

بررسی علیت غیرخطی GMDH میان تورم و رشد بهره‌وری در اقتصاد ایران

دکتر حمید ابریشمی*

دکتر محسن مهرآرا**

مهدی احراری***

مهدی نوری****

چکیده

در این مقاله رابطه علیت میان تورم و رشد بهره‌وری در اقتصاد ایران با استفاده از روش‌های خطی و غیرخطی مبتنی بر شبکه‌های عصبی آزمون می‌شود. این مطالعه با ارائه نگاهی جامع و متفاوت به مبانی نظری رابطه تورم و بهره‌وری و نیز ارائه روشی نو به منظور بررسی ارتباط غیرخطی میان این دو متغیر به واکاوی رابطه میان این دو در اقتصاد ایران طی دوره ۱۳۸۵-۱۳۳۸ پرداخته است.

نتایج حاکی آن است که به‌رغم عدم وجود رابطه خطی میان تورم و رشد بهره‌وری، یک رابطه غیرخطی میان این دو متغیر با استفاده از روش علیت غیرخطی GMDH مشاهده می‌شود. به بیان دیگر، میان تورم و رشد بهره‌وری یک علیت غیرخطی دو طرفه برقرار است.

طبقه‌بندی JEL: E31, D24, C45

کلید واژه‌ها: بهره‌وری، تورم، علیت، شبکه عصبی GMDH

abrishami@ut.ac.ir
mmehrrara@ut.ac.ir
reahrari@yahoo.com
M.Nouri.7@gmail.com

* استاد دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران
** دانشیار دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران
*** پژوهشگر اقتصادی
**** دانشجوی دکتری دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران

۱. مقدمه

امروزه بهره‌وری یک ضرورت برای رشد اقتصادی، و ارتقای سطح زندگی و رفاه یک کشور محسوب می‌شود. از طرف دیگر، باید به این نکته توجه کرد که ما در تحولات اقتصادی به دوره‌ای قدم نهاده‌ایم که عوامل سنتی قدرت اقتصادی یعنی زمین، ماشین‌آلات و نیروی کار، دیگر، عوامل تعیین‌کننده عملکرد اقتصادی کشورها نیستند؛ امروزه موفقیت کشورها به صلاحیت‌های علمی مانند دانش فنی، خلاقیت کارکنان، به کارگیری شیوه‌های نوین علمی در مدیریت و قابلیت نوآوری بستگی دارد که تمامی این عوامل در افزایش بهره‌وری متبلور می‌شوند.

از مقایسه رشد اقتصادی کشورمان با سایر کشورها استنباط می‌شود که ایران به رغم برخورداری از درآمدهای نفتی نتوانسته است رشد چشمگیری در سطح جهانی داشته باشد. اقتصاددانان عوامل مختلفی را در ارتباط با پایین بودن نرخ رشد بهره‌وری در ایران مطرح کرده‌اند. یکی از مهم‌ترین این عوامل، تغییرات نرخ تورم است. تأثیر (منفی) افزایش نرخ تورم بر نرخ رشد بهره‌وری کل عوامل تولید، موضوع بحث بسیاری از مقالات و تحقیقات انجام شده در کشورهای توسعه یافته و بعضاً کمتر توسعه یافته است، ولی در ایران مطالعه علمی چندانی به منظور بررسی این موضوع نشده است. افزون بر این، رشد بهره‌وری عوامل نیز از طریق کاهش هزینه‌های تولید، و در نتیجه افزایش میزان تولید در اقتصاد، سبب کاهش تورم خواهد شد. البته شایان ذکر است که تأکید مقاله حاضر بر اثرگذاری تورم بر رشد بهره‌وری است.

تفاوت‌های تحقیق حاضر نسبت به سایر مطالعات صورت گرفته به این شرح است:

۱. در سایر مطالعات صورت گرفته در داخل و خارج، مبانی نظری بسیار محدودی در مورد ارتباط بهره‌وری و تورم بیان شده است، اما در این مطالعه سعی شده است در حد توان نگاه متفاوت و جامع‌تری نسبت به سایر مطالعات در زمینه مبانی نظری انداخته شود.

۲. ارائه روشی نو به منظور کشف روابط خطی و غیرخطی با استفاده از علیت *GMDH* که برای بررسی روابط علی (به مفهوم اقتصادسنجی) میان متغیرها بسیار مناسب است و به مراتب از روش‌های مرسوم در اقتصادسنجی کارایی بیشتری دارد.

۲. مبانی نظری تورم و بهره‌وری

در این بخش، مبانی نظری رابطه تورم و بهره‌وری را مرور می‌کنیم. برخی کانال‌های اثرگذاری تورم بر بهره‌وری شامل سرمایه‌گذاری، تجارت خارجی، سطح تحقیق و توسعه، عملکرد دولت و تغییر ساختار تولید است که در ادامه به تشریح آنها و همچنین کانال‌های اثرگذاری بهره‌وری بر تورم پرداخته خواهد شد.

۱.۲. تورم، سرمایه‌گذاری، بهره‌وری

افزایش رشد اقتصادی مستلزم افزایش انواع سرمایه‌های فیزیکی، انسانی، اجتماعی و ... است. در سطوح بالای تورم، خانوارها و بنگاه‌ها تقاضا برای دارایی‌های غیر مولد (با دوام) را تنها به منظور حفظ ارزش پول خود افزایش داده و لذا میزان سرمایه‌گذاری‌های فیزیکی مولد در کل اقتصاد کاهش می‌یابد.

تورم، کارایی هماهنگ‌کنندگی قیمت‌ها را کاهش می‌دهد. فریدمن (۱۹۷۷) بیان می‌کند که تورم سبب کاهش اطلاعات در قیمت‌ها شده، لذا منجر به درک اشتباه از سطوح قیمت‌های نسبی می‌شود و برنامه‌های سرمایه‌گذاری را ناکارآمد می‌نماید. این عمل باعث خواهد شد که کارگزاران اقتصادی نتوانند به صورت کارا عمل نمایند که در نهایت بهره‌وری کل کاهش خواهد یافت (Clark, 1982). علاوه بر این، با افزایش قیمت‌ها، هزینه‌های تولید افزایش و سرمایه‌گذاری کاهش خواهد یافت.

۲.۲. تورم، تجارت خارجی و بهره‌وری

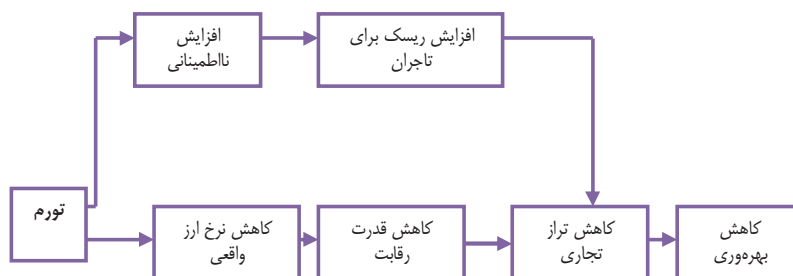
تجارت خارجی می‌تواند نقش عمده‌ای در ارتقای سطح بهره‌وری یک کشور داشته باشد. در واقع، تجارت خارجی می‌تواند از طریق سرریزها، سطح فناوری و بهره‌وری کشورها را متأثر سازد.

به طور کلی مطالعات بسیاری در زمینه درجه باز بودن اقتصاد، بهبود بهره‌وری و رشد اقتصادی انجام شده است که از میان آنها می‌توان به مطالعات خارجی: رام (۱۹۸۴)، بلاسا (۱۹۷۸) تاسی بوت و وست‌بروک (۱۹۹۵)، ادواردز (۱۹۹۸)، اسجوهم (۱۹۹۹)، کیم

(۲۰۰۰)، میلر و آپادهیانی (۲۰۰۰) و مطالعات داخلی: کمیجانی و شاه‌آبادی (۱۳۸۰)، خالصی (۱۳۸۴)، مهرآرا و محسنی (۱۳۸۳)، رازینی (۱۳۸۱)، حسینی نسب و غوجی (۱۳۸۶) اشاره نمود.

یکی از عوامل تأثیرگذار بر میزان صادرات و واردات، تورم است. نااطمینانی ناشی از تورم یک عامل منفی برای صادرات و حتی واردات محسوب می‌شود چرا که صادرات و واردات نیازمند یک برنامه‌ریزی منظم است و این نااطمینانی‌ها اثرات منفی بر جریان‌ات تجاری خواهد گذاشت.

علاوه بر نااطمینانی حاصل از تورم، چنانچه افزایش قیمت‌ها در داخل بیشتر از افزایش قیمت‌ها در خارج باشد سبب می‌شود نرخ ارز واقعی کاهش یابد؛ لذا رقابت اقتصاد کشور تنزل و در نتیجه صادرات کاهش می‌یابد که به تبع آن بهره‌وری کاهش خواهد یافت (شکل ۱).



شکل ۱. اثر تورم بر تجارت خارجی و بهره‌وری

۳.۲. تورم و کاهش سطح تحقیق و توسعه (R&D)

یکی از مهم‌ترین منابع رشد بهره‌وری را می‌توان در رشد نوآوری‌ها و ابداعات جستجو نمود. رشد نوآوری نیز مستلزم گسترش تحقیق و توسعه (R&D) در کشور است. در نظریه‌های رشد به نقش تحقیق و توسعه به عنوان موتور رشد اقتصادی تأکید شده است. هزینه‌های تحقیق و توسعه خود را به شکل بهبود فناوری، ابداع و تغییرات فنی نمایان می‌سازد و افزایش بهره‌وری نهاده‌های تولید و ایجاد نهاده‌های جدید سبب افزایش بهره‌وری کل عوامل خواهد شد، لذا رابطه مستقیمی بین تحقیق و توسعه و بهره‌وری وجود دارد.

