

تحلیل علیت میان سرمایه‌گذاری فناوری اطلاعات و ارتباطات و رشد بهره‌وری نیروی کار

اسفندیار جهانگرد*

نازیلا علینقی**

چکیده

فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) و رشد روزافزون آن در دهه‌های اخیر به رشد اقتصادی و افزایش بهره‌وری در برخی کشورها خصوصاً کشورهای توسعه‌یافته انجامیده است. این موضوع باعث طرح این سؤال می‌شود که آیا رشد اقتصادی باعث توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) شده است و یا به‌عکس. از این رو در این مقاله به بررسی رابطه علیت میان سرمایه‌گذاری ICT و رشد بهره‌وری نیروی کار براساس مدل‌های پانل پویا و با استفاده از تخمین‌زن گشتاورهای تعمیم‌یافته، برای ۴۸ کشور، شامل ۲۵ کشور توسعه‌یافته و ۲۳ کشور در حال توسعه در دوره زمانی ۲۰۰۰-۲۰۰۸ پرداخته‌ایم. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که رابطه‌ای دوسویه میان سرمایه‌گذاری ICT و رشد بهره‌وری نیروی کار در سه نمونه شامل کشورهای توسعه‌یافته، در حال توسعه، و نیز کل کشورها برقرار است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که سرمایه‌گذاری ICT به بهبود بهره‌وری نیروی کار و در نهایت رشد اقتصادی کشورها خواهد انجامید.

کلیدواژه‌ها: فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT)، رشد بهره‌وری نیروی کار، روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM)، داده‌های تابلویی (panel data).

طبقه‌بندی JEL: C23, O33, J24.

* دانشیار اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی (نویسنده مسئول)، Jahangard@atu.ac.ir

** دانشجوی دکتری، دانشگاه کانتربری نیوزلند، Nazila_alinaghi2000@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۶/۲۰، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۸/۱۴

۱. مقدمه

اهمیت گسترش فناوری اطلاعات و ارتباطات به منزله ابزاری برای افزایش بهره‌وری و رشد اقتصادی به حدی است که این دوره به نام عصر ارتباطات نامیده شده و هم‌اکنون سرمایه‌گذاری در زمینه فناوری اطلاعات موتور محرکه رشد و توسعه شناخته شده است. در سال‌های اخیر گسترش فناوری‌های مبتنی بر IT رشد اقتصادی کشورهای توسعه‌یافته را تحت تأثیر قرار داده و کشورهای در حال توسعه با پرداختن به این مهم از سایر رقبای خود پیشی گرفته‌اند. از این رو، در هزاره جدید فناوری اطلاعات و ارتباطات به سرعت جهان را درنوردیده و در بسیاری از ابعاد زندگی بشر تأثیر گذاشته است. فناوری اطلاعات و ارتباطات تأثیر مستقیمی در زمینه کاهش هزینه‌ها، ارتقای سطح زندگی مردم، بهبود فضای کسب و کار، افزایش سطح رفاه عمومی، رشد اقتصادی، و افزایش اشتغال دارد. از این رو، همواره به گسترش این فناوری و تأمین زیرساخت‌های مورد نیاز به منزله موتور محرکه توسعه کشورها توجه شده است.

در ابتدا، تحقیقات انجام شده رابطه‌ای میان سرمایه‌گذاری ICT و رشد را نشان نمی‌دادند، اما از اواسط دهه ۱۹۹۰ و با کاهش قیمت تجهیزات رایانه‌ای بسیاری از بنگاه‌ها باتوجه به ویژگی دوگانه سرمایه ICT به منزله سرمایه فیزیکی و نیز سرمایه دانش به جانشینی و استفاده بیش‌تر از آن‌ها پرداختند. این امر در برخی کشورهای توسعه‌یافته نظیر امریکا، که رشد اقتصادی کندی داشتند، به افزایش رشد بهره‌وری و رشد اقتصادی انجامید. با افزایش مطالعات انجام شده در این زمینه، رابطه مثبت و معنادار میان دو متغیر فوق در بسیاری از تحقیقات تأیید شد که یکی از اهداف این مطالعه بررسی این موضوع برای کشورهای گوناگون است.

یکی از گام‌های ابتدایی در تحقیقات اقتصادی تعیین نوع متغیرهای مورد بررسی است. اهمیت درون‌زایی و برون‌زایی متغیرها در اقتصاد گویای نقش کلیدی بررسی علیت است، زیرا هرگونه تصمیم‌گیری درباره نحوه برخورد با متغیرهای مورد مطالعه نیازمند شناسایی دقیق آن‌هاست. در این پژوهش نیز برای برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری به منظور افزایش رشد اقتصادی در دوره‌های آتی به شناسایی جهت و نحوه اثرگذاری متغیرهای مدل در یک‌دیگر نیازمندیم.

این تحقیق به بررسی رابطه علیت میان سرمایه‌گذاری ICT و رشد بهره‌وری نیروی کار با استفاده از یک مدل پویای پانل و تخمین‌زن (GMM) در ۴۸ کشور شامل کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه می‌پردازد. بنابراین، سازمان‌دهی مقاله در این زمینه به این صورت است: پس از مقدمه، مبانی نظری و ادبیات تجربی بیان شده است؛ سپس، به تصریح مدل و برآورد آن پرداخته خواهد شد و بخش پایانی را نتیجه‌گیری تشکیل می‌دهد.

۲. چهارچوب نظری

برای سالیان متمادی تردید فراوانی در این خصوص وجود داشت که آیا انقلاب فناوری (IT) منتج به بهره‌وری بالاتر می‌شود یا خیر. مطالعات دهه ۱۹۸۰ بین سرمایه‌گذاری فناوری اطلاعات و بهره‌وری اقتصاد امریکا ارتباطی نیافت. این موضوع عنوان «معمای بهره‌وری» را به‌خود گرفت. اکنون پس از دو دهه، تقریباً هیچ شکی باقی نمانده است که سرمایه‌گذاری در بخش فناوری اطلاعات تأثیر مثبت و قابل ملاحظه‌ای در بهره‌وری نیروی کار دارد.

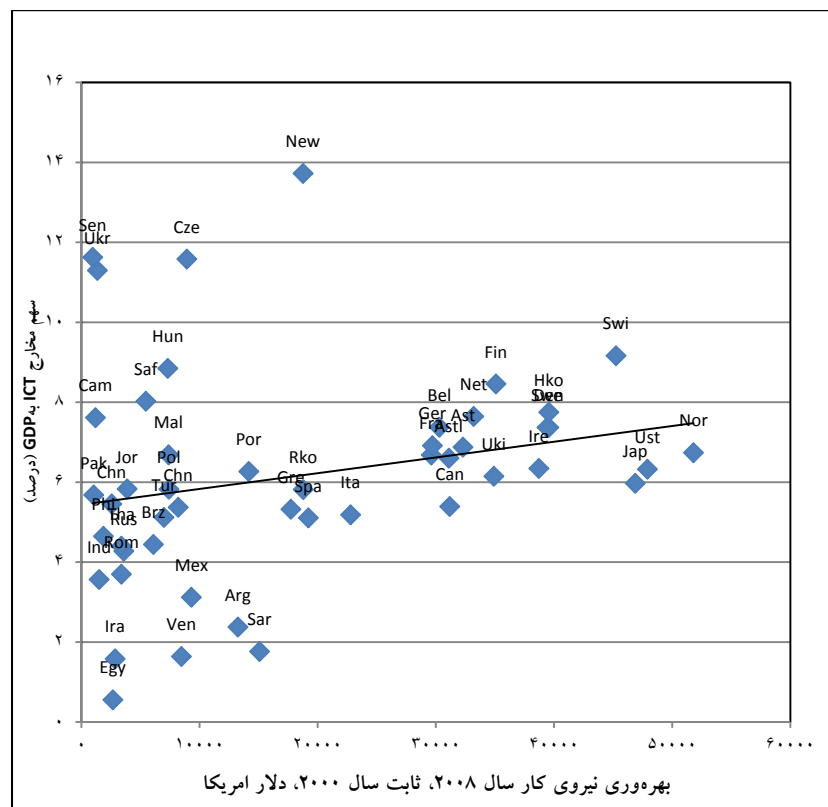
فناوری اطلاعات و ارتباطات در اقتصاد از طریق تابع مطلوبیت از طرف تقاضا در رفتار اقتصادی مصرف‌کننده و از طرف عرضه در رفتار تولیدکننده مؤثر است. چگونگی تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات در طرف عرضه اقتصاد به‌عنوان نهاد در کنار دیگر نهاده‌ها به‌صورت سرمایه وارد می‌شود و باعث بهبود فرایند تولید از طریق تعمیق سرمایه، پیش‌رفت فناوری، و کیفیت نیروی کار می‌شود. پیامد آن افزایش ارزش افزوده در سه سطح بنگاه، بخش، و کشور است و نهایتاً رشد اقتصادی، رشد بهره‌وری نیروی کار، سوددهی، و رفاه مصرف‌کننده را به‌ارمغان می‌آورد (جهانگرد ۱۳۸۵).

