 OPEN_{i,t} + \beta_3 ICT_{i,t} + \beta_4 TIME_t + \beta_5 HUMAN_{i,t} + \beta_6 EXT_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (19)$$

در رابطه فوق، TFP رشد بهره‌وری کل است که تابعی از GDP رشد GDP حقیقی، OPEN باز بودن اقتصاد، ICT نسبت سرمایه‌گذاری فاوا به کل سرمایه‌گذاری (فاوایی)، TIME روند زمانی، HUMAN رشد سرمایه انسانی، EXT اثرات شبکه‌ای است. i تعداد کشورها (۳۸)، t روند زمانی (۱۹۹۲-۹۶) و  $\varepsilon$  بیانگر جزء اخلاص است. در این مدل فاوا می‌تواند از دو طریق بر بهره‌وری کل اثرگذار باشد: از طریق سرمایه‌گذاری داخلی فاوا و اثرات شبکه‌ای. متغیر شبکه فاوا به صورت سرمایه فاوایی کشورهای خارجی تعریف شده است. تحلیل آنها دو گروه کشورهای سازمان همکاری‌های اقتصادی و در حال توسعه را مقایسه می‌کند. نتایج نشان می‌دهد سرمایه‌گذاری فاوا در کشورهای توسعه یافته اثرات سرریز مثبت بر رشد بهره‌وری کل کشورهای در حال توسعه دارد. همچنین بین رشد

بهره‌وری کل و رشد سرمایه‌گذاری فاوا در کشورهای توسعه یافته همبستگی قوی وجود دارد ولی در کشورهای در حال توسعه صادق نیست.

لی و همکاران (۲۰۰۵) با استفاده از تابع تولید کاب داگلاس، رابطه علیت بین تولید ناخالص داخلی و فاوا و بین جز اخلاص سولو و فاوا را برای ۲۰ کشور (توسعه یافته و در حال توسعه) با استفاده از داده‌های ۱۹۸۰-۲۰۰۰ بررسی کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهد کشورهای در حال توسعه بر خلاف کشورهای توسعه یافته و صنعتی جدید از سرمایه‌گذاری فاوا نمی‌توانند در بهبود بهره‌وری استفاده نمایند. آنها از رابطه علیت استفاده نموده‌اند. (رابطه ۲۰)

$$A_t = \sum_{i=1}^n a_i A_{t-i} + \sum_{i=1}^t b_i ICT_{t-i} + \sum_{i=1}^m c_i X_{t-i} + u_t$$

$$ICT_t = \sum_{i=1}^p d_i ICT_{t-i} + \sum_{i=1}^q e_i Z_{t-i} + \sum_{i=1}^r f_i X_{t-i} + v_t \quad (20)$$

که در آن A بهره‌وری کل، ICT سرمایه‌گذاری فاوا، X متغیر اضافی از قبیل نیروی کار و سرمایه است. در مدل از وقفه متغیرهای A و ICT نیز استفاده شده است.  $u_t$ ،  $v_t$  جز اخلاص هستند. نتایج در جدول (۳) ارائه شده است.

### جدول ۳- علیت بین فاوا و پسماند سولو در کشورهای مختلف

| کشور                 | بلندمدت | کوتاهمدت            | کشور            | بلندمدت | کوتاهمدت            |
|----------------------|---------|---------------------|-----------------|---------|---------------------|
| گروه ۱: استرالیا     | هست     | $ICT \rightarrow A$ | گروه ۴: دانمارک | نیست    | نیست                |
| گروه ۱: اتریش        | هست     | $ICT \rightarrow A$ | گروه ۴: فنلاند  | نیست    | نیست                |
| گروه ۱: کانادا       | هست     | $ICT \rightarrow A$ | گروه ۴: فرانسه  | نیست    | نیست                |
| گروه ۱: سنگاپور      | هست     | $ICT \rightarrow A$ | گروه ۴: هند     | نیست    | نیست                |
| گروه ۱: ایالات متحده | هست     | $ICT \rightarrow A$ | گروه ۴: انگلیس  | نیست    | نیست                |
| گروه ۲: ایرلند       | هست     | نیست                | چین             | نیست    | $ICT \rightarrow A$ |
| گروه ۲: کره جنوبی    | هست     | نیست                | اندونزی         | نیست    | $ICT \rightarrow A$ |
| گروه ۳: ایتالیا      | نیست    | $ICT \rightarrow A$ | مالزی           | نیست    | $ICT \rightarrow A$ |
| گروه ۳: ژاپن         | نیست    | $ICT \rightarrow A$ | فیلیپین         | نیست    | $ICT \rightarrow A$ |
| گروه ۳: اسپانیا      | نیست    | $ICT \rightarrow A$ | -               | -       | -                   |

منبع: لی و همکاران (۲۰۰۵)

گروه ۱: شامل استرالیا، اتریش، کانادا، سنگاپور و ایالات متحده است که نشان دهنده رابطه مثبت بین سرمایه‌گذاری فاوا و بهره‌وری است. تابع عکس‌العمل آنی A نسبت به فاوا نیز در کشورها آزمون شده است. تابع عکس‌العمل آنی A نسبت به فاوا در استرالیا مثبت بوده و با گذشت زمان کاهش نمی‌یابد (شبه سنگاپور). در صورتی که این موضوع در اتریش معکوس بوده و سرمایه‌گذاری فاوا اثر مثبت اولیه بر اقتصاد دارد و به تدریج از بین می‌رود. در کانادا فاوا در مراحل اولیه بر بهره‌وری موثر نبوده ولی در بلندمدت مؤثر است. در آمریکا رابطه بلندمدت بین فاوا و بهره‌وری اثبات می‌شود و علیت از فاوا بر A وجود دارد.

گروه دوم: رابطه بلندمدت بین بهره‌وری و A در ایرلند و کره جنوبی وجود دارد ولی در کوتاه مدت وجود ندارد. در اقتصاد ایرلند، سرمایه‌گذاری فاوا تاثیری قابل ملاحظه‌ای بر بهره‌وری در کوتاه‌مدت ندارد ولی در بلندمدت وقتی که سرمایه‌گذاری‌های مکمل صورت می‌گیرد، این اثر نمایان می‌شود.

گروه سوم: در این گروه ایتالیا، ژاپن و اسپانیا قرار دارند. ایتالیا و ژاپن به صادرات‌های تک<sup>۱</sup> معروفند. با این وجود، شواهد موجود برای این سه کشور هیچ رابطه بلندمدتی را بین بهره‌وری و سرمایه‌گذاری فاوا نشان نمی‌دهد ولی در کوتاه‌مدت رابطه برقرار است. این نتایج با مطالعات قبلی همخوانی دارد. آرک و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند که تغییرات زیادی در کشورهای مختلف در خصوص اثر فاوا بر رشد بهره‌وری طی دوره ۱۹۹۵-۲۰۰۰ وجود دارد. فاوا در آمریکا، استرالیا و فنلاند بیشترین اثر، در ژاپن و ایتالیا در مقایسه با کشورهای قبلی اثر کمتر و اسپانیا و پرتغال کمترین اثر را داشته است.

برخی کشورها از قبیل ایتالیا و ژاپن سرمایه‌گذاری کمتری در فاوا داشته‌اند. بالاخص انعطاف‌ناپذیری در بازارهای کار و محصول باعث کاهش فواید چنین سرمایه‌گذاری می‌شود. در نیمه دوم دهه ۱۹۹۰، بیشتر کشورهای عضو سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه به‌جز ایتالیا و ژاپن به رشد بهره‌وری سریع دست یافتند، رشد پایین ژاپن به‌خاطر کاهش سرمایه‌گذاری غیر فاوا و اشتغال به‌علت کمبود تقاضا بوده است.

1. High Tech.

علیت گرنجر از بهره‌وری کل به فاوا در کشورهای چین، اندونزی، مالزی و فیلیپین وجود دارد این کشورها از دو دهه گذشته سیاست‌های درهای باز را در پیش گرفته‌اند که باعث رشد اقتصادی و رقابت بین‌المللی در این کشورها شده است.