مطالعات بسیاری در رابطه با نقش R&D در رشد بهره‌وری وجود دارد که می‌توان به مطالعات خارجی: رومر (۱۹۹۰)، گروسمن و هلپمن (۱۹۹۱)، اقیون و هوویت (۱۹۹۲)، کامرون و مولبائور (۱۹۹۴)، کو و هلپمن (۱۹۹۱)، ژاکوب و دیگران (۱۹۹۸)، مدا و پیگما (۲۰۰۳)، یولکو (۲۰۰۴)، و مطالعات داخلی: کمیجانی و معمارنژاد (۱۳۸۳)، کمیجانی و شاه‌آبادی (۱۳۸۰)، درگاهی و قدیری (۱۳۸۲)، خالصی (۱۳۸۴) اشاره نمود.

افزایش نااطمینانی در مورد تورم می‌تواند سبب افزایش فروش کالاهای ذخیره شده غیرمولد شود و در نتیجه بنگاه هزینه‌های پرداختی در تحقیق و توسعه را کاهش خواهد داد که در نهایت منجر به کاهش بهره‌وری می‌شود (Jarrett & Selody, 1982). به طور کلی، در شرایط نااطمینانی، بنگاه سرمایه‌گذاری خود را کاهش و در نتیجه سرمایه‌گذاری کمتری بر روی R&D انجام می‌دهد که موجب می‌شود بهره‌وری کاهش یابد.

یکی دیگر از اثرگذاری‌های تورم بر R&D را می‌توان در کاهش انگیزه پژوهشگران مشاهده نمود. در شرایط تورمی درآمد واقعی نوآوران و پژوهشگران کاهش می‌یابد. این در حالی است که در یک سری از فعالیت‌های خاص، افرادی درآمدهای بالایی کسب می‌کنند (با توجه به آنکه اقتصاد ایران وابسته به درآمدهای نفتی بوده و در معرض بیماری هلندی قرار دارد، بورس بازی در کالاهای غیر قابل مبادله مانند زمین و همچنین واردات، درآمدهای بالایی را برای فعالان آن به همراه داشته است).

افزون بر این، در صورت شرایط نامناسب اقتصادی، خروج نخبگان از کشور شدت خواهد گرفت که این امر هم خود منجر به کاهش سطح تحقیق و توسعه می‌شود. با افزایش تورم و گسترش نابرابری‌های درآمدی این امکان وجود دارد که نوآوران و کارآفرینان به فعالیت‌های رانت‌جویانه روی بیاورند؛ به بیان دیگر، گرایشی به سمت فعالیت‌های غیرمولد و سوداگرانه به وجود خواهد آمد.

همان‌طور که مطرح شد با افزایش تورم، نرخ ارز واقعی و قدرت رقابتی کشور کاهش می‌یابد. لذا صادرات کاهش و واردات افزایش خواهد یافت. با توجه به آنکه صادرات نقش مهمی در افزایش سرمایه‌گذاری بنگاه‌های تولیدی در امر R&D به منظور رقابت با کالاهای خارجی دارد، از این کانال نیز سرمایه‌گذاری در R&D و به تبع آن بهره‌وری کاهش خواهد یافت.

۴.۲. تورم، دولت و بهره‌وری

در صورت بروز تورم و افزایش آن، عموم مردم، به عنوان رأی‌دهندگان، خواستار خواهند شد که دولت با دخالت نمودن در بازار و قیمت‌گذاری از افزایش قیمت‌ها جلوگیری نماید. دولت نیز تحت فشار آحاد مردم در بازار دخالت خواهد کرد.

با این دخالت، علاوه بر مغشوش نمودن نظام بازار و قیمت که منجر به علامت‌دهی‌های اشتباه به کارگزاران اقتصادی می‌شود، یک فضای نااطمینانی نیز (علاوه بر نااطمینانی ذاتی در تورم که با افزایش تورم همراه است)^۱، به اقتصاد کشور تحمیل می‌شود که بهره‌وری کل را کاهش خواهد داد.

با افزایش تورم، هزینه‌های تولید نیز افزایش خواهد یافت. در این صورت، سرمایه‌گذاری‌های عمرانی و آموزشی و بهداشتی دولت کاهش خواهد یافت. علاوه بر این، با افزایش هزینه‌های تولید، پروژه‌های نیمه تمام نیازمند بودجه بیشتری خواهند بود که این امر سبب طولانی شدن طرح‌های عمرانی و فرسودگی امکانات سرمایه‌ای خواهد شد. با کاهش سرمایه‌گذاری و همچنین با افزایش استهلاک سرمایه، بهره‌وری نیروی کار و سرمایه کاهش خواهد یافت.

البته در رابطه با حجم دولت و تورم نظرات مختلفی وجود دارد، ولی اگر با افزایش تورم حجم دولت در اقتصاد افزایش یابد^۲، این موضوع خود می‌تواند به دلیل پایین بهره‌وری در بخش دولتی نسبت به بخش خصوصی، منجر به کاهش بهره‌وری کل شود^۳.

۵.۲. تورم، تغییر ساختار تولید، بهره‌وری

یکی از عوامل کاهش بهره‌وری را می‌توان تغییر تولید از کالایی به کالای دیگر دانست چرا که این تغییر می‌تواند از چند جهت باعث کاهش بهره‌وری در اقتصاد شود.

۱. در این زمینه رک. فرزین‌وش و عباسی (۱۳۸۴)، تشکینی (۱۳۸۵)، مرادی (۱۳۸۵)، ابراهیمی و سوری (۱۳۸۵).

۲. در مطالعه‌ای فرزین‌وش، اصغرپور و محمودزاده (۱۳۸۲) به این نتیجه رسیدند که در اقتصاد ایران تورم موجب افزایش کسری بودجه می‌شود.

۳. در این خصوص می‌توان به مطالعه خلیلی عراقی و سوری (۱۳۸۵) اشاره نمود که در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که به طور کلی در اقتصاد ایران مخارج مصرفی دولت اثر منفی بر بهره‌وری بر جای گذاشته است.

۱. نخست آنکه نیروی کاری که در تولید کالایی خاص نقش دارد در طی زمان تجربه و دانشی را کسب می‌نماید که از آن به آموزش در ضمن انجام کار^۱ یاد می‌شود به گونه‌ای که در گذر زمان به دلیل یادگیری نیروی کار، بهره‌وری او افزایش می‌یابد؛ اما با تغییر ساختار تولید، دانشی که او متناسب با ساختار قبلی کسب نموده است استفاده‌ای نخواهد داشت و نیروی کار مجبور است دوباره در فرایند یادگیری دیگری قرار بگیرد.

۲. کانال تأثیرگذاری دیگر در بازار عوامل تولید است که با تغییر ترکیب تولید، میزان تقاضا برای نهاده‌های تولید نیز تغییر خواهد کرد و با توجه به هزینه‌های تعدیل در بازار نهاده‌ها، این تغییر ساختار سبب بیکار ماندن بعضی از نهاده‌های تولید از جمله نیروی کار و سرمایه خواهد شد.

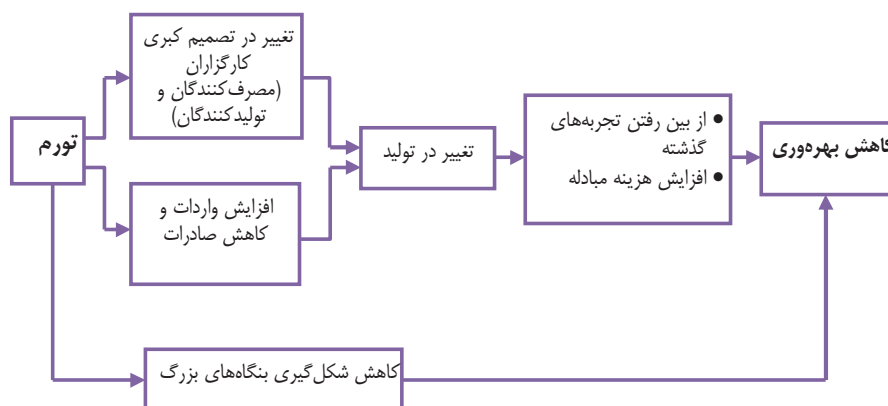
۳. با تغییر ترکیب تولید، هزینه‌های مبادله‌ای^۲ که در تولید کالاهای قبلی کاهش یافته بود مانند ارتباط با مصرف‌کنندگان، هزینه‌های تبلیغات، هزینه‌های مرتبط با قراردادهای ...، در مورد کالاهای جدید افزایش خواهد یافت و این امر خود باعث کاهش بهره‌وری خواهد شد.

تورم می‌تواند از چند طریق باعث تغییر در ترکیب تولید شود. (۱) تصمیمات بین دوره‌ای مصرف‌کنندگان با وجود تورم تغییر خواهد کرد؛ (۲) با توجه به تغییر برخی قیمت‌های نسبی، تقاضای کالاهایی که قیمت نسبی کمتری دارند افزایش می‌یابند. بدین ترتیب تولید بعضی از کالاها بیشتر و تولید بعضی کمتر خواهد شد؛ (۳) با توجه به آنکه سلايق گروه‌های بالا درآمدی و پایین درآمدی متفاوت است در نتیجه افزایش تورم فاصله طبقاتی افزایش یافته و یک تغییر در تولید کالاها به سمت کالاهای لوکس به وجود خواهد آمد که حتی ممکن است منابع تولید را به سمت کالاهای غیرضروری سوق دهد؛ (۴) با افزایش قیمت‌ها و در نتیجه کاهش قدرت رقابتی کشور، نهاده‌های تولید از بخش صادراتی به بخش وارداتی خواهند رفت و مقداری از این نهاده‌ها نیز ممکن است بیکار بمانند؛ (۵) با وجود تورم و نااطمینانی حاصل از آن، امکان شکل‌گیری بنگاه‌های بزرگ کاهش می‌یابد. بنگاه‌های بزرگ به طور کلی به علت استفاده از فناوری، تجهیزات و سازماندهی پیشرفته دارای بهره‌وری بیشتری نسبت به بنگاه‌های کوچک هستند. در این خصوص می‌توان به

1. learning by doing

2. transaction costs

مطالعات انجام شده توسط ایدسون و والتر (۱۹۹۹) و مولایی (۱۳۸۴) اشاره نمود. در هر صورت این تغییر ساختار تولید که ناشی از تورم است، بهره‌وری کل را کاهش خواهد داد (شکل ۲).