۱.۲ تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات در بهره‌وری نیروی کار

افزایش بهره‌وری نیروی کار معمولاً به‌دلیل تغییر در سه عامل زیر است: عامل اول، افزایش سطح سرمایه به‌کاررفته برای واحد نیروی کار است که اصطلاحاً «تعمیق سرمایه» (capital deepening) نامیده می‌شود؛ عامل دوم، بهبود در کیفیت نهاده‌ها یا عوامل تولید و به‌طور خاص نیروی کار است که در نتیجه آموزش و پرورش اتفاق می‌افتد؛ عامل سوم، «رشد بهره‌وری چندعاملی» (multi factor productivity/ MFP) است که باقی‌مانده رشدی است که با دو عامل سرمایه و نیروی کار محاسبه‌شدنی نیست. افزایش در MFP بدین مفهوم است که شیوه‌های تولید و یا کیفیت تولید بهبود یافته است و امکان دستیابی به سطوح بالاتر ستانده در همان سطح قبلی از نهاده‌ها فراهم است. فرایندهای تولید به دلایل مختلف می‌توانند بهبود پیدا کنند و در این زمینه آثار وجود تحقیق و توسعه (R&D) در تولیدات و فناوری فرایند تولید می‌تواند دلیل افزایش MFP به‌حساب آید.

در زمینه فناوری اطلاعات و چگونگی تأثیر آن در بهره‌وری نیروی کار گریلیچیز (Girliches 1992; 1994) در مطالعات خود بر تفاوت میان «پیامد خارجی پولی» (pecuniary externalities) و «پیامد خارجی غیرپولی» (non-pecuniary externalities or spillovers) یا

سرریز تأکید می‌کند. وی اشاره می‌کند که پیامد خارجی پولی همراه با کاهش قیمت عامل تولید (نهاده) است. وقتی قیمت کامپیوترها به صورت برونزا کاهش می‌یابد، بنگاه برای حداکثرکردن سود سیستم‌های کامپیوتری را جانشین دیگر عوامل، از قبیل نیروی کار، می‌کند. کاهش قیمت کامپیوترها و دیگر نهاده‌ها منحنی هزینه نهایی را به سمت پایین انتقال می‌دهد.



نمودار ۱. رابطه میان بهره‌وری نیروی کار و نسبت مخارج ICT به GDP در ۴۹ کشور نمونه

منبع: WDI: 2010 و WISTA: 2004; 2006 و محاسبات نویسنده.

هزینه نهایی پایین در تولید بیش تر و قیمت‌های پایین تر خود را نشان می‌دهد و افزایش تولید شاخصی از پیامد خارجی پول است. بنابراین پیامد خارجی پولی به‌طور مستقیم بهره‌وری نیروی کار را افزایش می‌دهد، اگرچه لزوماً بهره‌وری چندعاملی را افزایش نمی‌دهد. در این باره هم چنین تابع تولید تغییر نمی‌کند، اما آن‌ها سبب تغییر ترکیب نهاده‌ها

(مانند جانشینی کامپیوترها با دیگر نهادها) و در نتیجه باعث رشد تولید می‌شوند. برای بررسی اولیه رابطه بین سهم مخارج ICT و بهره‌وری نیروی کار این دو متغیر را در نمودار ۱ رسم کرده‌ایم. به‌طور کلی، مشاهده می‌شود که کشورهای با بهره‌وری پایین‌تر در سمت چپ نمودار و کشورهای با بهره‌وری بالا در سمت راست آن متمرکز شده‌اند. به‌عبارت‌دیگر، کشورهای با بهره‌وری بالاتر سهم مخارج ICT بیش‌تری از GDP دارند و شیب خطی نشان‌دهنده رابطه بهره‌وری و سهم مخارج ICT در سال ۲۰۰۸ برای ۴۹ کشور جهان مثبت است.

۲.۲ تأثیر بهره‌وری نیروی کار در فناوری اطلاعات و ارتباطات

مطالعات نشان می‌دهد که سرمایه فناوری اطلاعات جانشین خالصی برای نیروی کار بوده است، چراکه استفاده از فناوری اطلاعات به بنگاه‌ها اجازه می‌دهد که تعداد شاغلان حاضر در بنگاه را کاهش و یا تولید را سریع‌تر از کارکنان موردنیاز برای آن افزایش دهند. به‌علاوه، مطالعات شواهد مستحکمی از تقاضای سطوح مهارتی بالاتر برای ورود و گسترش فناوری اطلاعات نشان داده‌اند (جهانگرد ۱۳۸۵: ۱۵۶).

به‌عبارت‌دیگر، فناوری باعث تغییر ترکیب نیروی کار به سمت افزایش نیروی کار با مهارت بیش‌تر شده است و استخدام نیروی کار ماهرتر به سرمایه‌گذاری بیش‌تری در زمینه فناوری اطلاعات می‌انجامد. در این قسمت به ارائه روش پاچولا (Pohjola 2002) برای تبیین رشد از طریق فناوری اطلاعات و ارتباطات در کنار دیگر عوامل می‌پردازیم. در این روش می‌توان معادله تابع تولید را به‌صورت زیر در نظر گرفت:

$$Y = C^{\alpha_c} K^{\alpha_k} H^{\alpha_h} (AN)^{1-\alpha_c-\alpha_k-\alpha_h} \quad (1)$$

در این جا فرض شده که این تغییرات از نوع کارافزا (labour augmented) است و بازده ثابت نسبت به مقیاس نیز برقرار است. الگوی مربوط به سه نوع سرمایه شامل: سرمایه انسانی، سرمایه فناوری اطلاعات و ارتباطات، و سرمایه فیزیکی محدود است. الگوی سولو (Solow 1987) فرض می‌کند که قسمت ثابتی از تولید در هر یک از انواع سرمایه سرمایه‌گذاری می‌شود. در این الگو y سطح تولید برای هر نیروی کار مؤثر ($y = Y/AN$) و c ، k و h به ترتیب مبین موجودی انواع سرمایه به‌ازای هر واحد نیروی کار مؤثرند. بنابراین معادله رشد انواع سرمایه‌ها به‌صورت زیر است:

$$dk(t)/dt = s_k y(t) - (\alpha + n + \delta_k)k(t) \quad (2)$$

$$dh(t)/dt = s_h y(t) - (\alpha + n + \delta_h)h(t) \quad (3)$$

در این معادلات ضریب s نمایانگر نرخ پس‌انداز در هریک از انواع سرمایه و نرخ استهلاك است. هم‌چنین فرض شده است که نهاده نیروی کار و فناوری با نرخ‌های برون‌زای n و a رشد می‌کند. به‌منظور نیل به حالت پایدار (steady state) در موجودی سرمایه، با جان‌شین کردن آن‌ها در تابع تولید به معادله زیر می‌رسیم:

$$\ln Y/L = \alpha_0 + (\alpha_c/1 - \beta) \ln s_c + (\alpha_k/1 - \beta) \ln s_k + (\alpha_h/1 - \beta) \ln s_h - (\alpha_c + \alpha_k + \alpha_h/1 - \beta) \ln(a + n + \delta) \quad (4)$$

که $\alpha_0 = \ln A(0) + at$ و $\beta = \alpha_c + \alpha_k + \alpha_h$ و نرخ استهلاك برای همه انواع موجودی سرمایه δ و هم‌چنین فرض شده است. نتیجه این‌که حالت یک‌نواخت تولید سرانه نیروی کار یا بهره‌وری نیروی کار با نرخ‌های پس‌انداز انواع سرمایه رابطه مثبت دارد، ولی با نرخ رشد جمعیت و استهلاك سرمایه رابطه منفی دارد. نهایتاً این‌که بهره‌وری نیروی کار با فرض برابری دیگر موارد در کشورهایی با سرمایه‌گذاری بیش‌تر در بخش فناوری اطلاعات و ارتباطات بالاتر است. در صورتی‌که آمار نسبت سرمایه‌گذاری (یا پس‌انداز) در هر نوع سرمایه‌ای در کشورها در دسترس باشد، معادله ۴ را می‌توان تخمین زد. بنابراین نیازی به اندازه‌گیری موجودی سرمایه نیست.

حداقل سه مسئله در خصوص مشخصات الگوی فوق وجود دارد. اول این‌که، ویژگی تابع فناوری کاب داگلاس حاکی از این است که درآمد حاصل شده از موجودی سرمایه فناوری اطلاعات و ارتباطات سهم ثابتی از درآمد ملی را دربرمی‌گیرد؛ هرچند این موضوع در فاصله زمانی سپری شده برای تطبیق بنگاه با فناوری اطلاعات و ارتباطات صحیح نیست؛ دوم این‌که، استفاده از یک نرخ استهلاك برای همه موجودی‌های سرمایه مشکل‌ساز است، چراکه درباره سرمایه‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات می‌توان گفت طول عمر استفاده آن‌ها از سایر سرمایه‌ها کم‌تر است؛ سوم این‌که، معادله ۴ بر مبنای این فرض است که همه کشورها در حالت یک‌نواخت‌اند.

