



## بررسی علیت غیر خطی میان تورم و نااطمینانی تورم در ایران

سمیه شکروی<sup>۱</sup> - سید منصور خلیلی عراقی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۱/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۴/۲/۸

### چکیده

هدف اصلی در مقاله حاضر بررسی رابطه بین تورم و نااطمینانی تورم طی دوره ۱۳۹۲-۱۳۳۸ در چارچوب مبانی نظری مربوطه است. بدین منظور، رابطه علیت میان تورم و نااطمینانی تورم با استفاده از روش غیرخطی الگوریتم GMDH، بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهند که یک علت غیر خطی یک طرفه از تورم به نااطمینانی تورم در ایران وجود دارد. به عبارت دیگر، تورم تأثیری معنی‌دار و قوی بر نااطمینانی تورم دارد.

طبقه بندی JEL: E52, E31, D24, C45

واژگان کلیدی: نااطمینانی تورم، تورم، علیت، الگوریتم GMDH

<sup>۱</sup> دکتری اقتصاد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران  
<sup>۲</sup> استاد، عضو هیئت علمی دانشکده اقتصاد، دانشگاه تهران، تهران، ایران (مسئول مکاتبات) *khalili@ut.ac.ir*

## ۱- مقدمه

هوش مصنوعی و شبکه‌های عصبی توانایی‌های زیادی در کشف روابط میان متغیرها و پردازش مجموعه‌های پیچیده دارند. اگر چه هنوز زمان زیادی از ایجاد روش‌های محاسباتی مبتنی بر شبکه‌های عصبی نمی‌گذرد، لیکن این شبکه‌ها به دلیل دارا بودن ویژگی‌هایی چون پردازش موازی، هوشمندی و انعطاف پذیری، جایگاه چشم‌گیری در حل مسائل پیچیده از قبیل شناخت الگو، مدل‌سازی، تخمین، پیش‌بینی و ... برای خود باز کرده است. مزیت مهم این مدل‌ها نسبت به سایر مدل‌ها عدم نیاز به اعمال فروض آماری خاص در مورد رفتار متغیرها مانند فروض مربوط به تابع توزیع احتمال و یا مانا بودن سریها می‌باشد. از آنجایی که اکثر سریهای زمانی حقیقی غیر خطی هستند، بنابراین به کارگیری شبکه‌های عصبی توانائی در الگوسازی و پیش‌بینی سریهای زمانی را افزایش می‌دهد. (ابریشمی و همکاران، ۱۳۸۹)

با توجه به ادبیات نظری قوی در خصوص رابطه بین دو متغیر کلیدی تورم و ناطمینانی تورم، پژوهش‌های تجربی گسترده‌ای درباره رابطه علی بین این دو متغیر در کشورهای مختلف صورت گرفته است که این پژوهش‌ها از روش‌های مختلف به منظور بررسی این رابطه استفاده نموده‌اند.

در این مقاله از روشی نو به منظور کشف روابط غیرخطی با استفاده از علیت GMDH که بسیار مناسب برای بررسی روابط علی (به مفهوم اقتصادسنجی) میان متغیرهاست و به مراتب از روش‌های مرسوم در اقتصادسنجی کارایی بیشتری دارد، به منظور بررسی رابطه علی میان تورم و ناطمینانی تورم در اقتصاد ایران استفاده شده است.

این مقاله در شش بخش تنظیم شده است. پس از مقدمه حاضر در بخش دوم و سوم به بررسی مبانی نظری تورم و ناطمینانی تورم و پیشینه تجربی آن‌ها پرداخته می‌شود. بخش چهارم مقاله به معرفی علیت GMDH اختصاص یافته و در بخش پنجم به یافته‌های تحقیق پرداخته خواهد شد. بخش پایانی نیز به نتیجه‌گیری و پیشنهادات اختصاص خواهد یافت.

## ۲- مبانی نظری رابطه تورم و ناطمینانی تورم

فریدمن (۱۹۷۷) اولین کسی بود که در سخنرانی نوبل خود اثر تورم بر متغیرهای حقیقی اقتصاد را از کانال ناطمینانی مطرح نمود و به شدت از تاثیر تورم بر ناطمینانی تورم حمایت کرد. او معتقد بود که اثرات واقعی

منفی تورم به طور اساسی از کانال ناطمینانی تورم ناشی می‌شود. ناطمینانی در مورد مسیر قیمت‌های آینده، حجم اطلاعات در مورد قیمت‌ها را کاهش می‌دهد. بنابراین تنظیم قراردادهای بلند مدت را مشکل می‌سازد و این میتواند باعث کاهش سرمایه‌گذاری در رشد بلند مدت شود. (مایلز و ویجبرگ، ۲۰۱۱)<sup>۱</sup>

فریدمن در این سخنرانی ادعا کرد که افزایش در تورم ممکن است پاسخ سیاستی نامنظمی را بوسیله سیاستگذاران پولی باعث شود و بنابراین منجر به افزایش ناطمینانی در مورد نرخ آتی تورم گردد. (بردین و فونتناس، ۲۰۰۶)

انفجار تورم فشار عظیمی را برای روبرویی با آن ایجاد می‌کند. سیاست از سویی به سوی دیگر حرکت می‌کند و تغییرات گسترده‌ای را در نرخ تورم پیش‌بینی شده و واقعی ایجاد می‌کند. همگان تشخیص می‌دهند که ناطمینانی بالایی در مورد تورم واقعی در هر گونه فاصله زمانی آینده خواهد بود. (فریدمن، ۱۹۷۷، ص ۴۶۶)

به بیان دیگر فریدمن ادعا می‌کند که افزایش تورم، ناطمینانی تورم را افزایش می‌دهد. چرا که فعالیت سیاستگذارانی که از ابزارهای سیاست پولی صلاحیدی<sup>۲</sup> استفاده می‌کنند، باعث گسترش وقفه بین تورم پیش‌بینی شده و تورم واقعی و در نتیجه افزایش ناطمینانی تورم در آینده می‌شود.

از سوی دیگر بال (۱۹۹۲)<sup>۳</sup> بحث فریدمن در مورد رابطه بین تورم و ناطمینانی آن را در قالب یک بازی اطلاعاتی نامتقارن بین مردم و سیاستگذاران مطرح کرد که بعدها در ادبیات نظری تحت عنوان فرضیه فریدمن- بال یا پارادایم فریدمن- بال مطرح شد.

