



مقایسه تاثیر تحقیق و توسعه فناوری نانو بر رشد اقتصادی کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته

رویا آل عمران^۱ - وحیده کسمائی پور^۲ - سیدعلی آل عمران^۳

تاریخ دریافت: ۹۰/۹/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۱/۲

چکیده

دانش و تکنولوژی مهم‌ترین نیروی ارتقاء توسعه اقتصادی و اجتماعی است. با روند جهانی شدن اقتصاد، دانش و تکنولوژی، تشدید کننده تقاضا برای استعدادها، منابع فیزیکی، انتقال تکنولوژی و سرمایه‌گذاری در جهان است. در این راستا، نه تنها صنایع با فناوری پیشرفته موتور رشد اقتصادی جهان خواهند بود، بلکه، این صنایع امتیاز مهمی در راستای باقی ماندن کشورها در بازار رقابتی جهان هستند. از این رو، سطح صنایع با فناوری بالا عامل تعیین کننده سطح توسعه اقتصادی و اجتماعی یک کشور و نوع نقش آن کشور در اقتصاد جهانی است. هدف این تحقیق مقایسه میزان تاثیرپذیری رشد اقتصادی کشورهای منتخب در حال توسعه و توسعه یافته از تحقیق و توسعه فناوری نانو با رهیافت داده‌های تابلویی طی دوره ۲۰۰۷-۲۰۰۰ می‌باشد. نتایج بدست آمده حاکی از تاثیرپذیری مثبت و معنادار هر دو گروه از کشورها از تحقیق و توسعه فناوری نانو بوده و فرضیه تاثیرپذیری بیشتر رشد اقتصادی از متغیر تحقیق و توسعه فناوری نانو در کشورهای توسعه یافته نسبت به کشورهای در حال توسعه رد می‌شود.

طبقه بندی JEL: O40, C23, O32, O57

واژگان کلیدی: تحقیق و توسعه، فناوری نانو، رشد اقتصادی، داده‌های تابلویی

^۱ استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، گروه اقتصاد، تبریز، ایران (نویسنده مسئول) aleemran@iaut.ac.ir

^۲ کارشناس ارشد علوم اقتصادی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، گروه اقتصاد، تبریز، ایران V_kasmaeipour@yahoo.com

^۳ دانشجوی دکتری اقتصاد شهری و منطقه‌ای دانشگاه تبریز s.a_aleemran@hotmail.com

۱-۱ - مقدمه

استراتژیک جای خود را به میزان بهره‌مندی از علم و فناوری داده‌است (پورفرج و دیگران، ۲۰۱۱). هدف مطالعه حاضر بررسی و مقایسه میزان تاثیر تحقیق و توسعه فناوری نانو بر رشد اقتصادی در دو گروه کشورهای منتخب درحال توسعه و توسعه‌یافته طی دوره ۲۰۰۷-۲۰۰۰ می‌باشد. فرضیه‌های تحقیق مبنی بر تاثیر مثبت و معنادار تحقیق و توسعه فناوری نانو بر رشد اقتصادی هر دو گروه کشورها و تاثیرپذیری بیشتر رشد اقتصادی در کشورهای توسعه‌یافته از تحقیق و توسعه فناوری نانو می‌باشد که مورد آزمون قرار می‌گیرد. این مقاله حاوی پنج بخش است. پس از بیان مقدمه و اهمیت تحقیق، ادبیات تحقیق شامل مبانی نظری و مطالعات تجربی داخلی و خارجی در بخش بعدی ارائه خواهد شد. در بخش چهارم پس از بررسی متغیرهای تحقیق بر پایه الگوی اقتصادسنجی به تصریح مدل تحقیق برای کشورهای منتخب درحال توسعه و توسعه‌یافته می‌پردازیم و سپس با استفاده از متغیر مجازی به مقایسه نحوه تاثیرپذیری رشد اقتصادی دو گروه کشورهای منتخب تحقیق از متغیر تحقیق و توسعه فناوری نانو پرداخته می‌شود. بخش پنجم در برگیرنده تحلیل یافته‌های تجربی بوده و نتیجه‌گیری و پیشنهادات می‌باشد.

۱-۲ - مبانی نظری

علم و فناوری محصول فعالیت‌های پژوهشی است و در صورتی که فعالیت‌های پژوهشی از طریق تولید علم و تبدیل آن به فناوری بتواند با سایر فعالیت‌های اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی ترکیب گردد، توسعه پایدار تحقق خواهد یافت. امروزه کشورهای توسعه‌یافته برای حفظ بنیان‌های اقتصادی- اجتماعی و ارتقای قدرت خود در مقابل دیگر کشورها، علم و فناوری و تحقیق و توسعه فناوری‌های نوین را محور اصلی فعالیت‌های خود قرار می‌دهند. سیستم تحقیق و توسعه در مرکز فعالیت‌های علمی جای دارد، به طوری که کشورهای صنعتی سهم قابل توجهی از درآمد نیروی کار خود را از طریق موسسات غیرانتفاعی نظیر دانشگاه‌ها، دستگاه‌های دولتی و واحدهای تولیدی و تجاری، به فعالیت‌های رسمی تحقیق پایه و کاربردی و توسعه تکنولوژیک اختصاص می‌دهند، زیرا بدون ابداع تکنولوژیکی، پیشرفت و توسعه اقتصادی در بلندمدت متوقف خواهد شد (ضیایی بیگدلی، ۱۳۸۱).

آنچه که امروزه کشوری را توسعه‌یافته یا عقب‌مانده معرفی می‌کند، میزان بهره‌گیری آن کشور از فناوری‌های رقابتی در فرآیند تولید و کسب سهم بیشتر از بازار جهانی و محصولات مبتنی بر این فناوری‌ها می‌باشد. همان‌طور که

نرخ رشد اقتصادی یک کشور، برای رفاه اجتماعی شهروندان آن کشور از چنان اهمیتی برخوردار است که تنها عوامل بسیار معدودی را می‌توان نام برد که از اهمیتی معادل با آن یا بیشتر از آن برخوردار باشند. نرخ رشد مثبت در کشورهای توسعه‌یافته به معنی درآمد بالاتر، سود بیشتر، اشتغال بیشتر و فرصت کسب و کار گسترده‌تر است. در کشورهای درحال توسعه، نیز نرخ رشد بالاتر، می‌تواند مردم آن کشور را از فقر خارج سازد. در واقع، یک درصد افزایش تولید ناخالص داخلی سرانه، درآمد ۲۰ درصد از فقیرترین افراد جامعه را یک درصد افزایش خواهد داد. همچنین نرخ رشد بالا در کشورهای درحال توسعه می‌تواند به بهبود در ابعاد دیگری، از قبیل کاهش مرگ و میر نوزادان، طول عمر بیشتر، دسترسی بیشتر به آب و بهداشت، آموزش همگانی، تبعیض جنسی کمتر، افزایش آزادی‌های مدنی و دموکراسی منجر شود. بدین ترتیب نرخ رشد اقتصاد یک کشور بسیار حائز اهمیت بوده و شاید یکی از مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر رفاه اجتماعی انسان‌ها باشد. لیکن در خصوص اینکه چه عواملی بر نرخ رشد یک اقتصاد موثرند، بحث‌های بسیاری در میان اندیشمندان علم اقتصاد جاری است. از مهم‌ترین این عوامل می‌توان سرمایه فیزیکی، نیروی کار، تکنولوژی، سرمایه انسانی، جهانی‌شدن، امنیت اقتصادی را نام برد.