هم‌گرایی به‌حالت یک‌نواخت به‌آرامی صورت نمی‌گیرد و دو فرض ساده‌ساز اول را نمی‌توان به‌آسانی کنار گذاشت. مشکل سوم به‌آسانی با الگوسازی هم‌گرا به‌حالت یک‌نواخت رسیده است و ثابت و پایدار می‌ماند.

$$\ln \frac{Y(t)}{L(t)} - \ln \frac{Y(0)}{L(0)} = \theta \ln A(0) + at + \theta \frac{\alpha_c}{1-\beta} \ln s_c + \theta \frac{\alpha_k}{1-\beta} \ln s_k + \theta \frac{\alpha_h}{1-\beta} \ln s_h - \theta \frac{\alpha_c + \alpha_k + \alpha_h}{1-\beta} \ln(a+n+\delta) - \theta \ln \frac{Y(0)}{L(0)} \quad (5)$$

که $Y(0)$ و $L(0)$ تولید و نیروی کار در زمان اولیه‌اند و $\lambda = \beta(a+n+\delta)$ سرعت هم‌گرایی را اندازه می‌گیرد (Mankiw et al. 1992). این معادله نشان می‌دهد که، با فرض برابری در سایر موارد، بهره‌وری در کشورهایی با سرمایه‌گذاری بیش‌تر در زمینه فناوری اطلاعات و ارتباطات سریع‌تر رشد می‌کند.

یکی از مهم‌ترین اهداف تحقیقات تجربی در اقتصاد تعیین رابطه علیت است. اقتصاددانان و متخصصان اقتصادسنجی مدت‌های مدیدی مسئله مربوط به علیت را مطالعه کردند تا بتوانند رابطه علی میان یک خروجی و مجموعه‌ای از فاکتورها را، که ممکن است خروجی را تعیین کند، مشخص کنند.

چالش در تعیین رابطه علیت در اقتصاد به هیوم (Hum 1752)، دانشمند فلسفه، برمی‌گردد؛ زمانی که وی ارتباط میان پول و قیمت‌ها را بررسی کرد. کتاب آدام اسمیت نیز با نام بررسی درباره ماهیت و علل ثروت ملل بر پایه‌ای بودن مفهوم علیت در اقتصاد تأکید دارد. به علت ماهیت فلسفی علیت مناقشه‌های بسیاری طی تاریخ درباره این موضوع صورت گرفته است و هنوز تعریف دقیقی از این موضوع در بین دانشمندان فلسفه وجود ندارد. با وجود این، اقتصاددانان به روشن شدن این موضوع در تحلیل‌هایشان نیازمندند.

مدل‌های اقتصادسنجی برای یافتن ارتباط میان متغیرهای مختلف به کار می‌روند. اهداف اصلی از مدل‌سازی‌های اقتصادسنجی و توصیف داده‌ها (از قبیل میانگین و انحراف معیار) پیش‌بینی آینده، شناسایی رابطه علی، و تجزیه و تحلیل خط‌مشی‌های آتی است.

در حالت کلی، متغیرها به دو دسته برون‌زا و درون‌زا طبقه‌بندی می‌شوند. متغیرهای درون‌زا با مدل تعیین می‌شوند و متغیرهای برون‌زا به منزله ورودی‌های مدل لحاظ می‌شوند. بنابراین، یک مدل شامل مجموعه‌ای از متغیرهای برون‌زاست که متغیرهای درون‌زا نیز از آن حاصل می‌شود. با وجود این، به علت اهمیت مبحث علیت لازم است متغیرها از یک‌دیگر تفکیک شوند. به صورت کلی، یک متغیر برون‌زا متغیری مشاهده‌شده است که، جز خطای مشاهده‌ناپذیر آن، به طور نسبی مستقل باشد. باید خاطر نشان کرد که تئوری علیت بر این فرض تکیه دارد که آینده نمی‌تواند سبب گذشته شود.

۳. مطالعات تجربی

مطالعات دهه‌های ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰ هیچ رابطه‌ای را بین رشد بهره‌وری امریکا و سرمایه‌گذاری در ICT نشان نمی‌دادند. در همان زمان سولو تناقض بهره‌وری را در سال ۱۹۸۷ مطرح کرد: «کامپیوترها همه جا هستند جز در آمارهای بهره‌وری».

تناقض فوق اقتصاددانان را بر آن داشت تا به تحلیل‌های علمی تری درباره رابطه میان رشد بهره‌وری و سرمایه‌گذاری در ICT بپردازند. با ادامه تحقیقات اقتصاددانان و محققان درباره این تناقض توجیه‌های متفاوتی ارائه شد. برخی علت را وقفه‌های زمانی درخورملاحظه بین سرمایه‌گذاری و بازده به‌علت تغییر ساختار بنگاه یا صنعت می‌دانند. گروه دیگر ادعا می‌کنند که تا این اواخر با وجود افزایش سرمایه‌گذاری در IT این نوع سرمایه‌گذاری در مقایسه با کل سرمایه‌گذاری‌ها ناچیز بوده است و عده‌ای دیگر علت را کوچکی نمونه به‌دلیل کمبود اطلاعات می‌دانند.

مطالعات بعدی نشان داد که سرمایه‌گذاری در ICT در عملکرد اقتصادی در سطح بنگاه و کشور تأثیر مثبت و معناداری می‌گذارد. علاوه‌براین، بیش‌تر مطالعات نشان دادند که افزایش رشد اقتصادی و بهبود بهره‌وری پس از سال ۱۹۹۵ مربوط به سرمایه‌گذاری در ICT و توسعه اینترنت است.

به‌علت این‌که بنگاه‌ها مدت زمان کوتاهی بود که شروع به سرمایه‌گذاری در ICT کرده بودند و دامنه کوچکی از داده‌ها را در اختیار داشتند، مطالعات اولیه قادر به نمایش منافع ناشی از ICT نبودند.

مطالعات اخیر رابطه قوی بین سرمایه‌گذاری ICT و بهره‌وری را نشان می‌دهند، زیرا امروزه سطح سرمایه‌گذاری در ICT در بین بنگاه‌ها افزایش یافته و بنابراین تشخیص سهم آن از رشد راحت‌تر است. از طرفی بنگاه‌ها از سرمایه ICT با بهره‌وری بیش‌تری استفاده می‌کنند.

همپل (Hempel 2012) اثرهای بهره‌وری ناشی از استفاده از ICT در بخش خدمات کشور آلمان در سطح بنگاه را بررسی کرده است. وی در مطالعات خود، که با استفاده از روش GMM برای تخمین داده‌های ۱۲۲۲ بنگاه کوچک و بزرگ در دوره ۱۹۹۴-۱۹۹۹ صورت گرفته، به نتایج زیر دست یافته است:

۱. برای یک تابع تولید کاب داگلاس ساده کشش محصول نسبت به سرمایه ICT حدود ۵ درصد است که بیان‌کننده اثرهای معنی‌دار بهره‌وری ICT در بخش خدمات است؛

۲. بنگاه‌های باتجربه‌تر، یعنی بنگاه‌هایی که قبلاً نوآوری‌های مختلفی ارائه داده‌اند، به‌نحو موفق‌تری به استفاده از ICT قادرند، به‌طوری‌که کشش محصول نسبت به ICT در چنین بنگاه‌هایی حدود ۱۵ درصد است که از بنگاه‌های بی‌تجربه بالاتر است؛

۳. همان‌طور که پیشینه نوآوری در بنگاه‌ها می‌تواند باعث تفاوت در توانایی جذب منافع حاصل از سرمایه‌گذاری ICT در بنگاه‌ها شود، همین مسئله در سطح کلان و بین‌کشوری نیز اتفاق می‌افتد.

وی اشاره می‌کند که محیط رقابتی و تشویق برای نوع‌آوری در امریکا باعث شده است که اثرهای بهره‌وری ICT در این کشور بالاتر از کشورهای اروپایی باشد.

مشیری و جهانگرد (۱۳۸۳) به ارزیابی نحوه تأثیر ICT در رشد اقتصادی پرداخته‌اند. آن‌ها برای تخمین الگوی رشد با تأکید بر ICT در اقتصاد ایران از روش الگوسازی فضا-حالت (state space) به‌صورت ضرایب متغیر طی زمان (time varying parameter) در دوره ۱۳۴۶-۱۳۸۰ استفاده کرده‌اند تا امکان مقایسه در دوره‌های زمانی مختلف در دسترس باشد. نتایج نشان می‌دهد که ICT در رشد اقتصادی ایران تأثیر مثبت می‌گذارد، اما مانند بسیاری از کشورهای در حال توسعه این تأثیر معنی‌دار نیست و روند تأثیر این فناوری از انتهای سال ۱۳۷۴ با افزایش سرمایه‌گذاری در این خصوص باز هم چندان معنی‌دار نیست که شاید بتوان به‌نوعی آن را به ایجاد نشدن یا فقدان دارایی‌های مکمل از قبیل ساختار دانش، فعال نبودن بخش خصوصی کارآمد، نبود فضای رقابتی، و هم‌چنین نبود سازوکار مناسب در سرمایه‌گذاری در بخش ICT ربط داد، اما نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری در ICT بهره‌وری نیروی کار در بخش صنایع را افزایش می‌دهد و نحوه تأثیر آن در صنایع مختلف متفاوت است.

