

۴- کدام سطح موجک مناسب تر است؟

این مقاله برای پاسخ به این سوالات با استفاده از روش موجک از بین موجک‌های متعامد هار، دابچیس، سیملتس، کواپلتس و دو متعامدی با طول موج حداکثر ۵ سطح، بهترین نوع، مرتبه و سطح موجک را به منظور هموارسازی چرخه‌های تجاری در ایران، طی دوره زمانی فصلی ۱۳۶۷-۱۳۹۶ با روش شبیه‌سازی گذشته‌نگر گذشته‌نگر (ex-post) و تحلیل همبستگی و استفاده از نرم‌افزار MATLAB مورد بررسی قرار می‌دهد.

نتایج تحقیق نشان می‌دهد که موجک bior2.2 دارای بالاترین کیفیت در تجزیه و هموارسازی چرخه‌های تجاری در ایران است. بر اساس این نتایج، سری لگاریتم تولید ناخالص داخلی فصلی که با استفاده از موجک bior1.1 در سطح ۲ تجزیه گردیده است، در میان تمام موجک‌ها بالاترین کیفیت در تجزیه و هموارسازی داده‌های اقتصادی را دارد. موجک‌های bior2.2_14, bior2.2_11, bior3.1_14, bior2.2_13 و bior3.1_15 در رتبه‌های دوم تا ششم قرار گرفته‌اند. همچنین بدون توجه به نوع موجک سطح ۴ بیشترین تکرار را در تمامی سطوح داشته است و از این حیث بهترین سطح تجزیه محسوب می‌شود. بر این اساس توصیه می‌شود در زمانی که از داده‌های سالیانه استفاده می‌شود، سطح موجک انتخابی پایین (حداکثر ۳) و اگر داده‌های ماهیانه و یا فصلی باشد، سطح موجک بالا (حداقل بیشتر از ۴) انتخاب گردد. همچنین برآورد چرخه‌های تجاری ایران نشان می‌دهد که در دوره‌ی تحقیق، تعداد ۱۶ چرخه‌ی تجاری وجود داشته است که بیشترین سال‌های رکود متوالی مربوط به سال‌های ۱۳۸۰-۱۳۸۱، ۱۳۸۷-۱۳۸۸ و ۱۳۹۱-۱۳۹۲ بوده است.

طبقه‌بندی JEL: E32, C22, C61

واژگان کلیدی: موجک، شبیه‌سازی، چرخه‌های تجاری، دابچیس، دو متعامدی

۱- مقدمه

پس از گذشت حدود یک قرن از اولین بررسی‌های علمی چرخه‌های اقتصادی، منازعات زیادی در خصوص علل پیدایش و چگونگی رفتار این متغیر مهم در حوزه اقتصاد وجود دارد. روش‌های سنتی تجزیه تحلیل چرخه‌های اقتصادی، مانند تجزیه تحلیل همبستگی و تجزیه تحلیل طیفی یا خیالی ویژگی اطلاعات تاریخی (تحولات زمانی) را در بررسی‌های خود لحاظ نمی‌کنند. لوکاس (۱۹۷۷) در مقاله «شناخت ادوار تجاری» نشان می‌دهد ادوار تجاری انحرافات تکرار پذیر تولید ناخالص داخلی حقیقی حول روند بلندمدت است. این دیدگاه موجب گردید روش‌های تعیین چرخه‌های تجاری رشد زیادی کنند (Lucas Jr, 1977). طی سال‌های اخیر، روش‌های تجزیه سری‌های زمانی و گسترش‌های خطی آن‌ها در چارچوب فیلترهای معروف نظیر هودریک-پرسکات^۶ (۲۰۰۲)، باندپس^۷ (۱۹۹۹) و موجک‌ها^۸ و تعمیم‌های آن‌ها به شدت مورد توجه قرار گرفته است. به طوری که در حال حاضر، تعیین و انتخاب روش مناسب از بین روش‌های تجزیه و هموار سازی سری زمانی کار دشواری شده است. این دشواری سبب گردیده است محققان به طور سلیقه ای از روش‌های فیلترینگ استفاده کنند. این در حالی است که اولین پرسش قبل از تعیین روش تجزیه و فیلترینگ، پاسخ به این پرسش است که اصولاً روند چیست؟ زمانی که محقق پاسخی برای این پرسش پیدا کند، در آن صورت می‌تواند روش پالایش و تجزیه سری زمانی را از بین بسیاری از روش‌ها انتخاب کند و یا در این حالت حداقل سطح خطای تحقیق را کاهش دهد.

بررسی‌های نظری نشان می‌دهد روش موجک ابزار ریاضی مناسبی برای تجزیه سیگنال‌ها و نمایش آن‌ها در سطوح مختلف است. در این روش دامنه فرکانس یک سری زمانی، در زمان‌های متفاوت و با نمایش‌های متفاوت قابل بررسی است. از نظر رمزی (۱۹۹۹ و ۲۰۰۲)، این روش، ابزاری مناسب برای بررسی چرخه‌های اقتصادی است (Ramsey, 1999, 2002). در عین حال، روش موجک دارای مرتبه موج‌ها و ابزار متفاوت برای هموارسازی سری است. مطالعات نشان داده است که موجک‌های متعامد شامل هار^۹، دابچیس^{۱۰}، سیملتس^{۱۱}، کو ایفلتس^{۱۲}، دو متعامدی^{۱۳} جزء بهترین نوع از موجک‌ها هستند؛ اگرچه تعداد زیادتری از موجک‌های غیرمتعامد نیز تعریف شده است. از طرفی هر نوع موجک خود به مرتبه موج‌های متفاوتی تقسیم می‌شوند که برای موجک هار

⁶ Hodrick-prescott Filter

⁷ Band-Pass Filter (Baxter and King, 1999)

⁸ Wavelets

⁹ Haar

¹⁰ Daubechies

¹¹ Symmelets

¹² Coiflets

¹³ Biorthogonal

یک مرتبه، برای موجک دابچیس نه مرتبه، برای موجک سیملتس هفت مرتبه، برای موجک کویفلتس پنج مرتبه و برای موجک دومتعامدی پانزده مرتبه تعریف شده است. با توجه به این مطلب که هرکدام از مرتبه‌های موجک خود می‌تواند به‌عنوان یک موجک تلقی شود، به‌تنهایی برای موجک‌های متعامد، سی‌وهفت نوع موجک قابلیت انتخاب شدن دارند. از طرفی برای هر نوع از موجک می‌توان تا ده سطح تجزیه سازی انجام داد که هر سطح از تجزیه سازی به شکلی فرایند روند اقتصادی را به شکل مختلفی نشان می‌دهد و این یعنی اینکه یک سری می‌تواند به سیصد و هفتاد سری تجزیه شود. به لحاظ اقتصادی این مطلب به این معنی خواهد بود که برای بررسی یک سری زمانی مانند تولید ناخالص داخلی می‌توان ۳۷۰ نوع فرمول چرخه اقتصادی تعریف کرد که مسلماً هر کدام نتایج و تفسیر متفاوتی را خواهد داشت. این امر در برنامه ریزی‌های کوتاه مدت و بلندمدت اقتصادی دارای حساسیت زیادی است. با توجه به این مطلب که هیچ‌گونه تحقیقی در زمینه‌ی برتری نوع موجک در کارهای اقتصادی انجام نشده است، بسیاری از مطالعات انجام شده به دلیل کم توجهی به سوالات زیر اگرچه ارزشمند با خطا همراه هستند.

۱- تعریف از روند و چرخه چیست؟

۲- مناسب ترین نوع موجک کدام است؟

۳- کدام مرتبه موجک مناسب تر است؟

۴- کدام سطح موجک مناسب تر است؟

این مقاله برای پاسخ به این سوالات با استفاده از روش موجک از بین موجک‌های متعامد با طول موج حداکثر ۵ سطح، بهترین نوع، مرتبه و سطح موجک را به منظور هموارسازی چرخه‌های تجاری در ایران، طی دوره زمانی فصلی ۱۳۹۶-۱۳۶۷ با روش شبیه سازی گذشته نگر و استفاده از نرم افزار MATLAB مورد بررسی قرار می‌دهد. برای بررسی این موضوع ساختار مقاله در پنج بخش تنظیم شده است. پس از مقدمه در بخش دوم ادبیات پژوهش ارایه می‌گردد. در این قسمت در ابتدا تعریف دقیقی از چرخه و روند اقتصادی ارایه می‌شود و سپس به مبانی نظری موجک و انواع موجک و پیشینه مطالعات اشاره می‌شود. در بخش سوم روش پژوهش و داده‌ها بررسی می‌شود. سپس در بخش چهارم یافته‌های پژوهش مورد بررسی قرار گرفته و در بخش پنجم نتیجه گیری و پیشنهادها ارائه خواهد شد.

