پیش‌بینی دوره‌های رونق و رکود قیمت مسکن با استفاده از تجزیه موجک و شبکه‌های عصبی مصنوعی

حسین عباسی‌نژاد[۱]　　**کیوان شهاب لواسانی**[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۷/۱۵　　**تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۹/۲۹**

چکیده

با توجه به سهم بالای دارایی مسکن در پرتفوی دارایی عاملان اقتصادی، درک، شناخت، پیش‌بینی و استخراج دوره‌های رونق و رکود قیمت مسکن می‌تواند برای خریداران مسکن و یاسرمایه‌گذاران بالقوه مسکن مفید باشد.طی بیست سال گذشته، افزایش قیمت مسکن در تهران و شهرهای بزرگ کشور به صورت پله‌ای بوده و رفتاری سیکلی (ادواری) داشته است. در این مقاله پس از استخراج سیکل‌های بلند مدت با فرکانس پایین قیمت مسکن توسط فیلتر موجک با استفاده از سری زمانی قیمت مسکن از ۱۳۶۹Q3-۱۳۹۰Q4، و با استفاده از شبکه عصبی اقدام به پیش‌بینی ادامه سیکل‌های قیمت مسکن با استفاده از سیکل‌های استخراج شده قیمت مسکن جهت شناسایی و پیش‌بینی دوره‌های رکود یا رونق قیمت مسکن، در فصولبعد از فصل چهارم سال ۱۳۹۱ شده است. که نتایج نشان داد که از فصل انتهایی سال ۱۳۹۱ تا پایان فصل سوم این سال شاهد

۱. استاد گروه اقتصاد، دانشگاه تهران؛habasi@ut.ac.ir

۲. دانشجوی دکتری اقتصاد، دانشگاه تهران،(نویسنده مسئول)؛ keyvanshahab@ut.ac.ir

طی‌شدن دوره‌های رونق قیمت مسکن هستیم و در ادامه قیمت مسکن از فصل پایانی سال ۱۳۹۲ با رکود مواجه می‌شود.

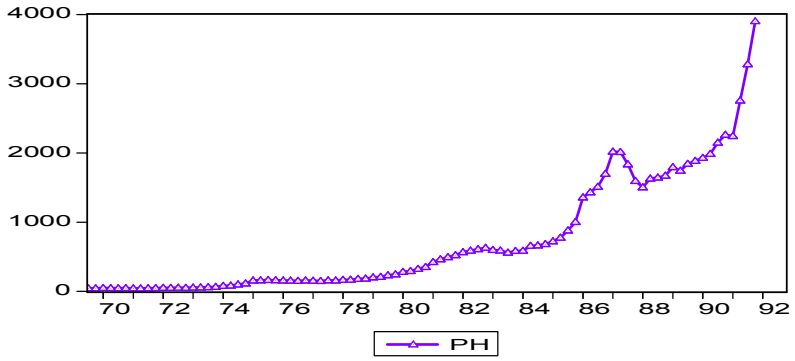
واژگان کلیدی: تجزیه موجک، سیکل‌های قیمت مسکن، شبکه عصبی مصنوعی
JEL: E17, E32, C6, C32, C22, C53

۱. مقدمه

بررسی رفتار تاریخی قیمت مسکن، نشان داده بود که بخش مسکن دوره رونق‌های حدود یک سال و نیم (شش فصل) را تجربه می‌کند و سپس دوره‌های رکودی در حدود چهار سال و نیم (هجده فصل) را به دنبال این دوره رونق تجربه می‌کند. در پی بروز این رکود که حدود پنج سال به طول می‌انجامد، نوسانات قیمت مسکن بسیار کم شده و تنها با نوسانات کمی حول روند خود، ادامه می‌یابد. این نوع رفتار قیمت مسکن در کشور ایران، می‌تواند مرتبط با شوک‌های نفتی و تغییرات سایر متغیرهای کلیدی اقتصاد کلان مثل رشد درآمد سرانه واقعی باشد.اما یک نکتهٔ بسیار مهم و حائز اهمیت در مورد افزایش قیمت مسکن، این است که این افزایش قیمت با توجه به اینکه دارایی مسکن بیشترین سهم را در پرتفوی دارایی عاملان اقتصادی دارد و بنابراین درک، شناخت، پیش‌بینی و استخراج دوره‌های رونق و رکود قیمت مسکن می‌تواند راهنمای مفیدی برای خریداران مسکن یا سرمایه‌گذاران بالقوه در این بخش باشد و اثرات اقتصادی و اجتماعی زیادی را به همراه خود دارد. اصولاً بررسی روند تاریخی داده‌های سری زمانی قیمت مسکن در شهر تهران و سایر شهرهای بزرگ کشور نشان می‌دهد که؛ افزایش در قیمت مسکن اصولاً شباهتی به افزایش در قیمت عموم کالاها و خدمات ندارد. به عبارت دیگر افزایش در قیمت عموم کالاها و خدمات اصولاً به صورت سالیانه و تدریجی در حد نرخ تورم صورت می‌گیرد. کالاها و خدماتی نظیر طلا و جواهرات، اتومبیل، حقوق و دستمزد، مربوط به ارائه خدمات کارگران و کارمندان و اجارهٔ مسکن اصولاً سالیانه و در حد نرخ تورم افزایش یافته و با توجه به نرخ تورم تعدیل می‌شوند. اما در مورد افزایش قیمت مسکن هیچ گاه وضع به این صورت نبوده و مشاهده شده که طی بیست سال گذشته افزایش قیمت مسکن در تهران و شهرهای بزرگ کشور به صورت پله‌ای بوده است، به عبارت دیگر افزایش قیمت مسکن یک رفتار سیکلی و ادواری داشته است. اما آنچنانکه بررسی‌های تاریخی داده‌های سری زمانی قیمت مسکن در تهران، در نمودار ۱ در ذیل نشان می‌دهد، این جهش‌های بزرگ و

نوسانات شدید در قیمت مسکن، به ترتیب در چهار دورهٔ زمانی (۱۳۷۰ – ۱۳۶۹) و (۱۳۷۵ – ۱۳۷۴) و (۱۳۸۱ - ۱۳۸۰) و (۱۳۸۶ – ۱۳۸۵) رخ داده است.

نمودار ۱. قیمت فروش متوسط یک متر مربع آپارتمان مسکونی در شهر تهران



منبع: فصلنامه علمی اقتصاد مسکن

سازمان‌دهی این مقاله به این صورت است که پس از ذکر مطالعات انجام شده و مبانی نظری به توضیح روش تجزیه موجک و شبکه‌های عصبی پرداخته می‌شود، سپس اقدام به استخراج سیکل‌های قیمت مسکن در زمان- مقیاس‌های گوناگون با استفاده از تبدیل موجک نموده و پس از آن سیکل‌های یک تا هشت ساله را استخراج نموده و با استفاده از شبکه عصبی اقدام به پیش‌بینی دوره‌های رونق و رکود قیمت مسکن تا دو سال ونیم (ده فصل) بعد نمودیم.

۲. پیشینه پژوهش

گاتلیب (۱۹۷۶)[1] بیان می‌دارد که تحلیل‌های کمی و مطالعات موجود در تبیین پویایی‌های بازار مسکن موفق نبوده‌اند و اقتصاد دانان یکی از علل این ناکامی را وجود حباب‌ها در این بازار می‌دانند. البته توجه به این امر ضروری است که باید نوسانات مسکن

1. Gottlieb (1976)

را در کوتاه مدت و بلند مدت از یکدیگر جدا کرد. در کوتاه مدت عرضهٔ مسکن ثابت است. برای تغییر اساسی در تولید مسکن حداقل دو سال، یعنی معادل میانگین مدت ساخت و ساز، زمان لازم است. گرچه عرضهٔ واحدهای مسکونی خالی و اضافی می‌تواند در کوتاه مدت، عرضه را تا حدی افزایش دهد- به طور مثال گاتلیب (۱۹۷۶) نشان داد که نرخ مسکن‌های خالی در کشورهای مختلف و در دوره‌های مختلف یکسان است- بنابراین می‌توان گفت که نوسانات بازار مسکن در کوتاه مدت تحت کنترل تقاضاست. نوسانات تقاضا در بازار مسکن، در کوتاه مدت تابع تغییرات در قیمت مسکن، درآمد، شرایط اعطای وام، نوآوری‌های وام دهی در بازار مسکن[1] و انتظارات خانوارها از تغییرات اقتصادی است. تغییرات بلندمدت تقاضا به طور عمده در اثر تغییر در میزان و توزیع سنی جمعیت به وجود می‌آید. نوسانات بلندمدت عرضهٔ مسکن تابع قیمت زمین و هزینهٔ ساخت مسکن است. همچنین کمپل (۱۹۶۳)[2] برای ایالات متحده نشان داد که سیکل‌های جمعیتی منجر به سیکل‌های مسکن در فاصله سالهای ۱۹۶۰ – ۱۸۹۰ شده است. اگرچه ایجاد یک تئوری بین تغییرات سیکل‌های تجاری و سیکل‌های مسکن به آسانی امکان پذیر نیست، اما شواهد تجربی حاکی از وجود ارتباط بین قیمت مسکن، سرمایه‌گذاری در بخش مسکن و تغییرات تولید ناخالص داخلی است.نوسانات بخش مسکن و تغییرات ادواری تولید ناخالص داخلی پدیده‌ای جهانی است. در کشورهایی که با اقتصادهای کلان ناپایدار، نوسانات بخش مسکن در عین حال که خود متأثر از سیکل‌های اقتصاد کلان است، بر آن اثر گذارده و دوره‌های رکود و رونق را عمیق‌تر و طولانی‌تر می‌کند. در کشورهایی که بازار مسکن گسترده‌ای دارند، نوسانات ادواری بخش مسکن در برابر تغییرات تولید ناخالص داخلی، ضد سیکلی است. تغییرات همزمان بازار مسکن و اقتصاد کلان نیز در چندین کشور به اثبات رسیده است.[3] از سوی دیگردورهٔ زمانی سیکل‌های مسکن و

1. The economist special report: the global housing boom. In come the waves, Jun 16 2005
2. Campbell (1963)
۳. برای مثال Wen (2001) & Green (1997) برای اقتصاد ایالات متحده، bowen (1994) برای اقتصاد بریتانیا و Seko (2004) برای اقتصاد ژاپن این مهم را نشان دادند.

سیکل‌های تجاری متفاوت است. گاتلیب (۱۹۷۶) طی تحقیقی با استفاده از ۱۰۰ مشاهده فصلی سری زمانی شهرهای مختلف در برخی کشورها را مورد بررسی قرار داده و نشان داد که نه تنها دورهٔ زمانی سیکل‌های قیمت مسکن طولانی‌تر از سیکل‌های تجاری است، بلکه نوسان آن نیز از نوسانات سیکل‌های تجاری بیشتر است. این مطالعه همچنین نشان داد که طی ادوار تجاری،سرمایه‌گذاری در بخش مسکن متغیر پیش روست و تغییرات آن مقدم بر تغییرات تولید ناخالص داخلی است. در ایالات متحده و بریتانیا این پدیده (تغییرات در قیمت مسکن) دیده شده است[1]. از طرف دیگر طی ادوار تجاری تغییر قیمت مسکن مؤخر بر تغییرات تولید ناخالص داخلی است. برخی از تحقیقات حاکی از این است که سرمایه‌گذاری در بخش مسکن بیش از آن که متأثر از قیمت مسکن باشد، از نرخ بهره تأثیر می‌پذیرد. از جمله دلایلی که برای آن ذکر شده این است که سرمایه‌گذاری در بخش مسکن مطابق مدل سادهٔ سرمایه‌گذاری توبین[2] تابع نرخ بهره است.[3]