محمودزاده و اسدی (۱۳۸۶) تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات در رشد بهره‌وری نیروی کار در اقتصاد ایران را با استفاده از داده‌های سری زمانی ۱۳۵۰-۱۳۸۲ و با روش حداقل مربعات معمولی برآورد کردند. آن‌ها سه عامل را در رشد بهره‌وری نیروی کار مؤثر می‌دانستند: اول، سرمایه که خود به دو صورت سرمایه فاوا و سرمایه غیرفاوا در نظر گرفته شد؛ دوم، رشد کیفیت نیروی کار که از متغیر مربوط به متوسط سال‌های تحصیل افراد به‌جای آن استفاده می‌شود؛ و نهایتاً بهره‌وری کل عوامل تولید. نتایج نشان داد که بهره‌وری کل و سرمایه غیرفناوری اطلاعات و ارتباطات بیش‌ترین تأثیر را در بهره‌وری نیروی کار در

اقتصاد ایران دارند. تأثیر سرمایه انسانی و سرمایه فناوری اطلاعات و ارتباطات در بهره‌وری نیروی کار مثبت و معنی‌دار است، اما تأثیر آن در مقایسه با سایر متغیرها کم‌تر است. پاچولا (Pohjola 2000) برای بررسی تأثیر سرمایه‌گذاری در ICT در رشد اقتصادی از روش مدل رشد کاربردی استفاده کرده است. وی با استفاده از مدل رشد نئوکلاسیک تعمیم‌یافته (سولو) به‌دست منکیو، رومر، و ویل و با اضافه‌کردن سرمایه ICT علاوه‌بر سرمایه فیزیکی و انسانی سعی در برآورد این تأثیر داشته است. وی از داده‌های تلفیقی برای ۳۹ کشور و هم‌چنین کشورهای عضو OECD (۲۳ کشور) برای دوره ۱۹۸۰-۱۹۹۵ استفاده کرده و به این نتیجه رسیده است که سرمایه فیزیکی هم در کشورهای توسعه‌یافته و هم در کشورهای در حال توسعه تأثیر مهمی دارد، اما سرمایه‌گذاری ICT در کشورهای توسعه‌یافته به‌علت زیرساخت‌های مناسب و استفاده حداکثری از ظرفیت سرمایه فیزیکی تأثیر بیش‌تر و معنادارتری در رشد اقتصادی می‌گذارد. درکل این تأثیر برای کشورهای در حال توسعه نیز مثبت ولی بی‌معناست.

بیش‌تر مطالعات انجام‌شده در سطح خرد و کلان به بررسی رابطه میان ICT و رشد بهره‌وری نیروی کار و یا رشد بهره‌وری کل می‌پردازند، اما در زمینه بررسی رابطه علیت میان سرمایه‌گذاری ICT و رشد بهره‌وری نیروی کار مطالعات بسیار محدودی صورت گرفته است. باتوجه‌به منابع، فقط در برخی مطالعات رابطه میان ICT و رشد اقتصادی بررسی شده که به‌منزله یکی از سرفصل‌های موردبررسی رابطه علیت میان متغیرهای مورد اشاره نیز مدنظر قرار گرفته است، اما در حیطه موضوع این تحقیق از بین مطالعات بررسی‌شده فقط یک مطالعه یافت شد که در ذیل به آن اشاره خواهد شد.

چو و دیگران (Chu et al. 2005) به بررسی رابطه میان ICT و رشد اقتصادی طی دوره زمانی ۱۹۹۳-۲۰۰۱ در نیوزلند پرداختند. آن‌ها در یکی از سرفصل‌ها به رابطه علیت توجه کردند. نتایج درباره آزمون علیت گرنجر نشان می‌دهد که در کوتاه‌مدت رابطه علیت یک‌طرفه‌ای از ICT به طرف رشد GDP در سطح معناداری ۵ درصد وجود دارد که عکس این رابطه معنادار نیست.

شینجو و ژانگ (Shinjo and Zhang 2004) برای دو کشور ژاپن و امریکا به‌طور جداگانه به بررسی رابطه علیت میان سرمایه‌گذاری ICT و رشد بهره‌وری پرداختند. آن‌ها برای برآورد الگو از روش GMM طی دوره زمانی ۱۹۸۷-۲۰۰۲ استفاده کردند. یافته‌های آن‌ها نشان می‌دهد که درباره ژاپن رابطه علیت زمانی، که از نسبت

سرمایه‌گذاری ICT به سرمایه‌گذاری کل تجهیزات استفاده شد، از سرمایه‌گذاری ICT به‌طرف رشد بهره‌وری با ۲-۴ سال وقفه به‌سختی در سطح ۱۰ درصد معنی‌دار است و زمانی که از نسبت سرمایه‌گذاری ICT به ارزش افزوده استفاده شد، نتایج در سطح معنی‌دار نبود و رابطه عکس از سمت رشد بهره‌وری به سرمایه‌گذاری ICT در سطح ۱-۵ درصد معنی‌دار بود. در امریکا رابطه علیت قوی دوطرفه بین سرمایه‌گذاری ICT و رشد بهره‌وری با وقفه ۲-۴ سال تأیید شد و مقدار عددی این تأثیر در امریکا دو تا سه برابر بزرگ‌تر از ژاپن است. با وجود محدودیت‌های داده‌ها، نتایج نشان‌دهنده جنبه‌های جدیدی از سرمایه‌گذاری ICT در امریکا و ژاپن است.

امانویل ترانوس (۲۰۱۲) علیت بین زیرساخت اینترنت به‌منزله یک ظرفیت ارتباط بین‌المللی و رشد اقتصادی را در مناطق شهری اروپا بررسی کرده است. علت بررسی این موضوع را تخصیص نابرابر در بین مناطق شهری بیان کرده است و با استفاده از یک مدل پانل دیتا به بررسی علیت گرنجری بین رشد و توسعه و زیرساخت اینترنتی پرداخته است. او در ادامه به تحلیل تفاوت زیرساخت اینترنتی در جامعه آماری و استدلال نتایج مقاله می‌پردازد.

کائور و مالهاتورا (۲۰۱۴) به بررسی رابطه علیت بین رشد ارتباطات و رشد تولید ناخالص داخلی و بخش‌های مختلف اقتصادی در هند در دوره ۱۹۷۶-۲۰۱۲ پرداخته‌اند. نتایج این مطالعه نشان‌دهنده رابطه بلندمدت بین رشد ارتباطات و رشد اقتصادی در سطح کل و همچنین در سطوح بخشی است. هم‌چنین، نتایج نشان می‌دهد که رابطه علیت بین صنایع کارخانه‌ای به‌خوبی بخش خدمات و ارتباطات وجود دارد. علاوه بر آن، رشد خدمات امور مالی، بیمه، املاک و مستغلات، و خدمات کسب‌وکار باعث رشد ارتباطات شده است و با شکست ساختاری در داده‌ها در سال‌های ۱۹۹۵ و ۲۰۰۵ تأثیر قوی از ارتباطات در توسعه بخش‌های مختلف اقتصاد دیده می‌شود.

کومار، استورمن، و سامیتاس (۲۰۱۶) به بررسی سهم پنج شاخص فناوری اطلاعات و ارتباطات در رشد اقتصادی در دوره ۱۹۸۰-۲۰۱۳ در چین پرداخته‌اند. در این مقاله از روش ALDL و روش علیت تودو یا موتا استفاده شده است. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که همه شاخص‌های فاوا تأثیر مثبت و معنی‌داری در رشد اقتصادی از ۰/۱ تا ۰/۸ دارد. نتایج نشان می‌دهد همه شاخص‌های فاوا شامل مخابرات، تلفن همراه، سرمایه سرانه کارگر، پهنای باند ثابت، و اینترنت برای رشد بلندمدت مهم‌اند.

۴. تصریح مدل، منابع داده‌ها، و نحوه محاسبه متغیرها

در این بخش باتوجه به چهارچوب نظری و پیشینه تحقیق درباره رابطه علیت میان سرمایه‌گذاری ICT و رشد بهره‌وری نیروی کار به دنبال پاسخ‌گویی به سؤالات زیریم:

– جهت رابطه میان سرمایه‌گذاری ICT و رشد بهره‌وری نیروی کار چگونه است؟

– آیا جهت این رابطه در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه متفاوت از یکدیگر است؟

برای پاسخ‌گویی به سؤالات مطرح‌شده نمونه‌ای مرکب از ۴۸ کشور، شامل کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه، در نظر گرفته شده است.

