فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران/ سال نهم/ شماره ۳۳/ زمستان ۱۳۸۶/ صفحات ۲۵-۵۱

بررسی اثر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر رشد بهره وری کل عوامل تولید؛ مطالعه بین کشوری

دکتر تیمور رحمانی*
سارا حیاتی**

تاریخ ارسال: ۱۳۸۶/۷/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۶/۱۱/۱

چکیده

کمتر از دو دهه است که فناوری اطلاعات و اتباطات (ICT) به عنوان یکی از عوامل رشد بهره‌وری مورد توجه اقتصاددانان قرار گرفته است. سرمایه ICT، ویژگی‌های سرمایه دانش را داشته، بنابراین می‌تواند نه تنها از طریق تعمیق سرمایه بلکه توسط اثرات سرریز خود، رشد بهره‌وری را تحت تأثیر قرار دهد. در این پژوهش، رابطه بین سرریز ICT و رشد بهره‌وری کل عوامل تولید(TFP) را با استفاده از روش داده‌های پانل برای ۶۹ کشور در دوره زمانی ۲۰۰۳-۱۹۹۳ بررسی کرده‌ایم. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری داخلی در ICT و سرریزهای بین‌المللی ICT هر دو اثر مثبت و معناداری بر رشد TFP- هم در نمونه کل کشورها و هم در نمونه کشورهای توسعه یافته و درحال توسعه- دارند. البته، اثر ICT بر رشد TFP در کشورهای توسعه‌یافته بیش از کشورهای درحال توسعه است. براساس یافته‌های این پژوهش می‌توان بیان کرد که وجود زیرساخت‌های مناسبی نظیر نیروی انسانی متخصص و آزادی تجاری می‌تواند کشورها را در جذب بیشتر منافع ناشی از ICT یاری رساند.

طبقه‌بندی JEL: D24,O47

واژگان کلیدی: فناوری اطلاعات و ارتباطات(ICT)، سرریز فناوری اطلاعات و ارتباطات، رشد بهره‌وری کل عوامل تولید(TFP)، داده‌های پانل.

** استادیار دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران
e-mail: Trahmani@ut.ac.ir

*** کارشناس ارشد اقتصاد
e-mail:hayati.sara@gmail.com

مقدمه

یافتن منابع رشد و توسعه کشورها همواره یکی از مهم‌ترین مباحث مورد توجه اقتصاددانان و سیاستگذاران بوده است. تلاش‌های جدی اقتصاددانان در بسط و گسترش مدل‌های رشد از سال‌های میانی دهه ۱۹۵۰ مؤید این مطلب است. مدل‌هایی که ابتدا توجه خود را بر نوع فیزیکی سرمایه متمرکز کرده و پیشرفت‌های تکنولوژیکی را برونزا در نظر می‌گرفتند، اندک اندک سرمایه انسانی را نیز در تفاوت بین درآمد سرانه کشورها و انباشت ثروت مؤثر دانستند. از سال‌های میانی دهه ۱۹۸۰، مدل‌های رشد مباحث مربوط به رشد درونزا را معرفی‌کرده و به صورت چشمگیری سرمایه دانش و سرریزهای[1] آن مورد توجه اقتصاددانان قرار گرفت. بیش از دو دهه نمی‌گذرد که سرمایه ICT[2] به عنوان یکی از منابع رشد اقتصادی مورد توجه اقتصاددانان قرار گرفته است. پژوهش‌های اولیه در سال‌های پایانی دهه ۱۹۸۰ و سال‌های ابتدایی دهه ۱۹۹۰ میان رشد بهره‌وری و سرمایه‌گذاری ICT رابطه‌ای را نشان نمی‌دادند؛ اما از سال‌های میانی دهه ۱۹۹۰ بسیاری از اقتصاددانان بر این موضوع تأکید داشتند که با اصلاح روش‌های اقتصادسنجی، گسترش حجم داده‌ها، در نظرگرفتن اثر با وقفه سرمایه‌گذاری ICT و با توجه به لزوم سرمایه‌گذاری‌های مکمل برای آشکار شدن اثر ICT، رابطه مثبتی بین ICT و رشد بهره‌وری می‌توان به‌دست آورد. ICT هم ویژگی‌های سرمایه سنتی را داشته و هم ویژگی‌های دانش را دارد؛ بنابراین، هم به‌طور مستقیم و هم به‌طور غیرمستقیم و از طریق سرریزهای خود بر رشد TFP[3]، رشد محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد. پژوهش‌های بسیاری در زمینه اثر ICT بر رشد محصول در کشورهای توسعه‌یافته انجام‌شده است ولی در کشورهای درحال توسعه تعداد این پژوهش‌ها بسیار اندک است. هدف این پژوهش، بررسی اثر رشد سرمایه ICT بر رشد TFP در سطح بین کشوری و مقایسه این اثر در کشورهای توسعه‌یافته و درحال توسعه است که ۶۹ کشور را در هر دو سطح توسعه‌یافته و درحال توسعه در دوره۲۰۰۳-۱۹۹۳ با استفاده از روش داده‌های پانل[4] بررسی کرده‌ایم.

مبانی نظری

ICT یک سرمایه دو جانبه است. از یک‌سوی، همانند اشکال دیگر سنتی سرمایه، به عنوان یک تکنولوژی تولید استفاده می‌شود(ددریک و دیگران[5] ،۲۰۰۳)؛ یعنی کاهش قیمت سرمایه ICT به جایگزینی داده ICT با داده‌های دیگر و تعمیق سرمایه منجرشده[6] و به‌طور مستقیم رشد محصول و

1-Spillover
2-Information and Communication Technology
3-Total Factor Productivity
4-Panel Data
5.Dedrick, Gurbaxani and Kraemer
6.Capital Deepening

بهره‌وری نیروی‌کار[1] را تحت تأثیر قرار می‌دهد[۱]. از سوی دیگر، ICT ویژگی‌هایی همانند دانش دارد؛ زیرا بخشی از سرمایه ICT ـ بجز بخش‌های سخت افزاری ـ به صورت کالای دیجیتالی است. کالای دیجیتالی ویژگی‌هایی دارد که می‌توان آن را در زمره کالای دانش طبقه‌بندی کرد. کالای دیجیتالی مجموعه صفر و یک‌هایی است که ارزش اقتصادی داشته و بر مطلوبیت و منافع افراد در اقتصاد تأثیر می‌گذارد. به طور کلی، هر چیزی را که بتوان در حافظهٔ رایانه ذخیره کرده و از طریق اینترنت قابل انتقال باشد، کالای دیجیتالی گویند(کوا،۲۰۰۲). کالاهای دیجیتالی ویژگی‌های: ۱. غیر رقابتی[2]، ۲.گسترش نامحدود[3]، ۳.گسستگی[4]، ۴. بی‌وزن[5]، و ۵. بازترکیبی را دارند[۲].

این خواص همان ویژگی‌های کالای دانش هستند. وجود ویژگی‌های دانش برای کالای ICT سه پیامد دارد: ۱. شکست بازار، ۲. تلقی ICT به عنوان تکنولوژی با هدف عمومی و منبع سرریزها و ۳. اثرگذاری ICT بر مطلوبیت مصرف‌کننده. در میان پیامدهای یادشده با توجه به اینکه هدف این پژوهش بررسی ICT در طرف عرضه اقتصاد و اثر آن بر TFP است ایجاد مزایای خارجی و سرریزها توسط ICT مد نظر قرار گرفته شده است. خواص رقابت ناپذیری و قابلیت گسترش نامحدود سرمایه ICT باعث می‌شود که این قبیل کالاها تنها یک بار تولیدشده و به راحتی و با هزینه نهایی بسیار ناچیز قابل تکثیر باشد. همین ویژگی‌ها باعث ایجاد مزایای خارجی می‌شوند که منعکس‌کننده شرایط بازدهی صعودی به مقیاس است (جهانگرد، ۱۳۸۳). دارا بودن ماهیت دانش ICT سرریزهایی را ایجاد می‌کند؛ یعنی دانش تولیدشده نمی‌تواند به‌طور کامل به‌وسیله بنگاه‌ها، صنایع و کشورهای ایجادکننده آن محفوظ بماند، بلکه به راحتی بین بنگاه‌ها، صنایع و کشورهای دیگر گسترش می‌یابد (رینکن و وکچی[6]،۲۰۰۴). اثرات سرریز سرمایه ICT باعث می‌شود که ICT به صورت غیرمستقیم و از طریق رشد TFP، رشد محصول را تحت تأثیر قرار دهد.

TFP یا باقی‌مانده سولو به افزایش تولید ناشی از افزایش در کارایی ـ افزایش در سطح مهارت‌ها، تخصص‌ها، تحصیلات نیروی کار، به‌دست‌آوردن تکنیک‌های مدیریتی کارا، دانایی، اصلاح سازمانی، منافع به‌دست آمده از تخصصی‌شدن، تکنولوژی و ابداعات جدید یا ارتقای سطح تکنولوژی موجود و فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات ـ دلالت می‌کند، که خود باعث افزایش در ارزش افزوده و رشد اقتصادی خواهد شد. رشد TFP رشد تولیدی است که توسط رشد داده‌ها توضیح داده نمی‌شود[۳]. برای بررسی اثر

1.Average Labor Productivity
2.Nonrival
3.Infinitely Expansible
4.Discrete
5.Aspatial / weightless / spacelessness
6.Rincon and Vecchi

سرمایه‌گذاری ICT بر رشد TFP روش‌های متفاوتی وجود دارد. یکی از این روش‌ها استفاده از روش دوگان[1] است. به همین منظور در چارچوب حسابداری رشد اولیه از تابع تولید نئوکلاسیکی به شکل تابع تولید کاب- داگلاس استفاده می‌کنیم. در این تابع، سرمایه به دو قسمت ذخیره سرمایه ICT و ذخیره سرمایه غیر ICT تقسیم شده و شکل کلی تابع چنین است:

$$Y = F(A,K,H,S,T,L) \qquad (۱)$$

که در آن، A,S,T,K و Y به ترتیب نشان‌دهنده سطح سرمایه غیر ICT، ارتباطات، نرم‌افزار، سخت‌افزار، سطح تکنولوژی و محصول است. با این فرض که پیشرفت فنی خنثی از نوع هیکس است و پرداخت به عوامل تولید به اندازه تولید نهایی اجتماعی‌شان باشد، رشد TFP به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\frac{\hat{A}}{A} = \frac{r_k K}{Y}\frac{\hat{r}_k}{r_k} + \frac{r_k S}{Y}\frac{\hat{r}_s}{r_s} + \frac{r_H H}{Y}\frac{\hat{r}_H}{r_H} + \frac{r_T T}{Y}\frac{\hat{r}_T}{r_T} + \frac{wL}{Y}\frac{\hat{w}}{w} \qquad (۲)$$

