

تحلیل تجربی مصارف تحقیق و توسعه بر رشد اقتصادی با مطالعه‌ی موردی کشورهای G8

پوهنیاړ وحیدالله فریادی^۱، امان الله امان^۲

^۱د دیپارتمنت احصائیه و اکونومتری، پوهنځی اقتصاد، پوهنتون کابل، کابل، افغانستان

^۲فارغ التحصیل دیپارتمنت احصائیه و اکونومتری، پوهنځی اقتصاد، پوهنتون کابل، کابل، افغانستان

ایمیل: waheed.fariady@gmail.com

چکیده

تیوری‌های جدید رشد اقتصادی، تحقیق و توسعه را منبع رشد درازمدت می‌دانند. سرمایه‌گذاری در بخش تحقیق و توسعه از جمله موضوعات مهم در پلان‌گذاری‌های کلان اقتصادی کشورها، به‌شمار می‌رود. در این مطالعه، تأثیر مصارف تحقیق و توسعه بر رشد اقتصادی کشورهای G8 طی دوره زمانی ۱۹۹۹-۲۰۱۹ با استفاده از مدل‌های تلفیقی، اثرات ثابت و اثرات تصادفی مورد تحلیل قرار گرفته است. قابل ذکر است که غرض انتخاب مدل نهایی و بررسی اعتبار آن از آزمون‌های چاو، بروش پیگان، هاسمن، ولدرج، پسران و وایت مورد استفاده قرار گرفته است. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که مصارف تحقیق و توسعه تأثیر معنادار مثبت به رشد اقتصادی در کشورهای G8 دارد و با هر یک فیصد افزایش در مصارف تحقیق و توسعه، رشد اقتصادی این کشورها ۰٫۵۲۳٪ افزایش می‌یابد. به‌صورت کل مدل تحقیق قابل قبول بوده و حدود ۹۱٫۶٪ تغییرات در رشد اقتصادی کشورهای G8 را تشریح کرده است.

اصطلاحات کلیدی: تحقیق و توسعه؛ رشد اقتصادی؛ کشورهای G8؛ داده‌های پنل؛ رگرسیون؛ اثرات ثابت

Empirical Analysis of Research and Development Expenditures on Economic Growth: A Case Study of G8 Countries

¹Jr. Teaching Asstt. Wahidullah Fariady, ²Amanullah Aman

Department of Statistics & Econometrics, Faculty of Economics, Kabul University,
Kabul, Afghanistan

Graduate Student, Statistics & Econometrics Department, Kabul University, Kabul,
Afghanistan

Email: waheed.fariady@gmail.com

Abstract

New growth theories underscore the significance of research and development (R&D) as a catalyst for long-term economic growth, making investment in R&D a crucial component of macroeconomic planning for nations. This study examined the effects of R&D expenditures on the economic growth of G8 countries spanning from 1999 to 2019, employing pooled, fixed-effect, and random-effect panel models. Various tests, including Chow, Breusch-Pagan, Hausman, Wooldridge, Pasaran, and White tests, are conducted to select the final model and assess its reliability. Findings reveal a significant positive impact of R&D expenditures on the economic growth of G8 countries, with a one percent increase in R&D spending associated with a 0.523% rise in economic growth. Overall, the model is deemed acceptable, explaining 91.6% of variations in the economic growth of G8 countries.

Keywords: R&D; Economic Growth; G8 countries; Panel data; Regression; Fixed effects

مقدمه

خواسته‌های نامحدود مردم و انتظار آنان از داشتن زندگی مرفه باعث گردیده است تا تقاضا برای کالاها و خدمات روند صعودی داشته باشد. بنابراین از یک سو با توجه به منابع و امکانات محدود و از سوی دیگر با افزایش روز افزون سطح مصارف کالاها و بهبود کیفیت خدمات، استفاده درست از منابع موجود یگانه راه حل ممکن برای کاهش شکاف میان عرضه و تقاضا به نظر می‌رسد. موارد فوق‌الذکر دانشمندان و محققین را به فکر کردن واداشتند که چگونه می‌توان با استفاده از امکانات موجود، مقدار کالا و خدمات بیشتر را غرض رفع نیازمندی‌های مردم تولید و عرضه کرد؟ پاسخ به سؤالات مشابه باعث گردید تا تیوری‌ها و نظریات متعدد در مورد افزایش مولدیت و رشد مطرح گردد. از جمله راه‌های افزایش تولید و مولدیت یکی آن هم استفاده از تکنالوژی و پیشرفت تکنالوژی می‌باشد که محصول تحقیق و توسعه است. از سوی دیگر در جهان پر از رقابت امروزی؛ تکنالوژی به عامل خودکفایی، قدرت رقابتی و حتی قدرت نظامی تبدیل شده است که ناشی از تحقیق و توسعه می‌باشد. بناً اقتصادهای بزرگ جهان غرض داشتن قدرت رقابتی و جایگاه مناسب سالانه میلیاردها دلار را صرف تحقیق و توسعه می‌کنند تا به این اهداف نایل آیند.

طبق ارقام سازمان جهانی مالکیت فکری (WIPO⁶⁷) مصارف تحقیق و توسعه در سال ۲۰۱۹ میلادی در سطح جهان حدود ۲٫۲ تریلیون دلار تخمین گردیده بود^{۶۸} که از آن جمله ایالات متحده آمریکا، چین، جاپان، جرمنی به ترتیب بیشترین سرمایه‌گذاری را در فعالیت‌های تحقیق و توسعه داشتند. در کل، نوآوری‌های تکنالوژیکی تأثیر مثبت بر عوامل تولید داشته و باعث رشد اقتصادی در درازمدت می‌گردد (سورانی^{۶۹}، ۲۰۱۷). سرمایه‌گذاری‌های تحقیق و توسعه از جمله عوامل مهم تعیین‌کننده توسعه یک کشور می‌باشد (بور^{۷۰}، ۲۰۱۰). اهمیت نوآوری‌های صنعتی در رشد، از زمان شومپتر^{۷۱} مورد بحث بوده است. شومپتر یکی از اولین اقتصاددانان بود که رابطه بین نوآوری‌های صنعتی و رشد اقتصادی را به سطح کل مطالعه کرد (حسن و توسی^{۷۲}، ۲۰۱۰).

67. World Intellectual Property Organization

68. For 2022, R&D World's editors forecast that \$2.476 trillion will be invested globally in R&D efforts.

69. Surani, et. al

70. Bor, et al.

71. Schumpeter

72. Hasan and Tucci

در وسط قرن بیستم، مدل رشد کلاسیک‌های جدید که به مدل سولو و سوان^{۷۳} (۱۹۵۶) نیز معروف است، بالای تجمع سرمایه، پیشرفت تکنالوژی، رشد جمعیت و قابلیت تولید در رشد اقتصاد در دراز مدت تأکید داشت. گرچه این مدل تأثیر مثبت تکنالوژی بر رشد را تأیید می‌کند؛ اما پیشرفت تکنالوژی به‌عنوان متغیر برون‌زا قبول شده است. در اواخر دهه ۱۹۸۰، مدل رشد درون‌زاد که پیشگامان آن رومر^{۷۴} (۱۹۸۶) و لوکاس^{۷۵} (۱۹۸۸) بودند، تحقیق و توسعه را به‌عنوان متغیر درون‌زا در مدل رشد اقتصادی قبول کردند (لی^{۷۶}، ۲۰۱۰). هیلپ من و گروسمن^{۷۷} (۱۹۹۱)، هویت و اغیون^{۷۸} (۱۹۹۲)، بارو و سالا مارتین^{۷۹} (۲۰۰۴) از جمله مطالعات اخیر که به نقش تحقیق و توسعه در رشد اقتصادی تأکید می‌کند، می‌باشند. هیلپمن و گروسمن (۱۹۹۴) نوآوری‌های صنعتی را نتیجه سرمایه‌گذاری‌های تحقیق و توسعه به‌عنوان موتور اولیه رشد اقتصادی می‌دانند. از نظر گروسمن حداکثر سازی مفاد محرک برای کمپنی‌ها است تا در فعالیت‌های تحقیق و توسعه سرمایه‌گذاری کنند که در نتیجه منجر به نوآوری‌های جدید و با کارایی بالاتر می‌گردد. هویت و اغیون (۱۹۹۲) اعتقاد دارد که رشد متکی به پیشرفت تکنالوژی بوده و این پیشرفت نتیجه رقابت بین مؤسسات تحقیقاتی است که بالای نوآوری تمرکز دارند. بارو و سالا مارتین (۲۰۰۴) نیز پیشرفت تکنالوژی به حیث عامل مؤثر در رشد را ناشی از تحقیق و توسعه دانستند.

طبق نظر هال^{۸۰} (۲۰۰۶)، تحقیق و توسعه فعالیت‌های است که توسط کارآفرینان انفرادی، کمپنی‌ها و سازمان‌ها برای انکشاف یا ساخت تولیدات جدید انجام می‌شود. اما وانگ^{۸۱} (۲۰۰۷) مطالعات تحقیق و توسعه را به‌حیث سازمان دادن پروسه تولید، توزیع و به‌کار بردن علم تعریف کرده است. طبق نظر گیلارد^{۸۲} (۲۰۱۰)، تحقیق و توسعه فعالیت‌های خلاق اند که به‌شکل سیستماتیک برای افزایش سرمایه علمی و انکشاف کاربردهای جدید انجام می‌شود. آرونو و بل^{۸۳} (۲۰۱۰) اعتقاد داشتند که تحقیق و توسعه (R&D^{۸۴}) کار خلاق است که برای مطمئن شدن از این‌که سرمایه بشری و علم برای توسعه موارد

⁷³. Solo and Swan

⁷⁴. Romer

⁷⁵. Lucas

⁷⁶. Li

⁷⁷. Helpman and Grossman

⁷⁸. Howitt and Aghion

⁷⁹. Barro and Sala-I Martin

⁸⁰. Hall

⁸¹. Wang

⁸². Gaillard

⁸³. Around and bell

⁸⁴. Research and Development

کاربردی جدید استفاده شده، انجام می‌شود. طبق نظر گودین و لین^{۸۵} (۲۰۱۲)، تحقیق یک کتگوری اکادمیک است؛ اما توسعه یک بخش مربوط صنعت می‌باشد. از نظر علی احمدی (۱۳۸۹) تحقیق و توسعه به هرگونه فعالیت منسجم و خلاق جهت افزایش سطح دانش مربوط به انسان، فرهنگ، جامعه و استفاده از این دانش برای کاربردهای جدید است. به عبارت دیگر، تحقیق و توسعه، پروسه تبدیل اندیشه‌ها به تولیدات جدید و با کیفیت‌تر شدن تولیدات موجود است. قابل یادآوری است که جامعه مورد مطالعه این تحقیق هشت کشور بزرگ صنعتی شامل؛ ایالات متحده آمریکا، انگلستان، کانادا، جاپان، جرمنی، فرانسه، ایتالیا و روسیه که به نام کشورهای G8 نیز یاد می‌گردد، می‌باشد.