۱.۴ تصریح مدل

در این بخش با استفاده از داده‌های تابلویی (panel data) به بررسی رابطه علیت میان سرمایه‌گذاری فناوری اطلاعات و ارتباطات و رشد بهره‌وری نیروی کار در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه طی دوره زمانی ۲۰۰۰-۲۰۰۸ به‌طور کلی و نیز به‌صورت جداگانه می‌پردازیم. وارد کردن مقادیر با وقفه متغیر وابسته به سمت راست مدل مشکل ناسازگاری و تورش در برآورد مدل از طریق حداقل مربعات معمولی را ایجاد می‌کند. بنابراین، آرانو و باند (Arellano and Bond 1991) برآوردگر سازگار و بدون تورشی را برای برآورد مدل‌های تابلویی پویا ارائه کردند. آن‌ها با استفاده از تبدیل تفاضل مرتبه اول از معادله موردنظر، که باعث حذف اثر ثابت می‌شود، و سپس با به‌کارگیری برآوردگر GMM برآوردی درخور اعتماد برای این نوع مدل‌ها معرفی کردند. در معادلاتی که در آن‌ها اثرهای مشاهده‌ناپذیر خاص هر کشور، متغیر وابسته با وقفه، یا متغیرهای توضیحی از پیش تعیین‌شده و درون‌زا در متغیرهای توضیحی مشکل اساسی است از تخمین‌زن گشتاور تعمیم‌یافته استفاده می‌شود.

برای این که نتایج در این مدل‌ها از نقطه‌نظر پایداری قابل اطمینان‌تر باشد، باید تعداد مشاهدات به اندازه کافی بزرگ باشد، زیرا مواقعی که تعداد مشاهدات کوچک است، این روش ممکن است به علت تورش زیاد تفسیر نتایج را با مشکل مواجه کند (Bond et al. 2001).

گرنجر (Granger 1969)، با استفاده از این واقعیت که آینده نمی‌تواند علت حال یا گذشته باشد، بیان می‌کند که چنانچه پیش‌بینی مقادیر جاری Y_t با استفاده از مقادیر گذشته X_t با دقت بیشتری انجام شود، X_t را علت گرنجری Y_t می‌گویند. در آزمون علیت

گرنجری برای این که فرضیه « X_t علت گرنجری Y_t نیست» آزمون شود، یک مدل VAR به شکل زیر تشکیل داده می‌شود:

$$Y_t = \sum_{i=1}^k \alpha_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^k \beta_i X_{t-i} + u_t$$

اگر $(i = 1, 2, \dots, k)$ ، $\beta_i = 0$ باشد، در آن صورت X_t علت گرنجری Y_t نیست؛ البته در این آزمون طول وقفه k تاحدودی انتخابی است. جیوئیک (Geweke 1984) بیان می‌کند که اعتبار این آزمون به رتبه مدل VAR و پایایی و ناپایایی متغیرها بستگی دارد. اگر متغیرها ناپایا باشند، اعتبار این آزمون کاهش می‌یابد. گرنجر (۱۹۸۶) بیان می‌کند که این آزمون زمانی معتبر است که متغیرها هم جمع نباشند. پس در ابتدا باید پایایی و ناپایایی متغیرها و سپس رابطه هم‌جمعی بین آن‌ها را بررسی کرد. اگر متغیرها پایای از درجه یک باشند، ولی هم جمع نباشند، می‌توان یک مدل VAR روی تفاضل اول متغیرها تشکیل داد و سپس آزمون را انجام داد.

از سوی دیگر، نتایج آزمون علیت گرنجر به انتخاب طول وقفه بسیار حساس است. اگر طول وقفه انتخابی کم‌تر از طول وقفه واقعی باشد، حذف متغیرهای مناسب اریب (bias) ایجاد خواهد کرد و اگر طول وقفه انتخابی بیش‌تر از طول وقفه واقعی باشد، وقفه‌های اضافی در مدل VAR سبب می‌شوند که تخمین‌ها ناکاراً باشند (Cheng and Lai 1997).

آزمون‌های سیمز، علیت گرنجر هشیائو، و علیت تودا و یاماموتو آزمون‌هایی‌اند که به منظور بررسی رابطه علیت، پس از آزمون علیت گرنجر، استفاده شدند و تاحدی مشکلات آن‌ها در مقایسه با آزمون‌های اولیه کم‌تر است، اما با توجه به نوع پانل دیتای داده‌های مورد بررسی در این تحقیق امکان استفاده از آن‌ها فراهم نیست و ناگزیر از روش GMM و آزمون Wald برای بررسی علیت استفاده شده است.

همان‌طور که بیان شد، برای حل مشکل بررسی علیت در پانل دیتا و نیز درون‌زایی بالقوه متغیرهای توضیحی از تخمین‌گرهای سیستمی روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM)، که بر پایه استفاده از مشاهدات با وقفه متغیرهای توضیحی به منزله متغیرهای ابزار است، استفاده می‌شود.

۲.۴ داده‌های آماری

داده‌های تابلویی برای ۴۸ کشور شامل ۲۵ کشور توسعه‌یافته (کانادا، امریکا، اتریش، بلژیک، دانمارک، فنلاند، فرانسه، آلمان، یونان، ایرلند، ایتالیا، هلند، نروژ، پرتغال، اسپانیا، سوئد،

سوئیس، انگلیس، جمهوری چک، مجارستان، استرالیا، هنگ کنگ، ژاپن، نیوزلند، و عربستان سعودی) و ۲۳ کشور در حال توسعه (مکزیک، آرژانتین، برزیل، شیلی، ونزوئلا، ترکیه، لهستان، رومانی، روسیه، اوکراین، چین، اندونزی، مالزی، پاکستان، فیلیپین، تایلند، مصر، ایران، اردن، کامرون، سنگال، افریقای جنوبی، و کره جنوبی) طی دوره زمانی ۲۰۰۰-۲۰۰۸ در نظر گرفته شده است. گفتنی است که انتخاب کشورهای نمونه برحسب در دسترس بودن آمارهای مربوط به ICT و دیگر متغیرهای مدل در WDI و WITSA صورت گرفته است. بنابراین، یک مدل رشد درونزا با تأکید بر نقش سرمایه ICT در نظر گرفته شده است.

در این مدل سرمایه مستقل از سرمایه فیزیکی در نظر گرفته شده است. برای اندازه گیری ICT، همانند ون آرک و دیگران (Van Ark et al. 2002)، از تعریف جامع سرمایه گذاری در ICT که شامل چهار بخش زیر است استفاده خواهد شد:

۱. کامپیوتر که شامل انواع تجهیزات اداری محاسبه ای و کامپیوتری است؛
 ۲. ارتباطات و تجهیزات ارتباطی، شامل تلفن ثابت، فاکس، موبایل، و سایر وسایل الکترونیک ارتباطی؛
 ۳. انواع نرم افزارها؛
 ۴. مخارج داخلی دربرگیرنده بخش نامحسوس بازار ICT است که نمی توان آن ها را به فروشنده خاصی نسبت داد.
- متغیرهای مورد استفاده در مدل عبارت اند از:

جدول ۱. تعاریف متغیرها

نام متغیر	تعریف متغیر
$Y(t)/L(t)$	بهره وری نیروی کار (نسبت GDP واقعی به جمعیت در سن کار)
$Y(0)/L(0)$	منظور از (t) در سال مورد نظر و منظور از (0) سال پایه است
S_T	سرمایه ICT براساس نسبت مخارج فناوری اطلاعات و ارتباطات به GDP

داده های این تحقیق، به غیر از داده های مربوط به ICT، برای همه کشورهای از WDI (2010) استخراج شده و به صورت لگاریتم است.

$d \ln y$ نرخ رشد بهره وری نیروی کار است. منظور از $Y(t)$ ، GDP به قیمت ثابت سال ۲۰۰۰ (سال پایه سال ۲۰۰۰ در نظر گرفته شده است) است و منظور از $L(t)$ ، جمعیت در

سن کار است که برای به‌دست‌آوردن این متغیر از نسبت کل نیروی کار به نرخ مشارکت نیروی کار (درصدی از کل جمعیت پانزده‌ساله و بالاتر از آن) استفاده شده است. S_T سرمایه ICT است. برای محاسبه این شاخص از نسبت مخارج ICT به GDP استفاده شده است.

داده‌های مخارج ICT، که از WITSA (2004, 2006) به‌دست آمده است، با استفاده از شاخص CPI سال ۲۰۰۰ تعدیل شده است. در WITSA آمارهای مربوط به ICT شامل سخت‌افزار، نرم‌افزار، خدمات، و ارتباطات است، ولی باتوجه به آن که هدف ما تعیین مقادیر سرمایه‌گذاری ICT است و خدمات جزء آن محسوب نمی‌شود همانند پاجولا (Pohjola 2002) از جمع ارقام همه بخش‌های فوق‌الذکر بخش خدمات را کسر کرده‌ایم. باید به این نکته توجه شود که ارقام مخارج ICT در WITSA به قیمت دلار جاری امریکاست که با استفاده از شاخص بهای مصرف‌کننده (CPI 2000) تعدیل شده است.

۳.۴ برآورد و تفسیر مدل

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، نتایج پایایی متغیرهای مدل در جدول ۲ ارائه شده است و نتایج حاکی از آن است که متغیرهای مورد مطالعه پایایند.

برای بررسی پایایی متغیرها از شش روش در مهم‌ترین آزمون‌های ریشه واحد با داده‌های تابلویی استفاده می‌کنیم. روش‌های مختلف در آزمون‌های ریشه واحد مبتنی بر داده‌های تابلویی ممکن است نتایج متناقضی ارائه دهند، اما باتوجه به ویژگی‌های نمونه مورد بررسی مناسب‌ترین آزمون ریشه واحد آزمون‌های مبتنی بر روش فیشر است.

