

بررسی بازدهی تحقیق و توسعه بر رشد اقتصادی، با استفاده از روش رگرسیون کوانتیل

دکتر نازی محمدزاده اصل^۱، دکتر رؤیا سیفی پور^۲، دکتر آزاده محرابیان^۳

تاریخ دریافت: ۹۶/۲/۲۴

تاریخ پذیرش: ۹۶/۶/۶

چکیده

شناسایی و تفکیک بازگشت سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه و آثار آن بر رشد اقتصادی، از جمله موضوعاتی است که در عرصه صنعت و آموزش جای سؤال و بررسی دارد. از آنجا که هزینه‌های این نوع سرمایه‌گذاری معمولاً زیاد است، سیاست‌گذاران می‌خواهند مطمئن شوند که بازگشت واقعی آن چقدر است و چگونه می‌توان آن را اندازه‌گیری کرد. در این پژوهش، هدف اصلی، بررسی آثار غیرمستقیم تحقیق و توسعه بر رشد اقتصادی کشورها است که در قالب مدل‌های تابلویی به روش رگرسیونی کوانتیل برآورد شده است. نتایج به‌دست‌آمده، حاکی از آن است که رابطه مثبت و معناداری بین مخارج R&D و اختراعات، و نیز اختراعات و هزینه‌های آموزش با GDP در هر دو گروه کشورهای دارای درآمد بالا و درآمد متوسط رو به بالا وجود دارد. همچنین، در کشورهای با درآمد بالا، هرچه سطح درآمد کشوری بالاتر می‌رود، سرمایه‌های انسانی، یعنی آموزش نیروی انسانی و میزان اختراعات، نقش قالب‌تری را در توضیح رشد تولیدشان در مقایسه با نیروی کار و سرمایه‌های فیزیکی بازی می‌کنند؛ در حالی که در کشورهای با درآمد متوسط بالا، سرمایه فیزیکی، همچنان نقش قالب را در رشد تولید ناخالص داخلی دارد.

کلیدواژه‌ها: تحقیق و توسعه، رشد اقتصادی، روش رگرسیونی کوانتیل.

طبقه‌بندی I21.O11.C01:JEL

۱. مقدمه

شاخص‌های برگرفته از تحقیق و توسعه و یا مرتبط با آن، بخش مهمی را در توضیح روند و دلایل رشد اقتصادی بیان می‌دارند. اما شناسایی و تفکیک آثار سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه، روش‌های محاسبه آن و آثار نوع هزینه‌هایی که برای آن مناسب است، از جمله مسائلی است که همچنان در عرصه صنعت و آموزش جای سؤال و بررسی دارد. از آنجا

اصطلاح تحقیق و توسعه^۴، به معنای فعالیت‌های سازنده برخاسته از یک بنیاد سیستماتیک است که هدف آن، افزایش دانش انسانی و فرهنگ اجتماعی و بهره‌گیری از این دانش در کاربردهای جدید است^۵. اثر تحقیق و توسعه بر رشد اقتصادی و افزایش رقابت‌پذیری سال‌ها است که پذیرفته شده و مورد توجه است. در بسیاری از مدل‌های رشد اقتصادی،

n.aslm@yahoo.com

rseifipour@yahoo.com

mehrabianazadeh@yahoo.com

4. Research and Development(R&D)

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:

۱. استادیار دانشگاه آزاد اسلامی - واحد تهران مرکزی،

۲. استادیار دانشگاه آزاد اسلامی - واحد تهران مرکزی،

۳. استادیار دانشکده اقتصاد و حسابداری - واحد تهران مرکزی،

5. Organization for Economic Co-operation and Development(OECD)

است. این روش، برخلاف مدل OLS، اثر نهایی متغیرهای توضیح‌دهنده را بر روی متغیر وابسته در نقاط مختلف توزیع و نه فقط میانگین بررسی می‌کند.

قسمت‌های مختلف مقاله به این شرح سازمان‌دهی شده است: قسمت اول، به بیان ادبیات مدل‌های رشد درونزا و نتایج مطالعات انجام‌شده در ایران و دیگر کشورها اختصاص دارد؛ قسمت دوم، به روش‌های اندازه‌گیری شاخص‌های تحقیق و توسعه و سرمایه انسانی و مشکلات آن اشاره دارد؛ قسمت سوم، روش‌شناسی تحقیق است که شامل متغیرهای تحقیق، مدل و برآورد آن است؛ و قسمت نهایی مقاله، به یافته‌ها و توصیه‌های سیاستی اختصاص دارد.

۲. ادبیات موضوع

در پژوهش‌های متعددی، پیرامون عوامل مؤثر بر رشد اقتصادی و بهره‌وری بررسی انجام شده است. دولت‌ها در کشورهای توسعه‌یافته بر نقش سرمایه‌گذاری، ابداعات، مهارت، کارآفرینان و رقابت بر رشد بهره‌وری تأکید می‌کنند (دی تی آی^۱، ۲۰۰۶). از این رو، بیشتر مطالعات به بررسی این عوامل، در قالب مدل‌های رشد درونزا در کنار انباشت سرمایه و یا پس‌انداز بر رشد پرداخته‌اند. تئوری‌های رشد درونزا، نقش ابداعات، رقابت، تمایل به ایجاد دانش برای رشد اقتصادی را پررنگ‌تر کرده‌اند. ایده اصلی این تئوری‌ها به ژوزف شومپیتر^۲ برمی‌گردد.

شومپیتر (۱۹۷۵)، نوآوری را خمیرمایه پویای اقتصاد سرمایه‌داری می‌داند و معتقد است، پیشرفت‌های تکنولوژیکی در کشورهای صنعتی، به رشد قابل توجه درآمد آنها منجر شده است. از این رو، فراهم‌ساختن سرمایه لازم برای واحدهای تحقیق و توسعه و به تولید رساندن نوآوری موتور اصلی پیشرفت تکنولوژیکی است.

در الگوهای رشد نئوکلاسیک که از سوی سولو^۳ (۱۹۵۷) مطرح شد، عامل فناوری و تغییرات تکنولوژی به صورت برونزا در نظر گرفته شده بود. اما در تئوری‌های رشد جدید،

که هزینه‌های این نوع سرمایه‌گذاری معمولاً زیاد است، سیاست‌گذاران می‌خواهند مطمئن شوند که بازگشت واقعی آن چقدر است و چه آثاری در تولید، توزیع و بازارهای جدید برجای می‌گذارد.

شاخص‌های سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه متفاوت هستند، اما همگی یا به دنبال ایجاد یک روش جدید در تولید هستند و یا مستقیماً در جهت تولید یک کالای جدید به کار می‌روند. باید توجه داشت که بازدهی تحقیق و توسعه، یک پارامتر ثابت نیست و بازتاب ارتباط پیچیده استراتژی بنگاه، رقابت و شرایط اقتصاد کلان است، که همگی در طول زمان تغییر می‌کنند و استراتژی بنگاه را برای هزینه‌های تحقیق و توسعه تشکیل می‌دهند.

ادبیات موضوع در این زمینه، نشان می‌دهد که محققان در نیم قرن گذشته، روش‌های مختلفی را برای اندازه‌گیری بازگشت سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه، بررسی کرده، و با استفاده از شاخص‌های مختلف، سعی در شناسایی آثار آن بر رشد اقتصادی داشته‌اند. نتایج این پژوهش‌ها، حاکی از آن است که در سطح کلان، بررسی آثار مستقیم هزینه‌های تحقیق و توسعه عملاً امکان‌پذیر نیست. برای مثال، روش‌های استفاده از محاسبات هزینه - فایده، رابطه بین بهره‌وری و رشد تولید نتوانسته‌اند به روشنی نقش R&D را نشان دهند. از این رو، در یک دهه اخیر، اکثر تحقیقات به سمت بررسی سرریزهای ناشی از تحقیق و توسعه و ترکیب این شاخص‌ها رفته‌اند و بازتاب کلی ناشی از سیاست‌های تحقیق و توسعه را مد نظر قرار داده‌اند.

