

## فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) و رشد اقتصادی ایران<sup>۱</sup>

دکتر سعید مشیری\*

اسفندیار جهانگرد\*\*

تاریخ ارسال: ۱۳۸۲/۱۱/۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۳/۳/۹

### چکیده<sup>۲</sup>

بیشتر مطالعات در زمینه تأثیر فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) بر رشد اقتصادی در کشورهای توسعه‌یافته حاکی از اثر مثبت و معنی‌دار این فن‌آوری بر بهره‌وری و رشد اقتصادی در دهه ۱۹۹۰ است. برخی مطالعات چنین رابطه مثبتی را در کشورهای در حال توسعه نیز تأیید می‌کنند، اما هنوز زمینه بررسی به‌خصوص در کشورهای در حال توسعه با توجه به ویژگی‌های نامتوازن و ضعیف زیرساختی‌شان وجود دارد. مقاله حاضر با استفاده از داده‌های سرمایه‌گذاری ارتباطات و روش فضا-حالت (State Space)، به برآورد تأثیر این فن‌آوری بر رشد اقتصادی ایران طی دوره ۱۳۴۸-۱۳۸۰ می‌پردازد. نتایج برآورد حاکی از تأثیر مثبت و معنی‌دار این متغیر بر رشد اقتصادی بوده و تأثیر آن پس از یک دوره کاهش در اواخر دهه ۱۳۶۰ و اوایل دهه ۱۳۷۰، با افزایش شاخص‌های سرمایه‌گذاری ارتباطات در اواخر دهه ۱۳۷۰ بهبود یافته است. ایجاد فضای مناسب و استفاده بهتر از اطلاعات و ارتباطات، همراه با افزایش سرمایه‌گذاری داخلی و مستقیم خارجی به دلیل افزایش احتمال تطابق فن‌آوری‌های جدید می‌تواند همچنان در رشد اقتصادی مؤثر باشد.

**واژه‌های کلیدی:** فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات (ICT)، الگوی رشد درون‌زا، روش فضا حالت (State Space)

۱. این مقاله برگرفته از رساله دکتری اسفندیار جهانگرد با عنوان "بررسی تأثیر فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات بر رشد اقتصادی و بهره‌وری صنایع کارخانه‌ای ایران" است. این رساله از حمایت مالی مرکز تحقیقات مخابرات ایران برخوردار بوده است که بدین وسیله از آن تشکر می‌شود.

\* عضو هیئت علمی دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی

e-mail: smoshiri@mun.ca

\*\* دانشجوی دوره دکتری دانشگاه علامه طباطبائی

e-mail: ejahangard@Hotmail.com

۲. از داوران محترمی که در فرایند چاپ مقاله نکات ارزنده‌ای را برای بهبود مقاله یادآوری نمودند تشکر می‌نمایم.

3. Information and Communication Technology.

## ۱. مقدمه

علی‌رغم تردیدهای اولیه، پس از یک دهه مطالعه در سطوح بنگاه (خرد) و کشور (کلان)، اکنون تقریباً روشن شده است که سرمایه‌گذاری در فن‌آوری اطلاعات بر بهره‌وری نیروی کار و رشد اقتصادی تأثیر مثبت و قابل ملاحظه‌ای دارد.

مطالعات دهه ۱۹۸۰ ارتباطی بین سرمایه‌گذاری فن‌آوری اطلاعات و بهره‌وری اقتصاد امریکا نیافتند و این موضوع عنوان معمای بهره‌وری را به خود گرفت. در دهه ۱۹۸۰، بیشتر مطالعات رابطه (همبستگی) منفی بین بهره‌وری در سطح اقتصاد و بهره‌وری نیروی کار بخش اطلاعات را گزارش کردند. همچنین، برخی برآوردهای اقتصادسنجی دلالت بر بهره‌وری پایین سرمایه فن‌آوری اطلاعات در صنایع مختلف کارخانه‌ای و صنایع خدماتی داشتند. در دهه ۱۹۹۰، پژوهشگران به رابطه مثبت بین سرمایه‌گذاری فن‌آوری اطلاعات و معیارهای مختلف عملکرد اقتصادی پی‌بردند.

به طور کلی، از نیمه دوم قرن بیستم جهان وارد عصر تازه‌ای شد و به نحوی پایان عمر عصر صنعتی تلقی شد. تحولات پرشتاب علمی - فن‌آوری موتور محرک این تحول بوده است. نخست، با ورود رایانه به بازار و سپس، با تحول در حوزه اطلاعات و ارتباطات، رایانه‌ها به کمک فن‌آوری‌های ارتباطی از جمله تلفن به هم وصل شدند و قابلیت‌های این دو فن‌آوری با توانمندی‌های فن‌آوری تلویزیون ترکیب شد و سبب پیدایش شبکه جهانی ارتباطات و اطلاعات اینترنت شد. کاهش سریع قیمت‌های نسبی، جهانی بودن، ظاهر فیزیکی ناچیز همراه با بازدهی فزاینده، غیررقابتی بودن<sup>۱</sup> و سهولت نقل و انتقال محصولات فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات موجب شده این جریان تحول پرشتاب حول محور فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات، باز هم شتاب یافته و راه را برای ورود به اقتصاد دیجیتال هموار سازد.

تجارب تاریخی دنیا نشان داده‌اند که انقلاب‌های فن‌آوری اغلب با توسعه تأمین مالی همراه هستند که این مورد در خصوص انقلاب فن‌آوری اطلاعات نیز صدق می‌کند. اما، از آنجا که آثار مخارج و هزینه‌های مربوط به فن‌آوری اطلاعات در بلندمدت نمایان می‌شود، بنابراین، منافع بلندمدت این فن‌آوری برای اقتصاد جهانی در سال‌های پیش‌رو نیز احتمالاً ادامه می‌یابد و یا حتی شتاب می‌گیرد. منافع کلان اقتصادی فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات قبلاً در برخی اقتصادها به‌ویژه اقتصاد امریکا ظاهر شده و در حال حاضر در اروپای غربی و برخی کشورهای در حال توسعه نیز این امر نمایان شده است. در این رابطه، در دهه ۱۹۹۰، در بیشتر کشورهای در حال توسعه مخارج فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات افزایش یافته و برای تعدادی از آنها حتی با سرعت بیشتر از کشورهای پیشرفته رشد یافته است. مطالعات مربوط به ارزیابی آثار فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات بر رشد اقتصادی در کشورهای در حال توسعه نتایج یکسانی گزارش نکرده‌اند و در نتیجه، زمینه بررسی بیشتری با داده‌های کشورهای خاص در حال توسعه وجود دارد. ایران از جمله کشورهای در حال توسعه‌ای است که از پتانسیل‌ها و زیربنای

## 1. Non-Rivalrous.

فیزیکی و سرمایه انسانی نسبتاً مناسبی برخوردار است و طی سال‌های دهه اخیر سرمایه‌گذاری زیادی برای توسعه فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات انجام داده است. اما هنوز مطالعه‌ای برای ارزیابی آثار این سرمایه‌گذاری‌ها بر رشد اقتصادی ایران صورت نگرفته است. به همین منظور هدف این مقاله، بررسی تأثیر فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات بر رشد اقتصادی ایران در سال‌های اخیر است. برای این امر ابتدا، به بررسی شرایط کلی ایران از نظر شاخص‌های فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات در مقایسه با سایر کشورها می‌پردازیم. سپس، در بخش سوم به مبانی نظری و در بخش چهارم به ادبیات موضوع خواهیم پرداخت. در بخش پنجم، نتایج به‌دست آمده در مورد ایران را ارائه و مقاله را با جمع‌بندی در بخش ششم پایان خواهیم داد.

## ۲. بررسی و ارزیابی شاخص‌های فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات در جهان و ایران

به طور کلی با بررسی و ارزیابی شاخص‌های فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات می‌توان این نتیجه را گرفت که عمده بازار فن‌آوری ارتباطات و اطلاعات در اختیار امریکای شمالی و اروپای غربی و ژاپن قرار دارد و کشورهای خاورمیانه/افریقا و بقیه مناطق سهم ناچیزی از بازار این فن‌آوری را در اختیار دارند و هنوز این نوع از فن‌آوری به طور چشمگیر همانند کشورهای پیشرفته به کشورهای در حال توسعه سرازیر نشده است.

برای ارزیابی وضعیت فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات در کشورها از شاخص‌های رشد سرمایه‌گذاری در فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات، نسبت سرمایه‌گذاری فن‌آوری اطلاعات به تولید ناخالص داخلی، مخارج سرانه فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات، تعداد رایانه به ازای نفر و سطح بهره‌مندی از اینترنت استفاده می‌شود. آمارهای جهانی فن‌آوری ارتباطات و اطلاعات مطابق تعریف اتحادیه فن‌آوری اطلاعات و خدمات (WITSA)<sup>۱</sup>، دربرگیرنده مخارج سخت افزاری، نرم‌افزاری، ارتباطات و خدمات است ولی در این مقاله به دلیل عدم تفکیک موارد مذکور در ایران، از سرمایه‌گذاری ارتباطات استفاده شده است. وضعیت ایران و برخی مناطق جهان در رابطه با شاخص‌های فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات در جدول (۱) آمده است.

بازار جهانی فن‌آوری ارتباطات و اطلاعات از ۱/۳ تریلیون دلار در سال ۱۹۹۳ به بیشتر از ۲/۴ تریلیون دلار در سال ۲۰۰۱ افزایش یافته است. نرخ رشد متوسط سالانه این ۸ سال حدود ۷/۶ درصد بوده است. درخصوص افزایش مخارج فن‌آوری ارتباطات و اطلاعات در اواسط دهه ۱۹۹۰، حوزه آسیا و اقیانوس آرام (غیر از ژاپن)، نسبت به سایر مناطق پیشتاز بوده و در طول این دوره امریکای لاتین نیز همراه با این حوزه رشد و پیشرفت کرده است. در حال حاضر، رتبه‌های جهانی از این منظر تغییر یافته و اروپا با ۱۴ درصد متوسط رشد سالانه طی دوره ۱۹۹۳-۲۰۰۱ پیشرو بوده و به دنبال آن، آسیا و اقیانوس آرام با

1. World Information Technology and Services Alliance.

۱۲ درصد و امریکای لاتین با ۱۱ درصد در رده‌های بعدی قرار دارند. در این زمینه به این موضوع باید توجه کرد که مناطقی که دارای پایه‌های ضعیف فن‌آوری ارتباطات و اطلاعات هستند، سریعتر و باشتاب بیشتری نسبت به امریکای شمالی و اروپای غربی رشد کرده‌اند (WITSA, 2002).