جدول ۲. آزمون‌های پایایی

فرضیه صفر	ریشه واحد وجود دارد					ریشه واحد وجود ندارد
نوع آزمون	ADF- Fisher Chi-square	PP-Fisher Chi-square	IPS W-stat	Levin,Lin&Chu t*	Breitung t-stat	Hadri Z-stat

$d \ln y$	۹۷/۴۸ (۰/۴۳۹)	۱۲۵/۶۱ (۰/۰۲۲)	۰/۵۲ (۰/۶۹۷)	-۱۶/۲ (۰/۰۰۰)	۲/۷۱ (۰/۹۹۷)	۱۷/۴۳۷ (۰/۰۰۰)
S_{τ}	۲۵۱/۴۰۵ (۰/۰۰۰)	۳۴۹/۲۰۸ (۰/۰۰۰)	-۵/۴۲۴ (۰/۰۰۰)	-۳۹/۱۲۴ (۰/۰۰۰)	۰/۲۶۰ (۰/۶۰۳)	۱۷/۴۹۳ (۰/۰۰۰)

توضیح: اعداد داخل پرانتز معرف P-Value است.

منبع: محاسبات نویسنده

آزمون هم‌انباشتگی در پانل دیتا صرفاً بیان‌گر رابطه میان متغیرهاست؛ به عبارت دیگر، این آزمون وجود داشتن یا نداشتن رابطه بلندمدت بین متغیرهای مورد بررسی را نشان می‌دهد، اما مشخص‌کننده جهت رابطه نیست. برای بررسی علیت، که بیان‌کننده جهت رابطه میان متغیرهاست، از آزمون علیت گرنجر استفاده می‌شود، اما در داده‌های پانل تکنیک‌های تخمین سستی نتایج متناقضی را به‌علت مشکلات مربوط به خطای اندازه‌گیری و متغیرهای حذف‌شده به‌هم‌راه خواهند داشت. بنابراین، از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM)، که هولتز - ایکین و دیگران (Holtz-Eakin et al. 1988-1989) و آرلانو و باند (Arellano and Bond 1991) مطرح کردند و توسعه یافته است، استفاده می‌شود.

روش GMM قادر است اریب بودن تخمین‌ها را، که اغلب در پانل دیتا ذاتی است، کاهش دهد. این امر مشکلات مشاهده‌ناپذیر را نیز، از قبیل اثر خاص زمان و اثر خاص کشور و نیز درون‌زایی متغیرهای توضیحی زمانی که متغیرهای وابسته با وقفه به‌منزله تخمین‌زنده‌اند، دربرمی‌گیرد. برای بررسی علیت در پانل همانند هولتز - ایکین از مدل زیر استفاده شده است:

$$Y_{it} = \alpha_0 + \sum_{j=1}^m \alpha_j Y_{it-j} + \sum_{j=1}^m \delta_j X_{it-j} + f_{yi} + u_{it}$$

$$Y_{it} = \beta_0 + \sum_{j=1}^m \beta_j Y_{it-j} + \sum_{j=1}^m \gamma_j X_{it-j} + f_{xi} + v_{it}$$

متغیرهای Y_{it} و X_{it} دو متغیر هم‌انباشته‌اند و $i=1, 2, \dots, N$ نشان‌دهنده مقاطع u_{it} بیان‌کننده اجزای خطاست. این مدل به‌علت وجود دو جزء f_{xi} و f_{yi} متفاوت از مدل استاندارد علیت است.

در معادله فوق متغیرهای وابسته با وقفه با اجزای اخلاص هم‌بسته‌اند، بنابراین، تخمین‌های OLS اریب خواهند داشت. از این رو، نیاز به تفاضل‌گیری است و مدل به شکل زیر تغییر می‌کند:

$$\Delta Y_{it} = \alpha_0 + \sum_{j=1}^m \alpha_j \Delta Y_{it-j} + \sum_{j=1}^m \delta_j \Delta X_{it-j} + \Delta u_{it}$$

$$\Delta Y_{it} = \beta_0 + \sum_{j=1}^m \beta_j \Delta Y_{it-j} + \sum_{j=1}^m \gamma_j \Delta X_{it-j} + \Delta v_{it}$$

با وجود این، تفاضل‌گیری نیز مشکل هم‌زمانی خواهد داشت، زیرا متغیرهای درون‌زای با وقفه در سمت راست مدل با اجزای اخلاص هم‌بسته‌اند. به علاوه، انتظار می‌رود که مشکل ناهم‌سانی واریانس نیز وجود داشته باشد، زیرا در پانل دیتا خطاهای نامتجانس ممکن است وجود داشته باشند. برای حل این مشکلات به‌طور سستی از متغیرهای ابزاری استفاده می‌شود.

با فرض آن‌که u_{it} و v_{it} به‌صورت سریالی ناهم‌بسته باشند، وقفه دوم یا بالاتر Y_{it} و X_{it} می‌تواند به‌منزله ابزار استفاده شود (Easterly et al. 1997).

برای آزمون علیت، فرضیه‌های مشترک زیر به‌طور ساده آزمون می‌شوند:

$$\delta_j = 0 \quad j = 1, 2, \dots, m$$

$$\beta_j = 0 \quad j = 1, 2, \dots, m$$

آماره آزمون دارای توزیع χ^2 با درجه آزادی $k-m$ خواهد بود. در این‌جا متغیر X علت گرنجری متغیر Y نیست، اگر همه ضرایب با وقفه X در معادله فوق به‌طور معنادار متفاوت از صفر نباشد، زیرا این امر نشان‌دهنده آن است که مقادیر گذشته X قادر به پیش‌بینی Y نیستند.

جدول ۳ نتایج تخمین زده‌شده برای بررسی رابطه علیت همه کشورهای مورد مطالعه را نشان می‌دهد. در این‌جا دو متغیر وابسته عبارت‌اند از: $\Delta \ln y$ و ΔS_T .

طول وقفه در نظر گرفته شده ۱ و ۲ است (گفتنی است که انتخاب طول وقفه باید براساس روش‌های آماری مانند معیار اطلاعات آکائیک و شوارتز باشد اما بدین‌علت که طول وقفه زیاد در تخمین‌های GMM در پانل دیتا منجر به ازدست‌دادن حجم نمونه می‌شود و از طرف دیگر به‌علت محدود بودن دوره مطالعه حداکثر طول وقفه در این تحقیق به دو وقفه محدود شده است).

در ابتدا متغیر $\Delta \ln y$ به منزله متغیر وابسته با دو وقفه در نظر گرفته شده است. همان طور که نتایج نشان می دهد، همه ضرایب معنی دار است و آزمون والد نیز در وقفه از عوامل اصلی افزایش بهره‌وری سرمایه‌گذاری در بخش اطلاعات و ارتباطات است که این امر به واسطه کاهش قیمت تجهیزات فناوری اطلاعات و به دنبال آن تمایل بنگاه‌ها به جانشینی این گونه محصولات در مقایسه با سایر انواع سرمایه صورت می پذیرد. زمانی که S_T به منزله متغیر وابسته در نظر گرفته می شود در وقفه اول همه ضرایب معنادارند، اما در وقفه دوم همه متغیرها معنادار نیستند. نتایج آزمون والد نیز به منظور بررسی رابطه علیت برای وقفه اول و دوم به ترتیب عبارت‌اند از: $46/336$ و $0/198$ ؛ که اولی (وقفه اول) در سطح ۱ درصد معنادار است، اما وقفه دوم آن بی معناست؛ بنابراین، رابطه علیت از بهره‌وری به ICT فقط در وقفه اول وجود دارد. شاید بتوان علت نبود رابطه علیت در وقفه دوم را ناشی از تنوع کشورهای مورد مطالعه برشمرد، که بعضاً تفاوت‌های شایان توجهی در بخش‌های مختلف اقتصادی و زیرساخت‌های IT دارند، اما درباره رابطه علیت از بهره‌وری به ICT فقط در سطح ۱ درصد معنادارند. بنابراین فرضیه صفر، که عبارت است از: ICT علت گرنجری بهره‌وری نیست، بدون ارتباط به وقفه آن رد می شود و می توان نتیجه گرفت که ICT علت گرنجری بهره‌وری است. این مطلب با توجه به قراین مشاهده شده در مطالعات گذشته حاکی از آن است که یکی از عوامل اصلی افزایش بهره‌وری سرمایه‌گذاری در بخش اطلاعات و ارتباطات است که این امر به واسطه کاهش قیمت تجهیزات فناوری اطلاعات و به دنبال آن تمایل بنگاه‌ها به جانشینی این گونه محصولات در مقایسه با سایر انواع سرمایه صورت می پذیرد. زمانی که S_T به منزله متغیر وابسته در نظر گرفته می شود در وقفه اول همه ضرایب معنادارند، اما در وقفه دوم همه متغیرها معنادار نیستند. نتایج آزمون والد نیز به منظور بررسی رابطه علیت برای وقفه اول و دوم به ترتیب عبارت‌اند از: $46/336$ و $0/198$ ؛ که اولی (وقفه اول) در سطح ۱ درصد معنادار است، اما وقفه دوم آن بی معناست؛ بنابراین رابطه علیت از بهره‌وری به ICT فقط در وقفه اول وجود دارد. شاید بتوان علت نبود رابطه علیت در وقفه دوم را ناشی از تنوع کشورهای مورد مطالعه برشمرد، که بعضاً تفاوت‌های شایان توجهی در بخش‌های مختلف اقتصادی و زیرساخت‌های IT دارند، اما درباره رابطه علیت از بهره‌وری به سرمایه‌گذاری ICT می توان گفت: افزایش بهره‌وری به افزایش تولید و

رشد اقتصادی انجامیده و بنابراین انگیزه لازم برای سرمایه‌گذاری هرچه بیشتر در زمینه تجهیزات فناوری اطلاعات و ارتباطات را فراهم می‌کند.

