

تحول فنی و رشد کشاورزی: آزمون فرضیه نوآوری القایی در کشاورزی ایران

مرتضی قره‌باغیان* مسعود همایونی فر**

چکیده

تمایل تغییر فنی، معیار تعیین‌کننده رشد کشاورزی است و ادبیات تمایل تغییر فنی در کشاورزی مبتنی بر تئوری نوآوری القایی است. مقاله حاضر ضمن آزمون فرضیه نوآوری القایی، یعنی فناوری که تولید در کشاورزی را متناسب با ساختار اقتصاد کشاورزی تسهیل می‌کند، ارایه می‌دهد. نتایج مقاله بر سرمایه‌بری، کاربری، زمین اندوزی و کودختمایی کشاورزی ایران گواهی می‌دهد. اولین گام برای رشد کشاورزی با توجه به ساختار اقتصادی (نیروی کار و مواد اولیه شیمیایی فراوان و سرمایه کمیاب) توسعه فناوری شیمیایی است که منجر به افزایش بهره‌وری زمین، افزایش درآمد شاغلین و رشد کشاورزی بدون کاهش محسوس در اشتغال کشاورزی می‌شود.

** دانشیار گروه اقتصاد دانشگاه تربیت مدرس

** دانشجوی دکترای گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه

الگوهای رشد اقتصادی هارود - دومار، یک و دو بخشی نئوکلاسیک علی‌رغم تفاوت‌های ظاهری در جوهره و شیوه آنها، مبین آن بوده‌اند که افزایش محصول کل و درآمد کل صرفاً ناشی از افزایش مقادیر داده‌ها، (سرمایه و نیروی کار بکار گرفته شده) است. با نگاه به متون رشد اقتصادی کشورهای رو به رشد، نشان داده می‌شود که این الگوها با تأکید بر انباشت داده‌ها یک عنصر اساسی روند رشد اقتصادی را به حساب نیاورده‌اند و آن تغییرات فنی^۱ است.

تعدد معانی منتسب به اصطلاح تغییر فنی و مفاهیم مربوط به آن نظیر اختراع^۲ یا پیشرفت فنی^۳ بحث در مورد آنرا دشوار می‌کند. اشموکلر^۴ معتقد است که فناوری^۵ به مثابه، «مجموعه اجتماعی از معرفت هنرهای صنعتی است» و نرخ پیشرفت فنی، نرخ است که دانش فنی بر اساس آن افزایش می‌یابد.

لازم است که بین آثار تغییر فنی و خود تغییر فنی تمایز قایل شد^۶. عموماً، فرض بر این است که تأثیرات تغییر فنی، پیشرفت فنی را به دنبال دارد و معانی زیر از آن مستفاد می‌شود:^۷ الف. به دست آوردن محصول بیشتر با مقادیر ثابت و معین نهاده‌ها؛ ب. محصول موجود در معرض تغییرات کیفی قرار می‌گیرد؛ ج. کالاهای جدید تولید می‌شود.

هرگونه اختراعی که منجر به ظهور شیوه جدیدی برای تولید کالای موجود شود، آن را روند اختراع می‌نامند و هرگونه اختراعی که سبب تغییر شکل کالاهای موجود شود یا کالایی کاملاً جدید به وجود آورد، اختراع کالا نامیده می‌شود. هنگامی که یک اختراع عملاً در

1. Technical Changes
2. Invention
3. Technical progress
4. Schmookler (1966)
5. Technology
6. Kenneky & Thirlwall,(1972)
7. Mansfield, (1968)

جریان تولید یک اقتصاد قرار می‌گیرد، گفته می‌شود که "نوآوری"^۸ در تولید یا نوآوری در فرایند حادث شده است.^۹

از سالهای اواسط دهه ۱۹۵۰، تحقیقات وسیعی درباره جنبه‌های اقتصاد کلان و اقتصاد خرد مربوط به پیشرفت فنی به مرحله اجرا درآمده است. از طریق مطالعات اقتصاد خرد، منابع نوآوریها و علل آنها و نیز سرعتی که اندیشه‌ها و روشهای جدید به علم اقتصاد وارد کرده است، مورد بررسی قرار گرفته است.^{۱۰}

الگوهای نوآوری (ابداع) برونزا، به طور ضمنی فرض می‌کند که پیشرفت فنی بدون هزینه است. این فرض ناشی از ناتوانی در ارتباط دادن پیشرفت فنی با هزینه‌های حقیقی فعالیت‌های تحقیق و توسعه‌ای است که قبل از تغییر فنی تحمیل می‌شود. البته، در نحوه برخورد عمومی‌تر با نظریه اختراع برونزا، باید نرخ و جهت تغییر فنی به گونه‌ای با میزان هزینه‌های تحقیق ارتباط یابد.^{۱۱} لذا در اغلب الگوهای ساده رشد اقتصادی، فرض بر این است که پیشرفت فنی با یک نرخ برونزا پیش می‌رود و نوردهاوس برای توجیه چنین فرضی معتقد است که: «اگر چه در اغلب نظریه‌های جدید قیمت و رشد، تغییرات فنی عاملی برونزا به حساب می‌آید، اما این امر بیشتر برای سهولت در کار تحلیل است تا یک برداشت جدی درباره نظام اقتصادی»^{۱۲}.

اندیشه کلی در مورد اینکه سرعت و جهت‌گیری اختراع و نوآوری بوسیله نیروهای درون نظام اقتصادی تعیین می‌شوند سابقه تاریخی طولانی دارد. هیکس در کتاب، ثوری دستمزدها در این مورد می‌گوید: «هرگونه، تغییر در قیمت‌های نسبی عوامل تولید، خود عامل محرکه اختراع به شمار می‌آید و گامی است در جهت با صرفه کردن کاربرد یک عامل تولید نسبتاً گران»^{۱۳}.

8. Innovation

۹. هایول جونز، ۱۳۷۵

10. Mansfield, (1968)

11. Atkinson & Stiglit, (1969), Conlisk, (1969), Nordhous, (1969)

12. Nordhaus, (1969)

13. Hickes, (1932)

نظر هیکس در مورد اثر قیمت‌های نسبی عوامل تولید در جهت‌گیری اختراع به شدت با مخالفت سالتز روبه‌رو شد. سالتز معتقد است که: «صاحب صنعت می‌خواهد هزینه را در جمع تقلیل دهد نه هزینه‌های خاصی را مثل هزینه‌های نیروی کار یا هزینه‌های سرمایه را. هنگامی که هزینه نیروی کار افزایش می‌یابد هر عملی (یعنی اختراع) که هزینه کل را کاهش دهد مطلوب است و اینکه این امر از طریق کاراندوزی یا سرمایه‌اندوزی حاصل شود، فرقی نخواهد کرد»^{۱۴}

بیشتر تحقیقات درباره علل پیشرفت فنی حاوی تحلیل مبتنی بر اقتصاد خرد است، که در آن تاکید خاصی بر هزینه‌های سرمایه‌گذاری تحقیق و توسعه شرکتها (بنگاهها) و صاحبان صنایع، شده است. فرایند تغییر فنی همانطور که گفته شد در پیشینه سنتی خود بصورت برونزا در سیستم اقتصادی طراحی شده است. این موضوع ناشی از آن است که علم و دانش که حاصل تحقیقات است به عنوان یک عامل مستقل در نظر گرفته شده است. تئوری نوآوری القایی^{۱۵} تلاشی در جهت تفسیر فرایند درونی سازی تغییر فنی در سیستم اقتصادی است. در این تلاش تغییر فنی فرایند پویایی تغییر در منابع الهی را نشان می‌دهد^{۱۶}.

۱. ادبیات فرضیه نوآوری القایی

از زمان انتشار مقاله سولو (۱۹۵۷)، پیشرفت شایان توجهی در اندازه‌گیری تغییر فنی و تمایل به آن صورت گرفته است. ادبیات موضوع روی اندازه‌گیری نرخ و تمایل تغییر فنی بستگی به دو دلیل عمده دارد. اول آنکه، کار سالو نقش تغییر فنی را در رشد اقتصادی بیان می‌کند. مدل‌های رشد نئوکلاسیکی که مبتنی بر بنیادگرایی سرمایه است، اهمیت پس‌انداز و سرمایه‌گذاری را برای ثبات رشد اقتصادی بیان می‌دارد و لذا نقش تغییر فنی در این مدل‌ها محدود شده است. ثانیاً، بحثی وجود دارد که امروزه تغییر فنی بر اساس یک الگوی ثابت از

14. Salter 1966

15. Induced Innovation Theory

16. Hayami & Ruttan, (1985)

تمایل به کاراندوزی^{۱۷} است. این دیدگاه ریشه در کار هیکس (۱۹۳۲) دارد و دلالت بر آن است که تمایل به کاراندوزی یک مسیر بنیادی تغییر فنی را می‌گشاید که در آن سهم نیروی کار، بطور پیوسته پیشرفت فنی را تحریک می‌کند. البته این یک الگوی مناسبی برای جلوگیری از بیکاری است، و ضرورتاً با تغییر در قیمت نسبی نیروی کار می‌توان تغییر فنی ایجاد کرد که به بیکاری بیشتر منتهی نشود.

فرضیه نوآوری القایی، اصولاً بحثی است که توسط هیکس و بعداً توسط فلتر (۱۹۷۱) و (۱۹۶۱)، کندی (۱۹۷۳) و (۱۹۶۴) و ساموئلسون و دیگران (۱۹۶۵) توسعه داده شده است و به‌طور خلاصه بیان می‌کند که افزایش در قیمت نسبی از یک نهاد، تغییر فنی را القاء می‌کند که باعث ذخیره آن نهاد می‌شود.