**جدول ۱- وضعیت برخی شاخص‌های فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات در جهان و ایران**

واحد: درصد

| عنوان / سال        | متوسط رشد سالانه مخارج فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات | تعداد رایانه‌های شخصی نسبت به کل تعداد در دنیا | متوسط رشد سالانه نصب رایانه شخصی | سهم مخارج به ICT GDP* |
|--------------------|---|--|----------------------------------|-----------------------|
| ۲۰۰۱-۱۹۹۳          | ۲۰۰۱-۱۹۹۳   | ۲۰۰۱   | ۲۰۰۱-۱۹۹۳                        | ۲۰۰۱                  |
| جهان               | ۷/۶   | ۱۰۰  | ۱۸/۵                             | ۷/۶                   |
| اروپای غربی        | ۸/۰   | ۲۰/۲   | ۱۳/۶                             | -                     |
| امریکای شمالی      | ۶/۰   | ۴۷/۲   | ۱۸/۹                             | ۸/۱۲                  |
| خاورمیانه / افریقا | ۹/۷   | ۲/۷  | ۲۵/۲                             | ۴/۴۲                  |
| امریکای لاتین      | ۱۱/۰  | ۶/۲  | ۲۱/۷                             | ۶/۱                   |
| اروپای شرقی        | ۱۴/۱  | ۳/۴  | ۱۶                               | -                     |
| آسیای جنوب شرقی    | ۱۱/۶  | ۱۴/۴   | ۲۷/۷                             | ۳۷/۵                  |
| ایران**            | ۱۸/۸  | ۰/۱۳   | ۲۶/۱                             | ۰/۹۳                  |

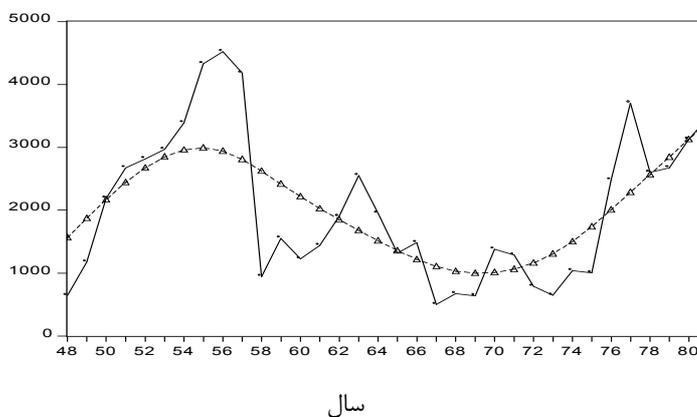
\* محاسبات این ستون غیر از ایران و کل جهان براساس آمارهای WDI(2003) و WITSA(2002) را نویسندگان انجام داده و سایر ستون‌ها براساس آمارهای WITSA (2002) است.  
 \*\* در مورد ایران به دلیل کمبود آمار از متغیر سرمایه‌گذاری ارتباطات به عنوان شاخص فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات استفاده شده است.  
 همچنین، تعداد رایانه‌های شخصی نیز از آمارهای WDI(2003) اخذ شده است.

همان‌گونه که در نمودار یک مشاهده می‌شود، در ایران سرمایه‌گذاری در ارتباطات طی یک دوره رکود طولانی از سال ۱۳۵۶ تا ۱۳۷۴ از سال ۱۳۷۵، وارد یک دوره رشد مثبت می‌شود؛ به طوری که متوسط رشد سالانه سرمایه‌گذاری در ارتباطات طی دوره ۱۳۷۶-۱۳۸۱ معادل ۶/۹ درصد است که معادل نرخ رشد متوسط کل سرمایه‌گذاری در کشور است. در مقایسه با رشد سرمایه‌گذاری جهان و

بقیه کشورها طی ۸ سال اخیر (۱۹۹۳-۲۰۰۱)، رشد سرمایه‌گذاری ارتباطات ایران بسیار بالا است، به طوری که رشد متوسط سالانه آن حدود ۱۸/۸ درصد است که نسبت به متوسط جهانی بسیار بیشتر است (جدول (۱)).

نمودار ۱- سرمایه‌گذاری در ارتباطات به قیمت ثابت ۱۳۷۶

واحد : میلیارد ریال



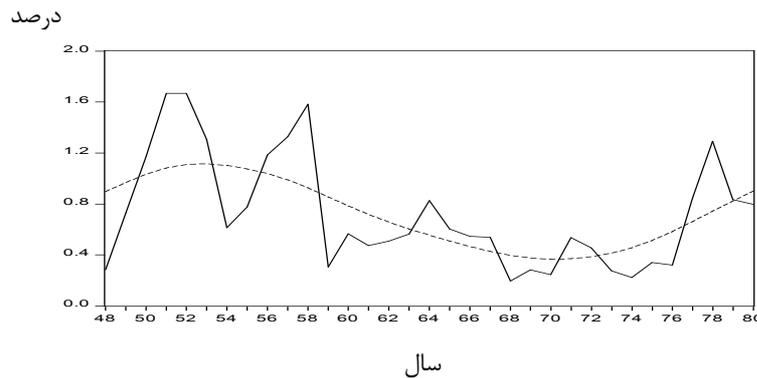
سهم فن‌آوری ارتباطات و اطلاعات در تولید ناخالص داخلی دنیا نیز با یک دهم درصد افزایش در سال ۲۰۰۱ نسبت به سال ۲۰۰۰ به ۷/۶ درصد بالغ شده و این افزایش، کمترین مقدار از سال ۱۹۹۵ تاکنون بوده است. علی‌رغم افزایش کند و ضعیف سال‌های اخیر، سهم فن‌آوری ارتباطات و اطلاعات در تولید ناخالص داخلی جهانی حدود ۲ درصد نسبت به سال ۱۹۹۳ افزایش داشته است (از ۵/۶ درصد به ۷/۶ درصد رسیده است). در نیوزلند این سهم بیشتر از ۱۴ درصد، در کلمبیا ۱۲ درصد، در سنگاپور ۱۰ درصد و در جمهوری چک بیشتر از ۹ درصد در سال ۲۰۰۱ گزارش شده که نیوزلند بیشترین سهم را در بین کشورهای دنیا برخوردار است. در مناطق مختلف بیشترین سهم مربوط به آسیای جنوب شرقی و کمترین مربوط به خاورمیانه و شمال آفریقا است (WITSA, 2002).

در ایران نیز، از نیمه دوم دهه ۱۳۷۰ سهم سرمایه‌گذاری در ارتباطات به تولید ناخالص داخلی ابتدا صعودی بوده ولی در سال‌های ۱۳۷۸ و ۱۳۷۹ کاهش یافته و در سال ۱۳۸۰ به نزدیک یک درصد رسیده است (نمودار (۲)).

مخارج سرانه فن‌آوری ارتباطات و اطلاعات شاخص دیگری برای نشان دادن وضعیت آن است. سوئیس از بالاترین مقدار این شاخص نسبت به سایر کشورهای جهان برخوردار است. در این خصوص

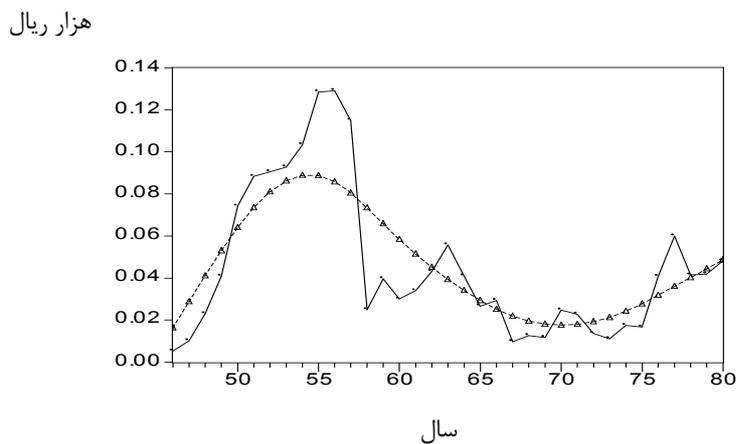
کشورهایی که از نظر اقتصادی قوی هستند، از نظر سرانه مخارج فن‌آوری اطلاعات و ارتباط نیز در مراتب بالایی قرار دارند (WITSA, 2002).

**نمودار ۲- سهم سرمایه‌گذاری ارتباطات در تولید ناخالص داخلی**



این شاخص علی‌رغم افزایش طی سال‌های اخیر در اقتصاد ایران بسیار پایین است، به طوری که در سال ۱۳۸۰ سرمایه‌گذاری سرانه ارتباطات به قیمت ثابت ۱۳۷۶ معادل ۰/۰۴۸ هزار ریال است و حاکی از کافی نبودن میزان سرمایه‌گذاری در این فعالیت علی‌رغم رشد سرمایه‌گذاری بالای آن در سال‌های اخیر نسبت به بقیه جهان است (نمودار ۲).

**نمودار ۳- سرمایه‌گذاری سرانه ارتباطات در ایران به قیمت ثابت ۱۳۷۶**



از لحاظ تعداد رایانه‌های شخصی (دولتی، تجاری و آموزشی) امریکا با ۲۲۷ میلیون دستگاه در رده اول دنیا قرار دارد. چین، برزیل، ژاپن، هند، مکزیک، فیلیپین و تایلند در این زمینه از رشد متوسط

سالانه بالایی برخوردار بوده‌اند. نرخ رشد نصب رایانه شخصی حاکی از این واقعیت است که بزرگترین بازار در امریکای شمالی و اروپای غربی است.

