

مدلی ساده برای توضیح پویایی شاخص کل قیمت بازار سهام تهران^۱

حبیب مروت^۲، عباس قاسمی^۳، حسن حکمی^۴

پذیرش: ۹۴/۱۲/۲۰

دریافت: ۹۳/۱۱/۲۸

چکیده

در مدل سازی بازارهای مالی همواره این نکته دارای اهمیت بوده است که چگونه می توان انحراف مداوم قیمت های مالی را از قیمت های بنیادی آن با استفاده از تعاملات میان عوامل ناهمگن در بازار تشریح کرد. یکی از روش های تشریح این موضوع استفاده از رهیافت اقتصاد محاسباتی عامل محور است. در میان ادبیات مدل های عامل محور عقاید ناهمگن، مدل های مبتنی بر تعاملات بین بنیاد گراها و نمودار گراها از اهمیت خاصی برخوردار است، زیرا یکی از عواملی که می تواند نقش مهمی در توضیح تلاطم و نوسانات بازار سهام داشته باشد، احساسات، عقاید و انتظارات سرمایه گذاران در مورد تغییرات آتی قیمت سهام شرکت - هاست. در این مقاله تلاش می شود با ارایه یک مدل محاسباتی عامل محور ساده برای تقاضای سهام، که در اکثر مطالعاتی که به بررسی نقش عوامل و تقاضاهای ناهمگن در شکل گیری قیمت دارایی ها می پردازند از روایتی از آن استفاده می شود، نقش انتظارات

۱. مقاله فوق برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد عباس قاسمی به راهنمایی دکتر حبیب مروت در دانشگاه خوارزمی است.

۲. استادیار دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبایی. Email: habibmorovat@yahoo.com

۳. کارشناس ارشد مهندسی مالی دانشگاه خوارزمی، (نویسنده مسئول) Email: abbas.ghasemi67@gmail.com

۴. کارشناس ارشد مهندسی دانش دانشگاه خوارزمی. Email: h.hakami@gmail.com

ناهمگن در پویایی شاخص کل قیمت، بررسی شود. برای تعیین انتظارات یا تأثیر نسبی عوامل از روش دیچی و وسترهف (۲۰۱۲)، استفاده می‌شود. در این مدل برخی از عوامل دارای تقاضای بی‌ثبات‌کننده یا برون‌یابانه می‌باشند (نمودار گراها) و برخی از آنها دارای تقاضای تثبیت‌کننده یا برگشت به میانگین (بنیادگراها) می‌باشند. بدین منظور از داده‌های هفتگی، ماهانه و فصلی مربوط به شاخص کل قیمت بازار سهام تهران از سال ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۲ استفاده شده است. نتایج مدل‌سازی نشان می‌دهد که حساسیت نسبی تقاضای خریداران با انتظارات مختلف نسبت به تغییرات قیمت، و تأثیر نسبی آنها بر کل تقاضا، نقش مهم و معناداری در پویایی قیمتی بازار سهام تهران، دارد. از سوی دیگر، تأثیر نسبی نمودار گراها بر کل تقاضای هفتگی یا انتظارات نمودارگرایی هفتگی در طی دو دهه‌ی گذشته بیش از ۸۰ درصد بوده است.

واژه‌های کلیدی: عوامل ناهمگن، بازار سهام تهران، رهیافت محاسباتی عامل محور

طبقه‌بندی JEL: R32: C15

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۱. مقدمه

بازارهای مالی چه بعنوان جایگاهی برای سوداگران و معامله‌گران و چه بعنوان مکانی مناسب برای سرمایه‌گذاری مورد توجه صاحبان سرمایه بوده است. ولی سوالی که همواره برای تازه واردین به این عرصه مطرح بوده است، چگونگی و نحوه تصمیم‌گیری فعالان و حرفه‌ای‌ها در این بازارهاست.

در بازارهای مالی، قیمت یک ورق ریسکی به وسیله بازارسازان براساس تقاضای مازاد تعاملات عوامل ناهمگن^۱، تعیین می‌گردد. این عوامل، نمودارگراها^۲ و بنیادگراها^۳ هستند که سفارشات آن‌ها بر مبنای تفاوت بین تخمین‌ها در مورد قیمت آتی بوده به طوری که نمودارگراها متکی به قوانین وجود روند عمل می‌کنند و بنیادگراها فرض می‌کنند که دارای اطلاعاتی در مورد فضای اقتصادی هستند و بر این اساس نظرات خود را شکل می‌دهند. اگر قیمت در بلندمدت با مقادیر پیش‌بینی شده بنیادگراها فاصله زیادی داشته باشد، بنیادگراها اطمینان خود را از پیش‌بینی‌ها کاهش داده و وزن بالایی به بازگشت قیمت به قیمت بنیادی می‌دهند. در حقیقت در بازار مالی شاهد استراتژی‌های پویای مختلفی هستیم که با توجه به تعاملات عوامل ناهمگن شکل گرفته است.

در این مقاله تلاش می‌شود تا با استفاده از رهیافت مالیه رفتاری که علت نوسانات شدید قیمت سهام را در عواملی غیر اقتصادی (همچون اندیشه سوداگرایانه^۴ در بین گذاران، انتظارات برون‌یابانه (بی‌ثبات کننده)^۵، روانشناسی بازار در شکل بدبینی و خوش-بینی، رفتار توده‌ای^۶) می‌دانند، نحوه‌ی پویایی شاخص کل قیمت بازار سهام تهران، مدل-سازی شود. بنابراین هدف این مقاله عبارت است از ارائه یک مدل ساده برای بررسی نقش تقاضای دو عامل عمده (نمودارگراها و بنیادگراها) در نوسانات قیمت بازار سهام تهران.

-
1. Heterogeneous Agents
 2. Chartists
 3. Fundamentalists
 4. Speculative Thinking
 5. Extrapolative Expectations
 6. Herd Behavior

بدین منظور تقاضای سهام به دو گروه عمده، با فرض وجود ناهمگنی رفتاری، تقسیم می‌شود که عبارت‌اند از: زیرگروه تقاضای برون‌یابانه^۱ یا بی‌ثبات‌کننده (نمودار گراها) و تقاضای برگشت به میانگین^۲ یا تثبیت‌کننده (بنیادگراها). تأثیر نسبی هر یک از این عوامل بر کل تقاضا تابع شرایط بازار و نوسانات قیمت می‌باشد.^۳ برای مدل‌سازی از رهیافت محاسباتی عامل‌محور^۴ استفاده خواهد شد. قیمت‌های تولید شده توسط مدل با قیمت‌های واقعی بازار سهام مقایسه شده و بهترین مدل انتخاب خواهد شد. در ادامه با استفاده از مدل شبیه‌سازی شده فرضیه‌های تحقیق مورد آزمون قرار می‌گیرند. فرضیه‌های تحقیق عبارتند از: نخست، شدت نسبی واکنش نمودار گراها در مقایسه با بنیادگراها نسبت به تغییرات قیمت اثر معناداری بر پویایی قیمتی شاخص در بازار سهام تهران دارد. دوم، افزایش انتظارات برون‌یابانه بر کل تقاضا در پویایی قیمتی شاخص کل قیمت در بازار سهام تهران موثر است.