که $\hat{}$ نرخ تغییر زمانی و r_K, r_T, r_S, r_H قیمت‌های اجاره‌ای سرمایه ارتباطات، نرم افزار، سخت افزار و غیر ICT را نشان می‌دهند[۴]. بنابراین، از این روش می‌توان به بررسی سهم سرمایه ICT از رشد TFP علاوه بر سرمایه غیر ICT پرداخت. روش دیگر، استفاده از روش تابع تولید یا روش اولیه[2] است. باز هم فرض می‌کنیم که تابع تولید به شکل کاب- داگلاس است و تولید نسبت به نهاده‌های سنتی بازدهی ثابت به مقیاس دارد. همچنین، با فرض بازار رقابت کامل، کشش محصول نسبت به نهاده‌ها با سهم درآمدی آنها برابر است. با تحلیل چنین شرایطی می‌توان شاخصی را برای بهره‌وری کل عوامل تولید استخراج کرد (به‌طور مثال می‌توان تغییرات TFP را از تفاوت تغییرات تولید و تغییرات نهاده نیروی کار و نهاده سرمایه به‌دست آورد) سپس، با استفاده از معادله زیر می‌توان سهم ICT از رشد بهره‌وری کل عوامل تولید را برآورد کرد:

$$\frac{\hat{TFP}}{TFP} = \lambda + \alpha\frac{\hat{K}_{ICT}}{K_{ICT}} + \varepsilon \qquad (۳)$$

K_{ICT}، سرمایه ICT است. آنچه که باید در معادله بالا مد نظر قرار داد، این است که α کشش تولید نسبت به سرمایه ICT است و اثر مازاد سرمایه ICT را نشان می‌دهد. گاهی به دلیل نبود اطلاعات، از سرمایه‌گذاری ICT به عنوان تقریبی[3] از سرمایه ICT استفاده می‌شود. با فرض بازار رقابت کامل، سهم درآمدی ICT با کشش آن برابر است، بنابراین:

1.Dual Approach
2.Primary Approach
3.Proxy

$$\alpha \frac{\hat{K}_{ICT}}{K_{ICT}} = \frac{\partial Y}{\partial K_{ICT}} \frac{K_{ICT}}{Y} \frac{\hat{K}_{ICT}}{K_{ICT}}$$
$$\Rightarrow \alpha \frac{\hat{K}_{ICT}}{K_{ICT}} = \sigma \frac{\hat{K}_{ICT}}{Y}$$

$\sigma = \frac{\partial Y}{\partial K}$، نرخ بازدهی ICT است. با این فرض که از نرخ استهلاک صرف‌نظر کنیم و آنرا تقریباً نزدیک به صفر در نظر بگیریم، می‌توانیم سرمایه‌گذاری ICT را به عنوان تقریبی از سرمایهٔ ICT در نظر بگیریم. در نتیجه، به جای استفاده از معادله ۳ می‌توان از معادله ۴ برای برآورد سهم ICT از رشد TFP استفاده کرد[۵]:

$$\frac{\hat{TFP}}{TFP} = \lambda + \sigma \frac{ICT}{Y} + \varepsilon \qquad (۴)$$

در این معادله، ICT بیانگر سرمایه‌گذاری ICT است. همان‌طور که اشاره شد، σ بازدهی مازاد[1] تولید نسبت به سرمایه‌گذاری ICT است. در نتیجه، ICT نه تنها رشد محصول و بهره‌وری نیروی کار را- که از طریق سهم درآمدی آن قابل مشاهده است- افزایش می‌دهد، بلکه اثرات مازادی نیز ایجاد می‌کند که باعث افزایش رشد بهره‌وری کل عوامل تولید و از آن طریق رشد محصول می‌شود. سرمایه‌گذاری ICT پیامدهای خارجی مثبتی دارد که نرخ بازدهی اجتماعی فراتر از نرخ بازدهی خصوصی خواهد بود. بنابراین، برای بررسی اثر مازاد ICT، ابتدا باید رشد TFP را محاسبه کرده، سپس، اثر سرمایه ICT بر رشد بهره‌وری کل عوامل تولید برآورد شود[۶].

ادبیات تجربی

رشد اقتصادی کشورهای توسعه یافته و برخی از کشورهای درحال توسعه از سال‌های میانی دهه ۱۹۸۰ و به ویژه سال‌های ابتدایی دهه ۱۹۹۰ به بعد همزمان با رشد فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات افزایش قابل ملاحظه‌ای داشته است. سال‌ها بحث بر سر این مسأله بود که آیا افزایش سرمایه‌گذاری ICT که از سال‌های ابتدایی دهه ۱۹۸۰ آغاز شده بود می‌تواند باعث افزایش رشد بهره‌وری شود. پژوهش‌های اولیه‌ای که در سال‌های پایانی دهه ۱۹۸۰ و سال‌های ابتدایی دهه ۱۹۹۰ انجام شدند، رابطه‌ای را بین رشد بهره‌وری ایالات‌متحده آمریکا و سرمایه‌گذاری در ICT نشان نمی‌دادند(رچ،۱۹۹۱، لاومن،۱۹۹۴ و استراسمن،۱۹۹۰). در همان زمان بود که سولو بیان کرد "رایانه‌ها همه جا هستند جز در آمارهای

1.Excess Return

بهره‌وری". پارادوکس بهره‌وری بسیاری از اقتصاددانان، مدیران و پژوهشگران سیستم‌های اطلاعاتی را ترغیب کرد تا در مورد رابطه بین رشد بهره‌وری و سرمایه‌گذاری در ICT به تحلیل‌های دقیق‌تری بپردازند. این مطالعات با استفاده از دامنه بزرگ‌تری از داده‌ها و روش‌های تحقیق مناسب‌تر، نشان دادند که سرمایه‌گذاری در ICT بر عملکرد اقتصادی سطح بنگاه و کشور اثر مثبت و معناداری خواهد داشت.

براین‌جولفسون و هیت[1] (۲۰۰۰) به بررسی اثر ICT بر رشد TFP بر روی یک نمونه ۵۲۷ تایی از بنگاه‌های بزرگ آمریکا در دوره ۱۹۹۴-۱۹۸۷ پرداختند و یافته‌های آنها نشان می‌دهد که در کوتاه‌مدت ـ با یک سال تأخیر ـ بازدهی سرمایه رایانه، نرمال است. در حقیقت، منافع ناشی از کامپیوتریزه شدن بنگاه درست برابر هزینه آنهاست، بدون اینکه اثری بر رشد بهره‌وری نیروی کار داشته باشند. اما در دوره طولانی‌تر ـ به طور مثال ۵ تا ۷ سال ـ بازدهی آنها حتی تا ۵ برابر افزایش خواهد یافت. براساس یافته‌های آنها، منافع ناشی از ICT تنها باعث افزایش بهره‌وری نیروی کار نمی‌شود، بلکه رشد TFP را نیز تحت تأثیر قرار خواهد داد. اثر ICT بر رشد TFP با یک تأخیر ۴ تا ۷ ساله حداکثر خواهد شد. متیوسی و استرلاسچینی[2](۲۰۰۵) با استفاده از چارچوب تابع تولید کاب-داگلاس به تحلیل سهم ICT از رشد TFP پرداخته‌اند. نمونه مورد مشاهده آنها ۱۱۱۹ بنگاه ایتالیایی و دوره مورد بررسی، ۲۰۰۰-۱۹۹۸ است. در مدل برآوردی، ضریب به‌دست آمده برای نسبت ICT به ارزش افزوده در سال ۱۹۹۸، ۰/۱۳۲ بوده است، که این ضریب با وجود مثبت و معنادار بودن، بسیار کوچک است. اگر به‌جای رگرس‌کردن رشد TFP بر سری نسبت سرمایه‌گذاری ICT به ارزش افزوده سال ۱۹۹۸، از سری مربوط به سال ۱۹۹۷ استفاده شود، ضریب به‌دست آمده ۰/۷۹ خواهد شد. براساس این برآورد می‌توان نتیجه گرفت که براساس فرضیه تأخیر[3]، معناداری و بزرگ‌بودن بازدهی سرمایه‌گذاری ICT و مشخص‌شدن منافع به‌دست آمده از آن، زمان‌بر است. همچنین، برای اینکه سرمایه‌گذاری‌های ICT به اندازه کافی کارا و اثربخش باشند، نیاز داریم که با سرمایه‌گذاری‌های مکملی نظیر دارایی‌های غیرمحسوس و تغییرات سازمانی همراه باشند. جورگنسون(۲۰۰۱) با استفاده از چارچوب حسابداری رشد و تابع سر حد امکانات تولید به بررسی منابع رشد آمریکا در دوره ۲۰۰۱-۱۹۴۸ پرداخته است. نتایج وی نشان می‌دهد که سهم صنایع تولیدکننده ICT از رشد TFP بیش از ۳۰ درصد است. وی اشاره می‌کند که بسیاری از منافع حاصل از رشد TFP ناشی از رشد TFP در صنایع غیر ICT (در واقع، صنایع استفاده‌کننده از ICT) است. الینر و سیچل(۲۰۰۲) نیز در تأیید این یافته‌ها بیان می‌کنند که سهم نیمه‌هادی‌ها از افزایش رشد TFP از عوامل دیگر بیشتر