از ابتدای دهه ۱۹۴۰، اقتصاددانان نشان دادند که اختراعات و پیشرفت تکنولوژی موتور محرک رشد اقتصادی است و تحقیق و توسعه راهی برای رسیدن به آن است. دانش و تکنولوژی مهم‌ترین نیروی ارتقاء توسعه اقتصادی و اجتماعی و رسیدن به توسعه پایدار است. با روند جهانی شدن اقتصاد، دانش و تکنولوژی، تشدیدکننده تقاضا برای استعدادها، منابع فیزیکی، انتقال تکنولوژی و سرمایه‌گذاری در جهان است. در این راستا، نه تنها صنایع با فناوری پیشرفته موتور رشد اقتصادی جهان خواهد بود، بلکه، این صنایع امتیاز مهمی در راستای باقی ماندن کشورها در بازار رقابتی جهان شده و سطح صنایع با فناوری بالا عامل تعیین کننده سطح توسعه اقتصادی و اجتماعی یک کشور و نوع نقش آن کشور در اقتصاد جهانی را خواهد داشت (لارنس، ۱۹۹۸).

تردیدی نیست که اصلی‌ترین عامل تعیین‌کننده رشد و توسعه اقتصادی هر کشور در شرایط متحول کنونی جهان، میزان برخورداری آن کشور از دانش و نوآوری و نیروی انسانی کارآمد و توجه به آموزش و پژوهش اصولی و علمی است و مزیت نسبی همه عوامل طبیعی، اقتصادی و

های بالقوه برای تغییر و بهبود زندگی بشر برخوردار است (PMSEIC, 2005). در یک تعریف کلی، فناوری نانو کاربرد علم، مهندسی و فناوری مواد و طراحی شامل کاربردهای زیست شناسی، پزشکی و شیمیایی برای تولید محصولاتی در مقیاس بسیار کوچک و دقیق نانومتر است (کریشناکومار، ۲۰۰۵).

۲-۱-۲ - تاریخچه علم نانو

نانو یک کلمه یونانی و به معنی بسیار کوچک یا کوتوله^۱ می‌باشد. استفاده از مقیاس نانو توسط انسان برخلاف تصور عمومی، دارای سابقه تاریخی طولانی است. سفالگری در حدود ۱۰۰۰ سال است که از ذرات در اندازه نانو استفاده می‌کند. گمان برده می‌شود جام لایکروگوس^۲ قدیمی‌ترین شیء از این دست باشد که به ۴ قرن پیش برمی‌گردد. این جام رومی از شیشه‌ای ساخته شده که در تابش غیرمستقیم نور، سبز جلوه‌گر می‌شود، اما وقتی که نور مستقیم به آن تابیده شود به صورت قرمز روشن نمایان می‌گردد. این پدیده غیرمعمول نوری به علت وجود ذرات ۷۰ نانومتری طلا و نقره رخ می‌دهد (جعفری صمیمی، ۱۳۸۸).

امروزه فناوری نانو در حال بارور شدن است. پیشرفت‌هایی که امروزه از فناوری نانو گزارش می‌شود از بطن تحقیقات علمی است که بیش از صد سال گذشته توسط دانشمندان مشهوری چون، مایکل فارادی^۳، ایروینگ لانگ مایر^۴، آلبرت انیشتین^۵ صورت پذیرفته‌است. اما مبنای فناوری نانو و طرز فکر در این زمینه اولین بار توسط فیزیکدان مشهور آمریکایی در سال ۱۹۵۹ ریچارد فینمن^۶ متخصص کوانتم نظری و دارنده جایزه نوبل ارائه شد. او در سخنرانی معروف خود با عنوان "آن پایین فضای بسیاری است"، به بررسی بعد رشد نیافته علم مواد پرداخت و فرض را بر این قرار داد که اگر دانشمندان فرا گرفته‌اند که چگونه ترانزیستورها و دیگر سازه‌ها را با مقیاس‌های کوچک بسازند، پس ما خواهیم توانست آنها را کوچک و کوچک‌تر کنیم (فینمن، ۱۹۶۱).

درکسلر^۷ در اوایل دهه ۸۰ گروهی از دانشجویان را به صورت انجمنی جمع کرد و افکار آنها را با ایده‌هایی که "فناوری نانو" نامگذاری کرده‌بود، مشغول کرد. درکسلر اولین مقاله علمی خود را در مورد فناوری نانو مولکولی^۸ در سال ۱۹۸۱ ارائه داد و کتاب "موتور خلقت: عصر فناوری نانو" را در سال ۱۹۸۶ به چاپ رساند. درکسلر تنها درجه دکتری در فناوری نانو را در سال ۱۹۹۱ از دانشگاه MIT دریافت کرد. او یک پیشرو در طرح فناوری نانو است.

امروزه تجارت الکترونیک و اینترنت تاثیر عمیقی بر صنایع و اقتصاد جهانی گذاشته‌اند، فناوری نانو نیز می‌تواند باعث رهایی از بازارهای نارس، اقتصاد شکننده و تجارت بیمار و رسیدن به سطوح رشد اقتصادی بالاتر شود (کانتن، ۱۹۹۹). فناوری نانو، توانمندی تولید مواد، ابزارها و سیستم‌های جدید با در دست گرفتن کنترل در سطوح ملکولی و اتمی و استفاده از خواصی است که در آن سطوح ظاهر می‌شود. کاربردهای وسیع این عرصه به همراه پیامدهای اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و حقوقی آن، این فناوری را به عنوان یک زمینه فرارشته‌ای و فرابخشی مطرح نموده است. استفاده از این فناوری در اغلب علوم از جمله علوم پزشکی، پتروشیمی، علوم مواد، صنایع دفاعی، الکترونیک، کامپیوترهای کوانتومی باعث شده‌است که تحقیقات در زمینه نانو به عنوان یک چالش اصلی علمی و صنعتی پیش‌روی جهانیان باشد (افشارنیا، ۱۳۸۵).

۲-۱-۱ - مفاهیم و رویکردهای فناوری نانو

تمامی محصولات و فرآورده‌های مادی موجود در جهان هستی از قرار گرفتن منظم و هدفمند اتم‌ها در کنار هم بوجود آمده‌اند. هر چه تسلط و آگاهی انسان به رفتار و خصوصیات واحد سازنده مواد (اتم‌ها) بیشتر شود، امکان کنترل خصوصیات آن مانند نقطه ذوب، ظرفیت شارژ، خواص مغناطیسی و ... افزایش خواهد یافت. در این فضا، مواد و سیستم‌ها به علت اندازه‌شان می‌توانند بطور منطقی طراحی شوند و دارای خصوصیات و رفتارهای زیستی، شیمیایی و فیزیکی جدید و بهبودیافته باشند. نانو فناوری روش مناسبی برای ساخت و سرهم‌بندی اتم‌ها، مولکول‌ها، مواد، قطعات و سیستم‌های مفید دارای حداقل یک بعد در مقیاس نانومتر (nm) و بهره‌برداری از خصوصیات، ویژگی‌ها و پدیده‌های جدید حاصله در آن مقیاس است. هدف نانو فناوری ساخت مولکول به مولکول مواد در آینده است. بنابراین علوم و فناوری نانو عبارت است از توانایی بدست گرفتن کنترل ماده در ابعاد نانومتری (میلیاردم‌متر) و بهره‌برداری از خواص و پدیده‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی این مقیاس در مواد، ابزارها و سیستم‌های جدید (الزامی، ۱۳۸۶).

