مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار
شماره سی‌وسوم / زمستان ۱۳۹۶

نوفه‌زدایی از سری‌های زمانی مالی با استفاده از آنالیز موجک

حجت‌اله صادقی[۱]
زهرا دهقانی فیروزآبادی[۲]

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۷/۲۳

چکیده

هر مجموعه از ضرایب موجک بخشی از سری‌زمانی را در مقیاس‌های زمانی متفاوت در بردارد. پیاده‌سازی تبدیل موجک، با بهره‌گیری از بهترین موجک‌ها در سطوح مناسب تاثیر بسزایی در نتایج تحلیل‌های مالی خواهدداشت. در این پژوهش هدف، بیان اهمیت مفهوم مقیاس-زمان و به-کارگیری فواصل زمانی متفاوت در بررسی رفتار بازارهای مالی است تا مشخص شود که آیا حذف نوفه از سری‌زمانی می‌تواند دقت تصمیم‌گیری ما برای آینده را بالا ببرد؟ بدین منظور ابتدا ۱۶ شاخص انتخاب شده از بورس اوراق بهادار تهران به کمک نرم‌افزار R و با استفاده از تبدل موجک تا پنج سطح برای ۲۵۰ داده تجزیه کرده وسپس از تمامی آن‌ها نوفه‌زدایی نمودیم. در مرحله بعد دو روش برای سنجش نوفه‌زدایی بکار بردیم یکی خوشه‌بندی شاخص‌های منتخب به روش دندروگرام و دیگری پیش‌بینی سری‌زمانی شاخص کل با۵۰۰ داده وبا استفاده از داده‌های نوفه-زدایی شده به دو روش موجک هار و دابشیز. نتایج هر دو روش حکایت از عملکرد بهتر نوفه‌زدایی با استفاده از موجک دابشیز در این سری‌های زمانی داشت. هدف اصلی ما به نوعی استفاده از آنالیز موجک و نوفه‌زدایی از سری‌های زمانی با استفاده از آن در مباحث مالی بود.

واژه‌های کلیدی: آنالیز موجک، سری زمانی، نویز، نوفه‌زدایی.

۱- استادیار گروه حسابداری دانشگاه یزد، یزد، ایران.
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و هنر یزد، یزد، ایران (نویسنده مسئول) firoozabadi68@gmail.com

۱- مقدمه

از جمله روش‌های پیش‌بینی پرکاربرد در سری‌های زمانی[۱] مالی، آنالیز موجک[۲]می‌باشد اما با وجود جامعیت این روش و عدم وجود برخی از پیش‌فرض‌ها در خصوص داده‌ها، گسترش زیادی نسبت به روش‌های آماری در این زمینه، نیافته‌است. ریشه نظریه موجک در تجزیه و تحلیل فوریه قرار دارد. با این حال نقطه ضعف جدی فوریه این است که ما می توانیم تمامی فرکانس‌هایی که در یک سیگنال وجود دارند را شناسایی کنیم اما نمی‌دانیم چه زمانی آن ها وجود دارند. با توجه به ضعف تبدیل فوریه و جایگزینی تبدیل موجک، در مسیر استفاده از تئوری موجک وجود نوفه‌های[۳] ناخواسته ناشی از عوامل مختلف، کار تحلیل داده‌ها را با مشکل روبرو می‌کند. وجود نویز در سری‌های زمانی به خصوص در سری‌های زمانی مالی و اقتصادی باعث کاهش دقت پیش‌بینی آنالیز موجک می‌گردد. در این پژوهش بر حذف یا کاهش نوفه‌ها پیش از تحلیل داده‌ها با استفاده از آنالیز موجک تاکید می شود که نه تنها در حذف و کاهش نوفه موثر است بلکه گاهی می تواند در مورد منشا نوفه نیز اطلاعاتی را در اختیار بگذارد.

کاربردهای موجک در مالی را در سه دسته عمده می‌توان طبقه‌بندی نمود. در دسته اول، تحلیل موجک برای تجزیه و تحلیل چندبعدی به کار می‌رود. در دسته دوم برای پیش‌بینی متغیرهای ناشناخته در مدل استفاده می‌گردد. در دسته سوم توجه اصلی معطوف به نوفه‌زدایی در داده‌ها جهت افزایش صحت پیش بینی می باشد[۱۵].

سرمایه‌گذاران حقیقی و حقوقی، صندوق‌های سرمایه‌گذاری، شرکت‌های سبدگردان و شرکت-های مشاور سرمایه‌گذاری معمولا به دنبال پیش‌بینی شاخص کل یا قیمت سهام شرکت‌ها می-باشند، اما از آن‌جایی که معمولا این سری‌های زمانی دارای نویز می‌باشند؛ پیشنهاد می‌گردد افرادی که به پیش‌بینی قیمت سهام و یا سایر متغیرهای مالی در قالب سری‌زمانی اقدام می‌نمایند، بهتر-است پیش از استفاده از مدل‌های پیش بینی، نسبت به نوفه‌زدایی داده‌ها اقدام نموده و سپس داده-های نوفه‌زدایی شده به عنوان ورودی به مدل‌های پیش‌بینی انتقال یابد [۱۰]. یکی از مباحث مطرح و مهم برای مدیران مالی پیش‌بینی است و از آن‌جایی که قیمت سهام ، ارز، طلا و ...یک سری‌زمانی محسوب می‌شود و نوفه‌زدایی از آن صحت و دقت پیش‌بینی قیمت را بالا می برد و با توجه به اینکه یکی ازمشکلات عمده‌ی بازارهای مالی اکثر کشورهای دارای اقتصاد نو ظهور،عدم شناخت ابزارهای سنجش ومدیریت صحیح ریسک با دقت بالا ودر نتیجه عدم شناخت فرصت‌های مناسب سرمایه‌گذاری با توانایی پیش‌بینی متغیرهای ضروری تصمیم‌گیری درحوزه های مالی است، بنابراین لزوم انجام چنین پژوهش‌هایی روز به روزافزایش می یابد. مدیریت صحیح ریسک و مدیریت پرتفولیو در بازار سرمایه دارای ارزش حیاتی و نقش منحصر به فرد، جهت استفاده سرمایه‌گذاران

فعال در بخش‌های مختلف اقتصاد خواهد بود. هدف اصلی پژوهش حاضر استفاده از تبدیل موجک جهت تجزیه‌ی سری‌های زمانی به مولفه‌های تشکیل‌دهنده آن در مقیاس‌های زمانی مختلف و نوفه‌زدایی از سری‌های زمانی جهت دستیابی به نتایج دقیق‌تر برای تحقیقات آتی است.

