مدیریت اکوسیستم‌های طبیعی
Management of Natural Ecosystems
دوره ۶، شماره ۱، بهار ۱۴۰۵، ۴۵-۳۶
Volume 6, Issue 1, Spring 2026, 36-45
http://emj.ardakan.ac.ir/article_736759.html

تحلیل پایداری تورم و عدم قطعیت در بازار محصولات چوبی ایران: رویکرد انباشتگی کسری در حضور شکست‌های ساختاری

محمد رضوانی*[۱]

مقاله پژوهشی

۱. دکتری، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده اقتصاد و توسعه کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
m.rezvani67@ut.ac.ir
* نویسنده مسئول

شناسه مقاله: ۱۱۵۲-۲۶۰۲
شماره صفحه پیاپی: ۱۳۰۴-۱۲۹۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۲۲
انتشار آنلاین: ۱۴۰۵/۰۳/۲۹
زمان پذیرش: ۱۱۹ روز

استناددهی:
رضوانی، م. (۱۴۰۵). تحلیل پایداری تورم و عدم قطعیت در بازار محصولات چوبی ایران: رویکرد انباشتگی کسری در حضور شکست‌های ساختاری. مدیریت اکوسیستم‌های طبیعی، ۶(۱)، ۴۵-۳۶.

چکیده

محصولات چوبی به‌عنوان کالاهای استراتژیک حاصل از منابع تجدیدپذیر، نقشی حیاتی در توسعه پایدار و ترسیب کربن ایفا می‌کنند. با این حال، بازار چوب ایران در سال‌های اخیر با نوسانات قیمتی شدیدی روبه‌رو بوده است که می‌تواند پایداری اکوسیستم‌های جنگلی را به‌مخاطره اندازد. هدف اصلی این پژوهش، برآورد درجه انباشتگی کسری (d) در تورم شاخص قیمت تولیدکننده بخش چوب و فرآورده‌های چوبی ایران و همچنین ارزیابی عدم قطعیت در این بازار است. نوآوری پژوهش حاضر در به‌کارگیری رویکرد انباشتگی کسری و تقریب فوریه است که اجازه می‌دهد پایداری ذاتی متغیرها از «حافظه کاذب» ناشی از شکست‌های ساختاری تفکیک شود. داده‌های مورد استفاده شامل شاخص قیمت فصلی بخش چوب از بهار سال ۱۳۸۰ تا تابستان ۱۴۰۴ است که از مرکز آمار ایران گردآوری شده است. در مرحله نخست، سری زمانی عدم قطعیت استخراج گردید. در مرحله بعد، ضریب انباشتگی کسری (d) برای هر دو متغیر تورم و عدم قطعیت برآورد شد. یافته‌های پژوهش نشان داد که تورم بخش چوب با مقدار ضریب انباشتگی ۰/۴۸۶، فرآیندی مانا اما دارای حافظه بلندمدت است؛ به این معنا که تکانه‌های قیمتی در این بازار ماهیتی گذرا دارند، اما سرعت بازگشت آن‌ها به میانگین بسیار کند است. عدم قطعیت بازار نیز با ضریب انباشتگی ۰/۳۴۶ دارای حافظه بلندمدت است که نشان می‌دهد نااطمینانی در این بازار نیز ماندگار بوده و اثرات تکانه‌های وارده به سرعت محو نمی‌شوند. معنی‌داری ضرایب فوریه در مدل‌ها، تأثیر قطعی وقایعی نظیر طرح تنفس جنگل و نوسانات ارزی را به‌عنوان شکست‌های ساختاری بر پایداری قیمت‌ها تأیید کرد. بر اساس یافته‌های پژوهش، ماندگاری بالای تورم در این صنعت می‌تواند با کاهش افق برنامه‌ریزی تولیدکنندگان، انگیزه برای برداشت‌های غیرمجاز و فشار بر رویشگاه‌های طبیعی را افزایش دهد. ماندگاری بالای تورم، افق برنامه‌ریزی تولیدکنندگان را کاهش داده و انگیزه برداشت غیرمجاز را تشدید می‌کند؛ لذا ضروری است سیاست‌های تثبیت‌کننده انتظارات تورمی در اولویت قرار گیرند.

واژگان کلیدی:

انباشتگی کسری، پایداری تورم، حافظه بلندمدت، شکست ساختاری، محصولات چوبی.

شاپا: ۲۸۲۱-۰۱۸۲
DOI: 10.22034/emj.2026.2085381.1152

۱- مقدمه

محصولات چوبی به‌عنوان یکی از استراتژیک‌ترین فرآورده‌های حاصل از منابع طبیعی تجدیدپذیر، نقشی بی‌بدیل در تحقق اهداف توسعه پایدار و مدیریت اکوسیستم‌های جهانی ایفا می‌کنند. این محصولات نه تنها ماده اولیه اساسی برای طیف گسترده‌ای از صنایع از جمله ساختمان‌سازی و صنایع سلولزی است، بلکه به دلیل توانایی منحصربه‌فرد در ترسیب کربن، یک دارایی حیاتی برای مقابله با تغییرات اقلیمی محسوب می‌شود (Changotra et al., 2024). ارزش اقتصادی چوب فراتر از یک ماده خام ساده است؛ ویژگی‌های ذاتی و کیفی گونه‌های مختلف نظیر کمیابی، زیبایی‌شناسی و دوام، رفتارهای قیمتی متفاوتی را در بازار رقم می‌زنند. در اقتصاد ایران، محصولات چوبی به‌عنوان پیشران صنایع مبلمان و کاغذ، جایگاهی ویژه در شاخص قیمت تولیدکننده دارند. با این حال، بازار چوب ایران همواره با نوسانات شدیدی روبرو بوده که ناشی از تعادل شکننده میان تقاضای بازار و محدودیت‌های منابع جنگلی است. مسئله اصلی پژوهش حاضر، تحلیل پایداری[1]این نوسانات قیمتی است؛ به این معنا که آیا تکانه‌های وارد شده به تورم این بخش، ماهیتی گذرا دارند یا به دلیل ساختار عرضه و تقاضا، تأثیری ماندگار بر بدنه صنعت و مدیریت اکوسیستم بر جای می‌گذارند؟ پاسخ به این پرسش برای مدیریت ریسک قیمتی در زنجیره تأمین صنایع سلولزی و مبلمان ایران حیاتی است.

ضرورت این پژوهش از پیوند ناگسستنی میان پایداری بازار و پایداری اکوسیستم ناشی می‌شود. استفاده از فناوری‌های محافظت از چوب[2]می‌تواند طول عمر محصولات را تا ۴۰ برابر افزایش داده و از این طریق، فشار مستقیم برای برداشت از رویشگاه‌های طبیعی را کاهش دهد (Changotra et al., 2024). اما در شرایطی که تورم بخش صنایع چوب پایدار و غیرقابل پیش‌بینی باشد، انگیزه برای استفاده از محصولات با دوام کمتر افزایش یافته و ریسک بهره‌برداری غیرمجاز از جنگل‌ها تقویت می‌شود. در ایران، این وضعیت با اجرای طرح تنفس جنگل حساس‌تر شده است؛ چرا که محدودیت عرضه داخلی، خود عاملی برای جهش قیمت‌ها شده است (خسروی و همکاران، ۱۳۹۷). بنابراین، شناخت دقیق میزان پایداری تورم در این بخش، برای مدیران جنگل ضروری است تا بتوانند از طریق سیاست‌های قیمتی، مانع از تخریب بیشتر منابع طبیعی شوند (محمدی و محمدی لیمائی، ۱۳۹۳). ارزیابی پایداری تورم، از منظر نظری به معنای سنجش سرعت تعدیل قیمت‌ها پس از وقوع یک تکانه در بازار است. در تحلیل سری‌های زمانی، مفهوم بازگشت به میانگین[3] نقشی محوری دارد؛ چنانچه یک سری قیمتی از خاصیت بازگشت به میانگین برخوردار باشد، نوسانات ماهیتی موقتی داشته و قیمت در بلندمدت تمایل دارد به سطح تعادلی خود بازگردد. اما در صورتی‌که سری دارای حافظه بلندمدت[4] باشد، تکانه‌های وارد شده (مانند تغییرات ناگهانی در سیاست‌های عرضه یا نوسانات کلان اقتصادی) اثرات ماندگاری از خود به جای می‌گذارند و قیمت‌ها مسیر جدیدی را دنبال می‌کنند. یکی از چالش‌های اساسی در تبیین نظری پایداری، وجود «شکست‌های ساختاری» است. نادیده گرفتن این شکست‌ها در مدل‌های کلاسیک، غالباً منجر به شناسایی «پایداری جعلی» می‌شود؛ به این معنا که مدل به اشتباه پایداری را بالا برآورد می‌کند، در حالی‌که نوسانات صرفاً ناشی از یک تغییر ساختاری بوده‌اند. از این رو، استفاده از رویکردهایی نظیر انباشتگی کسری[5]در کنار توابع فوریه، اجازه می‌دهد تا تمایز دقیقی میان پایداری ذاتی بازار و اثرات ناشی از شکست‌های ساختاری برقرار شود. به‌عنوان مثال، اجرای طرح تنفس جنگل در سال ۱۳۹۵ یک شکست ساختاری در عرضه ایجاد کرد که نادیده گرفتن آن در مدل‌های کلاسیک، ماندگاری کاذب تورم را نشان می‌داد.