از این رو، در این مقاله، هدف اصلی، بررسی آثار سرمایه انسانی برآمده از سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه بر رشد اقتصادی است. برای این منظور، تعداد اختراعات ثبت‌شده و هزینه‌های صرف‌شده در آموزش نیروی انسانی به عنوان شاخص‌هایی از اثرات سرریز R&D در مدل رشد استفاده می‌شوند. برای برآورد این تابع، از مدل‌های رگرسیونی کوانتیل^۱ در قالب مدل‌های داده‌های تابلویی استفاده شده

1. Quantile Regression

2. DTI

3. Schumpeter, J.

4. Solow, R. M.

اقتصادی و میزان تأثیرگذاری هریک از عوامل بر رشد وجود دارد. برای مثال، جورجسون^۱ (۱۹۹۵)، معتقد است که تغییرات تکنولوژی، ممکن است اهمیت کمتری نسبت به انباشت سرمایه داشته باشد. پس از جنگ جهانی دوم در امریکا، صرفِ مبالغ زیاد R&D، منجر به افزایش‌های متناظر در بهره‌وری در امریکا، براساس مدل شومپیتر نبود(جونز، ۱۹۹۵). او معتقد است که رشد بلندمدت ثابت در مواجهه با تغییرات ساختاری، مانند آزادسازی تجاری، منجر به افزایش سال‌های تحصیل و R&D خواهد شد. او بسیاری از تصریحات تئوری رشد درونزا را نفی می‌کند؛ از این رو، ابداع در زمینه نهاده‌ها و یا تولید بر بهره‌وری و به‌طور مشابه، اثر رقابت بر بهره‌وری، ممکن است به آن روشنی که انتظارش را داریم، نباشد.

همچنین، واضح است که انواع مختلف از ابداعات نیز نقش‌های متفاوتی بر مراحل متفاوت رشد دارد(OECD، ۲۰۱۲). در مراحل اولیه، توسعه ابداعات، همراه با به‌کارگیری تکنولوژی خارجی است و خدمات بخش عمومی و تجاری را بهبود می‌دهد.

مکیس^{۱۱} (۲۰۱۳) به بررسی اثر ابداعات بر رشد اقتصادی و نقش رهبری استونی در ایالت بالتیک پرداخته است. نتایج نشان می‌دهد که مخارج تحقیق و توسعه در صنایع خاص در مرحله‌ای بر رشد اقتصادی تأثیرگذار است که عواملی مانند رقابت و یادگیری در فرایند توسعه تکمیل شده باشد؛ به‌علاوه، سیاست‌های مؤثر دولت در زمینه R&D نیز می‌تواند در نگاه‌داشتن این رشد ضروری باشد.

خداداد کاشی و همکاران(۱۳۹۴) نشان دادند که نوآوری و تحقیق و توسعه و تبلیغات، با سطح تمرکز و سودآوری صنایع کارخانه‌ای ایران در بلندمدت ارتباط دارد. همچنین، تحقیق و توسعه از سطح تمرکز سودآوری در بلندمدت تأثیرپذیر است و می‌تواند ۵۰ درصد از تغییرات نوآوری و تحقیق و توسعه را توضیح دهد.

مهرگان و سلطانی صحت(۱۳۹۳)، در پژوهشی برای

تغییرات تکنولوژی، تابعی از سطح سرمایه انسانی است(رومر^۱، ۱۹۹۰). در نسل اول این مدل‌ها، فرض بر وجود بازده ثابت دانش تکنولوژیک بود و پیش‌بینی می‌شد که در سطح نهاده R&D مشخص، رشد اقتصادی بلندمدت افزایش می‌یابد و اقتصادهای بزرگ‌تر، با نرخ بیشتری رشد می‌کنند(گروسمن^۲ و هلپمن^۳، ۱۹۹۱).

جونز نشان داد که مدل‌های رشد درونزای نسل اول، با شواهد تجربی کشور امریکا ناسازگار است و پیش‌بینی اثر مقیاس را رد کرد(جونز^۴، ۱۹۹۵). برای رفع این ناسازگاری، مدل‌های رشد درونزای نسل دوم معرفی شد. در این تئوری‌ها، سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه و یا انباشت سرمایه، تنها عوامل تعیین‌کننده رشد اقتصادی نیستند، بلکه بخشی از رشد ناشی از تغییرات تکنولوژیکی است؛ یعنی با رقابت تکنولوژی بین بنگاه‌ها، ابداعات ایجاد می‌شوند. بنگاه به‌دلیل پاداش بالاتر و یا دریافت سود بالاتر در آینده(در بازار انحصاری) ترغیب می‌شود که نوآوری کند و این پاداش را بنگاه‌های نوآور موفق به‌دست می‌آورند(هویت^۵، ۲۰۰۵). این پاداش‌ها موقتی هستند و با نسل بعدی ابداعات ازسوی بنگاه‌ها ازبین می‌رود و با ادامه این جریان، رشد اقتصادی افزایش می‌یابد(آقیون^۶ و هویت، ۱۹۹۲).

گریفیث^۷ و همکاران(۲۰۰۴) در پژوهشی برای ۱۲ کشور OECD، نشان دادند که مخارج تحقیق و توسعه‌ای که منجر به ابداع شده، علاوه بر اثر مستقیم که بر رشد بهره‌وری دارند، با انتقال تکنولوژی بین صنایع این کشورها، سبب همگرایی تولید آنها نیز شده است. اثر سرریز بین کشوری R&D، مهم‌ترین منبع رشد بهره‌وری است(گروسمن و هلپمن، ۱۹۹۱). زاخاریادیس^۸ (۲۰۰۴)، برای کشورهای OECD، نشان داد که R&D در سطح کل اقتصاد و بخش کارخانه‌ای بر رشد اقتصادی تأثیر مثبت دارد.

باوجود اینکه مطالعات زیادی در زمینه R&D و رشد انجام شده است، همچنان نکات مبهمی نیز در فرایند رشد

1. Romer, P. M.

2. Grossman, M.

3. Helpman, E.

4. Jones, C. I.

5. Howitt, P.

6. Aghion, P.

7. Griffith, R.

8. Zachariadis, M.

9. Jorgenson, D.W.

10. Macys, G.

۲-۱. سرریزهای هزینه‌های تحقیق و توسعه - محاسبه و مشکلات آن

در بررسی هزینه‌های تحقیق و توسعه، نکته اصلی، چگونگی اندازه‌گیری آن و نتایج مستقیم حاصل از آن هزینه‌ها برای سیاست‌گذاری‌های بعدی است. اما، هم در سطح خرد و هم سطح کلان، امکان اندازه‌گیری آثار دقیق هزینه‌های R&D وجود ندارد. معمولاً در سطح خرد، از شاخص‌های مشخصی استفاده می‌شود که به ویژگی‌های درونی بنگاه‌ها برمی‌گردد و در بیشتر موارد، هر ساله، امکان مقایسه خاص هر بنگاه با خودش را فراهم می‌کند. تحقیقات نشان می‌دهند که روش‌های اندازه‌گیری تحقیق و توسعه، طی ۵۰ سال گذشته، عملاً تغییر نکرده‌اند. معمولاً پنج روش اصلی برای اندازه‌گیری وجود دارد که در دو مجموعه کلی «داده» و «ستانده» دسته‌بندی می‌شوند (برادفورد^۱، ۲۰۱۴). هرچند که برخی از این روش‌ها صرفاً برای بنگاه کاربرد دارند و برای مقایسه در سطح کلان به کار برده نمی‌شوند.

در شاخص اول، در هر سال، مدیران محاسبه می‌کنند که چه میزان R&D نیاز است. درحقیقت، نوعی سرمایه‌گذاری است که هزینه‌های تحقیق و توسعه به عنوان درصدی از فروش^۲ در نظر گرفته می‌شود. رقم این درصد می‌تواند بین ۱ تا ۲۵ درصد باشد و امکان مقایسه و یا ارائه نظر بین بنگاه‌های مختلف وجود ندارد.

در شاخص دوم، هزینه‌های تحقیق و توسعه کارمندان^۳ در نظر گرفته می‌شود. به این معنا که معمولاً یک واحد ظرفیت اضافی تولید و نقش نیروی کار در آن در نظر گرفته می‌شود. استفاده از این شاخص، به دلیل اینکه سهم بزرگ‌تری در هزینه‌های R&D دارد، در مقایسه با دیگر شاخص‌ها، بهتر عمل می‌کند.

شاخص سوم، با عنوان «درصد فروش سال جاری، با در نظر گرفتن محصولات جدید نسبت به N سال گذشته

ایران، نشان دادند که هزینه‌های تحقیق و توسعه، آموزش و مهارت بر رشد بهره‌وری کل صنایع برای سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۷۳ مثبت و معنادار است. حیدری و سنگین‌آبادی (۱۳۹۲)، برای اقتصاد ایران دریافتند که اثرات تحقیق و توسعه از کانال واردات کالاهای سرمایه‌ای بر رشد اقتصادی تأثیر معناداری ندارد؛ اما تحقیق و توسعه داخلی و خارجی از کانال سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، بر رشد اقتصادی تأثیر مثبت و معناداری دارد.

