



## خوشه بندی نوسانات در بازارهای مالی با مدل شبیه سازی عامل بنیان

زهرا شیرازیان<sup>۱</sup>

هاشم نیکومرام<sup>۲</sup>

فریدون رهنمای رودپشتی<sup>۳</sup>

تقی ترابی<sup>۴</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۰/۲۳

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۸/۰۳

### چکیده

هدف از این پژوهش بررسی خوشه بندی نوسانات در بازارهای مالی از جمله بازار بورس اوراق بهادار با مدل شبیه سازی عامل بنیان است. سریهای زمانی از بازده های دارایی مالی ویژگی خوشه بندی نوسانات را نشان میدهد که تغییرات بزرگ در قیمتها تمایل به تشکیل خوشه با هم دارند و این خوشه ها برای مدت زمانی پایدار می ماند. با استفاده از مدلهای مختلف اقتصادسنجی، منبع این پدیده را در عوامل مختلفی از جمله رفتار مشارکت کنندگان بازار و فرایند اخبار رسیده به بازار مالی میدانند. یک ویژگی مشترک از این مدلها سویچینگ میان رژیم های فعالیت بالا و پایین با دنباله های پهن می باشد. در این پژوهش از مدل شبیه سازی عامل بنیان که یک جزء مفیدی برای تحلیل اقتصادسنجی ارائه میکند از طریق نرم افزار متلب استفاده شده است. نتیجه استفاده از این مدل، برقراری ارتباط میان نوسانات بالا و پایین بازار با رفتار آستانه ای مشارکت کنندگان بازار می باشد. همچنین اینرسی سرمایه گذار را با خوشه بندی نوسانات مرتبط می سازد.

**واژه های کلیدی:** خوشه بندی نوسانات، شبیه سازی عامل بنیان، سویچینگ، اینرسی سرمایه گذار.

۱- دانشجوی دکتری مدیریت مالی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

۲- استاد و عضو هیات علمی دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران. (نویسنده مسئول)  
h-nikoumaram@srbiau.ac.ir

۳- استاد و عضو هیات علمی دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

۴- دانشیار و عضو هیات علمی دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران.

## ۱- مقدمه

کامپیوترها از اوایل ۱۹۵۰ تا امروزه یک مسیر بسیار طولانی را پیموده اند چنانکه امروزه باعث تغییر بسیاری در الگوی زندگی ما شده اند. این سیستمهای پیچیده امروزی را که ما را در زندگی روزمره یاری داده و قادر به واکنش، یادگیری و انطباق خود با محیط هستند و می توانند با یکدیگر تعامل برقرار کنند، عامل می نامند. به عبارت ساده تر عامل، یک سیستم کامپیوتری یا نرم افزار است که از سوی کاربر خود عمل می کند و برای تحقق اهداف و مقاصد کاربر به صورت خود مختار تلاش می نماید. یک عامل معمولاً موجودیتی منفرد نیست بلکه در یک محیط قرار گرفته و به طور مستمر با محیط و دیگر موجودیتها از جمله انسانها تعامل برقرار می کند آنچه عاملها را از دیگر قطعات نرم افزاری متمایز می کند، این است که محاسبه، صرفاً محاسبه نیست بلکه محول سازی و تعامل نیز هست. برنامه های نرم افزاری نیازمند این هستند که کار واگذار شده به عهده-شان و همچنین مراحل دقیقی که باید اجرا کنند برایشان کاملاً توضیح داده شود اما برای عاملها گفتن هدف کافی است. آنها چگونگی رسیدن به آنرا می دانند و در سایه بهره مندی از هوشمندی، قادر به تحقق هدف با کمترین دخالت از سوی کاربر هستند. از دیدگاه تاریخی عاملها و سیستم های چند عاملی از هوش مصنوعی و هوش مصنوعی توزیع شده نشأت گرفته اند. (فسلی، ۱۳۸۹). به طور کلی می توان گفت که عاملها در دیدگاه مدل سازی مبتنی بر عامل ویژگی هایی از قبیل خود کفایی خود مختاری پویایی (دارای حالت و وضعیت است که در طول زمان تغییر می کند) اجتماعی، اصلاح پذیر، هدف گرا هستند. (عسکری، ۲۰۰۹) در واقع یک عامل جدای از قواعد و رفتارهایی که از خود بروز می دهد تعامل بسیار قوی با دیگر عاملها و همچنین با محیط برقرار می کند. عاملها در یک بازار مالی شامل سرمایه گذاران، بازارسازها، نهاد ناظر، سوداگران و ... می باشد. هدف از این پژوهش بررسی وجود خوشه بندی نوسانات، پایداری آن و دنباله پهن در بورس اوراق بهادار تهران می باشد.

در سالهای اخیر مدل سازی مبتنی بر عامل در بازارهای مالی گسترش زیادی پیدا کرده و در کنار پارادایم مالی کلاسیک و رفتاری بخش زیادی از پژوهشها را به خود اختصاص داده است از دلایل این گسترش می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- پیچیده تر شدن سیستمهایی که نیاز به شناخت و تحلیل دارند.
- تمرکز زدایی در تصمیم گیریها.
- محدودیتهای روشهای سیستمی.
- به هم وابسته تر شدن سیستمها و زیر ساختها.
- وجود ابزارهای جدید برای شبیه سازی سیستمهای پیشرفته.

- متنوع تر شدن عامل ها و محیط های آنها.
- سیستمها و شبکه های اجتماعی.
- شناخت وجود انواع خطاهای تصمیم گیری در بین سرمایه گذاران.
- محدودیت دسترسی به اطلاعات و حسابهای شخصی سرمایه گذاران.
- جهانی شدن بازار های مالی و تاثیر بازار های مختلف بر یکدیگر.
- تبدیل به اوراق بهادار کردن دارایی ها و وابستگی زنجیر وار اوراق ارزش بسیاری از اوراق مالی به یکدیگر.
- امکان تهیه مدل های فرایندی و با مقیاس های دقیقتر.
- امکان تهیه مدل های منعطف تر از نظر مشابهها با دنیای واقعی در مقایسه با مدل های تحلیل و مدل های سیستم دینامیک.
- قابلیت استفاده از نظریه ها و دیدگاههای متنوع موجود در علوم انسانی و اجتماعی.
- قابلیت تهیه مدل های فضایی که تعامل بین انسان و محیط را شبیه سازی می نمایند.

