Securities & Exchange Organization, Research, Development & Islamic Studies (RDIS)
Journal of Securities and Exchange, Spring 2023, V. 16, No.61, pp. 303-330

Modeling the Effects of the Behavioral Biases of Investors in Tehran Stock Exchange in Heterogeneous Agent Model and Its Optimization[1]

Esmaeel Keshtkar Tiola[2], MohammadHassan Gholizadeh[3], Reza Aghajan Nashtaei[4]

Received: 2022/07/09
Accepted: 2022/12/14

Research Paper

Abstract

The study of the effects of different strategies and beliefs of investors on stock prices has always been considered by researchers and market participants. The purpose of this article is Modeling the effects of behavioral biases of investors in Tehran Stock Exchange in heterogeneous agent model and the Optimization of using PSO Algorithm.To do the research first we determine the crices point and the crash of stock exchange based on the trend of index changes, the market value and trades value. The fundamental price and the market price, 40 days before and after the crisis was determined. I also used PSO Algorithm to optimize the output data in simulated process and at the end comparing the simulated price with the real market data I analyzed the model ability to explain the investor's behavior at the crisis. The results of the research showed that the negative market sentiment act as the most important Behavioral agent to explain the stock price behavior at Tehran Stock market crash.

Key Words: Heterogeneous Agent Model, PSO Algorithm, Over Confidence, Market Sentiment, Simulation
JEL Classification: G4.

---

1. DOI: 10.22034/JSE.2022.11915.1943

2. Ph.D. Student, Department of Management, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran. (keshtkar2017@yahoo.com).
3. Associate Professor, Department of Management, Guilan University, Rasht, Iran. (Corresponding Author). (gholizadeh@guilan.ac.ir).
4. Assistant Professor, Department of Business Management, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran. (rnashtaei@gmail.com).

سازمان بورس و اوراق بهادار، مرکز پژوهش، توسعه و مطالعات اسلامی

فصلنامه بورس اوراق بهادار، سال شانزدهم، شماره ۶۱، بهار ۱۴۰۲، صص ۳۳۰-۳۰۳

مدلسازی اثرات تورش‌های رفتاری سرمایه‌گذاران بورس اوراق بهادار تهران بر قیمت سهام در چارچوب مدل عامل ناهمگن و بهینه سازی آن[۱]

اسماعیل کشت کار طیولا[۲]، محمد حسن قلیزاده[۳]، رضا آقاجان نشتایی[۴]

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۲۳

چکیده

بررسی اثرات استراتژی‌ها و باورهای مختلف سرمایه‌گذاران بر قیمت سهام، همواره مورد توجه پژوهشگران و فعالان بازار بوده است. هدف این مقاله مدلسازی اثرات تورش‌های رفتاری سرمایه‌گذاران بورس اوراق بهادار تهران در چارچوب مدل عامل ناهمگن و بهینه سازی آنها با استفاده از الگوریتم pso است. برای انجام پژوهش ابتدا نقطه بحران و سقوط بازار سهام براساس روند تغییرات شاخص، ارزش بازار و ارزش معاملات مشخص شد و قیمت‌های بنیادی و قیمت‌های بازار، ۴۰ روز قبل و ۴۰ روز بعد از رویداد مشخص شد. سپس، تورش‌های رفتاری اعتماد بیش از حد، رفتار گله‌ای و احساسات بازار وارد مدل شده و شبیه‌سازی قیمت سهام در مقطع بحران در چارچوب مدل عامل ناهمگن بروک و هومز صورت گرفت. همچنین از الگوریتم PSO برای بهینه سازی داده‌های تولید شده در فرایند شبیه‌سازی استفاده شد و در نهایت با مقایسه قیمت‌های شبیه‌سازی شده با قیمت‌های واقعی بازار، توانایی مدل در توضیح رفتار سرمایه‌گذاران در مقطع بحران مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. نتایج پژوهش نشان داد که احساسات منفی بازار به عنوان مهمترین عامل رفتاری در توضیح رفتار قیمت سهام در هنگام سقوط بورس اوراق بهادار تهران عمل می کند.

واژه های کلیدی: مدل عامل ناهمگن، الگوریتم ، اعتماد بیش از حد، احساسات بازار، شبیه‌سازی.

طبقه بندی موضوعی: G4.

---

۱. DOI: 10.22034/JSE.2022.11915.1943

۲. دانشجوی دکتری، گروه مدیریت، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران. (keshtkar2017@yahoo.com).

۳. دانشیار، گروه مدیریت، دانشگاه گیلان، رشت، ایران. (نویسنده مسئول). (gholizadeh@guilan.ac.ir).

۴. استادیار، گروه مدیریت بازرگانی، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران. (rnashtaei@gmail.com).

مقدمه

یکی از مباحث مهم در مدیریت مالی، قیمت‌گذاری دارایی‌ها است از جمله مهمترین مدل‌های قیمت‌گذاری می‌توان به مدل‌هایی نظیر مدل قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای، مدل قیمت‌گذاری آربیتراژ اشاره کرد مدل‌های یادشده بیشتر بر اساس فرضیه‌های اساسی مانند عقلانیت کامل و انتظارات همگن عوامل بنا نهاده شده‌اند، در مقابل مدل‌های رفتاری با نقض این فرضیه‌ها به ارایه مدل‌های جدید قیمت‌گذاری دارایی‌ها پرداخته‌اند. از جمله این مدل‌ها، مدل‌های عوامل ناهمگن در قیمت‌گذاری دارایی‌ها است (بروک و هومز[1]، ۲۰۰۳).

طی دهه های اخیر در بورس‌های مختلف دنیا پدیده‌هایی استوار بر ناکارایی بازار، مشاهده شده است. پدیده‌هایی چون نوسانات شدید در قیمت، حباب و سقوط بازار سهام همگی نشان دهنده ناکارایی بازار و نبود تناسب بین قیمت و متغیرهای بنیادی‌اند که با عنوان بی قاعده گی بازارهای مالی شناخته می‌شوند (گل ارضی ، ضیاچی، ۱۳،۱۳۹۳). همچنین فاما، کانمن، تیورسکی و اسمیت مقالاتی را در دهه هشتاد انتشار دادند که انحرافات متعدد قیمت‌گذاری در بازارهای مالی را نشان می‌داد(تلنگی،۵،۱۳۸۳) . پژوهشگران در توضیح این بی قاعدگی ها بیان کردند که برخی پدیده‌های مالی را می‌توان با بکارگیری مدل‌هایی که در آن ها برخی فعالان موجود در اقتصاد کاملا عقلائی نیستند بهتر توضیح داد. در حقیقت یکی از مباحث مهمی که پژوهشگران حوزه مالی رفتاری را به خود جلب کرده است، مدلسازی اثر تورش‌های رفتاری است، به طوریکه بتواند پویایی قیمت بازار سهام را توضیح دهد.

در پژوهش‌های دانشگاهی، فرضیه بازار کارا[2] با یک رویکرد واقعی‌تر جایگزین شده است. به جرأت می‌توان گفت که هیچکس نمی‌تواند ادعا کند که همه افراد شبیه هم هستند و همه اطلاعات در دسترس را در اختیار دارد. در حقیقت ما در بازار با عامل‌های ناهمگن[3] هستیم. مفهوم کلی عامل را می‌توان از اصطلاح عقلانیت محدود[4] هربرت سایمون برداشت کرد، عقلانیت محدود به این معناست که عامل‌ها تنها می‌توانند بخش محدودی از اطلاعات را استفاده کنند (هربرت سیمون[5]، ۱۹۹۶). به عبارتی آنها نمی‌توانند در مدت زمان نامحدود به بررسی گزینه‌ها پرداخته و تصمیم‌گیری کنند و این موضوع در تضاد کامل با فرضیه‌های پارادایم سنتی

1. brook & hooms
2. Efficient market hypothesis
3. Heterogeneous Agent
4. Bounded Rationality
5. herbert symon

مانند اقتصاد نئوکلاسیک قرار دارد که بر اساس آنها تصمیم گیران برای استفاده از اطلاعات نامحدود برای تصمیم گیری، زمان نامحدود دارند(وکیلی فرد،خوشنود،افروغ نژاد، ۱۳۹۳، ۵). یکی از مهمترین پژوهش‌هایی که در سال ۲۰۱۳ انجام شده و با پژوهش حاضر مرتبط است مقاله کوکاکا و بارونیک[1] بوده است، این دو پژوهشگر یک مدل قیمت گذاری ارایه کرده‌اند که در چارچوب مدل سازی عامل محور و مالی رفتاری تعدادی از تورش‌های رفتاری را در بازار اوراق بهادار با معامله گران دارای انتظارات ناهمگن مورد بررسی قرار داده‌اند. پرسش اصلی آنها این بود که آیا در زمانهای نزول بازار (شاخص داوجونز) سرمایه گذارانی که انتظارات ناهمگن[2] دارند دچار تورش‌های اعتماد بیش از حد، رفتارگله‌ای و احساسات بازار می‌شوند یا خیر؟ یکی از اهداف مهم پژوهش کوکاکا و بارونیک ترکیب یافته های مربوط به مالی رفتاری با مدل سازی عوامل ناهمگن در چارچوب مدل بروک و هومز بوده است، در این پژوهش الگوهای رفتاری در یک مدل قیمت گذاری که دارای نقاط شکست هستند، وارد می‌شوند تا اثر آنها به صورت مستقیم مورد بررسی قرار گیرد به این معنا که مدل به صورت پویا تغییرات پیرامون مقطع سقوط بازار سهام را مورد ارزیابی قرار می‌دهد.

هدف این مقاله مدلسازی تورش‌های رفتاری سرمایه گذاران بورس اوراق بهادار تهران در چارچوب مدلهای عامل ناهمگن است، بر این اساس پرسش اصلی پژوهش این است که آیا می‌توان تورش‌های رفتاری سرمایه‌گذاران در زمان سقوط بازار سهام را درچارچوب مدل عامل ناهمگن شبیه‌سازی کرد، به طوریکه بتواند بازار واقعی را برآورد کند. در حقیقت هدف پژوهش، اتصال یافته‌های مالی رفتاری با انتظارات ناهمگن در یک چارچوب قیمت‌گذاری دارایی به منظور مطالعه پویایی قیمت‌های ناشی از آن است. این پژوهش تلاش دارد به کمک مدل HAM ، پویایی و تغییرات قیمتی ناشی از تورش‌های رفتاری را توضیح دهد. بحران های مالی[3] و سقوط بازار سهام می‌تواند به عنوان دوره های زمانی در نظر گرفته می‌شود که در آن عقلانیت سرمایه‌گذاران محدود می‌شود و تورش‌های رفتاری پدیدار می‌شوند. در ادامه مقاله، مبانی نظری و تجربی پژوهش بیان می‌شود و به کمک آن روش پژوهش تدوین می‌شود. در بخش بعدی، یافته‌های پژوهش ارائه می‌شود و در نهایت، نتیجه گیری و بحث پژوهش بیان شده است.