فرضیه نوآوری القایی در مسیر توسعه خود دو جهت مختلف را طی کرده است. یکی بحثهای نظری است که معمولاً در مورد اثرات توزیعی تمایل تغییر فنی^{۱۸} سهم‌های عوامل از محصول، صورت می‌گیرد. دیگرى، بحثهای تجربی در خصوص آزمون فرضیه نوآوری القایی است که در آن با بررسی تغییرات قیمت‌های نسبی عوامل، مجموعه تمایلات تغییر فنی اندازه‌گیری می‌شود. این دو مسیر اگرچه تفکیک‌ناپذیر هستند، اما غیر مرتبط با هم می‌باشند. بحث نظری توسط سالتر (۱۹۶۰) مورد نقد قرار گرفته است. نقد سالتر توسط کندی (۱۹۶۴) پاسخ داده شده است. کندی بر این عقیده است که در اثر کاهش نسبی در قیمت سرمایه، جانشینی سرمایه به جای کار را تسهیل^{۱۹} می‌کند و بحث از افزایش بهره‌وری نیروی کار در مقایسه با سرمایه نمی‌تواند توصیف‌کننده مناسبی برای سهم‌های توزیع شده در اقتصادهای توسعه یافته باشد. کندی معتقد است که اگر هزینه نیروی کار نسبت به هزینه سرمایه افزایش یابد کارآفرین^{۲۰} با ثابت بودن سایر شرایط^{۲۱} متوسل به تحقیقی با هدف نوآوری کاراندوز

17. Labour - Saving Bias

18. Technical Change Bias

19. Catalyst

20. Entrepreneur

21. Ceteris Paribus

می‌شود؛ و لذا در دراز مدت ارزش تعادلی سهمهای توزیعی فقط توسط تابع امکان نوآوری فناوریانه^{۲۲} و نه توسط جانشینی بین عوامل تعیین می‌شود.

از طرف دیگر ساموئلسون (۱۹۶۵) چنین بحث می‌کند که انباشت سرمایه نسبت به کاربرد نیروی کار نشان‌دهنده یک ثبات در نوآوری القایی کاراندوز^{۲۳} می‌باشد. افزایش نسبت سرمایه - کار می‌تواند، تلاش در جهت افزایش سهم نسبی نیروی کار را به همراه داشته باشد. سهم افزایش یافته نیروی کار تحقیق برای تغییر فنی کارافزا (تقویت‌کننده کار) (یا کاراندوز هیکیسی) را القا می‌کند، لذا ساموئلسون یک تعادل با ثبات بلندمدت از سهمهای نسبی را بیان می‌کند.

مدل کندی - ساموئلسون تمایل القایی تغییر فنی را در یک تعادل یا ثبات سهمهای عوامل روشن می‌کند و یک تغییر فنی کاراندوز^{۲۴} مسیر و رشد متعادل مطمئنی را به وجود می‌آورد که در آن سهم نیروی کار در نتیجه رشد نسبت سرمایه - کار افزایش می‌یابد. این نتیجه در حقیقت معادل فرض تغییر فنی خنثی هارود^{۲۵} یا کارافزای محض^{۲۶} است.

نوردهاوس (۱۹۷۳) معیارهایی را که در برگیرنده بنیادهای اقتصاد خردی است، برای مدل نوآوری القایی بیان می‌کند. او با تکیه بر این مبانی معتقد است که معیار امکان نوآوری فناوریانه از نوع کندی راهنمای خوبی برای رشد متعادل نیست.

بنس ونگر (۱۹۷۴) برای رهایی تئوری نوآوری القایی از ابطال نظری و تجربی اقدام به طرح مبانی اقتصاد خردی قوی می‌کند. او معتقد است که رهیافت اقتصاد خرد و کلانی از نوآوری القایی وجود دارد. رهیافت اقتصاد خرد با کار احمد (۱۹۶۶) با طرح یک منحنی امکان نوآوری^{۲۷} شروع می‌شود، این امر به دلیل نداشتن بنیادهای ریاضی قابل کاربرد تجربی

22. Technological Innovation Possibility Function

23. Induced Labour - Saving Innovation

24. Labour - Saving Bias

25. Harrod - Neutral Technical Change

26. Pure Labour - Augmenting.

27. Innovation Possibility Curve.

نبود. رهیافت اقتصاد کلانی تئوری نوآوری القایی توسط کندی (۱۹۶۴) با طرح مرز امکان نوآوری^{۲۸} (IPF) که بیانگر بده بستان بین نرخهای سرمایه‌افزا و نرخهای کارافزا است، شروع می‌شود. این رهیافت منجر به یک ادبیات نظری مستحکمی شد ولی عملاً منتهی به هیچ‌گونه کاربرد تجربی بخاطر مشکلات اندازه‌گیری اقتصاد سنجی نرخهای عامل‌افزا^{۲۹} یا شناسایی خصوصیات IPF بطور تجربی نشد. از طرف دیگر، این رهیافت به دلیل نداشتن بنیادهای اقتصاد خردی مستحکم توسط نوردها وس (۱۹۷۳ و ۱۹۶۷) به طور گسترده مورد انتقاد قرار گرفت. لذا بنس ونگر با بازسازی امکانهای نوآوری بر اساس فرایندهای هزینه تحقیق و توسعه، مبانی اقتصاد خردی برای تئوری نوآوری القایی فراهم می‌کند که جامعیت آن قادر است موارد خاص احمد و کندی را دربرگیرد.

کارهای تجربی متعددی از آزمون فرضیه نوآوری القایی برای اقتصادهای توسعه یافته صورت گرفته است. مطالعه هیامی و روتن (۱۹۷۰) برای بخش کشاورزی امریکا و ژاپن در سالهای ۱۸۸۰ تا ۱۹۶۰ فرضیه نوآوری القایی را در این دو کشور تأیید می‌کند. بنس ونگر (۱۹۷۴a) برای بخش کشاورزی امریکا این آزمون را انجام داده است. او با کاربرد تابع هزینه ترانس لاگ با چهار نهاده: زمین، نیروی کار، ماشین‌آلات و کود، به این نتیجه می‌رسد که کاربرد شدید کود، تمایل به کاراندوزی با توجه به کاهش شدید در قیمت کود و افزایش سریع در دستمزدها، سازگار با آزمون فرضیه نوآوری القایی است. البته در این مطالعه افزایش قیمت ماشین‌آلات نسبت به دستمزدها فرضیه ماشین‌بری را حمایت نمی‌کند. ولی باید دانست که تغییر فنی ماشین‌بر^{۳۰} است و نه ماشین‌اندوز.^{۳۱}

کاواگو (۱۹۸۶) و دیگران فرضیه نوآوری القایی را برای بخش کشاورزی در امریکا و ژاپن طی دوره ۱۹۸۰-۱۸۸۰ آزمون کرده‌اند. آنها با استفاده از تابع تولید CES و با چهار نهاده: زمین، نیروی کار، ماشین‌آلات و کودشیمیایی به این نتیجه رسیدند که تغییر فنی در

28. Innovation Possibility Frontier

29. Factor - avmenting

30. Machinery - Using

31. Machinery - Saving

کشاورزی امریکا در جهت کاراندوز، زمین بر و ماشین بر و کود بر بوده است. آنها دریافتند که تغییر فنی در دوره بعد از جنگ برای ژاپن متمایل به کاراندوزی، ماشین بری و کودبری بوده است. این یافته‌ها تناسب موزونی با فرضیه نوآوری القایی دارد.

مطالعات فراوانی بر روی فرضیه نوآوری القایی انجام گرفته و آنچه مدنظر این مقاله است، کارهای مبتنی بر روش‌شناسی نوآوری القایی اقتصاد خردی بنس ونگر است و استفاده از سهم و قیمت‌های نسبی عوامل برای نشان دادن تمایل عوامل به استفاده یا ذخیره می‌باشد. همانطور که دیده شد، فرضیه نوآوری القایی برای اقتصادهای پیشرفته‌ای همچون امریکا و ژاپن آزمون شده است و تلاشهایی نیز در دهه ۱۹۹۰ در کشورهای آسیای جنوب شرقی (صنعتی شده جدید) به ویژه کره توسط یون (۱۹۹۱)^{۳۲} انجام شد و نشان داد که فرضیه نوآوری القایی در اقتصاد کره نیز صادق است. برای اقتصاد آفریقای جنوبی نیز آزمون فرضیه نوآوری القایی انجام پذیرفته است، ولی روش مورد استفاده مدل تصحیح خطا بوده است که آزمون فرضیه را برای اقتصاد کشاورزی آفریقای جنوبی تأیید نکرده است (تریل^{۳۳} و دیگران ۱۹۹۵).

ابتدا رهیافت بنس ونگر^{۳۴} برای مطالعه تمایل تغییر فنی تشریح می‌شود و سپس رهیافت سری زمانی^{۳۵} که مبتنی بر تحلیل همگرایی^{۳۶} است برای آزمون نوآوری القایی و تمایل تغییر فنی در کشاورزی ایران بیان می‌شود.