نقدی و همکاران (۱۳۹۲)، در پژوهش خود نشان دادند که گسترش فناوری نانو بر رشد اقتصادی کشورهای اتحادیه اروپا، امریکا و ژاپن تأثیر مثبت معناداری دارد. شاه‌آبادی و سجادی (۱۳۹۰)، برای اقتصاد ایران در دوره زمانی ۱۳۸۷-۱۳۳۸، نشان دادند که انباشت تحقیق و توسعه داخلی و نیز سرریز فناوری خارجی از کانال واردات کالاهای سرمایه‌ای و واسطه‌ای و سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی تأثیر مثبت و معناداری بر رشد اقتصادی ایران دارد. شاکری و ابراهیمی سالاری (۱۳۸۸)، با استفاده از مدل رشد درونزای مبتنی بر تحقیق و توسعه، نشان دادند که سرمایه‌گذاری در بخش تحقیق و توسعه، موجب افزایش جریان اختراعات در کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته می‌شود و این بازده در کشورهای در حال توسعه، نسبت به کشورهای توسعه‌یافته، بیشتر است. همچنین، اثر افزایش اختراعات به ثبت رسیده، بر رشد اقتصادی در کشورهای توسعه‌یافته، بیشتر از کشورهای در حال توسعه است. برخورداری و عظیمی (۱۳۸۷)، در پژوهشی پیرامون اثرات کوتاه‌مدت و بلندمدت یارانه‌های تحقیق و توسعه بر رشد اقتصادی در دوره زمانی ۱۳۸۶-۱۳۵۴ به روش ARDL بررسی انجام داده‌اند. در این پژوهش، مخارج تحقیق و توسعه بر رشد اقتصادی در کوتاه‌مدت، اثر مثبت دارد و در بلندمدت، بی‌معنا است.

1. Bradford, Goldense

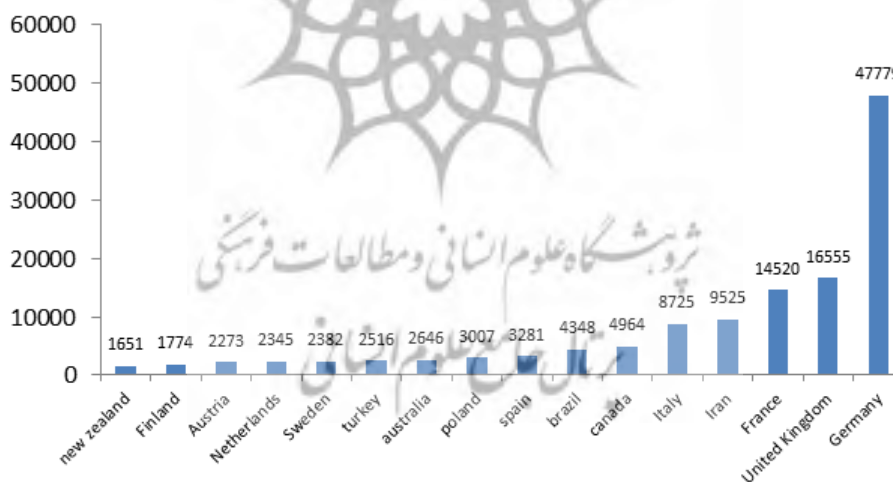
2. measured as a percentage of sales

3. R&D headcount

تحقیق و توسعه برای ایجاد فرایند تولید کالاهای جدید است. چهارمین روش، اندازه‌گیری تحقیق و توسعه که بسیار آسان است، ثبت اختراعات^۲ است. این شاخص، درحقیقت، بازتابی از سریزها و مسیر درست هزینه‌کردهای تحقیق و توسعه است که قدرت رقابت‌پذیری و ویژگی‌های اقتصادی و اجتماعی یک کشور را نشان می‌دهد. آمارها نشان می‌دهند که به‌طور میانگین در ۱۰ سال گذشته، سه کشور ژاپن با ۳۲۰ هزار، چین با ۲۸۰ هزار و ایالات متحده با ۲۴۰ هزار ثبت اختراع، بالاترین میزان ثبت اختراعات را در بین کشورهای جهان داشته‌اند و کشورهای دیگر، با فاصله زیاد از آنها قرار گرفته‌اند. ایران از منظر شاخص ثبت اختراع، در بین کشورهای توسعه‌یافته قرار دارد و در ده سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۳، با ثبت بیش از ۹۵۰۰ اختراع، پس از کشورهای آلمان، انگلیس و فرانسه قرار دارد. نمودار ۱، میانگین ثبت اختراعات را برای کشورهای منتخب نشان می‌دهد.

است^۱، یا همان شاخص فروش محصولات جدید است. که برخلاف دو شاخص قبلی، از سال ۱۹۸۸ به بعد مطرح شده است. نکته اصلی در استفاده از این شاخص، توجه به این نکته است که برای دهه‌ها، بازتاب اصلی شاخص‌های اندازه‌گیری در بنگاه‌ها صرفاً میزان فروش محصولات بود، و این مسئله باعث شده بود که رگ حیاتی رقابت بنگاه‌ها که همان فروش محصولات جدید است، نادیده گرفته شود. اما بنگاه‌ها با این اندازه‌گیری، وارد یک چالش جدید شدند و آن اینکه چه چیزی واقعاً جدید است؟ و چگونه در هر صنعت کالای جدید قابل شناسایی است؟

براساس یک معیار در بین صنایع مختلف، تولید یک کالا، بین یک تا ۷ سال زمان می‌گیرد و در مرز ۳ سال، آن کالا دیگر جدید نخواهد بود. همچنین، توصیه می‌شود برای ماندن در یک فضای رقابتی، بین ۲۵ تا ۳۲ درصد از کل تولیدات یک بنگاه، کالاهای جدید باشند و زیر این رقم، نیاز به هزینه‌های



منبع: بانک جهانی

نمودار ۱. میانگین ثبت اختراعات در کشورهای منتخب، طی دوره ۲۰۰۴-۲۰۱۳

برای اندازه‌گیری R&D در سطح کلان و آثار آن بر رشد اقتصادی، معمولاً از یک یا دو شاخص مشخص استفاده می‌شود که قابلیت اندازه‌گیری و مقایسه دارند؛ اما این شاخص‌ها عملاً معیار مناسبی برای بررسی روندها یا مقایسه

پنجمین شاخص «انتشار تولید محصول جدید»^۳ است. که درحقیقت، از برند شرکت حمایت می‌کند و تبلیغات اصلی شرکت برای ماندن در دنیای رقابتی محصولات را برعهده دارد.

1. The percentage of the current year's sales due to new products released in the prior N years

2. Patent production

3. New products released

است. این مسئله نشان‌دهنده رویکردهای یکسان و بدون تغییر کشورهای با درآمد متوسط در امر هزینه‌های تحقیق و توسعه است و نوعی سیاست‌گذاری بسته و غیرقابل تغییر در این کشورها است.

در برخی از تحقیقات، برای اندازه‌گیری R&D سهم ارزش افزوده بخش‌های مختلف، تولید ناخالص داخلی را به‌عنوان شاخصی از میزان اثرگذاری هزینه‌های تحقیق و توسعه در هر بخش در نظر می‌گیرند. هرچند که این شاخص به‌تنهایی نمی‌تواند اثر هزینه‌های تحقیق و توسعه را نشان دهد و برای بررسی دقیق‌تر، نیاز به تفکیک جزئی‌تر ارزش افزوده است. برای این منظور، از شاخص شدت تحقیق و توسعه^۵ استفاده می‌شود که نسبت هزینه‌های تحقیق و توسعه به ارزش افزوده هر بخش است. این شاخص، معمولاً به‌شکل سری زمانی یا مقطعی برای یک کشور استفاده می‌شود.