به‌صورت فرعی با تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی، مدل احتمالی مولد داده‌ها کشف و شناسایی می‌شود و مقادیر آینده قابل پیش‌بینی می‌گردد. در سری‌های زمانی با بررسی رفتار گذشته سری، مدل احتمالی که مولد داده‌هاست را شناسایی نموده آن‌گاه با فرض اینکه داده‌ها در آینده نیز رفتاری مشابه خواهندداشت و از رفتار گذشته خود با انجام برخی اصلاحات، تبعیت خواهند نمود، سعی در پیش‌بینی مقادیر آینده سری زمانی داریم.

جین بپتیست ژوزف فوریه[۴] در سال ۱۸۰۲ طی رساله‌ای در آکادمی علوم راجع به انتشار حرارت نشان داد که یک تابع f(x) را می‌توان به وسیله حاصل جمع بی‌نهایت توابع به شکل sin(ax) و cos(ax) که هر کدام در ضریبی نیز ضرب شده باشد، نمایش داد[۲]. در سال‌های ۱۹۷۰ یک مهندس ژئوفیزیکدان فرانسوی به نام ژان مورله متوجه شد که پایه‌های فوریه بهترین ابزار ریاضی ممکن در اکتشافات زیرزمین نیستند. این موضوع منجر به یکی از اکتشافات تبدیل به موجک‌ها گردید. گروسمن و مورله[۵] در سال ۱۹۸۴برای نخستین بار تئوری موجک را به صورت نظریه ای مستقل مطرح نمودند. آنان برای نخستین بار نام موجک را برای این نظریه و توابع مربوطه پیشنهاد دادند. آنها اثبات کردند که موجها از روی اجزای موجک آنها بهتر از فوریه ساخته می‌شوند.

۲- مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

۲-۱- موجک و نوفه

در یک نگاه کلی، هدف از اعمال یک تبدیل ریاضی بر یک سیگنال، به دست آوردن اطلاعات اضافه‌ای است که درسیگنال خام اولیه قابل دسترسی نمی‌باشند. اکثر قریب به اتفاق سیگنال‌های مورد استفاده در عمل، در حوزه زمان هستند. طبیعتاً این نحوه نمایش، بهترین شکل برای توصیف یک سیگنال نخواهد بود. لذا در این مسیر می‌توانیم تبدیلات متفاوتی را برای بهبود نتیجه به‌کار-ببریم یکی از این تبدیلات، تبدیل موجک است. کلمه موجک همان‌گونه که از نامش بر می‌آید به معنی موج کوچک می‌باشد[۱۸]. باگذشت زمان دانشمندان دریافتند که با شکستن سیگنال به اجزای جداگانه، که امواج سینوسی خالص نیستند؛ می توان اطلاعات را در هر دو حوزه زمان و بسامد متمرکز کرد. این موضوع ایده بنیادینی است که به تدریج به عنوان موجک شناخته شد[۲۲].

در توصیف تجزیه و تحلیل موجک، گراپس بیان می‌دارد که «موجک‌ها این امکان را می‌دهد که هم جنگل را ببینیم و هم درختان را»[۱۷]. شلیچر با دیدگاهی دیگر می‌گوید: «موجک‌ها مثل

دوربینی مجهز به عدسی با زاویه دید عریض می‌باشند اجازه می‌دهند که تصاویری از دورنمای یک منظره را داشته باشیم و در عین حال با بزرگنمایی می‌توان اجزای ذره‌بینی را که از چشم افراد پنهان مانده‌است ببینیم»[۲۳]. هر دو به این نکته اشاره‌می‌کنند که آنالیز موجک تنها به کلیات نمی‌پردازد بلکه جزییات را هم به دقت بررسی می‌نماید.اما از سوی دیگر، یکی از مباحث اصلی که می‌تواند دقت نتایج حاصل از تحلیل موجکی را پایین بیاورد نویز یا نوفه می‌باشد.

بهبهانی و همکارانش نویز یا نوفه را در پژوهششان به این صورت بیان می‌کنند: به هر نوسان و تغییر غیرعمدی که بر روی سیگنال‌های مورد اندازه‌گیری ظاهر می‌شود، نویز گفته می‌شود. هر کمیتی می‌تواند نویز بپذیرد. نویز در همه‌جا وجود دارد، هرجا که سیگنالی اندازه‌گیری می‌شود حتما نوعی نویز بر روی آن ایجاد می‌شود[۴].

۲-۲- موجک

موجک‌ها توابع ریاضی هستند که برای تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی ، شکل مقیاس-زمان و روابط آنها را ارایه می‌دهند. موجک‌ها انواع زیادی دارند که هریک از لحاظ شکل و فرمول توابع با هم تفاوت دارند که از جمله پرکاربردترین آن‌ها می‌توان به موجک دابشیز، هار، کوافلیت، شانون، سیملت و ... اشاره نمود.

۲-۳- سری زمانی

در هر علم، به آمار جمع آوری شده مربوط به متغیری که قرار است پیش‌بینی شود و در دوره‌های زمانی گذشته موجود است، اصطلاحا سری زمانی می‌گویند. منظور از یک سری‌زمانی مجموعه‌ای از داده‌های آماری است که در فواصل زمانی مساوی و منظمی جمع‌آوری شده باشند[۸].

۲-۴- انتخاب آستانه[۶]

یکی از مسایل مهم در حذف نویز با استفاده از توابع حذف، انتخاب آستانه است. به طور کلی، تخمین جزییات ضریب آستانه‌ای با استفاده از روش‌های برآورد برای هر سطح از ۱ تا n انتخاب می‌شود. چهار روش برآورد آستانه کلاسیک شامل آستانه جهانی، آستانه اطمینان، آستانه ترکیبی و آستانه کمینه می‌باشد.

۲-۵- نوفه

نوفه که لغت انگلیسی آن یعنی نویز به زبان فارسی نیز وارد شده در لغت به معانی خش، اختلال، سرو صدا، شلوغی، قیل و قال، صدا راه انداختن، شایعه و تهمت و همچنین به معنای پارازیت آمده است. خود واژه پارازیت نیز به معنای انگل، طفیلی، صدای مزاحم و سربار آمده است[۳]. اصطلاح پارازیت(نوفه) به برخی از عناصر مزاحم در کانال ارجاع دارد، که سیگنال را خراب می‌کنند یا تا حدودی تحت الشعاع قرار می‌دهند[۹]. در واقع هدف اصلی تجزیه موجک جداسازی ویژگی‌های اصلی سری از نویز است[۱۰].

