

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

علی حسین استادزاد<sup>۱</sup>، ابراهیم هادیان<sup>۲</sup>،  
کریم اسلاملوئیان<sup>۳</sup>، احمد صدرایی جواهری<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۹۴/۶/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۵/۲/۱۱

### چکیده

بر اساس پژوهش انجام شده تحقیق و توسعه (R&D) نقش مهمی در رشد کشورها دارد. سرمایه گذاری در بخش تحقیق و توسعه باعث افزایش سطح دانش و افزایش سطح دانش، بهره وری تولید را افزایش خواهد داد و از کانال افزایش بهره وری رشد اقتصادی بهبود می یابد. 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 گیری های این متغیر غیر قابل مشاهده می باشد. در این مطالعه سطح دانش به عنوان یک

Email: aostadzad@yahoo.com

<sup>۱</sup>. دانشجوی دکتری اقتصاد دانشگاه شیراز (نویسنده مسئول)

Email: ehadian@rose.shirazu.ac.ir

<sup>۲</sup>. دانشیار بخش اقتصاد دانشگاه شیراز

Email: keslamlo@rose.shirazu.ac.ir


<sup>۳</sup>. دانشیار بخش اقتصاد دانشگاه شیراز

Email: sadraei@rose.shirazu.ac.ir

<sup>۴</sup>. استادیار بخش اقتصاد دانشگاه شیراز

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 راه‌گشایی 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 می‌دهد 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: C15: C49: C61: Q30



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی

## 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 سرمایه‌فیزیکی 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 سال‌های ۱۳۵۳-۱۳۹۳ با روش‌های غیر پارامتری (روش LP و OP) می‌باشد.

توابع تولید، نهاده‌های تولید (مانند سرمایه و نیروی کار) را به خروجی‌های تولید مرتبط می‌کنند. عمده مسئله اقتصادسنجی که در تخمین توابع تولید با آن مواجه می‌باشیم، 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<sup>۱</sup> 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. از این رو جستجو برای یافتن شیوه‌های بهتر برای تشخیص پارامترهای تابع تولید ادامه یافته است (بلاندل و باند<sup>۲</sup> (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<sup>۳</sup> پیروی می‌کند مانند آرانو و بوور<sup>۴</sup> (۱۹۹۵)، بلاندل و باند (۲۰۰۰). مطالعات دسته دوم از تکنیک‌ها که آلی و پیکس (OP)<sup>۵</sup> (۱۹۹۶) و لوینسون و پترین (LP)<sup>۱</sup> (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 ساختاری تری دارد. این دو روش از متغیرهای ورودی مشاهده شده<sup>۲</sup> برای کنترل تکرانه‌های بهره‌وری مشاهده نشده استفاده می‌کنند<sup>۳</sup>. دسته دوم این تکنیک‌ها یعنی روش LP در تعداد زیادی از مطالعات تجربی اخیر به کار رفته است. از جمله پاونیک<sup>۴</sup> (۲۰۰۲)، سیواداسان<sup>۵</sup> (۲۰۰۴)، فرناندز<sup>۶</sup> (۲۰۰۳)، اوزلر و ییلماز<sup>۷</sup> (۲۰۰۱)، تپالووا<sup>۸</sup> (۲۰۰۳)، بلالاک و گرتلر<sup>۹</sup> (۲۰۰۴) و آلوارز و لویز<sup>۱۰</sup> (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 آلی و پیکس و لوینسون و پترین است. بعد از توسعه الگو و روش شناسی 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 غیر قابل 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 می‌گردد. 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 بین‌المللی فعلی تحقیق و توسعه به عنوان دارایی شرکت‌های خصوصی، دولت، دانشگاه‌ها و دیگر سازمان‌های بدون سود<sup>۱</sup> 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 سرمایه گذاری به عنوان سرمایه<sup>۲</sup> است. یک ویژگی اصلی R&D این است که پرداخت سود برای تحقیق و توسعه محدود به سرمایه‌گذاران اصلی نیست، بلکه به شرکت‌های رقیب، عرضه‌کنندگان R&D و تقاضاکنندگان نیز وابسته است.