۱-۱. رهیافت بنس ونگر

تغییر فنی می‌تواند بر اساس انتقال به سمت بالای منحنی همسان تولید مرزی در طول زمان باشد و یا اینکه حرکت روی انحنا منحنی همسان تولید باشد. اگر تغییری روی انحنا

32. Yuhn (1991)

33. Thirtle (1995)

34. Binswanger Approach

35. Time Series Approach

36. Cointegration

منحنی همسان صورت گیرد، تغییر فنی بیانگر تمایل تغییر فنی^{۳۶} می‌باشد. بنابراین، نرخ تغییر فنی^{۳۷} چنین اندازه گیری می‌شود:

$$TC = \frac{d \ln Q(x)}{dt} \quad (1)$$

در این رابطه Q محصول، X بردار نهاده‌ها و t شاخص زمان است. پیشرفت فنی داده شده فرض می‌شود و تمایل تغییر فنی (TCB) مبتنی بر دیدگاه هیکس است. تغییر فنی بیانگر جهت عامل i بر^{۳۸} عامل i خنثی^{۳۹} و یا عامل i اندوز^{۴۰} است. اگر قیمت‌ها ثابت باشد نسبت $\frac{X_i}{X_j}$ افزایش، بدون تغییر یا کاهش یابد می‌تواند بیانگر تمایل تغییر فنی با تغییر شکل دیگری از رابطه (۱) باشد.

$$TCB_i = \frac{d \ln (X_i/X_j)}{dt} \begin{matrix} > \\ = \\ < \end{matrix} \begin{matrix} i-بر \\ i-خنثی \\ i-اندوز \end{matrix} \quad (2)$$

در صورتی که افزایشی (یا کاهش) در نسبت X_i/X_j صورت گیرد، این امر نتیجه افزایش (یا کاهش) ثابت قیمت عامل X_i است و لذا داریم:

$$TCB_i = \frac{d \ln S_i^c}{dt} \begin{matrix} > \\ = \\ < \end{matrix} \begin{matrix} i-بر \\ i-خنثی \\ i-اندوز \end{matrix} \quad (3)$$

در اینجا S_i^c بیانگر سهم قیمت‌های ثابت نهاده i می‌باشد. در دیدگاه سستی اندازه گیری نرخ و تمایل تغییر فنی توسط متغیر زمان و بطور ضمنی در مدل تحت عنوان شاخص فناوری نشان داده می‌شود. در یک تابع تولید نمونه چنین داریم:

$$Q = f(X, t) \quad (4)$$

روش سستی برای آزمون فرضیه نوآوری القایی مناسب نیست. زیرا از این طریق نسبت

36. Technical Change Bias (TCB)

37. Rate of Technical Change

38. Factor i- using

39. Factor i- neutral

40. Factor i- saving

عوامل یا سهم عوامل در رابطه با قیمت نسبی آنها دیده نمی‌شود.

اگر تابع تولید با فرم عامل‌افزا برای کشاورزی چنین تعریف شده باشد:

$$Q = f(\lambda_K K, \lambda_L L, \lambda_A A, \lambda_M M) \quad (5)$$

در اینجا Q محصول ناخالص، K سرمایه، L نیروی کار، A سطح زیرکشت، M مواد می‌تواند شامل کود، سم و غیره باشد) است و λ_i پارامترهای افزایشنده یا عامل‌افزا می‌باشد. تابع همزاد هزینه مطابق با فرمول زیر از تابع تولید را داریم:

$$C = g\left(\frac{P_K}{\lambda_K}, \frac{P_L}{\lambda_L}, \frac{P_A}{\lambda_A}, \frac{P_M}{\lambda_M}, Q\right)$$

$$C = g(P_K^*, P_L^*, P_A^*, P_M^*, \bar{Q}) \quad (6)$$

در اینجا C کل هزینه و P_i^* قیمت عوامل در واحدهای کارایی می‌باشد.

برای محاسبه سهم عوامل نیاز است که تابع هزینه ترانس لاگ استفاده شود.

$$\begin{aligned} \ln C = \alpha_0 + \sum_i \alpha_i \ln P_i^* + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \beta_{ij} \ln P_i^* \ln P_j^* + Y_Q \ln Q + \sum_i Y_{iQ} \ln P_i^* \\ + \frac{1}{2} Y_{QQ} (\ln Q)^2 \quad i, j = K, L, A, M \end{aligned} \quad (7)$$

$$\sum_i \alpha_i = 1, \sum_i \sum_j \beta_{ij} = \sum_i \beta_{ij} = \sum_j \beta_{ij} = 0 \text{ و } \sum_i Y_{iQ} = 0 \quad (8)$$

با کاربرد لم شفارد، تابع سهم هزینه برای نهاده i را می‌توان چنین نشان داد:

$$s_i = \frac{\partial \ln C}{\partial \ln P_i^*} = \alpha_i + \sum_j \beta_{ij} \ln P_j^* + Y_{iQ} \ln Q \quad (9)$$

شاخص بنس ونگر برای نمایش تمایل تغییر فنی بوسیله تغییرات در سهم هزینه چنین است:

$$\begin{aligned} ds_i &= \sum_j \beta_{ij} d \ln P_j^* \\ &= \sum_j \beta_{ij} (d \ln P_j - d \ln \lambda_j) \end{aligned} \quad (10)$$

که در شکل ماتریسی داریم:

$$dS = B (d \ln P) - B (d \ln \Lambda) \quad (11)$$

با استفاده از رابطه (۸) داریم:

$$\beta_{in} = - \sum_j^{n-1} \beta_{ij} \quad (12)$$

و لذا می توان معادله (۱۰) را چنین نوشت:

$$ds_i = \sum_j^{n-1} \beta_{ij} \, d \ln \left(\frac{P_j}{P_n} \right) - \sum_j^{n-1} \beta_{ij} \, d \ln \left(\frac{\lambda_j}{\lambda_n} \right)$$

و یا:

$$ds_i = \sum_j^{n-1} \beta_{ij} \, d \ln \varnothing_j - \sum_j^{n-1} \beta_{ij} \, d \ln v_j \quad (13)$$

در اینجا $\varnothing_j = \frac{P_j}{P_n}$ و $v_j = \frac{\lambda_j}{\lambda_n}$ می باشد. و در شکل ماتریسی داریم:

$$dS_{(n-1) \times 1} = \Gamma d \ln \Phi - \Gamma d \ln V \quad (14)$$

از آنجا که $\Gamma_{(n-1) \times (n-1)}$ ماتریس مربع و غیر یکنواست، لذا برای $d \ln v$ داریم:

$$d \ln v = d \ln \Phi - \Gamma^{-1} dS \quad (15)$$

$$dS_{(n-1) \times 1}^c = - \Gamma d \ln v \quad (16)$$

در اینجا S^c سهمهای قیمت تصحیح شده^{۴۲} (یا قیمت ثابت) است. با جایگزاری معادله

(۱۵) در (۱۶) داریم:

$$dS^c = - \Gamma (d \ln \Phi - \Gamma^{-1} dS)$$

$$= dS - \Gamma d \ln \Phi \quad (17)$$

از طرف دیگر برای محاسبه سهمهای قیمت ثابت عوامل ممکن است نیازی به ماتریس Γ

نباشد لذا بجای آن از ماتریس B استفاده می شود.

$$dS^c = dS - B \ln P$$

$$ds_i^c = dS_i - \sum_j \beta_{ij} \, d \ln P_j \quad (18)$$

$$dS_i = dS_i^c + \sum_j \frac{\partial s_i}{\partial \ln p_j} \, d \ln p_j^* \quad (19)$$

لذا شاخص بنس ونگر برای تمایل تغییر فنی چنین است:

$$TCB^* = \frac{dS_i^c}{dt} \cdot \frac{1}{S_i} \quad (20)$$

این شاخص شکل توسعه یافته معادله (۳) است. اگر $TCB^* < 0$ باشد تغییر فنی عامل i - اندوز است. اگر $TCB^* = 0$ باشد آنگاه عامل i خنثی است. و اگر $TCB^* > 0$ باشد، تغییر فنی i - بر است. از طرف دیگر اگر رابطه معکوس بین S_i^c و P_i وجود داشته باشد، نشان دهنده پذیرش فرضیه نوآوری القایی می‌باشد.

۲-۱. رهیافت سری زمانی

در مدل‌های متعارف، معمولاً متغیر مستقیمی که نشان دهنده تغییر فنی باشد، موجود نیست؛ ولی تلاش‌های بسیاری از متخصصین اقتصادی و اقتصادسنجی منجر به کاربردهای پیشرفته جدیدی از ادبیات سری زمانی شده است که قادر است، تمایل تغییر فنی را برآورد کند. این امر مربوط به خصوصیات سری زمانی است که می‌تواند تخمین‌های صحیحی از پارامترهای مدل‌های همزاد^{۴۳} و تمایل تغییر فنی را به همراه داشته باشد، که اگر این خصوصیات به حساب آورده نشود، عملیات سستی کاربرد متغیر روند معین زمانی^{۴۴} به عنوان یک جانشین برای متغیر تغییر فنی، منجر به برآوردهای ناسازگار می‌شود.

برای استفاده روش سری زمانی از سیستم ترانس لاگ و معادلات سهم هزینه‌ای استفاده می‌شود. در صورتی که سهم عوامل، قیمت نسبی عوامل، و محصول همگرا باشند، می‌توان نتیجه گرفت که تغییر فنی خنثی است. این امکان وجود دارد که با کاربرد دیدگاه سستی این نتیجه گرفته نشود. مقایسه دو روش رهیافت سستی (کاربرد متغیر روند زمانی) و رهیافت سری زمانی نشان داده است که روش سری زمانی برآوردهای بمراتب سازگارتر با تئوری اقتصادی ارایه می‌کند.^{۴۵}

43. Duality Models

44. Deterministic Trend

45. Clark & Youngblood, (1992)

تابع هزینه ترانس لاگ با خصوصیات معمول آنرا در ذیل داریم:

$$\ln c_t = \alpha^0 + \sum_i \alpha_i \ln p_i + \alpha_q \ln Q_t + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \alpha_{ij} \ln p_{it} \ln p_{jt} \quad (21)$$

$$+ \sum_i a_{it} \ln p_{it} + a_{qt} \ln Q_t + \sum_i \alpha_{iq} \ln p_{it} \ln Q_t + \frac{1}{2} \alpha_{qq} (\ln Q_t)^2$$

در این تابع α ها بیانگر پارامترها هستند؛ P_{it} قیمت نهاده‌هاست، Q_t محصول است؛ α_{it} عامل ویژه فرایند تصادفی تغییر فنی^{۴۶} است؛ a_{qt} عامل ویژه فرایند غیر تصادفی تغییر فنی^{۴۷} است، و C_t هزینه است.

