برآورد سری زمانی شاخص دانش در اقتصاد ایران با روش لوینسون و پترین

علی حسین استادزاد[1]، ابراهیم هادیان[2]،
کریم اسلاملوئیان[3]، احمد صدرایی جواهری[4]

تاریخ دریافت: ۹٤/٦/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۵/۲/۱۱

چکیده

بر اساس پژوهش انجام شده تحقیق و توسعه (R&D) نقش مهمی در رشد کشورها دارد. سرمایه‌گذاری در بخش تحقیق و توسعه باعث افزایش سطح دانش و افزایش سطح دانش، بهره وری تولید را افزایش خواهد داد و از کانال افزایش بهره‌وری رشد اقتصادی بهبود می‌یابد. در مطالعات بسیاری که در مورد تحقیق و توسعه صورت گرفته است از شاخص یکسانی برای این متغیر استفاده نشده است. علت این امر گزارش نشدن نیروی کار و همچنین سطح سرمایه در بخش تحقیق و توسعه به علت پیچیدگی محاسبات و اندازه-گیری‌های این متغیر غیر قابل مشاهده می‌باشد. در این مطالعه سطح دانش به عنوان یک

[1]. دانشجوی دکتری اقتصاد دانشگاه شیراز (نویسنده مسئول) Email: aostadzad@yahoo.com
[2]. دانشیار بخش اقتصاد دانشگاه شیراز Email: ehadian@rose.shirazu.ac.ir
[3]. دانشیار بخش اقتصاد دانشگاه شیراز Email: keslamlo@rose.shirazu.ac.ir
[4]. استادیار بخش اقتصاد دانشگاه شیراز Email: sadraei@rose.shirazu.ac.ir

متغیر غیر قابل مشاهده در تولید در نظر گرفته شده است و با استفاده از روش LP و OP سری زمانی این متغیر طی دوره ۱۳۵۳-۱۳۹۳ برای اقتصاد ایران استخراج شده است. برآورد این سری زمانی می‌تواند راه گشایی برای مطالعات مهمی در آینده و در زمینه تحقیق و توسعه باشد. الگوریتم و روش مورد استفاده در این مقاله به صورتی طراحی شده است، که قابلیت استفاده برای سایر کشورها را نیز داشته باشد. بر اساس روش LP، نتایج تحقیق نشان می دهد که طی دوره ۴۰ ساله سطح دانش برای اقتصاد ایران دارای روندی صعودی با نرخ رشد ۰/۴۲ درصد به طور میانگین برای هر سال بوده است. این نرخ رشد برای کشور آمریکا به طور میانگین ۱/۱۲ درصد در سال بوده است.

واژه‌های کلیدی: سطح دانش، مخارج R&D، متغیرهای غیر قابل مشاهده، اقتصاد ایران
طبقه‌بندی JEL : Q30: C61 :C49: C15

۱. مقدمه

کشورهای مختلف برای ایجاد دانش و نوآوری‌های تولیدی در بخش تحقیق و توسعه (R&D) و فعالیت‌های مربوط به آن سرمایه‌گذاری می‌کنند. این سرمایه‌گذاری‌ها در R&D دارایی‌هایی را برای شرکت‌ها با تقویت بهره‌وری‌شان ایجاد خواهد کرد. که مشابه سرمایه‌گذاری‌های آن‌ها در بخش‌های سرمایه فیزیکی می‌باشد. با توجه به بررسی صورت گرفته در بخش پیشینه پژوهش، سری زمانی قابل دسترس برای حجم سرمایه در بخش R&D و همچنین سری زمانی سطح دانش برای اقتصاد ایران وجود ندارد. یکی از اهداف این تحقیق برآورد سری زمانی متغیر غیر قابل مشاهده سطح دانش برای اقتصاد ایران طی سال های ۱۳۵۳-۱۳۹۳ با روش‌های غیر پارامتری (روش LP و OP) می‌باشد.

توابع تولید، نهاده‌های تولید (مانند سرمایه و نیروی‌کار) را به خروجی‌های تولید مرتبط می‌کنند. عمده مسئله اقتصادسنجی که در تخمین توابع تولید با آن مواجه می باشیم، این احتمال است که عوامل تعیین‌کننده‌ای در تولید وجود دارند که در محاسبات مشاهده نمی‌شوند اما در واقعیت وجود دارند. اغلب مطالعات پیشین به حل این مسئله درون‌زایی اختصاص یافته‌اند. دوتا از اولین جواب‌های این مسئله تخمین متغیرهای ابزاری (IV) و تخمین اثرات ثابت[1] در داده‌های پنلی هستند. تخمین IV نیازمند یافتن متغیرهایی است که به متغیرهای ورودی مشاهده شده وابسته هستند، اما به متغیرهای غیرقابل مشاهده‌ای که تولید را تعیین می‌کنند وابسته نیستند. این شیوه‌ها در حل این مسائل درون‌زایی موفق نبوده‌اند. ازاین‌رو جستجو برای یافتن شیوه‌های بهتر برای تشخیص پارامترهای تابع تولید ادامه یافته است (بلاندل و باند[2] (۲۰۰۰)).

در مطالعات گذشته چندین تکنیک جدید برای برآورد روابط مختلف از جمله برآورد توابع تولید معرفی شده است. یک سری از این مطالعات از تکنیک‌های داده‌های پانلی پویا[3] پیروی می‌کند مانند آرلانو و بوور[4] (۱۹۹۵)، بلاندل و باند (۲۰۰۰). مطالعات دسته دوم از تکنیک‌ها که اُلی و پیکس (OP)[5] (۱۹۹۶) و لوینسون و پترین (LP)[1] (۲۰۰۳) از آن طرفداری می‌کنند، تا

1. Fixed effects estimation
2. Blundell and Bond
3. Dynamic panel data
4 . Arellano and Bover
5. Olley and Pakes

حدودی ماهیت ساختاری‌تری دارد. این دو روش از متغیرهای ورودی مشاهده‌شده[۲] برای کنترل تکانه‌های بهره‌وری مشاهده نشده استفاده می‌کنند[۳]. دسته دوم این تکنیک‌ها یعنی روش LP در تعداد زیادی از مطالعات تجربی اخیر به‌کار رفته است. از جمله پاوسنیک[۴] (۲۰۰۲)، سیواداسان[۵] (۲۰۰۴)، فرناندز[۶] (۲۰۰۳)، اوزلر و ییلماز[۷] (۲۰۰۱)، تُپالووا[۸] (۲۰۰۳)، بلالاک و گرتلر[۹] (۲۰۰۴) و آلوارز و لوپز[۱۰] (۲۰۰۵).

در این تحقیق از روش LP و OP، به منظور برآورد سری زمانی متغیر غیر قابل مشاهده سطح دانش برای اقتصاد ایران استفاده شده است. این روش بر مبنای نظرات اُلی و پیکس و لوینسون و پترین است. بعد از توسعه الگو و روش‌شناسی برآورد یعنی روش OP و LP، الگو برای اقتصاد ایران طی دوره ۱۳۵۳ تا ۱۳۹۳ بسط داده شده و سری زمانی متغیر غیر قابل مشاهده سطح دانش برآورد شده است. ذکر این نکته ضروری است که با توجه به مطالعات صورت گرفته متغیر غیرقابل مشاهده سطح دانش برای اقتصاد ایران برآورد نشده است. بنابراین در مطالعات مختلف از شاخص‌های متفاوتی برای برآورد این متغیر استفاده شده است. به این منظور اولین نوآوری این تحقیق استخراج سری زمانی متغیر سطح دانش برای اقتصاد ایران طی دوره ۱۳۵۳-۱۳۹۳ می باشد. از طرفی تمام برنامه نویسی روش LP و OP توسط نویسندگان در نرم افزار متلب نوشته شده است. این بسته به صورت نرم افزاری نوشته شده است که برای کشورهای مختلف قابل اجرا است.

این مقاله در پنج قسمت تنظیم شده است. در قسمت دوم پیشینه پژوهش ارائه می گردد. قسمت سوم به مبانی نظری و ساختار الگو اختصاص دارد. کاربردی کردن الگو و

---

1. Levinsohn and Petrin
2. Observed input decisions
۳. در مبانی نظری روش LP و OP به صورت کامل مورد بررسی قرار گرفته است.
4. Pavcnik
5. Sivadasan
6. Fernandes
7. Ozler and Yilmaz
8. Topalova
9. Blalock and Gertler
10. Alvarez and Lopez

الگوریتم بسط داده شده و برآورد های سری زمانی سطح دانش در قسمت چهارم توضیح داده شده است. قسمت نهایی به جمع بندی و نتیجه گیری اختصاص دارد.