در ادامه مقاله، در بخش دوم مبانی نظری موضوع و طراحی مدل ارائه می‌شود. در بخش سوم ادبیات تجربی موضوع و مطالعات انجام شده بررسی خواهد شد. در بخش چهارم مدل‌سازی تجربی برای قیمت نهایی شاخص کل قیمت بازار سهام تهران انجام می‌شود، و در نهایت در بخش پنجم جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ارائه خواهد شد.

۲. مبانی نظری و طراحی مدل

پس از چاپ کتاب مشهور شیلر^۵ (۱۹۸۹) با عنوان تلاطم بازار^۱ در مورد تلاطم فرایندهای بازارهای مالی و بنابراین رد فرضیه بازارهای کارا بسیاری از محققان مالی و

1. Extrapolating Demand

2. Mean- Reverting Demand

۳. عواملی که تقاضای برون‌یابانه دارند با افزایش قیمت تقاضای خود را افزایش می‌دهند زیرا انتظار دارند قیمت مجدداً افزایش یافته و می‌توانند با فروش سهام در قیمت بالاتر سود ببرند. اما کسانی که تقاضای برگشت به میانگین دارند انتظار دارند قیمت به مقدار بنیادی آن بازگردد. بنابراین با افزایش قیمت نسبت به قیمت بنیادی تقاضای خود را به منظور ممانعت از زیان ناشی از فروش در قیمت پایین‌تر کاهش می‌دهند.

4. Agent-Based computational approach

5. Shiller

اقتصادی تلاش نمودند تا علت عدم کارایی بازارهای مالی را توضیح دهند. مهمترین رهیافت در این رابطه رهیافت اقتصاد رفتاری می باشد. این رهیافت فروض اولیه نظریه بازارهای کارا را رد نموده و بیان میکند که عوامل بازارهای مالی و سرمایه گذاران در خصوص تغییرات قیمت‌های آتی بازارهای مالی عقاید همگن ندارند بنابراین فرض عامل نماینده^۲ در مدل بازارهای کارا صحیح نمی باشد.

رهیافت مالیه رفتاری و مدل‌سازی مالیه محاسباتی مبتنی برعامل به عنوان ابزار آن، عقاید عوامل بازار در خصوص نوسانات آتی قیمت دارایی‌های مالی را ناهمگن در نظر گرفته و تلاش می کنند حقایق مشاهده در بازارهای مالی مانند تلاطم فزاینده، توزیع با دنباله ضخیم^۳ بازدهی دارایی‌های مالی و اثرات اهرمی^۴ را توضیح دهند. عقاید ناهمگن یک واقعیت در زندگی است و در بازارهای مالی وجود عقاید ناهمگن در بین معامله‌گران در خصوص عملکرد بازارهای مالی و تغییرات قیمت‌های آتی دارائیها مشخص و فراگیر است بطوریکه آنها در خصوص عقاید خود با یکدیگر شرط‌بندی می کنند. این ناهمگنی عقاید می تواند سه دلیل داشته باشد: آنها یا عقاید اولیه^۵ متفاوتی در مورد بازدهی‌های آتی داشته اند (به دلیل تورش‌های روانشناختی^۶)، یا سیگنال‌های متفاوتی دریافت کرده‌اند (یعنی اطلاعات نامتقارن داشته‌اند)، و یا از قاعده به‌روزنمایی متفاوتی استفاده نموده‌اند (ژیانگ^۷)، (۲۰۱۳).

یکی از علل مهم ناهمگنی عقاید معامله‌گران در مورد متغیر و حوادث آتی به تورش‌های روانشناختی که به خوبی در ادبیات اقتصاد و مالیه رفتاری مطرح شده‌اند، مربوط می‌شود. برخی از این تورش‌ها عبارتند از اعتماد به نفس بیش از اندازه^۸، توجه و تمرکز

-
1. Market Volatility
 2. Representative Agent
 3. Fat-Tailed
 4. Leverage Effects
 5. Prior
 6. Psychological Biases
 7. Xiang
 8. Overconfidence

محدود^۱، نماینده انگاری^۲ و محافظه کاری^۳. ادبیات وسیعی در روانشناسی وجود دارد که نشان می‌دهد، افراد تمایل دارند باور داشته باشند اطلاعات و دانش آنها دقیق‌تر از آن چیزی است که واقعا هست. یعنی افراد به اطلاعات خود بیش از آنکه باید، اعتماد و اعتقاد دارند. اعتماد به نفس بیش از اندازه باعث می‌شود تا معامله‌گران دقت اطلاعات و سیگنال‌های نویزی را بیش از اندازه نشان داده و بنابراین به آنها بیش از اندازه واکنش نشان دهند. وقتی عوامل به سیگنال‌های مختلف بیش از اندازه واکنش دهند احتمالاً در نهایت منجر به عقاید شدیداً مختلف و ناهمگن خواهد شد (باربریس و تالر^۴، ۲۰۰۳).

با وجود آنکه مدل‌های فراوانی برای مدل‌سازی نقش انتظارات و عقاید ناهمگن در شکل‌گیری نوسانات قیمت دارایی‌های مالی وجود دارد، اما اکثر آنها ساختار کلی مشابه مدل مازاد تقاضا دارند. تفاوت اصلی این مدل‌ها در خصوص پویایی‌های عوامل ناهمگن و نحوه تغییر عقاید آنها می‌باشد. مدلی که در ادامه مطرح می‌شود مدلی ساده و استاندارد می‌باشد که در اکثر مطالعاتی که به بررسی نقش عوامل و تقاضاهای ناهمگن در شکل‌گیری قیمت دارایی‌ها می‌پردازند از روایتی از این مدل استفاده می‌شود. دی یچی و وسترهف^۵ (۲۰۱۲) نوعی از این مدل را در بازار مسکن استفاده نموده و تلاش نموده‌اند تا نقش ناهمگنی رفتاری تقاضای سوداگرانه در نوسانات قیمت مسکن و رونق و رکود در این بخش را بررسی نمایند. رهیافت اصلی این مدل از مطالعات اخیر در مورد کاربرد مالیه محاسباتی عامل محور (دی و هانگک^۶، ۱۹۹۰، هومس^۷، ۲۰۰۶ و لی بارون^۸، ۲۰۰۶) الهام گرفته است. در این مدل‌ها، پویایی‌های بازارهای مالی به نحوه شکل‌گیری انتظارات و قواعد رفتاری عوامل دارای عقلانیت محدود^۹ که با یکدیگر تراکنش دارند بستگی دارد.

