

## الگوسازی حساب‌های سوداگرانه بازار سهام تهران با در نظر گرفتن

### پویایی‌های روانی و اجتماعی

تیمور محمدی<sup>\*</sup>، داوود دانش‌جعفری<sup>\*\*</sup>، مصطفی نصرافهانی<sup>\*\*\*</sup>

تاریخ پذیرش  
۱۳۹۶/۰۶/۰۶

تاریخ دریافت  
۱۳۹۶/۰۲/۲۶

#### چکیده

بازار سهام یکی از مهم‌ترین بازارهای مالی هر اقتصادی به حساب می‌آید و لذا فهم هرچه بیشتر آن برای سیاست‌گذاری‌ها لازم است. بسیاری از مطالعاتی که در مورد حساب بازار سهام تهران انجام گرفته‌اند با استفاده از روش‌های اقتصاد متعارف بوده‌اند، و لذا هیچ‌کدام اقدام به الگوسازی نظری نکرده‌اند. این پژوهش از رهیافت اقتصاد محاسباتی مبتنی بر عامل برای الگوسازی استفاده کرده است<sup>۱</sup>. نتایج نشان می‌دهند که وجود نااطمینانی در مورد تغییرات آتی قیمت از یک سو و انتظارات ناهمگن و پویایی‌های روانی و اجتماعی معامله‌گران از سوی دیگر، می‌تواند شکل‌گیری حساب سوداگرانه در بازار سهام تهران را توضیح بدهد. الگوی طراحی شده در این پژوهش با توجه به سادگی و پایه‌ای بودن، می‌تواند به‌عنوان زیربنایی محکم برای کارهای پیچیده‌تر در الگوسازی مبتنی بر عامل بازارهای مختلف استفاده شود. در این پژوهش الگوسازی تجربی برای شاخص کل بازار سهام در دوره ۱۳۹۲-۱۳۹۵ انجام گرفته است. از جمله نتایج تجربی، افزایش سرعت یادگیری معامله‌گران از شهریور ۱۳۹۲ تا بهار ۱۳۹۵ است.

**کلیدواژه‌ها:** اقتصاد محاسباتی مبتنی بر عامل، انتظارات ناهمگن، بازار سهام تهران، پویایی‌های روانی و اجتماعی، حساب.

طبقه‌بندی JEL: C15, C22, C63, D84, G02, G12.

mohammadi@atu.ac.ir

\* دانشیار گروه اقتصاد دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی،

daneshjafari@yahoo.com

\*\* استادیار گروه اقتصاد دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی،

nasr911@atu.ac.ir

\*\*\* دانشجوی دکتری اقتصاد مالی گروه اقتصاد دانشگاه علامه طباطبائی،

<sup>۲</sup> از پروفسور جوانی دوزی (Dosi) و پروفسور اندریا راونتینی (Roventini) در دوران فرصت مطالعاتی در مدرسه مطالعات پیشرفته سنت‌انا، تشکر می‌شود.

## ۱. مقدمه

شکل‌گیری حباب از طریق تحریف قیمت‌های نسبی و اختلال در تخصیص بهینه منابع مالی از یک‌سو و فروپاشی آن از سوی دیگر نوسانات اقتصادی و بی‌ثباتی به همراه دارد. این بی‌ثباتی خود منجر به بیکاری و رکود و دیگر آثار نامطلوب اقتصادی خواهد شد. شاید بتوان بازار سهام هر اقتصاد را به قلب تپنده آن اقتصاد تشبیه کرد، چراکه بنگاه‌ها برای ورود به بازار سهام نیاز به داشتن حداقلی از استانداردها هستند و لذا به‌طور متوسط، بهترین بنگاه‌های اقتصادی هر کشور در بازار سهام آن کشور حضور دارند.

تاکنون پژوهش‌هایی که در ارتباط با بازار سهام ایران صورت گرفته همگی رهیافت از بالا به پایین داشته‌اند و جای خالی پژوهشی با رهیافت پائین به بالا<sup>۳</sup> حس می‌شود. همچنین نفس توسعه الگوهای جدید برای تبیین هر پدیده در پیش‌برد مرزهای دانش انکارناپذیر است.

در این پژوهش، الگویی ابتکاری برای تشریح نحوه ایجاد حباب قیمتی در بازار یک دارایی با توجه به تعامل انتظارات بین خریداران و فروشندگان طراحی شده است. از آنجا که انتظارات جنبه‌ای روانی دارد، باید نحوه شکل‌گیری آن‌ها با دانش روانشناسی و پویایی‌های روانی سازگار باشد. همچنین انتظارات افراد در یک سیستم پیچیده اجتماعی شکل می‌گیرد و لذا هرچه بیشتر بشود این پیچیدگی‌های اجتماعی را وارد الگو کرد نگاه واقع‌بینانه‌تری وجود خواهد داشت. در رهیافت الگوسازی مبتنی بر عامل که در این پژوهش از آن استفاده شده است تأکید می‌شود که الگو را تا آنجا که پاسخ سؤال در دست<sup>۴</sup> داده شود گسترده و مطابق با جزئیات دنیای واقعی بسازید، چراکه روح الگوسازی یعنی حذف جزئیات زائد و اگر بنا باشد تمام جزئیات «نامربوط»<sup>۵</sup> وارد الگو شوند الگوسازی خوبی انجام نشده است. در بازه زمانی دولت یازدهم، نوسانات شاخص

<sup>۳</sup> -Bottom-Up

<sup>۴</sup> - The Question in the Hand

<sup>۵</sup> -Irrelevant

بازار سهام در واکنش به اخبار سیاسی قابل تأمل بود.

تغییرات شاخص ناشی از اخبار سیاسی که هنوز اثرات آن‌ها بر اقتصاد آشکار نشده است نشان از اهمیت انتظارات در نوسان شاخص کل بازار سهام تهران دارد. برای تبیین چگونگی اثرگذاری انتظارات بر ایجاد حباب در این پژوهش ابتدا الگوسازی نظری صورت می‌پذیرد... برای مقایسه بین خروجی الگو و دنیای واقعی، سری زمانی شاخص کل، چرخه‌ها و روندها به روش هودریک-پرسکات تفکیک شده و سپس مقیاس آن به ۱۰۰۰ تغییر پیدا می‌کند، به این صورت که جایی که حبابی شروع می‌شود، قیمت ۱۰۰۰ در نظر گرفته می‌شود. برای الگوسازی شیوع انتظارات در بین معامله‌گران از الگوی بیماری‌های مسری که به الگوی SIR مشهور شده است الهام گرفته شده است. در تناظر با الگوی مذکور، سه دسته افراد در بازار تعریف می‌شوند: خوش‌بین‌ها، واقع‌نگرها و خنثی‌ها. خوش‌بین‌ها به بهبود بازار اعتقاد دارند. خنثی‌ها نظری ندارند اما در برخورد با خوش‌بین‌ها و یا واقع‌نگرها ممکن است با آن‌ها هم‌رأی شوند. واقع‌نگرها اعتقاد به حبابی بودن بازار دارند. برای الگوسازی، از روش الگوسازی مبتنی بر عامل (ABM<sup>۶</sup>) استفاده می‌شود. در این پژوهش، از نرم‌افزارهای Matlab و LSD<sup>۷</sup> استفاده شده است.

وقتی خبرهایی منتشر می‌شود که بالقوه می‌تواند بر ارزش‌های بنیادی شرکت‌های بازار سهام اثر منفی یا مثبت بگذارد، مردم نظرات کمی متفاوتی در مورد آینده شرکت‌های مذکور خواهند داشت و این نظرات متفاوت ریشه در کیفی بودن و نامطمئن بودن اخبار منتشره دارد. بنابراین یک خبر بسته به تفسیری که از آن می‌شود و بسته به میزان اعتماد شنونده به منبع خبری می‌تواند انتظارات ناهمگنی<sup>۸</sup> در بین کارگزاران (یا عوامل) اقتصادی ایجاد کند. متأسفانه الگوهای کلاسیکی و کلاسیک جدید در بازارهای

<sup>۶</sup> -Agent-Based Modeling

<sup>۷</sup> - Laboratory of Simulation Development

این تولکیت در مدرسه مطالعات پیشرفته سنت‌آنا، ایتالیا طراحی و بسط داده شده است.