۲. پیشینه‌ی پژوهش

در این قسمت به بررسی مطالعات مختلف در زمینه برآورد تحقیق و توسعه، مشکلات تخمین و همچنین بررسی ارتباط تحقیق و توسعه و سطح بهره وری پرداخته شده است.

یک انگیزه اصلی برای افزایش هزینه‌های تحقیق و توسعه (R&D) در حال، گسترش حجم سرمایه در بخش تحقیق و توسعه در آینده به عنوان منبع مهم رشد اقتصادی است. در بحث‌های بین المللی فعلی تحقیق و توسعه به عنوان دارایی شرکت‌های خصوصی، دولت، دانشگاه‌ها و دیگر سازمان های بدون سود[1] در نظر گرفته شده است.

هزینه‌های تحقیق و توسعه باید به عنوان سرمایه گذاری برای افزایش سرمایه مدنظر قرار گیرد. با این حال R&D از چندین جنبه متفاوت از انواع سرمایه‌گذاری به عنوان سرمایه[2] است. یک ویژگی اصلی R&D این است که پرداخت سود برای تحقیق و توسعه محدود به سرمایه‌گذاران اصلی نیست، بلکه به شرکت‌های رقیب، عرضه کنندگان R&D و تقاضاکنندگان نیز وابسته است.

یک دیدگاه گسترده تر درباره تحقیق و توسعه باید شامل سرریز دانش باشد که یک موضوع اصلی در بحث‌های رشد بهره‌وری است. رومر[3] (۱۹۹۰) در مورد R&D به عنوان یک کالای غیررقیب[4] بحث می‌کند که استفاده از آن توسط یک شرکت یا فرد کاربردش را برای شرکت های دیگر محدود نمی کند. رومر انحصار را هم مدنظر می‌گیرد و اشاره می‌کند که نتایج کاربردی R&D می‌تواند تا حدی برای استفاده بقیه محدود شود و تنها شرکتی که به نتایج تحقیق دست یافته است از آن نتایج استفاده کند. یعنی رومر بحث سرریز دانش را در نظر نمی‌گیرد.

---

1. Nonprofit Organization
2. Capital Investment
3. Romer
4. Nonrival Goods

در اکثر مطالعات سرمایه، کار و عوامل دیگر به کار رفته در بخش R&D به عنوان نهاده‌های به کار رفته برای رشد بهره‌وری در نظر گرفته شده است. بنابراین وقتی تحقیق و توسعه برای توضیح رشد بهره وری به کار گرفته می‌شود، سود تخمین زده شده برای تحقیق و توسعه، بیشتر از ارزش خصوصی این منابع می‌شود (نرداس[1]، ۲۰۰۴، بامول[2] ۲۰۰۰ و ندیری[3] ۱۹۹۳)

سؤال مهم دیگر در تامین سرمایه تحقیق و توسعه این است که چه بخش از R&D باید به عنوان سرمایه‌گذاری در نظر گرفته شود. نظر جمعی فعلی بر این است که همه تحقیق و توسعه‌های خصوصی، دولتی یا دانشگاهی باید به عنوان سرمایه‌گذاری در R&D مدنظر قرار گیرند. با این‌حال دو مسئله مطرح می شود. ابتدا اشکال بسیاری از تحقیق و توسعه ارزش اقتصادی کمی دارند و به رشد کمکی نمی‌کنند. پس آیا آنها باید به عنوان سرمایه گذاری محسوب شوند؟ دوم اگر تحقیقات اصلی با سرمایه عمومی و تحقیقات خصوصی هر دو سرمایه‌گذاری باشند، مقداری خاصی از محاسبه مضاعف[4] رخ می دهد. (گروه کانبرای[5] (۲۰۰۶))

با این‌حال همه هزینه‌های تحقیق و توسعه خصوصی می‌توانند به عنوان سرمایه‌گذاری در نظر گرفته شود. چون این هزینه ها همگی با انتظار یک سود تجاری انجام شده است و ممکن است سودهایی را به همراه داشته باشد. برعکس بخش‌های گسترده‌ای از تحقیقات دانشگاه و دولت با انتظارات کم یا چشم انداز سود تجاری غیرمستقیم انجام می گیرد. مثلا بخش کوچکی از تحقیقات صورت گرفته توسط دانشگاه ها سود تجاری دارد.

قرار دادن هزینه‌های تحقیق و توسعه در سیستم حسابهای ملی کشورها سؤالات مهم جدیدی را برای آمارشناسان در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه ایجاد کرده است. بسیاری از مزایای تحقیق و توسعه توسط سرمایه‌گذاران اصلی حاصل نشده است. بلکه از

1. Nordhaus
2.Baumol
3. Nadiri
4. Double Counting
5. Canberra II group

یک شرکت به شرکت‌های دیگر و یا از یک کشور به کشوری دیگر منتقل شده است. از آنجا که اثرات دارایی‌های R&D و سرریز R&D افقهای زمانی متفاوتی دارند، داشتن داده‌های حجم R&D ملی برای اهداف مختلف مفید است. بر اساس شواهد مورد نظر R&D با بودجه خصوصی در صنعت باید به عنوان سرمایه گذاری مدنظر باشد و در حجم سرمایه R&D مربوطه گنجانده شود.

بر اساس بررسی صورت گرفته توسط نویسندگان شاخص سطح دانش برای اقتصاد ایران به صورت مستقیم برآورد نشده است. در این مطالعه به دنبال یافتن سری زمانی سطح دانش برای اقتصاد ایران می‌باشیم.

۳. مبانی نظری و ساختار الگو

در این مطالعه فرض می‌کنیم که سطح دانش یک متغیر غیر قابل مشاهده است. با توجه به دو روش OP و LP به برآورد سری زمانی این متغیر برای اقتصاد ایران خواهیم پرداخت. در ادامه مروری اجمالی بر تکنیک‌های الی/ پیکس[1] (OP) و لوینسون/پترین[2] (LP) خواهیم داشت.

تکنیک الی/ پیکس (OP)

فرم کلی تابع تولید کاب داگاس لگاریتمی به شکل زیر می باشد.

$$y_t = \beta_k k_t + \beta_l l_t + \omega_t + \varepsilon_t \qquad (۱)$$

که در این رابطه y_t لگاریتم تولید، k_t لگاریتم سرمایه و l_t لگاریتم نیروی کار (نهاده‌های تولید) در زمان t می‌باشد. در رابطه (۱) دو متغیر غیرقابل مشاهده وجود دارد (ω_t, ε_t). با توجه به رابطه (۱)، ω_t لگاریتم سطح دانش و ε_t نشان دهنده مقادیر باقیمانده در تابع تولید است. توزیع این دو متغیر غیر قابل مشاهده مهم است.

1. Olley/Pakes
2. Levinsohn/Petrin

متدولوژی‌های OP و LP دارای رویکرد ساختاری‌تری نسبت به سایر روش های مرسوم برای برآورد پارامترهای تولید می‌باشند. در روش OP عملکرد یک اقتصاد در طول زمان گسسته در نظر گرفته می‌شود و تصمیماتی در اقتصادگرفته می‌شود که ارزش تنزیل شده فعلی در سودهای جاری و آینده به حداکثر برسد. فرض ابتدایی این روش این می-باشد که عبارت بهره‌وری ω_t برون‌زا تکامل می‌یابد و این تکامل فرایند مرتبه اول مارکوف می‌باشد، یعنی:

$$p(\omega_{t+1} \mid I_t) = p(\omega_{t+1} \mid \omega_t) \qquad (۲)$$

که در آن I_t مجموعه اطلاعات در زمان t است. تحقق فعلی و گذشته ω یعنی ($\omega_t, \omega_{t-1}, ..., \omega_0$) بخشی از I_t فرض شده است. این نکته مهم است که این قضیه تنها یک فرض اقتصادسنجی بر مبنای ویژگی‌های عوامل غیرقابل مشاهده نیست. این همچنین یک فرض اقتصادی در مورد چیزی است که پیش‌بینی‌های یک شرکت درباره‌ی بهره‌وری آینده ω_{t+1} را تعیین می کند، یعنی این پیش‌بینی‌ها تنها به ω_t وابسته هستند.