---

1. Kukacka **&** Barunik
2. Heterogeneous Expectations
3. financial crisis

مبانی نظری

مبانی پژوهش حاضر براساس دو محور مالی رفتاری و مدل‌های عامل ناهمگن بنا شده است. به طوریکه از اتصال یافته‌های مالی رفتاری در چارچوب مدل‌های عامل ناهمگن می‌توان پویایی قیمت سهام را مورد بررسی قرار داد.

۱- مالی رفتاری

به طور کلی می‌توان گفت مالی رفتاری، ترکیبی از اقتصاد کلاسیک و مالی با روانشناسی و تصمیم گیری است که به دنبال توضیح وتشریح پدیده‌های غیرعادی مشاهده شده در حوزه مالی است(راعی،فلاح پور،۹،۱۳۸۳). دیدگاه رکیک نظریه های اقتصاد مالی کلاسیک بر اساس فرضیه بازار کارا، عقلانیت کامل عوامل در استفاده از اطلاعات و تصمیم‌گیری‌های استوار بر بیشینه‌سازی مطلوبیت مورد انتظار بنا شده‌اند. که این فرضیه‌ها نقش مهمی در عوامل تعیین کننده قیمت دارایی، نگرش به ریسک و مدیریت مالی در اقتصاد کلاسیک ایفا می‌کنند(رکیک[1]،۲۰۱۴).

مالی رفتاری می‌تواند به عنوان پاسخی به مفروضات بی نهایت غیرواقعی فرضیه بازار کارا نگریسته شود. درست مانند مدل‌های عامل ناهمگن، مالی رفتاری استوار بر عقلانیت محدود است و بیان می‌کند که برخی پدیده‌های مشاهده شده در دنیای مالی می‌تواند با استفاده از مدل‌هایی با عواملی که کاملا منطقی نیستند، بهتر توضیح داده شود. مالی رفتاری به کاربرد روانشناسی در مباحث مالی می‌پردازد و با بررسی رفتار سرمایه‌گذاران تاثیرات این رفتارها را بر بازارهای مالی مورد بررسی قرار می‌دهد. این حوزه در دهه‌های اخیر در پاسخ به کاستی‌های نظریه مدرن مالی در توضیح رفتارهای مشاهده شده در سرمایه‌گذاران و بازارهای مالی پدید آمده است.

۲- مدل‌های عامل ناهمگن

مدلسازی مبتنی بر عامل در بسیاری از محیط های اقتصادی به کارگرفته شده است. اما بازارهای مالی بـه علـت ویژگـی پویایی قیمت، ویژگی ناهمگنی عامل‌ها و رفتارهای گوناگون سرمایه‌گذاری عامل‌ها، بیشـتر مـورد توجـه بـوده اسـت.

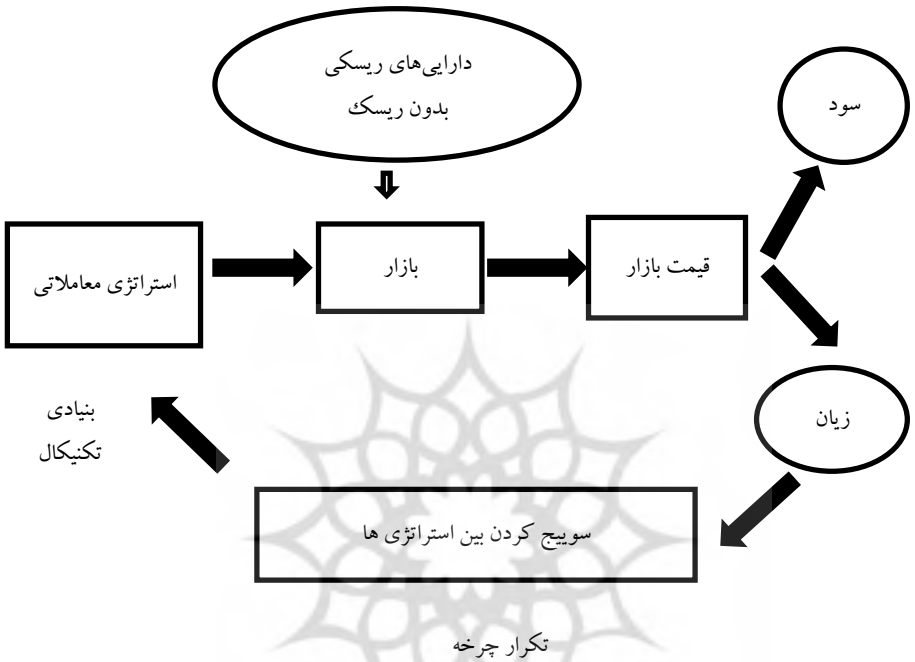
1. Rakik

مدل‌سازی عامل محور یک دیدگاه عاملی و یک رویکرد شبیه‌سازی[1] است که ارتباط بسیاری با سایر حوزه ها همچون علوم پیچیدگی، علوم سیستمی، پویایی‌های سیستم، علم رایانه، شاخه های مختلف علوم اجتماعی و غیره دارد(مکال و نورس[2]،۲۰۰۵). مدل‌سازی استوار بر عامل یک روش جدید محاسباتی برای سیستمهای پیچیده است که سعی در مدل‌سازی نزدیک به واقعیت افراد را دارد.این مدل‌سازی در سطح فرد انجام می‌شود و با در نظر گرفتن تعاملات میان افراد، امکان بررسی نتایج در سطح سیستم را فراهم می آورد(گیلبرت[3]،۲۰۰۸). هدف مدل‌سازی عامل محور[4]، بررسی و شبیه‌سازی فرایندهای پویایی است که توسط عوامل خودمختار، تصمیم گیرنده و مستقل انجام می‌گیرد. مدل‌سازی عامل محور در حقیقت مدل‌سازی مجموعه ای ازعوامل مستقل و ناهمگون است که به طور گسترده با هم در ارتباط هستند.از دیدگاه تاریخی عامل‌ها و سیستم های چند عاملی از هوش مصنوعی سرچشمه گرفته‌اند. در واقع یک عامل جدای از قواعد و رفتارهایی که از خود بروز می‌دهد، تعامل بسیار قوی با دیگر عامل‌ها و همچنین با محیط برقرار می‌کند. عامل‌ها در یک بازار مالی[5] شامل سرمایه‌گذاران، بازارسازها، نهاد ناظر، سوداگران و... است.

یکی از مهمترین مدل عوامل ناهمگن توسط بروک وهومز در سال ۱۹۹۸ارائه شده و در سال ۲۰۰۶توسعه یافته است. در مدل بروک و هومز انتقال عوامل بین گروه های متفاوت برا ساس مدل لاجیت چند جمله ای انجام می‌شود عقلانیت محدود عامل‌ها در انتخاب تکاملی انتظارات نقش بزرگی ایفا می‌کند از مهمترین مزایای مدل بروک و هومز اینست که سیستم اعتقادات انطباقی بروک و هومز با داده‌های واقعی دربازارهای مالی بیشتر تطبیق دارد. همچنین در این مدل وزنی که به یک راهبرد داده می‌شود، براساس عملکرد گذشته آن است اما در سایر مدلهای یاد شده اندازه گروه است که در انتخاب عامل‌ها تاثیر دارد (چیارلا[6]،۲۰۰۳). پژوهش حاضر بر مبنای چارچوب اولیه مدل بروک و هومز(۱۹۹۸) و اصلاحات بعدی آن در سال ۲۰۰۶ است که در سالهای اخیر بر این چارچوب مدل عامل ناهمگن(HAM) توسعه های زیادی انجام شده است. چارچوب مدل عامل ناهمگن بروک و هومز یک سیستم اعتقادات انطباقی(ABS)

1. Simulation
2. Macal & North
3. Gilbert
4. Agent-based model
5. Financial market
6. Chiarella

بازار مالی است که انتخاب تکاملی و انتظارات ناهمگن مهمترین ویژگی‌های آن است. در مدل قیمت‌گذاری اولیه، یک دارایی ریسکی و یک دارایی بدون ریسک وجود داشته که سطح ثروت را بصورت پویا نشان می‌دهد. بروک و هومز در مدل اولیه خود در پاسخ به این پرسش که یک مدل عامل ناهمگن چگونه کار می‌کند، شکل زیر را ارائه دادند.



شکل ۱. ساختار مدل عامل ناهمگن بروک و هومز

منبع: (کوکاکا و پارونیک،۲۰۱۳)

در این مدل، افراد با استراتژی‌های مختلف وارد بازار شده و بر روی انواع دارایی‌های ریسکی و غیر ریسکی سرمایه‌گذاری می‌کنند. از برآیند سرمایه‌گذاری افراد با استراتژی های مختلف در بازار، قیمت اوراق بهادار کشف می‌شود. افراد سرمایه‌گذار با توجه به قیمت کشف شده و سود وزیان حاصل از آن، اقدام به تغییر استراتژی برای انتخاب بهترین استراتژی با بازدهی بالاتر می‌کنند و این چرخه ادامه می یابد.

پیشینه پژوهش

در سالهای اخیر مدل‌سازی مبتنی بر عامل در بازار های مالی گسترش زیادی پیدا کرده و در کنار پارادایم مالی کلاسیک و رفتاری، بخش زیادی از پژوهش ها را به خود اختصاص داده است. در سال ۱۳۹۷ راکی و همکاران جهت مدل‌سازی تورش‌های رفتاری در چارچوب مدل‌های عامل ناهمگن پژوهشی با عنوان مدلسازی اثر تورش رفتاری زیان گریزی بر پویایی‌های قیمت و بازدهی بازار سهام انجام دادند، در این پژوهش بر اهمیت استفاده از روش عامل محور در مالی رفتاری، از این جهت که می‌تواند رابطه ای بین رفتار سرمایه‌گذار و پویایی های بازار مالی برقرار سازد، تأکید شده است. با شبیه‌سازی یک بازار سهام مصنوعی شامل دو گروه سرمایه‌گذاران بنیادی و غیربنیادی نشان داده شد که با یک مدل عامل محور که تورش‌های رفتاری و ویژگی‌های روانشناختی معامله‌گران را در فرآیند تصمیم‌گیری تحت ریسک و نااطمینانی در نظر می‌گیرد، می‌توان مدل‌هایی برای قیمت‌گذاری دارایی‌ها استخراج کرد که استوار بر روانشناسی سرمایه‌گذاران باشد.