فناوری نانو فضای علم و تکنولوژی است، جایی که ترکیبات بسیار کوچک نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کنند. در واقع فناوری نانو محل تلاقی تمامی علوم و صنایع مختلف می‌باشد. از آنجایی که این فناوری نوین را می‌توان به نوعی مرز بین فیزیک، شیمی، زیست شناسی، ریاضیات، فناوری اطلاعات و مهندسی تلقی نمود، لذا این فناوری از توانایی-

۲ - ۱ - ۳ - مفاهیم و رویکردهای تحقیق و توسعه^۹
به طور کلی فعالیت‌های تحقیقاتی به دو دسته تقسیم می‌شوند:

الف- فعالیت‌های تحقیق

ب- فعالیت‌های توسعه

در فعالیت‌های تحقیقی، تخصصی شدن دانش به معنای بوجود آمدن گرایش‌های گوناگون برای ایجاد مراکز پیشرو در زمینه دانش در کل جهان است. به همین دلیل برای دسترسی به دانش خاص و بکارگیری استعدادها فنی به شکلی ساده‌تر، تمرکززدایی صورت می‌گیرد. در فعالیت‌های توسعه‌ای، تمرکززدایی در جهت نزدیک شدن به مشتریان کلیدی، کسب سریع‌تر دانش بازار، نزدیک بودن موسسات دولتی که بازار را تنظیم می‌کنند و در نهایت گسترش بازار جدید انجام می‌شود. توسعه کاری هزینه‌بر است، زیرا در ارتباط با ارائه ایده‌های جدید به بازار قرار دارد (رادفر و خمسه، ۱۳۸۷).

تحقیق و توسعه، به مجموع فعالیت‌های بدیع، خلاق، نوآورانه، نظام‌یافته و برنامه‌ریزی شده‌ای که به طور کلی با هدف گسترش مرزهای شناخت علمی و گنجینه دانش انسان و جامعه انسانی و کاربرد این دانش در عرصه‌های گوناگون برای بهبود زندگی انسان و به طور خلاصه در جهت نوآوری و ایجاد فرآورده‌ها، فرآیندها، وسایل، ابزارها، نظام‌ها، خدمات و روش‌های جدید صورت پذیرد، اطلاق می‌شود (لوکاج و دیگران، ۲۰۰۷).

امروزه فعالیت‌های تحقیق و توسعه محرک و عامل اصلی توسعه صنعتی و اقتصادی کلیه بنگاه‌ها شناخته شده و یکی از عوامل مهم در تقویت توان تکنولوژیکی و رشد اقتصادی کشورها است. روش‌ها و مکانیزم‌های مختلفی برای توسعه تکنولوژی از طریق تحقیق و توسعه، مانند تحقیق و توسعه داخلی، تحقیق و توسعه مشترک، قرارداد تحقیق و توسعه و برون‌سپاری تحقیق و توسعه وجود دارد (پینان، ۱۹۹۶).

با نگاهی به تجربه پنجاه سال اخیر کشورهای صنعتی و کشورهای موفق در حال توسعه، می‌توان به نقش تحقیقات در پیشرفت این کشورها پی برد. این کشورها با وقوف به نقش مهم و تعیین‌کننده تحقیقات در توسعه بخش‌های مختلف، عمده توجه خود را به تقویت و ارتقای سطح شاخص‌های تحقیقاتی معطوف ساخته‌اند. از طرف دیگر، در دهه‌های اخیر نظر اقتصاددانان به مباحث اقتصاد نوین و به عبارتی به اقتصاد مبتنی بر دانش معطوف شده است که پیامد آن، رشد اقتصادی مستمر، توسعه پایدار و ایجاد ثروت و به تبع آن افزایش رفاه می‌باشد. به بیانی دیگر، تحقیق و توسعه، فرآیند تبدیل اندیشه‌ها به تولیدات جدید و با کیفیت‌تر شدن

تولیدات موجود است. این تولیدات مربوط به موارد سوددهی به مصرف‌کننده نهایی یا مربوط به فناوری‌های فرآیند تولید است. نقش اساسی تحقیق و توسعه در رشد اقتصادی، تا حدی است که از آن به عنوان یک متغیر مهم در اقتصاد نام برده می‌شود (جفری، ۱۹۸۹).

۲ - ۱ - ۴ - مفاهیم و رویکردهای رشد اقتصادی

رشد اقتصادی یک کشور عبارت است از افزایش تولید ملی واقعی سرانه آن کشور در طول یک دوره بلندمدت. دلایل مطرح شده برای چنین تعریفی به شرح زیر است:

الف- به کار بردن کلمه تولید واقعی، به منظور حذف اثر افزایش سطح عمومی قیمت‌هاست.

ب- برای دستیابی به نتایج واقعی‌تر و امکان مقایسه وضعیت یک جامعه در سالهای مختلف، یا مقایسه جوامع مختلف با تعداد جمعیت متفاوت در تعریف بالا از تولید ملی سرانه به جای تولید ملی استفاده شده است.

ج- دلیل به کار بردن کلمه بلندمدت در تعریف فوق، اطمینان یافتن از استمرار رشد اقتصادی است.

۲ - ۱ - ۵ - نقش دولت‌ها در تحقیق و توسعه فناوری

نانو

پیش‌بینی بازار عظیم برای محصولات فناوری نانو و رشد سریع آن، دولت‌های کشورهای مختلف را بر آن داشته تا برای عقب‌نماندن از مسابقه این فناوری، سرمایه‌گذاری‌های کلانی در تحقیق و توسعه این حوزه انجام دهند. بازار گسترده و سرمایه‌گذاری‌های کلان در این حوزه، منجر به ظهور مفهومی جدید، به نام اقتصاد فناوری نانو^{۱۰} شده است. اقتصاد فناوری نانو، ناشی از همگرایی علوم نانو و اقتصاد بوده است به طوری که این همگرایی موجب تسریع مسیر تغییرات فناورانه می‌شود. اقتصاد نانو، کاربرد یک حوزه برای مطالعه سایر حوزه‌ها نیست بلکه به این معنا است که علم، فناوری و اقتصاد نمی‌توانند به طور کامل از هم جدا باشند. از جمله کارکردهای اقتصاد نانو، ایجاد محیطی است که در چارچوب آن از طریق نهادهای عمومی، خصوصی و دانشگاهی، دانش مورد نظر به دست آمده و امکان پاسخگویی به سوالات پیچیده‌ای چون، نقش تحقیقات فناوری نانو در رشد اقتصادی و مکانیزم‌های توسعه نوآوری و رقابت‌پذیری، را بدهد.

سرعت بخشیدن به توسعه فناوری نانو در کشورها نیازمند ساز و کارهای تامین مالی مناسب است. تامین مالی فعالیت‌های مربوط به این فناوری از طریق مکانیزم‌های مختلفی قابل انجام است که این مکانیزم‌ها بستگی به شرایط

واعظ و همکاران (۱۳۸۶) در مقاله‌ای تحت عنوان نقش هزینه‌های تحقیق و توسعه در ارزش‌افزوده صنایع با فناوری بالا با استفاده از آمار هزینه‌های تحقیقاتی در ایران و به روش اقتصادسنجی داده‌های تابلویی، نقش هزینه‌های تحقیق و توسعه در ارزش‌افزوده صنایع با فناوری بالا طی دوره ۱۳۸۵-۱۳۶۷ بررسی کرده است. یافته‌های این تحقیق نشان‌دهنده نقش موثر شاخص تحقیق و توسعه در رشد ارزش‌افزوده صنایع با تکنولوژی برتر است

امینی و حجازی (۱۳۸۷) به تحلیل نقش سرمایه انسانی و R&D در ارتقا بهره‌وری کل عوامل در اقتصاد ایران پرداخته‌اند. در این پژوهش، عوامل موثر بر بهره‌وری کل عوامل در اقتصاد ایران با تاکید بر نسبت شاغلان دارای تحصیلات عالی به عنوان جانشین سرمایه انسانی از نوع آموزش، سرمایه تحقیق و توسعه دولتی، نسبت تولید بالفعل به بالقوه به عنوان شاخص میزان استفاده از ظرفیت‌ها را مورد بررسی قرار داده و نتایج برآورد الگو با استفاده از داده‌های آماری سری زمانی سال‌های ۴۷-۱۳۸۳ به روش مدل خود توضیحی با وقفه‌های گسترده (ARDL) نشان می‌دهد که در بلندمدت سرمایه تحقیق و توسعه دولتی، نسبت شاغلان دارای تحصیلات عالی و نرخ بهره‌برداری از ظرفیت اثرات مثبت و معناداری بر بهره‌وری داشته است.