فرض OP این است که نیروی کار یک نهاده غیر پویا (برونزا) است. در مقابل، فرض می‌شود که سرمایه یک ورودی پویا است، که وابسته به یک فرایند سرمایه‌گذاری است. به‌خصوص که در هر دوره اقتصاد درباره سطح سرمایه‌گذاری i_t تصمیم می‌گیرد. این سرمایه‌گذاری به‌طور اجتناب‌ناپذیری بر حجم سرمایه آتی می‌افزاید، که به این معناست که

$$k_t = \kappa(k_{t-1} \mid i_{t-1}) \qquad (۳)$$

این هم مهم است که بدانیم این فرمول به طور ضمنی اشاره می‌کند که حجم سرمایه در اقتصاد در دوره‌ی t در دوره $t-1$ محاسبه شده است. مبنای اقتصادی این عمل این است که سرمایه جدید ممکن است نیازمند یک دوره کامل برای سفارش دادن، تحویل دادن و نصب تجهیزات باشد.

با توجه به فروض بالا نوآوری پیش‌بینی نشده ω_t بین $t-1$ و t وابستگی زمانی[1] ندارند، یعنی:

$$\omega_t - E\left[\omega_t \mid I_{t-1}\right] = \omega_t - E\left[\omega_t \mid \omega_{t-1}\right] \qquad (۴)$$

این خاصیت عمود بودن در ادامه با تشکیل یک گشتاور برای تعیین β_k مورد استفاده قرار خواهد گرفت. کار مشکل‌تر حل مسئله درون‌زایی با فرض متغیر ورودی l_t است. این فرض به این دلیل است که برخلاف سرمایه، l_t در زمان t تعیین می‌شود و بنابراین به‌طور بالقوه حتی با مؤلفه نوآوری ω_t مرتبط است. برای حل این مشکل، OP از متغیر سرمایه‌گذاری i_t استفاده می‌کنند. با در نظر گرفتن تصمیم پویای اقتصاد درباره سطح سرمایه‌گذاری i_t، در مطالعه OP فرض شده است که سرمایه‌گذاری بهینه تابع اکیداً صعودی از بهره‌وری ω_t است، به‌عبارت‌دیگر:

$$i_t = f_t\left(\omega_t, k_t\right) \qquad (۵)$$

باید به این نکته توجه شود که این تابع سرمایه‌گذاری (رابطه ۵) عموماً حاوی همه متغیرهای وضعیت فعلی[2] برای بهینه‌سازی خواهد بود، مثلاً میزان حجم سرمایه (k_t) و ω_t فعلی. نیروی کار وارد متغیرهای وضعیت نمی‌شود چون یک ورودی غیر پویا است، و مقادیر ω_t قبل از زمان t نیز وارد نمی‌شوند و این امر به دلیل فرض مرتبه اول مارکوف درباره فرایند ω_t است. دلیل وجود اندیس t برای تابع f این است که متغیرهایی مانند قیمت‌های ورودی، تقاضا و غیره هم ممکن است بخشی از فضای حالت[3] باشند. در واقع با فرض OP متغیرهایی غیر از ω_t, k_t نیز بخشی از f_t در نظر گرفته شده است. در اینجا فرض بر این است که این متغیرها اجازه دارند در زمان‌های مختلف تغییر کنند. با این فرض

1.Uncorrelated
2. Current State Variable
3.State Space

که این تابع سرمایه‌گذاری نسبت به ω_t اکیداً یکنوا است، می‌توان آن را برای به دست آوردن معادله (۶) معکوس کرد

$$\omega_t = f_t^{-1}\left(i_t, k_t\right) \qquad (۶)$$

نکته اساسی روش OP این است که از این تابع معکوس در تابع تولید به جای ω_t استفاده می‌شود. با جایگزینی این در تابع تولید (۱) رابطه زیر را خواهیم داشت:

$$y_t = \beta_k k_t + \beta_l l_t + f_t^{-1}\left(i_t, k_t\right) + \varepsilon_t = \beta_l l_t + \Phi_t\left(i_t, k_t\right) + \varepsilon_t \qquad (۷)$$

اولین مرحله در روش OP تخمین این معادله است. به یاد بیاورید که f راه حل یک مسئله برنامه‌ریزی پویا و پیچیده است. به بیان دقیق‌تر، حل کردن f (و یا f_t^{-1}) نه تنها نیازمند همه توابع اولیه در اقتصاد (مثلاً شرایط تقاضا، تحول متغیرهای وضعیت محیطی) است، بلکه نیازمند محاسبه تقاضا نیز می‌باشد. برای اجتناب از این فرض‌ها و محاسبات اضافی، OP عملاً با f_t^{-1} به شکل غیر پارامتری رفتار می‌کند. با فرض این رفتار غیر پارامتری، تخمین مستقیم رابطه (۷)، β_k را نمی توان برآورد نمود، چون k_t با تابع غیر پارامتری رابطه هم‌خطی[1] دارد. بااین‌حال، می‌توانیم تخمینی از ضریب $\hat{\beta}_l$ برآورد نمود. همچنین تخمینی از جمله مرکب $\Phi_t\left(i_t, k_t\right) = \beta_k k_t + f_t^{-1}\left(i_t, k_t\right)$ به دست می‌آوریم که آن را با $\hat{\Phi}_t$ نشان می‌دهیم.

مرحله دوم OP با فرض تخمین‌هایی از $\hat{\beta}_l, \hat{\Phi}_t$ ادامه می‌یابد. با فرض (۴)، می‌توان نوشت

$$\omega_t = E\left[\omega_t \mid I_{t-1}\right] + \xi_t = E\left[\omega_t \mid \omega_{t-1}\right] + \xi_t \qquad (۸)$$

1. Collinear

با این فرض ω_t به مقدار انتظاری شرطی آن در زمان $t-1$ ($E[\omega_t \mid I_{t-1}]$) و انحرافی تصادفی از مقدار انتظاری (ξ_t) تبدیل شده است. تساوی دوم از فرض مرتبه اول مارکوف درباره ω_t حاصل شده است. اغلب به ξ_t به عنوان مؤلفه "نوآوری" اشاره می‌شود. با توجه به ویژگی‌های امید ریاضی شرطی، مؤلفه نوآوری در رابطه زیر صدق می‌کند:

$$E[\xi_t \mid I_{t-1}] = 0 \qquad (۹)$$

ازاین‌رو، چون فرض زمان‌بندی درباره سرمایه دلالت دارد ($k_t \in I_{t-1}$[۱])، این به این معنی است که ξ_t بر k_t عمود است، به‌عبارت‌دیگر

$$E[\xi_t \mid k_t] = 0 \qquad (۱۰)$$

این استقلال متوسط به این معنی است که ξ_t, k_t غیر وابسته هستند، به‌عبارت‌دیگر

$$E[\xi_t k_t] = 0 \qquad (۱۱)$$

در روش OP از این گشتاور برای شناسایی ضریب سرمایه (β_k) استفاده می‌شود. با یک حدس درباره ضریب سرمایه β_k، می‌توانیم یک سری زمانی برای ω در همه دوره‌ها محاسبه نمود.

$$\omega_t(\beta_k) = \hat{\Phi}_t - \beta_k k_t \qquad (۱۲)$$

با تعیین سری زمانی $\omega_t(\beta_k)$، با رگرس غیرپارامتری $\omega_t(\beta_k)$ بر $\omega_{t-1}(\beta_k)$ (و یک جمله‌ی ثابت) و تشکیل جمله پسماند زیر می‌توان سری زمانی ξ_t را در همه دوره‌ها محاسبه نمود.

---

۱. چون k_t در زمان $t-1$ تعیین شده است

$$\xi_t(\beta_k) = \omega_t(\beta_k) - \hat{\Psi}\left(\omega_{t-1}(\beta_k)\right) \qquad (۱۳)$$

که در آن $\hat{\Psi}\left(\omega_{t-1}(\beta_k)\right)$ مقادیر پیش‌بینی‌شده از رگرسیون غیر پارامتریک هستند[۱]. این رفتار غیر پارامتری با رگرسیون ω_t بر ω_{t-1} این امکان را برای ω_t فراهم می‌کند که از یک فرایند مرتبه اول مارکوف[۲] پیروی کند. سپس این سری زمانی $\xi_t(\beta_k)$ می‌تواند برای تشکیل نمونه‌ای شبیه گشتاور بالا استفاده شوند یعنی:

$$\frac{1}{T}\sum_t \xi_t(\beta_k).k_t \qquad (۱۴)$$

در یک فرآیند GMM، با در نظر گرفتن این تشابه تجربی تا حد ممکن نزدیک به صفر β_k تخمین زده می‌شود. به طور خلاصه مبنای برآورد در OP به این صورت است که، با استفاده از اطلاعات موجود در تصمیمات سرمایه‌گذاری یعنی i_t برای کنترل شُک‌های بهره وری یعنی ω_t که به l_tوابسته است، β_lبرآورد می‌شود. β_k با فرض زمان‌بندی که k_t قبل از تحقق کامل ω_t تعیین می‌شود.