شکل ۲. تورم، تغییر تولید و بهره‌وری

۶.۲. اثر بهره‌وری بر تورم

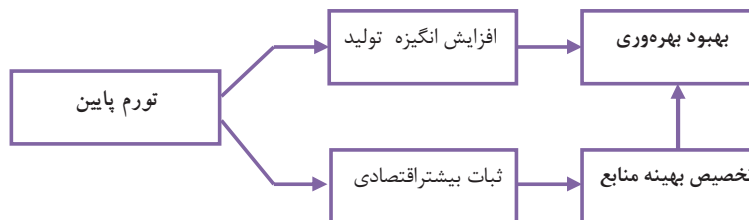
تأثیر بهره‌وری بر تورم کاملاً روشن است، با بهبود بهره‌وری، هزینه‌های تولید کاهش خواهد یافت. به عبارت دیگر همان میزان تولید گذشته با هزینه کمتری انجام می‌پذیرد لذا این امر سبب خواهد شد تورم کاهش یابد.

۷.۲. رابطه مثبت تورم و بهره‌وری

در اکثر مطالعات انجام شده رابطه تورم و بهره‌وری را یک رابطه معکوس در نظر گرفته‌اند، اما در شرایطی می‌توان از دیدگاه نظری رابطه‌ای مثبت میان این دو در نظر گرفت.

۱.۷.۲. تورم پایین محرکی برای افزایش بهره‌وری

در سطوح پایین تورم، می‌توان یک رابطه مثبت میان تورم و بهره‌وری را مشاهده نمود چرا که تورم پایین منجر به افزایش ملایم تقاضا، کاهش خطر رکود اقتصادی و افزایش تولید و بهره‌وری می‌شود (شکل ۳).



شکل ۳. تورم و افزایش بهره‌وری

۲.۷.۲. تورم بخشی و افزایش بهره‌وری

در مورد هر بخش اقتصاد نیز در صورتی که قیمت‌ها کمتر از قیمت تعادلی باشد می‌توان انتظار داشت که با افزایش قیمت‌ها در آن بخش بهره‌وری بخش افزایش یابد. مثال مشخص آن در اقتصاد ایران، بهره‌وری انرژی است که نسبت به بسیاری از کشورها از وضعیت مناسبی برخوردار نیست. از این جهت می‌توان با افزایش قیمت انرژی شاهد افزایشی در بهره‌وری انرژی باشیم.

۳. پیشینه تجربی رابطه تورم و بهره‌وری

در اکثر مطالعات انجام گرفته، رابطه میان تورم و بهره‌وری را یک رابطه منفی به دست آورده‌اند و گروهی از پژوهشگران نیز معتقدند رابطه‌ای میان این دو متغیر وجود ندارد. برخی از مطالعات انجام شده در خصوص رابطه بهره‌وری و تورم در ذیل آورده شده است.

۱.۳. مطالعات خارجی

کلارک (۱۹۸۲) مدلی را برای بررسی ارتباط بین تورم و بهره‌وری در ایالات متحده آمریکا برای سال‌های ۱۹۴۷-۱۹۱۸ تخمین زده است. او در مقاله خود استدلال می‌کند که تورم باعث درک نادرست در ارتباط با سطوح قیمت‌های نسبی می‌شود. بنابراین به انجام طرح‌های سرمایه‌گذاری ناکارا و در نتیجه کاهش بهره‌وری می‌گردد. نتایج تحقیق او گویای این واقعیت است که تورم باعث تخریب مکانیزم مالیات و افزایش قیمت رانتی موجودی سرمایه می‌شود و این خود کاهش تشکیل سرمایه و بهره‌وری نیروی کار را به دنبال دارد.

جرت و سلودی (۱۹۸۲) از یک مدل دو متغیره^۱ برای بررسی رابطه بین تورم و رشد بهره‌وری در کشور کانادا طی سال‌های ۱۹۷۹-۱۹۶۳ استفاده کرده‌اند. آنها در این تحقیق به این نتیجه رسیدند که ۱ درصد کاهش در تورم منجر به افزایش ۳ درصدی در رشد بهره‌وری نیروی کار خواهد شد.

رم (۱۹۸۴) در تحقیق خود رابطه بین تورم و بهره‌وری را در دوره زمانی ۱۹۸۲-۱۹۳۳ برای آمریکا بررسی کرده است. او یک رابطه منفی بین تورم و رشد بهره‌وری به دست آورد و به این نتیجه رسید که با ثبات سایر شرایط، کاهش بهره‌وری منجر به کاهش عرضه کل و افزایش سطح قیمت‌ها می‌گردد. به علاوه نتایج وی نشان داد که کاهش نرخ رشد بهره‌وری باعث افزایش نرخ رشد قیمت‌ها نیست.

باک و فیتزروی (۱۹۸۸) در تحقیق خود با عنوان "تورم و بهره‌وری در جمهوری فدرال آلمان" رابطه میان تورم و رشد بهره‌وری را برای صنایع آلمان غربی طی دوره ۱۹۷۷-۱۹۵۰ بررسی کردند و یک رابطه منفی به دست آوردند.

نوبین (۱۹۹۱) در مطالعه خود رابطه بین تورم و بهره‌وری را برای کشور کانادا در طی دهه ۸۰ بررسی کرد. او بر خلاف مدل جرت و سلودی از یک مدل سه متغیره استفاده نمود نمود تا بتواند اثرات مربوط به هزینه‌های نسبی عوامل تولید را نیز وارد محاسبات خود بکند و نتایجی که به دست آورد مشابه نتایج حاصل از تحقیق جرت و سلودی بود.

کامرون، هیوم و سیمپسون (۱۹۹۶) با استفاده از داده‌های فصلی در یک بازه نسبتاً طولانی برای چهار کشور (کانادا، آمریکا، انگلستان و آلمان غربی) به بررسی استحکام رابطه بین تورم و بهره‌وری پرداختند و به این نتیجه رسیدند که هیچ رابطه معناداری از تورم در سطح بهره‌وری وجود ندارد، اما در عین حال رابطه‌ای بسیار قوی از رشد بهره‌وری در تورم به دست آوردند.

هوندرویانیس و پاپاپترو (۱۹۹۸) رابطه بلندمدت و کوتاه‌مدت بین تورم، بهره‌وری و سطح دستمزدها را برای دوره زمانی ۱۹۹۲-۱۹۷۵ از طریق روش‌های هم‌انباشتگی فصلی مورد بررسی قرار دادند. هنگامی که از داده‌های فصلی استفاده شده، رابطه بلندمدتی میان متغیرها به دست نیامده است.

1. bivariate

2. trivariate

فریمن و یرگر (۱۹۹۷) در مطالعه‌ای با عنوان «تورم و بهره‌وری در آلمان: پاسخی به اسمیت»، تلاش نمودند که نتایج تحقیقات اسمیت (۱۹۹۵) را در این رابطه که تورم دارای اثر منفی بر بهره‌وری عوامل تولید (TFP) در آلمان است رد کنند. آنها استدلال کرده‌اند که این رابطه، یک رابطه ساختگی است.

دی‌گرائو و اسکودلنی (۲۰۰۰) برای کشورهای اتحادیه اروپا در دوره ۱۹۷۰ تا ۱۹۹۵ رابطه دو طرفه بین تغییرات رشد بهره‌وری را به تفکیک کالاهای تجاری و غیرتجاری با تغییرات تورم بررسی کردند و نشان دادند که اثر تغییرات بهره‌وری بر تورم، چشمگیر و قابل توجه بوده، طوری که یک درصد تغییر در بهره‌وری تا ۸ درصد می‌تواند باعث نوسان در تغییرات تورم شود.

برادا، کینگ و کوتان (۲۰۰۰) در بررسی رابطه تورم و بهره‌وری در کشور چک در دوره ۱۹۹۸-۱۹۹۳ نشان دادند که افزایش بهره‌وری اثر چشمگیری بر کاهش فشار تورمی در این دوره داشته است.

بیروس و پنس (۲۰۰۱) در مطالعه‌ای با عنوان «آیا میان بهره‌وری و تورم مبادله‌ای وجود دارد» به بررسی اثر تورم بر بهره‌وری کل عوامل تولید با استفاده از داده‌های سری زمانی برای صنایع تولیدی یونان پرداختند. در این راستا، یک تابع هزینه انعطاف‌پذیر از نوع ترانسلوگ استفاده و تلاش شد که رشد بهره‌وری را به عوامل تشکیل دهنده آن یعنی مقیاس اقتصادی (بازدهی نسبت به مقیاس) و تورم و تغییرات فنی، تجزیه کنند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که تورم، بهره‌وری را تا حد قابل توجهی کاهش داده است.

تسیوناس (۲۰۰۳) با بررسی رابطه علیت میان تورم و بهره‌وری در کشورهای اتحادیه اروپا در دوره ۱۹۶۰-۱۹۷۷ نشان داد که علیت میان متغیرهای مذکور در هفت کشور از ۱۵ کشور برقرار بوده که در پنج کشور آن دوطرفه بوده است. همچنین نتایج نشان داده است که علیت عموماً در کشورهای کوچک اروپایی و کشورهای جنوب اروپا وجود نداشته است.