در پارادایم فریدمن- بال فرض می‌شود که دو نوع سیاست‌گذار وجود دارد. گروه اول سیاست‌گذارانی هستند که نسبت به تورم حساس هستند و گروه دوم حساسیت کمتری نسبت به تورم داشته و در مقابل نسبت به بیکاری حساسیت بیشتری از خود نشان می‌دهند. فرض بر این است که این دو گروه با یک روند تصادفی جانشین قدرت می‌شوند. این دو نوع سیاست‌گذار در تعهدات خود برای کاهش هزینه‌های اقتصادی تورم زدایی متفاوتند. در شرایطی که نرخ تورم جاری پایین است، هر دو سیاستگذار تمایل به نگه داشتن تورم در سطح پایین هستند. درحالیکه وقتی نرخ تورم جاری بالا می‌رود، پاسخ این دو گروه سیاستگذار متفاوت است.

سیاست‌گذاران گروه اول در مبارزه با تورم مصمم هستند حتی اگر این اقدام یک رکود پر هزینه را در اقتصاد ایجاد کند. در حالیکه گروه دوم مستعد نقض تعهداتشان در

هلند (۱۹۹۵) بر خلاف کوکرم - ملترز معتقد است که افزایش نااطمینانی تورم منجر به کاهش تورم می‌شود. او رابطه منفی بین نااطمینانی تورم و تورم را از منظر هزینه اجتماعی بیان می‌کند. از نظر هلند، سیاست گذاران پولی، انگیزه ای برای تحریک اقتصاد از طریق رشد ناگهانی پول ندارند، بلکه انگیزه اصلی آنها ایجاد ثبات اقتصادی است که به فرضیه پایا سازی بانک مرکزی یا بانک مرکزی تثبیت کننده<sup>۷</sup> معروف است. هلند ادعا می‌کند که یک افزایش در نااطمینانی تورم سیاست گذاران را تشویق میکند تا از سیاست پولی انقباضی به منظور تورم زدایی و کاهش نااطمینانی تورم و اثرات منفی آن بر رفاه اجتماعی استفاده نمایند. بنابراین نااطمینانی تورم بر خلاف پیش بینی پارادایم کوکرم - ملترز باعث کاهش تورم آینده می‌شود.

### ۳- پیشینه تجربی رابطه تورم و نااطمینانی

پژوهش‌های تجربی گسترده ای در ارتباط با بررسی رابطه بین دو متغیر تورم و نااطمینانی تورم توسط پژوهشگران مختلف با استفاده از روشهای گوناگون و برای کشورهای متفاوت صورت گرفته است.

برخی از پژوهش‌ها رابطه یک طرفه از تورم به نااطمینانی و برخی ارتباط معکوس را مورد بررسی قرار دادند. پژوهش‌هایی دیگر این ارتباط را به شکل دو طرفه مورد بررسی و ارزیابی قرار داده اند. در این پژوهش‌ها، نتایج متفاوت و گاهی متناقض دیده میشود. به نظر می‌رسد که نتایج این مطالعات نسبت به مکان یا کشور مورد مطالعه، بازه زمانی یا دوره نمونه و روش یا مدل انتخابی برای محاسبه نااطمینانی تورم حساس است.

در بررسی تجربی رابطه تورم و نااطمینانی تورم، مهمترین چالش چگونگی محاسبه نااطمینانی تورم است. چرا که نااطمینانی برخلاف بسیاری از متغیرهای اقتصاد، یک متغیر قابل مشاهده نیست. بلکه یک مفهوم ذهنی است که برای محاسبه آن می‌توان از روشها و شاخص‌های مختلفی استفاده نمود. مشکل دوم این است که چگونه ارتباط متقابل تورم و نااطمینانی مدل سازی شود. در مورد محاسبه نااطمینانی تورم سه روش عمده در مطالعات تجربی ملاحظه می‌شود. روش اول استفاده از تغییرات آماری در میانگین تورم است که در پژوهشهای اولیه به عنوان جانشینی برای نااطمینانی تورم در نظر گرفته شده است. برای مثال اوکان<sup>۸</sup> (۱۹۷۱)، گوردن<sup>۹</sup> (۱۹۷۱)، لوگو و ویلت<sup>۱۰</sup> (۱۹۷۶)، و فیشر<sup>۱۱</sup> (۱۹۷۸) که واریانس تورم را به عنوان جانشین نااطمینانی تورم در نظر گرفتند، همبستگی مثبت بین نرخ‌های تورم و واریانس تورم را نتیجه گرفتند.

پایین نگه داشتن تورم به منظور دستیابی به افزایش موقتی در اشتغال برای دستاورد سیاسی کوتاه مدت خود می‌باشند. هزینه تورم برای سیاست گذار گروه دوم ملایم است. در حالیکه برای سیاست گذار گروه اول بسیار بالاست. در نتیجه گروه اول سیاست پولی انقباضی را طی دوره‌های با تورم بالا اتخاذ می‌کنند. در حالیکه سیاست گروه دوم تمایل به استفاده از سیاست پولی انبساطی دارند. بنابراین وقتی نرخ تورم پایین است، مردم نسبت به انتخاب سیاست پولی توسط مقامات پولی مطمئن هستند، در حالیکه در زمان تورم بالا، نامطمئن می‌باشند. از آنجا که هر دو دسته سیاست گذار به طور تصادفی به قدرت می‌رسند پارادایم فریدمن - بال ادعا می‌کند که یک نرخ تورم جاری بالاتر، نااطمینانی را در مورد سطح تورم آینده افزایش می‌دهد. بنابراین علیت از افزایش تورم جاری به افزایش در نااطمینانی تورم آینده می‌باشد. این بحث بال، بعدها در ادبیات تئوریک تحت فرضیه فریدمن - بال یا پارادایم فریدمن - بال مطرح شد.

در مقابل این نظریه، اقتصاد دانان دیگر نظریات دیگری را مطرح نمودند که با تحلیل فریدمن - بال متفاوت بود و به آنها پارادایم‌های رقیب گفته می‌شود. (کارانارائنه و بیهار ۲۰۱۱) این پارادایم‌ها برخلاف نظر فریدمن علیت معکوس از نااطمینانی تورم به تورم را مطرح کردند.