وولدریج[۳] (۲۰۰۵) نشان می‌دهد چگونه می‌توان مرحله‌های اول و دوم OP (یا LP) را همزمان انجام داد. این عمل نه‌تنها کاراتر است بلکه محاسبه خطاهای استاندارد را نیز

---

۱. توجه داشته باشید که در هر دو روش OP و LP شرط گشتاوری کمی متفاوت با این استفاده می شود. به‌جای رگرس کردن ω_t ضمنی بر ω_{t-1} ضمنی، آن‌ها $y_t - \beta_k k_t - \beta_l l_t$ را بر ω_{t-1} رگرس می‌کنند. با این شیوه گشتاورها در باقیمانده $\xi_t + \varepsilon_t$ است و لی در شیوه توضیح داده شده گشتاورها در جمله باقیمانده ξ_t است. بنا بر مطالعات تجربی، گشتاورهای برآوردی از ξ_t دارای واریانس کمتر و تخمین‌های پایدارتری می باشند. دلیل این است که جمله پسماند ε_t، به گشتاور واریانس اضافه می‌کند، و ازاین‌رو واریانس تخمین‌ها را افزایش می‌دهد (وولدریج (۲۰۰۵)).

2. First-Order Markov Process
3. Wooldridge

آسان‌تر می‌کند. در این مطالعه با استفاده از روش وولدریج مرحله‌های اول و دوم همزمان برآورد شده است.

روش LP مانند روش OP راه حلی برای مسئله درون‌زایی تابع تولید ارائه می‌دهد. تفاوت کلیدی در این است که به‌جای استفاده از معادله تقاضای سرمایه‌گذاری، در این روش از تابع تقاضای نهاده واسطه‌ای (مانند انرژی) برای "معکوس کردن" ω_t استفاده می‌شود.

در بخش فوق بررسی شد که برای کارکرد شیوه OP، نیاز است تابع سرمایه‌گذاری نسبت به ω_t اکیداً یکنوا باشد. بااین‌حال، در داده‌های واقعی، سرمایه‌گذاری اغلب غیریکنوا است. بنابراین در ادامه به روش LP خواهیم پرداخت که این مشکل را برطرف نموده اند.

روش لوینسون/پترین (LP)

در روش LP تابع تولید لگاریتمی کاب داگلاس زیر در نظر گرفته می‌شود:

$$y_t = \beta_k k_t + \beta_l l_t + \beta_m e_t + \omega_t + \varepsilon_t \qquad (۱۵)$$

که در آن e_t یک نهاده واسطه ای مانند انرژی است. ایده اساسی LP این است که چون تقاضای نهاده‌های واسطه‌ای معمولاً دارای نوسان کمتری نسبت به سرمایه‌گذاری هستند، شرط یکنوایی اکید احتمال بیشتری دارد که صدق کند و این متغیرها می‌توانند نمایندگان بهتری برای معکوس کردن متغیر مشاهده نشده ω_t باشند. در روش LP تابع تقاضای نهاده واسطه‌ای به صورت زیر فرض می شود:

$$e_t = f_t\left(\omega_t, k_t\right) \qquad (۱۶)$$

میزان مصرف کالای واسطه‌ای انرژی تابعی از عوامل متعددی می باشد. ولی سرمایه و سطح دانش در مصرف انرژی از اهمیت بیشتری نسبت به عوامل دیگر برخوردار است. در این مطالعه (رابطه ۱۶) فرض شده است که میزان استفاده از کالای واسطه‌ای انرژی به سطح

سرمایه و میزان سطح دانش در اقتصاد بستگی دارد. انتظار داریم در سطح تولید ثابت با افزایش سطح دانش میزان مصرف انرژی کاهش یابد و همچنین با افزایش سرمایه میزان استفاده از نهاده واسطه انرژی افزایش یابد.

در ادامه به فرض‌های زمانی ضمنی در این رابطه توجه فرمایید. اولاً، نهاده واسطه در زمان t به‌عنوان تابعی از ω_t انتخاب می‌شود. این بدان معنی است که نهاده واسطه e_t زمانی انتخاب می‌شود که تولید اتفاق می‌افتد. ما این نهاده را به‌عنوان یک ورودی "کاملاً متغیر[1]" توصیف می‌کنیم. ذکر این نکته ضروری می‌باشد که l_t وارد رابطه (۱۶) نشده است. این بدین معنی است که نیروی کار نیز یک نهاده "کاملاً متغیر" است، یعنی همزمان با e_t انتخاب می‌شود. اگر l_t در نقطه‌ای از زمان قبل از e_t انتخاب می‌شد، درنتیجه l_t بر انتخاب بهینه e_t تأثیر می‌گذاشت.

با فرض این ویژگی، LP مشابه OP پیش می‌رود. می‌توان با این فرض که تقاضای نهاده واسطه‌ای (رابطه ۱۶) نسبت به ω_t یکنوا است، این رابطه را معکوس نمود:

$$\omega_t = f_t^{-1}\left(e_t, k_t\right) \tag{۱۷}$$

با جایگزینی رابطه (۱۷) در تابع تولید معادله زیر را خواهیم داشت

$$y_t = \beta_k k_t + \beta_l l_t + \beta_m e_t + f_t^{-1}\left(e_t, k_t\right) + \varepsilon_t \tag{۱۸}$$

در اولین مرحله روش تخمین LP، β_l با استفاده از معادله بالا تخمین زده می شود، که در آن f_t^{-1} غیرپارامتری برآورد شده است. مجدداً با استفاده از این رابطه β_k, β_m برآورد نمی‌شوند چون m_t, k_t با جمله غیر پارامتری همخطی[2] دارند. در رابطه (۱۸) تخمینی از جمله ترکیبی بدست می‌آوریم، که در اینجا $\phi_t = \beta_k k_t + \beta_m e_t + f_t^{-1}\left(e_t, k_t\right)$ می باشد که مجدداً با $\hat{\phi}_t$ نشان داده خواهد شد.

1. Perfectly Variable
2. Collinear

مرحله‌ی دوم LP مانند OP است، تنها فرق موجود این است که یک پارامتر بیشتر برای تخمین زدن وجود دارد و آن β_m است. در روش LP همان شرایط گشتاوری OP برای شناسایی ضریب سرمایه استفاده می‌شود. به عنوان مثال مؤلفه‌ی نوآوری ω_t, ξ_t بر k_t عمود است. $\xi_t(\beta_k, \beta_m)$ مجدداً به عنوان باقیمانده رگرسیون غیر پارامتری $\omega_t(\beta_k, \beta_m) = \hat{\phi}_t - \beta_k k_t - \beta_m e_t$ بر $\omega_{t-1}(\beta_k, \beta_m) = \hat{\phi}_{t-1} - \beta_k k_{t-1} - \beta_m e_{t-1}$ ساخته خواهد شد.

تنها در این روش گشتاور مکملی را برای تخمین β_m اضافه می‌شود، شرطی که بر اساس آن $\xi_t(\beta_k, \beta_m)$ بر e_{t-1} عمود است. این امر منجر به شرط گشتاوری زیر می‌شود که تخمین β_m قرار است بر اساس آن صورت بگیرد:

$$E\left[\xi_t(\beta_k, \beta_m) \mid \begin{matrix} k_t \\ e_{t-1} \end{matrix}\right] = 0 \qquad (۱۹)$$

توجه کنید که نوآوری ξ_t بر e_t عمود نیست. این امر به این دلیل است که ω_t زمانی مشاهده می‌شود که e_t انتخاب می‌شود. از سوی دیگر، بر اساس این الگو، ξ_t باید به e_{t-1} وابسته نباشد، چون e_{t-1} در $t-1$ تعیین شد و ازاین‌رو بخشی از اطلاعات دوره $t-1$ است (I_{t-1}). در ادامه به برآورد سری زمانی سطح دانش برای اقتصاد ایران با استفاده از روش OP و LP پرداخته شده است.