لوئیس(۱۹۶۵) در دوره ۱۹۵۰- ۱۷۰۰ در کشور انگلستان نشان داد که سیکل‌های مسکن به شدت مرتبط با تغییرات جمعیت، تغییرات میزان اعتبارات بانکی و شوک‌های مهمی مثل بلایای طبیعی و جنگها می‌باشد. ریچارد گرین (۱۹۹۶) با بکارگیری داده‌های فصلی کشور آمریکا در دوره زمانی ۱۹۹۲- ۱۹۵۹ نشان داد که تغییرات سرمایه‌گذاری مسکونی علت گرنجری تغییرات تولید ناخالص داخلی واقعی می‌باشد. به عبارت دیگر وی نشان داد که سرمایه‌گذاری‌های مسکونی جهت دهنده اقتصاد به سمت رکود یا رونق می‌باشد،بنابراینسرمایه‌گذاری‌های مسکونی یک متغیر پیش‌رو و پیش‌بینی‌کننده سیکل‌های تجاری است در حالی‌که سرمایه‌گذاری‌های غیرمسکونی یک متغیر پسرو نسبت به تغییرات تولید ناخالص داخلی واقعی محسوب می‌شود.مطالعه برنانک (۲۰۰۵) نشان دادکه یک کسری در حساب جاری که بعلت پس انداز بیش از حد یا پس انداز اضافی در سایر کشورهای طرف تجاری آمریکا –که وی در مطالعه خود از این پس انداز به «پس انداز

1. Aoki (2002)
2. q-Tobi
3. Mc Carthy-Peach (2002)

بیش از اندازه یا پس انداز اشباع شده»[1] نام می‌برد – و یا یک جریان ورودی سرمایه به داخل کشور، ممکن است باعث افزایش قیمت مسکن شود. مطالعه پونزی (۲۰۰۶) نشان داد که در برخی کشورها مثل آمریکا، انگلستان، اسپانیا و استرالیا، که از مشخصه‌های اصلی این کشورها کسری زیاد و مدام در حساب جاری است، یک ارتباط قوی بین کسری حساب جاری و رونق بخش مسکن وجود دارد. این مطالعه همچنین نشان داد که در کشورهایی مثل ژاپن، فرانسه و سوئیس که معمولاً با مازاد حساب جاری مواجه اند، بازار مسکن یک حالت رکودی و کم تحرک داشته است. ریچارد گرین (۱۹۹۶)با استفاده از داده‌های فصلی کشور آمریکا در دورهٔ ۱۹۹۲ – ۱۹۵۹ به بررسی این فرضیه پرداخت که، تغییرات سرمایه‌گذاری‌های مسکونی می‌تواند تغییرات در تولید ناخالص داخلی واقعی یا سیکل‌های تجاری را پیش‌بینی نماید. وی با استفاده از علیت گرنجری نشان داد که؛ تغییر در سرمایه‌گذاری واقعی مسکونی، علت گرنجری تغییرات تولید ناخالص داخلی واقعی می‌باشد. به عبارت دیگر سرمایه‌گذاری واقعی مسکونی، جهت دهندهٔ اقتصاد به سمت رکورد یا رونق اقتصاد می‌باشد، در حالی‌که تغییرات سرمایه‌گذاری واقعی غیرمسکونی، علت گرنجری تغییرات تولید ناخالص داخلی واقعی نمی باشد. این مطالعه همچنین نشان داد که سرمایه‌گذاری‌های غیر مسکونی به عنوان یک متغیر پسرو، نسبت به متغیر تولید ناخالص داخلی واقعی محسوب می‌شوند. به عبارت دیگر، با توجه به تغییرات تولید ناخالص داخلی واقعی می‌توان تغییرات در سرمایه‌گذاری‌های غیرمسکونی را پیش‌بینی نمود زیرا تغییرات تولید ناخالص داخلی واقعی یک متغیر، پیشرو نسبت به تغییرات سرمایه‌گذاری‌های غیرمسکونی محسوب می‌شود. در مجموع این مطالعه نشان داد که بخش مسکن و سرمایه‌گذاری‌های مسکونی به عنوان یک متغیر پیشرو نسبت به تولید ناخالص داخلی واقعی به شمار می‌رود، بنابراین با توجه به تغییرات در سرمایه‌گذاری‌های مسکونی می‌توان سیکل‌های تجاری را پیش‌بینی نمود. هولمانز(۱۹۹۵)، در مطالعه خود نشان داد که درآمد جاری و عوامل جمعیتی، مهمترین عوامل در پشت پرده رونق قیمت

1. Saving glut

مسکن هستند. این مطالعه همچنین شواهد بیشتری را از یک افزایش غیرموازی (نامتقارن) در خریدهای دفعه اول مسکن در خلال دوره‌های رونق مسکن و ناپدید شدن و محو شدن خریداران دفعه اولی (خرید اولی ها) در خلال دوره‌های رکود ارائه نمود.

۲-۱. پویایی‌های قیمت مسکن

مدل دیپاسکوال، ویتون[1](۱۹۹۴)

اصولاً درمدل‌های ایستای تعیین قیمت مسکن، فقط وضعیت نقاط مختلف در تعادل جدید- در یک مقطع زمانی و بعد از انجام کلیه فعل و انفعالات در سایر بخشها- در آن نشان داده می‌شود، ولی مسیر زمانی انتقال از یک نقطهٔ تعادل به نقطهٔ تعادل دیگر در آن نادیده گرفته می‌شود. یکی از مهمترینمدل‌های پویای جدید در این زمینه، مدل پویای انباره –روانه[2] بازار مسکن است که توسط دیپاسکوال، ویتون(۱۹۹۴) ارائه شده است . این مدل فرض می کند که قیمت مسکن در یک دوره به وسیلهٔ ارزش جاری سایر متغیرهای مدل تعیین می‌شود. از طرف دیگر به علت این که مسکن کالایی بادوام است، موجودی مسکن به ارزش تاریخی این متغیرها بستگی دارد. به سهولت فرض می‌شود که تقاضا برای مسکن مالکان- ساکنین[3]در دورهٔ t ، برابر D_t بوده و این تقاضا به تعداد خانوارهای منطقه H_t و هزینه مالکیت مسکن U_t بستگی دارد.

$$D_t = H(\alpha_\circ - \alpha_1 U_t) \qquad (1)$$

که در عبارت (۱)، پارامتر $\alpha_\circ$: تعداد خانوارهایی است که اگر هزینهٔ کاربری استفاده از مسکن صفر باشد، می‌توانستند صاحب خانه شوند. α_1: واکنش تقاضای مسکن مالکان یا ساکنان را نسبت به تغییر در هزینهٔ مالکیت مسکن یا تغیر در هزینه کاربری مسکن را نشان می‌دهد. بنابراین تابع هزینهٔ مالکیت مسکن نیز به صورت زیر است:

---

1. Dipasquale and Wheaton (1994)
2. Stock and Flow Model
۳. مالکان در واقع کسانی هستند که خود صاحب خانه بوده و در آن زندگی می کنند و ساکنان در واقع مستاجران هستند که به نوعی باعث اشغال و تصاحب یک مسکن می شوند.

$$U_t = P_t\left(R_t + M_t - I_t\right) \qquad (۲)$$

که در معادلهٔ (۲)، P_t نشان دهندهٔ سطح قیمت جاری و R_t نرخ وام‌های رهنی مسکن بعد از کسر مالیات و M_t هزینه نگهداری مسکن و I_t نرخ افزایش انتظاری مسکن است. فرض می‌شود، هزینهٔ فرصت سرمایه برابر نرخ سود وام‌های رهنی مسکن بعد از مالیات باشد. به عبارت دیگر $R_t = (1-T^*).r^m$ که r^m نرخ سود وام‌های رهنی مسکن قبل از مالیات بوده و T^* نرخ مالیات بر وام‌های رهنی مسکن است و M_t نیز هزینهٔ استهلاک مسکن می‌باشد. لازم به توضیح است که برای حفظ کیفیت مسکن نیاز به تعمیر و نگهداری این دارایی است. همچنین قیمت مسکن در زمان t به گونه‌ای تعیین می‌شود که تقاضا برای مسکن مالکان – ساکنان برابر موجودی مسکن شود.

$$D_t = S_t \qquad (۳)$$

با استفاده از معادلات (۱) و (۲) و حل همزمان آنها، شاخص قیمت مسکن به صورت زیر می‌باشد:

$$P_t = \frac{\left(\alpha_\circ - \frac{S_t}{H_t}\right)}{\left[\alpha_1\left(R_t + M_t - I_t\right)\right]} \qquad (۴)$$

طبق معادلهٔ (۴)، در زمان حال اگر موجودی مسکن از تعداد خانوارها (مالکان – ساکنین) کم‌تر باشد، آن‌گاه قیمت مسکن در زمان حال بسیار بیشتر و بالاتر خواهد بود و به همین صورت اگر نرخ وام‌های رهنی مسکن[1] پس از کسر مالیات R_t و هزینه استهلاک مسکن M_t کاهش یابند، ولی قیمت انتظاری مسکن در زمان جاری I_t افزایش یابد، آن‌گاه سطح جاری قیمت مسکن یا قیمت مسکن در زمان حال بالاتر خواهد بود. از طرفی اگر $C_t = \delta.S_{t-1}$ باشد، آن‌گاه گفته می‌شود که موجودی مسکن در تعادل یکنواخت

1. Mortgage

پایدار[1] است که در این حالت تغییر در عرضهٔ مسکن را به صورت معادلهٔ زیر نشان می‌دهیم:

$$S_t - S_{t-1} = C_t - \delta S_{t-1} \qquad (۵)$$

عرضهٔ مسکن همچنین شامل معادلات دیگری نیز می‌باشد. مقدار و میزان ساختمان‌های جدید به وضوح به سطح قیمت‌های مسکن و موجودی مسکن در دوره جاری بستگی دارد. افزایش در قیمت مسکن تنها تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که ارزش زمین‌های آماده‌سازی شده[2] برابر با قیمت زمین بایر در یک محل مشابه شود. معادلهٔ (۵) نشان می‌دهد که رشد موجودی مسکن، معادل ساخت و سازهای جدید(C_t) منهای درصدی از ساختمانهای دورهٔ قبل است که مستهلک می‌شوند. فرض می‌شود که ES_t معرف و نشان دهنده موجودی تعادلی بلندمدت مسکن می‌باشد. اگر S_t برابر ES_t باشد، آن‌گاه هیچ ساخت و ساز جدیدی صورت نمی گیرد با فرض عدم هزینه استهلاک مسکن یا δ، آن‌گاه با افزایش تقاضا، ارزش زمین‌های آماده‌سازی شده و به تبع آن قیمت مسکن بالا می‌رود، و این مسئله باعث جریان یافتن و رونق موقتی ساخت وساز جدید می‌شود و در نتیجه ES_t افزایش می‌یابد. با افزایش تقاضا برای ساخت وساز جدید، تقاضا برای زمین‌های بایر افزایش می‌یابد و در این صورت موجودی مسکن نیز رشد خواهد کرد که این مسئله در معادلات و روابط زیر نشان داده شده است:

$$ES_t = -\beta_0 + \beta_1 P_t \qquad (۶)$$

$$C_t = \tau\left(ES_{t-1} - S_{t-1}\right) \qquad (۷)$$

که در معادلهٔ (۶)، β_1 نشان دهنده این مطلب است که چگونه و به چه صورت رشد سریع قیمت‌ها، منجر به توسعهٔ سریعتر زمین‌های بایر می‌شود. باید توجه داشت که اگر در شرایطی، به دلایلی مثل محدودیت‌های جغرافیایی یا به دلیل مسائل زیست محیطی و توجه به فضای سبز و محیط زیست، عرضهٔ زمین محدود شده باشد، آن‌گاه β_1 کوچک‌تر خواهد

1. Stable Steady State Equilibrium Or SSE

۲. ارزش زمین‌های آماده‌سازی شده برابر با قیمت مسکن منهای ارزش ساخت است.