1.Brynjolfsson and Hitt.
2.Mateucci and Sterlacchini
3.Delay Hypothesis

است. این سهم از ۱۳ درصد در دوره ۱۹۹۵-۱۹۹۱ به ۴۲ درصد در دوره ۲۰۰۱-۱۹۹۶ افـزایش یافتـه است. هشمتی و شیو[1] (۲۰۰۶) نیز به بررسی رشد TFP در ۳۰ ایالت چین در دوره 2003-1993 بـا استفاده از داده‌های پانل پرداخته‌اند. براساس یافته‌های آنها ICT اثر مثبت و معناداری بر رشد تولیـد و TFP دارد، اما این اثر کوچک است و مانند کشورهای درحال توسعه دیگر اثر سرمایه غیر ICT بر رشد بیشتر است که می‌تواند به دلیل نبود عوامل مکملی چون سرمایه انسانی و زیرساخت‌های مناسـب باشد. هکر و مرسینک[2] (۲۰۰۲) به ارزیابی اثر تولید و مخارج ICT بر روی رشد TFP پرداختـه‌انـد. بدین منظور از روش رگرسیونی داده‌های پانل برای سری زمانی 2000-1985 و داده‌های مقطع زمانی برای ۲۰ کشور صنعتی استفاده کرده‌اند. نتایج آنها نشان می‌دهد که تنها تولیـد کالاهـای ICT باعـث افزایش در رشد TFP نمی‌شود، بلکه سرمایه‌گذاری، مخـارج و اسـتفاده از کالاهـای ICT نیـز باعـث افزایش این رشد خواهد شد. همچنین، اثرات سرریز استفاده از کالاهای ICT با گذشت زمان افـزایش خواهد یافت. باسانینی و اسکارپتا [3] (۲۰۰۲) بـه بررسـی عملکـرد رشـد و بهـره‌وری در بـین کـشورهای $OECD$ در دوره 2000-1980 پرداخته‌اند. براساس نتایج آنها در بین کشورهایی که رشد خـوبی را در دهه ۱۹۹۰ تجربه کرده‌اند، چند عامل مشترک وجود دارد که باعث پیشرفت آنها شده اسـت: بهبـود در به‌کارگیری نیروی کار، افزایش سرمایه انسانی و استفاده از سرمایه ICT. آنها نشان داده‌اند که بین تلاش برای نوآوری که توسط افزایش مخارج $R\&D$ نشان داده می‌شود، سرمایه‌گذاری در ICT و رشد TFP، رابطه مثبتی وجود دارد. از سوی دیگر، هرچه قوانینی کـه در رابطـه بـا موانـع ورود، نـوع مالکیت، ساختار بازار و کنترل‌های قیمتی وجود دارد، پیچیده‌تر باشـند، فعالیـت‌هـای نوآورانـه و رشـد TFP کمتر خواهد شد. لی و پیلات[4] (۲۰۰۱) بـا تکیـه بـر تکنیـک حـسابداری رشـد، سـهم صـنایع تولیدکننـــده و مـــصرف‌کننـــده ICT در رشـــد بهـــره‌وری کـــل در کـــشورهای $OECD$ را در دوره ۲۰۰۰-۱۹۹۰ بررسی کرده‌اند. آنها بیان کرده‌اند که افزایش ناگهانی رشد بهره‌وری آمریکا در نیمـه دوم دهـــه ۱۹۹۰ و همـــین‌طـــور بخـــشی از رشـــد بهـــره‌وری در کـــشورهای $OECD$ مرهـــون بخـــش تولیدکننده ICT است. در برخی از کشورها نظیر ایرلند و فنلاند که بخش ICT در آنها بسیار بزرگ است، رشد TFP در نیمه دوم دهه ۱۹۹۰ از متوسط کشورهای نمونه بالاتر بوده است، کـه مـی‌توانـد نشان‌دهنده وجود سرریزهای ICT به خارج از بخش ICT باشد. دلایلی چون کمبود مهارت، نبـود ظرفیت لازم برای پذیرش ICT، دسترسی کم به منابع مالی و نبود فضای رقابتی که به کارایی لطمـه

1.Heshmati and Shiu
2.Hacker and Morsink
3.Bassanini and Scarpetta
4.Pilat and Lee

می‌زنند، پذیرش تکنولوژی جدید را با مشکل روبرو می‌سازند، لذا گسترش ICT در برخی از کشورها کند می‌شود. لی وختری[1](۲۰۰۳) با استفاده از مدل حسابداری رشد گسترش‌یافته و تابع تولید کاب- داگلاس به بررسی سهم ICT در رشد اقتصادی در دهه ۱۹۹۰ برای ۹ کشور آسیای جنوب شرقی بجز ژاپن پرداخته‌اند. آنها به این نتیجه رسیده‌اند که در طول این دوره، رشد TFP در بیشتر کشورهای آسیایی نسبتاً کوچک است و اثر ICT بر آن مثبت ولی از معناداری کمی برخوردار است. لی، غلامی و تانگ[2](۲۰۰۵) به بررسی رابطه علّی بین سرمایه‌گذاری در ICT و محصول و باقی‌مانده سولو(TFP)، برای ۲۰ کشور- که هم شامل کشورهای توسعه یافته و هم شامل تعدادی از کشورهای درحال توسعه است- برای دوره 2000-1980 پرداخته‌اند. نتایج آنها نشان می‌دهد که کشورهایی که همواره به سرمایه‌گذاری‌های بلندمدت روی ICT، بخش‌های زیربنایی، سرمایه‌گذاری‌های مکمل در ارتباطات و منابع انسانی بیشتر پرداخته‌اند، به میزان قابل توجه‌تر و بهتری قادر به جذب منافع ناشی از سرمایه ICT هستند. در نتیجه، احتمالاً عوامل مکمل ICT عامل مهمی در تفاوت بازدهی‌های حاصل از سرمایه ICT در کشورهای توسعه‌یافته و درحال توسعه هستند. در ایران نیز مشیری و جهانگرد (۱۳۸۳) به ارزیابی نحوه تأثیر ICT بر رشد اقتصادی و تأثیر بر بهره‌وری فعالیت‌های صنعتی کشور در سطوح کدهای $ISIC$ پرداخته‌اند. آنها برای برآورد الگوی رشد با تأکید بر ICT در اقتصاد ایران، از روش الگوسازی فضا- حالت[3] به صورت ضرایب متغیر در طول زمان[4] در دوره ۱۳۸۰-۱۳۴۶ استفاده کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که ICT بر رشد اقتصادی ایران تأثیر مثبت می‌گذارد ولی مانند بسیاری از کشورهای درحال توسعه این اثر معنادار نبوده و روند تأثیر این فن‌آوری از انتهای سال ۱۳۷۴ با افزایش سرمایه‌گذاری در این خصوص باز هم چندان معنادار نیست. که شاید بتوان به‌نوعی به عدم ایجاد یا نبود دارایی‌های مکمل ICT ربط داد؛ اما در عین حال، نتایج آنها نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری در ICT، بهره وری نیروی کار در بخش صنایع را افزایش می‌دهد. مشیری و نیک‌پور(۱۳۸۵) نیز به بررسی اثر ICT و سرریز آن بر رشد ALP در کشورهای جهان در دوره ۲۰۰۳-۱۹۹۳ پرداخته‌اند. براساس یافته‌های آنها، ICT و سرریزهای آن اثر مثبت و معناداری بر رشد ALP کشورهای جهان دارد. افزون بر این، سرریز ICT از کشورهای توسعه یافته به کشورهای درحال توسعه مثبت ارزیابی شده است.

1.Lee and Khatri
2.Lee, Gholami, and Tong
3.State Space
4.Time varying parameter

تصریح مدل

در قسمت مبانی نظری بیان کردیم که ICT بر رشد TFP اثرگذار است. این اثر هم ناشی از سرمایه‌گذاری ICT در داخل کشور است و هم سرریزهای ICT در سطح بین‌المللی و بین کشوری را در بر می‌گیرد. پژوهش‌های گسترده‌ای درباره اینکه چگونه سرریزهای دانش از طریق کانال‌هایی چون تجارت بین‌المللی و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی منتقل می‌شوند، وجود دارد (کو و هلپمن[1]، ۱۹۹۵ و گرسمن و هلپمن[2]، ۱۹۹۱). برای بررسی اثر سرریز ICT در سطح بین‌المللی می‌توان از روشی که کو و هلپمن (۱۹۹۵) با استفاده از واردات دو جانبه کشورها در محاسبه سرریز $R\&D$ استفاده کرده‌اند، بهره جست.

علاوه بر سرمایه ICT، یکی دیگر از عوامل مؤثر بر رشد TFP، سرمایه انسانی است. از یک سوی، سرمایه انسانی به عنوان یکی از زیرساخت‌های لازم برای کسب منافع سرمایه‌گذاری داخلی و خارجی ICT به حساب می‌آید، بنابراین، به منظور اطمینان از اثر خالص سرمایه ICT، متغیر سرمایه انسانی به طور جداگانه در مدل وارد می‌شود. از سوی دیگر، ادبیات رشد یکی از عوامل مؤثر بر رشد TFP را سرمایه انسانی معرفی می‌کنند (کو ،۱۹۹۷). در این پژوهش، از دیدگاه نلسون و فلپس (۱۹۶۶) که براساس مدل‌های رشد درونزاست، برای ورود سرمایه انسانی در مدل استفاده کرده‌ایم[۷].