٤. برآورد سطح دانش برای اقتصاد ایران

در این قسمت به برآورد سری زمانی سطح دانش و همچنین پارامترهای الگوی بسط داده شده در مبانی نظری برای اقتصاد ایران طی دوره ۱۳۵۳-۱۳۹۳ پرداخته شده است. داده‌های سری زمانی تولید ناخالص داخلی بدون ارزش افزوده بخش انرژی به قیمت های ثابت ۱۳۸۳ بر حسب میلیارد ریال طی سال‌های ۱۳۵۳-۱۳۹۳ (منبع: بانک مرکزی، داده‌های سری‌های زمانی و نماگرهای اقتصادی) به عنوان نماینده‌ای از تولید کالای نهایی استفاده شده است. حجم سرمایه

یکی از متغیرهای وضعیت در توابع تولید می‌باشد، که به قیمت های ثابت ۱۳۸۳ بر حسب میلیارد ریال طی سال های ۱۳۵۳-۱۳۹۳ (منبع: بانک مرکزی، داده های سری های زمانی و نماگرهای اقتصادی) می باشد. داده های انرژی (منبع: وزارت نیرو، ترازنامه انرژی سال های مختلف) طی سال‌های ۱۳۵۳-۱۳۹۳، کل انرژی اولیه تولید شده در کشور که مجموع انرژی های فسیلی و تجدید پذیر بر حسب میلیون بشکه معادل نفت خام می باشد در نظر گرفته شده است. نیروی کار یکی دیگر از نهاده‌های تولید در نظر گرفته شده در این مطالعه می باشد که بر حسب نفر و بر اساس داده‌های مرکز آمار ایران و همچنین داده‌های سری زمانی بانک مرکزی طی سال های ۱۳۵۳-۱۳۹۱ و برای سال های ۹۲ و ۹۳ با توجه به میانگین نرخ رشد نیروی کار طی ۵ سال اخیر، توسط نویسندگان محاسبه شده است. به منظور کاربردی کردن الگوریتم OP و همچنین LP به منظور برآورد سطح دانش برای اقتصاد ایران مراحل زیر صورت گرفته است.

٤-١. برآورد سطح دانش با استفاده از روش OP

در ابتدا به کاربردی کردن روش OP خواهیم پرداخت (تمامی پارامترها و متغیرها در مبانی نظری تعریف شده است). در این روش تابع تولید کاب داگلاس به صورت ($Y_t = AL_t^{\beta_l} K_t^{\beta_K} e^{\omega_t}$) در نظر گرفته شده است. از طرفی سرمایه‌گذاری تابعی از سطح دانش و همچنین سطح سرمایه در نظر می‌گیریم ($i_t = f_t(\omega_t, K_t)$). با فرض یکنوایی تابع سرمایه گذاری خواهیم داشت $\omega_t = f^{-1}(K_t, i_t)$. با جایگزاری ω_t در تابع تولید رابطه $Y_t = AL_t^{\beta_l} K_t^{\beta_K} e^{f^{-1}(K_t, i_t)}$ را داریم. حال در این رابطه تابع $\Phi_t(i_t, K_t) = K_t^{\beta_K} e^{f^{-1}(K_t, i_t)}$ را تعریف می‌کنیم. با جایگزاری این رابطه تابع تولید به صورت رابطه (۲۰) نوشته خواهد شد.

$$Y_t = AL_t^{\beta_l} \Phi_t(i_t, K_t) \qquad (۲۰)$$

حال با فرض تابع $\Phi_t(i_t, K_t) = i_t^{\delta_l} K_t^{\delta_K}$ و جایگزاری در تابع شماره (۲۰) تابع تولید به صورت زیر را خواهیم داشت.

$$Y_t = AL_t^{\beta_l} i_t^{\delta_l} K_t^{\delta_K} \qquad (۲۱)$$
$$\Rightarrow y_t = \log(A) + \beta_l \log(L_t) + \delta_l \log(i_t) + \delta_K \log(K_t)$$

با لگاریتم گیری از رابطه (۲۱) این رابطه به صورت خطی در خواهد آمد. در ابتدا با استفاده از روش OLS ساده پارامترهای رابطه (۲۱) در نرم افزار EViews برآورد شده است. نتایج تخمین در جدول (۱) آورده شده است.

با توجه به پارامترهای برآورد شده در جدول شماره (۱) همه پارامترها در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار می باشند. از طرفی بالا بودن مقدار $R^2 = 0.965$ نشان از خوبی برآزش است.

پس از برآورد پارامترهای رابطه (۲۱) با استفاده از رابطه $\hat{\Phi}_t = i_t^{\delta_I} K_t^{\delta_K}$ سری زمانی تابع $\hat{\Phi}_t$ برآورد خواهد شد. با داشتن سری زمانی $\hat{\Phi}_t$ به ادامه الگوریتم OP یعنی برآورد پارامتر β_K خواهیم پرداخت. در بالا فرض شده بود که $\hat{\Phi}_t = K_t^{\beta_K} e^{\omega_t}$ با لگاریتم گیری از این رابطه و مرتب سازی آن داریم:

$$\hat{\Phi}_t = K_t^{\beta_K} e^{\omega_t} \Rightarrow \hat{\Phi}_t K_t^{-\beta_K} = e^{\omega_t} \Rightarrow \omega_t = \log\left(\hat{\Phi}_t\right) - \beta_K \log\left(K_t\right) \qquad (۲۲)$$

با توجه به رابطه (۱۲ و ۱۳) در این مرحله باید ω_t را بر $\omega_{t-1} = \log\left(\hat{\Phi}_{t-1}\right) - \beta_K \log\left(K_{t-1}\right)$ به صورت خطی رگرس نمود و مقادیر باقیمانده (ξ_t) این برآورد را محاسبه نمود. بنابراین به دنبال برآورد $\omega_t = \tau + \kappa\omega_{t-1} + \xi_t$ رابطه می باشیم. با ساده سازی این رابطه با توجه به رابطه (۲۲) داریم

$$\xi_t = \log\left(\frac{\hat{\Phi}_t \times K_{t-1}^{\kappa\beta_K}}{K_t^{\beta_K} \times \hat{\Phi}_{t-1}^{\kappa}}\right) - \tau \qquad (۲۳)$$

حال با توجه به رابطه (۱۴)، باید پارامترهای رابطه (۲۳)، (κ, β_K, τ) به گونه ای برآورد گردد که ξ_t و K_t مستقل از هم باشند. یعنی:

$$\sum_t \left[\log\left(\frac{\hat{\Phi}_t \times K_{t-1}^{\kappa\beta_K}}{K_t^{\beta_K} \times \hat{\Phi}_{t-1}^{\kappa}}\right) - \tau\right].K_t = 0 \qquad (۲۴)$$

به منظور برآورد (K, β_K, τ) با توجه به رابطه (۲۴) از روش بهینه سازی الگوریتم ژنتیک استفاده شده است. در ادامه به بررسی تنظیمات الگوریتم ژنتیک خواهیم پرداخت[۱]. تابع هدف رابطه (۲۴) فرض شده است که به دنبال حداقل سازی این رابطه تا جایی می باشیم که به صفر نزدیک شود. برای شروع کار با الگوریتم ژنتیک جمعیت اولیه ۲۰۰۰ کروموزوم، نرخ تغییر نسل (s) برابر با ۰/۵ و نرخ جهش[۲] برابر ۰/۲ در نظر گرفته می شود.[۳] با وارد کردن داده های اقتصاد ایران به برنامه نوشته شده با استفاده از نرم افزار متلب، و همچنین تنظیمات الگوریتم ژنتیک در برنامه نوشته شده، پارامترهای K, β_K, τ به ترتیب ۰/۹۳، ۰/۳۱ و ۰/۸۳ برآورد شده است. حال با داشتن پارامتر β_K و سری زمانی $\hat{\Phi}_t$ با استفاده از رابطه (۲۲) سری زمانی سطح دانش برای اقتصاد ایران (ω_t) برآورد و در جدول شماره (۳) گزارش شده است.

---

۱ . برای بررسی بیشتر روش کار الگوریم ژنتیک به اسلاملوئیان (۱۳۹۱) مراجعه شود. در اینجا تنها به مقدار دهی پارامترهای الگوریتم ژنتیک اشاره شده است.

2. Mutation

۳. با توجه به تعریف نرخ جهش به منظور بررسی کل رویه می باشد (تا نقطه بهینه محلی را به جای نقطه بهینه کلی گزارش نکنیم). هر چه نرخ جهش دارای مقدار بزرگتر باشد همگرایی الگو کندتر می شود. در این مطالعه به دلیل انتخاب مقداری بزرگ برای جمعت اولیه (به گونه ای که کل رویه جستجو را در بر می گیرد.) این نرخ را کوچک در نظر گرفته ایم تا الگو همگرا شود.