بود. باید توجه داشت که هرچه عرضهٔ زمین بایر نسبت به قیمت بی‌کشش‌تر باشد، به معنای کوچکتر بودن مقدار β_1 است، آن‌گاه افزایش در ارزش زمین، بعد از شوک مثبت قیمت‌های مسکن، بیشتر خواهد بود؛ بنابراین اگر β_1 کوچک باشد، آن‌گاه قیمت‌های مسکن نیز باید بسیار بالا بروند تا این که بتوانند مقدار معینی موجودی مسکن را تحریک نمایند، بنابراین واکنش قیمت مسکن نسبت به شوک‌های تقاضا بیشتر خواهند بود. بنابراین انتظار می‌رود که با ایجاد تقاضای مسکن، قیمت مسکن در مناطق مرکزی شهر که ممکن است زمین خالی نداشته باشد، برای ساختمان‌های جدید بسیار بیشتر از مناطق حومه رشد نماید. همچنین در این مدل فرض می‌شود که اگر ارتفاع ساختمان‌ها ثابت بماند و به نوعی تغییراتی در صدور پروانه‌های ساختمانی از نظر متراژ تراکم و بلندمرتبه‌سازی صورت نگیرد، موارد گفته شده برقرار است. اما در عمل موجودی مسکن می‌تواند از طریق بلندمرتبه‌سازی و فروختن تراکم بیشتر، افزایش یابند. β_1 بیانگر این است که زمین‌ها حتی می‌توانند از نوع زمین‌های کشاورزی نیز باشند که در این صورت هزینه‌های ساخت زیاد می‌شود. در سطح عرضهٔ مسکن موجود، باید قیمت مسکن حداقل با ارزش زمین کشاورزی به علاوهٔ هزینهٔ ایجاد ساختمان، برابر باشند. در یک مدل پویا اگر بخشی از موجودی مسکن که در هر دوره به علل مختلف مثل استهلاک، تخریب و یا بلایای طبیعی از بین می‌رود جبران نشود، آن‌گاه موجودی مسکن کاهش می‌یابد. بنابراین $ES_{t-1} \geq S_{t-1}$ خواهد بود و این مازاد معادل مقدار ساخت لازم، برای جبران استهلاک خواهد بود. به سهولت و با استفاده از معادلات (۵) و(۶)و(۷) می‌توانیم رابطهٔ بین قیمت و رشد موجودی را به صورت زیر نشان دهیم:

$$\begin{cases} S_t - S_{t-1} = \tau(-\beta_0 + \beta_1 P_{t-1} - S_{t-1}) - \delta . S_{t-1} & if \quad ES_{t-1} > S_{t-1} \\ S_t - S_{t-1} = \delta . S_{t-1} & if \quad ES_{t-1} \leq S_{t-1} \end{cases} \qquad (۸)$$

اما باید توجه داشت که در نهایت، سطح پایدار موجودی مسکن برای همیشه افزایش

پیدا نمی‌کند. با توجه به توضیحات فوق، می‌توانیم S^* را موجودی مسکن در شرایطی در نظر بگیریم که سطح قیمت‌ها در P_{t-1} برای همیشه ثابت بماند. با اعمال شرط $S_t = S_{t-1}$ آن‌گاه مقدار S^* به صورت زیر و بر طبق رابطهٔ (۹) به دست می‌آید:

$$S^* = \tau(-\beta_0 + \beta_1 P_{t-1})/(\delta + \tau) \qquad (۹)$$

برای هر سطح قیمت معین، معادلهٔ (۹) در واقع نشان دهندهٔ سطحی از موجودی مسکن است که در نهایت بر بازار مسکن حاکم می‌شود، البته اگر سطح قیمت برای همیشه ثابت بماند. در واقع معادلهٔ (۹) سطح موجودی مسکن در شرایطی که قیمت‌ها برای همیشه ثابت بمانند را نشان می‌دهد، بنابراین بر همین اساس در شرایط تعادل یکنواخت پایدار قیمت P^* یا قیمت درتعادل یکنواخت پایدار موجودی مسکن به صورت زیر به دست می‌آید:

$$P^* = \frac{(\alpha_0 - \frac{S^*}{H_t})}{\alpha_1(R_t + M_t - I_t)} \qquad (۱۰)$$

از حل (۹) و (۱۰)، P^* به صورت زیر به‌دست می‌آید.

$$P^* = \frac{(\alpha_0 . H_t(\delta + \tau) + \tau\beta_0)}{\left[H_t(\delta + \tau)\alpha_1(R_t + M_t - I_t) + \tau\beta_1)\right]} \qquad (۱۱)$$

باید توجه داشت که در شرایط تعادل یکنواخت پایدار SSE () ، می‌توان انتظار داشت که قیمت مسکن و موجودی مسکن هر دو ثابت باشند. بنابراین در حالت تعادل یکنواخت پایدار (SSE) $I_t = ۰$ خواهد بود. بدیهی است در صورتی که خانوارهای بیشتری وجود داشته باشند و یا این که نرخ بهره وام‌های رهنی مسکن پایین‌تر باشد و عرضهٔ مسکن نسبت به قیمتکم کشش‌تر باشد، آن‌گاه انتظار می‌رود که قیمت در تعادل یکنواخت پایدار P^* بالاتر باشد. همچنین باید توجه داشت که در معادله (۱۱) در تعیین قیمت در تعادل یکنواخت بلند مدت P^*، سطح درآمد خانوار لحاظ نشده است، اما با این حال رشد درآمد، قیمت تعادلی مسکن را افزایش می‌دهد. رشد درآمد تقاضای مسکن را به بالا منتقل می‌کند که در این‌صورت تقاضای مسکن و سطح قیمت تعادلی به صورتی که در معادلات (۱۲) و (۱۳) در زیر نشان داده شده‌اند، خواهند بود:

$$D_t = \frac{\eta . Y_t}{\left[(R_t + M_t - I_t)P_t\right]} \qquad ; \quad 0 < \eta < 1 \qquad (۱۲)$$

$$P_t = \frac{\eta . Y_t}{\left[(R_t + M_t - I_t)S_t\right]} \qquad (۱۳)$$

فرض می‌شود که رشد درآمد، پارامتر α_0 را افزایش داده ولی پارامتر α_1 را کاهش می‌دهد. در ادبیات نظری فرض می‌شود که بر اساس نظریه سرمایه‌گذاری، درآمد دائمی متغیری است که تقاضای مسکن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به هر حال به علت محدودیت‌های مالی و نقدینگی که خانوارها با آن مواجه هستند، احتمال دارد که درآمد جاری بر D_t تأثیر داشته باشد. که در یک حالت خاص نظریه Q - توبین نشان می‌دهد که در بلندمدت کشش قیمت مسکن نسبت به درآمد کوچک‌تر از یک است[1]. باید توجه داشت که در عمل به ندرت شرایط تعادل پایدار اتفاق می‌افتد، زیرا سایر متغیرها تغییر می‌کنند و همچنین ارزش‌های جاری هیچ گاه با ارزشهای آتی انتظاری برابر نیستند. بنابراین بر همین اساس یک مفهوم به نام سطح بنیادی قیمت مسکن[2] در بلندمدت در مدل معرفی می‌شود. سطح بنیادی قیمت مسکن به عنوان سطح قیمتی است که انتظارات آتی قیمتی در آن لحاظ شده باشد. انتظارات به وسیله E_t نشان داده می‌شود. بنابراین سطح قیمت بنیادی یک سطح قیمت تعادلی برای دورهٔ جاری به ازای سطح معینی از تعداد خانوارها، سطح معینی از نرخ بهره وام‌های رهنی مسکن پرداخت شده، سطح معینی از هزینه تعمیر و نگهداری و بازسازی مسکن و انتظارات قیمتی است. باید این نکته را مدنظر داشت که انتظارات قیمتی از انتظارات مرتبط با متغیرهای بنیادی و متغیرهای مدل ناشی می‌شود. پویایی‌های قیمت مسکن بعد از بروز یک شوک به یکی از متغیرهای بنیادی و همچنین به شکل گیری انتظارات بستگی دارد. دیپاسکوال و ویتون (۱۹۹۴) به بررسی

1. Oikarinen, Elias (2007) "Studies On Housing Price Dynamics" Turku School Of Economics.
2. The Fundamental Level Of Housing Price

واکنش قیمت مسکن نسبت به شوک‌های اساسی مختلف در شرایط انتظارات تطبیقی پرداختند.

۲-۲. تجزیه موجک

۲-۲-۱. تبدیل موجک در مقابل تبدیل فوریه

به طور کلی، می‌توان بیان داشت که تبدیل موجک یک مفهوم عام بوده که قرائت‌های مختلفی از آن در علوم وجود دارد و کاربردهای زیادی در تجزیه سری‌های زمانی، آمار مدرن، گرفتن نویز یا نویز زدایی[1] از سیگنال اصلی، بهبود وضعیت تصاویر در مدل‌های پردازش تصویر[2] و ... کاربردهای وسیعی دارد. درک عمیق مفهوم موجک ارتباط زیادی با درک مفهوم آنالیز فوریه[3] دارد. به طور کلی ایده اساسی در آنالیز فوریه این است که ما یک سیگنال در قلمرو یا حوزه زمان[4] را به سیگنال در قلمرو یا حوزه فرکانس[5] تبدیل می‌کنیم. موجک‌ها توابع ریاضی هستند که داده‌ها را به اجزای با فرکانس‌های مختلف مجزا کرده و هر جزء را با نمایش[6] متناسب با مقیاس آن جزء مطالعه می‌کنند. ایده اساسی در موجک، تحلیل بر اساس مقیاس است. الگوریتم‌های موجک داده‌ها را در مقیاس‌های مختلف پردازش می‌کند، به این ترتیب می‌توانیم از فواصل زمانی طولانی مدت برای مشاهده اطلاعات فرکانس پایین و از فواصل زمانی کوتاه‌تر برای درک اطلاعات فرکانس بالا استفاده کنیم. تبدیل موجک برای آنالیز آن دسته از سری‌های زمانی که در فرکانس‌های مختلف نامانا هستند، ابزاری مناسب به شمار می‌آید.نظریه موجک حاصل بهسازی تحلیل کلاسیک فوریه می‌باشد. در تحلیل فوریه محتوای فرکانس[7] یا فراوانی تابع در طول محور زمان مانا یا ساکن فرض می‌باشد. اما مهم‌ترین ویژگی موجک‌ها آن است

1. De noising
2. Image Processing
3. Fourier Analysis
4. time Domain
5. frequency Domain
6. Resolution
7. frequency content

که در فضا و زمان تعریف می‌شوند و همین امر سبب شده است که ابزاری مناسب برای تحلیل نامانایی یا غیرساکن بودن سیگنال‌ها و نیز سیگنال‌های زودگذر[1] و یکتایی[2] باشد. موجک‌ها در تحلیل موقعیت‌هایی که دارای سیگنال‌های ناپیوسته و نقاط اوج نوک تیز باشد، عملکردی بهتر از تحلیل فوریه از خود نشان می‌دهد. ایده اساسی در موجک‌ها، تحلیل بر اساس مقیاس است. مبنای تبدیل فوریه در ریاضیات، توابع سینوسی و کسینوسی می‌باشد که تنها در فضای فرکانس تعریف می‌شود. سال‌های متمادی، دانشمندان به دنبال توابعی به جز سینوس و کسینوس بوده‌اند تا بتوانند تحلیل‌های موضعی را انجام دهند. تغییرات ناگهانی و جهش‌ها، با تبدیل فوریه، قابل تحلیل نیستند. اما با توجه به اینکه تعریف توابع موجک در فضا و زمان صورت می‌گیرد، این امر امکان تمرکز موضعی[3] را فراهم می‌آورد و نیز تبدیل موجک بر این اساس،موجک‌ها برای تقریب داده‌هایی با گسستگی‌های شدید، بسیار مناسبند. در واقع، جهت تحلیل منحنی‌های سینوسی هموار و قابل پیش‌بینی از تحلیل فوریه استفاده می‌شود ولی از تبدیل موجک جهت تحلیل موج‌هایی که تمایل به بی‌نظمی و عدم تقارن دارند و یا جهت تحلیل سیگنال‌های دارای تغییرات تند، و یا موج‌های نویزی، موجک‌های نامنظم همواره برتری قابل توجهی در مقایسه با تحلیل فوریه دارند، بنابراین می‌تواند وظیفه تقریب در دامنه محدود را به خوبی انجام دهد. نمودار۳ مربوط به ضعف تحلیل فوریه در مورد موج‌هایی که تمایل به بی‌نظمی و عدم تقارن دارند و یا جهت تحلیل سیگنال‌های دارای تغییرات تند، و یا موج‌های نویزی را نشان می‌دهد که این قانون را به صورت مستطیل‌هایی با مساحت یکسان نمایش می‌دهد که؛ مستطیل‌های بالای شکل، دارای وضوح زمانی خوبی می‌باشند اما در محدوده وسیعی از فرکانس‌ها پخش شده‌اند، اما مستطیل‌های پایین نمودار، دارای وضوح فرکانسی خوبی می‌باشند ولیکن وضوح زمانی آنها بسیار بد و نامشخص و مبهماست.اما در تبدیل موجک برای فرکانس‌های بالا (جزئیات تغییرات سریع و زودگذر) ، از پنجره‌های زمانی کوتاه و