شاخص دیگر، هزینه‌های تحقیق و توسعه‌ای است که به‌صورت انباشت سرمایه در نظر گرفته می‌شود. برای این منظور، فرض می‌شود که خدمات سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه، شاخصی از انباشت سرمایه تحقیق و توسعه هستند. در این حالت، فرض می‌شود که ۱۰۰ درصد هزینه‌های تحقیق و توسعه سرمایه‌گذاری شده است. ابتدا به‌نظر می‌رسد که این یک فرض غیرواقعی است؛ اما باید توجه داشت که فعالیت‌های تحقیق و توسعه، سود شرکت‌ها را در دوره متوسط و بلندمدت افزایش می‌دهد؛ پس می‌تواند به‌عنوان شاخصی برای سرمایه‌گذاری در نظر گرفته شود (کورادو و همکاران^۶، ۲۰۰۵: ۱۹). برای این منظور، سرمایه‌گذاری‌هایی در نظر گرفته می‌شود که بازدهی آنها بیش از یک سال است؛ پس نوعی انباشت سرمایه تلقی می‌شوند. اما برای تخمین انباشت سرمایه هر سال، میزان سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه همان سال نیز به آن اضافه می‌شود. این شاخص نیز به‌شکل کلان برای کشورها در منابع معتبر جهت مقایسه گنجانده نشده است. درنهایت، یکی از شاخص‌های مهم برای اندازه‌گیری

بین کشورها نیستند. از این رو، محققان وارد شاخص‌های ریزتری شده‌اند که برای آن نیاز به بانک اطلاعاتی کامل‌تری وجود دارد (ون آرک^۱ و همکاران، ۲۰۰۹). از سوی دیگر، برای تحقیقات نشان می‌دهند که صرف در نظر گرفتن یک یا دو شاخص برای توضیح هزینه‌های تحقیق و توسعه و کاربرد عملی آن در کشورها کافی نبوده است و معمولاً ترکیبی از چند شاخص و یا آثار غیرمستقیم هزینه‌های تحقیق و توسعه توانسته‌اند واقعیت‌های بهتری را از کارکردهای تحقیق و توسعه نشان دهند.

ازجمله مهم‌ترین شاخص‌های مورد استفاده در اکثر پژوهش‌ها، نسبت هزینه‌های تحقیق و توسعه به تولید ناخالص داخلی است. این نسبت به‌طور میانگین در کشورهای مختلف، بین ۱ تا ۲/۵ درصد است. این شاخص، یک نسبت کلی و تفکیک‌نشده است و برای بررسی اجزای آن از جداول داده - ستانده و تقسیم‌بندی‌های ISIC استفاده می‌شود. به این ترتیب که در سطح کلان، این گروه‌ها در نظر گرفته شده‌اند:

۱. مواد شیمیایی و دارویی^۲، تجهیزات حمل و نقل^۳، فناوری اطلاعات و ارتباطات و تجهیزات غیرحمل و نقل^۴، کارخانه‌ای، خدمات و سایر.

براساس اطلاعات سال ۲۰۰۵ (همان)، بیش از ۸۰ درصد از هزینه‌های تحقیق و توسعه در کشورهای اروپایی، امریکای شمالی و ژاپن، به سه گروه اول اختصاص دارد. سهم فناوری اطلاعات و ارتباطات و تجهیزات غیرحمل و نقل در ژاپن، بیشتر و سهم تجهیزات حمل و نقل در اروپا و امریکا بیشتر است. آمارها نشان می‌دهند که در دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳، نسبت هزینه‌های R&D به تولید ناخالص داخلی، برای کشورهای با درآمد بالا، به‌طور میانگین ۲/۱ درصد و برای کشورهای با درآمد متوسط ۰/۵ درصد بوده است. نکته جالب توجه اینکه در بین کشورهای با درآمد بالا، واریانس این نسبت در مقایسه با کشورهای با درآمد متوسط، هم به‌صورت مقطعی و هم به‌شکل سری زمانی بسیار بیشتر

1. van Ark, B.

2. ISIC 24

3. ISIC 34 and 35

4. ISIC 29 to 33

5. R&D intensity

6. Corrado, et al.

برسد. به آن، مدل رومر تعدیل شده و یا به اصطلاح، مدل‌های رشد نیمه‌درون‌زا گفته می‌شود.

بر این اساس، مدل مورد استفاده در این پژوهش به صورت زیر معرفی می‌شود:

(نیروی کار، انباشت فیزیکی سرمایه، مخارج تحقیق و توسعه، میزان اختراعات، هزینه‌های آموزش) $f =$ تولید کلیه متغیرهای مورد استفاده در این تحقیق از آمار بانک جهانی استخراج شده‌اند. داده‌های تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت سال ۲۰۱۰ و برحسب PPP به دلار هستند. مخارج تحقیق و توسعه هزینه‌های صرف شده از سوی بخش‌های دولتی و خصوصی در بخش تحقیق، توسعه، تحقیقات کاربردی و برنامه‌های جدید دانش پایه موجود به دلار و از میزان اختراعات ثبت شده^۲ در هر کشور، برای اندازه‌گیری انباشت دانش استفاده شده که برحسب تعداد اختراعات است. هزینه‌های آموزش به دلار و نیروی کار نیز باتوجه به مدل رومر نیروی کار بالای ۱۵ سال در نظر گرفته شده است.

این پژوهش برای ۲۸ کشور^۳ با درآمد بالا و ۲۹ کشور^۴ با درآمد متوسط بالا، طی سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۳ انجام گرفته است. مبنای انتخاب این کشورها، وجود داده‌ها و اطلاعات کامل در ارتباط با متغیرهای مورد نیاز تحقیق در دوره مورد بررسی بوده است.

در تابع تولید معرفی شده، عواملی که در سرمایه انسانی تأثیرگذار هستند، عبارت‌اند از: اختراعات، مخارج تحقیق و توسعه و هزینه‌های آموزش. علاوه بر تأثیرپذیری این متغیرها از یکدیگر، اثر خالص هر متغیر بر تولید، به دلیل وجود آثار سرریز، قابل محاسبه نیست. به همین دلیل، ارتباط بین مخارج تحقیق و توسعه با میزان ثبت اختراعات و هزینه‌های آموزش بررسی شده است. در این بررسی، ارتباطی بین مخارج

R&D که تأکید اصلی این مقاله نیز در مدل‌سازی بر آن است، اثر تحقیق و توسعه بر سرمایه انسانی است. در اکثر موارد، تمرکز سیاست‌های تشویقی تحقیق و توسعه، معمولاً بر هزینه‌های آن است که به صورت یارانه یا هزینه‌های مستقیم اعمال می‌شود. اما یکی از مهم‌ترین مواردی که در ارتباط با تحقیق و توسعه می‌توان عنوان کرد، ترکیب هزینه‌های تحقیق و توسعه با نیروی انسانی متخصص است. به عبارت دیگر، بازتاب غیرمستقیم از سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه در شاخص‌های توسعه نیروی انسانی، خود را نشان می‌دهند. به بیان دیگر، ترکیب هزینه‌های تحقیق و توسعه و نیروی انسانی، باعث بازدهی بالاتری می‌شود؛ چراکه همزمان می‌توان از سرریزهای بومی و بین‌المللی استفاده کرد و شاخص‌ها، قابلیت اندازه‌گیری مناسب‌تری نیز دارند.

۳. روش‌شناسی تحقیق

مدل پایه‌ای این پژوهش، مدل تعدیل شده رومر^۱ در سال ۱۹۹۰ است. تابع تولید کل رومر به صورت زیر است:

$$Y = A^{\alpha+\beta} (H)^{\alpha} L^{\beta} K^{1-\alpha-\beta} \quad (1)$$

که در آن، H سرمایه انسانی، L نیروی کار، K انباشت فیزیکی سرمایه و A نیز ضریب تکنولوژی است. رومر اعتقاد دارد که تولید دانش، یعنی اختراعات و هزینه‌هایی که صرف آموزش نیروی کار و در نتیجه، تولید نیروی کار ماهر می‌شود و همچنین، هزینه‌هایی که در یک کشور صرف تحقیق و توسعه می‌شود، از عوامل مهمی هستند که به عنوان سرمایه انسانی مطرح می‌شوند و در بلندمدت، موجبات افزایش رشد اقتصادی کشور را فراهم می‌کنند. رومر معتقد است که دولت، اگر موفق به بالابردن نرخ رشد سرمایه انسانی یا تحت تأثیر قرارداد پارامترهای تابع تولید دانش شود، می‌تواند رشد متوازن را بالا

1. Romer, P. M.

2. Patent Flow

۳. اتریش، بلژیک، سوئیس، جمهوری چک، آلمان، دانمارک، فنلاند، فرانسه، انگلیس، ایتالیا، ژاپن، هلند، نروژ، پرتغال، سوئد، آمریکا، استرالیا، مجارستان، شیلی، ایرلند، کانادا، استونی، اسرائیل، هامبورگ، نیوزلند، لهستان، اسلوانیا، اسپانیا.