ربیعی (۱۳۸۸) در مقاله‌ای با عنوان نقش تحقیق و توسعه در توسعه اقتصادی کشورها، ضمن بررسی مدل رشد درونزای رومر، یک مدل ریاضی برای رشد اقتصادی ایران ساخته و اثر تحقیق و توسعه، سرریزهای حاصل از تحقیق و توسعه، نیروی کار، سرمایه فیزیکی و سرمایه انسانی بر اساس آزمون انجام شده به روش حداقل مربعات معمولی برآورد گردیده است. نتایج بدست آمده حاکی از تاثیر مثبت تحقیق و توسعه بر رشد اقتصادی کشور ایران می‌باشد.

گوئل و رام (۱۹۹۴)^{۱۱} اثر R&D بر رشد اقتصادی را محاسبه کرده و برای این منظور از مدل بهره می‌گیرد که نرخ رشد اقتصادی را ناشی از تغییر در نیروی کار، سرمایه‌گذاری و هزینه‌های تحقیق و توسعه می‌داند. نتیجه این الگو نشان می‌دهد که ضریب هزینه R&D برای کشورهای در حال توسعه به طور قابل ملاحظه‌ای بزرگتر است.

یولوکو (۲۰۰۴)^{۱۲} به بررسی نقش R&D و نوآوری بر رشد اقتصادی پرداخت. این پژوهش با استفاده از تکنیک داده‌های تابلویی و با داده‌های آماری ۲۰ کشور عضو OECD و ۱۰ کشور غیر عضو OECD در دوره زمانی ۸۱-۱۹۹۷ انجام شده است در این پژوهش از تعداد جوازهای ثبت شده برای اختراعات به عنوان شاخص نوآوری استفاده شده است. یافته‌های بدست آمده نشان می‌دهد که بین

و عوامل حاکم بر نظام اقتصادی هر کشور دارد. به طور خلاصه منابع تامین مالی طرح‌ها عبارتند از:

- دولتها
- سرمایه‌گذاران خطرپذیر
- سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه مشارکتی
- سرمایه‌گذاری مشارکتی در پیشگامی تحقیقاتی فناوری نانو
- مدل‌های انتقال فناوری و جوازدهی.

دولتها به عنوان کلیدی‌ترین و مهم‌ترین منبع تامین مالی تکنولوژی‌های نوین شناخته می‌شوند. نقش دولتها در ساختار بازار ملی، سرمایه انسانی، ایجاد فرصت‌ها، تشکیل موسسات پشتیبان و بکارگیری سیاست‌هایی در جهت تشویق سرمایه‌گذار بسیار حیاتی بوده و نقش پیشگامی را ایفا می‌نمایند (سادات نوری، ۱۳۸۴).

انتخاب مسیر سرمایه‌گذاری را می‌توان مهم‌ترین وظیفه دولتها در قبال فناوری نانو محسوب نمود. زیرا در صورت انتخاب نادرست و نامتناسب با قابلیت‌ها و نیازهای کشور، اولاً سرمایه‌های تحقیقاتی هنگفتی به هدر می‌رود. ثانیاً بازماندن کشور را از مسیر پرشتاب این فناوری نوین بدنبال خواهد داشت. بسیاری از دولتها اهمیت این موضوع را درک کرده با مطالعه کامل اوضاع فعلی و نیازهای آینده کشورشان از بین بخش‌های متعدد فناوری نانو، به انتخاب مسیر متناسب پرداخته‌اند.

۳-۱ - پیشینه تحقیق

علی‌احمدی و قاضی‌نوری (۱۳۸۰) در مقاله‌ای با عنوان تحلیل روابط میان شاخص‌های گوناگون علم و فناوری با توسعه صنعتی در کشورهای جهان با استفاده از تکنیک همبستگی کانونی تاثیر افزایش تعداد نسبی کارکنان تحقیق و توسعه در جمعیت کشور و افزایش سهم بودجه R&D از تولید ناخالص ملی و بالا بردن میزان هزینه‌های بهره‌برداری حق اختراع را بر ارزش افزوده سرانه صنعتی مثبت دانسته است.

کیمیجانی و معمار نژاد (۱۳۸۳) اهمیت کیفیت نیروی انسانی و R&D در رشد اقتصادی را از طریق مدل‌های رشد اقتصادی درونزا مورد بررسی قرار داده‌اند و ضمن بررسی مدل رشد رومر با تغییر درونزای تکنولوژی، مدلی برای رشد اقتصادی ایران ساخته‌اند. بر اساس نتایج این تحقیق به دلیل حجم اندک هزینه‌های R&D و نیز نسبت پایین صادرات غیرنفتی به GDP و ساختار سنتی و کارخانه‌ای آن، بین این دو متغیر با رشد اقتصادی ایران در دوره زمانی مورد بررسی ارتباط معنی‌داری پدیدار نشده است.

LRD لگاریتم متغیر مخارج تحقیق و توسعه، LFDI لگاریتم متغیر سرمایه‌گذاری خارجی و LARN لگاریتم متغیر میزان تحقیق و توسعه فناوری نانو لحاظ شده است و μ جمله اخلاص می‌باشد.

مخارج تحقیق و توسعه (R&D): مخارج تحقیق و توسعه هزینه‌های جاری و سرمایه‌ای (دولتی و خصوصی) روی کارهای خلاق است که بطور سیستماتیک برای افزایش دانش شامل، دانش انسانی، فرهنگی و اجتماعی و استفاده از دانش برای کاربردهای جدید می‌باشند. R&D تحقیق اساسی، کاربردی و توسعه تجربی را پوشش می‌دهد (یونسکو، ۲۰۰۸). شاخص R&D در تحقیق درصدی از GDP است که صرف هزینه‌های تحقیق و توسعه می‌شود. رشد اقتصادی (GDP): شاخص رشد اقتصادی که رشد تولید ناخالص داخلی به قیمت ثابت لحاظ شده است.

امنیت سرمایه‌گذاری (SEC): اساس امنیت اقتصادی عبارت است از: "اطمینان در حفظ اصل و سود سرمایه در سرمایه‌گذاری". سرمایه‌گذاری در هر شرایطی به معنای وجود امنیت اقتصادی است و اینکه سرمایه‌گذار با مطالعه شرایط متقاعد شده است که سرمایه‌گذاری کند، نشان می‌دهد که از نظر او امنیت لازم قطعاً وجود داشته است (میرمحمدی، ۱۳۷۸). درصدی از GNP که صرف سرمایه‌گذاری می‌شود (I/GNP)، به عنوان پروکسی این متغیر در تحقیق لحاظ شده است (بارو، ۱۹۹۷). I تشکیل سرمایه ثابت ناخالص می‌باشد که به عنوان متغیر سرمایه‌گذاری فرض شده است و GNP تولید ناخالص ملی به قیمت ثابت می‌باشد.

سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی (FDI): سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی از دیدگاه صندوق بین‌المللی پول، سرمایه‌گذاری است که به هدف کسب منافع پایدار در کشوری به جز موطن فرد سرمایه‌گذار انجام می‌شود و هدف سرمایه‌گذار از این سرمایه‌گذاری، آن است که در مدیریت بنگاه مربوط نقش مؤثر داشته باشد. داده‌های مربوط به تمامی متغیرهای فوق از WDI2010 جمع آوری شده است.