شواهد تجربی نشان می‌دهد که واکنش بسیاری از متغیرهای اقتصاد کلان به تکانه‌ها، رفتاری پیچیده‌تر از مدل‌های ساده خطی دارد. در تبیین نظری رفتار قیمت کالاهای اولیه و استراتژیک، Deaton and Laroque (۱۹۹۲) در مدل سنتی ذخیره‌سازی رقابتی نشان دادند که قیمت این کالاها دارای ویژگی‌های ساختاری منحصربه‌فردی نظیر چسبندگی و خودهمبستگی بالا در شرایط عادی و وقوع انفجارهای قیمتی شدید (جهش‌های ناگهانی) در زمان تخلیه انبارهاست. این رفتار باعث می‌شود تکانه‌های عرضه اثراتی نامتقارن بر پایداری قیمت‌ها بگذارند. از سوی دیگر، Pindyck (۱۹۹۱) اثبات کرد که در بازار منابع طبیعی، تصمیمات سرمایه‌گذاری به دلیل ماهیت برگشت‌ناپذیری و امکان به تأخیر انداختن پروژه برای کسب اطلاعات جدید، به‌شدت تحت تأثیر عدم قطعیت قرار دارند. در شرایط عدم قطعیت شدید قیمتی، ارزش «منتظر ماندن» افزایش یافته و پدیده‌ای در بازار شکل می‌گیرد که می‌تواند پایداری تورم و قیمت‌ها را در سطوح غیرتعادلی تشدید کند.

در پژوهش‌های اخیر بین‌المللی، Caporale et al. (۲۰۲۰؛ ۲۰۲۲) نشان دادند که تورم دارای پایداری قوی است و تکانه‌های بزرگ خارجی مانند کووید-۱۹ می‌تواند این پایداری را تشدید کند. Tolbergen (۲۰۲۱) ثابت کرد که پایداری در زیرگروه‌های مختلف به دلیل ویژگی‌های ساختاری متفاوت، رفتارهای متمایزی از خود نشان می‌دهد. در ادامه، Usman and Gil-Alana (۲۰۲۵) با گسترش داده‌های کشورهای G7 تا مه ۲۰۲۳ و شامل کردن دوره‌های بحران کووید-۱۹ و جنگ اوکراین، دریافتند که ضریب انباشتگی به‌طور قابل‌توجهی افزایش می‌یابد. آنها با تفکیک داده‌ها به دو دوره (قبل و بعد از بحران)، نشان دادند که پایداری تورم در کشورهای مختلف رفتار متفاوتی دارد؛ به‌طوری که کشوری مانند کانادا که پیش‌تر در گروه پایداری بالا نبود، در دوره‌های بحران به این گروه پیوست. علاوه‌بر پایداری میانگین، تحلیل تلاطم و عدم قطعیت نیز ابعاد جدیدی از رفتار بازار

1. Persistence
2. Wood Preservatives
3. Mean Reversion
4. Long Memory
5. Fractional Integration

را آشکار می‌کند؛ چنان‌که Gilbert and Morgan (۲۰۱۰) در ارزیابی نوسانات و عدم قطعیت قیمت کالاها نشان دادند که اگرچه دوره‌های نوسان شدید معمولاً کوتاه‌مدت و گذرا هستند، اما این تلاطم‌ها از طریق مدل‌های واریانس ناهمسانی شرطی قابل تبیین بوده و شناخت آن‌ها برای مدیریت ریسک زنجیره تأمین حیاتی است.

در حوزه محصولات جنگلی، پژوهش Niquidet and Sun (۲۰۱۱) بر بازارهای کانادا نشان داد که اگرچه تکانه‌های قیمتی در اکثر محصولات چوبی ماهیتی گذرا دارند، اما فرآیند بازگشت به تعادل می‌تواند چندین سال به طول بیانجامد. Munis et al. (۲۰۲۲) با مقایسه مدل‌های تصادفی برای قیمت چوب اکالیپتوس، برتری مدل‌های مبتنی بر حرکت براونی کسری[1]را نسبت به مدل‌های کلاسیک اثبات کردند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که در نظر گرفتن ویژگی‌های کسری و حافظه بلندمدت در مدل‌سازی قیمت، منجر به کاهش معنی‌دار خطای محاسباتی و جلوگیری از بیش‌برآوردی در پروژه‌های سرمایه‌گذاری جنگل می‌شود. همچنین Zhou et al. (۲۰۲۲) ثابت کردند که ویژگی‌های ذاتی چوب نظیر کمیابی و سنت‌گرایی، مستقیماً بر میزان پایداری قیمت محصولات نهایی اثر می‌گذارند.

در داخل کشور، پژوهش‌های طهرانچیان و همکاران (۱۳۹۲) و عباسی‌نژاد و گودرزی (۱۳۹۳) وجود حافظه بلندمدت در تورم ایران، تربتی قره‌باغ و خداویسی (۱۴۰۲) وجود حافظه بلندمدت گوشت گوساله و گوسفند در استان آذربایجان غربی و رضوانی و همکاران (۱۴۰۵) پایداری قیمت محصولات دامی در سطوح مختلف بازار را با استفاده از الگوی خودرگرسیون میانگین متحرک انباشته کسری[2]تایید کردند. تربتی قره‌باغ و خداویسی (۱۴۰۲) پس از تشخیص شکست ساختاری از روش تفکیک به دوره‌های زمانی و رضوانی و همکاران (۱۴۰۵) برای بررسی اثر سه تکانه اقتصادی شامل تغییر در نرخ ارز ترجیحی، کووید-۱۹ و خروج آمریکا از برجام از متغیرهای موهومی استفاده کردند. در حوزه تخصصی چوب، پژوهش‌های محمدی و محمدی لیمائی (۱۳۹۳) و حاتمی و همکاران (۱۳۹۷) با بررسی روند قیمت گونه‌های جنگلی شمال ایران، نوسانی بودن بازار را تأیید کرده و بر لزوم کنترل این نوسانات برای بهینه‌سازی عملیات برداشت تأکید کرده‌اند. همچنین خسروی و همکاران (۱۳۹۷) با به‌کارگیری مدل تعادل جزئی، پیش‌بینی کردند که سیاست‌های نظیر طرح تنفس، منجر به تغییرات ساختاری و جهش قیمت تولیدات چوبی ایران در مقایسه با سایر کالاها خواهد شد.