1. Transient
2. singularities
3. Local

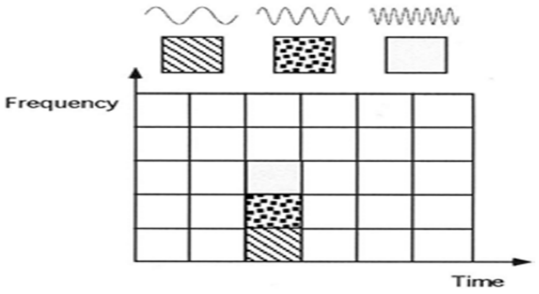
پنجره‌های فرکانسی وسیع استفاده می‌شود. اما بالعکس در فرکانس‌های زمانی پایین تغییرات آرام یا ویژگی‌ها و خصوصیات زخمت یا درشت[1] یا سیکل‌های بلندمدت رخ می‌دهد از پنجره‌های زمانی وسیع و بزرگ و پنجره‌های فرکانسی کوچک استفاده می‌شود و این ویژگی موجک باعث می‌شود که موجک‌ها در فرکانس‌های پایین، رزولوشن فرکانسی بهتری داشته باشند و بالعکس در فرکانس‌های بالا رزولوشن زمانی بهتری داشته باشند. البته باید به این نکته مهم توجه داشت که بسیاری از سیگنال‌هااین خصوصیت وجود دارد که در فرکانس‌های پایین حرکات آرام طولانی مدت یا سیکل‌های بلندمدت و در فرکانس‌های بالا جزئیات تغییرات سریع و زودگذر کوتاه مدت را از خود نشان می‌دهند. به این ترتیب، می‌توان سری زمانی مورد مطالعه را به مولفه‌ها یا توابع پایه‌ای که در بُعد زمان و فرکانس تعریف می‌شوند، تجزیه کرد. برای شکار یا گرفتن تغییرات ناگهانی باید توابع پایه‌ای کوتاه مدت(پنجره‌های محدود یا کوچک) را به کار گرفت و بالعکس برای شکار حرکات پایدار یا کند و آرام یا سیکل‌های بلند مدت باید از توابع پایه‌ای طولانی (پنجره‌های وسیع) را به کار برد. و این همان کاری است که تبدیلات موجک آن را انجام می‌دهند ولی تبدیلات فوریه نمی توانند آن را انجام دهند. برای اکثر سیگنال‌ها، مولفه‌های فرکانس پایین اهمیت بسیار زیادی دارند. این مولفه‌ها، مشخصات کلی سیگنال را مشخص می‌کنند، از سوی دیگر مولفه‌های فرکانس بالا، جزئیات ریز سیگنال اصلی را بیان می‌کنند. برای مثال صدای انسان را در نظر بگیرید، اگر مولفه‌های فرکانس بالا را از صدا حذف کنیم، در آن صورت صدای شخص تغییر می‌کند، اما دوباره هم مشخص است که شخص چه می‌گوید. درصورتی‌که اگر مقداری از مولفه‌های فرکانس پایین را حذف کنیم در آن صورت چیزی(مفهومی) از صدای شخص فهمیده نمی شود. در آنالیز موجک، معمولاً از تقریب سیگنال - جزئیات آن استفاده می‌شود که تقریب سیگنال معمولاً از مقیاس‌های بزرگ یا مولفه‌های فرکانس پایین تشکیل می‌شود ولی جزئیات یک سیگنال از مقیاس‌های کوچک و یا مولفه‌های فرکانس بالا تشکیل می‌شود.به طور کلی صفحه زمان – فرکانس،

1. Coarse features

ابزار مناسبی برای بیان تفاوت بین تبدیل فوریه و تبدیل موجک است . در نمودار بعدی، ابتدا خانه‌های نمایش یا رزولوشن یا نمایش زمان- فرکانس تبدیل فوریه پنجره‌ای نشان داده شده است. گرچه اندازه پنجره، شکل مستطیل‌ها را تغییر می‌دهد، اما این مستطیل‌ها به طور کامل مشابه و یکسان هستند، بنابر این شکل پنجره ثابتمی‌ماند، بنابراین در تبدیل فوریه رزولوشن تغییر نمی‌کند و از این‌رو برای تمامی فرکانس‌ها از همان پنجره استفاده خواهد شد. در واقع تبدیل فوریه با گسترش اطلاعات فرکانس در طول کل زمان، به از دست رفتن برخی ویژگی‌های فرکانسی سری زمانی در محدوده‌های مشخصی از زمان می‌انجامد. تبدیل فوریه پنجره‌ای به دلیل تداخل فرکانس‌های بالا و پایینی که در محدوده ی فرکانس پنجره قرار نمی‌گیرند، نادرست و اشتباه است و همچنین به دلیل آزمایشهای مختلف به منظور انتخاب پنجره‌ی مناسب و ثابت بودن اندازه بُعد پنجره ناکارا است. شکل زیر این قانون را به صورت مستطیل‌هایی با مساحت یکسان نمایش می‌دهد که مستطیل‌های بالای شکل، دارای وضوح زمانی خوبی می‌باشند اما در محدوده وسیعی از فرکانس‌ها پخش شده اند، اما مستطیل‌های پایین شکل، دارای وضوح فرکانسی خوبی می‌باشند ولیکن وضوح زمانی آنها بسیار بد و نامشخص و مبهم است.

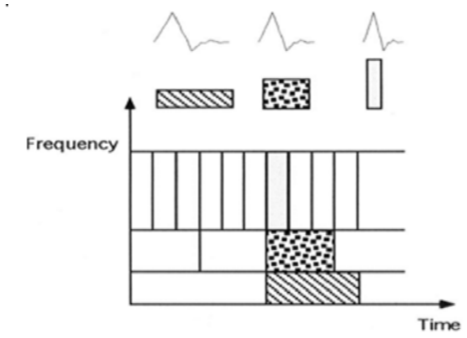
نمودار ۲. صفحات زمان-دامنه نوسان(قلمرو زمان) به زمان-فرکانس(قلمرو فرکانس) در تبدیل موجک

نمودار ۳. صفحه زمان – فرکانس در تبدیل فوریه



اما تبدیل نمودن یک سیگنال در قلمرو زمان[1] به یک سیگنال در قلمرو فرکانس[2] باعث می‌شود که ما اطلاعات زمانی از دست بدهیم،از این رو با استفاده از تبدیل فوریه دیگر قادر نخواهیم بود که تشخیص دهیم که یک حادثه یا رخداد[3] در چه زمانی رخ داده است.بنابراینبرای تبدیل موجک و فوریه به ترتیب، نمودارهای زیر را خواهیم داشت:

نمودار ٤. صفحه زمان – فرکانس در تبدیل موجک



بالعکس تبدیل فوریه، تبدیل موجک از توابع پایه ای[4] به نام موجک استفاده می‌کند که این توابع پایه‌ای موسوم به موجک هستند. به عبارت دیگر موجک‌ها بسته‌هایی از موج‌های کوچک با فرکانس‌های مشخص و معین هستند که از دو طرف و در نهایت به صفر

1. time Domain
2. frequency Domain
3. event
4. basis functions

گرایش می‌یابند و نام موجک در واقع از لزوم و نیاز به این بودن که انباشته مساحت‌هایی مثبت و منفی‌ای که موج در بالا و پایین محور Xها می‌سازد باید برابر صفر شود یا مساحت زیر منحنی موج یا انتگرال آن در بازه مورد نظر برابر صفر شود.موجک‌ها در واقع کلاسی از توابع هستند که به منظور موضعی نمودن[1] یک تابع مفروض و معین در وضعیت و مقیاس به کار می‌روند. موجک‌ها بر مبنای تبدیل موجک بنا شده‌اند و در واقع یک داده[2]یا سیگنال اصلی را به توابعی موسوم به توابع پایه‌ای در اجزاء مختلف با فرکانس‌های متفاوت تجزیه می‌کند، سپس هر یک از این اجزاء در یک نمایش از جزئیات[3] در مقیاسی که بهتر با آن بخش جفت و جور[4]می شود را به تفکیک مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد. در واقع درست همانند بکار گیری توابع سینوسی و کسینوسی در تحلیل فوریه، موجک‌ها درست همانند توابع سینوسی و کسینوسی در تحلیل فوریه، به عنوان اجزاء یا واحدهایی کوچک(توابع پایه ای) در نشان دادن توابع مختلف در جزئیات و مقیاس‌های مختلف در وضعیت‌ها و زمان‌های مختلف بکار می‌رود.به طور کلی در چارچوب پردازش سیگنال، تبدیل موجک بستگی به پارامترهای متغیر زیر دارد.

۱- مقیاس[5] یا انبساط[6] یا فرکانس۲- انتقال یا وضعیت[7] یا زمان

از آنجا که موجک می‌تواند با یک نمایش[8]انعطاف پذیر، هم در زمان و هم در فرکانس هم کشیده شده (مقیاس آن تغییر نماید) و هم وضعیت آن تغییر نماید، موجک‌ها به سهولت می‌توانند تغییرات در حوزه زمان- فرکانس را تصویر نمایند و نشان دهند.از نظر ریاضی باید گفت که؛ یک تبدیل موجک در واقع یک سیگنال اصلی مثل را به برخی توابع پایه‌ای یا ابتدایی[9] که این توابع خود از یک موجک مادر بنام $\psi(t)$ استخراج شده و

1. localize
2. Data
3. Resolution
4. match
5. scale
6. dilation
7. Position or Translation
8. Resolution
9. Elementary or Basis function

به‌دست آمده‌اند را به وسیله تغییر وضعیت یا انتقال[1] و مقیاس یا انبساط[2] تجزیه می‌کند. به عبارت دیگر به محض اینکه نوع تابع موجک مادر مشخص و انتخاب گردید، به سهولت می‌توان خانواده‌ای از موجک‌ها را توسط تغیر پارامترهای وضعیت(انتقال) b، یا تغیر پارامتر مقیاس (انبساط) a، خلق و ایجاد نمود:

$$\psi_{a,b} = \frac{1}{a^{1/2}}\psi(\frac{t-b}{a})$$

$$\left\{\psi(\frac{t-b}{a}),(a,b)\in \Re^{+}\times\Re\right\}$$

۲-۲-۲. استخراج بخش سیکلی یا ادواری یک سری‌های زمانی

به صورت خیلی ساده و سنتی و در ادبیات اقتصاد سنجی، سری‌های زمانی یک سری زمانی مثل $\{y_t\}$ به صورت $y_t = c_t + T_t$ تجزیه می‌شود که اگر بخواهیم آن را به زبان یا در ادبیات اقتصاد سنجی سری‌های زمانی بیان نماییم y_t را سیگنال اصلی[3] و جزء سیکلی[4] و T_t روند زمانی[5](یا رشد هموار سری) نام دارد.اما در ادبیات پردازش سیگنال[6] و تحلیل موجک داریم: $\text{originalsignal} = c_t + noise$ و به نوعی روند مانند نویز تصادفی تلقی می‌شود و بنابراین بر همین اساس مدل‌سازی بر روی نویز صورت می‌گیرد و به نوعی در زمان- فرکانس‌های مختلف نویز زدایی صورت می‌گیرد.

۲-۲-۳. تبدیل موجک پیوسته[7]

انتگرال زیر را در نظر بگیرید:

$$C(scale, position) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t)\psi(scale, position, t)dt$$

---

1. Position or Translation
2. Scale or dilation
3. original signal
4. cyclical component
5. time Trend
6. signal processing
7. The continuous wavelet transform (CWT)

در عبارت فوق $f(t)$ همان سیگنال اصلی یا سری زمانی اصلی یا $y = f(t)$ است و تابع $\psi(scale, position, t)$ تابع موجک است و $C(scale, position)$ ضرایب موجک است. همانگونه که مشاهده می‌شود، ضرایب موجک تابعی از مقیاس و وضعیت (موقعیت) هستند که منظور از مقیاس و وضعیت علاوه بر اینکه در فوق به آن اشاره گردید در نمودارهای زیر نیز به تصویر کشیده شده است.