در زمینه سایر عوامل موثر بر بهره‌وری کل نیز مطالعاتی انجام یافته است که به اهم آنها اشاره می‌شود. کو و هلپمن<sup>۱</sup> (۱۹۹۵) اثرات سرمایه تحقیق و توسعه داخلی، انگل برچت<sup>۲</sup> (۱۹۹۷) متغیر سرمایه انسانی، سنه‌اجی<sup>۳</sup> (۱۹۹۹) متغیرهای نسبت اولیه سرمایه انسانی، نسبت اولیه سرمایه فیزیکی، امید به زندگی، رابطه مبادله برای شوک‌های خارجی، نرخ تورم، مصرف دولتی، نرخ واقعی تبدیل ارز، نسبت موجودی ذخایر بین‌المللی به واردات، سطح دیون خارجی را مطالعه نموده‌اند. میلر و یوپادها<sup>۴</sup> (۲۰۰۰) به متغیرهای باز بودن، جهت‌گیری‌های تجاری و سرمایه انسانی، استریا (۱۹۹۸) سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی و صادرات و ناچگان و فانتین<sup>۵</sup> (۲۰۰۶) عواملی از قبیل اندازه دولت، نرخ تورم، باز بودن اقتصاد، بخش مالی، سرمایه فیزیکی، سرمایه انسانی و رابطه مبادله تاکید داشته‌اند. نیکام و همکارن (۲۰۰۶)<sup>۶</sup> فقط بر عوامل باز بودن اقتصاد، سرمایه فیزیکی، بخش مالی و رشد جمعیت تاکید کرده است.

مطالعاتی که در ایران نیز انجام یافته است. مطالعات انجام یافته در زمینه تاثیر فاوا بر رشد اقتصادی نشان می‌دهد که فاوا بر رشد اقتصادی ایران موثر بوده است. مشیری و جهانگرد (۱۳۸۳) با استفاده از داده‌های سری زمانی ۸۰-۱۳۴۸ به روش فضا حالت<sup>۷</sup> نشان دادند که سرمایه‌گذاری در بخش ارتباطات بر رشد اقتصادی ایران موثر بوده است. کمیجانی و محمودزاده با استفاده از روش حسابداری رشد به این نتیجه رسیده‌اند که سهم فاوا از رشد اقتصادی ایران حدود ۷ درصد در دوره ۸۲-۱۳۷۳ بوده است. فقیه نصیری و گودرزی (۱۳۸۴) با استفاده از داده‌های تلفیقی ۳۷ کشور در دوره ۲۰۰۳-۱۹۹۵ به این

1. Coe and Helpman.

2. Engelbrecht.

3. Senhadji.

4. Miller and Upadha.

5. Nachegan and Fontaine.

6. Njikam and et al.

7. Space State.



نتیجه دست یافته‌اند که مخارج سرانه فاوا بر رشد اقتصادی کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه تاثیر مثبت و معنادار دارد. ضریب لگاریتم این متغیر برای کشورهای توسعه یافته ۰/۰۱۸ و کشورهای در حال توسعه ۰/۰۱۳ بدست آمده است. محمودزاده و اسدی (۱۳۸۶) نشان داده‌اند که فاوا بر رشد بهره‌وری نیروی کار در ایران موثر بوده است هر چند میزان اثرگذاری آن در مقایسه با سرمایه فاوا کمتر بوده است. در مورد اثرات فاوا بر بهره‌وری کل مطالعات اندکی در ایران صورت گرفته است. رحمانی و حیاتی (۱۳۸۶) تاثیر فاوا بر بهره‌وری کل را با استفاده از داده‌های تلفیقی ۶۹ کشور در دوره ۲۰۰۳-۱۹۹۳ را بررسی کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهد سرمایه‌گذاری داخلی فاوا و سرریزهای بین‌المللی اثرات مثبت و معنادار بر کشورها (توسعه یافته و در حال توسعه) دارند. معادله برآوردی به شرح زیر است:

(۲۱)

$$dltfp_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 dlictd_{it} + \alpha_2 dlcomd_{it} + \alpha_3 dlictf_{it} + \alpha_4 dledu_{it} + \varepsilon_{it}$$

که در آن  $edu, ictf, comd, itd, tfp$  به ترتیب بهره‌وری کل، سرمایه داخلی فاوا، سرمایه ارتباطات داخلی، سرمایه فاوا خارجی و سرمایه انسانی است.  $d, l$  به ترتیب لگاریتم و تفاضل مرتبه اول است.  $i$  بیانگر کشور (۶۹ کشور) و  $t$  مبین زمان است. کمیجانی و شاه آبادی (۱۳۸۰) فعالیت‌های تحقیق و توسعه داخلی و خارجی را از طریق تجارت خارجی بر بهره‌وری کل عوامل ایران بررسی نموده‌اند. شاه آبادی (۱۳۸۲) نشان می‌دهد که انباشت سرمایه تحقیق و توسعه داخلی و خارجی، سرمایه انسانی، سرمایه فیزیکی سرانه اثر قوی تری نسبت به باز بودن، رابطه مبادله، ذخایر بین‌المللی بر بهره‌وری کل در ایران دارند و تاثیر نرخ تورم و نرخ ارز واقعی بر بهره‌وری کل منفی است. این مطالعه با سایر مطالعات مرتبط از تفاوت‌های زیر برخوردار است: اول این که اثرات فاوا بر بهره‌وری کل را از سه بعد ارزیابی می‌کند: اثرات زیرساخت؛ اثرات کاربری؛ و اثرات سرریز. مقالات مورد بررسی فاقد این تقسیم بندی بوده‌اند. دومین وجه تمایز این است که عموم مطالعات برای فاوا از شاخص‌های ساده استفاده می‌کنند که این مطالعه علاوه بر استفاده از این متغیرها، از شاخص‌های ترکیبی نیز استفاده کرده است. نظر به تعدد

شاخص‌های فاوا، مطالعات دیگر ممکن است اثرات فاوا بر بهره‌وری کل را کمتر از حد برآورد کنند. سومین ویژگی این مطالعه، همسان بودن نسبی کشورهای منتخب است. بیشتر مطالعات شکاف دیجیتال کشورهای را در نظر نمی‌گیرند بلکه بر اساس دسترسی به داده‌ها کشورها را انتخاب و برآورد مدل را انجام می‌دهند. این مقاله با استفاده از روش اریکام، کشورهایی را انتخاب کرده که از نظر زیرساخت فاوا تقریباً همگن هستند؛ به عبارت دیگر این کشورها از نظر وضعیت فاوا در رده "متوسط" و "متوسط به پایین" قرار دارند. بنابراین یافته‌ها از پایایی و درصد اطمینان بیشتری برخوردار است.

### ۳. تصریح مدل

برای محاسبه بهره‌وری کل نیاز به تابع تولید است. به منظور ساده‌سازی، از تابع تولید کاب داگلاس به شرح زیر استفاده می‌شود:

$$Y_{ij} = AK_{ij}^{\alpha} N_{ij}^{\beta} \quad \beta = 1 - \alpha \quad (22)$$

$K$  کل موجودی سرمایه است.  $I, J$  به ترتیب بیانگر مقطع (کشور) و دوره زمانی هستند. با مقید کردن  $\alpha + \beta$  بازدهی نسبت به مقیاس ثابت خواهد بود. با تقسیم معادله (۷) بر  $N$  معادله بر اساس تولید و سرمایه سرانه تصریح می‌شود:

$$y_{ij} = Ak_{ij}^{\alpha} \quad (23)$$

با گرفتن لگاریتم از معادله (۲۳) و بازنویسی مجدد آن، تابع تولید قابل برآورد (۲۴) حاصل خواهد شد میلر و یوپاداها (۲۰۰۰).

$$Ly_{ij} = LA + \alpha Lk_{ij} \quad (24)$$

پس از برآورد معادله (۲۴)، بهره‌وری کل با استفاده از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$LTFP = LA = Ly_{ij} - \alpha Lk_{ij} \quad (25)$$