تحقیق و توسعه فناوری نانو (ARN): با توجه به محدودیت داده‌های مربوط به R&D در فناوری نانو برای کشورهای مورد مطالعه، میزان مقالات در فناوری نانو به عنوان پروکسی این متغیر در تحقیق لحاظ شده است. داده‌های مربوط به این متغیر از ستاد فناوری نانو ایران تهیه شده است.

برای تجزیه و تحلیل اطلاعات از روش‌های اقتصادسنجی در قالب مدل داده‌های تابلویی^{۱۷} و روش‌های

GDP سرانه و نوآوری در هر دو گروه مورد مطالعه ارتباط مثبتی وجود دارد و کشورهای OECD با یک بازار بزرگ، توانایی افزایش نوآوری را از طریق سرمایه‌گذاری در R&D دارند.

فالک (۲۰۰۷)^{۱۳} در مطالعه‌ای تاثیر سرمایه‌گذاری در R&D را روی رشد بلندمدت تخمین زده و برای اولین بار مدل رشد تجربی پویا برای کشورهای عضو سازمان OECD را از ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۴ ارائه کرده است. وی با استفاده از سیستم GMM بررسی می‌کند که آیا فعالیت‌های R&D تخصصی، تاثیر فزاینده روی GDP سرانه دارد یا نه؟ یافته‌های تحقیق حاکی از این است که هم نرخ مخارج R&D تشکیلات بنگاه و هم سهم سرمایه‌گذاری R&D در بخش با تکنولوژی بالا، تاثیر مثبت شدیدی روی GDP سرانه به صورت بلندمدت دارند.

قاضی‌نوری و دیگران^{۱۴} (۲۰۰۹) در تحقیق خود با عنوان تعریف و چارچوب جدید برای توسعه استراتژی تکنولوژی ملی: مطالعه موردی نانو تکنولوژی برای ایران، از مفاهیم سیاست تکنولوژی ملی مانند استراتژی تکنولوژی بنگاه در ارائه تعریف جدیدی برای استراتژی تکنولوژی ملی استفاده کرده‌اند. سپس با بررسی استراتژی در زمینه‌های گوناگون از کشورهای مختلف آن را برای ایران توسعه دادند. علاوه بر آن با استفاده از تحلیل راهبردی محیطی (SWOT) استراتژی‌هایی را برای توسعه نانو تکنولوژی مشخص می‌کند.

نیکلایین و پالمبرگ (۲۰۱۰)^{۱۵} در مقاله خود به بررسی انتقال تکنولوژی‌های علم محور به صنعت و اینکه آیا نانو تکنولوژی تفاوتی ایجاد می‌کند، می‌پردازد. هدف مقاله آشکار کردن برخی جنبه‌های انتظارات عظیم در حال افزایش از نانو تکنولوژی به عنوان مهندسی بالقوه برای رشد اقتصادی در قرن ۲۱، بوسیله بررسی ارتباط نانو تکنولوژی به انگیزه‌های منحصر بفرد، تقابل‌ها، چالش‌ها و نتایج هنگام تجاری‌سازی دانش علمی می‌باشد.

۴-۱ - تصریح الگو و معرفی متغیرها

بر اساس مدل پایه در مطالعه فالک^{۱۶}، جهت بررسی اثر R&D فناوری نانو بر رشد اقتصادی، مدل به صورت زیر می‌باشد:

$$LGDP_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 LARN_{it} + \alpha_2 LRD_{it} + \alpha_3 LSEC_{it} + \alpha_4 LFDI_{it} + \mu_{it} \quad (4-1)$$

i و t در مدل به ترتیب بیانگر کشور و زمان می‌باشد و LGDP لگاریتم متغیر تولید ناخالص داخلی بعنوان شاخص رشد اقتصادی، LSEC لگاریتم متغیر امنیت سرمایه‌گذاری،

تصادفی، رد می‌شود. نتایج برآورد مدل به روش اثرات ثابت بصورت زیر می‌باشد:

$$LGDP = 23.5 + 0.26LSEC + 0.03LFDI + 0.04LRD + 0.16LARN$$

$$(312.4) (11.0) (7.7) (3.1) (27.0)$$

اعداد داخل پرانتز نشان دهنده آماره t می‌باشد. نتایج حاصل از تخمین همه ضرایب با تئوری‌های اقتصادی و مباحث بیان شده در مطالعه حاضر، سازگار است. طبق این نتایج، اثر تحقیق و توسعه فناوری نانو بر رشد GDP در سطح معنی‌داری یک درصد، مثبت و معنادار است. به طوری که یک درصد افزایش متغیر تحقیق و توسعه فناوری نانو، رشد اقتصادی را ۰/۱۶ درصد افزایش خواهد داد. همچنین اثر امنیت سرمایه‌گذاری بر رشد اقتصادی در سطح معنی‌داری یک درصد، مثبت و معنادار است و افزایش یک درصدی در متغیر امنیت اقتصادی، افزایش ۰/۲۶ درصدی رشد اقتصادی را در پی خواهد داشت. اثر سرمایه‌گذاری خارجی بر رشد GDP در سطح معنی‌داری یک درصد مثبت و معنادار است و یک درصد افزایش متغیر سرمایه‌گذاری خارجی باعث افزایش ۰/۰۳ درصدی در رشد اقتصادی خواهد شد. اثر مخارج تحقیق و توسعه بر رشد GDP در سطح معنی‌داری یک درصد مثبت و معنادار است و یک درصد افزایش در متغیر تحقیق و توسعه باعث افزایش ۰/۰۴ درصدی در رشد اقتصادی خواهد شد.

۴-۳- نتایج تجربی کشورهای منتخب توسعه یافته

روش برآورد الگو، روش EGLS با استفاده از داده‌های تابلویی در ۱۹ کشورهای توسعه یافته^{۲۵} طی دوره ۲۰۰۷-۲۰۰۰ است.

۴-۳-۱- آزمون پایایی برای کشورهای منتخب توسعه یافته

نتایج آزمون ریشه واحد جمعی لوین، لی و چوی بر روی متغیرهای مورد استفاده در بررسی تاثیر تحقیق و توسعه فناوری نانو بر رشد اقتصادی کشورهای منتخب توسعه یافته، بیانگر پایایی تمامی متغیرها در سطح معنی‌داری است. به عبارت دیگر این متغیرها انباشته از مرتبه یک I(0) هستند.

۴-۳-۲- برآورد مدل برای کشورهای منتخب توسعه یافته

ابتدا آزمون F لیمر برای انتخاب بین روش‌های داده‌های تابلویی و ترکیب داده‌ها انجام یافته است. فرض H₀ این آماره، بیانگر انتخاب روش ترکیب داده‌ها و اولویت آن نسبت به داده‌های تابلویی است. در این تحقیق، با توجه به اینکه

آماری استنباطی استفاده شده و نرم‌افزار Eviews7 مورد استفاده قرار گرفته است.

۴-۲- نتایج تجربی کشورهای منتخب در حال توسعه

روش برآورد الگو، روش EGLS با استفاده از داده‌های تابلویی^{۱۸} در ۲۱ کشور در حال توسعه^{۱۹} طی دوره ۲۰۰۷-۲۰۰۰ است.