۴. ایران، آلبانی، بلغارستان، کمبیا، اردن، سوریه، پرو، پاناما، لبنان، نامیبیا، مغولستان، کوبا، الجزیره، بلاروس، چین، دومینیک، اکوادور، گابن، جامائیکا، قزاقستان، تونس، تایلند، رومانی، مکزیک، پاراگوئه، برزیل، ترکیه، افریقای جنوبی، مالی.

تحقیق و توسعه و آموزش نبوده است، اما رابطه‌ای بین مخارج تحقیق و توسعه و ثبت اختراعات وجود دارد که در قسمت بعد به آن پرداخته می‌شود.

توسعه، انتظار می‌رود که رابطه مثبت و معناداری بین مخارج تحقیق و توسعه و تعداد اختراعات ثبت شده وجود داشته باشد. معادله زیر، ارتباط بین تحقیق و توسعه و اختراعات را نشان می‌دهد:

$$\text{Log}(\text{Patentflow}) = \alpha_0 + \alpha_1 \text{Log}(R \& D\text{Stock}) + \varepsilon_t \quad (2)$$

در مدل بالا، ذخیره R&D به عنوان عامل اثرگذار بر جریان اختراعات ثبت شده در نظر گرفته شده است. نتایج تحلیل رگرسیونی داده‌های تابلویی برای جریان اختراعات ثبت شده، با توجه به انباشت مخارج تحقیق و توسعه، در هر دو گروه کشورهای با درآمد بالا و کشورهای با درآمد متوسط بالا در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. تأثیر مخارج تحقیق و توسعه بر جریان اختراعات ثبت شده

گروه کشورها	کشورهای با درآمد بالا	کشورهای با درآمد متوسط بالا
مخارج تحقیق و توسعه (R&D)	۱/۰۴	۱/۹۱
آماره t	۵۳/۳۱	۲۰/۱۳
R^2	%۸۷	%۶۲

مأخذ: برآوردهای تحقیق با توجه به خروجی های کامپیوتر

نتایج برآورد حاکی از آن است که اگر مخارج تحقیق و توسعه در هر دو گروه کشورهای مورد بررسی، یک درصد افزایش یابد، جریان اختراعات ثبت شده بیش از یک درصد افزایش می‌یابد که به لحاظ آماری نیز کاملاً معنادار هستند. یعنی یک رابطه مثبت و معنادار و قوی بین دو متغیر مخارج تحقیق و توسعه و جریان اختراعات ثبت شده وجود دارد. سرمایه‌گذاری در بخش تحقیق و توسعه در هر دو گروه کشورهای با درآمد بالا و درآمد متوسط بالا، موجب افزایش در جریان اختراعات می‌شود و این بازده در کشورهای با درآمد متوسط، بیشتر از کشورهای با درآمد بالا است. دلیل این مسئله، آن است که مخارج تحقیق و توسعه دارای بازده نزولی است و به همین دلیل، سرمایه‌گذاری تحقیق و توسعه، در کشورهای با درآمد بالا که حد بالای اختراعات را دارا هستند، منجر به بازده بالایی نمی‌شود. دلیل دیگر، این است که بخش تحقیق و توسعه در کشورهای با درآمد بالا به ایده‌های اصلی و پایه می‌پردازد؛ در حالی که کشورهای با درآمد متوسط از ایده‌های

شکل گرفته در کشورهای با درآمد بالا تقلید می‌کنند. بنابراین، مخارج تحقیق و توسعه مشابه در دو گروه کشورها، منجر به تعداد اختراع بیشتری در کشورهای با درآمد متوسط نسبت به کشورهای با درآمد بالا می‌شود. پس کیفیت اختراعات در دو گروه کشورها با هم متفاوت است.

با توجه به توضیحات ارائه شده، در مدل تولید به جای مخارج تحقیق و توسعه از جریان اختراعات ثبت شده استفاده می‌شود.

۳-۲. برآورد تابع تولید کل، با توجه به اختراعات

در این پژوهش، تابع تولید به صورت تمام لگاریتمی به شکل زیر در نظر گرفته شده است:

$$\text{Log}(Y_t) = \alpha \text{Log}(L_t) + \beta \text{Log}(K_t) + \gamma \text{Log}(P_t) + \lambda \text{Log}(\text{EDU}) \quad (3)$$

این مدل برای دو گروه کشورهای با درآمد بالا و کشورهای با درآمد متوسط بالا، طی سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۳، در قالب مدل‌های داده‌های تابلویی به صورت تمام لگاریتمی برآورد شده است.

۳-۲-۱. گروه کشورهای با درآمد بالا

نتایج حاصل از برآورد تابع تولید به روش کوانتیل رگرسیون، در قالب داده‌های تابلویی برای کشورهای با درآمد بالا در جدول ۲ ارائه شده است. در این رگرسیون، برآورد معادله برای بازه‌های ۱۰ درصدی نمونه انجام شده است.

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، کلیه متغیرهای مورد بررسی، اثر مثبت و معناداری بر تولید ناخالص داخلی کشورهای مورد بررسی به جای می‌گذارند. نتایج در نمودارهای ۲ به تصویر کشیده شده است.

نیروی کار و انباشت سرمایه فیزیکی، اثر مثبت و معناداری بر تولید ناخالص داخلی دارند. ولی همان‌طور که در نمودارهای ۲ مشاهده می‌شود، با افزایش سطوح درآمد در این گروه، تأثیر این دو عامل بر تولید کمتر می‌شود. یعنی تأثیر نیروی کار و انباشت سرمایه فیزیکی بر تولید ناخالص داخلی در کشورهای که جزء ۱۰ درصد بالای سطح درآمدی در این گروه هستند، بسیار کمتر از کشورهایی است که در پایین‌ترین سطح درآمدی قرار دارند؛ هرچند که این امر برای هر دو گروه مثبت است. یکی از دلایل این کاهش‌ها در این گروه از کشورها، افزایش بهره‌وری عوامل تولید (کار و سرمایه فیزیکی) است که منجر به استفاده کمتر از این عوامل در حین تولید می‌شود.

تأثیر اختراعات ثبت‌شده بر تولید برعکس است. یعنی کشورهایی که در بالاترین رده به لحاظ سطح درآمدی قرار دارند، تأثیر اختراعات بر تولیدشان بسیار بیشتر از کشورهایی است که در رده‌های پایین‌تر درآمدی قرار دارند. این اثر در نمودار ۳ به تصویر کشیده شده است.

که در آن، Y تولید کل، L نیروی کار، K انباشت سرمایه، EDU هزینه‌های آموزش و P انباشت اختراعات ثبت‌شده است. برای برآورد این تابع از مدل‌های رگرسیونی کوانتیل در قالب مدل‌های داده‌های تابلویی استفاده شده است.

روش کوانتیل رگرسیون که از طریق کوانکر^۱ و باست^۲ (۱۹۷۸) معرفی شد، برخلاف مدل OLS، اثر نهایی متغیرهای توضیح‌دهنده را بر روی متغیر وابسته در نقاط مختلف توزیع و نه فقط میانگین بررسی می‌کند. این روش نسبت به روش حداقل مربعات معمولی مزیت‌هایی دارد، از جمله حساسیت کمتری نسبت به داده‌های پرت دارد و تخمین‌ها نسبت به نرمال نبودن، قوی و مستحکم هستند. علاوه بر ویژگی‌های فوق، کوانتیل رگرسیون هنگام وجود ناهمسانی در مشاهدات نسبت به حداقل مربعات معمولی، بسیار کارآتر است. مدل اقتصادسنجی کوانتیل رگرسیون برای کوانتیل θ متغیر وابسته به عنوان تابع خطی از متغیرهای توضیح‌دهنده به صورت زیر برآورد می‌شود:

$$y_i = x_i' \beta_\theta + u_{\theta i}, \quad (4)$$

$$Quant_\theta(y_i | x_i) = x_i' \beta_\theta$$

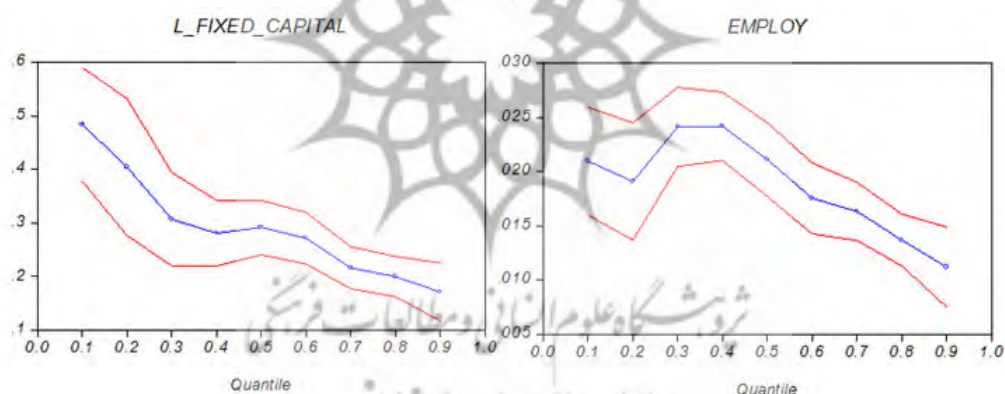
معادله بالا $Quant_\theta(y_i | x_i)$ کوانتیل شرطی y_i (GDP) را به شرط x_i نشان می‌دهد که شرط $Quant_\theta(u_{\theta i} | x_i) = 0$ در آن برقرار است. در ساختار کوانتیل رگرسیون، اثر مشخصات قابل مشاهده بر روی توزیع شرطی، از طریق فرایند مینیمم کردن قدر مطلق عنصر خطاها تخمین زده می‌شود. برای برآورد ضرایب مدل فوق از حداقل‌سازی قدر مطلق خطاها با وزن‌دهی مناسب استفاده می‌شود:

$$\min \beta_\theta \left\{ \sum_{i: gdp_i \geq x_i' \beta_\theta} \theta |gdp_i - x_i' \beta_\theta| + \sum_{i: gdp_i < x_i' \beta_\theta} (1 - \theta) |gdp_i - x_i' \beta_\theta| \right\} \quad (5)$$

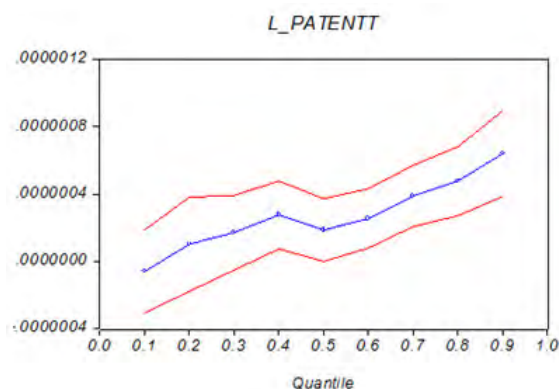
جدول ۲. نتایج برآورد تابع تولید به روش کوانتیل رگرسیون در قالب داده‌های تابلویی در گروه درآمد بالا

$\overline{R^2}$	نیروی کار		انباشت سرمایه فیزیکی		آموزش		اختراعات		عرض از مبدا	
	ضرایب	آماره t	ضرایب	آماره t	ضرایب	آماره t	ضرایب	آماره t	ضرایب	آماره t
۰/۹۰	۰/۰۲	۸/۲۶	۰/۴۸	۸/۹۱	۰/۵۸	۱۰/۵۴	۰/۰۰۰۰۰۰۵	۰/۴۷	۰/۲۰	۲/۷۶
Q-reg (۱)										
۰/۸۹	۰/۰۲	۶/۹۳	۰/۴۰	۶/۲۱	۰/۶۴	۹/۹۷	۰/۰۰۰۰۰۰۱	۰/۷۲	۰/۶۴	۲/۳۲
Q-reg (۲)										
۰/۸۹	۰/۰۲	۱۲/۹۶	۰/۳۱	۶/۸۷	۰/۷۴	۱۶/۱۵	۰/۰۰۰۰۰۰۱	۱/۵۲	۰/۷۹	۳/۷۴
Q-reg (۳)										
۰/۸۹	۰/۰۲	۱۵/۰۸	۰/۲۸	۸/۹۸	۰/۷۵	۲۱/۷	۰/۰۰۰۰۰۰۲	۲/۶۹	۱/۰۵	۵/۸۰
Q-reg (۴)										
۰/۸۹	۰/۰۲	۱۲/۱۸	۰/۳۹	۱۱/۳۲	۰/۷۴	۲۵/۹۶	۰/۰۰۰۰۰۰۱	۱/۹۶	۱/۲۱	۶/۶۰
Q-reg (۵)										
۰/۹۰	۰/۰۲	۱۰/۴۹	۰/۲۷	۱۱/۰۲	۰/۷۵	۲۸/۶	۰/۰۰۰۰۰۰۲	۲/۸۴	۱/۶۳	۸/۱۸
Q-reg (۶)										
۰/۹۰	۰/۰۲	۱۱/۹۶	۰/۲۲	۱۰/۹۰	۰/۸۰	۳۷/۹۲	۰/۰۰۰۰۰۰۳	۴/۱۹	۱/۸۵	۸/۹۰
Q-reg (۷)										
۰/۹۰	۰/۰۱	۱۱/۲۳	۰/۲۰	۱۰/۴	۰/۸۱	۳۸/۱۹	۰/۰۰۰۰۰۰۴	۴/۵۵	۲/۲۳	۷/۷۳
Q-reg (۸)										
۰/۹۰	۰/۰۱	۵/۹۸	۰/۱۷	۶/۲۳	۰/۸۰	۲۴/۹	۰/۰۰۰۰۰۰۶	۴/۹۳	۳/۳۰	۶/۰۳
Q-reg (۹)										

ماخذ: برآوردهای تحقیق باتوجه به خروجی‌های کامپیوتر



نمودار ۲. تأثیر اشتغال و انباشت سرمایه فیزیکی بر GDP در دهک‌های مختلف درآمدی در گروه درآمد بالا



نمودار ۳. تأثیر اختراعات بر GDP در دهک‌های مختلف درآمدی در گروه درآمد بالا

بالا، هرچه سطح درآمد کشوری بالاتر می‌رود، سرمایه‌های انسانی، یعنی آموزش نیروی انسانی و میزان اختراعات، نقش قالب‌تری را در توضیح رشد تولیدشان در مقایسه با نیروی کار و سرمایه‌های فیزیکی، بازی می‌کنند.

۳-۲-۲. گروه کشورهای با درآمد

متوسط بالا

نتایج حاصل از برآورد تابع تولید به روش کوانتیل رگرسیون، در قالب داده‌های تابلویی برای کشورهای با درآمد متوسط بالا در جدول ۳ ارائه شده است.

اختراعات در کشورهایی که در رده‌های درآمدی بالاتری در این گروه هستند، دارای کیفیت بالاتری نسبت به کشورهایی است که به لحاظ درآمدی در این گروه در رده‌های پایین‌تری قرار دارند. در نتیجه، این کشورها، نسبت به کشورهایی که در رده‌های پایین‌تر درآمدی قرار دارند، از درآمد بیشتری برخوردار می‌شوند؛ چراکه هم کیفیت تولیدات و هم امکان ایجاد بازار انحصاری در این گروه از کشورها بیشتر می‌شود و در نهایت، به درآمد بیشتر در این رده‌های بالای درآمدی در کشورهای با درآمد بالا می‌انجامد.

در کل، می‌توان نتیجه گرفت که در کشورهای با درآمد

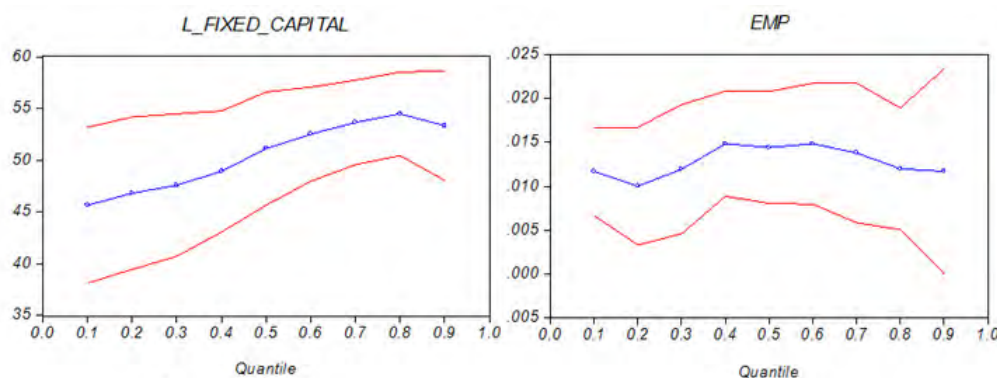
جدول ۳. نتایج برآورد تابع تولید به روش کوانتیل رگرسیون در قالب داده‌های تابلویی در کشورهای با درآمد متوسط بالا