با استفاده از لم شفارد داریم:

$$S_{it} = \alpha_i + \alpha_{it} + \sum_j a_{ij} \ln p_{jt} + \alpha_{iq} \ln Q_t \quad (22)$$

در اینجا S_{it} سهمی از هزینه کل است که برای عامل i فراهم شده است.

روابط معادله (۲۲) می‌تواند به طور قابل قبولی بیانگر یک تعادل بلندمدت باشد. حقیقت آن است که رابطه تعادلی بنظر می‌رسد که بوسیله فروض تابع هزینه (۲۱) تأمین شده باشد. اصل موضوعی که در اینجا وجود دارد آن است که حداقل سازی هزینه بنگاه با حداکثر سازی سود یا ثروت بنگاه در بازارهایی که قیمت‌ها بطور لحظه‌ای تعدیل می‌شود برای تعادل بخشیدن به عرضه و تقاضا، سازگار است. کاربرد تئوری همگرایی انگل و گرنجر نشان می‌دهد که مفهوم آماری همگرایی بطور مستحکمی با مفهوم اقتصادی تعادل بلندمدت ارتباط دارد.

جهت ساده‌سازی معادله (۲۲) از نمادهای ماتریسی استفاده و $Z_t = (\ln p_{it}, \dots, \ln p_{nt}, \ln y_t)'$ و $\beta = (\alpha_{i1}, \dots, \alpha_{in}, \alpha_{iq})'$ چنین نوشته می‌شود:

$$S_{it} = \alpha_i + a_{it} + \beta' Z_t \quad (23)$$

دو امکان برای ساکن بودن معادله (۲۳) وجود دارد.

الف. اگر تمام عناصر Z_t ساکن باشند آنگاه S_{it} حول یک روند زمانی معین خطی ساکن است. در این مورد $a_{it} = b_i t + \varepsilon_{it}$ که در آن t روند زمانی و b_i پارامتر است، ε_{it} یک جزء

46. Factor - Specific Technical Change Stochastic Processes

47. Non - Factor - Specific Technical Change Stochastic Processes

اخلال^{۴۸} می‌باشد. با جایگزین کردن α_{it} در معادله (۲۳) داریم:

$$S_{it} = \alpha_i + b_i t + \beta' Z_t + \varepsilon_{it} \quad (24)$$

مشخصه معادله (۲۴) در، سنجش تغییر فنی منطبق با دیدگاه سنتی است. تمایل تغییر فنی

چنین تعریف می‌شود:

$$\begin{aligned} \text{عامل } i \text{ بر} & \Rightarrow b_i > 0 \\ \text{عامل } i \text{ خنثی} & \Rightarrow b_i = 0 \\ \text{عامل } i \text{ اندوز} & \Rightarrow b_i < 0 \end{aligned}$$

این نتایج مبتنی بر رهیافت بنس ونگر است.

ب. اگر S_{it} و تمام عناصر Z_t دارای ریشه واحد باشد، بنابراین تفاضل درجه اول آنها ایستا است. لذا دو امکان وجود دارد.

اول، S_{it} و Z_t همگرا هستند $[I(1,1)]$. اگر جزء اخلال a_{it} ایستا باشد، داریم $a_{it} = \rho_i \alpha_{it-1} + \varepsilon_{it}$. در اینجا ρ_i ($|\rho_i| < 1$) یک پارامتر است، و معادله (۲۳) چنین نوشته می‌شود:

$$S_{it} = \alpha_i + \beta' Z_t + \alpha_{it} \quad (25)$$

و در نتیجه تغییر فنی خنثی است.

دوم، S_{it} و Z_t همگرا نیستند، در این مورد اگر $a_{it} \sim I(1)$ باشد، و گام تصادفی^{۴۹} با عرض از مبدا داریم. در نتیجه $a_{it} = d_i + a_{it-1} + \varepsilon_{it}$ می‌باشد، در این رابطه d_i پارامتر است. با جایگزاری در معادله (۲۳) داریم:

$$\Delta S_{it} = d_i + \beta' \Delta Z_t + \varepsilon_{it} \quad (26)$$

تمایل تغییر فنی تعریف شده بصورت آنچه که در معادله (۲۳) است با $d_i = \Delta a_{it}$ برابر

می‌باشد. برای Δa_{it} متناسب با تعریف بنس ونگر داریم:

$$\begin{aligned} \text{عامل } i \text{ بر} & \Rightarrow \Delta a_{it} > 0 \\ \text{عامل } i \text{ خنثی} & \Rightarrow \Delta a_{it} = 0 \\ \text{عامل } i \text{ اندوز} & \Rightarrow \Delta a_{it} < 0 \end{aligned}$$

کار تیلور، فورتن و کلارک (۱۹۹۰) این مورد را تایید می‌کند.

48. Whit noise

49. Random Walk

۲. آمار و روش تخمین

آمار مورد استفاده در این مقاله، سری زمانی ۱۳۳۸-۱۳۷۴ می‌باشد و منبع تهیه آمار بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران است. نیاز آماری شامل قیمت‌های نسبی عوامل و هزینه تولید محصولات کشاورزی است و علاوه بر آن موجودی سرمایه، اشتغال، سطح زیرکشت و میزان تولید محصولات کشاورزی (زراعی و باغی) می‌باشد. در کشاورزی با توجه به چهار عامل اصلی زمین، سرمایه، نیروی کار و مواد تحلیل تولید انجام می‌شود. برای محاسبه ارزش بازدهی هر واحد زمین کشاورزی (هکتار) یا به عبارت دیگر نرخ اجاره زمین کشاورزی از شاخص ریکاردو برای سری زمانی فوق استفاده شده است. در این روش ارزش تولید محصولات کشاورزی (زراعی و باغی) در واحد سطح هکتار برای هر سال بطور متوسط با توجه به شاخص تورم حساب شده است. برای قیمت سرمایه (نرخ بازدهی سرمایه‌گذاری) از شاخص قیمت تراکتور به عنوان یک جانشین و برای نرخ دستمزد نیز از شاخص دستمزد نیروی کار ساده در بخش ساختمان استفاده شده است (به علت اینکه دو بخش کشاورزی و ساختمان به بازار رقابت کامل نزدیک است و نقل و انتقال نیروی کار بین دو بخش به سهولت انجام می‌پذیرد، دستمزدهای بخش ساختمان به عنوان دستمزدهای انتظاری بخش کشاورزی مطرح است). مواد طیف گسترده‌ای از نهادهای واسطه‌ای کشاورزی را شامل می‌شود. ولی برای متناسب بودن با رفتار تئوریک از شاخص قیمت کود شیمیایی استفاده شده است.

از آنجاییکه ارزش زمین با آب سنجیده می‌شود، نبود آمار مربوط به اجاره بهای آب در سری زمانی مورد نظر، سهم آب در زمین کشاورزی لحاظ شده است. هزینه تولید محصولات کشاورزی آنچه که در آمار حسابهای ملی آمده است، مربوط به هزینه واسطه‌ای کشاورزی (زراعت و باغبانی) می‌باشد. این هزینه شامل: کود و کودپاشی، سم و سم‌پاشی، تعمیرات، کود حیوانی، حمل و نقل است. لذا برای سنجش سهم عوامل اصلی یعنی زمین، نیروی کار، سرمایه می‌باید از ارزش افزوده کشاورزی استفاده می‌شود. به عبارت دیگر هزینه مربوط به این سه عامل معادل ارزش افزوده کشاورزی است یا دریافتی عوامل اصلی تولید کشاورزی از ارزش افزوده مشخص می‌شود. (به دلیل مشکلات ناشی از استفاده از مدلهای همزاد برای تعیین هزینه تولید و قبول این فرض که ارزش افزوده کشاورزی قاعداً باید به سه عامل اصلی

یعنی زمین، نیروی کار و سرمایه تعلق داشته باشد ارزش افزوده معادل هزینه تولید عوامل اصلی در نظر گرفته شده است). با تعدیلاتی که صورت گرفته، آمار ارزش افزوده و شاخص قیمت‌ها به ثابت سال ۱۳۶۱ می‌باشد جدول (۱) نشان‌دهنده شاخص قیمت‌ها است).

همانطوری که بحث روش‌شناسی گفته شد مدل عبارت از تابع هزینه ترانس لاگ که می‌توان از آن توابع سهم هزینه‌ای را استخراج کرد و بکار بردن همزمان تابع هزینه ترانس لاگ و توابع سهم هزینه‌ای در کارایی سیستم مؤثر است. نتایج تخمین توابع در جدول شماره (۲) آمده است. روش تخمین ISUR^{۵۰} است که با نرم‌افزار TSP7 انجام شده است. این روش تخمین پارامترهای سازگاری را ارایه می‌کند و کارایی آن مانند روش تخمین حداکثر درست‌نمایی^{۵۱} است. مطابق با تئوری سعی شده است که قیمت نسبی عوامل بر حسب ضرایب فزاینده تابع تولید کشاورزی بدست آید، لذا هر یک از عوامل تولید نسبت به ضریب فزاینده مربوطه نرمال شده است و برای اختصار از آوردن نتایج تخمین تابع تولید آن در مقاله خودداری شده است.

جدول (۳) نشان‌دهنده سهم‌های واقعی و حقیقی (قیمت‌های اصلاح شده) عوامل است. البته لازم به توضیح است که مقایسه سهم‌های واقعی و حقیقی نکات ارزنده‌ای را نشان می‌دهد که در تحلیل اقتصاد سیاسی کشاورزی بسیار سودمند است.

