فصلنامه مدلسازی اقتصادی (سال هفتم، شماره ۱ «پیاپی ۲۱»، بهار ۱۳۹۲، صفحات ۹۹-۸۵)

اثرات گسترش فناوری نانو تکنولوژی بر رشد اقتصادی در کشورهای منتخب

یزدان نقدی [*]، سهیلا کاغذیان [**]، نیکی محسنی فخر [+]، هادی پرهیزی گشتی [+]

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۱/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۲/۰٤/۰۸

چکیده

مقاله‌ی حاضر، به ارزیابی آثار فناوری نانو بر رشد اقتصادی کشورهای اتحادیه‌ی اروپا، آمریکا و ژاپن در دوره‌ی زمانی ۲۰۰۹- ۱۹۹۷ در قالب یک مدل اقتصاد سنجی (GMM) و داده‌های تابلویی می‌پردازد. نتایج نشان می‌دهد گسترش فناوری نانو تکنولوژی اثر مثبت و معناداری بر رشد اقتصادی کشورهای مورد مطالعه دارد؛ به طوری که در کوتاه مدت و بلندمدت با افزایش یک درصدی هزینه‌های تحقیق و توسعه در فناوری نانو تکنولوژی، ۰/۰۱ درصد رشد اقتصادی کشورهای مورد مطالعه افزایش می‌یابد.

طبقه‌بندی JEL: Q55, O32, O47

واژگان کلیدی: رشد اقتصادی، نانو تکنولوژی، هزینه‌های تحقیق و توسعه.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[*] استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد فیروزکوه، گروه اقتصاد، فیروزکوه، ایران (نویسنده‌ی مسئول)، پست الکترونیکی: y_naghdi@yahoo.com

[**] استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد فیروزکوه، گروه اقتصاد، فیروزکوه، ایران

[+] کارشناس ارشد اقتصاد

۱. مقدمه

عبارت فناوری نانو اولین بار توسط اریک درکسلر[1] در سال ۱۹۸٦ در کتابی از وی با عنوان موتورهای آفرینش بسط داده شد. فناوری نانو واژه‌ای است کلی که به تمام فناوری‌های پیشرفته در عرصه کار با مقیاس نانو اطلاق می‌شود. معمولاً منظور از مقیاس نانو ابعادی در حدود ۱ تا ۱۰۰ نانومتر می‌باشد. ۱ نانومتر یک میلیاردیم متر و یک هزارم میکرون است (ستاد ویژه توسعه فناوری نانو).

موسسه بین‌المللی نانو تکنولوژی[2] تعریفی را برای فناوری نانو ارایه می‌دهد که در برگیرنده ویژگی‌های زیر می‌باشد:

_ توسعه‌ی فناوری و تحقیقات در سطوح اتمی ، مولکولی و یا ماکرومولکولی در مقیاس اندازه‌ای ۱ تا ۱۰۰ نانومتر؛

– خلق و استفاده از ساختارها و ابزار و سیستم‌هایی که به خاطر اندازه کوچک یا حد میانه آنها، خواص و عملکرد نوینی دارند؛

– توانایی کنترل یا دستکاری در سطوح اتمی.

حال با توجه به تعریف نانو به نحوه‌ی سرمایه‌گذاری کشورها و موارد استفاده‌ی آنها از نانو می‌پردازیم. با در نظر گرفتن تأمین مالی تحقیقات فناوری نانو در بین مناطق مختلف جهان، تفاوت‌هایی وجود دارد. در اروپا سرمایه‌گذاران خصوصی بعد از مؤسسات دولتی در جایگاه دوم هستند. در ژاپن و ایالات متحده تقریباً بین بخش خصوصی و دولتی تعادل برقرار است و هر دو به طور مساوی به سرمایه‌گذاری در حوزه‌ی فناوری نانو پرداخته‌اند. سرمایه گذاری بخش خصوصی اروپا در این حوزه اندک است. به عبارت دیگر سرمایه‌گذاری دولت‌های اروپایی در فناوری نانو در سطح جهان قابل توجه بوده و این امر نشان‌دهنده‌ی توجه دولت‌های کشورهای اروپایی به فرصت‌های جدید در این فناوری است و آنها به سرعت وارد مسابقه نانو شده‌اند. در این رابطه باید به خاطر داشت که تحقیقات فناوری نانو در اروپا بر کاربردهای صلح آمیز فناوری نانو تمرکز دارد، در حالی که در آمریکا سهم بالایی از بودجه‌ی عمومی فناوری نانو صرف کاربردهای نظامی این فناوری می‌شود. جنبه‌ی مثبت دیگر تأمین مالی فناوری نانو از طریق دولت، بعد اجتماعی آن است؛

1. Eric Drexler
2. National Nanotechnology Initiative

فناوری نانو تأثیر مثبت بر توسعه اقتصادی دارد و تنها از این بعد است که افراد جامعه در قالب مصرف‌کنندگان، گروه‌های فشار و مؤسسات تدوین مقررات از فناوری نانو حمایت خواهند کرد. اگر مسایل زیست محیطی و اجتماعی فناوری نانو مدنظر قرار گیرد و انتظارات جامعه از این فناوری برآورده گردد فناوری نانو تأثیر اقتصادی مثبتی خواهد داشت. لذا در این زمینه حجم بازار شاخص مناسبی برای ارزیابی اهمیت اقتصادی آن به شمار می‌رود به طوری که در صورت موفقیت فناوری نانو، این فناوری به طور قابل توجهی عملکرد بسیاری از محصولات را بهبود بخشیده، یا محصولات کاملاً جدیدی را تولید می‌کند.