از پارادایم‌های رقیب می‌توان به پارادایم کوکرم و ملترز (۱۹۸۹) اشاره کرد. آنها بر خلاف پیش بینی‌های پارادایم فریدمن - بال، ادعا کردند که این افزایش در نااطمینانی تورم است که تورم متوسط را افزایش می‌دهد. آنها از چارچوب مدل برو- گوردن<sup>۴</sup> (۱۹۸۳) برای توضیح نظریه خود استفاده می‌کنند، به این معنا که کارگزاران اقتصادی با نااطمینانی نرخ رشد پول و در نتیجه نااطمینانی تورم مواجه اند. در صورت وجود این نااطمینانی، سیاستگذاران فرصت طلب ممکن است از سیاست پولی انبساطی به منظور غافلگیر کردن کارگزاران اقتصادی استفاده کنند. در واقع آنها ممکن است، کاهش در بیکاری را به هزینه افزایش بلندمدت در نرخ متوسط تورم مبادله کنند. بنابراین از نظر آنها استفاده از سیاست‌های صلاح‌دیدی<sup>۵</sup> در چارچوب رفتار ناسازگاری زمانی<sup>۶</sup> نااطمینانی تورم را افزایش می‌دهد که این منجر به افزایش در نرخ تورم هم در بلندمدت و هم در کوتاه مدت می‌شود. در ادبیات نظری این رفتار سیاست گذاران فرصت طلب که باعث افزایش نااطمینانی تورم می‌شود، به کمبود مکانیسم‌های تعهدی شامل نهادهای استقلال بانک مرکزی و هدف‌گذاری تورم نسبت داده می‌شود. (کارانارائنه و بیهار، ۲۰۱۱)

را نتیجه گرفتند که تاییدی برای فرضیه فریدمن-بال است . برای مثال ایوانز<sup>۱۹</sup> (۱۹۹۱) با استفاده از مدل ARCH برای ایالات متحده آمریکا، گریر و پری<sup>۲۰</sup> (۱۹۹۸) با استفاده از مدل GARCH برای کشورهای گروه ۷، فونتاس<sup>۲۱</sup> (۲۰۰۱) با استفاده از همین مدل برای بریتانیا، تورنتون<sup>۲۲</sup> (۲۰۰۶) با استفاده از مدل GARCH برای کشور هند و در مطالعه بعدی خود در سال (۲۰۰۷) برای ۱۲ کشور نوظهور، ملاد نویس<sup>۲۳</sup> (۲۰۰۹) برای کشور صربستان با استفاده از روش GARCH، آپرجیس<sup>۲۴</sup> (۲۰۰۴) برای کشورهای گروه ۷، فونتاس و کاراناسوس<sup>۲۵</sup> (۲۰۰۷) برای کشورهای گروه ۷ برای دوره زمانی دیگر، ناس و پری<sup>۲۶</sup> (۲۰۰۰) برای کشور ترکیه، همگی با استفاده از GARCH اثر مثبت تورم بر نااطمینانی تورم (پارادایم فریدمن-بال) را نتیجه گرفتند. در مقابل وانگ<sup>۲۷</sup> (۲۰۰۱) در مطالعه خود برای ایالات متحده آمریکا به این نتیجه می‌رسد که در دوره مورد بررسی این مطالعه تورم اثر منفی بر نااطمینانی تورم دارد.

برخی دیگر از پژوهش‌ها با استفاده از مدل‌های GARCH اثر مثبت نااطمینانی تورم بر تورم را نشان نتیجه گرفتند که تائیدی بر پارادایم کوکرم-ملترزاست. برای مثال ویلسون<sup>۲۸</sup> (۲۰۰۶) برای کشور ژاپن، موگال و همکاران<sup>۲۹</sup> (۲۰۱۲) برای چهار کشور جنوب شرقی آسیا شامل اندونزی، مالزی، فیلیپین، و تایلند وبرومت و همکاران<sup>۳۰</sup> (۲۰۰۹) برای ایالات متحده، بیهار و مالیک<sup>۳۱</sup> (۲۰۱۰) برای ایالات متحده به این نتیجه رسیدند که نااطمینانی تورم، تورم را افزایش می‌دهد. پژوهش‌هایی چون مطالعه تورنتون (۲۰۰۷) برای ۱۲ کشور نوظهور با استفاده از مدل GARCH و مطالعه بردین و فونتاس<sup>۳۲</sup> (۲۰۰۵) با استفاده از مدل GARCH-M برای کشورهای گروه ۷ برای برخی کشورهای مورد مطالعه اثر منفی نااطمینانی تورم را بر تورم (تایید پارادایم هلند) و برای برخی از کشورها اثر مثبت نااطمینانی تورم بر تورم (تائید پارادایم کوکرم-ملترز) را دریافتند.

همچنین مطالعه گریر و پری (۲۰۰۰) با استفاده از مدل GARCH برای ایالات متحده و کنتیناکاس<sup>۳۳</sup> (۲۰۰۴) با همین مدل برای اقتصاد انگلستان به این نتیجه می‌رسند که نااطمینانی تورم بر تورم اثری ندارد. (رد فرضیه کوکرم-ملترز و فرضیه هلند)

باید توجه داشت که در مطالعاتی که از روش‌های GARCH استفاده می‌شود، به منظور بررسی رابطه تورم و نااطمینانی تورم از عموماً از یک رویکرد دو مرحله ای استفاده کردند. به این معنی که ابتدا واریانس شرطی به عنوان جانشین نااطمینانی تورم از مدل‌های GARCH

روش دوم استفاده از شاخص‌هایی است که از پژوهش‌های میدانی به دست می‌آید. به طوریکه پراکندگی یا واریانس پیش بینی افراد از تورم به عنوان متغیر نااطمینانی تورم در نظر گرفته می‌شود. برای مثال شاخص به دست آمده از مطالعه میدانی لیونگستون<sup>۱۲</sup> و همچنین تحقیق مرکز تحقیقات میدانی<sup>۱۳</sup> از این دسته می‌باشد.

روش سوم استفاده از مدل‌های اقتصادسنجی برای محاسبه نااطمینانی تورم است. این روش به دلیل انتقاداتی که بر دو روش قبل وارد بود، در محاسبه نااطمینانی به طور گسترده‌ای مورد استقبال پژوهشگران بسیاری قرار گرفت. برای مثال طبق نظر کوکرم و ملترز و دوراکس<sup>۱۴</sup>، نااطمینانی تورم در واقع تغییرات غیر قابل پیش بینی تورم است و نوسانات قابل پیش بینی هیچ گونه نااطمینانی اقتصادی را ایجاد نمی‌کند. در حالیکه در دو روش اول واریانس نرخ تورم مشاهده شده به عنوان جانشین نااطمینانی در نظر گرفته می‌شود که این واریانس نرخ تورم مشاهده شده، هم شامل تغییرات پیش بینی شده و هم تغییرات غیر قابل پیش بینی تورم است. بنابراین جانشین مناسبی برای نااطمینانی تورم نیست.