برای محاسبه تغییر فنی در کشاورزی ایران با استفاده از سهم عوامل حقیقی و فرمول TCB* تغییرات فنی محاسبه شده است. جدول شماره (۴) نشان‌دهنده مقادیر TCB برای عوامل تولید است. آنچه مشخص است تنها سال ۱۳۵۰ است که تغییرات فنی مطابق با نتایج تئوری نوآوری القایی کشورهای توسعه یافته است.

جدول ۱ - شاخص قیمت‌های عوامل

درصد

سال	کودشیمیایی	زمین	نیروی کار	سرمایه
۱۳۳۸	۱۰۰	۱۰۰/۰	۱۰۰/۰	۱۰۰/۰
۱۳۳۹	۹۸/۵	۹۴/۳	۹۰/۷	۹۸/۶
۱۳۴۰	۹۹/۶	۹۰/۰	۹۰/۱	۹۹/۰
۱۳۴۱	۹۸/۶	۹۲/۵	۸۵/۱	۱۰۱/۹
۱۳۴۲	۹۵/۰	۹۲/۵	۹۶/۲	۱۰۱/۶
۱۳۴۳	۹۵/۷	۹۱/۸	۱۰۳/۰	۱۰۱/۶
۱۳۴۴	۱۰۱/۹	۹۹/۳	۱۰۶/۷	۱۰۱/۶
۱۳۴۵	۹۹/۳	۱۰۳/۷	۱۰۸/۶	۱۰۱/۶
۱۳۴۶	۹۵/۳	۱۰۸/۷	۱۱۴/۸	۱۰۱/۶
۱۳۴۷	۸۶/۲	۱۲۰/۰	۱۲۸/۳	۱۰۱/۶
۱۳۴۸	۸۶/۵	۱۲۱/۲	۱۴۶/۲	۱۰۱/۶
۱۳۴۹	۸۶/۵	۱۳۹/۳	۱۵۱/۸	۱۰۷/۶
۱۳۵۰	۸۰/۶	۱۶۰/۶	۱۵۶/۱	۱۱۲/۹
۱۳۵۱	۸۶/۹	۱۶۸/۱	۱۸۳/۳	۱۱۷/۲
۱۳۵۲	۹۸/۷	۱۸۹/۳	۲۲۲/۲	۱۲۳/۵
۱۳۵۳	۱۱۰/۴	۲۵۵/۰	۲۹۰/۱	۱۶۹/۸
۱۳۵۴	۱۱۳/۶	۲۹۵/۰	۴۱۹/۷	۱۶۹/۸
۱۳۵۵	۱۱۲/۷	۴۲۸/۷	۵۹۲/۵	۲۱۹/۵
۱۳۵۶	۱۰۵/۵	۴۵۱/۸	۷۹۰/۱	۲۲۴/۱
۱۳۵۷	۱۰۵/۵	۵۸۹/۳	۹۳۸/۲	۲۲۴/۱
۱۳۵۸	۱۰۵/۵	۷۲۱/۲	۱۰۸۶/۴	۲۲۴/۱
۱۳۵۹	۱۰۵/۵	۱۰۱۶/۲	۱۲۹۰/۱	۲۲۸/۱
۱۳۶۰	۱۰۵/۵	۱۵۴۵/۰	۱۵۰۶/۱	۲۴۶/۰
۱۳۶۱	۱۰۶/۳	۱۸۹۵/۰	۱۸۱۴/۸	۲۴۸/۰
۱۳۶۲	۱۰۶/۳	۱۹۸۷	۲۲۲۲	۲۳۸/۴

ادامه جدول ۱

سال	کودشیمیایی	زمین	نیروی کار	سرمایه
۱۳۶۳	۱۰۶/۳	۲۴۲۵	۲۵۸۰	۲۴۱/۷
۱۳۶۴	۱۰۶/۳	۲۶۱۸	۲۷۶۵	۲۵۴/۹
۱۳۶۵	۱۰۹/۰	۳۰۲۵	۳۲۶۵	۲۶۹/۵
۱۳۶۶	۱۱۲/۷	۳۷۶۸	۳۹۳۲	۲۷۵/۱
۱۳۶۷	۱۱۲/۷	۳۷۴۳	۴۷۷۷	۲۸۰/۴
۱۳۶۸	۱۱۲/۷	۴۹۱۸	۵۶۴۸	۳۱۰/۹
۱۳۶۹	۱۱۲/۷	۶۲۵۰	۶۱۷۲	۳۳۱/۱
۱۳۷۰	۱۱۲/۷	۷۹۳۷	۷۰۱۲	۶۵۲/۶
۱۳۷۱	۱۸۷۸	۱۱۲۲۵	۸۴۵۰	۱۰۵۹/۶
۱۳۷۲	۱۳۴۲	۱۵۰۷۵	۹۹۶۲	۲۳۳۶
۱۳۷۳	۱۱۴۳	۱۶۲۰۶	۱۲۳۷۰	۳۶۱۶
۱۳۷۴	۱۶۵۸	۲۵۱۹۳	۱۷۱۷۲	۵۵۴۸

جدول ۲ - تخمین تابع هزینه ترانس لاگ با روش ISUR

پارامتر	ضریب	آزمون t	پارامتر	ضریب	آزمون t
α_0	۹۵/۴۷۱	-۲/۵۷	γ_{AQ}	۰/۰۸۶	۵/۷۲
α_k	۰/۴۴۶	۴/۰۳	γ_{QQ}	-۲/۳۳۳	-۲/۳۲
α_L	۲/۴۶۱	۵/۹۹	θ_l	-۱/۷۱۵	-۲/۷۵
α_A	-۰/۴۳۷	-۴/۶۲	θ_{kt}	۰/۰۰۲	۳/۳۷
β_{KL}	۰/۰۰۲	۲/۱۷	θ_{lt}	-۰/۰۰۴	-۷/۰۳
β_{KA}	-۰/۰۰۰۵	-۱/۹۹	θ_{At}	۰/۰۱۸	۶/۴۴
β_{LA}	-۰/۰۰۰۶	-۳/۲۹	θ_{tt}	-۰/۰۱۴	-۲/۹۴
γ_Q	۳۰/۳۷۲	۲/۴۷	θ_{Qt}	۰/۰۲۵۹	۲/۵۵
γ_{KQ}	-۰/۰۵۱	-۲/۹۷	R^2	۰/۹۹	
γ_{LQ}	-۰/۳۲۵	-۵/۰۱	D.W	۱/۸۱	

جدول ۳ - سهم عوامل با قیمت واقعی و تصحیح شده

درصد

سال	FSMP	SMP	FSAP	SAP	FSLP	SLP	FSKP	SKP
۱۳۳۸	۳۵/۱	۱۹/۸	۱۰/۴	۵/۹	۴۱/۷	۶۸/۰	۱۲/۸	۶/۱
۱۳۳۹	۳۱/۲	۲۱/۴	۹/۲	۶/۴	۴۶/۲	۶۳/۸	۱۳/۴	۸/۲
۱۳۴۰	۲۸/۵	۲۳/۷	۸/۴	۷/۱	۴۹/۲	۵۹/۱	۱۳/۹	۱۰/۰
۱۳۴۱	۲۷/۲	۲۳/۹	۸/۰	۷/۱	۵۰/۷	۵۷/۸	۱۴/۱	۱۰/۹
۱۳۴۲	۲۶/۱	۲۵/۰	۷/۸	۷/۵	۵۱/۸	۵۵/۹	۱۴/۳	۱۱/۴
۱۳۴۳	۲۳/۳	۲۶/۷	۶/۹	۸/۰	۵۵/۰	۵۱/۳	۱۴/۸	۱۳/۸
۱۳۴۴	۲۴/۹	۲۷/۱	۷/۴	۸/۱	۵۳/۲	۵۱/۳	۱۴/۵	۱۳/۳
۱۳۴۵	۲۴/۵	۲۶/۷	۷/۳	۸/۰	۵۳/۷	۵۱/۴	۱۴/۵	۱۳/۸
۱۳۴۶	۲۴/۶	۲۶/۸	۷/۳	۸/۰	۵۳/۶	۵۰/۹	۱۴/۵	۱۴/۱
۱۳۴۷	۲۶/۹	۲۶/۷	۸/۰	۸/۰	۵۱/۰	۵۱/۸	۱۴/۱	۱۳/۳
۱۳۴۸	۲۵/۳	۲۸/۳	۷/۵	۸/۵	۵۲/۸	۴۸/۵	۱۴/۴	۱۴/۵
۱۳۴۹	۱۹/۴	۳۴/۵	۸/۷	۱۰/۳	۵۸/۳	۴۲/۲	۱۳/۶	۱۲/۹
۱۳۵۰	۲۷/۷	۲۷/۵	۸/۲	۸/۲	۵۰/۲	۴۹/۹	۱۳/۹	۱۴/۲
۱۳۵۱	۲۶/۷	۳۱/۰	۸/۰	۹/۳	۵۱/۲	۴۲/۵	۱۴/۱	۱۶/۹
۱۳۵۲	۲۳/۷	۳۱/۹	۷/۰	۹/۵	۵۴/۷	۳۸/۱	۱۴/۶	۲۰/۲
۱۳۵۳	۲۳/۳	۲۶/۷	۶/۹	۸/۰	۵۵/۱	۴۶/۸	۱۴/۷	۱۸/۳
۱۳۵۴	۲۶/۰	۲۶/۴	۷/۷	۷/۹	۵۲/۱	۴۶/۰	۱۴/۲	۱۹/۵
۱۳۵۵	۲۹/۸	۳۰/۴	۸/۹	۹/۱	۴۷/۸	۴۲/۶	۱۳/۵	۱۷/۷
۱۳۵۶	۲۵/۷	۲۸/۳	۷/۶	۸/۵	۵۲/۴	۴۱/۸	۱۴/۳	۲۱/۲
۱۳۵۷	۲۵/۷	۲۳/۰	۷/۶	۶/۹	۵۲/۴	۴۹/۲	۱۴/۳	۲۰/۸
۱۳۵۸	۲۵/۷	۲۰/۳	۷/۶	۶	۵۲/۴	۵۳/۲	۱۴/۳	۲۰/۳
۱۳۵۹	۲۶/۹	۱۸/۲	۸/۰	۵/۴	۵۱/۰	۶۵/۸	۱۴/۱	۱۰/۴
۱۳۶۰	۲۷/۲	۱۶/۴	۸/۱	۴/۹	۵۰/۷	۶۲/۸	۱۴/۰	۱۵/۸
۱۳۶۱	۲۷/۴	۱۷/۹	۸/۱	۵/۳	۵۰/۵	۶۱/۶	۱۴/۰	۱۵/۰

