مجلهٔ دانش و توسعه (علمی - پژوهشی) سال شانزدهم، شمارهٔ ۲۹، زمستان ۱۳۸۸

اثر مخارج تحقیق و توسعه بر اختراعات و رشد اقتصادی
(تحلیل مقایسه‌ای بین کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته)

عباس شاکری
دانشیار گروه اقتصاد
دانشگاه علامه طباطبایی
تقی ابراهیمی سالاری*
مربی گروه اقتصاد
دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

این مقاله با استفاده از مدل‌های رشد درون‌زای مبتنی بر تحقیق و توسعه، در سه نمونه کشورهای توسعه‌یافته، در حال‌توسعه و نیز نمونه متشکل از هر دو دسته کشورها، ابتدا تأثیر فعالیت‌های تحقیق و توسعه را بر رشد اختراعات مورد بررسی قرار می‌دهد و سپس به بررسی ارتباط حجم اختراعات به ثبت رسیده و رشد اقتصادی در نمونه‌های ذکر شده می‌پردازد. از آنجا که یکی از مشکلات برآورد مدل‌های رشد درون‌زای مبتنی بر تحقیق و توسعه پیدا کردن جایگزین‌های مناسب برای متغیرهای کیفی است، در این مقاله، از مخارج ناخالص تحقیق و توسعه به عنوان معیاری برای سنجش میزان سرمایه‌گذاری درون‌زا برای تغییر تکنولوژی استفاده می‌شود و اختراعات ثبت شده مفید نیز نرخ اختراعات در نتیجه سرمایه‌گذاری در بخش تحقیق و توسعه را نمایندگی می‌کند. شاخص تغییر تکنولوژی را با رشد بهره‌وری کل عوامل نشان داده و نرخ رشد تولید ناخالص داخلی را معیاری برای رشد اقتصادی در نظر گرفته‌ایم. نتایج حاصل از مقاله نشان می‌دهد اول اینکه، سرمایه‌گذاری در بخش تحقیق و توسعه در هر دو گروه کشورهای در حال‌توسعه و توسعه‌یافته موجب افزایش جریان اختراعات می‌شود و این بازده در کشورهای در حال‌توسعه نسبت به کشورهای توسعه‌یافته بیشتر است. در این خصوص باید اذعان داشت که تاثیر رشد در مخارج تحقیق و توسعه بر رشد در جریان اختراعات، در کشورهای در حال توسعه، شش برابر کشورهای توسعه‌یافته است.

---

* - (نویسنده مسوول) ebrahimi_t@yahoo.com
این مقاله برگرفته از رساله دکتری نگارنده دوم در دانشگاه علامه طباطبایی با عنوان " اثرات مخارج R&D براختراعات و رشد اقتصادی (در سطح کلان و بخشی)، یک تحلیل مقایسه ای بین کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته" می‌باشد.
تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۴/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۸/۲۵

دوم اینکه، اثر افزایش در اختراعات بر افزایش تولید ناخالص داخلی در کشورهای توسعه‌یافته بیشتر از کشورهای در حال توسعه است. سوم اینکه، سرمایه‌گذاری در بخش تحقیق و توسعه تاثیرات مثبت و معنی‌داری بر افزایش تولید ناخالص داخلی در هر دو گروه کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه دارد.

واژه‌های کلیدی: مخارج تحقیق و توسعه، رشد اقتصادی، اختراعات، TFP،

طبقه‌بندی JEL: P43

The Effects of research & development expenditures on patent flow and economic growth: A comparative analysis between developed and developing countries

Abbas Shkeri
Associate Professor in economics, University of Allameh Tabatabaei
Taghi Ebrahimi Salari
Lecturer in Economics Ferdowsi University Mashhad

Abstract

This paper using endogenous growth models based on research and development, has investigated two economic relations in three groups of countries included developed countries, developing countries and a mixed group of both mentioned ones. At first, the effects of R&D activities on patent growth have examined and then the relation between volume of patent and growth rate in these groups has surveyed. One of the problems for estimating endogenous growth model based on R&D is finding a suitable representative for qualitative variables, we use gross R&D expenditures as a criterion for measurement of endogenous investment for changing the technology. Useful patent is a proxy for growth rate of patent result in investment in R&D field. In addition, growth of total factor productivity is the proxy for changing in technology and the growth rate of GDP as a criterion for economic growth has taken place. Results of this paper show that investment in R&D activities has significant and positive effect on patent flow in both developed and developing countries and also this effect is greater in developing countries than developed countries. Moreover in developing countries, effect of growth in R&D expenditure on growth of patent flow is 6 times of developed countries. The other finding is that in developing countries, effect of increasing patent on additional GDP is greater than the corresponding factors in developed countries. And finally, investment in R&D activities has significant and positive effect on growth of gross national output in

both groups of countries.
Key Words: Patent, Gross Expenditure on R&D, Economic Growth, TFP

JEL Classification: P48

مقدمه

از ابتدای دهه ۱۹۴۰، اقتصاددانان نشان دادند که اختراعات و پیشرفت تکنولوژی موتور محرّک رشد اقتصادی است و تحقیق و توسعه راهی برای رسیدن به آن است (Schmookler ۱۹۹۳). این رابطه زمانی بیشتر قوت گرفت که کاهش شتابان در هزینه‌های تحقیق و توسعه صنعت بخش خصوصی در آمریکا منجر به کندی بهره‌وری طی دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ گردید. نرخ بازده سرمایه‌گذاری تحقیق و توسعه طی دهه ۱۹۸۰ پایین آمد و بازدهی‌های اجتماعی و بخش خصوصی برای تحقیق و توسعه به‌طور قابل ملاحظه‌ای از هم دور شد (Griliches ۱۹۹۴, Hall ۱۹۹۳, Scherer ۱۹۸۳). از آن پس بخش عظیمی از تحقیقات متوجه یافتن توضیحات قابل قبول برای این مطلب شد. در نهایت تصویر کلی منجر به وجود هم‌بستگی بین مخارج تحقیق و توسعه و بهره‌وری گردید (Griliches ۱۹۸۳). توضیح دیگری که برای این کندی می‌توان بیان کرد کاهش تغذیه تحقیق و توسعه از طریق علوم است (Evenson ۱۹۹۳). همچنین از آغاز تحولات صنعتی در انگلستان، ابداعات به عنوان موتور اولیه رشد اقتصادی و تحقیق و توسعه به عنوان سوخت ضروری آن مورد توجه قرار گرفته است. امروزه نظر غالب این است که تامین اعتبارات تحقیق و توسعه یک عامل بسیار مهم در تقویت ابداعات است. فرضیه عمومی این است که ابداعات بیشتر، منجر به اختراعات ثبت شده بیشتر می‌شود و کاهش تعداد اختراعات ثبت شده، نشانه کاهش فعالیت‌های ابتکاری و علامت کندی بهره‌وری به دلیل فرسودگی امکانات اختراع کردن است، همان‌گونه که در دهه ۱۹۷۰ اتفاق افتاد. اختراعات ثبت شده اغلب به عنوان محصول نهایی سرمایه‌گذاری تحقیق و توسعه مورد بررسی قرار می‌گیرد. بهره‌وری تحقیق و توسعه و اختراعات ثبت شده به‌طور گریزناپذیری به هم مرتبط هستند. هر عاملی که بر بهره‌وری تحقیق و توسعه اثر بگذارد بر اختراعات ثبت شده اثر خواهد داشت. گریلیچس نشان داد اختراعات ثبت شده معیار همیشگی از نهاده مبتکر نمی‌باشد. (Cockburn and Griliches ۱۹۸۸, Griliches ۱۹۸۹). مسئله اصلی این است که صنایع مختلف تمایلات متفاوتی برای اختراعات ثبت شده دارند حتی درون یک صنعت، اختراعات ثبت شده متفاوت، ارزش‌های متفاوتی دارند. بنابراین هم مقایسه‌های درون صنعتی و هر دو مقایسه‌های بین صنعتی مملو از مشکل است (Scherer ۱۹۸۳, Cohen and Levin ۱۹۸۹). این

مسائل تئوری‌های رشد جدیدی را توسط افرادی چون لوکاس (Lucas ۱۹۸۸)، رومر (۱۹۹۰ , Romer ۱۹۹۴)، منکیو (Mankio ۱۹۸۸)، آقیون و هویت (Aghion and Howitt ۱۹۸۸)، ای‌چر (Eicher ۱۹۹۶, ۱۹۹۹) به وجود آورد که تغییرات تکنولوژی، درون‌زا در نظر گرفته می‌شود. سرمایه انسانی همراه با پیشرفت‌های درون‌زای تکنولوژی یکی از بنیان‌های تئوری‌های رشد درون‌زا است. سرمایه انسانی متغیر کلیدی در مدل‌های رشد درون‌زا محسوب می‌شود. همچنین در دهه گذشته شاهد گسترش تحقیق روی مدل‌های رشد درون‌زای مبتنی بر تحقیق و توسعه بوده‌ایم که توسط رومر (Romer۱۹۹۰)، گروسمن و هلپمن (Grosman and Helpman۱۹۹۱a) و آقیون و هویت (Aghion and Howitt ۱۹۹۲) انجام شد. رومر (Romer ۱۹۹۰) دانش را از یک کالای عمومی محض به یک کالای غیررقابتی و بعضاً استثناء پذیر تغییر داد. از نظر او تولید و بازاریابی دانش، یکی از عناصر اصلی فعالیت است. وی معتقد است که گاه سرمایه انسانی در ترکیب با تکنولوژی به طور توأمان موتور رشد اقتصاد محسوب می‌شود. در این میان بحث‌های جالبی روی نقش سرریزهای اختراعات در اقتصاد و اثرات آن سرریزها بر رشد اقتصادی وجود دارد. گروسمن (Grosman ۲۰۰۵) می‌گوید تحقیق و توسعه ممکن است اثرات خارجی مثبت یا منفی داشته باشد. جونز (Jonse ۲۰۰۵). تحقیقات اولیه به گری‌لیجس (Griliches ۱۹۸۰)، گری‌لیجس و لیچ تنبرگ (Griliches and Lichtenberg ۱۹۸۴) و منسفیلد (Mansfild ۱۹۸۰) مربوط است که تأثیر فعالیت‌های تحقیق و توسعه را بر رشد TFP بررسی می‌کنند و نیز کامرون، پرودمن، ردینگ (Cameron, Pruodman and Redding ۲۰۰۵) را ببینید. در این تحقیق به بررسی اثر مخارج تحقیق و توسعه بر اختراعات و بهره‌وری پرداخته و تلاش می‌کنیم به این سئوالات پاسخ دهیم ۱) آیا در مجموعه کشورهای مورد بررسی رابطه مثبت و معنی‌داری بین مخارج تحقیق و توسعه و اختراعات در سطح کلان وجود دارد یا خیر؟ آیا این تأثیر به لحاظ مقدار میان مجموعه کشورهای توسعه‌یافته و مجموعه کشورهای در حال توسعه مشابه است یا تفاوت دارد؟

۲) تأثیر میزان اختراعات بر رشد اقتصادی در سه گروه «نمونه کامل، شامل مجموع کشورهای در حال توسعه و کشورهای توسعه‌یافته»،« نمونه کشورهای توسعه‌یافته» و« نمونه کشورهای در حال توسعه» چگونه بوده است؟

۳) آیا رابطه مثبت و معنی‌داری بین اختراعات مفید به ثبت رسیده و رشد بهره‌وری کل عوامل (TFP) در سطح کلان وجود دارد یا خیر؟

این تحقیق سه هدف عمده را دنبال می‌کند:

- بررسی کارایی مدل‌های رشد درون‌زای مبتنی بر سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه.
- توضیح بیشتر جزء اخلال
- اهداف کاربردی چون تعیین خط‌مشی‌ها و سیاست‌های کلان و بخشی برای مسیر رشد اقتصادی.

مبانی نظری

اختلاف میان نرخ رشد کشورها و پایداری و عدم پایداری آن پدیده‌ای است که تئوری‌های رشد سعی کرده‌اند به طرق گوناگون آن را توضیح دهند. آن‌ها این اختلاف را به عوامل مختلفی نسبت داده‌اند:

ابداعات هدفمند (Schumpeter ۱۹۳۴)، تغییرات تکنولوژی برون‌زا (Solow 1956)، آموزش ضمن کار (Arrow۱۹۶۲)، نرخ انباشت سرمایهٔ انسانی(Lucas ۱۹۸۸)، زاد و ولد انسان (Becker Murphy and Tamura ۱۹۹۰)
، سطح مخارج دولت (Barro۱۹۹۰)، تحقیق و توسعه (Romer۱۹۹۰)، تجارت بین‌الملل (Grossman۱۹۸۹و Helpman.) و ... از جمله تئوری‌هایی بود که سعی در تبیین اختلاف رشد میان کشورها در ادوار گوناگون داشت. در این مقاله ضمن مرور خلاصه تئوری‌های فوق، عمدتاً بر مبانی نظری مدل رومر (Romer ۱۹۹۰) برای استفاده در تحلیل‌های تجربی تاکید می‌کنیم. بنابراین مباحث این بخش در دو قسمت ارائه خواهد شد. در قسمت اول به تبیین مبانی نظری نظریه‌پردازانی غیر از رومر پرداخته و در قسمت بعد به طور مفصل به ارائه مدل نظری رومر (Romer ۱۹۹۰) می‌پردازیم.

تبیین مبانی نظری نظریه‌پردازان به استثناء رومر (Romer۱۹۹۰)

شومپیتر (Schumpeter۱۹۳۴)، با نگاه به نیروی محرکهٔ درون نظام سرمایه‌داری مطالب خود را به رشته تحریر درمی‌آورد. وجود رقابت میان کارآفرینان بنگاه‌های اقتصادی برای توسعهٔ یک روش جدید تولیدی یا ارائه یک محصول جدید، آن‌ها را تشویق می‌کند تا به‌عنوان یک کارگزار هدفمند، منابع خود را برای خلق یک طرح اولیه جدید یا ترکیبی از داده‌های لازم برای تولید محصول موجود در هزینه پایین‌تر و یا مهم‌تر از آن برای توسعه یک محصول کاملاً جدید هزینه کنند.

روزنبرگ (Rosenberg۱۹۸۲)، در توضیح تئوری تخریب خلّاق شومپیتر، اظهار می‌دارد که خلّاقیت باید متناسب با انقلابی در آن بخش باشد. به‌عنوان مثال هرگز بهبود و کارائی در تولید یراق اسب منجر به انقلاب در بخش حمل و نقل نمی‌شود، بلکه خلق روش‌های کاملاً جدید نقل و انتقال نظیر خط آهن و اتومبیل است که مناسب این انقلاب است.