در سال ۲۰۰۶ دی گرو گریمالدی بیان می‌کند که مدل کارایی بازار با انتظارات سنتی به طور عملی شکست خورده است.آنها همچنین اضافه کردند که مدلهای با انتظارات سنتی نیاز به عامل‌هایی دارد که کامل و بی نقص باشند. در سال ۲۰۰۶ هومز یک پارادایم مهمی را مطرح می‌کند که در واقع انتقال از یک رویکرد با عوامل منطقی به یک رویکرد استوار بر عوامل رفتاری است. برای انعکاس این رویکرد در اینجا از مدل‌های مبتنی بر عامل یعنی مدل عامل ناهمگن[1] (HAM) استفاده می‌شود. باور همه مدل‌های عامل ناهمگن در واقع ترک کاملا منطقی بودن عوامل است. به عبارتی عامل‌ها غیرمنطقی نیستند بلکه دارای منطق محدود شده هستند(سیمون[2]،۱۹۵۵). در این مدل‌ها، عامل‌ها دارای انتظارات ناهمگن هستند به عبارتی انتظاراتشان از قیمت‌های آتی متفاوت است. همچنین در مدل‌های (HAM) از قوانین ساده برای پیش بینی قیمت‌های بازار استفاده می‌کنند. دقت این تصمیم‌گیری‌ها با تجزیه و تحلیل سودآوری مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و براساس آن، عامل‌ها با توجه به میزان سودآوری میان چندین استراتژی معاملاتی سوییچ می‌کنند.

---

1. Heterogeneous Agent Model
2. Simon

پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد، روانشناسی نقش مهمی را در بازارهای مالی ایفا می‌کند. هر دو رویکرد مدل‌های عامل ناهمگن و مالی رفتاری مکمل یکدیگر هستند بطوریکه HAM می‌تواند به عنوان یک ابزار تئوریکی برای تایید مالی رفتاری عمل کند. لیبرمن در سال ۲۰۰۵ بیان می‌کند که فن آوریهای مبتنی بر عامل برای آزمون تئوریهای رفتاری مناسب هستند. در پژوهش‌های گوناگون، تورش‌های رفتاری مختلفی را در چارچوب مدل‌های عامل ناهمگن مورد بررسی قرار داده اند.

باربری و تالر[1] در سال ۲۰۰۳ به اعتماد بیش از حد اشاره می‌کنند. دی گریمالدی[2] در سال ۲۰۰۷ احساسات بازار را پیشنهاد می‌کند و چیارلا[3]در سال ۲۰۰۳ بر رفتار گله‌ای تاکید می‌کند. یکی از مهمترین پژوهش‌هایی که در سال ۲۰۱۳ انجام شده، مقاله کوکاکا و بارونیک بوده است. این دو پژوهشگر یک مدل قیمت گذاری ارایه کرده‌اند که در چارچوب مدل سازی عامل محور و مالی رفتاری تعدادی از تورش‌های رفتاری را در بازار اوراق بهادار با معامله گران دارای انتظارات ناهمگن مورد بررسی قرار داده اند در این پژوهش تورش‌های رفتاری در یک مدل قیمت‌گذاری که دارای نقاط شکست هستند، وارد شدند تا اثر آنها به صورت مستقیم مورد بررسی قرار گیرد به این معنا که مدل به صورت پویا تغییرات قیمتی پیرامون نقطه سقوط بازار سهام را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. نتایج پژوهش کوکاکا و بارونیک نشان داد که تورش‌های رفتاری از طریق چارچوب مدل‌های عامل ناهمگن و از طریق توسعه مدلهای اولیه می توانند به خوبی مدل سازی شوند.

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نظر نتایج پژوهش کاربردی است. همچنین از نظر هدف توصیفی واز نظر فرآیند اجرای پژوهش کمی و از نظر زمانی طولی است. برای ارزیابی نتایج شبیه سازی از روش تحلیل محتوا استفاده شده است.

جامعه آماری ما شرکتهای بورس اوراق بهادار تهران بوده است بطوریکه در مقطع بحران دچار وقفه معاملاتی نباشد. بر این اساس با استفاده از سایت رسمی بورس اوراق بهادار تهران و

1. Barberis, & Thaler
2. Grimaldi
3. Chiarella

انجام محاسبات، قیمت روزانه بازار سهام و قیمت بنیادی سهام شرکتها را ۴۰ روز کاری قبل و ۴۰ روز کاری بعد از نقطه بحران بدست آورده‌ایم.

۱- مدل پژوهش

در مدل عامل ناهمگن بروک و هومز، عقلانیت محدود عامل‌ها در انتخاب تکاملی انتظارات نقش بزرگی ایفا می‌کند. همچنین در این مدل، وزن هر گروه از معامله گران که دارای یک استراتژی هستند، براساس عملکرد گذشته است. درحالیکه در سایر مدل‌ها، اندازه گروه در انتخاب عامل‌ها نقش دارد(چیارلا[1]، ۲۰۱۴). در حقیقت بروک و هومز انتخاب تکاملی انتظارات را در یک مدل قیمت‌گذاری تشریح کردند. در مدل بروک و هومز قیمت بنیادی دارایی ریسکی به وسیله عوامل بنیادی و با فرمول زیر تعیین می‌شود:

$$p_t^* = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{E_t[y_t+k]}{(1+r)^k}, \qquad (۱)$$

در این فرمول، قیمت بنیادی در حقیقت از طریق محاسبه ارزش فعلی جریانات نقد بدست می‌آید. بروک و هومز پیشنهاد دادندکه برای تحلیل دقیقتر بهتر است که بر روی انحراف از قیمت بنیادی کار کنیم. بنابراین $x_t = p_t - p_t^*$که در آن P_t قیمت جاری دارایی ریسکی(سهام) و P_t^* قیمت بنیادی آن است.

عقاید ناهمگن

ما به پیروی از بروک و هومز فرض می‌کنیم که عقاید انواع سرمایه‌گذاری به شرح زیر است:

$$E_{h,t}(P_{t+1} + y_{t+1}) = E_t(P_{t+1}^* + y_{t+1}) + f_h(x_{t-1}, \dots, x_{t-L}) \quad \text{برای همه } h \text{ و } t \qquad (۲)$$

این فرمول در حقیقت بیان می دارد که باورها اجازه می‌دهند قیمت‌های بازار از قیمت بنیادی خود منحرف شوند و این یکی از مهمترین مراحل در مدل‌سازی عامل ناهمگن به شمار می‌آید. f_h اجازه می‌دهد انواع معامله گران فردی باور کنند که قیمت بازار از قیمت بنیادی آنها متفاوت است (هومز، ۲۰۰۸). با بازنویسی روابط قبل می‌توان به رابطه مهم زیر رسید:

---

1. chiarela

$$Rx_t = \sum_{h=1}^{H} n_{h,t} E_{h,t}[X_{t+1}] = \sum_{h=1}^{H} n_{h,t} f_h(X_{t-1}, \dots, X_{t-L}) \equiv \sum_{h=1}^{H} n_{h,t} f_{h,t} \quad (۳)$$

که $n_{h,t}$ در حقیقت کسری از سرمایه‌گذاران است که دارای استراتژی نوع h هستند و $\sum_{h=1}^{H} n_{h,t} = 1$ حال به اندازه گیری عملکرد می‌رسیم. اندازه عملکرد در واقع تحقق سود برای استراتژی h در زمان t بوده و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\pi_{h,t} = (x_t - Rx_{t-1}) \frac{f_{h,t-1} - Rx_{t-1}}{a\sigma^2} \quad (۴)$$

همچنین در اندازه گیری عملکرد می‌توان حافظه را در مدل معرفی کرد تا از میانگین موزون سودهای محقق شده گذشته یا به عبارتی اندازه عملکرد در روزهای گذشته نیز استفاده شود.

$$U_{h,t} = \pi_{h,t} + \eta U_{h,t-1} \quad (۵)$$

$$U_{h,t-1} = (x_{t-1} - Rx_{t-2}) \frac{f_{h,t-2} - Rx_{t-2}}{a\sigma^2} \quad (۶)$$

بنابراین محاسبه اندازه عملکرد یک استراتژی با توجه به در نظر گرفتن حافظه یا بدون در نظر گرفتن حافظه ($\eta = 0$) می‌تواند متفاوت باشد. همچنین برای محاسبه وزن یا کسری از سهامداران که از استراتژی h در زمان t استفاده می‌کنند از فرمول زیر استفاده می‌شود.

$$n_{h,t} = \frac{\exp(\beta U_{h,t-1})}{\sum \exp(\beta \cup h,t-1)} \quad (۷)$$

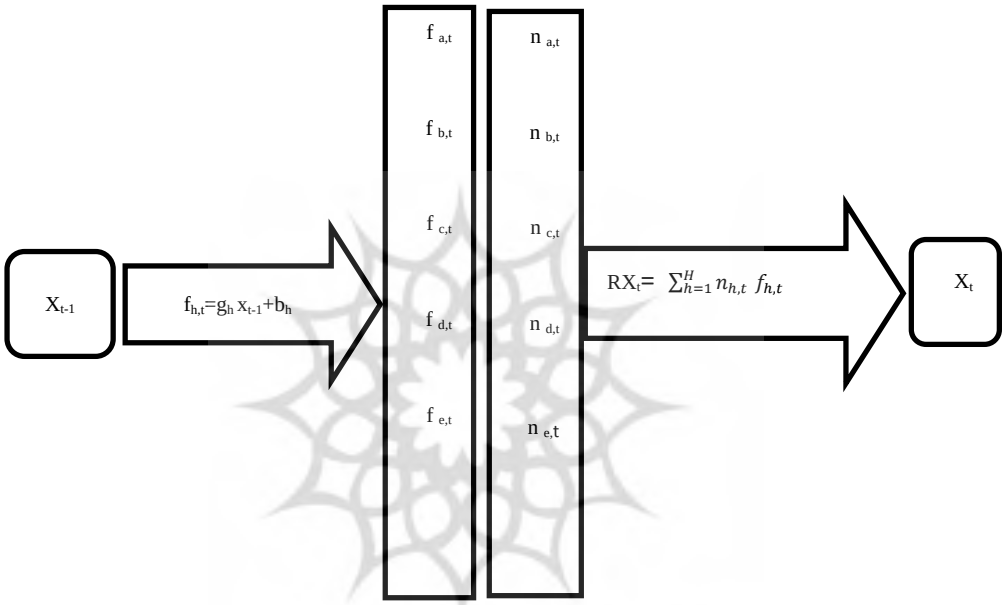
β نیز شدت انتخاب یا شدت تمایل به تغییر استراتژی است. این پارامتر به ما می‌گوید که معامله گران تا چه حد آماده‌اند که میان استراتژی‌های مختلف سوییچ کنند. در این رابطه بتا می‌تواند مقدار عدم اطمینان در انتخاب معامله گران باشد، هر چه عدم اطمینان بزرگتر باشد بتا کوچکتر است پس اگر $\beta = +\infty$ آنگاه همه معامله‌گران بهترین استراتژی با بالاترین اندازه عملکرد را انتخاب می‌کنند. برای بتاهای مثبت معامله گران بر اساس عقلانیت محدود و بر اساس تناسب واقعی هر استراتژی رفتار می‌کنند. در مدل اولیه بروک و هومز برای پویایی مدل تعداد کمی استراتژی معرفی شد. همه عقاید(استراتژی ها=h)شکل ساده خطی زیر را دارند.