با وجود پژوهش‌های صورت گرفته در داخل کشور یک شکاف تحقیقاتی مهم در حوزه اقتصاد چوب دیده می‌شود. هیچ پژوهشی در این حوزه، از رویکرد انباشتگی کسری برای تفکیک حافظه بلندمدت واقعی از حافظه کاذب ناشی از شکست ساختاری استفاده نکرده است. همچنین، علی‌رغم اهمیت نظری مدل‌های ذخیره‌سازی رقابتی Deaton and Laroque (۱۹۹۲) و تئوری عدم قطعیت Pindyck (۱۹۹۱)، تأثیر همزمان شکست‌های ساختاری (مانند طرح تنفس جنگل) بر پایداری تورم و عدم قطعیت بازار چوب ایران ارزیابی نشده است. لذا پژوهش حاضر با به‌کارگیری الگوی خودرگرسیون میانگین متحرک انباشته کسری با تقریب فوریه[3]به دنبال پر کردن این خلأ علمی است. نوآوری پژوهش حاضر، اولین کاربرد ARFIMA-Fourier در اقتصاد چوب ایران است که با استفاده از توابع فوریه، توانایی مدل‌سازی پایداری و جذب شکست‌های ساختاری را فراهم می‌آورد. همچنین در محاسبه عدم قطعیت تورم، از تقریب فوریه در مدل‌های خودرگرسیونی واریانس ناهمسانی شرطی[4]استفاده شده است. این نوآوری اجازه می‌دهد تا تلاطم‌های قیمت و ریسک بازار، فراتر از مدل‌های مرسوم و با در نظر گرفتن شکست‌های ساختاری غیرخطی مدل‌سازی شوند؛ موضوعی که تاکنون در مطالعات مدیریت اکوسیستم و اقتصاد چوب ایران مغفول مانده است.

هدف این پژوهش، ارزیابی میزان پایداری و حافظه بلندمدت در تورم شاخص قیمت تولیدکننده بخش چوب ایران است. این پژوهش به دنبال پاسخ به دو پرسش کلیدی است:

۱. آیا تورم در بازار چوب ایران خاصیت بازگشت به میانگین دارد؟

۲. سرعت این بازگشت به میانگین چقدر است؟

۲- مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر برای تحلیل پایداری و نوسانات شاخص تورم فرآورده‌های چوبی در ایران، از یک رویکرد سه مرحله‌ای مبتنی بر تقریب فوریه استفاده شده است. ضرورت استفاده از این رویکرد، وجود تکانه‌های شدید اقتصادی در دهه گذشته است که باعث بروز شکست‌های ساختاری در سری زمانی شده است.

اولین گام در تحلیل سری‌های زمانی، بررسی ایستایی است. با توجه به اینکه آزمون‌های سنتی ریشه واحد در حضور شکست‌های ساختاری نتایج تورش‌داری ارائه می‌دهند، در این پژوهش از آزمون ریشه واحد توسعه یافته توسط Enders and Lee (۲۰۱۲) که در آن فرضیه صفر ریشه واحد با استفاده از آماره LM در رگرسیون (۱) آزمون می‌شود، استفاده شده است. این آزمون از مؤلفه فوریه برای ثبت شکست‌های تند و تدریجی بدون نیاز به تعیین تعداد شکست‌ها استفاده می‌کند. (Apergis et al, 2021).

$$\Delta y_t = \theta \tilde{S}_{t-1} + d_0 + d_1 \Delta \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + d_2 \Delta \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \varepsilon_t \quad \text{رابطه (۱)}$$

1. Fractional Brownian Motion
2. Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average
3. Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average with Fourier approximation (ARFIMA-Fourier)
4. Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (ARCH)

در رابطه (۱)، Δy_t تفاضل مرتبه اول متغیر تورم (درصد تغییرات شاخص قیمت تولیدکننده) بخش صنایع چوب، k فرکانس بهینه که نمایانگر تعداد و دامنه شکست‌های ساختاری است ، T تعداد کل مشاهدات، $\tilde{S}_{t-1}$ وقفه اول سری روندزدایی شده و θ ضریب اصلی آزمون است که فرضیه صفر مبنی بر وجود ریشه واحد، مورد آزمون قرار می‌گیرد. برای انتخاب فرکانس بهینه در تقریب فوریه (k)، رابطه (۴) برای تمامی مقادیر صحیح $1 \le k \le 5$ تخمین زده می‌شود (Enders and Lee, 2012). فرکانسی که کمترین مجموع مجذور باقیمانده را ارائه دهد، به‌عنوان فرکانس بهینه انتخاب می‌شود (وفائی و همکاران، ۱۴۰۴).

در مرحله بعد برای استخراج سری زمانی عدم قطعیت ابتدا مدل ARCH(p) پیشنهادی Engle (۱۹۸۲) لحاظ می‌شود که در آن واریانس شرطی به مجذور باقیمانده‌های دوره قبل بستگی دارد:

$$\sigma_t^2 = \beta_0 + \sum_{i=1}^{p} \beta_i \, u_{t-i}^2 \qquad \text{رابطه (۲)}$$

در این مدل، تمام ضرایب باید مثبت باشند ($\beta_i > 0$) و مجموع β_iها کمتر از یک باشد تا فرآیند بازگشت به میانگین را نشان دهد. با توسعه این مدل توسط Bollerslev (۱۹۸۶)، مدل GARCH (p, q) ارائه شد که اجازه می‌دهد واریانس شرطی به وقفه‌های خود نیز وابسته باشد (Brooks, 2008):

$$\sigma_t^2 = \beta_0 + \sum_{i=1}^{p} \beta_i \, u_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^{q} \delta_i \, \sigma_{t-i}^2 \qquad \text{رابطه (۳)}$$

در رابطه (۳) نیز باید همه پارامترها مثبت باشند و $\sum_{i=1}^{p} \beta_i + \sum_{i=1}^{q} \delta_i$ کمتر از یک باشد تا بیانگر فرآیند بازگشت به میانگین باشد. مدل‌های GARCH قادر به ثبت اثرات نامتقارن تکانه‌ها نیستند. برای غلبه بر این محدودیت‌ها، Nelson (۱۹۹۱) در مدل EGARCH(p, q) را معرفی کرد. برتری مدل EGARCH بر الگوهای GARCH، رفع کامل این محدودیت‌ها است. در این الگو، به جای مدل‌سازی مستقیم واریانس، لگاریتم طبیعی واریانس شرطی ($ln\sigma_t^2$) به‌عنوان متغیر وابسته قرار می‌گیرد. از آنجا که لگاریتم هر عدد حقیقی همواره مثبت است، واریانس شرطی برآوردشده تحت هر شرایطی مثبت باقی خواهد ماند؛ در نتیجه این مدل هیچ نیازی به اعمال قیود مثبت بودن بر روی ضرایب ندارد و از بروز ضرایب غیرمنطقی جلوگیری می‌کند. در نهایت با توجه به اینکه بی‌توجهی به شکست‌های ساختاری می‌تواند منجر به نتایج نادرست در مدل‌سازی واریانس شرطی شود، با پیروی از Teterin et al. (۲۰۱۶) و Rezvani et al. (۲۰۲۵) برای جلوگیری از تورش ناشی از شکست‌های ساختاری در واریانس، تقریب فوریه به مدل اضافه می‌شود:

$$ln\sigma_t^2 = w + \beta ln\sigma_{t-1}^2 + \alpha \left|\frac{u_{t-1}}{\sigma_{t-1}}\right| + \delta \frac{u_{t-1}}{\sigma_{t-1}} + \sum_{k=1}^{n} \gamma_{1,1k} \, sin\left(2\pi kt/_T\right) + \sum_{k=1}^{n} \gamma_{1,2k} \, cos\left(2\pi kt/_T\right) \qquad \text{رابطه (۴)}$$

در رابطه (۴)، σ_t^2 واریانس شرطی (عدم قطعیت)، u_{t-1} باقیمانده‌های حاصل از معادله میانگین در دوره قبل، α نشان‌دهنده اثر اندازه تکانه و δ نشان‌دهنده اثر عدم تقارن است. رابطه (۴) مستلزم تعیین تعداد فرکانس فوریه است که مطابق Pascalau et al. (۲۰۱۱) می‌توان از معیار اطلاعات آکایک یا شوارتز[1] استفاده کرد.