طبق پیش‌بینی بنیاد ملی علوم آمریکا[1] ، بازار محصولات فناوری نانو در سال ۲۰۱۵ به هزار میلیارد دلار خواهد رسید. متناسب با تعریف فناوری نانو و سهم آن در ارزش افزوده‌ی محصولات نهایی و میزان خوش‌بینی‌ها، پیش‌بینی‌های به عمل آمده بین ۱۵۰ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۰ تا ۲/٦ تریلیون دلار در سال ۲۰۱٤ متفاوت است (مؤسسهٔ میتسوبیشی ۲۰۰۲). پیش‌بینی مؤسسه‌ی تحقیقات لوکس[2] نشان می‌دهد بازار محصولات فناوری نانو ده برابر بازار فناوری اطلاعات خواهد بود هم‌چنین این پیش‌بینی افزایش قابل توجه حجم بازار محصولات فناوری نانو از اوایل سال ۲۰۱۰ را نشان می‌دهد. درنتیجه با توجه به نقش و اهمیت فناوری نانو در صنایع مختلف و هم‌چنین تاثیر آن بر رشد اقتصادی، دراین مقاله تلاش می‌شود اثر متغیرهای سرمایه‌گذاری در بخش تحقیق وتوسعه فناوری نانو، سرمایه گذاری داخلی وخارجی و... بر رشد اقتصادی کشورهای منتخب بررسی شود.

بنابراین در ادامه ابتدا مروری بر مطالعات گذشته خواهیم داشت و سپس به بیان فناوری نانو از نگاه شاخص‌های ارزیابی و آماری خواهیم پرداخت و جایگاه کشورها در توسعه فن‌آوری نانو، روند فناوری نانو در کشورهای آمریکا، ژاپن و اتحادیه اروپا و مقایسه بین آنها خواهیم پرداخت. سپس در پایان به تصریح مدل و بیان دلایل انتخاب و نحوه‌ی محاسبه‌ی آنها ، نسبت به ارایه الگوی تحلیلی و معرفی مدل، اقدام شده و سپس برآورد تجربی مدل در سه مرحله به شرح زیر صورت پذیرفته است: مرحله‌ی اول : انتخاب متغیرهای مناسب. مرحله دوم : تخمین مدل. مرحله سوم : تجزیه وتحلیل و انتخاب مدل GMM.

1. NSF
2. Lux Research

لازم به ذکر است که مطالعه‌ی فعلی از نظر به کارگیری مدل و تاکید بر متغیرهایی از قبیل سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، درجه باز بودن اقتصاد، هزینه‌ی تحقیق و توسعه در بخش نانو و موجودی سرمایه و نیروی انسانی در میان مطالعات داخلی و خارجی منحصر به فرد می‌باشد. زیرا اگرچه اثر متغیرهایی چون سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، درجه‌ی باز بودن اقتصاد موجودی سرمایه و نیروی انسانی بر رشد اقتصادی در مطالعات گذشته انجام شده، اما سابقه پژوهش پیرامون این موضوع و به‌ویژه در حوزه‌ی تأثیر هزینه تحقیق و توسعه در بخش نانو بر رشد اقتصادی در ایران و جهان بسیار اندک است.

۲. مرور ادبیات

در دهه‌ی ۱۹۸۰ بسیاری از اقتصاددانان نارضایتی خود را از عدم توانایی الگوی رشد نئوکلاسیک برای پاسخ به برخی پرسش‌های مهم درباره رشد اقتصادی ابراز نمودند. تردیدهایی در رابطه با منطقی بودن فرض برونزا بودن پیشرفت تکنولوژی از نظر اقتصادی به وجود آمده بود. هم‌چنین دسته‌ای از اقتصاددانان از فرض برونزا بودن رشد اقتصادی بلندمدت در الگوی نئوکلاسیک ناراضی بودند و اعتقاد داشتند اگر تولید سرانه با نرخی که تنها به نرخ پیشرفت تکنولوژی بستگی دارد ، رشد می‌کند و نرخ رشد برابر آن است، پس چرا عملکرد رشد به شکل اساسی با هم تفاوت دارد؟ این مسایل توسط یک سری از اقتصادانان و با کمک گرفتن از سیمون کوزنتز[1]، هالیس چنری (۱۹۸٦) و همکارانش[2] در بانک جهانی بررسی گردید و واقعیت‌ها در مورد رشد اقتصادی در کشورهای در حال توسعه مورد بازبینی قرار گرفت و در نهایت یک نظریه‌ی جدید ارایه گردید.