یک دیدگاه گسترده‌تر درباره تحقیق و توسعه باید شامل سرریز دانش باشد که یک موضوع اصلی در بحث‌های رشد بهره‌وری است. رومر<sup>۳</sup> (۱۹۹۰) در مورد R&D به عنوان یک کالای غیررقیب<sup>۴</sup> بحث می‌کند که استفاده از آن توسط یک شرکت یا فرد کاربردش را برای شرکت‌های دیگر محدود نمی‌کند. 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 بهره‌وری به کار گرفته می‌شود، سود تخمین زده شده برای تحقیق و توسعه، بیشتر از ارزش خصوصی این منابع می‌شود (نرداس<sup>۱</sup>، ۲۰۰۴، بامول<sup>۲</sup> ۲۰۰۰ و ندریری<sup>۳</sup> 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 این حال دو مسئله مطرح می‌شود. ابتدا اشکال بسیاری از تحقیق و توسعه ارزش اقتصادی کمی دارند و به رشد کمی نمی‌کنند. پس آیا آنها باید به عنوان سرمایه‌گذاری محسوب شوند؟ دوم اگر تحقیقات اصلی با سرمایه عمومی و تحقیقات خصوصی هر دو سرمایه‌گذاری باشند، مقداری خاصی از محاسبه مضاعف<sup>۴</sup> رخ می‌دهد. (گروه کانبرای<sup>۵</sup> ۲۰۰۶)

با این حال همه هزینه‌های تحقیق و توسعه خصوصی می‌توانند به عنوان سرمایه‌گذاری در نظر گرفته شود. چون این هزینه‌ها 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 می‌گیرد. مثلاً بخش کوچکی از تحقیقات صورت گرفته توسط دانشگاه‌ها 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

برآورد سری زمانی شاخص دانش در اقتصاد ایران با روش لوینسون و پترین □ ۱۳

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<sup>۱</sup> (OP) و لوینسون/پترین<sup>۲</sup> (LP) خواهیم داشت.

#### تکنیک الی / پیکس (OP)

فرم کلی تابع تولید کاب داگاس لگاریتمی به شکل زیر می‌باشد.

$$y_t = \beta_k k_t + \beta_l l_t + \omega_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

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 غیر قابل مشاهده وجود دارد ( $\omega_t, \varepsilon_t$ ). با توجه به رابطه (۱)،  $\omega_t$  لگاریتم سطح دانش و  $\varepsilon_t$  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 ساختاری تری نسبت به سایر روش‌های مرسوم برای برآورد پارامترهای تولید می‌باشند. در روش OP عملکرد یک اقتصاد در طول زمان گسسته در نظر گرفته می‌شود و تصمیماتی در اقتصاد گرفته می‌شود که ارزش تنزیل شده فعلی در سودهای جاری و آینده به حداکثر برسد. فرض ابتدایی این روش این می‌باشد که عبارت بهره‌وری  $\omega_t$  برونزا تکامل می‌یابد و این تکامل فرایند مرتبه اول مارکوف می‌باشد، یعنی:

$$p(\omega_{t+1} | I_t) = p(\omega_{t+1} | \omega_t) \quad (2)$$

که در آن  $I_t$  مجموعه اطلاعات در زمان  $t$  است. تحقق فعلی و گذشته  $\omega$  یعنی  $(\omega_0, \omega_1, \dots, \omega_t)$  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  $\omega_{t+1}$  را تعیین می‌کند، یعنی این پیش‌بینی‌ها تنها به  $\omega_t$  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

$$k_t = \kappa(k_{t-1} | i_{t-1}) \quad (3)$$

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  $\omega_t$  بین  $t-1$  و  $t$  وابستگی زمانی<sup>۱</sup> ندارند، یعنی:

$$\omega_t - E[\omega_t | I_{t-1}] = \omega_t - E[\omega_t | \omega_{t-1}] \quad (۴)$$

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

$$i_t = f_i(\omega_t, k_t) \quad (۵)$$

باید به این نکته توجه شود که این تابع سرمایه‌گذاری (رابطه ۵) عموماً حاوی همه متغیرهای وضعیت فعلی<sup>۲</sup> برای بهینه‌سازی خواهد بود، مثلاً میزان حجم سرمایه  $(k_t)$  و  $\omega_t$  فعلی. نیروی کار وارد متغیرهای وضعیت نمی‌شود چون یک ورودی غیر پویا است، و مقادیر  $\omega_t$  قبل از زمان  $t$  نیز وارد نمی‌شوند و این امر به دلیل فرض مرتبه اول مارکوف درباره فرایند  $\omega_t$  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<sup>۳</sup> باشند. در واقع با فرض OP متغیرهایی غیر از  $\omega_t, k_t$  نیز بخشی از  $f_i$  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  $\omega_t$  اکیداً یکنوا است، می‌توان آن را برای به دست آوردن معادله (۶) معکوس کرد