امریکای شمالی و اروپای غربی از نظر توزیع رایانه‌های شخصی در نظام آموزشی سهم عمده را دارا هستند و آسیا و اقیانوس آرام و خاورمیانه/آفریقا از نظر نرخ رشد نسبت به سایر مناطق از رشد سریع‌تری برخوردار بوده‌اند. تعداد رایانه‌های شخصی در مدارس طی هشت سال (۱۹۹۳-۲۰۰۱) در آسیا و اقیانوس آرام ۶ برابر و در خاورمیانه/آفریقا ۵ برابر شده است. به طور کلی در این رابطه کشورهای پیشرفته از رشد بالاتری برخوردار بوده‌اند (WITSA, 2002).

در ایران نیز براساس آمارهای ITU، تقریباً ۷ رایانه شخصی به ازای هر ۱۰۰ نفر موجود است که از این نظر ۰/۱۳ درصد رایانه‌های جهان در ایران است و نسبت به برخی کشورهای در حال توسعه از جمله امارات متحده عربی و مالزی و متوسط جهان که رایانه‌های شخصی به ازای هر ۱۰۰ نفر آنها به ترتیب معادل ۱۳/۵، ۱۲/۶ و ۸/۵ است، پایین‌تر است (ITU, 2002).

بر اساس گزارش (ITU, 2003) ایران از نظر بهره‌مندی از اینترنت از بین ۱۷۸ کشور در رده ۸۷ دنیا قرار دارد و لذا، از لحاظ بهره‌مندی از این شبکه متوسط ارزیابی می‌شود. کشورهای اسکانندیناوی از این نظر پیش‌تاز هستند و سوئد در رتبه نخست دنیا قرار دارد. اسرائیل در خاورمیانه در رده ۲۵ دنیا قرار گرفته و بهترین وضعیت از لحاظ کاربرد اینترنت را در منطقه داراست و پس از آن، کشورهای حوزه خلیج فارس قرار می‌گیرند که وضعیت بهره‌مندی آنها از این شبکه خوب ارزیابی شده است. در میان کشورهای حوزه خلیج فارس، تنها عمان و اردن پایین‌تر از ایران قرار دارند. اما، در بین همسایگان کشور تنها از بعد کاربرد شبکه اینترنت، ترکیه در شرایط بهتری از ایران قرار دارد (ITU, 2003).

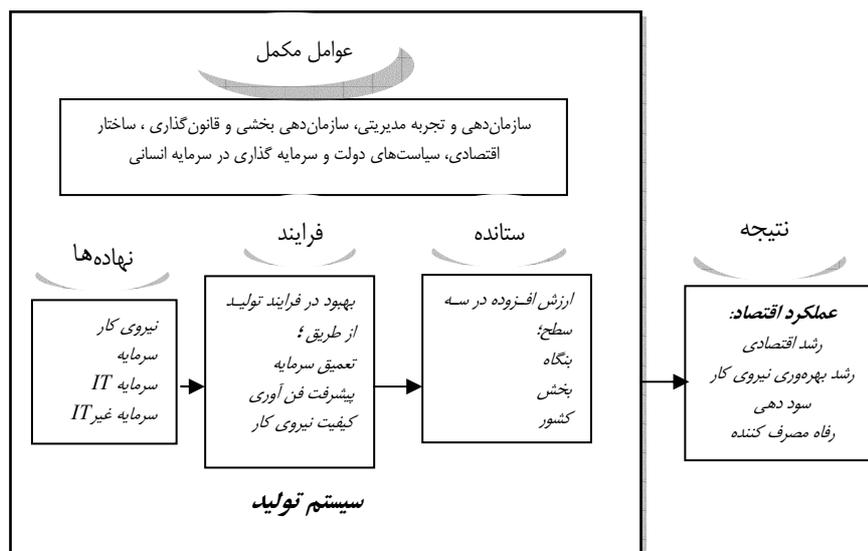
### ۳. مبانی نظری فن‌آوری و رشد اقتصادی

فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات در اقتصاد هم در طرف عرضه و هم در طرف تقاضا تأثیر می‌گذارد. در طرف تقاضا، از طریق تابع مطلوبیت بر رفتار اقتصادی مصرف‌کننده تأثیر می‌گذارد و در طرف عرضه، بر رفتار تولیدکننده مؤثر است. در این مطالعه با توجه به هدف مقاله تنها به طرف عرضه آن پرداخته می‌شود.

اینکه چگونه فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات در طرف عرضه اقتصاد به رشد اقتصادی و بهره‌وری کمک می‌کند، در نمودار (۴) آمده است. همان‌گونه که از این نمودار مشخص است، در کنار عوامل مکمل که شامل: سازمان‌دهی و تجربه مدیریتی، سازمان‌دهی بخشی و قانون‌گذاری، ساختار اقتصادی، سیاست‌های دولت و سرمایه‌گذاری در سرمایه انسانی هستند، فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات به‌عنوان نهاده در طرف عرضه اقتصاد در کنار سایر نهاده‌ها به صورت سرمایه وارد می‌شود و باعث بهبود فرایند تولید از طریق تعمیق سرمایه، پیشرفت فن‌آوری و کیفیت نیروی کار می‌شود. ستانده 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 به ارمغان می‌آورد (Dedrick and et al, 2003). در مرکز انقلاب فن‌آوری اطلاعات فعلی، گسترش و پیشرفت در علم مواد است که منجر به افزایش در برتری نیمه‌هایها در راستای کاهش قیمت سریع آنها شده است (World Economic Outlook 2002). نیمه‌هایها ارزانتر، زمینه پیشرفت سریع در تولید رایانه، نرم افزارهای رایانه‌ای و تجهیزات مخابراتی را فراهم کردند که منجر به کاهش سریع قیمت در این صنایع شد. به دنبال آن، کاهش سریع قیمت کالاهایی که در برگیرنده فن‌آوری اطلاعات است، موجب تحریک سرمایه‌گذاری در این کالاها و نهایتاً منجر به تعمیق سرمایه‌معنی‌دار در اقتصاد شد. این تعمیق سرمایه در برخی کشورها منجر به شتاب در رشد بهره‌وری و سازمان‌دهی مجدد تولید و به دنبال آن، بهبود رشد بهره‌وری شد (Jorgenson, 2003).

نمودار-۴. نحوه عملکرد فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات در طرف عرضه اقتصاد



در سال‌های اخیر، تعدادی از اقتصاد دانان با ارائه الگوهای رشد درون‌زا، سعی در توضیح دانش و فن‌آوری‌های جدید، به‌عنوان عامل رشد به صورت درون‌زا برآمدند. در این خصوص تفکیک سرمایه انسانی از فن‌آوری به صورت دانش‌گذاری شده<sup>۱</sup> یا تجسم یافته یکی از مسائل مهمی است که موجب شده فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات نیز به‌عنوان یک عامل درون‌زای رشد مطرح شود.

1. Codifiable Knowledge.

برخی مطالعات فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات را به همان صورت تحقیق و توسعه (R&D) در الگوهای رشد درون‌زا معرفی کردند که در آنها رشد بلندمدت تابعی از رشد فن‌آوری اطلاعات است. برخی دیگر تمایزی بین سرمایه انسانی و فن‌آوری قائل شدند که در آنها رشد بلندمدت تولید سرانه مانند الگوهای نئوکلاسیکی برابر با رشد فن‌آوری است و سرمایه انسانی سطح در آمد سرانه را متأثر می‌سازد. در زیر مروری بر خلاصه این مطالعات خواهیم داشت:

در خصوص الگوهای رشد درون‌زا، در اواسط دهه ۱۹۸۰ در دانشگاه شیکاگو، پل‌رومر (Romer) و رابرت لوکاس (Lucas)، علاقه اقتصاددانان کلان‌نگر را به رشد اقتصادی با تأکید بر اقتصاد اندیشه‌ها و سرمایه‌انسانی بعد از مطالعات سولو و تمرکز بر انباشت سرمایه فیزیکی شعله‌ور کردند. با استفاده از پیشرفت‌های جدید در نظریه رقابت‌ناقص، رومر اقتصاد فن‌آوری را به اقتصاددانان کلان‌نگر معرفی کرد. پس از این پیشرفت‌های نظری، مطالعات تجربی از سوی تعدادی از اقتصاددانان، نظیر رابرت برو (Barro) از دانشگاه هاروارد، برای کمی‌کردن و آزمون نظریه‌های رشد شروع شد، به‌طوری‌که در دهه ۱۹۹۰ هم کارهای نظری و هم کارهای تجربی به‌صورت وسیع‌تری ادامه یافت.

در الگوی سولو فن‌آوری به‌صورت برون‌زا فرض شده و همانند هدیه‌ای از بهشت (Mana from Heaven) تلقی می‌شد که به‌طور خودکار و بدون توجه به عوامل دیگر راه خود را ادامه می‌دهد. اما در اواسط دهه ۱۹۸۰، پل‌رومر (Romer) ارتباط میان رشد اقتصادی و اقتصاد اندیشه‌ها را تنظیم کرد و الگوهای رشد درون‌زا به‌طوری‌جدی در سطح اقتصاد مطرح شدند (Jones, 1997). الگوهای رشد درون‌زا درصد تبیین خرد فن‌آوری به عنوان یک عامل درون‌زای مؤثر در تولید و رشد اقتصادی برآمدند. این الگوها اثر فن‌آوری را از راه‌ها و عوامل متفاوت مانند سرمایه‌انسانی، بهبود کیفیت تولید، و گسترش تولیدات متنوع در الگو معرفی کردند (Sala-i-Martin, 2001).