-
1. Limited Attention
 2. Representativeness
 3. Conservatism
 4. Barberis and Thaler
 5. Diechi and Westerhoff
 6. Day and Huang
 7. Hommes
 8. Lebaron
 9. Bounded Rationality

ساختار مدل به شکل زیر است: فرض می‌کنیم که قیمت‌های سهام طبق روال با توجه به مازاد تقاضا تعیین می‌شود. بنابراین قیمت با توجه به مازاد تقاضای طی زمان تغییر می‌کند. با استفاده از تابع تعدیل خطی استاندارد، قیمت سهام P در زمان $t+1$ به شکل زیر مدل می‌شود:

$$P_{t+1} = P_t + a(D(P_t) - S(P_t)) \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در این رابطه $a > 0$ پارامتر تعدیل قیمت، D و S به ترتیب تقاضا و عرضه کل سهام می‌باشد. مشخص است که اگر مازاد تقاضا مثبت باشد قیمت واحدهای سهام افزایش خواهد یافت و بر عکس. برای سادگی مدل‌سازی فرض می‌کنیم $a = 1$. از آنجا که فرض می‌کنیم تعاملات عوامل بازار در بازار ثانویه اتفاق می‌افتد پس عرضه را تقریباً برابر صفر در نظر گرفته و بنابراین تقاضای سهام تعیین‌کننده پویایی‌های قیمت خواهد بود. تقاضای سهام به دو جزء تقاضای برون‌یابانه (تقاضای نمودار گراها) و تقاضای برگشت به میانگین (تقاضای بنیاد گراها) تقسیم می‌شود. رابطه جزء تقاضای برون‌یابانه از تقاضای کل به شکل زیر می‌باشد:

$$D_t^E = f(P_t - F), \quad f \geq 0 \quad \text{رابطه (۲)}$$

پارامتر واکنش (f) مثبت است. هنگامی که قیمت فعلی سهام از قیمت بنیادی آن (F) بیشتر باشد رابطه فوق نشان می‌دهد که عواملی که این نوع تقاضا را دارند نسبت به افزایش قیمت سهام خوش‌بین بوده و با افزایش قیمت فعلی نسبت به قیمت بنیادی تقاضای خود را افزایش می‌دهند و بر عکس اگر قیمت فعلی از قیمت دوره‌ی قبل کمتر باشد تقاضای خود را کاهش خواهند داد. به عبارت دیگر آنها معتقدند که حباب قیمت سهام در دوره‌ی بعدی نیز ادامه داشته و بنابراین تقاضای خود را با افزایش قیمت افزایش می‌دهند.

رابطه‌ی جزء تقاضای برگشت به میانگین از تقاضای کل به شکل زیر می‌باشد:

$$D_t^{MR} = g(F - P_t), \quad g \geq 0 \quad \text{رابطه (۳)}$$

در رابطه‌ی فوق g مثبت است که عبارت است از پارامتر واکنش تقاضای برگشت به میانگین نسبت به قیمت سهام. بر اساس رابطه فوق اگر به عنوان مثال قیمت سهام از قیمت بنیادی آن پایین‌تر باشد آنگاه تقاضای این گروه از تقاضا کنندگان افزایش خواهد یافت زیرا آنها انتظار دارند در آینده قیمت سهام افزایش یافته و به ارزش بنیادی خود میل نماید در نتیجه آنها با فروش سهام با قیمت بالاتر سود خواهند برد و بر عکس. بنابراین با توجه به روابط فوق تقاضای کل برابر خواهد بود با:

$$D_t^s = W_t f(P_t - F) + (1 - W_t) g(F - P_t) \quad \text{رابطه (۴)}$$

در رابطه فوق W_t و $(1 - W_t)$ به ترتیب تأثیر نسبی تقاضا کنندگان دارای تقاضای برون‌یابانه و تقاضا کنندگان دارای تقاضای برگشت به میانگین را نشان می‌دهد. برای تعیین تأثیر نسبی هر یک از انواع تقاضا در ادبیات اقتصادی و مالی از روش‌های مختلفی استفاده شده است (ودلیچ و هاج^۱، ۱۹۸۳، کرمن^۲ ۱۹۹۳، برنساید^۳ و دیگران، ۲۰۱۱). اما دی‌چی و وسترهف (۲۰۱۲)، تأثیر نسبی نمودار گراها W_t را بر تقاضای کل، تابع زنگوله‌ای شکل از شکاف قیمت سهام نسبت به قیمت بنیادی آن در نظر گرفته‌اند:

$$W_t = \frac{1}{1 + h(P_t - F)^2} \quad \text{رابطه (۵)}$$

بر اساس رابطه فوق هر چه شکاف قیمت سهام از قیمت بنیادی بیشتر شود تأثیر نمودار گراها بر تقاضای کل کاهش و تأثیر نسبی بنیادگراها افزایش می‌یابد. زیرا، هر چه شکاف قیمتی بیشتر شود نمودار گراهای بیشتری به این نتیجه می‌رسند که حباب خواهد ترکید و قیمت جاری به قیمت بنیادی میل خواهد نمود بنابراین تفکر خود را به سمت

-
1. Weidlich and Haag
 2. Kirman
 3. Burnside

نمودارگرایی سوق می‌دهند. کاهش در تفکر نمودارگرایی تقاضای برون‌یابانه را کاهش داده و بنابراین منجر به کاهش قیمت‌ها خواهد شد. کاهش قیمت‌های جاری، شکاف قیمتی را کاهش داده بنابراین تفکر نمودارگرایی و به طبع آن تأثیر نسبی نمودارگراها را مجدداً افزایش خواهد داد در نتیجه ممکن است منجر به افزایش قیمت‌ها شود. بنابراین افزایش یا کاهش قیمت در این مدل بستگی به تأثیر نسبی تقاضای معامله‌گران بر کل تقاضا دارد.

در رابطه فوق h پارامتر مثبت می‌باشد. این پارامتر سرعت عوامل در ترک رفتار نمودارگرایی یا بنیادگرایی را نسبت به تغییرات قیمت نشان می‌دهد. هر چه مقدار این پارامتر کوچک‌تر باشد (مثلاً اگر به صفر میل نماید) تأثیر نسبی نمودارگرایان بر تقاضای کل بیشتر خواهد شد و برعکس. در نتیجه این پارامتر نقش مهمی در تحلیل رونق و رکود در این مدل بازی می‌کند.

از طریق جایگذاری رابطه (۵) در معادله (۴) و سپس در معادله (۱) و با در نظر گرفتن $F = P_{t-1}$ ، به رابطه‌ی زیر خواهیم رسید که نحوه پویایی قیمتی یا تغییرات قیمت را نشان می‌دهد:

$$P_{t+1} = P_t + \frac{f(P_t - P_{t-1}) - hg(P_t - P_{t-1})^3}{1 + h(P_t - P_{t-1})^2} \quad \text{رابطه (۶)}$$

رابطه‌ی فوق نحوه پویایی قیمتی سهام یا به طور کلی شاخص را نشان می‌دهد. در بخش مدل‌سازی تجربی با استفاده از رابطه‌ی (۶) قیمت شاخص تولید شده و با قیمت شاخص واقعی مقایسه می‌شود. آنگاه با تغییر پارامترهای مدل میزان و نحوه اثرگذاری آنها را بر قیمت‌های شاخص و آزمون آماری صورت می‌گیرد.

۳. مروری بر مطالعات انجام شده

پویایی اعتقادی در بازارهای مالی بوسیله تپل^۱ (۱۹۹۱)، کرمین^۲ (۱۹۹۳)، لوکس^۳ (۱۹۹۵ و ۱۹۹۸) و آلفارانو^۴ و همکاران (۲۰۰۸) مدل شد. این مدل‌ها برای انتقال اطلاعاتی بین عواملی با اطلاعات درونی راجع به انتظارات در مورد قیمت‌ها، به کار می‌روند. بازارهایی با چنین تعاملات بین عوامل، مستعد ایجاد حباب‌های قیمتی و فروپاشی آن‌ها و نوسانات بیش از حد قیمت‌ها است و بنابراین این مدل‌ها مسیری را به سمت اکتشاف چنین پدیده‌های فراگیری، فراهم می‌آورند. مثال‌هایی از مدل‌های چند عامله که واقعیات مشاهده شده مشابه بازارهای مالی را شبیه‌سازی و مدل‌سازی عامل محور کرده‌اند، لوکس (۱۹۹۸)، فارمر^۶ (۱۹۹۸)، کالداریلی^۷ و همکاران (۱۹۹۷)، می‌باشند.