در مدل رشد درونزای لوکاس[3] (۱۹۸۸) به طور صریح میان سرمایه‌ی انسانی و سرمایه‌ی فیزیکی تفاوت قایل گردیده است. چارچوب کلی کار در این مدل همانند کارهای پیشین است، بدین ترتیب که سرمایه فیزیکی و انسانی به وسیله‌ی فن‌آوری‌های متفاوت تولید می‌شوند. مخصوصاً تمرکز بر آموزش نیروی انسانی است که خود باعث سست شدن قید بازدهی نزولی در مفهوم کلی سرمایه می‌شود و در صورت نبودن فناوری، رشد سرانه‌ی بلندمدت صفر نخواهد شد. هم‌چنین در این نظریه‌ی تکنولوژی احتمالاً متغیری برونزا نمی‌باشد و با احتمال بیشتر به عوامل

1. NSF
2. Hollis Chenery and et al
3. Lucas

اقتصادی مانند سرمایه در دسترس کارگران یعنی نسبت سرمایه به کارگر بستگی دارد. هرچه سرمایه‌ای که در اختیار کارگران قرار می‌گیرد بیشتر باشد، آنان به شکل کارآمدتری از این سرمایه استفاده خواهند کرد و با کارکردن بیشتر، فراگیری بیشتری خواهند داشت.

مانند قبل فرض می‌شود که محصول توسط نیروی کار و سرمایه ساخته می‌شود :

$$Y = AL^{\alpha}K^{1-\alpha} \qquad (۱)$$

A بیانگر دانش فنی انباشت شده است که به صورت زیر با سرمایه سرانه در ارتباط است :

$$A = E\left[\frac{K}{L}\right]^{\alpha} \qquad (۲)$$

E یک عدد ثابت است. این همان فراگیری از طریق انجام دادن است[1]. کارگران از طریق به کارگیری سرمایه می‌آموزند چگونه به طور ثمربخش‌تری از آن استفاده کنند. با فرض این که کشش تکنولوژی نسبت به نسبت سرمایه به نیروی کار در معادله (۲) برابر کشش محصول نسبت به نیروی کار در معادله (۱) می‌باشد و هر دو با α نشان داده شده است، جانشینی معادله (۲) در معادله (۱) رابطه زیر را می‌دهد :

$$Y = EK \qquad (۳)$$

که در آن E معرف کارایی می‌باشد . بنابراین تولید تنها به سرمایه و کارایی به کارگرفته شده در تولید بستگی دارد . به بیان دیگر تولید به کمیت و کیفیت سرمایه وابسته است .

با لگاریتم گیری از دو سمت رابطه (۲) و مشتق‌گیری نسبت به زمان ، به عبارت زیر برای نرخ پیشرفت فنی می‌رسیم که مانند قبل آن را با aq نشان می‌دهیم :

$$aq = a\left[\frac{\Delta K}{K} - n\right] \qquad (٤)$$

چون E یک عدد ثابت است داریم :$\Delta Y = E\Delta K$ که به معنای تساوی نرخ رشد محصول و سرمایه است : $g = \frac{\Delta Y}{Y} = \frac{\Delta K}{K}$ بنابراین می‌توان معادله (٤) را به صورت زیر بیان کرد :

$$q=g-n \qquad (۵)$$

حال فرض می‌کنیم پس انداز نسبتی از تولید است$S=sY$ و برابر سرمایه‌گذاری ناخالص است:

1. Learning by doing

$(I = \Delta K + \delta K)$ یعنی $sY = \Delta K + \delta K$ ترکیب این رابطه با $\Delta Y = E\Delta K$ از طریق حذفΔK و حل آن برای $\frac{\Delta Y}{Y}$ رابطه زیر را می‌دهد :

$$g = sE - \delta \qquad (٦)$$

که در واقع هما ن مدل هارود – دومار است که دو اصلاح در آن صورت گرفته است :
به جای نسبت سرمایه به تولید (v) هم این که معکوس آن، E، را داریم که ازطریق چگونگی وابستگی تکنولوژی با سرمایه‌ی سرانه‌ی کارگر به دست می‌آید .
بر خلاف مدل هارود – دومار شرط برابری رشد محصول سرانه و نرخ پیشرفت فنی، هیچ ناسازگاری ایجاد نمی‌کند و نرخ رشد اقتصادی نیز درونزا است زیرا پیشرفت فنی، خود درونزا است و این امر اساس مدل رشد برونزا می‌باشد.

الگوی رشد درون زا (بارو ۱۹۹۰)[1]

در این مدل سعی شده است تا رشد را به نقش دولت در زمینه‌هایی چون خدمات زیربنایی، محافظت از حقوق مالکیت و سیاست‌های مالیاتی ارتباط دهد . در این مدل ثابت می‌شود که فعالیت‌های دولت می‌تواند بر نرخ رشد بلندمدت اثر نماید . این مدل g را به عنوان کل هزینه‌های دولت در نظر می‌گیرد ، هم‌چنین این مدل نقطه نظر ساموئلسون[2] مبنی بر جانشین نداشتن و قابل استثناء بودن کالاهای عمومی که دولت آن را تهیه می‌کند را می‌پذیرد . تابع تولید مورد بحث در این مدل به شرح زیر است :

$$Y = F(K, L, g) = AL^{1-\alpha}K^{\alpha}g^{1-\alpha} \rightarrow Y = AK^{\alpha}g^{1-\alpha} \qquad (٧)$$

حال باتوجه به بهینه سازی ، نرخ رشد در وضعیت یکنواخت برابر خواهد بود با :

$$\frac{\dot{K}}{K} = \gamma = \theta^{-1}[A^* - \rho - \alpha], A^* = \alpha A^{\frac{1}{\alpha}}.(1-t).t^{\frac{1-\alpha}{\alpha}} \qquad (٨)$$

که از رابطه‌ی بالا می‌توان استنباط کرد که در نبود پیشرفت‌های فنی برون‌زا، رشد در وضعیت یکنواخت (بر خلاف الگوهای نئوکلاسیکی) صفر نمی‌باشد (تقوی، ۱۳۸۸).