۲-۲-۴. گام‌های طی شده برای یک تبدیل موجک پیوسته:

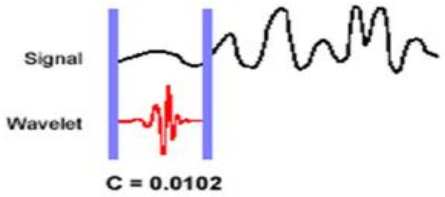
گام ۱: ابتدا یک نوع از موجک مادر را با توجه به نیاز در نظر می‌گیریم، مثل هئر[1]، دابیشی[2]، مورلت[3]و...و سپس آن را با هر بخش و قسمت ابتدایی و شروع سیگنال اصلی[4]مورد مقایسه قرار می‌دهیم و بررسی می‌کنیم که این دو چقدر با یکدیگر مشابهت و همانندی دارند یا به عبارت دیگر چقدر برازش[5] خوبی دارند.

گام ۲: به محاسبه ضرایب موجک $C(scale, position)$ می‌نماییم که ضرایب موجک تابعی از مقیاس و موقعیت می‌باشند و این ضرایب به نوعی نشان دهنده این است که بین این موجک مادر انتخاب شده و این بخش ابتدایی انتخاب شده از سیگنال اصلی تا چه اندازه ارتباط و همبستگی نزدیک برقرار است. در نمودار شماره۵ در ذیل این مقدار، این ضریب در بخش اول انتخابی $C = 0.0102$ محاسبه شده است.

$$C(scale, position) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t)\psi(scale, position, t)dt$$

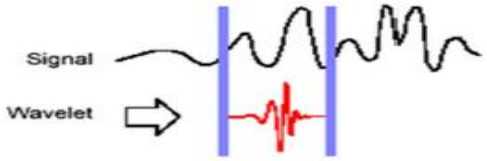
1. Harr wavelet
2. Daubechi
3. Morlet
4. original signal
5. fit

نمودار ۵- نمودار مربوط به گام یا مرحله دوم در تبدیل موجک پیوسته



گام ۳: حال با انتقال دادن و حرکت دادن موجک مذکور (موجک مادر) به جلو و به سمت راست گام‌های (۱) و (۲) را برای تمامی بخشها یا قسمتهای بعدی سیگنال اصلی تکرار می‌کنیم تا زمانی که تمامی سیگنال اصلی به این طریق توسط موجک مذکور طی شده و پوشش داده شود.

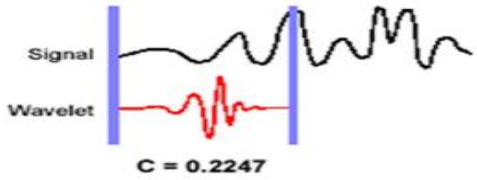
نمودار ٦. نمودار مربوط به گام یا مرحله سوم در تبدیل موجک پیوسته



گام چهارم: با تغییر دادن مقیاس و کشیدن (انقباض- انبساط) موجک مذکور گام‌های ۱ تا ۳ را تکرار می‌کنیم.

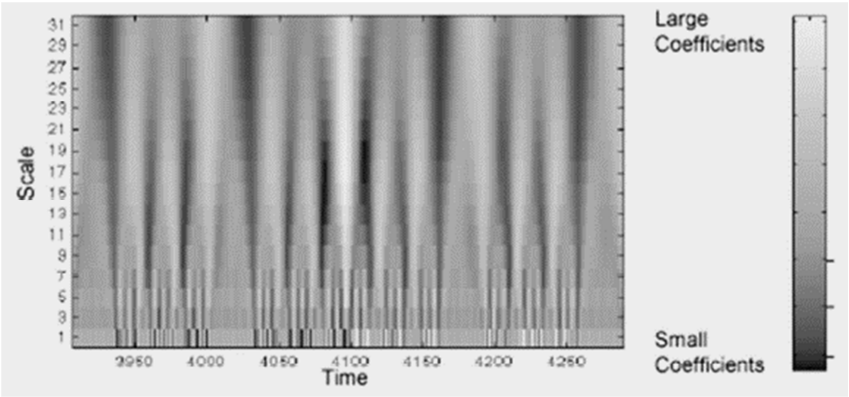
گام پنجم: گام‌های ۱ تا ۴ را برای تمامی مقیاس‌های تغییر داده شده تکرار می‌کنیم.

نمودار ۷. نمودار مربوط به گام یا مرحله چهارم در تبدیل موجک پیوسته



حال پس از طی شدن گام‌های فوق، اقدام به رسم نمودار Time-scale (زمان- مقیاس) این سیگنال اصلی همانند نمودار ۸ در ذیل می‌پردازیم. که محور xها موقعیت یا وضعیت در طول (در سراسر) این سیگنال (زمان)است و محور y مقیاس است و رنگ در هر نقطه محور x-y نشان دهنده اهمیت و بزرگی ضریب مشاهده شده یا $C(scale\ ,\ position\ )$ است که به نوعی حاکی از برازش[1] شدن و همبستگی بالای بین موجک انتخابی با هر بخش از سیگنال اصلی است.

نمودار۸. نمودار مربوط به‌گام یا مرحله پایانی در تبدیل موجک پیوسته و رسم نمودار(زمان- مقیاس)



مقیاس‌های پائین‌تر و کوچکتر حاکی از جمع شدن و انقباض موجک دارد که این مسئله به نوعی بیانگر جزئیات تغییرات سریع و زودگذر است که در فرکانس‌های بالا رخ می‌دهد و بالعکس مقیاس‌های بالا حاکی از انبساط و کشیدگی موجک است که به نوعی بیانگر

1. Fit

تغییرات آرام یا ویژگی‌ها و خصوصیات زخمت یـا درشـت[1] دارد کـه ایـن تغییـرات آرام و سیکل‌های بلندمدت در فرکانس‌های پائین رخ می‌دهد.

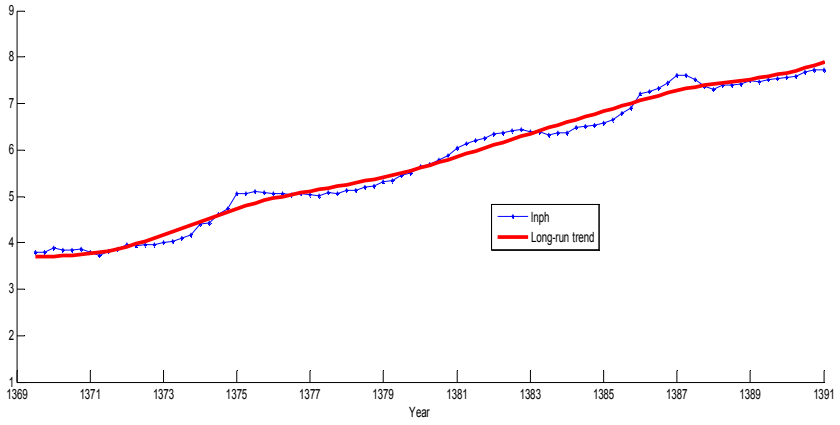
۳. تجزیه موجک سری زمانی قیمت مسکن و استخراج بخش سیکلی آن

در این مطالعه قلمرو داده‌ها دوره (۱۳۹۱q4-۱۳۶۹q3) می‌باشد و منبع داده‌هـا نیـز فصـلنامه علمی اقتصاد مسکن(بولتن اقتصاد مسکن) منتشره از سوی دفتر برنامه‌ریزی و اقتصاد مسـکن وزارت مسکن و شهرسازی است،روند بلند مدت لگاریتم قیمت مسکن با استفاده از تجزیـه موجک در نمودار۹ نشـان داده شـده اسـت.همچنین در نمودارهـای۱۰ نیـز تجزیـه موجـک لگاریتم قیمت مسـکن را نشـان داده اسـت. درقسـمت اول نمـودار۱۰، تجزیـه سـطح صـفر، سیکل‌های ۱۶ تا ۳۲ فصل(۴ تا ۸ سال) را نشان داده شده است. بخش دوم نمودار۱۰، تجزیه سطح یک سیکل‌های کوتاه‌تر، ۸ تا ۱۶ فصل را نشان می‌دهـد کـه مشـاهده مـی‌شـود در آن تعدادسـیکل‌هـا بیشـتر از بخـش اول نمـودار۱۰ اسـت. بـه همـین ترتیـب در قسـمت سـوم نمودار۱۵، تجزیه سـطح ۲، سـیکل‌هـای یکسـاله تـا دو سـاله را نشـان داده و دربخـش سـوم نمودار ۱۰، تجزیه سطح ۰ تا ۳ (۳-۰)، همه سیکل‌هـای کوتـاه مـدت و بلنـد مـدت را نشـان می‌دهد. در واقع تبدیل موجک توان بررسی سری‌های زمانی با مقیاس‌های مختلف را دارد. به عبارت دیگر، می‌توان سیکل‌های بزرگ و سیکل‌های کوچک را به طور همزمان، با ایـن انواع تجزیه به‌دست آورد. بـه عبـارت دیگـر لگـاریتم قیمـت مسـکن، بـا اسـتفاده از زمـان- مقیاس‌های مختلف در نمـودار ذیـل نشـان داده شـده اسـت کـه زمـان- مقیـاس‌هـای مـورد استفاده، بـه صـورت ۸-۴ سـاله، ۴-۲ سـاله، ۲-۱ سـاله و سـیکل‌هـای ۸-۱ سـاله بـوده‌انـد و همانطور که در نمودار فوق بـه تصـویر کشـیده شـده اسـت تبـدیل موجـک، تـوان نمـایش سری‌های زمانی با مقیاس‌های مختلف را دارد.به عبارت دیگر، در زمان- مقیاس ۸-۱ سـاله، سیکل‌های کوچک و بزرگ به طور همزمان نمایش داده می‌شوند و این انتخـاب مـی‌توانـد دلخواه باشد. در حالی‌که برخی فیلترهای رایج در اقتصاد مثل فیلتـر هودریـک و پرسـکات،

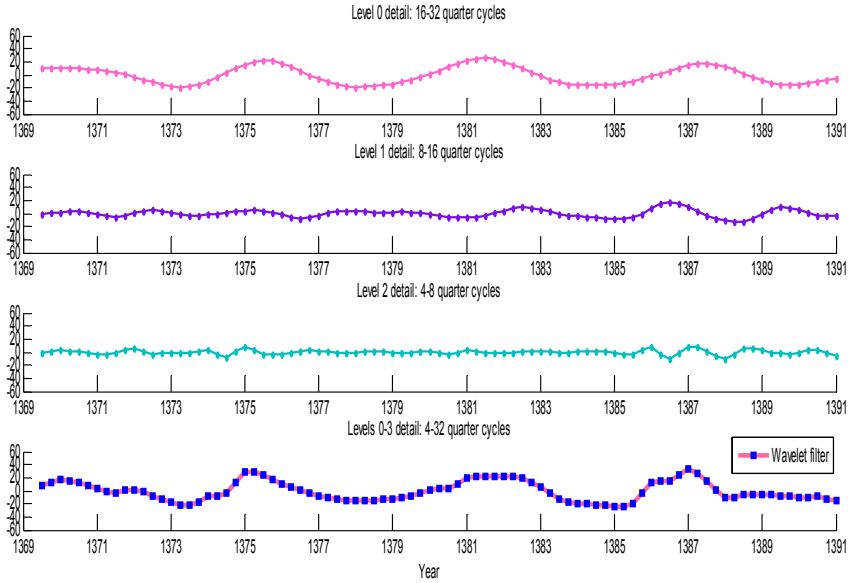
1. Coarse features

در هر تبدیل، فقط می‌تواند یک مقیاس کوتاه یا بلند را نمایش دهند، همچنین فیلتر مذکور به فرض مانایی حساس است. در واقع سری‌های زمانی مورد استفاده در مدل بر اساس فرکانس‌های متفاوت و مختلف تا سه سطح تجزیه شده‌اند و انتظار می‌رود که این فرایند، اطلاعاتی فراتر از آنچه در هر سری زمانی موجود است را آشکار سازد. روند بلند مدت از تفاضل سری‌های تجزیه شده از سری اصلی به دست می‌آید. در بخشهای اول، دوم و سوم نمودار ۱۵، مشاهده می‌شود که با افزایش فرکانس، تغییرات سری‌های زمانی بیشتر می‌شود.