این فرایند پویای ابداعات هدفمند است که از تندبادهای «تخریب خلاقی»[1] پیروی می‌کند که به نظر شومپیتر برای رشد اقتصادی مناسب است. تئوری ابداعات هدفمند شومپیتر (Schumpeter۱۹۳۴) بعداً توسط آقیون و هویت (۱۹۹۸ و۱۹۹۲ Howitt و,Aghion) رسماً در قالب فرمول مشخص ارائه شد.

مدل رشد نئوکلاسیکی سولو (Solow۱۹۵۶) یک مدل پایه برای تحلیل رشد اقتصادی است که فرایند رشد اقتصاد را چنین تحلیل می‌کند. در اقتصاد فقیر سرمایهٔ بسیار اندکی برای کار وجود دارد، لذا نرخ بازده سرمایه خیلی بالا است. این امر مردم را تشویق می‌کند تا پس‌انداز و سرمایه‌گذاری بیشتر داشته باشند، در نتیجه اقتصاد سوار بر مسیر رشد و توسعه می‌شود، به موازات انباشت سرمایه بیشتر، بازده سرمایه‌گذاری کاهش می‌یابد و بنابراین مردم پس‌انداز و سرمایه‌گذاری خود را کاهش می‌دهند، فرایند انباشت سرمایه تا آنجا پیش می‌رود که جامعه، سرمایه و محصول مطلوب را به‌دست آورد. مهم‌ترین کاربرد مدل نئوکلاسیکی فرضیه هم‌گرایی است. با این پیش فرض که هر دو دسته کشورهای فقیر و ثروتمند، تکنولوژی مشابه و یکسانی را در اختیار دارند. اما کشورهای فقیرتر با نرخ سریع‌تری نسبت به کشورهای ثروتمند رشد می‌کنند. این امر موجب می‌شود که در بلندمدت همه اقتصادها به میزان یکسانی از سرمایه و تولید هم‌گرایی داشته باشند. بنابراین وضعیت اولیه یک اقتصاد هیچ نقشی در مشخص کردن میزان فراوانی ثروت یک اقتصاد در بلندمدت ندارد.

به طور کلی تئوری‌های پایه‌ای رشد بر دو فرض استوار است:

۱- سرمایه همگن است، ۲- جریان پیشرفت فنی بدون هیچ هزینه‌ای از بیرون تامین می‌شود. حال آنکه مطالعات بعدی نشان داد که نه سرمایه همگن است و نه دسترسی به یک تکنولوژی جدید بدون هزینه ممکن است. اگرچه در عمل بنگاه‌ها تکنولوژی جدید را با هزینه کردن سرمایه جدید به‌دست می‌آورند. اما این ویژگی در مطالعات اولیه که از روش نئوکلاسیک (۱۹۵۶) پیروی

1- Creative destruction

می‌کرد، نادیده گرفته شده بود و از این رو مدل کلاسیک یک مدل رشد برون‌زا محسوب می‌شود.

برخلاف پیش‌بینی اقتصاددانان نئوکلاسیک از وقوع هم‌گرایی اقتصادی، نه تنها در عمل چنین اتفاقی نیفتاد، بلکه حتی این نظریه تقویت شد که انتقال سرمایه به هیچ وجه همگرایی بین کشورهای فقیر و ثروتمند را به وجود نمی‌آورد، بلکه ممکن است واگرایی بین آن‌ها پایدارتر شود. با شکست تئوری همگرایی، این معما به جای خود باقی ماند که چرا کشورهای فقیر به کشورهای ثروتمند نرسیده‌اند؟ پاسخ به این سئوال تئوری‌های رشد جدیدی را به وجود آورد که در آن تغییرات تکنولوژی درون‌زا در نظر گرفته می‌شود. افرادی چون ارو (Arrow۱۹۶۲)، لوکاس (Lucas۱۹۸۸)، رومر (۱۹۹۴، ۱۹۹۰، Romer۱۹۸۶)، منکیو (Mankiw۱۹۸۸)، آقیون و هویت (Howitt۱۹۸۸و Aghion)، ای‌چر (۱۹۹۶،۱۹۹۹ Eicher)، گروسمن (۱۹۹۱a Grossman)، هلپمن (Helpman ۱۹۹۱ a) بارو(Barro۱۹۹۱) از پیشگامان ارائه چنین نظریاتی هستند.

ارو (Arrow۱۹۶۲)، پیشرفت تکنولوژی را نتیجه آموزش ضمن‌کار در بخش کالاهای سرمایه‌ای می‌داند. او می‌گوید «به‌طور کلی می‌توان تغییرات فنی را به تجربه نسبت داد.» و معتقد است سرمایه‌گذاری ناخالص انباشته شده متغیری است که انتخاب شده تا تجربه را نمایندگی کند. یک کالای سرمایه‌ای جدید تا لحظه‌ای که وارد فرایند تولید شود، متضمن متغیر دانش است، اما وقتی که مورد استفاده قرار می‌گیرد نیازی به آموزش بیشتر وجود ندارد. برای مثال وی اشاره می‌کند که زمان مورد نیاز برای ساخت بدنه یک هواپیما با ریشه دوم تعداد هواپیماهایی که از یک مدل ساخته شده، رابطه معکوس دارد که این بهبود بهره‌وری بدون هیچ ابداعی در فرایند تولید صورت می‌گیرد. بدین ترتیب انباشت دانش تا حدی نتیجه کوشش عامدانه یا آگاهانه نبوده، بلکه اثر جانبی فعالیت اقتصادی مرسوم است.

تئوری جدید رشد رومر (Romer۱۹۸۶) و لوکاس (Lucas۱۹۸۸)، بر هم‌گرایی مشروط تأکید دارد. به این معنی که هم‌گرایی بین کشورهای با درآمد بالا و پایین تنها زمانی اتفاق می‌افتد که در کشورهای فقیر سرمایه انسانی کافی برای به دست آوردن مزیت پیشرفت‌های تکنولوژیکی که در کشورهای ثروتمند وجود دارد، ایجاد شود. از دیدگاه لوکاس (Lucas۱۹۸۸) دانش یک کالای عمومی محض است (همانند دیدگاه نئوکلاسیک) ولی به جای این‌که محصول سرمایه فیزیکی باشد، از دل انباشت سرمایه انسانی حاصل می‌شود. سرمایه انسانی متغیر کلیدی در

مدل‌های رشد درون‌زا محسوب می‌شود.

نظریه لوکاس(Lucas۱۹۸۸) بر تئوری رشد اوزاوا (Uzawa ۱۹۶۵) مبتنی بود که سطح مهارت کارگران را متغیری در نظر می‌گرفت که به مرور زمان و در اثر آموزش افزایش می‌یابد. لوکاس(Lucas۱۹۸۸) با بسط این نظریه، اثرات خارجی سرمایه انسانی را در مدل خود وارد نمود. او مدت زمانی را که هر فرد در اختیار دارد برابر واحد در نظر گرفته و زمانی را که فرد صرف آموزش می‌نماید با τ نشان می‌دهد. بنابراین (۱-τ) درصد از زمان فرد صرف کار کردن می‌شود. سرمایه انسانی با فرض استهلاک صفر، مطابق تابع زیر رشد می‌کند:

معادله ۱

$$h^0 = hg(\tau)$$

که درآن $g'(\tau) \succ 0$ است. اما بعد از آموزش دیدن افراد، نیروی کار دارای واحدهایی از کارایی می‌شود که عبارت است از:

معادله ۲

$$L = (1-\tau)hM$$

بنابراین تابع تولید به صورت زیر در می‌آید:

معادله ۳

$$y = (1-\tau)hAk^{\alpha}$$

و نرخ رشد تولید سرانه بر اساس معادله زیر مشخص می‌شود:

معادله ۴

$$\hat{y} = (1-\tau) + \hat{h} + \hat{A} + \alpha\hat{k}$$

بنابراین رشد تولید سرانه به رشد h، A، k و τ بستگی دارد.

چیپ‌من (Chipman۱۹۷۰) فرض می‌کند که پیشرفت درون‌زای تکنولوژی مستقیما متاثر از منابعی است که به تحقیق اختصاص داده می‌شود. این منابع شامل تعداد مهندسان، محققان، برنامه‌نویسان کامپیوتر، آزمایشگاه و ... است. او در مدل خود فرض می‌کند که تحقیقات توسط دولت انجام می‌شود. در واقع کل نیروی کار جامعه M یا توسط بنگاه‌ها برای تولید کالاهای همگن استخدام می‌شوند و یا برای انجام فعالیت‌های تخصصی توسط دولت به استخدام در می‌آیند. بنابراین تابع تولید کل عبارت خواهد بود از:

معادله ۵

$$Y = Ak^{\alpha}(\phi M)^{1-\alpha}$$

و تابع تولید سرانه بدین صورت خواهد بود:

معادله ۶

$$y = \phi A k^{\alpha}$$

بنابراین رشد تولید سرانه عبارت خواهد بود از:

معادله ۷

$$\hat{y} = \hat{\theta} + \hat{A} + \alpha \hat{k}$$

که اگر $1-\phi$ از کل نیروی کار در بخش تحقیق و توسعه توسط دولت استخدام شود، رشد تکنولوژی بر اساس رابطه زیر خواهد بود:

معادله ۸

$$A^{0} = \sigma A(1-\phi)M$$

در این معادله $\sigma \succ 0$ نشان‌دهنده تاثیر نیروی کارگر بر تحقیق و توسعه می‌باشد و از آنجا که دولت آن را در تمامی بنگاه‌های موجود در اقتصاد توزیع می‌کند، تکنولوژی کالایی عمومی و غیررقابتی است. زیرا دولت می‌تواند آن را در اختیار تک‌تک بنگاه‌ها قرار دهد بدون این‌که صدمه‌ای به استفاده سایر بنگاه‌ها بزند. دولت‌ها هزینه‌های تحقیق و توسعه خود را از طریق مالیات تامین می‌کنند، اما نتایج حاصل از آن را به طور رایگان در اختیار بنگاه‌ها قرار می‌دهند. دلایل واگرایی رشد اقتصادی کشورهای گوناگون با توجه به ویژگی عرضه تکنولوژی که یک کالای غیررقابتی عمومی است، توجیه‌پذیر می‌باشد. پیشرفت تکنولوژی توسط دولت‌ها هدایت و کنترل می‌شود و از آنجا که دولت‌های مختلف توابع هدف مختلفی دارند، رشدهای گوناگونی را نیز تجربه می‌کنند. دولت‌ها تحت تاثیر محدودیت‌های مختلفی به تامین مالی فعالیت‌های تحقیق و توسعه می‌پردازند و از آنجا که این‌گونه فعالیت‌ها پرهزینه و دستیابی به نتایج آن زمان‌بر است، کشورهایی از رشد بالا برخوردار خواهند بود که دولت‌های آن‌ها از مازاد دائم بودجه دولتی برای تنزیل بیشتر مصرف آتی برخوردار باشند بارو (Barro۱۹۹۰). بنابراین متفاوت بودن توابع هدف دولت‌ها، باعث متفاوت بودن نرخ رشد تکنولوژی و به تبع آن متفاوت بودن نرخ‌های رشد در آن‌ها می‌شود. گری‌لیچس یکی از پیشتازان اصلی در این حوزه است که کمک زیادی به پیشرفت نظریه‌پردازی دراین مقوله نموده است. وی در مطالعات ۱۹۷۹ و ۱۹۹۱ خود، به موازات ادبیاتی که به جزء اخلال کل می‌پرداخت، یک روش متمایل به خرد را گسترش داد که نقش تغییرات تکنیکی، انتشار و اشاعه و همین‌طور تحقیق و توسعه رسمی را به این امید که بخشی از جزء خطا را توضیح دهد، به عنوان چالش اصلی در نظر می‌گیرد. گری‌لیچس در مقاله ۱۹۸۶ خود که بر یک تابع تولید کاب داگلاس نسبتا ساده مبتنی است، سه یافته اساسی ارائه می‌دهد:

یک: تحقیق و توسعه به طور مثبت در رشد بهره‌وری سهیم است و به نظر می‌رسد که نرخ

بازده بالایی را حاصل می‌نماید. دو: تحقیقات پایه نسبت به دیگر انواع تحقیق و توسعه اهمیت بیشتری دارد. سه: مخارج تحقیق و توسعه که توسط بخش خصوصی تامین مالی شده است، در سطح بنگاه نسبت به نوع تامین مالی شده آن توسط دولت به مراتب موثرتر است. درمورد تعداد اختراعات ثبت شده، گری‌لیچس(Griliches۱۹۹۰) دو نکته را یادآور می‌شود: اول این‌که، اگر اختراعات ثبت شده به عنوان شاخصی از اختراعات در نظر گرفته شود و نیز اگر ارزش یک اختراع متناسب با اندازه بازاری آن باشد، آنگاه این واقعیت که تعداد کل اختراعات ثبت شده در یک دوره خیلی بلندمدت تقریبا ثابت باقی می‌ماند، با نرخ غیرکاهشی تولید و بهره‌وری کل سازگار است.

دوم این‌که، اگر اختراعات توسط ترکیبی از تحقیق و توسعه جاری و وضعیت موجودی دانش (که از به هم پیوستن اثرات تجمعی علوم و سرریزهای فعالیت‌های تحقیقاتی دیگران در گذشته حاصل می‌شود) به وجود آید و نیز اگر تحقیق و توسعه به صورت تقریبا بهینه، سرمایه‌گذاری شده باشد، آنگاه تحت فروض عقلایی، افزایش یا کاهش در انباشت دانش هم آن‌ها را به شکل موازی متاثر خواهد کرد و هم نسبت آن‌ها را بدون تغییر باقی می‌گذارد. بنابراین در شرایط ثبات انباشت دانش، هیچ شاهدی بر تغییر در این نسبت وجود ندارد. علاوه براین با رشد در اندازه بازار، این نسبت کاهش می‌یابد، زیرا یک افزایش در ارزش اختراعات ، تحقیق و توسعه را تا جایی بالا خواهد برد که هزینه‌های فعلی مجددا با ارزش حال بازده‌های آتی برابر شود.

به لحاظ شکلی فرض می‌شود که تابع تولید اختراعات کلی به شکل $N = ZR^{\gamma}$ وجود دارد که در آن R مقدار داده‌های تحقیق و توسعه جاری است و Z تمامی انتقال‌دهنده‌های این تابع را نمایندگی می‌کند که شامل تجمیع موجودی تحقیق و توسعه موفق در گذشته و همچنین سرریزهای ناشی از فعالیت‌های تحقیقی دیگران است.