جدول ۱. پارامترهای برآورد شده و آماره های حاصل از برآورد رابطه (۲۱)

	ضرایب	خطای استاندارد	آماره t	ارزش احتمال
$\log(A)$	–3.313976	0.852887	–3.885598	0.0004
β_l	0.232831	0.157265	1.480502	0.0٠74
δ_I	0.418597	0.048237	8.677966	0.0000
δ_K	0.440983	0.120818	4.477662	0.0001
R-squared	0.965155	Mean dependent var		13.64401
Adjusted R-squared	0.962252	S.D. dependent var		0.422902
S.E. of regression	0.082165	Akaike info criterion		–2.065527
Sum squared resid	0.243041	Schwarz criterion		–1.896639
Log likelihood	45.31055	Hannan-Quinn criter.		–2.004463
F-statistic	332.3863	Durbin-Watson stat		1.٨33780
Prob (F-statistic)	0.000000			

٤-۲. برآورد سطح دانش با استفاده از روش LP

کاربردی کردن روش LP شبیه به روش OP است. در ابتدا تابع تولید در این روش به صورت کاب داگلاس ($Y_t = AL_t^{\beta_l} K_t^{\beta_K} E_t^{\beta_E} e^{\omega_t}$) و تابعی از نیروی کار (L_t)، سرمایه (K_t) و کالای واسطه‌ای انرژی (E_t) در نظر گرفته شده است. از طرفی مصرف کالای واسطه‌ای تابعی از سطح دانش و سرمایه می باشد ($E_t = f_t(\omega_t, K_t)$). با معکوس کردن تابع واسطه-ای انرژی و جایگزاری در تابع تولید خواهیم داشت:

$$Y_t = AL_t^{\beta_l} K_t^{\beta_K} E_t^{\beta_E} e^{f^{-1}(K_t, E_t)} \qquad (۲۵)$$

با تغییر متغیر در رابطه (۲۵) به صورت $\Phi_t(E_t, K_t) = K_t^{\beta_K} E_t^{\beta_E} e^{f^{-1}(K_t, E_t)}$ تابع تولید رابطه (۲۵) به صورت $Y_t = AL_t^{\beta_l} \Phi_t(E_t, K_t)$ داریم. حال فرض می شود $\Phi_t(E_t, K_t) = E_t^{\delta_E} K_t^{\delta_K}$ باشد. بنابراین به دنبال برآورد رابطه $Y_t = AL_t^{\beta_l} E_t^{\delta_E} K_t^{\delta_K}$ می باشیم. با لگاریتم گیری از این تابع تولید $Y_t = AL_t^{\beta_l} E_t^{\delta_E} K_t^{\delta_K}$ رابطه (۲۶) را داریم. نتایج حاصل از برآورد این رابطه در جدول شماره (۲) ارائه شده است.

$$Y_t = AL_t^{\beta_l} E_t^{\delta_E} K_t^{\delta_K} \qquad (۲۶)$$
$$\Rightarrow y_t = \log(A) + \beta_l \log\left(L_t\right) + \delta_E \log\left(E_t\right) + \delta_K \log\left(K_t\right)$$

جدول ۲. پارامترهای برآورد شده و آماره های حاصل از برآورد رابطه (۲۶)

	ضرایب	خطای استاندارد	آماره t	ارزش احتمال
$\log(A)$	–16.54488	7.447086	–2.221659	0.0327
β_l	۰.۳02806	0.533824	0.315173	0.0079
δ_E	0.430735	0.271520	0.586383	0.0014
δ_K	0.۳20074	0.216767	0.399226	0.0217
R-squared	0.949304	Mean dependent var		13.64401
Adjusted R-squared	0.910913	S.D. dependent var		0.422902
S.E. of regression	0.139677	Akaike info criterion		–1.004324
Sum squared resid	0.702351	Schwarz criterion		–0.835436
Log likelihood	24.08648	Hannan-Quinn criter.		–0.943259
F-statistic	107.1711	Durbin-Watson stat		1.849208
Prob (F-statistic)	0.000000			

با توجه به مقادیر برآورد شده در جدول شماره (۲) مقادیر ضریب تعیین ۹۵ درصد است. که این خوبی برازش و قدرت برآورد را نشان می‌دهد. از طرفی مقادیر ضریب تعیین و ضریب تعیین تعدیل شده نزدیک به هم می باشند که این نشان دهنده این موضوع است که متغیر اضافی در الگو وجود ندارد. همچنین با توجه به جدول آماره t، در سطح اطمینان ۹۵ درصد تمام پارامترهای برآورد شده نیز معنادار می‌باشند.

پس از برآورد پارامترهای رابطه (۲۶) با استفاده از رابطه $\hat{\Phi}_t = K_t^{\beta_K} E_t^{\beta_E} e^{\omega_t}$ سری زمانی تابع $\hat{\Phi}_t$ برآورد خواهد شد. با داشتن سری زمانی $\hat{\Phi}_t$ به ادامه الگوریتم LP یعنی برآورد پارامتر β_K خواهیم پرداخت. در بالا فرض شده بود که $\hat{\Phi}_t = K_t^{\beta_K} E_t^{\beta_E} e^{\omega_t}$ با لگاریتم گیری از این رابطه و مرتب سازی آن داریم:

$$\omega_t = \log\left(\frac{\hat{\Phi}_t}{K_t^{\beta_K} E_t^{\beta_E}}\right) \qquad (۲۷)$$

در ادامه باید ω_t را بر $\omega_{t-1}=\log\left(\frac{\hat{\Phi}_{t-1}}{K_{t-1}^{\beta_K}E_{t-1}^{\beta_E}}\right)$ به صورت خطی برازش نمود ($\omega_t=\tau+\kappa\omega_{t-1}+\xi_t$) و مقادیر باقیمانده (ξ_t) این برآورد را محاسبه نمود. با ساده سازی این رابطه با توجه به رابطه (۲۷) داریم:

$$\xi_t=\log\left(\left(\frac{\hat{\Phi}_t}{K_t^{\beta_K}E_t^{\beta_E}}\right)\times\left(\frac{\hat{\Phi}_{t-1}}{K_{t-1}^{\beta_K}E_{t-1}^{\beta_E}}\right)^{-\kappa}\right)-\tau \qquad (۲۸)$$

حال باید پارامترهای رابطه (۲۸)، ($\kappa,\beta_K,\beta_E,\tau$) به گونه ای برآورد گردد که ξ_t و K_t مستقل از هم باشند. یعنی:

$$\sum_t\left[\log\left(\left(\frac{\hat{\Phi}_t}{K_t^{\beta_K}E_t^{\beta_E}}\right)\times\left(\frac{\hat{\Phi}_{t-1}}{K_{t-1}^{\beta_K}E_{t-1}^{\beta_E}}\right)^{-\kappa}\right)-\tau\right].K_t=0 \qquad (۲۹)$$

به منظور برآورد ($\kappa,\beta_K,\beta_E,\tau$) با توجه به رابطه (۲۹) از روش بهینه سازی الگوریتم ژنتیک استفاده خواهیم کرد. تنظیمات در این روش مانند روش OP است پارامترهای $\kappa,\beta_K,\beta_E,\tau$ به ترتیب ۰/۷۴، ۰/۴۳، ۰/۳۲ و ۰/۸۸ برآورد شده است. حال با داشتن پارامتر β_K و سری زمانی $\hat{\Phi}_t$ با استفاده از رابطه (۲۷) سری زمانی سطح دانش با استفاده از روش LP برای اقتصاد ایران (ω_t) برآورد و در جدول شماره (۳) گزارش شده است. در نمودار شماره (۱) با توجه به داده های جدول (۳) سری زمانی سطح دانش با توجه به دو روش LP و OP رسم شده است.