مدل مورد آزمون، به صورت زیر خواهد بود:

$$D\log TFP_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 D\log ICTD_{it} + \alpha_2 D\log ICTF_{it} + \alpha_3 EDU_{it} + \varepsilon_{it} \quad (۵)$$

$i = 1,\ldots,n$ تعداد کشورها و $t = 1,\ldots,t$ تعداد سال‌ها را نشان می‌دهد. EDU سرمایه انسانی، $ICTD$ سرمایه ICT داخلی و $ICTF$ نیز سرریز بین‌المللی سرمایه ICT است که از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$ICTF_i = \sum_j \left(IPT_{ij}/M_i\right) ICTD_j \quad (۶)$$

که در آن، j نشان‌دهنده طرف‌های تجاری کشور i است. IPT_{ij} حجم واردات از کشور j به کشور i است، بنابراین IPT_{ij}/M_i سهم واردات دوطرفه است که وزن آن سرمایه ICT داخلی کشور j ام است. برای بررسی دقیق‌تر اثر سرمایه ICT بر TFP، سرمایه ICT داخلی به دو جزء تفکیک می‌شود: ذخیره سرمایه IT (مجموع انباشت سرمایه نرم‌افزار، سخت‌افزار، تجهیزات اداری و مخارج داخلی) و ذخیره سرمایه ارتباطات. نماد ITD و $COMD$ به ترتیب نشان‌دهنده دو متغیر ذکرشده هستند. بنابراین، مدل تغییر یافته به صورت زیر بیان می‌شود:

1.Coe and Helpman
2.Grossman and Helpman

$$D\log TFP_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 D\log ITD_{it} + \alpha_2 D\log COMD_{it} + \alpha_3 D\log ICTF_{it} + \alpha_4 EDU_{it} + \varepsilon_{it} \quad (۷)$$

مدل‌های ارائه‌شده برای نمونه‌ای شامل ۶۹ کشور - هم برای کل نمونه کشورها و هم برای کشورهای توسعه یافته و درحال توسعه به طور جداگانه - و برای دوره زمانی ۲۰۰۳-۱۹۹۳ برآورد می‌شود.

منابع داده‌ها و نحوه محاسبه متغیرها

نمونه کشورهای انتخاب‌شده در این پژوهش بر پایه وجود آمارهای مربوط به ICT در دوره ۲۰۰۳-۱۹۹۳بوده است، که شامل ۶۹ کشور می‌باشد[۱]. متغیرهای استفاده‌شده در مدل عبارتند از: $TFP, GDP, K, L, ICTD, ICTF$ و EDU.

TFP همان باقی مانده سولو است. با استفاده از تابع کاب- داگلاس، TFP به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$A = Y/\left(K^{\alpha}L^{1-\alpha}\right) \quad (۸)$$

که در این تابع، Y تولید(GDP)، K ذخیره سرمایه کل، L نیروی کار، Aبهره وری کل عوامل تولید و $0\langle\alpha\langle 1$ ،کشش تولید نسبت به سرمایه را نشان می‌دهد. بنابراین، رشد TFP عبارتست از:

$$D\log TFP = D\log A = D\log Y - \alpha D\log K - (1-\alpha)D\log L \quad (۹)$$

با در اختیار داشتن داده‌های مربوط به تولید، ذخیره سرمایه و نیروی کار می‌توان TFP را محاسبه کرد. در روش حسابداری رشد با فرض رقابتی‌بودن بازار عوامل و محصول و حداکثرسازی سود می‌توان کشش عوامل (α) را برابر سهم‌های درآمدی عوامل قرار داد. روش دیگر برای به‌دست آوردن α، برآورد تابع تولید است. در این حالت می‌توان با استفاده از مقدار α برآوردشده، رشد TFP را با استفاده از معادله ۹ به‌دست آورد. در بسیاری از مطالعات بین کشوری پژوهشگران معمولاً α را مقداری برابر ۰/۳ و ۰/۴ (هکر و مرسینک،۲۰۰۰، لی و گو،۲۰۰۵) و برای همه کشورها یکسان در نظر می‌گیرند (لی و گو،۲۰۰۵). در این پژوهش ما نیز α را برابر $\frac{1}{3}$ در نظر گرفته‌ایم و با استفاده از رابطه

---

۱. استرالیا، اتریش، بلژیک، کانادا، دانمارک، فنلاند، فرانسه، آلمان، یونان، هنگ کنگ، ایرلند، اسراییل، ایتالیا، ژاپن، کره‌جنوبی، کویت، هلند، نیوزلند، نروژ، پرتغال، سنگاپور، اسپانیا، سوئد، سوئیس، انگلیس، آمریکا، بولیوی، برزیل، چین، کلمبیا، اکوادور، مصر، هندراس، اندونزی، ایران، جامائیکا، اردن، مراکش، پرو، فیلیپین، رومانی، روسیه، آفریقای جنوبی، سریلانکا، تایلند، تونس، ترکیه، اکراین، آرژانتین، شیلی، کاستاریکا، جمهوری چک، مجارستان، مالزی، مکزیک، پاناما، لهستان، عربستان سعودی، اسلوواکی، ونزوئلا، بنگلادش، کامرون، هند، پاکستان، سنگال، زیمبابوه.

۹، رشد TFP را محاسبه کرده‌ایم. GDP، تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال ۲۰۰۰ است. داده‌های مربوط به GDP از $WDI(2006)$[1] گرفته شده است. K، ذخیره سرمایه است که آمارهای آن برای نمونه کشورهای مورد نظر موجود نیست. برای محاسبه K، در اینجا از روش PIM[2] استفاده می‌کنیم. این روش به پیشنهاد سازمان ملل متحد، به طور تقریبی در بیشتر کشورها استفاده می‌شود[۸] (امینی و نشاط،۱۳۸۴). روش PIM به صورت زیر است:

$$K_t = K_{t-1} + I_t - \delta K_{t-1}$$

برای به‌دست آوردن ذخیره سرمایه اولین دوره از رابطه زیر استفاده می‌کنیم[۹]:

$$K_{t-1} = \frac{I_{t-1}}{g+\delta}$$

K_t ذخیره سرمایه سال t، K_{t-1} ذخیره سرمایه سال $t-1$، I_t سرمایه‌گذاری در سال t، I_{t-1} سرمایه‌گذاری در سال $t-1$، δ نرخ استهلاک و g متوسط نرخ رشد سرمایه‌گذاری در دوره مورد نظر است. نرخ استهلاک در نظر گرفته‌شده برای محاسبه ذخیره سرمایه ۱۰ درصد است[۱۰]. داده‌های انباشت سرمایه ثابت ناخالص(به قیمت ثابت ۲۰۰۰) از $WDI(2006)$ گرفته شده است. L، تعداد نیروی کار است که داده‌های مربوط به آن از $WDI(2006)$ گرفته شده است.

$ICTD$، ذخیره سرمایه ICT داخلی است. برای محاسبه این متغیر از آمارهای موجود در $WITSA$[3] $(2002,2004)$ و $Euromonitors(2006)$ استفاده کرده‌ایم. آمارهای موجود در $WITSA$ مخارج ICT هستند ولی محاسبه ذخیره سرمایه، نیاز به داده‌های سرمایه‌گذاری دارد. در $WITSA$ آمارهای مربوط به ICT به داده‌های IT (شامل نرم‌افزار IT، سخت‌افزار IT، مخارج داخلی IT و خدمات IT) و ارتباطات تفکیک شده است. از آنجا که خدمات جزء سرمایه‌گذاری محسوب نمی‌شود، به تبعیت از پاجولا[4](۲۰۰۲) و اسکریر[5](۲۰۰۰) ارقام مربوط به خدمات از مجموع رقم IT کسر شده است. پاجولا و اسکریر با مقایسه آمارهای رسمی منتشرشده در آمریکا در مورد سرمایه‌گذاری ارتباطات و مقایسه آن با ارقام مخارج ارتباطات موجود در $WITSA$ به این نتیجه رسیده‌اند که تنها ۳۰ درصد مخارج ارتباطات را سرمایه‌گذاری ارتباطات تشکیل می‌دهد؛ اما روش استفاده شده آنها اولاً، یک روش تقریبی است، ثانیاً، درستی آن تنها در مورد آمریکا تأیید شده است. اما در این پژوهش برای بررسی دقیق‌تر، از آمارهای مربوط به سرمایه‌گذاری در ارتباطات در

1.World Development Indicator
2.Perpetual Inventory Method
3.World Information Technology Systems and Alliances
3. Pohjola
4. Schreyer

Euromonitors(2006) استفاده شده است. این آمارها با آنچه که *ITU*[1] با عنوان سرمایه‌گذاری ارتباطات سالانه (*ATI*)[2] منتشر کرده، هماهنگ است. بنابراین، برای به‌دست آوردن سرمایه‌گذاری *ICT*، آمارهای مخارج *IT* موجود در *WITSA* (2002,2004) _ بدون در نظر گرفتن خدمات _ با آمارهای سرمایه‌گذاری در ارتباطات موجود در *Euromonitors*(2006) با یکدیگر جمع شده است. سپس، با روش *PIM* ذخیره سرمایه *ICT* محاسبه شده است. نرخ استهلاک در نظر گرفته‌شده برای سرمایه *ICT* برابر ۳۰ درصد است[۱۱]. گفتنی است که داده‌های مربوط به مخارج *IT* - که از *WITSA* (2002,2004) گرفته شده است- به قیمت جاری و به دلار آمریکا است که با استفاده از شاخص بهای مصرف‌کننده (سال پایه ۲۰۰۰)- برگرفته از *Euromonitors*(2006) - تعدیل‌شده است. همچنین، ارقام مربوط به سرمایه‌گذاری ارتباطات- که از *Euromonitors*(2006) گرفته‌شده است- به قیمت جاری هر کشور بوده است که این ارقام ابتدا با استفاده از نرخ‌های مبادله موجود در همین منبع به قیمت جاری دلار آمریکا تبدیل شده، سپس، با استفاده از شاخص بهای مصرف‌کننده (سال پایه ۲۰۰۰)، تعدیل شده است. *ICTF*، سرریز ذخیره سرمایه *ICT* خارجی است که نحوه محاسبه آن در رابطه ۶ بیان شده است. در این رابطه، داده‌های مربوط به واردات دوطرفه و واردات کل از *Euromonitors*(2006) گرفته شده است. داده‌های مربوط به واردات کل به قیمت جاری کشورها بوده که ابتدا توسط نرخ‌های مبادله موجود در همین منبع به دلار آمریکا تبدیل شده و سپس با استفاده از ۲۰۰۰ *CPI* تعدیل شده است. واردات دو طرفه نیز به قیمت‌های جاری دلار بودند که توسط همین شاخص تعدیل شده است. *EDU*، سرمایه انسانی است. برای محاسبه این متغیر از روش منکیو، رومر و ویل(۱۹۹۲) استفاده شده است. آنها در مقاله خود درصدی از جمعیت در سن کار را- که در مقطع متوسطه هستند- به عنوان نماینده سرمایه انسانی در نظر گرفته‌اند. به همین منظور ابتدا، نسبت جمعیت دانش‌آموزان (۱۷-۱۲ ساله) دوره متوسطه را به کل جمعیت محاسبه‌کرده، سپس، این نرخ را در نسبت جمعیت در سن کار که در سن مدرسه (۱۹-۱۵ ساله) هستند، ضرب کرده‌اند. البته، مشکلی که در این محاسبه وجود دارد، این است که اولاً دامنه دو سری داده که در هم ضرب می شوند، یکسان نیست؛ ثانیاً این متغیر شامل معلمان و همین‌طور جمعیت دانش‌آموزان دوره ابتدایی و مقاطع تحصیلی بالاتر نمی‌شود[۱۲]. در این مطالعه از همین روش برای محاسبه متغیر سرمایه انسانی استفاده کرده‌ایم، ولی به منظور حداقل‌کردن ایراداتی که در داده‌های منکیو، رومر و ویل(۱۹۹۲) وجود دارد، اولاً علاوه بر جمعیت دانش‌آموزان در دوره دبیرستان، جمعیت دانش‌آموزان در دوره ابتدایی نیز لحاظ شده است(در مورد مقاطع بالاتر تحصیلی، اطلاعات کافی برای کل کشورها در دسترس نبود)، ثانیاً، دامنه دو سری داده با یکدیگر برابرند، یعنی

1.International Telecommunication Unit
2.Annual Telecommunication Investment

جمعیت ۱۸-۶ ساله در نظر گرفته شده است. تمامی اطلاعات مورد نیاز برای محاسبه متغیر EDU از $Euromonitor(2006)$ گرفته شده است[۱۳].