بازار مالی در مدل لوکس (۱۹۹۸)، دو گروه از عوامل را در مدل مشارکت می‌دهد: معامله‌گرهای نمودارگرا (تکنیکال‌ها) و بنیادگراها (فاندامنتالیست‌ها). اتخاذ تصمیم معامله‌گران تکنیکی بر پایه الگوهای قیمتی گذشته و دیدگاه اکثریت بازار (رفتار سایر عوامل) که به اثر رمه‌ای (توده‌ای) مشهور است، قرار دارد. عوامل تکنیکی خود به دو دسته خوش بین و بدبین تقسیم می‌شوند. خوش‌بین‌ها به مسیر رو به بالای قیمت‌ها اعتقاد دارند، در حالی که بدبین‌ها، برعکس، پیش‌بینی می‌کنند که قیمت‌های بازار کاهش خواهد یافت. بنیادگراها انتظار دارند قیمت بازار به سمت ارزش بنیادی گرایش داشته باشد. اگر قیمت حقیقی بازار بالاتر (پایین‌تر) از ارزش بنیادی تخمینی بود، یک بنیادگرا دارایی را می‌فروشد (می‌خرد). به عنوان یک ویژگی قابل توجه، عوامل می‌توانند بین گروه‌های مختلف تغییر موضع دهند، یعنی یک معامله‌گر نمودارگرای بدبین می‌تواند یک بنیادگرا شود. در هر دوره، عوامل سفارشات خرید و فروش خود را به بازار اعلام می‌کنند. تعدیل قیمت بازار نیز توسط یک بازارساز با هدف حذف عدم توازن تقاضا و عرضه، صورت می‌گیرد.

-
1. Topol
 2. Kirman
 3. Lux
 4. Alfarano
 5. Bubbles
 6. Farmer
 7. Caldarelli

به این ترتیب، مدل عامل محور لوکس تمام واقعیات عنوان شده در بازارهای مالی را بطور درونزا به واسطه تقابلات بین عوامل، ایجاد می نماید.

مشابه طراحی لوکس (۱۹۹۸)، فارمر (۱۹۹۸)، یک بازار مالی که در آن پویایی قیمت توسط تقابل سرمایه گذاران ارزشی (بنیادگراها) و دنباله روهای روند (نمودارگراها)، ایجاد می شود را بررسی کرد. بنیادگراها قیمت جاری بازار را با ارزش بنیادی دارایی مقایسه می کنند. در حالیکه، نمودارگراها به قواعد تکنیکی متکی هستند. رفتار هر عامل توسط یک قاعده معامله توضیح داده می شود. یک بازارساز سفارشات را دریافت و عرضه و تقاضا را از طریق تعدیل قیمت بازار متوازن می سازد. تقابل عوامل بنیادگرا با نمودارگرا، موجب پیدایش پدیده های مشاهده شده نظیر دنباله ضخیم در توزیع بازدهی های لگاریتمی، همبستگی بین حجم معاملات با نوسان بازار و نوسان زمانی اختلاف قیمت و ارزش دارایی، می شود.

علاوه بر این، کالداری و همکاران (۱۹۹۷)، تعاملات عوامل را در یک بازار سهام مصنوعی، جائیکه هیچ عامل خارجی در آن حضور ندارد، بررسی کردند. عوامل فقط به قواعدی براساس الگوهای گذشته قیمت ها تکیه دارند و قیمت ها در واکنش به مازاد بازار تعدیل می شوند. خروجی اصلی این مدل، سری های زمانی قیمت بازار است که ویژگی های آماری قابل مقایسه ای با رفتار داده های دنیای واقعی دارند، برای مثال، بازده های سری های زمانی ایجاد شده دارای ویژگی های مقیاس^۱ مشابه بازارهای حقیقی سهام یا ارز هستند و دنباله توزیع بازدهی ها دارای ویژگی قانون نمایی است. این سری های زمانی همچنین سقوط های یکباره قیمت ها را نیز نمایش می دهند. این ویژگی ها در نتیجه فعالیت معاملاتی جمعی عوامل ظاهر می شوند. به موجب نتیجه گیری نویسندگان، آماره های مشاهده شده در بازارهای حقیقی در اصل به واسطه تقابل بین معاملات تکنیکی سفته بازان بدون توجه به متغیرهای بنیادی اقتصادی پدید می آیند.

تاکنون در داخل کشور مطالعه‌ای به مدل‌سازی نقش عوامل ناهمگن در نوسانات قیمت سهام، پرداخته است. اما برخی مطالعات تلاش نموده‌اند تا با بکارگیری مدل‌های اقتصادسنجی، در دیگر حوزه‌ها از جمله بازار مسکن، با توجه ویژه به عوامل بنیادی، نوسانات قیمتی را توضیح دهند که در زیر به برخی از این مدل‌ها اشاره می‌کنیم.

مروت و بهرامی (۱۳۹۲)، با ارائه مدلی ساده برای تقاضای سوداگری بخش مسکن، به بررسی نقش انتظارات ناهمگن در شکل‌گیری حباب سوداگرایانه، پرداختند. در این مدل برخی از عوامل دارای تقاضای بی‌ثبات‌کننده یا برون‌یابانه می‌باشند (نمودار گراها) و برخی از آن‌ها دارای تقاضای تثبیت‌کننده یا برگشت به میانگین می‌باشند (بنیاد گراها). نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که حساسیت نسبی تقاضای خریداران با انتظارات مختلف نسبت به تغییر قیمت و سهم نسبی آن‌ها از کل تقاضای سوداگرایانه نقش مهم و معناداری در شکل‌گیری حباب سوداگرایانه در مسکن تهران دارد. از سوی دیگر در این مطالعه، سهم نمودار گراها از کل تقاضای سوداگرایانه در طی دو دهه گذشته بیش از ۹۰٪ گزارش می‌شود.

مشیری و سلامی، مدلی برای شبیه‌سازی عامل محور بازار سهام تهران ارائه داده‌اند. چارچوب اولیه مدل آن‌ها بر پایه کار رابرتو و همکاران (۲۰۰۳) قرار دارد با این تفاوت که برخلاف مدل رابرتو و همکاران، در مدل آن‌ها هیچ تضمینی برای تحقق تمامی سفارشات موجود در قیمت‌های اعلام شده، وجود ندارد. همچنین قیمت به طور مستقیم از طریق ایجاد تلاقی بین منحنی عرضه و تقاضا بدست نمی‌آید بلکه به طور غیرمستقیم، از راه تطبیق سفارشات موجود در فهرست انتظار معامله و میانگین‌گیری از قیمت‌های مبادله شده در هر مبادله، محاسبه می‌شود. در مدل آن‌ها چهار عامل وجود دارد که عبارتند از: تجار تصادفی، نمودار گراها، بنیاد گراها و عوامل آگاه. در هر دوره زمانی هر عامل با احتمال برابر تمایل به معامله نشان می‌دهد و هر یک از ابتدا میزان مساوی وجه نقد و سهم دارد. براساس این تحقیق، ساختار بازار سهام تهران به دو زیر شاخص کلی ساختار عوامل و محیط بازار تقسیم شده است. در هر دوره گروه عوامل با احتمالی برابر که توسط برنامه شبیه‌سازی قابل تغییر و تعیین است، سفارش خود

-
1. Agent Based Simulation
 2. Raberto

مدلی ساده برای توضیح پویایی شاخص کل قیمت بازار سهام تهران □ ۲۴۵

را به بازار ارائه می دهند. تعداد عوامل در مدل آن‌ها، ۱۰۰۰ است. آزمون‌های اولیه نشان می دهد که این مدل به خوبی توانسته است مشخصات آماری موجود در سری زمانی قیمت‌ها و بازدهی‌های بازارهای بین‌المللی و بازار سهام تهران را بازتولید نماید و از آن طریق می‌توان به درک بیشتری از سازوکارهای درونی بازار دست یافت.