اجزای اصلی یک مدل مبتنی بر عامل: یک مدل مبتنی بر عامل، از چهار جزء اصلی ساخته می شود که عبارتند از عامل، محیط، زمان و تعامل میان عامل ها. مطالعه جزییات آماری از سرپهای زمانی مالی یک حقایق جالبی را که در بیشتر بازارهای مالی وجود دارد، آشکار میکند مانند:

- **نوسانات مازاد:** بیشتر مطالعات تجربی این حقیقت را نشان میدهند که بازده های بزرگ مثبت و منفی همیشه قابل توصیف با اطلاعات جدید رسیده به بازار نیست.
  - **دنباله پهن:** توزیع غیرشرطی بازده ها یک دم پهن را با کشیدگی اضافی مثبت نشان میدهد.
  - **عدم خودهمبستگی در بازده ها:** خودهمبستگی خطی از بازده های دارایی اغلب معنی دار نیستند بجز برای فاصله های کوچک بین روزی مثلا ۲۰ دقیقه ای.
- خوشه بندی نوسانات: همانطور که توسط مندلبروت ارایه شد تغییرات بزرگ دنباله رو تغییرات بزرگ و تغییرات کوچک دنباله رو تغییرات کوچک هستند در حالیکه خود بازده ها با یکدیگر همبستگی ندارند اما بازده های مطلق یا مربعات آنها یک تابع خودهمبستگی نزولی کند را نشان میدهد.
- **همبستگی حجم- نوسانات:** حجم معاملات بطور مثبتی مرتبط با نوسانات بازار هست در میان موارد فوق، خوشه بندی نوسانات مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است. مدل های گارچ و مدل های نوسانات تصادفی برای این پدیده استفاده شده اند و مثلا خوشه بندی نوسانات

را در سریهای زمانی مالی الگوبرداری میکنند اما هیچ گونه توضیح اقتصادی اقتصادی برای آن ارائه نمی دهند. مثلاً هر چند یک وابستگی دامنه بلند در نوسانات وجود دارد برخی از محققان اقتصادسنجی اذعان میکنند که تحلیل آماری به تنهایی نمیتواند برای وجود یا عدم وجود پدیده وابستگی دامنه بلند (حافظه بلندمدت) در بازده های سهام یا نوسانات پاسخی ارائه دهد مگر آنکه مکانیزمهای اقتصادی برای درک چنین پدیده ای ارائه شود برخی از این بینش ها توسط مدل های عامل بنیان به بازارهای مالی ارائه میشود. این مدلها تلاش به توصیف منبع رفتار مشاهده شده از قیمت های بازار در قانون رفتار مشارکت کنندگان بازار میکنند. در این رویکرد یک بازار مالی بعنوان یک سیستم از عامل های متعامل و ناهمگن مدلسازی میشوند. مثال های متعددی از چنین مدلها برای ایجاد رفتار قیمتی مشابه با آنچه در بازار واقعی دیده میشود، ارائه میگردد. بیشتر مدل های عامل بنیان در ساختار پیچیده اند و با شبیه سازی مونت کارلو مورد مطالعه قرار میگیرند. یک مدل مبتنی بر عامل، از چهار جزء اصلی ساخته می شود که عبارتند از عامل، محیط، زمان و تعامل میان عامل ها. در این پژوهش مدل عامل بنیانی برای خوشه بندی نوسانات ارائه میشود که به رفتار عاملها برمیگردد. این مدل اینرسی سرمایه گذار و خوشه بندی نوسانات را بهم مرتبط می سازد یا عبارتی منشا خوشه بندی نوسانات را میتوان بطور واضح به اینرسی سرمایه گذار نسبت داد که با واکنش آستانه سرمایه گذار به ورود اخبار جدید و تازه ایجاد می شود و یک توصیف اقتصادی برای مکانیزم سویچینگ ارائه شده در ادبیات اقتصادسنجی بعنوان منبع خوشه بندی نوسانات ارائه می دهد.

## ۲- مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

پژوهشگران، تاریخچه مدل سازی مبتنی بر عامل را به ۴۰ سال قبل زمانی که اولما بحث اتوماتای سلولی (CA) را مطرح کرد مربوط می دانند. اتوماتا یک روش خود کار برای یادگیری ماشین است توماس. شلینگ ۱۰ (۱۹۷۱) از پیشگامان ارائه بحث استفاده از مدل سازی مبتنی بر عامل در علوم اجتماعی است. مدل توماس شلینگ نشان می داد که چگونه ممکن است افراد کمی که به صورت کاملاً غیر عمدی همسایه و محل هایشان را تفکیک کنند ۱۱ منجر به شکل گیری الگوی بسیار قوی از جدایی نژادی یا مالی در جوامع شهری شود. مدل او از این قرار است که فرض کنید افراد تمایل دارند تا حداقلی از همسایه هایشان آنان شبیه به خودشان باشد. این افراد حتی اصرار ندارند که اکثریت همسایه هایشان مثل خودشان باشند و مثلاً به این که فقط ۳۰٪ آن ها مشابه باشند راضی هستند. فرض کنید که سیستم از یک وضعیت شروع می کند و یکی از افراد یک نژاد به هر دلیلی محل زندگی اش را به طور کاملاً تصادفی تغییر می دهد. این تغییر محل

زندگی باعث می شود تا چگالی افراد هم سان برای افراد دور و بر محل زندگی قبلی او و برای افراد غیرهم سان در محل زندگی جدید کم شود و برای برخی افراد زیر حد بحرانی قابل تحمل برسد. خود همین زنجیره ای از جا به جایی های بعدی را ایجاد می کند که نهایتاً ممکن است به شکل یک جدایی ملموس در سطح کلان به تعادل برسد.