نمودار ۹. روند بلند مدت لگاریتم قیمت مسکن با استفاده از تجزیه موجک



نمودار ۱۰. سیکل‌های بلندمدت و کوتاه مدت قیمت مسکن استخراج شده به‌وسیله تجزیه موجک در زمان- مقیاس‌های مختلف



لازم به ذکر است یکی از فیلترهای رایج و معمول در اقتصاد فیلتر هودریک- پرسکات می‌باشد که اگر بخواهیم نتایج به‌دست آمده در فوق را در مورد بخش سیکلی قیمت مسکن از فیلتر موجک با نتایج فیلتر هودریک-پرسکات مقایسه نماییم، هودریک و پرسکات (۱۹۸۰) سری زمانی y_t را که گاهی به آن سیگنال اصلی[1] می‌گویند به صورت مجموع دو جزء یکی ترکیبات رشد هموار سری[2] یا روند دائمی g_t و دیگری ترکیبات سیکلی c_t به صورت روبه‌رو تعریف می‌کنند:

$$y_t = g_t + c_t \qquad (۳)$$

این اجزاء تشکیل دهنده سیگنال اصلی یا سری مشاهده شده که به صورت دو بخش روند و سیکل هستند به آسانی قابل مشاهده نیستند، بنابراین هرگونه تجزیه‌ای لزوماً بر

1. Original signal
2. Smooth growth component

اساس مفاهیم تصنعی[1] صورت می‌گیرد و بر همین اساس هر روشی از روند زدایی به نحوی با یک تعریف دلخواه از آنچه که به عنوان روند و سیکل باید استخراج شود، شروع می‌شود. یکی از معمول ترین روشها جهت استخراج بخش سیکلی یک سری زمانی، استفاده از فیلتر هودریک-پرسکات است. ترکیبات رشد یا روند دائمی در این تجزیه توسط حل مسئله بهینه یابی زیر نسبت به g_t به‌دست می‌آید :

$$Min\sum_{t=1}^{T}(y_t - g_t) + \lambda\sum_{t=2}^{T-1}[(g_t - g_{t-1}) - (g_{t-1} - g_{t-2})]^2 \qquad (۴)$$

بخش اول در عبارت فوق در واقع بیانگر خوبی برازش[2] است و بخش دوم عبارت فوق یا بخش داخل کروشه میزان جریمه است که برای ناهمواری از روند سری در نظر گرفته می‌شود. به عبارت دیگر عبارت داخل کروشه بیان می‌دارد که انحراف از روند سری چه در یک دوره قبل و چه در یک دوره بعد هرچه کم‌تر باشد بهتر است و در این عبارت λ پارامتر هموارسازی است به‌طوری‌که در حالت حدی که $\lambda \to 0$ باشد روند همان سری زمانی حقیقی خواهد بود و در حالت حدی دیگر که $\lambda \to \infty$، روند تبدیل به یک خط راست می‌شود، مقدار بهینه که برای پارامتر λ در داده‌های فصلی توصیه می‌شود برابر ۱۶۰۰است. کینگ و ربلو[3] (۱۹۸۹) نشان دادند که ترکیبات سیکلی به‌دست آمده از فیلتر هودریک – پرسکات را می‌توان به این صورت نشان داد:

$$c_t = \left(\frac{\lambda(1-L)^2(1-L^{-1})^2}{1+\lambda(1-L)^2(1-L^{-1})^2}\right)y_t \qquad (۵)$$

با بسط این رابطه ترکیبات رشدی که توسط فیلتر هودریک – پرسکات به‌دست می‌آیند به صورت زیر می‌باشد:

$$g_t = \frac{\theta_1\theta_2}{\lambda}\left(\sum_{j=0}^{\infty}(A_1\theta_1^j + A_2\theta_2^j)y_{t-j} + \sum_{j=0}^{\infty}(A_1\theta_1^j + A_2\theta_2^j)y_{t+j}\right) \qquad (۶)$$

1. Conceptual artifact
2. Goodness of Fit
3. Rebelo

بنابراین مشخص است که فیلتر HP یک فرایند میانگین متحرک، قرینه و از درجه نامحدود می‌باشد. فیلتر هودریک پرسکات از نوع فیلترهای اصطلاحاً پایین‌گذر[1] می‌باشد. به عبارت دیگر ترکیبات خروجی این فیلتر سیکل‌های بلند مدت سری مورد نظریا ترکیبات فرکانس پایینآن است؛ در حالی‌که در فیلترهایی که اصطلاحاً میان‌گذر[2] نامیده می‌شوند، ترکیبات خروجی آنها دامنه مشخصی از دوره تناوب‌ها را در برمی‌گیرد.

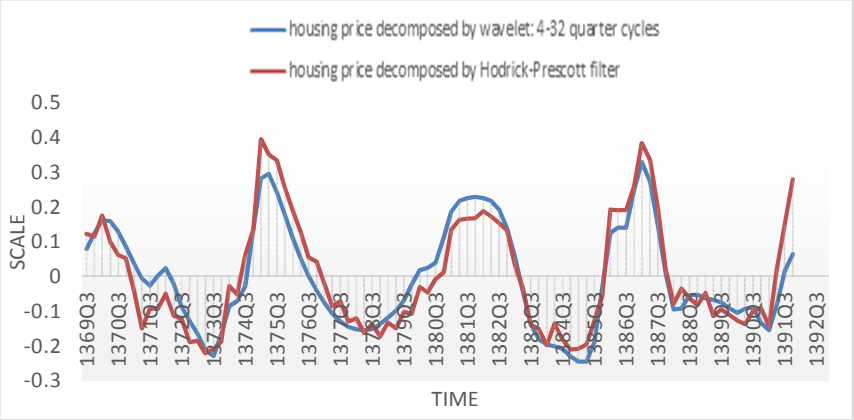
قابل ذکر استکه روش تجزیه یک سری زمانی به‌وسیله فیلتر موجک در فرکانس‌های مختلف، اصولاً یک روش قدرتمند ناپارامتریک بوده که کاربردهای وسیعی در علوم دارد، همچنین در مورد تجزیه سری‌های زمانی که در قلمرو زمان[3] هستند، این سری‌ها را به قلمرو فرکانس[4] برده و سپس به فرکانس‌های مختلف تجزیه می‌کند. فرکانس‌های کوتاه مدت در واقع سیکل‌های بلندمدت را که در این مقاله جهت شناسایی دوره‌های رونق یا رکود قیمت مسکن از این روش استفاده شده است، (عباسی‌نژاد و محمدی؛۱۳۸۵) نشان می‌دهند. در مورد تجزیه برخی از سری‌های زمانی، فیلتر موجک مزیت‌های بیشتری را نسبت به فیلتر هودریک- پرسکات در نویز زدایی از یک سری زمانی دارد و علت آن نیز به توان بالای تبدیل موجک در تجزیه موضعی[5] باز می‌گردد.در واقع تبدیل موجک توانایی نمایش سری‌های زمانی در زمان- مقیاس‌های گوناگون را دارد در حالی‌که فیلتر هودریک- پرسکات علاوه بر اینکه همانند سایر فیلترهایی مثل باکستر-کینگ که در اقتصاد کاربرد دارد عمل می‌کند، به فرض مانایی سری زمانی حساس هستند، همچنین از دیگر محدودیت‌های فیلتر هودریک- پرسکات به انتخاب پارامتر هموارسازی λ باز می‌گردد. قابل ذکر است در ایران به اشتباه در اکثر مطالعات، این پارامتر در داده‌های فصلی برابر ۱۶۰۰ (همان مقدار پیش فرض نرم‌افزارهای متداول اقتصادسنجی، برای داده‌های فصلی کشور ایالات متحده است) در نظر گرفته می‌شود؛ درصورتی‌که مقدار پارامتر

1. Low-Pass
2. Band-Pass
3. Time Domain
4. Frequency Domain
5. locally

هموارسازی ایران برای فیلتر هودریک - پرسکات بهینه برای داده‌های مختص هر کشور باید مورد محاسبه قرار گیرد. همچنین با توجه به مطالعه برکچیان و عینیان(۱۳۹۱) پارامتر هموارسازی برای داده‌های فصلی برابر ۶۳۷ می‌باشد یا $\lambda=637$ است و فیلتر هودریک- پرسکات در مشاهدات انتهایی نمونه نوعی بیش از حد برآورد کردن یا اغراق در منافع[1] را در خود دارد که در نمودار ۱۶ در ذیل این مسئله مشخص است، بنابراین یک انتقال فاز زیاد[2] را در فرکانس‌های بالاتر دارد از طرف دیگر چون فیلتر هودریک- پرسکات یک فیلتر پایین‌گذر[3] است، ترکیبات خروجی این فیلتر تنها روند بلند مدت سری زمانی یا ترکیبات با دوره تناوب یا فرکانس زیاد(بالا) می‌باشد همچنین فیلتر هودریک- پرسکات یک فرایند میانگین متحرک، قرینه و از درجه نامحدود است و اگر سری زمانی اصلی که قصد اجزای سیکلی آن را داشته ایم انباشته تا درجه چهار باشد،آن‌گاه ترکیبات سیکلی یا ترکیبات با دوره تناوب یا فرکانس زیاد(بالا) استخراج شده از این فیلتر مانا خواهد بود. نکات دیگری که در مورد معایب فیلتر هودریک-پرسکات با توجه به اشارات اندرس(۲۰۰۴) ثابت کرد این است که از آنجا که فیلتر هودریک- پرسکات تابعی است که روند را یکنواخت می‌کند، بنابراین نوسانات کاذبی را در جزء نامنظم سری زمانی داده‌ها وارد می‌سازد. همان‌طور که از نمودار ۱۶ در ذیل مشخص است، بخش سیکلی استخراج شده توسط فیلتر موجک هموارتر و دارای شکستگی کم‌تری نسبت به بخش سیکلی مستخرج از فیلتر هودریک- پرسکات است.

1. exaggerates the gain
2. Large phase shift
3. Low-Pass

نمودار ۱۱. مقایسه سیکل‌های بلندمدت قیمت مسکن استخراج شده به‌وسیله فیلتر موجک و فیلتر هودریک-پرسکا



٤. مبانی شبکه عصبی مصنوعی

به طور کلی نرون[1] عنصر اصلی مغز می‌باشد و به تنهایی مانند یک واحد پردازش منطقی عمل می‌کند. هر نرون ورودی‌های متعددی را پذیرا است که با یکدیگر به طریقی منطقی جمع می‌شوند که اگر در یک لحظه تعداد ورودی‌های فعال یک نرون به حد کفایت برسد، آن‌گاه نرون نیز فعال می‌شود و در غیر این‌صورت، نرون به صورت غیرفعال و آرام(ساکن) باقی می‌ماند. بدنه نرون سوما[2] نامیده می‌شود که به آن رشته‌های نامنظم طولانی به نام دندریت[3] متصل است. قطر این رشته‌ها، اغلب از یک میکرون هم نازکتر(باریک‌تر) است و دندریت‌ها اشکال شاخه‌ای پیچیده‌ای دارند به‌طوری‌که شکل ظریف آنها شبیه شاخه‌های درخت است که هر شاخه بارها و بارها به شاخه‌های نازک تری منشعب می‌شود و در واقع دندریت‌ها نقش اتصالاتی را دارند که ورودی‌ها را به نرون‌ها می‌رساند.

1. neurons
2. Soma
3. dendrites

٤-١. نرون پایه و مدل‌سازی نرون تنها:

در واقع نقش اصلی یک نرون بیولوژیکی، عمل جمع ورودی‌های خود تا جائی است که مجموع ورودی‌ها، از حدی که موسوم به سطح آستانه[1] است، تجاوز نکند و سپس تولید چیزی موسوم به خروجی است که در واقع بدنه نرون به جمع کردن ورودی‌ها و سپس مقایسه این مجموع به‌دست آمده با سطح آستانه فعال سازی پرداخته و در نهایت تولیدش یک خروجی است. اصولاً مدلی که از نرون می‌سازیم باید مشخصه‌های زیر را داشته باشد:

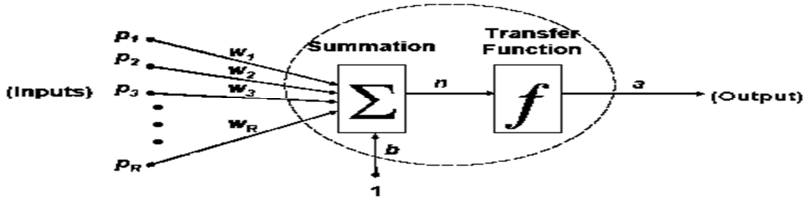
۱. خروجی یک نرون یا فعال است که در این‌صورت عدد یک را اختیار می‌کند و یا غیر فعال است که در این‌صورت عدد صفر را می‌گیرید.