در چارچوب روش سوم، انگل<sup>۱۵</sup> (۱۹۸۳) در معرفی مدل مناسب برای محاسبه نااطمینانی تورم پیشنهاد کرد. او با معرفی مدل اتورگرسیو واریانس ناهمسانی شرطی<sup>۱۶</sup> (ARCH) درجه جدیدی را برای پژوهشگران در زمینه نااطمینانی باز نمود. در این مدل از واریانس شرطی خطای پیش بینی معادله تورم برای محاسبه نااطمینانی تورمی استفاده می‌شود که در آن واریانس شرطی خطای پیش بینی در طول زمان تغییر می‌کند. این مدل برخلاف روشهای قبلی، تغییرات غیر قابل پیش بینی را در نظر می‌گیرد و از واریانس شرطی شوکهای پیش بینی نشده تورم به عنوان جانشینی برای نااطمینانی تورم استفاده می‌کند. به دنبال انگل مدل<sup>۱۷</sup> GARCH توسط بولرسلو<sup>۱۸</sup> (۱۹۸۶) مطرح شد که تعمیمی برای مدل ARCH بود. در این مدل واریانس شرطی تابعی از مقادیر با وقفه هر دو واریانس شرطی و خطای پیش بینی معرفی شد و به این دلیل نااطمینانی با استفاده از این مدل در طول زمان بهتر توضیح داده می‌شد.

به دنبال معرفی مدل‌های ARCH و GARCH پژوهش‌های زیادی از این مدل‌ها برای محاسبه نااطمینانی تورم و بررسی ارتباط آن با تورم استفاده نمودند.

به دنبال معرفی مدل‌های ARCH و GARCH توسط انگل و بولرسلو، مطالعات تجربی زیادی از این مدل‌ها استفاده نمودند. برخی از این پژوهش‌ها اثر مثبت تورم بر نااطمینانی

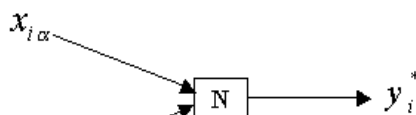
بیان می‌کند که این آزمون زمانی معتبر است که متغیرها هم انباشته باشند. پس در ابتدا، باید مانایی و نامانایی متغیرها و سپس، رابطه هم انباشتگی بین آنها را بررسی کنیم. اگر متغیرها مانا از درجه یک بوده، ولی هم انباشته نباشند، می‌توان یک مدل خود توضیح‌برداری روی تفاضل اول متغیرها تشکیل داد و سپس آزمون را انجام 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<sup>۳۸</sup> خواهد کرد و اگر طول وقفه انتخابی بیشتر از طول وقفه واقعی باشد، وقفه‌های اضافی در مدل خود توضیح‌برداری باعث می‌شوند که تخمین‌ها ناکارآمد باشند (چنگ و لای<sup>۳۹</sup>، ۱۹۹۷).

#### ۴-۲- مدل سازی با شبکه عصبی GMDH

شبکه‌های عصبی بر پایه یک مفهوم کلی از شناخت الگو و تصفیه کننده متدهای سنتی تکنیکی هستند. شبکه‌های عصبی که انعطاف پذیری بالایی دارند، به صورت مدل‌های نیمه پارامتری در بسیاری از رشته‌های عملی، به ویژه علوم رفتاری و اقتصاد به کار برده شده اند.<sup>۴۰</sup>

روش دسته‌بندی گروهی داده‌های عددی یک فن‌آوری آموزش آماری جهت غلبه بر ضعف‌های آماری و شبکه‌های عصبی است. آنچه الگوریتم GMDH را به عنوان یک روش هیورستیک<sup>۴۱</sup> 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 /یوخنکو<sup>۴۲</sup> (۱۹۶۸، ۱۹۹۵) معرفی گردید. شبکه GMDH،<sup>۴۳</sup> شبکه‌ای خود سازمان ده و یک سوپه می‌باشد که از چندین لایه و هر لایه نیز از چندین نرون تشکیل یافته است. تمامی نرونها از ساختار مشابهی برخوردار می‌باشند به طوری که دارای دو ورودی و یک خروجی هستند و هر نرون با ۵ وزن و یک بایاس عمل پردازش را میان داده‌های ورودی و خروجی بر اساس رابطه (۲) برقرار می‌کند:



(۲)

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

محاسبه می‌شود و سپس با استفاده از آزمون علیت گرنجر رابطه علی تورم و نااطمینانی مورد بررسی قرار می‌گیرد. دسته محدودی از مطالعات از مدل GARCH-in-Mean یا GARCH-M استفاده کرده اند که در آن امکان وابسته بودن معادله میانگین تورم به واریانس شرطی فراهم می‌شود و از این طریق به طور همزمان در این مدل میتوان رابطه تورم و نااطمینانی تورم را برآورد نمود.

در ایران نیز مطالعات متعددی در زمینه رابطه تورم و نااطمینانی تورم انجام شده است که به طور عمده مشابه هم بوده اند از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به فرزین وش و عباسی (۱۳۸۵)، ابراهیمی و سوری (۱۳۸۵)، تشکینی (۱۳۸۵)، محمدی و طالبلو (۱۳۸۷) و مهر آرا و مجاب (۱۳۸۸) اشاره نمود.

تمامی این پژوهش‌ها از روش‌های ARCH و GARCH برای محاسبه نااطمینانی تورم و آزمون علیت گرنجر به منظور بررسی رابطه علی بین تورم و نااطمینانی بهره برده‌اند. تمامی این پژوهش‌ها اثر مثبت و معنادار تورم بر نااطمینانی تورم را استخراج کرده اند. که این به معنای تایید پارادایم فریدمن - بال در اقتصاد ایران است.

#### ۴- علیت GMDH

پیش از معرفی این روش ابتدا به معرفی کوتاهی از علیت گرنجر<sup>۴۴</sup> می‌پردازیم و سپس بعد از بیان الگوی شبکه عصبی GMDH،<sup>۴۵</sup> علیت GMDH را مطرح می‌کنیم.