متغیرها	Q-reg (1)	Q-reg (2)	Q-reg (3)	Q-reg (4)	Q-reg (5)	Q-reg (6)	Q-reg (7)	Q-reg (8)	Q-reg (9)
نیروی کار	ضرایب	۰/۰۱۱	۰/۰۱	۰/۰۱۱	۰/۰۱۴	۰/۰۱۴	۰/۰۱۵	۰/۰۱۴	۰/۰۱۲
	آماره t	۴/۵۶	۲/۹۲	۲/۱۷	۴/۸۵	۸/۴۴	۴/۲۲	۲/۴	۸/۹۶
انباشت سرمایه فیزیکی	ضرایب	۰/۴۶	۰/۴۷	۰/۴۸	۰/۴۹	۰/۵۱	۰/۵۲	۰/۵۴	۰/۵۳
	آماره t	۱۱/۸۹	۱۲/۴۷	۱۲/۵۷	۱۶/۳۷	۱۸/۲۸	۲۲/۶۹	۲۵/۷۲	۲۶/۵
آموزش	ضرایب	۰/۴۹	۰/۴۴	۰/۴	۰/۳۷	۰/۳۴	۰/۳۲	۰/۳۱	۰/۳۲
	آماره t	۱۲/۹۹	۱۰/۲۱	۱۱/۵۸	۱۲/۴۷	۱۱/۶۸	۱۲/۴	۱۱/۶۵	۱۳/۲
اختراعات	ضرایب	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۴
	آماره t	۱/۲۸	۱/۰۶	۲/۲۵	۲/۴۵	۴/۲۲	۴/۷۶	۴/۲۲	۲/۴
عرض از مبدأ	ضرایب	۴	۴/۸۸	۵/۵۵	۶/۲۵	۶/۲۸	۶/۴	۶/۶۴	۶/۱۵
	آماره t	۱۰/۵۲	۸/۳۵	۹/۸۸	۱۸/۸۲	۱۹/۶۴	۱۵/۷۴	۱۲/۹۹	۱۳/۷۳
R^2		۰/۹	۰/۸۹	۰/۸۹	۰/۸۹	۰/۸۹	۰/۹	۰/۹	۰/۹

مأخذ: برآوردهای تحقیق با توجه به خروجی‌های کامپیوتر

همان‌طور که در جدول بالا مشاهده می‌شود، کلیه متغیرهای مورد بررسی، اثر مثبت و معناداری بر تولید ناخالص داخلی کشورهای مورد بررسی به‌جای می‌گذارند.

نتایج فوق در نمودارهای زیر به تصویر کشیده شده است:



نمودار ۴. تأثیر اشتغال و انباشت سرمایه فیزیکی بر GDP در دهک‌های مختلف درآمدی در گروه درآمد متوسط بالا

با درآمد بالا، کمی بیشتر از کشورهای با درآمد متوسط رو به بالا است. زیرا به دلیل وجود بازدهی نزولی سرمایه در کشورهای با درآمد بالا، تشکیل سرمایه در این کشورها در حد بالایی انجام گرفته است. از طرف دیگر، ظرفیت‌های خالی فراوانی برای سرمایه‌گذاری در کشورهای دارای درآمد متوسط، در مقایسه با کشورهای دارای درآمد بالا وجود دارد. از این رو، به دلیل وجود بازده نزولی، یک واحد افزایش در انباشت سرمایه، میزان GDP در کشورهای دارای درآمد بالا را در مقایسه با کشورهای دارای درآمد متوسط، کمتر افزایش می‌دهد. از سوی دیگر، بهره‌وری نیروی کار در کشورهای دارای درآمد بالا، نسبت به کشورهای دارای درآمد متوسط، بالاتر است. از این رو، یک درصد افزایش در نیروی کار، میزان GDP را در کشورهای با درآمد بالا، نسبت به کشورهای با درآمد متوسط، بیشتر افزایش می‌دهد.

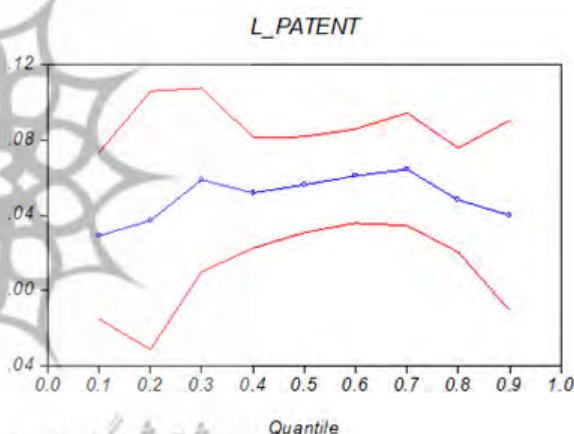
تأثیر اختراعات بر تولید ناخالص داخلی کلیه کشورهای مورد بررسی، در گروه‌های درآمدی بالا و متوسط رو به بالا، مثبت و معنادار است. ولی همان‌طور که مشاهده می‌شود، اثر اختراعات ثبت‌شده بر تولید ناخالص داخلی در کشورهای دارای درآمد متوسط، بیشتر از کشورهای دارای درآمد بالا است. این امر به مفهوم آن است که هرچه این کشورها کمتر ثروتمند باشند، اثر یک درصد افزایش در انباشت اختراعات بر GDP آنها بیشتر است که حاکی از وجود بازده نزولی اختراعات در میان این کشورها است. کشورهای با درآمد بالا، به دلیل فراوانی بیشتر اختراعات، دارای بازده کمتری هستند.

۴. یافته‌ها و توصیه‌های سیاستی

این پژوهش، با هدف بررسی آثار سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه بر رشد اقتصادی کشورها انجام شد. بررسی‌ها نشان داد که اندازه‌گیری بازگشت سرمایه تحقیق و توسعه، از جمله چالش‌هایی است که سیاست‌گذاران و مدیران با آن مواجه‌اند و در بسیاری از موارد نمی‌توان مشخصاً آن را اندازه‌گیری کرد. نتایج پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهند که سرریزهای ناشی از سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه، معیار مناسب‌تری برای اندازه‌گیری آثار این سرمایه‌گذاری بر رشد اقتصادی هستند.

نیروی کار و انباشت سرمایه فیزیکی، اثر مثبت و معناداری بر تولید ناخالص داخلی دارد. ولی همان‌طور که در نمودارهای فوق مشاهده می‌شود، با افزایش سطوح درآمد در این گروه، تأثیر انباشت فیزیکی سرمایه بر تولید ناخالص داخلی بیشتر می‌شود. اثر نیروی کار بر تولید ناخالص داخلی، تقریباً در تمامی کشورها در گروه درآمد متوسط رو به بالا، مثبت ولی دارای روند ثابتی است.

تأثیر اختراعات ثبت‌شده بر تولید نیز در کلیه کشورها در این گروه درآمدی، مثبت ولی در تمامی کشورها با رده‌های مختلف درآمدی، تقریباً ثابت است. تأثیر اختراعات ثبت‌شده بر تولید ناخالص داخلی، در نمودار زیر به تصویر کشیده شده است:



نمودار ۵. تأثیر اختراعات بر GDP در دهک‌های مختلف درآمدی، در گروه درآمد بالا

در کل، می‌توان نتیجه گرفت که در کشورهای با درآمد متوسط بالا، سرمایه فیزیکی همچنان نقش قالب را در رشد تولید ناخالص داخلی بازی می‌کند. ولی میزان اختراعات ثبت‌شده و آموزش نیروی انسانی در تمامی کشورها در این گروه درآمدی با هر سطح درآمد، از دیگر عوامل مؤثر بر رشد تولید در این گروه از کشورها است.

۳-۲-۳. مقایسه دو گروه درآمدی

اثر سرمایه فیزیکی بر تولید ناخالص داخلی در کشورهای با درآمد متوسط بالا از کشورهای با درآمد بالا بیشتر است و در مقابل، اثر نیروی کار بر تولید ناخالص داخلی در کشورهای

به عبارت دیگر، شاخص‌هایی مانند انباشت دانش، ثبت اختراع و تعداد دانشمندان یک کشور، معیارهای دقیق‌تری از نحوه هزینه‌کردهای تحقیق و توسعه محسوب می‌شوند.