۲. خروجی یک نرون به ورودی‌های آن نرون بستگی دارد و میزان ورودی‌هاباید به حدی برسد که خروجی نرون را فعال سازد، با توجه به اینکه هر دندریت ممکن است تحت تأثیر تعداد زیادی سیناپس باشد، بدین صورت سیناپس‌ها اتصالات داخلی زیادی را ممکن می‌سازند. برخی از سیناپس‌ها باعث تحریک دندریت‌ها می‌شوند و برخی دیگر از سیناپس‌ها دندریت‌ها را از تحریک باز می‌دارند. کارایی سیناپس‌ها در انتقال سیگنال‌های ورودی به بدنه سلول را می‌توان با استفاده از ضریبی که در ورودی‌های نرون ضرب می‌شود، مدل‌سازی کرد به‌طوری کهسیگنال‌های قوی‌تر که سیگنال‌های بیشتری را منتقل می‌کنند دارای ضریب‌های بسیار بزرگ‌تری هستند، در حالی که سیگنال‌های ضعیف‌تر، ضریب‌های کوچک‌تری دارند. مدل فوق الذکر، ابتدا مجموع وزن‌های ورودی‌های خود را محاسبه کرده و سپس آن را با سطح آستانه داخلی خود مقایسه کرده و چنانچه این مجموع وزنی ورودی‌ها از سطح آستانه داخلی بیشتر شود، خروجی نرون فعال می‌شود. همچنین اگر ورودی‌ها برای تولید خروجی‌ها از میان نرون عبور نماید، به این سیستم پیش خور[2] می‌گوییم. اگر تعداد ورودی‌ها n باشد آن‌گاه هر ورودی دارای یک ضریب مربوط به خود است که به صورت زیر می‌باشد:

1. Threshold level
2. Feedforward

$$Y=\sum_{i=1}^{n}W_iX_i=W_1X_1+W_2X_2+\ldots+W_nX_n$$

حاصل جمع فوق با مقدار سطح آستانه قیاس می‌شود که اگر این حاصل جمع به‌دست آمده از میزان آستانه تجاوز نماید، آن‌گاه خروجی نرون برابر یک است و اگر کم‌تر از میزان آستانه باشد خروجی نرون برابر صفر خواهد بود.



$$a=f(w_1p_1+w_2p_2+w_3p_3+\ldots+w_Rp_R+b)$$

٤-۲. شبکه عصبی با لایه‌های پنهان

در کاربرد جهان واقع، شبکه‌های عصبی تنها شامل دو لایه ورودی و خروجی نمی شود بلکه ساختار شبکه‌های عصبی کمی پیچیده‌تر است و به نوعی جهت بهبود پیش‌بینی‌های شبکه عصبی، یک لایه دیگر به نام لایه پنهان نیز وارد می‌شود و بر همین اساس تقریباً اکثر محققان، ساختاری را برای یک شبکه عصبی طراحی می کنند که شامل بیشتر از یک لایه پنهان باشد. در نمودار زیر، a_{ij} وزن برقراری ارتباط ورودی i به واحد پنهان j دارد. که ما فرض کردیم در آن X_0 یک عبارت یا جمله مربوط به تورش[1] (همانند عرض از مبداء در رگرسیون) برای واحدهای پنهان است که معمولا برای تمامی مشاهدات برابر یک در نظر گرفته می‌شود در حالی که B یک جمله یا عبارت تورش برای واحدهای خروجی[2] است. برای خلاف واحدهای ورودی و خروجی، واحدهای پنهان هیچ مفهوم واقعی را ارائه نمی کنند، بنابراین برای این واحدها(واحدهای پنهان) هیچ نوع تعبیر و تفسیر مشخصی

1. bias term
2. output unit

وجود ندارد. این لایه‌های پنهان صرفاً یک نتیجه یا پیامد واسطه[1](میانی) در فرایند محاسبه مقادیر خروجی‌ها هستند، بنابراین، این لایه‌های پنهان نظیر یا معادلی در مباحث اقتصادسنجی نداشته و واحدهای پنهان در واقع مانند واحدهای خروجی عمل می‌کنند یعنی واحدهای پنهان به محاسبه مجموع متغیرهای ورودی وزن داده شده[2] می‌پردازند، سپس نتیجه را با استفاده از تابع فعال سازی[3] که تقریباًهمیشه تابع فعال سازی فرم تابع لوجستیک[4] دارد، پردازش می‌کنند. فرض کنید که Y بردار خروجی و X_0، X_1 و X_2 بردارهای ورودی $(n \times 1)$ هستند که n تعداد مشاهدات است.و ارتباط بین لایه‌های ورودی، لایه‌های پنهان و لایه‌های خروجی توسط وزن‌های a_{ij} است. باید توجه داشت که خطای پیش‌بینی برای هر مشاهده به صورت تفاضل $(Y_t - \hat{Y}_t)$است و با استفاده از الگوریتمهای تکراری مختلف[5] که مرسوم ترین و متداول ترین این الگوریتمها، "پس انتشار"[6] است و وزن‌های شبکه تا زمانیکه خطای پیش‌بینی در سراسر تمامی نمونه حداقل شود که به‌وسیله مجموع مربعات خطا اندازه‌گیری می‌شود، تعدیل خواهد شد و همانطور که در هر تکرار وزن‌ها تغییر می‌یابند، در این حالت به اصطلاح گفته می‌شود که شبکه در حال یادگیری است.فرض کنید که در شبکه عصبی دو لایه پنهان H_1 و H_2 به صورت زیر با یک تابع فعال سازی غیر خطی به فرم لوجستیک باشد:

$$H_1 = f(a_{01} + a_{11}X_1 + a_{21}X_2) = \frac{1}{1+e^{-(a_{01}+a_{11}X_1+a_{21}X_2)}}$$

$$H_2 = f(a_{02} + a_{12}X_1 + a_{22}X_2) = \frac{1}{1+e^{-(a_{02}+a_{12}X_1+a_{22}X_2)}}$$

با قرار دادن تابع فعال سازی لوجستیک در واحدهای پنهان به جای واحد خروجی، می‌توان بیان داشت که این شبکه دیگر محدود به ایجاد تخمین‌های متغیرهای محدود شده[7]

1. intermediate result
2. compute the weighted sum of the input variables
3. activation function
4. logistic function
5. various iterative algorithms
6. back propagation algorithm
7. the network is no longer limited to producing estimates of bounded variables

نمی‌شود. همچنین اگر متغیر وابسته نامحدود[1](محدود نشده) باشد، آن‌گاه این واحد خروجی، عموماً از یک اتحاد تابع فعال‌سازی[2] استفاده خواهد کرد به این معنی که واحد خروجی برابر مجموع مقادیر واحدهای پنهان وزن داده شده[3](موزون) خواهد بود که وزن دادن‌ها توسط ضرایب b_j صورت می‌گیرد. که در نهایت یک خروجی پیوسته، غیر خطی و محدود نشده[4] به صورت زیر می‌دهد:

$$Y = b_0 + b_1 H_1 + b_2 H_2$$

$$Y = b_0 + \frac{b_1}{1 + e^{-(a_{01} + a_{11} X_1 + a_{21} X_2)}} + \frac{b_2}{1 + e^{-(a_{02} + a_{12} X_1 + a_{22} X_2)}}$$

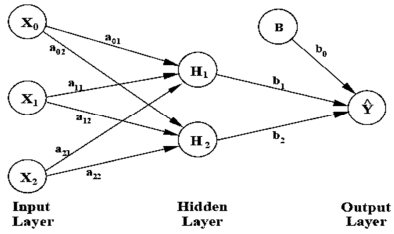
اگر متغیر وابسته محدود شود[5]، آن‌گاه برای واحد خروجی عموماً از یک تابع فعال‌سازی لوجستیک استفاده می‌شود،بنابراین یک خروجی محدود شده[6]به صورت معادله۱۱ در زیر ایجاد خواهد شد:

$$Y = f(b_0 + b_1 H_1 + b_2 H_2)$$

$$Y = \frac{1}{1 + e^{-(b_0 + b_1 H_1 + b_2 H_2)}}$$

$$Y = \frac{1}{1 + e^{-\left(b_0 + \frac{b_1}{1 + e^{-(a_{01} + a_{11} X_1 + a_{21} X_2)}} + \frac{b_2}{1 + e^{-(a_{02} + a_{12} X_1 + a_{22} X_2)}}\right)}} \quad (11)$$

نمودار۱۲. ساختار شبکه عصبی پیش خور با دو لایه پنهان



1. unbounded
2. identity activation function
3. the weighted sum of the hidden unit values
4. unbounded output
5. The dependent variable is bounded
6. A bounded output

پس از معرفی روش شبکه‌های عصبی، جهت پیش‌بینی دوره‌های رونق و رکود قیمت مسکن، پس از اینکه در قسمت قبل و با استفاده از تجزیه موجک و همچنین با بکارگیری ۹۰ مشاهده سری زمانی قیمت مسکن از ۱۳۶۹Q3-۱۳۹۰Q4 در دسترسو سیکل‌ها یا بخش ادواری استخراج شده ی به‌دست آمده توسط تجزیه موجک، ما این بخش سیکلی به‌دست آمده را که به نوعی نشان دهنده دوره‌های رونق و رکود قیمت مسکن است در یک شبکه عصبی پس انتشار خطا با توقف زود هنگام[1] با دولایه پنهان و استفاده از دو وقفه توسط کدی که در نرم‌افزارMatlab توسط عباسی‌نژاد و محمدی(۲۰۰۵) نوشته شده است استفاده کرده و به پیش‌بینی تا ۱۰ دوره (ده فصل یا دو سال و نیم) بعد می‌پردازیم. در نمودار ۶ در ذیل مشاهده می‌شود که محور افقی ۱۰۰ مشاهده دارد که ۱۰ مشاهده پیش‌بینی شده از فصل اول سال نود و دو یا ۱۳۹۲Q1 تا ده فصل بعد Q2 ۱۳۹۴ می‌باشد که در نمودار 15که از ابتدای سال ۱۳۹۲ تا پایان این سال ما شاهد طی شدن دوره‌های رونق قیمت مسکن هستیم و در ادامه قیمت مسکن از فصل پایانی سال ۱۳۹۲ با رکود مواجه می‌شود، این نتایج با توجه به تحلیل بنیادی[2]به‌دست آمده از الگوی سیکلی یا ادواری به‌دست آمده توسط تجزیه موجک که بر طبق آن دوره‌های رونق و رکود قیمت مسکن نامتقارن بوده و به ترتیب به طور متوسط یک سال و نیم(شش فصل) و چهار سال و نیم(هجده فصل) به طول انجامید و به عبارت دیگر دوره‌های رونق کوتاهتر بوده و در فاصله یک سال و نیم طی شده و سریع‌تر از دوره‌های رکود که به طور متوسط هر چهار سال و نیم طی می‌شوند، به اتمام می‌رسند و یک سیکل قیمت مسکن-که از یک نقطه پایین‌ترین حضیض تا نقطه بعدی پایین‌ترین حضیض است- به طور متوسط هر شش سال به شش سال رخ می‌دهد و با توجه به ۹۰ مشاهده در دسترس آخرین دوره رونق قیمت مسکن از فصل سوم سال ۱۳۸۵ یا ۱۳۸۵Q3 آغاز و تا فصل اول سال ۱۳۸۷ یعنی ۱۳۸۷Q1 به طول انجامیده بود، از این رو انتظار می‌رود که دوره بعدی رونق قیمت مسکن از فصل پایانی سال ۱۳۹۱ شروع شده و تا