##### ۴-۱- 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 گرنجری  $Y_t$  می‌گویند. در آزمون علیت گرنجری برای اینکه فرضیه<sup>۴۶</sup>  $X_t$  علت گرنجری  $Y_t$  نیست<sup>۴۷</sup> آزموده شود، یک مدل خود توضیح‌برداری ((VAR<sup>۴۸</sup> به شکل زیر تشکیل داده می‌شود:

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

اگر  $\beta_i = 0$  ( $i = 1, 2, \dots, k$ ) در آن صورت  $X_t$  علت گرنجری  $Y_t$  نیست. البته در این آزمون طول وقفه  $k$  تا حدودی انتخابی است. جیوئیک<sup>۴۷</sup> (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)

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

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

وزنها بر اساس روشهای کمترین مربعات خطا محاسبه شده و سپس بعنوان مقادیر مشخص و ثابت در داخل هر نرون جایگذاری می شود. ویژگی بارز این نوع شبکه آن است که نرونهای مرحله قبلی و یا لایه قبلی، عامل و مولد تولید نرون های جدید به تعداد  $C_m^2 = \frac{m(m-1)}{2}$  می باشند و از میان نرونهای تولید شده، لزوماً تعدادی از آنها حذف گشته تا بدین وسیله از واگرایی شبکه جلوگیری به عمل می آید.

نرون هایی که برای ادامه و گسترش شبکه باقی می مانند، امکان دارد برای ایجاد فرم همگرایی شبکه و عدم ارتباط آنها با نرون لایه آخر حذف گردند که اصطلاحاً به آنها نرون غیر فعال می گویند. معیار گزینش و حذف مجموعه ای از نرون ها در یک لایه، درصد مجموع مربعات خطا  $(r_j^2)$  میان مقادیر خروجی واقعی  $(y_i)$  و خروجی نرون زام  $(y_{ij}^*)$  می باشد.

نرون هایی که برای ادامه و گسترش شبکه باقی می مانند، امکان دارد برای ایجاد فرم همگرایی شبکه و عدم ارتباط آنها با نرون لایه آخر حذف گردند که اصطلاحاً به آنها نرون غیر فعال می گویند. معیار گزینش و حذف مجموعه ای از نرون ها در یک لایه، درصد مجموع مربعات خطا  $(r_j^2)$  میان مقادیر خروجی واقعی  $(y_i)$  و خروجی نرون زام  $(y_{ij}^*)$  می باشد.

در رابطه بالا  $j \in \{1, 2, 3, \dots, C_m^2\}$  می باشد که در آن  $m$  تعداد نرونهای گزینش شده در لایه قبلی است. نگاهی که بین متغیرهای ورودی و خروجی توسط این نوع از شبکه های عصبی برقرار می شود به صورت تابع غیر خطی و لتراً<sup>۴۴</sup> به صورت رابطه زیر است:

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

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

نگاشتی که بین متغیرهای ورودی و خروجی توسط این نوع از شبکه های عصبی برقرار می شود به صورت تابع غیر خطی و لتراً<sup>۴۴</sup> به صورت رابطه زیر است:

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

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

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

تابع  $f$  دارای شش ضریب مجهول است که به ازای تمام نمونه های دو متغیر وابسته به سیستم  $\{(x_{ip}, x_{iq}), i = 1, 2, \dots, N\}$  خروجی مطلوب

براین اساس دستگاه معادله ای را که دارای شش مجهول و  $N$  معادله می باشد را حل می کنیم.

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

دستگاه معادله فوق را می توان به فرم ماتریسی زیر نمایش داد:

$$\mathbf{Aa} = \mathbf{Y}$$

که در آن

$$\mathbf{a} = \{a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5\}^T \quad (9)$$

$$\mathbf{Y} = \{y_1, y_2, y_3, \dots, y_N\} \quad (10)$$

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

برای حل معادله لازم است که شبه معکوس ماتریس غیر مربعی A محاسبه گردد.

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 می باشد، بگونه ای که با تغییر این پارامترها، ساختار شبکه نیز تغییر کند (سلیمانی- کیا، ۱۳۸۶).

کارهای متعددی در حوزه اقتصادی با استفاده از الگوریتم GMDH در ایران صورت گرفته که بخشی از آنها به شرح جدول (۱) می باشد.

جدول ۱: بخشی از مطالعات صورت گرفته در حوزه اقتصاد با استفاده از الگوریتم **GMDH** در ایران

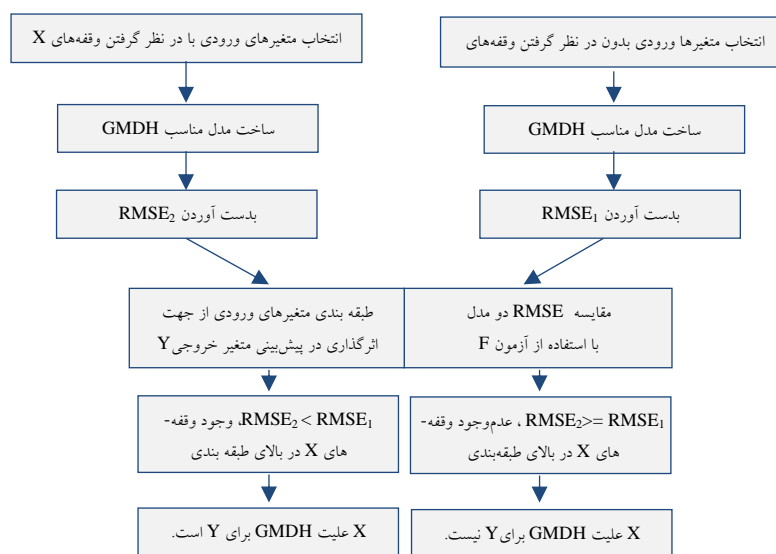
ردیف	عنوان	نویسندگان
۱	الگوسازی و پیش بینی رشد اقتصادی در ایران	ابریشمی و همکاران (۱۳۸۸)
۲	الگو سازی و پیش بینی اثرات جهانی شدن بر صادرات غیر نفتی ایران	ابریشمی و همکاران (۱۳۸۸)
۳	الگو سازی و پیش بینی شاخص قیمت و بازده نقدی بورس اوراق بهادار تهران	مهرآرا و همکاران (۱۳۸۸)
۴	الگو سازی و پیش بینی تورم در ایران	مهرآرا و همکاران (۱۳۸۸)
۵	اثرات گوناگون جهانی شدن اقتصاد بر روی تقاضای کل نیروی کار و همچنین تقاضای نیروی کار ماهر و غیر ماهر در ایران	ابریشمی و همکاران (۱۳۸۸)
۶	رابطه علی میان تورم و رشد بهره‌وری در اقتصاد ایران مبتنی بر علیت غیرخطی <b>GMDH</b>	ابریشمی و همکاران (۱۳۸۹)
۷	پیش بینی رشد جمعیت ایران با توجه به مولفه‌های اقتصادی-اجتماعی و مبتنی بر رویکرد میان رشته ای	محمودی و همکاران (۱۳۹۱)
۸	تأثیر بیمه زندگی بر تولید ملی مبتنی بر رویکرد توسعه انسانی	کارذگر و احارری (۱۳۹۳)