لوکاس (Lucas, 1988)، الگوی رشد درون‌زای خود را از طریق معرفی سرمایه انسانی در الگوی رشد نئوکلاسیک ارائه کرد. اقیون و هیوت (Aghion and Hiowt, 1992)، در الگوی خود بر بهبود کیفیت تولید به عنوان نشانی از فن‌آوری جدید که بر اثر آن تولید کنندگان با فن‌آوری قدیم از صحنه خارج می‌شوند را با بهره‌گیری از دیدگاه شومپیتر تأکید کردند. البته، گروسمن و هلپمن (Grossman and Helpman, 1991) نیز با همین عقیده الگوی رشد درون‌زا را قبلاً ارائه کرده بودند. رومر (Romer, 1990, 1986)، گروسمن و هلپمن (Grossman and Helpman, 1991)، الگوهای رشد درون‌زا با ملاحظه فن‌آوری جدید را مطرح کردند که به‌زعم آنها فعالیت‌های تحقیق و توسعه به تولید دانش و نوآوری منجر می‌شود که می‌تواند زمینه ساز رشد باشد. از جمله مطالعاتی که اخیراً در زمینه درون‌زا کردن فن‌آوری در الگوهای رشد انجام یافته، مطالعات کوا (Quah, 2000, 2001, 2002, 2003) و پوجولا (Pohjola, 2002) است. محور این مطالعات به

کارگیری فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات در توابع تولید و رشد اقتصادی به شرح زیر است:  
برای تبیین این موضوع به‌صورت زیر عمل می‌کنیم. فرض کنید که تولید کل (Y) تابعی به این شکل باشد:

$$Y = F(K, N, \tilde{A}) \quad (1)$$

که در آن،  $K$  موجودی سرمایه،  $N$  تعداد نیروی کار و  $\tilde{A}$  شاخص اولیه برای فن‌آوری است. برای اندازه‌گیری دقیق‌تر فن‌آوری و توجه ویژه به نقش سرمایه انسانی،  $\tilde{A}$  را به دو جزء تقسیم می‌کنیم:  $h$  سرمایه انسانی هر نیروی کار و  $A$  فن‌آوری. سرمایه انسانی ( $h$ )، در نیروی کار نهفته است. بنابراین، با فرض اینکه نیروی کار می‌تواند به عنوان دارایی یک اقتصاد تعیین شود؛ جزء مشخصه‌های یک اقتصاد به حساب می‌آید. در مقابل، فن‌آوری ( $A$ ) ماهیت جهانی و فراگیر دارد و در یک اقتصاد محصور نیست. همچنین، فن‌آوری در قالب نیروی کار نمی‌تواند تجسم پیدا کند. به تعبیر دیگر،  $A$  دانش‌گذاری شده یا نوشته شده و  $h$  دانش نانوخته یا کد گذاری نشده<sup>۱</sup> است. بنابراین فرض می‌کنیم که:

$$\tilde{A} = (h, A) \quad (2)$$

باشد. با جایگزین کردن در رابطه (۱) می‌توانیم دو الگوی مختلف برای سرمایه انسانی مورد استفاده قرار دهیم. در اولی،  $h$  سرمایه انسانی به ازای هر کارگر بدون هیچ محدودیتی افزایش می‌یابد، در دومی  $h$  با یک روند پیوسته محدود است.

اگر موجودی سرمایه انسانی به موازات سرمایه فیزیکی به‌عنوان یک نهاده سرمایه‌ای عمل کند، خواهیم داشت که:

$$Y = F(K, N \times h, N \times A) \quad (3)$$

یا در حالت دیگر:

$$Y = F(K, N \times h \times A) \quad (4)$$

مطابق نظر کوا (Quah, 2002)، اگر  $h$  در نظر گرفته نشود، سبب می‌شود تغییرات  $\tilde{A}$  که شامل تغییرات در ( $h$  و  $A$ ) است، اشتباهاً به‌عنوان تغییرات آشکار در فن‌آوری ( $A$ ) تفسیر شود. لذا، ما الگو یا روشی می‌خواهیم که نقش  $h$  برای تغییرات فن‌آوری را به طور واضح بیان کند.

تفاوت این الگو با الگوهای همانند رومر (Romer, 1990) این است که در الگوی رومر، سرمایه انسانی به‌عنوان یک نهاده برای تحقیق و توسعه و در نتیجه، عامل پیشرفت فن‌آوری بوده که به صورت درون‌زا رشد می‌کند. اما در این الگو، سرمایه انسانی به‌عنوان یک عامل تولیدی ظاهر می‌شود که مطابق الگوی نئوکلاسیک‌ها تنها در سطح درآمد سرانه و نه رشد آن تأثیر دارد. به عبارت دیگر، رشد درآمد سرانه در تعادل بلندمدت همچنان ثابت و برابر با نرخ پیشرفت فن‌آوری  $\dot{A}/A = \varepsilon$  خواهد بود، ولی سرمایه انسانی تنها در افزایش سطح درآمد سرانه و نه رشد آن تأثیر خواهد داشت.

## 1. Tacit Knowledge.

بنابراین، عامل اصلی تعیین کننده رشد درآمد سرانه در تعادل بلندمدت همان عامل فن‌آوری کدگذاری شده است که به صورت جهانی است و تعیین نوع آن که نوع کدگذاری شده یا نوشته شده باشد و یا کدگذاری نشده یا نانوشته در الگوسازی اهمیت دارد.

برای برآورد رشد اقتصادی و تأثیر عوامل مؤثر بر آن معمولاً از معادله رشد استفاده می‌شود. در این مطالعه، برای شناخت مجراهای تأثیر فن‌آوری ارتباطات و اطلاعات بر تولید، بهره‌وری و رشد اقتصادی با پیروی از پوجولا (Pohjola, 2002) شکل تابع تولید زیر را در نظر می‌گیریم:

$$Y_t = Y(Y_t^{ICT}, Y_t^0) = A_t F(C_t, K_t, H_t, N_t) \quad (5)$$

که  $Y$  نشان‌دهنده ارزش افزوده کل،  $Y^{ICT}$  ارزش افزوده کالاها و خدمات فن‌آوری ارتباطات و اطلاعات،  $Y^0$  ارزش افزوده سایر کالاها و  $t$  مؤید زمان است. تولید با نهاده‌های سرمایه فن‌آوری ارتباطات و اطلاعات یعنی  $C$ ، دیگر انواع سرمایه فیزیکی  $K$ ، سرمایه انسانی  $H$  و نیروی کار  $N$  انجام می‌گیرد. پارامتر  $A$  بیانگر سطح فن‌آوری با فرض هیکنسی-خنثی<sup>۱</sup> یا شکل تولید افزا<sup>۲</sup> است. بنابراین، فن‌آوری ارتباطات و اطلاعات از سه روش اساسی بر تولید تأثیر می‌گذارد. اول اینکه، تولید کالاها و خدمات فن‌آوری ارتباطات و اطلاعات  $Y^{ICT}$  بخشی از ارزش افزوده اقتصاد هستند. دوم، به‌کارگیری سرمایه فن‌آوری ارتباطات و اطلاعات یا  $C$ ، به‌عنوان نهاده در تولید همه کالاها و خدمات سبب ایجاد رشد اقتصادی می‌شود. نهایتاً، فن‌آوری ارتباطات و اطلاعات باعث افزایش رشد اقتصادی از طریق کمک بخش‌های فن‌آوری ارتباطات و اطلاعات به تغییر فن‌آوری در سایر بخش‌ها می‌شوند. اگر رشد سریع تولید فن‌آوری ارتباطات و اطلاعات بر اساس منافع کارایی و بهره‌وری در این فعالیت‌ها باشد، بنابراین، باعث افزایش و کمک به رشد بهره‌وری در سطح کلان اقتصادی نیز خواهد شد. این مسئله باید در کنار ارزیابی تغییرات فن‌آوری بخش فن‌آوری ارتباطات و اطلاعات (منسوب به  $A$ ) صورت پذیرد (Pohjola, 2002).

همچنین، تولید فن‌آوری ارتباطات و اطلاعات از دو روش به رشد اقتصادی کمک خواهد کرد. اول، روش مستقیم از طریق تولید کالاها و خدمات فن‌آوری ارتباطات و اطلاعات که به رشد تولید ناخالص داخلی واقعی کمک می‌کند و روش دوم، کمک بخش فن‌آوری ارتباطات و اطلاعات به پیشرفت‌های فن‌آوری است. روش مستقیم با مشتق نسبت به زمان سمت چپ معادله (۵) به‌دست می‌آید.

$$\dot{Y} = w_{ICT} \dot{Y}^{ICT} + w_0 \dot{Y}^0$$

علامت نقطه نمایانگر نرخ تغییر است و  $w_{ict}$ ،  $w_0$  به ترتیب، سهم تولید اسمی فن‌آوری ارتباطات و اطلاعات و دیگر کالاها و خدمات است. کمک مستقیم فن‌آوری ارتباطات و اطلاعات به رشد اقتصادی

1. Hicks-Neutral Technology.
2. Output Augmenting.

قسمت اول معادله است که با ضرب سهم تولید اسمی کالاها و خدمات فن‌آوری ارتباطات و اطلاعات در نرخ رشد ارزش افزوده بخش فن‌آوری ارتباطات و اطلاعات به دست می‌آید. اثر غیرمستقیم فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات در رشد از طریق تأثیر آن بر پیشرفت فن‌آوری سایر بخش‌ها و در نتیجه، رشد تولید آنها یعنی  $\dot{Y}^0$  صورت می‌پذیرد.

اگر تابع تولید کل به شکل کاب داگلاس را به شرح زیر نمایش دهیم:

$$Y = AC^{\alpha_c} K^{\alpha_k} H^{\alpha_h} N^{\alpha_n} \quad (۶)$$

با گرفتن لگاریتم طبیعی تابع تولید به صورت خطی به شکل زیر تبدیل می‌شود:

$$\ln Y = \ln A + \alpha_c \ln C + \alpha_k \ln K + \alpha_h \ln H + \alpha_n \ln N \quad (۷)$$

با فرض وجود اطلاعات متغیرها به صورت سری‌های زمانی یا بین‌کشوری، این تابع برای تحلیل‌های یک کشور یا گروهی از کشورها قابل تخمین است.