ادامه جدول ۳

SKP	FSKP	SLP	FSLP	SAP	FSAP	SMP	FSMP	سال
۱۴/۸	۱۴/۳	۵۲/۷	۵۲/۱	۷/۴	۷/۷۰	۲۴/۹	۴۰/۲	۱۳۶۲
۱۵/۵	۱۴/۰	۵۹/۴	۵۰/۶	۵/۷	۸/۱	۱۹/۲	۲۷/۳	۱۳۶۳
۱۵/۴	۱۳/۹	۵۹/۱	۴۹/۹	۵/۸	۸/۲۰	۱۹/۵	۲۸/۰	۱۳۶۴
۱۴/۸	۱۴/۱	۶۲/۹	۵۱/۰	۵/۱	۸/۰	۱۷/۱	۲۶/۹	۱۳۶۵
۱۴/۵	۱۴/۳	۶۲/۶	۵۲/۷	۵/۲	۷/۵	۱۷/۴	۲۵/۵	۱۳۶۶
۱۲/۸	۱۵/۰	۴۵/۲	۵۶/۷	۹/۶	۶/۵	۳۲/۱	۲۱/۸	۱۳۶۷
۱۴/۲	۱۴/۸	۵۵/۰	۵۵/۶	۷/۱	۶/۸	۲۳/۶	۲۲/۸	۱۳۶۸
۱۳/۱	۱۴/۵	۵۷/۷	۵۳/۸	۶/۷	۷/۲	۲۲/۴	۲۴/۵	۱۳۶۹
۱۳/۰	۱۵/۳	۵۷/۴	۵۹/۲	۶/۸	۵/۸	۲۲/۷	۱۹/۷	۱۳۷۰
۱۲/۳۰	۱۵/۳	۵۸/۱	۵۹/۰	۶/۸	۵/۹	۲۲/۷	۱۹/۸	۱۳۷۱
۱۱/۷	۱۵/۲	۶۰/۰	۵۸/۵	۶/۴	۶/۰	۲۰/۳	۲۰	۱۳۷۲
۱۰/۹	۱۵/۷	۵۷/۱	۶۲/۰	۷/۳	۵/۱	۲۴/۵	۱۷/۲	۱۳۷۳
۱۰/۴	۱۵/۷	۵۳/۸	۶۲/۰	۸/۲	۵/۱	۲۷/۴	۱۷/۲	۱۳۷۴

Sip: سهم عوامل با قیمت‌های واقعی

FSip: سهم عوامل با قیمت‌های تصحیح شده

جدول ۴ - تمایل تغییر فنی با استفاده از رهیافت بنس و نگر

TCBK	TCBL	TCBA	TCBF	سال
۷/۳۰	۷/۰۴	-۱۸/۶۴	-۱۸/۱۶	۱۳۳۹
۴/۹۷	۵/۰۷	-۱۱/۲۵	-۱۱/۳۸	۱۳۴۰
۱/۸۲	۲/۵۹	-۵/۵۵	-۵/۴۱	۱۳۴۱
۱/۷۴	۱/۹۶	-۲/۶۵	-۴/۳۸	۱۳۴۲
۳/۶۱	۶/۲۳	-۱۱/۲۰	-۱۰/۴۴	۱۳۴۳
-۲/۲۴	-۳/۵۰	۶/۱۴	۵/۸۹	۱۳۴۴

ادامه جدول ۴

TCBK	TCBL	TCBA	TCBF	سال
۰/۰۰	۰/۹۷	-۱/۲۴	-۱/۴۹	۱۳۴۵
۰/۰۰	-۰/۱۹	۰/۰۰	۰/۳۷	۱۳۴۶
-۳/۰۰	-۵/۰۱	۸/۷۲	۸/۵۹	۱۳۴۷
۲/۰۶	۳/۷۰	-۵/۸۸	-۵/۶۴	۱۳۴۸
-۶/۱۹	۱۳/۰	۱۱/۵۸	-۱۷/۰۹	۱۳۴۹
۲/۱۰	-۱۶/۲۱	-۶/۰۵	۳۰/۱۶	۱۳۵۰
۱/۱۷	۲/۳۴	-۲/۱۴	-۳/۲۱	۱۳۵۱
۲/۴۶	۹/۱۷	-۱۰/۴۲	-۹/۳۸	۱۳۵۲
۰/۵۴	۰/۸۵	-۱/۲۴	-۱/۴۹	۱۳۵۳
-۲/۵۶	-۶/۵۱	۱۰/۰۷	۱۰/۲۰	۱۳۵۴
-۳/۹۳	-۱۰/۰۷	۱۳/۱۵	۱۲/۴۹	۱۳۵۵
۳/۷۶	۱۰۹۸	-۱۵/۲۷	-۱۴/۴۵	۱۳۵۶
۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱۳۵۷
۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱۳۵۸
-۱/۹۱	-۲/۱۲	۷/۳۲	۶/۵۸	۱۳۵۹
-۰/۶۳	-۰/۴۷	۲۰/۰۲	۱/۸۲	۱۳۶۰
۰/۰۰	-۰/۳۲	۰/۰۰	۱/۱۱	۱۳۶۱
۲/۰۲	۳/۰۳	-۵/۳۴	۵۱/۲۸	۱۳۶۲
-۱/۹۲	-۲/۵۲	۶/۹۴	-۶۷/۱۴	۱۳۶۳
-۰/۶۴	-۱/۱۸	۱/۷۰	۳/۵۷	۱۳۶۴
۱/۳۵	۱/۷۴	-۳/۸۸	-۶/۴۱	۱۳۶۵
۱/۳۷	۲/۷۱	-۹/۵۳	-۸/۰۰	۱۳۶۶
۵/۴۳	۸/۸۳	-۱۰/۳۵	-۱۱/۴۹	۱۳۶۷
-۱/۴۰	-۱/۹۹	۴/۲۲	۴/۲۲	۱۳۶۸
-۲/۲۸	-۳/۱۱	۵/۹۴	۷/۵۷	۱۳۶۹

ادامه جدول ۴

سال	TCBF	TCBA	TCBL	TCBK
۱۳۷۰	-۲۱/۱۲	-۲۰/۵۳	۹/۴۰	۶/۱۴
۱۳۷۱	۰/۴۴	۱/۴۶	-۰/۳۴	۰/۰۰
۱۳۷۲	۲/۳۰	۱/۵۳	-۰/۸۳	-۰/۸۴
۱۳۷۳	۱۲/۶۰	-۱۲/۱۹	۶/۱۲	۴/۵۸
۱۳۷۴	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰

TCBK: تمایل تغییر فنی سرمایه TCBL: تمایل تغییر فنی نیروی کار، TCBA:

تمایل تغییر فنی زمین، TCBF: تمایل تغییر فنی کود شیمیایی

جدول ۵- آزمون ریشه واحد دیکی - فولر متغیرهای تابع هزینه ترانس لاگ

(۱۳۳۸-۷۴)

متغیر	آزمون	قیمت عوامل	سهم عوامل
سرمایه	۱	۰/۴۴	-۱/۹۶
	۲	-۱/۷۵	-۴/۹۶***
نیروی کار	۱	-۲/۲۲	-۲/۷۹
	۲	-۲/۶۷	-۵/۱۰***
زمین	۱	-۲/۴۶	-۲/۶۶
	۲	-۳/۲۸*	-۵/۷۸***
کود شیمیایی	۱	-۰/۰۳	-۲/۶۶
	۲	-۳/۹۴**	-۵/۷۸***

* سطح معنی داری ۱۰ درصد

** سطح معنی داری ۵ درصد

*** سطح معنی داری ۱ درصد

جدول ۶- آزمون تمایل تغییر فنی با استفاده از تخمین
تغییرهای تفاضلی سهم و قیمت عوامل

سهم کود	سهم زمین		سهم نیروی کار		سهم سرمایه		نام متغیر
	(۱)	(۲)	(۱)	(۲)	(۱)	(۲)	
-۰/۹۲۲	-۰/۰۲۷	-۰/۲۶۹	۱/۰۱۳	-۲/۱۹۲	۱/۱۲۳	۱/۰۳۲	خرید ازمسداژ (K)
(-۰/۹۰۸)	(-۰/۰۵۰)	(-۰/۲۰۹)	(۱/۹۰۹)	(-۲/۱۲۳)	(۱/۶۴۱)	(۲/۰۶۷)	
-۳/۶۲۰	۳/۵۰۸	-۱/۰۵۶	۶/۸۶۶	۶/۸۲۵			سرمایه
(-۰/۹۳۸)	(-۰/۹۸۱)	(-۱/۴۱۸)	(۲/۰۳۰)	(-۱/۱۲۲)			
۲/۸۱۶	۱۵/۱۹۴	۱/۵۸۲	۰/۰۶۳		۰/۷۷۲	-۰/۵۲۲	نیروی کار
(۰/۳۳۸)	(۲/۰۳۰)	(۱/۶۶۲)	(-۰/۰۳۳)		(۱/۰۹۲)	(-۰/۱۲۹)	
۳/۹۵۵	-۱۶/۹۰۵		-۱/۶۶۶	۲۰/۷۸۷	-۱/۳۶۳	-۷/۵۶۲	زمین
-۰/۶۶۰	(-۳/۰۴)		(-۳/۱۰۳)	(۳/۸۳۳)	(۲/۷۰۷)	(-۲/۶۲۷)	
		-۰/۵۲۵	-۰/۱۱۹	-۲/۰۰۵	۰/۶۲۵	۰/۰۲۵	کودشیمیایی
		(۱/۲۳۸)	(-۰/۱۲۸)	(-۱/۱۹۳)	(-۰/۱۹۷)	(-۰/۲۲۶)	
-۰/۰۵	-۰/۲۲	-۰/۱۱	-	-۰/۲۵	-۰/۳۱	-۰/۴۰	RT
۲/۸۷	۲/۵	۲/۲	۲/۵	۲/۲	۱/۹۳	۲/۷	D.W.