بینی متغیر خروجی طبقه‌بندی نماید، همچنین با بدست آوردن  $RMSE$  دو مدل و مقایسه آنها<sup>۴۵</sup> توسط آزمون  $F$ ، 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 این شود که بر دقت پیش‌بینی متغیرخروجی ( $Y$ ) 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. (ابریشمی و همکاران، ۱۳۸۹)

#### ۴-۳- علیت غیر خطی **GMDH**

در آزمون‌های علیت رایج در اقتصادسنجی که به طور فراوان مورد استفاده قرار می‌گیرد به دنبال این مسئله می‌باشیم 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. بعد از پیش‌بینی متغیر خروجی توسط شبکه عصبی، این امکان برای محقق فراهم می‌آید که متغیرهای ورودی را براساس تاثیر آنها در پیش-

شکل ۱: مراحل آزمون علیت **GMDH**



منبع: ابریشمی و همکاران (۱۳۸۹)

**۵- برآورد مدل تحقیق**

می‌نمائیم. در مرحله اول، علیت غیر خطی GMDH از تورم به نااطمینانی تورم را برآورد و تحلیل می‌کنیم که نتایج حاصله در جدول (۳) آورده شده است.

جدول ۳: نتایج حاصل از علیت غیر خطی GMDH از نااطمینانی تورم به تورم

فرآیند	RMSE
الگو با وقفه‌های متغیر تورم	۷/۵۶
الگو با وقفه‌های متغیر تورم و نااطمینانی تورم	۹/۶۵

ماخذ: یافته‌های تحقیق

همان‌طور که مشاهده می‌شود، بر اساس معیارهای خطا، با وارد کردن وقفه‌های نااطمینانی تورم (اثرات گارچ) به مدل، عملکرد پیش‌بینی بهبود نیافته که ناشی از تأثیر منفی نااطمینانی بر تورم می‌باشد. مقدار عددی آماره آزمون مربوط به نسبت RMSE در الگوهای بدست آمده برابر  $F=1.28$  است که کوچک‌تر از مقدار بحرانی جدول  $F_{0.05}(120,120) = 1.35$  می‌باشد. لذا تفاوت معنی‌داری بین این دو الگو وجود نداشته و این بدان معنی است که علیت غیر خطی از نااطمینانی تورم (X) به تورم (Y) وجود ندارد. به عبارت دیگر، می‌توان گفت که نااطمینانی تورم علت تورم در ایران نمی‌باشد. در مرحله دوم، علیت غیر خطی از نااطمینانی تورم به تورم مورد بررسی قرار می‌گیرد که نتایج حاصل از آن در جدول (۴) آورده شده است.

جدول ۴: نتایج حاصل از علیت غیر خطی GMDH از تورم به نااطمینانی تورم

فرآیند	RMSE
الگو با وقفه‌های متغیر نااطمینانی تورم	۳۲/۵۵
الگو با وقفه‌های متغیر تورم و نااطمینانی تورم	۷/۸۵

ماخذ: یافته‌های تحقیق

مطابق نتایج جدول (۴) و بر اساس معیارهای خطا، مدل با ورود متغیر تورم، برتر از مدل بدون تورم عمل نموده است. مقدار عددی آماره آزمون مربوط به نسبت RMSE در الگوهای بدست آمده برابر  $۴/۱۵$  است که در مقایسه با مقدار بحرانی جدول بزرگتر می‌باشد. لذا تفاوت معنی‌داری بین این دو الگو وجود داشته و این بدان معنی است که رابطه علیت غیر خطی از تورم به نااطمینانی تورم وجود دارد. به عبارت دیگر می‌توان گفت که تورم علت نااطمینانی تورم در ایران می‌باشد.

در این بخش، ابتدا نااطمینانی تورم را با استفاده از الگوی اتورگرسیو واریانس ناهمسانی شرطی (GARCH(۱و۱) برآورد کرده و سپس با استفاده از روش علیت غیر خطی GMDH، به مطالعه و بررسی رابطه علی میان تورم و نااطمینانی تورم در ایران می‌پردازیم. داده‌های مربوط به تورم با استفاده از سری زمانی ماهانه شاخص قیمت مصرف‌کننده CPI طی دوره ۱۳۹۲-۱۳۳۸ ارایه شده توسط بانک جهانی محاسبه شده است.

**۵-۱- برآورد نااطمینانی تورم با استفاده از مدل GARCH**

بسیاری از سری‌های زمانی اقتصادی فاقد میانگین ثابتی می‌باشند. این سری‌ها در یک دوره نوسانات اندکی دارند و در دوره بعد با افزایش نوسانات همراه هستند. به منظور تحلیل چنین سری‌های زمانی، از الگوهای اتورگرسیو ناهمسانی واریانس شرطی (ARCH) استفاده می‌شود. این الگو برای اولین بار در سال ۱۹۸۲ توسط انگل<sup>۴۶</sup> مطرح گردید. بر اساس این الگو، واریانس شرطی، میانگین وزنی مربع خطاهای پیش‌بینی گذشته می‌باشد.

الگوی GARCH(۱و۱) در بسیاری از مطالعات حوزه بی‌ثباتی به عنوانی الگویی کارآمد استفاده شده است. در این پژوهش نیز از این الگو جهت پیش‌بینی بی‌ثباتی سری زمانی تورم استفاده می‌گردد. مدلسازی الگوی اقتصادسنجی پیش‌بینی بی‌ثباتی با استفاده از نرم افزار Eviwes 6 انجام یافته است. در جدول (۲) آماره آزمون وجود اثرات ARCH<sup>۴۷</sup> بدون لحاظ وقفه ارائه شده است. مشاهده می‌شود، مجموع ضرایب مربوط به معادله بی‌ثباتی (ضرایب ARCH و GARCH) از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با یک ندارند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت اثر شوک‌های وارد شده در تورم کاملاً ماندگار است. لازم به ذکر است این نتایج با فرض نرمال بودن توزیع جمله اخلاص بدست آمده‌اند.