پس به طور خلاصه می‌توان گفت که نظریه‌ی رشد اقتصادی ریشه‌های عمیق دارد که عمری برابر عمر اقتصاد می‌باشد. اقتصاددانان کلاسیک از آدام اسمیت و تا حداقل مارشال، رشد اقتصادی

1. Barro
2. Samuelson

را به این مفهوم که به عوامل اقتصادی به خصوص پس انداز ، کارایی و استهلاک بستگی دارد، درون‌زا در نظر می‌گرفتند. این نظر در مورد رشد به وسیله هارود – دومار در یک معادله‌ی ساده خلاصه شد تا سولو یک الگوی جدید ارایه دهد و نشان دهد که رشد اقتصادی به شکل شگفت آوری در بلندمدت برون‌زا می‌باشد و بنابراین از پس انداز، کارایی و استهلاک مستقل است و هیچ ارتباطی میان سیاست اقتصادی و رشد بلند مدت وجود ندارد. اما سرانجام نظریه‌پردازان اقتصادی دوباره برای تایید درون‌زا بودن رشد و ارتباط بین پس انداز، کارایی و رشد به تحقیق و بررسی مشغول شدند و کارهای جدیدی ارایه دادند. در ادامه به بیان مطالعات انجام شده در این زمینه خواهیم پرداخت.

جدول۱. مروری بر مطالعات انجام شده در زمینه نانو

سال	نام محقق	متغیرهای مورد استفاده	روش برآورد	نتایج
۱۳۸٦	جعفری صمیمی و همکاران	رشد و توسعه، سرمایه گذاری، بازار، قیمت و دستمزد، اشتغال و توزیع درآمد، فناوری نانو	تحلیل هزینه فایده	اغلب اثرات قابل توجه فناوری نانو در طی ۳۰ سال و در فاصله سالهای ۲۰۲۰ تا ۲۰۵۰ قابل تصور است و محصولات متاثر از فناوری نانو ابتدا در فاز اول کم کشش بوده و سپس به سمت محصولات با کشش میل می‌کنند.
۱۳۸۹	ماقبل و همکاران	–	با استفاده از جدول کرجسی و مورگان تعداد ۱۲۳ نفر نمونه گیری تصادفی طبقه ای متناسب برای انجام تحقیق انتخاب شدند ابزار تحقیق پرسشنامه‌ای است.	عوامل پیش‌برنده توسعه فناوری نانو در بخش کشاورزی با استفاده از تحلیل عاملی در ٤ دسته اطلاع رسانی و فرهنگ‌سازی، تسهیل پژوهش و تحقیق، تأمین و توسعه منابع انسانی، سرمایه‌گذاری و حمایت مالی طبقه بندی شدند.

ادامه جدول۱. مروری بر مطالعات انجام شده در زمینه نانو

سال	نام محقق	متغیرهای مورد استفاده	روش برآورد	نتایج
۱۹۹۹	کانتن[۱]	تولید ناخالص داخلی، بهره وری، حق اختراع	توصیفی	فناوری نانو اثرات برجسته‌ای بر تولید ناخالص داخلی و رشد اقتصادی دارد.
۲۰۰۱	روکو وبایینبریج[۲]	آموزش، نیروی کارماهر	پرسشنامه	آموزش یک نسل جدید از دانشمندان و نیروی کار ماهر در علوم نانو و فناوری نانو نیازمند گسترش آموزش لازم و برنامه‌ریزی مناسب می‌باشد.
۲۰۰۳	کانتن	–	توصیفی	سناریوی اقتصاد نانو می‌تواند باعث ایجاد یک اقتصاد صنعتی دیگری شود.
۲۰۰۳	فیلیپ باند	هزینه های تولید، نیروی انسانی، دستمزد	توصیفی	فناوری نانو باعث کاهش هزینه های تولیدی، بهبود اقتصاد انرژی، محیط زیست مناسب، تغییر در بازار کار، تغییر دستمزدها، ایجاد مواد ومحصولاتی با عمری طولانی، تغییر در شیوه علاج سرطان و تولید داروهای جدید برای بیماری می‌شود.
۲۰۰٤	سموانگا[۳]	–	توصیفی	کمبود نیروی انسانی متخصص، کمبود حمایت‌های مالی و عدم بکارگیری روش‌های نوین تجاری سازی و بازاریابی از سوی شرکت‌ها و بنگاه‌ها، نبود شبکه‌ای ارتباطی و اطلاعاتی و عدم حمایت و زمینه‌سازی برای حضور فعال بخش خصوصی، به عنوان مهم‌ترین موانع توسعه فناوری نانو مورد تاکید قرار گرفتند.
۲۰۰۸	ابسن[٤]	ارتباطات، پذیرش و اعتماد عمومی	توصیفی	اطلاع‌رسانی و آموزش عمومی باعث ایجاد اعتماد و در نهایت پذیرش فناوری نانو خواهد شد.
۲۰۰۸	مالش[۵]	–	توصیفی	به‌سرمایه‌گذاری درازمدت در حوزه فناوری نانو و مشارکت کشورهای پیشرفته در طرح های تحقیقاتی فناوری نانو در کشورهای در حال توسعه تاکید شده است.