۲-۶- نوفه‌زدایی[۷]

نوفه‌زدایی عبارت است از حذف نویز؛ به طوری که تا حد امکان اطلاعات مفید حفظ شود. حذف نویز مبتنی بر ویولت براساس خواص اولیه‌ی این تبدیل استوار است. هدف از الگوریتم حذف نویز با استفاده از ویولت، حذف بخشی از نویز سیگنال s(n) به‌وسیله کنار گذاشتن نویز سیگنال به صورت e(n) و بازیابی سیگنال مورد نظر f(n) می‌باشد. این مدل به فرم کلی به شکل رابطه زیر می‌باشد:

$$S(n)=f(n) + e(n) \qquad (۱)$$

به‌طور کلی روش‌های مبتنی بر ویولت برای حذف نویز از سه مرحله تشکیل شده است. گام اول تجزیه است یعنی انتخاب تابع ویولت و تجزیه به J سطح . گام دوم حذف نویز در ضرایب فرکانس بالای ویولت است به این صورت که برای هر سطح تجزیه، سطح آستانه انتخاب شده و ضرایب فرکانس بالا اعمال می‌شود و گام سوم که بازسازی سیگنال است.

ضرایب موجک با شدت بالا مربوط به سیگنال و ضرایب موجک با شدت کم مربوط به نویز می‌باشد[۱۶].

۲-۷- خوشه‌بندی

تجزیه و تحلیل خوشه‌ای از یک مجموعه‌ای از الگوها بر روی خوشه‌ها بر اساس شباهتشان سازمان یافته است که معمولا به صورت یک برداری از معیارها یا یک نقطه در یک فضای چندبعدی نمایش‌داده‌می‌شود. به طور مستقیم الگوهای درون یک خوشه نسبت به آنهایی که متعلق به خوشه‌های متفاوت هستند، شبیه‌تر هستند[۱۹]. الگوریتم‌های خوشه‌بندی سلسله مراتبی، داده-

ها را به وسیله ایجاد یک درخت خوشه‌ای(دندروگرام) بر اساس فاصله خاص بین نقاط و معیارهای شباهت یا عدم شباهت گروه‌بندی می‌کند[۱۳].

۲-۸- پیشینه پژوهش

پان و همکاران(۱۹۹۹) در مقاله‌ای با نام "دو روش حذف نویز به وسیله تبدیل موجک" دو روش برای کاهش نوفه مبتنی بر موجک را مورد بحث قرار داده‌اند. ابتدا یکی از روش‌های فیلترینگ را بهبود بخشیده، دوم به معرفی یک الگوریتم نوفه‌زدایی مبتنی بر آستانه بر اساس تبدیل موجک گسسته نوفه زدایی شده شبیه سازی و مقایسه انجام شده است. نتایج شبیه سازی نشان‌می‌دهد که روش جدید عملکرد بهتری نسبت به سیگنال اصلی دارد[۲۱]. کیم و این(۲۰۰۵) نیز با آنالیز موجک نشان دادند که ارتباط بین تغییرات قیمت سهام و بازده اوراق قرضه می‌تواند از کشوری به کشور دیگر متفاوت باشد و همچنین می‌تواند به مقیاس زمانی وابسته باشد[۲۰].

الزهرانی،مسیح و التیتی(۲۰۱۴) به آزمون علیت خطی و غیر خطی گرنجر بین قیمت نقطه‌ای نفت و قیمت های آتی بر اساس موجک پرداختند نتایج به روشن‌سازی بیشترمباحث در سراسر نقش کشف قیمت می‌پردازد و به قیمت بازار نقد به عنوان مخالف بازار آتی می‌نگرد[۱۲]. گالگاتی، رامسی و سملی نیز در همان سال (۲۰۱۴) محتوای اطلاعات چندین نرخ بهره منتشر شده برای رشد خارجی آتی با استفاده از آنالیز موجک را تحلیل نموده‌اند و به این نتیجه رسیدند که آنالیز موجک درک عمیقی از دینامیک پیچیده بین متغیرهای مالی و واقعی را فراهم می‌نماید که قطعا بهتر و غنی‌تر ازآنچه با استفاده از روش رگرسیون استاندارد کل بدست آمده‌است، می‌باشد[۱۴].

اسلامی بیدگلی وهمکاران در سال ۱۳۸۷ امکان توصیف بهتر هم تغییری بازده بازار و بازده سهام شرکت‌های فعال در بورس‌های ایران و هفت کشور دنیا را بررسی نموده و به مدل قیمت-گذاری دارایی سرمایه‌ای با استفاده از رویکرد تبدیل موجک پرداخته‌اند. در ادامه شاخص‌های استخراج شده توسط سطوح مختلف موجک هار، دابشیز، سیملت و کوایفلتز استخراج گردیده و بتاها و معنی‌داری بتاها بررسی شده نتایج نشان می‌دهد که بتاهای استخراج شده با استفاده از موجک نسبت به حالت قبل به طور معنی‌داری بیشتر است از طرفی کارایی کاربرد توابع مختلف تبدیلی موجک یکسان است [۱]. سه سال بعد تهرانی و همکاران(۱۳۹۰) در مقاله "بررسی رابطه‌ی بین بازده سهام و تورم در بورس اوراق بهادار تهران در زمان-مقیاس‌های مختلف با استفاده از تبدیل موجک" به بیان جدیدی ازفرضیه فیشر پرداخته، که بیانگر ارتباط مثبت بین بازده اسمی سهام و تورم است[۵].

ثانوی گروسی(۱۳۹۱) در پژوهشی برآنالیز موجک در تحلیل قیمت سهام روی جنبه‌های تکنیکی موجک‌ها و رویکرد اجرایی سیستم موجک گسسته بحث نموده و نتایج این مقاله به بررسی اکتشافی روی قابلیت اجرایی و اهمیت آنالیز موجک به کشف عناصر نوسان در مقیاس‌های مختلف می‌پردازد و آشکار می‌کند که آنالیز موجک بازگشتی باتوجه به مثالی تجربی نوسانات را کشف می‌کند، بخش‌های نامناسب را حذف نموده و به دنبال الگوهای مناسب در سطوح قطعی می‌گردد[۶].
یک سال بعد جعفری صمیمی و همکاران(۱۳۹۲) در مقاله" کاربرد روش‌های نیمه پارامتریک و موجک‌ها در بررسی وجود پایداری نرخ تورم ایران" از چندین روش از جمله موجک‌ها، به منظور بررسی وجود پایداری در نرخ تورم ایران استفاده نمودند[۷].

وکیلی‌فرد و شیرازیان (۱۳۹۳) به تاثیر افق سرمایه‌گذاری در تخصیص دارایی بین رشدی و ارزشی در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از تجزیه و تحلیل موجک پرداختند. برای بررسی تخصیص پرتفوی میان سهام رشدی و ارزشی درافق های سرمایه‌گذاری از آنالیز موجک استفاده نمودند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که در شرکت‌های سرمایه‌گذاری با ریسک گریزی متوسط و کم، با افزایش افق سرمایه‌گذاری میزان سرمایه‌گذاری در سهام رشدی کم و میزان سرمایه‌گذاری در سهام ارزشی افزایش یافته است[۱۱].

۳- سوالات پژوهش

۳-۱- خوشه بندی بر اساس داده‌های نوفه‌زدایی‌شده در شاخص‌های مورد بررسی در قلمرو پژوهش چگونه است؟

۳-۲- نتایج پیش‌بینی حاصل از داده‌های نوفه‌زدایی شده بر اساس موجک هار در شاخص کل چگونه است؟

۳-۳- نتایج پیش‌بینی حاصل از داده‌های نوفه‌زدایی شده بر اساس موجک دابشیز در شاخص کل چگونه است؟

۴- روش‌شناسی پژوهش

این تحقیق از نظر نوع تحقیق، کاربردی و از نظر هدف، توصیفی و از لحاظ افق زمانی دوره‌ای است. در این پژوهش ارزش ۱۶ شاخص، تحت عناوین شاخص کل، شاخص ۵۰ شرکت فعالتر، شاخص۳۰ شرکت بزرگ، شاخص فراورده‌های نفتی، شاخص انبوه‌سازی، شاخص مالی، شاخص سیمان، شاخص دارویی، شاخص شیمیایی، شاخص خودرو، شاخص فلزات، شاخص منسوجات، شاخص زغال سنگ، شاخص زراعت، شاخص بانک‌ها و موسسات اعتباری، شاخص مواد غذایی و

آشامیدنی به جز قند و شکر در هر روز معاملاتی به عنوان داده‌های اصلی در نظر گرفته، باید توجه داشت که از کل شاخص‌های بورسی شاخص‌های صنایع مرتبط به‌هم را حذف نموده و شاخص‌ها با حجم و ارزش بیشتر انتخاب گردیده‌است، و در مرحله بعد بازده پیوسته روزانه آنها با استفاده از تابع ln محاسبه شده و حاصل که یک سری از داده‌های گسسته می‌باشد به عنوان مبنای محاسبات در نظر گرفته شده‌است. در ادامه راه، از تبدیل موجک گسسته یک بعدی برای کاهش نویز از سری زمانی بازده شاخص‌ها استفاده شده است. به این صورت که ابتدا نمودار بازدهی آن شاخص ارایه گردیده، سپس سطوح تجزیه تا ۵سطح ادامه داده و در مرحله نهایی نمودار نوفه زدایی شده هر شاخص ترسیم شده‌است .

سیگنال را با الگوریتم آبشاری تجزیه می‌کنند. به بیان ریاضی:

$$X(t) = A_1(t) + D_1(t)$$

$$= A_2(t) + D_2(t) + D_1(t)$$

$$= A_3(t) + D_3(t) + D_2(t) + D_1(t)$$

$$= A_n(t) + D_n(t) + D_{n-1}(t) + \cdots + D_1(t)$$

$A_n(t)$ و $D_n(t)$ به ترتیب ضرایب تفصیل و ضرایب تقریب در سطح n هستند.

بنابراین در اینجا ضرایب بدست آمده به ترتیب پر اهمیت تا کم اهمیت مرتب شده‌اند. در واقع ضرایب کم اهمیت همان‌هایی هستند که در مراحل اولیه الگوریتم بدست می‌آیند؛ لذا ما تجزیه را تا جایی ادامه می‌دهیم که اطلاعات اصلی مورد نظر در سیگنال بماند. از سری بازده هر شاخص دو بار نویز زدایی، یک‌بار با موجک دابشیز هشت و بار دیگر با موجک هار انجام شده و در نهایت نتایج حاصل از هر دو روش با ضریب همبستگی وترسیم دندروگرام مقایسه شده‌است. در مرحله بعدی پیش‌بینی شاخص کل با داده‌های نوفه‌زدایی شده به‌وسیله موجک دابشیز و هار بررسی شده‌است و تمامی مراحل نیز با نرم افزار R انجام گرفته است. دلیل استفاده از دو موجک دابشیز و هار، مبنا قراردادن تحقیقات گذشته و رایج بودن بیشتر این دو نوع موجک درپژوهش‌های مالی و اقتصادی است.

ارزش هر شاخص در بازار اوراق بهادار تهران قابل دسترسی بوده و در بانک‌های اطلاعاتی رایانه-ای و سایر منابع اطلاعاتی نظیر تارنمای سازمان بورس و اوراق بهادار و مرکز پردازش اطلاعات مالی ایران http://fipiran.com یافت می‌شود. این آمار مربوط به سری بازده ۱۶ شاخص انتخاب‌شده از بورس اوراق بهادار تهران از تاریخ ۵ فروردین۱۳۹۳ تا ۳۱ فروردین سال ۱۳۹۵ است. برای مطالعه

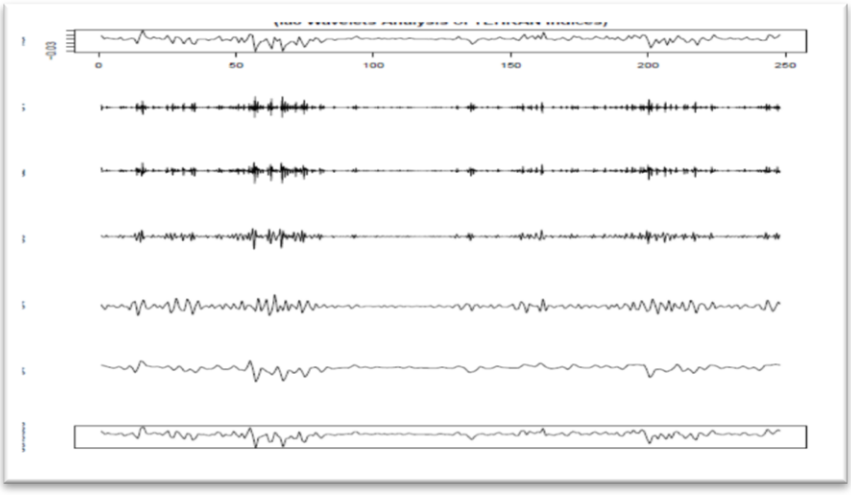
مبانی نظری و بررسی پیشینه، از روش کتابخانه‌ای با بهره‌گیری از کتب و مقالات تخصصی فارسی و لاتین و پایان‌نامه ها استفاده‌گردیده‌است.

۵- یافته های پژوهش

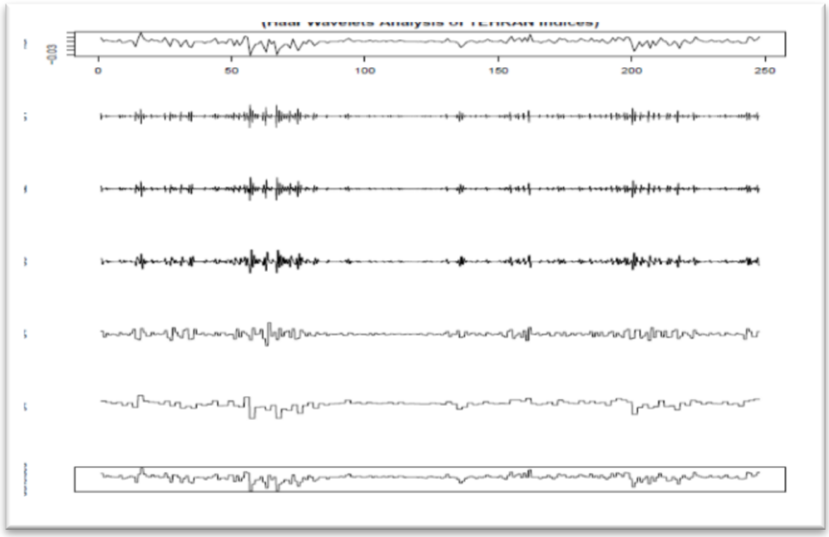
۵-۱- نوفه‌زدایی و خوشه‌بندی شاخص‌ها بر مبنای همبستگی بازده آن‌ها

در این پژوهش به تفاوت بین به‌کارگیری داده‌های نوفه‌زدایی نشده و نوفه‌زدایی شده پرداخته شده-است.

در این اینجا تجزیه تا سطح پنجم انجام گرفته‌است. چرا که سطوح بعدی به خطوط یکنواخت رسیده که بخشی از اطلاعات کاربردی برای ما حذف گردیده بود. در شکل زیر تصویر سمت چپ بخش حقیقی بازدهی، سطوح تجزیه و بخش نوفه‌زدایی شده بازدهی شاخص کل با استفاده از موجک هار را نشان می‌دهد و تصویر سمت راست بخش حقیقی بازدهی ، سطوح تجزیه و بخش نوفه‌زدایی شده بازدهی شاخص کل با استفاده از موجک دابشیز ۸ را نشان می‌دهد. برای سری بازده هر ۱۶ شاخص همین روند را طی نموده و سپس نتایج حاصل را ابتدا به روش خوشه‌بندی مقایسه نموده‌است. دو دندروگرام ، بر اساس ضریب همبستگی و داده‌های نوفه‌زدایی شده خواهیم داشت ابتدا دندروگرام حاصل از نوفه زدایی داده‌ها با استفاده از موجک هار ارائه می‌شود. محور عمودی دندروگرام میزان شباهت و همبستگی را نشان می‌دهد.



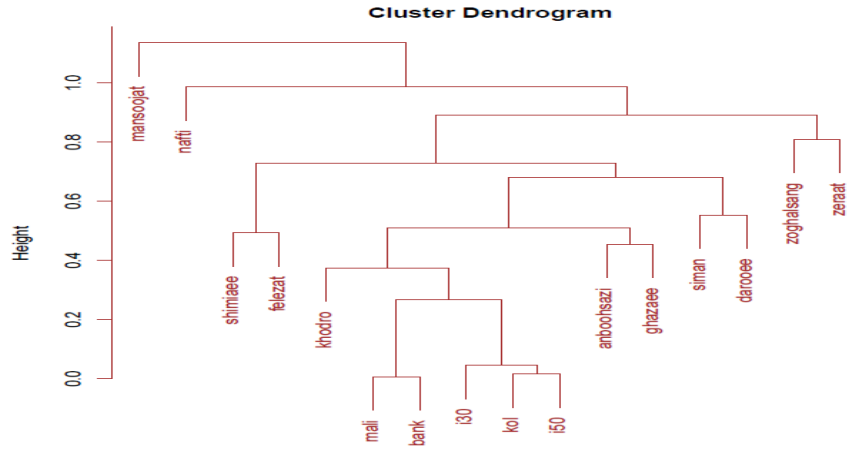
شکل ۱- موجک هار مربوط به بازدهی شاخص کل، سطوح تجزیه و نمودار بازدهی بعد از نوفه‌زدایی



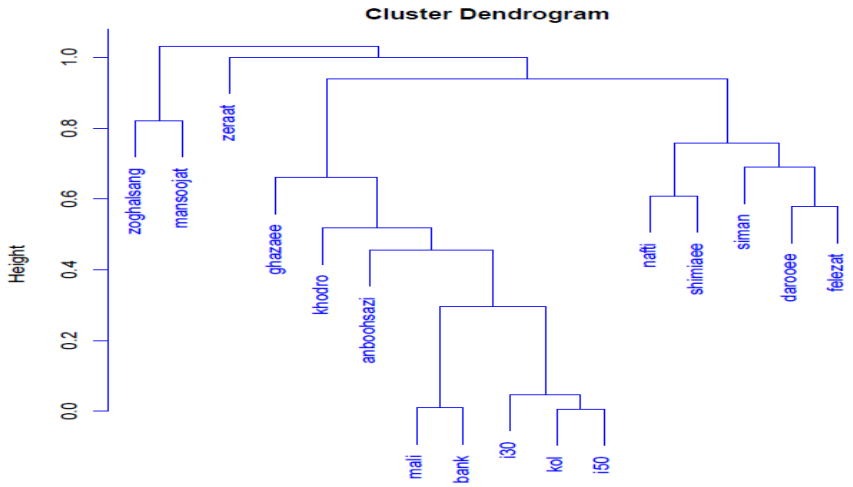
شکل ۲- موجک دابشیز مربوط به بازدهی شاخص کل ، سطوح تجزیه و نمودار بازدهی بعد از نوفه‌زدایی

باید توجه داشت که در دندروگرام میزان شباهت را در قالب فاصله نمایش می‌دهیم بنابراین اگر بخواهیم دندروگرام را از پایین به بالا تحلیل کنیم، طبق شکل، درخوشه اول شاخص بانک و شاخص مالی بیشترین شباهت بازده را با هم دارند. در سطح بعدی این خوشه با خوشه دوم که شامل شاخص‌های ۳۰ شرکت بزرگ، کل و ۵۰ شرکت فعالتر است بیشترین شباهت بازده را دارند. اگر این دو خوشه را با هم یک خوشه در نظر بگیریم بیشترین شباهت بازدهی را به شاخص خودرو خواهند داشت. و همین گونه تا آخر. همان‌گونه که از دندروگرام مشخص است نوفه‌زدایی با موجک هار نتوانسته است به خوشه بندی جامع و دقیقی برسد.

طبق دندروگرام داده‌های نوفه‌زدایی شده با موجک هار، می‌توان ادعا کرد شاخص بانک و شاخص منسوجات در بین این ۱۶ شاخص کمترین شباهت بازده را با هم دارند، اهمیت این موضوع برای مدیران سرمایه‌گذاری، مهم و قابل توجه است، زیرا زمانی که بازار و به تبع آن شاخص کل روند نزولی به خود می‌گیرد کمترین شباهت به حرکت بازده شاخص کل را شاخص منسوجات خواهد داشت و در این زمان احتمالا سهام این شاخص سهام کم ریسک‌تری خواهد بود و برعکس در دوره صعود بازار، این شاخص عملکرد ضعیفی خواهد داشت. این مبحث، تنوع بخشی سبد سهام را می‌تواند پوشش دهد.



نمودار ۱- دندروگرام بازدهی شاخص‌ها با استفاده از داده‌های نوفه‌دایی شده با موجک هار



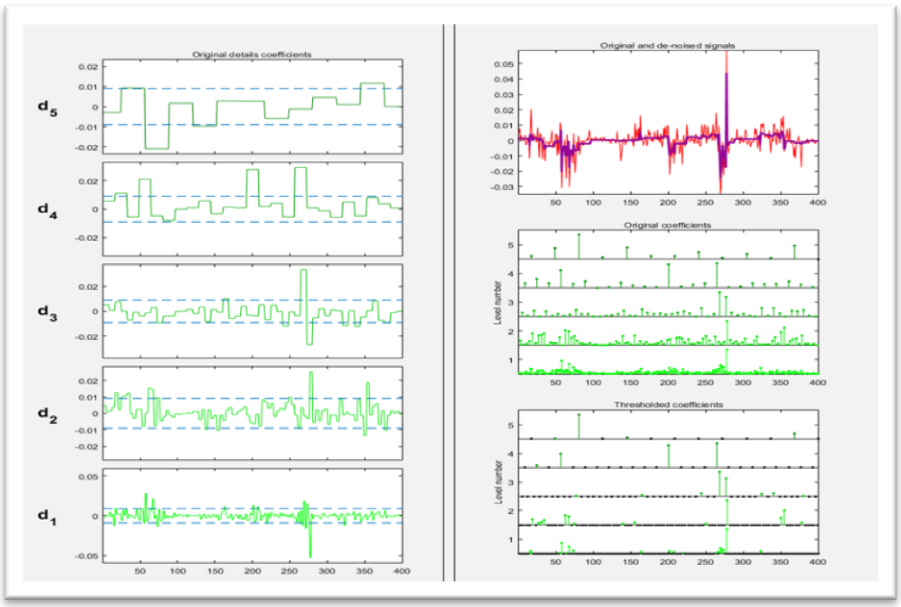
نمودار۲- دندروگرام بازدهی شاخص‌ها با استفاده از داده‌های نوفه‌دایی شده با موجک دابشیز

دندروگرام خوشه بندی بازده شاخص‌ها بر اساس داده‌های نوفه‌زدایی شده با استفاده از موجک دابشیز نیز در شکل دوم ارائه شده‌است. در پایین‌ترین سطح، شاخص مالی و شاخص بانک بیشترین شباهت بازده را دارند. در سطح بعدی بیشترین شباهت بازده را با خوشه ای دارند که در آن شاخص کل، ۳۰ شرکت بزرگ و ۵۰ شرکت فعالتر در آن قرار دارند البته از بین این سه شاخص شباهت بازدهی شاخص کل با بازدهی ۵۰ شرکت فعالتر بیشتر است. بقیه توضیحات دندروگرام به

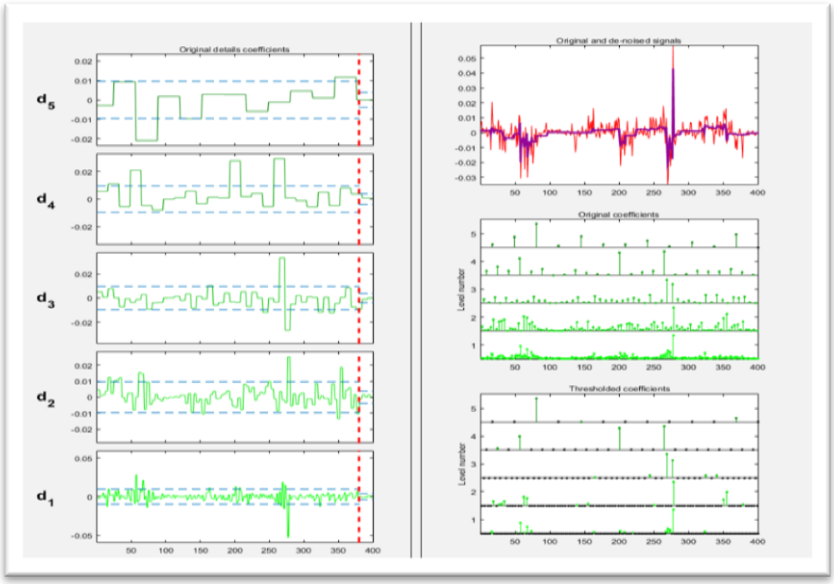
ترتیب شکل قبل است. نکته قابل تامل این که نوفه‌زدایی با استفاده از موجک دابشیز به خوشه بندی بهتری نسبت به موجک هار رسیده است. همان‌گونه که از شکل مشخص است به‌طور کلی ۴ خوشه اصلی داریم که خوشه اول شامل شاخص ذغال سنگ و شاخص منسوجات است خوشه دوم فقط شاخص زراعت است خوشه سوم شامل شاخص‌های غذایی، خودرو، انبوه‌سازی، مالی، بانک، ۳۰ شرکت بزرگ، کل، ۵۰ شرکت فعال‌تر است. و خوشه چهارم که شاخص‌های نفتی و شیمیایی و سیمان، دارویی وفلزات را در بر می‌گیرد.

۵-۲- پیش‌بینی با استفاده از داده‌های نوفه‌زدایی شده

از ۵۰۰ داده سری زمانی بازده شاخص کل، ۴۰۰ داده را به عنوان داده آموزش در نظر گرفتیم و ۱۰۰ داده را برای تست و پیش‌بینی به‌کار بردیم. برای پیش‌بینی یک بار این ۴۰۰داده را بر مبنای موجک هار و بار دوم بر مبنای موجک دابشیز نوفه‌زدایی نموده‌ایم. در مرحله بعد ۱۰۰ داده بعدی را برا اساس ۴۰۰ داده نوفه‌زدایی شده پیش بینی کردیم.



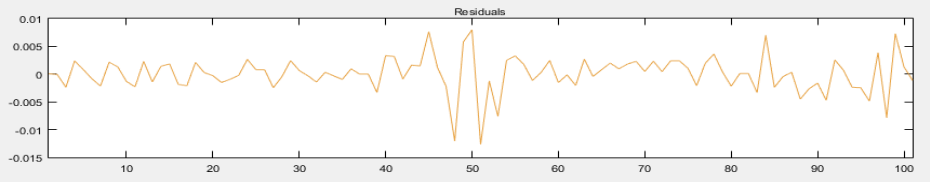
شکل ۲- مراحل نوفه‌زدایی شاخص کل با استفاده از موجک هار



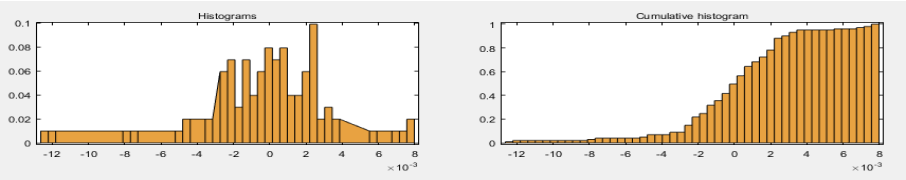
شکل ۳- مراحل نوفه‌زدایی شاخص کل با استفاده از موجک دابشیز

در شکل (۲) نمودار اول، خطوط قرمز بیانگر بازده شاخص کل در ۴۰۰ روز بدون نوفه‌زدایی است و خطوط تیره (بنفش) داده‌های نوفه‌زدایی شده‌است. بنابراین تفاوت این خطوط به عنوان نوفه محسوب می‌شود. سمت چپ تصویر سطوح تجزیه و نوفه‌زدایی هر سطح را نشان می‌دهد که ۴۰۰ داده شاخص کل را در ۵ سطح تجزیه و نوفه‌زدایی نموده است. ضمن اینکه در هر سطح میزان نوسان داده‌ها را نشان می‌دهد. نمودار دوم در سمت راست تصویر سمت چپ، بیانگر ضرایب اصلی در ۵ سطح تجزیه این ۴۰۰ داده و ضرایبی که قابل حذف نبوده‌اند می‌باشد. نمودار سوم از سمت راست همان تصویر هم بیانگر ضرایب آستانه‌ای که در این ۵ سطح تجزیه قابل حذف بوده‌اند می‌باشد. همین مراحل را برای موجک دابشیز نیز انجام داده‌ایم که درتصویر سمت راست نشان‌داده‌شده است.

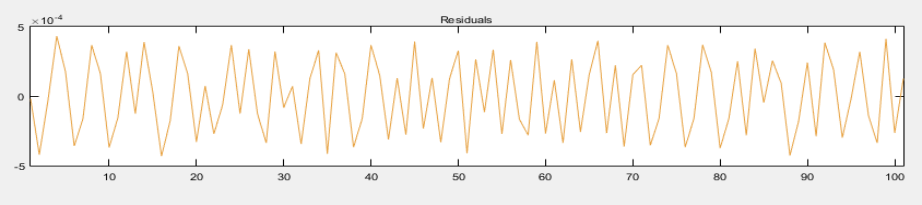
در مرحله بعد پیش‌بینی شاخص کل را بر اساس ۱۰۰ داده بعدی بازده انجام داده‌ایم .نمودار و جزییات residual به شکل زیر است. residual در اینجا به مفهوم اختلاف بین واقعیت پیش‌بینی است یا به عبارتی خطای پیش‌بینی را نشان می‌دهد.در نمودار زیر تفاوت بین واقعیت و پیش‌بینی را برای ۱۰۰ داده نشان داده‌ایم.



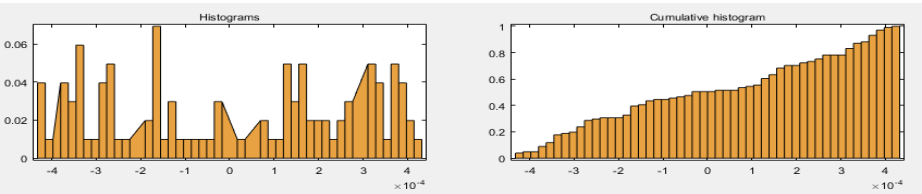
نمودار ۳- خطای پیش‌بینی حاصل از نوفه‌زدایی داده‌ها با استفاده از موجک هار



نمودار ۴- هیستوگرام و هیستوگرام تجمعی خطای پیش‌بینی۱۰۰داده



نمودار ۵- خطای پیش‌بینی حاصل از نوفه‌زدایی داده‌ها با استفاده از موجک دابشیز



نمودار ۶- هیستوگرام و هیستوگرام تجمعی خطای پیش‌بینی۱۰۰داده

با توجه به نمودارها خواهیم دید که نوسانات خطا در دابشیز بسیار کمتر است چرا که در نمودار خطای پیش‌بینی دامنه تغییرات خطا در موجک دابشیز($-5*10^{-4}$تا $5*10^{-4}$)می‌باشد در حالیکه در موجک هار(015.-)تا (01.)است. اما توزیع این خطاها در موجک هار تقریبا نزدیک به نرمال است ولی موجک دابشیز شکل خاصی ندارد.

Mean	3.391e-05	Maximum	0.007985	Standard dev.	0.003227	L1 norm	0.2256
Median	0.0002762	Minimum	-0.01264	Median Abs. Dev.	0.001707	L2 norm	0.03227
Mean	0.002417	Range	0.02062	Mean Abs. Dev.	0.002231	Max norm	0.01264

جدول ۱- آمار توصیفی خطای پیش‌بینی با موجک هار

Mean	-5.063e-07	Maximum	0.0004318	Standard dev.	0.0002753	L1 norm	0.02519
Median	-1.943e-05	Minimum	-0.0004318	Median Abs. Dev.	0.0002606	L2 norm	0.002753
Mean	-0.0001641	Range	0.0008637	Mean Abs. Dev.	0.0002494	Max norm	0.0004318

جدول ۲- آمار توصیفی خطای پیش بینی با موجک دابشیز

همان‌گونه که جداول نشان می‌دهد میانگین خطا در بررسی خطای پیش‌بینی موجک هار، مثبت و در موجک دابشیز، منفی است. انحراف معیار در دابشیز کمتر از هار می‌باشد [۸] و ماکزیمم هار بیشتراز دابشیز است و مینیمم دابشیز بیشتر از هار است. بنابراین دامنه تغییرات در هار بیشتر می‌باشد. پس می‌توان نتیجه گرفت که در پیش‌بینی نیز نوفه‌زدایی با موجک دابشیز عملکرد بهتری داشته است.

۶- نتیجه‌گیری و بحث

نتایج نمودار (۱) و (۲) نشان داد که با تغییر دادن نوع موجک در نوفه‌زدایی به نتایج متفاوتی خواهیم رسید همان‌گونه که خوشه‌بندی نتایج متفاوتی نشان داد، با توجه به دندروگرام مشاهده شد که موجک دابشیز دقت بیشتری را در نوفه‌زدایی و به تبع آن خوشه‌بندی داشته‌است به‌گونه‌ای که خوشه‌بندی آن مشتمل بر چهار خوشه اصلی است در حالیکه خوشه‌بندی حاصل از موجک هار به نتایج دقیقی نرسید، تعداد خوشه‌ها زیاد بوده و منسجم نیست. تنها عامل تغییر این دو نوع خوشه‌بندی تغییر نوع موجک است. بنابراین اگر بتوانیم موجکی را بیابیم که در سری‌زمانی با تجزیه‌شدن، کمترین خطای پیش‌بینی را داشته باشد آن موجک برای آن سری‌زمانی تحلیل بهتری ارائه خواهد داد. آن‌گونه که در نمودار(۳) با بیان residual یا اختلاف بین واقعیت و پیش‌بینی و به زبان ساده‌تر خطای پیش‌بینی نشان داده‌شده‌است که عملکرد موجک دابشیز در تحلیل سری زمانی شاخص کل نسبت به موجک هار بهتر و دقیق تر است. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های بعدی انواع

دیگر موجک را بررسی نموده تا موجکی که کمترین خطای پیش‌بینی برای سری زمانی بازده شاخص کل و دیگر شاخص‌ها دارد معرفی شود.

فهرست منابع

* اسلامی بیدگلی غلامرضا،عبده تبریزی حسین، محمدی شاپور و شهاب الدین شمس. بررسی زمان مقیاس مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه‌ای از طریق تبدیل موجک. بررسی‌های حسابداری و حسابرسی.۱۳۸۷دوره ۱۶، شماره۵۸:ص ۳۵-۵۲
* انجمن ریاضی فرانسه، انجمن ریاضیات کاربردی و صنعتی فرانسه، انفجار ریاضیات.ترجمه ارسلان شادمان، چاپ دوم،تهران: انتشارات فاطمی؛۱۳۹۲
* آریان‌پور منوچهر و بهرام دلگشایی. فرهنگ پیشرو آریان‌پور. چاپ اول جلد ۴.تهران: جهان رایانه؛۱۳۷۷
* بهبهانی سرور، رامشانی زینب، کریمی مریدانی محمد ، نقدی شادی، یاوری فاطمه و مصطفی داداش زاده. مزاحمی به نام نویز. (۱۳۸۸)،ماهنامه تخصصی مهندسی پزشکی. صفحه۲۶-۲۱
* تهرانی رضا، محمدی شاپور و آرش محمد علی زاده. بررسی رابطه بین بازده سهام و تورم در بورس اوراق بهادار تهران در زمان مقیاس های مختلف با استفاده از تبدیل موجک (wavelet). پژوهشنامه اقتصادی .۱۳۹۰ ، شماره دوم: ص ۲۲۵-۲۴۴
* ثانوی گروسی ریحانه. آنالیز موجک در تحلیل قیمت سهام. اولین همایش بین المللی اقتصادسنجی روش‌ها و کاربردها دانشگاه آزاداسلامی واحد سنندج.۱۳۹۱
* جعفری صمیمی احمد و روزبه بالونژادنوری. کاربرد روش‌های نیمه پارامتریک و موجک‌ها در بررسی وجود پایداری نرخ تورم ایران.فصلنامه مدلسازی اقتصادی.۱۳۹۲ ،شماره ۳«پیاپی۲۳» : ص ۱۵-۳۰
* چتفیلد،کریستوفر. مقدمه‌ای بر تحلیل سری‌های زمانی. ترجمه نیرومند، حسینعلی و ابوالقاسم بزرگ نیا، مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد؛ ۱۳۷۲.
* دانسی مارسل. نشانه شناسی رسانه‌ها. چاپ اول. ترجمه گودرز میرانی و بهزاد دوران،تهران: چاپار و آینه نما؛ ۱۳۸۷.
* راعی رضا، محمدی شاپور و حنظله فندرسکی. پیش‌بینی شاخص سهام با استفاده از شبکه عصبی و تبدیل موجک. فصلنامه علمی و پژوهشی مدیریت دارایی و تامین مالی.۱۳۹۴، سال سوم،شماره اول، شماره پیاپی هشتم :ص ۵۵-۷۴

* وکیلی فرد حمیدرضا و زهرا شیرازیان. تاثیر افق سرمایه گذاری روی تخصیص دارایی بین استراتژی های رشدی و ارزشی در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از تجزیه وتحلیل موجک. مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار ،۱۳۹۳، شماره بیست و یکم،۱۳۱-۱۴۸
* Alzahrani M, masih M & al-titi O. Linear and non-linear Granger causality between oil spot and futures prices: A wavelet based test. Journal of International Money and Finance.2014 ,48 :175-201
* Borysov p, Hanning j & marron j. asymptotics of hierarchical clustering for growing dimension. Journal of multivariate analysis.2014,124: 465-479
* Gallegati M, Ramsey G.B & Semlei w. Interest rate spreads and output: A time scale decomposition analysis using wavelets. Computational Statistics and Data Analysis.2014, 76: 283–290
* Gencary R, Selcak F & Whitcher B. An introduction to wavelets and other filtering methods in finance and economics. Academic press.2002:202-234
* Goldstein M.R , Werner C.L .Radar Interferogram Filtering for geophysical applications . Geophisical Research Letters.1997, vol. 25, No. 21 :969-972
* Graps, A. An introduction to wavelets. IEEE computational science and engineering.1995,2(2): 50-61
* Hardle W et al. Wavelets, Approximation and Statistical Applications. Seminar Paris-Berlin, Seminar Berlin-paris;1997
* Jain A.K, Murty M.N & Flyn P.J. Data clustering: a review. ACM computing survey (csur).(1999),31(3):264-323
* Kim S, in F .On the relationship between changes in stock prices and bond yields in the G7 countries: Wavelet analysis. Int. Fin. Markets, Inst. and Money.2005, 17 :167–179
* Pan Q, Zhang L, Dai G & Zhang A .Two denoising methods by wavelet transform. IEEE transactions on signal processing.1999, vol. 47, NO. 12:3401-3406
* Policar, R. The story of wavelet. IMACS /IEEE CSCC, 1999: 5481-5486.
* Schleicher , C . An introduction to wavelets for economists . Monetary and Financial Analysis Department Bank of Canada. 2002.

یادداشت‌ها

[1] time series
[2] wavelet analysis
[3] noise
[4] Jean Baptiste Joseph Fourier
[5] Grosman and Morleh
[6] threshold
[7] denoising