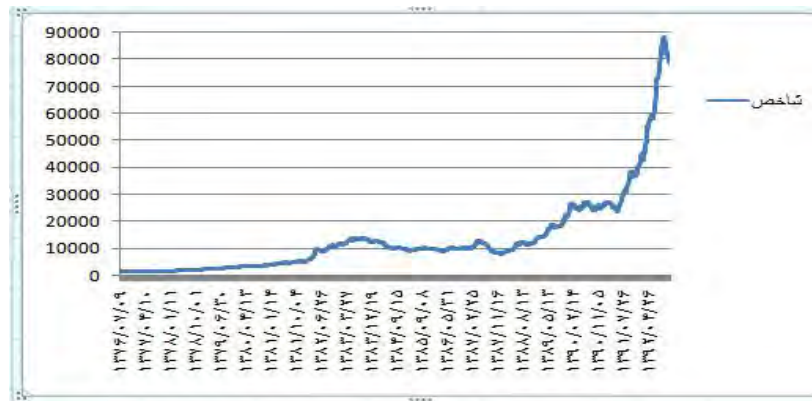
۴. مدل سازی تجربی

در این قسمت نحوه پویایی قیمت در بازار سهام تهران به صورت مصنوعی و با استفاده از مدل نظری، شبیه‌سازی خواهد شد و سپس نتایج و قیمت‌های بدست آمده از مدل شبیه‌سازی شده با قیمت‌های واقعی بازار، مقایسه می‌شوند. جهت انجام آزمون فرضیه‌های پژوهش، پارامترهای مربوط به مدل را تغییر داده و میزان اثرگذاری این تغییرات را از نظر معنی‌داری آماری با استفاده از آماره مناسب، آزمون خواهیم کرد.

۴-۱. مشخصات شاخص کل قیمت بازار سهام تهران

از شاخص کل هفتگی قیمت بازار سهام تهران (TEPIX)^۱ به منظور آزمون نتایج مدل شبیه‌سازی شده استفاده خواهد شد. نمودار ۱، شاخص کل قیمت را به صورت هفتگی از تاریخ ۱۳۷۶/۸/۷ تا تاریخ ۱۳۹۲/۱۲/۱۴، نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌کنید شاخص کل قیمت در این دوره دارای روند صعودی بوده و نوسانات زیادی داشته است. به وضوح می‌توان چندین دوره افزایش و کاهش واحد شاخص را در بازار بورس و اوراق بهادار تهران شناسایی نمود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

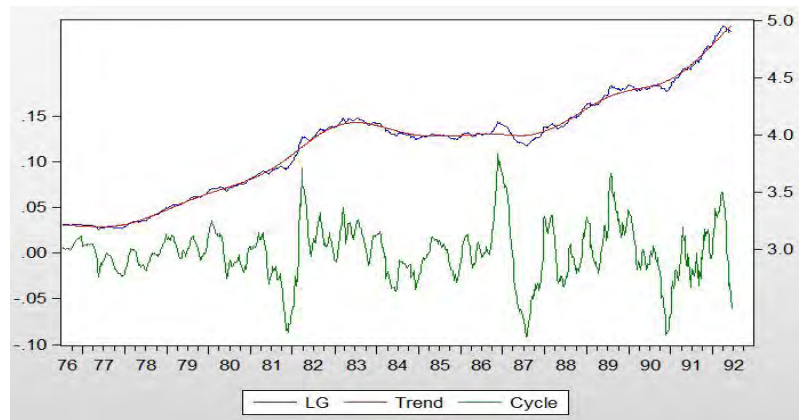


نمودار ۱. تغییرات شاخص کل قیمت بازار سهام تهران ۱۳۷۶-۱۳۹۲

۴-۲. تفکیک روندها از چرخه‌ها

عوامل بنیادی و غیربنیادی مهم‌ترین نقش را در رونق و رکود و نوسانات بازار سهام ایفا می‌کنند. بر مبنای ادبیات نظری، عوامل بنیادی منجر به شکل‌گیری روندهای بلند مدت^۱ و عوامل غیربنیادی منجر به شکل‌گیری چرخه‌های موقتی^۲ در دوره‌های رونق و رکود می‌شوند. بنابراین به منظور بررسی نقش عوامل غیربنیادی (نمودار گراها) در شکل‌گیری حباب باید چرخه‌ها و روندها از یکدیگر تفکیک شوند. روش‌های مختلفی برای تفکیک روندهای بلندمدت و چرخه‌های موقتی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به فیلتر هدریک- پرسکات^۳ (۱۹۸۰)، روش بوریج- نلسون (۱۹۸۱) و روش بلنچارد - کوآ^۴ (۱۹۸۹) اشاره کرد. در این مطالعه از روش هدریک- پرسکات استفاده می‌شود. به منظور تفکیک روندها از چرخه، ابتدا از سری زمانی قیمت شاخص، لگاریتم گرفته شد. نمودار (۲) لگاریتم شاخص کل قیمت به همراه اجزای روندها و چرخه‌ها آن را نشان می‌دهد. در ادامه تلاش می‌شود نحوه پویایی قیمتی شاخص با استفاده از مدل یاد شده در بخش‌های قبلی توضیح داده شود.

1. Long-Term Trends
2. Temporal Cycles
3. Hodrick- Prescott Filter
4. Blanchard- Quah



نمودار ۲. تفکیک روندها و چرخه‌های لگاریتم شاخص کل قیمت بازار سهام تهران

۳-۴. شبیه‌سازی فرایند تولید قیمت شاخص و آزمون فرضیه‌ها

در این قسمت با استفاده از معادله (۶) و شبیه‌سازی ایستای قیمت‌های شاخص تولید می‌شوند. فرایند تولید قیمت‌ها وابستگی زیادی به مقادیر پارامترهای مدل خواهد داشت. مقادیر پارامترهای مدل پایه و بهینه با استفاده از الگوریتم حرکت تجمعی ذرات^۱ (PSO) که یکی از الگوریتم‌های بهینه‌یابی ابتکاری است، استخراج خواهد شد. پارامترها به گونه‌ای تعیین می‌شوند که ضریب نابرابری تیل^۲ که معیاری است برای اندازه‌گیری دقت پیش‌بینی یا شبیه‌سازی یک مدل، حداقل گردد.