گری لیچس در مقاله ۱۹۹۴ خود ضمن مرور بر نظریاتی که کوشش کرده‌اند به توضیح جزء اخلال و منابع رشد در مدل‌های رشد بپردازند، تأکید می‌کند که همواره باید سه واقعیت را مورد توجه قرارداد:

این‌که چه اتفاقی برای بهره‌وری می‌افتد؟ این‌که چه اتفاقی برای سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه و علوم می‌افتد؟ و نهایتاً این‌که چه اتفاقی برای رابطه بین آن‌ها می‌افتد؟

مشاهدات اوایل دهه ۱۹۸۰ نشان می‌دهد که از اوائل ۱۹۷۰ روند کاهش در کل اختراعات ثبت شده ارائه شده در آمریکا شروع شده و نیز کاهشی در سهم GNP اختصاص داده شده به بخش

صنعت از اواسط دهه ۱۹۶۰ آغاز گردیده بود، که زمان تاثیر آن برای کاهش نرخ رشد با بدگمانی ۵ تا ۱۰سال بعد می‌باشد. اما در این میان واقعیت‌های ناسازگاری وجود دارد که برای فهم آنچه اتفاق افتاده است مهم هستند:

اول، کاهش رشد بهره‌وری ایجاد شده در برخی کشورها، کاملا بزرگتر از چیزی بود که در آمریکا اتفاق افتاده بود، که البته این امر با کاهش سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه همراه نبود. به عنوان مثال در فاصله دهه ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰، کاهش نرخ بهره‌وری کل عوامل (TFP) در ژاپن ۴/۵ درصد و در فرانسه ۳/۳ درصد بود در حالی که در آمریکا فقط ۲ درصدکاهش پیدا کرد (سازمان همکاری‌های اقتصادی و توسعه، ۱۹۹۳).

دوم، در آمریکا بخش‌هایی که با کندی رشد بهره‌وری پایدار مواجه بودند، تا حد زیادی خارج از بخش تولیدی، ارتباطات و کشاورزی است (Gordon۱۹۸۷).

سوم، کاهش دراختراعات ثبت شده در دهه ۱۹۷۰ از دیوان سالاری ناشی از بحران بودجه‌ای در دفتر ثبت اختراعات آمریکا گواهی می‌دهد، تا این‌که واکنشی واقعی ازخود فعالیت اساسی باشد. تعداد اختراعات کاربردی شده طی این دوره به طور معنی‌داری کاهش پیدا نکرده است، اگرچه رشدی هم نداشته است.

چهارم، رشد مداوم رو به بالا، مستقل ازمیزان تحقیق و توسعه تامین مالی شده توسط بنگاه، همراه با کاهش پایدار در اختراعات ثبت شده برحسب سرانه تحقیق و توسعه در آمریکا و بسیاری از کشورهای دیگر که اطلاعات آن‌ها در دسترس می‌باشد، مشاهده می‌شود. این مسئله توهم وجود بازده‌های کاهشی برای تحقیق و توسعه را افزایش می‌دهد و فرضیه "فرسودگی فرصت‌های اختراع"[1] را به عنوان توضیحی برای کندی بهره‌وری پیشنهاد می‌کند.

این فروض توسط نویسندگان مختلف آزمون شده و نوعا دو نوع تحلیل را شامل می‌شوند، دسته‌ای از آن‌ها مستقیما روی ارتباط بین تحقیق و توسعه و رشد بهره‌وری تاکید دارند و دسته دوم، از اختراعات ثبت شده به عنوان شاخص تولید فعالیت‌های تحقیق و توسعه استفاده کرده و در پی این هستند که نشان دهند برای تابع تولید دانش چه اتفاقی افتاده است. یکی از کاربردهای مطالعات تجربی مدل‌های رشد درون‌زا، آزمون اثر متغیر تحقیق و توسعه بر رشد بهره‌وری کل عوامل در سطح یک بنگاه، صنعت و کشور یا در میان صنایع و کشورها و مناطق است.

1- Exhaustion of inventive opportunities

تبیین مبانی نظری رومر (۱۹۹۰)

رومر (Romer۱۹۹۰) می‌گوید سرمایه‌گذاری در مخارج تحقیق و توسعه و بنابراین جزء باقیمانده در مدل‌های رشد به نرخ رشد دانش منتسب است که رابطه مثبتی با رشد TFP دارد. وی دانش را از یک کالای عمومی محض به یک کالای غیررقابتی و بعضاً ممانعت‌پذیر تغییر داد. از نظر او تولید و بازاریابی دانش، یکی از عناصر اصلی فعالیت است. پیشرفت تکنولوژی نتیجه تحقیق است، یعنی فعالیتی که توسط افرادی شکل می‌گیرد که تصمیم به سرمایه‌گذاری برای تولید اختراعات دارند. سپس تولیدکنندگان تجهیزات، هزینه حقوق انحصاری مخترعین را می‌پردازند و از اختراعات آن‌ها در جهت تولید کالاهای انحصاری استفاده می‌کنند.

چهار نهادهٔ اصلی مدل عبارتند از: سرمایه(K)، نیروی کار (L)، سرمایه انسانی (H) و شاخصی از میزان تکنولوژی (A). خدمات نیروی کار مهارت‌هایی است که از سلامت جسمانی ناشی می‌شود. سرمایه بر حسب واحد کالای مصرفی اندازه‌گیری می‌شود. سرمایه انسانی (H) میزان مشخصی از اثر انباشت فعالیت‌هایی نظیر آموزش رسمی و آموزش ضمن کار است. در این مدل اجزاء رقابتی دانش (H) از اجزاء غیررقابتی دانش یعنی مؤلفه‌های فنی (A) جدا می‌شود. A می‌تواند به دلیل استقلال از افراد، بدون حد و مرز رشد کند و از آنجا که هر واحد جدید از دانش مرتبط به یک طرح برای کالای جدید است، برای اندازه‌گیری A مشکل مفهومی وجود ندارد.

می‌توان با ملاحظه مدل سولو (Solow۱۹۵۶) درک قابل قبول از مدل رومر به دست آورد. برای یک مقدار معین از A و بنابراین یک گروه ثابت از کالاهای بادوام، مدل رومر تقریبا شبیه مدل سولو می‌باشد. به دلیل تقارن در مدل، همه کالاهای بادوام در دسترس، در سطح یکنواختی عرضه شده‌اند که از این پس با $\overline{X}$ نشان داده می‌شود. اگر چنین نبود، امکان داشت که بخش تولیدکننده کالاهای بادوام مولد، با کاهش تولید بنگاه‌های با بازده بالا و انتقال سرمایه آزاد شده به سمت کالاهای با بازده پایین، سودها را افزایش دهد.

از آنجایی که A دامنه کالاهای بادوامی که می‌تواند تولید شود را مشخص می‌کند و از آنجایی که η واحد از سرمایه، برای تولید یک واحد کالای بادوام نیاز است، می‌توان از تابع $K = \eta A\overline{X}$ میزان $\overline{X}$ را به دست آورد و در تابع تولید Y جایگزین کرد، آنگاه خواهیم داشت:

$$Y(H_A, L, X) = H_Y^{\alpha} L^{\beta} \int_0^{\infty} x(i)^{1-\alpha-\beta} di = H_Y^{\alpha} L^{\beta} A\overline{x}^{1-\alpha-\beta} \quad \text{معادله ۹}$$

معادله ۱۰ $$Y(H_A, L, X) = (H_Y A)^{\alpha} (LA)^{\beta} (K)^{1-\alpha-\beta} \eta^{\alpha+\beta-1}$$

آخرین سطر معادله نشان از شباهت این مدل با مدل نئوکلاسیک شامل نیروی کار و سرمایه انسانی دارد که تغییر تکنولوژی را افزایش می‌دهد. به ویژه این‌که در آن انباشت سرمایه از بازده‌های کاهنده برخوردار است. در یک شکل مفروض از ترجیحات، سطح ثابتی از A منجر به وضعیتی با رشد پایدار می‌شود به گونه‌ای که میزان K از طریق برابری تولید نهایی سرمایه با نرخ تنزیل معین شود. اگر A به صورت برون‌زا با یک نرخ نمائی مشخص رشد می‌کرد، اقتصاد در مسیری که K با نرخ نمائی A رشد می‌کند، همگرا می‌شود درست مانند آنچه که در مدل سولو اتفاق می‌افتد. در طی مسیر انتقال، نسبت K به A تغییر پیدا خواهد کرد که به معنای آن است که r و $\bar{x}$ و نسبت K به A ثابت هستند. عدم تحدبی که در عبارت تولید نهایی به عنوان تابع داده‌های اولیه مدل (A,K,L,H) آشکار می‌شود، در تعادل غیرمتمرکزی حمایت شده است که بر رقابت انحصاری تکیه دارد.

معادلات (۹) و (۱۰) نشان می‌دهد که در هر دو بخش تحقیق و توسعه و تولید نهایی، بازده فزاینده به مقیاس وجود دارد. زیرا هر دو بخش از داده A که یک کالای غیررقابتی است استفاده می‌کنند. A به صورت مستقیم وارد بخش تحقیق و توسعه می‌شود و به صورت غیرمستقیم نیز از طریق سرریزهای دانش وارد فرایند تولید کالاهای نهایی می‌شود. این معادله نشان می‌دهد که اگر A با نرخ نهایی معین برون‌زایی رشد نماید، اقتصاد به مسیری نزدیک می‌شود که در آن K با نرخ A رشد می‌کند. در طی دورهٔ انتقال، نسبت K به A تغییر خواهد کرد که دلالت دارد بر این‌که r و x نیز به همان اندازه تغییر خواهند کرد. در طی مسیر رشد متوازن، r و x و نسبت K به A همگی ثابت هستند. رومر این مدل را برای یک مسیر رشد متوازن و دقیقاً همانند مدل سولو که در آن تمامی A , L , C , K با یک نرخ ثابت رشد می‌کنند، حل نمود.

حل مدل رومر برای رشد متوازن تعادلی

برای مدلی که در ادامه می‌آید، قصد داریم تعادل را در متغیرهای A، K و Y که با نرخ نمایی ثابت رشد می‌کنند، به دست آوریم. از مدل سولو و مدل Uzawa استنباط می‌شود که چنین چیزی برای A ممکن است زیرا تابع (۱۲) برای A° در A خطی است. $A^{\circ} = \delta H_A A$ یعنی اگر مقدار سرمایه انسانی که به تحقیق اختصاص می‌یابد ثابت باقی بماند، A با نرخ رشد ثابت، رشد خواهد کرد.

اولین قدم در حل مدل این است که رابطه بین نرخ رشد تولید و نرخ بازده سرمایه‌گذاری به

دست آید. علاوه بر این که رابطه بین نرخ‌های بهره و نرخ‌های رشد، توسط طرف ترجیحات مدل مشخص می‌شود، این مدل نرخ رشد و نرخ بهره را معین خواهد کرد. بر اساس آن‌چه که از مدل رشد سولو و مدل رومر (Romer۱۹۸۷) استنتاج می‌شود، در طی مسیر رشد متوازن نسبت K به Y باید ثابت باشد. این بدان مفهوم است که x نیز ثابت است. به دلیل انباشت K و A دستمزد پرداخت شده برای سرمایه انسانی در بخش تولید نهایی، متناسب با A رشد خواهد کرد و بر اساس معادله $A^{\circ} = \delta H_A A$ بهره‌وری سرمایه انسانی در بخش تحقیق متناسب با A رشد می‌کند. از آن‌جا که بهره‌وری سرمایه انسانی در هر دو بخش ثابت است، اگر P_A برای طرح‌های جدید ثابت بماند، H_A و Hy نیز ثابت باقی خواهد ماند. مسیر رشد متوازن در تمامی وضعیت‌های تعادلی ثابت باقی می‌ماند. بنابراین جریان سودی که توسط فروشنده انحصارگر یک داده با دوام خاص به دست می‌آید برابر است با:

معادله ۱۱

$$\prod = Max_x P(x).x - r\eta x = Max(1-\alpha-\beta)H_y^{\alpha}L^{\beta}x^{1-\alpha-\beta} - r\eta x = (\alpha+\beta)\overline{px}$$

از آنجا که ارزش تنزیل شده حال جریان سود باید با قیمت طرح P_A برابر باشد، در نتیجه با توجه به معادله (۴) خواهیم داشت:

معادله ۱۲

$$P_A = \frac{1}{r}\pi = \frac{(\alpha+\beta)}{r}\overline{px} = \frac{(\alpha+\beta)}{r}(1-\alpha-\beta)H_y^{\alpha}L^{\beta}\bar{x}^{1-\alpha-\beta}$$

معادله ۱۳

$$p(i) = (1-\alpha-\beta)H_y^{\alpha}L^{\beta}x(i)^{-\alpha-\beta}$$

و این وضعیتی است که تخصیص سرمایه انسانی را بین بخش تولید نهایی و بخش تحقیق مشخص می‌کند. در بخش تولید نهایی، دستمزد سرمایه انسانی W_H با تولید نهایی آن بخش برابر است و از آن‌جا که سرمایه انسانی تمامی درآمد بخش تحقیق را دریافت می‌کند، دستمزد برابر با $P_A\delta_A$ است. با برابر قراردادن بازده‌های سرمایه انسانی در هر دو بخش خواهیم داشت:

معادله ۱۴

$$W_H = P_A\delta_A = \alpha H_Y^{\alpha-1}L^{\beta}\int_0^{\infty}\bar{x}^{(1-\alpha-\beta)}di = \alpha H_Y^{\alpha-1}L^{\beta}A\bar{x}^{(1-\alpha-\beta)}$$

با جایگذاری P_A از تابع (۱۳) در معادله (۱۴) و ساده‌کردن آن خواهیم داشت.