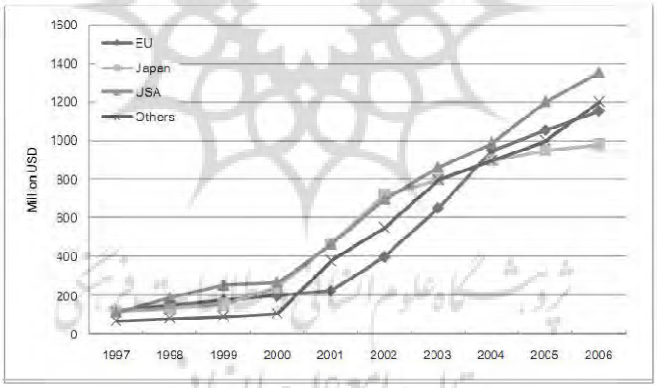
1. Canton
2. Roco and Bainbridge
1. Semwanga
2. Ebbesen
3. Malsch

اکثر کارهای تجربی انجام گرفته چه در داخل و خارج از کشور پیرامون نانو تکنولوژی به صورت توصیفی و تحلیلی بوده است و هیچ یک از آنها اثر فناوری نانو را بر رشد اقتصادی در نظر نگرفته‌اند. در واقع می‌توان گفت مطالعه‌ای وجود ندارد که شاخصی از نانو تکنولوژی را به عنوان یک متغیر توضیحی وارد تابع رشد اقتصادی کرده باشند. با این وجود، در این قسمت درقالب یک جدول به طور مختصر ابتدا مطالعات تجربی صورت پذیرفته در کشور ایران ارایه گردیده و سپس مطالعات تجربی صورت پذیرفته در سایر کشورها بیان شده است.

۳. فناوری نانواز نگاه شاخص‌های ارزیابی و آماری

فناوری نانو مزایای اقتصادی گسترده‌ای را در صنایع مختلف، به خصوص در زمینه‌هایی که باعث ایجاد چالش‌های جهانی شده‌اند، ایجاد خواهد کرد. کشورهای مختلف دنیا، سرمایه‌گذاری‌های کلانی در تحقیق و توسعه این حوزه انجام داده و شرکت های زیادی نیز دراین حوزه فعالیت می‌کنند.

نمودار۱. میزان سرمایه گذاری دولت های مختلف درتحقیق و توسعه فناوری نانو



منبع: روکو (۲۰۰۷)

چشم‌انداز اقتصادی – اجتماعی فناوری نانو باعث رشد سریع سرمایه گذاری دولت‌ها در تحقیق و توسعه این حوزه شده است (نمودار۱). در حقیقت میزان سرمایه‌گذاری دولت‌ها در تحقیق و توسعه فناوری نانو در مقایسه با سایر فناوری‌ها، بسیار گسترده بوده و در عین حال سرمایه‌گذاری بخش خصوصی نیز در این زمینه به سرعت در حال افزایش است . بر اساس پیش بینی حجم بازار

آینده فناوری نانو، بازگشت سرمایه‌گذاری های این حوزه، از ۱۵۰ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۰ تا ۳۱۰۰ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۵ ، برآورد شده است. این روند منجر به ایجاد ۲ میلیون شغل در سطح جهان خواهد شد (پالمبرگ وهمکاران، ۲۰۰۹).

با وجود این تحولات گسترده، سرمایه‌گذاری دولت‌ها و مشارکت شرکت‌ها در توسعه‌های فناوری نانو، هنوز هم به طور مناسب، پایش نمی‌شوند. در حالی که به نظرمی‌رسد این پیش‌بینی‌ها به دلیل مشکلات اندازه‌گیری فناوری نانو و اثرات آن تا حدی غیر واقعی باشند، اما تحلیل‌گران براین باورند که فناوری نانو به اصطلاح یک فناوری هدف عام، (موتور رشد قرن)، محسوب می شود. یک فناوری هدف عام، باعث ارتقای سریع و گسترده فناوری‌های موجود شده و در بخش‌های مختلف کاربرد دارد. توسعه‌ی این نوع فناوری‌ها، نیازمند فناوری‌های مکمل و مشارکت سازمان‌ها و نهادهای مختلف است. بر اساس تجارب قبلی، در صورتی که فناوری نانو بتواند به عنوان یک فناوری هدف عام توسعه یابد ، اثرات آن بر بهره‌وری و رشد اقتصادی، بسیار بیشتر از پیش‌بینی‌های فعلی خواهد بود. ماهیت نوظهور فناوری نانو، به این معناست که شناخت بهتر مبدا، اهمیت و اثرات اقتصادی و اجتماعی توسعه‌ی آن بسیار حایز اهمیت است. سیاست‌های علم، فناوری و نوآوری این زمینه، باید بر اساس آمار و شاخص‌های معتبر و قابل مقایسه و سایر رویکردهای نظام‌مند ارایه شود. در این راستا، سازمان توسعه و همکاری‌های اقتصادی، گزارشی را با هدف بررسی جامع توسعه فناوری نانو از طریق تجزیه و تحلیل نظام‌مند و اساسی شاخص‌ها و آمار موجود ارایه کرده است.