این پژوهش به‌طور مقایسه‌ای برای دو گروه کشورهای با درآمد بالا و کشورهای با درآمد متوسط بالا، در قالب داده‌های تابلویی، انجام گرفته است. نتایج اولیه، نشان داد که سرمایه‌گذاری در بخش تحقیق و توسعه، در هر دو گروه کشورهای با درآمد بالا و متوسط رو به بالا، موجب افزایش اختراعات می‌شود و این تأثیر در کشورهای با درآمد متوسط بالا بیشتر بوده است. این کشورها به‌جای آنکه به ایده‌های اصلی و پایه بپردازند، بیشتر از الگو و ایده‌های کشورهای توسعه‌یافته و با درآمد بالا تقلید می‌کنند. دولت‌ها باید سیاست‌هایی اتخاذ کنند که با حمایت‌های خاص خود، بخش تحقیق و توسعه را در کشورهاشان، بومی‌سازی و تقویت کنند. همچنین، به طرق مختلف، از افراد نوآور و مبتکر، حمایت و آنان را تشویق کنند تا بتوانند به موفقیت‌های لازم در این ارتباط دست یابند و فقط از کشورهای توسعه‌یافته تقلید نکنند. به‌علاوه، باید به این نکته توجه داشت که تعداد حق ثبت اختراعات و میزان مخارج تحقیق و توسعه، تنها منبع برای اختراع نیستند.

برای بررسی تأثیر اختراعات و هزینه‌های آموزش بر GDP، از روش رگرسیون کوانتیل در مدل‌های تابلویی استفاده شد. نتایج به‌دست‌آمده در این مقاله، حاکی از وجود رابطه مثبت و معنادار بین اختراعات و هزینه‌های آموزش با GDP در هر دو گروه کشورهای دارای درآمد بالا و درآمد متوسط رو به بالا است.

در کشورهای با درآمد بالا، هرچه سطح درآمد کشوری بالاتر می‌رود، سرمایه‌های انسانی، یعنی آموزش نیروی انسانی و میزان اختراعات، نقش قالب‌تری را در توضیح رشد تولیدشان در مقایسه با نیروی کار و سرمایه‌های فیزیکی بازی می‌کنند. ولی در کشورهای با درآمد متوسط بالا، سرمایه فیزیکی همچنان نقش قالب را در رشد تولید ناخالص داخلی دارد.

نتیجه دیگر این پژوهش نشان داده است که اثر سرمایه فیزیکی بر تولید ناخالص داخلی در کشورهای با درآمد متوسط

بالا، بیشتر از کشورهای با درآمد بالا و درمقابل، اثر نیروی کار بر تولید ناخالص داخلی در کشورهای با درآمد بالا، کمی بیشتر از کشورهای با درآمد متوسط رو به بالا است. بهره‌وری نیروی کار در کشورهای دارای درآمد بالا، نسبت به کشورهای دارای درآمد متوسط، بالاتر است. همچنین، در کشورهای با درآمد بالا، به‌دلیل وجود بازدهی نزولی سرمایه، تشکیل سرمایه در حد بالایی صورت گرفته است؛ ولی در کشورهای با درآمد متوسط بالا، ظرفیت‌های خالی فراوانی برای سرمایه‌گذاری وجود دارد که دولت‌ها باید به آنها توجه خاص داشته باشند و سیاست‌هایی اتخاذ کنند که به بهترین شکل بتوانند از این ظرفیت‌های خالی استفاده کنند و با سرمایه‌گذاری‌های مناسب در آنها، موجبات رشد و توسعه کشور را فراهم آورند.

تأثیر اختراعات ثبت‌شده بر تولید ناخالص داخلی در کشورهای دارای درآمد متوسط، بیشتر از کشورهای دارای درآمد بالا است. یعنی در کشورهایی که درآمدهای بالاتری دارند، اثر انباشت اختراعات بر GDP آنها بیشتر است که حاکی از وجود بازده نزولی اختراعات در میان این کشورها است. این کشورها به‌دلیل فراوانی بیشتر اختراعات، دارای بازده کمتری هستند.

مرجع‌ها

برخورداری، سجاد و عظیمی، ناصرعلی. ۱۳۸۷. «اثر کوتاه‌مدت و بلندمدت یارانه‌های تحقیق و توسعه بر رشد اقتصادی در ایران»، فصلنامه اقتصاد و تجارت نوین، ش ۴، پاییز ۱۳۸۷، ص ۱۱-۱.

حیدری، حسن و سنگین‌آبادی، بهرام. ۱۳۹۲. «تأثیر تحقیق و توسعه بر رشد اقتصادی ایران»، مجله تحقیقات اقتصادی، دوره دوم، سال ۹۲، ش ۲، ص ۲۳-۱.

خداداد کاشی، فرهاد؛ زراءنژاد، منصور؛ یوسفی حاجی‌آبادی، رضا. ۱۳۹۴. «بررسی اثرات متقابل سطح تمرکز، سودآوری، تحقیق و توسعه و تبلیغات در صنایع کارخانه‌ای ایران»، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)، سال پانزدهم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۴، ص ۱۹۲-۱۷۳.

شاکری، عباس و ابراهیمی سالاری، تقی. ۱۳۸۸. «اثر مخارج

- Cambridge, Massachusetts & London, England, *Statistics* 39, 312-20.
- Howitt, P. 2005. *Health, Human Capital, and Economic Growth: A Schumpeterian Perspective, in Health and Economic Growth: Findings and Policy Implications*. ed. by G. Lopez-Casasnovas, B. Rivera and L. Currais. Cambridge, MA: MIT Press, p. 19-40.
- Jones, C. I. 1995. "R&D-Based Models of Economic Growth", *Journal of Political Economy* 103, 759-784.
- Jorgenson, D. W. 1995. *Productivity*. Cambridge, MA: MIT Press, p. 470.
- Koenker, Roger & Bassett, Gilbert, Jr. 1978. "Regression Quantiles", *Econometrica* 46(1), 33-50
- Macys, G. 2013. "The Innovation and Economic Growth: The Situation in Baltic States", *European Int. Journal of Science and Technology* 2(3), 197-209.
- Romer, P. M. 1990. "Endogenous Technological Change", *Journal of Political Economy* 5(98), Oct., 71-102.
- Schumpeter, J. 1975. *Capitalism, Socialism and Democracy*. New York: Harper, [orig. pub. 1942].
- Solow, R. M. 1957. "Technical Change and the Aggregate Production Function", *Journal of Economics*.
- van Ark, B.; Hao, J.; Corrado, C.; Hulten, C. 2009. "Measuring Intangible Capital and Its Contribution to Economic Growth in Europe", *EIB Papers*, (14:1), in this issue.
- Zachariadis, M. 2004. "R&D-Induced Growth in the OECD?", *Rev. Dev. Econ.* 8(3), 423-439.
- تحقیق و توسعه بر اختراعات و رشد اقتصادی»، مجله دانش و توسعه، سال هفدهم، شماره ۲۹، زمستان ۱۳۸۸.
- شاه‌آبادی، ابوالفضل و سجادی، حسن. ۱۳۹۰. «منابع انتقال فناوری و رشد اقتصادی ایران»، فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، سال نوزدهم، شماره ۵۹، پاییز ۱۳۹۰. ص ۵۲-۳۳.
- مهرگان، نادر و سلطانی صحت، لیلی. ۱۳۹۳. «مخارج تحقیق و توسعه و رشد بهره‌وری کل عوامل تولید بخش صنعت»، فصلنامه سیاست‌های راهبردی و کلان، سال دوم، شماره پنجم، بهار ۱۳۹۳، ص ۲۴-۱.
- نقدی، یزدان؛ کاغذیان، سهیلا؛ محسنی فخر، نیکی؛ پرهیزی گشتی، هادی. ۱۳۹۲. «اثرات گسترش فناوری نانو تکنولوژی بر رشد اقتصادی در کشورهای منتخب»، فصلنامه مدل‌سازی اقتصادی، سال هفتم، شماره ۲۱، بهار ۱۳۹۲، ص ۹۹-۸۵.
- Aghion, P. & Howitt, P. 1992. "A Model of Growth through Creative Destruction", *Econometrica* 60(2), 323-351.
- Bradford, Goldense. 2014. "Top 5 R&D-Product Development Metrics", <http://machinedesign.com/goldense-research-product-development/top-5-rd-product-development-metrics>.
- Corrado, C., Haltwanger, J., & Sichel, D. 2005. *Measuring Capital and Technology: An Expanded Framework, Measuring Capital in the New Economy*, August, pp: 11-46.
- Development Co-operation Report 2012, OECD, <http://www.oecd.org/development/dcr2012.htm>
- DTI. 2006. *UK Productivity and Competitiveness Indicators*. UK: London, Dep. of trade and ind.
- Griffith, R.; Redding, S.; Van Reenen, J. 2004. "Mapping the Two Faces of R&D: Productivity Growth in a Panel of OECD Industries", *Rev. Econ. Stat.* 86(4), 883-895.
- Grossman, M. & Helpman, E. 1991. "Innovation and Growth in the Global Economy", The MIT Press,