معادله ۱۵

$$HY = \frac{1}{\delta}.\frac{\alpha}{(1-\alpha-\beta)(\alpha+\beta)}r$$

برای یک مقدار ثابت $H_Y = H - H_A$ نرخ رشد نهایی برای A معادل δH_A است. از مسئله

قیمت‌گذاری انحصاری، می‌دانیم که اگر r ثابت باشد $\bar{x}$ نیز ثابت است. با درک مستقیم از مدل سولو پیشنهادی و آزمون عبارت برای تولید نهایی داریم:

معادله ۱۶

$$Y = H_Y^{\alpha} L^{\beta} \int_0^{\infty} \bar{x}^{(1-\alpha-\beta)} di = H_Y^{\alpha} L^{\beta} A \bar{x}^{(1-\alpha-\beta)}$$

حال اگر L، H_Y و $\bar{x}$ ثابت باشد، رشد تولید همان نرخ رشد A است. اگر $\bar{x}$ ثابت باشد، آن‌گاه k باید همان نرخ A رشد کند؛ زیرا مصرف کل سرمایه عبارت است از $A\bar{x}\eta$، اگر g نشان دهنده نرخ رشد A، Y و K باشد، از آن‌جا که $\frac{K}{Y}$ ثابت است، نسبت $\frac{C}{Y}$ برابر است با:

معادله ۱۷

$$\frac{C}{Y} = 1 - \frac{K^{\circ}}{Y} = 1 - \frac{K^{\circ}}{K} \cdot \frac{K}{Y}$$

نرخ رشد عمومی g برای تمامی متغیرها عبارت است از:

معادله ۱۸

$$g = \frac{C^{\circ}}{C} = \frac{Y^{\circ}}{Y} = \frac{K^{\circ}}{K} = \frac{A^{\circ}}{A} = \delta H_A$$

در این میان، قید $H_Y = H - H_A$ نیز وجود دارد که بر رابطه بین نرخ رشد g و نرخ بهره r دلالت دارد.

معادله ۱۹

$$g = \delta H_A = \delta H - \frac{\alpha}{(1-\alpha-\beta)(\alpha+\beta)} r$$

این رابطه می‌تواند به صورت تابع زیر خلاصه شود.

معادله ۲۰

$$g = \delta H_A = \delta H - \Lambda r \quad \Lambda = \frac{\alpha}{(1-\alpha-\beta)(\alpha+\beta)}$$

مدل تعدیل شده رومر (۱۹۹۰)

در مدل تعدیل شده رومر، اقتصاد از سه بخش ترکیب شده است: بخش تحقیق که دانش جدید تولید می‌کند، بخش واسطه‌ای که کالاهای سرمایه‌ای جدید تولید می‌کند و بخش کالاهای نهایی که کالای نهایی تولید می‌کند و این کالاها یا مصرف و یا سرمایه‌گذاری می‌شوند. در این‌جا تابع تولید برای کالای نهایی به صورت زیر است:

معادله ۲۱

$$y = (H - H_A)^{\alpha} L^{\beta} \int_0^A x(i)^{1-\alpha-\beta} di$$

که در آن $H_Y = H - H_A$ نیروی کار با کیفیت مشغول در تولید کالای نهایی، H کل سرمایه انسانی موجود در اقتصاد و H_A سرمایه انسانی مشغول در بخش تحقیق است. در اینجا فرض می‌شود که تولید نهایی در کالای سرمایه‌ای $x_{(i)}$ همان گونه است که هرکالای سرمایه‌ای دیگر به همان اندازه به کارگرفته شود. این ویژگی، تقارن کالاهای سرمایه‌ای نامیده می‌شود. بر اساس فرض قرینگی، انباشت کل سرمایه فیزیکی به صورت $K = \eta A x$ نوشته می‌شود و بنابراین با توجه این‌که به $x = \frac{K}{\eta_A}$ و $\overline{\eta} = \eta^{\alpha+\beta-1}$ است، تابع تولید کل عبارت خواهد بود از:

معادله ۲۲

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

با وجود اینکه دانش یک کالای غیررقابتی است، هر بنگاه به انباشت کامل در اقتصاد دسترسی دارد. فرض می‌شود که تولید دانش جدید توسط بنگاه i به صورت ذیل باشد:

معادله ۲۳

$$g_i(i) = \mu H_A(i)^{\gamma} A^{\phi} - \delta_A . A$$

که در آن $H_A(i)$ مقدار سرمایه انسانی است که در جریان تولید توسط بنگاه i مورد استفاده قرار گرفته و δ_A نرخ استهلاک دانش است. این تابع که توسط جونز (۱۹۹۵b) معرفی شده است، با آن‌چه در مدل اصلی رومر (Romer۱۹۹۰) آمده است متفاوت است. در این‌جا بین نیروی کار ماهر H و نیروی کار غیر ماهر L تمایز قائل شده‌ایم.

معادله ۲۴

$$\delta, \phi \in (0,1) \qquad \frac{A^{\circ}}{A} = \mu H_A^{\gamma} A^{\phi-1} - \delta_A$$

در مدل رومر تعمیم یافته یک مسیر BGP وجود دارد. مسیری که در آن نسبت $\frac{K}{Y}$ ثابت و تمامی متغیرها با نرخ ثابت و احتمالاً متفاوتی رشد می‌کنند. بنابراین می‌توان گفت که بر روی مسیر BGP قرار خواهیم داشت:

معادله ۲۵

$$\frac{Y^{\circ}}{Y} = \frac{K^{\circ}}{K} = \frac{C^{\circ}}{C}$$

از طرف دیگر K° برابراست با:

معادله ۲۶

$$K^{\circ} = Y - C - \delta_k . K = \overline{\eta} A^{\alpha+\beta} (H - H_A)^{\alpha} L^{\beta} K^{1-\alpha-\beta} - C - \delta_k . K$$

مفهوم نرخ رشد ثابت این است که:

$$\frac{d(\frac{K^{\circ}}{K})}{dt}=0 \quad \text{و} \quad \frac{d(\frac{A^{\circ}}{A})}{dt}=0$$

با مشتق‌گیری زمانی از رابطه (۲۰) و (۱۳) و قراردادن آن در سمت چپ برابری با صفر زیر نتیجه می‌شود:

معادله ۲۷

$$\frac{K^{\circ}}{K}=\eta+\frac{\gamma}{1-\phi}\cdot\frac{H_A^{\circ}}{H_A}+\frac{H_Y^{\circ}}{H_Y}=\eta+\frac{\gamma}{1-\phi}\eta_H+\eta_H$$

معادله ۲۸

$$\frac{A^{\circ}}{A}=\frac{\gamma}{1-\phi}\cdot\frac{H_A^{\circ}}{H_A}=\frac{\gamma}{1-\phi}\eta_H$$

در حالیکه $H^{\circ}=H.n.H$ و $L^{\circ}=L.n$ است.

معادله ۲۹

$$\frac{Y^{\circ}}{Y}-n-n_H=\frac{K^{\circ}}{K}-n-n_H=(\frac{\gamma}{1-\phi})n_H$$

معادله ۳۰

$$\frac{Y^{\circ}}{Y}=(\frac{\gamma}{1-\phi})n_H+n+n_H$$

معادله ۳۱

$$\frac{Y^{\circ}}{Y}=\frac{A^{\circ}}{A}+\frac{L^{\circ}}{L}+\frac{H^{\circ}}{H}$$

معادلات (۲۹) تا (۳۱) نشان می‌دهد که در مدل تعدیل شده رومر، نرخ‌های رشد درازمدت متغیرهای کلان، از نرخ‌های رشد نیروی کار n و سرمایه انسانی n_H بزرگتر هستند. بنابراین مدل تعدیل شده رومر، رشد سرانه مثبتی را در بلندمدت ایجاد می‌کند.

رابطه (۳۱) نشان می‌دهد که اگر نرخ رشد سرمایه انسانی صفر باشد، نرخ رشد تولید تنها با نرخ رشد نیروی کار برابر است. به عبارت دیگر در مدل تعدیل شده رومر نرخ رشد تولید نه تنها به نرخ رشد نیروی‌کار و سرمایه انسانی بستگی دارد، بلکه به میزان بهره‌وری که توسط سرمایه انسانی ایجاد می‌شود یعنی $(\frac{\gamma}{1-\phi})n_H$ نیز بستگی دارد. به این اعتبار رابطه بین رشد دانش (اختراعات) و تأثیر آن بر بهره‌وری و در نهایت اثر بهره‌وری بر رشد تولید به صورت نظری به هم مربوط می‌شود. در مدل اصلی رومر نرخ رشد متوازن ممکن است توسط سیاست‌های متعارف دولت، مانند

حمایت یارانه‌ای برای سرمایه انسانی بیشتر در بخش تحقیق، تحت تأثیر قرار گیرد. این امر مدل تعدیل شده را از درجه اعتبار ساقط نمی‌کند. در این موارد دولت تنها اگر موفق به بالا بردن نرخ رشد سرمایه انسانی یا تحت تأثیر قرار دادن پارامترهای تابع تولید دانش شود، می‌تواند رشد متوازن را بالا ببرد. به همین دلیل مدل رومر تعدیل شده، اصطلاحاً به مدل‌های رشد نیمه درون‌زا تعلق دارد به این مفهوم که رشد سرانه مثبت در دراز مدت قابل مشاهده است، ولی دولت نرخ رشد متوازن دراز مدت را فقط می‌تواند با افزایش نرخ رشد سرمایه انسانی یا با تحت تأثیر قرار دادن پارامترهای تولید دانش تحت تأثیر قرار دهد. در مدل رومر تعدیل شده، اگر نرخ رشد سرمایه انسانی در بخش تحقیق مثبت باشد، نرخ رشد متغیرهای کلان تنها از نرخ رشد داده کار تجاوز می‌کند. یعنی برای این‌که به یک رشد کلان بزرگتر از نرخ رشد نیروی‌کار دست یابیم، باید انباشت سرمایه انسانی اختصاص داده شده به تولید دانش، در طول زمان افزایش یابد. اما از آن‌جا که نرخ رشد سرمایه انسانی اختصاص داده شده به تولید دانش نمی‌تواند از رشد جمعیتی که درگیر سیاست اقتصادی است تجاوز کند، دولت فقط می‌تواند نرخ رشد کوتاه‌مدت را از طریق برخی سیاست‌ها متاثر سازد. ولی نمی‌تواند برای همیشه نرخ رشد سرانه درازمدت را تحت تأثیر قرار دهد.

مروری برمطالعات تجربی انجام شده

معمولاً مطالعات تجربی مدل‌های رشد، رابطه تحقیق و توسعه و رشد بهره‌وری کل عوامل در سطح بنگاه و سطح صنعت را آزمون می‌کنند. تحقیقات اولیه مربوط به گری‌لیچس (Griliches۱۹۸۰)، گری‌لیچس و لیچ‌تنبرگ (Griliches ۱۹۸۴وLichtenberg) و منسفیلد (Mansfild۱۹۸۰) است که تأثیر فعالیت‌های تحقیق و توسعه را بر رشد TFP بررسی می‌کند.

یک دسته از اولین تجربیات، سرریزهای دانش تحقیق و توسعه را میان صنایع، کشورها و مناطق آزمون کرده‌اند. به عنوان مثال ملی‌شانیو (Melicianiv۲۰۰۰) رابطه بین اختراعات ثبت شده و تحقیق و توسعه را با استفاده از داده‌های بخشی برای ۱۲ کشور OECD بررسی کرده و نتیجه گرفته است که تحقیق و توسعه در تولید اختراعات ثبت شده صنایع مبتنی بر علوم، مؤثرتر است. در حالی که سرمایه‌گذاری فیزیکی در تولیدات صنعت‌بر، اهمیت بیشتری دارد.

گریفیت و دیگران (Griffith۲۰۰۱) با به کارگیری داده‌های تحقیق و توسعه از بیست و دو بخش تولیدی در ۱۴ کشور OECD دریافتند که هم تحقیق و توسعه داخلی و هم تحقیق و توسعه خارجی تأثیر مثبتی روی TFP کل دارد.

گری لیچس (Griliches۱۹۹۰) آمار اختراعات ثبت شده و ویژگی‌های آن‌ها را مستند کرد، او ابتدا توجه را به اهمیت تعداد اختراعات ثبت شده برای ارزیابی تغییرات تکنولوژی جلب کرد و سپس به مشکلات مرتبط با کاربرد داده‌های اختراعات ثبت شده در تحلیل‌های اقتصادی پرداخت. این مشکلات مربوط به اندازه‌گیری و به کارگیری داده‌های تحقیق و توسعه است.

یول کیو (Ulku۲۰۰۲) با استفاده از سطوح مختلف داده‌های کلان برای ۳۶ کشور برای دوره ۱۹۹۷- ۱۹۸۱ به بررسی رابطه بین تحقیق و توسعه و اختراعات، و رابطه اختراعات و رشد اقتصادی می‌پردازد. نتایج نشان‌دهنده بازده مثبت برای تحقیق و توسعه بر حسب اختراعات هم در کشورهای توسعه‌یافته و هم در کشورهای در حال توسعه است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که ارتباط بین اختراعات و رشد اقتصادی مثبت و معنی‌دار است و این ارتباط برای کشورهای در حال توسعه نسبت به کشورهای توسعه‌یافته قوی‌تر است.

یول‌کیو (Ulku۲۰۰۷) رابطه بین شدت تحقیق و توسعه، نرخ ابداعات و نرخ رشد تولید را در چهار بخش تولیدی برای ۱۷ کشور OECD ارائه می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که انباشت دانش، عامل اصلی اختراعات در تمامی چهار بخش تولیدی است و شدت تحقیق و توسعه، نرخ اختراعات را در بخش مواد شیمیایی و بخش الکتریک و الکترونیک و بخش دارو و خدمات پزشکی افزایش می‌دهد. علاوه بر این، نرخ ابداعات اثر مثبتی بر نرخ تولید در تمامی بخش‌ها دارد. کواک و لی (Lee وKwack۲۰۰۶) تجربه رشد کره را از منظر رشد نئوکلاسیکی تحلیل می‌کند. داده‌های سالانه کره برای دوره ۲۰۰۲-۱۹۷۱ مورد استفاده قرار گرفته است تا اهمیت کمّی برخی از تعیین کننده‌های اصلی رشد را آزمون کند. نرخ سرمایه‌گذاری تحقیق و توسعه، آموزش، سال‌های تحصیل، سیاست‌های مالی آزاد سازی، اندازه دولت و ساختار سنی تمامی این آموزش انسانی و ویژگی‌های سرمایه، تأثیر معنی‌داری را روی رشد نشان می‌دهند.

گروسمن (Grossman۲۰۰۷)، در مقاله‌اش کاربردهای مثبت و هنجاری دو معیار جایگزین برای افزایش رشد مبتنی بر تحقیق و توسعه را با هم مقایسه می‌کند: کمک‌های مالی تحقیق و توسعه به بنگاه‌ها و آموزش‌های عمومی با هدف توسعه مهارت‌های علمی و مهندسی S&E. مدلی که برای مهارت‌های S&E در نظر گرفته شده است این است که اشخاص با توانایی‌های نامتجانس این نوع آموزش‌ها را انتخاب می‌کنند.