جدول۲. هزینه های تحقیق وتوسعه در فناوری نانو (میلیون دلار)

	۱۹۹۷	۱۹۹۸	۱۹۹۹	۲۰۰۰	۲۰۰۱	۲۰۰۲	۲۰۰۳	۲۰۰٤	۲۰۰۵	۲۰۰٦
اروپا	۱۲٦	۱۵۱	۱۷۹	۲۰۰	۲۲۵	٤۰۰	٦۵۰	۹۵۰	۱۰۵۰	۱۱۵۰
ژاپن	۱۲۰	۱۳۵	۱۵۷	۲٤۵	٤٦۵	۷۲۰	۸۰۰	۹۰۰	۹۵۰	۹۸۰
آمریکا	۱۱٦	۱۹۰	۲۵۵	۲۷۰	٤٦٤	٦۹۷	۸٦۲	۹۸۹	۱۲۰۰	۱۳۵۱

منبع: روکو ۲۰۰۷

براساس جدول (۲) کشور آمریکا در کلیه سال‌ها بالاترین سطح سرمایه‌گذاری در زمینه تحقیق و توسعه در بخش فناوری نانو را داشته است. به طوری که در طی ۱۰ سال هزینه‌های تحقیق و توسعه از ۱۱٦ میلیون دلار به ۱۳۵۱ میلیون دلار افزایش یافته است (یعنی ۱۲۰برابر). بعد از امریکا، هزینه‌های تحقیق و توسعه در بخش نانو در کشور ژاپن تقریباً نزدیک امریکا می‌باشد اما

ظاهراً با رشد ناگهانی تحقیق و توسعه در امریکا، سرمایه‌گذاری کشور ژاپن رشد کمتری داشته است. اتحادیه اروپا نیز بعد سال ۲۰۰۳ با اقدامات خود زمینه‌های سرمایه‌گذاری در بخش فناوری نانو را فراهم آورده به طوری که در سال‌های ۲۰۰۶-۲۰۰٤ در این زمینه از کشور ژاپن پیشی گرفته است.

٤. روش تحقیق

با توجه به این‌که تاکنون مطالعه‌ای مشابه تحت این عنوان در داخل وخارج از کشور انجام نشده است. بنابراین محقق جهت مدلسازی و تصریح آن از یک سری مطالعات که موضوع و روش آنها نزدیک به این تحقیق می‌باشد استفاده نموده است. بنابراین با توجه به مطالعات انجام شده در زمینه تأثیر متغیرهای کلان اقتصادی بر رشد اقتصادی ازمتغیرهای زیر استفاده می‌شود. قابل ذکر است که منابع کلیه داده‌ها از بانک جهانی[1] بوده به غیر از متغیرهزینه‌های تحقیق و توسعه در بخش نانو که این متغیراز مقاله روکو[2](۲۰۰۷) استخراج شده است زیرا اطلاعات مربوط به نانو تاکنون در منبع دیگری منتشر نشده است.

$$G_{i\,t} = F(FDI_{i\,t}, RD_{i\,t}, OPN_{i\,t}, L_{i\,t}, K_{i\,t},) \qquad i = 1, 2, ..., N \;\; ; \;\; t = 1, 2, ..., T_i$$

که درآن i تعداد مقاطع (کشور)، t دوره زمانی مطالعه (۲۰۰۹-۱۹۹۷)، (FDI) سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، (RD) هزینه تحقیق و توسعه در بخش نانو و (K) موجودی سرمایه که واحد آنها میلیارد دلار و درجه باز بودن اقتصاد (OPN) که نسبت مجموع واردات و صادرات به تولید ناخالص داخلی نیروی انسانی شاغل(L) تعداد افراد شاغل می‌باشد. از سویی در این مطالعه با گرفتن لگاریتم طبیعی، سعی شده کشش‌ها نیز محاسبه شود. از طرف دیگر متغیرهای FDI, K,RD را بر تولید ناخالص داخلی تقسیم نموده تا این متغیرها واقعی شوند تا برآورد بهتری به دست آید. محقق به دنبال بررسی تاثیر متغیرهای کلان و نانو تکنولوژی بر رشد اقتصادی از روش داده‌های تلفیقی و تخمین GMM استفاده نموده است و با استفاده از آمار پارامتریک و نرم افزار Eviews به بررسی مدل رشد اقتصادی پرداخته است. یافته‌های تجربی، جهت بررسی عوامل موثر بر رشد اقتصادی در کشورهای منتخب در جدول (۳) برای ۲۷ کشور اتحادیه اروپا به‌علاوه سوئیس، آمریکا و ژاپن طی سال‌های ۲۰۰۹-۱۹۹۷ ارایه شده است.