عوامل موثر بر بهره‌وری کل نیز بر اساس مطالعات نظری و تجربی به شکل معادله زیر

معرفی می‌شوند:

$$LTFP = \alpha_1 + \alpha_2 Lindex_{ict,ij} + \alpha_3 Lopen_{ij} + \alpha_4 Lhu_{ij} + \alpha_5 Ls_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (26)$$

TFP,  $s, hu, open, Index_{ict}$  به ترتیب بهره‌وری کل، شاخص‌های فاوا، باز بودن اقتصاد، سرمایه انسانی و نرخ پس‌انداز است. نمادهای  $\varepsilon, j, i, L$  به ترتیب بیانگر لگاریتم، دوره، کشور و جزء اخلاص است. تمامی متغیرها به صورت لگاریتمی هستند. در این مطالعه برای متغیر فاوا، از یک سری شاخص‌ها همانند شاخص شبکه، نسبت موجودی سرمایه فاوا به موجودی سرمایه غیرفاوا، ضریب نفوذ اینترنت و تلفن ثابت، تراکم اطلاعاتی و کاربری اطلاعاتی استفاده شده است. همچنین از متغیرهای متغیرهای محیطی و ساختاری برای تصریح بهتر مدل و در نظر گرفتن ویژگی‌های این کشورها و تاکید مطالعات تجربی بهره‌برداری شده است.

### ● برآورد موجودی سرمایه فاوا

برای برآورد موجودی سرمایه فاوا مراحل زیر طی شده است:  
محاسبه سرمایه‌گذاری فاوا، محاسبه نرخ استهلاک، محاسبه موجودی سرمایه اولیه، محاسبه موجودی سرمایه فاوا،

### ● سرمایه‌گذاری فاوا

در بیشتر کشورهای در حال توسعه این داده‌ها وجود ندارد و یا از سوی مراکز رسمی منتشر نمی‌شود. اندک منابع معتبر وجود دارد که داده‌های مربوط به مخارج فاوا را منتشر می‌کنند. یکی از منابع معتبر که بیشتر مطالعات از آن بهره‌برداری می‌کنند، ویتسا است. برای مثال ویتسا مخارج فاوا را از سال ۱۹۹۲ در ۵۰ کشور منتشر می‌کند و در برخی سال‌ها کشورهایی به این مجموعه افزوده شده است. در مطالعات تجربی به طور وسیع از این بانک اطلاعات استفاده می‌شود. حتی برخی سازمان‌های بین‌المللی از قبیل بانک جهانی، صندوق بین‌المللی پول و کنفرانس توسعه و تجارت سازمان ملل (آنکتاد) از این داده‌ها برای دیده‌بانی توسعه فاوا در جهان استفاده نموده‌اند. با این وجود، بانک اطلاعات ویتسا فقط مخارج فاوا (سخت‌افزار، نرم‌افزار، ارتباطات و خدمات رایانه‌ای) را پوشش می‌دهد. لی و کاتری نیز از مخارج فاوا به عنوان جانشین برای سرمایه‌گذاری فاوا استفاده کرده‌اند. البته برخی محققان برای برآورد سرمایه‌گذاری فاوا در سطح کلان مخارج فاوا را تعدیل

می‌کنند. برای مثال داوری برای برآورد سرمایه‌گذاری سخت‌افزار در آمریکا از ضریب تعدیل ۰/۶۵۴ مخارج سخت‌افزار استفاده کرده است. از آنجا که خدمات رایانه‌ای سرمایه‌گذاری محسوب نمی‌شود بر این اساس، ابتدا مخارج خدمات رایانه‌ای از کل مخارج هر کشور کسر شده و بقیه مخارج که شامل سخت‌افزار، نرم‌افزار و ارتباطات است به عنوان سرمایه‌گذاری فاوا در نظر گرفته شده است. سپس، این ارقام با استفاده از شاخص قیمتی مصرف‌کننده به سال پایه ۲۰۰۰، تعدیل شده است.

### ● محاسبه نرخ استهلاک فاوا

مرور ادبیات تجربی نشان می‌دهد که مطالعات اندکی، نرخ استهلاک را برای کالاهای فاوا برآورد کرده‌اند؛ بیشتر مطالعات انجام یافته در زمینه اثر فاوا بر رشد و بهره‌وری، برآوردی از نرخ استهلاک ارائه نکرده‌اند. بیشتر مطالعات تجربی از برآورد فرامنی (۱۹۹۷) استفاده می‌کنند. فرامنی نرخ استهلاک، نرم‌افزار را ۴۱ درصد، سخت‌افزار را ۳۱/۵ درصد و ارتباطات و تجهیزات مخابراتی را ۱۱ درصد برآورد کرده است.<sup>۱</sup> شواهد نشان می‌دهد ۷۰ درصد سرمایه‌گذاری کشورهای در حال توسعه مربوط به ارتباطات، ۲۰ درصد سخت‌افزار و ۱۰ درصد نرم‌افزار است.<sup>۲</sup> بنابراین با استفاده از میانگین وزنی نرخ استهلاک و سهم سرمایه‌گذاری‌ها، نرخ استهلاک ۱۸ درصد برای سرمایه‌گذاری فاوا در نظر گرفته شده است. جرگسون (۱۹۸۹) از نرخ استهلاک ۲۷ درصد برای سخت‌افزار و ۱۱ درصد برای ارتباطات، نادیری و پروجا (۱۹۹۶) از نرخ استهلاک ۲۷ درصدی برای ارتباطات، کیم (۲۰۰۲) از نرخ استهلاک ۱۴ درصدی برای سرمایه‌گذاری فاوا و میاگاوا، ایتو و هارادا (۲۰۰۵) برای ژاپن، اولتون و سیرینی و اسان (۲۰۰۵) برای بریتانیا و لی و کتری (۲۰۰۳) برای جنوب شرق آسیا، کولچیا (۲۰۰۱) برای کشورهای سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه و بسیاری از مطالعات دیگر از برآورد فرامنی (۱۹۹۷) استفاده کرده‌اند.

۱. فرامنی، (۱۹۹۷).

۲. ویتسا، (۲۰۰۸).

### ● محاسبه موجودی سرمایه اولیه

برای برآورد مقدار اولیه، لازم است رابطه بین سرمایه‌گذاری و موجودی سرمایه روشن شود. سرمایه‌گذاری دارای دو جزء است: بخشی از سرمایه‌گذاری جانشین سرمایه مستهلک شده می‌شود؛ و بقیه سرمایه‌گذاری صرف خرید تجهیزات کسب و کار یا ایجاد ساختمان جدید برای حفظ رشد اقتصادی می‌شود هاربرگر (۱۹۷۸). بنابراین رابطه بین سرمایه‌گذاری و موجودی سرمایه می‌تواند به شرح زیر تصریح شود:

$$I_t = (\delta + \gamma)K_{t-1} \quad (27)$$

به گونه‌ای که سرمایه‌گذاری در سال جاری تابعی از موجودی سرمایه مستهلک شده در دوره قبل است با این فرض که نرخ استهلاک  $\delta$  باشد. فرض می‌شود که نرخ رشد موجودی سرمایه مشابه نرخ رشد سرمایه‌گذاری باشد بنابراین  $\gamma$  متوسط نرخ رشد سرمایه‌گذاری است. با استفاده از معادله بالا، مقدار اولیه موجودی سرمایه به شرح زیر به دست می‌آید:

$$K_0 = \frac{I_{ict}}{(\delta + \gamma_{ict})} \quad (28)$$

که در آن  $K_0$  مقدار اولیه موجودی سرمایه فاوا است که از طریق  $I_1$  سطح سرمایه‌گذاری در سال اول، نرخ استهلاک و متوسط نرخ رشد سرمایه‌گذاری فاوا ( $\gamma_{ict}$ ) تعیین می‌شود. این روش برای محاسبه مقدار اولیه موجودی سرمایه فاوا در آمریکا<sup>۱</sup>، ژاپن (میاگاوا و همکاران، ۲۰۰۴) و کشورهای آمریکای مرکزی<sup>۲</sup> استفاده شده است.