آلکس پولس (Alexopoulos۲۰۰۶): در یک مدل سیکل تجاری استاندارد، جزء بزرگی از نوسانات به تکانه‌های تکنولوژی نسبت داده می‌شود. متأسفانه شواهد تجربی که نقش تکانه‌های

تکنولوژی را آزمون کنند، کم هستند، بعضاً به این دلیل مشخص که اندازه‌گیری تکانه‌ها مشکل است. در این مقاله شاخص‌های جدیدی از تغییرات تکنولوژی بر اساس کتاب‌های منتشر شده در حوزه تکنولوژی ساخته شده است و با استفاده از این شاخص‌ها، آن‌چه را که به دنبال یک تکانه تکنولوژی برای یک اقتصاد پیش می‌آید، آزمون می‌کنیم. یافته‌های این مقاله نشان می‌دهد که در پاسخ به یک تکانه تکنولوژی مثبت، اشتغال، بهره‌وری کل عوامل (TFP) و سرمایه همگی افزایش معنی‌داری پیدا می‌کند.

دوئی و مینو (Doi, Mino۲۰۰۵): این دو یک مدل دو بخشی تغییرات فنی درون‌زا را مطالعه می‌کنند که توسعه هر بخش تولیدی با سرمایه‌گذاری تحقیق و توسعه بخش خاص همراه است. این تحقیق نشان می‌دهد که الگوی رشد به سرریزهای تکنولوژیکی بین بخشی خاص درست به اندازه ساختار جریانات حساس است.

کریستیان سن (Christian son۲۰۰۶): شواهدی تجربی در عکس‌العمل بهره‌وری نیروی کار به ورود ابداعات جدید نشان می‌دهد. معیار اندازه‌گیری پیشرفت تکنولوژی، داده‌های اختراعات ثبت شده کاربردی در آمریکا برای دوره ۲۰۰۲-۱۸۸۹ است. تحلیل‌ها نشان می‌دهد که بعد از پیشرفت تکنولوژیکی ممکن است موقتاً بهره‌وری نیروی‌کار به زیر روند کاهش یابد. هر چند که اثرات روی بهره‌وری، در قبل و بعد از جنگ جهانی دوم متفاوت است. دوره قبل از جنگ نشان دهنده کندی بهره‌وری در نتیجه ورود یک تکنولوژی جدید است، در حالی که دورهٔ پس از جنگ جهانی دوم این‌گونه نیست. اثرات مثبت تکانه‌های تکنولوژی بلافاصله در داده‌های بهره‌وری دوره بعدی آشکار می‌شود.

الگوی تحقیق و تجزیه و تحلیل مدل تجربی

در این قسمت پس از تبیین چارچوب تئوریک، مدل‌هایی را به منظور پاسخ‌گویی به سئوالات اصلی مقاله در نمونه‌های مورد بررسی، طرح‌ریزی می‌نماییم. پیش از این اشاره شد این تحقیق شامل سه نمونه است: الف- نمونه کامل که شامل همه کشورها است.[۱] ب- نمونه بدون کشورهای

۱- این کشورها عمدتاً شامل ۲۷ کشور آرژانتین، استرالیا، اتریش، بلژیک، کانادا، دانمارک، فنلاند، فرانسه، آلمان، یونان، مجارستان، ایسلند، ایرلند، ایتالیا، ژاپن، کره، لوکزامبورگ، مکزیک، هلند،

گروه۷ که در این تحقیق به عنوان نماینده کشورهای در حال‌توسعه در نظر گرفته می‌شود. ج- نمونه کشورهای گروه ۷[۱] که در این تحقیق به عنوان نماینده کشورهای توسعه‌یافته در نظر گرفته می‌شود.

اولین گام درتحلیل مدل‌های رشد مبتنی بر تحقیق و توسعه، کشف رابطه بین فعالیت‌های تحقیق و توسعه و اختراعات است و دومین گام بررسی رابطه اختراعات و رشد اقتصادی است. بدین منظور در این تحقیق، پنج تابع معرفی و مورد برآورد قرار خواهد گرفت. که عبارتند از: تابع تولید دانش (اختراع) با توجه به مخارج ناخالص تحقیق و توسعه، تابع تولید کل با توجه به انباشت اختراعات ثبت شده[۲]، تابع تولید کل با توجه به مخارج تحقیق و توسعه، رشد TFP با توجه به انباشت اختراعات ثبت شده و رشد TFP با توجه به مخارج تحقیق و توسعه.

روش برآورد توابع

به منظور برآورد توابع و روابط اصلی این مقاله که شرح تفصیلی آن در ادامه می‌آید، از سه روش اقتصاد سنجی استفاده خواهد شد. که عبارتند از: ۱- روش حداقل مربعات معمولی(OLS) ۲- رگرسیون‌های به ظاهر نامرتبط (SUR) ۳- روش حداقل مربعات تعمیم یافته (GLS)

در تمامی تجزیه و تحلیل‌های رگرسیونی هم از داده‌های تابلویی و هم از متوسط داده‌های مقطعی استفاده خواهد شد. مزیت تحلیل‌های مقطعی بر تحلیل‌های تابلویی این است که این تحلیل‌ها مشکلات بالقوه ویژه‌ای همانند همبستگی سریالی و خودهمبستگی که برای داده‌های سری‌های زمانی به وجود می‌آید را برطرف می‌کند .علاوه بر این تحلیل‌های مقطعی به خاطر مزیت تکنیکی‌شان، به ما اجازه می‌دهند تا واریانس مقطعی کشور را برای متغیرها جدای از واریانس سری‌های زمانی مورد بررسی قرار دهیم. متوسط داده‌ها این مزیت را دارد که شامل مشاهدات تمامی سال‌ها است.

برآورد تابع تولید دانش باتوجه به مخارج تحقیق و توسعه

نیوزلند، نروژ، پرتقال، اسپانیا، سوئد، سوئیس، انگلستان و آمریکا است.

۲- این کشورها شامل هفت کشور کانادا، آلمان، فرانسه، ژاپن، ایتالیا، انگلستان و آمریکا است. به دلیل فقدان اطلاعات برای کشور روسیه در دوره مورد نظر این نمونه شامل این کشور نمی‌باشد.

2- Patent Stock

این بخش با استفاده از داده‌های مخارج تحقیق و توسعه و جریان اختراعات ثبت‌شده،[1] رابطه تحقیق و توسعه و اختراعات را برای ۲۷ کشور و طی در دوره ۲۰۰۴-۱۹۸۱ بررسی می‌کند. بر اساس مدل‌های رشد مبتنی بر تحقیق و توسعه، انتظار می‌رود که رابطه مثبت و معناداری بین مخارج تحقیق و توسعه و تعداد اختراعات ثبت شده وجود داشته باشد. معادله رگرسیونی که در این‌جا از آن استفاده می‌شود، از معادله (۱۲) ناشی می‌شود:

معادله ۳۲

$$A^{\circ} = AH^{\theta}$$

در معادله فوق A° جریان اختراعات ثبت شده (جریان دانش)، A انباشت دانش و H سرمایه اختصاص داده شده به تحقیق و توسعه را نشان می‌دهد. اگر از معادله بالا لگاریتم بگیریم داریم:

معادله ۳۳

$$Log(A^{\circ}) = Log(A) + \theta Log(H)$$

یعنی یک درصد افزایش سرمایه انسانی در بخش تحقیق و توسعه، اختراعات را θ درصد افزایش می‌دهد و یک درصد افزایش در انباشت دانش A اختراعات را یک درصد افزایش می‌دهد. نتیجه رابطه فوق معادله رگرسیونی ذیل است:

معادله ۳۴

$$Log(Patentflow) = \alpha_0 + \alpha_1 Log(GERDStock) + \varepsilon_t$$

در تحلیل‌های تجربی ممکن است از انباشت اختراعات ثبت شده، برای اندازه‌گیری انباشت دانش A استفاده شود، اما از آنجا که متغیر وابسته جریان اختراعات ثبت شده است، این دو متغیر به صورت پی‌درپی به هم وابسته هستند. علاوه بر این در سمت راست معادله Patent Stock و GERDبه دو دلیل به هم وابسته خواهند بود، اولا: به دلیل وجود رگرسیون غیر واقعی و ثانیا: هم خطی مرکب زیاد.

به این دلیل متغیر انباشت دانش[2] از این تحلیل حذف، و برای جبران آن انباشت GERDبه جای جریان GERD استفاده می‌گردد، بر اساس این بینش که مخارج تحقیق و توسعه سال‌های قبل، شامل برخی اطلاعات درباره انباشت دانش می‌باشد.

جدول(۱) نتایج تحلیل رگرسیونی داده‌های تابلویی را برای جریان اختراعات ثبت شده با توجه به انباشت مخارج ناخالص تحقیق و توسعه گزارش می‌کند. با دقت در ارقام به دست آمده می‌توان نتایج زیر را استنتاج نمود:

1- Patent Flow
2- Knowledge Stock

نتایج برآورد برای هر سه نمونه و در هر سه روش مثبت و معنادار است.

برای هر سه نمونه مورد بررسی، یک درصد افزایش در انباشت GERD در هر دو روش داده‌های ترکیبی pooled و سالهای با متغیر مجازی یک، جریان اختراعات ثبت شده را بیشتر از یک درصد افزایش می‌دهد. اما وقتی که اثرات خاص کشوری در یک رگرسیون اثرات ثابت وارد می‌شود، مقادیر این ضرایب به کمتر از یک تقلیل می‌یابد که به ترتیب برای هر سه نمونه در سه ستون آخر جدول ۶۴/، ۰/۶۹ و۰/۵۹می‌باشد.

این واقعیت که بازده مخارج تحقیق و توسعه درکشورهای در حال‌توسعه، از میزان آن در کشورهای توسعه‌یافته بیشتر است (۰/۶۹در مقابل ۰/۵۹ستون‌های ۸ و ۹جدول یک) به این معنی است که اولا، بازده نزولی نسبت به اختراعات وجود دارد. ثانیا، تابع بخش تحقیق و توسعه در کشورهای در حال‌توسعه با کشورهای توسعه‌یافته متفاوت است.

درمجموع تمامی رگرسیون‌ها ازضریب R^2 تعدیل شده بالایی برخوردارند. که نشان می‌دهد بخش زیادی از تغییرات جریان اختراعات توسط تغییرات انباشت GERD توضیح داده می‌شود و این توضیح‌دهندگی در رگرسیون اثرات ثابت برای تمامی نمونه‌ها بالاتر است.

هر چند در رابطه با مقادیر عرض از مبداء رگرسیون‌ها نمی‌توان تفسیر خیلی واقعی انجام داد، ولی اگر بهترین تفسیر جزء عرض از مبداء این باشد که آن را به عنوان میانگین تاثیر تمام متغیرهای حذف شده از مدل در نظر بگیریم، می‌توان گفت که عرض از مبداء برای نمونه کشورهای توسعه‌یافته مثبت و برای دو نمونه دیگر منفی است. امری که نشان‌دهنده وجود زیرساخت‌های نسبتا مناسب برای پیش‌برد جریان اختراعات در کشورهای توسعه‌یافته و تاخیر نسبتا زیاد آن برای کشورهای درحال‌توسعه است.

جدول ۲ متغیرهای مخارج تحقیق و توسعه و اختراعات را به صورت سرانه در نظر می‌گیرد. این جدول نشان می‌دهد که یک درصد افزایش در مخارج سرانه تحقیق و توسعه به میزانی بیش از یک درصد بر انباشت سرانه اختراعات اثر می‌گذارد و این تأثیر همواره مثبت و معنی‌دار است. در این میان گروه کشورهای G7 در هر سه روش رگرسیونی بیشترین تاثیر را بر انباشت سرانه اختراعات تجربه می‌کنند.

جدول(۱)- نتایج تحلیل رگرسیونی داده‌های تابلویی جریان اختراعات ثبت شده با توجه به انباشت مخارج ناخالص تحقیق و توسعه

Table1:EGLS pooled and fixed effect regression (25 countries, 1981-2004) dependent variable: ln(patent flows)			
Estimation	**Pooled regression**	**Only year dummies**	**Fixed effect**

method									
Sample	Full sample	G-7 exc...	Only G-7	Full sample	G-7 exc...	Only G-7	Full sample	G-7 exc...	Only G-7
Constant	-22	-21.4	-22	-24.9	-26.67	-26.48	-9.38	-10.93	-6.8
	-71.35	-39.2	-25	-55.8	-29.15	-36.8	-17	-16.65	-6
Ln (GERD Stock)	1.19	1.16	1.19	1.3	1.38	1.37	.64	.69	.59
	92.72	48.47	34.97	68.76	34.22	48.43	27.33	23.7	13.4
Adjusted R2	0.98	0.95	0.96	0.91	0.79	0.96	0.99	0.98	0.96
Observation	553	385	144	553	385	144	553	385	144

مأخذ: برآورد محققین

به ترتیب در رگرسیون اثرات ثابت، با سال‌های دامی و رگرسیون تلفیقی مقادیر ۱/۱۷ و ۲/۰۷ و ۱,۹۸ برای کشورهای G7 در مقابل ۰/۹۹، ۱/۸۸ و ۱/۶۴ برای گروه کشورهای در، حال‌توسعه به دست آمده است. این نتایج گویای آن است که زمینه افزایش انباشت سرانه اختراعات، در اثر افزایش سرانه مخارج جاری تحقیق و توسعه در کشورهای توسعه‌یافته نسبت به کشورهای درحال‌توسعه، فراهم‌تر است. (رقم ۱/۱۷ درمقابل ۰/۹۹ در رگرسیون اثرات).

جدول (۲)- تأثیر افزایش در مخارج سرانه تحقیق و توسعه بر انباشت سرانه اختراعات

Table 2: pooled and fixed effect regression (25 countries, 1981-2004)
dependent variable: log(patent Stock/pop)

Estimation method	Pooled regression			Only year dummies			Fixed effect		
Sample	Full sample	G-7 exc...	Only G-7	Full sample	G-7 exc...	Only G-7	Full sample	G-7 exc...	Only G-7
Constant	-18.9	-18.6	-20.33	-20.4	-20	-20.89	-15.11	-15.4	-15.3
	-116.9	-101	-72.11	-117.5	-94	-63.9	-122	-106	-56
Ln (GERD /pop)	1.71	1.64	1.98	1.95	1.88	2.07	1.03	.99	1.17
	63.84	52	43.29	65	49.3	39.02	47.6	38.48	29.3
Adjusted R2	0.993	0.97	0.99	0.95	0.92	0.945	0.998	0.996	0.998
Observation	562	394	168	562	394	168	562	394	168

مأخذ: برآورد محققین

تأثیر متوسط مخارج سرانه تحقیق و توسعه را بر متوسط انباشت سرانه اختراعات در دوره ۱۹۸۱ تا ۲۰۰۴ در دو حالت با در نظرگرفتن GDP اولیه و بدون آن، برای دو نمونه کامل و نمونه کشورهای به استثناء کشورهای توسعه یافته با رگرسیون داده‌های مقطعی مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج در تمامی چهار حالت اثرات مثبت و معنی‌دار، کوچک‌تر از یک (درحدود ۰/۳۰) را نشان می‌دهد. ضرائب موجود به خوبی نشان می‌دهند که میزان GDP اولیه تاثیر چندانی بر متوسط

جریان سرانه اختراعات ندارد. در یک جمع‌بندی کلی از نتایج سه جدول فوق می‌توان به تاثیر مثبت اثرات مخارج تحقیق وتوسعه، چه به صورت مقطعی و چه به صورت سری زمانی، بر جریان اختراعات و انباشت سرانه اختراعات، هم برای کشورهای توسعه‌یافته، و هم برای کشورهای در حال‌توسعه اذعان نمود.