کریستوپولوس و تسیوناس (۲۰۰۵) در مطالعه‌ای با عنوان «رشد بهره‌وری و تورم در اروپا» به بررسی رابطه میان رشد بهره‌وری و تورم در ۱۵ کشور اروپایی در سال‌های

۱۹۹۹-۱۹۶۱ از طریق آزمون ریشه واحد تلفیقی^۱ و هم‌انباشتگی تلفیقی^۲ پرداختند. آنان به این نتیجه رسیدند که یک رابطه تعادلی منفی میان تورم و بهره‌وری برای نیمی از کشورها به دست آمد در حالی که برای برخی از کشورها وجود این رابطه آماری مشاهده نشد. آمانو و همکاران (۲۰۰۹) با تأکید بر اهمیت شناسایی فرایند بهینه تورم با توجه به رشد بهره‌وری از سوی سیاستگذاران، در قالب یک الگوی تعادل عمومی و با لحاظ کردن قراردادهای پرداخت دستمزد و قیمت‌های اسمی، به این نتیجه رسیده‌اند که اگر رشد بهره‌وری را نیز در محاسبات خود لحاظ کنند، وجود تورم‌های متعادل بین ۲ تا ۴ درصد اثر چشمگیری بر اقتصاد خواهد داشت.

مایکایلیدس و میلیوس (۲۰۰۹) نیز بر اساس تابع تولید کاب-داگلاس^۳ و با استفاده از فیلتر هودریک-پروسکات^۴ به بررسی رابطه تورم با رشد بهره‌وری و شکاف تولید^۵ در کشور روسیه پرداخته‌اند. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که بهره‌وری عوامل نقش بسزایی در رشد اقتصادی کشور روسیه در سال‌های پایانی قرن گذشته و سال‌های آغازین قرن جاری داشته است.

۲.۳. مطالعات داخلی

در داخل کشور نیز پژوهش‌های محدودی صورت پذیرفته است که می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

مرادی و صفوی (۱۳۸۴) مؤلفه‌های مؤثر و مهم را در رشد بهره‌وری کل عوامل در بخش بازرگانی اقتصاد ایران شناسایی و سهم آن‌ها را برآورد کرده‌اند. به استناد نتایج آن‌ها، رشد سرمایه فیزیکی، سطح تحصیلات و نرخ ارز واقعی، تأثیر مثبت و تورم تأثیر منفی و معناداری بر رشد بهره‌وری عوامل دارند.

صمدی و دیگران (۱۳۸۵) در مطالعه‌ای به منظور بررسی رابطه تورم و بهره‌وری از روش هم‌انباشتگی گری گوری-هانسن و آزمون‌های ریشه واحد پرون از داده‌های سال‌های ۱۳۸۰-۱۳۳۸ استفاده کرده‌اند. یافته‌های این تحقیق حکایت از این دارد که یک

-
- | | |
|--|------------------------|
| 1. Panel unit root | 2. Panel cointegration |
| 3. Cobb-Douglas (CD) production function | |
| 4. Hodrick-Prezcott filter | 5. output gap |

رابطه تعادلی بلندمدت بین بهره‌وری و تورم وجود دارد. نتایج تخمین الگو به روش حداقل مربعات معمولی پویا (DOLS) نیز نشان داده که یک رابطه منفی بین تورم و بهره‌وری برقرار است.

۴. علیت GMDH

پیش از معرفی این روش ابتدا به معرفی کوتاهی از علیت گرنجر^۱ می‌پردازیم و سپس بیان الگوی شبکه عصبی GMDH^۲، علیت GMDH را مطرح و آن را با علیت گرنجر مقایسه می‌کنیم.

۱.۴. آزمون استاندارد علیت گرنجر

گرنجر (۱۹۶۹) با استفاده از این واقعیت که آینده نمی‌تواند علت حال یا گذشته باشد بیان می‌کند که چنانچه مقادیر جاری Y_t با استفاده از مقادیر گذشته X_t با دقت بیشتری نسبت به حالتی که از اطلاعات X_t استفاده نمی‌شود، پیش‌بینی شود، در این صورت X_t را علت گرنجر Y_t می‌گویند. در آزمون علیت گرنجر برای اینکه فرضیه « X_t علت گرنجر Y_t نیست» آزموده شود، یک مدل خود توضیح برداری (VAR)^۳ به شکل زیر تشکیل داده می‌شود:

$$Y_t = \sum_{i=1}^k \alpha_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^k \beta_i X_{t-i} + u_t \quad (1)$$

اگر $(k, \dots, 2, 1) = i$ باشد، $\beta_i = 0$ در آن صورت X_t علت گرنجر Y_t نیست. البته در این آزمون طول وقفه k تا حدودی انتخابی است. جیوئیک (۱۹۸۴) بیان می‌کند که اعتبار این آزمون به رتبه مدل خود توضیح‌برداری و پایایی (مانایی) و ناپایایی متغیرها بستگی دارد. اگر متغیرها نامانا باشند، ممکن است این آزمون معتبر نباشد. گرنجر (۱۹۸۶) بیان می‌کند که این آزمون زمانی معتبر است که متغیرها هم انباشته باشند. پس ابتدا، باید مانایی و نامانایی متغیرها و سپس، رابطه هم انباشتگی بین آنها را بررسی کنیم. اگر متغیرها،

1. Granger Causality
3. Vector Auto regression

2. Group Method of Data Handling

مانا از درجه یک بوده، ولی هم‌انباشته نباشند، می‌توان یک مدل خود توضیح‌برداری روی تفاضل اول متغیرها تشکیل و سپس آزمون را انجام داد (آرمن و زارع، ۱۳۸۸).

از طرف دیگر، نتایج آزمون علیت گرنجر نسبت به انتخاب طول وقفه بسیار حساس است. اگر طول وقفه انتخابی، کمتر از طول وقفه واقعی باشد، حذف وقفه‌های مناسب ایجاد اریب^۱ خواهد کرد و اگر طول وقفه انتخابی بیشتر از طول وقفه واقعی باشد، وقفه‌های اضافی در مدل خود توضیح‌برداری باعث می‌شوند که تخمین‌ها ناکارآ باشند (Cheng & Lai, 1997).

۲.۴. مدل سازی با شبکه عصبی GMDH

شبکه‌های عصبی بر پایه یک مفهوم کلی از شناخت الگو و تصفیه‌کننده روش‌های سنتی تکنیکی هستند. شبکه‌های عصبی که انعطاف‌پذیری بالایی دارند، به صورت مدل‌های نیمه پارامتری در بسیاری از رشته‌های عملی، به ویژه علوم رفتاری و اقتصاد به کار برده شده‌اند.^۲ روش دسته‌بندی گروهی داده‌های عددی فناوری آموزش آماری جهت غلبه بر ضعف‌های آماری و شبکه‌های عصبی است. آنچه الگوریتم GMDH را به عنوان یک روش هیوریستیک^۳ معرفی می‌کند ساختن مدل‌هایی برای سیستم‌های پیچیده از نوع رگرسیون با درجات بالا می‌باشد که دارای مزایایی نسبت به مدل‌سازی کلاسیک است. اولین بار الگوریتم GMDH توسط یک دانشمند اوکراینی به نام ایواخنکو (۱۹۶۸، ۱۹۹۵، ۲۰۰۰) معرفی شد. شبکه GMDH^۴، شبکه‌ای خود سازمانده و یک سویه است که از چندین لایه و هر لایه نیز از چندین نرون تشکیل یافته است. تمامی نرون‌ها از ساختار مشابهی برخوردارند، طوری که دارای دو ورودی و یک خروجی هستند و هر نرون با ۵ وزن و

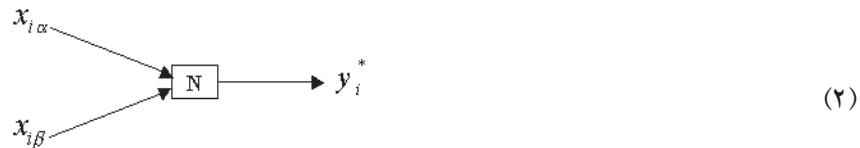
1. bias

۲. برای مطالعات بیشتر رک. سلیمانی کیا (۱۳۸۶).

۳. الگوریتم هیوریستیک (Heuristic) عبارت است از معیار، روش و یا اصولی برای تصمیم‌گیری بین چندین خط‌مشی، به طوری که اثربخش‌ترین آنان برای دستیابی به اهداف مورد نظر انتخاب گردد.

4. Group Method of Data Handling

یک بایاس عمل پردازش را میان داده‌های ورودی و خروجی بر اساس رابطه (۲) برقرار می‌کند:



$$y_{ik}^* = N(x_{i\alpha}, x_{i\beta}) = b^k + w_1^k x_{i\alpha} + w_2^k x_{i\beta} + w_3^k x_{i\alpha}^2 + w_4^k x_{i\beta}^2 + w_5^k x_{i\alpha} x_{i\beta}$$

در رابطه بالا، $(i = 1, 2, 3, \dots, N)$ که در آن N تعداد داده‌های ورودی و خروجی است و $(K = 1, 2, 3, \dots, C_m^2)$ و $\alpha, \beta \in \{1, 2, 3, \dots, m\}$ که در آنها m تعداد نرون‌های لایه قبلی است.

وزن‌ها براساس روش‌های کمترین مربعات خطا محاسبه و سپس به‌عنوان مقادیر مشخص و ثابت در داخل هر نرون جایگذاری می‌شود. ویژگی بارز این نوع شبکه آن است که نرون‌های مرحله قبلی و یا لایه قبلی، عامل و مولد تولید نرون‌های جدید به تعداد $C_m^2 = \frac{m(m-1)}{2}$ هستند و از میان نرون‌های تولید شده، لزوماً تعدادی حذف شده تا بدینوسیله از واگرایی شبکه جلوگیری به عمل آید.