در مرحله نهایی، پایداری تکانه‌ها با استفاده از مدل خودرگرسیون میانگین متحرک انباشته کسری با تقریب فوریه تحلیل می‌شود. این رویکرد ترکیبی اجازه می‌دهد تا حافظه بلندمدت واقعی متغیرها، بدون سوگیری ناشی از تغییرات ساختاری که اغلب به‌عنوان «حافظه کاذب» شناخته می‌شود، استخراج گردد. هدف این مرحله تشخیص این است که آیا تکانه‌های وارده به تورم فرآورده‌های چوبی اثری موقت دارند یا دائمی. برای کنترل روندهای غیرخطی، سری زمانی مورد نظر (y_t) به صورت $y_t = f(t) + x_t$ مدل‌سازی می‌شود که در آن x_t فرآیند انباشته کسری و $f(t)$ تابع روند هموار فوریه است. این تابع به‌صورت رابطه (۵) تعریف می‌شود:

$$f(t) = \alpha + \beta t + \sum_{k=1}^{n} \lambda_k \, sin\left(\frac{2\pi j_k t}{T}\right) + \sum_{k=1}^{n} \gamma_k \, cos\left(\frac{2\pi j_k t}{T}\right), \quad n \le \frac{T}{2} \qquad t = 1,2,\ldots, \qquad \text{رابطه (۵)}$$

در رابطه (۵)، α عرض از مبدأ و β ضریب روند خطی است. پارامترهای λ_k و γ_k دامنه نوسانات مؤلفه‌های سینوسی و کسینوسی را اندازه‌گیری می‌کنند. مطابق با رویکرد Gil-Alana and Yaya (۲۰۲۱)، برای جلوگیری از بیش‌برازش و حفظ درجات آزادی، مقدار j_k لزوماً عدد صحیح نیست و می‌تواند مقادیر کسری باشد. جهت تعیین فرکانس بهینه (j_k)، از روش داده‌محور دیویسDavies (۱۹۸۷) بر مبنای جستجوی شبکه‌ای رگرسیونی استفاده شد. در این روش، فرکانس‌ها در بازه‌ی [۰/۲ تا ۵] با گام جستجوی ۰/۱ بررسی شدند و فرکانسی انتخاب گردید که منجر به حداقل‌سازی مجموع مربعات باقیمانده شود (Gil-Alana and Yaya, 2021). پس از حذف روند غیرخطی، مؤلفه پایداری (x_t) در چارچوب مدل ARFIMA(p, d, q) مورد تحلیل قرار می‌گیرد که فرم کلی آن به صورت رابطه (۶) بیان می‌شود (Palma, 2007):

$$\emptyset(L)(1-L)\hat{}d \; x_t = \theta(L) \; u_t \qquad \text{رابطه (۶)}$$

1. Akaike or Schwarz information criterion

که d ضریب انباشتگی کسری است که ویژگی اصلی حافظه بلندمدت را تبیین می‌کند و عملگر تفاضل‌گیری کسری نیز بر اساس بسط دوجمله‌ای به صورت رابطه (۷) تعریف می‌شود:

$$(1-L)^d = \sum_{j=0}^{\infty} \psi_j L^j = \sum_{j=0}^{\infty} \binom{d}{j} (-1)^j L^j = 1 - dL + \frac{d(d-1)}{2} L^2 - \cdots$$ رابطه (۷)

ضریب انباشتگی کسری (d) به‌عنوان شاخصی برای سنجش ماندگاری تکانه‌ها عمل می‌کند؛ به‌طوری که مقادیر $0 < d < 0.5$ نشان‌دهنده فرآیند مانا با حافظه بلندمدت و مقادیر $0.5 \leq d < 1$ نشان‌دهنده فرآیند نامانا اما دارای ویژگی بازگشت به میانگین است، در حالی‌که در مقادیر $d \geq 1$ این ویژگی از بین رفته و تکانه‌ها اثراتی کاملاً دائمی بر جای می‌گذارند (Gil-Alana and Yaya, 2021). در این پژوهش، به‌منظور درک دقیق‌تر ماندگاری تکانه‌ها در بازار چوب، از پویایی تابع پاسخ به تکانه استفاده شده است. بر اساس پژوهش Granger and Joyeux (۱۹۸۰)، برای یک فرآیند انباشتگی کسری خالص به‌صورت $(1-L)^d x_t = u_t$ یا همان ARFIMA(0,d,0)، فرآیند را می‌توان به‌صورت یک فرم میانگین متحرک مرتبه بی‌نهایت بازنویسی کرد:

$$x_t = \sum_{j=0}^{\infty} \psi_j u_{t-j}$$ رابطه (۸)

که در آن، ضرایب پویای تکانه (ψ_j) که نشان‌دهنده اثر یک تکانه خطی در دوره zام بعد از وقوع است، از طریق بسط دوجمله‌ای و بر حسب تابع گاما (Γ) به‌صورت رابطه (۹) تعریف می‌شوند:

$$\psi_j = \frac{\Gamma(j+d)}{\Gamma(j+1)\Gamma(d)} = \prod_{l=1}^{j} \frac{l-1+d}{l}, \quad j = 1,2,3,\ldots$$ رابطه (۹)

در این ساختار، با توجه به ویژگی تفاضل‌گیری کسری نرخ از بین رفتن تکانه‌ها برخلاف مدل‌های خودرگرسیون که نمایی است، به‌صورت هذلولی رخ می‌دهد. بر این اساس، شاخص نیمه‌عمر[1] که نشان‌دهنده مدت زمان لازم برای کاهش اثر تکانه اولیه به نصف ($\psi_j \leq 0.5$) است، فرم ثابت فرآیندهای AR(1) را نداشته و باید به‌صورت عددی و گام‌به‌گام از طریق رابطه فوق محاسبه شود. داده‌ها شامل تورم (درصد تغییرات شاخص قیمت تولیدکننده) ساخت چوب و فرآورده‌های چوبی از بهار ۱۳۸۰ تا تابستان ۱۴۰۴ و شامل ۹۸ مشاهده فصلی است که از مرکز آمار ایران گردآوری شده‌اند. این داده‌های فصلی امکان تحلیل دقیق دینامیک‌های تورمی را فراهم می‌کنند. همچنین برآوردها با نرم‌افزار Stata 18 انجام شده است.

۳- نتایج

بررسی ایستایی متغیرها گام مهمی در تحلیل متغیرهای سری زمانی است. با توجه به وجود تکانه‌های ساختاری در اقتصاد ایران از آزمون ریشه واحد Enders and Lee (۲۰۱۲) استفاده شد که با بهره‌گیری از توابع مثلثاتی، شکست‌های ساختاری با زمان نامشخص را مدل‌سازی می‌کند (Apergis et al., 2021). نتایج در جدول (۱) نشان می‌دهد فرضیه صفر مبنی بر وجود ریشه واحد رد نمی‌شود. با این حال، فرضیه وجود ریشه واحد در تفاضل مرتبه اول تورم بخش صنایع چوب رد می‌شود. به عبارتی هر متغیر با یکبار تفاضل‌گیری ایستا می‌شود. این نتایج مقدماتی، لزوم بررسی دقیق‌تر پایداری متغیرها در چارچوب انباشتگی کسری را تبیین می‌کند.

جدول (۱): نتایج آزمون ریشه واحد

متغیر	بهینه k	آماره آزمون
تورم بخش صنایع چوب	۳	-۳/۳۲
تفاضل تورم بخش صنایع چوب	۵	-۶/۸۰***

مأخذ: یافته‌های تحقیق (*،** و *** به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱۰، ۵ و ۱ درصد) (مقادیر بحرانی برای وقفه بهینه سه (K=3) در سطوح ۱، ۵ و ۱۰ درصد به ترتیب ۴/۴۵- ، ۳/۷۸- و ۳/۴۴- و برای وقفه بهینه ۵ (K=3) به ترتیب ۴/۲۰- ۳/۵۶- و ۳/۲۲- می‌باشند (بر اساس Enders and Lee, 2012))

در مرحله بعد به‌منظور مدل‌سازی میانگین شرطی و استخراج واریانس شرطی (به‌عنوان شاخص نااطمینانی)، از رویکرد ترکیبی مدل‌های خودرگرسیونی و تقریب فوریه استفاده شده است. با توجه به نوسانات شدید در داده‌های تورم ایران، در نظر گرفتن شکست‌های ساختاری برای جلوگیری از برآورد تورش‌دار نااطمینانی ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است. ابتدا برای تعیین معادله میانگین، الگوهای مختلف ARIMA مورد آزمون قرار گرفتند. بر اساس آماره آکائیک و معناداری ضرایب، الگوی با تفاضل مرتبه اول و شامل وقفه‌های ۱ و ۴ خودرگرسیونی و وقفه‌های ۱ و ۲ میانگین متحرک یعنی ARIMA([1,4],1,[1,2]) به‌عنوان مناسب‌ترین الگو برای تبیین رفتار میانگین تورم بخش صنایع چوب انتخاب شد. نتایج برآورد این مدل و آزمون‌های تشخیص در جدول (۲) ارائه شده است. تمام ضرایب AR و MA در سطح ۱ درصد معنادار هستند. پس از برآورد، برای اطمینان از ضرورت استفاده از مدل‌های خانواده GARCH، آزمون ناهمسانی واریانس بر روی پسماندهای این مدل اجرا گردید. نتایج این آزمون در وقفه اول با آماره F معادل ۶/۲۷