طرح مسئله تحقیق

کشورهای G8 در پهلوی این که اقتصادهای بزرگ جهان شمرده می‌شود، در صدر قدرت‌های نظامی نیز قرار دارد. این کشورها در اقتصاد جهانی بیش از ۳۰ فیصد سهم داشته و اکثریت مطلق نوآوری‌ها در عرصه‌های مختلف که محصول تحقیق و توسعه می‌باشد، در این کشورها صورت می‌گیرد. مراکز بزرگ تحقیقاتی جهان مربوط این کشورها بوده و سالانه میلیاردها دلار را صرف فعالیت‌های تحقیق و توسعه می‌کنند. بر اساس داده‌های ارائه شده از سوی ستاتِستا^{۸۶} (۲۰۲۲)، مصارف تحقیق و توسعه آیالات متحده آمریکا برای سال ۲۰۲۲ حدود ۶۷۹،۴ میلیارد دلار تخمین گردیده و این کشور با بیشترین سرمایه‌گذاری، در صدر لیست قرار گرفته است. به تعقیب آن بعد از چین؛ جاپان ۱۸۲،۲ میلیارد دلار و جرمنی ۱۴۳،۱ میلیارد دلار بودجه برای تحقیق و توسعه اختصاص داده اند^{۸۷}.

تمرکز روی تحقیق و توسعه و اهمیت دادن به فعالیت‌های R&D را می‌توان دلیل اصلی موفقیت کشورهای G8 را در بخش نوآوری‌ها به‌شمار آورد. نوآوری‌ها و ابداعات سبب شده تا این کشورها به قدرت‌های بزرگ اقتصادی و نظامی تبدیل شوند تا جای که هر نوع تعاملات آنها می‌تواند تأثیر قابل توجه را بر اقتصاد جهانی داشته باشد. این کشورها رول مهم را در اقتصاد جهانی بازی می‌کنند؛ بنابراین رشد اقتصادی کشورهای G8 به یک مبحث مهم بین اقتصاد دانان، پالیسی سازان و سرمایه گذاران تبدیل شده است (جیریفی^{۸۸}، ۲۰۱۹).

نقش اساسی تحقیق و توسعه در رشد اقتصادی، تا حدی است که از آن به‌عنوان یک متغیر مهم در اقتصاد نام برده شده است. فعالیت‌های تحقیق و توسعه پایگاه اصلی نوآوری بوده و به‌طور مداوم زمینه

85. Godin and Lane

86. statista

87. <https://www.statista.com/statistics/732247/worldwide-research-and-development-gross-expenditure-top-countries/>

88. Gereffi

را برای تقاضاهای جدید فراهم می‌کند که عامل اصلی تحرک سرمایه‌گذاری و تضمین‌کننده رشد و شگوفایی اقتصادی تلقی می‌گردد (اوزون، ۲۰۱۴). از این رو، تحقیقات امر ضروری و یکی از ارکان لازم برای رشد و توسعه اقتصادی است، طوری که ورود به بازارهای جهانی، توسعه صنایع پیشرفته و توانایی رقابت در گرو تحقیقات علمی اعم از بنیادی و کاربردی قرار گرفته است.

بر اساس تیوری‌های رشد، فعالیت‌های تحقیق و توسعه عامل مهم رشد اقتصادی بوده که به نقش مثبت و درازمدت آن در رشد اقتصادی تأکید صورت گرفته است. اما به علت تفاوت نظام‌های اقتصادی، سیاسی و مقررات میان کشورها، رابطه میان این دو در کشورها از هم فرق می‌کند که به یک معضله جدید برای محققین تبدیل گردیده است. بنابر دلایل فوق‌الذکر موضوع اهمیت تحقیق را داشته و نبود تحقیقات مشخص در مورد تأثیر مصارف تحقیق و توسعه بر رشد اقتصادی کشورهای G8؛ انگیزه اصلی اجرای این تحقیق گردید.

با در نظر گرفتن موارد فوق، این تحقیق به هدف تشخیص نقش مصارف تحقیق و توسعه در رشد اقتصادی کشورهای G8 طراحی گردیده و در صدد دریافت پاسخ به پرسش‌های زیر می‌باشد:

۱. مصارف تحقیق و توسعه در رشد اقتصادی کشورهای G8 چه نقش داشته است؟
۲. چگونه می‌توان R&D را به عنوان وسیله‌ای برای رسیدن به رشد اقتصادی استفاده کرد؟
۳. دسترسی به اینترنت به عنوان وسیله مهم در اجرای تحقیقات؛ چه رابطه‌ای با رشد اقتصادی کشورهای G8 دارد؟
۴. افزایش تعداد محققین مصروف در فعالیت‌های R&D؛ می‌تواند عامل رشد اقتصادی کشورهای G8 تلقی گردد؟

فرضیه‌های تحقیق

فرضیه اول (H_1): به نظر می‌رسد مصارف تحقیق و توسعه^{۸۹} بالای رشد اقتصادی کشورهای G8 تأثیر معنادار مثبت دارد.

فرضیه دوم (H_2): به نظر می‌رسد دسترسی به اینترنت^{۹۰} با رشد اقتصادی کشورهای G8 رابطه معنادار مثبت دارد.

فرضیه سوم (H_3): به نظر می‌رسد تعداد محققین^{۹۱} مصروف در فعالیت‌های R&D بالای رشد اقتصادی تأثیر معنادار دارد.

⁸⁹. Research and Development Expenditures

⁹⁰. Individuals Using Internet

⁹¹. Researchers in R&D

مبانی نظری و پیشینه تحقیق

مبانی نظری

تحقیق و توسعه کلید اصلی رشد تکنالوژی محسوب می‌شود و اکثریت نوآوری‌های جدید در بخش تکنالوژی به وسیله سازمان‌ها یا مؤسسات تحقیق و توسعه صورت می‌گیرد. یکی از پیامدهای مهم تحقیق در بخش اقتصادی، افزایش قابل ملاحظه مؤلدیت عوامل تولید است و آن بخش از رشد تولید را که نمی‌توان به افزایش مقدار نیروی کار و سرمایه نسبت داد (جزء باقی مانده رشد)، مربوط به رشد مؤلدیت کل عوامل^{۹۲} (TFP) می‌باشد.

نظریات رشد درون‌زا و برون‌زا برای تبیین عوامل تعیین‌کننده همین جزء باقی مانده رشد، در اقتصاد مطرح گردیده‌اند. قابل ذکر است در مدل‌های رشد برون‌زا؛ جزء باقی مانده رشد به تغییرات تکنالوژیکی نسبت داده می‌شود و این تغییر، پیشرفت تکنالوژیکی را به دنبال دارد که معانی زیر از آن حاصل می‌شود:

۱. به دست آوردن محصول بیشتر با مقادیر ثابت و معین عوامل تولید، به بیان دیگر با پیشرفت تکنالوژی می‌توان مقدار قبلی از محصولات را با عوامل کمتر تولید کرد.

۲. محصول جدید در معرض تغییرات کیفی قرار می‌گیرد، یعنی همان میزان محصول؛ ولی با کیفیت بالاتر تولید شود.

۳. کالاهای کاملاً جدید تولید می‌شود.

اما به دلیل کاستی‌های موجود در مدل‌های رشد برون‌زا در انطباق با دنیای واقعی و عدم توانایی در تحلیل و توضیح واقعیت‌های رشد اقتصادی، منجر به طراحی مدل رشد درون‌زا توسط رومر (۱۹۸۶)، لوکاس (۱۹۸۸)، بارو و دیگر محققین گردید. در این مدل‌ها نرخ رشد یک نواخت مطرح شده به پارامترهای توابع مطلوبیت و تولید و اجزاء عوامل آن‌ها بستگی دارد. بنابر رشد اقتصادی بر اساس تعاملات درونی اقتصاد مانند توسعه سرمایه انسانی، ارتقای مؤلدیت، تحقیق و توسعه و مصارف با کیفیت دولت اتفاق می‌افتد. باید علاوه کرد که در مدل‌های رشد درون‌زا، جزء باقی مانده درون‌زا در نظر گرفته می‌شود و به عواملی چون سرمایه انسانی، تحقیق و توسعه، نهادها و سرمایه اجتماعی نسبت داده می‌شود. ویژگی عمده مدل‌های رشد درون‌زا، نبود بازدهی نزولی نسبت به عوامل تولید است که قابلیت تجمع دارند و این ویژگی باعث می‌شود تا رشد به طور نامحدود ادامه داشته باشد. مدل‌های جدید رشد درون‌زا را می‌توان به دو دسته مدل‌های AK و R&D طبقه بندی نمود (جونز^{۹۳}، ۱۹۹۵).

^{۹۲}. Total Factor Productivity

^{۹۳}. Jones

۱. مُدل رشد AK: جوهر بسیاری از تیوری‌های رشد درون‌زا در مُدل AK منعکس شده است و می‌توان با قرار دادن $\alpha=1$ در تابع تولید کاب-دوگلاس^{۹۴}، مُدل AK را می‌توان قرار زیر نوشت.

$$Y_t = A_t K_t^\alpha L_t^{\alpha-1} \dots \alpha = 1 \dots \Rightarrow Y_t = A_t K_t$$

که در آن Y_t ، تولید در زمان t ، A_t بیان‌گر سطح تکنالوژی در زمان t و K_t نیز نشان‌دهنده سرمایه فیزیکی و انسانی در زمان t می‌باشد. در این جا فرض بر این است که تکنالوژی (A) با گذشت زمان در حالت تغییر بوده و پیشرفت تکنالوژیکی را به شکل تابع نمایی طور ذیل در نظر گرفت.

$$A_t = A_0 e^{g \cdot t}$$

در معادله فوق A_0 مبین سطح تکنالوژی در زمان صفر (اساس) و g نرخ رشد تکنالوژی می‌باشد که دارای توزیع نورمال بوده و تابع از لگارتیم سرمایه‌ای اولیه و یا عاید اولیه در رگرسیون‌های مقطعی کشورها است (برنارد^{۹۵}، ۲۰۰۱).