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

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

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

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  $f$  (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)،  $\beta_k$  را نمی‌توان برآورد نمود، چون  $k_t$  با تابع غیر پارامتری رابطه هم‌خطی<sup>۱</sup> دارد. باین حال، می‌توانیم تخمینی از ضریب  $\hat{\beta}_1$  برآورد نمود. همچنین تخمینی از جمله مرکب  $\Phi_t(i_t, k_t) = \beta_k k_t + f_t^{-1}(i_t, k_t)$  به دست می‌آوریم که آن را با  $\hat{\Phi}_t$  نشان می‌دهیم.

مرحله دوم OP با فرض تخمین‌هایی از  $\hat{\beta}_1, \hat{\Phi}_t$  ادامه می‌یابد. با فرض (۴)، می‌توان نوشت

$$\omega_t = E[\omega_t | I_{t-1}] + \xi_t = E[\omega_t | \omega_{t-1}] + \xi_t \quad (۸)$$

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

$$E[\xi_t | I_{t-1}] = 0 \quad (9)$$

از این رو، چون فرض زمان‌بندی درباره سرمایه دلالت دارد ( $k_t \in I_{t-1}$ )، این به این معنی است که  $\xi_t$  بر  $k_t$  عمود است، به عبارت دیگر

$$E[\xi_t | k_t] = 0 \quad (10)$$

این استقلال متوسط به این معنی است که  $\xi_t, k_t$  غیر وابسته هستند، به عبارت دیگر

$$E[\xi_t k_t] = 0 \quad (11)$$

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

$$\omega_t(\beta_k) = \hat{\Phi}_t - \beta_k k_t \quad (12)$$

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

---

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

$$\xi_t(\beta_k) = \omega_t(\beta_k) - \hat{\Psi}(\omega_{t-1}(\beta_k)) \quad (13)$$

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

$$\frac{1}{T} \sum_t \xi_t(\beta_k) \cdot k_t \quad (14)$$

در یک فرآیند GMM، با در نظر گرفتن این تشابه تجربی تا حد ممکن نزدیک به صفر  $\beta_k$  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 شک‌های بهره‌وری یعنی  $\omega_t$  که به  $i_t$  وابسته است،  $\beta_k$  برآورد می‌شود. با فرض زمان‌بندی که  $k_t$  قبل از تحقق کامل  $\omega_t$  تعیین می‌شود.

وولدریج<sup>۳</sup> (۲۰۰۵) نشان می‌دهد چگونه می‌توان مرحله‌های اول و دوم OP (یا LP) را همزمان انجام داد. این عمل نه تنها 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 می‌شود. به جای رگرس کردن  $\omega_t$  ضمنی بر  $\omega_{t-1}$  ضمنی، آن‌ها  $\gamma_t - \beta_k k_t - \beta_l i_t$  را بر  $\omega_{t-1}$  رگرس می‌کنند. با این شیوه گشتاورها در باقیمانده  $\varepsilon_t + \xi_t$  است ولی در شیوه توضیح داده شده گشتاورها در جمله باقیمانده  $\xi_t$  است. بنا بر مطالعات تجربی، گشتاورهای برآوردی از  $\xi_t$  دارای واریانس کمتر و تخمین‌های پایدارتری می‌باشند. دلیل این است که جمله پسماند  $\varepsilon_t$ ، به گشتاور واریانس اضافه می‌کند، و از این رو واریانس تخمین‌ها را افزایش می‌دهد (وولدریج (۲۰۰۵)).

2. First-Order Markov Process

3. Wooldridge

آسان تر می کند. در این مطالعه با استفاده از روش وولدریج مرحله های اول و دوم همزمان برآورد شده است.