<sup>۸</sup> -Heterogeneous Expectations(HE)

مالی، که تلاش کرده‌اند الگوهای بر مبنای خرد ارایه کنند، با استفاده از تحلیل رفتار یک کارگزار نماینده<sup>۹</sup> و یا انتظارات همگن ساخته شده‌اند. شکل‌گیری تغییرات و تحولات در عقاید افراد به خاطر ملاقات و تراکنش‌های مستقیم آن‌ها با یکدیگر پویایی‌های اجتماعی<sup>۱۰</sup> نامیده می‌شود. اما این پویایی‌های اجتماعی، بدون در نظر گرفتن پویایی‌های<sup>۱۱</sup> روانی امکان‌پذیر نیست. از نتایج این تحقیق ارایه‌ی تبیینی روانی-اجتماعی از نحوه شکل‌گیری بعضی حباب‌های ناشی از انتظارات در بازار سهام تهران است. یکی از نتایج این مطالعه همچنین این است که سرعت یادگیری در بازه مورد بررسی فزاینده بوده است.

در ادامه و در بخش دوم، ادبیات نظری و پیشینه مورد بررسی قرار خواهند گرفت و الگوسازی نظری انجام می‌شود. الگوسازی تجربی در بخش سوم است و در بخش چهارم جمع‌بندی و نتایج تحقیق ارایه خواهد شد.

## ۲. ادبیات نظری، پیشینه پژوهش و الگوسازی نظری

### ۲-۱. ادبیات نظری

در بازار سهام تهران، مشابه با اکثر بازارهای سهام، مکانیزم تعیین قیمت از نوع حراج است. آنچه قیمت را مشخص می‌کند قیمت‌های پیشنهادی خرید و فروش است. بنا به آنچه در نظریات کلاسیک عنوان می‌شود قیمت‌ها مطابق با ارزش ذاتی تعیین شده و اگر هم انحرافات موقتی در آن‌ها وجود دارد دوباره بازگشت به مقادیر بنیادی اتفاق خواهد افتاد. برای توسعه الگویی سازگار با دنیای واقعی و بازار سهام تهران می‌توان قطعاتی از الگوهای مختلفی که قبلاً کار شده‌اند را به هم‌دیگر وصل نموده و سپس نقایص آن را بصورت ابتکاری برطرف نمود. در الگوسازی مبتنی بر عامل سعی می‌شود

<sup>۹</sup> -Representative Agent

<sup>۱۰</sup> -Social Dynamics

<sup>۱۱</sup> -Psychological Dynamics

فروض الگو و قواعد رفتاری با دنیای واقعی سازگار باشند، بنابراین باید قواعد رفتاری ابتدا در دنیای واقعی مشاهده شده و سپس وارد الگو شوند.

## ۲-۱-۲. طراحی الگوی مفهومی

### ۲-۱-۲-۱. مقدمات

برای الگوسازی نوسانات قیمت در بازار سهام از روش‌های مختلفی استفاده شده است. مشابه با الگوی پالمر<sup>۱</sup> و دیگران (۱۹۹۴) از روش جیره‌بندی<sup>۲</sup> و با فرض اینکه دو گزینه بانک و سهام برای سرمایه‌گذاری وجود دارند می‌توان اختلاف مقدار عرضه و تقاضای سهام در قیمت فعلی را برای تعیین قیمت دوره بعد استفاده کرد (پالمر و دیگران، ۱۹۹۴). در مقاله مذکور که به الگوی بازار سهام سانتافه<sup>۳</sup> مشهور شده است میزان مازاد عرضه و یا تقاضا مشخص‌کننده تغییرات قیمت خواهد بود. اما در دنیای واقعی و بخصوص در بازارهایی مثل بازار سهام تهران که حراج دوطرفه<sup>۴</sup> برقرار است حجم عرضه عرضه و تقاضا نیست که تعیین‌کننده قیمت‌های بازاری است، بلکه قیمت‌های پیشنهادی است که تعیین‌کننده است. به عبارتی، حتی اگر همه دارندگان سهام یک شرکت مشخص در بازار سهام تهران اقدام به فروش سهمشان کنند ولی قیمت پیشنهادی آن‌ها برای فروش ثابت باشد، قیمت کل بازار هیچ تغییری نمی‌کند. از طرف دیگر، اگر حتی حجم بالایی تمایل به خرید یا فروش داشته باشند ولی در طرف دیگر به ترتیب فروشنده و یا خریداری وجود نداشته باشد هیچ تغییری قیمتی اتفاق نمی‌افتد چراکه اساساً معامله‌ای صورت نمی‌گیرد. این حالت در بین معامله‌گران سهام به «صف خرید» یا «صف فروش» شهرت دارد. حالت دیگری که هیچ معامله‌ای صورت نمی‌گیرد-

<sup>۱</sup> -Palmer

<sup>۲</sup> -Rationing

<sup>۳</sup> -Santa Fe Stock Market

<sup>۴</sup> -Double Auction

و نتیجتاً تغییری در قیمت بازاری مشاهده نمی‌شود- مربوط به وقتی است که قیمت‌های پیشنهادی خرید و فروش انعطاف نداشته و به هم نزدیک نمی‌شوند.

یکی از ویژگی‌های بازار سهام تهران محدودیت قیمت<sup>۱</sup> است. به این معنا که قیمت فقط می‌تواند در محدود مثبت و منفی ۵ درصد نسبت به قیمت روز قبل جابه‌جا بشود. در بازار سهام تهران سفارش‌های خرید به ترتیب مرتب شده و سفارش‌های فروش هم مرتب می‌شوند و سپس در صورتی که امکان انجام معامله وجود داشت بهترین پیشنهادهای فروش با بهترین پیشنهادهای خرید باهم معامله می‌شوند. همچنین رتبه‌بندی سفارش‌های خرید و فروش در مرتبه اول بر اساس قیمت پیشنهادی و در مرتبه بعدی بر اساس زمان ارسال سفارش خواهد بود، به این صورت که اگر دو سفارش خرید (فروش) قیمت یکسانی داشته باشند، آن سفارشی که زودتر انجام گرفته است در اولویت قرار می‌گیرد. در سایر موارد (مثلاً اینکه هم قیمت و هم زمان برای دو سفارش یکسان باشد)، انتخاب به صورت تصادفی صورت می‌گیرد. همچنین در صورتی که سفارشی نزد حراجگر مرکزی ثبت شود ولی اجرا نشود پس از مدتی منقضی شده و باطل می‌شود و شخص باید در صورت تمایل و اصرار به انجام معامله، سفارش را دوباره وارد کند. در الگویی که در این پژوهش طراحی شده است تمامی موارد فوق لحاظ شده است. به‌عنوان مثال، چنانچه در دنیای واقعی محدودیت قیمت برای هر روز وجود دارد، در مدل شبیه‌سازی شده هم در هر گام زمانی، محدودیت نوسان قیمت اعمال شده است.

برای درک دقیق‌تر نوسانات بازار سهام نباید از پویایی‌های روانی و اجتماعی غفلت کرد. می‌توان ادعا کرد پویایی‌های روانی و اجتماعی یکی از وجوه افتراق اساسی در بین بازارهای مختلف دنیا است. بر اساس آنچه مطالعات مالی رفتاری نشان می‌دهد جنبه‌های روانی در بازارهای مالی اهمیت زیادی دارد (دیبای<sup>۲</sup>، هرشل<sup>۱</sup> و گراسمن<sup>۲</sup>، ۱۹۹۸). در عمل،

<sup>۱</sup> -Price Limit

<sup>۲</sup> -Diba

تصمیم‌سازی عامل‌ها در بافتی اجتماعی صورت می‌گیرد و غفلت از تأثیر و تأثر عوامل از یکدیگر در یک سیستم پیچیده می‌تواند بسیار مهلک بوده و منجر به تبیین‌های اشتباه بشود (هالند<sup>۳</sup>، ۲۰۱۴). مشابه با تعریفی که برنساید<sup>۴</sup> و دیگران (۲۰۱۶) از پویایی‌های اجتماعی دارد، می‌توان ناهمگنی عقاید عامل‌ها در مورد ارزش‌های بنیادی و تغییر عقایدشان طی تعاملاتی که با همدیگر دارند را پویایی اجتماعی دانست. اساساً یکی از نقاط قوت استفاده از الگوسازی مبتنی بر عامل در واقع این است که ریاضیاتی مناسب با جنبه‌های اجتماعی به حساب می‌آید (بوریل<sup>۵</sup> و تسفتسیون<sup>۶</sup>، ۲۰۱۰).

#### ۲-۲-۱-۲. الگوی انتشار<sup>۷</sup>

برای وارد کردن اثر اخبار روی قیمت‌ها در الگو، چاره‌ای جز استفاده از الگوهای انتشار وجود ندارد. الگوهای انتشار زیادی در ادبیات ریاضی کاربردی و یا شبیه‌سازی‌های کامپیوتری تاکنون بسط داده شده‌اند. دسته‌ای از الگوهای انتشار که مشهور به الگوهای SIR<sup>۸</sup> هستند توسط کرمک<sup>۹</sup> و مکندریک<sup>۱۰</sup> (۱۹۹۲) ارائه شدند. در این الگوها سه دسته افراد وجود دارند: آسیب‌پذیرها، خوش‌بین‌ها، و واقع‌نگرها<sup>۱۱</sup>.