برآورد تابع تولید کل با توجه به اختراعات

بر اساس آنچه پیش از این اشاره شد، می‌توان تابع کاب داگلاس تجدید نظر شده را به صورت زیر نوشت:

$$Y_t = L_t^{\alpha} K_t^{1-\alpha} P_t^{\gamma}$$ معادله ۳۵

که در آن Y تولید کل، L نیروی کار، K انباشت سرمایه و p انباشت اختراعات ثبت شده‌ای است که از تولیدات جدید نمایندگی می‌کند و جایگزین x_i درمدل رومر ۱۹۹۰ می‌شود. با لگاریتم گرفتن از تابع تولید فوق، معادله رگرسیونی زیر را نتیجه می‌گیریم:

$$Log(Y_t) = \alpha Log(L_t) + (1-\alpha) Log(K_t) + \gamma Log(P_t)$$ معادله ۳۶

نتایج برآورد این مدل در جداول ۳ و ۴ آمده است.

جدول ۳ نتایج برآورد معادله (۳۶) را برای دوره ۱۹۸۱ تا ۲۰۰۴ ارائه می‌کند. ضرایب انباشت اختراعات، در هر سه روش، در اکثر موارد مثبت و معنی‌دار است و میزان آن برای گروه کشورهای توسعه‌یافته همواره بیشتر از گروه کشورهای در حال‌توسعه است. (به ترتیب مقادیر ۰/۱۱، ۰,۱۳- و ۰/۲۰ درستون‌های ۳، ۶ و۹ برای گروه کشورهای G7 در مقابل مقادیر ۰/۰۲۷، ۰/۰۱۹و ۰/۱۵ در ستون‌های ۲ ، ۴ و ۸ برای گروه کشورهای در حال‌توسعه) به عبارت دیگر براساس رگرسیون اثرات ثابت، یک درصد تغییر در انباشت اختراعات ثبت شده میزان GDP را در کشورهای توسعه‌یافته ۰/۲۰ و در کشورهای در حال‌توسعه ۰/۱۵ افزایش می‌دهد. با وارد کردن سال‌های دامی این تفاوت بسیارعمیق‌تر می‌شود. اگرچه این ضریب برای کشورهای توسعه‌یافته معنی‌دار نیست، ولی در کشورهای در حال‌توسعه به ۰/۰۱۹ کاهش می‌یابد. تاثیر یک درصد افزایش در انباشت سرمایه بر GDP برای کشورهای توسعه‌یافته ۰/۳۶، در مقابل ۰/۴۴ برای کشورهای در حال‌توسعه است (ستون‌های ۹ و ۸ در رگرسیون اثرات ثابت).

جدول (۳)- برآورد تابع تولید کل با توجه به انباشت اختراعات در دوره ۱۹۸۱ تا۲۰۰۴

Table3 : EGLS pooled and fixed effect regression (25 countries, 1981-2004)
dependent variable: ln (GDP)

Estimation method	Pooled regression			Only year dummies			Fixed effect		
Sample	Full sample	G-7 exc...	Only G-7	Full sample	G-7 exc...	Only G-7	Full sample	G-7 exc...	Only G-7
Constant	1.22	1.52	3.96	1.05	1.6	-1.9	3.32	3.98	4.5
	12.35	12	3.65	6.74	10	-1	10.46	9.5	7.2
Ln(Employment)	.015	.04	-.03	.02	.06	.11	.73	.62	.67
	2.7	5	-1.5	2.98	8.2	2.9	23.3	14.7	12.7
Ln(Capital stock)	.92	.9	.83	.93	.89	1	.4	.44	.36
	143	101	21.7	106	95	15.5	22	19	12.5
Ln(patent Stock)	.037	.027	.11	.031	.019	-.13	.13	.15	.20
	12.8	7.7	3	7.7	5.3	-1.98	20	18	13.6
Adjusted R2	0.99	0.999	0.999	0.998	0.999	0.999	0.999	0.999	0.997
Observation	575	375	175	575	375	175	575	375	175

مأخذ: برآورد محققین

جدول (۴)- برآورد تابع تولید کل با توجه به انباشت اختراعات در دوره ۱۹۸۱ تا۲۰۰۴

Table4: EGLS Pooled and fixed effect regression Analysis (26 countries, 1981-2004) dependent variable: ln (GDP)									
Estimation method	**Pooled regression**			**Only year dummies**			**Fixed effect**		
Sample	Full sample	G-7 exc..	Only G-7	Full sample	G-7 exc..	Only G-7	Full sample	G-7 exc..	Only G-7
Constant	0.55	1.08	2.3	.61	1.41	3.3	5.03	4.9	4.67
	5.09	6.23	7	3.85	6.5	15.6	13.3	9.6	6.5
Ln (Employment)	.02	.05	.035	.019	.06	.05	.76	.80	.70
	3.08	6.5	3.02	2.65	6.24	8	22.47	17.18	13.25
Ln (Capital Stock)	.96	.91	.92	.96	.90	.88	.29	.29	.33
	138.5	93.44	61.8	106.9	71.7	96.6	12.56	8.9	9.03
Ln (Patent Stock)	.024	.011	-.032	.024	.005	-.05	.11	.10	.15
	9.9	2.40	-4.13	6	.86	-9.9	17.14	13.3	11.08
Ln (Import-Export)	.08	-.15	.34	.14	-.16	.34	-.16	-.27	-.07
	2.78	-3.3	4.73	3.05	-2.9	7.36	-6.9	-7.20	-2.26
Ln (jurnal)	-.026	-.016	-.059	-.03	-.016	-.07	.09	.07	.068
	-9.88	-4.4	-9.6	-9.1	-4.03	-17.1	11.85	4.9	8.89
Adjusted R2	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
Observation	530	369	161	530	369	161	530	369	161

مأخذ: برآورد محققین

به منظور بررسی بیشتر میزان استحکام ضرایب انباشت اختراعات ثبت شده، متغیرهای اشتغال و انباشت سرمایه بر GDP، دو متغیر نسبت واردات به صادرات و تعداد مجلات علمی منتشر شده را به رگرسیون پیشین وارد می‌کنیم تا اثرات بالقوه این دو متغیر را روی GDP محاسبه نماییم. نتایج برآورد این رابطه جدید درجدول ۴ آمده است.

نسبت واردات به صادرات نشان‌دهنده درجه آزادی کشورها و بیانگر اثرات سرریز تکنولوژی

است و فرض می‌شود که تعداد مجلات علمی منتشر شده، کیفیت نیروی انسانی را نمایندگی کند. به لحاظ نظری رابطه مثبتی بین خالص واردات کالاهای تولیدی و رشد اقتصادی یک کشور وجود دارد. به ویژه کشورهایی که واردات کالاهای تولیدی صنعتی بیشتری دارند. زیرا مطالب بیشتری درباره تکنولوژی و فنون از دیگر کشورها می‌آموزند و این به بهره‌وری بیشتر نیروی کار و سرمایه منجر می‌شود. بنابراین، نسبت به کشورهایی که واردات کالاهای تولیدی کمتری دارند، به احتمال قوی سریع‌تر رشد می‌کنند. به طور مشابه انتظار می‌رود که بین تعداد مجلات علمی منتشر شده و رشد اقتصادی رابطه مثبتی وجود داشته باشد، زیرا انتظار می‌رود هر چه این تعداد بیشتر باشد بهره‌وری نیروی کار و سرمایه بیشتر شود.

در جدول ۴ همان‌طور که در رگرسیون اثرات ثابت ملاحظه می‌شود، با وارد کردن دو متغیر جدید در مدل، تاثیر یک درصد افزایش در اشتغال، انباشت سرمایه و انباشت اختراعات بر GDP، برای کشورهای توسعه‌یافته به ترتیب از ۰/۶۷، ۰/۳۶ و ۰/۲۰ (ستون ۹ جدول ۳) به ۰/۷۰، ۰/۳۳ و ۰/۱۵ (ستون ۹ جدول ۴) تغییر یافته است. این ارقام برای کشورهای در حال‌توسعه به ترتیب از ۰/۶۲، ۰/۳۵ و ۰/۱۶ (ستون ۸ جدول ۳) به ۰/۸۰، ۰/۲۹ و ۰/۱۰ تغییر یافته است (ستون ۸ جدول ۴). ملاحظه می‌شود که وارد کردن این دو متغیر به مدل، منجر به کاهش سهم تاثیر انباشت اختراعات بر GDP می‌شود، که بخشی از این کاهش را می‌توان به متغیر تعداد مجلات علمی نسبت داد. به ترتیب ۰/۰۶۸ و ۰/۰۷۰ در ستون‌های ۹و۸ رگرسیون اثرات ثابت. در حالی که این سهم برای اشتغال و انباشت سرمایه تغییر چندانی نمی‌کند.

برآورد رشد بهره‌وری کل عوامل (TFP) با توجه به اختراعات:

از نقطه نظر تئوریک، فرض بر این است که اختراعات نیروی محرکه رشد اقتصادی و رشد TFP است. بنابراین تاثیر اختراعات بر رشد TFP و GDP باید نتایج مشابهی داشته باشد. تنها اختلاف بین این دو تحلیل از جزئیات تکنیکی ناشی می‌شود. اگر چه برآورد تابع تولید با توجه به داده‌هایش، بر برآورد رشد TFP برتری دارد، زیرا هیچ گونه محدودیتی بر مدل تحمیل نمی‌کند. اما با این وجود به دلیل مشکل هم‌زمانی بین تولید و نهاده‌هایش، ممکن است این مدل نتایج تورش‌داری ارائه کند. درمقابل رشد TFP مشکل هم‌زمانی بین تولید و داده‌هایش را برطرف می‌کند، ولی ضرائب نیروی کار و انباشت سرمایه را به یک محدود می‌سازد.

با توجه به این حقیقت که رشد TFP با تغییرات تکنولوژیکی برابر است و تغییرات

تکنولوژیکی نیز با نرخ رشد دانش به اضافه جمله پسماند برابر است، می‌توان نوشت:

$$TFPG_t = \Delta Log(A_t) + e_t \qquad \text{معادله ۳۷}$$

معادله بالا می‌تواند با محاسبه مقدار TFP از تابع تولید به آسانی آزمون شود. با جایگزینی رشد انباشت اختراعات ثبت شده برای نرخ رشد دانش، معادله رگرسیون برای رشد TFP با توجه اختراعات به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$TFP_{growth} = \alpha + \beta\Delta Log(PatentStock) + e_t \qquad \text{معادله ۳۸}$$

نتایج تحلیل رگرسیونی رشد TFP با توجه به انباشت اختراعات ثبت شده در جداول ۵ و۶ آمده است. نتایج مندرج در جدول ۵ گویای رابطه مثبت و معنی‌دار بین رشد اختراعات و رشد TFP برای هر سه نمونه هم در رگرسیون تلفیقی و هم در رگرسیون اثرات ثابت است. ملاحظه می‌شود که این تاثیر در رگرسیون اثرات ثابت بیشتر است. البته تاثیر رشد اختراعات بر رشد TFP در کشورهای توسعه‌یافته از کشورهای در حال‌توسعه بیشتر می‌باشد. رقم ۰/۴۴ و ۰/۳۵ در ستون‌های ۹ و ۳ برای گروه G7 در مقابل ارقام ۰/۰۹ و ۰/۶۵ در ستون‌های ۸ و ۲ برای کشورهای در حال‌توسعه.

جدول (۵)- نتایج رگرسیون داده‌های تابلویی رابطه رشد اختراعات و رشد TFP

Table5: EGLS Pooled and fixed effect regression Analysis(26 countries, 1981-2004) dependent variable: TFP growth									
Estimation method	**Pooled regression**			**Only year dummies**			**Fixed effect**		
Sample	Full sample	G-7 exc..	Only G-7	Full sample	G-7 exc..	Only G-7	Full sample	G-7 exc..	Only G-7
Constant	0.002	0.004	-0.009	0.006	0.008	-0.001	0.00	0.003	-0.013
	1.9	3.7	-4.1	7.4	8.06	-1.00	.67	2.7	-5.64
ΔLn(patent Stock)	.09	.065	.35	.02	.013	.11	.12	.09	.44
	7.02	4.84	7.5	2.3	1.26	4.02	7.54	5.4	8.53
Adjusted R2	0.08	0.045	0.25	0.49	0.45	0.78	0.15	0.15	0.29
Observation	548	380	168	548	380	168	548	380	168

مأخذ: برآورد محققین

برای سنجش میزان استحکام نتایج به دست آمده در جدول ۵ دو متغیر نسبت واردات به صادرات و تعداد مجلات علمی منتشر شده را به مدل (۳۸) می‌افزاییم. نتایج برآورد رابطه جدید در جدول ۶ آورده شده است.

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، هم در رگرسیون تلفیقی و هم در رگرسیون اثرات ثابت، کماکان رابطه مثبت و معنی‌داری بین رشد اختراعات و رشد TFP در هر سه نمونه وجود دارد.

اگرچه میزان این تاثیر به دلیل واردشدن دو متغیر مذکور، به طور نسبی کاهش یافته است. در جمع‌بندی از نتایج دو جدول ۵ و ۶ می‌توان گفت که رابطه مثبت و معنی‌داری بین رشد اختراعات و رشد TFP در هر دو دسته کشورهای توسعه‌یافته و در حال‌توسعه وجود دارد.