نرون‌هایی که برای ادامه و گسترش شبکه باقی می‌مانند، امکان دارد برای ایجاد فرم همگرایی شبکه و عدم ارتباط آنها با نرون لایه آخر حذف شوند که اصطلاحاً به آنها نرون غیر فعال می‌گویند. معیار گزینش و حذف مجموعه‌ای از نرون‌ها در یک لایه، درصد مجموع مربعات خطا (r_j^2) میان مقادیر خروجی واقعی (y_i) و خروجی نرون‌زاد (y_{ij}^*) است.

$$r_j^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - y_{ij}^*)^2}{\sum_{i=1}^N y_i^2} \quad (۳)$$

در رابطه بالا $\{1, 2, 3, \dots, C_m^2\}$ است که در آن m تعداد نرون‌های گزینش شده در لایه قبلی است.

نگاشتی که بین متغیرهای ورودی و خروجی توسط این نوع از شبکه‌های عصبی برقرار می‌شود به صورت تابع غیر خطی ولتر^۱ به صورت رابطه زیر است:

$$\hat{y} = a_0 + \sum_{i=1}^m a_i x_i + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m a_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^m a_{ijk} x_i x_j x_k + \dots \quad (4)$$

ساختاری را که برای نرون‌ها در نظر گرفته شده، به صورت فرم خلاصه شده دو متغیره درجه دوم زیر است:

$$y_i = f(x_{ip}, x_{iq}) = a_0 + a_1 x_{ip} + a_2 x_{iq} + a_3 x_{ip} x_{iq} + a_4 x_{ip}^2 + a_5 x_{iq}^2 \quad (5)$$

تابع f دارای شش ضریب مجهول است که به ازای تمام نمونه‌های دو متغیر وابسته به سیستم $\{(x_{ip}, x_{iq}), i=1, 2, \dots, N\}$ ، خروجی مطلوب $\{(y_i), i=1, 2, \dots, N\}$ را برآورد می‌کند. تابع f را بر اساس قاعده کمترین مربعات خطا پایه‌ریزی می‌کنیم.

$$\text{Min} \sum_{k=1}^N [(f(x_{ki}, x_{kj}) - y_i)^2] \quad (6)$$

براین اساس دستگاه معادله‌ای را که دارای شش مجهول و N معادله است حل می‌کنیم.

$$\begin{cases} a_0 + a_1 x_{1p} + a_2 x_{1q} + a_3 x_{1p} x_{1q} + a_4 x_{1p}^2 + a_5 x_{1q}^2 = y_1 \\ a_0 + a_1 x_{2p} + a_2 x_{2q} + a_3 x_{2p} x_{2q} + a_4 x_{2p}^2 + a_5 x_{2q}^2 = y_2 \\ \dots \\ a_0 + a_1 x_{Np} + a_2 x_{Nq} + a_3 x_{Np} x_{Nq} + a_4 x_{Np}^2 + a_5 x_{Nq}^2 = y_N \end{cases}$$

دستگاه معادله فوق را می‌توان به فرم ماتریسی زیر نمایش داد:

$$\mathbf{Aa} = \mathbf{Y} \quad (۷)$$

که در آن

$$\mathbf{a} = \{a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5\}^T \quad (۸)$$

$$\mathbf{Y} = \{y_1, y_2, y_3, \dots, y_N\} \quad (۹)$$

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 1 & x_{1p} & x_{2q} & x_{1p}x_{1q} & x_{1p}^2 & x_{1q}^2 \\ 1 & x_{2p} & x_{2q} & x_{2p}x_{2q} & x_{2p}^2 & x_{2q}^2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 1 & x_{Np} & x_{Nq} & x_{Np}x_{Nq} & x_{Np}^2 & x_{Nq}^2 \end{bmatrix} \quad (۱۰)$$

برای حل معادله لازم است که شبه معکوس ماتریس غیر مربعی A محاسبه شود. در طراحی شبکه عصبی $GMDH$ ، هدف جلوگیری از رشد واگرایی شبکه و نیز مرتبط کردن شکل و ساختار شبکه به یک یا چند پارامتر عددی است، به گونه‌ای که با تغییر این پارامترها، ساختار شبکه نیز تغییر کند (سلیمانی کیا، ۱۳۸۶).

۳.۴. علیت غیر خطی GMDH

همان گونه که در بخش پیشین مطرح شد، این روش این امکان را برای پژوهشگران فراهم می‌سازد که به پیش‌بینی متغیرهای اقتصادی و غیر اقتصادی بپردازند که در بسیاری از موارد نتایج بهتری از مدل‌های اقتصادسنجی برای پژوهشگران به ارمغان می‌آورد. یکی از نقدهایی که بعضی از پژوهشگران مطرح می‌نمودند این مسئله بود که این روش تنها برای بخش پیش‌بینی اقتصاد مفید است و کمکی به بخش تبیین اقتصاد نمی‌کند. در این مقاله با معرفی علیت غیر خطی GMDH^۱ خواهیم دید که چطور می‌توان از آن برای آزمون علیت گرنجر میان متغیرهای اقتصادی استفاده کرد.

۱. برای مطالعات بیشتر به چنگ زنگ (۲۰۰۴) و زیانگ و ژنگ (۲۰۰۷) رجوع شود.

به طور مثال برای تبیین رابطه علی میان دو متغیر X و Y ، ابتدا وقفه‌های این دو را تشکیل داده و به عنوان متغیرهای ورودی، به شبکه GMDH می‌دهیم و سپس با استفاده از این شبکه به پیش‌بینی X و Y در سطح جاری متغیر می‌پردازیم (جدول ۱).

جدول ۱. ورودی‌های شبکه

متغیر وابسته	ورودی‌های شبکه GMDH			
	Y	Y(-1)	Y(-2)	X(-1)
X	Y(-1)	Y(-2)	X(-1)	X(-2)

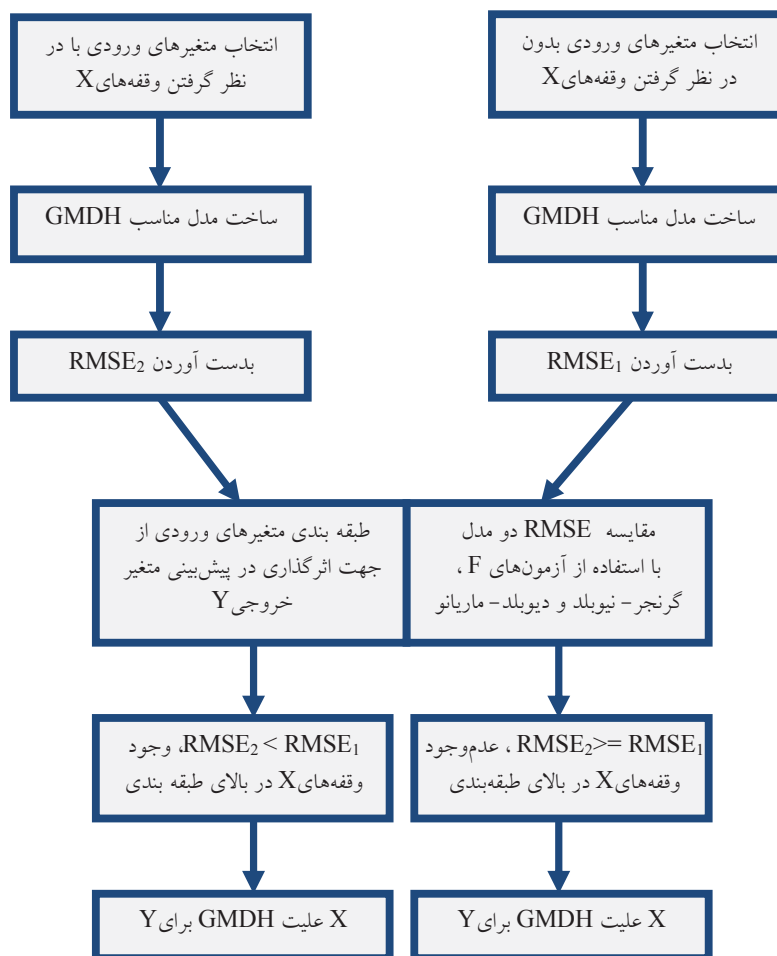
شایان ذکر است که می‌توان وقفه‌های بیشتری را نیز لحاظ نمود. در آزمون‌های علیت رایج در اقتصادسنجی که فراوان استفاده می‌شود، به دنبال این مسئله هستیم که آیا وقفه‌های متغیر دوم می‌تواند دقت پیش‌بینی متغیر اول را افزایش دهد یا خیر. همان‌گونه که گرنجر (۱۹۶۹) بیان می‌کند، چنانچه مقادیر جاری Y_t با استفاده از مقادیر گذشته X_t با دقت بیشتری نسبت به حالتی که از آن مقادیر استفاده نمی‌شود، پیش‌بینی شود، در این صورت X_t را علت گرنجر Y_t می‌گویند.

پس از پیش‌بینی متغیر خروجی توسط شبکه GMDH، این امکان برای پژوهشگر فراهم می‌آید که متغیرهای ورودی را براساس تأثیر آنها در پیش‌بینی متغیر خروجی طبقه‌بندی نماید، همچنین با به دست آوردن $RMSE$ دو مدل و مقایسه آنها^۱ توسط آزمون‌های F ، گرنجر- نیوبلد^۲ و دیوبلد- ماریانو^۳ می‌توان در خصوص علیت میان متغیرها قضاوت نمود. در واقع اگر $RMSE$ مدل با لحاظ وقفه‌های X کمتر از مدل بدون وقفه‌های X باشد و نیز در این شرایط وقفه‌های متغیر دوم (X) در بالای این طبقه‌بندی قرار بگیرد و یا به عبارت دیگر موجب شود که بر دقت پیش‌بینی متغیر خروجی (Y) بیافزاید می‌توان بیان نمود که از X علیت غیرخطی یا GMDH به Y وجود دارد. همین شرایط را برای متغیر X در نظر خواهیم گرفت و علیت از Y به X را بررسی می‌نماییم (شکل ۴).

۱. می‌توان از معیارهای دیگر برای پیش‌بینی نیز استفاده نمود.