در الگوی کرمک و مکندریک (۱۹۹۲)، سه معادله تفاضلی معمولی غیرخطی وجود دارند:

- 
- <sup>۱</sup> -Hershel
  - <sup>۲</sup> -Grassman
  - <sup>۳</sup> -Holland
  - <sup>۴</sup> -Burnside
  - <sup>۵</sup> -Borill
  - <sup>۶</sup> -Tsfatsion
  - <sup>۷</sup> -Diffusion Model
  - <sup>۸</sup> -Susceptible-Infected-Recovered
  - <sup>۹</sup> -Kermack
  - <sup>۱۰</sup> -Mackendrick
  - <sup>۱۱</sup> -Recovered

$$\frac{dS}{dt} = -\beta SI \quad (۱)$$

$$\frac{dI}{dt} = \beta SI - \gamma I \quad (۲)$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I \quad (۳)$$

که در آن‌ها،  $S$  تعداد افراد مستعد (یا همان آسیب‌پذیر در الگوی سرایت بیماری)،  $I$  تعداد افراد خوش‌بین و  $R$  تعداد افراد واقع‌بین است.  $\gamma$  ضریب تبدیل افراد خوش‌بین به واقع‌نگر است و  $\beta$  احتمال تبدیل یک فرد مستعد به خوش‌بین در صورت ملاقات با یک فرد خوش‌بین است.  $d$  نماد دیفرانسیل و  $t$  هم زمان است. متغیری که در تحولات زمانی این معادلات تعیین‌کنندگی دارد چیزی است که به آن «آستانه اپیدمیولوژیک»<sup>۱</sup> گفته می‌شود. این آستانه به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$R_0 = \beta S / \gamma \quad (۴)$$

وقتی که  $R_0 < 1$ ، آنگاه هر شخص خوش‌بین کمتر از یک نفر را خوش‌بین خواهد کرد و لذا تعداد بیماران به خوش‌بین‌ها خواهد گرایید، چراکه:  $\frac{dI}{dt} < 0$ . اما وقتی که این آستانه بزرگ‌تر از ۱ باشد، آنگاه تعداد خوش‌بین‌ها به مرور زمان افزایش پیدا خواهد کرد چراکه:  $\frac{dI}{dt} > 0$ . بنابراین آستانه مذکور، مهم‌ترین کمیت اپیدمیولوژی است. در الگوهای دیگر (غیر از الگوی پایه کرمک)، فرمول معادلات دیفرانسیل  $\frac{dI}{dt}$  متفاوت هستند و لذا  $R_0$  هم متفاوت خواهد بود (می<sup>۲</sup> و روی<sup>۳</sup>، ۱۹۷۹).

الگویی که در این پژوهش طراحی شده است برای قسمت انتشار و پویایی‌های اجتماعی از نوعی الگوی SIR استفاده می‌کند.

<sup>۱</sup> -Epidemiologic Threshold

<sup>۲</sup> -May

<sup>۳</sup> -Roy



## ۲-۱-۲-۳. الگوی مفهومی

با توجه به جنبه‌های تکنیکی مکانیزم تعیین قیمت و جنبه‌های روانی و اجتماعی می‌توان الگوی مفهومی پایه‌ای برای تبیین چگونگی ایجاد یک حساب در بازار سهام طراحی کرد.

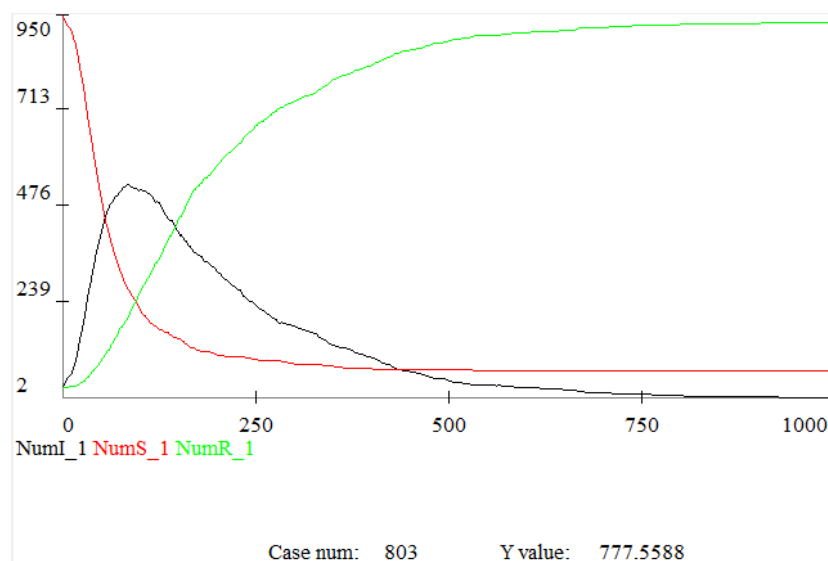
با توجه به توصیفات که در قسمت‌های قبلی انجام شد الگوی مفهومی را می‌توان به این صورت توصیف کرد:

اخباری که احتمالاً می‌تواند اثر مثبت (منفی) روی عملکرد سهام داشته باشد شروع به انتشار می‌کند. برای اینکه حساب اتفاق بیافتد باید در واقع خبر مذکور خنثی بوده باشد و اثری روی ارزش‌های بنیادی نداشته باشد. معامله‌کنندگان بازار در ابتدای امر سه دسته می‌شوند: افرادی که خبر را کاملاً اثرگذار بر سوددهی و نتیجتاً ارزش بنیادی و ذاتی سهام می‌دانند؛ کسانی که گروه خاکستری هستند و اظهارنظر خاصی ندارند و کسانی که به خاطر تجارب گذشته و مهارت‌ها می‌دانند که این خبر اثرگذار نیست. افراد خوش‌بین که تعدادشان با I نشان داده می‌شوند، اقدام به خرید و پیشنهاد قیمتی می‌کنند که معامله خرید اتفاق بیافتد. با توجه به محدودیت نوسان قیمت، خریدار یا فروشنده سهام می‌تواند تنها قیمتی در محدوده مثبت و منفی ۵ درصد نسبت به قیمت در دوره قبلی پیشنهاد بدهد و لذا کسی که خوش‌بین است قیمتی بیشتر از قیمت قبلی پیشنهاد می‌دهد. از طرف دیگر چون خرید با قیمت پایین‌تر به نفع اوست لزومی نیست که در بسیاری مواقع حداکثر قیمت ممکن (مثبت پنج درصد بیشتر از قیمت قبلی) را پیشنهاد بدهد. فرض می‌شود که چنین افرادی میزان بیشتر بودن قیمت از قیمت قبلی را به‌طور تصادفی و با احتمال یکنواختی بین صفر تا ۵ درصد بیشتر از قیمت قبلی پیشنهاد می‌دهند. افرادی واقع‌نگر که اتفاقاً انتظارات نزدیک‌تر به عقلانی دارند به محض بالاتر رفتن قیمت از ارزش بنیادی سفارش فروش می‌گذارند. افراد یا عامل‌های آسیب‌پذیر تا زمانی که با هیچ گروه دیگری ملاقات نکرده‌اند اثر خنثی بر

قیمت دارند و بعضی از آن‌ها تقاضای خرید سهم را ارسال می‌کنند و بعضی دیگر تقاضای فروش. انتظار می‌رود که الگو بتواند حدوث و ترکیدن یک حساب قیمتی را تبیین کند.