برآورد و تفسیر مدل

برای برآورد مدل از روش داده‌های پانل و برای تشخیص نوع مدل ـ مدل داده‌های تلفیق‌شده[1]، مدل اثرات ثابت[2] و مدل اثرات تصادفی[3]- از دو آزمون F و هاسمن استفاده کرده‌ایم [۱۴]. براساس دو آزمون انجام شده، تمامی مدل‌ها از نوع مدل اثرات ثابت هستند. نتایج مربوط به برآورد مدل‌ها را در جداول ۱، ۲و ۳ نمایش داده‌ایم. ستون ۱ جدول ۱، نتایج مربوط به برآورد رابطه ۵ را در بر گرفته است. پارامتر مربوط به اثر رشد سرمایه ICT داخلی بر رشد TFP مثبت و در سطح بالایی معنادار است. این نتیجه منطبق بسیاری از مطالب بیان‌شده در متون نظری و یافته‌های تجربی است. وقتی میزان سرمایه ICT افزایش می‌یابد هم از طریق تعمیق سرمایه و هم از طریق افزایش TFP بر رشد محصول اثر خواهد گذاشت(البته، برآوردهای موجود در این مطالعه تنها این اثرگذاری را از کانال TFP به تصویر کشیده است). پس هر چه در کشوری رشد سرمایه ICT بیشتر باشد، می‌توان انتظار رشد بیشتر در TFP و در نتیجه، رشد بیشتر محصول را داشت. دومین متغیر، سرریز بین‌المللی ICT است. همان‌طور که انتظار می‌رود این پارامتر نیز اثر مثبت و معناداری بر رشد TFP و در نتیجه محصول می‌گذارد. در واقع، رشد سرمایه ICT در کشورهای دیگر بر رشد TFP داخلی کشور اثر می‌گذارد. همان‌طورکه بیان شد، کالاهای ICT، ویژگی‌های کالای دانش را دارند. با توجه به این ویژگی می‌توان از نتیجه پیشرفت‌های فناوری که در کشورهای دیگر انجام می‌شود، از کانال‌های متفاوتی بهره برد که یکی از این کانال‌ها واردات بین کشورها است که در اینجا نشان داده شده است. هر چه درهای اقتصادی یک کشور بازتر باشد، بیشتر می‌تواند از منافع این سرریزها بهره‌مند شود (پاجولا،۲۰۰۲). سومین متغیر مورد نظر سرمایه انسانی است و همان‌طور که انتظار می‌رفت اثر آن مثبت و معنادار است. براساس نظر نلسون و فلپس هر چه سطح تحصیلات بیشتر باشد، نیروی کار توانایی بیشتری را در خلق، اجرا و پذیرش فناوری های جدید دارد. همچنین، بیشتر می‌تواند خود را با فناوری‌های جدید وارداتی هماهنگ کند، در نتیجه باعث رشد هر چه بیشتر TFP می‌شود. در ستون ۲ جدول ۱ برای نشان‌دادن هر چه بیشتر اثر مثبت سرمایه انسانی در جذب منافع ناشی از ICT داخلی و خارجی به بررسی اثر متقابل ICT داخلی و خارجی با سرمایه انسانی بر

1.Pooled Data
2.Fixed Effects Model
3.Random Effects Model

رشد TFP پرداخته‌ایم. همان‌طور که مشاهده می‌شود در هر دو مورد اثر متغیر مربوط به این اثر متقابل، مثبت و معنادار بوده و بر این دلالت دارد که وجود نیروی کار با سطح تحصیلات بالاتر، کشورها را در جذب منافع ناشی از سرمایه ICT داخلی و خارجی یاری می‌رساند. این نتایج با آنچه که براین جولفسون، هیت و برزنهان (۲۰۰۲)در مورد مکمل بودن نیروی کار ماهر و سرمایه ICT بیان می‌کنند، هماهنگ است. برای درک بهتر اثر رشد سرمایه ICT بر رشد TFP، کل کشورهای نمونه انتخابی به دو بخش تقسیم شده است؛ کشورهای توسعه‌یافته و درحال توسعه. در ستون‌های ۵ و ۹ جداول ۲ و۳ این نتایج ارائه شده است. اثر رشد سرمایه ICT چه به صورت داخلی و چه به صورت سرریزهای خارجی، در هر دو سطح کشورها مثبت و معنادار است. اما این اثر هم در مورد سرمایه ICT داخلی و هم خارجی، در کشورهای توسعه‌یافته از کشورهای درحال توسعه بیشتر است. دلیل آن هم این است که کشورهای توسعه‌یافته سهم بیشتری از GDP را به سرمایه گذاری در ICT اختصاص داده‌اند (حیاتی،۱۳۸۶). بنابراین، بدیهی است که سرمایه ICT اثر بیشتری بر رشد اقتصادی آنها داشته باشد. اما موضوع اینجاست که افزایش مخارج ICT تنها دلیل ایجاد تفاوت در رشد اقتصادی کشورهای توسعه‌یافته و درحال توسعه نیست. فناوری به خودی خود نمی‌تواند مشکلات پیش روی کشورها برای حل مسائل توسعه‌ای آنها را حل نماید. فناوری تنها یک فرصت است(پاجولا،۲۰۰۲). فرصتی که در اختیار کشورها قرار می‌گیرد تا با ایجاد عوامل مکمل مناسب با فناوری‌های جدید، بتوانند شکاف موجود بین خود و کشورهای پیشرفته را کاهش دهند. متأسفانه زیرساخت‌های مناسب برای جذب منافع موجود در فناوری‌های جدید در کشورهای درحال توسعه اندک است(نردرپ و کرامر،۱۹۹۷). اگرچه کشورهای درحال توسعه در حال کم کردن فاصله زیرساخت‌های اطلاعاتی خود با کشورهای توسعه‌یافته هستند، ولی از لحاظ مقادیر مطلق عددی هنوز فاصله زیادی با آنها دارند. از سوی دیگر، هنوز فاصله زیادی بین سطح سرمایه انسانی و آزادی اقتصادی در کشورهای درحال توسعه و توسعه یافته وجود دارد. پس کاملاً طبیعی است که اثر سرمایه ICT داخلی و خارجی بر رشد اقتصادی در کشورهای درحال توسعه کمتر از کشورهای توسعه یافته باشد (حیاتی،۱۳۸۶). در این برآورد، اثر سرمایه انسانی بر رشد TFP مثبت و معنادار است. اثر متقابل سرمایه انسانی با سرمایه ICT داخلی و خارجی بر رشد TFP، هم در کشورهای درحال توسعه و هم در کشورهای توسعه‌یافته مثبت و معنادار بوده که نشان از مؤثر بودن سرمایه انسانی و نیروی کار متخصص در جذب منافع هر چه بیشتر سرمایه ICT است که نتایج آن در ستون‌های ۶ و ۱۰ جداول ۲ و ۳ آورده شده است. برای بررسی دقیق‌تر اثر ICT بر بهره‌وری، سرمایه ICT داخلی به دو جزء IT و ارتباطات تقسیم شده است. ستون ۳ جدول ۱ نتایج مربوط به برآورد رابطه ۷ برای کل نمونه کشورها را نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود هم رشد سرمایه IT و هم ارتباطات داخلی اثر مثبت و معناداری بر رشد بهره‌وری کل عوامل تولید در نمونه کل کشورها دارند. در این رابطه،