1. World Bank
2. Roco

جدول۳. نتایج تجربی عوامل موثر بر رشد اقتصادی (متغیر وابسته، تولید ناخالص داخلی)

متغیرها	ضرایب کوتاه مدت (کشش ها)	احتمال	امارهt
C	-۱/۷	۰/۳۵۵۰	-۰/۹٤۰٤
G(-1)	۰/۳۷	۰/۰۰۰۱	٤/۷٦٥۹
L	۰/٤۷	۰/۰۰۰۸	۳/۷٥٤۲
K	۰/۱۷	۰/۰۰۰۰	٦/٥۸۰۰
RD	۰/۰۱	۰/۰۰۲۹	۳/۲٦۸۷
OPN	۰/۳۱	۰/۰۰۰۰	۱۰/٥۷٥۲
DW= ۱/۹		R^2= ٪۹۹	

منبع: یافته های تحقیق

براساس مبانی نظری مدل‌های گشتاور تعمیم یافته و به دلیل این که متغیر وابسته با وقفه وارد مدل شده است، ضرایب برآوردی نشان دهنده ضرایب کوتاه مدت می‌باشند پس در جدول (٤) ضرایب بلندمدت برآورد گردیده است.

جدول٤. ضرایب کوتاه‌مدت و بلندمدت

متغیرها	ضرایب کوتاه مدت	ضرایب بلندمدت
L	۰/٤۷	۰/۷٤
K	۰/۱۷	۰/۲۷
RD	۰/۰۱	۰/۰۱
OPN	۰/۳۱	۰/٥

منبع: یافته‌های تحقیق

هم‌چنین جهت بررسی کفایت روش تخمین و جهت صحت متغیرهای ابزاری از ازمون سارگان[1] استفاده می‌شود که از تابع آزمون J به نام J-Statistic استفاده می‌کند که دارای قانون توزیع χ^2 (کای دو) می‌باشد. سطح احتمال مقدار α را به ازای مقدار محاسباتی J می‌دهد. هرچه سطح احتمال

1. Sergan Test

بالاتر از ۰۵/ ۰ باشد روش مناسب‌تر است. زیرا متناظر با J کوچک‌تر است. در این مطالعه توزیع χ^2 دارای درجه آزادی ٦۰ می‌باشد و آماره‌ی J برابر۰/۰۰۰۰۰۷ می‌باشد. لذا خواهیم داشت :

$\chi^2_{66-6} = \chi^2_{60}$ Prob= 1 ,۱> ۰.۰۵

نتایج حاصل از آزمون سارگان نشان‌دهنده‌ی صحت گشتاورها بوده و روش GMM به کار رفته، مناسب به نظر می‌رسد.

۵. یافته های مقاله

نتایج تخمین مدل براساس جدول (۳) نشان می‌دهد که به جز متغیر سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی، که به دلیل نبودن معناداری از مدل حذف شدند، سایرمتغیرها اثرگذار و معنادار بودند. متغیر رشد اقتصادی در مدل برآورد شده تاثیر با وقفه داشته به طوری که در سطح خطای ۱ درصد، تاثیر مثبت و معنادار بر رشد اقتصادی دارد.

نیروی انسانی در الگوی مورد بررسی در سطح خطای ۱۰ درصد، اثر مثبت و معنادار بررشد اقتصادی داشته به طوری که با افزایش ۱ درصد نیروی انسانی در کوتاه‌مدت، رشد اقتصادی ۰/٤۷ درصد افزایش خواهد یافت. اما این مقدار در بلندمدت ۰/۷٤ درصد خواهد بود که نسبت به سایر متغیرها مقدار قابل توجهی می‌باشد.

متغیر موجودی سرمایه در سطح خطای ۱ درصد ، تاثیر مثبت ومعنادار بر رشد اقتصادی داشته و با فرض ثبات سایر شرایط، اگر موجودی سرمایه در کوتاه مدت یک‌درصد افزایش داشته باشد، رشد اقتصادی، ۰/۱۷ درصد افزایش خواهد یافت. در بلندمدت نیز این ضریب ۰/۲۷ درصد می‌باشد.

هزینه‌های تحقیق و توسعه در فناوری نانو تکنولوژی نیز رابطه مثبت و معناداری با رشد اقتصادی دارد و در سطح خطای یک درصد معنادار می‌باشد. اگر هزینه‌های تحقیق و توسعه در فن‌آوری نانو تکنولوژی در کوتاه‌مدت و یا بلندمدت یک درصد افزایش داشته باشد، رشد اقتصادی، ۰/۰۱ درصد افزایش خواهد یافت. شاخص تحقیق و توسعه که مهم‌ترین متغیر در این مدل می‌باشد و هدف اصلی در این پژوهش تأثیر این متغیر بر رشد اقتصادی می‌باشد که این متغیر با فراهم آوردن زمینه‌های لازم در بخش پژوهش، انتشار مقالات، اختراعات و تولیدات

آزمایشگاهی نانو تکنولوژی می‌تواند رابطه مستقیم با رشد اقتصادی داشته باشد و افزایش هزینه‌های تحقیق و توسعه درفن‌آوری نانو تکنولوژی می‌تواند باعث افزایش رشد اقتصادی شود.