روش LP مانند روش OP راه حلی برای مسئله درون زایی تابع تولید ارائه می دهد. تفاوت کلیدی در این است که به جای استفاده از معادله تقاضای سرمایه گذاری، در این روش از تابع تقاضای نهاده واسطه ای (مانند انرژی) برای "معکوس کردن"  $\omega_t$  استفاده می شود. در بخش فوق بررسی شد که برای کارکرد شیوه OP، نیاز است تابع سرمایه گذاری نسبت به  $\omega_t$  اکیداً یکنوا باشد. با این حال، در داده های واقعی، سرمایه گذاری 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 می شود:

$$y_t = \beta_k k_t + \beta_l l_t + \beta_m e_t + \omega_t + \varepsilon_t \quad (15)$$

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

$$e_t = f_t(\omega_t, k_t) \quad (16)$$

میزان مصرف کالای واسطه ای 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 واسطه ای 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  $\omega_t$  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" 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، در نتیجه  $l_t$  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  $\omega_t$  یکنوا است، این رابطه را معکوس نمود:

$$\omega_t = f_t^{-1}(e_t, k_t) \quad (17)$$

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

$$y_t = \beta_k k_t + \beta_l l_t + \beta_m e_t + f_t^{-1}(e_t, k_t) + \varepsilon_t \quad (18)$$

در اولین مرحله روش تخمین LP،  $\beta_l$  با استفاده از معادله بالا تخمین زده می‌شود، که در آن  $f_t^{-1}$  غیر پارامتری برآورد شده است. مجدداً با استفاده از این رابطه  $\beta_k, \beta_m$  برآورد نمی‌شوند چون  $m_t, k_t$  با جمله غیر پارامتری همخطی<sup>۲</sup> دارند. در رابطه (۱۸) تخمینی از جمله ترکیبی بدست می‌آوریم، که در اینجا  $\phi_t = \beta_k k_t + \beta_m e_t + f_t^{-1}(e_t, k_t)$  می‌باشد 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  $\beta_m$  است. در روش LP همان شرایط گشتاوری OP برای شناسایی ضریب سرمایه استفاده می‌شود. به عنوان مثال مؤلفه‌ی نوآوری  $\xi_t$  بر  $\omega_t$  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  $\beta_m$  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  $\beta_m$  قرار است بر اساس آن صورت بگیرد:

$$E \left[ \begin{matrix} \xi_t(\beta_k, \beta_m) \\ e_{t-1} \end{matrix} \middle| k_t \right] = 0 \quad (19)$$

توجه کنید که نوآوری  $\xi_t$  بر  $e_t$  عمود نیست. این امر به این دلیل است که  $\omega_t$  زمانی مشاهده می‌شود که  $e_t$  انتخاب می‌شود. از سوی دیگر، بر اساس این الگو،  $\xi_t$  باید به  $e_{t-1}$  وابسته نباشد، چون  $e_{t-1}$  در  $t-1$  تعیین شد و از این رو 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.

#### ۴. 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 قیمت‌های 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 قیمت‌های ثابت ۱۳۸۳ بر حسب میلیارد ریال طی سال‌های ۱۳۵۳-۱۳۹۳ (منبع: بانک مرکزی، داده‌های سری‌های زمانی و نماگرهای اقتصادی) می‌باشد. داده‌های انرژی (منبع: وزارت نیرو، ترازنامه انرژی سال‌های مختلف) طی سال‌های ۱۳۵۳-۱۳۹۳، کل انرژی اولیه تولید شده در کشور که مجموع انرژی‌های فسیلی و تجدیدپذیر بر حسب میلیون بشکه معادل نفت خام می‌باشد در نظر گرفته شده است. نیروی کار یکی دیگر از نهاده‌های تولید در نظر گرفته شده در این مطالعه می‌باشد که بر حسب نفر و بر اساس داده‌های مرکز آمار ایران و همچنین داده‌های سری‌های زمانی بانک مرکزی طی سال‌های ۱۳۵۳-۱۳۹۱ و برای سال‌های 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.