2. The Granger-Newbold Test

3. The Diebold-Mariano Test



شکل ۴. مراحل آزمون علیت GMDH

۴.۴. مقایسه علیت گرنجر و علیت GMDH

یکی از فرض‌های استفاده از علیت گرنجر مانایی متغیرهاست، جیوئیک (۱۹۸۴) بیان می‌کند که اعتبار این آزمون به رتبه مدل خود توضیح‌برداری و پایایی (مانایی) و ناپایایی متغیرها بستگی دارد. اگر متغیرها نامانا باشند، اعتبار این آزمون ممکن است کاهش یابد. از طرف دیگر، نتایج آزمون علیت گرنجر نسبت به انتخاب طول وقفه بسیار حساس است.

اگر طول وقفه انتخابی، کمتر از طول وقفه واقعی باشد، حذف وقفه‌های مناسب ایجاد اریب خواهد کرد و اگر طول وقفه انتخابی بیشتر از طول وقفه واقعی باشد، وقفه‌های اضافی در مدل خود توضیح‌برداری باعث می‌شوند که تخمین‌ها ناکارا باشند (Cheng & Lai, 1997).

اما این دو مشکل در علیت GMDH مطرح نیست، در واقع می‌توان با متغیرهای نامانا این آزمون را انجام داد. همچنین به دلیل آنکه این روش بر مبنای آزمون فرضیه نیست، اضافه نمودن وقفه‌های متغیر مشکلی ایجاد نمی‌کند و حتی ممکن است باعث شود طبقه‌بندی صحیح‌تری انجام پذیرد.

علاوه بر این در علیت GMDH به دلیل آنکه از روابط غیرخطی بهره می‌برد لذا علیت غیرخطی را نیز در نظر خواهد گرفت، این در حالی است که در دنیای واقع روابط میان متغیرها به صورت غیرخطی است (یکی از یافته‌های این تحقیق نیز همین موضوع است که میان رشد بهره‌وری و نرخ تورم یک رابطه غیرخطی وجود دارد). به اجمال مزیت‌های علیت GMDH در مقابل علیت گرنجر عبارت‌اند:

۱. عدم نیاز به فرض مانایی برای انجام آزمون؛
۲. عدم حساسیت به تعداد وقفه‌های متغیرها؛
۳. کشف روابط خطی و غیرخطی پیچیده؛
۴. حساسیت بسیار اندک به شکست‌های ساختاری؛
۵. امکان طبقه‌بندی متغیرها براساس تأثیر آنها در پیش‌بینی؛
۶. کمتر حساس بودن نسبت به علیت گرنجر در رابطه با کمبود داده‌ها؛
۷. انعطاف‌پذیری بالا.

به طور کلی علیت GMDH روشی بسیار مناسب برای بررسی روابط علی (به مفهوم اقتصادسنجی) میان متغیرهاست و به مراتب از روش‌های مرسوم در اقتصادسنجی کارایی بیشتری دارد و می‌تواند در کارهای تجربی مورد استفاده قرار گیرد.

۵. برآورد مدل

۱.۵. برآورد رشد بهره‌وری

در این تحقیق به تبعیت از مدل تابع تولیدی کاب-داگلاس و روش به کار رفته توسط

با گنولی (۲۰۰۳) نسبت به برآورد رشد TFP اقدام می‌شود. ابتدا تابع تولیدی را با فرض همگنی از درجه یک و بازدهی ثابت نسبت به مقیاس (CRS) مورد ملاحظه قرار می‌دهیم:

$$Y_t = A_t L_t^\alpha K_t^{1-\alpha} \quad (2)$$

که در آن Y_t سطح تولید، A_t پیشرفت فنی یا بهره‌وری، L_t سطح نیروی کار و K_t سطح موجودی سرمایه است.^۲ با لگاریتم‌گیری و سپس دیفرانسیل‌گیری از رابطه (۲) رشد بهره‌وری کل عوامل تولیدی^۳ به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$TFPG_t = \hat{Y}_t - \alpha \hat{L}_t - (1-\alpha) \hat{K}_t \quad (3)$$

۲.۵. آزمون‌های ریشه واحد

ابتدا پیش از آنکه رابطه بین تورم (INF) و رشد بهره‌وری (TFPG) را به آزمون بگذاریم، لازم است که خصوصیات آماری متغیرهای مورد استفاده در مدل را از نظر مانایی و احتمال وجود ریشه واحد مورد بررسی قرار دهیم. در صورت عدم تأیید وجود ریشه واحد در متغیرهای رگرسیون، نتایج ساختگی حاصل نخواهد شد و نیازی به تحلیل هم‌انباشتگی نیست.

آزمون ریشه واحد فیلیپس-پرون^۴ (PP) و دیکی فولر تعمیم‌یافته^۵ (ADF) برای این دو متغیر در جدول ۲ انجام می‌شود. نتایج نشان می‌دهند که همه متغیرهای مدل، در سطح مانا هستند به بیان دیگر فرضیه صفر، مبنی بر نامانایی آنها در سطح ۱۰٪ رد می‌شود، لذا همه متغیرهای مدل، انباشته از مرتبه صفر یا $I(0)$ هستند.

1. Constant Returns of Scale.

۲. در این تحقیق، آمار مربوط به درآمد ناخالص داخلی بدون نفت (Y) برگرفته از آمار بانک مرکزی ایران و آمار و اطلاعات مربوط به موجودی سرمایه (K)، اشتغال (L) از دفتر برنامه‌ریزی و مدیریت اقتصاد کلان معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور گردآوری شده است. مقدار ثابت و α به ترتیب ۱.۶۰۶ و ۰.۲۷۵ به دست آمده است که هر دو در سطح ۰.۰۵ معنادار است.

3. Total Factor Productivity Growth (TFPG)

4. Phillips-Perron

5. Augmented Dickey Fuller

جدول ۲. نتایج آزمون ریشه واحد فیلیپس-پرون و دیکی-فولر تعمیم یافته در سطح داده‌ها

متغیر	آماره آزمون (PP) در سطح	p-value	آماره آزمون (ADF) در سطح	p-value	مرتب‌بندی انباشتی
INF	-۳.۳۹۲	۰.۰۶	-۳.۳۹۲	۰.۰۶	I(0)
TFPG	-۵.۸۸۸	۰.۰۰۰۱	-۵.۷۹۶۹	۰.۰۰۰۱	I(0)

منبع: محاسبات تحقیق

۳.۵. مدل سازی رفتار خطی

به منظور بررسی رابطه میان رشد بهره‌وری و تورم ابتدا یک رگرسیون خطی ساده میان این دو متغیر برآورد می‌کنیم.^۱ علاوه بر آن، از آزمون علیت گرنجر نیز استفاده می‌نماییم. با توجه به نتایج حاصل در جدول ۳، ضریب تورم معنادار نیست.^۲ همچنین آزمون علیت گرنجر نیز در جدول ۴ دلالت بر عدم وجود هرگونه رابطه علی (خطی) میان این دو متغیر دارد. لذا می‌توان نتیجه گرفت رابطه‌ای خطی میان این دو متغیر وجود ندارد، اما هنوز ممکن است یک رابطه غیرخطی میان این دو متغیر وجود داشته باشد.

جدول ۳. نتایج تخمین $TFPG$ بر INF

متغیرها	ضرایب	انحراف معیار	آماره t	P-value
C	۰.۰۱۰	۰.۰۱۱	۰.۹۲۴	۰.۳۶۰
INF	-۰.۰۷۵	۰.۰۷۳	-۱.۰۳۸	۰.۳۰۵
R ²	۰.۰۳۲	SIC		-۳.۳۲۰
A-R ²	۰.۰۰۲	F		۱.۰۷۶
D-W	۱.۷۳۰	Prob(F)		۰.۳۰۵

منبع: محاسبات تحقیق

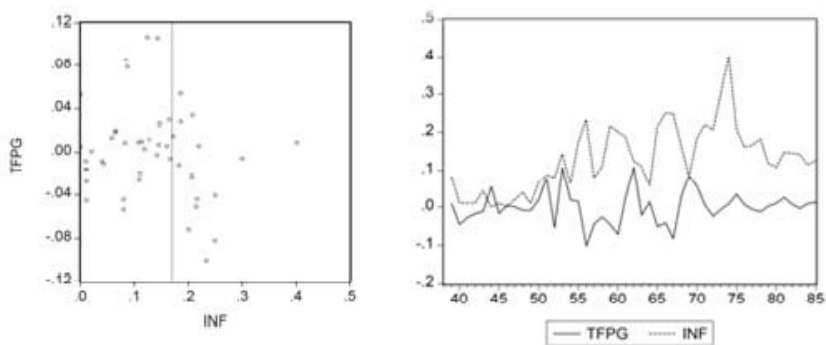
جدول ۴. نتایج آزمون علیت گرنجر

فرضیه مقابل	F آماره	P-value
INF → TFPG	۰.۹۷۵	۰.۳۸۶
TFPG → INF	۰.۴۳۷	۰.۶۴۹

منبع: محاسبات تحقیق

۱. معادله مذکور برای آزمون علیت همزمان استفاده شده است.
۲. آزمون‌های تشخیصی (Diagnostic Test) نیز انجام شده است که نشان دهنده عدم مشکل خودهمبستگی و واریانس ناهمسانی و نیز نرمال بودن اجزای اخلال است.