از تابع تولید فوق می‌توان برای برآورد اثر فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات بر رشد اقتصادی به صورت زیر استفاده کرد. مشتق معادله فوق برحسب زمان به صورت زیر خواهد شد:

$$\dot{Y} = \dot{A} + \alpha_c \dot{C} + \alpha_k \dot{K} + \alpha_h \dot{H} + \alpha_n \dot{N} \quad (۸)$$

که علامت نقطه مؤید نرخ تغییر است. این الگو نیز به صورت سری زمانی و بین‌کشوری قابل تخمین است. به هر حال، اگر فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس تولید در نظر گرفته شود و همچنین پرداخت به عوامل تولید به اندازه تولید نهایی باشد، ضریب  $\alpha$  سهم عامل  $i$  در کل درآمد را بیان می‌کند. برای تعیین سهم مشارکت عوامل تولید در رشد اقتصاد می‌توان از روش استاندارد حسابداری رشد استفاده کرد. همه عوامل غیر از تغییرات فن‌آوری  $\dot{A}$  در معادله فوق قابل مشاهده هستند که این تغییرات نیز به‌عنوان باقیمانده به دست می‌آید و عمدتاً نرخ رشد کل یا چند عاملی بهره‌وری نامیده می‌شود.

#### ۴. فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات و تجربه رشد اقتصادی

در دهه ۱۹۸۰، ناامیدی در مقالاتی که به طور وسیعی نشانگر رابطه (همبستگی) منفی بین بهره‌وری در سطح اقتصاد و بهره‌وری نیروی کار می‌باشد، ذکر شده است. همچنین، برخی برآوردهای اقتصادسنجی دلالت بر بهره‌وری پایین سرمایه فن‌آوری اطلاعات در صنایع مختلف کارخانه‌ای و صنایع خدماتی دارند. در این خصوص، توجه به معمای بهره‌وری، باعث پژوهش‌های زیادی شد و اگر چه پژوهشگران آمارها را به طور گسترده‌ای مورد تجزیه و تحلیل قرار داده‌اند، ولی مدارک اندکی دال بر اینکه فن‌آوری اطلاعات به طور معنی‌داری بهره‌وری را در دهه ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ افزایش داده است، یافته‌اند. به طور کلی، مطالعات

اولیه در سطح کلان که از داده‌های اواخر دهه ۱۹۸۰ استفاده کردند به این نتیجه رسیدند که سهم فن‌آوری اطلاعات در بهره‌وری و رشد اقتصادی بسیار اندک بود (Roach 1991, 1989, 1987)؛ Oliner and Sichel 1994، Stiroh Jorgenson and 1995). این نتایج به صورت ماهرانه‌ای با سخن کنایه‌آمیز رابرت سولو (R.Solow) بیان شده است. سولو در مطالب خود می‌گوید شما می‌توانید عصر رایانه را در هر جایی ببینید به جز در آمارهای بهره‌وری (and R.Solow, 1987, Brynjolfsson Yung, 1996)

از اوایل دهه ۱۹۹۰ پژوهشگران شروع به کشف رابطه مثبت بین سرمایه‌گذاری فن‌آوری اطلاعات و معیارهای مختلف عملکرد اقتصادی کردند. در این خصوص، پژوهشگرانی چون براینجولفسون و هیت (Brynjolfsson and Hitt 1995, 1993) و لیختنبرگ (Lichtenberg, 1995) دریافتند که در سطح بنگاه‌ها، سرمایه‌گذاری فن‌آوری اطلاعات دارای بازده واقعی است. در واقع، از این مقطع نوع نگرش به فن‌آوری ارتباطات و اطلاعات تغییر کرد تا جایی که جرگنسون در مطالب اخیر خود آورده که علی‌رغم تفاوت در روش‌شناسی و منابع آماری، اجماعی در مورد اثر فن‌آوری اطلاعات بر رشد اقتصادی در حال شکل‌گیری است (D.Jorgenson, 2001).

کاهش شدید قیمت‌های تجهیزات فن‌آوری اطلاعات به آرامی نقش سرمایه‌گذاری در این زمینه را به عنوان منبع رشد اقتصادی امریکا تقویت کرد و رشد بهره‌وری در صنایع تولیدکننده فن‌آوری اطلاعات به تدریج افزایش یافت، به طوری که شتاب رشد بهره‌وری نیروی کار طی سال‌های ۱۹۹۵-۱۹۹۹ مربوط به بخش بزرگی از رشد سریع در سرمایه‌گذاری فن‌آوری اطلاعات بود. دلیل اصلی برای افزایش تأثیر بر بهره‌وری این است که سرمایه‌گذاری در فن‌آوری اطلاعات با نرخ سریع‌تری افزایش یافته است و سرمایه انباشته در این زمینه اکنون یک سهم خیلی بزرگتری از موجودی کل سرمایه را نسبت به دوره‌های پیشین نشان می‌دهد. بنابراین، سرمایه فن‌آوری اطلاعات سهم بیشتری از رشد اقتصاد را نسبت به دوره‌های قبلی تشکیل داده است. جرگنسون (Joregonson, 2001)، نشان می‌دهد که در طی دوره ۱۹۹۵-۱۹۹۹، سرمایه فن‌آوری اطلاعات نسبتی در حدود ۲۸ درصد از ۴/۰۸ درصد رشد سالانه اقتصادی و حدوداً ۲۴ درصد از ۲/۱۱ درصد رشد بهره‌وری نیروی کار در ایالات متحده را تشکیل داده است. اولینر و سیچل (Oliner and Sichel, 2000)، نسبت‌های بسیار مشابهی را تخمین زدند. اهمیت و معناداری این یافته‌ها در این است که کاربرد مداوم فن‌آوری اطلاعات تفاوت مهمی در رشد بهره‌وری بلندمدت نیروی کار ایجاد کرده است.

برخی شواهد حاکی از وجود شکاف بین امریکا و سایر نقاط جهان از جمله اروپا در زمینه گسترش فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات و اثر آن بر رشد اقتصادی است. البته، در اروپا به دلیل آنکه آمار مربوط به اتحادیه اروپا میانگین بین کشورهای عضو با شرایط متفاوت است، تعدادی از کشورهای عضو EU و همچنین، سایر کشورهای OECD برتری اقتصاد نوین امریکا در مورد شاخص‌های فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات را تأیید نمی‌کنند. از نظر کوا (Quah, 2002)، اگر فرض شود که اقتصاد نوین و فن‌آوری

اطلاعات و ارتباطات بر روی پویایی TFP در اقتصاد امریکا تأثیر داشته است، به نظر می‌رسد که این اثر نسبت به اقتصاد کشورهای مثل فنلاند، ایرلند و سوئد کمتر بوده است. کوا (2002)، در مورد اختلاف اروپا و امریکا مطرح می‌کند که اولاً، در کشورهایی مثل فنلاند، ایرلند، سوئد، کره و ژاپن، اقتصادشان در ابعاد مختلفی بسیار نوین‌تر از اقتصاد امریکا است. ثانیاً، اقتصاد امریکا در طرف عرضه فن‌آوری موفقیت کمتری نسبت به مصرف فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات و طرف تقاضا کسب کرده است (Quah, 2002). در این رابطه مطالعات ون هات و اونوران (2001) نشان می‌دهد که تغییر برخی تعاریف سبب ایجاد تجدید نظر در رشد بهره‌وری نیروی کار و رشد بهره‌وری کل عوامل تولید اروپا می‌شود، و در صورت تجدید نظر در تعاریف و شاخص‌های قیمت، شکاف اروپا و امریکا کوچکتر خواهد شد (2001, Vanhoudt & Onorante).

اما، برخی پژوهشگران این موضوع را تأیید نمی‌کنند، به طوری که علت رشد بالای بهره‌وری امریکا را به دلیل انگیزه قوی مدیران در همه سطوح برای ایجاد تغییر همراه با ریسک تلقی می‌کنند که این در مورد شرکت‌های اروپایی صادق نیست. همچنین، فضای حقوقی و پشتیبانی نیز برای ایجاد تغییر در اروپا فراهم نبوده و اروپا در این سال‌ها با نرخ بیکاری بالا و همچنین، کم‌کاری روبه‌رو بوده و به طور کلی، سازمان‌دهی نیروی کار برای تغییر شغل در امریکا ساده‌تر از اروپا است (Feldsten, 2003). در کشورهای در حال توسعه مطالعات محدودی در زمینه اثر فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات بر رشد انجام شده است که چند نمونه از آنها در زیر آورده می‌شود:

برخی مطالعات در حوزه آسیای جنوب شرقی نشان می‌دهد که در نیمه اول دهه ۱۹۹۰ تعمیق سرمایه در بخش فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات به بهره‌وری نیروی کار کمک کرده و در چندین کشور همانند هنگ کنگ، سنگاپور و کره جنوبی این موضوع بسیار قابل ملاحظه بوده است. این کمک‌ها در نیمه دوم دهه ۱۹۹۰ بیشتر شده و به شتاب در سرمایه‌گذاری در این زمینه منجر شده است. ولی در این دوره، سطح بالای مخارج فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات به دلیل بحران شرق آسیا مضمحل شده است (Lee and Khatri, 2003). همچنین، در برخی کشورهای عربی نیز همبستگی و تأثیر مثبت بین فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات و رشد اقتصادی تأیید شده ولی معنی‌داری آن مشخص نیست (Nour.S, 2002). در کنیا و تانزانیا نیز مطالعات حاکی از تأثیر مثبت فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات بر سطح ستانده گزارش شده ولی معنی‌داری این تأثیر نیز تأیید نشده است (Wolf, 2000). همچنین، مطالعه در مورد صنایع کوچک هند نشان داده است صنایعی که از فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات در کارهای خود استفاده کردند، نسبت به دیگر صنایع از متوسط بهره‌وری و نرخ رشد بالاتری برخوردار بوده‌اند و در اثر کاربرد فن‌آوری اطلاعات در صنایع بزرگ مهارت و انگیزه‌های صادرات و واردات در آنها افزایش پیدا کرده است (Lall, 1996). لال (Lall, 2000)، نشان می‌دهد که با تغییر سیاست دولت هند در دهه ۱۹۹۰ و حرکت به طرف روش‌های اقتصاد نئوکلاسیکی و گشودن بازار هند به روی شرکت‌های خارجی و از طرف دیگر، توجه به سیاست‌های صادراتی موجب شده تا صنایع فن‌آوری اطلاعات هند رشد

۵۳/۸ درصدی در زمینه صادرات نرم‌افزار طی دوره ۱۹۹۴-۱۹۹۵ را تجربه کرده و سهم صادرات نرم‌افزار از ۲/۴ درصد در سال ۱۹۹۴-۱۹۹۵ به ۴/۵ درصد در ۱۹۹۸-۱۹۹۹ برسد. در ایران تاکنون مطالعه‌ای در این خصوص انجام نشده است، ولی مطالعه‌ای را مرکز آمار ایران در زمینه ارتباط کیفیت رایانه‌های شخصی و شاخص قیمت هدونیک انجام داده که مطابق آن با توجه به افزایش کیفیت رایانه‌ها شاخص قیمت‌های رایانه‌های شخصی از ۱۰۰ در سال ۱۳۷۸ به ۶۸ در سال ۱۳۸۱ کاهش یافته است.