همچنان اثر سرریزهای ICT بین‌المللی مثبت و معنادار است. اما اثر سرمایه انسانی بی‌معناست. در ستون ۴ نیز اثر متقابل سرمایه انسانی و اجزای ICT داخلی - IT و ارتباطات - و سرریزهای بین‌المللی ICT نشان داده شده که این اثر، هم در مورد اجزای سرمایه ICT داخلی و هم سرریز بین‌المللی ICT مثبت و معنادار است. برای بررسی بیشتر، همانند قبل نمونه کشورهای مورد نظر را به دو گروه درحال توسعه و توسعه یافته تقسیم می‌کنیم. نتایج این برآورد در ستون‌های ۷ و ۱۱ جداول ۲ و ۳ آمده است. در کشورهای توسعه یافته اثر رشد سرمایه IT بر رشد TFP بیش از اثر رشد سرمایه ارتباطات است. این نتیجه در مورد کشورهای درحال توسعه به صورت عکس می‌باشد، ولی در هر دو گروه تأثیر اجزای ICT داخلی و سرریزهای بین‌المللی بر رشد TFP، مثبت و معنادار است. اثر سرمایه انسانی در گروه کشورهای توسعه‌یافته مثبت و معنادار و در گروه کشورهای درحال توسعه بی‌معناست. از یک سوی، اثر اجزای ICT داخلی و سرریزهای بین‌المللی آن بر رشد TFP در کشورهای توسعه‌یافته بیش از کشورهای درحال توسعه است. نسبت سرمایه‌گذاری ارتباطات به تولید ناخالص داخلی در سال ۲۰۰۳ در هر دو گروه کشورها بیش از اجزای دیگر ICT بوده است (حیاتی، ۱۳۸۶). از سوی دیگر، نرم‌افزار، سخت‌افزار و تجهیزات ارتباطی مکمل یکدیگر هستند. استفاده از رایانه‌ها زمانی بهره‌ورتر خواهند شد که افراد از طریق اینترنت با هم در ارتباط باشند. رایانه‌ای شدن یک سازمان زمانی که آن سازمان به اینترنت مجهز باشد اثرات بیشتری بر افزایش کارایی خواهد گذاشت. در کشورهای توسعه‌یافته به نظر می‌رسد که حجم زیادی از سرمایه‌گذاری در هر دو بخش IT و ارتباطات انجام شده است. از یک سوی، بسیاری از زیرساخت‌های لازم و عوامل مکمل در کنار اجزای ICT وجود دارد که استفاده از آن را بهره‌ورتر می‌سازد. اما در کشورهای درحال توسعه با وجود اینکه سرمایه‌گذاری‌هایی هر چند اندک در زمینه ICT انجام شده، اما چنین زیرساخت‌هایی هنوز فراهم نبوده، در نتیجه، اثرگذاری ICT بر روی بهره‌وری کمتر است. از سوی دیگر، به نظر می‌رسد که در کشورهای توسعه‌یافته سرمایه‌گذاری در بخش ارتباطات به حد قابل قبولی رسیده است که این امکان را به بخش IT می‌دهد تا به صورت بهره‌ورتری ظاهر شود. اما کشورهای درحال توسعه هنوز در زمینه بخش IT سرمایه‌گذاری‌های ناچیزی انجام داده‌اند و سرمایه‌گذاری‌های اصلی آنها در زمینه ارتباطات است. به همین دلیل اثر ارتباطات بر رشد بهره‌وری بیشتر است. اثر متقابل اجزای ICT داخلی و سرریزهای بین‌المللی آن و سرمایه انسانی نیز در ستون‌های ۸ و ۱۲ جداول ۲ و ۳ آمده است که هردو اثر هم در کشورهای درحال توسعه و هم توسعه یافته مثبت و معنادار است ولی در کشورهای توسعه‌یافته این اثر بیشتر می‌باشد.

پرسش دیگری که در این مقاله به آن پرداخته‌ایم، این است که آیا اثر سرمایه‌گذاری در ICT بر رشد بهره‌وری کل عوامل تولید در کشورهای توسعه‌یافته و درحال توسعه متفاوت است یا خیر؟ برای این منظور یک متغیر مجازی برای کشورهای توسعه‌یافته در مدل ۵ به صورت زیر اضافه کرده‌ایم:

$$D\log TFP_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 D\log ICTD_{it} + \alpha_2 D\log ICTF_{it} + \alpha_3 EDU_{it} + \alpha_4 DHD\log ICTD_{it} + \varepsilon_{it} \quad (۱۰)$$

فرضیه صفر در این آزمون به صورت زیر است:

$$H_0: \alpha_1 + \alpha_4 \rangle \alpha_1 \quad \text{یا} \quad H_0: \alpha_4 \rangle 0$$
$$H_1: \alpha_1 + \alpha_4 \le \alpha_1 \qquad H_1: \alpha_4 \le 0$$

متغیر مجازی برای کشورهای توسعه یافته عدد یک و برای کشورهای درحال توسعه عدد صفر است. فرضیه صفر بیان می‌کند که اثر رشد سرمایه ICT داخلی بر رشد TFP در کشورهای توسعه یافته بیش از کشورهای درحال توسعه است. نتایج این برآورد در جدول ۴ آمده است. اول اینکه نتایج مربوط به آزمون F و هاسمن نشان می‌دهند نوع مدل آزمون‌شده، مدل اثرات ثابت است. دوم اینکه فرضیه صفر را نمی‌توان رد کرد. بنابراین، اثر رشد سرمایه ICT در کشورهای توسعه یافته و درحال توسعه متفاوت است و این اثر در کشورهای توسعه یافته بیشتر می‌باشد که احتمالاً به دلیل وجود زیرساخت‌ها و عوامل مکمل است. در نتیجه این را که اثر سرمایه‌گذاری در ICT در کشورهای توسعه‌یافته بیش از کشورهای درحال توسعه است، نمی‌توان رد کرد.

نتیجه گیری

از سال‌های میانی دهه ۱۹۹۰، ICT به عنوان یکی از منابع رشد مورد توجه اقتصاددانان قرار گرفته است. ICT هم به طور مستقیم و از طریق تعمیق سرمایه و هم به دلیل داشتن ویژگی‌های کالای دانش به طور غیرمستقیم و از طریق TFP، رشد محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد. مطالعات بسیاری به ویژه در کشورهای توسعه‌یافته اثر مستقیم ICT بر رشد بهره‌وری و محصول را تأیید کرده‌اند. ولی پژوهش‌ها در زمینه اثر غیرمستقیم ICT بر رشد در کشورهای درحال توسعه بسیار ناچیز است. در این پژوهش، با استفاده از دامنه قابل توجهی از کشورها در دو سطح توسعه‌یافته و درحال توسعه به بررسی اثر ICT بر رشد TFP پرداخته‌ایم. استفاده از دامنه گسترده کشورها به ویژه مطالعه تعداد زیادی از کشورهای درحال توسعه امکان تجزیه و تحلیل دقیق‌تری را نسبت به مطالعات دیگر به پژوهشگر داده است.

نتایج برآورد مدل، الگوهای نظری و یافته‌های تجربی پژوهشگران دیگر را تأیید می‌کند. اثر رشد سرمایه ICT داخلی بر رشد TFP در سطح کل کشورها مثبت و معنادار و برابر ۰/۰۵۹ است. این اثر در کشورهای توسعه‌یافته مثبت و معنادار و برابر ۰/۱۳ و در کشورهای درحال توسعه نیز مثبت و

معنادار و برابر ۰/۰۲۸ است. اثر سرریز بین کشوری ICT نیز در سطح کل نمونه مثبت و معنادار و برابر ۰/۰۴۲ است. در سطح کشورهای توسعه‌یافته این پارامتر مثبت و معنادار و برابر ۰/۰۴۳ و در سطح کشورهای درحال توسعه نیز مثبت و معنادار و برابر ۰/۰۳۷ است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود ICT بر رشد TFP هم در کل نمونه و هم در سطح کشورهای درحال توسعه و توسعه‌یافته اثر مثبت و معناداری خواهد داشت. اما این اثر در کشورهای توسعه‌یافته قوی‌تر است که شاید بتوان آن‌را به وجود زیرساخت‌های مناسب اقتصادی، اجتماعی و اطلاعاتی مناسب کشورهای توسعه یافته مربوط دانست. همان‌طور که از نتایج بر می‌آید، اثر متقابل سرمایه انسانی و سرمایه ICT بر رشد TFP مثبت و معنادار است که خود تأکیدی بر این نکته است که زیرساخت‌های مناسب مکمل سرمایه ICT در جذب منافع حاصل از آن مؤثر هستند. نتایج به دست‌آمده در مورد اثر سرمایه ICT داخلی بر رشد TFP با مطالعه گو و لی(۲۰۰۵) هماهنگی دارد. اما در مورد اثر سرریز ICT بر رشد TFP، نتایج آنها تأثیرگذاری بیشتر این سرریز در کشورهای درحال توسعه را نشان می‌دهد. در صورتی که براساس یافته‌های این پژوهش اثر سرریز ICT بر رشد TFP در کشورهای توسعه‌یافته بیش از کشورهای درحال توسعه است. توجیهی که در این مورد می‌توان ارائه کرد، نبود زیرساخت‌های مناسب برای جذب منافع حاصل از ICT بر بهره‌وری در کشورهای درحال توسعه است. در واقع، با اینکه ICT یکی از عناصری است که کشورها را در رشد بهره‌وری یاری می‌رساند، اما نکته‌ای که باید به آن توجه داشته باشیم این است که ICT خود به تنهایی عامل توسعه نیست. کشورهای درحال توسعه به دو دلیل می‌توانند از منافع ICT بهره‌مند شوند. اول اینکه، بدون صرف هزینه‌های اولیه لازم برای یادگیری و تجربه‌اندوزی، از تجربه‌های کشورهای توسعه‌یافته بهره‌مند می‌شوند، دوم اینکه می‌توانند به آخرین دستاوردهای تکنولوژیکی دست یابند، بدون اینکه لازم باشد مشکلات و هزینه‌های ناشی از سرمایه‌گذاری‌های از دست رفته در تکنولوژی‌های منسوخ شده را بپردازند. با این حال، به دلیل نبود یا کمبود زیرساخت‌های اقتصادی، اجتماعی و اطلاعاتی کافی قادر به جذب منافع حاصل از سرمایه‌گذاری در ICT همانند کشورهای توسعه‌یافته نیستند. با توجه به تجارب کشورهایی چون آمریکا که بسیاری وجود محیط‌های رقابتی و تشویق انگیزه برای ابداعات را مهم‌ترین عامل در جذب منافع حاصل از ICT می‌دانند، همین‌طور با مرور تجارب دیگر کشورهای درحال توسعه که اکنون در زمینه ICT مؤفق هستند (از جمله برزیل، استونی، مالزی و کاستاریکا) می‌توان ادعا کرد که علاوه بر افزایش سرمایه‌گذاری در سرمایه ICT، افزایش سهم بخش غیردولتی در توسعه ICT، جلوگیری از شکل‌گیری انحصارات جدید و تضمین فضای رقابتی سالم در بخش ICT، توسعه سرمایه‌های انسانی، توسعه فرهنگ ICT و افزایش سطح سواد کاربری اطلاعات و ارتباطات در سطح جامعه و پیشگامی

دولت در زمینه به‌کارگیری فناوری اطلاعات، کشورها را در جذب حداکثر منافع ICT یاری خواهند رساند.