(۱) متغیرهای مستقل بر اساس قیمت‌های واقعی

(۲) متغیرهای مستقل بر اساس قیمت‌های اصلاح شده

به دلیل نوسانات TCB در عوامل، و برای بررسی اینکه آیا در کشاورزی ایران تغییر فنی صورت گرفته است یا نه؛ از آزمون همگرایی^{۵۲} استفاده شد. برای اطمینان از نتایج تحقیق و مقایسه با روش سری زمانی همگرایی بین سهم عوامل و قیمت‌های نسبی مطابق؛ رابطه (۲۶) برای چهار عامل در جداول (۵) و (۶) آزمون ریشه واحد و همگرایی آمده است. عرض از مبدأ (d_i) در این مدل پارامتر تعیین کننده است. فرضیه $\Delta a_i = d_i \neq 0$ نیز آزمون می‌شود.

۳. آزمون فرضیه نوآوری القایی

از تحلیل سری زمانی می‌توان نتیجه گرفت که تغییر فنی در کشاورزی ایران با توجه به سهم‌های واقعی؛ سرمایه‌بر، کاراندوز، زمین خنثی و کود خنثی است. در حالی که تغییر فنی با توجه به سهم‌های حقیقی در سطح ده درصد معنی‌داری آزمون سرمایه‌بر، کاربر، زمین‌اندوز و کود خنثی است.

فرضیه نوآوری القایی با استفاده از تحلیل سری زمانی سهم‌های واقعی در مورد اقتصاد کشاورزی ایران تأیید می‌شود ولی اگر از سهم‌های حقیقی استفاده شود، کاربری و کود خنثایی مطابق با فرایند سرمایه‌بری و زمین‌اندوزی نیست و یک تناقض اساسی را در اقتصاد کشاورزی ایران نشان می‌دهد که قاعدتاً عکس نتایج کشورهای توسعه یافته است. زیرا فناوری ماشینی سرمایه‌بر و کاراندوز بوده و فناوری زیستی - شیمیایی کودبر و زمین‌اندوز است. اگر چه فرضیه نوآوری القایی تأیید می‌شود ولی نتایج نشان از سیری متفاوت فنی در کشاورزی ایران از آنچه در کشورهای توسعه یافته اتفاق افتاده است، دارد.

این فرضیه همانطور که قبلاً اشاره شد، دلالت بر آن دارد که اگر قیمت نسبی عوامل افزایش یابد، تغییر فنی‌ای القاء می‌شود که باعث خنثی شدن محدودیت عامل کمیاب می‌شود. به عبارت دیگر با افزایش قیمت نسبی یک عامل تغییر فنی باعث ذخیره آن عامل می‌شود. در ضمن باید بین مفهوم جانشینی و القایی تفاوت قایل شد. در مفهوم جانشینی با افزایش قیمت یک نهاد، سیستم در کل به سمتی پیش می‌رود که بتواند با جایگزینی عامل فراوان، افزایش

هزینه عامل‌گران را خنثی کند. در این صورت شکل مستقیم اثرگذاری تغییر فنی^{۵۳} را مشاهده می‌کنیم، سهم عامل‌گران افزایش می‌یابد و سیستم در کل می‌باید این سهم افزایش یافته را با جایگزینی بین عوامل خنثی کند یا کاهش دهد. روند فشار روی قیمت محصولات کشاورزی (قانون تعیین قیمت تضمینی محصولات کشاورزی) نشان‌دهنده آن است که یک واحد بهره‌برداری از انتخاب بموقع و جایگزینی بین عوامل در کوتاه مدت عاجز است و لذا تقاضای افزایش قیمت محصولات کشاورزی را دارد.

ولی در روش القایی با القای قیمت‌های نسبی عوامل، خود به خود در بخش تولید کالاهای خصوصی^{۵۴} تغییر فنی صورت می‌گیرد ولی برای کالاهای عمومی^{۵۵} و یا کالاهایی که ماهیتاً خصوصی است (بذر اصلاح شده، کود شیمیایی و ...) نباید به کارکرد بازار فکر کرد. بلکه باید از طریق کارکردهای سیاستی (بخش عمومی) اقدام به تغییر فنی کرد. در ضمن فرایند القایی یک فرایند آگاهانه و مبتنی بر دانش افزایشی است ولی روش جانشینی مبتنی بر منابع محوری است.

جمع بندی و ملاحظات

شواهد معتبری وجود دارد دال بر آن که فناوری می‌تواند جایگزینی عوامل نسبتاً فراوان (و در نتیجه ارزان) را به جای عوامل نسبتاً کمیاب (و در نتیجه گران) تسهیل کند. اقتصادهای ژاپن و تایوان محدودیتهای عرضه بی‌کشش زمین بر توسعه کشاورزی خود را از طریق ایجاد گونه‌های پرمحصول برای تسهیل جایگزینی کود به جای زمین خنثی کرده‌اند. در ایالات متحده کانادا و استرالیا با پیشرفت فناوری ماشینی، جایگزینی نیروی ماشین به جای نیروی کار انسانی تسهیل شده و محدودیت‌های عرضه بی‌کشش نیروی کار خنثی شده است. در هر دو مورد اشاره شده، به طور خودکار جایگزینی زمین با نیروی کار صورت نگرفته است، بلکه فناوری به عنوان میانجی، جایگزینی عوامل نسبتاً فراوان (مثل کود و سوخت‌های

53. Direct Technical Change

54. Private Goods

55. Public Goods

سوخت‌های معدنی) را به جای عوامل نسبتاً کمیاب تسهیل کرده است. لذا با استفاده از نام‌گذاری هیکس، فناوری ماشینی را فنونی که برای جایگزینی دیگر عوامل به جای نیروی کار به کار گرفته می‌شود، «کاراندوز» و فناوری زیستی - شیمیایی که برای جایگزینی دیگر عوامل به جای زمین به کار گرفته می‌شود «زمین‌اندز» گفته می‌شود.

تمایل تغییر فنی ابزاری است که علاوه بر پشتوانه قوی تئوری نوآوری القایی امکان سنجش مسیر فناوری را در یک اقتصاد نشان می‌دهد. این امر دلالت بر آن دارد که اگر قیمت‌های نسبی عوامل افزایش یابد، تغییر فنی القا می‌شود که باعث خنثی شدن محدودیت عامل کمیاب می‌شود. به عبارت دیگر با افزایش قیمت نسبی یک عامل تغییر فنی باعث ذخیره آن عامل می‌شود.

در دنیای امروز که فرایند تسلط انسان بر طبیعت رو به افزایش است، برای رهایی از محدودیتهای محیطی لزوم اتکا به فناوری احساس می‌شود. در کشاورزی فناوریهای مکانیکی، شیمیایی و زیستی ابزار تسلط انسان است و لذا سنجش امکان کاربرد هر یک از این فناوریها متناسب با ساختار اقتصاد و اقتصاد کشاورزی یک ضرورت تحقیقی است.

ساختار اقتصاد کشاورزی ایران مبتنی بر نیروی کار فراوان در روستا (نرخ بیکاری ۱۸ درصد) سرمایه کمیاب در کشاورزی (سهم سرمایه‌گذاری زیر ۱۰ درصد)، کمیابی نسبی زمین کشاورزی (شور شدن اراضی آبی، گسترش کویرها، خشک‌سالی‌های متوالی، محدودیت‌های نهادی منابع طبیعی) علی‌رغم پتانسیل ۳۲ میلیون هکتاری، مواد اولیه فراوان برای تولید کود شیمیایی (نفت) است. با توجه به نتایج تحقیق؛ نوع فناوری سرمایه بر، کاربر، زمین اندوز و کود خنثی است. ساختار سرمایه در کشاورزی به گونه‌ای است که باعث بی‌کار شدن نیروی کار نمی‌شود و لذا توسعه فناوری ماشینی که اشتغال را کاهش ندهد ضروری است (دلیل آن کمبود سرمایه و نیز سهم بالای نیروی کار است) از طرف دیگر کود خنثایی با زمین‌اندوزی همخوانی ندارد. لذا توسعه فناوریهای شیمیایی که به افزایش بهره‌وری زمین و نیز عملکرد در هکتار می‌انجامد و لذا ضمن غلبه بر محدودیت عامل زمین امکان جایگزینی کود شیمیایی به جای زمین را فراهم می‌کند و همین امر به افزایش تولید در واحد سطح و افزایش درآمد کشاورزان و کارگران کشاورزی می‌شود.