پیش از برآورد مدل، لازم است پایایی تمام متغیرهای مورد استفاده در تخمین‌ها، مورد آزمون قرار گیرد، زیرا ناپایایی متغیرها چه در مورد داده‌های سری زمانی و چه داده‌های تابلویی، باعث بروز مشکل رگرسیون کاذب می‌شود. برخلاف آنچه در مورد داده‌های سری زمانی مرسوم است، در مورد داده‌های تابلویی نمی‌توان برای آزمون پایایی از آزمون‌های دیکی-فولر و دیکی-فولر تعمیم یافته بهره جست، بلکه لازم است به نحوی پایایی جمعی متغیرها آزمون شود. برای این منظور، باید از آزمون‌های هاردی^{۲۰} و لوین، لی و چو^{۲۱} استفاده شود (طاهری، ۱۳۸۴).

۴-۲-۱- آزمون پایایی برای کشورهای منتخب در حال توسعه

نتایج آزمون ریشه واحد جمعی^{۲۲} لوین، لی و چوی بر روی متغیرهای مورد استفاده در بررسی تاثیر تحقیق و توسعه فناوری نانو بر رشد اقتصادی کشورهای منتخب در حال توسعه بیانگر پایایی تمام متغیرهای مورد استفاده مدل در سطح معنی‌داری است. به عبارت دیگر، تمام متغیرها انباشته از مرتبه صفر I(0) هستند.

۴-۲-۲- برآورد مدل برای کشورهای منتخب در حال توسعه

ابتدا آزمون F لیمر برای انتخاب بین روش‌های داده‌های تابلویی و ترکیب داده‌ها^{۲۳} انجام یافته است. فرض H₀ این آماره، بیانگر انتخاب روش ترکیب داده‌ها و اولویت آن نسبت به داده‌های تابلویی است. در این تحقیق، با توجه به اینکه آماره آزمون F=۲۱۱۰/۲ با ارزش احتمال^{۲۴} صفر است، بنابراین فرض H₀ رد شده و روش داده‌های تابلویی انتخاب می‌شود. همچنین برای انتخاب بین دو روش اثرات ثابت و اثرات تصادفی آزمون هاسمن محاسبه شده است. فرضیه H₀ این آزمون، بیانگر انتخاب روش اثرات تصادفی است. با توجه به اینکه مقدار این نسبت برابر ۳۹/۲ با ارزش احتمال صفر شده، فرض H₀ مبنی بر پذیرش اثرات

جدول ۴-۷ نتایج مربوط به برآوردهای هر سه مدل تحقیق

Variable	Developing Countries	Developed Countries	Selected Countries of World
LARN	۰/۱۶***	۰/۱۵***	۰/۱۷***
LRD	۰/۰۴***	۰/۰۵***	۰/۰۰۲
LSEC	۰/۲۶***	۰/۰۶***	۰/۱۸***
LFDI	۰/۰۳***	۰/۰۰۶**	۰/۰۰۸***
DUMARN	-	-	-۰/۰۲***
F Leamer Prob	۲۱۱۰/۲	۲۸۵۵/۲	۲۲۱۱/۴
	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
Hausman Test Prob	۳۹/۲	۵۴/۱	۸۵/۶
	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
R ²	۰/۹۷	۰/۹۵	۰/۹۶
D.W	۱/۶۲	۱/۷۷	۱/۷۷
تعداد مشاهدات	۱۶۸	۱۵۲	۳۲۰
تعداد کشورها	۲۱	۱۹	۴۰

منبع: یافته‌های تحقیق (علامت × و ×× و ××× به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح ۰/۱، ۰/۰۵، و ۰/۰۱ می باشد).

طبق این نتایج، اثر متغیر مجازی DUMARN بر رشد اقتصادی منفی و معنادار است و نشان می‌دهد که تاثیر متغیر تحقیق و توسعه فناوری نانو بر رشد اقتصادی در کشورهای منتخب در حال توسعه بیش از کشورهای منتخب توسعه یافته می‌باشد.

۴-۵ - نتیجه گیری

تحقیق و توسعه فناوری نانو تاثیر مثبت و معناداری بر رشد اقتصادی هر دو گروه کشورها دارد. اما در کشورهای در حال توسعه اثر افزایش در تعداد مقالات فناوری نانو منتشر شده بر افزایش رشد GDP بیش از کشورهای توسعه یافته است. دلیل آن این است که مقالات علمی، بهره‌وری نیروی انسانی را در کشورهای در حال توسعه نسبت به کشورهای توسعه یافته بیشتر تحت تاثیر قرار می‌دهد.

سرمایه‌گذاری در بخش تحقیق و توسعه تاثیرات مثبت و معناداری بر افزایش رشد GDP در هر دو گروه کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه دارد که دلیل آن می‌تواند این باشد که فعالیت‌های تحقیق و توسعه طی فرایند خود بهره‌وری عوامل تولید را بالا می‌برند. این امر منجر به افزایش GDP می‌شود.

اثر افزایش در تحقیق و توسعه بر افزایش رشد GDP در کشورهای توسعه یافته بیشتر از کشورهای در حال توسعه است. این موضوع به این نحو قابل تفسیر است که، تحقیق و توسعه در کشورهای در حال توسعه زمان‌بر و هزینه‌بر است، به همین دلیل سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه، در

آماره آزمون $F=2855/2$ با ارزش احتمال صفر است، بنابراین فرض H_0 رد شده و روش داده‌های تابلویی انتخاب می‌شود. همچنین برای انتخاب بین دو روش اثرات ثابت و اثرات تصادفی آزمون هاسمن محاسبه شده است. فرضیه H_0 این آزمون، بیانگر انتخاب روش اثرات تصادفی است. با توجه به اینکه مقدار این نسبت برابر $54/1$ با ارزش احتمال صفر شده، فرض H_0 مبنی بر پذیرش اثرات تصادفی، رد می‌شود. نتایج برآورد مدل به روش اثرات ثابت بصورت زیر می‌باشد:

$$LGDP = 25.3 + 0.06LSEC + 0.006LFDI + 0.05LRD + 0.15LARN$$

$$(339.1) (2.1) (3.2) (7.2) (27.6)$$

$$R^2=0.95 D.W=1.77$$

اعداد داخل پرانتز نشان دهنده آماره t می‌باشد. نتایج حاصل از تخمین همه ضرایب با تئوری‌های اقتصادی و مباحث بیان شده در مطالعه حاضر، سازگار است. طبق این نتایج، اثر تحقیق و توسعه فناوری نانو بر رشد GDP در سطح معنی داری یک درصد، مثبت و معنادار است و با افزایش یک درصدی این متغیر $0/15$ درصد متغیر رشد اقتصادی افزایش می‌یابد. همچنین اثر امنیت سرمایه‌گذاری بر رشد اقتصادی در سطح معنی داری پنج درصد، مثبت و معنادار است. اثر سرمایه‌گذاری خارجی بر رشد GDP در سطح معنی داری یک درصد مثبت و معنادار است. اثر مخارج تحقیق و توسعه بر رشد GDP در سطح معنی داری یک درصد مثبت و معنادار است.

۴-۴ - آزمون مقایسه تاثیر تحقیق و توسعه فناوری نانو کشورهای منتخب در حال توسعه و توسعه یافته

جهت مقایسه تاثیر متغیر تحقیق و توسعه فناوری نانو در کشورهای منتخب توسعه یافته و در حال توسعه، متغیر مجازی (DUMARN) را به مجموعه متغیرهای مستقل مدل اضافه کرده و برای مجموعه ۴۰ کشور منتخب جهان^{۲۶} طی دوره ۲۰۰۰-۲۰۰۷ مدل را به شکل زیر تعریف می‌کنیم:

برای مجموعه کشورهای منتخب در حال توسعه $DUM=0$ و برای مجموعه کشورهای توسعه یافته $DUM=1$ و $DUMARN=DUM \times LARN$ برای کل کشورهای منتخب جهان فرض شده است. نتایج برآورد مدل برای کشورهای منتخب جهان، کشورهای منتخب در حال توسعه و توسعه یافته به تفکیک در جدول ۱-۱ نشان داده می‌شود.