جدول ۲: نتایج الگوی GARCH(۱و۱) برای پیش

بینی بی‌ثباتی سری زمانی تورم

ARCH-LM test	۱۲.۹۹۶
C	۱.۲۹۸
ARCH parameter	۰.۰۱۶۸
GARCH parameter	-۰.۰۹۹۸

ماخذ: یافته‌های تحقیق

**۵-۲- برآورد علیت GMDH**

در این بخش با استفاده از روش GMDH، علیت غیرخطی میان دو متغیر تورم و نااطمینانی تورم را بررسی



ابریشمی، حمید، مهرآرا، محسن، احراری، مهدی و نوری، مهدی (۱۳۸۹). "بررسی علیت غیرخطی GMDH میان تورم و رشد بهره‌وری در ایران"، مجله اقتصاد دانشکده علوم اقتصادی و سیاسی دانشگاه شهید بهشتی، شماره ۲، تابستان ۱۳۸۹.

تشکینی، احمد (۱۳۸۵)، "آیا نااطمینانی تورمی با سطح تورم تغییر می‌کند؟"، مجله تحقیقات اقتصادی، شماره ۷۳، ص ۱۹۳-۲۱۰.

سلیمانی کیا، فاطمه (۱۳۸۶)، "مدل سازی و پیش بینی قیمت بنزین با استفاده از شبکه عصبی GMDH"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده اقتصاد دانشگاه تهران.

فرزین‌وش، اسدالله، عباسی، موسی (۱۳۸۴)، "بررسی ارتباط بین تورم و نااطمینانی تورمی در ایران با استفاده از مدل‌های GARCH و حالت \_ فضا، مجله تحقیقات اقتصادی، شماره ۷۴.

کاردرگر، ابراهیم، احراری، مهدی (۱۳۹۳). "تأثیر بیمه زندگی بر تولید ملی مبتنی بر رویکرد توسعه انسانی"، فصلنامه پژوهشنامه بیمه، سال ۲۹، شماره ۲، شماره مسلسل ۱۱۴، تابستان ۱۳۹۳، صص ۱۳۷-۱۶۲.

مهرآرا، محسن، معینی، علی، احراری، مهدی، هامونی، امیر (۱۳۸۸). "الگوسازی و پیش‌بینی شاخص بورس اوراق بهادار تهران و متغیرهای مؤثر بر آن"، پژوهش و سیاست‌های اقتصادی، ۵۱، صص ۳۱-۵۲.

مهرآرا، محسن و رامین مجاب (۱۳۸۸)، "ارتباط میان تورم، نااطمینانی تورم، تولید و نااطمینانی تولید در اقتصاد ایران"، فصلنامه پول و اقتصاد. شماره ۲، زمستان ۱۳۸۸.

مهرآرا، محسن، معینی، علی و احراری، مهدی (۱۳۸۹). "الگوسازی و پیش‌بینی تورم در ایران با استفاده از شبکه عصبی GMDH". پیک نور علوم انسانی، ۴، صص ۲۵۰-۲۶۳. محمدی، تیمور و رضا طالبلو (۱۳۸۹)، "پویایی‌های تورم و رابطه تورم و عدم اطمینان اسمی با استفاده از الگوی ARFIMA-GARCH"، پژوهشنامه اقتصادی، سال دهم، شماره اول، صص ۱۳۷-۱۷۰.

Apergis, N. (2004). Inflation, output growth, volatility and causality: evidence from panel data and the G7 countries. *Economics Letters*, 83 (2), 185-191

Ball, L. (1992). Why does high inflation raise inflation uncertainty?. *Journal of Monetary Economics*, 29 (3), 371-388.

Berument, H., Yalcin, Y., & Yildirim, J. (2009). The effect of inflation uncertainty on

بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که یک علت غیر خطی یک طرفه از تورم به نااطمینانی تورم در ایران وجود دارد. به عبارت دیگر، تورم تأثیر به مراتب قوی تری بر نااطمینانی تورم دارد و در نتیجه علت غیر خطی تورم بر نااطمینانی تورم به طور معنی‌داری قوی تر از حالت عکس آن می‌باشد.

## ۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این پژوهش ضمن مروری بر ادبیات نظری و تجربی تورم و نااطمینانی تورم، علیت غیر خطی بین تورم و نااطمینانی تورم در اقتصاد ایران، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. بر این اساس از روش شبکه عصبی GMDH استفاده گردید.

نتایج نشان می‌دهد که علت غیر خطی یک طرفه از تورم به نااطمینانی تورم وجود دارد که این امر، تأثیر قوی و پایدار تورم بر نااطمینانی تورم (نسبت به حالت عکس آن) را در قالب روابط علی تأیید می‌نماید. بنابراین بر اساس یافته‌های این پژوهش، رابطه تورم و نااطمینانی تورم در اقتصاد ایران از پارادایم فریدمن - بال تبعیت می‌کند.

با توجه به نتایج علیت GMDH در این پژوهش، پیشنهاد می‌شود که محققان در استفاده از روش‌های مرسوم علیت (مبتنی بر روابط خطی)، علیت‌های غیرخطی پنهان را نیز مورد توجه قرار دهند.

## منابع

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

ابراهیمی، محسن و علی سوری (۱۳۸۵)، "رابطه بین تورم و نااطمینانی تورم در ایران"، مجله دانش و توسعه، شماره ۱۸، صص ۱۱۱-۱۲۶.

ابریشمی، حمید، گرجی، ابراهیم، احراری، مهدی، نجفیان، فرزانه (۱۳۸۸). "اثرات جهانی شدن بر صادرات غیر نفتی ایران". پژوهشنامه بازرگانی، ۵۱، صص ۱-۲۴.

ابریشمی، حمید، معینی، علی، مهرآرا، محسن، احراری، مهدی، میرقاسمی، سوده (۱۳۸۸). "الگوسازی و پیش‌بینی رشد اقتصادی در ایران". تحقیقات اقتصادی، ۸۸، صص ۱-۲۴.

ابریشمی، حمید، مهدوی، ابوالقاسم، احراری، مهدی، صابری، بیتا (۱۳۸۹). "اثرات جهانی شدن بر اشتغال و تقاضای نیروی کار ماهر و غیر ماهر ایران". پژوهشنامه بازرگانی، ۵۸، صص ۱۰۷-۱۴۲.