1. Half-life

وجود اثرات ARCH را تایید نمود. همچنین، نتایج آزمون خودهمبستگی لیونگ–باکس و آزمون نرمال بودن پسماندها در سطح ۵ درصد معنی‌دار شده‌اند. رد شدن فرض صفر عدم خودهمبستگی و نرمال بودن در این مرحله، نشان‌دهنده پویایی‌های غیرخطی شدید و واریانس ناهمسانی شرطی در باقیمانده است؛ پدیده‌ای که ضرورت متدولوژیک خروج از مدل‌های ARIMA و ورود به الگوی پیشرفته Fourier-EGARCH در گام بعدی را اثبات می‌کند.

جدول (۲): نتایج الگوی ARIMA([1,4],1,[1,2]) و آزمون‌های تشخیص

متغیر	ضریب	خطای استاندارد	آماره t
عرض از مبدا	۲۴/۷۲	۸/۴۱	۲/۹۴
AR(1)	۰/۸۶***	۰/۰۹۵	۹/۰۲
AR(4)	−۰/۱۸**	۰/۰۷۹	−۲/۲۴
MA(1)	۰/۴۵***	۰/۱۱	۴/۰۹
MA(2)	−۰/۵۴**	۰/۲۶	۲/۱۱
آزمون ناهمسانی ARCH		۶/۲۷	Prob= ۰/۰۰۰۱
آزمون نرمال بودن (J-B)		۱۶/۹۶	Prob= ۰/۰۰۳
آزمون خودهمبستگی (Q-Statistic)		۲۸/۵۰	Prob= ۰/۰۰۰۱

مأخذ: یافته‌های تحقیق (*،** و *** به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱۰، ۵ و ۱ درصد)

پس از بررسی اولیه مدل‌های GARCH و مشاهده ضرایب غیرمنطقی (منفی) در معادله واریانس، در پژوهش حاضر برای غلبه بر این محدودیت‌ها و همچنین امکان مدل‌سازی اثرات نامتقارن، از مدل EGARCH استفاده شد. این مدل با مدل‌سازی لگاریتم واریانس شرطی، تضمین می‌کند که واریانس همواره مثبت باشد و همچنین انعطاف‌پذیری بیشتری در برآورد ضرایب ارائه می‌دهد. برای کنترل تورش ناشی از شکست‌های ساختاری در روند نوسانات، از تقریب فوریه در معادله واریانس استفاده شد و بر اساس معیارهای اطلاعاتی آکایک و شوارتز، فرکانس بهینه برابر با ۴ انتخاب شد.

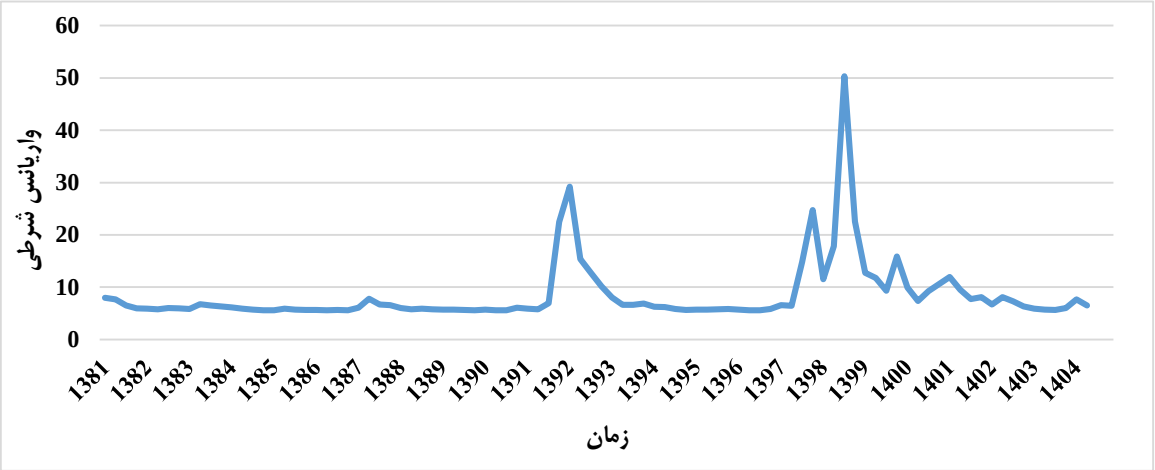
نتایج حاصل از برآورد مدل EGARCH با تقریب فوریه در جدول (۳) ارائه شده است که نشان می‌دهد ضرایب خودهمبستگی (AR) و میانگین متحرک (MA) به‌طور معناداری از تداوم اثرات تورم دوره‌های گذشته بر دوره جاری حکایت دارند. در بخش واریانس، معنی‌داری ضرایب توابع فوریه تأیید می‌کند که مدل با موفقیت توانسته است تغییرات ساختاری و نوسانات غیرخطی بلندمدت را در سری زمانی تورم بخش صنایع چوب جذب نماید. نکته حائز اهمیت در این مدل، ضریب مربوط به اثر نامتقارن ($\ln(\sigma_{t-1}^2)$) است که با مقدار ۰/۴۸۷ از نظر آماری معنی‌دار است؛ علامت مثبت این ضریب نشان‌دهنده وجود اثر نامتقارن مثبت است، به این معنا که در بازار فرآورده‌های چوبی، تکانه‌های مثبت (افزایش قیمت) تأثیر بیشتری بر افزایش نوسانات دارند. این پدیده می‌تواند ناشی از حساسیت بیشتر تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان به افزایش هزینه‌ها و تغییرات ناگهانی قیمت باشد.

جدول (۳): نتایج الگوی Fourier-EGARCH

متغیر	ضریب	خطای استاندارد	آماره t
عرض از مبدا	۱/۷۵**	۰/۸۶	۲/۰۵
AR(1)	۰/۳۹***	۰/۰۸	۴/۷۹
AR(4)	−۰/۴۳***	۰/۰۹	−۴/۷۵
MA(1)	−۰/۵۴***	۰/۱۷	−۳/۱۷
MA(2)	−۰/۳۴**	۰/۱۷	−۲/۰۰
معادله واریانس			
u_{t-1}^2	۰/۰۰۴**	۰/۰۰۲	۲/۳۲
$\ln(\sigma_{t-1}^2)$	−۰/۴۸۷**	۰/۲۴	۲/۰۱
$\sin(2\pi 1t/T)$	۰/۶۵***	۰/۱۹	۳/۵۱
$\cos(2\pi 1t/T)$	−۰/۴۴***	۰/۱۵	−۲/۹۴
$\sin(2\pi 2t/T)$	−۱/۳۲***	۰/۱۹	−۶/۸۰
$\cos(2\pi 2t/T)$	۱/۶۳***	۰/۲۸	۵/۹۰
$\sin(2\pi 3t/T)$	۲/۰۷***	۰/۴۰	۵/۵۱
$\cos(2\pi 3t/T)$	−۱/۶۳***	۰/۳۲	−۵/۰۸
$\sin(2\pi 4t/T)$	−۱/۹۹***	۰/۴۶	−۴/۳۶
$\cos(2\pi 4t/T)$	−۰/۵۴	۰/۵۰	−۰/۳۸
آماره آکایک	۶۶۶/۹۲		
آماره شوارتز	۷۰۴/۹۱		

مأخذ: یافته‌های تحقیق (*،** و *** به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱۰، ۵ و ۱ درصد)

با استفاده از انحراف معیار شرطی، عدم قطعیت تورم بخش صنایع چوب استخراج گردید. شکل (۱) روند زمانی عدم قطعیت را نشان می‌دهد. جهش‌های مشاهده شده در شکل (۱) با وقایع کلان اقتصادی نظیر تحریم‌های سال ۱۳۹۲ و خروج ایالات متحده از برجام در سال ۱۳۹۷ تطابق دارد.