$$f_{h,t} = g_h x_{t-1} + b_h \quad (۸)$$

به ساختار به روز شدن باورها نیز باید توجه کرد:

$$X_{t-1} \longrightarrow f_{h,t} \longrightarrow U_{h,t-1} \longrightarrow n_{h,t} \longrightarrow x_t$$

ساختار بالا در حقیقت فرایند برآورد قیمت امروز(x_t) را به کمک قیمت سهام در روز قبل (X_{t-1}) برپایه مدل بروک و هومز را نشان می‌دهد. بنابراین به طور خلاصه شکل زیر چگونگی عملکرد مدل بروک و هومز را نمایش می‌دهد. در این مدل ۵ نوع معامله گر با استراتژی های مختلف (h) در بازار تعریف می‌شود(a,b,c,d,e).



شکل ۲. فرایند به روز رسانی قیمتها با توجه به باورهای سرمایه‌گذاران در روز قبل

منبع: (کوکاکا و بارونیک،۲۰۱۳)

شکل بالا به خوبی چگونگی عملکرد مدل را نمایش می‌دهد. در حقیقت با داشتن قیمت در روز قبل(x_{t-1}) و با وارد کردن اثر عامل‌های روانی(g_h و b_h) بر آن اقدام به برآورد قیمت در روز جاری(x_t) صورت می گیرد.

فرض می کنیم در زمان t-1 قرار داریم. در زمان t-1 ما یک x_{t-1} داریم که از تفاوت قیمت بازار و قیمت بنیادین محاسبه شده است. ($x_{t-1}=p_{t-1}-p_t^*$). حال تابع $f_{h,t}$ را تعریف می کنیم که برابر است با:

$$f_{h,t}=g_h x_{t-1}+b_h \qquad (۸)$$

در این معادله g_h و b_h در واقع پارامترهای روانی معامله گر h هستند که بر روی x_{t-1} اثر می‌گذارد و خروجی آن $f_{h,t}$ می باشد.در ادامه مطلوبیت و اندازه عملکرد هر یک از عقاید با فرمول داده شده محاسبه می‌شود. با توجه به اندازه عملکرد محاسبه شده در زمان t-1 می‌توانیم $n_{h,t}$را بدست آوریم. $n_{h,t}$در حقیقت وزن هر یک از عقاید به کل سرمایه‌گذاران است. به عبارتی $n_{h,t}$ به معنی این است که چه بخشی از کل سرمایه‌گذاران، استراتژی h را برای سرمایه‌گذاری در زمان t انتخاب می‌کنند. بنابراین در زمان t، $n_{h,t}$ برابر وزن هر یک از استراتژی ها است. حال با استفاده از فرمول :

$$RX_t= \sum_{h=1}^{H} n_{h,t}\ f_{h,t} \qquad (۹)$$

می‌توانیم مقدار X_t را محاسبه کنیم. بنابراین توانستیم با توجه به X_{t-1} و تاثیرگذاری عامل‌های روانی بر آن براساس استراتژی های مختلف مقدار X_t را محاسبه کنیم و این چرخه برای تولید X_t های جدید در روزهای آتی ادامه می‌یابد. در حقیقت می خواهیم به کمک این مدل قیمت‌های سهام را در زمانهایی که بازار دچار بحران می‌شود و اختلالات رفتاری شکل می‌گیرد، برآورد کنیم. هر یک از الگوهای رفتاری عاملهای روانی (g_h , b_h) مخصوص به خود را دارند. با استفاده از شبیه‌سازی تاثیرات هر یک از الگوهای رفتاری بر قیمت سهام پیرامون نقطه شکست برآورد می‌شود سپس قیمت‌های برآورد شده برای هریک از الگوها با قیمت‌های واقعی بازار مقایسه می‌شود تا ببینیم آیا مدل توانسته قیمت‌های واقعی بازار را برآورد کند. در حقیقت مقطعی که بخاطر یک رویداد اثرگذار(نزول اساسی بورس اوراق بهادر تهران در سال۱۳۹۹) ، بازار دچار بحران می‌شود و تورش‌های رفتاری پدیدار می‌شوند با استفاده از مدل عامل ناهمگن بروک و هومز ، اقدام به برآورد قیمت در مقطع بحران صورت گیرد. در ادامه قیمت‌های برآورد شده با قیمت‌های واقعی بازار مقایسه می‌شود تا توانایی مدل در برآورد

قیمت، مورد بررسی قرار گیرد.در این پژوهش، کل سرمایه‌گذاران در بازار به پنج گروه تقسیم می‌شوند که هر گروه از سرمایه‌گذاران، استراتژی خاص خود را برای سرمایه‌گذاری، دارا هستند.

۲- چگونگی اندازه گیری متغیرها

ما در این پژوهش از ۵ نوع معامله گر(h=5) استفاده کردیم. در چارچوب مدل کل بازار و به عبارتی کل سرمایه‌گذاران در بازار به پنج گروه تقسیم شدند این پنج گروه براساس مدل توسعه یافته بروک و هومز برای شبیه‌سازی بازار شکل گرفتند که عبارتند از: ۱-اعتماد بیش از حد، ۲- رفتار گله‌ای، ۳- احساسات منفی بازار، ۴-احساسات مثبت بازار و در کنار اینها گروه پنجم یعنی معامله گران بنیادی بازار حضور دارند.

همچنین از شبیه سازی مونت کارلو برای بررسی اثر اعمال تورش‌های رفتاری پیشنهاد شده بر خروجی مدل استفاده کردیم، در این روش ما بارها و بارها به طور تصادفی متغییرهای اصلی را تولیدکردیم و در نهایت هریک از الگوها را با متغیرهای تولید شده ۱۰۰بار اجرا کردیم. برای اجرای شبیه سازی ابتدا برای پارامتر روند و تورش، مقادیر زیر با توجه به پژوهشهای انجام شده توسط هومز در سال ۲۰۰۸ و همچنین پژوهش‌های صورت گرفته توسط بسوجوئیک[1]در سال ۲۰۰۷در نظر گرفته شد. سپس با استفاده از الگوریتم pso پارامترهای روند و تورش در هر الگوی رفتاری بهینه سازی شد.

متغیرهای اصلی

هر کدام از این تورش‌های رفتاری، عامل‌های روانی(gh و bh)خاص خود را دارند و بر قیمت سهام اثرات متفاوتی می گذارند و نحوه اثرگذاری آنها بر روی قیمت در فرمول زیر مشاهده می‌شود(fh,t=ghxt-1+bh).

بنابراین در شبیه‌سازی اثرات هریک از تورش‌های رفتاری، ضرایب (g_h و b_h) به عنوان متغیر در فرایند شبیه‌سازی تولید می‌شوند.

1. Boswijk

-تنظیمات شبیه‌سازی اعتماد بیش از حد

در چارچوب مدل عامل ناهمگن بروک و هومز پارامتر روند g_h با توزیع نرمال(N(0,./16، پارامتر تورش b_h با توزیع نرمال (N(0, ./09 و عبارت نویز ϵ_t توزیع یکنواخت (U(-./۰5, ./۰5.

برای تولید داده‌ها و شبیه‌سازی قیمتها بایستی یک ضریب اعتماد بیش از حد به صورت یک عدد تصادفی بین (۰/۵تا ۰/۰۵) بر داده‌هایی که منطبق با تنظیمات اولیه تولید شده‌اند، اضافه شود. بنابراین داده‌هایی که در نهایت در فرایند شبیه‌سازی تولید می‌شود در برگیرنده عاملهای روانی تورش اعتماد بیش از حد است.

-تنظیمات شبیه‌سازی احساسات بازار

پارامتر روند g_h با توزیع نرمال(N(0,./16 ، پارامتر تورش b_h با توزیع نرمال (N(0, ./09 و عبارت نویز ϵ_t توزیع یکنواخت (U(-./۰5, ./۰5)

در این پژوهش احساسات بازار به عنوان جابجایی میانگین تابع توزیع مقادیر تصادفی تولید شده با توجه به تنظیمات اولیه در شبیه‌سازی است. بنابراین افزایش میانگین به معنای تولید داده‌های با احساسات مثبت بازار و کاهش میانگین به معنی احساسات منفی بازار است. جابجایی میانگین برای احساسات مثبت پارامتر روند در بازه (۰/۴تا ۰/۰۴) و برای پارامتر تورش در بازه (۰/۳تا ۰/۰۳) در نظر گرفته شده است. همچنین برای تولید داده‌ها دارای ویژگی احساسات منفی بازار از مقادیر(۰/۴-تا ۰/۰۴-) برای پارامتر روند و مقادیر(۰/۳-تا ۰/۰۳-) برای پارامتر تورش استفاده شده است.

-تنظیمات شبیه‌سازی رفتار گله‌ای

رفتار گله‌ای یا رفتار توده وار عبارت است از پذیرش ریسک فراوان بدون اطلاعات کافی، به عبارتی می‌توان آن را قصد و نیت آشکار سرمایه‌گذاران برای تکرار کردن رفتار سایر سرمایه‌گذاران تعریف کرد(سعیدی و فرهانیان،۱۳۹۰،۱۶). به عبارتی، نوعی الگوی رفتاری به شمار می‌رود که بین افراد مختلف همبسته است. درواقع، این رفتار نوعی تقلید در نظر گرفته می‌شود که یکی از غرایض اصلی انسانهاست (موسوی شیری، کریمی، قدردان، ۱۴۰۱،۱۳). برای شبیه‌سازی و تولید داده‌هایی متاثر از تورش رفتار گله‌ای منطبق با مدل بروک و هومز تابعی تعریف می‌شود که با توجه به عملکرد استراتژی‌های معاملاتی در روز قبل اقدام به تقلید از

استراتژی با بهترین عملکرد می کند. الگوی رفتار گله‌ای در حقیقت یک الگوی تقلیدی است که با توجه به عملکرد سایر الگوها، بهترین عملکرد را انتخاب می‌کند.