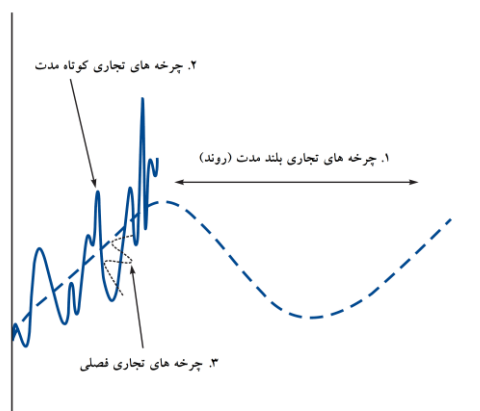
۲- ادبیات پژوهش

۲-۱- مفهوم چرخه و روند اقتصادی

کورنو^{۱۴}، اقتصاددان فرانسوی، بیان کرد که «لازم است تغییرات روند که مستقل از تغییرات دوره‌ای هستند، تشخیص داده شوند». به بیان دیگر، باید گرایش درازمدت از چرخه‌های کوتاه‌مدت تمیز داده شود. این روش در شکل ۱ نشان داده شده است. براساس این شکل سه نوع چرخه بلندمدت، کوتاه‌مدت و فصلی تفکیک شده است. چرخه درازمدت (که کورنو به آن «تغییرات سکولار»^{۱۵} می‌گوید) با خط نقطه‌چین نشان داده شده است. این چرخه در مرکز مکانیسم چرخه‌ها، در قالب دوره‌ی بلندمدت و روند تعریف می‌شود. چرخه‌های درازمدت که به وسیله تغییر فنی، اقتصادی یا منطقه‌ای به وجود می‌آیند؛ از اهمیت زیادی برخوردار هستند؛ زیرا آشکارسازی و تفکیک این نوع چرخه‌ها کار دشواری است (Stopford, 2009). نظریه‌ی چرخه‌های بلندمدت اقتصادی توسط اقتصاددان روسی، نیکولای کاندراتیف^{۱۶}، ابداع شد. وی بحث کرد که در کشورهای غربی بزرگ، بین سال‌های ۱۷۹۰ و ۱۹۱۶، سه دوره رونق و رکود در فعالیت اقتصادی وجود داشته که حدود پنجاه سال به‌طور میانگین طول کشیده است. طول قله چرخه تا دره چرخه ۲۰ تا ۳۰ سال برآورد گردیده و طول دره تا دره تقریباً ۵۰ سال محاسبه شده است (Stopford, 2009).

شکل ۱: تقسیم چرخه‌های تجاری بلندمدت، کوتاه‌مدت و فصلی

Figure 1. Divide long-term, short-term and seasonal business cycles



Source: Stopford, 2009

مأخذ: استوپفورد (۲۰۰۹)

¹⁴Cournot

¹⁵Secular Variations

¹⁶Nikolai Kondratieff

بلافاصله بعد از کاندرا تیف، شومپتر (۱۹۵۴) با بررسی آمار مورد استفاده کاندرا تیف، بحث کرد که چرخه‌های بلندمدت می‌تواند ناشی از تغییرات نوآوری فنی باشد. وی بحث کرد که دوره رونق اول کاندرا تیف (۱۸۱۳-۱۷۹۰) به میزان زیادی به خاطر نفوذ قدرت بخار، دومی (۱۸۷۴-۱۸۴۴) به خاطر رونق راه‌آهن و سوم (۱۹۱۶-۱۸۹۵) به خاطر اثرات موتور و برق بود. رونقی که در دهه ۱۹۵۰ شروع شد را می‌توان به ترکیبی از نوآوری‌های عمده در صنایع شیمیایی، هواپیمایی و صنایع الکترونیک، نسبت داد (Schumpeter, 1954). همچنین در این زمینه، تاریخ‌دان فرانسوی، فرناند برودل، چرخه‌های طولانی‌تری که یک قرن یا بیشتر طول می‌کشد و قله آن در اقتصاد اروپا در ۱۳۱۵، ۱۶۵۰، ۱۸۱۷ و ۱۹۷۳ میلادی رخ داده است، را شناسایی کرده است (Braudel, 1979). برخلاف کاندرا تیف این تحلیل با چرخه‌های بلندمدت و یا روند تطابق بیشتری دارد (Stopford, 2009).

مؤلفه دوم، چرخه کوتاه‌مدت است که به آن «چرخه تجاری»^{۱۷} گفته می‌شود؛ معمول‌ترین و مهم‌ترین نوع چرخه در اقتصاد محسوب می‌شود. در شکل ۱، این چرخه‌های کوتاه بر روی روند بلندمدت، نشان داده شده‌اند. این چرخه‌ها به سمت بالا و پایین چرخه بلندمدت، نوسان می‌کنند و قله به قله آن به‌طور کامل می‌تواند از ۳ تا ۱۲ سال ماندگار باشد (Stopford, 2009). تحقیق در زمینه‌ی چرخه‌های اقتصادی کوتاه‌مدت در اوایل قرن نوزدهم بعد از «بحران‌های» شدید در اقتصاد انگلستان در سال‌های ۱۸۱۵، ۱۸۲۵، ۱۸۳۹-۱۸۳۶، ۱۸۴۷، ۱۸۴۸، ۱۸۵۷ و ۱۸۶۶ شروع شد. ناظران به این نتیجه رسیدند که این «بحران‌ها» قسمتی از یک مکانیسم شبیه به موج در اقتصاد را تشکیل دادند و سپس آن را چرخه نامیدند^{۱۸}. این چرخه‌های کوتاه‌مدت، بالا و پایین می‌روند، و دیدن آن‌ها آسان و درواقع واضح است. باین‌وجود، این افراد نیز از «دوره‌ای بودن» چرخه‌های کوتاه‌مدت سخن گفته‌اند. برای مثال، بانک دار قرن نوزدهم، اورستون^{۱۹}، اذعان کرد که «وضعیت تجارت ظاهراً در یک چرخه پابرجا از خاموشی^{۲۰}، بهبود^{۲۱}، شکوفایی^{۲۲}، هیجان^{۲۳}، بیش‌ازاندازه^{۲۴}، آشفتگی^{۲۵}، فشار^{۲۶}، رکود^{۲۷} و پریشانی^{۲۸}» تناوب پیدا می‌کند (Schumpeter, 1954). در این نظریه‌ی دوره‌ای بودن،

¹⁷ Business Cycle

¹⁸ البته به نقل از شومپتر واژه چرخه (Cycle) اولین بار توسط پتی (۱۶۶۲) به‌کارگرفته شد.

¹⁹ Overstone

²⁰ Quiescence

²¹ Improvement

²² Prosperity

²³ Excitement

²⁴ Overtrading

²⁵ Convulsion

²⁶ Pressure

²⁷ Stagnation

²⁸ Distress

نیازی نیست که چرخه‌ها طول برابر داشته باشند. همچنین هیرشمن (۱۹۶۴)، معتقد است که هر تغییر ضرورتاً تعادل نیروهای بلندمدت را مختل نمی‌کند و بیان می‌کند که خطر زمانی جدی است که تغییراتی افراطی منجر به نتایج غیرقابل جبران بر روی برخی از عوامل اقتصادی گردد. به خصوص، تولیدکنندگان محصولات واسطه‌ای ممکن است به علت بی‌ثباتی موجود در تولید کالاهای اولیه، از تولید و تجارت مایوس شده، در نتیجه باعث از دست دادن مزیت نسبی در تولید کالاهای ثانویه شوند. بدین ترتیب، حتی ممکن است تولیدکننده‌های کالاهای اولیه در کشورهای پیشرفته، اقدام به جایگزینی این کالاها کنند. لذا با این فرض که روند شناخته‌شده است، نوسان را معادل انحراف افراطی از روند تلقی می‌کند (Hirschman, 1964). همچنین کوپاک (۱۹۶۲) اعتقاد داشت از آنجاکه هدف فعالیت‌های اقتصادی استفاده از منابع تغییر یافته در جهت رسیدن به نیازها است، همه تغییرات نمی‌تواند نامطلوب و ناخواسته فرض شود. به همین دلیل، وی معتقد است که باید بین نوسانات مفید و نوساناتی که مشکل‌زا هستند، تفاوت قائل شد. بدین ترتیب، وی بحث می‌کند که از بی‌ثباتی نباید به هر انحرافی از یک مسیر ثابت تلقی شود، بلکه انحراف بیش‌ازحد نرمال- که مقادیر نرمال معمولاً مقادیر خط روند می‌باشند- مدنظر است. این ادعای وی مشخص می‌کند که تعریف دقیق از چرخه مستلزم قضاوت صحیح در مورد واژه‌هایی مثل افراط، تفریط و عادی است که اغلب محققان در مورد مباحث مربوط به چرخه‌ها از آن‌ها استفاده کرده‌اند (Coppock, 1962). نادسن و پارس (۱۹۷۵)، معتقدند که تغییرات دارای سه جزء تغییرات دائمی، زودگذر و پیش‌بینی‌شده می‌باشند که البته همه‌ی این تغییرات جزء چرخه و نوسان محسوب نمی‌شوند. این دو معتقدند که تغییرات قابل پیش‌بینی و یا برنامه‌ریزی‌شده در تغییرات چرخه بلندمدت و یا روند، آورده نمی‌شود. در عوض بیان می‌کنند که تنها با مشاهده‌ی رفتار مردم قادر خواهیم بود که مشخص کنیم کدام تغییرات، قابل پیش‌بینی و یا برنامه‌ریزی‌شده هستند. آن‌ها اعتقاد دارند که اجزای زودگذر و پیش‌بینی‌نشده، مفهوم نااطمینانی را در برداشته و معادل نوسان هستند (Knudsen & Parnes, 1975). لاوسن و تئوبالد (۱۹۷۶)، مفهوم چرخه‌های اقتصادی را نه برحسب اطمینان و قابلیت پیش‌بینی، بلکه برحسب اثر رکودی نوسان مطرح می‌کنند. با در نظر گرفتن تصحیح‌های چرخه بلندمدت، آن‌ها معتقدند که مشخص نیست که آیا باید وزن‌های یکسان و مشخص به انحرافات مثبت و منفی داد یا خیر؟ درواقع آن‌ها نظر می‌دهند که در مفهوم چرخه‌ها، انحرافات منفی وجود داشته و از انحرافات مثبت بایستی صرف‌نظر کرد (Lawson & Theobald, 1976). از دیدگاه کولیر و همکاران (۱۹۹۷)، نوسان به تسلسل و توالی بین کمبودها و مازادها اطلاق می‌گردد. به عبارت دیگر چرخه، نوسان کاهنده یا فزاینده یک متغیر، حول مقادیر بلندمدت خود است. لذا

در صورتی که اجزای یک متغیر را دائمی، گذرا و غیرقابل مشاهده باشد، اساس چرخه جزء دوم و سوم است (Collier, Guillaumont, Guillaumont, & Gunning, 1997). در نهایت، چرخه‌های فصلی هستند. این چرخه‌ها نوسانات منظم در سال هستند. برای مثال، در حمل‌ونقل دریایی بازار خشک بار اغلب در طی ماه‌های جولای (تیر و مرداد) و اوت (مرداد و شهریور) ضعیف است. به‌طور مشابه، چرخه‌های فصلی در تجارت نفت برای زمستان در نیم‌کره شمالی وجود دارد. همچنین، بعضی از مواد غذایی و مواد خام اولیه، به‌طور خاص در دوره‌های فصلی، بی‌ثباتی زیادی دارند. در مورد محصولات کشاورزی سالانه، نوسانات عرضه ممکن است ناشی از اثر تارنکبوتی باشد. همچنین آفت‌های سالانه، امراض گیاهی و تغییرپذیری آب و هوایی، اغلب تغییرات شدیدی را در عرضه محصولات کشاورزی به‌وجود می‌آورند. نوسانات فصلی از نظر اقتصادی اهمیتی قابل‌توجهی ندارند و اغلب در آمارهای سالیانه تعدیل فصلی صورت می‌گیرد (Stopford, 2009).