- کشورهای توسعه یافته که نزدیک به حد بالای اختراعات قرار دارند، منجر به بازده بالاتری در آن بخش می شود.
- بنابراین کشف رابطه مثبت و معنادار بین رشد اقتصادی و شاخص تحقیق و توسعه فناوری نانو در تمامی مدل های تحقیق، رهنمود راهبردی برای تعدیل تحقیق و توسعه فناوری نانو در جهت افزایش هر چه بیشتر آن می باشد. لذا کشورهای مورد مطالعه بخصوص کشورهای در حال توسعه با فراهم آوردن شرایطی برای بهبود و افزایش شاخص تحقیق و توسعه فناوری نانو، می توانند گام های موثری در جهت افزایش شاخص رشد اقتصادی بردارند.
- تغییرات فناوری در دنیای امروز و شتاب زیاد آن، موقعیتی به بار آورده است که شرکت ها نتوانند بدون هدایت و بستر سازی دولت رشد نموده و در عرصه بین المللی رقابت کنند. از طرفی تکثیر و تنوع شاخه های مختلف فناوری های جدید باعث شده تا شرکت ها و حتی کشورها نتوانند به علت محدودیت منابع انسانی و سرمایه، در تمام زمینه ها فعالیت نمایند. بدین سبب کشورهای مختلف باید اقدام به اتخاذ سیاست های فناوری و تعیین اولویت های مهم آن نمایند تا براساس آن بستر سازی لازم اجتماعی، سیاسی، اقتصادی و غیره را انجام دهند.
۶. ربیعی، مهناز، (۱۳۸۸)، "اثر نوآوری و سرمایه انسانی بر رشد اقتصادی در ایران"، مجله دانش و توسعه، بهار، ش ۲۶.
 ۷. ضیایی بیگدلی، محمدتقی، (۱۳۸۵)، "دستگاه های اجرایی و نقش آن در توسعه تحقیقات با نگاهی به وزارت امور اقتصادی و دارایی"، پژوهشنامه اقتصادی.
 ۸. سادات نوری، سید احمد، خدایاری، مهدیه، (۱۳۸۴)، "مقدمه ای بر نانو تکنولوژی"، نشر نوپردازان.
 ۹. طاهری، صالح، (۱۳۸۴)، "عوامل موثر بر تولید گندم در ایران به ترتیب ضریب اهمیت با کمک داده های تابلویی"، اقتصاد کشاورزی و توسعه، ش ۵۰.
 ۱۰. علی احمدی، علیرضا، قاضی نوری، سید سپهر، (۱۳۸۰)، "تحلیل روابط میان شاخصهای گوناگون علم و فن آوری با توسعه صنعتی در کشورهای جهان (با استفاده از تکنیک همبستگی کانونی)"، مرکز تحقیقات کامپیوتری علوم اسلامی.
 ۱۱. کمبجانی، اکبر، معمارنژاد، عباس، (۱۳۸۳)، "اهمیت کیفیت نیروی انسانی و R&D در رشد اقتصادی ایران"، فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی، ش ۳۱.
 ۱۲. میر محمدی، سید محمد، (۱۳۷۸)، "امنیت اقتصادی"، مرکز بررسی های نهاد ریاست جمهوری اسلامی ایران.
 ۱۳. واعظ، محمد، طیبی، سید کمیل، قنبری، عبدالله، (۱۳۸۶)، "نقش هزینه های تحقیق و توسعه در ارزش افزوده صنایع با فناوری بالا"، فصلنامه بررسی های اقتصادی، دوره ۴، ش ۴.

منابع

۱. الزامی، محمدرضا، (۱۳۸۶)، "نانو فن آوری فرصتی طلایی برای توسعه"، مرکز تحقیقات کامپیوتری علوم اسلامی، مجلس و پژوهش، ش ۵۲.
۲. افشارنیا، سهیلا، (۱۳۸۵)، "ضرورت آموختن نانو فن آوری"، مرکز مطالعات کامپیوتری علوم اسلامی، مجله معلم، ش ۹.
۳. امینی، علیرضا، حجازی آزاد، زهره، (۱۳۸۷)، "تحلیل نقش سرمایه انسانی و تحقیق و توسعه در ارتقای بهره وری کل عوامل (TFP) در اقتصاد ایران"، فصلنامه پژوهشهای اقتصادی ایران، ش ۳۵.
۴. جعفری صمیمی، احمد، جهانشاهی، محسن، فرهنگ مهر، امیرفرهنگ، (۱۳۸۸)، "اقتصاد نانو"، انتشارات دانشگاه مازندران.
۵. رادفر، رضا، خمسه، عباس، مدنی، حسام الدین، (۱۳۸۸)، "تجاری سازی فناوری عامل موثر در توسعه فناوری و اقتصاد"، فصلنامه رشد فناوری، شماره ۲۰.
14. Barro, Robert J., (1997), "Determinants of Economic Growth", Cambridge, Mass.: MIT Press.
15. Barro, Robert J., (1997), "Determinants of Economic Growth", Cambridge, Mass.:MIT Press.
15. Canton, J. (1999), "The Strategic Impact of Nanotechnology on the Future of Business and economics", CEO, Institute for Global Futures, Pp1-6.
16. DreXler, K. Eric. (1986), "Engines of Creation", Carden City, and N.Y., Anchor Press/Doubleday.
17. Falk, M. (2007), "R&D Spending in the High-Tech Sector and Economic Growth", Research in Economics 61, 140-147.
18. Feynman, Richard. (1961), "There's Plenty of Room at the Bottom. An Invitation to Enter a New Field of Science, lecture, annual meeting of the American Physical Society", California Institute of Technology, December 29.
19. Ghazinoory, S., Divsala, A., Soofi, A. (2009), "A new definition and framework for the development of a national technology

26. Nikulainen, T, Palmbeg. C. (2010), "Transferring Science-Based Technologies to Industry-Does Nanotechnology Make a Different?," The Research Institute of the Finnish Economy Technology 30, 3-11.
 27. OECD, (2005). Science, Technology and Industry: Scoreboard. Paris
 28. OECD, (2003). Sources of Economic Growth. OECD, Paris.
 29. Penan, H. (1996). R&D strategy in a techno-economic network: Alzheimer's disease therapeutic strategies research Policy, Vol. 25, No.3: 337-358.
 30. Poorfaraj, A., Jafari Samimi, A., Keshavarz, H., (2011), Journal of Education and Vocational Research, Vol 1, No 1:21-25.
 31. Prime Minister's Science, Engineering and Innovation Council (PMSEIC), (2005), Nanotechnology, Enabling Technologies for Australian Innovative Industries, March.
 32. Ulku, H. (2004) ,"R&D, Innovation, and Economic Growth: An Empirical Analysis. IMF Working Paper.
 33. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), 2008.
 34. World Development Indicators, (WDI) 2010.
20. Goel, Rajeev K. and R. Ram, (1994), "Research and Development Expenditures and Economic Growth: A Cross – Country Study", E.D.C.C, No.2, Vol. 42, pp.403-411.
 21. Jefferey, I.B., (1989), "Research and Development and Intra-industry spillovers :An Economical Application of Dynamic Duality," Review of Economic Studies, pp. 249 - 267
 22. Krishnakumar, A., (2005), Nano Startups can take cues from IT, The Reify Interview, CEO, Scientific.
 23. Lawrence, M. (1998), "High-Tech Industries Drive Global Economic Activity, National Science Foundation, 3-98.
 24. Levin, A. and Lin, C.F., "Unit Root Tests in Panel Data: Asymptotic and Finite Sample Properties," University of California, San Diego, Discussion Paper No. 7, 1992, pp. 92-93.
 25. Lukach, R., Kortand, P. M. & Plasmans, J. (2007). Optimal R&D investment strategies under the threat of new technology entry ,International Journal of Industrial Organization, Vol. 25, No. 1: 103-119.