۳- روش تحلیل داده‌ها

جامعه آماری ما شرکتهای بورس اوراق بهادار تهران بوده است. بر این اساس با استفاده از سایت رسمی بورس اوراق بهادار تهران ، قیمت روزانه بازار سهام و قیمت بنیادی سهام شرکتها را ۴۰ روز کاری قبل و ۴۰ روز کاری بعد از نقطه بحران بدست آورده ایم. همچنین برای تهیه شاخص بورس و سایر اطلاعات آماری مورد نیاز از نرم افزار ره آورد نوین استفاده کردیم. با توجه به ادبیات موضوع و چارچوب نظری سه تورش رفتاری سرمایه گذاران در بورس اوراق بهادار تهران در مقطع بحران وارد شبیه سازی شد تا اثرات رفتاری آنها مورد بررسی قرار گیرد این سه تورش رفتاری عبارتند از : اعتماد بیش از حد، رفتار گله‌ای و احساسات بازار. چیارلا و هومز در پاسخ به این پرسش که چرا این تورش‌ها انتخاب شده است بیان کردند که این تورش‌های رفتاری سرمایه گذاران باعث تغییر چولگی، تغییر واریانس و در نهایت جابجایی میانگین می‌شوند که در نتایج شبیه سازی مورد بررسی قرار خواهد گرفت (هومز[1]، ۲۰۰۶)

برای اینکه بتوانیم داده‌های شبیه‌سازی شده را با داده‌های واقعی بازار مقایسه کنیم لازم است جدول توصیفی داده‌ها در قبل و بعد از نقطه بحران را محاسبه کنیم. بنابراین برای نقطه بحران، میانگین، واریانس کشیدگی و چولگی، حداقل و حداکثر و همچنین آزمون جارک برا را تهیه کردیم و تغییرات بعد از نزول نسبت به قبل آن را مشخص کردیم.

با توجه به فرایند اجرای عملیاتی مدل بروک و هومز و تنظیمات اولیه برای اجرای هریک از الگوهای رفتاری، کدنویسی جهت اجرای شبیه‌سازی در نرم افزار مطلب صورت گرفت. برای رسیدن به پاسخ مناسبتر برای هر یک از الگوهای رفتاری این شبیه‌سازی، ۱۰۰ بار اجرا می‌شود.

در راستای بهینه سازی، یک تابع هدف تعریف کردیم تا پارامترهای روند و تورش تولید شده برای هریک از الگوهای رفتاری را بهینه سازی کند. همانگونه که بیان شد در هر الگوی رفتاری، برای تولید پارامترهای روند و تورش، میانگین و واریانس خاصی تعریف شد بنابراین برای بهینه کردن داده‌های تولیدشده (پارامتر روند و پارامتر تورش) در هر الگوی رفتاری، از

1. Hoomes

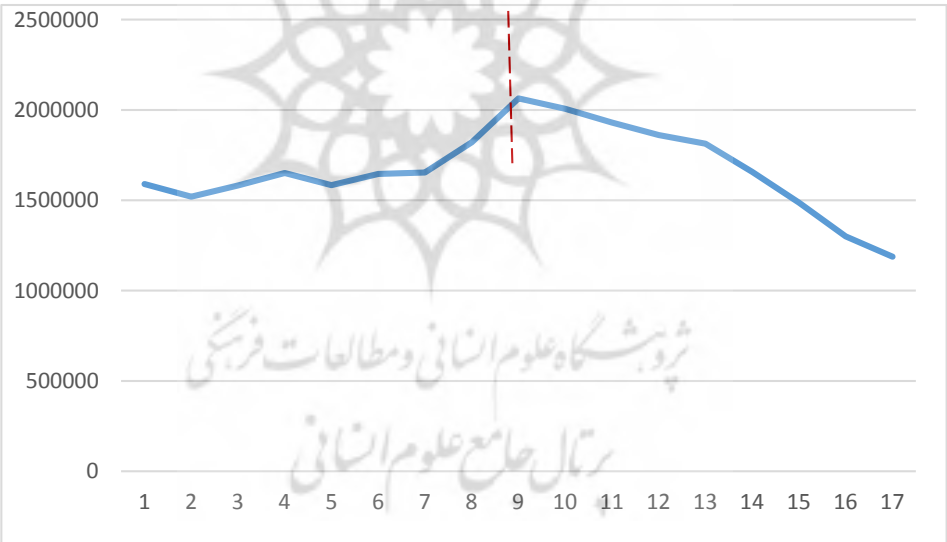
الگوریتم PSO استفاده شد به طوریکه خروجی داده‌ها بهترین تطابق را در برآورد بازار واقعی داشته باشند.

یافته‌های پژوهش

۱- یافته‌های توصیفی

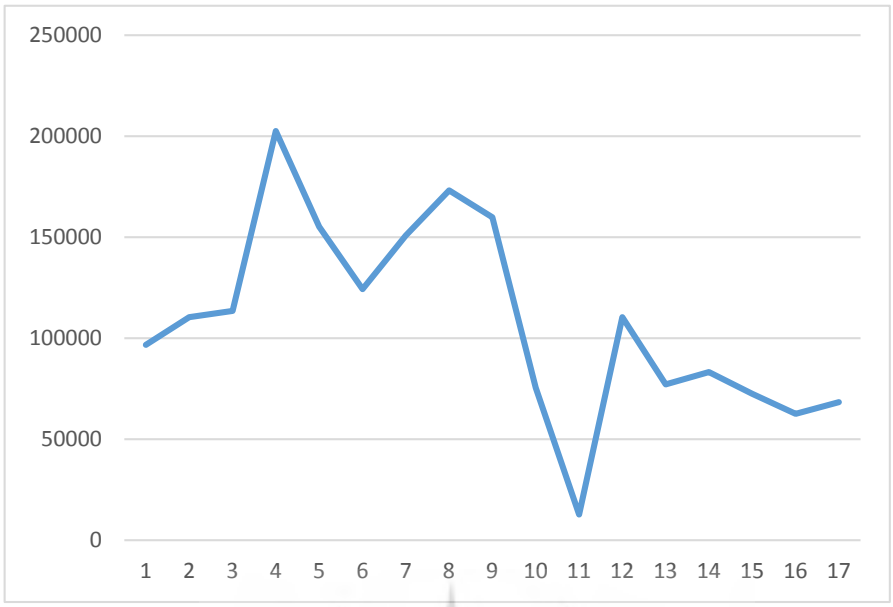
- تغییرات پیرامون نقطه سقوط بازار سهام

سقوط بازار سهام در سال۱۳۹۹ را شاید بتوان از کم نظیرترین بحران های حادث شده از زمان آغاز به کار بورس اوراق بهادار تهران نام برد. بنابراین نزول بازار سهام در سال ۹۹ به عنوان بازه زمانی اجرای پژوهش در نظر گرفته شد. در پژوهش‌های مختلف برای در نظر گرفتن یک روند نزولی به عنوان یک نقطه سقوط بازار، معیارهایی در نظر گرفته شده است که از جمله آن سالاسینوس و همکاران سه معیار را برای اینکه یک روند کاهشی را نقطه سقوط بازار سهام بنامیم، عنوان کردند، نزول ادامه دار و قابل توجه شاخص،کاهش ادامه دار و قابل توجه حجم معاملات و بالاخره کاهش قابل توجه ارزش بازار(رکیک[1]، ۲۰۱۴).بر این اساس تاریخ ۱۳۹۹/۰۵/۱۹ به عنوان نقطه سقوط بازار سهام در نظر گرفته شد. جداول ۱ تا ۳ اندازه این سه شاخص را در تاریخ تعیین شده بالا نشان می‌دهد :

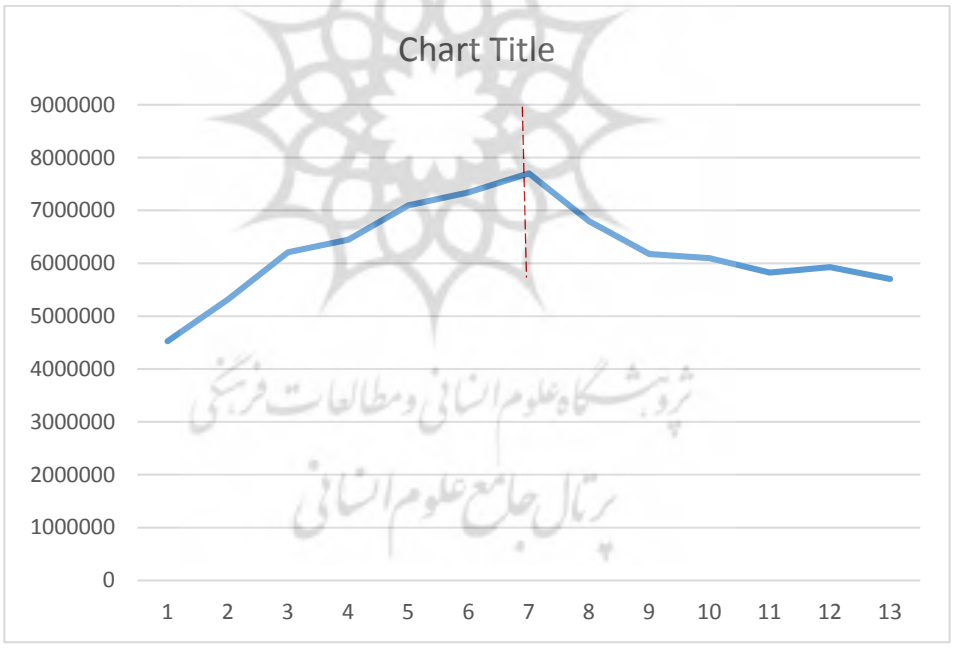


نمودار ۱. روند شاخص بورس تهران در ۴۰ روز قبل و بعد از سقوط سال۱۳۹۹

1. Rakik



نمودار ۲. روند شاخص بورس تهران در ۴۰ روز قبل و بعد از سقوط سال ۱۳۹۹



نمودار ۳. تغییرات ارزش بازار بورس ۴۰ روز قبل و بعد از سقوط سال ۱۳۹۹

همانطور که از نمودارهای بالا پیداست هر سه شاخص مطرح شده از نزول چشمگیری به صورت همزمان برخوردار شده‌اند، پس نقطه تعیین شده به عنوان نقطه سقوط بازار سهام به شمار می‌رود.