شکل (۱): نمودار عدم قطعیت تورم

منبع: یافته‌های تحقیق

در مرحله بعدی، به‌منظور تفکیک پایداری ذاتی متغیرها از «حافظه کاذب» ناشی از تغییرات ساختاری، مدل ARFIMA-Fourier برآورد گردید که نتایج در جدول (۴) ارائه شده است. اهمیت این الگو در آن است که اجازه می‌دهد ضریب انباشتگی کسری (d) در حضور توابع فوریه استخراج شود؛ چرا که نادیده گرفتن شکست‌های ساختاری نرم و چرخه‌های غیرخطی در اقتصاد ایران می‌تواند منجر به بیش‌برآوردی در درجه پایداری و حافظه متغیرها شود. نتایج برآورد برای متغیر تورم بخش صنایع چوب نشان‌دهنده برازش بسیار مناسب مدل با فرکانس بهینه $k = 2.9$ است. معناداری آماری یکی از ضرایب λ و γ (ضرایب sin و cos) بیانگر آن است که بخش عمده‌ای از نوسانات قیمت در این بازار تحت تأثیر چرخه‌های غیرخطی و تغییرات ساختاری قرار دارد. معنی‌داری این ضرایب تاییدکننده پژوهش خسروی و همکاران (۱۳۹۷) است که معتقد بودند طرح تنفس جنگل یک شکست ساختاری در روند عرضه ایجاد کرده است.

یافته کلیدی در این بخش، مقدار ضریب انباشتگی کسری معادل ۰/۴۸۶ است. قرارگیری این مقدار بین صفر و نیم تایید می‌کند که تورم بخش صنایع چوب فرآیندی مانا و دارای حافظه بلندمدت است. به‌عبارت دقیق‌تر، اگرچه تکانه‌های وارد شده به این بازار اثر دائمی ندارند و در نهایت به میانگین باز می‌گردند، اما سرعت این بازگشت بسیار کند است. این ماندگاری بالا نشان می‌دهد که انتظارات تورمی در این صنعت به سختی تعدیل شده و اثر یک تکانه برای دوره‌های متوالی در این بخش باقی می‌ماند. این امر، می‌تواند انگیزه برای برداشت‌های غیرمجاز و فشار بر رویشگاه‌های طبیعی را به شدت افزایش دهد؛ چرا که قاچاق چوب در بازه‌های زمانی طولانی‌مدت دارای صرفه اقتصادی می‌شود. این نتیجه با یافته‌های Caporale et al. (۲۰۲۲) و همچنین طهرانچیان و همکاران (۱۳۹۲) که بر وجود حافظه بلندمدت در شاخص‌های تورم تأکید داشتند، همسو است.

در ادامه، همین رویکرد برای عدم قطعیت تورم بخش صنایع چوب با فرکانس بهینه $k = 3.1$ انجام شد. در این مدل، معنی‌داری ضرایب λ و γ و روند زمانی (β) بیانگر این واقعیت است که عدم قطعیت در بازار چوب به شدت تابع شکست‌های ساختاری و زمان است. علاوه‌بر این، ضریب انباشتگی کسری برای این متغیر برابر با ۰/۳۴۶ برآورد شد که از لحاظ آماری کاملاً معنی‌دار است. معنی‌داری آماری ضریب انباشتگی (۰/۳۴۶) نشان می‌دهد که عدم قطعیت در بازار چوب، فاقد رفتار تصادفی یا حافظه کوتاه‌مدت است. به بیانی دیگر، تکانه‌های وارده بر نوسان این بازار رفتاری پایدار دارند، اثرات آن‌ها به سرعت محو نمی‌شود. معنی‌دار شدن حافظه بلندمدت عدم قطعیت، یک دلالت سیاستی کلیدی برای سیاست‌گذاران بخش کشاورزی و صنایع سلولوزی است؛ چرا که نشان می‌دهد نااطمینانی در این بازار ماندگار است. در نتیجه، سیاست‌های تثبیت‌کننده آنی و مقطعی نمی‌توانند به سرعت آرامش را به بازار بازگردانند. هرگونه تکانه، به دلیل پایداری ناشی از انباشتگی کسری، برای مدتی طولانی در سیستم باقی خواهد ماند و مدیریت نوسان در این بازار نیازمند برنامه‌های ساختاری، مستمر و آینده‌نگر است. این فرآیند اگرچه در نهایت به سمت میانگین خود بازمی‌گردد، اما این بازگشت به دلیل پایداری بالا، فرآیندی کند و زمان‌بر خواهد بود.

جدول (٤): نتایج تخمین الگوی ARFIMA-Fourier

متغیر	فرکانس بهینه	d	α	β	λ	γ
تورم بخش صنایع چوب	۲/۹	۰/۴۸۶*** (۲۵/۵۹)	−۸۴/۵۶*** (−۵/۰۹)	۰/۵۰*** (۶/۶۰)	۲/۴۳ (۰/۸۴)	−۱۵/۷۱*** (−۵/۴۴)
عدم قطعیت تورم بخش صنایع چوب	۳/۱	۰/۳۴۶*** (۳/۶۹)	−۷/۵۰* (−۱/۶۸)	۰/۰۷*** (۳/۶۰)	−۳/۷۸***) (−۴/۶۳	۰/۹۲*** (۱/۱۹)

مأخذ: یافته‌های تحقیق (*،** و *** به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱۰، ۵ و ۱ درصد) (اعداد داخل پرانتز بیانگر آماره t می‌باشند).

با توجه به اینکه ضریب انباشتگی تورم بخش صنایع چوب و عدم قطعیت آن به ترتیب برابر ۰/۴۸۶ و ۰/۳۴۶ برآورد شده و تواتر داده‌ها فصلی است، پویایی اثر تکانه‌ها بر اساس رابطه (۹) برای ۴ فصول متوالی پس از تکانه در جدول (۵) ارائه شده است.

جدول (۵): ارزیابی توابع پاسخ به تکانه

	تورم بخش صنایع چوب	عدم قطعیت تورم بخش صنایع چوب
فصل اول	$\psi_1 = \psi_0 * \frac{0+0.486}{1} = 0.486$	$\psi_1 = \psi_0 * \frac{0+0.346}{1} = 0.346$
فصل دوم	$\psi_2 = \psi_1 * \frac{1+2}{2} = 0.486 * \frac{1+0.486}{2} = 0.361$	$\psi_2 = \psi_1 * \frac{1+\mathrm{d}}{2} = 0.346 * \frac{1+0.346}{2} = 0.233$
فصل سوم	$\psi_3 = \psi_2 * \frac{2+\mathrm{d}}{3} = 0.361 * \frac{2+0.486}{3} = 0.299$	$\psi_3 = \psi_2 * \frac{2+\mathrm{d}}{3} = 0.233 * \frac{2+0.346}{3} = 0.182$
فصل چهارم	$\psi_4 = \psi_3 * \frac{3+\mathrm{d}}{4} = 0.299 * \frac{2+0.486}{4} = 0.261$	$\psi_4 = \psi_3 * \frac{3+\mathrm{d}}{4} = 0.182 * \frac{2+0.346}{4} = 0.152$

مأخذ: یافته‌های تحقیق

این محاسبات عددی رفتار دوگانه پایداری را در بازار چوب ایران نشان می‌دهند؛ به‌طوری‌که هر دو متغیر تورم بخش صنایع چوب و عدم قطعیت آن سقوط شدیدی را در پویایی تکانه در فصل اول تجربه می‌کنند، اما در ادامه به دلیل کاهش هذلولی فرایندهای انباشته کسری، دنباله نوسانات دچار چسبندگی شده و حتی پس از گذشت یک سال (چهار فصل)، کماکان ۲۶/۱ درصد از اثر تکانه تورمی و ۱۵/۲ درصد از تکانه عدم قطعیت در بازار فرآورده‌های چوبی ایران باقی می‌ماند. این پدیده «تخلیه سریع اولیه و ماندگاری طولانی ثانویه»، تاییدکننده پدیده حافظه بلندمدت و کندی بازگشت کامل به سمت تعادل است. از نظر تحلیل اقتصادی، این یافته‌ها دلالت بر آن دارد که اگرچه سیاست‌های کنترل بازار یا فرآیندهای خودتنظیم‌گری بازار چوب می‌توانند اثرات آنی تکانه‌ها را به سرعت فرو بنشانند، اما به دلیل حافظه بلندمدت بازار، اثرات پنهان تورم و عدم قطعیت آن تا مدت‌ها در تصمیم‌گیری فعالان اقتصادی باقی می‌ماند. این نتیجه با یافته‌های پژوهش Niquidet and Sun (۲۰۱۱) در تحلیل بازار محصولات چوبی و جنگلی همسو است که بر کندی بازگشت کامل سیستم به تعادل بلندمدت پس از وقوع تکانه‌های تاکید دارند.