همان‌طور که بیان شد، سه نوع چرخه بلندمدت، کوتاه‌مدت و فصلی تعریف شده است. توجه شود بی‌ثباتی‌های روزانه، هفتگی، ماهانه و فصلی جزء چرخه‌ها تعریف نمی‌شوند و در صورت تفکیک این گونه نوسانات، می‌بایست به داده‌های سالانه تبدیل شوند تا مفهوم چرخه پیدا کنند. چرخه‌های فصلی که در حقیقت ناشی از نوسانات روزانه یا ماهانه‌ی مربوط به یک فصل خاص هستند، چرخه‌های مشخصی هستند که در طول هر فصل اتفاق می‌افتند و بر همین اساس از نظر اقتصادی دارای اهمیت نیستند. لذا در صورت استفاده از داده‌های سالیانه، با استفاده از تعدیلات فصلی این چرخه‌ها از آمار اقتصادی حذف می‌شوند. از طرفی مهم‌ترین ویژگی چرخه‌های بلندمدت، وجه تفکیک و تعریف آن است. لذا اگرچه بیان می‌شود که چرخه بلندمدت در حقیقت جزء روند متغیر است، اما تعریف از «روند» همان‌طور که در بالا اشاراتی گردید، می‌تواند متفاوت باشد. اهمیت چرخه بلندمدت، زمانی آشکارتر می‌شود که تعریف ما از چرخه کوتاه‌مدت، نوسان حول چرخه بلندمدت است. لذا براساس اینکه روند یک متغیر چگونه تعریف و استخراج می‌شود، بر چرخه کوتاه‌مدت تأثیر می‌گذارد. بر این اساس اینکه از چه نوع موجکی و چه سطحی استفاده شود، تعریف چرخه‌ی بلند مدت را تغییر داده و لذا چرخه‌ی کوتاه مدت مستخرج از آن نیز تغییر می‌کند. اهمیت انتخاب دقیق نوع، مرتبه و سطح موجک در اینجا مشخص می‌شود.

۲-۲- مبانی نظری موجک

در سال ۱۸۲۲ ریاضیدان و فیزیکدان فرانسوی، جان باپتیست جوزف فوریه^{۲۹} در کتاب نظریه تجزیه‌ی حرارت نشان داد که هر تابع دوره‌ای (سیگنال) می‌تواند به صورت مجموعه‌ی بی‌نهایتی از توابع نمایی پیچیده دوره‌ای تعریف شود (ÖZGÖNENEL, ÖZBİLGİN, & KOCAMAN, 2004). گراپس^{۳۰} (۱۹۹۵) نشان داد تجزیه موجک، مانند تبدیل فوریه، مجموعه‌ای سیگنالی از توابع مبنا که در آن تنها توابع سینوسی و کسینوسی استفاده شده است، نیست. تجزیه‌ی موجک شامل مجموعه‌ای بینهایت از توابع مبنایی امکان‌پذیر است که در آن، دسترسی سریع به اطلاعات بر خلاف سایر روش‌ها وجود دارد. از این رو بر پایه‌ی آنالیز فوریه، آنالیز موجک می‌تواند به صورت تجزیه‌ی سری‌های زمانی، در مقیاس‌های زمانی مختلف یا افق‌های زمانی متفاوت تجزیه گردد (In, Kim, Marisetty, & Faff, 2008). در حالی که، سایر روش‌های آماری، فقط قلمرو زمان یا قلمرو فرکانس را برای تحلیل سری‌های زمانی مالی در نظر می‌گیرند. این ویژگی موجب شده است آنالیز موجک فرکانس زمانی، در مدل‌سازی سری‌های زمانی اقتصادی و مالی در سطح گسترده‌ای مورد استفاده قرار گیرد (Gençay, Selçuk, & Whitcher, 2001). در آنالیز موجک، سیگنال به صورت ترکیب خطی از توابع موجک نشان داده می‌شود (Cifter & Ozun, 2007).

بر اساس طول داده‌ها، دو موج اصلی موجک‌ها وجود دارد. اولین موج، تبدیل موجک پیوسته (CWT)^{۳۱} است که برای کار با سری‌های زمانی تعریف شده و بر روی محور حقیقی کامل طراحی شده است. موجک دوم، تبدیل موجک گسسته (DWT)^{۳۲} است. این موجک ممکن است برای جداسازی و آزمایش عمق یک سری در فرکانس‌های متفاوت مطالعه شود (Conlon, Crane, & Ruskin, 2008). در این زمینه موجک‌ها به دو نوع تقسیم می‌شوند: موجک پدر^{۳۳} (φ) و موجک مادر^{۳۴} (ψ) (Gençay et al., 2001).

این موجک‌ها به صورت زیر تعریف می‌شوند:

²⁹ Jean Baptiste Joseph Fourier

³⁰ Graps

³¹ Continuous Wavelet Transformation

³² Discrete Wavelete Transformation

³³ Father Waveletes

³⁴ Mother Waveletes

$$\int \psi(t) dt = 0 \quad (1)$$

$$\int \varphi(t) dt = 1$$

قسمت‌های صاف و با فرکانس کم یک سیگنال، با استفاده از موجک پدر نشان داده می‌شود و موجک مادر، به منظور نشان دادن قسمت‌ها با جزئیات بیشتر و با فرکانس بالا استفاده می‌شود. موجک‌های پدر و مادر، به ترتیب به صورت رابطه‌ی (۲) و (۳) نشان داده می‌شود.

$$\varphi_{j,k}(t) = 2^{-\frac{j}{2}} \varphi\left(\frac{t-2^j k}{2^j}\right) \quad (2)$$

$$\psi_{j,k}(t) = 2^{-\frac{j}{2}} \psi\left(\frac{t-2^j k}{2^j}\right) \quad (3)$$

توابع موجک تقریب زننده، $\varphi_{j,k}$ و $\psi_{j,k}$ نسخه‌های ترجمه شده و مقیاس بندی شده‌ی φ و ψ هستند که در آن 2^j فاکتور مقیاس یا اتساع است. تخمین سری موجک متعامد به یک سیگنال $f(t)$ به صورت رابطه‌ی (۴) به دست می‌آید.

$$f_j(t) = \sum_k S_{j,k} \varphi_{j,k}(t) + \sum_k d_{j,k} \psi_{j,k}(t) + \dots + \sum_k d_{l,k} \psi_{l,k}(t) \quad (4)$$

در این رابطه z تعداد مقیاس‌های چند تحلیلی و k دامنه‌ای از یک تا تعداد ضرایب در اجزاء متناظر است. همچنین، ضرایب جزئیات^{۳۵} $(d_{j,k}, \dots, d_{l,k})$ ، نوسانات فرکانس بالاتر را در نظر می‌گیرند و انحرافات مقیاس ریز روند^{۳۶} را به صورت رابطه‌ی (۵) نشان می‌دهند. ضرایب سطح صاف $(S_{j,k})$ رفتار روند را می‌گیرند و به صورت رابطه‌ی (۶) محاسبه می‌کند:

$$d_{j,k} = \int \psi_{j,k}(t) f(t) dt \quad j = 1, \dots, J \quad (5)$$

$$s_{j,k} = \int \varphi_{j,k}(t) f(t) dt \quad (6)$$

که در آن $s_{j,k}$ نشانگر ضرایب صافی^{۳۷} یا ضرایب تخمین^{۳۸} $d_{j,k}$ ضرایب جزئیات یا موجک هستند.

تقریب سری موجک از یک سیگنال اصلی $f(t)$ ، به صورت رابطه‌ی (۷)، از بخش‌های سیگنال جزئیات و سیگنال صاف تشکیل شده است:

³⁵ Detail

³⁶ Trend

³⁷ Smoothness Coefficients

³⁸ Approximation Coefficients

$$f(t) \approx S_J(t) + D_J(t) + D_{J-1}(t) + \dots + D_1(t) \quad (7)$$

در رابطه‌ی فوق $S_J(t)$ و $D_J(t)$ به صورت رابطه‌ی (۸) و (۹) تعریف می‌شوند.

$$S_J(t) = \sum_k s_{J,K} \phi_{J,K}(t) \quad (8)$$

$$D_J(t) = \sum_k d_{J,K} \psi_{J,K}(t) \quad (9)$$

عبارات موجود در رابطه‌ی (۷) یک تجزیه‌ی سیگنال در اجزاء سیگنال متعامد $S_J(t) + D_J(t) + D_{J-1}(t) + \dots + D_1(t)$ در مقیاس‌های مختلف نشان می‌دهد. تخمین رابطه‌ی (۵) یک تجزیه چند تحلیلی ³⁹(MRD) نامیده می‌شود. بنابراین، هر نقطه می‌تواند به عنوان مجموعه‌ای از جزئیات موجک و سطح صاف موجک، بر روی مقیاس‌های زمانی مختلف تجزیه شود، ضرایب سطح صاف عمدتاً رفتار روند داده‌ها را تسخیر می‌کنند، در حالی که ضرایب جزئیات، انحراف از رفتار روند را برای مقیاس‌های ریز نشان می‌دهند.