جدول ۳. آزمون علیت گرنجر (همه کشورها)

متغیر وابسته	$\Delta \ln y$		ΔS_{τ}	
	۱	۲	۱	۲
طول وقفه متغیر مستقل				
$\Delta \ln y_{(i,t-1)}$	۰/۹۴۲ (۰/۰۰۰)***	۱/۱۰۵ (۰/۰۰۰)***	-۰/۰۳۳ (۰/۰۰۰)***	۰/۰۰۳ (۰/۶۸۰)
$\Delta \ln y_{(i,t-2)}$		-۰/۱۴۴ (۰/۰۰۰)***		-۰/۰۰۳ (۰/۶۵۹)
$\Delta S_{\tau(i,t-1)}$	-۰/۶۵۸ (۰/۰۰۰)***	۰/۴۱۶ (۰/۰۰۰)***	۰/۷۴۵ (۰/۰۰۰)***	۰/۹۴۱ (۰/۰۰۰)***
$\Delta S_{\tau(i,t-2)}$		-۰/۴۶۸ (۰/۰۰۰)***		-۰/۲۳۸ (۰/۰۰۰)***
تعداد کشورها	۴۸	۴۸	۴۸	۴۸
تعداد مشاهدات	۳۳۶	۲۸۸	۳۳۶	۲۸۸
Sargan test statistic	۱۱۲۵۳/۳۱ (۰/۹۲۷)	۹۴۹۸/۲۳ (۰/۰۸۱)	۱۱۶۰۳/۸۴ (۰/۰۵۸)	۹۷۴۸/۲۰ (۰/۰۶۷)
Wald test نبود علیت:	۳۰/۸۹ (۰/۰۰۰)***	۲۳/۰۱ (۰/۰۰۰)***	۴۶/۳۶ (۰/۰۰۰)***	۰/۱۹۸ (۰/۹۰۶)

توضیحات: اعداد داخل پرانتز خطای معیار است. ***, **, * و *
به ترتیب معناداری در سطح ۱٪، ۵٪، و ۱۰٪ را نشان می‌دهند.
آزمون Wald دارای توزیع کای - دو با k درجه آزادی است.

منبع: محاسبات نویسنده

جدول ۴. آزمون علیت گرنجر (کشورهای توسعه یافته)

متغیر وابسته	$\Delta \ln y$		Δs_{τ}	
	۱	۲	۱	۲
طول وقفه متغیر مستقل				
$\Delta \ln y_{(i,t-1)}$	۰/۷۵۱ (۰/۰۰۰)***	۰/۸۶۳ (۰/۰۰۰)***	-۰/۰۴۰ (۰/۰۰۰)***	۰/۰۴۶ (۰/۰۰۰)***
$\Delta \ln y_{(i,t-2)}$		-۰/۱۴۹ (۰/۰۰۰)***		-۰/۰۰۲ (۰/۰۰۰)***
$\Delta s_{\tau(i,t-1)}$	۰/۲۵۵ (۰/۰۰۰)***	۰/۹۷۳ (۰/۰۰۰)***	۰/۵۶۷ (۰/۰۰۰)***	۰/۷۵۱ (۰/۰۰۰)***
$\Delta s_{\tau(i,t-2)}$		۰/۱۴۹ (۰/۰۰۰)***		-۰/۲۶۰ (۰/۵۵۲)
تعداد کشورها	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵
تعداد مشاهدات	۱۷۴	۱۴۹	۱۷۴	۱۴۹
Sargan test statistic	۳۹۳۵/۹۰ (۰/۰۵۲)	۳۳۵۸/۰۸ (۰/۴۸۸)	۴۲۲۱/۸۸ (۰/۴۶۷)	۳۶۳۷/۸۶ (۰/۴۳۸)
Wald test نبود علیت: H_0	۳۶۱/۵۲ (۰/۰۰۰)***	۱۱۹۰/۸۱ (۰/۰۰۰)***	۱۰۳۳/۰۸ (۰/۰۰۰)***	۱۱۱۴/۸۹ (۰/۰۰۰)***

توضیحات: اعداد داخل پرانتز خطای معیار است. ***, **, * و *

به ترتیب معناداری در سطح ۱٪، ۵٪، و ۱۰٪ را نشان می دهند.

آزمون Wald دارای توزیع کای - دو با k درجه آزادی است.

منبع: محاسبات نویسنده

جدول ۴ نتایج تخمین زده شده برای بررسی رابطه علیت در کشورهای توسعه یافته مورد مطالعه را نشان می دهد. زمانی که $\Delta \ln y$ متغیر وابسته است، نتایج آزمون والد برای وقفه اول و دوم به ترتیب عبارتند از: ۳۶۱/۵۲ و ۱۱۹۰/۸۱ که هر دو در سطح ۱ درصد معنادارند و رابطه علیت از ICT به سمت بهره‌وری برقرار است. زمانی که Δs_{τ} متغیر وابسته در نظر گرفته شده، آزمون والد برای دو وقفه ۱۰۳۳/۰۸ و ۱۱۱۴/۸۹ است که نشان دهنده

رابطه علیت از بهره‌وری به طرف ICT است. به عبارت دیگر، در کشورهای توسعه‌یافته رابطه علیت دوطرفه میان ICT و بهره‌وری برقرار است؛ یعنی افزایش سرمایه‌گذاری در ICT به بهبود بهره‌وری و افزایش بهره‌وری نیز به افزایش سرمایه‌گذاری در تجهیزات ICT می‌انجامد. همان‌طور که در جدول ۵ نشان داده شده است درباره کشورهای در حال توسعه نیز همانند کشورهای توسعه‌یافته رابطه علیت دوسویه است که نتایج آزمون والد برای متغیر وابسته اول ($\Delta \ln y$) به ترتیب ۱۹۱/۳۹ و ۱۳۴/۴۴ و برای متغیر وابسته دوم (ΔS_{τ}) ۱۱۳/۸۸ و ۴۴۶/۲۱ است.

جدول ۵. آزمون علیت گرنجر (کشورهای در حال توسعه)

متغیر وابسته	$\Delta \ln y$		ΔS_{τ}	
	۱	۲	۱	۲
طول وقفه متغیر مستقل				
$\Delta \ln y_{(i,t-1)}$	۱/۰۲۲ (۰/۰۰۰)***	۱/۱۲۳ (۰/۰۰۰)***	-۰/۰۴۶ (۰/۰۰۰)***	-۰/۰۱۵ (۰/۰۰۰)***
$\Delta \ln y_{(i,t-2)}$		-۰/۰۹۵ (۰/۰۰۰)***		۰/۰۰۵ (۰/۱۲۰)
$\Delta S_{\tau(i,t-1)}$	-۲/۰۸۳ (۰/۰۰۰)***	۰/۲۰۴ (۰/۱۹۹)	۰/۶۹۴ (۰/۰۰۰)***	۱/۰۹۹ (۰/۰۰۰)***
$\Delta S_{\tau(i,t-2)}$		-۰/۹۹۸ (۰/۰۰۰)***		-۰/۳۴۲ (۰/۰۰۰)***
تعداد کشورها	۲۳	۲۳	۲۳	۲۳
تعداد مشاهدات	۱۶۱	۱۳۸	۱۶۱	۱۳۸
Sargan test statistic	۳۶۳۷/۲۸ (۰/۴۸۵)	۲۵۱۸/۴۲ (۰/۷۴۴)	۳۴۸۴/۵۰ (۰/۵۴۲)	۲۹۲۹/۱۲ (۰/۵۶۷)
Wald test H_0 : نبود علیت	۱۹۱/۳۹ (۰/۰۰۰)***	۱۳۴/۴۴ (۰/۰۰۰)***	۱۱۳/۸۸ (۰/۰۰۰)***	۴۴۶/۲۱ (۰/۰۰۰)***

توضیحات: اعداد داخل پرانتز خطای معیار است. ***, **, * و *

به ترتیب معناداری در سطح ۱٪، ۵٪، و ۱۰٪ را نشان می‌دهند.

آزمون Wald دارای توزیع کای - دو با k درجه آزادی است.