با توجه به نمودار (۱) و برآورد صورت گرفته با روش LP سطح تحقیق و توسعه بین سال‌های ۱۳۵۳-۱۳۵۷دارای نرخ رشد بالایی به طور میانگین ۱/۲ درصد در سال بوده است. نرخ رشد سطح دانش بین سال های ۱۳۵۷-۱۳۶۷ نرخ رشد بسیار پایینی به طور میانگین ۰/۳ درصد می باشد. که این نرخ رشد سطح دانش را می‌توان به دلیل تحریم هایی دانست که بعد از انقلاب به صورت های مختلف و در صنایع مختلف بر علیه ایران وضع

شده است. از طرفی دوران جنگ و عدم وجود بودجه در بخش های تحقیق و توسعه دلیل دیگر پایین بودن نرخ رشد سطح دانش بین سال های فوق است. بین سال های ۱۳۸۱-۱۳۸۸ نیز نرخ رشد سطح دانش نسبت به سال های قبل افزایش داشته است ولی بعد از سال ۱۳۸۸ تا سال ۱۳۹۳ رشد سطح دانش در کشور بسیار پایین آمده است و نرخ رشد سطح دانش به طور میانگین ۰/۲۳ درصد بوده است. که این به دلیل تشدید تحریم های صنعتی و سرمایه ای و ... بین سال های مذکور است. برآورد سری زمانی سطح دانش با روش OP نیز تاکیدی بر این نکته است. با استفاده از روش OP بین سال های فوق نرخ رشد سطح دانش در به طور میانگین ۰/۰۸ درصد برآورد شده است که این نرخ بسیار پایینی است.

دو دلیل برای کاهش این نرخ رشد سطح دانش در طول زمان می تواند مورد بررسی قرار گیرد. اولین دلیل را می توان بومی نبودن دانش و تکنولوژی تولید دانست که با افزایش تحریم های مختلف و عدم ورود تکنولوژی به داخل کشور رشد سطح دانش روندی نزولی را داشته است. دلیل دومی که می‌توان مد نظر داشت این است که سطح دانش مانند منحنی های کوزنتس دارای روندی مانند U معکوس است. یعنی در طول زمان نرخ رشد سطح دانش دارای روندی نزولی خواهد بود و تا زمانی مشخص به صفر خواهد رسید. با توجه به ساختار تولیدی در اقتصاد ایران مورد اول برای نزولی بودن نرخ رشد سطح دانش محتمل تر به نظر می رسد.

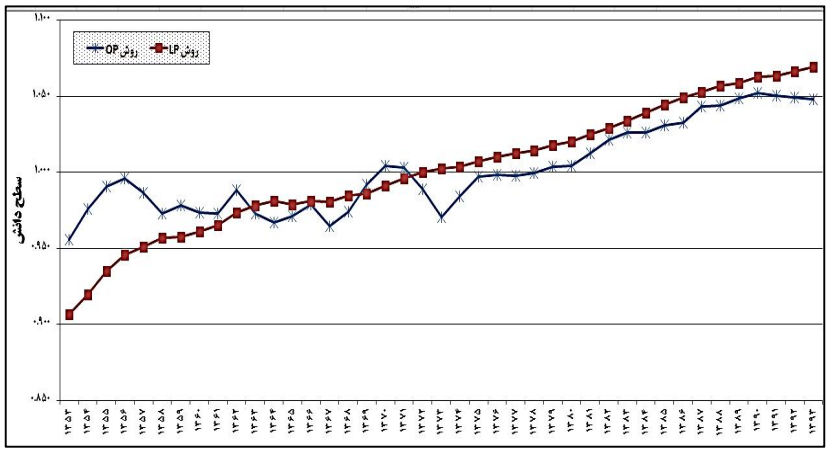
از طرفی بر اساس مطالعه بانک مرکزی (۱۳۸۹) نرخ رشد بهره وری بین سال های ۱۳۶۷-۱۳۸۶ به طور میانگین برای هر سال ۰/۸ درصد برآورد شده است. این در حالی است که در این مطالعه بین این سال ها نرخ رشد سطح دانش حدود ۰/۴۸ درصد برآورد شده است. این نتیجه و مقایسه آن با نتایج برآورد شده توسط بانک مرکزی برای بهره‌وری نشان دهنده این موضوع است که سری زمانی برآورد شده در این مطالعه قابل قبول است.

جدول ۳. سری زمانی سری زمانی سطح دانش (ω_t) برای اقتصاد ایران

سطح دانش (ω_t)			سطح دانش (ω_t)		
سال	روش OP	روش LP	سال	روش OP	روش LP
1353	0.955640595	0.906465693	1374	0.984179389	1.003496484
1354	0.975798356	0.919611963	1375	0.997105899	1.007344473
1355	0.990452062	0.934844684	1376	0.998459515	1.010193713
1356	0.99616989	0.945936562	1377	0.997714635	1.012440669
1357	0.986487074	0.951145137	1378	0.999380719	1.01451722
1358	0.972876726	0.956830801	1379	1.003807714	1.018022127
1359	0.978096091	0.957712421	1380	1.003987745	1.020531442
1360	0.973548682	0.9608193	1381	1.012688864	1.024854665
1361	0.972923167	0.965369098	1382	1.021666197	1.029049791
1362	0.98820325	0.973432329	1383	1.025925949	1.034076361
1363	0.972847015	0.978081956	1384	1.02607596	1.039087614
1364	0.967162185	0.981255301	1385	1.030621735	1.044302435
1365	0.970860316	0.978698483	1386	1.032520465	1.049429358
1366	0.978841487	0.980910333	1387	1.043114363	1.052867919
1367	0.964763846	0.980525319	1388	1.04410947	1.056891278
1368	0.974165608	0.984540751	1389	1.048717497	1.058852169
1369	0.991696665	0.985785455	1390	1.052416819	1.062641218
1370	1.004141711	0.991021991	1391	1.050569877	1.063704248
1371	1.003070829	0.995925105	1392	1.049358526	1.06642764
1372	0.989115401	0.999948428	1393	1.048147174	1.069151033
1373	0.97071771	1.002408067			

منبع: یافته‌های تحقیق

سری زمانی سطح دانش برآورد شده در جدول (۳) می‌تواند برای مطالعات آتی مورد استفاده قرار گیرد.



شکل ۱. سری زمانی سطح دانش برآورد شده با استفاده از روش LP و OP

منبع: یافته‌های تحقیق

با توجه به بررسی صورت گرفته در مبانی نظری روش LP نسبت به روش OP از نظر تئوری روش قوی‌تری است. اما با توجه به نمودار شکل (۱) به نظر می‌رسد که نتایج روش OP برای اقتصاد ایران به واقعیت نزدیک‌تر باشد. به عنوان مثال در سال ۱۳۵۷ و پس از آن شروع جنگ انتظار داریم که سطح دانش در کشور کاهش یابد که روش OP این واقعیت را به خوبی نشان داده است. در روش LP نیز بین سال های ۱۳۵۷ تا ۱۳۶۷ رشد دانش دارای رشد پایینی است ولی رشد این متغیر منفی نشده است. در این مطالعه در بخش جمع بندی نتایج روش LP مورد بررسی قرار گرفته است ولی در جدول شماره (۳) نتایج حاصل از برآورد سری زمانی هر دو روش گزارش شده است.

۵. جمع بندی و نتیجه‌گیری

تحقیق و توسعه یکی از متغیرهای بسیار مهم در هر اقتصادی می باشد. با توجه به بررسی‌های صورت گرفته توسط نویسندگان سری زمانی برای حجم R&D (سطح دانش) در کل اقتصاد برای ایران وجود ندارد. یکی از اهداف این تحقیق برآورد سطح دانش کل برای اقتصاد ایران به‌صورت درون‌زا است. با توجه به پارامترها و سری زمانی محاسبه شده

برای سطح دانش، در سطح اطمینان ۹۵ درصد تمام پارامترهای برآورد شده معنادار می باشند و می توان این پارامترها را برای محاسبات بعدی مورد بررسی قرار داد. از طرفی سری زمانی برآورد شده سطح دانش برای اقتصاد ایران، طی سال های ۱۳۵۳-۱۳۹۳ نشان می دهد که سطح دانش دارای روندی صعودی است. در ادامه با توجه به روش LP به گزارش پارامترهای برآورد شده خواهیم پرداخت. طی این ۴۰ سال سطح دانش برای اقتصاد ایران دارای نرخ رشد سالانه به طور میانگین ۰/۴۲ درصد می باشد. با توجه به پارامترهای برآورد شده کشش تولید نسبت به سرمایه، نیروی کار، انرژی به ترتیب ۰/۳۲، ۰/۳۰ و ۰/۴۳ محاسبه شده است. این در حالی است که بر اساس مطالعه نوریا (۲۰۰۹) نرخ رشد سطح دانش برای کشور آمریکا به طور میانگین حدود ۱/۱۲ درصد در سال می باشد.