هنگامی که سری زمانی در J سطح تجزیه می‌شود، اگر داده‌ها به صورت روزانه باشند، سطح ۱ نوسانات ۲ تا ۳ روزه، سطح ۲ نوسانات ۴ تا ۹ روزه، سطح ۳ نوسانات ۸ تا ۲۷ روزه و سطح J نوسانات 2^J تا 3^J را نشان می‌دهد. این تحلیل برای داده‌های هفتگی، ماهانه، فصلی و سالانه نیز برقرار است (Gençay et al., 2001). فرناندز (۲۰۰۶) نشان می‌دهد عادی‌ترین موجک‌های استفاده شده، موجک‌های متعامد هستند (Fernandez, 2006).

برای این منظور به بررسی و تقسیم بندی موجک‌های متعامد هار، دابچیس، سیملتس، کو ایفلتس، دو متعامدی پرداخته می‌شود. از دیگر انواع موجک نیز می‌توان به fbsp^{48} ، shan^{47} ، cgau^{46} ، morl^{45} ، mexh^{44} ، gaus^{43} ، dmeyr^{42} ، Meyr^{41} ، rbior^{40} ، cmor^{49} نام برد. این موجک‌ها مورد بررسی قرار نگرفته‌اند.

۲-۳- مروری بر پیشینه مطالعات

در این قسمت پیشینه‌ی مطالعات داخلی و خارجی در مورد مزیت‌های موجک و استفاده آن در تحقیقات اقتصادی و همچنین تأثیر قدرت آن بر پیش بینی بازارهای

³⁹ Multi-Resolution Decomposition

⁴⁰ Reverse biorthogonal wavelets

⁴¹ Meyer wavelet

⁴² Discrete approximation of Meyer wavelet

⁴³ Gaussian wavelets

⁴⁴ Mexican hat wavelet

⁴⁵ Morlet wavelet

⁴⁶ Complex Gaussian wavelets

⁴⁷ Shannon wavelets

⁴⁸ Frequency B-Spline wavelets

⁴⁹ Complex Morlet wavelets

مالی و غیر مالی مورد بررسی قرار می‌گیرد و در انتها نوآوری مقاله‌ی حاضر نسبت به این تحقیقات اشاره می‌شود.

رمزی و ژانگ (۱۹۹۷) نیز سیگنال‌های اصلی نرخ ارز را بررسی کرده‌اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که تجزیه و تحلیل موجی داده‌های همسان تنها در فرکانس‌های بسیار پایین (دوره‌های بزرگ‌تر از دو ساعت)، قابل بررسی است (Ramsey & Zhang, 1997). رمزی و لمپارت (۱۹۹۸) در نخستین مطالعه تجربی خود رابطه بین عرضه پول و درآمد اسمی و در دومین مطالعه رابطه بین درآمد و مخارج را بررسی کردند (Ramsey & Lampart, 1998). نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که در حوزه متغیرهای مجموع زمانی، توانایی رگرسیون معیار شده بر اساس موجک از رگرسیون معمولی بیشتر است. رمزی (۱۹۹۹) با استفاده از روش موجک سری زمانی داده‌های مالی و اقتصادی آمریکا را بررسی کرده است و تکامل درک انسان از پیش بینی را از این طریق توضیح داده است (Ramsey, 1999).

یاو و همکاران (۲۰۰۰) با استفاده از روش شبکه‌های عصبی و تبدیل موجک برای پیش بینی کوتاه مدت تقاضای برق نشان می‌دهند که تبدیل موجک روش مفیدتری برای پیش بینی چرخه‌های تقاضا است (Yao, Song, Zhang, & Cheng, 2000). هنگ، هانگ و کائو (۲۰۰۰) با استفاده از روش موجک، همبستگی سریالی ناشی از شکل مجهول مدل‌های پانل برای آمریکا را بررسی کردند. این مطالعه با استفاده از نوع جدیدی از آزمون‌های موجک، همبستگی سریالی جملات اختلال را با استفاده از برآورد مدل جزء خطا (جزء خطای یک طرفه یا دو طرفه) بررسی کرده است. نتایج مطالعه نشان می‌دهد رگرس کننده‌ها ممکن است دارای وقفه متغیر وابسته یا متغیرهای روند تصادفی و قطعی باشند. همچنین اثرات همبستگی جمله اختلال فردی و زمانی (ثابت یا تصادفی) باشند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد آزمون‌های جدید در نمونه‌های کوچک و محدود در مقایسه با برخی آزمون‌های متداول موجود برای مدل‌های پانل به خوبی اجرا می‌شوند و می‌توانند به عنوان یک روش ارزیابی مؤثر برای مدل‌های پانل به کار گرفته شوند (Hong & Kao, 2004). آروما و الفازان (۲۰۰۱) برای پیش بینی سری زمانی شاخص سهام عربستان سعودی در طول دوره (۱۹۹۴-۱۹۹۹) روش موجک را به کار گرفته‌اند. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد، خطاهای پیش بینی شده هنگام استفاده از اولین شاخص نویز برای آستانه نرم (با فرض نویز سفید) کاهش می‌یابد (Alrumaih & Al-Fawzan, 2002). ژانگ و دونگ (۲۰۰۱) با به‌کارگیری روش تبدیل موجک برای پیش بینی کوتاه مدت در استرالیا، نشان داده‌اند که این مدل نسبت به مدل‌های خطی نتایج بهتری ارائه می‌کند (Zhang & Dong, 2001). کیم و همکاران (۲۰۰۲) با استفاده از شبکه‌های عصبی و تبدیل موجک برای پیش بینی کوتاه مدت تقاضای برق کره جنوبی نشان می‌دهند این

مدل‌ها برای پیش بینی کوتاه مدت ابزار کارآمد و موثری‌اند (C.-i. Kim, Yu, & Song, 2002). لی (۲۰۰۲) با استفاده از روش موجک، اثر گسترش نوسانات در بازارهای سهام (۱۹۹۵-۲۰۰۲) را بررسی کرده‌اند. این مقاله با استفاده از روش موجک گسسته، قیمت و اثر گسترش نوسانات بازارهای سهام، پویایی و تعامل بالقوه رفتار بازارهای سهام بین‌المللی را بررسی کرده است (Lee, 2002). جنسای و همکاران (۲۰۰۳) برای محاسبه ریسک سیستماتیک سهام بورس آمریکا، از آنالیز موجک استفاده کرده‌اند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد رابطه‌ی بین بازده سهام و بتا با افزایش مقیاس قوی‌تر می‌شود. بنابراین، پیش بینی مدل قیمت‌گذاری دارایی سرمایه‌ای (CAPM)^{۵۰} در افق‌های میان مدت و بلندمدت مناسب‌تر است (Gençay, Selçuk, & Whitcher, 2003). کیم و این (۲۰۰۵) رابطه بین تورم و بازده سهام در استرالیا را در یک دوره ۱۲۸ ماهه (دوره‌های کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت) با استفاده از رویکرد جدید موجک بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد رابطه بین تورم و بازده سهام در کوتاه مدت (یک ماه) و بلندمدت (۱۲۸ ماه) مثبت است در حالی که در میان مدت منفی است (S. Kim & In, 2005). شریف ریحان و همکاران (۲۰۰۵) با استفاده از روش فیلتر موجک ادوار تجاری را بررسی کرده‌اند. این روش قادر است سری زمانی ناپایا را نیز بررسی کند. این روش علاوه بر زمان شوک‌های ایجادکننده ادوار تجاری، شرایط تناوب ادوار تجاری را نیز شناسایی و بررسی می‌نماید (Raihan, Wen, & Zeng, 2005). بن‌امو و بن‌مبارک (۲۰۰۷) با استفاده از آنالیز موجک رابطه‌ی بین بازده سهام و ریسک سیستماتیک در مدل قیمت‌گذاری دارایی سرمایه‌ای، در بازار سهام فرانسه را بررسی کرده‌اند. نتایج این تحقیق نشان داد رابطه‌ی بین بازده سهام و سطح ریسک سیستماتیک در بلندمدت و کوتاه مدت شدیدتر است (Rhaeim, Ammou, & Mabrouk, 2007). یوگو (۲۰۰۸) ادوار تجاری آمریکا را با استفاده از روش موجک به صورت چند نمایشی^{۵۱} (۲۰۰۲-۱۹۴۷) بررسی کرده‌اند. تجزیه و تحلیل آن‌ها تجزیه سری زمانی اقتصادی به اجزاء مختلف فرکانس‌ها شامل روند بلندمدت، جزء چرخه تجاری و نویز فرکانس بالا است. این مقاله، روش مذکور برای تولید ناخالص ملی واقعی و تورم نشان می‌دهد که جزء چرخه تجاری از سری زمانی فیلتر شده توسط موجک شباهت زیادی با سری زمانی فیلتر شده توسط فیلتر تقریبی باندپس دارد (Yogo, 2008). اندرسون (۲۰۰۸) سیاست پولی و تورم را با استفاده از تجزیه تحلیل موجک (۲۰۰۸-۱۹۶۳) بررسی کرده است (Andersson, 2008). آسمانچر و گرلاچ (۲۰۰۸) رابطه بین پول و تورم قیمت مصرف‌کننده را در افق‌های زمانی مختلف بررسی کردند و دریافتند رابطه بلندمدت باثبات است ولی رابطه کوتاه مدت و