۲. مُدل رشد R&D: مُدل رشد درون‌زا بوده که بر تکنالوژی به‌عنوان موتور رشد تأکید دارد و بیان می‌کند که تکنالوژی محصول تحقیق، توسعه و نوآوری بوده که منجر به افزایش مؤلدیت می‌گردد. در نهایت تکنالوژی به‌عنوان محصول تحقیق و توسعه، منبع رشد دراز مدت تلقی می‌گردد که رومر (۱۹۹۰)، گروسمن و هلیپمن (۱۹۹۱) و آقیون و هویت (۱۹۹۲) و سایرین به این مورد اشاره کرده اند. مُدل مبتنی بر R&D را می‌توان قرار ذیل فورمول‌بندی کرد:

$$Y_t = K_t^{\alpha-1} (A_t L_t)^\alpha, L = L_Y + L_A, \frac{A^*}{A} = \delta L_A$$

در مُدل فوق Y تولید، A مؤلدیت (دانش یا تکنالوژی)، L نیروی کار و K سرمایه است. نیروی کار هم در تولید محصول (L_Y) و هم در تلاش برای ابداع و اختراع (L_A) استفاده می‌شود، طوری که L کل نیروی کار موجود در اقتصاد را نشان می‌دهد و با پیروی از رومر، گروسمن، و هلیپمن، آقیون و هویت ثابت می‌باشد. قابل یادآوری است که نیروی کار مصروف در فعالیت‌های R&D با نرخ رشد دانش فنی ($\frac{A^*}{A}$) مرتبط است.

مُدلهای که فعالیت‌های R&D را به‌عنوان منبع رشد مورد توجه قرار می‌دهند تأکید دارند که دولت‌ها می‌توانند با تشویق سرمایه‌گذاری‌ها در بخش R&D، باعث ایجاد کارهای جدیدی شوند که بر نرخ درازمدت اقتصاد تأثیرگذار باشند. ابداعات و اختراعات صنعتی جدید با انگیزه کسب مفاد که نتیجه

^{۹۴}. بنابر یکنواخت بودن رشد، α برابر با یک می‌باشد.

فعالیت‌های تحقیق و توسعه هستند، منجر به تجمع دانش و تکنالوژی می‌گردد و به دلیل تا حدی انحصاری بودن آن، عامل برای رشد اقتصادی کشورها تلقی می‌شود.

پیشینه تحقیق

مطالعات بسیار زیادی به بررسی تحقیق و توسعه و اثرات آن بر رشد اقتصادی در کشورهای مختلف پرداختند. اکثریت مطالعات تجربی نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری در بخش تحقیق و توسعه تأثیر مثبت بر رشد و توسعه اقتصادی دارد. در زیر به تعدادی از این مطالعات و یافته‌های آن مختصراً اشاره می‌گردد. نیهال و همکاران^{۹۶} (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای به بررسی تأثیرات نوآوری بر رشد اقتصادی کشورهای G8 با استفاده از مدل اثرات ثابت در دوره زمانی ۱۹۹۶-۲۰۲۰ پرداخته‌اند. نتایج نشان‌دهنده موجودیت رابطه مثبت معنادار میان مصارف تحقیق و توسعه با رشد اقتصادی در این گروه کشورها می‌باشد. ظفر و همکاران^{۹۷} (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای نقش مخارج تحقیق و توسعه در رشد اقتصادی کشورهای عضو اتحادیه همکاری‌های اقتصادی آسیا و اقیانوسیه (APEC) پرداخته‌اند. آن‌ها با استفاده از داده‌های دوره زمانی ۲۰۱۵-۱۹۹۰ به کمک مدل‌های Cup-FM و FMOLS نشان داده‌اند که در پهلوی وجود رابطه علی دراز مدت، مخارج تحقیق و توسعه تأثیر معنادار مثبت بر رشد اقتصادی کشورهای مورد بررسی دارد. شاه آبادی و همکاران (۱۳۹۵) در مطالعه‌ای "تأثیر تجمع سرمایه تحقیق و توسعه و سرمایه فیزیکی بر رشد اقتصادی کشورهای ایران، ترکیه و مالیزیا" با استفاده از روش رگرسیون با وقفه‌های توزیعی در دوره زمانی ۱۹۸۱-۲۰۱۲ پرداخته‌اند. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که تأثیر درازمدت سرمایه تحقیق و توسعه بر رشد اقتصادی در کشور مالیزیا در مقایسه با کشورهای ایران و ترکیه پایدارتر، باثبات‌تر و بیشتر است. همچنین سرمایه تحقیق و توسعه در مقایسه با سرمایه فیزیکی تأثیر بیشتر بر رشد اقتصادی کشورهای ترکیه و ایران دارد.

تاری و همکاران^{۹۸} (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای "ارتباط میان مصارف R&D و رشد اقتصادی کشور ترکیه" طی سال‌های (۱۹۹۰-۲۰۱۴) با به‌کارگیری از مدل ARDL پرداخته‌اند. نتایج به‌دست آمده بیان‌گر آنست که مصارف تحقیق و توسعه بر رشد اقتصادی کشور ترکیه در کوتاه‌مدت و درازمدت اثر معنادار مثبت داشته؛ بناً سرمایه‌گذاری در بخش تحقیق و توسعه جهت دستیابی به رشد اقتصادی متداوم در ترکیه مهم ارزیابی شده است. فریمان و همکاران^{۹۹} (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر مخارج تحقیق و توسعه بر رشد اقتصادی کشورهای عضو اتحادیه اروپا با استفاده از مدل‌های دینامیک پنل دیتا (GMM) در دوره

96. Nihal et al

97. Zafar et al.

98. Tari

99. Freimane

زمانی ۲۰۱۳-۲۰۰۱ پرداخته‌اند. نتایج نشان‌دهنده تأثیر معنادار مثبت مصارف تحقیق و توسعه بالای رشد اقتصادی کشورهای عضو این اتحادیه است؛ به نحوی که شدت اثربخشی متغیر مذکور بر رشد اقتصادی به میزان سرمایه‌گذاری در بخش تحقیق و توسعه توسط کشورهای مورد بررسی بستگی دارد. بناً در نظر گرفتن عوامل مختلف مانند چارچوب مشخص نهادی، کیفیت سرمایه انسانی و نوع تحقیق و توسعه؛ که بر کارایی مصارف R&D تأثیر می‌گذارد، حائز اهمیت دانسته می‌شود.

لیدرار و همکاران^{۱۰۰} (۲۰۱۶) با مطالعه‌ای اثرات مصارف تحقیق و توسعه بر رشد اقتصادی کشورهای منتخب OECD در دوره زمانی ۲۰۰۳-۲۰۱۴ با استفاده از روش GMM پرداختند. نتایج نشان‌دهنده تأثیر مثبت و معنادار مصارف تحقیق و توسعه بر رشد اقتصادی کشورهای مورد مطالعه می‌باشد. آکالی و همکاران^{۱۰۱} (۲۰۱۵) با تحقیق اثرات مصارف R&D بر رشد اقتصادی ۱۹ کشور توسعه یافته و در حال توسعه طی دوره زمانی ۱۹۹۰-۲۰۱۳ با استفاده از روش اثرات ثابت و تصادفی پرداختند. بر اساس نتایج به‌دست آمده، مصارف R&D بر رشد اقتصادی کشورهای مورد مطالعه اثر مثبت و معنادار داشته؛ بنابراین افزایش مصارف تحقیق و توسعه به مثابه مبنای برای خلق نوآوری و رشد و توسعه اقتصادی این کشورها محسوب گردیده است.

محمدزاده اصل و همکاران (۱۳۹۶) در مطالعه‌ای با بررسی آثار غیرمستقیم تحقیق و توسعه بر رشد اقتصادی ۱۶ کشور منتخب طی سال‌های (۲۰۰۴-۲۰۱۳) توسط مُدل پنل-کوانتیل پرداخته‌اند. نتایج مطالعه بیان‌گر موجودیت رابطه مثبت و معنادار میان مصارف R&D و GDP می‌باشد. براساس این یافته‌ها در کشورهای درحال توسعه، سرمایه فیزیکی نقش قالب را در رشد تولید ناخالص داخلی داشته است. سلاغی و همکاران^{۱۰۲} (۲۰۱۴) در مطالعه تجربی "بررسی مصارف تحقیق و توسعه عامه و خصوصی بر رشد اقتصادی کشورهای CEE با استفاده از مُدل GMM" طی دوره زمانی ۱۹۹۸-۲۰۰۸ پرداختند. طبق نتایج به‌دست آمده، با هر ۱٪ افزایش سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه شرکت‌ها، رشد اقتصادی در کوتاه‌مدت و درازمدت به اندازه ۰.۰۵٪ افزایش می‌یابد. قابسی و همکاران^{۱۰۳} (۲۰۱۲) با استفاده از مُدل‌های FMOLS و DOLS در دوره زمانی ۱۹۹۶-۲۰۰۷ به تحقیق اثرات مخارج تحقیق و توسعه بر رشد اقتصادی ۲۴ کشور توسعه‌یافته پرداختند و بیان داشتند که اثرات R&D داخلی بر رشد اقتصادی معنادار نبود؛ در ضمن تأثیر R&D خارجی بیشتر از R&D داخلی می‌باشد.

¹⁰⁰. Lidirar et al

¹⁰¹. Akcali

¹⁰². Pop Silaghi et al

¹⁰³ Gabsi et al

لوبیس و همکاران^{۱۰۴} (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای به بررسی مخارج تحقیق و توسعه بر رشد اقتصادی در گروه از کشورهای چون آمریکا، جاپان، چین، جرمنی و انگلستان با به‌کارگیری از داده‌های دوره زمانی ۱۹۹۶ الی ۲۰۱۸ به کمک مُدل تلفیقی (CEM) پرداخته‌اند. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که مصارف تحقیق و توسعه بالای رشد اقتصادی تأثیر معنادار ندارد. عبدالقدیر و همکاران^{۱۰۵} (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای "تأثیرات مصارف تحقیق و توسعه بر رشد اقتصادی کشورهای سازمان OECD" با استفاده از مُدل اثرات ثابت پرداخته‌اند. نتایج به‌دست آمده نشان‌دهنده موجودیت رابطه معنادار منفی میان رشد اقتصادی، مصارف R&D و تعداد محققین در فعالیت‌های R&D می‌باشد. جویل و رام (۱۹۹۴) با مطالعه کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه در پریود زمانی ۱۹۶۰-۱۹۸۵ دریافت که رابطه میان مصارف R&D و رشد اقتصادی در کشورهای در حال توسعه وجود ندارد؛ اما در کشورهای توسعه‌یافته موجود می‌باشد. در جدول زیر به خلاصه مطالعات تجربی انجام شده اشاره گردیده است.