### ● محاسبه موجودی سرمایه فاوا

یکی از رایج‌ترین روش‌ها برای برآورد موجودی سرمایه روش  $PIM$  است این روش به طور گسترده در مطالعات مختلف برای برآورد موجودی سرمایه استفاده شده است. برای برآورد موجودی سرمایه بر اساس این روش نیاز به نرخ استهلاک ( $\delta$ ) است. با فرض ثابت بودن نرخ استهلاک، درصد ثابتی از خدمات سرمایه بر اساس سال تاسیس کم می‌شود.

۱. شینجو و زانگ، (۲۰۰۳).

۲. رینسدورف و کاور (۲۰۰۵).

موجودی سرمایه بر اساس رابطه زیر استخراج می‌شود که توسط محققان مختلفی از قبیل تایمر و وان آرک (۲۰۰۵)، وو (۲۰۰۴)، جرگنسون و موتوهایشی (۲۰۰۵) و بسیاری از محققان فعال در زمینه اقتصاد فناوری اطلاعات استفاده شده است.

$$K_t = I_t + (1 - \delta)K_{t-1} \quad (29)$$

موجودی سرمایه در دوره  $t$  ( $K_t$ )، تابعی از سطح سرمایه‌گذاری در همان دوره ( $I_t$ ) و موجودی سرمایه در دوره قبل ( $K_{t-1}$ ) است که با نرخ استهلاک ( $\delta$ ) تعدیل یافته است.

### ● برآورد اشتغال و موجودی سرمایه کل

آمار شاغلان در دوره ۲۰۰۳-۱۹۹۵ از بانک اطلاعاتی سازمان جهانی کار استخراج شده است که در تارنمای این سازمان به نشانی [www.ILO.org](http://www.ILO.org) موجود است. برای محاسبه موجودی سرمایه از روابط (۲۷) و (۲۸) استفاده شده است. نرخ استهلاک برای سرمایه مطابق بیشتر تحقیقات تجربی ۴/۵ درصد لحاظ شده است<sup>۱</sup>. داده‌های تشکیل سرمایه ثابت نیز از بانک اطلاعاتی نماگرهای توسعه جهانی<sup>۲</sup> تامین شده است.

شواهد نشان می‌دهد که نسبت موجودی سرمایه به GDP در کشورهای منتخب متفاوت است. متوسط این نسبت در کشورهای منتخب در کل دوره، ۳/۷۵ و در سال ۲۰۰۳، ۳/۶۱ می‌باشد.

۳۴ کشور مورد مطالعه عبارتند از: مالزی، برزیل، کاستاریکا، موریتانی، ترینیداد و توباگو، مکزیک، ترکیه، جامائیکا، ونزوئلا، تایلند، اسلوواکی، آفریقای جنوبی، اردن، پاناما، چین، ایران، اکوادور، نامیبیا، فیلیپین، تونس، بلیوی، پاراگوئه، بوتسوانا، مصر، گواتمالا، نیکاراگوئه، اندونزی، گابن، مراکش، سوریه، هندوراس، سری‌لانکا، گامبیا و هند.

این کشورها بر مبنای روش طبقه‌بندی مطالعه اریکام (۲۰۰۵) انتخاب شده‌اند که از نظر زیرساخت‌های فاوا مشابه هستند. این مطالعه کشورهای جهان را به پنج گروه "الف"، "ب"، "ج"، "د"، و "هـ" تقسیم بندی می‌کند. کشورهای منتخب عموماً در گروه‌های

۱. جالوا و پوجولا، (۲۰۰۷).

2. World Development Indicator (WDI, 2007).

"ج" و "د" قرار دارند. به عبارت دیگر از نظر وضعیت فناوری اطلاعاتی در رده "متوسط" و "متوسط به پایین" ارزیابی شده‌اند.

#### ۴. شرح متغیرها و منابع داده‌ها

در این مقاله بر اساس پیشینه تحقیق، متغیرهای استفاده شده به دو گروه عمده تقسیم می‌شوند: متغیرهای اصلی (شامل شاخص‌های مختلف فاوا و سرمایه انسانی) و شاخص‌های نشان دهنده ساختار و ثبات کلان اقتصادی این کشورها شامل باز بودن اقتصاد و نرخ پس‌انداز. در مورد هر یک از آنها به اختصار توضیحاتی ارائه شده است:

**سرمایه فاوا:** سرمایه فاوا یک عامل تولید است که در تولید انواع کالاها و خدمات نقش ایفا می‌کند. تفکیک کل سرمایه به فاوا و غیر فاوا از دهه ۱۹۹۰ مورد توجه قرار گرفته است. سرمایه فاوا از بازدهی بالایی برخوردار است و انتظار می‌رود با تعمیق سرمایه، به بهره‌وری کل کمک نماید. تحقیقات نظری و تجربی نشان می‌دهد که رشد بهره‌وری کل در صنایع فاوا بیشتر از سایر بخش‌ها است. در این مقاله سرمایه فاوا از جنبه‌های مختلف مورد توجه قرار گرفته است. پیشرفت زیرساخت‌های فاوا باعث افزایش بهره‌وری کل در این بخش و به تبع آن بهره‌وری کل می‌شود. بر این اساس از متغیرهای ضریب نفوذ تلفن ثابت و شاخص شبکه استفاده شده است. همچنین تراکم فاوا نشان می‌دهد که چگونه تغییر تخصیص منابع از سرمایه غیر فاوا به فاوا می‌تواند بر رشد بهره‌وری موثر باشد برای سنجش این اثر از نسبت موجودی سرمایه فاوا به کل موجودی سرمایه استفاده شده است. از فاوا در فعالیت‌های اقتصادی و تجاری نیز در مقیاس وسیع استفاده می‌شود برای سنجش این اثر از متغیرهای ضریب نفوذ اینترنت و شاخص کاربری اطلاعاتی استفاده می‌شود. برخی تحقیقات تجربی مخارج فاوا را به عنوان اثرات سرریز داخلی فاوا در نظر می‌گیرند که برای سنجش آن از متغیر نسبت مخارج فاوا به تولید ناخالص داخلی استفاده می‌شود.

**سرمایه انسانی:** سرمایه انسانی شامل مهارت‌های انباشت شده در طول برنامه‌های دوران کودکی، ابتدایی و راهنمایی، دبیرستان، دانشگاه و آموزش‌های ضمن خدمت برای بزرگسالان است که در هر فرد متجلی می‌شود. این سرمایه‌ها در زمینه‌های مختلف دانش و

توانمندی‌های فردی ظاهر می‌شوند. سرمایه انسانی همانند سرمایه فیزیکی توانمندی‌های یک کشور را برای تولید کالاها و خدمات افزایش می‌دهد. لوکاس بر انباشت سرمایه انسانی برای رشد پایدار تاکید دارد. سرمایه انسانی توانایی یک کشور را برای نوآوری و رسیدن به کشورهای پیشرفته ارتقا می‌بخشد. مطالعات مختلف (از قبیل بالیون لترز<sup>۱</sup>، ۲۰۰۳؛ کسلی و کلمن<sup>۲</sup>، ۲۰۰۱؛ کیسکی و پوجولا<sup>۳</sup>، ۲۰۰۳) بر اهمیت سرمایه انسانی برای دستیابی به فاوا و همچنین پخش و توزیع آن تاکید کرده‌اند. این مطالعات نشان داده‌اند که آموزش در سطوح دوم و سوم نقش مهمی در پذیرش و پخش فناوری دارد. در این مقاله از شاخص ترکیبی اریکام (۲۰۰۵) برای سرمایه انسانی استفاده شده است. بیشتر اقتصاددانان اعتقاد دارند که سرمایه انسانی بیشتر بر بهره‌وری کل تاثیر دارد تا رشد اقتصادی. این شاخص میانگین وزنی از نرخ ناخالص ثبت‌نام در سطح اول، دوم و سوم<sup>۴</sup> است. در این شاخص، ضریب سطوح یاد شده به ترتیب ۱، ۲ و ۳ بوده و در نهایت میانگین آنها به صورت وزنی محاسبه شده است.

$$I^{gross\ enrolment} = (primary + 2 \times secondary + 3 \times tertiary) / 6$$

**تجارت آزاد:** بیشتر اقتصاددانان اعتقاد دارند باز بودن تجارت باعث گسترش بازار ملل از طریق صادرات و دستیابی به اقتصاد مقیاس می‌شود. که نتیجه آن افزایش بهره‌وری است. در حالی که افزایش واردات ممکن است کاهش تولید داخلی را در پی داشته باشد باز بودن بازارها رقابت را میان بنگاه‌ها در بازارهای داخلی تشدید می‌کند و کارایی را ارتقا می‌بخشد. واردات بیشتر می‌تواند انتقال فناوری‌های جدید را گسترش دهد. تجارت آزاد با انتقال فناوری، اثرات سرریز تحقیق و توسعه کشورهای توسعه یافته را به اقتصاد داخلی انتقال می‌دهد. شاخص مورد استفاده درجه باز بودن اقتصاد است که نسبت مجموع صادرات و واردات به تولید ناخالص داخلی است.