#### ۴-۱. 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  $(i_t = f_i(\omega_t, K_t))$ . با فرض یکنوایی تابع سرمایه‌گذاری خواهیم داشت  $(\omega_t = f^{-1}(K_t, i_t))$ . با جایگزاری  $\omega_t$  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.

$$Y_t = AL_t^{\beta_l} \Phi_t(i_t, K_t) \quad (20)$$

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.

$$Y_t = AL_t^{\beta_l} i_t^{\delta_l} K_t^{\delta_k} \quad (21)$$

$$\Rightarrow y_t = \log(A) + \beta_l \log(L_t) + \delta_l \log(i_t) + \delta_k \log(K_t)$$



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  $\beta_K$  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:

$$\hat{\Phi}_t = K_t^{\beta_K} e^{\omega_t} \Rightarrow \hat{\Phi}_t K_t^{-\beta_K} = e^{\omega_t} \Rightarrow \omega_t = \log(\hat{\Phi}_t) - \beta_K \log(K_t) \quad (22)$$

با توجه به رابطه (۱۲ و ۱۳) در این مرحله باید  $\omega_t$  را بر  $\omega_{t-1} = \log(\hat{\Phi}_{t-1}) - \beta_K \log(K_{t-1})$  به صورت خطی رگرس نمود و مقادیر باقیمانده ( $\xi_t$ ) 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

$$\xi_t = \log\left(\frac{\hat{\Phi}_t \times K_{t-1}^{\kappa \beta_K}}{K_t^{\beta_K} \times \hat{\Phi}_{t-1}^{\kappa}}\right) - \tau \quad (23)$$

حال با توجه به رابطه (۱۴)، باید پارامترهای رابطه (۲۳)،  $(\kappa, \beta_K, \tau)$  به گونه ای برآورد گردد که  $\xi_t$  و  $K_t$  مستقل از هم باشند. یعنی:

$$\sum_t \left[ \log\left(\frac{\hat{\Phi}_t \times K_{t-1}^{\kappa \beta_K}}{K_t^{\beta_K} \times \hat{\Phi}_{t-1}^{\kappa}}\right) - \tau \right] \cdot K_t = 0 \quad (24)$$

به منظور برآورد  $(K, \beta_K, \tau)$  با توجه به رابطه (۲۴) از روش بهینه سازی الگوریتم ژنتیک استفاده شده است. در ادامه به بررسی تنظیمات الگوریتم ژنتیک خواهیم پرداخت<sup>۱</sup>. تابع هدف رابطه (۲۴) فرض شده است که به دنبال حداقل سازی این رابطه تا جایی می‌باشیم 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<sup>۲</sup> برابر ۰/۲ در نظر گرفته می‌شود.<sup>۳</sup> با وارد کردن داده‌های اقتصاد ایران به برنامه نوشته شده با استفاده از نرم افزار متلب، و همچنین تنظیمات الگوریتم ژنتیک در برنامه نوشته شده، پارامترهای  $K, \beta_K, \tau$  به ترتیب ۰/۹۳، ۰/۳۱ و ۰/۸۳ برآورد شده است. حال با داشتن پارامتر  $\beta_K$  و سری زمانی  $\hat{\Phi}_t$  با استفاده از رابطه (۲۲) سری زمانی سطح دانش برای اقتصاد ایران ( $\omega_t$ ) برآورد و در جدول شماره (۳) گزارش شده است.



۱. برای بررسی بیشتر روش کار الگوریتم 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 می‌باشد (تا نقطه بهینه محلی را به جای نقطه بهینه کلی گزارش نکنیم). هر چه نرخ جهش دارای مقدار بزرگتر باشد همگرایی الگو کندتر می‌شود. در این مطالعه به دلیل انتخاب مقداری بزرگ برای جمعیت اولیه (به گونه‌ای که کل رویه جستجو را در بر می‌گیرد). 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)

ارزش احتمال	آماره t	خطای استاندارد	ضرایب	
0.0004	-3.885598	0.852887	-3.313976	$\log(A)$
0.074	1.480502	0.157265	0.232831	$\beta_l$
0.0000	8.677966	0.048237	0.418597	$\delta_l$
0.0001	4.477662	0.120818	0.440983	$\delta_k$
13.64401	Mean dependent var		0.965155	R-squared
0.422902	S.D. dependent var		0.962252	Adjusted R-squared
-2.065527	Akaike info criterion		0.082165	S.E. of regression
-1.896639	Schwarz criterion		0.243041	Sum squared resid
-2.004463	Hannan-Quinn criter.		45.31055	Log likelihood
1.33780	Durbin-Watson stat		332.3863	F-statistic
			0.000000	Prob (F-statistic)

#### ۴-۲. 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:

$$Y_t = AL_t^{\beta_l} K_t^{\beta_k} E_t^{\beta_E} e^{f^{-1}(K_t, E_t)} \quad (25)$$

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.