- شاخص‌های آماری قیمت نمونه ها قبل و بعد از رویدادها

تغییرات شاخص‌های آماری در بازار واقعی در قبل و بعد از رویداد را به کمک معیارهای میانگین، واریانس، چولگی و کشیدگی می‌توان درجدول زیر مشاهده کرد.

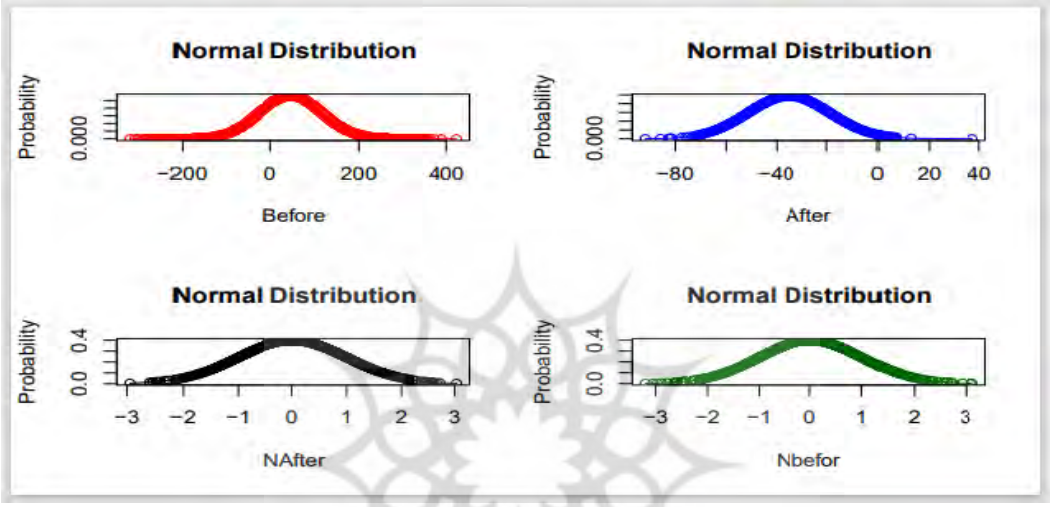
جدول ۱. شاخص‌های آماری قیمت نمونه ها قبل و بعد از رویدادها

	زمان	میانگین	تغییرات	واریانس	تغییرات	کشیدگی	تغییرات	چولگی	تغییرات	آزمون کرامر	آزمون جارک برا
بحران	قبل	۴۵	↓	۲۶۷	↑	۱/۷۴	↓	-۰/۷۶	↑	۰/۰۰۰۲	۰/۰۳۱۴
	بعد	-۳۶		۵۰۶۵		۰/۰۵		۳/۰۲			۰/۰۳۸۶

جدول ۱ شاخص‌های آماری مرتبط با داده‌های واقعی بازار در مقطع بحران را نشان می‌دهد. برای بررسی توانایی مدل در توضیح رفتار سرمایه‌گذاران بایستی شاخص‌های آماری داده‌های شبیه‌سازی شده را با جدول مقایسه کنیم. هرچقدر شاخص‌های آماری ناشی از داده‌های شبیه‌سازی شده همخوانی بیشتری با شاخص‌های آماری داده‌های واقعی بازار داشته باشد به مفهوم توانمندی بالاتر مدل در توضیح پویایی قیمت‌های سهام در مقطع بحران است. همانگونه که از جدول بالا مشاهده می‌شود، در بحران مورد بررسی، میانگین قیمت نمونه ها در ۴۰ روز بعد از رویداد نسبت به میانگین قیمتهای نمونه ها در ۴۰ روز قبل از رویداد، نزولی است که این با توجه به شرایط ترس و نگرانی حاکم در زمان بحران و تمایل سهامداران به عرضه سهام حتی در قیمتهای پایین تر، منطقی به نظر می رسد.

همچنین واریانس و چولگی آنها صعودی است. در مقطع بحران که انتظار داریم پدیده‌های رفتاری شکل بگیرد و عقلانیت در تصمیم‌گیری محدود شود، بروز نوسانات در قیمتها که در

افزایش واریانس، چولگی و پراکندگی بیشتر داده‌ها حول میانگین خود رانشان می‌دهد، منطقی به نظر می رسد. نمودار توزیع چگالی احتمال اختلاف قیمتی را در رویداد سال۱۳۹۹در بازه قبل و بعد از رویداد نمایش داده شده است. با نگاهی به تابع توزیع در قبل و بعد از نقاط شکست، میانگین تغییرات قیمت از مثبت به منفی تغییر یافته به عبارتی روند بازدهی بازار از مثبت به منفی تغییر وضعیت داده است.



نمودار ۴. توزیع چگالی احتمال اختلاف قیمتی در رویداد ۱۳۹۹

*****)B: قبل از رویداد- NB: قبل از رویدادنرمال شده- A: بعد از رویداد - NA: بعد از رویداد نرمال شده

در مورد کشیدگی همچنانکه در نمودار مشاهده می‌شود میزان آن نسبت به قبل از رویداد کاهش یافته که به مفهوم افزایش پراکندگی داده‌ها حول میانگین است. چنین وضعیتی در زمان بحران و بروز پدیده‌های رفتاری منطقی به نظر می رسد. نتایج آزمون جارک برا نشان می‌دهد که داده‌ها در مقطع بحران دارای توزیع نرمال نیستند و در سطح اطمینان ۹۹درصد فرض صفر رد می‌شود. همچنین به کمک آزمون کرامر نشان داده می‌شود که داده‌ها در قبل و بعد از رویداد دارای توزیع یکسان نیستند به عبارتی با رد فرض صفر نشان داده می‌شود که توزیع داده‌ها یکسان نیست.

۲- اجرای مدل پژوهش

- تنظیمات اولیه شبیه‌سازی

برای انجام شبیه‌سازی بحران سال۱۳۹۹ از مدل عامل بروک و هومز و تنظیمات اولیه در این مدل استفاده شده است. آنها رفتار بازار شبیه‌سازی شده را به کمک چند استراتژی یا باور ناهمگن مورد بررسی قرار دادند. انتخاب استراتژی بر اساس نرخ بهره و اندازه پارامترهای تورش و روند صورت گرفت. در این مدل تعداد پنج استراتژی تعریف شده است که می‌تواند قابل توسعه باشد.

نرخ بازده بدون ریسک(R) برابر ۱/۱۷ در نظر گرفته شده است. نوع استراتژی با توجه به نرخ بازده بدون ریسک(r)و همچنین مقدار تورش و روند تغییر می‌کند. چنانچه پارامتر تورش را صفر در نظر بگیریم اگر پارامتر روند بزرگتر از صفر باشد(g>0) معامله گر دارای استراتژی دنبال کننده روند، اگر پارامتر روند کوچکتر از صفر باشد (g<0)معامله گر دارای استراتژی روند متضاد است و چنانچه پارمتر روند صفر باشد(g=0) معامله گر تورش گر صعودی یا نزولی است و اگر هر دو صفر باشند معامله گر بنیادی است. همچنین استراتژی پنجم در حقیقت معامله‌گرانی هستند که از یکی از ۴ استراتژی بیان شده تقلید می‌کند.

بنابراین در مدل اولیه بروک و هومز کل معامله گران بازار در قالب ۵ نوع استراتژی یا باور ناهمگن مورد بررسی قرار گرفتند که عبارتند از : ۱- بنیادی ۲- دنبال کننده روند ۳- دنبال کننده روند متضاد ۴- تورش گر صعودی یا نزولی ۵- مقلد یکی از چهار استراتژی بیان شده است. در ادامه با توسعه مدل اولیه توسط بروک و هومز و پژوهشگرانی چون کوکاکا و بارونیک در سال ۲۰۱۳، شکل گیری تصادفی باورها و برخی از الگوهای رفتاری وارد مدل شدند. پژوهش حاضر براساس مدل توسعه یافته بروک و هومز جهت شبیه‌سازی بازار با حضور تورش‌های رفتاری، اعتماد بیش از حد، رفتار گله‌ای، احساسات منفی بازار، احساسات مثبت بازار و همچنین معامله‌گران بنیادی بازار صورت گرفت.

هرچند تغییراتی در مدل ایجاد شده اما منطق و اساس مدل اصلی همچنان حفظ شده است. در قسمت های قبل عنوان شد که سیستم اعتقادات انطباقی با توجه به تعداد بسیار زیاد پارامترهای موجود در مدل، و با توجه به دشواری تحلیل تمام پارامترها و از سوی دیگر با توجه به ضرورت

بررسی اثرات تغییرات متغیرهای اصلی مدل، بعضی از متغیرهای موجود در روابط بالا به صورت ثابت با مقادیر اولیه در نظر گرفته شده است. از جمله این مقادیر می‌توان به میزان بازدهی دارایی بدون ریسک اشاره کرد که معادل ۱۷٪ در نظر گرفته شده است. در نتیجه در تمامی روابط خواهیم داشت: ($R=1+ r = 1.17$)

ما در این پژوهش از ۵ نوع معامله گر($h=5$) استفاده کردیم همچنین از شبیه سازی مونت کارلو برای بررسی اثر اعمال تورش‌های رفتاری پیشنهاد شده بر خروجی مدل استفاده کردیم. در این روش ما بارها و بارها به طور تصادفی متغییرهای اصلی را تولیدکردیم و در نهایت هریک از الگوها را با متغیرهای تولید شده ۱۰۰بار اجرا کردیم. برای اجرای شبیه سازی ابتدا برای پارامتر روند و تورش و خطا، مقادیر زیر با توجه به پژوهش‌های انجام شده در نظر گرفته شد (هومز[1] ، ۲۰۰۶) ، (چیارلا[2] ، ۲۰۱۰). سپس با استفاده از الگوریتم pso پارامترهای روند و تورش در هر الگوی رفتاری بهینه سازی شد. پارامتر روند g_h با توزیع نرمال$N(0,./16)$، پارامتر تورش b_h با توزیع نرمال $N(0, ./09)$ و عبارت نویز ϵ_t توزیع یکنواخت $U(-./05, ./05)$.

تنظیمات شبیه‌سازی برای هریک از تورش‌های رفتاری، اعتماد بیش ازحد، احساسات بازار و رفتار گله‌ای در چارچوب مدل انجام شد که در بخش مدل پژوهش و اندازه گیری متغیرها به طور کامل تشریح شد.