۴- بحث و نتیجه‌گیری

مسئله محوری پژوهش حاضر، تبیین ماهیت نوسانات قیمتی در بازار محصولات چوبی ایران و تشخیص نوع پایداری تکانه‌ها در تورم این بخش است. با توجه به نقش استراتژیک چوب در ترسیب کربن و مدیریت اکوسیستم، نوسانات شدید قیمت می‌تواند به‌عنوان محرکی برای بهره‌برداری غیرمجاز و تخریب منابع جنگلی عمل کند؛ لذا پرسش اساسی این است که آیا تورم بخش چوب پس از وقوع تکانه‌های اقتصادی (نظیر تغییرات نرخ ارز یا اجرای طرح تنفس جنگل) به سطح تعادلی خود بازمی‌گردد یا دچار پایداری دائمی می‌شود؟ بر این اساس، هدف اصلی پژوهش حاضر، ارزیابی درجه پایداری و حافظه بلندمدت تورم و عدم قطعیت آن در صنعت چوب با استفاده از رویکرد انباشتگی کسری در حضور شکست‌های ساختاری (ARFIMA-Fourier) تعریف شد تا مشخص شود که نوسانات بازار چوب محصول رفتار ذاتی قیمت‌هاست یا چرخه‌های غیرخطی اقتصاد کلان.

یافته‌های پژوهش نشان داد که هم تورم بخش صنایع چوب (با ضریب انباشگی کسری ۰/۴۸۶) و هم عدم قطعیت بازار (با ضریب انباشگی کسری ۰/۳۴۶) دارای ویژگی حافظه بلندمدت هستند. این یافته حائز اهمیت نشان می‌دهد که نوسانات این بازار نه تنها از نظر سطح قیمت، بلکه از نظر میزان نااطمینانی، دارای ماندگاری بالا و بازگشت بسیار کند به تعادل است. به عبارت دیگر، اثرات تکانه‌های وارده (مانند جهش‌های ارزی یا اجرای طرح تنفس جنگل) به سرعت از بازار تخلیه نمی‌شوند و برای مدتی طولانی در تصمیم‌گیری فعالان اقتصادی باقی می‌مانند.

این پایداری دوگانه در «قیمت» و «عدم قطعیت»، پیامدهای جدی برای اکوسیستم جنگلی دارد. پایداری بالای تورم، هزینه‌های تولید را برای مدتی طولانی تحت فشار قرار می‌دهد و افق برنامه‌ریزی تولیدکنندگان را کوتاه می‌کند. از سوی دیگر، پایداری عدم قطعیت نیز باعث می‌شود که سرمایه‌گذاران و بهره‌برداران نتوانند آینده بازار را به درستی پیش‌بینی کنند. ترکیب این دو عامل (هزینه‌های بالا و عدم قطعیت غیرقابل پیش‌بینی)، انگیزه‌ای قوی برای بهره‌برداری‌های کوتاه‌مدت و غیرمجاز ایجاد می‌کند؛ چرا که قاچاق چوب در بازه‌های زمانی طولانی‌مدت و در شرایطی که بازار با کندی به تعادل بازمی‌گردد، صرفه اقتصادی بیشتری نسبت به سرمایه‌گذاری‌های بلندمدت و قانونی دارد. بنابراین، پایداری تورم و عدم قطعیت در این بخش، نه تنها یک پدیده اقتصادی، بلکه یک تهدید مستقیم برای پایداری اکوسیستم‌های جنگلی محسوب می‌شود که لزوم بازنگری در ابزارهای سیاستی را دوچندان می‌کند. با توجه به یافته‌ها پیشنهادات زیر ارائه می‌شود:

۱- سیاست‌گذاران در کوتاه‌مدت و تا زمان احیای کامل جنگل‌ها از طریق طرح تنفس، واردات مواد اولیه چوبی را با تعرفه‌های ترجیحی موقت تسهیل کنند. این اقدام باید به عنوان یک ابزار «ضربه‌گیر» طراحی شود تا با افزایش عرضه در بازار داخلی، از جهش‌های شدید قیمت جلوگیری کرده و به بازار فرصت دهد تا با سرعت بیشتری به تعادل بازگردد. پس از تثبیت وضعیت و کاهش عدم قطعیت، این تعرفه‌ها باید به تدریج حذف شوند تا انگیزه تولید داخلی حفظ شود.

۲- با توجه به اینکه پایداری تورم باعث افزایش هزینه‌های تولید می‌شود، پیشنهاد می‌شود با ترویج استفاده از مواد نگهدارنده زیست‌تخریب‌پذیر (مانند ترکیبات مس- آزول که در مطالعه Changotra et al. (۲۰۲۴) تأیید شده است)، طول عمر محصولات چوبی افزایش یابد. این کار باعث می‌شود تقاضا برای چوب تازه کاهش یافته و فشار بر منابع طبیعی و نوسانات قیمت تعدیل شود.

۳- با توجه به اینکه عدم قطعیت بازار نیز دارای حافظه بلندمدت است، سیاست‌های مقطعی و آنی نمی‌توانند به سرعت نوسان را کاهش دهند. بنابراین، پیشنهاد می‌شود سیاست‌گذاران به جای تمرکز صرف بر کنترل‌های دستوری قیمت، بر ایجاد شفافیت در تخصیص منابع چوبی و ثبات در متغیرهای

کلان (مانند نرخ ارز و تورم عمومی) تمرکز کنند. این کار نیازمند برنامه‌ریزی بلندمدت و مستمر است تا بتواند اثرات ماندگار عدم قطعیت را کاهش داده و انگیزه سرمایه‌گذاری در صنایع سلولزی مدرن را جایگزین نگاه‌های سوداگرانه در بازار چوب نماید.

۴- پیشنهاد می‌گردد در مطالعات آتی، اثرات متقابل پایداری تورم بخش صنایع چوب با متغیرهای دیگر از جمله نرخ ارز در قالب مدل‌های چندمتغیره کسری مورد بررسی قرار گیرد.

منابع

تربتی قره باغ، ح.، و خداویسی، ح. (۱۴۰۲). بررسی حافظه بلندمدت و حباب قیمتی در گوشت قرمز و گوشت مرغ (بررسی موردی استان آذربایجان غربی). اقتصاد کشاورزی، ۱۷(۳)، ۱۶۶-۱۴۳.

حاتمی، ن.، محمدی لیمائی، س.، و معیری، م.ه. (۱۳۹۷). پیش‌بینی و بررسی قیمت چوب سرپای برخی از گونه‌های جنگل‌های خزری. پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۲۵(۴)، ۷۰-۵۱.

خسروی، ش.، ملک‌نیا، ر.، عادلی، ک.، محسنی، ر.، و دی هاجز، د. (۱۳۹۷). آینده تجارت و صنعت تولیدات چوبی در ایران. صنایع چوب و کاغذ ایران، ۹(۱)، ۱۴-۱.