⁵⁰ Capital Asset Pricing Model

⁵¹ Wavelet Multi Resolution Analysis

میان مدت بی‌ثبات است (Assenmacher-Wesche & Gerlach, 2008). کوین دود و همکاران (۲۰۱۱) روش‌های موجک را برای تخمین هسته تورم ایالات متحده آمریکا در طول دوره ۱۹۶۷-۲۰۰۲ پیشنهاد کردند (Dowd & Cotter, 2006). نتایج مقاله نشان می‌دهد اندازه‌گیری در روش موجک بهتر از روش‌های سنتی است. گالگاتی (۲۰۱۲) برای آزمون واگیری بازار مالی در طول بحران مالی سال ۲۰۰۷ برای آمریکا از رویکرد مبتنی بر موجک استفاده کرده است (Gallegati, 2012). هداس-دیدچا (۲۰۱۶)، به بررسی قدرت پیش بینی موجک برای تولید ناخالص داخلی کشور لهستان و سایر کشورهای اروپایی پرداخته است. وی برای بررسی از موجک دایچیس استفاده می‌کند و با روش‌های سری زمانی ادغام می‌کند (Hadas-Dyduch, Pietrzak, & Balcerzak, 2016). شفافی و کیسی (۲۰۱۶)، به بررسی پیش بینی میزان بارش دریاچه استفاده کرده است. برای این منظور وی از مدل‌های ARIMA، سیستم انطباق فازی ترکیبی (ANFIS) و رگرسیون برداری پشتیبانی (SVR) با ترکیب موجک استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که مدل‌های یکپارچه، در مقایسه با مدل‌های تک، دقت بیشتری در پیش بینی سطح بارش دریاچه در منطقه مطالعه دارند (Shafaei & Kisi, 2016). همانطور که در بالا اشاره شده است، روش‌های تجزیه سری‌های زمانی و گسترش‌های خطی آن‌ها در چارچوب فیلترهای معروف نظیر هودریک-پرسکات، باندپس و موجک‌ها و تعمیم‌های آن‌ها به شدت مورد توجه قرار گرفته است. در حالی که اولین پرسش قبل از تعیین روش تجزیه و فیلترینگ، پاسخ به این پرسش است که اصولاً روند چیست؟ زمانی که محقق پاسخی برای این پرسش پیدا کند، در آن صورت می‌تواند روش پالایش و تجزیه سری زمانی را از بین بسیاری از روش‌ها انتخاب کند و یا در این حالت حداقل سطح خطای تحقیق را کاهش دهد. در حال حاضر، تعیین و انتخاب روش مناسب از بین روش‌های تجزیه و هموار سازی سری زمانی کار دشواری شده است. این دشواری سبب گردیده است محققان به طور سلیقه‌ای از روش‌های فیلترینگ استفاده کنند. این تحقیق درصدد پیدا کردن بهترین موجک در بین انواع و اقسام موجک‌های مورد استفاده در تحقیق‌های سری زمانی دارد که در تحقیق‌های قبل به آن توجه نشده است.

۳- روش پژوهش

این پژوهش با استفاده از موجک‌های هار، دایچیس، سیملتس، کویفلتس و دو متعامدی تا سطح پنج، داده‌های فصلی لگاریتمی تولید ناخالص داخلی کشور را طی دوره زمانی (۱۳۹۶-۱۳۶۷) و نرم افزار MATLAB تجزیه و هموار سازی می‌کند. بدین

منظور با استفاده از روش میانگین متحرک⁵² (MAM)، داده‌های فصلی قبل از تعدیل به داده‌های فصلی بعد از تعدیل تبدیل می‌شوند. لذا چرخه‌های فصلی در ابتدا تسویه می‌شوند. از آنجا که داده‌های فصلی برای برخی از سال‌ها موجود نبود، با استفاده از روش دیز⁵³ (۱۹۷۰)، داده‌های سالیانه فصلی سازی شد. نظر به اینکه موجک‌ها تا سطح پنج بررسی خواهد شد، تعداد موجک‌های دابچیس برابر با ۵۰، سیملتس برابر با ۳۵، کوایفلتس برابر با ۲۵ و دو متعامدی ۷۵ موجک خواهد بود. بنابراین سری لگاریتم تولید ناخالص داخلی فصلی به ۱۸۵ سری چرخه‌ای تجاری تجزیه خواهد شد. با توجه به تعداد زیاد سری‌ها با استفاده از تحلیل همبستگی سری‌های مشابه حذف و چرخه‌های تجاری متفاوت انتخاب می‌شوند. لذا در ابتدا سری‌ها بر اساس نوع موجک شامل دو متعامدی، دابچیس، سیملتس و کوایفلتس مرتب شدند. سپس با استفاده از شاخص تحلیل همبستگی، سری‌هایی با همبستگی بالای ۸۵ درصد به عنوان سری مطلوب انتخاب می‌شوند. به عنوان مثال، در این روش اگر ضریب همبستگی سری زمانی چرخه‌های تجاری فصلی از موجک bior1.3 با موجک db1 ۹۷ درصد و با موجک sym3 ۸۷ درصد شود؛ از آنجایی که این سه سری، چرخه‌های تجاری را بسیار نزدیک به هم نشان می‌دهند؛ سری bior1.3 به عنوان نماینده انتخاب خواهد شد. در واقع از یک موجک مادر به عنوان نماینده استفاده خواهد شد. سپس برای انتخاب بهترین موجک، سری بر اساس شاخص شبیه سازی سنجیده می‌شود. قبل از ارزیابی الگوی شبیه سازی و مقایسه آن با مقادیر واقعی سه دوره از یکدیگر متمایز می‌شود.

دوره اول (T1 تا T2) برای تجزیه سری مورد نظر در نظر گرفته می‌شود. دوره دوم (فاصله زمانی بین T2 تا T3) و T3 نشان دهنده زمانی حال (آخرین مشاهده قابل دسترس) است. در این روش اطلاعات مربوط به متغیرها در فاصله زمانی دوره دوم در دسترس می‌باشند اما از آن‌ها برای تجزیه سری استفاده نمی‌شود. فاصله زمانی مذکور که به دوره شبیه سازی گذشته نگر شهرت دارد برای مقایسه سری واقعی و سری شبیه سازی و ارزیابی الگوی شبیه سازی، مورد استفاده قرار می‌گیرد و میزان نزدیکی سری شبیه سازی شده با سری واقعی بررسی می‌شود.

در این مقاله، سری چرخه‌های تجاری ابتدا برای دوره تاریخی ۱۳۶۷-۱۳۹۱ تجزیه می‌شود و سپس دوره ۱۳۹۲-۱۳۹۶ شبیه سازی می‌گردد. بر اساس روش رناد و همکاران (۲۰۰۲) تجزیه تحلیل‌های متعدد از سیگنال‌ها با استفاده از تبدیل موجک زائد که دارای مزیت تغییر مکان ثابت است، صورت می‌گیرد. نتیجه این روش تجزیه سیگنال‌ها به محدوده‌ای از مقیاس‌های متناوب است و پیش بینی بر اساس کوچک‌ترین ضریب هر

⁵² Moving Average Method

⁵³ Diz

یک از این مقیاس‌ها صورت می‌گیرد. ساده‌ترین شکل این روش، پیش‌بینی خطی بر اساس تبدیل موجک از سیگنال‌ها است که در مدل‌های پراکنده به کار گرفته می‌شود. البته برای ضرابی که خصوصیات بخش وسیعی از سیگنال‌ها را نشان می‌دهند نیز به کار گرفته می‌شود (Renaud, Murtagh, & Starck, 2002).

آماره‌های مختلفی برای ارزیابی عملکرد الگو شبیه‌سازی در دوره شبیه‌سازی گذشته نگر مورد استفاده قرار گرفته است. یکی از آماره‌های که به صورت سنتی به عنوان معیاری از دقت شبیه‌سازی الگو مورد استفاده قرار گرفته است واریانس خطای شبیه‌سازی است (Pindyck & Rubinfeld, 1988). بر اساس این آماره‌ها میزان نزدیکی متغیر شبیه‌سازی به سری واقعی اندازه‌گیری می‌شود. همچنین از آماره ضریب همبستگی نیز استفاده می‌شود. فرض شود برای دوره زمانی تاریخی $T_1=1, \dots, T$ و برای دوره زمانی گذشته نگر $T_2=T+1, \dots, T+h$ می‌باشد. در این صورت، معیارهای بررسی قدرت پیش‌بینی به صورت جذر میانگین مربع خطای شبیه‌سازی (RMSE) و ضریب همبستگی (r) به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$RMSE = \sqrt{\sum_i^N (\tilde{Y} - Y)^2} \quad i = 1, \dots, T, T+1, \dots, T+h \quad (10)$$

$$r = \sqrt{\frac{\sum_i^N (\tilde{Y} - Y)^2}{\sum_i^N (\tilde{Y} - \bar{\tilde{Y}})^2 \sum_i^N (Y - \bar{Y})^2}} \quad (11)$$

که در آن Y نماد متغیر واقعی و \tilde{Y} نماد متغیر شبیه‌سازی شده است. معیارهای سنتی بالا خواص مهمی را در مقایسه متغیرهای شبیه‌سازی و واقعی نشان می‌دهند. معادله (۷) بیانگر حداقل خطای شبیه‌سازی است. هر چقدر خطای شبیه‌سازی به صفر نزدیک‌تر باشد، نزدیکی شبیه‌سازی با مقادیر واقعی بیشتر است و هر چقدر ضریب همبستگی به یک نزدیک‌تر باشد، بهتر است (Gujarati, 2009).