**نرخ پس‌انداز:** پس‌انداز به عنوان شاخص ساختار مالی کشورها نقش مهمی در رشد اقتصادی کشورها دارد. انتظار می‌رود با افزایش نرخ پس‌انداز و جذب آن از طریق

1. Balamoune Lutz.
2. Caselli and Coleman.
3. Kiiski and Pohjola.
4. Primary, Secondary and Tertiary.



بازارهای مالی و تزریق آن به بخش‌های مختلف اقتصادی، فرصت‌های جدید سرمایه‌گذاری فراهم شده و به بهبود فناوری کمک نماید. شاخص مورد استفاده نسبت پس‌انداز ناخالص به تولید ناخالص داخلی است. در جدول (۴) تعریف متغیرها و منابع ارائه شده است.

**جدول ۴: منابع داده‌ها و تعریف متغیرهای موثر بر بهره‌وری کل: کشورهای در حال توسعه**

| منبع داده‌ها                                                         | متغیر/شاخص                                                                         | طبقه‌بندی متغیرها | ردیف |
|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------|
| بانک جهانی (۲۰۰۷)                                                    | تولید ناخالص داخلی $(Y)$                                                           | تابع تولید        | ۱    |
| ILO                                                                  | برآورد شاغلان $(N)$                                                                |                   | ۲    |
| بانک جهانی و برآورد نویسنده                                          | موجودی سرمایه برآوردی $(K)$                                                        |                   | ۳    |
| محاسبات نویسنده                                                      | پسماند سولو $(TFP)$                                                                | بهره‌وری کل       | ۴    |
| بانک جهانی (۲۰۰۵)<br>اریکام (۲۰۰۵)<br>ویتسا (۲۰۰۶) و محاسبات نویسنده | ضریب نفوذ تلفن ثابت $(tel)$<br>شاخص شبکه $(net)$<br>موجودی سرمایه فاوا $(K_{ict})$ | زیر ساخت فاوا     | ۵    |
| بانک جهانی (۲۰۰۵)<br>اریکام (۲۰۰۵)                                   | ضریب نفوذ اینترنت $(int)$<br>کاربری اطلاعاتی $(iu)$                                | کاربری فاوا       | ۶    |
| بانک جهانی (۲۰۰۵)                                                    | نسبت مخارج فاوا به GDP $(ictpg)$                                                   | سرریز داخلی فاوا  | ۷    |
| اریکام (۲۰۰۵)                                                        | شاخص سرمایه انسانی $(hu)$                                                          | سرمایه انسانی     | ۸    |
| بانک جهانی (۲۰۰۵)                                                    | نسبت پس‌انداز ناخالص به GDP $(s)$                                                  | ساختار اقتصادی    | ۹    |
| بانک جهانی (۲۰۰۵)                                                    | مجموع صادرات و واردات به GDP $(open)$                                              |                   |      |

## ۵. برآورد مدل

ابتدا تابع تولید تصریح شده معادله (۲۴) برآورد گردید. برای انتخاب روش برآورد بین حداقل مربعات معمولی و اثرات ثابت از آزمون F و آزمون هاسمن برای انتخاب روش

۱. با توجه به این که داده‌های تشکیل سرمایه ثابت به قیمت ثابت ۲۰۰۰ بر حسب دلار آمریکا می‌باشد و موجودی سرمایه نیز بر اساس همین مبنا محاسبه شده است لذا GDP مورد استفاده نیز به قیمت ثابت سال ۲۰۰۰ بر حسب دلار آمریکا بوده است. متناسب نبودن واحدهای سنجش موجودی سرمایه و GDP می‌تواند در تعیین سهم سرمایه و نیروی کار از درآمد ملی اثرگذار باشد بنابراین از GDP بر حسب برابری قدرت خرید استفاده نشده است.

برآورد به روش اثرات ثابت و اثرات تصادفی استفاده شد. نتیجه آزمون‌ها، بیانگر مناسب بودن روش اثرات ثابت است. معادله (۲۴)، برای ۳۴ کشور در دوره زمانی ۱۹۹۵-۲۰۰۳ برآورد شد. نتایج نشان می‌دهد. کشش تولید سرانه نسبت به سرمایه سرانه، ۰/۵۵۸ است. با توجه به موجود بودن بیشتر اطلاعات فاوا برای بعد از سال‌های ۱۹۹۵، تابع تولید برای دوره ۱۹۹۵-۲۰۰۳ برآورد شد. با فرض بازدهی نسبت مقیاس ثابت  $\beta$  برابر با ۰/۴۴۲ خواهد بود. نتایج برآورد در جدول (۵) ارائه شده است.

جدول ۵- برآورد تابع تولید برای کشورهای در حال توسعه

| متغیر       | (۱)       |
|-------------|-----------|
| C           | ۲/۱       |
| $\alpha$    | *۰/۵۵۸    |
| $\beta$     | ۰/۴۴۲     |
| $\bar{R}^2$ | ۰/۵۶      |
| دوره زمانی  | ۱۹۹۵-۲۰۰۳ |
| روش برآورد  | F.E.      |
| $F_{test}$  | ۱۹۹۰۹     |
| $H_{test}$  | ۳۷/۷      |

منبع: یافته‌های مقاله

\* معنادار در سطح ۵ درصد

در مورد عوامل موثر بر بهره‌وری کل، تاثیر متغیرهای ضریب نفوذ تلفن ثابت، ضریب نفوذ اینترنت، تراکم اطلاعاتی، کاربری اطلاعاتی، شاخص شبکه، باز بودن اقتصاد و نرخ پس‌انداز ارزیابی شده است. نتایج در جدول (۶) ارائه شده است. برای برآورد معادلات، ابتدا دو آزمون F و هاسمن انجام یافت. آزمون F برای انتخاب بین روش حداقل مربعات معمولی و اثرات ثابت انجام شد. نتیجه نشان داد که برآورد باید به روش اثرات ثابت انجام شود. در مرحله بعد برای انتخاب از بین دو روش اثرات ثابت و اثرات تصادفی از آزمون هاسمن استفاده شد. بر اساس نتایج به دست آمده، به استثنای معادله (۶) سایر معادلات به روش اثرات ثابت برآورد شده است. در صورتی که دوره زمانی طولانی و تعداد مقطع‌ها

زیاد باشد دو روش یاد شده نتایج تقریباً مشابه به دنبال خواهند داشت. با این وجود آزمون‌های F و هاسمن مبنای انتخاب روش برآورد بوده است.

معادله (۱) با متغیرهای ضریب نفوذ تلفن ثابت (زیرساخت فاوا) و باز بودن اقتصاد برآورد شد. ضرایب برآوردی نشان می‌دهد که ضریب نفوذ تلفن ثابت، باز بودن اقتصاد تاثیر مثبت و معنادار بر بهره‌وری کل دارند. کشش بهره‌وری کل نسبت به ضریب نفوذ تلفن ثابت ۰/۱۰ است. یک درصد افزایش ضریب نفوذ تلفن ثابت می‌تواند بهره‌وری کل را ۰/۱۰ درصد بهبود بخشد. این نتیجه بیانگر تاثیر زیرساخت‌های فاوا و صنعت ارتباطات بر بهره‌وری کل است. ضریب باز بودن اقتصاد ۰/۰۱ بوده و معنادار است.