با توجه به نمودار تورم و رشد بهره‌وری (شکل‌های ۵ و ۶)، می‌توان به این نتیجه‌ی ضمنی دست یافت که با افزایش نرخ تورم از سطحی مشخص، رابطه‌ی میان رشد بهره‌وری و تورم معکوس خواهد شد.^۱



شکل ۵ و ۶. نمودار تورم و رشد بهره‌وری

۴.۵. علیت شبکه‌ی عصبی GMDH

به منظور بررسی رابطه‌ی رشد بهره‌وری و نرخ تورم در ایران از روش علیت GMDH، برای دو متغیر تورم و رشد بهره‌وری چهار مدل GMDH بر اساس آنچه در شکل ۲ شرح داده شد، محاسبه می‌شود. بعد از پیش‌بینی متغیر خروجی توسط شبکه‌ی GMDH، این امکان برای پژوهشگر فراهم می‌آید که متغیرهای ورودی را براساس تأثیر آنها در پیش‌بینی متغیر خروجی طبقه‌بندی نماید. با توجه به جدول ۵ مشاهده می‌شود که طبقه‌بندی هر دو متغیر یکسان به دست آمده است طوری که وقفه‌ی اول رشد بهره‌وری و تورم بر پیش‌بینی رشد بهره‌وری و تورم اثرگذار است.

همان‌طور که در بخش پیشین در رابطه با نحوه‌ی آزمون علیت GMDH بیان شد بایستی $RMSE$ دو مدل یعنی بدون لحاظ وقفه‌های تورم و با لحاظ آنها، برای بررسی علیت از تورم به رشد بهره‌وری و همچنین $RMSE$ دو مدل بدون لحاظ وقفه‌های رشد بهره‌وری و

۱. بر اساس این شکل ممکن است به این نتیجه رسید که از نیمه‌ی دهه ۵۰ (تکانه‌ی اول نفتی) رابطه‌ی دو متغیر تغییر کرده است و شکست ساختاری داریم، اما با انجام آزمون شکست ساختاری و لحاظ متغیر مجازی این رابطه تأیید نشد.

با لحاظ آن‌ها به منظور بررسی علیت رشد بهره‌وری به تورم محاسبه شود. نتایج در جدول ۶ و ۷ گزارش شده است که نشان‌دهنده کاهش چهار معیار پیش‌بینی^۱ در حالت با لحاظ وقفه‌ها در دو مدل است. در مورد شاخص D_{stat} ^۲ که نشان‌دهنده توانایی پیش‌بینی جهت حرکت متغیر است برای رشد بهره‌وری، یک جهش از ۴۰ درصد به ۷۰ درصد وجود دارد که گویای بهبود پیش‌بینی با لحاظ وقفه‌های تورم است. در حالی که این شاخص برای تورم تغییری نداشته است. به منظور بررسی معناداری اختلاف $RMSE$ ها از آزمون‌های F ، گرنجر- نیوبلد استفاده می‌کنیم که نتایج آن در جدول ۸ گزارش شده است.^۳

با توجه به اینکه $RMSE_2$ کوچک‌تر $RMSE_1$ است و نیز وقفه‌های متغیر تورم در بالای طبقه‌بندی متغیرهای اثرگذار در پیش‌بینی متغیر خروجی ($TFPG$) قرار می‌گیرند، می‌توان بیان نمود که INF علیت غیرخطی برای $TFPG$ است و به همین ترتیب می‌توان بیان نمود که $TFPG$ علیت غیرخطی برای INF است.

جدول ۵. طبقه‌بندی متغیرهای ورودی شبکه

ترتیب	متغیرها
1	TFPG(-1)
2	INF(-1)
3	TFPG(-2)
4	INF(-2)

منبع: محاسبات تحقیق

۱. $RMSE$ جذر میانگین مربع خطای پیش‌بینی، MAE میانگین قدرمطلق خطای پیش‌بینی، $MAPE$ میانگین قدرمطلق خطای پیش‌بینی و TIC ضریب نابرابری تایل.
 ۲. این شاخص به این صورت تعریف می‌شود:
- $$D_{stat} = \frac{1}{h} \sum_{t=0}^h a_t$$
- که در آن اگر $(\hat{y}_{t+1} - \hat{y}_t)(y_{t+1} - y_t) > 0$ باشد $at=1$ در غیر این صورت $at=0$.
۳. محاسبه آماره آزمون‌های مذکور با استفاده از برنامه نوشته شده در $EViews$ به دست آمده است.

جدول ۶. معیارهای پیش‌بینی برای رشد بهره‌وری

D _{stat}	TIC	MAPE	MAE	RMSE	مدل GMDH
٪۴۰	۰/۸۶۵۶۳۴	۳۰/۱۰۵۲۹	۰/۰۲۲۳۶۲	۰/۰۲۴۶۸	بدون وقفه‌های INF
٪۷۰	۰/۵۲۳۹۰۶*	۱۱۸/۴۷۰۷*	۰/۰۰۸۷۱۰*	۰/۰۱۰۶۲۴*	با وقفه‌های INF

* نشان دهنده حداقل میزان معیار پیش‌بینی است.

ماخذ: محاسبات تحقیق

جدول ۷. معیارهای پیش‌بینی برای تورم

D _{stat}	TIC	MAPE	MAE	RMSE	مدل GMDH
٪۶۰	۰/۲۴۸۲۲۳	۳۲/۷۷۲۱۹	۰/۰۴۵۴۷۷	۰/۰۷۳۶۰۸	بدون وقفه‌های TFPG
٪۶۰	۰/۰۸۹۷۰۶*	۱۳/۸۷۶۳۵*	۰/۰۲۰۴۱۴*	۰/۰۲۴۵۷۸*	با وقفه‌های TFPG

* نشان دهنده حداقل میزان معیار پیش‌بینی است.

منبع: محاسبات تحقیق

جدول ۸. آزمون‌های آماری معیارهای پیش‌بینی

تورم	رشد بهره‌وری	آزمون
۸/۹۶۹* (۰/۰۰۱)	۵/۳۹۷* (۰/۰۰۷)	آزمون F
۵/۵۸۳* (۰/۰۰۰۳)	۰/۰۱۹ (۰/۹۸۵)	آزمون گرنجر- نیوولد

* معنادار در سطح ۰.۰۵

ماخذ: محاسبات تحقیق

این نتیجه قابل توجه است چرا که در علیت گرنجر و همچنین در رگرسیون ساده‌ای که در ابتدا برآورد شده، رابطه‌ای میان رشد بهره‌وری و تورم مشاهده نشده بود، زیرا آزمون‌های مربوط به صورت خطی هستند و رابطه غیرخطی را نمی‌توانند مشاهده کنند. اما این امکان را برای پژوهشگر فراهم می‌آورد که دچار اشتباه نشود و به نتایج صحیحی دست پیدا کند.

۶. نتیجه‌گیری

امروزه افزایش رشد اقتصادی از طریق بهبود بهره‌وری یکی از مهم‌ترین اهداف سیاستگذاران هر کشوری محسوب می‌شود. آنچه از مقایسه رشد اقتصادی کشور با سایر

کشورها قابل استنباط است، این است که ایران به رغم برخورداری از درآمدهای نفتی نتوانسته است رشد رضایت بخشی در سطح جهانی داشته باشد. همچنین مهم ترین منبع رشد اقتصادی یعنی بهره‌وری از وضعیت مناسبی برخوردار نیست و هدف برنامه چهارم توسعه^۱، محقق نشده است.

در این تحقیق رابطه علیت خطی و غیرخطی (مبتنی بر رویکرد شبکه عصبی GMDH) میان تورم و بهره‌وری مورد آزمون قرار گرفت. نتایج دلالت بر آن دارد که علیت خطی میان این دو متغیر وجود ندارد، اما نتایج آزمون علیت GMDH نشان می‌دهد که یافته مذکور در خصوص علیت میان این دو متغیر گمراه کننده است. به عبارت دیگر، هرچند رابطه خطی میان تورم و رشد بهره‌وری تأیید نمی‌شود، اما فرضیه وجود رابطه غیرخطی میان این دو متغیر به ویژه از سوی تورم به بهره‌وری پذیرفته می‌شود.

با توجه به یافته‌های تحقیق می‌توان پیشنهاد کرد که دولت در ایران می‌تواند از طریق سیاست‌های پولی و سیاست‌های ارزی مناسب و همچنین رفع موانع موجود بر سر راه تولید و رعایت انضباط مالی در زمینه کاهش نرخ تورم، زمینه‌های لازم برای افزایش سرمایه‌گذاری، تجارت خارجی، سطح تحقیق و توسعه (R&D)، کاهش نااطمینانی‌های تورمی، کاهش هزینه‌های مبادله‌ای به واسطه عدم تغییر ساختار تولید و در نهایت کاهش دخالت‌های دولت فراهم شود تا گام‌های موثری در جهت بهبود بهره‌وری برداشته شود. با توجه به نتایج علیت GMDH در این تحقیق، پیشنهاد می‌شود که پژوهشگران در استفاده از روش‌های مرسوم علیت (مبتنی بر روابط خطی)، علیت‌های غیرخطی پنهان را نیز مورد توجه قرار دهند.

۷. منابع

آرمن، سید عزیز و روح الله زارع (۱۳۸۸)، «مصرف انرژی در بخش‌های مختلف و رابطه آن با رشد اقتصادی در ایران». فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، شماره ۲۱، ص ۶۷-۹۲.

ابراهیمی، محسن و علی سوری (۱۳۸۵)، «رابطه بین تورم و نااطمینانی»، دانش و توسعه؛ شماره ۱۸.

۱. در برنامه مذکور، رشد اقتصادی ۸ درصد منظور و پیش‌بینی شده است که ۳۱.۳ درصد آن از طریق ارتقای بهره‌وری تأمین گردد.

تشکینی، احمد (۱۳۸۵)، «آیا نااطمینانی تورمی با سطح تورم تغییر می‌کند؟»، تحقیقات اقتصادی؛ شماره ۷۳.

حسینی نسب، سید ابراهیم و رضا غوجی (۱۳۸۶)، «تجارت خارجی و رشد بهره‌وری در صنایع کارخانه‌ای ایران»، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی، سال هفتم، شماره ۱، ص ۷۵-۹۲.

خالصی، امیر (تابستان ۱۳۸۴)، «اقتصاد نوین و بهره‌وری در ایران»، فصلنامه اقتصاد و تجارت نوین، سال اول، شماره اول.