1. Early stopping
2. Fundamental analysis

فصل انتهایی سال **۱۳۹۲** ادامه یابد. البته در مورد توقف زود هنگام که در فوق به آن اشاره گردید باید متذکر شد که با توجه به اینکه تجربه نشان داده است شبکه‌های عصبی آمادگی برازش بیش از حد [1] بر روی داده‌ها را دارد که این مسئله منجر به پیش‌بینی‌های ضعیف برون نمونه‌ای می‌شود، بنابراین جهت رفع این مشکل در روش توقف زود هنگام، داده‌ها به سه مجموعه به شرح ذیل تقسیم می‌شوند:

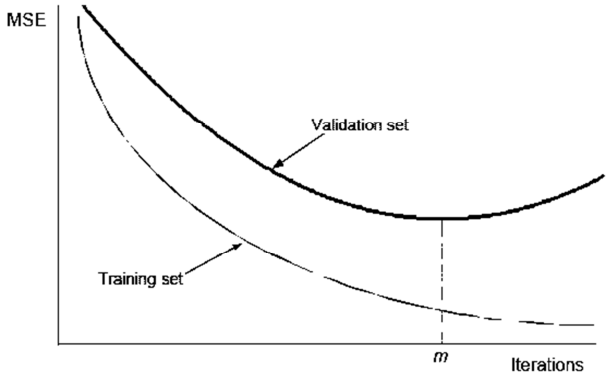
۱- مجموعه آموزش [2] ۲- مجموعه آزمون [3] ۳- مجموعه اعتبار [4]

مجموعه آموزش برای تخمین وزن‌های شبکه با استفاده از الگوریتم مربوطه مورد استفاده قرار می‌گیرد، در حالی‌که مجموعه آزمون به صورت جداگانه برای پیش‌بینی‌های برون نمونه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. مجموعه اعتبار در واقع بخشی از داده است که در خلال آموزش مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. یعنی الگوریتم شبکه عصبی مذکور (الگوریتم شبکه عصبی پیش خور پس انتشار خطا با توقف زود هنگام) هرگز مجموعه اعتبار مشاهده نمی‌کند اما در عوض ممجموعه اعتبار به عنوان نماینده‌ای برای سنجش دقت پیش‌بینی‌های برون نمونه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. اصولاً بعد از هر تکرار در فرایند تخمین، یک پیش‌بینی برون نمونه‌ای با استفاده از مشاهدات مجموعه اعتبار به‌دست می‌آید و MSE آن مورد محاسبه قرار می‌گیرد. که این MSE معمولاً برای هر دو مجموعه آموزش و اعتبار، کاهش خواهد یافت و نزولی خواهد بود، ولی بعد از تکرارهای مشخص ممکن است MSE در مجموعه اعتبار شروع به افزایش نماید که علت آن می‌تواند این مسئله باشد که شبکه در مشاهدات مجموعه آموزش متخصص می‌شود،بنابراین به اصطلاح گفته می‌شود که در این حالت شبکه توانایی تعمیم دادن [5] برای سایر داده را از دست می‌دهد. در واقع یکی از ویژگی‌های عمده شبکه عصبی توانایی آن در تعمیم دهی است به این معنی که می‌تواند الگوهایی را که در جریان آموزش مشاهده نکرده است به درستی پیش‌بینی

1. Over fitting
2. Training set
3. Test set
4. Validation set
5. Generalizing

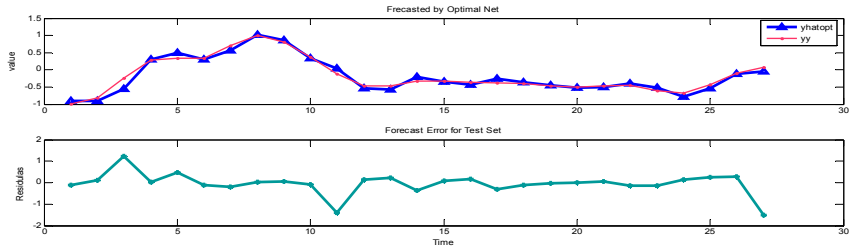
نماید. به عبارت دیگر شبکه الگوهای مشابه را با توجه به تعمیم خصوصیاتی که فراگرفته است، طبقه‌بندی می‌کنداما در روش توقف زودهنگام زمانی که MSE در مجموعه اعتبار حداقل می‌شود روش تخمین به پایان می‌رسد که در نمودارزیر این تعداد تکرار مطلوب برابر m است و این روش این اطمینان را بوجود می‌آورد که این شبکه در داده‌های مجموعه آموزش متخصص نشده است، یعنی شبکه همچنین قادر به تعمیم داده شدن برای داده‌های بیرون نمونه‌ای است. این مسئله در نمودار۱۳ نشان داده شده است.

نمودار ۱۳. نزولی بودن MSE برای دو مجموعه آموزش و اعتبار و افزایش MSE در مجموعه اعتبار بعد از تکرارهای مشخص

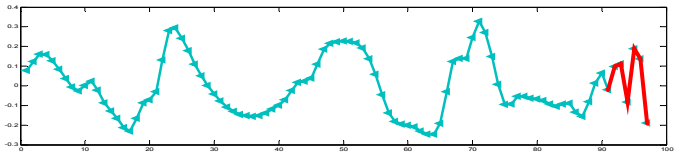


نمودار ۱۴ در زیر نشان می‌دهد که یک حداقل خطای پیش‌بینی بین سری زمانی اصلی(yy)– که همان بخش سیکل‌های بلند مدت ۴ تا ۳۲ فصلی استخراج شده به‌وسیله فیلتر موجک است– و سری زمانی پیش‌بینی شده (yhatopt) وجود دارد، بنابراین خطاهای پیش‌بینی در نمودار زیر بسیار کوچک بوده و در اکثر موارد نزدیک صفر است. همانطور که از جدول ۱ نشان داده شده است، ما به کم‌ترین مقدار RMSE با ۵ لایه پنهان و دو وقفه و ۷۰ درصد داده آموزش دست می‌یابیم البته تعداد دوره‌های پیش‌بینی برون نمونه‌ای ما در اینجا ۱۰ دوره (۱۰ فصل یا دو سال و نیم) در نظر گرفته شده است و نمودار ۱۵– پیش‌بینی برون نمونه‌ای ۱۰ فصلی از ابتدای سال ۱۳۹۲ را نشان می‌دهد که افزایشی بوده و یک دوره رونق قیمت مسکن را برای سال ۱۳۹۲ نشان می‌دهد.

نمودار ١٤. پیش‌بینی دورن نمونه‌ای سیکل‌های بلند مدت قیمت مسکن با استفاده از روش شبکه عصبی(ANN) و خطای پیش‌بینی



نمودار ۱۵. پیش‌بینی برون نمونه‌ای ۱۰ فصلی از ابتدای سال ۱۳۹۲



جدول ۱. کم‌ترین مقدار RMSE در تعداد لایه‌های پنهان مختلف

Maximunm number of lags	1	2
Min RMSE with 1 unit in hidden layer	0.0048377	0.0048144
Min RMSE with 2 unit in hidden layer	0.0048430	0.0048045
Min RMSE with 3 unit in hidden layer	0.0048328	0.0049701
Min RMSE with 4 unit in hidden layer	0.0048252	0.0048296
Min RMSE with 5 unit in hidden layer	0.0048132	**0.0047682**

۵. نتیجه‌گیری

در این مطالعه، با توجه به اینکه دارایی مسکن بیشترین سهم را در پرتفوی دارایی عاملان اقتصادی دارد و بنابراین درک، شناخت، پیش‌بینی و استخراج دوره‌های رونق و رکود قیمت مسکن می‌تواند راهنمای مفیدی برای خریداران مسکن و یا سرمایه‌گذاران بالقوه در بخش مسکن باشد. به همین منظور با استفاده از تجزیه موجک، اقدام به استخراج سیکل‌های قیمت مسکن در زمان- مقیاس‌های گوناگون با استفاده از تبدیل موجک نموده و سپس سیکل‌های یک تا هشت ساله را استخراج نموده و با استفاده از شبکه عصبی اقدام به پیش‌بینی دوره‌های رونق و رکود قیمت مسکن تا دو سال ونیم(ده فصل) بعد نمودیم.

نتایج به‌دست آمده از پیش‌بینی مبتنی بر فن و ابزار[1] توسط روش شبکه عصبی حاکی از یک دوره رونق قیمت مسکن با شروع از فصل پایانی سال ۱۳۹۱ و پایان یافتن در فصل آخر سال ۱۳۹۲ دارد. به عبارت دیگر که از فصل انتهایی سال ۱۳۹۱ تا پایان فصل سوم این سال، ما شاهد طی شدن دوره‌های رونق قیمت مسکن هستیم و در ادامه قیمت مسکن از فصل پایانی سال ۱۳۹۲ با رکود مواجه می‌شود که این نتایج با توجه به تحلیل بنیادی[2] به‌دست آمده از الگوی سیکلی یا ادواری به‌دست آمده توسط تجزیه موجک که بر طبق آن دوره‌های رونق و رکود قیمت مسکن نامتقارن بوده و به ترتیب به طور متوسط یک سال و نیم(شش فصل) و چهار سال و نیم(هجده فصل) به طول انجامد و به عبارت دیگر دوره‌های رونق کوتاهتر بوده و در فاصله یک سال و نیم طی شده و سریع‌تر از دوره‌های رکود که به طور متوسط هر چهار سال و نیم طی می‌شوند، به اتمام می‌رسند و یک سیکل قیمت مسکن-که از یک نقطه پایین‌ترین حضیض تا نقطه بعدی پایین‌ترین حضیض است- به طور متوسط هر شش سال به شش سال رخ می‌دهد. با توجه به ۹۰ مشاهده در دسترس آخرین دوره رونق قیمت مسکن از فصل سوم سال ۱۳۸۵ یا 1385Q3 آغاز و تا فصل اول سال ۱۳۸۷ یعنی 1387Q1 به طول انجامیده بود و بنابراین انتظار می‌رود که دوره بعدی رونق قیمت مسکن از فصل پایانی سال ۱۳۹۱ شروع شده و تا فصل انتهایی سال ۱۳۹۲ ادامه می‌یابد که با نتایج تحلیل تکنیکال مطابقت بسیاری دارد.

1. Technical forecast
2. Fundamental analysis

منابع و مآخذ

- عباسی نژاد، حسین و محمدی، شاپور(۱۳۸۵)، تحلیل سیکل‌های تجاری ایران با استفاده از نظریه موجک‌ها، مجله تحقیقات اقتصادی، شماره ۷۵، صص:۲۰-۱.
- عینیان، مجید و برکچیان، سید مهدی(۱۳۹۱)، شناسایی و تاریخ گذاری چرخه‌های تجاری اقتصاد ایران، مجله پول و اقتصاد۱۳۹۱.
- *Bernanke, B. (2005).* « *The global saving glut and the U.S. current account.*» *Remarks at the Sandrige Lecture, Virginia Association of Economics, Richmond, VA, March 10.*
- *Campbell, B. (1963),* «*Long swings in residential construction: the postwar experience,*» *American Economic Review, Papers and Proceedings, 53(2), pp:508-518.*
- *Chen, K. C. and D. D. Tzang,(1988).* «*Interest Rate Sensitivity of Real Investment Trusts*», *Journal of Real Estate Research 3, pp. 13-22.*
- *Dipasquale, Denise – Wheaton, William C. (1994)*« *Housing Market Dynamics and the Future of Housing Price.*» *Journal of Urban Economics, 35 (1), pp: 1-27.*
- *Enders, W. (2004),* «*Applied Econometric Time Series*». *2nd edition, John Wiley and Sons, New York.*
- *Gottlieb, M.(1976),* «*Long Swings in Urban Development, New York: National Bureau of Economic Research*» *,pp. 329-33*.
- Green, Richard K.(1996). «How changes in residential and Non- residential investment predict changes in GDP». Journal of housing economics 3:4, pp: 330-350.
- Holmans, A. (1995). «Where have all the "first-time buyers gone? Estimating the "first-time buyer population in the United Kingdom». Housing Finance 25, *pp:* 7-13.
- *Lewis, J. Parry (1965),* «*Building Cycles and Britain's Growth,*» *London: St. Martin's Press.*
- Oikarinen, Elias (2007) «Studies On Housing Price Dynamics» Turku School Of Economics*Press.*
- *Punzi, M. T. (2006).* « *Housing market and current account imbalances in the international economy*» *. Manuscript, Department of Economics, Boston College.*