- Grier, K. B., & Perry, M. J. (2000). The effects of real and nominal uncertainty on inflation and output growth: some GARCH-M evidence. *Journal of Applied Econometrics*, 15 (1), 45-58.
- Holland, A. S. (1995). Inflation and uncertainty: tests for temporal ordering. *Journal of Money, Credit and Banking*, 27 (3), 827-837.
- Ivakhnenko A.G, Ivakhnenko G. A. (1995). "The Review of Problems Solvable by GMDH Algorithm" *Pattern Recognition and Image Analysis*, 5 (4), 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.
36. Karunaratne, N. D., & Bhar, R. (2011). Regime-shifts and post-float inflation dynamics of Australia. *Economic Modelling*, 28 (4), 1941-1949
- Kontonikas, A. (2004). Inflation and inflation uncertainty in the United Kingdom, evidence from GARCH modelling. *Economic Modelling*, 21 (3), 525-543.
- Miles, W., & Vijverberg, C. P. (2011). Formal targets, central bank independence and inflation dynamics in the UK: A Markov-Switching approach. *Journal of Macroeconomics*, 33 (4), 644-655.
- Mladenovic, Z. (2009). Relationship between inflation and inflation uncertainty: The case of Serbia. *The Yugoslav Journal of Operations Research*, 19 (1).
- Mughal, F. A., Aslam, N., Jabbar, M. A., & Ullah, W. (2012). Inflation, Inflation Uncertainty and Output Growth, Are They Related? A Study on South East Asian Economies, 1960-2010.
- Nariman-zadeh, N.; Darvizeh, A.; Darvizeh, M.; Gharababaei, H. (2002) "Modelling of explosive cutting process of plates using GMDH-type neural network and singular value decomposition". *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 128, no. 1-3, pp. 80-87, Elsevier Science.
- Nas, T. F., & Perry, M. J. (2000). Inflation, inflation uncertainty, and monetary policy in Turkey: 1960-1998. *Contemporary Economic Policy*, 18 (2), 170-180.
- Thornton, J. (2007). The relationship between inflation and inflation uncertainty in emerging market economies. *Southern Economic Journal*, 73 (4), 858-870.
- Wilson, B. K. (2006). The links between inflation, inflation uncertainty and output growth: New time series evidence from Japan. *Journal of Macroeconomics*, 28 (3), 609-620.
- inflation: Stochastic volatility in mean model within a dynamic framework. *Economic Modelling*, 26 (6), 1201-1207
- Bhar, R., & Mallik, G. (2010). Inflation, inflation uncertainty and output growth in the USA. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 389 (23), 5503-5510.
- Bredin, D., & Fountas, S. (2005). Macroeconomic uncertainty and macroeconomic performance: Are they related?. *The Manchester School*, 73 (s1), 58-76.
- Bredin, D., & Fountas, S. (2006, April). Inflation, inflation uncertainty, and Markov regime switching heteroskedasticity: evidence from European countries. In *Money Macro and Finance (MMF) Research Group Conference (Vol. 125)*.
- 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.
- Cukierman, A., & Meltzer, A. H. (1986). A theory of ambiguity, credibility, and inflation under discretion and asymmetric information. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1099-1128
- Evans, M. (1991). Discovering the link between inflation rates and inflation uncertainty. *Journal of Money, Credit and Banking*, 23 (2), 169-184.
- Fountas, S. (2001). The relationship between inflation and inflation uncertainty in the UK: 1885-1998. *Economics Letters*, 74 (1), 77-83.
- Fountas, S., Karanasos, M., & Kim, J. (2006). Inflation uncertainty, output growth uncertainty and macroeconomic performance. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 68 (3), 319-343.
- Friedman, M. (1977). Nobel lecture: inflation and unemployment. *The Journal of Political Economy*, 451-472.
- Geweke, J. (1984). Inference and causality in economic time series models. *Handbook of Econometrics*, in: Z. Griliches & M. D. Intriligator (ed.), *Handbook of Econometrics*, edition 1, vol 2, chapter 19, 1101-1144 Elsevier
- Granger, Clive W J. (1986). Developments in the Study of Cointegrated Economic Variables. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, Department of Economics, University of Oxford. 48 (3), 213-28.
- Grier, K. B., & Perry, M. J. (1998). On inflation and inflation uncertainty in the G7 countries. *Journal of International Money and Finance*, 17 (4), 671-689.

- <sup>1</sup> *Miles and Vijerberg, 2011*
  - <sup>2</sup> *Discretionary Policy*
  - <sup>3</sup> *Ball*
  - <sup>4</sup> *Barro and Gordon*
  - <sup>5</sup> *discretionary*
  - <sup>6</sup> *time-inconsistent behavior*
  - <sup>7</sup> *stabilization*
  - <sup>8</sup> *Okun*
  - <sup>9</sup> *Gordon*
  - <sup>10</sup> *Logue and willett*
  - <sup>11</sup> *Fisher*
  - <sup>12</sup> *Livingstone*
  - <sup>13</sup> *Survey Research Center (SRC)*
  - <sup>14</sup> *Deverux*
  - <sup>15</sup> *Engle*
  - <sup>16</sup> *Auto Regressive Conditional Heteroskedasticity(ARCH)*
  - <sup>17</sup> *Generalized Auto Regressive Conditional Heteroskedasticity(GARCH)*
  - <sup>18</sup> *Bollerslev*
  - <sup>19</sup> *Evans*
  - <sup>20</sup> *Grier and perry*
  - <sup>21</sup> *Fountas*
  - <sup>22</sup> *Thornton*
  - <sup>23</sup> *Mladenovic*
  - <sup>24</sup> *Apergis*
  - <sup>25</sup> *Fountas and karanasos*
  - <sup>26</sup> *Nas and perry*
  - <sup>27</sup> *Hwang*
  - <sup>28</sup> *wilson*
  - <sup>29</sup> *Mughal et al*
  - <sup>30</sup> *Berument et al.*
  - <sup>31</sup> *Bhar and mallik*
  - <sup>32</sup> *Bredin and Fountas*
  - <sup>33</sup> *kontonikas*
  - <sup>34</sup> *Granger Causality*
  - <sup>35</sup> *Group Method of Data Handling*
  - <sup>36</sup> *Vector Auto regression*
  - <sup>37</sup> *Geweke*
  - <sup>38</sup> *bias*
  - <sup>39</sup> *Cheng & Lai*
- <sup>۴۰</sup> برای مطالعات بیشتر رجوع شود به سلیمانی‌کیا (۱۳۸۶).
- <sup>۴۱</sup> 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 موردنظر، انتخاب گردد.
- <sup>۴۲</sup> *Ivakhmenko*
  - <sup>۴۳</sup> *Group Method of Data Handling*
  - <sup>۴۴</sup> *Volterra*
- <sup>۴۵</sup> می‌توان از معیارهای دیگری نیز برای پیش‌بینی استفاده نمود.
- <sup>۴۶</sup> *Engel*
  - <sup>۴۷</sup> *ARCH-LM test*