در هر ترکیب اولیه، یک یا چند پارامتر تنظیم می‌شود. به طور مثال اثر حالت اعتماد بیش از حد می‌تواند تنها برروی پارامتر روند (g_h)یا پارامتر تورش(b_h) یا هر دو پارامتر مورد بررسی قرار گیرد و یا احساسات بازار می‌تواند تنها بر تورش یا بر روند به صورت منفی با مثبت و بر هر دو تاثیر گذار باشد. زمانی که شبیه سازی اجرا شد خروجی هر بار اجرا یک نمونه نامیده می‌شود. نمونه‌ها با تزریق تدریجی اطلاعات در طی اجرای فرآیند ایجاد می‌شوند. یک نمونه کامل شامل ۸۰۰۰ مشاهده(شامل ۴۰ روز قبل از رویداد ، ۴۰ روز بعد از رویداد در ۱۰۰ بار اجرا) است. نتایج از طریق آزمون آماری نمونه‌ها بعد از هر بار اجرا به دست می‌آیند.

در خصوص بتا و شدت انتخاب نیز می توان گفت که اجماعی برای مقادیر بهینه برای پارامتر شدت انتخاب (بتا) وجود ندارد. افزون بر این، به دلیل ساختار غیرخطی مدل، تخمین مقدار بتا با

1. Hoomes
2. Chiarela

استفاده از داده‌های بازار واقعی غیرممکن به نظر می‌رسد. در نتیجه مقدار بتا همچنان به عنوان یک پارامتر مفهومی باقی می‌ماند. مقادیر بالاتر بتا، تمایل بیشتر معامله گران به تغییر بین استراتژی‌ها بر مبنای میزان سودآوریشان را نشان می‌دهد. برای پوشش دامنه گسترده ای از مقادیر ممکن برای بتا، در این پژوهش از بازه(۵۰۰ -۵) با گام اختلاف ۵۵ استفاده شده است بر اساس پژوهش‌های در واقع بتا به شرح زیر خواهد بود (واچا و سوردا[1] ، ۲۰۰۲؛ کوکاکا و بارونیک[2]،۲۰۱۳).

$\beta = 5\text{-}60\text{-}115\text{-}170\text{-}225\text{-}280\text{-}335\text{-}390\text{-}445\text{-}500$

۲- نتایج شبیه سازی

در این پژوهش اجرای شبیه‌سازی با ۱۳ تنظیم متفاوت، انجام شد. این ۱۳ تنظیم شامل یک استراتژی بنیادی، سه تنظیم اولیه برای اثر اعتماد بیش از حد و هشت تنظیم اولیه برای احساسات بازار و یک تنظیم برای رفتار گله‌ای بود. نتایج شبیه‌سازی این ۱۳ حالت در جدول ۲ ارائه شده است. در واقع در هر شبیه‌سازی، خصوصیات زیادی مورد بررسی قرار گرفته است. نخست به تخمین پارامترهایی پرداخته شده که در خصوص داده‌های تجربی مورد بررسی قرار گرفته است. این پارامترها شامل جابجایی در میانگین، واریانس، چولگی و کشیدگی در داده‌ها قبل و بعد از بحران است. دوم اینکه ما از آزمون کرامر برای بررسی برابری توزیع‌های مشاهده شده استفاده کردیم، در واقع ما می‌خواستیم ببینیم که آیا از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری میان توزیع نمونه‌ها وجود دارد یا خیر؟ برای استحکام نتایج، توزیع چهار نمونه را بررسی کردیم، این چهار مقایسه شامل: مقایسه کل نمونه قبل از رویداد(B) با نمونه ۲۰ روزه قبل از رویداد(b)، نمونه ۲۰ روزه قبل از رویداد(b) با نمونه ۲۰ روزه پس از رویداد(a)، نمونه ۲۰ روزه پس از رویداد(a) با کل نمونه پس از رویداد(A) و در نهایت کل نمونه قبل از رویداد(B) با کل نمونه پس از رویداد(A) است. همانگونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، دو مجموعه (Aوa) و همچنین دو مجموعه (B و b) مطابق انتظار دارای توزیع یکسان هستند، به عبارتی داده‌های تولید شده در دوره‌های ۲۰ روزه و ۴۰ روزه دارای توزیع یکسان هستند. در ادامه با استفاده از آزمون

1. Vacha
2. Kukacka & Barunik

جارک-برا به تعیین نرمال بودن توزیع داده‌های خروجی پرداخته شده است که با توجه به نتایج قابل مشاهده در جدول ۲ بیشتر اجراهای شبیه‌سازی شده دارای توزیع نرمال نبود.

جدول ۲. نتایج شبیه‌سازی برای الگوهای رفتاری مختلف

									آزمون کرامر				آزمون جارک برا			
	میانگین	واریانس	تغییرات	چولگی	کشیدگی	تغییرات	B-b	b-a	a-A	A-B	B	b	a	A
تحلیل بنیادی	۷۰	۴	۱۵٪	۶۸	۲۱	۲۰٪	۱۰۰	۹۰	۱۰۰	۸۵	۳۹	۸۹	۹۰	۸۸
رفتار گله‌ای	۲۰	۶۲	۴۲٪	۷۳	۱۰	٪۴۰	۱۰۰	۲۹	۱۰۰	۸	۴۰	۹۵	۷۸	۶۶
اعتماد بیش از حد (پارامتر تورش)	۱۴	۹	۴۸٪	۶۹	۱۸	۶۶٪	۱۰۰	۳۱	۱۰۰	۲۳	۳۸	۹۰	۴۱	۲۸
اعتماد بیش از حد (پارامتر روند)	۲۳	۱۳	۵۱٪	۵۹	۲۵	۸۲٪	۱۰۰	۳۲	۱۰۰	۲۴	۳۸	۸۵	۲۲	۱۲
اعتماد بیش از حد	۷	۲۶	۹۳٪	۵۱	۴۱	۶۸٪	۱۰۰	۱۱	۱۰۰	۸	۳۸	۸۹	۸	۶
احساسات بازار (تورش مثبت)	۳۰	۷	۳۸٪	۷۸	۱۱	۶۴٪	۹۹	۵۸	۱۰۰	۴۰	۳۶	۹۰	۶۳	۵۵
احساسات بازار (روند مثبت)	۱۷	۱۱	۳۹٪	۶۴	۲۱	۷۲٪	۱۰۰	۳۶	۱۰۰	۳۱	۴۵	۹۰	۳۱	۲۰
احساسات بازار (مختلط روند مثبت)	۲۵	۱۲	۴۵٪	۵۸	۲۷	۸۰٪	۱۰۰	۴۳	۱۰۰	۲۵	۵۱	۸۳	۴۸	۴۱
احساسات بازار (مثبت)	۳	۱۵	۹۱٪	۵۹	۲۸	۹۰٪	۱۰۰	۱۸	۱۰۰	۱۲	۴۰	۸۹	۲۱	۱۱
احساسات بازار (تورش منفی)	۱۰۰	۱۶	۵۸٪	۶۲	۱۴	۷۲٪	۱۰۰	۱۰	۱۰۰	۲۰	۵۲	۸۹	۷۵	۷۴
احساسات بازار(روند منفی)	۹۹	۱۹	۶۹٪	۸۴	۱۲	۶۵٪	۱۰۰	-	۱۰۰	۱۶	۳۹	۸۵	۷۴	۷۳
احساسات بازار (مختلط روند منفی)	۹۵	۲۰	۷۰٪	۸۸	۱۱	۶۴٪	۱۰۰	۳۶	۱۰۰	۱۸	۴۱	۹۱	۸۵	۸۰
احساسات بازار (منفی)	۱۰۰	۲۸	۹۲٪	۷۸	۱۸	۶۷٪	۱۰۰	-	۱۰۰	۲۲	۴۶	۸۸	۳۵	۴۷

منبع: نتایج پژوهش

پارامترهای میانگین، واریانس، چولگی و کشیدگی نشان‌دهنده تعداد دفعاتی است که تغییرات این پارامتر در شبیه سازی مطابق تغییرات آن در داده‌های واقعی است. پارامترهای تحت ستونهای B-b تا A-B تعداد دفعاتی را نشان می‌دهد که توزیع داده‌های دو مجموعه یکسان

بوده است. پارامترهای تحت ستونهای B تا A تعداد دفعاتی را نشان می‌دهد که داده‌های خروجی مدل دارای توزیع نرمال بوده‌اند.

رفتار گله‌ای

الگوی رفتار گله‌ای بر مبنای سودآوری کوتاه مدت استراتژیهای سرمایه‌گذاری استوار است. این رفتار در جزئی از سرمایه‌گذاران که به دنبال سودآوری کوتاه مدت با استفاده از استراتژی سایر سرمایه گذاران هستند، مشاهده می‌شود. رفتار گله‌ای در این پژوهش بر مبنای اطلاعات عمومی با هدف شبیه سازی رفتار سرمایه‌گذاران در مقطع بحران است. در این مدل یکی از استراتژی‌ها در حقیقت براساس رفتار موفق‌ترین معامله‌گر عمل می‌کند. به عبارتی کسی که دارای استراتژی رفتار گله‌ای است براساس عملکرد سایر افراد در روز قبل تصمیم گیری می‌کند و هر فردی را که در روز قبل عملکرد بهتری داشته به عنوان معیار برای تصمیم گیری در مورد خرید یک سهم اقدام می‌کند. در حقیقت در مدل بروک و هومز چهار استراتژی معرفی شده و استراتژی پنجم از یکی از چهار استراتژی با توجه به عملکردشان تقلید می‌کند. براساس نتایج شبیه‌سازی شده در جدول، رفتار گله‌ای چندان دربرآورد بازارواقعی موفق نبوده است. تطبیق جدول شبیه‌سازی شده با بازار وقعی بر اساس چهار معیار میانگین، واریانس، چولگی و کشیدگی نشان می‌دهد، تنها براساس معیار واریانس نتایج شبیه‌سازی شده تطابق نسبی با داده‌های واقعی بازار داشته است.

اعتماد بیش از حد

نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که خروجی استفاده از الگوی اعتماد بیش از حد در مدل عامل ناهمگن نسبت به الگوی رفتار گله‌ای برآورد بهتری از بازار واقعی را نشان می‌دهد. الگوی اعتماد بیش از حد از نظر میانگین عملکرد و برآورد ضعیفی از بازار واقعی داشته است. این الگو تنها از نظر معیار چولگی توانسته است تطابق مناسبی با بازار واقعی داشته باشد. از نظر معیار چولگی، الگوی اعتماد بیش از حد (پارامتر روند)، بهترین عملکرد را نسبت به سایر الگوها نشان می‌دهد.