امروزه شبیه سازی از شکل های مختلف توضیح شلینگ و مدل های جدایی (افتراق) را در نرم افزارهای مختلف برنامه نویسی مبتنی بر عامل مشاهده می کنیم در واقع شلینگ را باید یکی از کسانی دانست که ایده های اولیه ای برای توسعه شبیه سازی عامل محور ارائه دادند (دیکسیت، ۲۰۰۷، ۲۲۷) پس از آن محققانی نظیر آکس لورد در سال ۱۹۸۴ مدل ساده تعاملات استراتژیک را ارائه داد و در ساهای دهه 90 میلادی آکس لورد و اپستین شروع به شبیه سازی تعاملات در سطح کل جوامع نمودند (جانستون ، 2013، 7) مدلسازی مبتنی بر عامل، مدل سازی مبتنی بر عامل دیدگاه و اندیشه ای برای تعیین نتایج رفتاری های گروهی افراد در سطح سیستم باشد (نورت و مکال ، ۲۰۰۷) هدف اولیه مدل سازی و شبیه سازی مبتنی بر عامل در علوم اجتماعی ، پیش بینی نیست بدین معنی که پروسه های اجتماعی معمولاً آنقدر پیچیده هستند که امکان همانند سازی دقیق آنها وجود ندارد. هدف اصلی مدلسازی مبتنی بر عامل کمک به ایجاد تئوری های جدید و یا فرمالایز کردن تئوری های قبلی است در واقع با توجه به پروسه فرمالایز کردن که شامل فرمول بندی یک تئوری به طوری که یکپارچگی و تمامیت آن حفظ شود است شبیه سازی و مدل سازی کامپیوتری در علوم اجتماعی همان نقش ریاضیات در علوم طبیعی را بازی می کند اما مدل ها در علوم اجتماعی واضح تر و رساتر بوده و انتزاع کمتری نسبت به معادلات ریاضی دارند و امکان مدل کردن عامل هایی با عقلانیت محدود که با توجه به موقعیت و میزان دانشی که دارند تصمیم می گیرند وجود دارد ضمن اینکه در این روش مدل سازی محدودیتی در تعداد المان های استفاده شده برای عامل ها وجود ندارد چون با وجود پردازنده های قوی ، می-توان میلیون ها عامل با المان های زیاد را به طور همزمان شبیه سازی کرد. (آموزگار ، ۱۳۹۱ ، ۵۲) مدل سازی مبتنی بر عامل به مدلسازان اجازه می دهد که قواعد رفتاری و وضعیتی را که افراد در آن قرار می گیرند را مشخص کرده و در نهایت با اجرای مدل سازی و یا شبیه سازی رفتار افراد و گروهها را در خروجی مدل مشاهده نمایند. همچنین مدل سازی مبتنی بر عامل می تواند از ایجاد مدل های قطعی و تصادفی سلسله مراتبی پشتیبانی کند جایی که نتایج در سطوح بالاتر بر روی کنش ها و واکنش های سطوح پایین تر به سادگی قابل چشم پوشی نیست از دیگر ویژگی های مدل سازی مبتنی بر عامل اینست که از ایجاد و مطالعه سیستم های جامع با سطوح چند گانه که سطوح بالا تر و پایین تر به طور همزمان یکدیگر را تحت تاثیر قرار می دهند، پشتیبانی می کند. (وان هوستین ، ۲۰۰۳ ،

۲۸) در مدل‌های مبتنی بر عامل، عموماً عامل‌ها نماینده تصمیم‌گیران در سیستم هستند عامل‌ها در هر وضعیتی گرایش دارند که انطباقی و انعطاف‌پذیر رفتار کنند. عامل‌ها معمولاً در سیستم به صورت مجزا قابل شناسایی هستند به هر حال لازم نیست که عامل‌ها به صورت کاملاً جدا از یکدیگر قابل تفکیک باشند بلکه مرزهای جداکننده عامل‌ها می‌تواند مبهم باشد همچنین عامل‌ها می‌توانند بخش قابل توجهی از داده‌ها را با یکدیگر به اشتراک بگذارند.

مفهوم کلی عامل را می‌توان از اصطلاح عقلانیت محدود هربرت سایمون (۱۹۵۷) برداشت کرد از دیدگاه هربرت سایمون عقلانیت محدود به این معناست که عامل‌ها فقط می‌توانند از بخش محدودی از اطلاعات را استفاده کنند. به عبارتی آنها نمی‌توانند در مدت زمان نامحدود به بررسی گزینه‌ها پرداخته و تصمیم‌گیری کنند و این موضوع در تضاد کامل با مفروضات پارادایم سنتی، مانند اقتصاد نئوکلاسیک قرار دارد که بر اساس آنها تصمیم‌گیران برای استفاده از اطلاعات نامحدود برای تصمیم‌گیری زمان نامحدود دارند. عامل‌ها علاوه بر اینکه عقلایی محدود رفتار می‌کنند فقط می‌توانند از اطلاعات محلی استفاده نمایند. (نورت و مکال، ۲۰۰۷، ۱۷) البته در اینجا منظور از محلی معنای جغرافیایی و فیزیکی آن نیست بلکه به این معناست که هر عامل یک حوزه پیرامونی دارد که به طور بالقوه و محدود می‌تواند از آن اطلاعات کسب کند. حوزه پیرامونی عامل می‌تواند از لحاظ جغرافیایی نزدیک آن باشد و یا دور از آن مانند سیستم تلفن، ای‌ملی و شبکه جهانی وب. فاکتور کلی و عمومی برای محلی بودن اینست که هر عامل تعدادی منابع اطلاعاتی داشته که عامل به طور همزمان نمیتواند از همه آنها به طور نامحدود استفاده نماید بلکه به برخی دسترسی سریع‌تر داشته و از آنها استفاده می‌نماید. عامل‌ها عموماً انطباق‌پذیر بوده و از تجربیات شان یاد می‌گیرند و این یادگیری می‌تواند عمیق باشد به این معنا که عامل‌ها در طول زمان می‌توانند استراتژی‌های رفتاری جدیدی از خود بروز دهند و ممکن است این یادگیری خیلی عمیق نباشد.

از دیگر پارامترهای مهم در مدل‌سازی بر مبنای عامل محیط است برعکس عامل، محیط در تصمیم‌گیری مشارکت مستقیم ندارد هر چند تعامل در محیط می‌تواند منجر به تکامل و تغییر در طول زمان باشد به هر حال محیط می‌تواند شکلی از حافظه برای ذخیره‌سازی اطلاعات مربوط به نتایج رفتارهای گذشته عامل باشد که تصمیم‌گیری آتی آن عامل را تحت تاثیر قرار خواهد داد. داده‌های مربوط به عامل‌ها می‌تواند گسسته یا پیوسته باشد و می‌تواند تحت تاثیر رفتارها و تعاملات عامل‌ها در محیط قرار گیرد و همچنین رفتارها و کنش‌های عامل‌ها می‌تواند به طور همزمان یا غیر همزمان جایگزین گردد.