۴- نتایج پژوهش

مرحله اول- بررسی همبستگی میان سری‌ها: پس از بررسی همبستگی میان ۱۸۵ سری چرخه تجاری، تعداد ۲۰ سری که همگی از نوع موجک $biorNr.Nd$ است، انتخاب گردید^{۵۴}. بر این اساس بهترین نوع موجک پیشنهادی این تحقیق به منظور تجزیه و پالایش سری‌های زمانی موجک دو متعامدی یا $biorNr.Nd$ است. این موجک‌ها

^{۵۴} از آنجایی که حجم معادلاتی که در آن ضرایب همبستگی بررسی شده است، بسیار زیاد است، نتایج کلی این بخش به تنهایی ارائه شده است.

عبارتند از موجک‌های bior1.1 در سطوح ۱،۲،۳،۴،۵؛ bior1.3 در سطوح ۲،۳،۴؛ bior1.5 در سطوح ۳،۴،۵؛ bior2.2 در سطوح ۱،۳،۴؛ bior2.6 در سطح ۳؛ bior3.1 در سطوح ۱،۴،۵؛ bior3.5 در سطح ۴؛ bior5.5 در سطح ۱ هستند.

مرحله دوم- تعیین مرتبه ی موجک های منتخب: نتایج ضریب همبستگی و RMSE میان سری واقعی تولید ناخالص داخلی و سری شبیه سازی توسط موجک‌های منتخب با داده‌های واقعی در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱: ضریب همبستگی و RMSE سری‌های شبیه سازی شده
Table 1. Correlation coefficient and RMSE of simulated series

موجک منتخب بدون توجه به سطح تجزیه موجک	سطح منتخب موجک بدون توجه به نوع موجک	موجک منتخب	RMSE	سری شبیه سازی	رتبه	سری شبیه سازی	ضریب همبستگی
bior2.2	سطح ۴-۷ تکرار	bior1.1_1 2	۰٫۲	LGDP22_L4	۱	LGDP11_L2	۰٫۹۳
bior3.1	سطح ۱ و ۲ و ۳-۴ تکرار	bior2.2_1 4	۰٫۲۴	LGDP11_L2	۲	LGDP22_L1	۰٫۸۹
bior2.6	سطح ۱-۵ تکرار	bior2.2_1 1	۰٫۲۵	LGDP31_L4	۳	LGDP35_L4	۰٫۸۹
bior5.5		bior3.1_1 4	۰٫۲۶	LGDP31_L5	۴	LGDP22_L3	۰٫۸۹
bior1.1		bior2.2_1 3	۰٫۲۸	LGDP22_L1	۵	LGDP22_L4	۰٫۸۸
bior1.5		bior3.1_1 5	۰٫۲۹	LGDP11_L1	۶	LGDP31_L4	۰٫۸۸
bior1.3		bior3.5_1 4	۰٫۳	LGDP22_L3	۷	LGDP31_L5	۰٫۸۸
		bior1.1_1 1	۰٫۳۲	LGDP55_L1	۸	LGDP26_L3	۰٫۸۸
		bior2.6_1 3	۰٫۳۴	LGDP26_L3	۹	LGDP31_L1	۰٫۸۷
		bior5.5_1 1	۰٫۴	LGDP35_L4	۱۰	LGDP11_L1	۰٫۸۶
		bior3.1_1 1	۰٫۴	LGDP13_L2	۱۱	LGDP55_L1	۰٫۸۵
		bior1.3_1 2	۰٫۴۱	LGDP31_L1	۱۲	LGDP15_L3	۰٫۸۳۰
		bior1.5_1 3	۰٫۴۱	LGDP15_L3	۱۳	LGDP11_L3	۰٫۸۱
	bior1.1_1 2	۰٫۴۵	LGDP11_L3	۱۴	LGDP13_L2	۰٫۷۷	
	bior1.5_1 4	۰٫۶۵	LGDP15_L4	۱۵	LGDP15_L4	۰٫۷۱	
	bior1.3_1 3	۰٫۶۹	LGDP13_L3	۱۶	LGDP15_L5	۰٫۷۱	

		bi0r1.5_1_4	٥,٦٩	LGDP13_L4	١٧	LGDP13_L3	٥,٦٤
		bi0r1.1_1_4	٥,٧٥	LGDP11_L4	١٨	LGDP11_L5	٥,٦٤
		bi0r1.1_1_5	١,٤٤	LGDP11_L5	١٩	LGDP11_L4	٥,٥٢
		bi0r1.3_1_4	١,٨٦	LGDP15_L5	٢٥	LGDP13_L4	٥,٥١

Source: Research results

*. مأخذ: نتایج پژوهش

*. سری اصلی لگاریتم تولید ناخالص داخلی با نماد **LGDP** است و سطح موجک با **L** نشان داده شده است.

*. ١١، ١٣، ١٥، ٢٢، ٢٦، ٣١، ٣٦، ٥٥ به ترتیب به معنی موجک‌های **bi0r1.1**، **bi0r1.3**، **bi0r1.5**، **bi0r2.2**، **bi0r2.6**، **bi0r3.1**، **bi0r3.5** و **bi0r5.5** است. لذا سری **LGDP11_12** به معنی سری شبیه سازی لگاریتم تولید ناخالص داخلی بر اساس موجک **bi0r1.1** در سطح ٢ است.

همان‌طور که در جدول فوق ملاحظه می‌شود، نتایج بررسی سری‌ها بر اساس دو معیار، نتایج متفاوتی را نشان داده است. در قسمت سمت چپ جدول، آن سری که بالاترین همبستگی و کمترین خطا را داراست، انتخاب و رتبه آن مشخص شده است. همان‌طور که نتایج بالا نشان می‌دهد، سری لگاریتم تولید ناخالص داخلی فصلی که با استفاده از موجک **bi0r1.1** در سطح ٢ تجزیه گردیده است، در میان تمام موجک‌ها بالاترین کارایی را دارد. موجک‌های **bi0r2.2_14**، **bi0r2.2_11**، **bi0r3.1_14**، **bi0r2.2_13** و **bi0r3.1_15** در رتبه‌های دوم تا ششم قرار گرفته‌اند. همچنین بدون توجه به نوع موجک سطح ٤ بیشترین تکرار را در تمامی سطوح داشته است. بر اساس شاخص متوسط موجک‌های منتخب (بدون توجه به سطح و تنها بر اساس نوع موجک) به ترتیب؛ موجک‌های **bi0r2.2**، **bi0r3.1**، **bi0r2.6**، **bi0r5.5**، **bi0r1.1**، **bi0r1.5**، **bi0r1.3** و **bi0r1.1** انتخاب می‌شوند.

مرحله سوم- تعیین چرخه‌های تجاری: برای تعیین چرخه‌های تجاری، چرخه‌های تجاری سالیانه بر اساس موجک‌های انتخاب شده تا رتبه ششم در نمودار (١) آرایه شده است. چرخه‌های تجاری عموماً به دو روش تعریف می‌شوند: چرخه‌ی کلاسیکی^{٥٥} که به پستی‌ها و بلندی‌ها در سطح^{٥٦} سری‌ها اشاره دارد و چرخه‌ی رشد^{٥٧} که به پستی‌ها و بلندی‌ها در سری‌های روند زدایی شده اشاره دارد (McDermott, Scott, & Cashin, 1999). در هر دو روش تعداد چرخه‌های تجاری به طور یکسان محاسبه می‌شوند^{٥٨}. همان‌طور که از نمودارهای ١ مشخص است، بر اساس موجک انتخاب شده چرخه‌های

^{٥٥} Classical

^{٥٦} Level

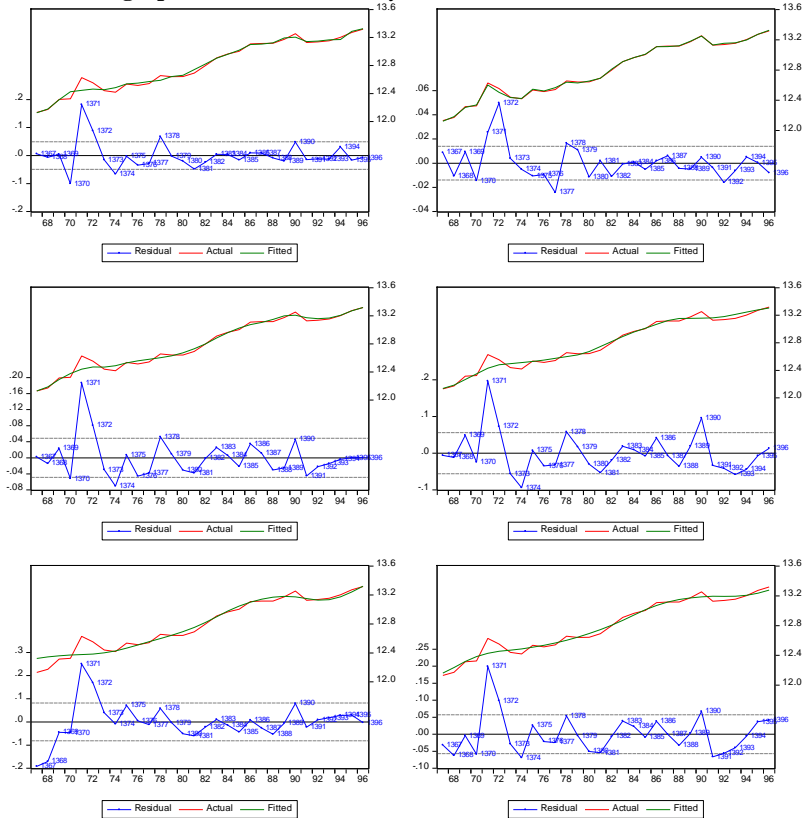
^{٥٧} Growth

^{٥٨} در این پژوهش به اندازه‌گیری عمق چرخه تجاری پرداخته نشده است، بلکه صرفاً اینکه در چه سالی رکود و در چه سالی رونق وجود داشته، رسیدگی شده است.