جدول -۱. برآورد مدل برای ۶۹ کشور در دوره ۲۰۰۳-۱۹۹۳

متغیرهای توضیحی	1	2	3	4
$DLICTD$	0.059^{*} (0.019)			
$DLICTF$	0.042^{*} (0.009)		0.030* (0.007)	
$LEDU$	0.0207^{***} (0.012)		0.01 (0.011)	
$DLICTD^{*}EDU$		0.057^{*} (0.017)		
$DLICTF^{*}EDU$		0.039^{*} (0.009)		0.025^{*} (0.007)
$DLITD$			0.046* (0.012)	
$DLCOMD$			0.046^{*} (0.008)	
$DLITD*ECU$				0.039^{*} (0.012)
$DLCOMD^{*}ECU$				0.048^{*} (0.008)
$R^2\ Adj$	0.30	0.30	0.48	0.47
F Z	$\begin{matrix}0.67\\1.38\end{matrix} \Rightarrow FE$	$\begin{matrix}0.67\\2.70\end{matrix} \Rightarrow FE$	$\begin{matrix}0.66\\2.53\end{matrix} \Rightarrow FE$	$\begin{matrix}0.66\\4.25\end{matrix} \Rightarrow FE$
χ^2	$5.75 \Rightarrow FE$ $(0.21)^{a}$	$4.17 \Rightarrow FE$ $(0.38)^{a}$	$6.32 \Rightarrow FE$ $(0.27)^{a}$	$3.38 \Rightarrow FE$ $(0.49)^{a}$

توضیحات:

۱: *= معنادار در سطح یک درصد، **= معنادار در سطح ۵ درصد، ***= معنادار در سطح ۱۰ درصد.

۲: ارقام داخل پرانتز انحراف از معیار هستند. a= احتمال پذیرش فرضیه صفر در آزمون هاسمن.

۳: متغیر وابسته رشد TFP است. DLICTD رشد سرمایه ICT داخلی، DLICTF رشد سرمایه ICT خارجی، LEDU لگاریتم سرمایه انسانی، DLITD رشد سرمایه IT داخلی، DLCOMD رشد سرمایه ارتباطات داخلی است.

جدول-۲. برآورد مدل برای کشورهای توسعه یافته در دوره ۲۰۰۳-۱۹۹۳

متغیرهای توضیحی	5	6	7	8
DLICTD	0.139^{*} (0.028)			
DLICTF	0.043^{**} (0.011)		0.040* (0.013)	
LEDU	0.017^{***} (0.009)		0.016^{***} (0.011)	
$DLICTD^{*}EDU$		0.131^{*} (0.027)		
$DLICTF^{*}EDU$		0.028^{**} (0.012)		0.027^{*} (0.012)
DLITD			0.081* (0.025)	
DLCOMD			0.044^{*} (0.012)	
$DLITD^{*}EDU$				0.076^{*} (0.024)
$DLCOMD^{*}EDU$				0.049^{*} (0.011)
R^2 *Adj*	0.32	0.32	0.43	0.44
F Z	0.67 $1.58 \Rightarrow FE$	0.67 $2.70 \Rightarrow FE$	0.66 $3.08 \Rightarrow FE$	0.66 $3.83 \Rightarrow FE$
χ^2	$2.28 \Rightarrow FE$ $(0.68)^{a}$	$3.38 \Rightarrow FE$ $(0.33)^{a}$	$2.58 \Rightarrow FE$ $(0.76)^{a}$	$1.80 \Rightarrow FE$ $(0.77)^{a}$

توضیحات:

۱: *= معنادار در سطح یک درصد، **= معنادار در سطح ۵ درصد، ***= معنادار در سطح ۱۰ درصد.

۲: ارقام داخل پرانتز انحراف از معیار هستند. a= احتمال پذیرش فرضیه صفر در آزمون هاسمن.

۳: متغیر وابسته رشد TFP است. DLICTD رشد سرمایه ICT داخلی، DLICTF رشد سرمایه ICT خارجی، LEDU لگاریتم سرمایه انسانی، DLITD رشد سرمایه IT داخلی، DLCOMD رشد سرمایه ارتباطات داخلی است.

جدول -۳. برآورد مدل برای کشورهای درحال توسعه در دوره ۲۰۰۳-۱۹۹۳

متغیرهای توضیحی	9	10	11	12
DLICTD	0.028^{*} (0.011)			
DLICTF	0.037^{**} (0.008)		0.025* (0.008)	
LEDU	0.008 (0.032)		0.011 (0.019)	
$DLICTD^{*}EDU$		0.026^{*} (0.010)		
$DLICTF^{*}EDU$		0.036^{*} (0.007)		0.023^{*} (0.007)
DLITD			0.031** (0.015)	
DLCOMD			0.042^{*} (0.014)	
$DLITD^{*}EDU$				0.014^{***} (0.014)
$DLCOMD^{*}EDU$				0.038^{*} (0.015)
R^2 *Adj*	0.28	0.29	0.42	0.43
F Z	$\begin{matrix}0.67\\2.006\end{matrix} \Rightarrow FE$	$\begin{matrix}0.67\\2.43\end{matrix} \Rightarrow FE$	$\begin{matrix}0.66\\3.37\end{matrix} \Rightarrow FE$	$\begin{matrix}0.66\\3.82\end{matrix} \Rightarrow FE$
χ^2	$5.67 \Rightarrow FE$ $(0.23)^{a}$	$5.42 \Rightarrow FE$ $(0.14)^{a}$	$4.39 \Rightarrow FE$ $(0.49)^{a}$	$1.46 \Rightarrow FE$ $(0.83)^{a}$

توضیحات:

۱: *= معنادار در سطح یک درصد، **= معنادار در سطح ۵ درصد، ***= معنادار در سطح ۱۰ درصد.

۲: ارقام داخل پرانتز انحراف از معیار هستند. a= احتمال پذیرش فرضیه صفر در آزمون هاسمن.

۳: متغیر وابسته رشد TFP است. DLICTD رشد سرمایه ICT داخلی، DLICTF رشد سرمایه ICT خارجی، LEDU لگاریتم سرمایه انسانی، DLITD رشد سرمایه IT داخلی، DLCOMD رشد سرمایه ارتباطات داخلی است.

جدول -۴. برآورد مدل ۱۱ برای ۶۹ کشور در دوره ۲۰۰۳-۱۹۹۳

متغیرهای توضیحی	نتایج
$DLICTD$	0.027^{**} (0.011)
$DLICTF$	0.039^{*} (0.066)
$LECU$	0.014^{***} (0.008)
$DUM_1{}^{*}DLICTD$	0.116^{*} (0.030)
$R^2\ Adj$	0.035
F Z	0.67 $1.31 \Rightarrow FE$
χ^2	$5.14 \Rightarrow FE$ (0.39)

منابع

امینی، علیرضا و نشاط، حاجی محمد.(۱۳۸۴). برآورد سری زمانی موجودی سرمایه در اقتصاد ایران طی دوره زمانی ۱۳۸۱-۱۳۳۸.مجله برنامه و بودجه ،شماره ۹۰.

جهانگرد، اسفندیار.(۱۳۸۳). ارزیابی آثار فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات *ICT* بر رشد اقتصادی و بهره‌وری صنایع کارخانه‌ای ایران. رساله دکتری، دانشگاه علامه طباطبایی، دانشکده اقتصاد.

مشیری، سعید، جهانگرد، اسفندیار.(۱۳۸۳). فن آوری اطلاعات و ارتباطات(ICT) و رشد اقتصادی ایران. فصلنامه پژوهشهای اقتصادی ایران، شماره ۱۹.

حیاتی، سارا.(۱۳۸۶).بررسی اثر ICT بر رشد TFP. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده اقتصاد.

نیک پور، سمیه.(۱۳۸۵).بررسی اثر ICT بر رشد اقتصادی کشورهای جهان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علامه طباطبایی، دانشکده اقتصاد.

Aghion, Philippe. and Peter Howitt.(1998) . Endogenous Growth Theory. Coordinated by Maxine Brant- Collett- Cambridge, The MIT press.

Bassanini, A. and S. Scarpetta. (2002). Growth, Technological Change, and ICT Diffusion: Recent Evidence from OECD Countries. Oxford Review of Economic Policy, Vol, 18-No.3.

Bresnahan, T.F., E. Brynjolfsson and L.M. Hitt.(1999). Information Technology, Workplace Origination, and the Demand for Skilled Labor: Firm-Level Evidence. National Bureau of Economic Research, Working Paper 7136.

Brynjolfsson,E & L. M. Hitt .(2000). Beyond Computation: Information Technology, Organizational Transformation and Business Performance. Journal of Economic Perspectives, American Economic Association, vol. 14(4), pages 23-48.

Bu, Yisheng.(2006). Fixed Capital Stock Depreciation in Developing Countries: Some Evidence from Firm Level Data. The Journal of Development Studies, 42, NO.5, p 881-901.

Coe, D. and E. Helpman.(1995). International R&D Spillovers. European Economic Review, vol.39, pp. 859-887.

Coe, D., E. Helpman and W. Hoffmaister.(1997). North South R&D Spillovers. The Economic Journal, vol. 107, January, pp 134-149.

Dedrick, J., V. Gurbaxani and k.L. Kraemer.(2003). Information Technology and Economic Performance: A Critical Review of the Empirical Evidence. ACM Computing Surveys, Vol.35, No.1, 1-28.

Euromonitors.(2006). Global Market Information Database.

Gordon, J. R.(2004). Five Puzzle In the Behavior of productivity Investment, and Innovation. NBER, Working paper 10660.

Green, William H.(2003) . Econometric Analysis. 5d ed., Macmillan, New York.

Griliches , z and F. Lichtenberg.(1984). R&D and Productivity at the Industry Level: Is There Still a Relationship?. in Griliches, Z (ed),R&D, Patents and Productivity ,The University of Chicago Press, Chicago.

Grossman, G. M. and E. Helpman (1991). Trade, Knowledge Spillovers, and Growth. NBER Working Paper, No. W3485.

Hacker, M and J. Morsink.(2002) .You say want A Revolution: Information Technology and Growth. IMF working paper, WP/02/70.

Jorgenson, D.W(2001). Information Technology and the U.S Economy. American Economic Review, vol. 91, No.1,1-32.