معادله (۲) با متغیرهای ضریب نفوذ اینترنت (شاخص کاربری)، سرمایه انسانی و باز بودن اقتصاد برآورد شد. ضرایب برآوردی نشان می‌دهد که ضریب نفوذ اینترنت و باز بودن اقتصاد تاثیر مثبت و معنادار بر بهره‌وری کل دارند. کشش بهره‌وری کل نسبت به ضریب نفوذ اینترنت ۰/۰۱ است. نکته مهم پایین بودن ضریب اینترنت در مقایسه با تلفن ثابت است. با توجه به سابقه ضریب نفوذ تلفن ثابت این نتیجه منطقی به نظر می‌رسد. اینترنت از دهه ۱۹۹۰ در بیشتر کشورها شروع شده است و هنوز زمان زیادی از نفوذ آن در فعالیت‌های اقتصادی در کشورهای در حال توسعه نمی‌گذرد و نفوذ آن با شتاب زیادی همراه بوده است. باز بودن اقتصاد و سرمایه انسانی اثرات معنادار بر بهره‌وری کل دارند.

در معادله (۳)، تاثیر متغیرهای شاخص شبکه (شاخص مرکب زیرساخت)، پس انداز، باز بودن اقتصاد و سرمایه انسانی بر بهره‌وری ارزیابی شد. ضرایب برآوردی نشان می‌دهد که شاخص شبکه، باز بودن اقتصاد و نرخ پس انداز تاثیر مثبت و معنادار بر بهره‌وری دارند. شاخص شبکه ترکیبی از شاخص‌های تلفن ثابت، خطوط دیجیتالی، تلفن همراه، مشترکین تلویزیونی، میزبانان اینترنتی و سرورهای امن است که کشورهای در حال توسعه هنوز از نظر برخی از این شاخص‌ها وضعیت مناسبی ندارند و شکاف دیجیتالی زیادی با کشورهای پیشرو دارند. کشش بهره‌وری کل نسبت به شاخص شبکه، ۰/۰۳ است. ضریب سرمایه انسانی ۰/۰۶ بوده و معنادار است.

در معادله (۴)، تاثیر متغیرهای تراکم اطلاعاتی (شاخص مرکب زیرساخت، کاربری و

سرمایه انسانی)، پس انداز و باز بودن اقتصاد بر بهره‌وری ارزیابی شد. ضرایب برآوردی نشان می‌دهد که تراکم اطلاعاتی، باز بودن اقتصاد، نرخ پس انداز تاثیر مثبت و معنادار بر بهره‌وری دارند. تراکم اطلاعاتی مبتنی بر فراهم بودن زیرساخت‌های فاوا و سرمایه انسانی است. از این نظر متغیر سرمایه انسانی در معادله لحاظ نشده است. کشش بهره‌وری کل نسبت به شاخص یاد شده ۰/۰۵۵ است.

در معادله (۵) از شاخص کاربری اطلاعاتی به عنوان شاخص میزان کاربری فاوا استفاده شد که تاثیر مثبت و معنادار آن را تایید می‌نماید. کاربران اینترنتی و رایانه‌ای هسته اصلی این شاخص است. ضریب این شاخص ۰/۰۳ می‌باشد. نرخ پس انداز، سرمایه انسانی و باز بودن تاثیر مثبت و معنادار بر بهره‌وری کل دارند.

در معادله (۶) تاثیر تراکم فاوا بر بهره‌وری ۱۳ کشور مالزی، برزیل، مکزیک، ترکیه، کلمبیا، ونزوئلا، تایلند، افریقای جنوبی، چین، فیلیپین، مصر، اندونزی و هند آزمون شده است. تراکم فاوا نشان می‌دهد که چگونه تغییر تخصیص منابع از سرمایه غیرفاوا به فاوا می‌تواند بر رشد بهره‌وری موثر باشد برای سنجش این اثر از نسبت موجودی سرمایه فاوا به کل موجودی سرمایه در معادله (۶) استفاده شده است. افزایش یک درصد سرمایه فاوا نسبت به سرمایه فیزیکی می‌تواند بهره‌وری کل ۰/۱۵ درصد افزایش دهد. در معادله (۶) تاثیر تراکم فاوا بر بهره‌وری کل آزمون شده است. این نتیجه تایید این فرضیه است که تخصیص منابع از سرمایه غیرفاوا به فاوا به رشد بهره‌وری کل کمک می‌نماید. همان گونه که در مبانی نظری تحلیل شد رشد بهره‌وری کل در صنایع فاوا بیشتر از سایر صنایع است و این رشد باعث افزایش بهره‌وری کل در اقتصاد می‌شود.

در معادله (۷) تاثیر مخارج فاوا به تولید ناخالص داخلی (شاخص سرریز داخلی) بر رشد بهره‌وری آزمون شده است. دوره زمانی برآورد ۲۰۰۳-۲۰۰۰ برای ۳۴ کشور در حال توسعه است. یافته‌ها نشان می‌دهد این متغیر تاثیر مثبت و معنادار بر رشد بهره‌وری کل دارد. ضریب متغیر نسبت مخارج فاوا به GDP بر رشد بهره‌وری کل ۰/۰۷ می‌باشد.

بنابراین نتیجه‌گیری می‌شود سرمایه انسانی، سرمایه فاوا (شاخص‌های مختلف)، باز بودن اقتصاد و نرخ پس انداز بر بهره‌وری کل تاثیر مثبت و معنادار دارند.

باز بودن اقتصاد تاثیر مثبت بر بهره‌وری کل دارد. کشش بهره‌وری نسبت به باز بودن اقتصاد در فاصله ۰/۰۱ الی ۰/۰۷ قرار دارد. این موضوع تاییدی بر انتقال و سرریز آثار تحقیق و توسعه در سایر کشورها و انتقال دانش فناوری است. پایین بودن این ضریب در میان کشورهای در حال توسعه شاید به این دلیل باشد که روابط تجاری این کشورها ضرورتاً صنعتی نیست و نمی‌توان آثار زیادی را انتظار داشت. با این وجود تاثیر آن مثبت و معنادار است.

نرخ پس‌انداز نیز تاثیر مثبت و معنادار دارند. نکته جالب توجه تاثیر اندک این متغیر بر بهره‌وری است. به نظر می‌رسد ساختار ضعیف بازارهای مالی در کشورهای در حال توسعه برای انتقال پس‌انداز به منابع سرمایه‌گذاری در این زمینه موثر باشد.

متوسط کشش بهره‌وری نسبت به سرمایه انسانی ۰/۳۲ درصد است. فاوا از طریق زیرساخت و کاربری بر بهره‌وری کل تاثیر می‌گذارد. متوسط کشش بهره‌وری کل نسبت به زیرساخت و کاربری به ترتیب ۰/۰۶۵ و ۰/۰۲۵ بوده و معنادار است. در مجموع یک درصد بهبود زیرساخت و کاربری می‌تواند بهره‌وری کل را ۰/۰۹ درصد افزایش دهد. معنادار بودن ضریب متغیر مخارج فاوا به GDP می‌تواند دلیلی بر وجود اثرات سرریز داخلی فاوا باشد. همچنین شواهد نشان می‌دهد با انباشت سرمایه فاوا نسبت به سرمایه غیر فاوا، بهره‌وری کل بهبود می‌یابد.