تجاری متفاوتی به دست آمده است. نتایج بررسی نمودارهای بالا به صورت خلاصه در جدول (۲) نشان داده شده است. مشخص است که چرخه های تجاری بر اساس نوع موجک بسیار متفاوت از نوع دیگری از موجک تعیین می شود.

نمودار ۱: چرخه های تجاری سالیانه بر اساس موجک های منتخب

graph 1. Annual business cycles based on selected wavelets



Source: Research results

* مأخذ: نتایج پژوهش

همان طور که از جدول مشخص است، هر چقدر سطح موجک انتخابی کمتر باشد، تعداد چرخه های تجاری بیشتری انجام می گیرد. در حقیقت به دلیل استفاده ما از داده های فصلی، سطح ۱ نشان دهنده چرخه های دو فصلی، سطح ۲ بیانگر چرخه های سالانه، سطح ۳ بیانگر چرخه های دوسالانه، سطح ۴ بیانگر چرخه های ۴ ساله و سطح ۵ بیانگر چرخه های ۸ ساله است. همچنین بر اساس برآیند نتایج به دست آمده از چرخه های تجاری ایران، در دوره ۱۳۹۶-۱۳۶۷، تعداد ۱۶ چرخه تجاری وجود داشته است که بیشترین سال های رکود متوالی مربوط به سال های ۸۰-۸۲، ۸۷-۸۹ و ۹۱-۹۳ بوده است.

جدول ۲: اندازه‌گیری چرخه‌های تجاری بر اساس موجک‌های منتخب**Table 2.** Measurement of business cycles based on selected wavelets

برآیند	bior3.1_15	bior2.2_13	bior3.1_14	bior2.2_11	bior2.2_14	bior1.1_12	
رکود	رکود	رکود	رکود	رونق	رونق	رونق	۱۳۶۷
رکود	رکود	رکود	رکود	رکود	رکود	رکود	۱۳۶۸
رونق	رکود	رکود	رونق	رونق	رونق	رونق	۱۳۶۹
رکود	رکود	رکود	رکود	رکود	رکود	رکود	۱۳۷۰
رونق	رونق	رونق	رونق	رونق	رونق	رونق	۱۳۷۱
رونق	رونق	رونق	رونق	رونق	رونق	رونق	۱۳۷۲
رکود	رکود	رونق	رکود	رکود	رونق	رکود	۱۳۷۳
رکود	رکود	رکود	رکود	رکود	رکود	رکود	۱۳۷۴
رونق	رونق	رونق	رونق	رونق	رکود	رکود	۱۳۷۵
رکود	رکود	رونق	رکود	رکود	رکود	رکود	۱۳۷۶
رکود	رکود	رکود	رکود	رکود	رکود	رکود	۱۳۷۷
رونق	رونق	رونق	رونق	رونق	رونق	رونق	۱۳۷۸
رونق	رکود	رکود	رونق	رونق	رونق	رکود	۱۳۷۹
رکود	رکود	رکود	رکود	رکود	رکود	رکود	۱۳۸۰
رکود	رکود	رکود	رکود	رکود	رونق	رکود	۱۳۸۱
رکود	رکود	رکود	رکود	رکود	رکود	رکود	۱۳۸۲
رونق	رونق	رونق	رونق	رونق	رکود	رونق	۱۳۸۳
رونق	رونق	رکود	رونق	رونق	رونق	رونق	۱۳۸۴
رکود	رکود	رکود	رکود	رکود	رکود	رکود	۱۳۸۵
رونق	رونق	رونق	رونق	رونق	رونق	رونق	۱۳۸۶
رکود	رکود	رکود	رکود	رونق	رونق	رونق	۱۳۸۷
رکود	رکود	رکود	رکود	رکود	رکود	رکود	۱۳۸۸
رکود	رونق	رکود	رونق	رکود	رکود	رکود	۱۳۸۹
رونق	رونق	رونق	رونق	رونق	رونق	رونق	۱۳۹۰
رکود	رکود	رکود	رکود	رکود	رکود	رکود	۱۳۹۱
رکود	رکود	رونق	رکود	رکود	رکود	رکود	۱۳۹۲
رکود	رکود	رونق	رکود	رکود	رکود	رکود	۱۳۹۳

رونق	رکود	رونق	رکود	رکود	رونق	رونق	۱۳۹۴
رونق	رونق	رونق	رکود	رونق	رونق	رکود	۱۳۹۵
رونق	رونق	رکود	رونق	رونق	رکود	رکود	۱۳۹۶

Source: Research results

* مأخذ: نتایج پژوهش

مرحله چهارم- تعیین موجک های متعامدی منتخب همانند: همانطور که بیان شد در ابتدای کار به منظور ساده سازی و کاهش حجم معادلات شبیه سازی و انتخاب بهتر، از طریق ضریب رگرسیون سری‌های همانند که حداقل با سری منتخب تا ۸۵ درصد همبستگی داشتند، حذف گردید. بر این اساس پس از به دست آمدن نتیجه ی نهایی، سری‌هایی که با موجک های منتخب دارای همبستگی بالای ۸۵ درصد داشته باشند، همانند تشخیص داده می‌شوند. لذا هدف از این بخش در حقیقت یافتن بهترین موجک‌ها از انواع موجک‌های متعامدی دیگر به غیر از موجک دومتعامدی است.

جدول ۳: موجک‌های همانند موجک‌های منتخب

Table 3. Wavelets as selected wavelets

موجک	موجک	موجک	موجک	موجک	موجک
bior3.1_15	bior2.2_13	bior3.1_14	bior2.2_11	bior2.2_14	bior1.1_12
	coif1_L3 coif3_L3 coif5_L3 db3_L3 db5_L3 db7_L3 db9_L3 sym3_L3 sym4_L3 sym5_L3 sym7_L3	coif3_L4 db10_L4 db4_L4 db7_L4	coif1_L1 coif2_L1 coif3_L1 coif4_L1 coif5_L1 db5_L1 db6_L1 db7_L1 sym4_L1 sym6_L1 sym8_L1	coif1_L4,coif1_L5,coif2_L5 coif3_L5,coif4_L5,coif5_L4 coif5_L5 db10_L5,db2_L5,db3_L4 db3_L5,db4_L5,db5_L4 db5_L5,db6_L4,db6_L5 db7_L5,db8_L4,db8_L5 db9_L4,db9_L5 sym2_L5,sym3_L4,sym3_L5 sym4_L4,sym4_L5,sym5_L4 sym5_L5,sym6_L4,sym6_L5 sym7_L5,sym8_L5 hp	har_12

Source: Research results

* مأخذ: نتایج پژوهش

نتایج جدول (۳) بیانگر این مطلب است که به جای موجک bior1.1_12 می‌توان از har_12 نیز استفاده کرد و همین طور برای بقیه ی ستون‌های جدول این تفسیر برقرار است. همانطور که انتظار می‌رفت بالاترین همپوشانی در بین انواع مختلف موجک را bior2.2 به خود اختصاص داده است. بر اساس نتایج جدول بالا، در سطح ۱ تجزیه سازی موجک‌های bior2.2,coif1,coif2,coif3,coif4,coif5,db5,db6, db7,sym4,sym6 و sym8؛ در سطح ۲ تجزیه سازی موجک bior1.1 و har؛ در سطح ۳ تجزیه سازی موجک‌های bior2.2, coif1,coif3,coif5,db3,db5,db7,db9, sym3, sym4,sym5, sym7؛ در سطح ۴ و ۵ تجزیه سازی موجک‌های bior3.3, bior3.1, bior2.2 و تمامی مرتبه موجک‌های hp, coif, sym, db جزء بهترین موجک‌های به شمار می‌روند. به منظور تکمیل بحث روش‌های پالایش هودریک- پرسکات (hp) و باند-پس (bp) نیز

مقایسه شده است. همانطور که مشخص است، روش هموارسازی هودریک-پرسکات با موجک bior2.2 در سطح ۴ بیشترین نزدیکی را دارد و روش تجزیه باند-پس با هیچ کدام از موجک‌های منتخب همانند نشده است.