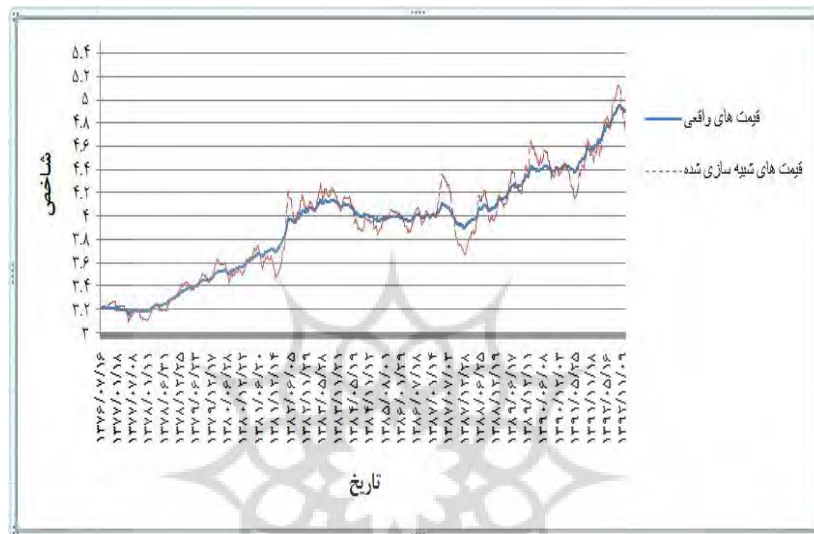
• تعیین مقادیر پارامترهای مدل

مدل سه پارامتر دارد که عبارتند از f ، g و h . در صورتی که از لگاریتم قیمت‌ها برای تعیین این پارامترهای استفاده شود، f کشش قیمتی تقاضای برون‌یابانه (تقاضای نمودارگراها)، g کشش قیمتی تقاضای برگشت به میانگین (تقاضای بنیادگراها) و h سرعت عوامل در ترک رفتار نمودارگرایی یا بنیادگرایی نسبت به تغییرات قیمت را نشان می‌دهد. با استفاده از الگوریتم PSO در بهترین حالت، مقادیر پارامترهای f ، g

1. Particles Swarm Optimization

2. Theil Inequality Coefficient

و h به ترتیب برابر $۰/۱،۵/۲۵$ و ۲۰ می‌باشد. این مدل، در ادامه به عنوان مدل پایه برای آزمون فرضیه‌های مختلف استفاده خواهد شد. نمودار (۳)، قیمت شبیه سازی شده با استفاده از مدل پایه را در مقایسه با قیمت حقیقی نشان می‌دهد. ضریب نبرابری تیل برای این مدل $۰/۰۱۲$ است.

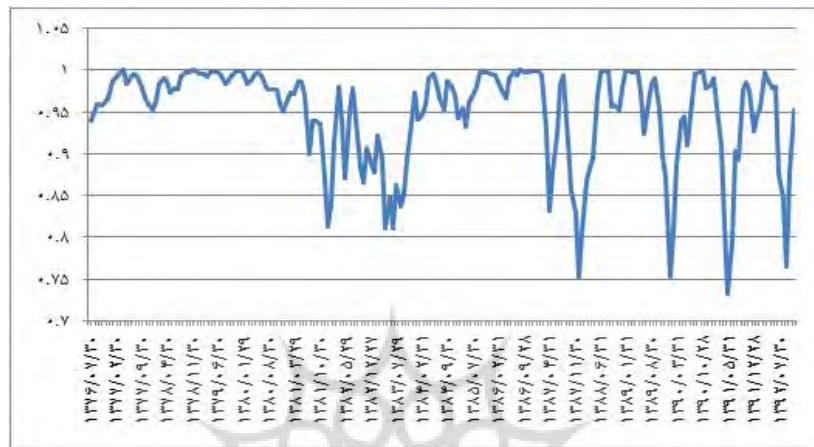


نمودار ۳. قیمت‌های شبیه‌سازی شده با استفاده از مدل پایه ($f = 1.25g = 0.5h = 20$)

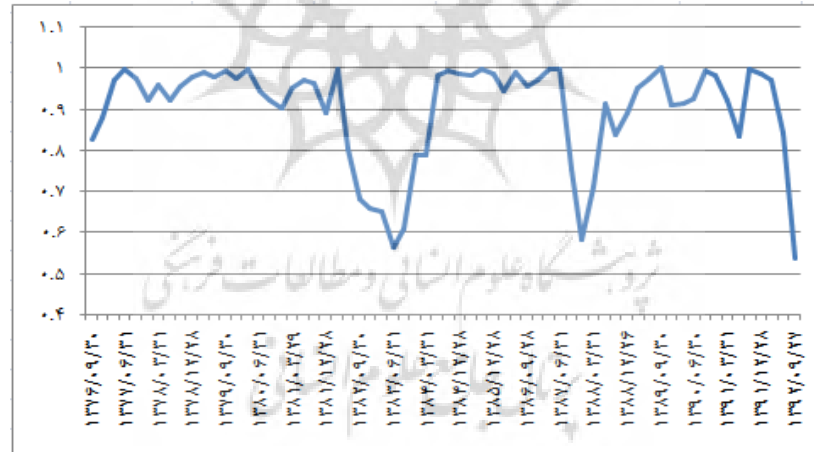
• تفسیر مقادیر پارامترها

مقادیر کشش تقاضای برگشت به میانگین و برون‌یابانه به ترتیب برابر $۰/۵$ و $۱/۲۵$ تعیین گردد. در نتیجه، شدت واکنش نمودار گراها به تغییرات قیمت شاخص کل شدیدتر از بنیادگراها است. به عبارت دیگر اگر قیمت شاخص کل بازار سهام تهران ۱ درصد افزایش یابد تقاضای بنیادگراها $۰/۵$ درصد کاهش و تقاضای نمودارگراها $۱/۲۵$ درصد افزایش خواهد یافت. در نتیجه هنگامی که قیمت نهایی شاخص کل از قیمت بنیادی فاصله می‌گیرد احتمال افزایش این اختلاف به دلیل واکنش بیشتر نمودارگراها در مقایسه با بنیادگراها به تغییرات قیمت افزایش می‌یابد.

افراد تقریباً برای نمودارگرایی و بنیادگرایی مساوی است. این مطلب در نمودارهای ۵ و ۶ به وضوح قابل مشاهده است.



نمودار ۵. انتظارات نمودارگرایی ماهیانه در بازار سهام تهران در دوره ۱۳۹۲-۱۳۹۶

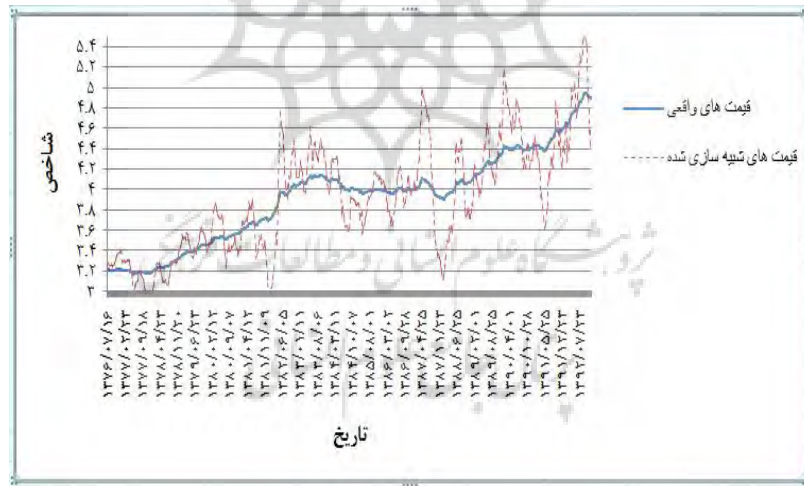


نمودار ۶. انتظارات نمودارگرایی فصلی در بازار سهام تهران در دوره ۱۳۹۲-۱۳۹۶

حال به منظور آزمون معنادار بودن آثار تغییرات هر یک از پارامترها در نوسانات شاخص کل و بنابراین بر قیمت نهایی آن پارامترهای مدل را تغییر داده و قیمت‌های جدید را با مدل پایه از نظر آماری مقایسه می‌کنیم.