$$Y_t = AL_t^{\beta_L} E_t^{\delta_E} K_t^{\delta_K} \quad (26)$$

$$\Rightarrow y_t = \log(A) + \beta_L \log(L_t) + \delta_E \log(E_t) + \delta_K \log(K_t)$$

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

	ضرایب	خطای استاندارد	آماره t	ارزش احتمال
$\log(A)$	-16.54488	7.447086	-2.221659	0.0327
$\beta_L$	۰.۳02806	0.533824	0.315173	0.0079
$\delta_E$	0.430735	0.271520	0.586383	0.0014
$\delta_K$	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 می‌باشند 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  $\beta_K$  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:

$$\omega_t = \log \left( \frac{\hat{\Phi}_t}{K_t^{\beta_K} E_t^{\beta_E}} \right) \quad (27)$$

برآورد سری زمانی شاخص دانش در اقتصاد ایران با روش لوینسون و پترین □ ۲۷

در ادامه باید  $\omega_t$  را بر  $\log\left(\frac{\hat{\Phi}_{t-1}}{K_{t-1}^{\beta_K} E_{t-1}^{\beta_E}}\right)$  به صورت خطی برازش نمود (رابطه با توجه به رابطه (۲۷) داریم:

$$\xi_t = \log\left[\left(\frac{\hat{\Phi}_t}{K_t^{\beta_K} E_t^{\beta_E}}\right) \times \left(\frac{\hat{\Phi}_{t-1}}{K_{t-1}^{\beta_K} E_{t-1}^{\beta_E}}\right)^{-\kappa}\right] - \tau \quad (28)$$

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

$$\sum_t \left[ \log\left[\left(\frac{\hat{\Phi}_t}{K_t^{\beta_K} E_t^{\beta_E}}\right) \times \left(\frac{\hat{\Phi}_{t-1}}{K_{t-1}^{\beta_K} E_{t-1}^{\beta_E}}\right)^{-\kappa}\right] - \tau \right] \cdot K_t = 0 \quad (29)$$

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  $\beta_K$  و سری زمانی  $\hat{\Phi}_t$  با استفاده از رابطه (۲۷) سری زمانی سطح دانش با استفاده از روش LP برای اقتصاد ایران ( $\omega_t$ ) 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 ۱۳۵۳-۱۳۵۷ دارای 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 می توان 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 می توان 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 بهره وری نشان دهنده این موضوع است که سری زمانی برآورد شده در این مطالعه قابل قبول است.

برآورد سری زمانی شاخص دانش در اقتصاد ایران با روش لوینسون و پترین □ ۲۹

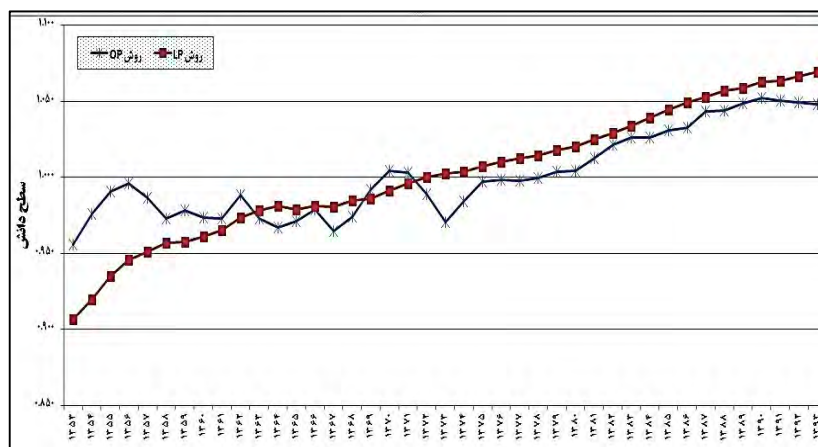
جدول ۳. سری زمانی سطح دانش ( $\omega_t$ ) برای اقتصاد ایران

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

منبع: یافته‌های تحقیق

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

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
 رتال جامع علوم انسانی



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 سال‌های 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 می‌باشد. 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 به صورت 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 ۰/۳۰، ۰/۴۳ و ۰/۴۳ محاسبه شده است. این در حالی است که بر اساس مطالعه نوری (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 شاخص هایی 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 بخش های 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.ک.، استاذزاد 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 Destruction, 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 Manufacturing 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.