پایین بودن نرخ رشد سطح دانش برای اقتصاد ایران می تواند به یکی از دلایلی باشد که در زیر مطرح شده است. علم و تحقیق، پایه و اساس توسعه پایدار کشور است. یکی از شاخص‌هایی که نشان دهنده میزان اهمیت تحقیقات در هر کشوری است، مقدار سهم اعتبارات پژوهشی، از تولیدات ناخالص داخلی است که در کشورهای توسعه یافته تا ۴ درصد نیز می رسد و در کشور ما در سال ۹۲ حدود یک درصد بوده است. این در حالی است که در سال های قبل کمتر از آن نیز بوده است. بنابراین یک دلیل پایین بودن نرخ رشد سطح دانش در کشور پایین بودن این سهم اعتبارات در بخش تحقیق و توسعه می تواند باشد. به منظور افزایش نرخ رشد سطح دانش در کشور یک راه ایجاد مراکز رشد و پارک های علمی و فناوری توسط دولت می باشد.

محاسبه سطح دانش در بخش های مختلف اقتصادی از جمله بخش کشاورزی، صنعت و ... می تواند موضوع مطالعات آتی باشد، محاسبه سطح تحقیق و توسعه در بخش‌های مختلف اقتصادی با استفاده از الگوریتم بسط داده شده اما با کمی تغییر امکان پذیر خواهد بود. از طرفی می توان با این روش سطح دانش را برای کشورهای دیگر به عنوان مثال کشورهای عضو اپک برآورد نمود. با توجه به بررسی نویسندگان این کار با استفاده از روش LP و OP انجام نشده است.

منابع و مآخذ

- اسلاملوئیان، ک.، استادزاد ع. ح. (۱۳۹۱) "تعیین سهم بهینه انرژی های تجدید پذیر در یک الگوی رشد پایدار: مورد ایران"، اقتصاد انرژی ایران ۵، ۱-۴۰
- بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران (۱۳۸۹)، گزارش بهره‌وری اقتصاد ایران (۱۳۶۷-۱۳۸۹)، اداره حساب‌های اقتصادی
- بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران. (سال های مختلف). گزارش اقتصادی و ترازنامه.
- بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران. (سال های مختلف). نماگرهای اقتصادی.
- مرکز آمار ایران، سالنامه آماری کشور، سال های مختلف
- وزارت نیرو، تراز نامه انرژی (سال های مختلف)
- Adams, James D. (2004) "*Learning, Internal Research and Spillovers: Evidence from a Sample of R&D Laboratories*" Working Paper 0409, Rensselaer Polytechnic Institute.
- Adams, James D., Chiang, Eric P. and Jensen, Jeffrey L. (2003) "The Influence of Federal Laboratory R&D on Industrial Research" *Review of Economics and Statistics*, 12, 1003-1020.
- AlAzzawi, S. (2004) "*Foreign Direct Investment and Knowledge Flows: Evidence from Patent Citations*" University of California, Davis.
- Alvarez, R. and Lopez, R. (2005) "Exporting and Performance: Evidence from Chilean Plants" *Canadian Journal of Economics* 1384-1400
- Arellano, M. and Bover, O. (1995) "Another Look at the Instrumental Variable Estimation of Error Components Models" *Journal of Econometrics*, 68, 29-51
- Baumol, William F. (2000) "*The Free Market Innovation Machine: Analyzing the Growth Miracle of Capitalism*" Princeton University Press, Princeton.
- Blalock, G. and Gertler, P. (2004) "Learning from Exporting: Revisited in a Less Developed Setting" *Journal of Development Economics,* 27, 89-112
- Blundell, R., and Bond S. (2000) "GMM estimation with persistent panel data: an application to production functions" *Econometric Reviews*, 19(3), 321–340.
- Canberra II Group (2006) "*Capitalization of R&D*" Joint Expert Meeting, March 24, 2006.
- Darby, Michael R. and Zucker, Lynne G. (2003), "Growing by Leaps and Inches: Creative Destrsuction, Real Cost Reduction and Inching Up" *Economic Inquiry,* 16, 1-19.
- Frantzen, D. (2002) "Intersectoral and International R&D Knowledge Spillovers and Total Factor Productivity" *Scottish Journal of Political Economy,* 3, 531-545.
- Fernandes, A. (2003) "*Trade Policy, Trade Volumes and Plant-Level Productivity in Colombian Manufacturing Industries*" The World Bank Policy Research Working Paper Series: 3064.
- Fraumeni, B. and Okubo, S. (2005) "*R&D in the National Income and Product Accounts: A First Look at its Effect on GNP*" Measuring Capital in the New

Economy, National Bureau of Economic Research, University of Chicago Press, Chicago.

- Griliches, Z. (1986) "Productivity, R&D, and Basic Research at the Firm Level in the 1970's" *American Economic Review*, 18, 141-154.
- Hall, Bronwyn H., Jaffe, A. B., and Trajtenberg, M. (2005) "Market Value and Patent Citations" *Rand Journal of Economics*, 16-38.
- Harhoff, D., Narin, F., Scherer, F. M. and Vopel, K. (1999) "Citation Frequency and the Value of Patented Inventions" *Review of Economics and Statistics,* 511-515.
- Jaffe, Adam B. (1986) "Technological Opportunity and Spillovers of R&D: Evidence from Firm's Patents, Profits, and Market Value" *American Economic Review,* 984-1001.
- Jaffe, Adam B. (1988), "Demand and Supply Influences in R&D Intensity and Productivity Growth", Review of Economics and Statistics (August 1988), pp. 431-437.
- Jaffe, A. and Trajtenberg, M. (2002) "*Patents, Citations and Innovations*", MIT Press, Cambridge.
- Levinsohn, J., and Petrin A. (2003) "Estimating Production Functions Using Inputs to Control for Unobservables" *Review of Economic Studies*, 70, 317–342.
- Mansfield, E. (1995) "Academic Research Underlying Industrial Innovations: Sources, Characteristics, and Financing" *Review of Economics and Statistics*, 42, 55-65.
- Moretti, Enrico (2004) "Workers Education, Spillovers, and Productivity: Evidence from Plant-Level Production Functions" *American Economic Review*, 656-690.
- Nadiri, M. (1993) "*Innovations and Technological Spillovers*" National Bureau of Economic Research Working Paper 4423.
- Nelson, Richard R. (1988) "Modeling the Connections in the Cross Section Between Technical Progress and R&D Intensity" *Rand Journal of Economics*, 478-485.
- Nordhaus, William D. (2004) "*Schumpeterian Profits in the American Economy: Theory and Measurement*" National Bureau of Economic Research Working Paper 10433, Cambridge.
- Núria Q. (2009) "Knowledge Spillovers and TFP Growth Rates" *Stony Brook University, Stony Brook*, NY 11794-4384, USA.
- Olley, G. S. and Pakes, A. (1996) "The Dynamics of Productivity in the Telecommunication Equipment Industry" *Econometrica*, 1263-1297.
- Ozler, S. and Yilmaz, K. (2001) "*Does Trade Liberalization Increase Productivity? Plant Level Evidence from Turkish Manufacturing Industry*", Working Paper, UCLA.
- Park, J. (2004) "International and Intersectoral R&D Spillovers in the OECD and East Asian Economies" *Economic Inquiry,* 739-757.
- Pavcnik, N. (2002) "Trade Liberalization, Exit, and Productivity Improvements: Evidence from Chilean Plants" *The Review of Economic Studies*, 69(1), 245.
- Peri, G. (2005) "Determinants of Knowledge Flows and Their Effect on Innovation" *Review of Economics and Statistics*, 17, 308-322.

- Romer, P. (1990) “Endogenous Technical Change” *Journal of Political Economy,* S71-S102.
- Sena, V. (2004) “The Return of the Prince of Denmark: A Survey of Recent Developments in the Economics of Innovation,” *Economic Journal*, 14, F312-F332.
- Sivadasan, J. (2004) "*Barriers to Entry and Productivity: Micro-Evidence from Indian Manufac-turing Sector Reforms*" mimeo, University of Chicago.
- Topalova, P. (2003) "*Trade Liberalization and Firm Productivity: The Case of India*", mimeo, MIT
- Toole, A. (2007) “Does Public Biomedical Research Complement Private Pharmaceutical Research and Development Investment?” *Journal of Law and Economics,65,* 81-104.
- Wooldridge (2005) "*On Estimating Firm-level Production Functions Using Proxy Variables to Control for Unobservables*" mimeo, Michigan State University.