از پایه های مهم شکل گیری مدل سازی بر مبنای عامل برنامه ریزی شی گرا بوده است. در برنامه ریزی شی - گرا، شیء ها در واقع همان اجرای مختلف برنامه یا نرم افزار می باشند که داده ها را در توابع به روش های ویژه ترکیب می کنند (جانسون، ۲۰۱۳، ۶)

در سالهای اخیر مدل سازی 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 از دلایل این گسترش می توان به موارد زیر اشاره کرد:

کامپیوتر ها از اوایل ۱۹۵۰ تا امروزه یک مسیر بسیار طولانی را پیموده اند چنانکه امروزه باعث تغییر بسیاری در الگوی زندگی ما شده اند. این سیستمهای پیچیده امروزی را که ما را در زندگی روزمره یاری داده و قادر به واکنش، یادگیری و انطباق خود با محیط هستند و می توانند با یکدیگر تعامل برقرار کنند، عامل می نامند. به عبارت ساده تر عامل، یک سیستم کامپیوتری یا نرم افزار است که از سوی کاربر خود عمل می کند و برای تحقق اهداف و مقاصد کاربر به صورت خود مختار تلاش می نماید. یک عامل معمولاً موجودیتی منفرد نیست بلکه در یک محیط قرار گرفته و به طور مستمر با محیط و دیگر موجودیتها از جمله انسانها تعامل برقرار می کند آنچه عامل ها را از دیگر قطعات نرم افزاری متمایز می کند، این است که محاسبه، صرفاً محاسبه نیست بلکه محول سازی و تعامل نیز هست. برنامه های نرم افزاری نیازمند این هستند که کار واگذار شده به عهده - شان و همچنین مراحل دقیقی که باید اجرا کنند برایشان کاملاً توضیح داده شود اما برای عامل ها گفتن هدف کافی است. آنها چگونگی رسیدن به آنرا می دانند و در سایه بهره مندی از هوشمندی، قادر به تحقق هدف با کمترین دخالت از سوی کاربر هستند. از دیدگاه تاریخی عامل ها و سیستم های چند عاملی از هوش مصنوعی و هوش مصنوعی توزیع شده نشأت گرفته اند. (فسلی، ۱۳۸۹).

به طور کلی می توان گفت که عامل ها در دیدگاه مدل سازی مبتنی بر عامل ویژگی هایی از قبیل خود کفایی خود مختاری پویایی (دارای حالت و وضعیت است که در طول زمان تغییر می کند) اجتماعی، اصلاح پذیر، هدف گرا هستند. (عسکری، ۲۰۰۹) در واقع یک عامل جدای از قواعد و رفتارهایی که از خود بروز می دهد تعامل بسیار قوی با دیگر عامل ها و همچنین با محیط برقرار می کند. عامل ها در یک بازار مالی شامل سرمایه گذاران، بازارسازها، نهاد ناظر، سوداگران و ... می باشد به طور خلاصه می توان گفت:

Function + memory = object

Object + autonomy = agent

در واقع یک عامل ساده به صورت ریاضی به عنوان یک تابع عامل تعریف میگردد که هر رشته مفاهیم را به عمل ممکن که عامل قادر به انجام آن است نگاشت میکند:

$F: P^* \rightarrow A$

پیچیده تر شدن سیستمهایی که نیاز به شناخت و تحلیل دارند، تمرکز زدایی در تصمیم گیری ها، محدودیتهای روشهای سیستمی، به هم وابسته تر شدن سیستمها و زیر ساختها، وجود ابزارهای جدید برای شبیه سازی سیستمهای پیشرفته، متنوع تر شدن عامل ها و محیط های آنها، سیستمها و شبکه های اجتماعی، شناخت وجود انواع خطاهای تصمیم گیری در بین سرمایه گذاران. محدودیت دسترسی به اطلاعات و حسابهای شخصی سرمایه گذاران. جهانی شدن بازار های مالی و تاثیر بازار های مختلف بر یکدیگر. تبدیل به اوراق بهادار کردن دارایی ها و وابستگی زنجیر وار اوراق ارزش بسیاری از اوراق مالی به یکدیگر. امکان تهیه مدلهای فرایندی و با مقیاس های دقیقتر. امکان تهیه مدلهای منعطف تر از نظر مشابهها با دنیای واقعی در مقایسه با مدلهای تحلیل و مدلهای سیستم دینامیک. قابلیت استفاده از نظریه ها و دیدگاههای متنوع موجود در علوم انسانی و اجتماعی، قابلیت تهیه مدلهای فضایی که تعامل بین انسان و محیط را شبیه سازی می نمایند. همانطور که عنوان شد پایه مدل سازی بر مبنای عامل، برنامه ریزی شیء گرا بوده است تفاوتی که میان عامل و شیء وجود دارد، این است که یک عامل علاوه بر مفاهیمی همچون خصلت و متد شامل حالات ذهنی مانند مفاهیم نقشه و هدف است، مورد تفاوت دیگر نحوه ارتباطات در شی و عامل است.

عاملها از یک روش با معنی و با ساختار پیغام مبادله میکنند و از پروتکل و همکاری استفاده میکنند، در حالی که در شیء فقط بیدار کردن یک متد یا انتقال ساده یک داده است. که براساس خصوصیات آن دو در نمایشهای مختلف استوار است. در ابتدا از روی تعریف آن دو میتوان در جدول زیر خصوصیات آن دو را بیان نمود.

جدول شماره ۱

عامل	شیء	خصوصیت
هست	هست	یک انتزاع از سیستم
دارد	دارد	قابلیت نگه داری اطلاعات
خودمختار	هست	یک عمل هدایت شده
دارد	دارد	رفتار
دارد	دارد	هویت اختصاصی
هست	نیست	اجتماعی
هست	نیست	هدف گرا
قانونمند	بر اساس تعریف کاربر	ارتباطات
دارد	ندارد	تداوم زمانی
دارد	ندارد	حالت



بر اساس جدول فوق می توان گفت که تفاوت عامل و شی، در تعریف اینست که یک عامل تمامی خصوصیات یک شیء را دارد، اما علاوه بر آن خصوصیات عامل دارای ارتباطات اجتماعی قانونمند است و خودمختاری آن بر اساس یک هدف است و در موقعیتهای زمانی خاص بر اساس حالات خود واکنش نشان میدهد. یک عامل تداوم زمانی دارد که یک شیء از آن بی بهره است. هر دوی شیء و عامل در محیط هستند، هر دو میتوانند واکنشی باشند، عاملها خودمختار هستند، عاملها میتوانند چند هدف داشته باشند، عاملها اجتماعی هستند و قواعد گفتگو دارند. به این ترتیب میتوان گفت که یک عامل به شکلی فعال تر میتواند موجودیتهایی را که در محیط اطراف ما وجود دارند را مدلسازی نماید (عبدالله زاده و علیرضایی، ۱۳۹۰، ۳۴)

در سالهای اخیر مدل سازی 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 از دلایل این گسترش می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ✓ پیچیده تر شدن سیستمهایی که نیاز به شناخت و تحلیل دارند.
  - ✓ تمرکز زدایی در تصمیم گیری ها.
  - ✓ محدودیتهای روشهای سیستمی.
  - ✓ به هم وابسته تر شدن سیستمها و زیر ساختها.
  - ✓ وجود ابزارهای جدید برای شبیه سازی سیستمهای پیشرفته .
  - ✓ متنوع تر شدن عامل ها و محیط های آنها.
  - ✓ سیستمها و شبکه های اجتماعی.
  - ✓ شناخت وجود انواع خطاهای تصمیم گیری در بین سرمایه گذاران.
  - ✓ محدودیت دسترسی به اطلاعات و حسابهای شخصی سرمایه گذاران.
  - ✓ جهانی شدن بازار های مالی و تاثیر بازار های مختلف بر یکدیگر.
  - ✓ تبدیل به اوراق بهادار کردن دارایی ها و وابستگی زنجیر وار اوراق ارزش بسیاری از اوراق مالی به یکدیگر. -امکان تهیه مدلهای فرایندی و با مقیاس های دقیقتر.
  - ✓ امکان تهیه مدلهای منعطف تر از نظر مشابهها با دنیای واقعی در مقایسه با مدلهای تحلیل و مدلهای سیستم دینامیک.
  - ✓ قابلیت استفاده از نظریه ها و دیدگاههای متنوع موجود در علوم انسانی و اجتماعی.
  - ✓ قابلیت تهیه مدلهای فضایی که تعامل بین انسان و محیط را شبیه سازی می نمایند.
- اجزای اصلی یک مدل مبتنی بر عامل: یک مدل مبتنی بر عامل، از چهار جزء اصلی ساخته می شود که عبارتند از عامل، محیط، زمان و تعامل میان عامل ها.

## ۳- فرآیند مدل سازی بر مبنای عامل

- ✓ طراحی مدل مفهومی.
- ✓ انتخاب پایگاه برنامه نویسی.
- ✓ طراحی موجهول تصمیم گیری عامل. (agent)
- ✓ تعریف و تبیین تعاملات زمانی و مکانی Agent ها .
- ✓ ورود داده های دنیای واقعی.
- ✓ اجرای مدل در دفعات مختلف.
- ✓ تحلیل فضایی و غیر فضایی داده های خروجی.
- ✓ مقایسه خروجی های مدل با داده های واقعی.

مقایسه مدل سازی سنتی و رایج (مکال و نورث ۲۰۰۶، ۱۱)

در بسیاری از مطالعات طی ده های گذشته از مدل سازی استفاده شده است. اما با مدل سازی مبتنی بر عامل تفاوت های اساسی داد. فرق این دو نوع مدل سازی در جدول ذیل ارائه شده است.

جدول شماره ۲

مدل سازی سنتی	مدل سازی مبتنی بر عامل
قطعی	تصادفی
بالا به پایین	پایین به بالا
مبتنی بر فرمول ها و معادلات ریاضی	مبتنی بر عامل های انطباق پذیر
بدون قدرت توضیح دهندگی	دارای قدرت توضیح
تعداد پارامترها کم	تعداد پارامترها زیاد
مبتنی بر محیط	ایجاد کننده محیط
تعاملات در حد واکنش	قدرت یادگیری عامل ها از تعاملات

یکی از معروفترین ویژگی های بازده های دارایی مالی خوشه بندی نوسانات است (تغییرات بزرگ در قیمت ها تمایل به تغییرات بزرگ و تغییرات کوچک تمایل به تغییرات کوچک دارند). از طرفی نوسانات بیشتر بازده، تمایل به تشکیل خوشه بیشتری نسبت به نوسانات کوچک دارند که بدان عدم تقارن خوشه بندی نوسانات گفته می شود، (نوسانات بالا دنباله رو نوسانات بالا و نوسانات کم دنباله رو نوسانات کم هستند). این الگو از خوشه بندی نوسانات در بازار مالی مهم است. از آنجائیکه نوسانات بازده های دارایی می تواند به طور مستقیم روی قیمت اختیارهای معامله و ریسک سهام و پورترفوی ها اثر بگذارد و توانایی پیش بینی واریانس را دارد. مطالعه ویژگی های

آماري داده های بازارهای مالی برخی واقعیات را نشان می دهد که در بازارهای مختلف مرسوم اند از جمله توزیع ضخیم بازده های دارایی ها، نوسان مازاد، عدم خودهیبستگی در بازده ها، همبستگی حجم با نوسان و خوشه بندی نوسانات. دارایی های مالی مثل نرخهای بهره، سهام، شاخصهای بازار و نرخ بهره ویژگی خوشه بندی نوسانات را دارند. بسیاری از مدل های آماری مثل گارچ، آرچ، مدل های چند فرکتالی توسط مندلبروت به منظور مطالعه خوشه بندی نوسانات استفاده شده است. مثلا مدل های گارچ بعنوان اولین مدل های مطالعه این ویژگی بودند که به پدیده خوشه بندی نوسانات منجر شد و به اثر گارچ معروف است. نوسان دارایی یک ویژگی ابزاری برای اندازه گیری ریسک می باشد و بنابراین در تصمیمات سرمایه گذاری عاملها در بازار موثر است و نیازمند مطالعه دقیق تری است. چه چیزی واقعا عامل نوسانات یا خوشه بندی نوسانات است کارهایی که انجام شده است روی نقش روانشناسی بازار یا احساس سرمایه گذار تاکید می کند. مطالعات دیگر نشان می دهند که سرمایه گذارها وابسته به امواج مثبت و منفی شده و بنابراین یک نوع مومنتوم ایجاد می کنند که باعث می شوند قیمت ها به طور موقتی از قیمت پایه شان بطور موقتی دور شوند. مدل های شبیه سازی عامل بنیان تلاش برای توصیف منبع رفتار مشاهده شده از قیمت های بازار با استفاده از رفتار مشارکت کنندگان بازار می کنند. در حالیکه اقتصادسنجی روی ماهیت وابستگی نوسانات در کوتاه مدت یا بلندمدت بحث می کند، مدل های شبیه سازی عامل بنیان یک جزء مفیدی را برای تحلیل اقتصادسنجی ارائه می کند.

مندلبرت<sup>۱</sup> (۱۹۶۳) و سپس فاما<sup>۲</sup> (۱۹۶۵) یافتند تغییرات قیمتی بالا با تغییرات قیمتی بالا تعقیب می شود و تغییرات قیمتی کوچک با تغییرات قیمتی کوچک دنبال می شود (خوشه بندی نوسانات). یک روش برای آشکارسازی خوشه بندی نوسانات استفاده از مدل های آرچ<sup>۳</sup> و گارچ<sup>۴</sup> انگل<sup>۵</sup> (۱۹۸۲) است که توسط نلسون<sup>۶</sup> (۱۹۹۱) توسعه یافته است. انگل (۲۰۰۴) اظهار کرد خوشه بندی نوسانات از خوشه بندی اخبار و اطلاعات رسیده به بازار های مالی نشأت می گیرد. خوشه بندی نوسانات در سری بازده های دارایی نا متقارن است چون نوسانات بالا، بیشتر از نوسانات کم تمایل به تشکیل خوشه دارند. بابررسی مدت زمان ماندگاری خوشه بندی نوسانات در سری های بازده نتایج نشان میدهد که خوشه ها در بیشتر نوسانات سری های بازده، تمایل به پایداری بالا دارند و حتی بعد از ۴۰ روز از هم پراکنده نمی شوند. این یافته ها حافظه بلند مدت را در نوسانات بازده ها حمایت می کند. مطالعات مختلفی خوشه بندی نوسانات در بازارهای مالی را با استفاده از انواع مدل های گارچ بررسی کرده است از جمله دانبرگ<sup>۷</sup> (۲۰۰۳) که اثر گارچ مهمی را در سطوح ماهانه شناسایی کردند که با شبیه سازی مونت کارلو هم اثبات شد. در طی سال ها رفتار قیمت ها برای متخصصین اقتصاد- مالی نقش مهمی ایفا می کند. در این حوزه بعضی از مطالعات اولیه از رفتار

گام تصادفی قیمت‌ها حمایت کردند (Fama, 1965; Samueslson, 1965). طی پژوهش مندلبروت<sup>۱</sup> (۱۹۶۳) رفتار کسری در بازار سرمایه مشاهده شد. چنین رفتاری توسط حافظه بلند مدت<sup>۲</sup> و الگوهای غیر دوره‌ای چرخشی<sup>۳</sup> توصیف شد. در واقع، حافظه بلند مدت به عنوان یکی از نواقص بازار کارا مطرح گردید که بیان می‌کند سری‌های زمانی شاخص بازار سرمایه از فرآیند گشت تصادفی پیروی نمی‌کنند. از آنجا که حافظه بلند مدت موجب وابستگی بازده آینده دارایی با بازده‌های قبلی آن می‌شود، نشان دهنده وجود پارامتری قابل پیش‌بینی در دینامیک سری زمانی است. وجود این ویژگی دلیلی بر رد شکل ضعیف فرضیه کارایی بازار است. در این سطح از کارایی، قیمت‌های اوراق بهادار فقط اطلاعاتی را که در گذشته قیمت‌ها نهفته است منعکس می‌کنند و این اطلاعات بلافاصله در قیمت‌های جاری منعکس می‌شوند.

**سرعت دریافت ناهمگن اطلاعات:** ناهمگن بودن مقیاس زمانی عامل بعنوان منشایی برای حقایق مختلف در نظر گرفته شده است. سرمایه‌گذاران بلندمدت بصورت طبیعی بر روی رفتار بلند مدت قیمت‌ها تمرکز دارند درحالی‌که معامله‌گران از نوسانات کوتاه مدت بهره می‌برند. Granger پیشنهاد میکند حافظه بلندمدت در سری‌های زمانی اقتصادی میتواند بدلیل تجمع سطح مقطع سری‌های زمانی با سطوح پایداری مختلف باشد. این استدلال توسط Andersen, Bollersler بعنوان یک توضیح ممکن برای خوشه بندی نوسانات در شرایطی از تجمع جریان‌های اطلاعات مختلف پیشنهاد شد. اثرات تنوع در افق‌های زمانی مربوط به دینامیک‌های قیمت نیز توسط Lebaron در یک بازار سهام مصنوعی مورد مطالعه قرار گرفت که نشان دهنده وجود ناهمگونی در افق‌هایی بود که میتواند منجر به افزایش در قابلیت تغییر بازده و همچنین رابطه‌های نوسان-حجم شبیه به بازار واقعی شود.

**سویچینگ رفتاری:** ادبیات اقتصادی شامل مثالهایی است که در آن سویچینگ عوامل اقتصادی بین دو الگوی رفتاری منجر به نوسانات متراکم زیادی میشود. در زمینه بازارهای مالی این الگوهای رفتاری را میتوان بعنوان قوانین معامله و نتایج نوسانات متراکم بعنوان جنبش‌های بزرگ در قیمت بازار مانند دنباله پهن در بازده‌ها در نظر گرفت.

Lux و Morchesi به مطالعه یک مدل مبتنی بر عامل پرداختند که در آن دنباله‌های بلند و پهن بازده‌های دارایی و خوشه بندی نوسانات ناشی از سویچینگ رفتاری مشارکت‌کنندگان بازار بین دو رفتار بنیادگرایی و چارتیستی (نویز) است. بنیادیه‌ها انتظار دارند قیمت سهام ارزش بنیادی را در بلندمدت دنبال کند اما چارتیست‌ها روندهای قیمت را شناسایی می‌کنند. عاملها اجازه به تغییر رفتار بین این دو رفتار را طبق استراتژی‌های مختلف دارند. این سویچینگ رفتاری باعث خوشه بندی نوسانات، حافظه بلندمدت و دنباله‌های پهن در مدل Lux و Morchesi می‌شود.



تقاضای مازاد با  $Z_t = \sum_{i=1}^N \theta_i(t)$  ارائه شده است که ارزشی غیر صفر  $Z$  یک تغییری در قیمت داده شده ایجاد می کند: معادله ۲

$$r_t = \ln \frac{S_t}{S_{t-1}} = g \left( \frac{Z_t}{N} \right)$$

در جایی که قیمت روی تابع  $g$  اثر می گذارد:  $R \rightarrow R$  یک تابع افزایشی با  $g(0) = 0$  عمق بازار (نرمال شده) را با لاندای ( $N$ ) نشان می دهیم:  $g^1(0) = \frac{1}{N}$  یک تاثیر قیمتی خطی هستند:

$$g(Z) = \frac{Z}{N} \quad \text{یا} \quad g(Z) = \arctan \left( \frac{Z}{N} \right)$$

که هر دو در مدل های عدم تعادل متفاوتی مورد استفاده قرار می گیرند. در ابتدا از توزیع جمعیت  $F_0$  از آستانه شروع می کنیم:  $\theta_i(0)$  و  $i = 1, \dots, N$  IID مثبت کشیده از  $F_0$  هستند. به روز رسانی استراژنها غیر همزمان می باشد: در هر مرحله زمانی، هر عامل  $i$  یک احتمال  $0 \leq s \leq 1$  از بروز رسانی آستانه اش  $\theta_i(t)$  بنابریندر یک جمعیت بزرگ،  $q$  کسری از عامل ها را نشان می دهد که آستانه شان را در هر دوره به روز رسانی می کنند:  $\frac{1}{q}$  دوره زمانی خاصی را نشان می دهد که عامل دیدگاه (آستانه)  $\theta_i(t)$  را نگه می دارد. اگر دوره ها به عنوان روزها تفسیر شوند،  $q$  نوعا یک مقدار کوچکی از  $10^{-3} - 10^{-1}$  است. زمانی که یک عامل آستانه اش را به روز می کند، آنرا معادل یا آخرین بازده خالص مشاهده شده معادل می کند که شاخصی از نوسانات اخیر می شوند به طور یکنواخت روی  $[0,1]$  توزیع شده اند که نشان می دهند عامل  $i$  آستانه اش را به روز رسانی کرده یا خیر.

معادله ۳

$$\theta_i(t) = |V_i(t) < S| r_t |t| V_{-i}(t) \geq S \theta_i(t-1):$$

این راه به روز رسانی می تواند به عنوان ورژن واقعی از تخمین زن های مختلف نوسانات بر مبنای میانگین متحرک بازده های خالص یا مجذور شده مشاهده شود. این امر همچنین با مطالعه اخیر *Zorko* و *Farmer* اثبات می شود که معامله کننده ها، نوسانات اخیر را به عنوان یک علامت هنگام انجام سفارش هایشان استفاده می کنند. عدم همزمانی برنامه به روز رسانی ارائه شده در اینجا از معرفی یک سفارش مصنوعی از عامل ها مانند مدل های انتخاب متوالی اجتناب می کند. همان طور

که در بالا گفته شد عدم تجانس مقیاس‌های زمانی از مداخله عامل‌ها یک واقعیت مهم برای ایجاد پایداری در نوسانات است. ماهیت تصادفی به روزرسانی در این مدل یک راه صرفه‌جو برای معرفی ناهمگنی در مقیاس‌های زمانی بدون معرفی پارامترهای اضافی<sup>۱</sup> (زائد بزرگ) هست. این برنامه به روزرسانی تصادفی داده شده، حتی اگر از یک جمعیت همگن  $\theta_i(0) = \theta_0$  شروع کنیم، عدم تجانس در جمعیت از طریق فرایند به روزرسانی و استنتاج یک حالت تصادفی حرکت میکند.

اجزای اصلی مدل عبارتند از:

- (۱) عامل‌ها یک سیگنال مشترک  $E(t) \sim N(0, D^2)$  دریافت می‌کنند
- (۲) هر عامل  $i$ ، سیگنال را با آستانه خودش  $\theta_i(t)$  مقایسه می‌کند
- (۳) اگر  $|E(t)| > \theta_i(t)$  عامل سیگنال توجه می‌کند و یک سفارش  $\phi_i(t)$  بر طبق فرمول ۱ ایجاد می‌کند.
- (۴) قیمت بازار به وسیله تقاضای مازاد و حرکت بر طبق فرمول ۲ اثر می‌پذیرد (تحت فشار قرار می‌گیرد).
- (۵) هر عاملی با احتمال  $q$ ، آستانه خودش را بر طبق فرمول ۳ به روزرسانی می‌کند.

در مقایسه با بیشتر مدل‌های شبیه‌سازی عامل بنیان توجه شده در ادبیات و تاریخچه، فرایند "قیمت بنیادی" مستقلی وجود ندارد و تمایز میان معامله‌گران چارتیست و بنیادی قائل نشدیم. هم چنین اطلاعات یکسانی در اختیار همه عامل‌ها قرار دارد بلکه آن‌ها در روش پردازشی اطلاعات متفاوت هستند. هیچ تعامل اجتماعی میان عامل‌ها معرفی نمی‌کنیم. مدل چند پارامتر دارد.

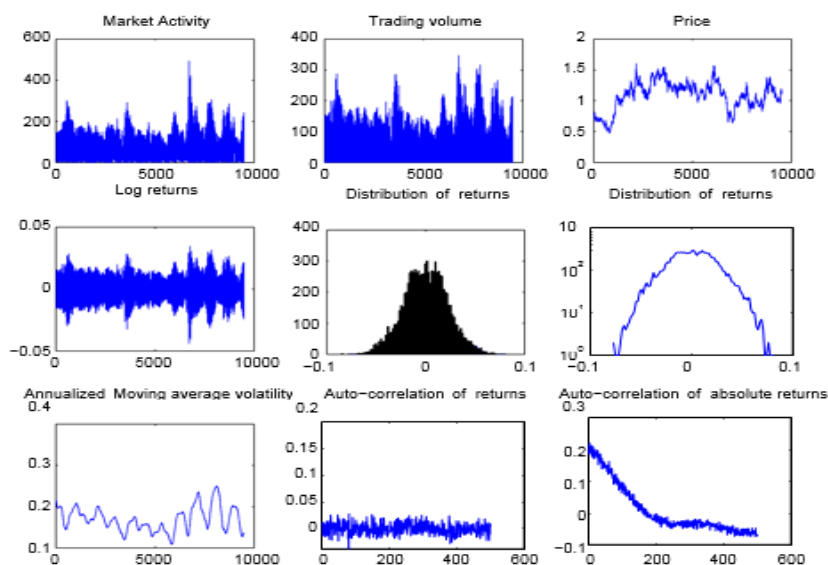
$q$  میانگین فراوانی به روزرسانی را توصیف می‌کند.  $D$  انحراف معیار نویز ارائه شده از پردازش اخبار رسیده،  $N$  تعداد عامل‌ها که زیاد هم هستند.  $\Delta$  عمق بازار می‌باشد.