### جدول ۶- نتایج تجربی عوامل موثر بر بهره‌وری کل در کشورهای

#### در حال توسعه منتخب

| نام متغیر                   | متغیر        | (۱)    | (۲)    | (۳)    | (۴)  | (۵)       | (۶)  | (۷) |
|-----------------------------|--------------|--------|--------|--------|------|-----------|------|-----|
| عرض از مبدا                 | <i>C</i>     | ۱/۲    | ۱/۸    | ۱/۷    | ۱/۸  | ۱/۳       | ۱۱/۴ | ۰/۵ |
| لگاریتم باز بودن اقتصاد     | <i>Lopen</i> | * ۰/۰۱ | * ۰/۰۷ | * ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۳<br>* | -    | -   |
| لگاریتم سرمایه انسانی       | <i>Lhu</i>   | ۰/۰۱** | * ۰/۰۱ | * ۰/۰۶ | -    | ** ۰/۰۵   | -    | -   |
| لگاریتم ضریب نفوذ تلفن ثابت | <i>Ltel</i>  | * ۰/۱۰ | -      | -      | -    | -         | -    | -   |
| لگاریتم ضریب نفوذ اینترنت   | <i>Lint</i>  | -      | * ۰/۰۲ | -      | -    | -         | -    | -   |

| نام متغیر                                           | متغیر          | (۱)     | (۲)     | (۳)      | (۴)      | (۵)      | (۶)     | (۷)     |
|-----------------------------------------------------|----------------|---------|---------|----------|----------|----------|---------|---------|
| لگاریتم شاخص شبکه                                   | <i>Lnet</i>    | -       | -       | * ۰/۰۳   | -        | -        | -       | -       |
| لگاریتم شاخص وضعیت اطلاعاتی                         | <i>Lid</i>     | -       | -       | -        | * ۰/۰۵۵  | -        | -       | -       |
| لگاریتم شاخص کاربری فاوا                            | <i>Liu</i>     | -       | -       | -        | -        | * ۰/۰۳   | -       | -       |
| لگاریتم نسبت موجودی سرمایه فاوا به کل موجودی سرمایه | $LK_{ict} / K$ | -       | -       | -        | -        | -        | * ۰/۱۵  | -       |
| نسبت مخارج فاوا به GDP                              | <i>ictpg</i>   | -       | -       | -        | -        | -        | -       | * ۰/۰۷  |
| لگاریتم نسبت پس انداز ناخالص به GDP                 | <i>Ls</i>      | -       | -       | *** ۰/۰۱ | *** ۰/۰۱ | *** ۰/۰۱ | -       | -       |
| $\bar{R}^2$                                         |                | ۰/۶۵    | ۰/۶۰    | ۰/۶۵     | ۰/۶۹     | ۰/۶۸     | ۰/۴۴    | ۰/۶۳    |
| $F_{test}$                                          |                | ۱۲۳۸    | ۱۶۰۰    | ۲۷۶۸     | ۲۹۸۷     | ۲۳۰۸     | ۱۲۸۹    | ۳/۱     |
| $H_{test}$                                          |                | ۷/۱     | ۹/۷     | ۹/۶      | ۷/۶      | ۱۰/۱     | ۰/۰۵    | ۲/۶     |
| روش برآورد                                          |                | F.E.    | F.E.    | F.E.     | F.E.     | F.E.     | R.E.    | F.E.    |
| دوره زمانی                                          |                | ۱۹۹۶-۰۳ | ۱۹۹۷-۰۳ | ۱۹۹۵-۰۳  | ۱۹۹۵-۰۳  | ۱۹۹۵-۰۳  | ۱۹۹۵-۰۳ | ۲۰۰۰-۰۳ |

متغیر وابسته در معادله سنون (۷) رشد TFP و در سایر معادلات لگاریتم TFP \*، \*\* و \*\*\* به ترتیب معنادار در سطح ۱، ۵ و ۱۰ درصد

منبع: یافته‌های مقاله

## جمع‌بندی و ملاحظات

از نگاه نظریات اقتصادی، فاوا می‌تواند از طریق آثار خارجی شبکه؛ بهبود مکمل‌ها با پذیرش فاوا؛ و بهبود دسترسی به دانش بر بهره‌وری کل موثر باشد. مطالعات تجربی بیشتر با رویکرد حسابداری رشد انجام یافته‌اند و بر نقش قابل ملاحظه فاوا بر رشد بهره‌وری در کشورهای توسعه‌یافته و برخی در حال توسعه تاکید دارند. در این مقاله، اثرات فاوا بر بهره‌وری کل از ابعاد مختلف در کشورهای در حال توسعه مشابه ایران با استفاده از روش

داده‌های تلفیقی در دوره زمانی ۲۰۰۳-۱۹۹۲ ارزیابی شد. بنابراین نتیجه‌گیری می‌شود سرمایه انسانی، سرمایه فاوا (شاخص‌های مختلف)، باز بودن اقتصاد و نرخ پس‌انداز بر بهره‌وری کل تاثیر مثبت و معنادار دارند. باز بودن اقتصاد تاثیر مثبت بر بهره‌وری کل دارد. کشش بهره‌وری نسبت به باز بودن اقتصاد در فاصله ۰/۰۱ الی ۰/۰۷ قرار دارد. این موضوع تاییدی بر انتقال و سرریز آثار تحقیق و توسعه در سایر کشورها و انتقال دانش فناوری است. نرخ پس‌انداز نیز تاثیر مثبت و معنادار دارند. نکته جالب توجه تاثیر اندک این متغیر بر بهره‌وری است. به نظر می‌رسد ساختار ضعیف بازارهای مالی در کشورهای در حال توسعه برای انتقال پس‌انداز به منابع سرمایه‌گذاری در این زمینه موثر باشد. سرمایه غیرفاوا بر بهره‌وری تاثیر ندارد در صورتی که سرمایه فاوا و سرمایه انسانی بهره‌وری کل تاثیر مثبت و معنادار دارند. این نتیجه تاییدی بر این فرضیه است که تخصیص منابع از سرمایه غیرفاوا به فاوا به رشد بهره‌وری کل کمک می‌نماید. متوسط کشش بهره‌وری نسبت به سرمایه انسانی ۰/۰۳۲ درصد است. فاوا از طریق زیرساخت، کاربری و سرریز داخلی بر بهره‌وری کل تاثیر می‌گذارد. متوسط کشش بهره‌وری کل نسبت به زیرساخت و کاربری به ترتیب ۰/۰۶۵ و ۰/۰۲۵ بوده و معنادار است. در مجموع یک درصد بهبود زیرساخت و کاربری می‌تواند بهره‌وری کل را ۰/۰۹ درصد افزایش دهد.

بنابراین هر چند فاوا فرصت‌های جدید توسعه را در اختیار کشورها قرار می‌دهد ولی وجود مشکلات و موانع ساختاری این کشورها، جذب و نفوذ فاوا میان فعالان اقتصادی را کند می‌نماید. برنامه‌ریزی و تامین مالی سرمایه‌گذاری فاوا برای به دست آوردن مزایای اقتصاد مقیاس و همسان‌سازی استانداردهای فاوا ضروری است. کشورهای در حال توسعه باید سرمایه‌گذاری‌های خود در زمینه فاوا را به مقدار آستانه‌ای برسانند. این کشورها لازم است سرمایه‌گذاری فاوا را با چشم‌انداز بلندمدت برای ایجاد شبکه اطلاعاتی رقابتی و گسترش نرم‌افزار و سخت‌افزار دنبال کنند. این کشورها علاوه بر سرمایه‌گذاری آستانه‌ای، باید زیرساخت‌های پایه را برای اثربخشی فاوا فراهم آورند. در این راستا لازم است عوامل مکمل از قبیل زیرساخت‌های فنی، سرمایه انسانی، ارتباطات از راه دور، قانونگذاری و آزادی‌های تجاری برای جذب منافع فاوا فراهم آورند. همچنین دانش حاصل از آزادسازی

تجاری و باز بودن اقتصاد با افزایش محیط رقابتی و بهبود کارایی و پخش فاوا، رشد بهره‌وری در کشورهای در حال توسعه را در پی خواهد داشت. توسعه کاربری‌های فاوا در بخش‌های مختلف اقتصادی (صنایع استفاده‌کننده) به موازات تامین بسترهای الکترونیکی در برنامه‌های توسعه‌ای این کشورها، بر رشد بهره‌وری کل کشورها اثرگذار خواهد بود.



## منابع

رحمانی، تیمور و حیاتی، سارا (۱۳۸۶)؛ "بررسی اثرات فناوری اطلاعات و ارتباطات بر رشد بهره‌وری کل عوامل تولید: مطالعه بین کشور"، فصل‌نامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، سال نهم، شماره ۳۳، ص ۵۱-۲۵.