¹⁰⁴ Lubis et al.

¹⁰⁵ Abdul Kadir et al

جدل ۱: خلاصه مطالعات تجربی انجام شده در رابطه با نقش تحقیق و توسعه در رشد اقتصادی

محققین	مکان و دوره زمانی	روش کار	یافته‌ها
ظفر و همکاران (۲۰۱۹)	کشورهای APEC 1990-2015	FMOLS	مصارف تحقیق و توسعه تأثیر مثبت و معنادار بر رشد اقتصادی کشورهای مورد بررسی دارند.
تاری و همکاران (۲۰۱۷)	ترکیه 1990-2014	ARDL	مصارف تحقیق و توسعه بر رشد اقتصادی کشور ترکیه در کوتاه مدت و دراز مدت اثر معنادار مثبت دارد.
فریمان و همکاران (۲۰۱۶)	کشورهای عضو اتحادیه اروپا 2001-2013	GMM	مصارف تحقیق و توسعه تأثیرات معنادار مثبت بر رشد اقتصادی کشورها داشته است.
اکالی و همکاران (۲۰۱۵)	۱۹ کشور توسعه‌یافته و در حال توسعه 1990-2013	FEM	مصارف R&D بر رشد اقتصادی کشورهای مورد مطالعه تأثیر معنادار مثبت داشته است.
محمدزاده اصل و همکاران (۱۳۹۲)	۱۶ کشور منتخب 2004-2013	Quantile Regression	رابطه معنادار مثبت میان مصارف R&D و GDP وجود دارد.
لیدرار و همکاران (۲۰۱۶)	کشورهای منتخب OECD 2003-2014	GMM	مصارف تحقیق و توسعه رابطه معنادار مثبت با رشد اقتصادی کشورهای مورد مطالعه دارد.
سلاخی و همکاران (۲۰۱۴)	کشورهای CEE 1998-2008	GMM	با هر ۱٪ افزایش در سرمایه‌گذاری تحقیق و توسعه، رشد اقتصادی به اندازه ۰,۰۵٪ در کوتاه مدت و دراز مدت افزایش می‌یابد.
قابسی و همکاران (۲۰۱۲)	۲۴ کشور توسعه‌یافته 1996-2007	FMOLS-DOLS	اثر R&D داخلی معنادار نبود؛ در ضمن تأثیر R&D خارجی بیشتر از R&D داخلی می‌باشد.
جویل و رام (۱۹۹۴)	کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه 1960-1985	Multiple Regression	رابطه میان مصارف R&D و رشد اقتصادی در کشورهای در حال توسعه وجود نداشته. اما در کشورهای توسعه یافته موجود می‌باشد.

چارچوب نظری

بعد از مرور پیشینه تجربی و نظری موضوع، در تحقیق حاضر به منظور تحلیل تجربی نقش مصارف تحقیق و توسعه بر رشد اقتصادی کشورهای G8 از تابع تولید معرفی شده توسط رومر (۱۹۸۶) بارو و سالا مارتین (۱۹۹۲) و بارو و سالا مارتین (۲۰۰۴) استفاده صورت گرفته است.

$$Y_{it} = F(A_{it}, L_{it}, K_{it}, R_{it})$$

که در آن Y بیانگر مقدار تولید، L نیروی کار، K سرمایه و R سرمایه دانش محور یا همان مصارف تحقیق و توسعه کشور i در زمان t می باشد. رومر بالای مصارف تحقیق و توسعه به عنوان عامل مهم در روند تولید تأکید می نماید.

داده ها و روش تحقیق

داده ها و روش جمع آوری آن

داده های مورد استفاده در این تحقیق از نوع پنل^{۱۰۶} می باشد. چون در تحقیق حاضر به ارزیابی و تحلیل تأثیر مصارف تحقیق و توسعه در کشورهای (G8)؛ شامل ایالات متحده آمریکا، جاپان، جرمنی، انگلند، فرانسه، ایتالیا، کانادا و روسیه در فاصله زمانی ۱۹۹۹ الی ۲۰۱۹ پرداخته شده است، بناً داده های مورد استفاده ما هم زمان دارای ویژگی داده های مقطعی و زمانی بوده است که می توان آن را پنل نامید. داده های استفاده شده در این تحقیق، از لحاظ منبع ثانوی بوده که از دیتابیس معلوماتی شاخص توسعه جهانی^(WDI¹⁰⁷) بانک جهانی در ارتباط با متغیرهای جامعه آماری در این تحقیق (کشورهای G8) استخراج شده است. در جدول شماره (۲) به توضیحات مختصر متغیرهای تحقیق پرداخته شده است.

106. Panel data

107. World Development Indicators; <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>

جدول ۲: متغیرهای تحقیق

نام متغیر	سمبول	نقش متغیر	توضیحات	منبع ارقام
تولید ناخالص داخلی سرانه	GDPPC	وابسته	نسبت تولیدات ناخالص داخلی (GDP) بر جمعیت وسط همان سال را تولید ناخالص داخلی سرانه می‌گویند.	WDI
مصارف تحقیق و توسعه	RDE	مستقل	مصارف که در فعالیت‌های نوآوری، تحقیق و توسعه به مصرف می‌رسد؛ فیصد از GDP.	WDI
تعداد محققین	RRD	مستقل	تعداد مجموعی محققین مصروف در فعالیت‌های تحقیق و توسعه.	WDI
نیروی کار	TLF	کنترل	افراد که در سن کار قرار داشته؛ شاغل و یا در صدد جستجوی کار باشند را نیروی کار گویند.	WDI
تشکیل سرمایه ناخالص ثابت	GFCF	کنترل	در تحقیق حاضر از تشکیل سرمایه ناخالص ثابت بحیث Proxy برای سرمایه‌گذاری داخلی استفاده گردیده است.	WDI
دسترسی به اینترنت	INTU	کنترل	تعداد استفاده‌کننده گان اینترنت فیصد از نفوس مجموعی.	WDI
سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی	FDI	کنترل	ورود سرمایه‌گذاری مستقیم در یک اقتصاد فیصد از GDP.	WDI

روش تحقیق

با توجه به ماهیت داده‌ها، چون در تحقیق حاضر با استفاده از مُدل‌های اقتصادسنجی در صدد تطبیق تیوری‌ها و نظریات رشد اقتصادی رومر (۱۹۹۰)، گروسمن و هلمپن (۱۹۹۱) و هویت و اغیون (۱۹۹۲) می‌باشیم، بناً تحقیق حاضر از روش کمی-کاربردی پیروی می‌کند. جامعه مورد مطالعه کشورهای G8 بوده و در بخش مبانی نظری و پیشینه تحقیق از کتب، مقالات، ژورنال‌ها و سایت‌های معتبر اینترنتی استفاده صورت گرفته است. داده‌های جمع‌آوری شده، با استفاده از مُدل‌های پیشرفته اقتصادسنجی چون: مُدل تلفیقی، اثرات ثابت و اثرات تصادفی به کمک نرم افزار احصائیوی STATA¹⁰⁸ تحلیل گردیده است که در زیر روی مُدل تحقیق و نحوه انتخاب مُدل نهایی مفصلاً می‌پردازیم.

¹⁰⁸. بسته نرم‌افزار آماری با هدف کلی برای تجزیه و تحلیل داده‌ها است که در سال ۱۹۸۵ توسط کارپ ستاتا ساخته شد.

تصریح مدل تحقیق

تحقیقات تجربی انجام شده، به تحلیل رابطه میان R&D و رشد اقتصادی در قالب تابع تولید پرداخته اند. در این مطالعه بر اساس چارچوب نظری و تجربی؛ مصارف تحقیق و توسعه (اکالی و همکاران^{۱۰۹}، ۲۰۱۵؛ لیدرار و همکاران^{۱۱۰}، ۲۰۱۶؛ کادیر و همکاران^{۱۱۱}، ۲۰۱۹)، تشکیل سرمایه ناخالص ثابت (افتخار و علی^{۱۱۲}، ۲۰۱۶)، تعداد محققین در تحقیق و توسعه (ماتالیا^{۱۱۳}، ۲۰۱۲)، استفاده کننده‌گان انترنت (عبدالقدیر و همکاران، ۲۰۲۰)، سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (مگزینو و ملی^{۱۱۴}، ۲۰۲۲) و نیروی کار (لویس و همکاران^{۱۱۵}، ۲۰۲۳) به عنوان عوامل مؤثر بر رشد اقتصادی کشورهای توسعه یافته انتخاب شده اند. بناً در تحقیق حاضر برای بررسی تأثیر تحقیق و توسعه بر رشد اقتصادی کشورهای G8 بر اساس جدیدترین متون و پیشینه تحقیق، مدل تجربی زیر مشخص گردیده است:

$$\begin{aligned} \ln(GDPPC_{it}) = & \beta_0 + \beta_1 \ln(RDE_{it}) + \beta_2 \ln(RRD_{it}) + \beta_3 \ln(FDI_{it}) \\ & + \beta_4 \ln(TLF_{it}) + \beta_5 INTU_{it} + \beta_6 GFCF_{it} + u_{it} \end{aligned}$$

در معادله فوق الذکر: $\ln(GDPPC_{it})$ لوگارتیم GDP سرانه، $\ln(RDE_{it})$ لوگارتیم مصارف تحقیق و توسعه، $\ln(RRD_{it})$ لوگارتیم تعداد محققین در فعالیت‌های تحقیق و توسعه، $\ln(FDI_{it})$ لوگارتیم $\ln(TLF_{it})$ لوگارتیم نیروی کار، $INTU_{it}$ استفاده کنندگان انترنیت و $GFCF_{it}$ تشکیل سرمایه ناخالص ثابت (سرمایه‌گذاری داخلی) کشور i در سال t و u_{it} خطای مدل در نظر گرفته شده است.

تخمین پارامترهای مدل

از آن‌جا که داده‌های مورد بررسی در تحقیق حاضر از نوع پنل می‌باشد یعنی چندین مقطع ($N=8$) در فاصله زمانی ($T=21$) ساله در نظر گرفته شده است و از سوی دیگر $N < 25$ و $T < 25$ بوده؛ بناً برای تخمین ضرایب مدل می‌توان از سه رویکرد؛ مدل رگرسیونی تلفیقی یا اثرات یک‌سان^{۱۱۶}، مدل اثرات تصادفی^{۱۱۷} و مدل اثرات ثابت^{۱۱۸} استفاده کرد (آپادها یا^{۱۱۹}، ۲۰۲۰). تفاوت میان این روش‌ها بستگی به مفروضات

109. Akcali

110. Lidirar et al

111. Kadir et al

112. Iftikhar & Ali

113. Mattalia

114. Magazzino & Mele

115. Lubis et al

116. Common Effect Model or Pooled regression

117. Random Effect Model

118. Fixed Effect Model

119. Upadhyaya

تدوین شده در مورد عروض از مبداء (intercepts) و ضرایب زاویه (slopes) دارد (ویدار جونو و همکاران^{۱۲۰}، ۲۰۱۳). در زیر بالای هر یک آن مختصراً می‌پردازیم.