منبع: محاسبات نویسنده

خلاصه نتایج بررسی رابطه علیت در جدول ۶ برای همه نمونه‌های مورد بررسی ارائه شده است. با توجه به نتایج تخمین مشاهده شد که رابطه علیت دو طرفه میان سرمایه‌گذاری ICT و رشد بهره‌وری نیروی کار در دو وقفه اول و دوم برای کشورهای توسعه‌یافته و نیز کشورهای در حال توسعه برقرار است، اما در نمونه کل کشورها در وقفه اول این رابطه دو طرفه است و درباره وقفه دوم و فقط در حالتی که ICT متغیر وابسته است رابطه علیت از سمت بهره‌وری به ICT برقرار است که شاید بتوان علت آن را در ترکیب کشورهای نامتجانس در نمونه کل کشورها دانست.

جدول ۶. خلاصه نتایج بررسی علیت

کشورهای در حال توسعه	کشورهای توسعه یافته	کل کشورها	نمونه کشورها طول وقفه
$\Delta \ln y \leftrightarrow \Delta S_t$	$\Delta \ln y \leftrightarrow \Delta S_t$	$\Delta \ln y \leftrightarrow \Delta S_t$	وقفه اول
$\Delta \ln y \leftrightarrow \Delta S_t$	$\Delta \ln y \leftrightarrow \Delta S_t$	$\Delta \ln y \leftrightarrow \Delta S_t$	وقفه دوم

منبع: محاسبات نویسنده

۵. نتیجه‌گیری

مدل‌های رشد، به مثابه ابزارهایی در دست اقتصاددانان، منعکس‌کننده وضعیت اقتصادی حاکم بر جامعه و ارائه‌دهنده راه‌کاری مناسب برای حل مشکلات جامعه‌اند.

همانند سایر زمینه‌ها، پیش‌رفت و تکامل در زمینه نظریه‌های رشد نیز صورت گرفته است. در ابتدا تمرکز بر سرمایه فیزیکی بود و پیش‌رفت‌های فنی را هدیه‌ای از بهشت می‌پنداشتند، اما با گذشت زمان تأثیر و اهمیت سرمایه انسانی در رشد مشخص شد و مباحث مربوط به رشد درون‌زا شکل گرفت. از جمله مباحثی که اخیراً به آن توجه شده تأثیر و اهمیت سرمایه‌گذاری ICT در رشد اقتصادی و بهره‌وری نیروی کار است؛ هر چند تحقیقات اخیر این موضوع را مدنظر قرار داده‌اند، اما مطالعات بسیار معدودی به بررسی رابطه علیت میان این دو متغیر پرداخته‌اند. بنابراین، هدف از این تحقیق بررسی رابطه علیت میان سرمایه‌گذاری ICT و رشد بهره‌وری نیروی کار در نظر گرفته شد.

در تحقیق حاضر به بررسی رابطه علیت در ۴۸ کشور شامل ۲۵ کشور توسعه‌یافته و ۲۳ کشور در حال توسعه پرداختیم. دوره مورد بررسی ۲۰۰۰-۲۰۰۸ و روش به کاررفته GMM

است. شاید بتوان گفت در نظر گرفتن ۴۸ کشور با حجم تقریباً مساوی از کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه تصویر مناسبی از رابطه مورد مطالعه در هر دو بخش مذکور و هم در کل کشورها به دست خواهد داد.

نتایج تخمین‌ها ضمن تأیید چهارچوب نظری نشان می‌دهد که اولاً، رابطه مثبت و معناداری میان سرمایه‌گذاری ICT و رشد بهره‌وری نیروی کار برقرار است و ثانیاً، رابطه علیت در کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته دوطرفه است، اما رابطه فوق در کل کشورهای مورد مطالعه در وقفه اول دوطرفه است و این رابطه در وقفه دوم فقط از سوی ICT به طرف بهره‌وری است و نه برعکس. وجود رابطه علی از سمت سرمایه ICT به طرف رشد بهره‌وری حاکی از آن است که یکی از عوامل اصلی افزایش بهره‌وری سرمایه‌گذاری در بخش اطلاعات و ارتباطات است که این امر به واسطه کاهش قیمت تجهیزات فناوری اطلاعات و به دنبال آن تمایل بنگاه‌ها به جانشینی این گونه محصولات در مقایسه با سایر انواع سرمایه صورت می‌پذیرد، اما درباره رابطه علیت از بهره‌وری به سرمایه‌گذاری ICT می‌توان گفت: افزایش بهره‌وری به افزایش تولید و رشد اقتصادی انجامیده است، بنابراین انگیزه لازم را برای سرمایه‌گذاری هرچه بیش‌تر در زمینه تجهیزات فناوری اطلاعات و ارتباطات فراهم می‌کند.

باتوجه به نتایج بررسی علیت، که بیان‌گر دوطرفه بودن رابطه علیت میان سرمایه‌گذاری ICT و رشد بهره‌وری نیروی کار است، می‌توان گفت توجه و سرمایه‌گذاری در هر یک از دو متغیر مذکور به بهبود و رشد اقتصادی کشور خواهد انجامید. کشورهای در حال توسعه از جمله ایران قادر به جذب منافع ناشی از سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نوین نیستند و از دلایل آن می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: اولاً، در این قبیل کشورها سطح سرمایه‌گذاری IT در مقایسه با GDP بسیار اندک است، بنابراین سرمایه‌گذاری هرچه بیش‌تر در فناوری‌های نوین همانند کامپیوتر شخصی، تلفن ثابت و همراه، و نیز اینترنت توصیه می‌شود. از سوی دیگر، باتوجه به کمبود دارایی‌های مکمل لازم، نظیر زیرساخت‌های مورد نیاز و دانش پایه برای استفاده مؤثر از IT، برنامه‌ریزی برای بهبود آن ضروری به نظر می‌رسد.

کتاب‌نامه

- جهانگرد، اسفندیار (۱۳۸۵)، *اقتصاد فناوری اطلاعات و ارتباطات*، تهران: نشر بازرگانی.
- محمودزاده، محمود و فرخنده اسدی (۱۳۸۶)، «اثر بهره‌وری فناوری اطلاعات و ارتباطات بر بهره‌وری نیروی کار ایران»، *پژوهش‌های بازرگانی*، ش ۴۳.

مشیری، سعید و اسفندیار جهانگرد (۱۳۸۳)، «فناوری اطلاعات و ارتباطات و رشد اقتصادی»، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، ش ۱۹.

- Arellano, Manuel and Stephen Bond (1991), "Some Test of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equation", *Review of Economics Studies*, vol. 58.
- Bond, S.R., A. Hoeffler, and J. Tempel (2001), "GMM Estimation of Empirical Growth Model", Working Paper, no. 2001-w21, University of Oxford.
- Cheng, B.S. and T.W. Lai (1997), "An Investigation of Cointegration and Causality between Energy Consumption and Economic Activity in Taiwan", *Energy Economics*, no. 19.
- Chu, Nancy, Les Oxley, and Ken Carlaw (2005), "ICT Causality in the New Zeland Economy", International Conference on Simulation and Modeling.
- Damodar, Gujarati (2004), *Basic Econometrics*, trans. Hamid Abrishami, Tehran University.
- Granger, C.W.J. (1969), "Investing Causal relations by Econometric Models and Cross-Spectral methods", *Econometrica*, vol. 37, no. 3.
- Griliches, Zvi (1995), "Comments on Measurment Issues in Relating IT Expenditures to Productivity Growth", *Economics of Innovation and New Technology*, vol. 3.
- Hempell, T. (2002), "Does Experience Matter? Innovation and the Productivity of ICT in German Services", Zew Discussion Paper, vol. 2, no. 43.
- Holtz-Eakin, D. (1988), "Testing for Individuals Effects in Autoregressive Models", *Journal of Econometrics*, no. 39.
- Kaur, K. N. and N. Malhotra (2014), "Telecommunication and Economic Growth in India: Causality Analysis", *International Journal of Research in Business*, vol. 2, no. 5.
- Kumar, Peter, Josef Stauvermann, and Aristeidis Samitas (2016), "The Effects of ICT on Output per Worker: A Study of the Chinese Economy", *Telecommunications Policy*, no. 40.
- OECD (2002), "Measuring the Information Economy", <<http://www.OECD.org>>.
- Pohjola, M. (2000), "IT and Economic Growth: A Cross Country Analysis", *World Institute for Development Economics Research*, Working Paper, no. 173.
- Pohjola, M. (2002), "New Economy in Growth and Development", *United Nation University DP.*, vol. 67.
- Shingo, Koji and X. Zhang (2004), *ICT Capital Investment and Productivity Growth: Granger Causality in Japanese and the USA Industries*, Japan: Kwansai Gakuin University.
- Solow, Robrt (1987), "We'd Better Watch Out", Book Review, *New York Times*, July 12.
- Tranos, Emmanouil (2012), "The Causal Effect of the Internet Infrastructure on the Economic Development of European City Regions", *Spatial Economic Analysis*, vol. 7.
- Van Ark, B. et al. (2002), "ICT Investments and Growth Accounts for the European Union", Research Memorandum GD-56, Groningen Growth and Development Center, Groningen.
- WDI (2010), "World Development Indicators".
- WITSA (2004, 2006), "World Information Technology Systems and Alliances", Digital Planet.