فقیه نصیری، مرجان و گودرزی، آتوسا (۱۳۸۴)؛ "فناوری اطلاعات و ارتباطات و رشد اقتصادی در کشورهای منتخب: روش داده‌های پنل"، فصلنامه اقتصاد و تجارت نوین، سال اول، شماره سوم، ۹۴-۷۳.

شاه‌آبادی، ابوالفضل (۱۳۸۲)، "بررسی عوامل تعیین‌کننده بهره‌وری کل عوامل اقتصادی در ایران"، مجله‌نامه مفید، شماره ۳۸، ص ۵۸-۲۷.

کميجانی، اکبر و شاه‌آبادی، ابوالفضل (۱۳۸۰)، "بررسی اثر فعالیت‌های تحقیق و توسعه داخلی و خارجی (از طریق تجارت خارجی) بر بهره‌وری کل عوامل ایران"، فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی، شماره ۸.

کميجانی، اکبر و محمودزاده، محمود (۱۳۸۷)؛ "اثرات فناوری اطلاعات و ارتباطات بر رشد اقتصادی در ایران: رهیافت حسابداری رشد"، پژوهشنامه اقتصادی، شماره ۲۹، سال هشتم.

محمودزاده، محمود و اسدی، فرخنده (۱۳۸۶)؛ "اثرات فناوری اطلاعات و ارتباطات بر رشد بهره‌وری نیروی کار در اقتصاد ایران"، پژوهشنامه بازرگانی، شماره ۴۳، سال یازدهم.

مشیری، سعید و جهانگرد، اسفندیار (۱۳۸۳)؛ "فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات و رشد اقتصادی ایران"، مجله پژوهش‌های اقتصادی ایران، سال ششم، شماره ۱۹، ص ۷۸-۵۵.

Atkinson RD and McKay A (2007); Digital Prosperity: Understanding the Economic Benefits of the Information Technology Revolution. Washington, DC: Information Technology and Innovation Foundation.

Balioune-Lutz, M. (2003); An Analysis of the Determinants and Effects of ICT Diffusion in Developing Countries, *Information Technology*

- for *Development*, 10, pp. 151–169.
- Caselli, F., & Coleman, W. J., II. (2001); "Cross-country Technology Diffusion: The case of computers. *American Economic Review*, 91, pp. 328–335.
- Engelbrecht, Hans-Jurgen (1997); "International R&D Spillovers, Human Capital and Productivity in OECD Economies: an Empirical Investigation", *European Economic Review*, 41:8, p.1479-88.
- Fraumeni, B. M. (1997); "The Measurement of Depreciation in the U.S. National Income and Product Accounts", *Survey of Current Business*, p. 7-23.
- Griliches, Z. (1994); "Productivity, R&D, and the Data Constraint", *American Economic Review*, 84:1, p. 1-23.
- Harberger, A. C. (1978); "Perspectives on Capital and Technology in Less Development Countries", in M. J. Artis and A. R. Nobay, eds., *Contemporary Economic Analysis*, London: Croom Helm, pp. 15-40.
- Jalava, J. and Pohjola, M. (2007); "ICT as a Source of Output and Productivity Growth in Finland", *Telecommunications Policy*, 31 pp. 463–472.
- Jorgenson, D. W., Gollop, F. M. and Fraumeni B. M. (1987); *Productivity and U.S. Economic Growth*, Cambridge, Harvard University Press.
- Jorgenson, D.W. (2002); *Economic Growth in the Information Age*, Cambridge, The MIT Press.
- Jorgenson, D.W. and Vu, K. (2006); "Information Technology and the World Growth Resurgence", National University of Singapore. A. at: <http://post.economics.harvard.edu/faculty/jorgenson/papers/papers.html>.
- Jorgenson, D.W., Motohashi, K. (2005); "Information Technology and the Japanese Economy", *NBER Working Paper*, No. 11801.
- Kiiski, S., & Pohjola, M. (2002); "Cross-country Diffusion of the Internet". *Information Economics and Policy*, 14, pp. 297–310.
- Lee, Houngh and Khatri, Yougesh (2003); "Information Technology and Productivity Growth in Asia", *IMF Working Paper* 03/15.
- Lee, Sang-Yong Tom, R. Gholami, and T.Y., Tong (2005); "Time Series Analysis in the Assessment of ICT Impact at the Aggregate Level-Lessons and Implications for the New Economy", *Information and Management*, Vol. 42, pp.1009-1022, A. at: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com).
- Miller, S., M., and Upadhyay, P., Mukti (2002); "The Effect of Openness, Trade Orientation and Human Capital on TFP", *Journal of Development Economics*, Vol.63, pp. 399-423.
- Miyagawa, T., Ito, Y. and Harada, N. (2004); "The IT Revolution and Productivity Growth in Japan", *Journal of the Japanese and International Economies*, No. 18, pp. 362-389

- Nachegan, J. C., Fontaine T. (2006); "Economic Growth and TFP in Niger" *IMF Working Paper/06/208*.
- Niininen, P. (2001); Computers and Economic Growth in Finland, UNU/WIDER Studies in Development Economics: Oxford: Oxford University press.
- Nijkam, O., Binam, J. N., and Tachi, S. (2006); "Understanding TFP Growth in Sub Saharan Africa Countries", *Secretariat for Institutional Support for Economic Research in Africa (SISERA)*.
- Obricom (2005); From the Digital Divide to Digital Opportunities: Measuring Infostate for Development, Quebec: National Research Council of Canada.
- OECD (2006); OECD Presentation at the WSIS Expert Group on ICT Impact, Paris.
- Oliner, S., and D. Sichel (2002); "Information Technology and Productivity: Where Are We Now and Where Are We Going?" *Federal Reserve Bank of Atlanta Economic Review*, p. 15-44.
- Quah, D. (2000); The Weightless New Economy, Economics Department LSE.
- Reinsdorf, M. and Cover, M. (2005); Measurement of Capital Stocks, Consumption of Fixed Capital, and Capital Services, Report on a Presentation to the Central American Ad Hoc Group on National Accounts, May 12, 2005 in Santo Domingo, Dominican Republic.
- Senhadji, A. (1999); "Source of Economic Growth: an Extensive Growth Accounting Exercise", *IMF Working Paper*, No. 99/77.
- Seo H-J and Lee SL (2006); "Contribution of Information and Communication Technology to Total Factor Productivity and Externalities Affects," *Information Technology for Development*. Vol. 12 (2), pp. 159-173.
- Shinjo, K. and Zhang, X.(2003); "Productivity Analysis of IT Capital Stock: The US-Japan Comparison", *Journal of the Japanese and International Economies* 17, pp. 81-100
- Shiu A and Heshmati A (2006); "Technical Change and Total Factor Productivity Growth for Chinese Provinces: a Panel Data Analysis", Ratio Working Papers 98, Ratio Institute. Stockholm.
- Timer, M.P. and Van Ark B. (2005); "Does ICT Drive EU-US Productivity Growth Differentials?" *Oxford Economic Papers*, 57, 693-716.
- United Nations Conference on Trade and Development (2007); Information Economy Report: a Development Perspective, New York and Geneva.
- Van Ark B, Melka J, Mulder N, Timmer M and Ypma G (2003); ICT Investments and Growth Accounts for the European Union. Final Report on "ICT and Growth Accounting" for the DG Economics and Finance of the European Commission. Research Memorandum GD-

- 56, Groningen Growth and Development Centre.
- Vanhoudt P. and Luca Onorante (2001); "Measuring Economic Growth and the New Economy", EIB Papers, 6:1, pp. 63-83
- Waverman, L., Meschi, M. and Fuss, M. (2005); "The Impact of Telecom on Economic Growth in Developing Countries", *Vodafone Policy Papers*, Vol. 2, pp. 10-23.
- World Information Technology and Services Alliance (2006); *The Digital Planet 2006, the Global Information Economy*, Published by World Information Technology and Services Alliance (WITSA).
- Wu, Y. (2004); *Chain's Economic Growth: a Miracle with Chain's Characteristics*, London, RoutledgeCurzon.