جدول (۶)- نتایج رگرسیون داده‌های تابلویی رابطه رشد اختراعات و رشد TFP

Table6: EGLS Pooled and fixed effect regression Analysis(26 countries, 1981-2004) dependent variable: TFP growth									
Estimation method	**Pooled regression**			**Only year dummies**			**Fixed effect**		
Sample	Full sample	G-7 exc..	Only G-7	Full sample	G-7 exc..	Only G-7	Full sample	G-7 exc..	Only G-7
constant	0.006	0.006	-0.003	0.009	0.001	0.0011	0.0065	0.008	-0.005
	5.4	5.09	-1.2	10.18	9.76	6.4	5.71	5.63	-2.15
ΔLn(patent stock)	.038	.03	.26	.004	.003	-.14	.037	.026	.30
	4.04	3	5.62	.48	.34	-3.53	3.45	2.4	6.6
ΔLn(import/ Export)	.027	.033	-.023	.0016	.017	-.032	.027	.032	-.02
	2.22	2.56	-.80	1.66	1.58	-1.9	2.21	2.44	-.83
ΔLn(JOURNAL)	.021	.029	.006	.0084	.003	-.013	.02	.024	-.03
	1.80	2.19	.21	.99	.032	-.49	1.54	1.69	1.05
Adjusted R2	0.034	0.036	0.18	0.44	0.44	0.74	0.096	0.11	0.24
Observation	503	373	130	503	373	130	503	373	130

مأخذ: برآورد محققین

برآورد تابع تولید دانش با توجه به R&D با استفاده از رگرسیون داده‌های مقطعی:

نتایج حاصله در این قسمت، تأثیر مثبت متوسط رشد انباشت مخارج تحقیق و توسعه را بر میانگین رشد جریان اختراعات و همچنین میانگین رشد انباشت اختراعات نشان می‌دهد که ضریب افزایش انباشت مخارج تحقیق و توسعه نسبت به جریان اختراعات ثبت شده، در هر دو حالت (با لحاظ GDP اولیه و بدون آن) مثبت و معنی‌دار است و مقدار آن برای کشورهای توسعه‌یافته خصوصا با لحاظ GDP اولیه، بیش از کشورهای در حال‌توسعه است (۱/۲۹ و ۱/۹۸ برای کشورهای توسعه‌یافته در مقابل ۱/۲۱ و ۱/۸۱ در کشورهای درحال‌توسعه) که این گویای فراهم‌تر بودن زمینه در کشورهای توسعه‌یافته نسبت به درحال‌توسعه است. علاوه بر این نتایج به دست آمده از تاثیر مثبت افزایش در متوسط رشد GERD بر متوسط رشد جریان اختراعات گزارش می‌دهند که در هر دو حالت و برای هر دو نمونه مثبت و معنی‌دار است.

برآورد تابع تولید کل با توجه به اختراعات با استفاده از رگرسیون داده‌های مقطعی:

تحلیل‌های رگرسیونی با استفاده از متوسط لگاریتم داده‌ها نشان می‌دهد که بدون در نظر گرفتن مقدار GDP اولیه، یک درصد افزایش در انباشت اختراعات منجر به ۰,۰۲ درصد افزایش در GDP برای نمونه کامل و ۰,۰۱ درصد افزایش در GDP برای نمونه به استثناء G7 (گروه کشورهای در حال‌توسعه) می‌شود. با در نظر گرفتن GDP اولیه این ضرائب، به ۰/۰۱۶ برای نمونه کامل و ۰/۰۱۸ برای نمونه به استثناء G7 تغییر می‌یابد. ملاحظه می‌شود که با وارد کردن درآمد اولیه (که گویای اندازه اقتصادی کشور می‌باشد)، مقدار ضرائب برای نمونه کامل کمی کاهش و در کشورهای در حال‌توسعه افزایش یافته است (۰/۱۸)، این به مفهوم آن است که هرچه این کشورها کمتر ثروتمند باشند اثر یک درصد افزایش در انباشت اختراعات بر GDP آن‌ها بیشتر است که گویای بازده نزولی اختراعات در میان این کشورها است. کشورهای توسعه‌یافته به دلیل فراوانی بیشتر اختراعات از بازده کمتری برخوردارند. البته، مقدار این ضرائب برای دو نمونه (با در نظر گرفتن GDP اولیه) بسیار نزدیک به یکدیگر است (۰/۱۶ در مقابل ۰/۱۸) با وارد کردن دو متغیر دیگر در مدل می‌توان تاثیر یک درصد افزایش در انباشت اختراعات را بر GDP مجددا ارزیابی نمود. نتایج این ارزیابی مجدد در مورد نمونه کامل (با در نظرگرفتن GDP اولیه و بدون آن) مثبت و معنی‌دار است و نشان می‌دهد که مقادیر ضرائب از ۰/۲۰ و۰/۱۶ به ۰/۳۰ افزایش یافته است. نتایج در عین حال گویای آن است که در یک مدل کامل‌تر میزان GDP اولیه، تاثیر یک درصد افزایش در انباشت اختراعات بر GDP را در کشورهای توسعه‌یافته تغییر نمی‌دهد.

برآورد رشدTFP با توجه به اختراعات با استفاده از رگرسیون داده‌های مقطعی:

پیش از این رابطه بین رشد TFP و رشد انباشت اختراعات را با استفاده از روش داده‌های تابلویی بررسی کردیم. در این‌جا با استفاده از داده‌های مقطعی به روش GLS و با استفاده از میانگین داده‌ها به تبیین مجدد این رابطه می‌پردازیم. نتایج برآورد نشان می‌دهد یک درصد افزایش در متوسط رشد انباشت اختراعات، تاثیر مثبت و معنی‌داری بر متوسط رشد TFP دارد. این ضریب برای نمونه کامل (کشورهای توسعه‌یافته)، با درنظرگرفتن مقدار GDP اولیه و بدون آن در حدود ۰/۰۶ می‌باشد. علاوه بر این، نتایج برآوردها مقدار این ضریب را برای نمونه کشورهای درحال‌توسعه به ترتیب ۰/۳۷ و ۰/۵۰ ارزیابی می‌کند. برآورد بعدی نیز نشان می‌دهد که با اضافه کردن دو متغیر متوسط رشد نسبت واردات به صادرات و متوسط رشد تعداد مجلات علمی به مدل، این تاثیر استحکام خود را حفظ می‌کند و مقادیر آن در حدود ۰/۰۶ تا ۰/۰۷ برای هر دو نمونه ثابت باقی

می‌ماند. نکته قابل ذکر دیگر این‌که یک درصد رشد در GDP اولیه فقط حدود ۰/۰۸ تا ۰/۰۹ درصد متوسط رشد TFP را در نمونه کشورهای درحال‌توسعه افزایش می‌دهد و برای کشورهای توسعه‌یافته این ضرائب بی‌معنی است و به این مفهوم است که اندازه اقتصادی کشورها تاثیر اندکی بر متوسط رشد TFP دارد.

تحلیل‌های داده‌های تابلویی رابطه مخارج ناخالص R&D و GDP

جداول ۷ و ۸ تاثیر یک درصد افزایش در GERD را بر GDP گزارش می‌کند. جدول ۷ نشان می‌دهد که مقدار این ضریب برای هر سه نمونه و در هر سه روش رگرسیونی مثبت و معنی‌دار است. تاثیر یک درصد افزایش در GERD بر GDP در رگرسیون اثرات ثابت برای هر دو نمونه کشورهای توسعه‌یافته و در حال‌توسعه مشابه یکدیگر و معادل ۰,۲۸ است (ستون‌های ۸ و ۹). البته مقدار این ضرائب در رگرسیون تلفیقی و رگرسیون با سال‌های دامی در دو نمونه بسیار متفاوت است. مقدار آن برای کشورهای گروه ۷ در دو روش، به ترتیب ۰/۳۹ و ۰/۶۲ است (ستون‌های ۳ و ۶) و برای کشورهای در حال‌توسعه به ترتیب ۰/۰۸ و ۰/۳۵(ستون‌های۲ و ۵) است. با وارد کردن دو متغیر نسبت واردات به صادرات و تعداد مجلات علمی به مدل، تاثیر یک درصد افزایش در GERD را بر GDP مجددا بررسی کرده‌ایم. نتایج جدول ۸ نشان می‌دهد که در اینجا نیز ضرائب رگرسیون اثرات ثابت و رگرسیون تلفیقی برای هر دو نمونه کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه مشابه یکدیگر است (به ترتیب درحدود ۰/۲۴ و ۰/۳۰در ستون‌های ۸، ۹ و ۲، ۳). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تاثیر GERD بر GDP برای هر دو نمونه کشورهای در حال‌توسعه و توسعه‌یافته یکسان است و از استحکام لازم نیز برخوردار می‌باشد. تاثیر یک درصد افزایش در تعداد مجلات علمی بر GDP همواره مثبت و معنی‌دار است.

جدول(۷)- نتایج رگرسیون داده‌های تابلویی رابطه مخارج ناخالص R&D و GDP:

Table 7: pooled & fixed effect regression analyses (25 countries 1981-2004) Depended variable: ln(GDP)									
Estimation method	**Pooled regression**			**only year dummies**			**fixed effected**		
Sample	Full sample	G-7 exc	Only G-7	Full sample	G-7 exc	Only G-7	Full sample	G-7 exc	Only G-7
Constant	0.62	1.14	3.9	0.68	1.7	5.23	2.14	286	1.46
	8.23	8.67	7.8	4.84	8.6	9.5	7.66	8.22	2.26
Ln(employment)	.005	.035	-.086	.018	.06	-.14	.69	.78	.44
	.90	4.45	-5.7	2.17	5.9	-6.45	23.69	22	7.14
Ln(capital stock)	.877	.86	.57	.88	.86	.36	.29	.19	.44
	114.5	84	12	69.7	65.5	5.9	14.13	8.3	9.9

Ln(GERD)	.10	.08	.39	.088	.035	.62	.26	.28	.28
	15.7	8.74	8.22	8.15	3.09	9.63	31	33.9	9.34
Adjusted R2	0.99	0.99	0.99	0.99	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99
Observation	524	356	168	524	356	168	524	356	168

مأخذ: برآورد محققین

تحلیل‌های رگرسیونی به ظاهر نامرتبط (SUR):

اگرچه آزمون علیت گرنجری بین GDP، انباشت اختراعات ثبت شده و مخارج تحقیق و توسعه نشان می‌دهد که این متغیرها به صورت هم‌زمان تعیین شده‌اند، اما در تحلیل‌هایی که تاکنون انجام شد فرض بر این بود که جمله خطا در GDP از جمله خطا در اختراعات ثبت شده مستقل است. بنابراین در واقع جملات خطا ممکن است همبسته باشند. در شرایط وجود هم‌زمانی بین متغیرها، تخمین زننده‌های OLS کارا نمی‌باشند. تحلیل SUR خطای معیار تخمین‌زننده‌ها را با توجه به همبستگی بین متغیرهای سمت راست و جمله خطا تصحیح می‌کند و بنابراین یک تخمین‌زننده کارا از پارامترها ارائه می‌دهد. از نظر تحلیل تجربی رابطه بین انباشت اختراعات ثبت شده، مخارج تحقیق و توسعه و تولید ناخالص داخلی به صورت زیر تصریح شده است.

معادله ۳۹

$$LogY_t = \beta_0 + \beta_1 LogK_t + \beta_2 LogL_t + \beta_3 LogP_t + e_{1t}$$
$$LogP_t = \alpha_1 LogR_t + e_{2t}$$
$$LogR_t = \eta_0 + \eta_1 LogP_t + e_{3t}$$

که درآن $Y_t, K_t, L_t, P_t.R_t$ به ترتیب اشاره به مخارج تحقیق و توسعه، انباشت اختراعات ثبت شده؛ نیروی کار، انباشت سرمایه و تولید ناخالص داخلی دارد. تخمین SUR که از مدل بالا ارائه می‌شود هم با داده‌های مقطعی و هم با داده‌های تابلویی انجام می‌شود.

جدول(۸)- نتایج رگرسیون داده‌های تابلویی رابطه مخارج ناخالص R&D و GDP:

Table 8: pooled & fixed effect regression analyses (25 countries 1981-2004) Depended variable: ln (GDP)									
Estimation method	**Pooled regression**			**only year dummies**			**fixed effect**		
Sample	Full sample	G-7 exc	Only G-7	Full sample	G-7 exc	Only G-7	Full sample	G-7 exc	Only G-7
Constant	2.17	2.04	5.8	1.87	2.44	5.67	3.47	3.6	4.44
	16.5	10.3	20.2	10.15	9.4	23.8	10.48	10.21	6.2
Ln(employment)	-0.005	.0300	-0.16	0.009	0.07	-0.18	0.78	0.87	0.52
	-0.89	3.8	-14	1.17	6.66	-18.3	27.7	28.25	10
Ln(capital stock)	.84	.85	.51	.86	.88	.48	.19	.13	.25
	94.5	73.0	18	66.6	58.8	18.2	9	6	5.47
Ln (GERD)	.042	.030	0.32	.026	-0.05	0.37	0.23	0.24	0.25

	4.56	3.75	10.4	1.61	-2.4	13.7	25.8	25.35	8.05
ln(import-export)	.24	-.013	.25	.22	-16	0.14	-0.14	-0.23	0.036
	10.1	-.29	6.2	5.16	-2.9	3.2	6.13	-8.48	1.16
ln(journal)	.11	0.065	0.27	0.10	0.06	0.28	0.06	0.04	0.15
	14.6	5.9	18.9	7.83	4.7	21	6.37	3.77	8.2
Adjusted R2	0.999	0.99	0.99	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99
observation	499	338	161	499	338	161	499	338	161

مأخذ: برآورد محققین

جدول ۹ نتایج تحلیل رگرسیونی SUR را برای داده‌های تابلویی در روش تلفیقی نشان می‌دهد. مطابق با برآورد معادله اول مشاهده می‌شود که تاثیر یک درصد رشد در انباشت اختراعات بر رشدGDP همواره مثبت و معنی‌دار و مقدار آن برای کشورهای در حال‌توسعه دو برابرکشورهای توسعه‌یافته است. (۰/۲۴ برای کشورهای در حال‌توسعه در مقابل ۰/۱۲ در کشورهای توسعه‌یافته) در معادله دوم این جدول که اثرات مخارج تحقیق و توسعه را بر رشد انباشت اختراعات مورد ارزیابی قرار داده است، همواره یک درصد رشد در مخارج تحقیق و توسعه بیش از یک درصد رشد در انباشت اختراعات ایجاد می‌کند. این ارقام در کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه به یکدیگر نزدیک است. (به ترتیب ۱/۴ در مقابل ۱/۳۸). معادله سوم جدول ۱۶ نشان می‌دهد که اثرات رشد در انباشت اختراعات و GDP بر مخارج تحقیق و توسعه مثبت، معنی‌دار ولی کوچک‌تر از یک است. اثر یک درصد افزایش در انباشت اختراعات بر افزایش مخارج تحقیق و توسعه به ترتیب در کشورهای در حال‌توسعه و توسعه‌یافته ۰/۳۹ و ۰/۴۹ است. این ارقام برای تاثیر یک درصد رشد در GDP بر مخارج تحقیق و توسعه به ترتیب در کشورهای در حال‌توسعه و توسعه‌یافته ۰/۵۸ و ۰/۴۲ است.