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

هدف اصلی در این تحقیق شناسایی بهترین نوع موجک از بین موجک‌های هار، دابچیس، سیملتس، کوایفلتس و دو متعامدی تا پنج سطح به منظور بررسی در تحلیل‌های اقتصادی است. بدین منظور موجک‌های هار، دابچیس، سیملتس، کوایفلتس و دو متعامدی تا سطح ۵ مورد استفاده قرار گرفت و لگاریتم تولید ناخالص داخلی فصلی به ۳۷۰ سری (۱۸۵ سری روندی و ۱۸۵ سری تجاری) تجزیه گردید. ابتدا با استفاده از شاخص ضریب همبستگی، سری‌های مشابه حذف گردید و سپس با استفاده از شبیه‌سازی موجک، سری‌ها برای دوره ۱۳۸۹-۱۳۸۴ شبیه‌سازی گردید. نتایج بررسی سری‌ها بر اساس دو معیار ضریب همبستگی و RMSE نتایج متفاوتی را نشان داده است. بر اساس این نتایج، سری لگاریتم تولید ناخالص داخلی فصلی که با استفاده از موجک bior1.1 در سطح ۲ تجزیه گردیده است، در میان تمام موجک‌ها بالاترین کیفیت در تجزیه و هموارسازی داده‌های اقتصادی را دارد. موجک‌های bior2.2_14، bior2.2_11، bior3.1_14، bior2.2_13 و bior3.1_15 در رتبه‌های دوم تا ششم قرار گرفته‌اند. همچنین بدون توجه به نوع موجک سطح ۴ بیشترین تکرار را در تمامی سطوح داشته است و از این حیث بهترین سطح تجزیه محسوب می‌شود. بر اساس شاخص متوسط موجک‌های منتخب (بدون توجه به سطح و تنها بر اساس نوع موجک) به ترتیب؛ موجک‌های bior2.2، bior3.1، bior2.6، bior5.5، bior1.1، bior1.5 و bior1.3 انتخاب می‌شوند. در نهایت بر اساس سطح تجزیه‌سازی، در سطح ۱ تجزیه‌سازی موجک‌های sym8، sym6، sym4، db7، db6، db5، db5، coif5، coif4، coif3، coif2، coif1، bior2.2 و sym8؛ در سطح ۲ تجزیه‌سازی موجک bior1.1 و har؛ در سطح ۳ تجزیه‌سازی موجک‌های bior2.2، sym3، sym4، sym5، db9، db7، db5، db3، coif5، coif3، coif1 و sym7؛ در سطح ۴ و ۵ تجزیه‌سازی موجک‌های bior2.2، bior3.1، bior3.3 و تمامی مرتبه‌های موجک‌های sym، coif و db جزء بهترین موجک‌های به شمار می‌روند. روش هموارسازی هودریک-پرسکات با موجک bior2.2 سطح ۴ همانند شد و روش تجزیه باند-پس با هیچ کدام از موجک‌های منتخب همانند نشده است. همچنین به منظور ارایه نتایج دقیق‌تر چرخه‌های تجاری به صورت سالیانه نیز بررسی شد. نتایج نشان داد چرخه‌های تجاری به سطح و نوع موجک انتخاب شده حساسیت بالا و معکوسی نشان می‌دهند. به طوری که با افزایش سطح موجک، چرخه تجاری کمتر می‌شود و با کوچک شدن سطح موجک، چرخه‌های تجاری بیشتر می‌گردد. بر اساس نتایج کلی این تحقیق پیشنهاد می‌شود که

به منظور رسیدن به جواب‌های پر قدرت و هموارسازی بهتر در داده‌ها و متغیرهای اقتصادی از طریق روش موجک، موجک bior2.2 استفاده شود؛ زیرا این موجک توانست بیشترین همبستگی و کیفیت را در بین تمامی موجک‌ها به خود اختصاص دهد. همچنین سطح موجک انتخابی بستگی به هدف و آمار مد نظر می‌تواند تغییر کند. اگر هدف از تجزیه و هموار سازی روش موجک ارائه پیش بینی باشد، سطح‌های پایین (حداکثر ۳) انتخاب شود و اگر به منظور استخراج چرخه از روند صورت می‌گیرد، در زمانی که داده‌های سالیانه استفاده می‌شود، سطح موجک انتخابی پایین (حداکثر ۳) و اگر داده‌های ماهیانه و یا فصلی باشد، سطح موجک بالا (حداقل بیشتر از ۴) انتخاب گردد.

قدردانی: از تمامی افراد و موسساتی که در انجام این تحقیق مولف را مساعدت نمودند، قدردانی می‌شود.

Acknowledgments

Acknowledgments may be made to individuals or institutions that have made an important contribution.

تضاد منافع: نویسندگان مقاله اعلام می‌کند که در انتشار مقاله ارائه شده تضاد منافی وجود ندارد.

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

Reference

- Alrumaih, R. M., & Al-Fawzan, M. A. (2002). Time Series Forecasting Using Wavelet Denoising an Application to Saudi Stock Index. *Journal of King Saud University-Engineering Sciences*, 14(2), 221-233 .
- Andersson, F. N. G. (2008). *Wavelet analysis of economic time series / Fredrik NG Andersson*. Lund: Distributed by the Dept. of Economics, Lund University.
- Assenmacher-Wesche, K., & Gerlach, S. (2008). Interpreting euro area inflation at high and low frequencies. *European Economic Review*, 52(6), 964-986 .
- Braudel, F. (1979). *Civilisation matérielle, économie et capitalisme, XVe-XVIIIe siècle: Les structures du quotidien: le possible et l'impossible*: Colin Paris.
- Cifter, A., & Ozun, A. (2007). Multi-scale causality between energy consumption and GNP in emerging markets: evidence from Turkey .
- Collier, P., Guillaumont, P., Guillaumont, S., & Gunning, J. W. (1997). Redesigning conditionality. *World Development*, 25(9), 1399-1407 .
- Conlon, T., Crane, M., & Ruskin, H. J. (2008). Wavelet multiscale analysis for Hedge Funds: Scaling and strategies. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 387(21), 5197-5204 .
- Coppock, J. D. (1962). *International economic instability; the experience after world war II*. Retrieved from
- Dowd, K., & Cotter, J. (2006). US core inflation: A wavelet analysis .
- Fernandez, V. (2006). The CAPM and value at risk at different time-scales. *International Review of Financial Analysis*, 15(3), 203-219 .
- Gallegati, M. (2012). A wavelet-based approach to test for financial market contagion .*Computational Statistics & Data Analysis*, 56(11), 3491-3497 .
- Gençay, R., Selçuk, F., & Whitcher, B. (2003). Systematic risk and timescales. *Quantitative Finance*, 3(2), 108-116 .
- Gençay, R., Selçuk, F., & Whitcher, B. J. (2001). *An introduction to wavelets and other filtering methods in finance and economics*: Elsevier.
- Gujarati, D. N. (2009). *Basic econometrics*: Tata McGraw-Hill Education.
- Hadas-Dyduch, M., Pietrzak, M. B., & Balcerzak, A. P. (2016). *Wavelet analysis of unemployment rate in Visegrad countries*. Retrieved from
- Hirschman, A. O. (1964). The Stability of Neutralism: A geometrical note. *The American Economic Review*, 54(2), 94-100 .

- Hong, Y., & Kao, C. (2004). Wavelet-Based Testing for Serial Correlation of Unknown Form in Panel Models. *Econometrica*, 72(5), 1519-1563 .
- In, F., Kim, S., Marisetty, V., & Faff, R. (2008). Analysing the performance of managed funds using the wavelet multiscaling method. *Review of Quantitative Finance and Accounting*, 31(1), 55-70 .
- Kim, C.-i., Yu, I.-k., & Song, Y.(2002) .Kohonen neural network and wavelet transform based approach to short-term load forecasting. *Electric Power Systems Research*, 63(3), 169-176 .
- Kim, S., & In, F. (2005). The relationship between stock returns and inflation: new evidence from wavelet analysis. *Journal of Empirical Finance*, 12(3), 435-444 .
- Knudsen, O., & Parnes, A. (1975). *Trade instability and economic development: An empirical study*: Lexington Books.
- Lawson, C., & Theobald, C. (1976). Commodity concentration and export fluctuations: A comment. *The Journal of Development Studies*, 12(3), 274-276 .
- Lee, H. S. (2002). *International transmission of stock market movements: A wavelet analysis on MENA stock market*. Paper presented at the Economic Research Forum, ERF Eighth Annual Conference, Cairo, Egypt.
- Lucas Jr, R. E. (1977). *Understanding business cycles*. Paper presented at the Carnegie-Rochester conference series on public policy.
- McDermott, M. C. J., Scott, A., & Cashin, M. P. (1999). *The Myth of Comoving Commodity Prices*: International Monetary Fund.
- ÖZGÖNENEL, O., ÖZBİLGİN, G., & KOCAMAN, Ç. (2004). Wavelets and its applications of power system protection. *Gazi University Journal of Science*, 17(2), 77-90 .
- Pindyck, R. S., & Rubinfeld, D. L. (1988). Econometric models and economic forecasts .
- Raihan, S. M., Wen, Y., & Zeng, B. (2005). Wavelet: A new tool for business cycle analysis. *Federal Reserve Bank of St. Louis Working Paper Series* (2005-50) .
- Ramsey, J. B. (1999). The contribution of wavelets to the analysis of economic and financial data. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 357(1760), 2593-2606 .
- Ramsey, J. B. (2002). Wavelets in economics and finance: Past and future. *Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics*, 6, (3)
- Ramsey, J. B., & Lampart, C. (1998). The decomposition of economic relationships by time scale using wavelets: expenditure and income. *Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics*, 3 (1)

- Ramsey, J. B., & Zhang, Z. (1997). The analysis of foreign exchange data using waveform dictionaries. *Journal of Empirical Finance*, 4(4), 341-372 .
- Renaud, O., Murtagh, F., & Starck, J.-L. (2002). *Wavelet-based forecasting of short and long memory time series*: Université de Genève/Faculté des sciences économiques et sociales.
- Rhaeim, N., Ammou, S. B., & Mabrouk, A. B. (2007). Wavelet estimation of systematic risk at different time scales: application to French stock market. *The International Journal of Applied Economics and Finance*, 1(2), 113-119.
- Schumpeter, J. A. (1954). *History of economic analysis*: Psychology Press.
- Shafaei, M., & Kisi, O. (2016). Lake level forecasting using wavelet-SVR, wavelet-ANFIS and wavelet-ARMA conjunction models. *Water resources management*, 30(1), 79-97 .
- Stopford, M. (2009). *Maritime Economics* Routledge. *New York, USA* .
- Yao, S., Song, Y., Zhang, L., & Cheng, X. (2000). Wavelet transform and neural networks for short-term electrical load forecasting. *Energy conversion and management*, 41(18), 1975-1988 .
- Yogo, M. (2008). Measuring business cycles: A wavelet analysis of economic time series. *Economics Letters*, 100(2), 208-212 .
- Zhang, B.-L., & Dong, Z.-Y. (2001). An adaptive neural-wavelet model for short term load forecasting. *Electric power systems research*, 59 (2). 121-129.



© 2020 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).