رضوانی، م.، پندار، م.، و وفائی، ا. (۱۴۰۵). تحلیل حافظه بلندمدت و پایداری قیمت در بازار محصولات دامی ایران: رویکرد مقایسه‌ای بین سطوح مزرعه و خرده‌فروشی. اقتصاد و توسعه کشاورزی، (در دست چاپ) doi: 10.22067/jead.2026.95871.1387

طهرانچیان، ا.م.، جعفری صمیمی، ا.، و بالونژاد نوری، ر. (۱۳۹۲). آزمون پایداری تورم در ایران (۱۳۹۰-۱۳۵۱): کاربردی از الگوهای ARFIMA. پژوهش‌های رشد و توسعه اقتصادی،(۱۱)۳، ۲۸-۱۹.

عباسی‌نژاد، ح.، و گودرزی فراهانی، ی. (۱۳۹۳). برآورد درجه انباشتگی شاخص تورم با مدل ARFIMA- FIGARCH مطالعه موردی: ایران. پژوهشنامه اقتصادی، ۱۴(۵۲)، ۲۶-۱.

محمدی، ز.، و محمدی لیمائی، س. (۱۳۹۳). پیش‌بینی قیمت چوب گونه‌های جنگلی در استان گیلان با استفاده از تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی. توسعه پایدار جنگل، ۱(۴)، ۳۰۸-۲۹۷.

وفائی، ا.، پندار، م.، و رضوانی، م. (۱۴۰۴). ارزیابی رابطه علی میان نرخ ارز و نوسان آن با شاخص فلاکت در ایران. حسابداری، امور مالی و هوش محاسباتی، (۱)۳، ۱۴-۱.

Apergis, N., Bulut, U., Ucler, G., and Ozsahin, S. (2021). The causal linkage between inflation and inflation uncertainty under structural breaks: Evidence from Turkey. The Manchester School, 89(3), 259-275.

Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. Journal of econometrics, 31(3), 307-327.

Brooks, C. (2014). Introductory econometrics for finance. UK: Cambridge University Press, 724p.

Caporale, G.M., Gil-Alana, L.A., and Poza, C. (2020). Persistence and long-memory in UK inflation: Implications for monetary policy. Journal of Finance and Economics, 27(1),439-454.

Caporale, G.M., Gil-Alana, L.A., and Poza, C. (2022). Inflation persistence in the G7 countries: Evidence from fractional integration. Journal of Economics and Finance, 46(1), 493-506.

Changotra, R., Rajput, H., Liu, B., and Murray, G. (2024). Occurrence, fate, and potential impacts of wood preservatives in the environment: Challenges and environmentally friendly solutions. Chemosphere, 352(1), 141291.

Davies, R.B. (1987). Hypothesis testing when a nuisance parameter is present only under the alternative. Biometrika, 74(1), 33-43.

Deaton, A., and Laroque, G. (1992). On the behaviour of commodity prices. The Review of Economic Studies, 59(1), 1-23.

Enders, W., and Lee, J. (2012). A unit root test using a Fourier series to approximate smooth breaks. Oxford bulletin of Economics and Statistics, 74(4), 574-599.

Engle, R.F. (1982). Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation. Econometrica, 50(4), 987-1007.

Gil-Alana, L.A., and Yaya, O.S. (2021). Testing fractional unit roots with non-linear smooth break approximations using Fourier functions. Journal of Applied Statistics, 48(13-15), 2542-2559.

Gilbert, C.L., and Morgan, C.W. (2010). Food price volatility. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 365(1554), 3023-3034.

Granger, C.W., and Joyeux, R. (1980). An introduction to long-memory time series models and fractional differencing. Journal of Time Series Analysis, 1(1), 15-29.

Munis, R.A., Camargo, D.A., da Silva, R.B.G., Tsunemi, M.H., Ibrahim, S.N. I., and Simões, D. (2022). Price Modeling of Eucalyptus Wood under Different Silvicultural Management for Real Options Approach. Forests, 13(3), 478.

Nelson, D.B. (1991). Conditional heteroskedasticity in asset returns: A new approach. Econometrica, 50(2), 347-370.

Niquidet, K., and Sun, L. (2011). Shock persistence in Canada's forest products markets. The Forestry Chronicle,87(04), 504-511.

Palma, W. (2007). Long-memory time series: theory and methods. New Jersey: John Wiley & Sons, 304p.

Pascalau, R., Thomann, C., and Gregoriou, G.N. (2011). Unconditional mean, volatility, and the FOURIER-GARCH representation. Financial Econometrics Modeling: Derivatives Pricing, Hedge Funds and Term Structure Models (pp. 90-106). London: Palgrave Macmillan UK.

Pindyck, R.S. (1990). Irreversibility, uncertainty, and investment. Journal of Economic Literature, 29(3), 1110-1148.

Rezvani, M., Pendar, M., Vafaei, E., and Atghaei, M. (2025). The Causal Relationship Between Inflation and Inflation Uncertainty in Iran Under Structural Breaks. Business, Marketing, and Finance Open, 2(6), 1-11.

Teterin, P., Brooks, R., and Enders, W. (2016). Smooth volatility shifts and spillovers in US crude oil and corn futures markets. Journal of Empirical Finance, 38(A), 22-36.

Tolbergen, A. (2021). Inflation persistence in Kazakhstan: Evidence from fractional integration. Macroeconomics and Finance in Emerging Market Economies, 17(3),1-20.

Usman, A.F., and Gil-Alana, L.A. (2025). Inflation persistence in the G7 countries: The impact of COVID-19 and the Russia-Ukraine war. Manchester School, 93(3), 281-288.

Zhou, X., Miyauchi, R., and Inoue, Y. (2022). Effect of wood attributes on the price persistence of acoustic guitars. Journal of Wood Science, 68(49), 1-15.

Management of Natural Ecosystems
Volume 6, Issue 1, Spring 2026, 36-45
http://emj.ardakan.ac.ir/article_736759.html

Analyzing Inflation Persistence and Uncertainty in Iran's Wood Products Market: A Fractional Integration Approach in the Presence of Structural Breaks

Mohammad Rezvani [*1]

CC BY

Research Article

1. Ph.D, Department of Agricultural Economics, Faculty of Economics and Agricultural Development, University of Tehran, Karaj, Iran.
m.rezvani67@ut.ac.ir
* Corresponding author

Article Code: 2602-1152
Countinus Pagination: 1295-1304

Received: 14 February 2026
Accepted: 12 June2026
Online: 19 June2026
Review speed: 119 days

Citation:
Rezvani, M. (2026). Analyzing Inflation Persistence and Uncertainty in Iran's Wood Products Market: A Fractional Integration Approach in the Presence of Structural Breaks. Management of Natural Ecosystems, 6(1), 36-45.

Abstract
Wood products, as strategic commodities derived from renewable resources, play a vital role in sustainable development and carbon sequestration. However, the Iranian wood market has recently experienced severe price fluctuations which may threaten the sustainability of forest ecosystems. This study aims to estimate the degree of fractional integration (d) in the inflation rate of the Producer Price Index (PPI) for the wood and wood products sector in Iran, as well as to evaluate uncertainty in this market. The novelty of the present studylies in applying a fractional integration approach with Fourier approximation (ARFIMA-Fourier), which allows the intrinsic persistence of variables to be disentangled from "spurious memory" caused by structural break. The data used in this study consist of the quarterly price index for the wood sector from Spring 2001 to Summer 2025, collected from the Statistical Center of Iran.First, the uncertainty time series was extracted. Next, the fractional integration parameter (d) was estimatedfor both inflation and uncertainty. The findings of the study showed that wood sector inflation, with a fractional integration coefficient of 0.486, is a stationary process with long memory, implying that price shocks in this market are transitory, but their return to the mean occurs very slowly. Market uncertainty also exhibits long memory, with a fractional integration coefficient of 0.346, indicating that uncertainty in this market remains persistent and that the effects of shocks do not fade rapidly. The significance of Fourier coefficients in the models confirmed the role of events such as the Forest Breathing Plan and exchange rate volatility as structural breaks affecting price persistence. Based on the findings of the study, high inflation persistence may shorten producers' planning horizons, increase incentives for illegal logging, and intensify pressure on natural habitats. High inflation persistence reduces producers' planning horizons and intensifies incentives for illegal logging; therefore, policies aimed at stabilizing inflation expectations should be prioritized.

Key Words:
Fractional Integration, Inflation Persistence, Long Memory, Structural Break, Wood Products.

DOI: 10.22034/emj.2026.2085381.1152
ISSN: 2821-0182