### ۵. نتایج تجربی

در این قسمت بر اساس مبانی نظری و اطلاعات موجود، یک الگوی رشد تجربی با تأکید بر فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات، با استفاده از روش فضا - حالت برای دوره ۱۳۴۸-۱۳۸۰ اقتصاد ایران برآورد شده است. الگوی موردتخمین، معادله رشد شماره (۸) با کمی تغییر به شرح زیر است:

برای برآورد این معادله نیاز به اطلاعات متغیرهای رشد نیروی کار، رشد سرمایه انسانی، رشد سرمایه فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات، رشد سرمایه غیر فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات است. در اینجا از متغیر رشد تولید ناخالص داخلی سرانه به ازای هر واحد نیروی کار به‌عنوان متغیر وابسته استفاده شده و از متغیر سهم سرمایه‌گذاری ICT و غیر ICT در تولید ناخالص داخلی به‌عنوان تقریبی برای متغیرهای رشد سرمایه ICT و غیر ICT و نسبت ثابت نام دانش‌آموزان متوسطه به کل جمعیت برای رشد سرمایه انسانی<sup>۱</sup> و همچنین از متغیر نسبت صادرات به تولید ناخالص داخلی به قیمت جاری و متغیر رشد مصرف انرژی و متغیر دامی دوران جنگ استفاده شده است. علت استفاده از دو متغیر سهم سرمایه‌گذاری ICT و غیر ICT در تولید ناخالص داخلی و نسبت دانش‌آموزان دوره متوسطه به جمعیت برای متغیرهای رشد، وجود محدودیت آماری و همچنین، الهام از مطالعات برو و سالای-ماتین (Barro and Sala-i-Martin, 1995)، منکیو، رومر و ویل (Mankiw, Romer, and Weil, 1992)، و به خصوص، پوجولا (Pohjola, 2002)، است که در مطالعه خود از نسبت فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات به تولید ناخالص داخلی به‌عنوان جانشین رشد فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات استفاده می‌کند.

۱. در برخی الگوهای برآوردی دیگر، از رشد واقعی مجموع بودجه جاری بهداشت، آموزش عمومی، آموزش فنی و حرفه‌ای و آموزش عالی و همچنین، نسبت شاغلین تحصیل کرده آموزش عالی به کل شاغلین به‌عنوان تقریبی برای سرمایه انسانی نیز استفاده شده است. در این مقاله، استفاده از این متغیرها، تأثیر چندانی در نتایج به‌دست آمده در ارتباط با اثر فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات بر رشد اقتصادی نداشت.

برای تخمین الگو از آخرین اطلاعات و آمار سری‌های زمانی حساب‌های ملی بانک مرکزی ج.ا.ا به قیمت ثابت ۱۳۷۶ و ترازنامه انرژی استفاده شده و آمار مربوط به اشتغال نیز از آمارهای سرشماری و نمونه‌گیری مرکز آمار ایران اخذ شده است.

قبل از برآورد الگو، کلیه متغیرها مورد آزمون ریشه واحد دیکی فولر تعمیم یافته (ADF)، فلیپس پرون (PP) و پرون (P) قرار گرفته‌اند که نتایج آن در جدول (۲) خلاصه شده است. طبق نتایج این آزمون‌ها متغیر رشد سرانه تولید ناخالص داخلی (G) در سطح ۵٪ و ۱۰٪ مانا است، ولی متغیر نسبت دانش‌آموزان متوسطه به کل جمعیت شاغلین (SLEDU) با تفاضل مرتبه دوم مانا می‌شود. متغیر نسبت سرمایه‌گذاری ارتباطات به تولید ناخالص داخلی (SCICT) به دلیل شکست ساختاری سال ۱۳۵۸ افزون بر آزمون دیکی - فولر و فلیپس پرون تحت آزمون ریشه واحد با شکست ساختاری پرون (Perron) نیز قرار گرفت که مطابق این آزمون نیز I(1) است. اما در صورتی که دوره متغیر از سال ۱۳۴۸-۱۳۸۰ به ۱۳۵۱-۱۳۸۰ تقلیل یابد، این متغیر در سطح مانا و یا به عبارتی I(0) می‌شود. به دلیل از دست دادن اطلاعات در الگو در صورت استفاده از دوره کوتاه‌تر، از تفاضل مرتبه اول متغیر نسبت سرمایه‌گذاری ارتباطات به تولید ناخالص داخلی در برآورد الگو استفاده شد. بنابراین، متغیرهای مورد استفاده در الگو عبارتند از: رشد تولید ناخالص داخلی سرانه به قیمت ثابت ۱۳۷۶ (G)، نسبت تفاضل مرتبه اول سرمایه‌گذاری غیرارتباطات در تولید ناخالص داخلی (SDCNICT)، نسبت تفاضل مرتبه اول سرمایه‌گذاری ارتباطات در تولید ناخالص داخلی (SDCICT)، نرخ رشد مصرف انرژی (GE)، نسبت تفاضل مرتبه اول صادرات به تولید ناخالص داخلی (SDCX)، نسبت تفاضل مرتبه دوم دانش‌آموزان متوسطه به کل جمعیت به‌عنوان سرمایه انسانی (HC) و متغیر مجازی دوران جنگ DW است.

جدول ۲- نتایج آزمون ریشه واحد (Unit Root) متغیرهای الگو (۱۳۴۸-۱۳۸۰)

| متغیرهای تحت آزمون | ADF  | PP   | متغیرهای تحت آزمون | ADF  | PP   |
|--------------------|------|------|--------------------|------|------|
| G                  | I(0) | I(0) | SCNICT             | I(1) | I(1) |
| GE                 | I(0) | I(0) | SCICT              | I(1) | I(1) |
| SLEDU              | I(2) | I(2) | SCX                | I(1) | I(1) |

G، رشد تولید ناخالص داخلی سرانه GE، رشد مصرف انرژی SLEDU، نسبت دانش‌آموزان متوسطه به کل جمعیت SCNICT، نسبت سرمایه‌گذاری غیرارتباطات در تولید ناخالص داخلی SCICT، نسبت سرمایه‌گذاری ارتباطات در تولید ناخالص داخلی و SCX، نسبت صادرات به تولید ناخالص داخلی.

برای برآورد الگو از روش فضا - حالت استفاده می‌کنیم. به طور کلی، نظام‌های پویا در یک فرم مشخص عمومی با عنوان "فضا حالت" یا State Space قابل ارائه هستند. ارائه الگو در این شرایط

دارای دو مزیت عمده به شرح زیر است: یکی اینکه این گونه الگوها، متغیرهای غیرقابل مشاهده یا متغیر حالت (SV) را در سیستم قرار می‌دهند. دیگر اینکه الگوهای مزبور، با الگوریتم برگشت‌پذیر<sup>۱</sup> کالمن فیلتر (Kalman Filter) تخمین زده می‌شوند. در این روش، دومعادله از جمله معادله مشاهده<sup>۲</sup> و همچنین، معادله حالت<sup>۳</sup> طراحی و سپس، تخمین زده می‌شود. یکی از کاربردهای مهم الگوهای فضا حالت در زمانی است که هدف بررسی چگونگی تغییر ضرایب متغیرهای الگو در طول زمان باشد. به این دسته از الگوها، الگوهای با ضرایب متغیر در طول زمان یا Time Varying Parameters می‌گویند. در این روش، با تابع لگاریتم Likelihood که بسته به نوع داده یا حداکثرسازی آن دارد، ضرایب و پارامترهای الگو در طول زمان استخراج می‌شوند (Hamilton, 1994).

جذب و گسترش فن‌آوری در کشورها معمولاً از روند زمانی خاص برخوردار است به نحوی که برای آمادگی کامل بخش‌های مختلف اقتصاد به منظور استفاده از فن‌آوری جدید نیاز به زمان است. این مسئله به خصوص در مورد کشورهای در حال توسعه که غالباً فاقد زیربنای لازم برای جذب و بهره‌گیری فراگیر از فن‌آوری‌های جدید هستند، صادق است. توسعه فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات نیز مانند سایر فن‌آوری‌های دوره‌های قبل از مسیر زمانی خاص پیروی می‌کند، ولی به علت ویژگی‌های خاص این فن‌آوری سرعت جذب و گسترش آن نسبت به سایر فن‌آوری‌ها بیشتر بوده است. کشورهای در حال توسعه نیز با سرعت بیشتری توانسته‌اند این فن‌آوری را جذب و در بخش‌های اقتصادی مختلف خود به کارگیرند. بنابراین در این مطالعه، سعی شد از الگوهای مذکور به صورت ضرایب متغیر در طول زمان استفاده شود تا بتوان تأثیر ورود این فن‌آوری به کشور در سال‌های اخیر همراه با افزایش توجه به آن در کشور را مورد ارزیابی قرار داد. نتایج برآورد الگوی تأثیر فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات بر رشد اقتصاد ایران به شرح زیر است:

$$G = -0.034 + 0.54 SDCNCT + 0.27 SDCX + 0.24 GE + 0.12 HC - 0.044 DW + (SV_1 - 10.29) SDCICT$$

(- 3.96) (2.95) (2.32) (3.02) (1.2) (- 1.88) (- 3.226)

$$SV_1 = SV_1(-1)$$

Loglikelihood = 48.3, DW = 1.6

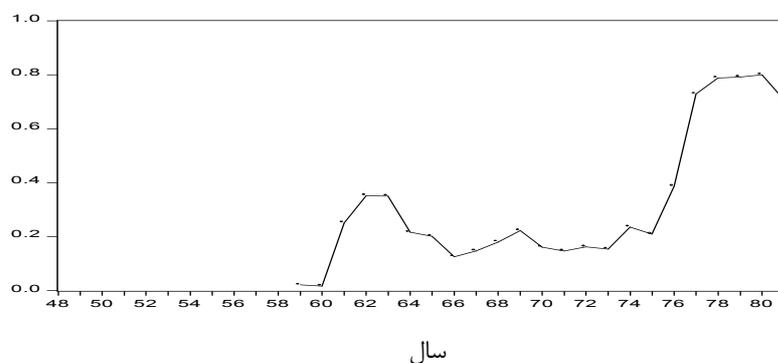
که در آن،  $SV_1$  بیانگر متغیر حالت و  $(SV_1 - 10.29)$  ضریب متغیر نماینده فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات است که با  $B_{ict}$  نشان می‌دهیم. همان‌گونه که از نتایج برآورد مشخص است، ضریب متغیر جانشین فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات  $(B_{ict} = (SV_1 - 10.29))$ ، مثبت و از لحاظ آماری معنی‌دار است (اعداد داخل پرانتز بیانگر آماره  $t$  است). این مسئله گویای این واقعیت است که فن‌آوری اطلاعات و