خلیلی عراقی، منصور و علی سوری (۱۳۸۵)، «برآورد بهره‌وری و کارایی در اقتصاد ایران و رابطه آن با مخارج دولت»، تحقیقات اقتصادی، شماره ۷۴، ص ۲۳-۱.

درگاهی، حسین و قدیری، امراله (بهار ۱۳۸۲)، «تجزیه و تحلیل عوامل تعیین کننده در رشد اقتصادی ایران»، پژوهشنامه بازرگانی، شماره ۲۶.

رازینی، ابراهیم و دیگران، (شهریورماه ۱۳۸۱)، «بررسی اثر صادرات بر رشد بهره‌وری»، وزارت بازرگانی، معاونت برنامه‌ریزی و بررسی‌های اقتصادی، تهران.

سلیمانی کیا، فاطمه (۱۳۸۶)، «مدل‌سازی و پیش‌بینی قیمت بنزین با استفاده از شبکه عصبی GMDH»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران.

صمدی، علی حسین؛ علی حقیقت؛ کاظم امین‌زاده (۱۳۸۵)، «تورم، بهره‌وری و شکست ساختاری شواهد تجربی از اقتصاد ایران ۱۳۸۰-۱۳۳۸»، پژوهش‌های اقتصاد ایران؛ تابستان.

فرزین وش، اسد الله و حسین اصغریور و محمود محمودزاده (۱۳۸۲)، «بررسی اثر تورم بر کسری بودجه از بعد هزینه‌ای و درآمدی در ایران»، تحقیقات اقتصادی.

فرزین وش، اسدالله و موسی عباسی (۱۳۸۴)، «بررسی ارتباط بین تورم و نااطمینانی تورمی در ایران با استفاده از مدل‌های GARCH و حالت - فضا، تحقیقات اقتصادی؛ شماره ۷۴.

کمیجانی، اکبر و ابوالفضل شاه‌آبادی (بهار ۱۳۸۰)، «بررسی اثر فعالیت‌های D&R داخلی و خارجی (از طریق تجارت خارجی) بر بهره‌وری کل عوامل تولید»، پژوهشنامه بازرگانی، شماره ۱۸.

کمیجانی، اکبر و معمارنژاد (تابستان ۱۳۸۳)، «اهمیت کیفیت نیروی انسانی و R&D در

- رشد اقتصادی»، پژوهشنامه بازرگانی، فصلنامه شماره ۳۱.
- مرادی، محمدعلی و بیژن صفوی (۱۳۸۴)، «رشد بهره‌وری کل عوامل بخش بازرگانی ایران». فصلنامه اقتصاد و تجارت نوین، شماره ۲.
- مرادی، محمد علی (۱۳۸۵)، «مدلسازی GARCH تورم و نااطمینانی تورم در ایران»، پژوهش‌های اقتصادی.
- مهرآرا، محسن و رضا محسنی (۱۳۸۳)، «آثار تجارت خارجی بر بهره‌وری: مورد ایران»، تحقیقات اقتصادی، شماره ۶۶، ص ۸۹-۵۷.
- مولایی، محمد (۱۳۸۴)، «بررسی و مقایسه بهره‌وری گروه‌های مختلف صنعتی کوچک و بزرگ ایران»، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، سال هفتم، شماره ۲۲، ص ۱۷۶-۱۵۷.

- Aghion P. and P. Howitt (1992), "A Model of Growth through Creative Destruction", *Econometrica*, vol 60, No 2.
- Amano, R., Moran, K., Murchison, S., Rennison, A. (2009), "Trend Inflation, Wage and Price Rigidities, and Productivity Growth". *Journal of Monetary Economics* 56: 353-364.
- Bagnoli, Philip (2003), *Productivity Growth: Discussion and Twelve Sector Survey*. Department of Finance, Ottawa.
- Balassa, Bela (1978), "Exports and Economic Growth: Further Evidence", *Journal of Development of Economics*, 5: 181-89.
- Bitros, G.C. and E.E. Panas (2001), "Is There an Inflation-productivity Trade-off? Some Evidence from the Manufacturing Sector in Greece", *Applied Economics*, 33, 1961-1969.
- Brada, J.C. A.E. King and A.M. Kutan (2000), "Inflation Bias and Productivity Shocks In Transition Economics: The Case Of The Czech Republic, Working paper", http://www.zei.de/download/zei_wp/B00-02.pdf
- Buck, A. J. and F. Fitzroy, (1988), "Inflation and Productivity Growth in the Federal Republic of Germany", *Journal of Post Keynesian Economics*, 10: 428-444.
- Cameron, G. and Muellbauer, J. (1994), *R&D, Productivity, and the Case for a UK R&D Tax Credit*, Nuffield College, Oxford.
- Cameron, N., Hum, D., Simpson, W. (1996), "Stylized Facts and Stylized Illusions: Inflation and Productivity Revisited", *Canadian Journal of Economics*, Vol. 29 No. 1, pp. 152-62.
- Changzheng, H (2004), *Application Researches of Self-organization Data Mining in China*, Sichuan University

- Cheng, A Benjamin S. and Lai, Tin Wei (1997) "An Investigation of Co-integration and Causality between Energy Consumption and Economic Activity in Taiwan, Energy", *Economics*, 19, pp 435-444.
- Christopoulos, D.K., E G. Tsionas(2005), "Productivity Growth and Inflation in Europe: Evidence from Panel Cointegration Tests", *Empirical Economics* 30:137-150.
- Clark K. P. (May 1982), "Inflation and the Productivity Decline", *American Economic Review, Papers and Proceedings*, 72: 149-154.
- Coe, D. T., E. Helpman (1995), International R&D Spillovers, *European Economic Review*, Vol. 39, No. 5, pp.859-887.
- De Grauwe, P. and F. Skudelny(2000), "Inflation and Productivity Differentials in EMU, Discussions Paper", <http://www.econ.kuleuven.be/ces/discussionpapers/default.htm>
- Edwards, S. (1998), "Openness, Productivity and Growth: What Do We Really Know? ", *Economic Journal*, Vol 108, No 447.
- Freeman, DG and D. Yerger(1997), "Inflation and Total Factor Productivity in Germany: A Response to Smyth", *Review of World Economics*, Volume 133, 158-163.
- Friedman, M. (1977), "Nobel Lecture Inflation and Unemployment", *Journal of Political Economy*.
- Geweke, John, (1984), "Inference and Causality in Economic Time Series Models", *Handbook of Econometrics*, in: Z. Griliches† & M. D. Intriligator (ed.), *Handbook of Econometrics*, edition 1, volume 2, chapter 19, pages 1101-1144 Elsevier.
- Granger, Clive W. J. (1986), "Developments in the study of Cointegrated Economics Variables", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, Department of Economics, Vol.48(3), pp 213-218.
- Grossman, G. and E. Helpman (1991), *Innovation and Growth in the Global Economy*, Cambridge, Massachusetts and London, MIT press.
- Hondroyannis, George and Evangelia Papapetrou (1998), Temporal Causality and the Inflation-Productivity Relationship: Evidence from Eight Low Inflation OECD Countries", *International Review of Economics and Finance*, 7(1):117-135.
- Idson Jodd L. and walter y.oi. (1999), "workers one More Productively in Large Firms", *American Economic Review*, No.2.vol89.
- Ivakhnenko A. G., and Ivakhnenko G. A. (1995), "The Review of Problems Solvable by Algorithms of the Group Method of Data Handling (GMDH) ", *Pattern Recognition and Image Analysis*, vol.5, no.4, pp.527-535.
- Ivakhnenko, A. G., (1968), "The Group Method of Data Handling: a Rival of the

- Method of Stochastic Approximation", *Soviet Automatic Control*, 13(3), 43-55.
- Jacobs, B., R. Nahuis, P.J.G. Tang (1998), Human Capital, R&D, Productivity Growth and Assimilation of Technologies in the Netherlands". CPB Research Memorandum.
- Jarrett J.P. and J. G. Selody. (1982), "The Productivity-Inflation Nexus in Canada", *The Review of Economics and Statistics*, 64(3): 361-367.
- Kim, Euysung (2000), "Trade Liberalization and Productivity Growth in Korean Manufacturing Industries: Price Protection, Market Power, and Scale Efficiency", *Journal of Development Economics*, 62:55-83.
- Medda, G. and Piga, C. (2003), *On the Relationship between R&D and Productivity: A Treatment Effect Analysis*, Department of Economics, Rensselaer Polytechnic Institute.
- Michaelides, P., Milios, J., (2009). "TFP Change, Output Gap and Inflation In the Russian Federation (1994–2006)". *Journal of Economics and Business* 61: 339–352.
- Miller, S. M. and Upadhyay, M. P. (2000), "The Effects of Openness, Trade Orientation, and Human Capital on Total Factor Productivity", *Journal of Development Economics*, 63: 399-423.
- Novin, F. (1991), "The Productivity-Inflation Nexus Revisited: Canada, 1969-1988", *Working Paper, Bank of Canada*, No 1991-3.
- Ram R. (1984), "Causal Ordering across Inflation and Productivity Growth in the Post-War United States", *The Review of Economics and Statistics*, 64(3): 472-477.
- Romer, P.M. (1990), "Endogenous Technological Change". *Journal of Political Economy*, Vol 98, No 5, part 2.
- Sjoholm, Fredrick (1999), "Exports, Imports and Productivity: Results from Indonesia Establishment Data", *World Development*, 27 (4) pp. 705- 715.
- Tsionas, E. (2003), "Inflation and Productivity: Empirical Evidence from Europe", *Review of International Economics*, 11(1), pp 114-129.
- Tybout, James R. and M. Daniel Westbrook. (1995), "Trade Liberalization and the Dimensions of Efficiency Change in Mexican Manufacturing Industries", *Journal of International Economics*, 39:53-78.
- Xiang, Wu Yu and Zheng, Chang (2007), *China's Economic Growth And The Causal Relationship between Energy Consumption*, Sichuan University, in Chinese.