۴-۳-۱. بررسی نقش نسبت پارامتر f به g در ایجاد نوسانات

پارامتر f و g به ترتیب شدت واکنش نمودار گراها و بنیادگراها را به تغییرات قیمت نشان می‌دهد. بر اساس این نظریه، هر چه نسبت f به g بزرگتر باشد دامنه نوسانات بیشتر خواهد شد. حال به منظور بررسی معناداری این فرضیه مقدار پارامتر f را که در مدل پایه $1/25$ بود به عدد 10 تغییر می‌دهیم. با اعمال این تغییر مقدار ضریب نابرابری تیل که برای مدل پایه برابر $0/0012$ بود به $0/0080$ افزایش می‌یابد که بیانگر دقت کمتر مدل جدید در تولید قیمت‌های شاخص مشابه قیمت‌های حقیقی است. نمودار مربوط به قیمت شبیه‌سازی شده با مقدار جدید پارامتر f در مقایسه با قیمت‌های واقعی در نمودار (۷) ارائه شده است. همانطور که از نمودار مشخص است با افزایش مقدار پارامتر f دامنه نوسانات افزایش یافته است.



نمودار ۷. قیمت‌های شبیه‌سازی شده ($f=10$ $g=0.5$ $h=20$) در برابر قیمت‌های حقیقی

به منظور آزمون آماری مبنی بر معنادار بودن اثر تغییر پارامتر f بر شکل‌گیری حباب سوداگرانه از آماره دیوبلد- ماریانو^۱ (DM) استفاده شده است.

این آزمون که جهت مقایسه عملکرد پیش‌بینی دو مدل مختلف می‌باشد، آزمونی آماری است که توسط دیبلد و ماریانو (۱۹۹۵)، مطرح شد. این آزمون می‌تواند از معیارهای دقت مختلفی استفاده می‌کند و مخصوصاً نیازی به مربع بودن یا متقارن بودن تابع خطا، ندارد. همچنین در این آزمون جملات خطا می‌توانند غیر گوسی^۲، میانگین غیر صفر، به طور سریالی و همزمان همبسته^۳، باشند.

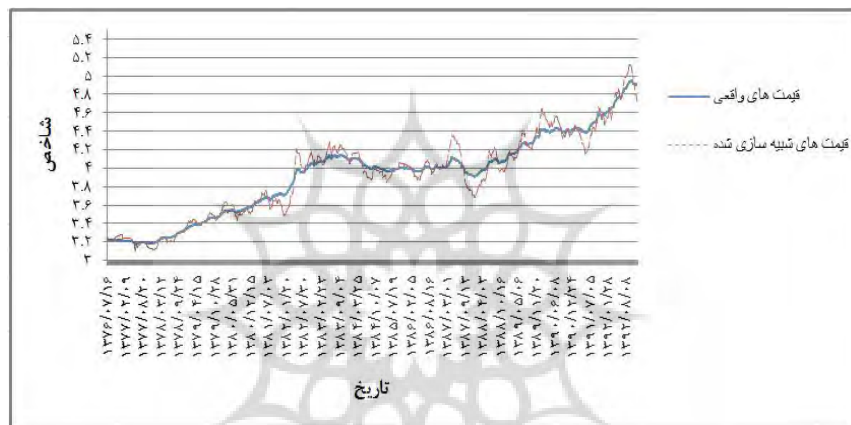
مقدار آماره (DM) محاسبه شده برای مدل جدید در مقایسه با مدل پایه برابر $۴/۸۵$ می‌باشد که در سطح ۱ درصد نیز معنادار می‌باشد. بنابراین نسبت f به g در توضیح پویایی قیمتی شاخص اثر معنادار دارد. البته ذکر این نکته لازم است که نسبت f به g در پویایی قیمتی شاخص اهمیت دارد یعنی به عنوان مثال اگر این دو پارامتر با هم n برابر شوند اثر معناداری بر پویایی آن ندارد.

۴-۳-۲. بررسی نقش پارامتر h در توضیح نوسانات بازار سهام تهران - مقایسه شدت تعاملات عوامل

پارامتر h تعیین‌کننده سرعت عوامل در ترک رفتار نمودارگرایی یا بنیادگرایی است. اگر مقدار این پارامتر به صفر میل کند تأثیر نسبی رفتار نمودارگرایی یا برون‌یابی به یک میل نموده و تأثیر نسبی رفتار بنیادگرایی یا تثبیت‌کننده به صفر میل خواهد نمود و اگر مقدار این پارامتر به بی‌نهایت میل کند تأثیر نسبی رفتار بنیادگرایی به یک میل نموده و تأثیر نسبی رفتار نمودارگرایی به صفر میل خواهد نمود. بنابراین بر اساس این نظریه، هر چه مقدار این پارامتر کوچک‌تر باشد دامنه نوسانات بیشتر خواهد شد. حال به منظور بررسی معناداری این فرضیه مقدار پارامتر h را که در مدل پایه برابر ۲۰ یک بود به عدد ۱۰۰ تغییر

-
1. Diebold-Mariano
 2. Loss Function
 3. Non-Gaussian
 4. Serially and Contemporaneously Correlated

می‌دهیم. با اعمال این تغییر مقدار ضریب نابرابری تیل که برای مدل پایه برابر $0/012$ بود به $0/035$ افزایش می‌یابد که بیانگر دقت کمتر مدل جدید در تولید قیمت‌های شاخص مشابه قیمت‌های حقیقی است. نمودار مربوط به قیمت شبیه‌سازی شده با مقدار جدید پارامتر h در مقایسه با قیمت‌های واقعی در نمودار (۸) ارایه شده است. همانطور که نمودار نشان می‌دهد با افزایش مقدار h به علت کاهش سهم نمودار گراها دامنه نوسانات کاهش می‌یابد.



نمودار ۸ قیمت‌های شبیه‌سازی شده ($f = 1/25g = 0/5h = 100$) در برابر قیمت‌های حقیقی

مقدار آماره (DM) محاسبه شده برای مدل جدید در مقایسه با مدل پایه برابر $4/82$ می‌باشد که در سطح 5% معنادار می‌باشد. بنابراین مقدار h و در نتیجه تأثیر نسبی نمودار گراها و بنیاد گراها بر تقاضای کل در توضیح نوسانات بازار سهام تهران اثر معنادار داشته و می‌توان گفت شدت اثر رفتار نمودار گرایی بر روی نوسانات شاخص و قیمت نهایی آن در سطح اطمینان 5% بیشتر از شدت اثر بنیاد گرایی است و افزایش انتظارات برون‌یابانه بر کل تقاضا در پویایی قیمتی شاخص کل قیمت در بازار سهام تهران موثر است.