1. Recursive Algorithm.
2. Observation Equation.
3. State Equation.

ارتباطات به رشد اقتصادی ایران کمک کرده و تأثیر آن بر رشد اقتصادی نیز معنی‌دار است. مطابق نمودار (۵) روند ضریب مذکور طی سال‌های جنگ از سال ۱۳۶۱ تا سال ۱۳۶۷ نزولی بوده ولی از سال ۱۳۶۸ به بعد روند آن صعودی شده است.<sup>۱</sup>

در سال‌های جنگ به دلیل کاهش سرمایه‌گذاری سرانه ارتباطات و همچنین، شرایط رکود اقتصادی ناشی از جنگ و از بین رفتن زیربناها و تحریم اقتصادی کشورهای پیشرفته روند نزولی تأثیر سرمایه‌گذاری ارتباطات در ایران تجربه شده است. اما، روند صعودی بعد از سال ۱۳۷۵ گویای این موضوع است که از یک طرف، با افزایش سهم سرمایه‌گذاری ارتباطات در تولید ناخالص داخلی و سرمایه‌گذاری

نمودار-۵. ضریب متغیر فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات *Bict* (۱۳۴۸-۱۳۸۰)

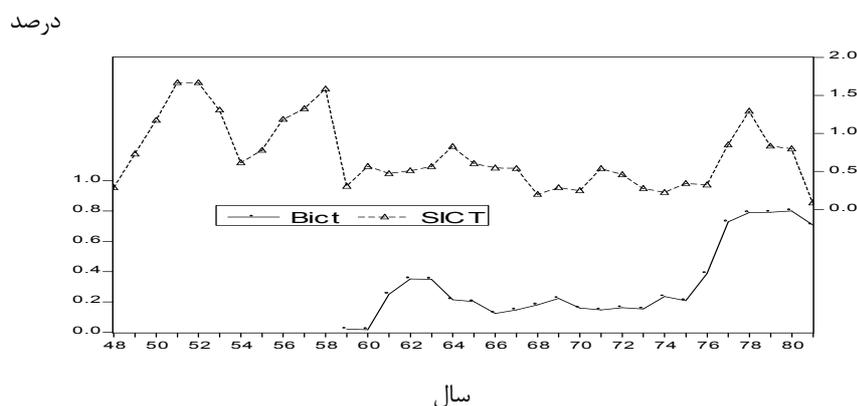


سرانه ارتباطات و تعمیق سرمایه، ارزش افزوده ارتباطات از رشد بسیار بالایی (متوسط سالانه ۱۴/۲ درصد) برخوردار شده و تأثیر فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات بر رشد اقتصادی بهبود یافته است. از طرف دیگر، بعد از دوره جنگ تحمیلی و تحریم های اقتصادی، کشور وارد یک دوره بهبود اقتصادی شده و با بازسازی و اصلاحات اقتصادی و توجه مجدد به زیربناهای اقتصادی، فرصت‌های جدیدی برای رشد به

۱. در مجموع، تعداد ۵ الگوی مختلف در این رابطه تخمین زده شد و علی‌رغم برخی تفاوت‌ها در متغیرها از جمله سرمایه انسانی، همه الگوها تأثیر مثبت و معنی‌دار فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات بر رشد اقتصادی ایران، را تأیید می‌کنند. در این رابطه، الگوی رشد با روش فضا-حالت نیز با توجه به نهاده فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات و الهام از مطالعات پوجولا (۲۰۰۲) و منکیو، رومر و ویل (۱۹۹۲) نیز برای ایران مورد آزمون قرار گرفت که در آن، ضریب متغیر فن‌آوری اطلاعات مثبت و در سال‌های اخیر افزایش یافته، ولی از لحاظ آماری معنی‌دار نیست. همچنین، ضریب متغیر سرمایه انسانی نیز منفی و از لحاظ آماری نیز معنی‌دار نیست. ضریب سرمایه فیزیکی غیر فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات نیز مثبت و معنی‌دار است. الگوی مذکور شامل متغیرهای سهم صادرات به تولید ناخالص داخلی و رشد مصرف انرژی نیست. برای اطلاعات بیشتر خواننده محترم می‌تواند به اصل رساله دکتری اسفندیار جهانگرد مراجعه نماید.

وجود آمده است. افزایش سرمایه‌گذاری ارتباطات و به ویژه، افزایش متوسط سالانه ۱۷ درصدی سرمایه‌گذاری سرانه ارتباطات طی هشت سال اخیر در قالب برخی شاخص‌ها و راه‌اندازی پروژه‌ها همانند راه‌اندازی و توسعه شبکه تلفن همراه، توسعه و گسترش شبکه تلفن ثابت، افزایش سطح بهره‌مندی از اینترنت کشور در حد متوسط، تخصیص بودجه خاص به فعالیت‌های فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات از طرف دولت، کاربرد فن‌آوری بارکد در زنجیره تأمین از سال ۱۳۷۶، شبکه داده‌های پست و تلگراف و تلفن (*Iran PAC*)، پروژه ارتباط اروپا و آسیا با استفاده از فیبر نوری و پیاده‌سازی پروتکل *SWIFT* در مورد نظام بانکی و افزایش تعداد رایانه‌های شخصی به ازای هر نفر مشخص است.

#### نمودار ۶- مقایسه روند ضریب برآوردی متغیر جانشین *ICT* (*Bict*) و نسبت سرمایه‌گذاری ارتباطات به تولید ناخالص داخلی (*SICT*) (۱۳۴۸-۱۳۸۰)



همچنین، در راستای ایجاد فضای لازم و عوامل مکمل برای فعالیت فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات، عملکرد مواد ۹۴، ۱۰۳ و ۱۱۶ قانون برنامه سوم که عمدتاً به ایجاد فضای حقوقی برای فعالیت‌های فن‌آوری اطلاعات و ارتباط و راه‌اندازی شبکه‌های رایانه‌ای و اطلاع‌رسانی در زمینه بازار سرمایه و شبکه‌های بازرگانی معطوف بوده به همراه حذف مانع مناقصه در ارجاع کارهای نرم‌افزاری و تصریح لزوم ارجاع کار به بخش خصوصی در سال‌های اخیر نیز تأثیر مثبت و صعودی فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات بر رشد اقتصاد ایران را موجب شده است. البته، مطابق نمودار در سه سال آخر از شدت تأثیر این فن‌آوری بر رشد اقتصاد ایران کاسته شده که از یک طرف، به دلیل کاهش سرمایه‌گذاری ارتباطات نسبت به سال‌های قبل به طوری که نسبت سرمایه‌گذاری ارتباطات به تولید ناخالص داخلی از ۱/۳ درصد در سال ۱۳۷۸ به کمتر از ۱ درصد در سال ۱۳۸۰ رسیده و از طرف دیگر، نبود برخی زیرساخت‌های لازم از جمله فعال نبودن بخش خصوصی کارآمد و دولتی بودن وجه غالب فعالیت‌های این فن‌آوری در سطح کشور و مکفی نبودن سرمایه انسانی کشور است. همان‌طور که گفته شد؛ در کشورهای پیشرفته و برخی کشورهای در

حال توسعه، تأثیر مثبت فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات با همراهی عوامل مکملی همانند سازمان‌دهی و تجربه مدیریتی، سازمان‌دهی بخشی و قانون‌گذاری، ساختار اقتصادی، سیاست‌های دولت و سرمایه‌گذاری در سرمایه انسانی در کنار سایر نهاده‌ها موجب بهبود فرایند تولید از طریق تعمیق سرمایه، پیشرفت فن‌آوری و کیفیت نیروی کار شده و نهایتاً، رشد بهره‌وری و رشد اقتصادی را به ارمغان آورده است. بنابراین، کشورهای توسعه یافته قبلاً به طور کامل در زیربنای، سرمایه انسانی، فرایندهای تجاری اطلاعاتی پیشرفت کرده‌اند و با سرمایه‌گذاری جدید در فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات به رشد اقتصادی پایدار دست یافتند. اما روند ضرایب الگوی برآوردی ما در سه سال اخیر و همچنین، برخی شواهد و شاخص‌های فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات اقتصاد ایران حاکی از نبود زیرساخت‌های لازم و مکمل برای تأثیر پایدار این فن‌آوری بر رشد اقتصاد است.

متغیر مهم دیگر موجود در الگو متغیر جانشین سرمایه انسانی است. بر اساس مبانی تئوریک، سطح بالای سرمایه انسانی با نرخ تطبیق فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات همبستگی قوی دارد. از آنجا که فن‌آوری‌های جدید دربرگیرنده ابزارهای جدید هستند؛ بنابراین، نرخ‌های سرمایه‌گذاری بالا همراه با سرمایه انسانی لازم، سرعت تطبیق فن‌آوری را بالا می‌برند. در الگوی برآوردی، علامت متغیر جانشین سرمایه انسانی مثبت ولی از لحاظ آماری بی‌معنی است. در این زمینه نتایج این الگو نیز نشان می‌دهد علی‌رغم برخی بهبودها در زمینه سرمایه انسانی در کشور، هنوز سطح سرمایه انسانی به اندازه‌ای که بر رشد اقتصادی تأثیر مثبت و معنی‌دار بگذارد؛ نرسیده است. البته، مطابق نظر اخیر سالای-مارتین (Sala-i-Martin, 2001) مطالعات دو دهه اخیر در زمینه ارتباط سرمایه انسانی و رشد اقتصادی حاکی از ضعیف بودن این دو است که نتایج این مطالعه نیز در این راستا است.