Lee, H and Y. Khatri.(2003). IT and productivity Growth in Asia. IMF working paper, W0/03/13.

Lee, S.Y.T , 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 & Management 42 , 1009–1022.

Lee, S.Y.T and X. J. Guo.(2003). ICT and Spillover: A Panel Analysis. Department of Information Systems, National university of Singapore.

Loveman, G. W.(1994). An Assessment of the Productivity Impact of Information Technologies. In Information Technology and the Corporation of the 1990s: Research Studies, T. J. Allen and M. S. Scott Morton, Eds. Oxford University Press, Cambridge, U.K., 84–110.

Mankiew, N. G , D. Romer, and D. Weill.(1992) . A Contribution of the Empirics of Economic Growth. Quarterly Journal of Economics 107, 407-38.

Matteucci,N and A. Sterlacchini.(2005). ICT, R&D and Productivity Growth: Evidence from Italian Manufacturing Firms. University Politecnica delle Marche, Ancona, Italy.

Northrop, A , and K. L. Kraemer.(1997). The Information Age: Which Nations Will Benefit?.Center for Research on Information and Organizations , University of California.

Oliner, S. D and D.E. Sichel.(2002). IT and productivity: where Are we now and where Are we Going?. Economic Review 3(3), 15-41.

Pilat, D ,and F.C, Lee.(2001). Productivity Growth in ICT-Producing and ICT –Using Industries: A Source of Growth Differential in the OECD. OECD Directorate for Science, STIWP/4.

Pohjola, M.(2002) .The New Economy in Growth and Development. Oxford Review of Economic Policy, 18:3 .

Pohjola, M.(2000). IT and Economic Growth: A cross country Analysis. World Institute for Development Economics Research, Working paper No. 173.

Quah, D.(2002).Digital goods and the New Economy. LSE Economics Department.

Rincon, A and M. Vecchi.(2004). The Dynamic Impact of ICT Spillovers on Company's productivity Performance. National Institute of Economic and Social Research.

Roach, S.S.(1991). Service Under Siege: The Restructuring Imperative. Harvard Business Review 39(2).

Schreyer, P.(2000). The Contribution of Information and Communication Technology to Output Growth: A study of G7 Countries. STI working paper 2000/2, Paris, OECD.

Shiu,A, and A. Heshmati.(2006). Technical Change and Total Factor Productivity Growth for Chinese Provinces: A Panel Data Analysis. IZA, Discussion Paper No. 2133.

Strassmann, P.A.(1990). The Business Value of Computers: An Executive's Guide. New Canaan, CT, Information Economics Press.

WDI.(2006). World Development Indicators.

WITSA.(2002,2004). World Information Technology Systems and Alliances, Digital Planet.

یادداشتها

۱. برای مطالعه بیشتر در مورد کانالی که ICT مستقیماً رشد بهره وری و محصول را در مدل‌های رشد تحت تأثیر قرار می‌دهد، می‌توانید به دو منبع زیر مراجعه کنید:

Pohjola,M.(2002).The New Economy in Growth and Development. Oxford Review of Economic Policy,18:3.

Jorgenson, D.W and K. Motohashi.(2005). Information Technology and the Japanese Economy. Journal of the Japanese and International Economies, Vol. 19, No. 4.

۲. برای اطلاعات بیشتر در زمینه هر کدام از ویژگی‌های کالاهای دیجیتالی می‌توانید به یکی از دو منبع زیر مراجعه کنید:

Quah,D.(2002). Digital Goods and the New Economy. LSE Economics Department.

و یا سارا حیاتی(۱۳۸۶). بررسی اثر ICT بر رشد TFP. پایان نامه کارشناسی ارشد، به راهنمایی تیمور رحمانی. دانشگاه تهران، دانشکده اقتصاد.

۳. روشهای محاسبه TFP را می‌توانید در منبع زیر بیابید:

امینی، علیرضا.(۱۳۸۵).اندازه گیری و تحلیل روند بهره وری به تفکیک بخش های اقتصادی ایران. مجله برنامه و بودجه، شماره ۹۳.

۴. برای مطالعه بیشتر به منبع زیر مراجعه کنید:

Lee, H and Y. Khatri.(2003). IT and productivity Growth in Asia. IMF working paper,
W0/03/13.

۵. این روش از مدلی که گریلیچیز و لیختنبرگ در سال ۱۹۸۴ برای سرمایه R&D به کار برده‌اند، الهام گرفته شده است.

Griliches, Z. and F. Lichtenberg.(1984).R & D and productivity Growth at the Industry Level: Is There Still a Relationship?.in Griliches Z. (ed), R & D, Patents, and Productivity, The university of Chicago Press, Chicago.

۶. در این مطالعه از روش دوم یعنی تابع تولید برای بررسی اثر ICT بر TFP استفاده کرده‌ایم. دلیل آن نیز نبودن اطلاعات لازم در مورد قیمت‌های اجاره‌ای سرمایه ICT است. از سوی دیگر، به دلیل استفاده از مدل کو و هلپمن (۱۹۹۵) از خود سرمایه ICT به جای سرمایه گذاری استفاده کرده‌ایم.

۷. در چنین نگرشی فرض بر این است که نیروی کاری که سطح تحصیلات بالاتری را داشته، توانایی بیشتری در خلق، اجرا و پذیرش فناوری‌های جدید دارد. در واقع، تحصیلات بالاتر، پذیرش و اجرای فناوری‌های جدید را آسان می‌کند.

۸. البته انتقادهایی بر این روش وارد شده است. از جمله این انتقادها استفاده از درصدهای ثابت استهلاک برای تمام سال‌های عمر مفید یک کالای سرمایه‌ای خاص است. در این روش لازم است که از ابتدا عمر مفید کالاهای سرمایه‌ای مشخص باشد. برای مطالعه بیشتر روش‌های محاسبه ذخیره سرمایه می توانید به منبع زیر مراجعه کنید:

امینی، علیرضا و نشاط، حاجی محمد.(۱۳۸۴). برآورد سری زمانی موجودی سرمایه در اقتصاد ایران طی دوره زمانی ۱۳۸۱-۱۳۳۸. مجله برنامه و بودجه، شماره ۹۰.

۹. از رابطه یادشده برای محاسبه سرمایه اولین دوره Grilichis(1995) و Gu and Lee(2005) نیز استفاده کرده‌اند.

۱۰. در مطالعه‌ای که در مقاله:

Bu, Yisheng. (2006). Fixed Capital Stock Depreciation in Developing Countries: Some Evidence from Firm Level Data. The Journal of Development Studies, 42, NO, 5.p 881-901

انجام شده است، نرخ استهلاک محاسبه شده برای کشورهای درحال توسعه‌ای نظیر فیلیپین، اندونزی، کنیا، زیمباوه و غنا به طور متوسط ۱۰ درصد است. در پروژه‌ای نیز که در مورد بهره‌وری در اتحادیه اروپا در سال ۲۰۰۳ انجام شد،

Productivity in the European Union: A Comparative Industry Approach (EU KLMES 2003), www.euklems.net

نرخ استهلاک برای کشورهای اروپایی نیز ۱۰ درصد در نظر گرفته شده است. از سوی دیگر، برای اطمینان نرخ استهلاک به تبعیت از منکیو، رومر و ویل (۱۹۹۲) و رومر (۱۹۸۹)، ۳ درصد و ۴ درصد نیز در نظر گرفته‌ایم. همچنین، براساس مطالعه بو(۲۰۰۶) نرخ استهلاک به دلایل اجتماعی و اقتصادی متفاوت، در کشورهای درحال توسعه بیش از کشورهای توسعه‌یافته است. بنابراین، مدل‌های مورد نظر با چند سناریو در مورد نرخ استهلاک سرمایه، آزمون شده است. ۱. نرخ استهلاک سه در صد برای همه کشورها، ۲. نرخ استهلاک چهار درصد برای همه کشورها، ۳. نرخ استهلاک ۱۰ درصد برای همه کشورها، ۴. نرخ استهلاک سه درصد برای کشورهای توسعه یافته و ۱۰ درصد برای کشورهای درحال توسعه، ۵. نرخ استهلاک چهار در صد برای کشورهای توسعه یافته و ۱۰ درصد برای کشورهای درحال توسعه. با توجه به نتایج به دست آمده، تفاوت قابل توجهی مشاهده نشد. دلیل این امر نیز آن است که متغیر وابسته در مدل، رشد TFP است که برای محاسبه آن از رشد سرمایه فیزیکی استفاده شده است. در نتیجه، چون ارقام به صورت رشد است تفاوت قابل توجهی وجود ندارد و نتایج به دست آمده با نرخ استهلاک ۱۰ درصد در موارد دیگر نیز تأیید می‌شود. به دلیل طولانی‌شدن مطلب و شباهت نتایج از بیان نتایج سناریوهای متفاوت اجتناب شده است و تنها نتایج مربوط به محاسبه سرمایه با نرخ استهلاک ۱۰ درصد را آورده‌ایم.

۱۱. به پیروی از فرامنی(۱۹۹۷)، ملتن، پارکر و سسکین(۱۹۹۹)، همپل (۲۰۰۲) و هشمت خان و سنتز(۲۰۰۲) نرخ استهلاک سرمایهICT را ۳۰ درصد در نظر گرفته‌ایم.

۱۲. این دو نقد به نحوه محاسبه سرمایه انسانی توسط خود نویسندگان مقاله مطرح شده است.

۱۳. اطلاعات مربوط به انباشت سرمایه ثابت ناخالص برای کشورهای اسراییل، جامایکا، کلمبیا و کویت در دسترس نبوده، به همین دلیل از نمونه حذف شده است.

۱۴. برای تشخیص اینکه مدل از نوع پانل است یا داده‌های تلفیقی(Pool)، از آزمون F و برای تعیین نوع پانل که به صورت اثر ثابت است یا تصادفی، از آزمون هاسمن استفاده کرده‌ایم. نتایج بیانگر این است که مدل از نوع داده‌های پانل با اثر ثابت است. برای مطالعه بیشتر می‌توانید به منبع زیر مراجعه کنید:

Green, William H.(2003) . Econometric Analysis. 5d ed., Macmillan, New York.