۵. نتیجه‌گیری

در این تحقیق تلاش شد تا با استفاده از یک مدل ساده و رهیافت مدل‌سازی محاسباتی عامل‌محور، نحوه اثر‌گذاری تقاضا و تعاملات دو گونه از عوامل مهم در بازار سهام تهران یعنی نمودارگرها و بنیادگرها، بر روی نوسانات و قیمت نهایی شاخص هفتگی کل قیمت بازار سهام تهران، مدل‌سازی گردد. بدین منظور تقاضای کل به دو گروه تقاضای بنیادگرها (تقاضای تثبیت‌کننده) و تقاضای نمودارگرها (تقاضای بی‌ثبات‌کننده) تقسیم شده و نقش این نوع تقاضاها در شکل‌گیری پویایی قیمتی شاخص کل بررسی شد.

یافته‌های تحقیق نشان دادند که علت اصلی نوسانات زیاد شاخص کل قیمت در بازار سهام تهران در دو دهه اخیر عبارت‌اند از: نخست کشش قیمتی بالای تقاضای نمودارگرها (تقاضای بی‌ثبات‌کننده) و دوم، تأثیر نسبی بالای نمودارگرها بر تقاضای کل در مقایسه با بنیادگرها یا می‌توان گفت انتظارات بالای نمودارگرایی در مقایسه با بنیادگرایی. نتایج این پژوهش نشان داد که تأثیر نسبی نمودارگرها که تقاضای بی‌ثبات‌کننده دارند بر تقاضای کل هفتگی یا انتظارات نمودارگرایی هفتگی بیش از ۸۰ درصد بوده است. به عبارت دیگر بیش از ۸۰ درصد تقاضاکنندگان هفتگی در بازار سهام تهران دارای انتظارات برون‌یابانه یا بی‌ثبات‌کننده (نمودارگرایی) بوده‌اند که منجر به شکل‌گیری نوسانات شدید در این بازار شده است. از سوی دیگر معناداری آماری اثر‌گذاری نسبت کشش قیمتی تقاضای نمودارگرها نسبت به تقاضای بنیادگرها و تأثیر نسبی نمودارگرها نسبت به بنیادگرها با استفاده از آماره دیلید - ماریانو رد نشد. از طرفی دیدیم با افزایش افق زمانی از هفتگی به سمت ماهیانه و فصلی انتظارات نمودارگرایی و بنیادگرایی به تعادل می‌گراید که این موضوع نشان‌دهنده سازگاری مدل می‌باشد زیرا در بلندمدت تقریباً همه عوامل مقادیر بنیادی را دنبال می‌کنند.

بطور خلاصه نتایج این تحقیق نشان داد ناهمگنی انتظارات معامله‌گران و سهم بالای نمودارگرها (کسانیکه تقاضای برون‌یابانه (سوداگرانه) دارند) از کل تقاضای بازار سهام تهران از علل اصلی نوسانات شدید قیمت سهام و شکل‌گیری حباب در این بازار می‌باشد

لذا توصیه می شود: اول، ناظران و سیاستگذاران بازار در جهت حرکت به سمت شفافیت و کارایی بازار، فعالیت عوامل نمودارگرا را در این بازار کنترل کرده، محدود کنند. دوم، دولت نیز در جهت شفافیت اطلاعاتی و ایجاد قوانینی برای بیان شفاف و سریع اطلاعات توسط شرکت‌های بورسی، گام بردارد. در حقیقت از علل نوسانات شدید بازار و در نتیجه ناکارایی بازار می توان به عدم تقارن اطلاعاتی اشاره کرد که باید با تصویب قوانین محکم در افشای اطلاعات در جهت کارایی بازار حرکت کرد. سوم، بی ثباتی کل اقتصاد نیز باعث افزایش ناهمگنی انتظارات عوامل بازار شده، سهم انتظارات برون یابانه را افزایش می دهد لذا با سیاستهای کلان اقتصادی نیز باید در جهت تثبیت اقتصادی گام برداشت.



منابع و مآخذ

- بهرامی، ج؛ مروت، ح؛ (۱۳۹۲)؛ مدل‌سازی رونق و رکود بازار مسکن تهران با در نظر گرفتن پویایی‌های اجتماعی، فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، سال بیست و یکم-شماره ۶۶، صفحات ۱۶۸-۱۴۳
- رحیمی فر، س م؛ (۱۳۹۲)؛ ارائه مدل پویای بازار مالی با عقاید ناهمگن و اطمینان وابسته به حالات، پایان‌نامه کارشناسی ارشد- دانشگاه علوم اقتصادی.
- عاشری، م (۱۳۸۸). تبیین حباب قیمتی مسکن تهران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه بوعلی‌سینای همدان.
- مروت، ح؛ بهرامی، ج؛ (۱۳۹۲)؛ یک مدل ساده برای حباب سوداگرانه بازار مسکن تهران، فصلنامه مدل‌سازی اقتصادی، سال هفتم-شماره ۱ (پیاپی ۲۱)، صفحات ۶۸-۵۱.
- مشیری، س؛ سلامی، ام؛ شبیه‌سازی بازار سهام با توجه به ویژگی‌های ساختاری بازار سهام تهران؛ پژوهشنامه اقتصادی؛ ۲۰۳-۱۶۷.
- Alfarano, S., Lux, T., Wagner, F., (2008), *Time-variation of higher moments in financial markets with heterogeneous agents: an analytical approach*, *Journal of Economic Dynamics & Control* 32, 101–136.
- Barberis, N., R, Thaler (2003), “A Survey of Behavioral Finance”, *Handbook of the Economics of Finance*, Elsevier . co.
- Burnside, C., Eichenbaum, M., & Rebelo, S. (2011). *Understanding booms and busts in housing markets*, *NBER Working Paper*, No. 16734.
- Caldarelli G., Marsili M. and Zhang Y.-C. (1997) *A Prototype Model of Stock Exchange.*, in: ***Europhysics Letters***, Vol. 40, No. 5,; 479- 484
- Dieci, R., & Westerhoff, F. (2012). *A simple model of a speculative housing market*. *Journal of Evolutionary Economics*, 22: 303–329.
- Hodrick, R., & Prescott E.C. (1980). *Post-war U.S. business cycles: An empirical investigation*. *Discussion Paper at Northwestern University and Carnegie-Mellon University*.
- Hommes, H.C (2006). *Heterogeneous agent models in economics and finance*. *Handbook of computational economics, Volume 2*. Edited by Leigh Tesfatsion and Kenneth L. Judd, Elsevier B.V.
- Kirman, A. (1993). *Ants, rationality, and recruitment*. *Quarterly Journal Economics*, 108:137–156
- LeBaron, B. (2006). *Agent-based computational finance*. In: *Tesfatsion L, Judd K (Eds) Handbook of computational economics: Agent-based computational economics, vol 2*. North-Holland, Amsterdam: 1187–1233.
- Lux, T., (1998), *The socio-economic dynamics of speculative markets: interacting agents, chaos, and the fat tails of return distributions*, *Journal of Economic Behavior and Organization* 33, 143–165.

- Shiller, Robert. J., (1989), *Market Volatility*, MIT Press, Cambridge, MA.
- Topol, R., (1991), *Bubbles and volatility of stock prices: effect of mimetic contagion*, *Economic Journal* 101, 786–800.
- Xiong, W. (2013), "Bubbles, Crises, and Heterogeneous Beliefs," in *Handbook on Systemic Risk*, ed. by J.-P. Fouque, and J. Langsam. Cambridge University Press.
- Weidlich, W., Haag, G., (1983), *Concepts and Methods of a Quantitative Sociology*, Springer, Berlin.