مدل رگرسیونی تلفیقی

در این روش فرض بر این است که اثرات مقطعی وجود ندارد و تمام مقاطع (کشورها) کاملاً متجانس هستند؛ بناً برای مدل رگرسیونی یک عرض از مبداء کلی و ثابت سنجش خواهد شد. این روش به مدل ضرایب ثابت نیز مشهور است؛ زیرا ضرایب (عرض از مبداء و ضرایب زاویه) در طول زمان برای تمام مقاطع یکسان و ثابت باقی می‌مانند (پیش بهار، ۱۳۹۷؛ جوهری و همکاران، ۲۰۲۰). باید علاوه کرد که در صورت غیر متجانس بودن مقاطع، ضرایب برآوردی با این روش اریب و ناسازگار خواهند بود. معادله رگرسیونی مدل تلفیقی را می‌توان قرار ذیل نوشت:

$$Y_{it} = \alpha + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \dots + \beta_k X_{kit} + u_{it} \Rightarrow Y_{it} = \alpha + \sum_{j=1}^k \beta_j X_{jit} + u_{it}$$

مدل رگرسیونی با اثرات ثابت

این روش برای رفع نقیصه مدل تلفیقی انکشاف داده شده است. مدل اثرات ثابت بر این فرض بناء شده که تفاوت ناشی از مشخصات مقاطع (غیر متجانس بودن مقاطع) را می‌توان توسط عرض از مبداء مختلف نشان داد؛ بناً براساس این مدل عرض از مبداء برای هر یک از مقاطع متفاوت بوده، مگر ضرایب زاویه برای تمام مقاطع در طول زمان ثابت خواهد ماند (پیش بهار، ۱۳۹۷؛ جوهری و همکاران، ۲۰۲۰).

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \dots + \beta_k X_{kit} + u_{it} \Rightarrow Y_{it} = \alpha_i + \sum_{j=1}^k \beta_j X_{jit} + u_{it}$$

در روش مذکور عرض از مبداء متفاوت برای مقاطع (کشورها) به کمک متغیر مجازی (Dummy variables) تخمین می‌گردد؛ بنابراین مدل اثرات ثابت به نام مدل (LSDV)^{۱۲۱} نیز یاد می‌گردد.

$$Y_{it} = \alpha_0 + \alpha_i D_i + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \dots + \beta_k X_{kit} + u_{it} \Rightarrow Y_{it} = \alpha_0 + \sum_{i=1}^N \alpha_i D_i + \sum_{j=1}^k \beta_j X_{jit} + u_{it}$$

اما قابل یادآوری است که مشکل عمده این روش تخمین تعداد بیشتر ضرایب (عرض از مبداء برای هر مقطع) می‌باشد. درجه آزادی را شدیداً متأثر ساخته و گاهی ممکن پارامترهای مدل قابلیت سنجش را از دست دهد.

¹²⁰. Widarjono, et al.

¹²¹. Least Square Dummy Variable Model

مدل رگرسیونی با اثرات تصادفی

مدل رگرسیون با اثرات تصادفی بیان می‌دارد که تفاوت ناشی از مشخصات مقاطع را می‌توان توسط عرض از مبدا که بستگی به عامل تصادفی خطا دارد نشان داد. بناً بر اساس این مدل عرض از مبدا برای هر یک از مقاطع متفاوت بوده و دلیل تفاوت آن هم عامل خطا می‌باشد. عامل خطا ممکن در بین مقاطع و یا در طول زمان همبستگی داشته باشد (جوهری و همکاران، ۲۰۲۰). معادله رگرسیونی این مدل را می‌توان قرار ذیل نوشت:

$$Y_{it} = \alpha_0 + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \dots + \beta_k X_{kit} + \mu_i + \varepsilon_{it} \Rightarrow Y_{it} = \alpha_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j X_{jit} + \mu_i + \varepsilon_{it}$$

در معادله فوق: α_0 مقدار متوسط عرض از مبدا، μ_i خطای تصادفی مربوط به مقاطع که بیان‌گر تفاوت در هر یکی از مقاطع و یکدیگر می‌باشد و ε_{it} هم نشان‌دهنده خطای مدل می‌باشد. مزیت این روش نسبت به اثرات ثابت این بوده است که تعداد کمتر ضرایب تخمین می‌گردد.

آزمون‌ها برای انتخاب مدل مناسب

در تحقیق حاضر برای انتخاب مدل مناسب آزمون‌های متعدد چون: آزمون چاو (۱۹۶۰)، آزمون بروش پیگان (۱۹۸۰) و آزمون هاسمن (۱۹۷۸) مورد استفاده قرار گرفته که در ذیل مختصراً اشاره گردیده است.

آزمون چاو (Chow test)

از آزمون چاو (اف-لیمیر) برای انتخاب مدل مناسب از میان؛ مدل تلفیقی و مدل اثرات ثابت استفاده گردیده است. این آزمون در صدد آزمایش فرضیه صفری (مدل تلفیقی نسبت به مدل اثرات ثابت بهتر است) در مقابل فرضیه بدیل (مدل اثرات ثابت نسبت به مدل تلفیقی بهتر است) می‌باشد (گرین^{۱۲۲}، ۲۰۰۰). در صورت کوچک‌تر بودن ارزش احتمالی این آزمون از مقدار الفای ۰،۰۵، فرضیه صفری با شواهد کافی رد و مدل رگرسیونی با اثرات ثابت به عنوان گزینه مناسب انتخاب می‌گردد.

آزمون بروش پیگان (Bruch-Pagan test)

این آزمون برای انتخاب مدل مناسب از میان مدل‌های تلفیقی و اثرات تصادفی مورد استفاده قرار می‌گیرد (بالتاجی^{۱۲۳}، ۲۰۱۰). فرضیات این آزمون را می‌توان قرار ذیل نوشت:

فرضیه صفری (H_0): مدل تلفیقی نسبت به مدل اثرات تصادفی بهتر است.

فرضیه مخالف (H_A): مدل اثرات تصادفی نسبت به مدل تلفیقی بهتر است.

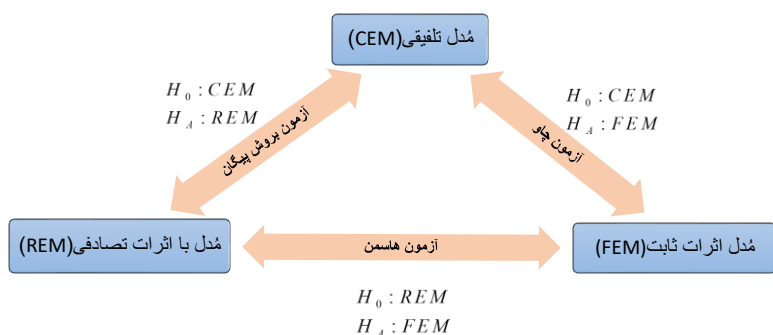
122. Green

123. Baltagi

اگر ارزش احتمالی آزمون کوچک‌تر از مقدار الفای ۰,۰۵ باشد در این صورت فرضیه صفری رد که بیان‌گر مناسب بودن مدل رگرسیونی با اثرات تصادفی می‌باشد.

آزمون هاسمن (Hausman test)

در نهایت آزمون هاسمن غرض انتخاب مدل مناسب از میان مدل‌های اثرات ثابت و اثرات تصادفی، مورد استفاده قرار می‌گیرد (بالتاجی، ۲۰۱۰؛ سوتینو و همکاران^{۱۲۴}، ۲۰۱۷). با استفاده از این آزمون فرضیه صفری (مدل اثرات تصادفی نسبت به مدل اثرات ثابت بهتر است) در مقابل فرضیه بدیل (مدل اثرات ثابت نسبت به مدل اثرات تصادفی بهتر است) مورد آزمایش قرار می‌گیرد. در صورت کوچک‌تر بودن ارزش احتمالی از مقدار الفای ۰,۰۵، فرضیه صفری رد و مدل رگرسیونی با اثرات ثابت به‌عنوان مدل نهایی و مناسب انتخاب می‌گردد. در شکل (۱) پروسه انتخاب مدل مناسب وضاحت داده شده است.



شکل ۱: نحوه انتخاب مدل مناسب

آزمون‌های تشخیصی (خوبی) مدل

بعداً از انتخاب مدل مناسب، آزمون‌های متعدد چون: آزمون نورمال بودن باقی‌مانده‌ها، ناهمسانی وریانس، خودهمبستگی سریالی، استقلالیت مقاطع و هم‌خطی چندگانه؛ برای اعتباردهی مدل اجرا می‌گردد که در زیر مختصراً اشاره گردیده است.

آزمون نورمال بودن توزیع باقی‌مانده‌ها

آزمون جارقو-برا (Jarque-Bera) برای آزمون فرضیه نورمال بودن توزیع باقی‌مانده‌های مدل مورد استفاده قرار گرفته است. اگر ارزش احتمالی این آزمون از مقدار الفای ۰,۰۵ بزرگ‌تر باشد، در این صورت فرضیه

صفری (باقی مانده‌های مدل دارای توزیع نورمال است) مورد تأیید قرار گرفته و خوبی مدل را نشان می‌دهد. با وجود این که در اقتصادسنجی این یک امر ضروری و حتمی نیست (گجراتی^{۱۲۵}، ۲۰۰۴).

آزمون ناهمسانی واریانس

این آزمون در صدد آزمایش فرضیه صفری (باقی مانده‌های مدل هم واریانس هستند) بوده، بناً در تحقیق حاضر برای آزمایش این فرضیه از آزمون تعمیم یافته والد استفاده صورت گرفته است (گرین، ۲۰۰۰). در صورت بزرگتر بودن ارزش احتمالی از مقدار الفای ۰٫۰۵، فرضیه صفری تأیید گردیده که بیانگر همسان بودن واریانس باقی مانده‌ها می‌باشد؛ اما در صورت موجودیت ناهمسانی واریانس می‌توان با به‌کارگیری از واریانس مستحکم (نیرومند) وایت و یا هم استفاده از مدل‌های GLS و FGLS مشکلات ناشی از ناهمسانی واریانس را رفع کرد (گجراتی و پورتر^{۱۲۶}، ۲۰۱۰).

آزمون خود همبستگی سریالی

به این منظور از آزمون ولدرج استفاده گردیده است. فرضیه صفری این آزمون (خودهمبستگی سریالی میان باقی مانده‌های مدل وجود ندارد) زمانی قابل تأیید می‌باشد که ارزش احتمالی آزمون ولدرج بزرگتر از الفای ۰٫۰۵ باشد (ولدرج^{۱۲۷}، ۲۰۱۰).

آزمون استقلالیت مقاطع

از نظر بالتاجی (۲۰۱۰) وابستگی مقاطع مشکل مربوط به داده‌های مکرو-پنل ($T > N$ یا $T > 20$) بوده که نتایج مدل را می‌تواند شدیداً متأثر سازد. یکی از خصوصیات مدل خوب هم عدم موجودیت وابستگی میان مقاطع می‌باشد، بناً در تحقیق حاضر از آزمون پسران^{۱۲۸} (۲۰۰۴) برای تشخیص وابستگی میان مقاطع استفاده صورت گرفته است. در صورت که ارزش احتمالی این آزمون از الفای ۰٫۰۵ بزرگتر باشد، پس نتیجه می‌گیریم که وابستگی میان مقاطع در مدل رگرسیونی وجود ندارد و فرضیه صفری (عدم موجودیت وابستگی میان مقاطع) با شواهد کافی تأیید می‌گردد.

آزمون همخطی چندگانه

موجودیت رابطه معنادار شدید خطی میان متغیرهای مستقل در مدل تفسیر نتایج مدل را مغلق ساخته و استنتاج منطقی از نتایج پیچیده‌تر می‌گردد. بناً برای تشخیص همخطی و همخطی چندگانه میان متغیرهای

125. Gujarati

126. Gujarati and Porter

127. Wooldridge

128. Pasaran CD

مستقل موجود در مدل از آماره VIF^{129} استفاده صورت گرفته است و اگر مقدار این آماره بیشتر از ۱۰ باشد در این صورت شواهدی بر وجود همخطی چندگانه موجود نمی‌باشد (کیم، ۲۰۱۹).^{۱۳۰}

تحلیل داده‌ها و یافته‌های تحقیق

در این بخش در قدم نخست به احصائیه‌های توصیفی و در ادامه به همبستگی میان متغیرهای تحقیق، آزمون‌های انتخاب مدل مناسب، نتایج مدل‌ها و آزمون‌های تشخیصی مدل پرداخته شده است.

جدول ۳: احصائیه توصیفی متغیرهای تحقیق

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Ln(GDPPC)	168	4.505	0.242	3.683	4.783
Ln(RDE)	168	10.73	0.465	9.849	11.80
Ln(RRD)	168	3.552	0.151	3.060	3.732
Ln(FDI)	168	10.61	0.580	7.492	11.70
Ln(TLF)	168	7.643	0.284	7.205	8.222
INTU%	168	63.27	24.25	1.019	94.77
GFCF%	168	21.00	2.670	14.38	28.90
RDE % of GDP	168	2.055	0.716	0.981	3.368
GDPPC	168	35722.1	12471.3	4819.3	60698.0

منبع: یافته‌های تحقیق

طوری که در جدول ۳ دیده می‌شود کشورهای G8 در دوره زمانی تحقیق (۱۹۹۹-۲۰۱۹) به‌طور اوسط ۲۰٫۶ فیصد تولیدات ناخالص خود را صرف فعالیت‌های تحقیق و توسعه کرده که در اثر آن عاید سرانه این کشورها به ۶۰۶۹۸ دالر افزایش یافته است.

جدول ۴: نوعیت و شدت رابطه همبستگی میان متغیرین

Variables	Ln(GDPPC)	Ln(RDE)	Ln(RRD)	Ln(FDI)	Ln(TLF)	INTU	GFCF
Ln(GDPPC)	1.000						
Ln(RDE)	0.640	1.000					
Ln(RRD)	0.235	0.475	1.000				
Ln(FDI)	0.366	0.427	0.136	1.000			
Ln(TLF)	-0.146	0.636	0.272	0.284	1.000		
INTU	0.494	0.376	0.555	0.097	0.003	1.000	
GFCF	0.111	0.283	0.334	-0.128	0.140	0.106	1.000

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۴ نشان‌دهنده همبستگی میان متغیرهای تحقیق در کشورهای G8 بوده است. نتایج از موجودیت رابطه مثبت میان رشد اقتصادی و مصارف تحقیق و توسعه گواهی می‌دهد. به همین ترتیب متریکس همبستگی میان متغیرهای مستقل بر عدم موجودیت همخطی چندگانه نیز تأکید دارد. در ادامه جدول

129. Variance Inflation Factor

130. Kim; <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6900425/>

شماره ۵ نتایج آزمون‌های چاو، بروش پیگان و هاسمن برای انتخاب مدل مناسب از میان گزینه‌های موجود؛ مدل تلفیقی، اثرات ثابت و اثرات تصادفی آورده شده است.

جدول ۵: نتایج آزمون‌های انتخاب مدل مناسب

آزمون	فرضیه صفری (H_0)	ارزش احتمالی	نتیجه
چاو (اف-لیمیر)	مدل تلفیقی (CEM) نسبت به اثرات ثابت (FEM) بهتر است.	0.000***	رد H_0
بروش پیگان	مدل تلفیقی (CEM) نسبت به اثرات تصادفی (REM) بهتر است.	0.000***	رد H_0
هاسمن	مدل اثرات تصادفی (REM) نسبت به اثرات ثابت (FEM) بهتر است.	0.006***	رد H_0

Note: Significant level *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

منبع: یافته‌های تحقیق

با استناد بر نتایج جدول ۵، آزمون اف-لیمیر با رد فرضیه صفری بیان می‌دارد که مدل اثرات ثابت نسبت به مدل تلفیقی گزینه مناسب بوده است. به همین منوال آزمون بروش پیگان با رد فرضیه صفری مدل اثرات تصادفی را گزینه مناسب دانسته است. اما در نهایت امر نتایج آزمون هاسمن بیان‌کننده‌ای این حقیقت بوده که مدل اثرات ثابت نسبت به مدل اثرات تصادفی گزینه مناسب بوده که به عنوان مدل نهایی برای تخمین ضرایب و تحلیل اثرات مصارف تحقیق و توسعه بالای رشد اقتصادی در تحقیق حاضر مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این بخش قبل از این که روی تفسیر نتایج مدل مناسب (اثرات ثابت) بحث صورت گیرد، مهم دانسته می‌شود که اعتباردهی و خوبی مدل همه جانبه مورد بررسی قرار گیرد. در جداول زیر به ترتیب نتایج آزمون‌های خوبی مدل و نتایج مدل آورده شده است.

جدول ۶: آزمون‌های خوبی مدل

آزمون	فرضیه صفری (H_0)	ارزش احتمالی	نتیجه
ناهمسانی وریانس (وایت)	باقی مانده‌های مدل هم وریانس اند.	۰,۰۰۰	رد H_0
خودهمبستگی سریالی (ولدرج)	خودهمبستگی سریالی میان باقی مانده‌ها وجود ندارد.	۰,۰۰۰	رد H_0
وابستگی مقاطع (پسران)	میان باقی مانده‌ها وابستگی مقطعی وجود ندارد.	۰,۴۸۹	تأیید H_0
نورمالیتی (جاریو-برا)	باقی مانده‌های مدل دارای توزیع نورمال می‌باشد.	۰,۰۰۱	رد H_0
همخطی چندگانه (VIF)	میان متحولین مستقل مدل همخطی وجود ندارد.	$VIF=1.18 < 10$	تأیید H_0

منبع: یافته‌های تحقیق

نتایج جدول ۶ نشان می‌دهد که از یک سو وابستگی میان مقاطع وجود نداشته و آثار همخطی چندگانه نیز در مدل دیده نمی‌شود که بیان‌گر خوبی مدل بوده؛ اما از سوی دیگر ارزش احتمالی آزمون ناهمسانی وریانس-وایت، خودهمبستگی سریالی-ولدرج و نورمالیتی جاریو-برا کوچکتر از الفای ۰,۰۵ بوده است. بناً مدل با مشکلات چون ناهمسانی وریانس باقی مانده‌ها، موجودیت خودهمبستگی سریالی و غیر نورمال بودن توزیع باقی مانده‌ها مواجه می‌باشد. غرض رفع پیامدهای ناگوار ناهمسانی وریانس و خودهمبستگی

سریالی بر نتایج مُدل؛ روش تصحیح وریانس^{۱۳۱} یا وریانس مستحکم (Robustness) مورد استفاده قرار گرفته است. در جدول شماره ۷ نتایج مُدل نهایی قبل و بعد از تصحیح وریانس آورده شده است.

جدول ۷: نتایج مُدل رگرسیونی اثرات ثابت- همراه با تصحیح وریانس (Robustness)

Variables	نتایج مُدل اثرات ثابت			نتایج مُدل اثرات ثابت- بعد از تصحیح (Robust)		
	Coef.	St-Error	t-Statistics [p-value]	Coef.	St-Error	t-Statistics [p-value]
DV: Ln(GDPPC)						
Ln(RDE)	0.523	0.032	16.51 [0.000]***	0.523	0.048	10.95 [0.000]***
Ln(RRD)	-0.304	0.026	-11.75 [0.000]***	-0.304	0.046	-6.620 [0.000]***
Ln(FDI)	0.006	0.003	2.170 [0.031]**	0.006	0.004	1.480 [0.183]
Ln(TLF)	0.061	0.095	0.650 [0.519]	0.061	0.113	0.550 [0.603]
INTU	0.001	0.000	8.040 [0.000]***	0.001	0.000	4.570 [0.003]***
GFCF	0.008	0.001	10.15 [0.000]***	0.008	0.001	9.660 [0.000]***
Constant	-0.761	0.700	-1.090 [0.278]	-0.761	0.947	-0.800 [0.448]
R-squared	0.916			0.916		
F-test	279.51[0.000]***			143.018[0.000]***		
Observations	168			168		

Note: Significant level *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

منبع: یافته‌های تحقیق

با استناد بر جدول ۷، نتایج مُدل نهایی (مُدل اثرات ثابت- بعد از تصحیح) نشان می‌دهد که از میان متغیرهای مستقل؛ مصارف تحقیق و توسعه (RDE)، تعداد محققین در فعالیتهای تحقیق و توسعه (RRD)، دسترسی به انترنیت (INTU) و سرمایه‌گذاری داخلی (GFCF) بر رشد اقتصادی کشورهای گروه هشت در دوره زمانی این تحقیق تأثیر معنادار داشته است.

طوری که با هر فیصد افزایش در مصارف تحقیق و توسعه به‌طور اوسط رشد اقتصادی این کشورها به اندازه ۰٫۵۲۳، فیصد افزایش را نشان می‌دهد. همچنان تعداد محققین در فعالیتهای تحقیق و توسعه با رشد اقتصادی این کشورها رابطه معنادار منفی داشته و با هر فیصد افزایش در تعداد محققین، رشد اقتصادی به اندازه ۰٫۳۰۴، فیصد کاهش را نشان می‌دهد. سرمایه‌گذاری داخلی نیز تأثیر معنادار مثبت روی رشد اقتصادی داشته و با هر فیصد افزایش در آن، رشد اقتصادی کشورهای G8 حدود ۰٫۸، فیصد افزایش می‌یابد. باید علاوه کرد که میزان دسترسی به انترنیت نیز عامل مؤثر در رشد اقتصادی این کشورها تلقی می‌گردد و با هر فیصد افزایش در آن رشد اقتصادی ۰٫۱، فیصد افزایش خواهد یافت. قابل یادآوری است که سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI) و نیروی کار مجموعی (TLF) بالای رشد اقتصادی کشورهای G8 تأثیر معنادار نداشته است. به‌صورت کل مُدل تحقیق معنادار بوده و حدود ۹۱٫۶ فیصد تغییرات در رشد اقتصادی کشورهای G8 را تشریح کرده است.

¹³¹. Daniel Hoechle- Robust Standard Errors for Panel Regressions

مناقشه

در این تحقیق تأثیر مصارف تحقیق و توسعه بالای رشد اقتصادی کشورهای G8 طی دوره زمانی ۱۹۹۹-۲۰۱۹ با به کارگیری از داده‌های پنل و مدل اثرات ثابت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان‌دهنده تأثیر معنادار مثبت مصارف تحقیق و توسعه بالای رشد اقتصادی این کشورها می‌باشد. نتایج این تحقیق با یافته‌های نیهال و همکاران (۲۰۲۳)، تاری و همکاران (۲۰۱۷)، سلاغی و همکاران (۲۰۱۴)، فریمان و همکاران (۲۰۱۶) و اکالی و همکاران (۲۰۱۵) مشابه؛ اما با یافته‌های عبدالقدیر و همکاران (۲۰۲۰) در تضاد قرار دارد.

همچنان تعداد محققین در فعالیت‌های تحقیق و توسعه با رشد اقتصادی کشورهای G8 رابطه معنادار منفی داشته است. طبق نظر هانگ و لین (۲۰۰۶)^{۱۳۲} محققین یکی از عوامل مهم نوآوری می‌باشند. با در نظر گرفتن نقش و جایگاه محققین در تحقیق و توسعه؛ فعالیت‌های انجام شده تحقیق و توسعه توسط آن‌ها باید استوار بر نافعیت و مفیدیت باشد در غیر آن مصارف بالای فعالیت‌های تحقیق و توسعه ضایع خواهند گردید. نتایج فوق با نتایج تحقیق عبدالقدیر و همکاران (۲۰۲۰) مشابه؛ اما با یافته‌های هیلپمن و گروسمن (۱۹۹۱) در تضاد قرار دارد.

نتایج این تحقیق به حقایق آشکار در این کشورها اشاره دارد و آن این‌که: اولاً، رشد اقتصادی در کشورهای G8 ناشی از رشد سریع تکنالوژی و نوآوری بوده که دست‌آورد تحقیقات علمی محسوب می‌گردد. ثانیاً، اکثریت فعالیت‌های نتیجه بخش تحقیقاتی در کشورهای G8 در دست سکتور خصوصی بوده است و سکتور خصوصی این کشورها برای حداکثر کردن مفاد خود سالانه میلیاردها دالر روی تحقیقات و نوآوری به مصرف می‌رسانند که به مراتب مؤثرتر از سکتور دولتی این کشورها می‌باشد. ثالثاً، دسترسی به اینترنت در این کشورها بیش از ۸۶ فیصد بوده و این امر روند تحقیق، نوآوری و توسعه؛ به حیث عامل مؤثر بر رشد اقتصادی را سهل‌تر ساخته است. رابعاً، سرمایه‌گذاری‌های داخلی نسبت به FDI در رشد اقتصادی این کشورها نقش مؤثر داشته است. نهایتاً قابل یادآوری است که افزایش تعداد افراد فعالیت‌های تحقیق و توسعه عامل رشد اقتصادی نبوده؛ بلکه داشتن ظرفیت امور تحقیقی در این افراد عامل اصلی نوآوری و توسعه بوده که عامل عمده رشد اقتصادی تلقی می‌گردد. بنابراین سکتور خصوصی به هدف حداکثرسازی مفاد خود با استخدام افراد شایسته و با ظرفیت؛ پروسه تحقیق، نوآوری و توسعه را سرعت بخشیده که منجر به رشد اقتصادی این کشورها گردیده است.

نتیجه‌گیری

جهانی شدن، رشد تجارت و پیشرفت تکنالوژی باعث افزایش قدرت رقابتی کشورها گردیده است. نوآوری‌های تکنالوژیکی نقش ارزنده و مهم در رشد اقتصادی این کشورها داشته؛ که تحقیق و توسعه عامل اصلی این نوآوری‌ها می‌باشد. نتایج حاصله از این تحقیق نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری در بخش تحقیق و توسعه بالای رشد اقتصادی کشورهای G8 تأثیر مثبت دارد.

باید علاوه نمود که هر ۱۰ فیصد افزایش در سرمایه‌گذاری (مصارف) بالای تحقیق و توسعه؛ سبب افزایش ۴،۱ الی ۶،۴ فیصد رشد اقتصادی کشورهای G8 خواهد گردید. بناً با داشتن شواهد کافی فرضیه صفری تحقیق رد و فرضیه بدیل آن تأیید می‌گردد. تعداد محققین در فعالیت‌های تحقیق و توسعه بر رشد اقتصادی این کشورها تأثیر معنادار منفی داشته است. دلایل عمده این رابطه می‌تواند از یک سو عدم تفکیک این کارمندان به سکتور دولتی و خصوصی باشد و از سوی دیگر به غیر مؤثر بودن فعالیت آن‌ها و ضایع شدن منابع اشاره دارد. در کل مُدل تحقیق قابل قبول بوده و با ثابت فرض نمودن سایر عوامل؛ حدود ۹۱،۶ فیصد تغییرات در رشد اقتصادی کشورهای G8 را تشریح کرده است.

قابل یادآوری است که در تحقیق حاضر بنابر نبود داده‌های کافی، تعداد محققین بدون تفکیک به سکتورها به حیث یک عامل مؤثر بر رشد اقتصادی در نظر گرفته شده است. بناً نمی‌توان نقش و مؤثریت کارمندان این دو سکتور را به شکل مقایسوی در رشد اقتصادی کشورهای G8 مورد تحلیل و ارزیابی قرار داد. بنابراین برای مجریان امور و محققین آینده پیشنهاد می‌گردد که:

۱. کوشیده شود رابطه میان رشد اقتصادی و تعداد محققین در فعالیت‌های تحقیق و توسعه؛ به تفکیک سکتور (دولتی و خصوصی) این محققین طور مقایسوی مورد تحلیل قرار گیرد.
۲. دولت‌ها با ایجاد، تمویل و تقویت مراکز آموزشی و تحقیقاتی به پروسه تحقیق، توسعه و نوآوری که منجر به رشد اقتصادی می‌گردد؛ سرعت ببخشد و همچنان برای تدوین پالیسی‌های مبتنی بر شواهد جهت رسیدن به اهداف ملی با استفاده از نتایج تحقیقات علمی، به حمایت از این مراکز پردازد.
۳. کشورهای رو به انکشاف چون افغانستان نیز با الگو برداری از این کشورها می‌تواند مانند ایران، ترکیه و هندوستان نقش مؤثر را در تحقیق، توسعه و نوآوری در سطح منطقه و جهان ایفاء نمایند.

منابع

- پیش بهار، اسماعیل. (۱۳۹۷). اقتصادسنجی جلد دوم همراه با کاربرد نرم افزارهای ویژه اقتصادسنجی. تهران. نشر نور علم.
- حسن زاده، علی و حیدری، حسن. (۱۳۸۰). بررسی نقش مخارج R&D در نرخ رشد اقتصادی. تحقیقاتی ایران (۸) - ۷۸-۵۹.
- دهقانی، علی. خردمند، کامران. عبدی، محمد. (۱۳۸۶). اثر بخشی هزینه های تحقیق و توسعه (بررسی موردی تعاونی های تولیدی استان خراسان رضوی و صنایع ایران).
- رومر، دیوید. (۱۳۸۹). اقتصاد کلان پیشرفته. ترجمه: مهدی تقوی. تهران. نشر بازتاب.
- علی احمدی، علیرضا. فروزنده، لطف الله. اسفنجانی، حسین عباسی. (۱۳۸۹). شناسایی ابزارهای حمایتی دولت ها برای تجاری سازی تحقیقات پوهنتونی. دوره ۲۰، شماره ۴۷.
- کميجانی، اکبر و معمارنژاد، عباس. (۱۳۸۳). اهمیت کیفیت نیروی انسانی و R&D در رشد اقتصادی ایران. پژوهشنامه بازرگانی (۳۱) - ۳۱-۱.
- مجیب، ژاله. (۱۳۶۸). اهمیت تحقیقات در تولید ناخالص ملی و بررسی مشکلات و ارایه راه حل مناسب. مجموعه مقالات سمینار تحقیق و توسعه، تهران، سازمان تحقیقاتی علمی و صنعتی ایران.
- محمدزاده اصل، نازی، رویا سیفی پور، و آزاده محرابان. (۱۳۹۶). بررسی بازدهی تحقیق و توسعه بر رشد اقتصادی، با استفاده از روش رگرسیون کوانتیل، پژوهشنامه اقتصاد و کسب و کار ۸، شماره ۱: ۱۵.
- Abdulkadir, Amanah & Afriana, Wendra & Azis, Harry. (2020). THE EFFECTS OF R&D EXPENDITURES ON ECONOMIC GROWTH IN OECD COUNTRIES. Airlangga Journal of Innovation Management. 1. 175. 10.20473/ajim.v1i2.21607.
- Aghion, P., Howitt, P. (1992). A Model of Growth Through Creative Destruction. Econometrica, 60(2), 323-351.
- Akcali, B. Y., & Sismanoglu, E. (2015). Innovation and the effect of research and development (R&D) expenditure on growth in some developing and developed countries. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 195, 768-775.
- Arond, E., & Bell, M. (2009). Trends in the Global Distribution of R&D since the 1970s: Data, their Interpretation and Limitations.
- Arond, E., Bell, M. (2010). Trends in the Global Distribution. STEPS Working Paper (39).
- Baltagi, B. H. (2010). Econometric Analysis of Panel Data. JohnWiley & Sons, Ltd, Sussex, 4th edition. west edition.
- Barro, R.; Sala-i-Martin, X. (2004). Economic Growth, Second Edition, London, England: The MIT Press.
- Bernard, Corinne Autant. (2001). Economics of Innovation and New Technology 10 (4), 237-254.
- Bilbao-Orsorio, B. & Rodriguez-Peso, A. (2004). From R&D to innovation and economic growth in the EU.
- Bor, Y. J., Chuang, Y.-C.; Lai, W.-W.; Yang, C.-M. (2010). A Dynamic General Equilibrium Model for Public R&D Investment In Taiwan. Economic Modelling, 27(1), 171-183.
- Breusch, T. S., and A. R. Pagan. (1980). The Lagrange Multiplier Test and its Applications to Model Specification in Econometrics. Review of Economic Studies, 47(1):239-253.
- Chow, Gregory C. (1960). Tests of Equality Between Sets of Coefficients in Two Linear Regressions. Econometrica, 28 (3): 591-605.
- Freimane, R., & Bălița, S. (2016). Research and development expenditures and economic growth in the EU: A panel data analysis. Economics and Business, 29(1), 5-11.

- Gabsi, S., & Chkir, A. (2012). Research and Development (R&D) spillovers and economic growth: Empirical validation in the case of developing countries. *Journal of Economics and International Finance*, 4(5), 107.
- Gaillard, J. (2010). Measuring research and development in developing countries: main characteristics and implications for the Frascati manual. *Science, Technology and Society*, 15(1), 77-111.
- Gereffi, G. (2019). Global value chains and international development policy: Bringing firms, networks and policy-engaged scholarship back in. *Journal of International Business Policy*, *International Business Policy*, 195-210.
- Godin, B.; Lane, J. (2012), "A Century of Talks on Research: What Happened to Development and Production?" , *Int. J. Transitions and Innovation Systems*, 2(1), 5-13.
- Goel, R.; Ram, R. (1994) .Research and Development Expenditures and Economic Growth: A Cross-Country Study .*Economic Development and Cultural Change*, 42(2), 403-411.
- Greene, W. (2000). *Econometric Analysis*. Prentice Hall, Inc, 4th edition.
- Grossman, G.; Helpman, E. (1991). *Innovation and Growth in the Global Economy*, London: The MIT Press.
- Grossman, G.; Helpman, E. (1994). Endogenous Innovation in the Theory of Growth. *The Journal of Economic Perspectives*, 8(1), 23-44.
- Gujarati, D. (2004). *Basic Econometrics*. The McGraw-Hill Companies, New York, 4th edition.
- Gujarati, D. and P, D. C. (2010). *Dasar-dasar Ekonometrika Edisi 5*. Salemba Empat, Jakarta.
- Hall, B. (2006). Research and Development. *International Encyclopedia of the Social Sciences*.
https://eml.berkeley.edu/~bhall/papers/BHH06_IESS_R&D.pdf
- Hasan, I., & Tucci, C. L. (2010). The innovation–economic growth nexus: Global evidence. *Research policy*, 39(10), 1264-1276.
- Hausman, J. (2015). Specification tests in econometrics. *Applied Econometrics*, 38(2), 112-134.
- Hausman, J. A. (1978). Specification tests in econometrics. *Econometrica: Journal of the econometric society*, 1251-1271.
- Hoechle, D. (2007). Robust standard errors for panel regressions with cross-sectional dependence. *The stata journal*, 7(3), 281-312.
- Huang, E., And Lin, S.C. (2006). How R&D Management Practice Affects Innovation Performance. *Industrial Management & Data Systems*, 106 (7), 966-996.
- Iftikhar, S., & Ali, M. (2016). Gross Domestic Capital Formation, Exports and Economic Growth. *Journal of Economics and Sustainable Development*. (7), 13, 44-48.
- Ildırar, M., Özmen, M., & İşcan, E. (2016). The Effect of Research and Development Expenditures on Economic Growth: New Evidences. *International Conference on Eurasian Economies 2016*, 36–43. <https://doi.org/10.36880/C07.01776>
- Jauhari, Achmad & Suprpto, Yoyon & Mauludiyanto, Achmad. (2019). Data Panel Modelling with Fixed Effect Model (FEM) Approach to Analyze the Influencing Factors of DHF in Pasuruan Regency.224-232.
- Jones, C. I. (1995). R & D-based models of economic growth. *Journal of political Economy*, 103(4), 759-784.
- Kadir, A. A., Afriana, W., & Azis, H. A. (2019). The Effect Of R_D Expenditures On Export And Economic Growth. *Econder International Academic Journal*, 3(2), 203–220.
<https://doi.org/10.35342/econder.665074>
- Khoirudin, R. (2023, March). The Role Of Research And Development (R&D) On Gross Domestic Products (GDP) (Case Study USA, China, Japan, Germany and UK). In *Journal of International Conference Proceedings (JICP)* (Vol. 6, No. 1, pp. 1-13).

- Kim J. H. (2019). Multicollinearity and misleading statistical results. *Korean journal of anesthesiology*, 72(6), 558–569. <https://doi.org/10.4097/kja.19>
- Li, P. (2010), “Study on Relationship between R&D Expenditure and Economic Growth of China”, Proceedings of the 7th International Conference on Innovation & Management, 1725-1728.
- Lucas, R.E. (1988), “On the Mechanics of Economic Development”, *Journal of Monetary Economics*, 22, 3-42.
- Magazzino, C., & Mele, M. (2022). Can a change in FDI accelerate GDP growth? Time-series and ANNs evidence on Malta. *Journal of Economic Asymmetries*, 25. <https://doi.org/10.1016/J.JECA.2022.E00243>
- Mattalia, C. (2012). Human capital accumulation in R&D-based growth models. *Economic Modelling*, 29(3), 601–609. <https://doi.org/10.1016/J.ECONMOD.2011.12.018>.
- Nihal, G., Mounia, C., Hussain, M., Humayun, S., Perveen, N., Yousaf, N. R., & Akhtar, S. (2023). impact of innovation on economic growth of G8 countries-analysis over 1996-2020. *International Journal of Professional Business Review*, 8(5), e01413-e01413.
- OECD. (2017). OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2017: The digital transformation. Paris: OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264268821-en>.
- Pesaran, M. (2004). General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels. IZA Discussion Paper, 1240.
- Pop Silaghi, M. I., Alexa, D., Jude, C., & Litan, C. (2014). Do business and public sector research and development expenditures contribute to economic growth in Central and Eastern European Countries? A dynamic panel estimation. *Economic Modelling*, 36, 108–119. <https://doi.org/10.1016/J.ECONMOD.2013.08.035>
- Romer, P. M. (1986). Increasing returns and long-run growth. *Journal of political economy*, 94(5), 1002-1037.
- Romer, P. M. (1990). Endogenous technological change. *Journal of political Economy*, 98(5, Part 2), S71-S102.
- Shahabadi, A., Sohrabi Vafa, H., & Salmani, Y. (2016). Role of Research and Development (R&D) Activities and Physical Stock on Economic Growth: Evidence from Iran, Turkey and Malaysia. *Economic Growth and Development Research*, 6(23), 88-75.
- Shahabadi, Abolfazl, Hosein Sohrabi Vafa, and Younes Salmani. (2016). Role of R&D Activities and Physical Stock on Economic Growth: Evidence from Iran, Turkey and Malaysia. *Economic Growth and Development Research* 6, no.23 (2016): 88-75. [In Persian]
- Solow, R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *The quarterly journal of economics*, 70(1), 65-94.
- Surani, S., Gendron, W., & Maredia, S. (2017). The economic impact of research and development. *Econometrics*, 3161, 1-20.
- Susanto, J., Khoirudin, R., Ningsih, S.K. & Lubis, F.R.A. (2023). The Role of Research And Development (R&D) On Gross Domestic Products (GDP) (Case Study USA, China, Japan, Germany and UK). *Journal of International Conference Proceedings*, 6(1), 1-13. <https://doi.org/10.32535/jicp.v6i1.2223>
- Sutikno, B., F.k, A., and D, O. (2017). Penerapan regresi panel data komponen satu arah untuk menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi indeks pembangunan manusia jurnal matematika integratif unpad.
- Swan, T. W. (1956). Economic growth and capital accumulation. *Economic record*, 32(2), 334-361.

- Tari, Recep and Mustafa Alabas. (2017). The relationship between R&D expenditures and economic growth: the case of Turkey (1990-2014). *Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 17(2), 1-17.
- Tugcu, Can. (2018). Panel Data Analysis in the Energy-Growth Nexus (EGN). 10.1016/B978-0-12-812746-9.00008-0.
- Upadhyaya, Navaraj. (2020). Panel data analysis using STATA. DOI:10.13140/RG.2.2.27474.71365.
- Uzun Kocamış, T. & Güngör, A. (2014). Türkiye’de ar-ge harcamaları ve teknoloji sektöründe ar-ge giderlerinin karlılık üzerine etkisi: Borsa İstanbul uygulaması. *Maliye Dergisi*, 166(1), 127–138.
- Wang, E. C. (2007). R&D efficiency and economic performance: A cross-country analysis using the stochastic frontier approach. *Journal of Policy Modeling*, 29(2), 345-360.
- Widarjono, A. (2013). *Ekonometrika Teori dan Aplikasi Untuk Ekonomi dan Bisnis*. Ekonosia FE UII, Yogyakarta.
- WIPO. (2017). The Global Innovation Index 2017. https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2017.pdf
- WIPO. (2020). Global Innovation Index 2020. https://www.wipo.int/global_innovation_index/en/2020/
- Wooldridge, Jeffrey M. 2010. *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. 2nd ed. Cambridge, MA: MIT Press.
- Zafar, M. W., Shahbaz, M., Hou, F., & Sinha, A. (2019). From nonrenewable to renewable energy and its impact on economic growth: the role of research & development expenditures in Asia-Pacific Economic Cooperation countries. *Journal of cleaner production*, 212, 1166-1178.