احساسات بازار

براساس مشاهدات جدول شبیه‌سازی، استراتژی احساسات منفی بازار بیشترین اثر را در تخمین رفتار بازار داشته است. به ویژه از نظر معیار میانگین مدل عامل ناهمگن توانسته است با وارد کردن تورش احساسات منفی بازار و شبیه‌سازی آن به خوبی بازار واقعی را برآورد کند. این نتیجه می‌تواند با توجه به حاکم شدن نگاه منفی به بازار سهام در مقطع بحران، منطقی به نظر برسد. همچنین نتایج پژوهش نشان می‌دهد با وارد کردن عامل‌های روانی احساسات مثبت بازار در مدل عامل ناهمگن، توانایی مدل در برآورد بازار واقعی بسیار پایین بوده است، به ویژه از نظر معیارهای میانگین و واریانس، خروجی شبیه‌سازی، همخوانی بسیار ضعیفی با بازار واقعی داشته است که این می‌تواند با توجه به حاکم شدن ترس و نگرانی بین سهامداران در مقطع بحران، منطقی باشد.

بهینه سازی با استفاده از الگوریتم pso

همانگونه که مشاهده شد در تنظیمات شبیه‌سازی برای تولید پارامتر تورش و پارامتر روند برای هریک از الگوهای رفتاری، میانگین و واریانس خاصی براساس مدل بروک و هومز تعریف شد. در ادامه برای بهینه سازی داده‌های تولید شده، از الگوریتم PSO استفاده می‌شود به طوری‌که خروجی آن بهترین تطابق را در برآورد بازار واقعی داشته باشد. اگر مقدار بهینه پارمتر تورش را برای هریک از الگوها، g_1 تا g_{12} و همچنین مقدار بهینه پارامتر روند را برای هر یک از الگوها b_1 تا b_{12} بنامیم، آنگاه جدول زیر نتایج بهینه سازی الگوریتم PSO را نمایش می‌دهد. شایان یادآوری است با توجه به اینکه عامل‌های روانی g_1 و b_1 مربوط به معامله گران با استراتژی بنیادی می‌باشد، مقدار آنها برابر صفر است.

جدول ۳. خروجی نتایج شبیه‌سازی و بهینه سازی با الگوریتم pso

g_{13}	g_{12}	g_{11}	g_{10}	g_9	g_8	g_7	g_6	g_5	g_4	g_3	g_2	g_1
۰,۲۹۸	۰,۱۲	۰,۲۰	۰,۱۰۹	۰,۲۰۳	۰,۰۸۷	۰,۳۲۳	۰,۰۹۲	۰,۰۶۶	۰,۰۷۴	۰,۲۱۶	۰,۲۴۳	۰
b_{13}	b_{12}	b_{11}	b_{10}	b_9	b_8	b_7	b_6	b_5	b_4	b_3	b_2	b_1
۰,۲۱۸	۰,۱۲۹	۰,۲۱	۰,۱۸۹	۰,۲۱۳	۰,۰۹۷	۰,۳۵۳	۰,۰۷۲	۰,۰۸۶	۰,۰۹۴	۰,۲۰۶	۰,۲۱۳	۰

منبع: نتایج پژوهش

بحث و نتیجه گیری

نتایج پژوهش نشان می‌دهد که تورش‌های رفتاری پدیدار شده در بحران سال ۱۳۹۹ را می‌توان در چارچوب مدل عامل ناهمگن شبیه‌سازی کرد. از میان تورش‌های رفتاری که در این بحران با توجه به مدل عامل ناهمگن بروک و هومز مورد بررسی قرار گرفته‌اند. تورش احساسات منفی بازار بهترین عملکرد را در برآورد بازار واقعی داشته است. همانگونه که جدول شبیه‌سازی و بهینه‌سازی نشان می‌دهد، در تنظیمات اولیه در مدل برای هریک از الگوهای رفتاری به منظور تولید متغیرهای تصادفی تورش و روند (g_h, b_h)، میانگین و واریانس خاصی در مدل منظور شده است که در این پژوهش به کمک الگوریتم PSO تلاش شده است تورش و روند شبیه‌سازی شده هریک از آنها در جهت بهبود عملکرد مدل، بهینه سازی شود. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که معامله‌گرانی که در معرض تورش احساسات منفی بازار قرار گرفته‌اند، نتایج شبیه‌سازی آنها بهترین تطابق را به ویژه از نظر میانگین نسبت به بازار واقعی داشته‌اند.این نتایج منطبق با پژوهش‌های صورت گرفته توسط رنیک در سال ۲۰۱۳ است. کوکاکا در سال ۲۰۱۳ در پژوهش‌های خود احساسات مثبت بازار را برجسته می‌کندکه چندان منطبق با پژوهش حاضر نیست. این می‌تواند ناشی از شرایط متفاوت حاکم بر بازارها در زمان بحران باشد.

از نتایج پژوهش می‌توان در پیش بینی قیمت سهام در مقطعی که با سقوط بازار سهام و بروز پدیده‌های رفتاری به ویژه احساسات منفی بازار روبرو هستیم، استفاده کرد. در این پژوهش کل معامله‌گران بازار به پنج استراتژی و باور تقسیم شدند که پیشنهاد می‌شود با توجه به پژوهش‌ها و توسعه‌های صورت گرفته در مدل عامل ناهمگن، تعداد باورها افزایش یابد. همچنین در تحقیقات صورت گرفته تاکنون، معامله‌گران تنها بر روی سهام به عنوان دارایی ریسکی سرمایه‌گذاری می‌کنند که این بر اساس مدل، قابل توسعه به دارایی‌های ریسکی دیگری مانند قرارداد آتی است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع:

تلنگی، احمد. (۱۳۸۳). تقابل نظریه نوین مالی و مالی رفتاری .تحقیقات مالی ، ۱۰(۱۷): ۱-۱۷.

راعی، رضا؛ فلاح پور، سعید(۱۳۸۳). "مالیه رفتاری ، رویکردی متفات در حوزه مالی". *تحقیقات مالی*، ۱۰(۱۸): ۲۷-۴۸.

سعیدی، علی؛ فرهانیان، محمدجواد (۱۳۹۰). رفتار توده وار سرمایه‌گذاران در بورس اوراق بهادار تهران. *فصلنامه بورس اوراق بهادار*، ۴(۱۶): ۱۱-۱۶.

گل ارضی، غلامحسین؛ ضیاچی، علی اصغر (۱۳۹۳). بررسی رفتار جمعی سرمایه‌گذاران در بورس اوراق بهادار تهران با رویکردی مبتنی بر حجم معاملات. *تحقیقات مالی*، ۱۶(۲):۱۱-۱۵.

موسوی شیری، سیدمحمود؛ کریمی، زهرا؛ قدردان، احسان (۱۴۰۱). بررسی رفتار توده ای سرمایه‌گذاران در بازار بورس اوراق بهادار تهران: شواهدی از نوسانات نرخ سود و نرخ ارز. *فصلنامه بورس اوراق بهادار*، ۱۵(۵۹)، ۱۸-۱۲.

وکیلی فرد، حمیدرضا؛ خوشنود، مهدی؛ فروغ نژاد، حیدر (۱۳۹۳). مدل سازی مبتنی بر عامل در بازارهای مالی. *فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه گذاری*، ۳(۱۲): ۱۳۹-۱۵۸.

References

Saidi, A; Javad Farhanian, M.J; (1390). Mass behavior of investors in Tehran Stock Exchange. *Stock Exchange Quarterly*, 4(16): 21-27. (In Persian).

Barberis, N; & Thaler, R. H. (2003). Handbook of the Economics of Finance, chapter 18: A Survey of Behavioral Finance, pp. 1051–1121. Elsevier Science B.V.

Barun´ık, J; Vacha, L; & Vo˘svrda, M; (2009): "Smart Predictors in the Heterogeneous Agent Model." *Journal of Economic Interaction and Coordination*. 18(2), 163–172.

Boswijk, H.P; Hommes, C.H; and Manzan, S (2007). Behavioral Hetero-geneity in Stock Prices. 31(6), 1938-1970.

Brock, W. H; (1997). A Rational route to randomness Econometrica. 65(5), 1059-1090.

Brock, W.A; Hommes, C.H; (1998). Eterogeneous beliefs and routes to chaos in a simple asset pricing model. Journal of Economic Dynamics and Control. 22(8), 1235-1274.

Brock, W. A; Hommes, C. H; & Wagener, F. O. O. (2005). Evolutionary Dynamics in Markets with Many Trader Types. *Journal of Mathematical Economics*. 41(6), 7-42.

Hommes, C; (2006). Heterogeneous agent models in economics and finance. Handbook of Computational Economics, vol. 2, 1109-1186.

Evstigneev, I. V; Hens, T; Schenk-Hopp´e, K. R; (2009). "Evolutionary finance. Handbook of Financial Markets". 507-566.

Gol Arzi, Gholamhossein; and Ziachi, Ali Asghar; (2013), Investigation of collective behavior of investors in Tehran Stock Exchange with an approach based on the volume of transactions, *Financial Research*, 16(2):11-15. (In Persian).

Hommes, C.H; Sonnemans, J; Tuinstra, J; Van de Velden, H; (2005). Coordination of expectations in asset pricing experiments. *Review of Financial Studies 18*, 955–980.

Imon, H. A; (1955). A Behavioral Model of Rational Choice. *The Quarterly Journal of Economics.* 69(1), 99–118.

Kukacka, J; Barunik J; (2013). Behavioural breaks in the heterogeneous agent model: The impact of herding, overconfidence, and market sentiment. 392(23), 5920-5938.

Rai, Reza; Fallahpour, Saeed; (2013). Behavioral finance, a different approach in the financial field. *Financial Research.* 10(18):27-48. (In Persian).

Saidi, Ali; Farhanian, Seyyed Mohammad Javad; (2010). Basics of behavioral economics and finance. Tehran: University of Economic Sciences Press. 4(16):11-16. (In Persian).

Mousavi Shiri, Seyyed Mahmoud; Karimi, Zahra; Ghardan, Ehsan; (1401). "Investigating the mass behavior of investors in the Tehran Stock Exchange market: evidence of interest rate and exchange rate fluctuations". *Stock Exchange Quarterly15* (59):11-16. (In Persian).

Vakilifard, Hamidreza; Khushnoud, Mehdi; Farughnejad, Haider (2014). "Factor-based modeling in financial markets". *Investing Knowledge Research Quarterly*. 3(12): 158-139. (In Persian).

COPYRIGHTS

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 license.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی