

Explaining the threshold effects of investment on the relationship between telecommunication infrastructure and economic growth in order to improve the social development of Iranian provinces

Najibeh Tehrani Monzeh

Department of Economics, Aligudarz Branch, Islamic Azad University, Lorestan, Iran

Kamran Nadari *

Associate Professor, Faculty of Islamic Studies and Economics, Imam Sadegh University, Tehran, Iran

Mohammad Khorsand Zak

Department of Mathematics, Aligudarz Branch, Islamic Azad University, Lorestan, Iran

Abstract:

The aim of this paper is to explain the threshold effects of investment on the relationship between telecommunication infrastructure and economic growth in order to improve the social development of Iranian provinces. For this purpose, a model with a panel threshold approach (PSTR) was used based on annual data of Iranian provinces during the period 1390-1402. According to the results of estimating the nonlinear part of the model in Iranian provinces, a one-unit increase in the variables of the composite index of telecommunication infrastructure, literacy rate, gross capital formation, population growth rate, and trade leads to an increase of 0.11, 0.08, 0.17, 0.01, and 0.08 units of the economic growth index, respectively, and a one-unit increase in the inflation rate leads to a decrease of 0.17 units of the economic growth index. In the estimation of the present model, the variable of transfer is gross fixed investment, and the estimated threshold value for this variable was equal to 0.14 for the provinces of the country. By comparing the model coefficients in two different regimes, it is observed that when gross fixed investment crosses the threshold (0.14) (transition from the linear to nonlinear part), the response of economic growth indicators to changes in this variable has increased sharply, so that as gross fixed investment has increased, policymakers have tried to increase growth indicators by reacting more to it. From the perspective of domestic investment, the existence of advanced communication infrastructure is considered an important indicator in assessing the business environment. In regions where communication and information technologies are more developed, investors' confidence in the efficiency and security of investment increases. This issue is especially important in the processes of licensing, company registration, and access to digital financial services. As a result, telecommunications infrastructure stimulates domestic investment and increases the rate of provincial economic growth by reducing administrative barriers and increasing transparency.

Keywords: *Investment, telecommunication infrastructure, economic growth, Iranian provinces, panel threshold approach model.*

* Email: nadri@isu.ac.ir (Corresponding Author)

تبیین اثرات آستانه‌ای سرمایه‌گذاری بر رابطه مابین زیرساخت‌های مخابراتی و رشد اقتصادی در راستای بهبود توسعه اجتماعی استان‌های ایران

نجیبه طهرانی منزله^۱، کامران ندری^{۲*}، محمد خرسند زاک^۳

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۰۶/۱۵

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۰۵/۱۰

چکیده

هدف مقاله حاضر تبیین اثرات آستانه‌ای سرمایه‌گذاری بر رابطه مابین زیرساخت‌های مخابراتی و رشد اقتصادی در راستای بهبود توسعه اجتماعی استان‌های ایران است. برای این منظور از مدل با رویکرد آستانه‌ای پانل (PSTR) بر اساس داده‌های سالانه استان‌های ایران، طی دوره ۱۳۹۰-۱۴۰۲ استفاده شد. براساس نتایج برآورد قسمت غیرخطی مدل در استان‌های ایران یک واحد افزایش در متغیرهای شاخص ترکیبی زیرساخت‌های مخابراتی، نرخ باسواد، تشکیل سرمایه ناخالص، نرخ رشد جمعیت و تجارت به ترتیب منجر به افزایش ۰/۱۱، ۰/۰۸، ۰/۱۷، ۰/۰۱، ۰/۰۸ واحدی شاخص رشد اقتصادی می‌شود. در تخمین مدل حاضر، متغیر انتقال سرمایه‌گذاری ثابت ناخالص می‌باشد که مقدار حد آستانه برآورد شده برای این متغیر برابر با ۰/۱۴ برای استان‌های کشور بوده است. با مقایسه ضرایب الگو در دو رژیم مختلف ملاحظه می‌گردد که با عبور سرمایه‌گذاری ثابت ناخالص از حد آستانه (۰/۱۴) (انتقال از بخش خطی به غیرخطی) واکنش شاخص‌های رشد اقتصادی به تغییرات این متغیر به شدت افزایش یافته، بدین ترتیب که هر چه سرمایه‌گذاری ثابت ناخالص بیشتر شده است، سیاست‌گذاران تلاش کرده‌اند که با عکس-العمل بیشتر به آن، شاخص‌های رشد را افزایش دهند. از منظر سرمایه‌گذاری داخلی، وجود زیرساخت‌های ارتباطی پیشرفته، شاخص مهمی در ارزیابی محیط کسب و کار تلقی می‌شود. در مناطقی که فناوری‌های ارتباطی و اطلاعاتی توسعه یافته‌تر هستند، اطمینان سرمایه‌گذاران نسبت به بازدهی و امنیت سرمایه‌گذاری افزایش می‌یابد. این موضوع به ویژه در فرآیندهای صدور مجوز، ثبت شرکت، دسترسی به خدمات مالی دیجیتال، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. در نتیجه، زیرساخت‌های مخابراتی با کاهش موانع اجرایی و افزایش شفافیت، محرک سرمایه‌گذاری داخلی و افزایش نرخ رشد اقتصادی استانی می‌گردد.

واژگان کلیدی: سرمایه‌گذاری، زیرساخت‌های مخابراتی، رشد اقتصادی، استان‌های ایران، مدل رویکرد آستانه‌ای پانل.

۱- مقدمه

امروزه زیرساخت‌های مخابراتی در حال تبدیل شدن به محور اصلی و شکل‌دهنده قدرت رقابت‌پذیری ملی کشورها است. تجربه تاریخی اخیر در عرصه پیشرفت‌های اقتصادی نشان می‌دهد هر زمان که کشورهای توسعه‌یافته به‌سوی توسعه مرزهای فناوری گام برداشته‌اند، این زیرساخت‌های مخابراتی بوده که نقشی حیاتی را برای ادامه نوآوری‌ها در خلق فرآیندها و محصولات جدید و در نتیجه ایجاد مزیت رقابتی

^۱ گروه اقتصاد، واحد الیگودرز، دانشگاه آزاد اسلامی، لرستان، ایران: (E mail: n.tehranimonazah@iau.ac.ir)

^۲ دانشیار دانشکده معارف اسلامی و اقتصاد، دانشگاه امام صادق (ع)، تهران ایران، (نویسنده مسئول): (E mail: nadri@isu.ac.ir)

^۳ گروه ریاضی، واحد الیگودرز، دانشگاه آزاد اسلامی، لرستان، ایران: (E mail: Khorsand@iau.ac.ir)

برعهده داشته است (خائه و هانگ^۱، ۲۰۲۳). زیرساخت‌های مخابراتی که تا چندین سال قبل به‌عنوان یک برتری رقابتی و یک سلاح راهبردی موردتوجه بود، امروزه به‌عنوان یک نیاز رقابتی مطرح است. نقش پررنگ تکنولوژی اطلاعات و ارتباطات در جوامع و تغییرات و دگرگونی‌هایی که زیرساخت‌های مخابراتی در زمینه‌های مختلف ایجاد کرده است (گومز و همکاران^۲، ۲۰۲۲). در شرایط کنونی که اقتصاد جهانی با چالش‌های متعددی روبه‌رو است، نباید از قابلیت‌ها و توانایی‌های بسیار زیاد ((آی سی تی)) در رشد و نوآوری غافل ماند. زیرساخت‌های مخابراتی در میان مدت و بلندمدت از نقش حیاتی و بسیار مهمی در تسهیل فرآیند بهبود شرایط اقتصادی و همچنین ایجاد قدرت رقابت‌پذیری ملی برخوردار است (لی و همکاران^۳، ۲۰۲۰). پس از جنگ جهانی دوم نظر بیشتر کشورها به رشد اقتصادی معطوف شد و دولت‌ها کوشیدند تا از رشد اقتصادی به‌عنوان عاملی برای تحکیم سیاست‌های خود استفاده کنند. توسعه اقتصادی، مستلزم انباشت سرمایه است. بازار سرمایه به‌عنوان یکی از رکن‌های بازار مالی نقش به‌سزایی در بسیج امکانات مالی و سرمایه‌ای به‌منظور رشد و توسعه اقتصادی کشورها دارد و هم‌اکنون در بسیاری از کشورهای جهان نقش تامین مالی اعتبارات مورد نیاز بنگاه‌های اقتصادی را برعهده دارند (ماسکانی و همکاران^۴، ۲۰۲۱).

از طرفی زیرساخت‌های مخابراتی موجب نوآوری و اختراع در فناوری علمی، مقیاس‌های مدیریتی و نظام‌های اجتماعی و سیاسی می‌گردند. بر اساس مدل‌های رشد درونزا، سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های مخابراتی موجبات افزایش رشد اقتصادی در کشورهای در حال توسعه می‌گردند (ماوردی و همکاران^۵، ۲۰۲۴).

مطالعات تجربی گلد اسمیت (۱۹۶۹) و مک کینون (۱۹۷۳) رابطه بسیار نزدیکی بین زیرساخت‌های مخابراتی و رشد اقتصادی را در بین برخی از کشورها نشان می‌دهد. پاگانو (۱۹۹۳) با استفاده از مدل‌های رشد درونزا نتیجه می‌گیرد که زیرساخت‌های مخابراتی از طریق افزایش نرخ پس‌انداز باعث افزایش نرخ سرمایه‌گذاری و نهایتاً افزایش رشد اقتصادی می‌شود. از طرفی در دهه‌های اخیر زیرساخت‌های مخابراتی در کنار سایر نهاده‌های تولید نظیر سرمایه و نیروی کار به‌عنوان یکی از عوامل اصلی تولید موردتوجه قرار گرفته است (ماوردی و همکاران، ۲۰۲۴). در چهارچوب اقتصاددانش محور هزینه‌های تحقیق و توسعه علاوه بر دیدگاه نهاد تولید، به‌عنوان گونه‌ای از سرمایه‌گذاری‌ها در اقتصاد شناخته شده‌اند. بدین معنا که صرف هزینه‌های تحقیق و توسعه، سرمایه‌گذاری برای پایداری اقتصاد به شمار می‌آید. با چنین نگرشی، زیرساخت‌های مخابراتی در حساب‌های ملی بخشی از منبع اصلی رشد اقتصادی بوده و توجه به آن الزامی برای اقتصادهای امروزی است (کورنی‌اواتی^۶، ۲۰۲۵). از طرفی جنگ واقعی کشورها در دهه‌های آینده نه بر سر انرژی خواهد بود و نه بر سر بازارها، بلکه جنگ واقعی برای سرمایه‌های انسانی است. ازاین‌رو، کشورها بیش‌ازپیش به افرادی نیاز دارند که استعدادها و قابلیت‌های وجودی‌شان به گونه‌ای پرورش یافته باشد که از دانش، تخصص، مهارت و از همه مهم‌تر، توانایی تفکر خلاق به خوبی برخوردار باشند (جهانگر و همکاران^۷، ۲۰۲۲).

بخش تحقیق و توسعه با تاثیرگذاری بر زیرساخت‌های مخابراتی و هزینه‌های تولید و افزایش بهره‌وری عوامل تولید به‌ویژه نیروی کار، بازارهای مختلف ازجمله بازار کار را تحت‌تاثیر قرار داده و می‌تواند موجب افزایش رشد و توسعه اقتصادی شود (کوماری و سینگ^۸، ۲۰۲۵). بنابراین هدف اصلی این مطالعه شناخت و بررسی نحوه اثر زیرساخت‌های مخابراتی بر رشد اقتصادی می‌باشد، که آگاهی از پتانسیل زیرساخت‌های مخابراتی و همچنین دادن پیشنهادات سیاستی به دولتمردان برای تمرکز بیشتر بر روی زیرساخت‌های مخابراتی می‌تواند به افزایش رشد اقتصادی کمک شایان به ذکر نماید که تاکنون مطالعه‌ای در داخل کشور بشکل داده‌های استانی به بررسی موضوع حاضر نپرداخته است. بنابراین بررسی اثرات آستانه‌ای سرمایه‌گذاری بر رابطه مابین زیرساخت‌های مخابراتی و رشد اقتصادی در راستای بهبود توسعه اجتماعی استان‌های ایران از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که توجه به این موضوع را دوچندان می‌کند. در ادامه ساختار مقاله به اینصورت تنظیم شده است که در بخش دوم مبانی نظری شامل تئوری‌های مطرح و نتایج مطالعات تجربی صورت گرفته در ارتباط با موضوع ارائه شده است. در بخش سوم مدل، روش تحقیق و آزمون‌های مورد استفاده بیان شده است. بخش چهارم نیز به نتایج آزمون‌ها و تخمین مدل اختصاص یافته است. در بخش پنجم خلاصه و نتیجه‌گیری ارائه می‌گردد.

¹ ie and Huang

² Sofia Gomes et al

³ Li et al

⁴ Giulia Mascagni et al

⁵ Imron Mawardi et al

⁶ Kurniawati

⁷ Jahanger et al

⁸ Kumari and Singh

۲- ادبیات موضوع

زیرساخت‌های مخابراتی بدون شک تحولات گسترده‌ای را در تمامی عرصه‌های اجتماعی و اقتصادی بشریت به دنبال داشته و تاثیر آن بر جوامع بشری بگونه‌ای است که جهان امروز به سرعت در حال تبدیل شدن به یک جامعه اطلاعاتی است. جامعه‌ای که در آن دانایی و میزان دسترسی و استفاده مفید از دانش، دارای نقشی محوری و تعیین کننده است. گستره کاربرد و تاثیرات آن در ابعاد مختلف زندگی امروزی و آینده جوامع بشری به یکی از مهمترین مباحث روز جهان مبدل شده و توجه بسیاری از کشورهای جهان را به خود معطوف کرده است (گومز و همکاران^۱، ۲۰۲۲)، اما در تعریف زیرساخت‌های مخابراتی می‌توان گفت؛ زیرساخت‌های مخابراتی عبارت است از گردآوری، سازماندهی، ذخیره و نشر اطلاعات اعم از صوت، تصویر، متن یا عدد که با استفاده از ابزار رایانه‌ای و مخابرات صورت پذیرد. صرفنظر از تعاریف متنوع و دامنه وسیع کاربرد زیرساخت‌های مخابراتی در بخش‌های مختلف زندگی بشری، دسترسی سریع به اطلاعات و انجام امور بدون در نظر گرفتن فواصل جغرافیایی و فارغ از محدودیت‌های زمانی محوری‌ترین دستاورد این فناوری است. می‌توان از ارتباطات مطمئن و در دسترس بصورت کارآمد، به عنوان بخشی از ابزار مطرح‌سازی مشکلات جهانی بهره گرفت. ممکن است زیرساخت‌های مخابراتی به تنهایی گرسنه‌ها را سیر نکند، گرسنگی را ریشه کن نکند، یا مرگومیر کودکان را نکاهد، اما عواملی بیش از پیش و با اهمیت هستند که رشد اقتصادی و برابری اجتماعی را به حرکت درمی‌آورند (کوماری و سینگ^۲، ۲۰۲۵). زیرساخت‌های مخابراتی؛ تولید، تنوع و توزیع کارآمد محصولات کشاورزی را مقدور می‌سازد و امکان عرضه خدمات اولیه بهداشتی به افراد بسیار نیازمند مناطق محروم از تسهیلات بهداشتی را فراهم‌تر می‌سازد. همچنین به آموزگاران این امکان را می‌دهد که دانش خود را به دورافتاده‌ترین نقاط این سیاره برسانند. دسترسی به زیرساخت‌های مخابراتی می‌تواند ایجاد شرکت‌های کوچک و گروه‌بندی فقیرترین و دورافتاده‌ترین مناطق جهان را تقویت کند و به آنها کمک کند و بخش عمده بازارهای داخلی و جهانی را به هم پیوند دهد (سامی رحمان و همکاران^۳، ۲۰۲۳).

زیرساخت‌های مخابراتی امکان جهش زیر ساخت‌های فقیر را طوری فراهم ساخته که دوری از بازارها دیگر عامل زیان نیست و کانال‌های توزیع ناکارآمد، دیگر از میان رفته و به گذشته‌ها متعلق می‌شوند (آواد و البایتی^۴، ۲۰۲۴). زیرساخت‌های مخابراتی می‌تواند تاثیر بسیار زیادی در بهبود حکومت‌گردانی برجای گذارد، می‌تواند به مردمی که دورافتاده، زبان بسته و غیرقابل بروز بوده‌اند صدایی بدهد که بتوانند صرف نظر از جنسیت و مکان زندگی خود سخن بگویند. با این اوصاف با پذیرش قدرت فراوان زیرساخت‌های مخابراتی در بهبود و اعتلای اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی مردم، باید آن را محور تمام راهبردهای توسعه قرار دهیم که در ادامه به بررسی این شاخص و تاثیر آن بر تمام بخش‌های اقتصادی و اجتماعی افراد جامعه و دولت خواهیم پرداخت.

۱-۲- چارچوب نظری زیرساخت‌های مخابراتی در راستای رشد اقتصادی

رشد سریع و فزاینده زیرساخت‌های مخابراتی زندگی امروزی بشر را بطور وسیع تحت تاثیر قرار داده است و به نظر می‌رسد که بیشترین تاثیر را در حداقل زمان ممکن بر شرایط رشد و توسعه اقتصادی و اجتماعی جوامع بر جای نهاده است. امروزه سهم بالایی از فعالیت‌های اقتصادی مرتبط با تولید، انتقال و ذخیره‌سازی و توزیع داده‌ها و اطلاعات بین عاملان اقتصادی است و بنابراین پیشرفت زیرساخت‌های مخابراتی تاثیر بسیار زیادی بر فعالیت‌های اقتصادی آنان گذاشته است (آبوالفول و همکاران^۵، ۲۰۲۴). این تاثیر به گونه‌ای است که اکثر کشورهای دنیا، رویکرد توسعه اقتصادی بر اساس اقتصاددانش محور را جایگزین توسعه اقتصادی مبتنی بر منابع نموده‌اند. بدون شک تاثیر زیرساخت‌های مخابراتی به گونه‌ای است که جهان امروز را به سرعت به یک جامعه اطلاعاتی تبدیل می‌نماید. در عصر اطلاعات و ارتباطات سطح بینش و آگاهی مردم افزایش یافته و سهم بالایی از فعالیت آنها، در قالب شبکه‌های ارتباطی در حال انجام است و بر کلیه فعالیت‌های اجتماعی اثر گذاشته و تحولاتی را در آن ایجاد کرده است. توجه به فعالیت‌های صنعتی با رویکرد استفاده از تکنولوژی‌های نوین و بالا رفتن سهم زیرساخت‌های مخابراتی در ارزش افزوده و بازدهی فعالیت‌های صنعتی به خصوص صنعت (ساخت) زمینه این سوال را در ذهن ایجاد می‌نماید که تاثیر آن بر تولید در استان‌های ایران چگونه است. البته همانگونه که اشاره شد، تاثیرگذاری مثبت زیرساخت‌های مخابراتی و ارتباطات بر رشد و توسعه اقتصادی استان‌ها، نیازمند فراهم شدن تمام زیر ساخت‌ها و پرورش و تربیت نیروی کار تحصیل کرده و عبارتی آماده بودن تمام شرایط برای پذیرش این تکنولوژی در سطوح مختلف می‌باشد که با مثبت فرض کردن شرایط بالا برای استان‌ها، نحوه اثرگذاری زیرساخت‌های مخابراتی بر رشد استان‌ها به شکل زیر می‌باشد (کورنیواتی^۶، ۲۰۲۵).

¹ Sofia Gomes et al

² Kumari and Singh

³ Sami Rahman et al

⁴ Awad and Albaity

⁵ Alfoul et al

⁶ Kurniawati

اثر زیرساخت‌های مخابراتی بر رشد و توسعه اقتصادی از هر دو سمت تقاضا و عرضه قابل بررسی است. در طرف عرضه، رشد زیرساخت‌های مخابراتی و مهارت‌های آن منجر به افزایش بهره‌وری فعالیت‌های اقتصادی و در نتیجه رشد اقتصادی خواهد شد و از سمت تقاضا نیز منجر به افزایش تقاضا برای محصولات و خدمات جدید می‌شود. چنانچه تابع تولید یک بنگاه اقتصادی متأثر از نهاده‌های زیرساخت‌های مخابراتی (C)، نیروی کار (L) و دیگر انواع سرمایه‌های فیزیکی (K) باشد، معادله زیر بیانگر تابع تولید بنگاه مزبور است (ادلی و همکاران^۱، ۲۰۱۹):

$$Q_t = A_t f(C_t, L_t, K_t) \quad \text{معادله (۱)}$$

Q_t : نشان دهنده ارزش افزوده کل است. همانطور که مشاهده می‌شود، افزایش ارزش افزوده زیرساخت‌های مخابراتی C_t به طور مستقیم از طریق افزایش تولیدات این بخش، ارزش افزوده کل را تحت تأثیر قرار می‌دهد. همچنین زیرساخت‌های مخابراتی به عنوان نهاده C_t در فرآیند تولید سایر محصولات و خدمات اثرگذار بوده و در نتیجه رشد زیرساخت‌های مخابراتی به طور غیر مستقیم رشد تولید کالاها و خدمات را منجر می‌شود. دیگر اینکه زیرساخت‌های مخابراتی به طور خاص سبب ارتقا دانش تولید و ارائه خدمات نوین در سایر بخش‌ها شده و از طریق شاخص تغییرات تکنولوژی A_t بر تولید اثرگذار خواهد بود. در حالت کلی زیرساخت‌های مخابراتی، یکی عوامل مهم در متحول نمودن حیات بشر طی دهه‌های اخیر بوده است و تقریباً نمی‌توان بخشی از زندگی امروزه بشر (به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم) را یافت که از قابلیت‌های این فن‌آوری بهره‌مند نشده باشد. انقلاب زیرساخت‌های مخابراتی، کاهش هزینه‌های مخابراتی و ظهور پدیده وب جهان‌گستر موجب ورود رایانه‌های پر قدرت شخصی به منازل، دفاتر کار، بخش صنعت، خدمات، سلامت و عبارتی تمام بخش‌های زندگی افراد شده و بتدریج نیاز زندگی و تجارت، افراد جامعه را در سراسر جهان به هم پیوند داده و مرزهای جغرافیایی را پشت سر گذاشته است. ضمن آن که بدون شک بخش قابل‌توجهی از رشد و توسعه اقتصادی استان‌ها طی دهه اخیر در سایه استفاده مطلوب از قابلیت‌های این فن‌آوری و فرصت‌های ایجاد شده از آن حاصل شده است (جهانگر و همکاران^۲، ۲۰۲۲).

۱-۲-۱- مدل حداکثر سازی سود یا حداقل سازی هزینه

اگر تابع تولید به صورت $Y = F(L, K)$ (که در آن Y تولید، K و L به ترتیب عامل سرمایه و نیروی کار است) و P قیمت محصول توجه به محدودیت هزینه، تقاضای عامل تولید کار، به صورت زیر به دست می‌آید $L = W(w, p, y)$ ، در تابع فوق، L تقاضای نیروی کار است که تابع دستمزد، قیمت محصول و سطح است. در الگوی فوق می‌توان نیروی کار را بر حسب مهارت تقسیم بندی و الگوی تقاضای آن را ارائه داد. به همین شکل می‌توان تابع تقاضای سرمایه را استخراج کرد. تفکیک سرمایه بر حسب سرمایه فیزیکی و سرمایه گذاری در تحقیق و توسعه، الگو تقاضای نیروی کار را کامل تر می‌کند. تابع تولیدی که در اینجا معرفی می‌شود، از نوع تابع تولید نئوکلاسیک است. الگوی مدل حاضر بر اساس مطالعه چنلز و رن (۱۹۹۹)^۳ می‌باشد. در مطالعه آنها، سه عامل متغیر شامل نیروی کار ماهر، نیروی کار غیر ماهر، مواد اولیه و دو عامل ثابت تولید شامل سرمایه فیزیکی (K) و سرمایه فناوری در قالب هزینه تحقیق و توسعه (R) معرفی شده است. تابع هزینه برگرفته از تابع تولید در قالب تابع هزینه ترانسلوک به شرح زیر می‌باشد (آبوالفول و همکاران^۴، ۲۰۲۴).

معادله (۲)

$$\ln C = a_0 + \sum_h \sum_{i=B,W,M} a_{hi} D_h \ln w_i + \sum_{i=B,W,M} \sum_{j=B,W,M} \beta_{ij} \ln w_i \ln w_j + \beta_q \ln q + \sum_{j=B,W,M} \beta_{iq} \ln w_i \ln q + \beta_K \ln K + \sum_{j=B,W,M} \beta_{iK} \ln w_i \ln K + \beta_R \ln R + \sum_{j=B,W,M} \beta_{iR} \ln w_i \ln R$$

در این الگو (معادله ۲) متغیرها به صورت لگاریتمی می‌باشند. متغیر C نشان دهنده هزینه، $\ln K$ لگاریتم سرمایه فیزیکی، $\ln q$ لگاریتم تولید، $\ln R$ لگاریتم زیرساخت‌های مخابراتی یا فناوری، β اندیس کارگران غیر ماهر، w اندیس کارگران ماهر و M اندیس مواد اولیه و α پارامتر اثر قیمتی و D_h متغیر مجازی است. از آنجا که تابع هزینه، همگن از درجه یک بر حسب قیمت هاست، محدودیت‌های زیر وجود دارد::

$$\sum_{j=B,W,M} \beta_{ij} = \sum_{i=B,W,M} \beta_{ij} = \sum_{i=B,W,M} \sum_{j=B,W,M} \beta_{ij} = \sum_{i=B,W,M} \beta_{iR} = \sum_{j=B,W,M} \beta_{ik} \quad \text{معادله (۳)}$$

^۱ Adeleye et al

^۲ Jahanger et al

^۳ Chennells Lucy and Reenen

^۴ Alfoul et al

اگر معادله (۳) با یکی از عوامل قیمتی همانند قیمت مواد اولیه W_m نرمال شود، در آن صورت یک تابع هزینه ترانسلوگ که در آن هزینه‌ها تابعی از قیمت‌های نسبی عوامل تولید، سرمایه فناوری و دیگر فعل و انفعالات (نسبت به قیمت مواد اولیه) است به دست می‌آید. از لم شفارد، سهم هزینه به صورت زیر محاسبه می‌شود:

معادله (۴)

$$S_B = \alpha_B + \sum_{i=B,W} \beta_B 1n(w_i / w_m) + \beta_{Bq} 1nq + \beta_{bk} 1nK + \beta_{BR} 1nR$$

$$S_w = \alpha_w + \sum_{i=B,W} \beta_w 1n(w_i / w_m) + \beta_{wq} 1nq + \beta_{wk} 1nK + \beta_{wR} 1nR$$

در توابع فوق، تأثیر زیرساخت‌های مخابراتی بر اشتغال نیروی کار ماهر و غیر ماهر تابع نسبت هزینه تحقیق و توسعه (R)، سرمایه فیزیکی (K)، تولید (q) و نسبت دستمزد کارگران ماهر به هزینه مواد اولیه (W_i, W_m) است. بسیاری از محققان از این نسبت بعنوان مفهوم زیرساخت‌های مخابراتی استفاده کرده اند. در الگوی فوق تمامی متغیرها نسبتی از ارزش افزوده هستند. متغیر مجازی دستمزدها در این الگو به صورت نسبی در نظر گرفته می شود. برای لحاظ هموتیکی بودن تابع تولید می توانیم محدودیت زیر را اعمال کنیم (گومز و همکاران^۱، ۲۰۲۲).

$$\beta_{iq} = -(\beta_{iR} + \beta_{iK}), i = B, W$$

در این صورت معادله‌های سهم هزینه نیروی کار غیر ماهر و ماهر به ترتیب به صورت زیر خواهد بود:

معادله (۵)

$$S_B = \alpha_B + \sum_{i=B,q} \beta_B 1n(w_i / w_m) + \beta_{BK} 1n(K/q) + \beta_{BR} 1n(R/q)$$

$$S_w = \alpha_w + \sum_{i=B,w} \beta_w 1n(w_i / w_m) + \beta_{wK} 1n(K/q) + \beta_{wR} 1n(R/q)$$

در اثر تغییر زیرساخت‌های مخابراتی اگر ضریب $\beta_{BR} > 0, \beta_{wk} > 0$ باشد. فناوری مورد استفاده کاربر است. وقتی که $\beta_{BR} > 0, \beta_{wR} > 0$ باشد، فناوری مورد استفاده در فرایند تولید مهارت بر است.

۲-۱-۲- مدل تابع تولید

با فرض اینکه تابع تولید به شکل کاب داگلاس باشد، بنابراین:

$$Y = AC^{\alpha_c} K^{\alpha_k} H^{\alpha_h} L^{\alpha_l}$$

معادله (۶)

به منظور خطی نمودن از تابع فوق، لگاریتم طبیعی گرفته می‌شود:

$$LnY = 1nA + \alpha_c 1nC + \alpha_k 1nK + \alpha_h 1nH + \alpha_l 1nL$$

معادله (۷)

این تابع برای تحلیل‌های سری زمانی برای یک کشور و تحلیل‌های بین کشوری یا استانی قابل تخمین می‌باشد. بایستی توجه نمود که تخمین در سطح، باعث بروز بسیاری از مشکلات در رابطه با رشد اقتصادی خواهد شد. مشتق معادله بر حسب زمان به صورت زیر خواهد شد (آواد و البایتی^۲، ۲۰۲۴):

$$\hat{Y} = \hat{A} + \alpha_c \hat{C} + \alpha_k \hat{K} + \alpha_h \hat{H} + \alpha_l \hat{L}$$

معادله (۸)

با فرض بازدهی ثابت نسبت به مقیاس تولید و چنانچه پرداخت به عوامل تولید به اندازه تولید نهایی باشد، ضریب α سهم عوامل در کل درآمد را بیان می‌کند.

¹ Sofia Gomes et al

² Awad and Albaity

۳-۱-۲- مدل تئوری رشد در مطالعات کاربردی

در مطالعات کاربردی باتوجه به کمبود آمار و اطلاعات در زمینه موجودی سرمایه زیرساخت‌های مخابراتی و سهم آن در درآمد ملی، پژوهشگران از فرض‌های ساده‌سازی و منابع اطلاعات جایگزین در برآورد تاثیر سرمایه‌گذاری زیرساخت‌های مخابراتی، قیمت و موجودی سرمایه رجوع می‌کنند. با در نظر گرفتن تغییرات زیرساخت‌های مخابراتی در معادله زیر خواهیم داشت:

$$Y = C^{\alpha_c} K^{\alpha_k} H^{\alpha_h} (AL)^{1-\alpha_c-\alpha_k-\alpha_h} \quad \text{معادله (۹)}$$

در این تابع فرض بر آن است که تغییرات از نوع کارافزا و بازده نسبت به مقیاس ثابت باشد. الگوی مذکور دارای سه نوع سرمایه: انسانی، زیرساخت‌های مخابراتی و فیزیکی است. الگوی سولو فرض می‌کند که قسمت ثابتی از تولید در هر یک از انواع سرمایه، سرمایه‌گذاری می‌شود. در این الگو y سطح تولید برای هر واحد نیروی کار موثر، $y = Y/AN$ و c ، k و h هر کدام بیانگر موجودی انواع سرمایه به ازای هر واحد نیروی کار موثر می‌باشد. بنابراین معادله رشد انواع سرمایه‌ها به صورت زیر بدست می‌آید: (ادلی و همکاران، ۲۰۱۹):

معادله (۱۰)

$$dc(t)/dt = s_c y(t) - (\alpha + n + \delta_c)c(t)$$

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

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

همان طور که مشاهده می‌شود، ضریب s معرف نرخ پس انداز در هریک از انواع سرمایه هاست و δ نرخ استهلاک می‌باشد. نهاده نیروی کار و فناوری با نرخ‌های برون زای n و α رشد می‌کند. حل معادلات فوق به منظور دستیابی به مقدار حالت پایدار یکنواخت است. معادله (۱۱)

$$\alpha > 0, n > 0, \delta > 0$$

$$s_c + s_k + s_n < 1$$

با جایگزین نمودن معادلات فوق در تابع خواهیم داشت:

معادله (۱۲)

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

که در آن:

معادله (۱۳)

$$\alpha_c = \ln A(0) + \alpha t$$

$$\beta = \alpha_c + \alpha_k + \alpha_h$$

است و نرخ استهلاک برای تمام انواع موجودی سرمایه $\delta < 1$ و همچنین $\beta < 1$ فرض شده است. بنابراین حالت یکنواخت تولید سرانه نیروی کار یا بهره‌وری نیروی کار، رابطه مثبت با نرخ‌های پس‌انداز انواع سرمایه‌ها دارد و با نرخ رشد جمعیت و استهلاک سرمایه رابطه منفی دارد. نهایتاً اینکه بهره‌وری نیروی کار در استان‌هایی که سرمایه‌گذاری بیشتری در سرمایه فناوری ارتباطات و اطلاعات نسبت به دیگر استان‌ها انجام می‌دهند، با فرض برابری سایر موارد بالاتر می‌باشد. در صورتی که آمار نسبت سرمایه‌گذاری (یا پس‌انداز) در هر نوع سرمایه‌ای در استان‌ها قابل دسترس باشد، معادله بالا را می‌توان تخمین زد. بنابراین نیازی به اندازه‌گیری موجودی سرمایه نیست. حداقل سه مساله در خصوص مشخصات الگوی فوق وجود دارد. اول ویژگی تابع تولید کاب داگلاس حاکی از این است که درآمد حاصل شده توسط موجودی سرمایه زیرساخت‌های مخابراتی سهم ثابتی از درآمد ملی را در بر می‌گیرد. این مورد در زمان افزایش تطبیق زیرساخت‌های مخابراتی صحیح نیست. دوم استفاده از یک نرخ استهلاک برای همه موجودی‌های سرمایه مشکل ساز است چرا که سرمایه‌های زیرساخت‌های مخابراتی طول عمر استفاده آنها نسبت به سایر سرمایه‌ها کمتر است. سوم، این که معادله بالا بر مبنای این فرض که همه کشورها در حالت یکنواخت هستند

می‌باشد. این موضوع که همگرایی به حالت یکنواخت به آرامی انجام می‌شود غیر واقعی است. دو فرض ساده ساز اول را نمی‌توان به آسانی کنار گذاشت. مشکل سوم به آسانی با الگوسازی همگرا به حالت یکنواخت ثابت و ماندنی می‌شود.

معادله (۱۴)

$$\ln \frac{Y(t)}{L(t)} - \ln \frac{Y(0)}{L(0)} = \theta \ln A(0) + at + \theta \frac{a_c}{1-\beta} \ln s_c + \theta \frac{a_k}{1-\beta} \ln s_k + \theta \frac{a_h}{1-\beta} \ln s_h - \theta \frac{\beta}{1-\beta} \ln(\alpha + n + \delta) - \ln \frac{Y(0)}{L(0)}$$

که در رابطه بالا $Y(0)$ و $L(0)$ تولید و نیروی کار در زمان اولیه هستند و $\lambda = \beta(\alpha + n + \delta)$ ، $\theta = (1 - e^{-\lambda t})$ سرعت همگرایی را اندازه می‌گیرند.^۱ این معادله می‌گوید که بهره‌وری در استان‌هایی که سرمایه‌گذاری بیشتری در سرمایه زیرساخت‌های مخابراتی می‌کنند و در سایر موارد برابر هستند، سریع‌تر رشد می‌کنند.

۲-۲- پیشینه مطالعات

کورنیواتی^۲ (۲۰۲۵) در مقاله‌ای با عنوان زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات، توسعه نوآوری و رشد اقتصادی: شواهد تطبیقی بین دو دهه در کشورهای OECD با استفاده از داده‌های پانلی برای بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۴ و مدل اقتصادسنجی، اثرات سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های ICT را بر رشد اقتصادی بررسی کرد. نتایج نشان داد که توسعه زیرساخت‌های فناوری اطلاعات نقش مؤثری در ارتقاء بهره‌وری و نوآوری داشته و به رشد اقتصادی پایدار کشورهای OECD کمک کرده است. این مطالعه تأکید کرد که هم‌افزایی بین نوآوری و زیرساخت‌های ICT، رشد اقتصادی را به‌طور چشمگیری تقویت می‌کند.

کوماری و سینگ^۳ (۲۰۲۵) در مقاله‌ای با عنوان تأثیر زیرساخت‌های ICT، توسعه مالی و آزادی تجاری بر رشد اقتصادی: شواهد نوین از کشورهای کم‌درآمد و پردرآمد با استفاده از داده‌های پانلی کشورهای مختلف در بازه زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۳ و تکنیک‌های اقتصادسنجی پیشرفته، تأثیر مثبت زیرساخت‌های ICT بر رشد اقتصادی را به‌ویژه در کشورهای کم‌درآمد نشان دادند. مطالعه همچنین نقش مکمل توسعه مالی و آزادی تجاری را در افزایش اثرگذاری زیرساخت‌های ICT برجسته کرد و تأکید داشت که این متغیرها در کنار هم به ارتقاء رشد اقتصادی کمک می‌کنند.

آواد و البایتی^۴ (۲۰۲۴) در مقاله‌ای با عنوان رشد اقتصادی و گسترش زیرساخت‌های ICT کدامیک علت دیگری است؟ با بررسی داده‌های سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۲ و بهره‌گیری از روش‌های اقتصادسنجی پیشرفته، رابطه دوسویه بین رشد اقتصادی و توسعه زیرساخت‌های ICT را مورد تحلیل قرار دادند. یافته‌ها نشان می‌دهند که توسعه زیرساخت‌های ICT و رشد اقتصادی به‌طور متقابل بر یکدیگر تأثیرگذار هستند و سیاست‌گذاری همزمان در این دو حوزه برای توسعه پایدار ضروری است.

آبوالفول و همکاران^۵ (۲۰۲۴) در مقاله؛ تأثیر استفاده از ICT بر رشد اقتصادی در منطقه MENA؛ آیا سطح آموزش اهمیت دارد؟ با داده‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ و روش‌های اقتصادسنجی نشان دادند که استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات به‌طور معناداری رشد اقتصادی را افزایش می‌دهد و این اثر در کشورهایی که سطح آموزش بالاتری دارند، قوی‌تر است. این مطالعه بر اهمیت سرمایه‌گذاری همزمان در زیرساخت‌های ICT و نیروی انسانی تأکید دارد.

ماوردی و همکاران^۶ (۲۰۲۴) در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر کیفیت نهادی، آزادی اقتصادی و توسعه فناوری بر توسعه مالی اسلامی در کشورهای OIC پرداختند. این مطالعه از روش تخمین پانل برای بررسی داده‌های سالانه مربوط به صنایع بانک‌های اسلامی در ۲۲ کشور، که از پایگاه داده SESRIC، از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۱ تهیه شده است، استفاده می‌کند. یافته‌ها نشان می‌دهد که کیفیت نهادی و آزادی اقتصادی بر توسعه مالی اسلامی تأثیر می‌گذارد. علاوه بر این، سهم توسعه فناوری زمانی ظاهر می‌شود که کیفیت سازمانی نشان‌دهنده عملکرد بالاتر باشد. علیرغم همبستگی غالب مشاهده شده بین شاخص‌های نهادی، این مطالعه با تمرکز بر یک شاخص جامع، سهم ثابت و قابل توجهی از کیفیت نهادی را در رشد مالی اسلامی نشان می‌دهد. علاوه بر این، یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که کیفیت نهادی و آزادی اقتصادی با هم مرتبط هستند. با این حال، روش‌هایی که پایه‌های هر شاخص بر توسعه مالی تأثیر می‌گذارد، متفاوت است.

¹ Mankiw, Romer and Weil

² Kurniawati

³ Kumari and Singh

⁴ Awad and Albaity

⁵ Alfoul et al

⁶ Imron Mawardi et al

یافته‌های این تحقیق بر اهمیت ترغیب سیاست‌گذاران، به‌ویژه مقامات دولتی، برای اولویت‌بندی توسعه سیاست‌ها و ابتکارات با هدف تقویت یک محیط سالم و مساعد تأکید می‌کند. تأکید بر چارچوب‌های نهادی عملی و شفاف برای ایجاد یک محیط اقتصادی منظم ضروری است. حسینی و همکاران (۱۴۰۳) در مقاله‌ای با عنوان بررسی نقش زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات در رشد اقتصادی استان‌های ایران: تحلیل داده‌های پانلی ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۱ با استفاده از مدل‌های اقتصادسنجی ثابت و تصادفی، تأثیر مثبت و معنادار سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های ICT را بر رشد تولید ناخالص داخلی استان‌ها نشان دادند. نتایج تأکید دارند که توسعه زیرساخت‌های مخابراتی به‌ویژه پهن‌بند، سبب افزایش بهره‌وری و تحریک فعالیت‌های اقتصادی می‌شود.

نادری و اسلامی (۱۴۰۲) در پژوهشی با عنوان تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر رشد اقتصادی ایران: رویکردی مبتنی بر داده‌های پانلی استان‌ها (۱۳۹۰-۱۴۰۰) نشان دادند که افزایش دسترسی به فناوری‌های ICT نقش اساسی در بهبود شاخص‌های رشد اقتصادی دارد. این مطالعه با تأکید بر نقش تسهیل ارتباطات و کاهش هزینه‌های تراکنش، تأثیر قابل توجهی از زیرساخت‌های ICT بر رشد اقتصادی گزارش کرده است.

رضایی و معصومی (۱۴۰۲) در مقاله‌ای تحت عنوان بررسی اثرات توسعه زیرساخت‌های فناوری اطلاعات بر بهره‌وری و رشد اقتصادی در استان‌های صنعتی ایران با تحلیل اقتصادسنجی داده‌های ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۱ دریافتند که توسعه زیرساخت‌های ICT به‌خصوص در استان‌های صنعتی، نقش مهمی در ارتقاء بهره‌وری نیروی کار و رشد اقتصادی ایفا می‌کند و موجب افزایش تولید ناخالص داخلی این استان‌ها می‌شود.

کمالی و همکاران (۱۴۰۱) در مطالعه‌ای با عنوان «تأثیر زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات بر رشد اقتصادی با تمرکز بر سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در استان‌های ایران» با استفاده از مدل اقتصادسنجی داده‌های پانلی نشان دادند که افزایش سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های ICT توسط بخش خصوصی به‌طور معناداری رشد اقتصادی را تسریع می‌کند و توسعه فناوری‌های دیجیتال را در سطح استان‌ها ارتقاء می‌دهد.

با نگاهی به مطالعات انجام شده در داخل کشور، قابل‌مشاهده است که تحقیقات گوناگونی در خصوص عوامل اثرگذار بر رشد اقتصادی صورت گرفته است که بدان‌ها اشاره گردید، ولی نوآوری مطالعه حاضر نگاه‌کردن به اثرات آستانه‌ای سرمایه‌گذاری بر رابطه مابین زیرساخت‌های مخابراتی و رشد اقتصادی در راستای بهبود توسعه اجتماعی استان‌های ایران است که باتوجه به شرایط اقتصادی کشور و استان‌های ایران، بررسی موضوع حاضر می‌تواند شکاف مطالعات قبلی در این حوزه را به‌خوبی نشان دهد.

۳- روش‌شناسی تحقیق

هدف این مطالعه با پیروی از مطالعات کورنیواواتی^۱ (۲۰۲۵)، کوماری و سینگ^۲ (۲۰۲۵)، آواد و البایتی^۳ (۲۰۲۴)، آبولفول و همکاران^۴ (۲۰۲۴) و ماوردی و همکاران^۵ (۲۰۲۴)، بررسی اثرات آستانه‌ای سرمایه‌گذاری بر رابطه مابین زیرساخت‌های مخابراتی و رشد اقتصادی در راستای بهبود توسعه اجتماعی استان‌های ایران است. شکل عمومی مدل PSTR، باتوجه به این که متغیر وابسته رشد اقتصادی (GDP) و متغیرهای توضیحی؛ نرخ باسوادی استان (EM)، تشکیل سرمایه ناخالص استان (GCF)، نرخ تورم استان (INF)، شاخص ترکیبی زیر ساخت‌های مخابراتی (CIT)، نسبت تجارت به تولید ناخالص داخلی استان (Trade Openness) و نرخ رشد جمعیت استان (POP) است، به‌صورت زیر است:

(۱)

$$GDP_t = \alpha_0 + \beta_1 EM_t + \beta_2 GCF_t + \beta_3 CIT_t + \beta_4 INF_t + \beta_5 TO_t + \beta_6 POP_t + (\theta_1 EM_t + \theta_2 GCF_t + \theta_3 CIT_t + \theta_4 INF_t + \theta_5 TO_t + \theta_6 POP_t)F(S_t, \gamma, c) + u_t$$

که در آن تابع گذار F برابر است با:

$$F(\gamma, s_t, c) = (1 + GCF\{-\gamma(s_t - c)\})^{-1}, \quad \gamma > 0 \quad (۲)$$

^۱ Kurniawati

^۲ Kumari and Singh

^۳ Awad and Albaity

^۴ Alfoul et al

^۵ Imron Mawardi et al

به منظور بررسی ویژگی‌های مدل PSTR با تابع انتقال لجستیک بر اساس مدل ون دیک^۱ (۱۹۹۹)، فرض می‌شود متغیر وابسته (GDP) تنها تابعی از مقادیر وقفه دار خودش باشد. در این صورت با فرض یک تابع انتقال دو رژیم رابطه زیر به دست می‌آید:

$$GDP_t = (\theta_0 + \theta_1 y_{t-1} + \dots + \theta_p GDP_{t-p}) + \left(\phi_0 + \phi_1 y_{t-1} + \dots + \phi_p GDP_{t-p} \right) G(GDP_t, \gamma, c) + u_t$$

$$G(GDP_t, \gamma, c) = \frac{1}{1 + \exp\{-\gamma(GCF_t - c)\}}$$

نتایج این مدل یک مدل PSTR دو رژیمی نامیده می‌شود که پارامتر مکان c نقطه‌ای از انتقال بین دو رژیم حدی $G(GCF_t, \gamma, c)$ و 0 را نشان می‌دهد که $G(GCF_t, \gamma, c) = 0.5$ است. γ نشانگر سرعت انتقال بین رژیم‌ها بوده و مقادیر بیشتر γ بیانگر تغییر سریع‌تر رژیم است. جامعه آماری استان‌های کشور شامل: مرکزی، گیلان، مازندران، آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، کرمانشاه، خوزستان، فارس، کرمان، خراسان رضوی، اصفهان، سیستان و بلوچستان، کردستان، همدان، لرستان، ایلام، کهگیلویه و بویراحمد، بوشهر، زنجان، سمنان، یزد، هرمزگان، تهران، اردبیل، قم، قزوین، گلستان و خراسان جنوبی می‌باشند که طی بازه زمانی ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۲ و با استفاده از مدل رگرسیون انتقال ملایم پانل (PSTR) به تخمین مدل پرداخته می‌شود. همچنین داده‌های مطالعه از سایت مرکز آمار و بانک مرکزی استخراج شده است.

۴- نتایج و تجزیه و تحلیل یافته‌ها

۴-۱- استخراج متغیر ترکیبی زیر ساخت‌های مخابراتی با استفاده از مولفه‌های اصلی (PCA)

شاخص ترکیبی از ترکیب وزنی متغیرهای نرمال شده تشکیل می‌شود. برخی معتقدند شاخص ترکیبی باعث سهولت در تصمیم‌گیری می‌شود، اما اگر درست و مطابق با اصول علمی ساخته نشود، ممکن است با نتایج نادرست همراه باشد و تصمیم‌گیری‌ها را اریب کند. بنابراین پیش رفتن طبق اصول علمی برای شاخص سازی ترکیبی، امری است که معمولاً در پژوهش‌ها نادیده گرفته می‌شود. در این پژوهش برای حصول اطمینان، متغیرهایی انتخاب شده‌اند که در پژوهش دیگر محققان به کرات مورد استفاده قرار گرفته‌اند. لازم به ذکر است از آنجایی که در روش (PCA/FA)، وزن‌ها صرفاً از طریق داده‌ها تعیین شده و نظر شخصی محقق در تعیین اوزان تاثیرگذار نیست، روش نسبتاً قابل اتکاتری می‌باشد. همچنین با استفاده از مدل مذکور می‌توان وزن متغیرها را نیز تخمین زد. در پژوهش حاضر از مدل PCA/FA استفاده شده است که در قسمت نتایج به تفصیل راجع به آن بحث خواهد شد.

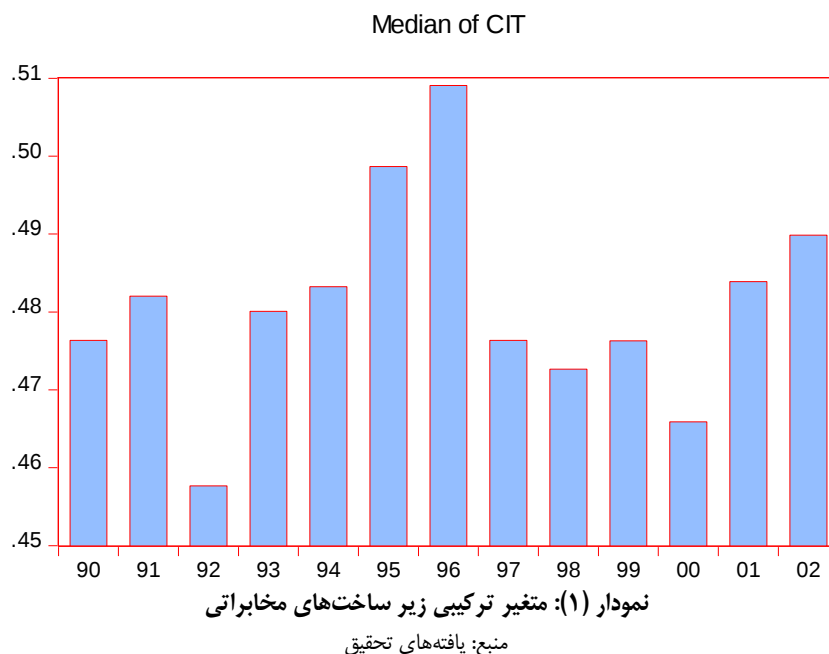
شاخص ترکیبی نهایی از جمع وزنی متغیرهای ذکر شده به وجود می‌آید که هر کدام دارای واحدهای منحصر به فردی هستند. بنابراین برای اینکه امکان جمع متغیرها با واحدهای متفاوت به وجود بیاید، باید ابتدا متغیرهای مذکور، نرمال یا استاندارد شوند. برای نرمال سازی روش‌های متفاوتی وجود دارد که بسته به نوع داده‌ها می‌توان از آنها استفاده کرد. در پژوهش حاضر از روش ماکزیم-مینیم برای این منظور استفاده شده است. از آنجایی که در پژوهش حاضر تلاش می‌شود شاخص ترکیبی بین صفر تا ۱ باشد (شاخص ترکیبی طراحی شده بین ۰ تا ۱ می‌باشد، اما برای راحتی نمایش شاخص در ۱۰۰ ضرب می‌شود)، داده‌های استاندارد شده نیز باید بین ۰ تا ۱ باشد. از همین رو از روش نرمال سازی Min-Max استفاده شده است.

$$Min - Max = I^t = \frac{x^t - Min(x)}{Max(x) - Min(x)}$$

که در رابطه فوق، x_t عدد متغیر در زمان t ، x سری زمانی عدد متغیر و I^t عدد نرمال شده در زمان t می‌باشد. همچنین یکی از راه‌های تحلیل حساسیت، استفاده از روش‌های متفاوت با چیزی است که قبلاً در استاندارد سازی و وزن دهی مورد استفاده قرار گرفته است. مثلاً اگر متغیری با استفاده از روش ماکزیم-مینیم، نرمال شده است، در تحلیل حساسیت با استفاده از روش پلکانی استاندارد شود. در این پژوهش اوزان را با روش PCA/FA اندازه گرفته‌ایم که خود به نوعی تحلیل حساسیت محسوب می‌شود. با تجزیه مجدد شاخص ترکیبی به متغیرهایی که شاخص با آنها ساخته شده و رتبه‌بندی هر کشور با توجه به تک تک متغیرها، شاخص مذکور برای خواننده قابلیت فهم بیشتری خواهد داشت. از شاخص ساخته شده انتظار می‌رود که ارتباط خاصی با دیگر شاخص‌های اقتصادی داشته باشد. به عنوان مثال انتظار می‌رود شاخص ترکیبی زیرساخت‌های مخابراتی با رشد اقتصادی کشورها رابطه مستقیم داشته باشد. به طور کلی کاربرد عمده روش تحلیل مولفه‌های اصلی عبارت است از: کاهش تعداد متغیرها و یافتن ساختار ارتباطی بین متغیرها که در حقیقت همان دسته بندی متغیرها

¹ Van Dijk

است. مزیت اصلی کاربرد این روش در اقتصاد سنجی از بین بردن همخطی در مدل‌ها به واسطه تعداد متغیرهای موثر در مدل است. قابل ذکر است اجزای شاخص متغیر ترکیبی زیر ساخت‌های مخابراتی در این پژوهش شامل پهنای باند ثابت، مشترکین تلفن ثابت، مشترکین تلفن همراه، تعداد کاربران اینترنت، سرورهای اینترنت امن، شاخص‌های کیفیت اپراتور همراه و تلفن ثابت، سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در ICT است.



۲-۴- بررسی آماره‌های توصیفی شاخص مطالعه

در جدول (۱) شاخص‌های مرکزی از جمله میانگین و میانه، شاخص‌های پراکندگی از جمله انحراف معیار، مینیمم و ماکسیمم برای متغیرهای اصلی فراهم شده است.

جدول (۱): آمار توصیفی متغیرهای پژوهش بر اساس شاخص‌های اصلی

متغیرها	GDP	CIT	EM	GCF	INF
میانگین	۰.۶۸۱۸۰۶	۰.۴۸۱۴۳۱	۱,۱۰۴۸۸۶	۰,۷۲۹۰۸۸	۱۸,۹۱۳۷۰
حداکثر	۱,۷۲۷۴۲۴	۰,۹۵۵۰۸۰	۲,۵۰۶۱۲۱	۲,۵۵۵۳۸۸	۳۹,۲۰۰۰۰
حداقل	۰,۰۸۹۴۹۳	۰,۱۷۵۵۶۳	۰,۰۶۳۲۳۳	۰,۰۳۷۶۹۵	۴,۴۹۹۰۰۰
انحراف معیار استاندارد	۰,۲۹۹۰۷۲	۰,۱۴۵۳۹۹	۰,۶۱۹۳۸۴	۰,۵۰۶۵۱۵	۰,۵۸۲۶۶۹

منبع: یافته‌های تحقیق

با نگاهی به آمار توصیفی داده‌های مطالعه، مشخص می‌باشد که میانگین شاخص نرخ رشد تولید ناخالص داخلی برابر با ۰.۶۸ و ماگزیمم این مقدار برابر با ۱,۷۲ برای استان فارس و کمترین آن برابر با ۰,۰۸ برای استان زنجان می باشد. همچنین بیشترین نرخ تورم برای استان قزوین و کمترین آن برای استان تهران می باشد. میانگین شاخص‌های زیر ساخت‌های مخابراتی، نرخ باسوادی، تشکیل سرمایه ناخالص برای استان‌های منتخب در جدول (۱) ارائه شده است.

۳-۴- نتایج آزمون‌های ریشه واحد

در جدول ۲ نتایج این آزمون برای متغیرهای مورد استفاده در این مقاله ارائه شده است. مطابق با نتایج حاصله متغیرها در سطح مانا می باشند و قدرمطلق آماره لوین لین و چو از قدرمطلق مقادیر بحرانی این آماره در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و حتی ۱۰٪ کوچک‌تر است. در نتیجه تمامی متغیرها بغیر از شاخص اشتغال انباشته از درجه صفر $I(0)$ می‌باشند و این متغیر انباشته از درجه یک یا $I(1)$ می‌باشد.

جدول ۲: نتایج آزمون ریشه واحد

متغیر	مقدار آماره LLC		درجه انباشتگی
	ضرایب	سطح معنی داری	
رشد اقتصادی	GDP	-۳,۶۱۸۵۴	I(0)
شاخص ترکیبی زیر ساخت‌های مخابراتی	CIT	-۱۳,۴۹۵۴	I(0)
نرخ باسواد	EM	-۶,۳۵۸۴۳	I(1)
نرخ تورم	INF	-۷,۳۳۸۶۲	I(0)
تشکیل سرمایه ناخالص	GCF	-۱۱,۹۰۳۶	I(0)
نرخ رشد جمعیت	POP	-۸,۲۴۱۶۵	I(0)
نسبت تجارت به تولید ناخالص داخلی	TO	-۳,۵۴۷۷۰	I(0)

منبع: یافته‌های تحقیق

۴-۴- آزمون خطی بودن، انتخاب متغیر انتقال و نوع مدل

برای بررسی وجود رابطه خطی یا غیرخطی بین متغیرهای مدل باید بررسی شود که آیا (m تعداد پارامترهای رژیم) یک است یا خیر. لازم به ذکر است که در آزمون‌های ذیل فرض بر آن است که مدل خطی است و فرض مقابل نیز مدل PSTR لجستیک ($m=1$) یا مدل PSTR نمایی ($m=2$) خواهد بود. نتایج آزمون تشخیص در جدول (۳) نشان می‌دهد که خطی بودن مدل (فرض صفر) رد می‌شود؛ بنابراین رابطه غیرخطی مابین زیرساخت‌های مخابراتی و رشد اقتصادی با وجود اثرات آستانه‌ای سرمایه گذاری در استان‌های کشور مورد بررسی وجود دارد و قاعدتاً برای برآورد پارامترهای مدل لازم است از روش PSTR استفاده شود.

جدول (۳): نتایج آزمون فرضیه خطی بودن مدل (آزمون BBC)

استان‌های کشور	فرض صفر	آماره F	سطح معنی‌داری
	آزمون والد	۴/۸۹۶	۰/۰۰۰
	آزمون فیشر	۳/۲۶۵	۰/۰۰۰
	آزمون LRT	۴/۲۳۶	۰/۰۰۰

منبع: یافته‌های تحقیق

همان گونه که در نتیجه آزمون انجام شده در جدول (۳) نیز مشهود است فرضیه خطی بودن رابطه بین متغیرها مردود است، بنابراین احتمال وجود رابطه خطی بین متغیرها نفی می‌گردد. همچنین لازم به ذکر است که مدل (PSTR) پیشنهادی توسط متغیر انتقال انتخاب شده به عنوان مدل بهینه جهت برآورد مدل در استان‌های کشور انتخاب می‌شود. برای این منظور به پیروی از گونزالز و همکاران (۲۰۰۵) و کولیتاز و هارولین (۲۰۰۶) فرضیه صفر وجود الگوی PSTR با یک تابع انتقال در مقابل فرضیه وجود الگوی PSTR با حداقل دو تابع انتقال مورد آزمون قرار گرفته که نتایج آن در جدول (۴) ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که فرضیه صفر مبنی بر کفایت لحاظ نمودن یک تابع انتقال در هر دو حالت وجود یک و دو حد آستانه‌ای رد نشده است؛ بنابراین یک تابع انتقال قادر به تصریح رفتار غیرخطی میان زیرساخت‌های مخابراتی و رشد اقتصادی است.

جدول (۴): آزمون وجود رابطه غیرخطی باقیمانده

حالت وجود دو حد آستانه M=2			حالت وجود یک حد آستانه M=1		
استان‌های کشور					
LMw	LMf	LR	LMw	LMf	LR
۱/۳۶۵	۱/۴۷۱	۱/۴۳۲	۱/۴۱۱	۱/۳۶۰	۱/۲۹۱
(۰/۷۴۱)	(۰/۶۲۹)	(۰/۶۴۹)	(۰/۶۷۱)	(۰/۷۵۱)	(۰/۷۹۵)
H0: r=1. H1: r=2					

منبع: یافته‌های تحقیق

با تأیید وجود رابطه غیرخطی میان متغیرها و کفایت نمودن یک تابع انتقال برای تصریح رفتار غیرخطی در ادامه باید حالت بهینه میان تابع انتقال با یک یا دو حد آستانه‌ای انتخاب گردد. برای این منظور مدل PSTR متناظر با هر یک از این حالت‌ها برآورد خواهد شد و از میان آنها بر اساس معیارهای مجموع مجذور باقی‌مانده‌ها، شوارتز و آکائیک مدل PSTR با لحاظ یک حد آستانه‌ای مدل بهینه است؛ لذا یک مدل PSTR با یک تابع انتقال و یک حد آستانه‌ای برای بررسی رفتار غیرخطی میان متغیرهای مورد مطالعه انتخاب می‌گردد.

۳-۴- نتایج تخمین مدل

با استفاده از یک مدل PSTR که در آن متغیر انتقال سرمایه‌گذاری ثابت ناخالص است، تابع زیرساخت‌های مخابراتی و رشد اقتصادی مدل‌سازی می‌شود. نتایج برآورد قسمت خطی مدل (رژیم اول) نشان می‌دهد که متغیرهای شاخص ترکیبی زیر ساخت‌های مخابراتی (CIT)، نرخ باسواد (EM)، تشکیل سرمایه ناخالص (GCF)، تجارت (TO) رابطه مثبت و متغیر نرخ تورم (INF) رابطه منفی با شاخص رشد اقتصادی در گروه استان‌های کشور دارند. همچنین نتایج برآورد قسمت غیرخطی مدل (رژیم دوم) در گروه استان‌های کشور نشان از وجود رابطه معنی‌دار مثبت متغیرهای مطالعه به‌جز متغیر نرخ تورم با شاخص رشد اقتصادی را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج، یک واحد افزایش در شاخص ترکیبی زیر ساخت‌های مخابراتی (CIT)، نرخ باسواد (EM)، تشکیل سرمایه ناخالص (GCF)، نرخ رشد جمعیت (POP) و تجارت (TO) به ترتیب منجر به افزایش ۰٫۱۱، ۰٫۰۸، ۰٫۱۷، ۰٫۰۱، ۰٫۰۸ واحدی شاخص رشد اقتصادی در استان‌های کشور می‌شود. همچنین یک واحد افزایش در نرخ تورم (INF) منجر به کاهش ۰٫۱۷ واحدی شاخص رشد اقتصادی در استان‌های کشور می‌شود. رشد اقتصادی در سطح منطقه‌ای، پدیده‌ای چندعلی و وابسته به تعامل متغیرهای گوناگون اقتصادی، نهادی و زیرساختی است. در این میان، زیرساخت‌های مخابراتی و فناوری اطلاعات، نه صرفاً به‌عنوان یک عامل مستقل، بلکه به‌عنوان یکی از بسترهای کلیدی تسهیل‌کننده سایر عوامل تولید و توسعه، ایفای نقش می‌کنند. تحلیل تأثیر این زیرساخت‌ها، زمانی دقیق‌تر خواهد بود که در ارتباط با سایر متغیرهای مؤثر بر رشد اقتصادی نظیر سرمایه‌گذاری داخلی، نرخ باسواد، نیروی کار تحصیل‌کرده، نرخ تورم و نسبت تجارت به تولید بررسی شود؛ زیرا این عوامل نه تنها بر رشد اقتصادی اثرگذارند، بلکه میزان کارایی و اثربخشی آن‌ها تا حد زیادی به سطح توسعه زیرساخت‌های مخابراتی بستگی دارد. در وهله نخست، باید توجه داشت که توسعه زیرساخت‌های مخابراتی از جمله دسترسی به اینترنت پرسرعت، شبکه‌های ارتباطی پایدار، فیبر نوری و مراکز داده، زمینه‌ساز ارتقای بهره‌وری کل عوامل تولید در سطح استان‌ها می‌باشد. این زیرساخت‌ها با فراهم کردن امکان ارتباط سریع و کم‌هزینه، کاهش هزینه مبادله، تسریع جریان اطلاعات و بهبود فرآیندهای تصمیم‌گیری، نقش مهمی در بهبود عملکرد اقتصادی مناطق مختلف ایفا می‌کنند. از منظر سرمایه‌گذاری داخلی، وجود زیرساخت‌های ارتباطی پیشرفته، شاخص مهمی در ارزیابی محیط کسب‌وکار تلقی می‌شود. در مناطقی که فناوری‌های ارتباطی و اطلاعاتی توسعه یافته‌تر هستند، اطمینان سرمایه‌گذاران نسبت به بازدهی و امنیت سرمایه‌گذاری افزایش می‌یابد. این موضوع به‌ویژه در فرآیندهای صدور مجوز، ثبت شرکت، دسترسی به خدمات مالی دیجیتال و تعامل با نهادهای تنظیم‌گر، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. در نتیجه، زیرساخت‌های مخابراتی با کاهش موانع اجرایی و افزایش شفافیت، به‌صورت غیرمستقیم محرک سرمایه‌گذاری داخلی و افزایش نرخ رشد اقتصادی استانی می‌گردند. در حوزه نرخ باسواد، نیروی انسانی تحصیل‌کرده نیز سطح توسعه فناوری اطلاعات و ارتباطات نقش تعیین‌کننده‌ای دارد. نیروی انسانی متخصص تمایل دارد در محیط‌هایی فعالیت کند که امکان رشد حرفه‌ای، دسترسی به منابع دانشی، و مشارکت در فعالیت‌های نوآورانه وجود داشته باشد. زیرساخت‌های مخابراتی با فراهم کردن بستر آموزش‌های تخصصی مجازی، فرصت‌های دورکاری، و فعالیت در بنگاه‌های فناور، امکان استفاده بهینه از ظرفیت‌های علمی و تخصصی را در استان‌های مختلف فراهم می‌آورند. از این منظر، توسعه دیجیتال می‌تواند به‌عنوان عاملی برای جذب و حفظ سرمایه انسانی در مناطق کمتر توسعه‌یافته و در نهایت ارتقای سطح بهره‌وری نیروی کار تلقی شود. در مورد تجارت خارجی نیز، زیرساخت‌های مخابراتی یکی از شاخص‌های اصلی در انتخاب محل سرمایه‌گذاری توسط شرکت‌های بین‌المللی به‌شمار می‌رود. دسترسی به بسترهای ارتباطی امن، سرعت بالای انتقال داده، زیرساخت دولت الکترونیک و وجود شبکه‌های مدیریتی از راه دور، از جمله عواملی هستند که می‌توانند در تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران خارجی مؤثر واقع شوند. در غیاب چنین زیرساخت‌هایی، حتی در صورت وجود منابع طبیعی یا نیروی کار ارزان، جذابیت اقتصادی منطقه کاهش می‌یابد. بنابراین، توسعه مخابراتی شرط لازم برای بهره‌برداری موفق از فرصت‌های تجارت خارجی در سطح استان‌ها تلقی می‌شود. بعبارتی، آزادی تجاری و گسترش پیوندهای اقتصادی با سایر مناطق و کشورهای جهان، نیازمند دسترسی پایدار به شبکه‌های ارتباطی و اطلاعاتی است. فرآیندهای صادرات، بازاریابی بین‌المللی، تبادل اسناد، ثبت برند، کنترل کیفی و پاسخ‌گویی به تقاضای بازارهای جهانی، همگی وابسته به کیفیت زیرساخت‌های دیجیتال می‌باشند. استان‌هایی که توانسته‌اند اتصال خود به شبکه تجارت جهانی را از طریق بسترهای مخابراتی و فناوری اطلاعات تقویت کنند، موقعیت رقابتی بهتری نیز در اقتصاد کشور یافته‌اند. این موضوع به‌ویژه برای استان‌های مرزی و دارای قابلیت صادرات غیرنفتی، از اهمیت بالاتری برخوردار است.

در ارتباط با تورم، گرچه این متغیر عمدتاً تابع سیاست‌های کلان اقتصادی است، اما زیرساخت‌های مخابراتی می‌توانند نقش تعدیل‌کننده در اثرگذاری تورم بر سطح فعالیت‌های اقتصادی ایفا کنند. با توسعه سامانه‌های اطلاع‌رسانی قیمت، بازارهای آنلاین، سیستم‌های خرید هوشمند و ابزارهای نظارت دیجیتال، امکان مقابله با واسطه‌گری غیرضروری، احتکار و نوسانات غیرمنطقی قیمت فراهم می‌شود. این موضوع به‌ویژه در استان‌هایی که زنجیره توزیع ناکارآمد دارند، حائز اهمیت است. بدین ترتیب، استان‌هایی با زیرساخت دیجیتال پیشرفته‌تر، در مواجهه با تورم تاب‌آوری بیشتری از خود نشان می‌دهند و ثبات نسبی بیشتری در فضای کسب‌وکار تجربه می‌کنند.

جدول (۵): برآورد الگو به‌وسیله مدل PSTR

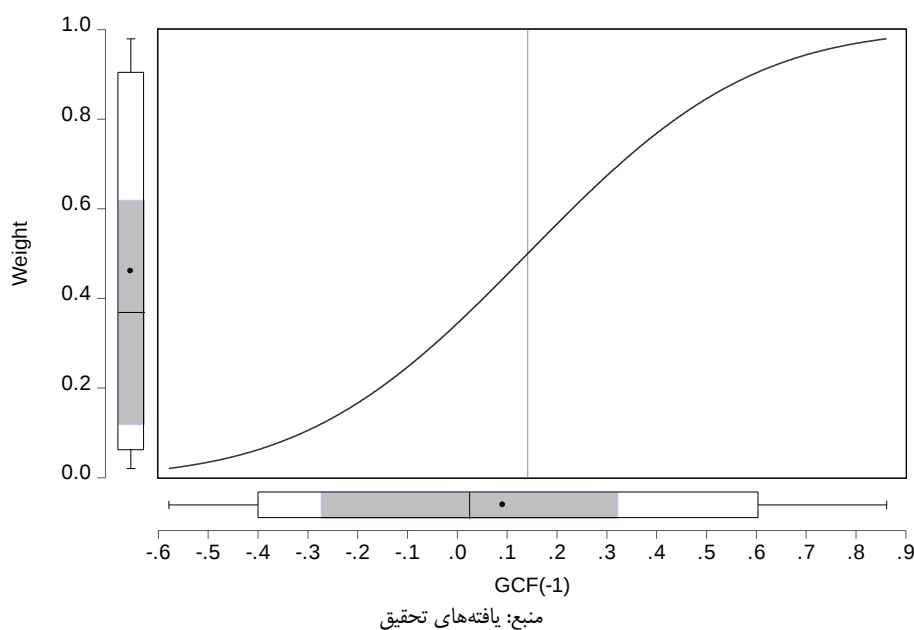
شاخص رشد اقتصادی				
استان‌های کشور				
برآورد قسمت خطی مدل				
متغیر	ضریب	انحراف معیار	آماره t	احتمال
C	۰,۵۲۶۵۶۶	۰,۲۳۸۳۴۳	۲,۲۰۹۲۸۱	۰,۰۲۹۵
CIT	۰,۰۷۵۵۳۴	۰,۰۲۸۲۳۸	۲,۶۷۴۸۹۷	۰,۰۰۹۲
EM	۰,۰۲۲۳۱۶	۰,۰۰۲۵۹۶	۸,۵۹۶۲۴۲	۰,۰۰۰۰
INF	-۰,۰۷۷۸۳۹	۰,۰۱۹۷۳۴	-۳,۹۴۴۵۰۴	۰,۰۰۰۱
GCF	۰,۰۶۵۰۴۳	۰,۰۲۰۶۲۸	۳,۱۵۳۰۷۹	۰,۰۰۱۸
POP	۰,۰۲۰۴۶۸	۰,۰۱۳۱۱۰	۱,۵۶۱۲۶۷	۰,۱۱۹۰
TO	۰,۰۷۱۴۶۶	۰,۰۸۳۹۲۴	۰,۸۵۱۵۶۲	۰,۳۹۵۲
برآورد قسمت غیرخطی مدل				
C	۰,۴۸۶۴۶۰	۰,۰۳۰۷۰۶	۱۵,۸۴۲۵۳	۰,۰۰۰۰
CIT	۰,۱۱۹۰۶۴	۰,۰۰۷۶۰۶	۱۵,۶۵۳۶۵	۰,۰۰۰۰
EM	۰,۰۸۶۱۰۰	۰,۰۲۸۱۰۷	۳,۰۶۳۲۵۸	۰,۰۰۲۵
INF	-۰,۱۷۷۳۲۶	۰,۰۷۰۴۷۸	-۲,۵۱۶۰۷۰	۰,۰۱۲۶
GCF	۰,۱۷۹۰۳۱	۰,۰۶۸۳۵۵	۲,۶۱۹۱۴۷	۰,۰۰۹۳
POP	۰,۰۱۶۶۸۱	۰,۰۰۳۸۵۰	۴,۳۳۲۹۴۷	۰,۰۰۰۰
TO	۰,۰۸۵۷۳۷	۰,۰۰۸۸۹۰	۹,۶۴۴۰۳۳	۰,۰۰۰۰
(C) حد آستانه‌ای	۰,۱۴۱۲۷۸	۰,۰۱۹۸۶	۷,۱۱۳۶۹۵	۰,۰۰۰۰
(۷) پارامتر شیب	۰,۱۴۴۶۰۲	۰,۰۰۸۸۹۵	۱۶,۲۵۷۳۰	۰,۰۰۰۰
ضریب تعدیل شده $R^2 = ۰,۸۱$				

منبع: یافته‌های تحقیق

مقایسه ضرایب در دو رژیم مختلف بر اساس متغیر انتقال و مقادیر آن صورت می‌پذیرد و مقدار متغیر انتقال می‌تواند تابع انتقال و در نتیجه رژیم حاکم را تعیین نماید. در تخمین فوق متغیر انتقال سرمایه‌گذاری ثابت ناخالص می‌باشد که مقدار حد آستانه برآورد شده برای این متغیر برابر با ۰/۱۴ برای استان‌های کشور بوده است. بر اساس فاصله سرمایه‌گذاری ثابت ناخالص از این مقدار آستانه الگو از دو رژیم حدی مختلف تبعیت می‌نماید. با مقایسه ضرایب الگو در دو رژیم مختلف ملاحظه می‌گردد که با عبور سرمایه‌گذاری ثابت ناخالص از حد آستانه (۰/۱۴) (انتقال از بخش خطی به غیرخطی) واکنش شاخص‌های رشد اقتصادی به تغییرات این متغیر به شدت افزایش یافته، بدین ترتیب که هر چه سرمایه‌گذاری ثابت ناخالص بیشتر شده است، سیاست‌گذاران تلاش کرده‌اند که با عکس‌العمل بیشتر به آن، شاخص‌های رشد را افزایش دهند.

نمودار (۱): ارتباط بین تابع انتقال و متغیر انتقال سرمایه‌گذاری ثابت ناخالص

Threshold Weight Function
Normal (c = 0.141278)



۴-۴-۴-آزمون‌های تشخیصی

در مطالعه حاضر از آزمون دوربین واتسون برای بررسی خودهمبستگی استفاده می‌شود.

جدول (۶): نتایج آزمون خودهمبستگی

دوربین واتسون	Prob	آماره F	
۲/۰۱۴	۰/۷۱۵	۱/۱۹۷	استان‌های کشور

منبع: یافته‌های تحقیق

همان‌طور که در جدول فوق مشهود است، نتایج آزمون خودهمبستگی دوربین واتسون نشان می‌دهد، بین اجزای اخلاص همبستگی وجود ندارد، بنابراین فرض سوم استاندارد کلاسیک مبنی بر عدم خودهمبستگی بین جملات خطا نقض نمی‌گردد. از این‌رو تخمین‌زنده‌ها از ویژگی‌های لازم (حداقل واریانس و کارایی) برخوردارند. یکی دیگر از فروض استاندارد کلاسیک فرض واریانس همسانی است، در مطالعه حاضر از آزمون بروش - پاگان - گادفری استفاده می‌شود.

جدول (۷): نتایج آزمون ناهمسانی واریانس

بروش - پاگان - گادفری	Prob	آماره F	
۱/۳۶۵	۰/۴۱۲	۱/۲۳۶	استان‌های کشور

منبع: یافته‌های تحقیق

همان‌طور که در جدول مشاهده می‌گردد، نتایج آزمون حکایت از عدم وجود ناهمسانی واریانس دارند.

۱-۴-۴-آزمون ثابت ماندن ضرایب بین دو رژیم

از دیگر سنجه‌های مناسب برای ارزیابی کیفیت مدل تخمین زده شده، بررسی تغییرات ضرایب بین دو رژیم است. در صورتی که مدل برآورد شده تخمین مناسبی باشد، انتظار می‌رود ضرایب با تغییر رژیم ثابت و بدون تغییر باقی بمانند.

جدول (۸): نتایج آزمون ثابت پارامتر انتقال هموار

Prob	F آماره	فرض صفر	استان‌های کشور
۰/۸۴	۰/۴۸۷	$b1=b2=b3=b4=0$	
۰/۷۶	۰/۵۲۶	$b1=b2=b3=0$	
۰/۷۱	۰/۵۹۸	$b1=b2=0$	
۰/۶۸	۰/۶۲۳	$b1=0$	

منبع: یافته‌های پژوهش

همان‌طور که در جدول نیز مشهود است، آزمون ثابت ماندن ضرایب بین دو رژیم نشان می‌دهد ضرایب در اثر تغییر رژیم تغییر نمی‌کنند.

۵- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

زیرساخت‌های مخابراتی، نقشی بنیادین و چندوجهی در شکل‌گیری، تسهیل و تقویت سایر مؤلفه‌های رشد اقتصادی در استان‌های ایران ایفا می‌کنند. این زیرساخت‌ها نه تنها بر بهره‌وری مستقیم فعالیت‌های اقتصادی تأثیرگذارند، بلکه از طریق ارتقاء کارایی سرمایه‌گذاری، توانمندسازی منابع انسانی، بهبود فضای کسب‌وکار و تقویت پیوندهای اقتصادی درون مرزی و برون مرزی، زمینه‌ساز توسعه متوازن منطقه‌ای هستند. در این چارچوب، سیاست‌گذاری هدفمند برای توسعه متوازن و هوشمند زیرساخت‌های دیجیتال، می‌تواند به‌عنوان یکی از راهبردهای اصلی کاهش شکاف‌های منطقه‌ای و تقویت رشد اقتصادی پایدار در سراسر کشور مورد توجه قرار گیرد. در این مقاله به‌منظور بررسی اثرات آستانه‌ای سرمایه‌گذاری بر رابطه مابین زیرساخت‌های مخابراتی و رشد اقتصادی در راستای بهبود توسعه اجتماعی استان‌های ایران، از مدل رویکرد آستانه‌ای پانل و بر اساس داده‌های سالانه ۱۳۹۰ الی ۱۴۰۲ برای استان‌های کشور استفاده شد. مطابق نتایج؛ برآورد قسمت غیرخطی مدل در گروه استان‌های کشور؛ شاخص ترکیبی زیر ساخت‌های مخابراتی، نرخ باسوادی، تشکیل سرمایه ناخالص، نرخ رشد جمعیت و تجارت منجر به افزایش شاخص رشد اقتصادی و نرخ تورم منجر به کاهش رشد اقتصادی در گروه استان‌های کشور می‌شود. بنابراین براساس، مکانیسم مؤثر بودن چنین زیرساخت‌هایی را می‌توان در قالب سه کانال اصلی بررسی کرد: اول، افزایش دسترسی به بازار و کاهش هزینه‌های اطلاعاتی برای بنگاه‌های کوچک و متوسط (SME)؛ دوم، جذب سرمایه‌گذاران داخلی و خارجی با بهبود محیط کسب‌وکار و سوم، تسهیل توسعه سرمایه انسانی و اشتغال نیروی متخصص به‌خصوص در مناطق کمتر توسعه‌یافته اثربخش‌تر است، زیرا قابلیت اشتغال‌زایی، ارتقای قابلیت‌های بازاریابی دیجیتال و افزایش بهره‌وری در خرده‌فروشی‌ها را بهبود می‌بخشد. در چارچوب استان‌های ایران، اگرچه داده محدود است، اما می‌توان با توجه به ساختار مشابه کشورها، استنباط کرد که توسعه زیرساخت مخابراتی می‌تواند به‌عنوان عامل تقویت‌کننده اثرگذاری سایر متغیرها بر رشد اقتصادی عمل کند. به‌ویژه استان‌هایی که شبکه فیبر نوری و دیتاستر دارند، شانس بیشتری برای رشد را تجربه می‌کنند؛ چراکه این زیرساخت‌ها امکان ارائه خدمات ICT محور، کار از راه دور و توسعه اقتصاد دیجیتال را فراهم می‌آورد. برای ایران، تحلیل تطبیقی استان‌های کشور نشان می‌دهد که شکاف دیجیتال منجر به اختلاف بهره‌وری، فرصت‌های سرمایه‌گذاری و توسعه نیروی انسانی می‌شود. بنابراین، توسعه متوازن زیرساخت‌های مخابراتی با تأکید بر مناطق محروم، همراه با سیاست‌های مکمل، می‌تواند کلیدی برای تسریع رشد اقتصادی باشد.

تضاد منافع

نویسندگان نبود تضاد منافع را اعلام می‌دارند

فهرست منابع

افقه، سید مرتضی (۱۴۰۰)، انسان توسعه‌یافته، پیشران توسعه جوامع بشری نسخه‌ای برای ایران، انتشار: تهران: جهاد دانشگاهی، سازمان انتشارات،

دانشمند، آرین، ستاری‌فر، محمد. (۱۳۹۷). اثر اینترنت بر بهره‌وری نیروی کار اقتصاد ایران. پژوهش‌نامه اقتصادی، ۱۸(۶۸)، ۷۵-۹۸
 سرخوش سرا، علی، اسماعیل‌پور، ئاسو، نصراللهی، خدیجه، حقیقت، جعفر. (۱۳۹۹). تحلیل تأثیر نفوذ اینترنت بر تجارت کالاها و خدمات ایران با شرکای تجاری: رویکرد رگرسیون فازی. پژوهش‌های اقتصادی ایران، ۲۵(۸۲)، ۱۷۳-۲۱۶

- فلاحتی، علی. حیدری دیزگرانی علی و عبدالرضا کرانی. (۱۳۹۴). مقایسه تطبیقی اثر اینترنت بر تجارت خارجی در سازمان کشورهای اسلامی درحال توسعه و گروه هشت کشور صنعتی جهان. اقتصاد تطبیقی. پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، ۲(۲)، ۸۵-۱۰۴
- کمالی، نسرين، احمدی، فاطمه، و موسوی، مجید. (۱۴۰۱). تأثیر زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات بر رشد اقتصادی با تمرکز بر سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در استان‌های ایران. مجله تحقیقات اقتصادی ایران، ۱۰(۴)، ۱۱۰-۱۳۰.
- حسینی، محمد، رضایی، سارا، و کریمی، علی‌اکبر. (۱۴۰۳). بررسی نقش زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات در رشد اقتصادی استان‌های ایران: تحلیل داده‌های پانلی ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۱. فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، ۱۸(۳)، ۴۵-۶۸.
- رضایی، مهدی، و معصومی، بهزاد. (۱۴۰۲). بررسی اثرات توسعه زیرساخت‌های فناوری اطلاعات بر بهره‌وری و رشد اقتصادی در استان‌های صنعتی ایران. فصلنامه مدیریت فناوری اطلاعات، ۹(۱)، ۳۰-۵۰.
- مسی نژاد، عباس (۱۴۰۰)، سندروم‌های سیاست‌گذاری توسعه اقتصادی در ایران، فصلنامه سیاست‌گذاری عمومی، دوره ۷، شماره ۴، صفحه ۲۳۰ تا ۲۰۷
- معموری، شهاب الدین، زندی. (۱۴۰۱). تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر رشد اقتصادی در ایران. پژوهشنامه اقتصاد و کسب و کار، ۱۳(۲۴)، ۳۱-۵۰.
- معتقد، صابر، رنجبر، همایون و دائی کریم‌زاده، سعید (۱۳۹۳). "رابطه فناوری اطلاعات و ارتباطات، بخش‌های صادراتی و غیر صادراتی و رشد اقتصادی در ایران: تعمیم مدل فدر". فصلنامه مدل‌سازی اقتصادی. ۸(۴)، ۴۴-۲۸.
- نجارزاده، رضا و رحیم‌زاده، فرزاد. (۱۳۹۱). "سنجش اثر اینترنت بر رشد اقتصادی در کشورهای منتخب: رهیافت هم جمعی پانل". پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی. ۳(۹)، ۸۵-۹۸.
- نادری، رضا، و اسلامی، فرهاد. (۱۴۰۲). تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر رشد اقتصادی ایران: رویکردی مبتنی بر داده‌های پانلی استان‌ها (۱۳۹۰-۱۴۰۰). مجله اقتصاد و توسعه، ۱۲(۲)، ۸۹-۱۰۵.
- هاشمی دیزج، حمیدی، فرهنگ، امیرعلی. (۱۴۰۱). بررسی تأثیر فناوری اطلاعات و ارتباطات بر رشد اقتصادی و بیکاری در کشورهای منطقه منا، مجله جغرافیا و مطالعات محیطی، مقالات آماده انتشار
- Adeleye, N., & Eboagu, C. (2019). Evaluation of ICT development and economic growth in Africa. NETNOMICS: Economic Research and Electronic Networking, 20(1), 31-53. <https://doi.org/10.1007/s11066-019-09131-6>
- Awad, M., & Albaity, M. (2024). Economic growth and ICT infrastructure expansion: which causes which? Technological Forecasting and Social Change. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122789>
- Abu Alfoul, M., Saleh, M., & Al-Haj, Y. (2024). The impact of ICT usage on economic growth in the MENA region: Does education level matter? Economies, 12(10), 267. <https://doi.org/10.3390/economies12100267>
- Aghaei, M., & Rezagholizadeh, M. (2017). The impact of information and communication technology (ICT) on economic growth in the OIC Countries. Economic and Environmental Studies, 17(2 (42), 257-278. <https://doi.org/10.25167/ees.2017.42.7>
- Ahmed, E. M. (2021). Modelling information and communications technology cyber security externalities spillover effects on Sustainable Economic Growth. Journal of the Knowledge Economy, 12(1), 412-430. <https://doi.org/10.1007/s13132-020-00627-3>
- Alam, T. F. , Sultana, N., & Rayhan, M. I. (2019). Structural equation modeling: An application of broadband penetration and GDP growth in Asia. Journal of Economic Structures, 8(17). <https://doi.org/10.1186/s40008-019-0148-0>
- Bahrini, R., & Qaffas, A. A. (2019). Impact of information and communication technology on economic growth: Evidence from developing countries. Economies, 7(1). <https://doi.org/10.3390/economies7010021>
- Donou-Adonsou, F (2019). Technology, education, and economic growth in Sub-Saharan Africa. Telecommunications Policy, 43(4), 353-360. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2018.08.005>
- Fernandez-Portillo, A., Almodovar-Gonzalez, M., & Hernandez-Mogollon, R. (2020). Impact of ICT development on economic growth: A study of OECD European union countries. Technology in Society, 63, 101420. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101420>
- Gomes, S., Lopes, J. M., & Ferreira, L. (2022). The impact of the digital economy on economic growth: The case of OECD countries. RAM. Revista de Administração Mackenzie, 23.
- Habibi, F. , & Zabardast, M. A. (2020). Digitalization, education, and economic growth: A comparative analysis of Middle East and OECD countries. Technology in Society, 63, 101370. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101370>

- Jahanger, A., & Usman, M. (2022). Investigating the role of information and communication technologies, economic growth, and foreign direct investment in the mitigation of ecological damages for achieving sustainable development goals. *Evaluation Review*, 0193841X221135673.
- Kurniawati, M. A. (2025). ICT infrastructure, innovation development and economic growth: a comparative evidence between two decades in OECD countries. *International Journal of Social Economics*. <https://doi.org/10.1108/IJSE-05-2020-0321>
- Kumari, R., & Singh, S. K. (2025). Impact of ICT infrastructure, financial development, and trade openness on economic growth: new evidence from low- and high-income countries. *Journal of Knowledge Economics*. <https://doi.org/10.1007/s13132-023-01332-7>
- Li, K., Kim, D. J., Lang, K. R., Kauffman, R. J., & Naldi, M. (2020). How should we understand the digital economy in Asia? Critical assessment and research agenda. *Electronic Commerce Research and Applications*, 44, 101004. <https://doi.org/10.1016/j.elerap.2020.101004>
- Mawardi, I., Al Mustofa, M. U., Widiastuti, T., & Ghazali, M. (2024). The influence of institutional quality, economic freedom, and technological development on Islamic financial development in OIC countries. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 10(2), 100279.
- Zhang, J., Zhao, W., Cheng, B., Li, A., Wang, Y., Yang, N., & Tian, Y. (2022). The Impact of Digital Economy on the Economic Growth and the Development Strategies in the post-COVID-19 Era: Evidence From Countries Along the “Belt and Road”. *Frontiers in public health*, 10.