### ۲-۱-۳. شبیه‌سازی الگوی نظری

با توجه به طراحی الگوی مفهومی، اقدام به شبیه‌سازی رایانه‌ای انجام گرفت. در الگوی نظری شبیه‌سازی شده در ابتدا ۱۰۰۰ عامل (فرد) در جامعه در نظر گرفته شده‌اند که این از تعداد با وقوع یک اتفاق (خبر) جدید، تعداد محدودی (۲۵ نفر) خوش‌بین (I)، و تعداد محدودی هم (۲۵ نفر) واقع‌نگر (R) هستند و مابقی آسیب‌پذیر یا خنثی (S) هستند. چنان‌که توضیح داده شد افراد خوش‌بین در صورت تماس با افراد مستعد با احتمال مشخصی باعث خوش‌بین شدن آن‌ها نسبت به آینده سهام می‌شوند و آن‌ها هم تمایل به پیش‌خور کردن سودهای آتی بهبود یافته پیدا می‌کنند. بنابراین تعداد افراد خوش‌بین و نتیجتاً کسانی که سفارش‌های خرید می‌گذارند بیشتر می‌شود. اما به مرور زمان تعداد افرادی که به جمعیت خوش‌بین‌ها اضافه می‌شوند کم می‌شوند و از طرف دیگر، تعدادی از کسانی که از قبل خوش‌بین بوده‌اند هم واقع‌نگر شده و متوجه حسابی بودن افزایش قیمت می‌شوند. بنابراین جمعیت خوش‌بین‌ها در ابتدا افزایش پیدا می‌کند و بعد از مدتی نه تنها افزایش پیدا نمی‌کند، بلکه کاهش هم پیدا خواهد کرد. اینکه ترکیب جمعیتی به چه صورت باشد منجر به الگوهای قیمتی متفاوتی خواهد شد. احتمال اینکه در برخورد یک خوش‌بین با یک فرد مستعد، این خوش‌بینی به وی منتقل شود با پارامتر  $a$  نشان داده شده است و احتمال آگاه شدن یک خوش‌بین نسبت به اشتباهش با پارامتر  $b$  نشان داده می‌شود. پویایی‌های جمعیتی که متأثر از پویایی‌های روانی است مطابق نمودار (۱) خواهد بود.



نمودار (۱). پویایی‌های اجتماعی در الگو

منبع: یافته‌های پژوهش

چنان‌که در نمودار (۱) مشاهده می‌شود، تعداد افراد خوش‌بین (NumI) و واقع‌نگر (NumR) هر دو به اندازه ۲۵ نفر است. بعد از تبدیل مابقی افراد مستعد (NumS) که در ابتدا ۹۵۰ نفر هستند به افراد خوش‌بین تعداد افراد خوش‌بین افزایش پیدا می‌کند. در عین حال خود افراد خوش‌بین هم در حال تبدیل شدن به واقع‌نگر هستند و لذا تعداد افراد خوش‌بین شکلی زنگوله‌ای شکل پیدا می‌کند. از آن طرف تعداد افراد واقع‌نگر (که عقلایی در نظر گرفته شده‌اند) همواره روند صعودی‌اش را حفظ می‌کند. در تعادل بلندمدت، در این الگو، همه افراد عقلایی خواهند شد. این پدیده با ادعای فریدمن (۱۹۵۳) که مقاله‌ای پایه و اثرگذار در علم اقتصاد حساب می‌شود در مورد اینکه افراد غیرعقلایی<sup>۱</sup>، یا تطابق<sup>۲</sup> پیدا می‌کنند و یا از بازار بیرون رانده می‌شوند

<sup>۱</sup> -Non-Rational

<sup>۲</sup> -Adopt

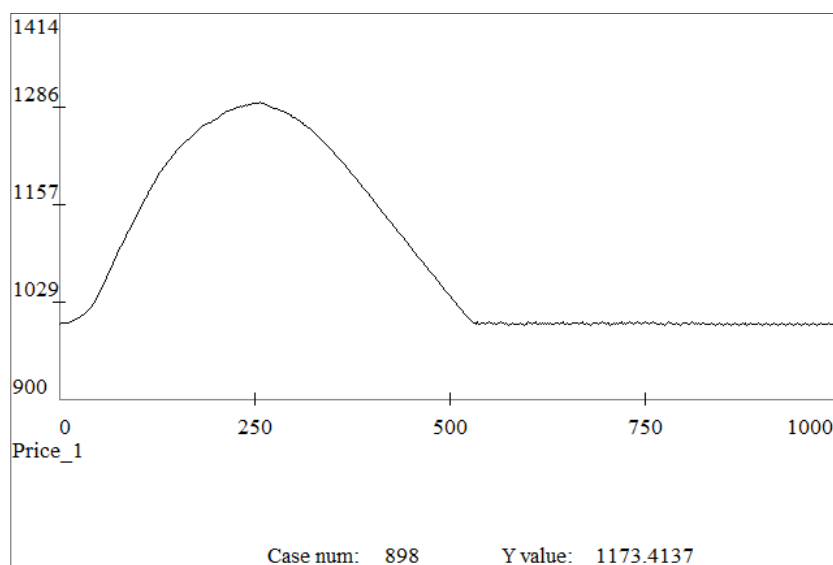
همخوانی دارد (فریدمن<sup>۳</sup>، ۱۹۵۳).

فارغ از پویایی‌های ترکیب جمعیتی، پویایی‌هایی هم در بازار که از نوع حراج دوطرفه است وجود دارد. هر فرد برای ارسال سفارش خرید یا فروش به وضعیت سفارش قبلی خودش نگاه می‌اندازد. در ابتدای امر، هیچ پیشینه‌ای وجود ندارد و لذا گویی هیچ سفارشی هم از قبل وجود نداشته است. افراد بر اساس قواعد رفتاری خود سفارش‌هایی ارسال می‌کنند. در هر دوره، اگر از دوره قبل سفارشی وجود داشته است و اجرا نشده است، حراجگر مرکزی بررسی می‌کند که آیا زمان نگهداری سفارش منقضی شده است یا خیر. این زمان حداکثر برای نگهداری سفارش در سیستم حراجگر مرکزی در الگو با پارامتری به نام MaxTime مشخص شده است. اگر از زمان ارسال سفارش بیشتر از MaxTime گذشته باشد، سفارش از سیستم حذف می‌شود. وقتی که سفارش از سیستم حذف می‌شود، شخص سفارش‌دهنده متوجه می‌شود که سفارشش اجرا نشده و می‌تواند سفارش جدید بگذارد. در هر لحظه از زمان، هر فرد می‌تواند تنها یک سفارش خرید یا فروش داشته باشد. همچنین شخص می‌تواند تصمیم بگیرد که در این گام زمانی<sup>۴</sup>، اصلاً هیچ سفارشی نداشته باشد. افراد در این الگوی، با احتمال ثابتی تصمیم به ارسال سفارشی متناسب با وضعیتشان می‌کنند که این احتمال در پارامتر ProbAction تعریف می‌شود. هر زمان که سفارشی توسط یک عامل ارسال می‌شود، نوع سفارش (خرید یا فروش)، زمان انجام سفارش، و اسم سفارش‌دهنده وارد سیستم می‌شود. سیستم مرکزی سفارش‌ها را به این صورت مرتب می‌کند که سفارش‌های خرید با قیمت بالاتر در مرتبه بالاتر قرار می‌گیرند و سفارش‌های فروش با قیمت پایین‌تر هم در مرتبه بالاتر قرار می‌گیرند. اگر همه شرایط برای دو سفارش دقیقاً یکسان باشد آن سفارشی که زودتر انجام گرفته است اولویت پیدا می‌کند و اگر حتی زمان ارسال دو سفارش هم دقیقاً

<sup>۳</sup> -Friedman

<sup>۴</sup> -Time-Step

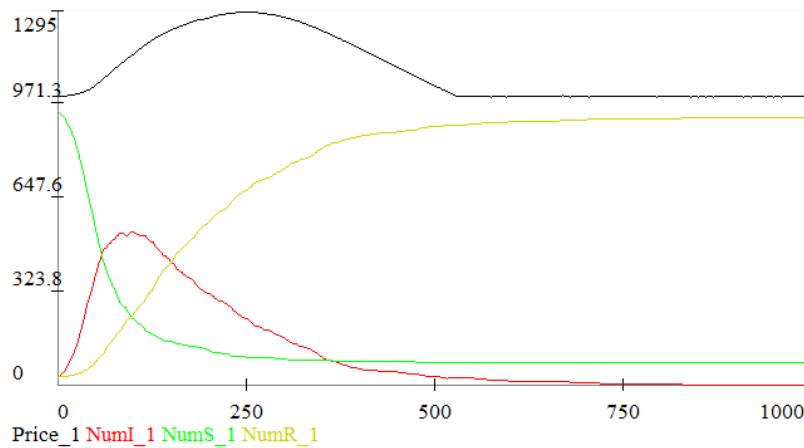
یکسان باشند آنگاه به صورت تصادفی یکی از آن دو در اولویت بالاتر قرار می‌گیرد. سپس بهترین سفارش خرید را با بهترین سفارش فروش مرتبط کرده و معامله را با قیمت میانگین قیمت آن‌ها به انجام می‌رساند و هر دو سفارش از فهرست‌ها حذف می‌شوند. پیش شرط انجام معامله این است که قیمت پیشنهادی خرید بیشتر از قیمت پیشنهادی فروش باشد. وقتی یک سفارش اجرا می‌شود، نه تنها از لیست حذف می‌شود، بلکه سفارش دهنده هم مطلع شده و می‌تواند سفارش بعدی را انجام بدهد. به این ترتیب، قیمت «آخرین معامله» مشخص می‌شود. اما قیمت بازار سهام زمانی مشخص می‌شود که تمامی سفارش‌های ممکن در این دوره انجام شده باشد. در این صورت قیمت سهام در آن دوره یا گام زمانی، برابر میانگین قیمت کلیه معاملات خواهد بود. اگر قیمت بنیادی برابر ۱۰۰۰ در نظر گرفته شود، آنگاه با توجه به پویایی‌های جمعیتی ابتدا تولید و سپس ترکیدن یک حساب قیمتی مطابق نمودار (۲) مشاهده خواهد شد.



نمودار (۲). قیمت سهام متأثر از پویایی‌های اجتماعی

منبع: یافته‌های پژوهش

چنانچه در نمودار شکل (۲) مشاهده می‌شود، قیمت سهام در اثر پویایی‌های روانی و اجتماعی دچار یک حباب شده و سپس این حباب می‌ترکد. محور عمودی قیمت و محور افقی دوره شبیه‌سازی است. اگر این نمودار با نمودار پویایی‌های اجتماعی در یک دستگاه رسم شود این نکته آشکار می‌شود که علت افزایش قیمت، افزایش تعداد افراد خوش‌بین در جمعیت است. به شکل (۳) دقت شود:



Case num: 451 Y value: 1194.6872

نمودار (۳). مقایسه زمان اوج قیمت با حداکثر جمعیت خوش‌بین‌ها

منبع: یافته‌های پژوهش

چنانچه در نمودار (۳) ملاحظه می‌شود افزایش قیمت درست در زمانی اتفاق می‌افتد که تعداد افراد خوش‌بین به حداکثر رسیده‌اند. محور عمودی تعداد افراد و قیمت را نشان می‌دهد و محور افقی دوره شبیه‌سازی را. زمانی که موج خوش‌بینی مفرط از بین می‌رود دوباره قیمت به مقدار بنیادی خودش بازگشت خواهد داشت.

نکته‌ای که وجود دارد این است که این نمودارها در الگو ممکن است متناسب با

اینکه پارامترهای الگو چه مقادیری به خود بگیرند متفاوت باشند. الگوی قیمتی تولیدشده در الگوی فوق هرازگاهی در دنیای واقعی مشاهده می‌شود، اما شکلی که ایجاد می‌شود تفاوت‌هایی با آنچه در الگو وجود دارد دارد. به همین منظور باید از الگوسازی تجربی یا کالیبراسیون استفاده شود تا دانسته شود به ازای کدام مقادیر از پارامترها آن سری زمانی که در دنیای واقعی تولید شده مشاهده می‌شود.

## ۲-۲. پیشینه پژوهش

مطالعات تجربی و الگوسازی‌های نظری متعددی در رابطه با علل و نحوه شکل‌گیری حساب و نوسانات قیمت دارایی و بخصوص بازار سهام انجام‌گرفته است. با توجه به رهیافت ترکیبی پژوهش حاضر، از هر جنبه‌ای با بعضی مطالعات همپوشانی موضوعی وجود دارد. ابتدا مواردی از الگوسازی نظری و سپس مطالعات تجربی خارجی و درنهایت مطالعات تجربی داخلی مورد مرور قرار می‌گیرند. به دلیل تعدد کارهای انجام‌شده سعی می‌شود مرتبط‌ترین کارها به پژوهش حاضر ارایه شوند.

از جمله کارهای اولیه و خوبی که با استفاده از رهیافت اقتصاد محاسباتی مبتنی بر عامل در این زمینه انجام‌گرفته است مربوط به سمت<sup>۵</sup> و دیگران (۲۰۰۴) است. در این مقاله تلاش به الگوسازی نظری حساب سوداگرانه در بازاری که متشکل از عامل‌های با هوش صفر یعنی با یادگیری صفر پرداخته شود. مکانیزم تعیین قیمت، حراج دوطرفه<sup>۶</sup> است. این کار به توصیفاتی در مورد پارامترهای تأثیرگذار و شرایط لازم برای بروز یک حساب قیمتی در بازار یک دارایی در چارچوب موردنظر منجر شد.

برنساید و همکاران (۲۰۱۵)، الگویی ارایه می‌کند که در آن مشاهداتی از قبیل عدم همخوانی نوسانات قیمت با تغییرات در مقادیر بنیادی را توضیح می‌دهد. عامل‌ها در این الگو راجع به مقادیر بنیادی، عقاید ناهمگن دارند اما در اثر پویایی‌های اجتماعی عقایدشان را

---

<sup>۵</sup>-Semet

<sup>۶</sup>-Double Auction

تغییر می‌دهند. این الگو دلیل اصلی رونق‌ها را ورود خریداران جدید به بازار می‌داند. در الگویی که برنساید و همکاران (۲۰۱۵) ارائه می‌کنند از الگوی انتشار SIR استفاده شده است.

مروت و همکاران (۱۳۹۵)، الگویی ساده برای توضیح پویایی شاخص کل قیمت بازار سهام تهران با استفاده از رهیافت محاسباتی مبتنی بر عامل ارائه کرده‌اند. روش کار دیچی و وسترهف<sup>۷</sup> (۲۰۱۲)، برای تعیین تأثیر نسبی دو گروه نمودار گراها<sup>۸</sup> و بنیادگراها<sup>۹</sup> مورد استفاده قرار گرفته است. در این پژوهش برای تفکیک اثر نمودارگراها از بنیادگراها از یکی از فیلترها استفاده شده است.

در حوزه الگوسازی‌های تجربی در تحلیل بازار سهام تهران با رهیافتی روان‌شناسانه‌تر که با تمرکز بر رفتار جمعی یا همان رمه‌ای انجام گرفته است، مطالعه محمدی و همکاران (۱۳۸۹) است. در مقاله مذکور با استفاده از رویکرد تبعیت از بتا و با به‌کارگیری الگوی فضای حالت به این نتیجه رسیده است که سرمایه‌گذاران در بورس اوراق بهادار تهران به‌صورت جمعی و مستمر از عامل بازار تبعیت می‌کنند.

بسیاری از کارها به شناسایی وجود حساب به روش‌های مختلف پرداخته‌اند که بسیاری از این روش‌ها در این سال‌های اخیر و با انتقادات روش‌شناختی جدی از درجه اعتبار آن‌ها کاسته شده است (گورکایناک<sup>۱۰</sup>، ۲۰۰۸).

### ۳. الگوسازی تجربی

#### ۳-۱. پیش‌پردازش

چنانچه در قسمت قبل گفته شد، خروجی الگوسازی ریاضی و شبیه‌سازی کامپیوتری

<sup>۷</sup> - Dieci and Westerhof

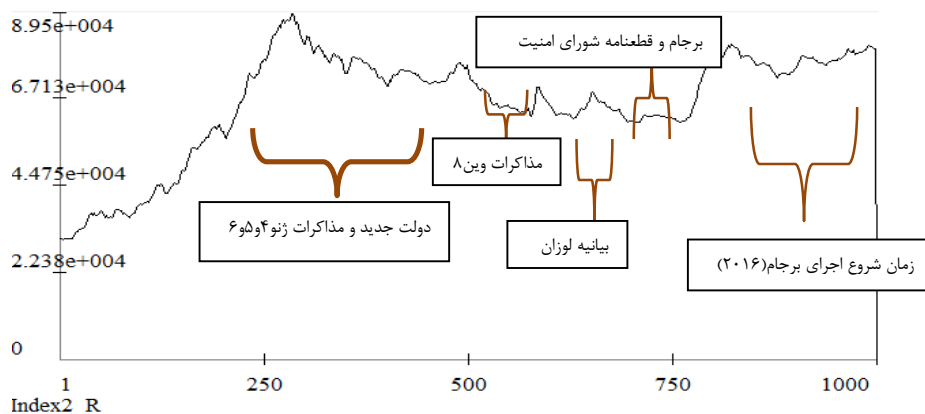
<sup>۸</sup> - Technicalists

<sup>۹</sup> - Fundamentalists

<sup>۱۰</sup> - Gürkaynak



باید بتواند با واقعیت‌ها و یا داده‌های دنیای واقعی همخوانی داشته باشد. برای بررسی این مسأله از روش‌های اعتبارسنجی<sup>۱۱</sup> استفاده می‌شود. به‌عنوان مثال در بسیاری الگوهای بازارهای مالی، اعتبار الگو را از طریق بازتولید حقایق آشکارشده<sup>۱۲</sup> توسط الگو می‌سنجند (دوزی و استچیولی، ۲۰۱۵). همچنین تأیید خیرگان در بعضی منابع برای اعتبارسنجی خروجی الگو کافی عنوان شده است (ویلنسکی و رند<sup>۱۳</sup>، ۲۰۱۵). با انجام کالیبراسیون<sup>۱۴</sup> روی پارامترهای الگو سعی گردید مقادیری که منجر به خروجی‌های نزدیک‌تر به دنیای واقعی می‌شود کشف شوند. برای امکان‌پذیری مقایسه دو سری زمانی، شاخص قیمت در نقطه شروع به رشد به عدد ۱۰۰۰ استاندارد می‌شود. سری زمانی شاخص کل بازار سهام تهران از نیمه دوم سال ۹۱ الی آذرماه ۹۵ به‌صورت زیر است:



Case num: 788

Y value: 24406.8136

<sup>۱۱</sup> -Validation

<sup>۱۲</sup> -Stylised Facts

<sup>۱۳</sup> - Willensky and Rand

<sup>۱۴</sup> -Calibration

## نمودار (۴). شاخص کل بازار سهام تهران طی دوره ۱۳۹۱/۷/۱ الی ۱۳۹۵/۱۰/۱

منبع: یافته‌های پژوهش

چنانچه از نمودار فوق پیداست، چند بازه زمانی رونق و رکود را می‌توان شناسایی کرد که اتفاقاً ماشه‌چکان اکثر آنها اخبار جدید بوده‌اند. به‌عنوان مثال، بزرگ‌ترین رونق مربوط به انتخاب ریاست جمهوری دوره یازدهم می‌شود که باعث جهش انتظارات و خوش‌بینی مفرط معامله‌گران شد. اخبار ماشه‌چکان برای هر دوره رونق-رکود در بازه مورد بررسی در نمودار (۴) آورده شده است.

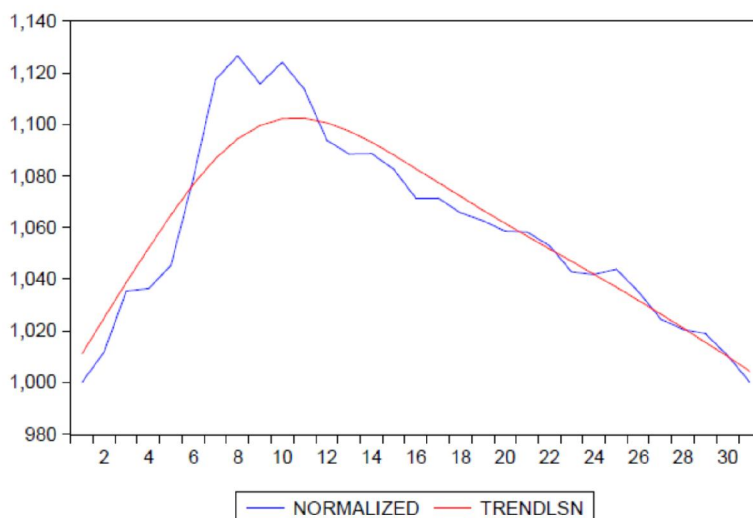
با توجه به نظرات خبرگان<sup>۱۵</sup> بازار سهام، تقریباً تمامی نوسانات شاخص با اخبار منتشرشده در همان تاریخ قابل توضیح است و از آنجاکه عوامل در الگوی مفهومی این پژوهش بنیادگرا<sup>۱۶</sup> هستند و بنابراین تحلیل و معامله‌ای که انجام می‌دهند بر مبنای تغییرات واقعی در مقادیر بنیادی و یا انتظار تغییرات در آن مقادیر است، باید اثر معامله‌گران تکنیکالیست<sup>۱۷</sup> از روند حذف شود. به این منظور مشابه با پژوهش مروت و دیگران (۱۳۹۵) از فیلتر هودریک-پرسکات برای تفکیک چرخه از روند استفاده شد. به عنوان مثال تفکیک روند از چرخه برای خروجی مذاکرات لوزان در نمودار (۵) قابل مشاهده است. این دوره از اولین روز معاملاتی در سال ۱۳۹۴، یعنی ۵ فروردین شروع شد و به مدت ۳۱ روز معاملاتی در بیستم اردیبهشت ۱۳۹۴ ادامه پیدا کرد.

---

<sup>۱۵</sup> -Experts

<sup>۱۶</sup> -Fundamentalist

<sup>۱۷</sup> -Techniclist



نمودار (۵). تفکیک روند از چرخه برای دوره مربوط به بیانیه لوزان.

منبع: یافته‌های پژوهش

سری زمانی شاخص قیمت استاندارد شده دوره مربوط به بیانیه لوزان، این ویژگی جالب را دارد که برخلاف دیگر حساب‌ها، با قیمت ۱۰۰۰ شروع شده و با قیمت ۱۰۰۰ هم پایان می‌پذیرد. فعالان بازار سهام در دوران دولت یازدهم، مثل خیلی از کارگزاران دیگر در اقتصاد چشمشان و عمده توجهشان به نتیجه مذاکرات هسته‌ای بود. این نتیجه با امضای برنامه جامع اقدام مشترک (برجام)، محقق شد. زمانی که مهلت داده شده در مذاکرات وین ۸ رو به اتمام بود، با تمیدهایی چندروزه بالاخره برجام در تاریخ ۲۳ تیرماه ۱۳۹۴ در وین امضاء شد و شش روز بعد از آن، به تاریخ ۲۹ تیرماه ۱۳۹۴، شورای امنیت سازمان ملل نیز با صدور قطعنامه ۲۲۳۱ دستیابی به برجام را تأیید نمود. اما در بازار سرمایه فردای روز توافق بازار شروع به ریزش کرد. این ریزش را می‌توان به دو رفتار در معامله‌گران نسبت داد: اول این که ایشان سعی می‌کنند زودتر از اخبار تصمیم

خود را گرفته و به اصطلاح سودهای آتی را پیش‌خور کنند، و دوم اینکه با توجه به اینکه زمان شروع اجرای عملیاتی برجام و لغو تحریم‌ها دقیقاً ابتدای سال ۲۰۱۶ اعلام شده و این با فروکش خوش‌بینی همراه بود و لذا افزایش شاخص به مناسبت اجرای برجام در ابتدای سال ۲۰۱۶ میلادی تنها چند روز قبل از آن شروع شد و شاید آن را هم بتوان به سوگیری حسرت‌گریزی<sup>۱۸</sup> یا مدیریت رفتار رمه‌ای معامه‌گران حقیقی توسط کسانی که قیمت‌ها را دستکاری می‌کنند نسبت داد. باین‌همه، بازهم شکل‌گیری یک بادکردگی در سری زمانی شاخص قیمت بازار سهام به علت مذاکرات نهایی برجام مشاهده می‌شود.

### ۳-۲. کالیبراسیون

به‌منظور تطابق پارامترهای الگو با دنیای واقعی سعی می‌شود پارامترهای مختلف الگو مورد بررسی دقیق قرار گرفته و ارزش‌هایی از پارامترها که منجر به تولید داده‌های نزدیک‌تر به دنیای واقعی می‌شوند به‌عنوان ارزش‌های کالیبره‌شده شناسایی می‌شوند. چنانچه در تشریح الگوی انتشار آورده شد، مهم‌ترین پارامتر الگوی انتشار مورد استفاده در الگوی مفهومی این پژوهش عبارت از نسبت فرمول (۴) است. در نسبت مذکور صورت کسر عبارت است از احتمال انتقال خوش‌بینی از یک فرد خوش‌بین به یک فرد مستعد، ضرب در تعداد افراد خوش‌بین، و مخرج کسر هم عبارت است از احتمال تبدیل شدن یک فرد خوش‌بین به یک فرد واقع‌نگر. با توجه به اینکه تعداد افراد مستعد از متغیرهای درون‌زای الگو است و تغییرات آن در طی زمان تغییر می‌کند، آنچه تعیین‌کننده است، نسبت احتمال خوش‌بین شدن به احتمال واقع‌نگر شدن است. این دو پارامتر در الگوی شبیه‌سازی شده به ترتیب با پارامترهای  $a$  و  $b$  تعریف شده‌اند. بنابراین به نظر می‌رسد نسبت  $a/b$  پارامتری است که باید کالیبره شود، اما واقعیت چیز دیگری است. با توجه به ساختار الگو، اگر پارامترهای  $a$  و  $b$  هر دو  $k$  برابر شوند بسته به

<sup>۱۸</sup> -Regret Aversion

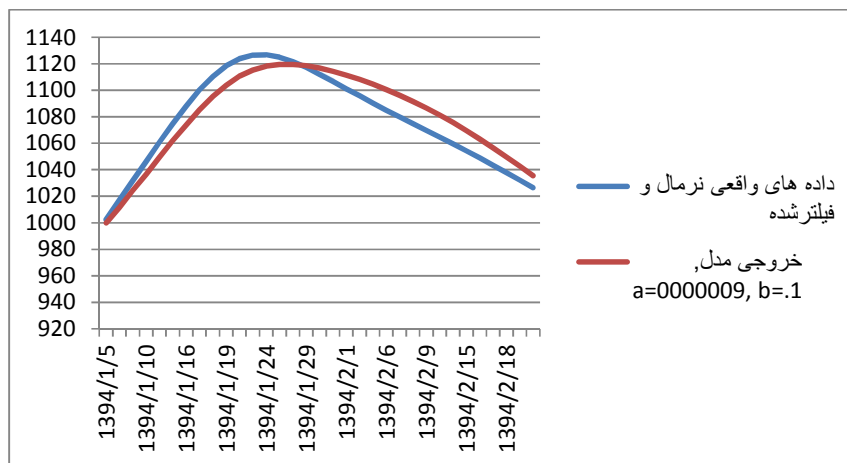
اینکه  $k$  چه مقداری باشد خروجی شبیه‌سازی متفاوت خواهد بود. به عبارتی، کالیبراسیون باید روی دو پارامتر انجام پذیرد. مقادیر این نسبت برای بازه‌های زمانی مختلف به صورت جدول (۱) کالیبره شد.

جدول (۱). مقادیر کالیبره شده احتمال انتقال خوش‌بینی و احتمال انتقال واقع‌نگری.

اجرای برجام	امضای برجام	بیانیه لوزان	وین ۸	ژنو ۴ و ۵ و ۶	زوج مرتب (a,b)
(1E-06, 0.02)	(8E-7, 0.03)	(9E-07, 0.1)	(6E-07, 0.06)	(6E-08, 0.019)	

منبع: یافته‌های پژوهش

به صورت نموداری، نتیجه کالیبراسیون یکی از بازه‌های زمانی در نمودار (۶) مشاهده می‌شود.



نمودار (۶). شاخص شبیه‌سازی شده و واقعی برای دوره ۱۳۹۴/۱/۵ تا ۱۳۹۴/۲/۲۰.

منبع: یافته‌های پژوهش

به عبارتی، بهترین برآورد برای دوره رونق-رکود مرتبط با مذاکرات و بیانیه لوزان به ازای احتمال از بین رفتن خوشبینی ۱۰ درصد و احتمال انتقال خوشبینی به افراد مستعد نزدیک ۰,۰۰۱ اتفاق می‌افتد. علت پایین بودن مقدار کالیبره شده  $a$  (احتمال انتقال خوشبینی از افراد خوشبین به افراد مستعد) نسبت به  $b$  (احتمال از بین رفتن خوشبینی) این است که در الگوی انتشار، احتمال واقعی خوشبین شدن به اندازه  $a$  ضرب در تعداد افراد خوشبین فعلی است. بنابراین طبیعی است که وقتی بناست  $a$  در عددی سه رقمی ضرب شود، عدد به دست آمده از کالیبراسیون این مقدار کوچک باشد.

#### ۴. جمع بندی و نتیجه گیری

یکی از مباحث بسیار جذاب در حوزه مالی مربوط به رونق و رکود در بازار سهام است. در این میان کارهایی برای الگوسازی حساب در بازار سهام ایران انجام گرفته است. تقریباً تمامی کارهایی که در این حوزه انجام گرفته‌اند از روش‌های رهیافت متعارف و روش‌های اقتصادسنجی و یا روش‌های حسابداری استفاده کرده‌اند. در این پژوهش ما از روش اقتصاد محاسباتی مبتنی بر عوامل برای طراحی یک الگوی کاملاً جدید برای تبیین چگونگی شکل‌گیری یک دوره رونق-رکود مشابه آنچه در مقاطع مذاکرات هسته‌ای از ژنو گرفته تا لوزان و یا در آخرین مذاکراتی که منجر به امضای برجام شد به وضوح دیده می‌شد، استفاده شد. برای در نظر گرفتن پویایی‌های روانی و اجتماعی باید آن‌ها را به لحاظ منطقی در هر دوره زمانی شبیه‌سازی قبل از تراکنش‌ها در بازار معاملات وارد الگو کرد. همچنین پویایی‌های روانی منطقی قبل از پویایی‌های اجتماعی قرار می‌گیرند. تعداد عوامل در شبیه‌سازی ۱۰۰۰ در نظر گرفته شد و عوامل می‌توانستند یکی از سه نوع خوشبین، مستعد و واقع‌نگر باشند. این طبقه‌بندی اگرچه خیلی جزئی و پیچیده نیست، اما به خوبی می‌تواند پاسخ سؤال در دست را بدهد. الگوی انتشار با الهام از الگوی بیماری‌های مسری بسط داده شد و سعی شد که بازار و معاملات آن شباهت بیشتری به

دنیای واقعی داشته باشد. از جمله شباهت‌های قسمت بازار الگو، حراج دوطرفه بودن، محدودیت قیمت، امکان اجرا نشدن سفارش‌هایی که در طرف مقابل متقاضی ندارند و... است. در قسمت الگوسازی تجربی و با بررسی سری زمانی شاخص قیمت کل بازار سهام پنج دوره که در آن‌ها رونق و رکود صرفاً ریشه در نااطمینانی در مورد ارزش‌های آتی دارند با توجه به نظر خبرگان مورد شناسایی قرار گرفتند. این پنج دوره همگی در ارتباط با مذاکرات هسته‌ای ایران و گروه ۵+۱ هستند.

نتایج الگوسازی بیانگر آن است که در دورانی که نااطمینانی نسبت به ارزش‌های بنیادی اتفاق می‌افتد، ابتدا افرادی که نسبت به نتیجه خوش‌بین هستند شروع به افزایش می‌کنند ولی با مرور زمان افراد واقع‌نگر اکثریت را تشکیل داده و در آخر، همه جمعیت واقعیت را می‌پذیرند که این دقیقاً منجر به شکل‌گیری یک چرخه رونق-رکود می‌شود. مقایسه خروجی کالیبراسیون برای پنج دوره رونق-رکود مرتبط با مذاکرات هسته‌ای نشان می‌دهد که نسبت احتمال انتقال خوش‌بینی به احتمال تبدیل یک خوش‌بین به یک واقع‌نگر در بازه بعد از شروع اجرای برجام بیشترین بوده و به عبارتی می‌توان گفت که بیشترین دوام در خوش‌بینی برای این بازه وجود داشته است. اما کمترین نسبت، مربوط به زمان بعد از شروع اجرای برجام بوده است. توضیحی که برای این اختلاف می‌توان آورد این است که حباب مربوط به اجرای برجام، دقیقاً بعد از اجرا شروع شد، درحالی‌که حباب‌های مربوط به دیگر مناسبت‌ها قبل از مذاکرات (بدون امکان پیش‌بینی) و به حالت نوعی شرط‌بندی شروع شده‌اند.

جدول (۲). نسبت ضریب انتقال واقع‌نگری به ضریب انتقال خوش‌بینی.

ژنو ۴ و ۵ و ۶	وین ۸	لوزان	برجام	اجرای برجام
۳۱۶۶۶۶/۶۶۷	۱۰۰۰۰۰	۱۱۱۱۱۱/۱	۳۷۵۰۰	۲۰۰۰۰

منبع: یافته‌های پژوهش

نکته جالب توجه، کاهش سرعت واگیری هیجانانغیرواقعبینانه به مرور زمان است، تا جایی که در آخرین مناسبت، یعنی اجرای برجام، موج خوشبینی بعد از زمان اجرا شروع می‌شود و نسبت  $b/a$  برای آن بسیار کمتر یعنی ۲۰۰۰۰ است. این یعنی سرعت یادگیری عوامل به مرور زمان افزایش داشته است. همچنین الگو نشان می‌دهد که «شدت احساسات» در مورد مذاکرات وین ۸ و لوزان بیشتر از بقیه بوده است و این از طریق شمارش تعداد «نماد-روز»هایی که صف خرید و بعد از آن صف فروش بوده‌اند هم قابل مشاهده است. به عبارتی، در این دو مورد، ولع مردم برای سبقت از یکدیگر در خرید و یا فروش سهام بیشتر از دیگر موارد بوده است. برای پیشگیری از وقوع چنین حباب‌هایی راه حل، افزایش شفافیت است. همچنین سیاست‌گذار می‌تواند متناسب با فلسفه ایجاد محدودیت قیمت، در بعضی مقاطع زمانی این بازه مجاز ارسال سفارش را محدودتر کند تا خریدهای هیجانی به تعویق بیافتند تا ابهام‌ها برطرف شوند. از طرف دیگر، ایجاد شرایطی که عقیده افراد واقع‌نگر بتواند با سرعت بیشتری به افراد معمولی منتقل شود منجر به کوتاه‌تر شدن این‌گونه حباب‌ها خواهد شد. همان‌طور که در داوودی و هادیان (۱۳۹۲) تلویحا بیان شده است، هرچه حباب‌های سوداگرانه زودتر تمام شده و سرمایه‌گذاران به افق سرمایه‌گذاری بلندمدت فکر کنند برای کل نظام اقتصادی بهتر است. از منظر معامله‌گرانی که قصد کسب سود دارند با توجه به این نکته که ایجادکنندگان این دست حباب‌ها افق سرمایه‌گذاری کوتاه‌مدت دارند (منفی شدن رشد شاخص در زمان‌هایی مثل امضای برجام و... دلیل این مسأله هستند)، می‌توان انتظار داشت که اگر نااطمینانی از جنس مذاکرات هسته‌ای دوباره بخواند شکل بگیرد، بین ۵ تا ۲۰ روز قبل از آن شرط‌بندی شروع شود.

هر گوشه از الگوی این پژوهش پایه قابل بسط و گسترش به منظور پاسخ به سؤالات مختلف خواهد بود. به‌عنوان مثال، بررسی وجود و اثر انواع مختلف سوگیری‌های رفتاری بر بازار سهام تهران را می‌توان با مرکزیت الگوی این تحقیق انجام داد.



منابع:

- Axelrod, R. M. (1997). *The Complexity of Cooperation: Agent-based Models of Competition and Collaboration*. Princeton University Press.
- Babaei S. M. R. (2005). An Investigation of Rational Bubbles: Case Study of Iran (1963- 2003). Master's thesis, Faculty of Economics and Management, Mazandaran University (In Persian).
- Bahrami J. & Marovate H. (2013). Modeling Booms and Busts in Tehran housing market considering social dynamics. *Quarterly Journal of Economics Research and Policies*, 21(66), 143-168 (In Persian).
- Blanchard, O. J. (1979). Speculative Bubbles, Crashes and Rational Expectations. *Economics Letters*, 3(4), 387-389.
- Borrill, P. L., & Tesfatsion, L. (2011). 11 Agent-based modeling: the right mathematics for the social sciences?. *The Elgar Companion to Recent Economic Methodology*, 228.
- Burnside, C., Eichenbaum, M., & Rebelo, S. (2016). Understanding Booms and Busts in Housing Markets. *Journal of Political Economy*, 124(4), 1088-1147.
- Campbell, J. Y., & Shiller, R. J. (1987). Cointegration and Tests of Present Value Models. *Journal of political economy*, 95(5), 1062-1088..
- Daniel, K., Hirshleifer, D., & Subrahmanyam, A. (1998). Investor Psychology and Security Market Under-and Overreactions. *The Journal of Finance*, 53(6), 1839-1885.
- Davoody, P., & Hadian, M. (2011). Separation of Markets and Financial Crisis: Case Study of Iran: *Journal of Economics and Modeling*, 1(4), 1-21.
- Diba, B. T., & Grossman, H. I. (1988). Explosive Rational Bubbles in Stock Prices?. *The American Economic Review*, 78(3), 520-530.
- Dieci, R., & Westerhoff, F. (2012). A Simple Model of a Speculative Housing Market. *Journal of Evolutionary Economics*, 22(2), 303-329.
- Dosi, G., & Staccioli, J. (2015). Bubble-and-bust Dynamics under Walrasian Asset Pricing and Heterogeneous Traders. Working paper.

- 
- Duffy, J., & Ünver, M. U. (2006). Asset Price Bubbles and Crashes with Near-Zero-Intelligence Traders. *Economic Theory*, 27(3), 537-563.
  - Fadaei Nejad M. (2013). Market Reaction to Seasonal Profit Declarations in Tehran Stock Exchange. *Accounting and Finance Researches*, 4, 71-90 (In Persian).
  - Friedman, M. (1953). *The Methodology of Positive Economics*, University of Chicago Press.
  - Garber, P. M. (2001). *Famous First Bubbles: The Fundamentals of Early Manias*. MIT Press.
  - Goldari A. (2006). Investigating the Presence of Price Bubbles in Tehran Stock Exchange during Recent Years (2004-2005), Master's thesis, Tarbiat Modarres University (In Persian).
  - Guerini, M., & Moneta, A. (2017). A Method for Agent-Based Models Validation. *Journal of Economic Dynamics and Control*.
  - Gürkaynak, R. S. (2008). Econometric Tests of Asset Price Bubbles: Taking Stock. *Journal of Economic Surveys*, 22(1), 166-186.
  - Holland, J. H. (2014), *Complexity: A Very Short Introduction*. OUP Oxford.
  - Jiang, Z. Q., Zhou, W. X., Sornette, D., Woodard, R., Bastiaensen, K., & Cauwels, P. (2010). Bubble Diagnosis and Prediction of the 2005–2007 and 2008–2009 Chinese Stock Market Bubbles. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 74(3), 149-162.
  - Koustas, Z., & Serletis, A. (2005). Rational Bubbles or Persistent Deviations from Market Fundamentals?. *Journal of Banking & Finance*, 29(10), 2523-2539.
  - Lamperti, F. (2016). Empirical Validation of Simulated Models Through the GSL-div: An Illustrative Application, *LEM working paper series*.
  - May, R. M., & Anderson, R. M. (1979). *Population Biology of Infectious Diseases: Part II*. *Nature*, 280(5722), 455-461.
  - Mir Shamsi Arash. (1999). Rational Bubbles in Tehran Stock Exchange, Master's Theses, Shahid Beheshti University, Faculty of Economic

- Sciences (In Persian).
- Modalet k. (2002). Investigating the Price Bubble in Tehran Stock Exchange in Recent Years, Central Bank Report, 2002 (In Persian).
  - Morovat H., Ghasemi A. & Hakami H. (2016). A Simple Model for Tehran Stock Exchange Price Index Dynamics. *Quarterly Journal of Economic Modeling Researches*, 6 (23), 18-43.
  - Muth, J. F. (1961). Rational Expectations and the Theory of Price Movements. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 315-335.
  - NikBakht M. R. & Moradi M. (2005). An Investigation of Over-Reaction in Individual Traders in Tehran Stock Exchange. *Accounting and Auditing Reviews*, 40, 97-129 (In Persian).
  - Palmer, R. G., Arthur, W. B., Holland, J. H., LeBaron, B., & Tayler, P. (1994). Artificial Economic Life: A Simple Model of a Stock Market. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, 75(1-3), 264-274.
  - Pouyanfar A., Raei R., & Mohammadi Sh. (2009). How Prices Are Formed in Tehran Stock Exchange? A Micro-Structure Approach, *Quarterly Journal of Accounting and Auditing Reviews* , 16, 21-38 (In Persian).
  - Samadi S., Nasrollahi Z. & Zahed A. (2007). Efficiency and Price Bubbles Test in Tehran Stock Exchange using the Filter rule and CAPM, *Journal of Economic Reviews*, 4, 91-113 (In Persian).
  - Samadi S., Vaez M. & Ghasemi M. (2010). Behavioral Analysis of Price Bubble Formation in the Capital Market (Case Study of Tehran Stock Exchange, 1997-2008), *Journal of Economic Research*, 4, 273-297 (In Persian).
  - Semet, Y., Gelly, S., Schoenauer, M., & Sebag, M. (2005). Artificial Agents and Speculative Bubbles. *arXiv preprint cs/0511093*.
  - Siettos, C. I., & Russo, L. (2013). Mathematical Modeling of Infectious Disease Dynamics. *Virulence*, 4(4), 295-306.
  - Smith, A. (2014). Infection Transmission During Air Travel. *Clinical Correlations The NYU Langone Online Journal of Medicine*.
  - VakiliFard H. R., Sa'idi A. and Eftekhari A. (2013). On the Reaction to Profit Coefficient in Tehran Stock Exchange. *Financial Knowledge Of*

*Securities Analysis*, 18, 115-123 (In Persian).

- West, K. D. (1988). Dividend Innovations and Stock Price Volatility. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 37-61.
- Wilensky, U., & Rand, W. (2015), *An Introduction to Agent-Based Modeling: Modeling Natural, Social, and Engineered Complex Systems with NetLogo*, MIT Press.