ضریب متغیر رشد مصرف انرژی به‌عنوان یکی از عوامل رشد اقتصادی در الگوی برآوردی مثبت و معنی‌دار است که مطابق چارچوب نظری الگوهای رشد اقتصادی است.

ضریب متغیر صادرات که به نوعی نشان‌دهنده اندازه بازار نیز است و همچنین، متغیر سرمایه‌گذاری غیر فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات، مثبت واز لحاظ آماری نیز در الگو معنی‌دار است و نشان می‌دهد که در کنار متغیر فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات افزایش سرمایه‌گذاری در سایر امور و همچنین، افزایش وسعت بازار به رشد اقتصادی کشور کمک خواهد کرد. همچنین، ضریب متغیر مجازی دوران جنگ در الگو منفی و معنی‌دار است که مطابق شواهد بازگوکننده تأثیر منفی دوران جنگ تحمیلی بر رشد اقتصادی و تخریب توانایی‌های کشور در دوره مذکور است.

## ۶. خلاصه و جمع‌بندی

اقتصاد نوین تا حد زیادی با فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات در هم تنیده شده و فکر کردن درباره توسعه اقتصاد نوین نیز بیشتر از تغییرات فن‌آوری محور و بهبوددهنده بهره‌وری از طرف عرضه آغاز شده است

و سپس، توسعه اقتصاد نوین را بر مبنای آنچه که پیشرفت فنی به طور تاریخی انجام داده بنا نهاده است.

اما، ادبیات اقتصادی نشان می‌دهد که فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) در هر دو بعد عرضه و تقاضا در اقتصاد اثر می‌گذارد. تبیین اثر فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات در طرف عرضه از طریق تابع تولید و در طرف تقاضا از طریق تابع مطلوبیت نشان داده می‌شود. هدف مقاله حاضر، بررسی سمت عرضه فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات در ایران است. فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات در کنار عوامل مکمل مانند سازمان‌دهی و تجربه مدیریتی، سازمان‌دهی بخشی و قانون‌گذاری، ساختار اقتصادی، سیاست‌های دولت و سرمایه‌گذاری در سرمایه انسانی، به‌عنوان نهاده به صورت سرمایه در تابع تولید وارد می‌شود و باعث بهبود فرایند تولید از طریق تعمیق سرمایه، پیشرفت فن‌آوری و کیفیت نیروی کار می‌شود. بنابراین، فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات می‌تواند افزایش ارزش افزوده در سه سطح بنگاه، بخش و کشور را موجب شده و نهایتاً رشد اقتصادی، رشد بهره‌وری نیروی کار، سوددهی و رفاه مصرف‌کننده را به ارمغان بیاورد. در این خصوص، بررسی مطالعات تجربی دنیا در دهه اخیر در سطوح بنگاه (خرد) و کشور (کلان) نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری در فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات موجب افزایش بهره‌وری نیروی کار و رشد اقتصادی شده است.

نتایج حاصل از تخمین معادله رشد درون‌زا با تأکید بر فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات در اقتصاد ایران نشان می‌دهد که با افزایش سهم سرمایه‌گذاری در ارتباطات و همچنین، سرمایه‌گذاری سرانه در ارتباطات تأثیر فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات بر رشد اقتصادی بهبود یافته است. البته، در سه سال آخر از شدت تأثیر این فن‌آوری بر رشد اقتصاد ایران کاسته شده که از یک طرف، به دلیل کاهش سرمایه‌گذاری ارتباطات نسبت به سال‌های قبل و از طرف دیگر، رشد نامناسب برخی زیرساخت‌های لازم از جمله، فعال نبودن بخش خصوصی کارآمد و دولتی بودن وجه غالب فعالیت‌های این فن‌آوری در سطح کشور و مکفی نبودن سرمایه انسانی است.

علامت همه ضرایب برآوردی در الگو مطابق چارچوب نظری است که تنها ضریب برآوردی سرمایه انسانی از لحاظ آماری بی‌معنی است.

## منابع

- بانک مرکزی ج.ا.ا. (۱۳۸۲). آمارهای حساب‌های ملی به قیمت ثابت ۱۳۷۶.
- دبیرخانه شورای عالی اطلاع رسانی، (۱۳۸۱). برنامه توسعه و کاربری فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات ایران (تکفا). خرداد.
- مرکز آمار ایران. (۱۳۸۲). تعدیل کیفی شاخص قیمت کالاها با استفاده از الگوی رگرسیونی هدانیک. مورد رایانه‌های شخصی. پژوهشکده آمار، تابستان.
- Barro.R.J Salai-Martin, X. (199۶). *Economic Growth*. McGraw Hill.inc.
- Brynjolfsson, Erik and Hitt, Lorin. (199۶). Is Information Systems Spending Productive? New Evidence and New Results. *The Proceedings of the 14th International Conference on Information Systems, Orlando, FL*.
- Brynjolfsson, Erik and Hitt, Lorin. (199۶). Information Technology as a Factor of Production: the Role of Differences among Firms. *Economics of Innovation and New Technology*, Vol.3: 183 199
- Brynjolfsson, Erik and Shinkyu, Yang. (199۶). Information Technology and Productivity: A Review of the Literature. *Advances in Computers, Academic Press, Vol.4*, PP. 179 214
- Dedrick J, Vijay Gurbaxani and Kenneth. L. Kraemer. (2003). Information Technology and Economic Performance: *A Critical Review of the Empirical Evidence*. Center for Research on Information Technology and Organizations. University of California, Irvine.
- Digital Economy. (200۲ 200۶). *Economics and Statistics Administration*. Office of Policy Development, U.S. Department of Commerce.
- Feldstein, M. (200۶). Why is Productivity Growing Faster?, *NBER#9530*
- Hamilton.J.D. (199۴). *Time Series Analysis*. Princeton University Press. Chapter 1 PP. 372 408
- ITU. (200۱). *Year Book of Statistics Telecommunication Service 1990 1999* International Telecommunication Union.
- Jones, I.C. (199۷). *Introduction to Economic Growth*. New York: W.W. Norton and Co. First Edition.
- Jorgenson, D.W. and Stiroh, J.K. (200۰). *Riasing the Speed Limit U.S Economic Growth in the Information Age*. Brookings Papers on Economic Activity, PP. 125 211
- Jorgenson, Dale W. (200۱). Information Technology and the U.S. Economy. *American Economic Review*, 91:1, PP. 1- 32
- Jorgenson, Dale W. and Stiroh, Kevin J. (1999). Information Technology and Growth. *American Economic Review*. 89 PP. 109 15
- Lal, K. (199۶). Information Technology, International Orientation and Performance: A Case Study of Electrical and Electronic Goods

- Manufacturing Firms in India. *Information Economics and Policy*, 8: PP. 269 -280
- Lal, K. (1999). *Information Technology and Exports: A case study of Indian garments manufacturing enterprises*. ZEF Discussion Papers on Development Policy, Bonn.
- Lee, Il-Houng, and Yougesh Khatri. (2003). Information Technology and Productivity Growth in Asia (*Washington: International Monetary Fund*, wp/03/15).
- Lichtenberg, Frank R. (1995). The Output Contributions of Computer Equipment and Personal: A Firm-Level Analysis. *Economics of Innovation and New Technology*, Vol.3: 204 217
- Mankiw N. Gregory, Romer David, and N. Weil. David. (1992) A Contribution to the Empirics of Economic Growth. *Quarterly Journal of Economics*, 107:407 –437
- Nour Samia Satti O. M. (2002) *The Impact of ICT on Economic Development in the Arab World: A Comparative Study of Egypt and the Gulf Countries*. The United Nations University (UNU)- Institute for New Technologies (INTECH).
- Oliner, D.S and Sitchel, D. (2002) Information Technology and Productivity: Where Are We Now and Where Are We Going? *Federal Reserve Bank Conference on Technology*.
- Pohjola, M. (2002) *The New Economy: Facts, Impacts and Policies*. *Information Economics and Policy*, No14 PP. 133 144
- Pohjola, M. (2002) *New Economy in Growth and Development*. United Nation University DP., No 2002/67.
- Quah, D. (2003). *Digital Goods and the New Economy*. Centre for Economic Performance, London School of Economics and Political Science.
- Quah, D. (2000). *The Weightless New Economy*. Economics Department LSE.
- Quah, D. (2002) *Technology Dissemination and Economic Growth: Some lessons for the New Economy*. In *Technology and the New Economy*, ed. Chong-En Bai and Chi-Wa Yuen Cambridge: MIT Press Chapter 3, PP. 95-156
- Roach, Stephen S. (1991). Services Under Siege: the Restructuring Imperative,” *Harvard Business Review*, 39:2 PP. 82-92 September - October.
- Romer, P. (1990). Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, Vol, 98: NO .5.

- 
- Romer, P.M. (1994). The Origins of Endogenous Growth. *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 8 No. 1.
- Sala-i-Martin, X. (2001). 15 Years of New Growth Economics : What Have We Learnt? *Fifth Annual Conference of the Central Bank of Chile*. Santiago.
- Vanhoudt P and Luca Onorante. (2001). Measuring Economic Growth and the New Economy, *EIB Papers*, 6(1): 6383
- Wolf, Susanna. (2001). *Determinants and Impact of ITC use for African SMEs: Implications for Rural South Africa*. Paper Prepared for TIPS Forum.
- IMF. (2002). *World Economic Outlook*, Chapter 3. The Information Technology Revolution.
- World Information Technology Services Alliance. (2002). *Digital Planet 2002* WITSA.
- World Bank. (2003). *World Development Indicator 2003*