جدول (۹)- نتایج تحلیل رگرسیونی SUR برای داده‌های تابلویی

TABLE9:Seemingly Unrelated Pooled regression analysis (25 countries,1981-2004)			
Estimation method	**Pooled Regression**		
Sample	**Full sample**	**exc.. G-7**	**Only G-7**
Dependent Variable:	**Ln GDP**		
Constant	1.47	2.11	5.98
	8.03	9.8	4.06
Ln employment	0.024	0.510	0.022
	2.97	5.09	0.73
Ln capital stock	0.90	0.87	0.73
	93.24	71.4	13.5
Ln patent stock	0.04	0.24	0.12
	8.52	5.14	2.37
Adjusted R2	0.99	0.98	0.95

of observation	524	356	168
Dependent Variable:	Ln patent stock		
Constant	-22.9	-23.3	-24
	-47.12	-23.5	-42.6
Ln GERD	1.36	1.38	1.4
	62.83	30.02	60.3
Adjusted R2	0.87	0.68	0.95
of observation	524	356	168
Dependent Variable:	Ln R&D Expenditure		
Constant	4.6	4.1	7.6
	15.27	9.3	12.43
Ln patent stock	0.4	0.39	0.49
	50.6	39.2	33.9
Ln GDP	0.56	0.58	0.42
	42.9	32.24	15.9
Adjusted R2	0.97	.930	0.98
observation	524	356	168

مأخذ: برآورد محققین

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

از مجموع نتایج فوق می‌توان به چند یافته رسید:

یک: سرمایه‌گذاری در بخش تحقیق و توسعه در هر دو گروه کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته موجب افزایش در جریان اختراعات می‌شود و این بازده در کشورهای در حال‌توسعه نسبت به کشورهای توسعه‌یافته بیشتر است. به ویژه این‌که تاثیر رشد مخارج تحقیق و توسعه بر رشد جریان اختراعات درکشورهای در حال‌توسعه، شش برابر کشورهای توسعه‌یافته است.

این موضوع به دو نحو قابل تفسیر است. تفسیر اول این‌که، مخارج تحقیق و توسعه از بازده کاهشی برخوردار است و به همین دلیل سرمایه‌گذاری تحقیق و توسعه، درکشورهای توسعه‌یافته که نزدیک به حد بالای اختراعات قرار دارند، منجر به بازده چندان بالاتری در آن بخش نمی‌شود. تفسیر دیگر این است که توابع بخش‌های تحقیق و توسعه در کشورهای توسعه‌یافته با کشورهای در حال توسعه متفاوت است. بخش تحقیق و توسعه در کشورهای توسعه‌یافته به ایده‌های اصلی و پایه می‌پردازد؛ در حالی‌که این بخش در کشورهای در حال‌توسعه از ایده‌های شکل گرفته در کشورهای توسعه‌یافته تقلید می‌کند. بنابراین مخارج تحقیق و توسعه مشابه در دو گروه کشورها، منجر به تعداد اختراع بیشتری در کشورهای در حال‌توسعه نسبت به کشورهای توسعه‌یافته می‌شود. این به مفهوم آن است که کیفیت اختراعات در دو گروه کشورها با هم متفاوت است.

دو: اثر افزایش در اختراعات بر افزایش GDP درکشورهای توسعه‌یافته بیشتر از کشورهای در

حال‌توسعه است. این امر می‌تواند تحت تاثیر عوامل مختلفی باشد:

اول، اختراعات در کشورهای توسعه‌یافته از کیفیت بالاتری نسبت به کشورهای در حال‌توسعه برخوردار است. در نتیجه این کشورها از درآمد بیشتری نسبت به کشورهای در حال‌توسعه برخوردار می‌شوند. این برخورداری هم از رهگذر کیفیت تولیدات و هم به دلیل امکان ایجاد بازار انحصاری در برخی موارد می‌تواند حاصل شود.

دوم، به این دلیل که کشورهای توسعه‌یافته از سرمایه انسانی و فیزیکی با کیفیت‌تری نسبت به کشورهای در حال‌توسعه برخوردارند؛ دارای بهره‌وری بالاتری هستند. لذا می‌توانند از اختراعات یکسان به نحو کاراتری نسبت به کشورهای درحال‌توسعه استفاده کنند. این نظریه را تاثیر رشد اختراعات ثبت شده بر رشد TFP نیز تایید می‌کند.

سوم، اصلا ممکن است تعداد اختراعات ثبت شده شاخص خوبی برای فعالیت در زمینه اختراع نمودن برای کشورهای در حال‌توسعه نباشد. زیرا ممکن است در این کشورها انگیزه‌های به ثبت رساندن یک ایده جدید بالا نباشد. چون حمایت ضعیفی از حقوق مالکیت معنوی و قیمت‌های بالا برای ثبت یک ایده جدید، می‌شود.

سه: سرمایه‌گذاری در بخش تحقیق و توسعه تاثیرات مثبت و معنی‌داری بر افزایش GDP در هر دو گروه کشورهای توسعه‌یافته و در حال‌توسعه 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.

چهار: اثر افزایش در تعداد مجلات علمی منتشر شده بر افزایش GDP، درکشورهای توسعه‌یافته حدود چهار برابر این اثر در کشورهای در حال‌توسعه است. دلیل آن این است که مقالات علمی، بهره‌وری نیروی انسانی را در کشورهای توسعه‌یافته نسبت به کشورهای در حال‌توسعه بیشتر تحت تاثیر قرار می‌دهد.

پنج: سهم سرمایه در GDP برای کشورهای در حال‌توسعه از این سهم در کشورهای توسعه‌یافته بیشتر است. برعکس سهم نیروی‌کار در GDP برای کشورهای توسعه‌یافته از مقدار آن برای کشورهای در حال‌توسعه بیشتر است. این یافته را از دو زاویه می‌توان تحلیل کرد: از یک طرف به دلیل وجود بازده نزولی سرمایه در کشورهای توسعه‌یافته تشکیل سرمایه در حد بالایی صورت گرفته است. در مقابل، هنوز در کشورهای در حال‌توسعه، ظرفیت‌های خالی فراوانی برای سرمایه‌گذاری باقی است. به دلیل وجود بازده نزولی، یک واحد افزایش در انباشت سرمایه میزان

تولید ملی در کشورهای توسعه‌یافته را در مقایسه با کشورهای در حال‌توسعه کمتر افزایش می‌دهد. از طرف دیگر بهره‌وری نیروی‌کار در کشورهای توسعه‌یافته نسبت به کشورهای درحال‌توسعه بالاتر است. لذا یک درصد افزایش در نیروی‌کار، میزان GDP را درکشورهای توسعه‌یافته نسبت به کشورهای در حال‌توسعه بیشتر افزایش می‌دهد.

در مجموع نتایج به دست آمده در این مقاله حاکی از رابطه مثبت و معنی‌دار بین اختراعات، مخارج تحقیق و توسعه، GDP و رشد TFP در هر دو دسته کشورهای در حال‌توسعه و توسعه‌یافته است. اگر چه در مواردی مقدار این ضرائب کوچک هستند، ولی همواره معنی‌دارند. اگر ما به این واقعیت توجه کنیم که نه تعداد حق ثبت اختراعات و نه مخارج تحقیق و توسعه تنها منبع برای اختراع نمی‌باشند، آشکار می‌شود که عمدتا باید تاکید بر وجود رابطه مثبت و پایدار بین این متغیرها باشد و این همان مطلبی است که نظریه رومر بر آن تاکید می‌کند.

References:

1- Aghion philippe, Howitt peter (1998) "**Endogenous Growth theory**". MIT press, Cambridge, MA.
2- Aghion philippe, Howitt Peter (1992) "**A model of growth through creative destruction**," *Econometrica*, 60 (2) pp. 323-351.
3- Alexopoulos Michelle (2006) "**Read all about it! What happens following a technology shock**?" University of Toronto.
4- Arrow, K.J (1962) "**The Economic Implication of learning by Doing**." *Review of Economic Studies,* XXIX (June), PP. 155-173.
5- Barro .R J. (1990) "**Government spending in a simple model of enogenous growth**," *Journal of political Economy*, PP. S103-S12.
6- Barro Robert J (1991) "**Economic Growth in a Gross – section of countries**."*Quarterly Journal of Economic* 106:PP. 407-443.
7- Barro Robert J, Jong – Wholee (1993) "**International comparisons of Educational Attainment**". *Journal of Monetary Economics* 32:PP. 263-394.
8- Barro Robert J, Xavier Sala I-Martin (1995)" **Economic Growth**." New York: Mc Graw-Hill.
9- Christianson, Lone E. (2006) "**Do technology shocks lead to productivity slowdowns? Evidence from patent data**," Job Market Paper, October 2006.
10- Christiano Lawrence J, Eichenbaum Martin, Vigfusson Robert (2004) "**what happens After a Technology shock**?"
11- Coe, David T, Helpman Elhana, Hoff Moister Alexander W. "**North – South R&D spillovers**". NBER Working Paper No. 5048.
12- Doi Junko, Mino Kazvo (2005) "**Technological spillovers and patterns of growth with sector –specific R&D**," *Journal of Macroeconomics,* 27, PP. 557-578.
13- Eicher Teo (1996) "**Interaction between endogenous human capital and technological change**," *Review of Economic studies*, 63:PP. 127-145.

14- Eicher Teo (1999) "**Trade, development and converting growth rates game from trade reconsidered**,"*Journal of International Economics*, 49, PP. 179-198.
15- Gordon Robert J (April 1987). "**Productivity, Wages, and Prices Inside and Outside of Manufacturing in the U.S., Japan, and Europe**," *European Economic Review*, 310X PP. 685-739.
16- Griffith R. Reddings von Reenen J (2001) "**Mapping the two faces of R&D: productivity growth in a panel of OECD countries**". Working paper No. 02/00 (the Institute for Fiscal studies, London)
17- Griliches, Z, (1980) "**Returns to R&D expenditures in the private sector. In: Kendrick, K. Vaccara, B. (Eds), New developments in productivity Measurement**". Chicago University Press, Chicago, IL.
18- Griliches, Z, Lichtenberg, F, (1984) "**R&D and productivity growth at the industry level: Is there still a relationship**" in Griliches, Z. [Ed,], R&D Patents and productivity, NBER and Chicago University Press, Chicago IL.
19- Griliches, Z., Mairesse Jacques (1984) "**Productivity and R&D at the Firm Level**," in Zvi Griliches, ed., R&D, patents, and productivity". Chicago; University of Chicago Press, , PP: 339-74
20- Griliches, Z (1986) "**Productivity, R&D and basic research at the firm level in the 1970's**."*American Economic Review*, 76, PP. 141-54.
21- Griliches, Z. (1990) "**Patent Statistics as Economic Indicators: A survey**," *Journal of Economic Literature*, 28, PP. 1661-1708.
22- Griliches Z., B. H. Hall, A. Pakes (1991) "**R&D Patents and Market value Revisited: Is there a Technological Opportunity Factor**?" *Journal of Economics of Innovation and New Technology* 1, PP.183-201.
23- Griliches, Zvi (1994) "**Productivity, R&D, and the data constraint**," *American Economic Review,* Vol. 84, No. I, PP.2-10.
24- Grossmen .G.M, Helpman. E (1989). "**International Trade with Endogenous Technical change**," *European Economic Review*, PP.971-100.
25- Grossman G.M, Helpman. E (1991). "**Quality ladders in the theory of growth**."Review of Economic studies 58:PP. 43-67.
26- Grossman, Volker (2005). "**How to promote R&D growth? Public education expenditure on scientists and engineers versus R&D subsidies**." Journal of macro economics xxx (2007) xxx-xx.
27- Hall Bronwyn H. , Hall Robert E. "**The Value and Performance of U.S. Corporations**."Brookings Papers on Economic Actwity, 1993,(1), PP. 1-50.
28- Jones C.I (2005). "**Growth and ideas**," in Aghion P. Durlauf, S. (Eds) Hand book of Economic Growth, Vol. IB- North – Holland, Amsterdam: PP.1063-1111.
29- Kwack Sung Yeung, Lee Young sun (2006) "**Analyzing the Korea's growth experience: The application of R&D and human capital based Growth models with demography**," *Journal of Asian Economics*, 17, PP. 812-831.
30- Lucas Robert E. (1988) "**on the Mechanism of Economic Development**," *Journal of Monetary Economics,* 22: 3-42.
31- Lucas. R (1988) "**On mechanics of Economics Development**," *Journal of Monetary Economics* pp. 3-12.
32- Mankiw N, Gregory (1998) "**Principles of Macro Economics**," Dryden.

33- Melicianiv (2000) "**The Relationship between R&D, investment and Patents: A Panel data analysis**,"*Applied Economics*, 32:PP. 1429-37.
34- Romer Paul M. (1986) "**Increasing Returns and long – Run Growth**," *Journal of Economy*, 94: PP.1002-1037.
35- Romer Paul M. (1987a) "**Crazy Explanations for the productivity slow down**". *NBER Macro economics Annual*, 2: PP.153-202.
36- Romer Paul M. (1987b) "**Growth based on Increasing returns due to specialization**" *American Economic Review*, 77 (2): PP.56-52
37- Romer P.M (1990) "**Endogenous Technological Change**," *Journal of Political Economy*, PP. 71-102.
38- Romer Paul M. (1994) "**The origins of Endogenous Growth**," *Journal of Economic Perspectives* 8(1):PP. 3-22.
39- Rosenberg N. (1982) "**Inside the Black Box: Technology and Economics**," Cambridge University Press, Cambridge, UK.
40- Schumpeter J.A. (1934)"**The theory of Economic Development**," Cambridge, Mass, Harvard University Press.
41- Schumpeter Joseph A. (1951) "**The Theory of Economic Development: An Enquiry into profits, capital, credit, Interest and the business cycle**," Cambridge, MA. Harvard University Press.
42- Solow R M (1959) "**Investment and Technology progress**". in Arrow K. Karbin, P (Eds), Mathematical Methods in the social Sciene, Stanford University Press, Stanford.
43- Ulku Hulya (2002) "**R&D, Invention and Economic Growth**." Brandeis University, Watham, Massachusetts.
44- Ulku Hulya (2007) "**R&D, Invention and Growth: Evidence from Four manufacturing sectors in OECD countries**,"*Oxford Economic Papers* 2007.
45- Uzawa, Hirofumi (1965) "**Optimal Technical Change in anAggregative Model of Economic Growth**,"*International Economic Review*, 16, PP.18-31.

Received: 20 Jul 2009
Accepted: 16 May 2009