یافته‌ها نشان می‌دهد بازبودن اقتصاد اثر مثبت و معنادار بررشد اقتصادی دارد. اثراین متغیر درکوتاه‌مدت ۰/۳۱ و در بلندمدت ۰/۵ می‌باشد. باز بودن اقتصاد می‌تواند از طریق واردات کالاهای سرمایه‌ای و صادرات به رشد اقتصادی کمک کند.

رشد اقتصادی دوره جاری به رشد اقتصادی دوره ماقبل وابسته بوده و هرچه رشد اقتصادی دوره قبل بیشتر باشد رشد دوره جاری نیز بیشتر خواهد بود. به عنوان مثال، اگر رشد اقتصادی دوره قبل افزایش یابد می‌تواند در قالب افزایش سرمایه‌گذاری در بخش خصوصی و دولتی، در زیرساخت‌های حمل و نقل، سرمایه‌گذاری بر نیروی انسانی و ....مورد استفاده قرار گیرد. لذا نتایج تحقیق حاضر با مطالعه توصیفی کانتن (۱۹۹۹) مبنی بر تاثیرات فناوری نانو بر رشد اقتصادی مطابقت دارد.

با توجه به موارد یاد شده پیشنهاد می‌شود حمایت‌های بیشتری در زمینه تحقیق وتوسعه، اختراعات و تولیدات نانوصورت گیرد. افزایش سرمایه‌گذاری تحقیق وتوسعه و منابع انسانی سبب سرریز دانش و فناوری‌های جدید خواهد شد بنابراین افزایش سرمایه‌گذاری بخش دولتی و خصوصی در زمینه‌های مختلف این فناوری مانند صنایع دارویی وغذایی و... کاهش بیکاری، فقر و رشد و توسعه اقتصادی را فراهم خواهد نمود.

منابع

– تقوی، مهدی (۱۳۸۸). اقتصاد کلان پیشرفته. انتشارات واحد علوم تحقیقات تهران، تهران.

– ستاد ویژه توسعه فناوری نانو (۱۳۸۵). سند راهبرد ۱۰ ساله توسعه فناوری نانو. خبرنامه فناوری نانو، گزارش‌ها و کتاب‌ها، سی دی مجموعه انتشارات ستاد.

– جعفری صمیمی، احمد، جهانشاهی، محسن، فرهنگ مهر، امیرفرهنگ (۱۳۸٦). بررسی اثرات اقتصادی فناوری نانو. دومین همایش دانشجویی فناوری نانو، دانشگاه کاشان.

–ماقبل، روح الله، چیذری، محمد، خیام نکویی، سید مجتبی (۱۳۸۹). تحلیل عوامل پیش‌برنده توسعه فناوری نانو در بخش کشاورزی ایران. *مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران*، ۱۳۸۹ (٤): ۵۳۹–۵۳۱.

- Barro, R.J. (1990). Government spending in a simple model of endogenouse growth, *Journal of Political Economy*, (98): 103-125

- Bond, P. J. (2003). Former undersecretary of commerce for technology. United States Department of Commerce, delivered September 9, 2003 to the world nano-economic congress, Washington DC.
- Canton. J. (1999). The strategic impact of nanotechnology on the future of business and economics. Institute for Global Futures.
- Canton. J. (2003). The Strategic impact of nanotechnology on the future of business and economics. Springer.
- Chenery, H., & Robinson, S. and Syrquin, M. (1986). Industrialization and growth: A comparative study, the World Bank, and Oxford University Press.
- Drexler, E. (1986). Engines of creation the coming era of nanotechnology. Massachusetts Institute of Technology.
- Ebbesen, M. (2008). The role of humanities and social sciences in nanotechnology research and development. NanoEthics, (2): 1-13.
- Kuznets, S. (1955). Economic growth and income inequality. *The American Economic Review*, (45): 1-28.
- Lucas, Robert E. (1988).On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, (22): 3-42.
- Lux Research, (2007).The nanotech report. 5th ed.; Lux Research Inc, New York.
- Malsch, N. (2004). In nanotechnology helps solve the world's energy problems. Nanoforum. Retrieved July 14, 2008.
- Mitsubishi Research Institute (2002). Cited by Kamei, S., promoting Japanese style nanotechnology enterprises.
- National Nanotechnology Initiative (2000). A report by the interagency working group on nanoscience. Engineering and Technology.
- Palmberg, C., & Dernis, H. & Miguet, C. (2009). Nanotechnology: An overview based on indicators and statistics. OECD Science, Technology and Industry Working Papers 2009/7, OECD Publishing.
- Roco, M.C. (2007). National nanotechnology initiative-past. Present, future In: Handbook.
- Roco, M.C., & Bainbridge, W.S., eds. (2001). Societal implicatios ofnanoscience and nanotechnology.NSF and DOC report.
- Semwanga, K. (2004). The effective factors on technology dissemination and adoption. Semwanga Research Ltd, upper Kololo Terrace: 215-235.