لازم به توضیح است که فناوری شیمیایی همراه با فناوری زیستی توسعه می‌یابد، زیرا عکس‌العمل بذر باید نسبت به مواد شیمیایی تغییر کرد. (اصلاح بذر) تا میزان عملکرد افزایش یابد لذا فناوری زیستی نیز باید متناسب با اقلیم ایران و مواد شیمیایی فراوان آن رشد کند. در کشاورزی ایران همانطور که از تحلیل سری زمانی مشخص شد، $TCBF = 0$ است ولی این کود خنثایی با یک سیاست‌گذاری مناسب به $TCBF > 0$ (کودبری) منتهی خواهد شد. عکس‌العمل قیمت‌های نسبی، جریان منابع سرمایه‌گذاری را به سمت فعالیت‌های مرتبط با بازرگانی فرآورده‌های شیمیایی مورد نیاز کشاورزی، سوق خواهد داد. به ویژه، این موضوع در مورد فعالیت‌های فناوریهای زیستی که تولید گونه‌های پربازده محصولات کشاورزی را در برمی‌گیرد، نیاز به نوعی حمایت‌های بخش عمومی دارد که تا مرحله توزیع آن باید ادامه داشته باشد، در حالی که فرآورده‌های فناوریهای شیمیایی و ماشینی قاعدتاً با تکیه بر نظام بازار آزاد قادر خواهد بود پاسخگوی نیاز بخش کشاورزی باشد. تا زمانی که عرضه محصولات ناشی از فناوریهای شیمیایی - زیستی در داخل محدود باشد، رشد تولید کشاورزی نیز منوط به جریان منابع تولید از خارج است. جایگزینی ماشین به جای نیروی کار و کود شیمیایی و گونه‌های پربازده محصولات به جای زمین، محدودیت‌های ناشی از انتقال منابع کشاورزی را از بین می‌برد و در پی آن، جریان منابع اعتباری به سمت فعالیت‌های بازرگانی در تجارت کود شیمیایی و گونه‌های پربازده محصولات فراهم می‌شود. به علاوه، فعالیت‌های توزیعی مرتبط با سازمان بازرگانی نیز گسترش می‌یابد، بطوریکه توزیع کود، سم، بذرها، اصلاح شده و ماشین‌آلات یک فعالیت بازرگانی محسوب می‌شود ولی توزیع زمین، یک فعالیت حقوقی و عرضه و تقاضای نیروی کار یک رویکرد جمعیتی است. هنگامی که سهم منابع جدید در هزینه تولید کشاورزی افزایش می‌یابد قاعدتاً رشد فعالیت‌های بازرگانی را به دنبال خواهد داشت.

به استثنای کود نیتروژنه که تولید آن در داخل قادر است نیاز کشاورزی را در حال حاضر مرتفع کند (پتروشیمی بجنورد) سایر کودها و نیز کودهای آهن، روی و ... که علاوه بر رفع نیاز تغذیه‌ای گیاه برای سلامت انسان نیز مفید است، باید از خارج تهیه شوند، لذا در درازمدت تحقیق و توسعه به ویژه در مورد فناوریهای زیستی که تسهیل‌کننده جایگزینی کود به جای زمین است یک ضرورت ملی است.

منابع

۱. آشیر، ک و ج استاز. اقتصاد کشاورزی و فرایند توسعه؛ (مترجمین ع آزاد و الف یزدان پناه)؛ انتشارات شرکت چاپ و نشر بازرگانی، چاپ اول، تهران: ۱۳۷۷.
۲. بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران؛ حسابهای ملی ایران؛ اداره حسابهای اقتصادی، سالهای مختلف.
۳. بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران؛ گزارش مشروع تجدیدنظر شاخص بهای عمده فروشی کالاها در ایران ۷۴-۱۳۱۵؛ اداره تحقیقات و مطالعات آماری، دایره بررسیهای آماری، سال ۱۳۷۴.
۴. روستو، و. و. نظریه پردازان رشد اقتصادی از هیوم تا ۱۹۳۹؛ (مترجم م. قره باغیان) انتشارات دانشگاه شهید بهشتی؛ تهران: ۱۳۷۴، جلد اول.
۵. سازمان برنامه و بودجه؛ مجموعه اطلاعاتی (سری زمانی آمار حسابهای ملی، پولی و مالی)؛ دفتر اقتصاد کلان، معاونت امور اقتصادی، سال ۱۳۷۵.
۶. قره باغیان، م. اقتصاد رشد و توسعه؛ نشر نی، تهران: ۱۳۷۰، جلد اول.
- گلاس، ج. س. و. و. جانسون؛ علم اقتصاد، پیشرفت، رکود، انحطاط؛ (ترجمه م. رنانی) انتشارات فلاح ایران، اصفهان. ۱۳۷۳
۷. جونز، ه؛ درآمدی به نظریه های جدید رشد اقتصادی؛ (ترجمه ص لطفی)، انتشارات مرکز نشر دانشگاهی، تهران: ۱۳۷۰.
8. Ahmad, S. on **The Theory of Induced Innovation**; The Economic Journal; vol 76 (June), pp. 344-57, 1966.
9. Ajit, S. and H., Tabatabai; **Economic Crisis and Third World Agriculture**; Cambridge un. press: Cambridge, 1993.
10. Atkinson, A. B. and J. E, Stiglitz; **A New View of Technological change**; The Economic Journal, Vol. 79 (June), pp. 573-78, 1969.
11. Binswanger, H. P. ; **A Microeconomic Approach to Induced Innovation**; The Economic Journal, vol. 84 (336) PP. 940-58, 1974.

12. Binswanger, H. P. ; **The Measurement of Technical Change Biases With Many Factors of Production**, The American Economic Review, vol. 645 (Dec.), pp. 964-76.
13. Clark, J. S. and C. E. Youngblood; **Estimating Duality Models With Biased Technical Change: A Time Series Approach**, American Journal of Agricultural Economics; Vol.74 (May) pp. 353-60, 1992.
14. Clark, J. S; W. J. Furtan; and J. S. Taylor; **Biased Technical Change as a Stochastic Process**, Contributed Paper at The AAEA Summer meetings, 1990.
15. Colman, D. and F. Nixon; **Economics of Change in less Developed Countries**; Cambridge Un. Press; PP. 68-107, 1994.
16. Conlisk, J.; **Unemployment in a Neoclassical Growth Model: The Effect on Speed of Adjustment**. The Economic Journal, vol. 76(303), pp. 550-66, 1966.
17. Chambers, R. G.; **Applied Production Analysis: A Dual Approach**; Cambridge un. Press; Cambridge, 1988.
18. Fellner, W. ; **Empirical Support for The Theory of Induced Innovation**, Quarterly Journal of Economics ,Vol. 85(4) PP. 580-604; 1971.
19. Fellner, W.; **Two Propositions In The Theory of Induced Innovations**, The Economic Journal, Vol. 51 (283), PP. 305-8, 1961.
20. Greene, W. H; **Econometric analysis**; 2ed, Macmillan: New York, 1993.
21. Hayami, y.; "Induced Innovation, Green Revolution, And Income Distribution: Comment," **Economic Development and Cultural Change**; vol. 30(1), PP. 169-76; 1981.
22. Hayami, Y. and V.W. Ruttan; **Agricultural Development: An International Perspective**; The Johns Hop Kins Un. Press.: Baltimore, Mass. P.505, 1985.

23. Hayami, Y. and V.W. Ruttan; **Factor Prices And Technical Change In Agricultural Development: The United States And Japan, 1880-1960**, Journal of Political Economy; Vol 78(Dec.), PP 1115-41, 1970.
24. Hicks, J. R.; **The Theory of Wages**; Macmillan; London, 1932.
25. Kennedy, C.; **Induced Bias in Innovation And The Theory of Distribution**, The Econmic Journal; vol. 74 (295), PP. 541-47, 1964.
26. Kennedy. C.; **Samuelson on Induced Innovation**, Review of Economics and Statistics, Vol. 43(4), PP. 442-44, 1966.
27. Kennedy, C.; **A Generalisation of The Theory of Induced Biases In Technical Progress**, The Economic Journal, Vol. 83(331). PP. 48-57, 1973.
28. Kenneky, C. and A. P. Thirlwall; **Technical Progress: A Surrey**, The Economic Journal, Vol. 82(327) PP. 11-72, 1972.
29. Kawagoe, T; K. Otsuka and Y. Hayami; **Induced Bias of Technical Change in Agriculture: The United States and Japan, 1880-1980**, Journal of Political Economy; vol. 94(4), PP. 523 - 44, 1986.
30. Mansfield, E; **The Economies of Technological Change**; Norton: New York, 1968.
31. Nordbous, W. D.; **Some Skeptical Thoughts on The Theory of Induced Innovation**, Quarterly Journal of Economics, vol. 87(2), PP. 208-19, 1973.
32. Nordbous, W. D., **Invention, Growth and Welfer: A Theoritical Treatment of Technological Change**; M.I.T. Press: cambridge, Mass. 1969.
33. Ruttan, V. W. and Y. Hayami; **Toward A Theory of Induced Institutional Innovation**, Journal of Development Studids, Vol. 20(4) PP. 203-23, 1984.
34. Samuelson, P. A; **A Theory of Induced Innovation Along Kennedy -**

- Weisacker lines**, Review of Economics and Statistics; vol. 47(4), pp. 343-56, 1965.
35. Salter, W. E. G.; **Productivity and Technical Change**; 2ed. Cambridge Un. Press: Cambridge, 1966.
36. Schmookler, J. A; **Invention and Economic Growth**, Harvard un. press: Cambridge, Mass. 1966.
37. Solow, R. M; **Technical Change and the Aggregate Production Function**; Review of Economic and Statistics, vol. 38(4) PP. 312-20, 1957.
38. Thirtle, C., R. Townsend, J.V. Zyl and J. Van-zyl; **Testing The Induced Innovation Hypothesis In South African Agriculture: An Error Correction Approach**, Policy Research Working Paper, World Bank, No: 1547, 1995.
39. Yohn, K. H. **Growth and Distribution: A Test of A Induced Innovation Hypothesis for the Korean Economy**, Applied Economics, vol. 23(3) pp. 543-52, 1991.