پیوست ۱

جدول الف-۱: برآورد مدل تحقیق برای کشورهای در حال توسعه

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	23.55557	0.075414	312.3515	0.0000
LARN?	0.161424	0.005961	27.08107	0.0000
LFDI?	0.035951	0.004645	7.740169	0.0000
LSEC?	0.264416	0.023879	11.07331	0.0000
LRD?	0.044792	0.014129	3.170132	0.0019
Fixed Effects (Cross)				
_MNG--C	-3.822681			
_MEX--C	1.857141			
_CHN--C	2.181582			
_COL--C	0.601575			
_ECU--C	-0.726784			
_IND--C	1.538685			
_IRN--C	0.434043			
_KGZ--C	-3.083263			
_MYS--C	0.455572			
_ROM--C	-0.642364			
_SAU--C	1.407481			
_TJK--C	-3.352688			
_TUN--C	-1.134740			
_TUR--C	1.328956			
_BRA--C	1.991811			
_DZA--C	0.038434			
_CZE--C	-0.443708			
_CHL--C	0.173960			
_RUS--C	0.953754			
_ARG--C	1.339844			
_PAN--C	-1.096610			
Effects Specification				
Cross-section fixed (dummy variables)				
Weighted Statistics				
R-squared	0.979381	Mean dependent var	37.44890	
Adjusted R-squared	0.979277	S.D. dependent var	20.17204	
S.E. of regression	0.066610	Sum squared resid	0.634481	
F-statistic	9613.193	Durbin-Watson stat	1.626131	
Prob(F-statistic)	0.000000			

جدول ب-۱: برآورد مدل تحقیق برای کشورهای توسعه یافته

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	25.37138	0.074819	339.1034	0.0000
LDI?	0.006926	0.002144	3.229817	0.0016
LSEC?	0.064842	0.031143	2.082070	0.0393
LARN?	0.157969	0.005712	27.65489	0.0000
LRD?	0.057226	0.007850	7.289572	0.0000
Fixed Effects (Cross)				
_BEL-C	-0.323959			
_AUS-C	0.269994			
_CAN-C	0.732900			
_FRA-C	1.170852			
_ITA-C	1.087581			
_JPN-C	2.298417			
_KOR-C	0.388631			
_ESP-C	0.535916			
_SWE-C	-0.300996			
_USA-C	2.951495			
_DNK-C	-0.617904			
_FIN-C	-0.851251			
_LUX-C	-1.833331			
_ISL-C	-2.971726			
_NLD-C	0.122036			
_SVN-C	-2.385267			
_AUT-C	-0.461522			
_GBR-C	1.359348			
_DEU-C	-1.169214			
Effects Specification				
Cross-section fixed (dummy variables)				
Weighted Statistics				
R-squared	0.954966	Mean dependent var	73.53808	
Adjusted R-squared	0.954960	S.D. dependent var	64.58632	
S.E. of regression	0.037067	Sum squared resid	0.177243	
F-statistic	170618.4	Durbin-Watson stat	1.773319	
Prob(F-statistic)	0.000000			

جدول ج-۱: برآورد مدل تحقیق برای کشورهای جهان

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	24.34826	0.057519	423.3058	0.0000
LARN?	0.177590	0.005329	33.32616	0.0000
DUMARN?	-0.023393	0.008308	-2.815557	0.0052
LSEC?	0.189124	0.016109	11.74026	0.0000
LDI?	0.008653	0.002208	3.919303	0.0001
LRD?	0.002100	0.010312	0.203666	0.8388
Fixed Effects (Cross)				
_BEL-C	0.375549			
_AUS-C	0.952812			
_CAN-C	1.440512			
_FRA-C	1.889264			
_ITA-C	1.763576			
_JPN-C	3.026003			
_KOR-C	1.073204			
_ESP-C	1.170286			
_SWE-C	0.462700			
_USA-C	3.697064			
_DNK-C	0.095105			
_FIN-C	-0.114456			
_LUX-C	-1.174361			
_ISL-C	-2.281378			
_NLD-C	0.825643			
_SVN-C	-1.737177			
_AUT-C	0.235192			
_GBR-C	2.085270			
_DEU-C	-0.468541			
_MNG-C	-4.396135			
_MEX-C	1.207338			
_CHN-C	1.567794			
_COL-C	-0.062425			
_ECU-C	-1.385294			
_IND-C	0.881515			
_IRN-C	-0.182333			
_KGZ-C	-3.715719			
_MYS-C	-0.151453			
_ROM-C	-1.274251			
_SAU-C	0.697119			
_TJK-C	-4.036774			

_TUN-C	-1.716447		
_TUR-C	0.657482		
_BRA-C	1.342601		
_DZA-C	-0.613027		
_CZE-C	-1.007014		
_CHL-C	-0.418845		
_RUS-C	0.296117		
_ARG-C	0.673011		
_PAN-C	-1.679524		
Effects Specification			
Cross-section fixed (dummy variables)			
Weighted Statistics			
R-squared	0.969844	Mean dependent var	49.49314
Adjusted R-squared	0.969819	S.D. dependent var	37.76855
S.E. of regression	0.053564	Sum squared resid	0.789008
F-statistic	40045.44	Durbin-Watson stat	1.775737
Prob(F-statistic)	0.000000		
Unweighted Statistics			
R-squared	0.969278	Mean dependent var	25.73417
Sum squared resid	0.965375	Durbin-Watson stat	1.092285

یادداشت‌ها

- ¹ warf
- ² lycugus
- ³ Michael Faraday
- ⁴ Irving Langmuir
- ⁵ Albert Einstein
- ⁶ Richard Feynman
- ⁷ Drexler
- ⁸ Nano Technology and Molecular Imaging
- ⁹ R&D
- ¹⁰ Nano Economics
- ¹⁴ Goel&Ram,1994.
- ¹⁵ Ulku,2004.
- ¹⁶ Falk, 2007.
- ¹⁷ Ghazinoori et al,2009.
- ¹⁸ Nikulainen,Palembeg, 2010.

¹⁶ Falk, 2007

¹⁷ Panel Data

¹⁸ Panel Data

^{۱۹} (ایران-آرژانتین-شیلی-تونس-مکزیک-برزیل-پاناما-کرونا-

الجزیره-رومانی-چین-هند-مالزی-ترکیه-اکوادور-قزاقستان-

پاکستان-تایلند-مونگلیا-روسیه-کلمبیا)

²⁰ Hardy

²¹ Levin, Lee and Chu

²² Common Unit Root

²³ Pooling

²⁴ P-Value

^{۲۵} (بلژیک-استرالیا-کانادا-فرانسه-ایتالیا-ژاپن-کره جنوبی-اسپانیا-

سوئد-آمریکا-دانمارک-فنلاند-لوکزامبورگ-ایسلند-هلند-اسلونی-

استریا-انگلستان-آلمان)

^{۲۶} (بلژیک-استرالیا-کانادا-فرانسه-ایتالیا-ژاپن-کره جنوبی-اسپانیا-

سوئد-آمریکا-دانمارک-فنلاند-لوکزامبورگ-ایسلند-هلند-اسلونی-

استریا-انگلستان-آلمان- ایران-آرژانتین-شیلی-تونس-مکزیک-

برزیل-پاناما-کرونا- الجزیره-رومانی-چین-هند-مالزی-ترکیه-

اکوادور-قزاقستان-پاکستان-تایلند-مونگلیا-روسیه-کلمبیا)