## ۵- نتایج شبیه‌سازی

به منظور یک مقایسه مستقیم با حقایق محقق شده تجربی معنادار به محاسبه  $Y$  نمونه لحظه ای<sup>۱</sup> به عنوان موردی از داده‌های تجربی می‌پردازیم که با میانگین‌گیری روی مسیر نمونه<sup>۱۱</sup> انجام می‌شود. بعد از شبیه‌سازی یک مسیر نمونه ای از قسمت  $S_t$  برای دوره‌های  $T = 10^4$ ، سری‌های زمانی از بازه‌های  $r_t = \ln\left(\frac{S_t}{S_{t-1}}\right)$ ،  $t = 1, \dots, T$  را محاسبه کردیم و همین‌طور نمودارهایشان، برآورده‌کننده میانگین متحرک از انحراف معیار بازده‌ها (نوسانات)، تابع خود همبستگی بازده‌ها تابع خود همبستگی بازده‌های خالص می‌پردازیم که به منظور کاهش حساسیت نتایج با شرایط اولیه،

در نظر گرفتن یک منطقه ناپایدار<sup>۱۲</sup> و حذف دوره‌های  $10^3$  اول را قبل از میانگین‌گیری اجازه می‌دهیم. برای تفسیر دوره‌های معامله (همان روزها) و مقایسه نتایج با ویژگی‌ها و جزئیات بازده‌های روزانه خاطرنشان می‌کنیم که وقتی  $g$  خطی است  $|r_t| \leq \frac{1}{K}$  می‌باشد و  $5 \leq K \leq 20$  را انتخاب می‌کنیم که یک دامنه (حداکثری) از بازده‌های روزانه بین 5٪، 20٪ وجود دارد. هم چنین دامنه  $D$  از نویز<sup>۱۳</sup> ورودی را می‌توان انتخاب کرد تا یک دامنه واقعی از اندازه‌ها برای نوسان سالانه به دست آید این منجر به انتخاب  $D$  در دامنه  $10^{-2} - 10^{-3}$  می‌شود.

نتایج مورد بحث در ادامه به صورت کلی است. نمودارهای ۱ و ۲ نشانه مسیر نمونه خاص<sup>۱۴</sup> به دست آمده از اندازه‌های پارامتر مختلف می‌باشد همه آن‌ها مجموعه‌های کلی از بازده‌ها با دامنه‌های واقعی و نتایج واقعی از نوسان سالانه است برای هر مجموعه هیستوگرام، بازده‌ها را در مقیاس‌های خطی، لگاریتمی، ACF مربوط به بازه‌های  $C_r$  و ACF مربوط به بازه‌های مطلق  $C_{|r|}$  ارائه می‌دهیم.

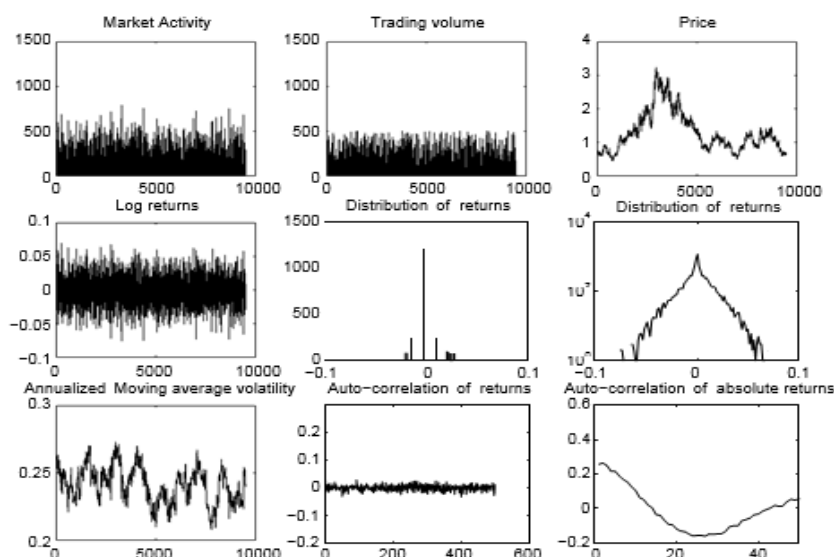


نمودار ۱- شبیه سازی عددی مدل با فرکانس به روز رسانی  $q = 0.01$  (دوره به روز رسانی متوسط):

$$\lambda = 10, D = 0.001, \text{ عامل } N = 1000 \text{ (روز } 100 \text{)}$$



خوشه بندی نوسانات در بازارهای مالی با مدل شبیه سازی عامل بنیان / زهرا شیرازیان، هاشم نیکومرام، فریدون رهنمای رودپشتی و تقی توابی



نمودار ۲- شبیه سازی عددی مدل با فرکانس به روز رسانی  $q = 0.1$  (میانگین به روز رسانی: ۱۰ روز)  
 $N = 1500$  عوامل،  $D = 0.001$  و  $\lambda = 10$

نوسان اضافی: انحراف معیار نمونه بازده‌های می‌تواند بیش‌تر از انحراف معیار نویز ورودی ارائه‌کننده اخبار باشد  $\hat{\sigma}(t) \gg D$

نوسانات برگشت به میانگین: قیمت بازار به‌صورت نامحدود نوسان دارد و نوسان که با برآورده‌کننده میانگین متحرک  $\hat{\sigma}(t)$  اندازه‌گیری می‌شود و به صفر و بی نهایت میل نمی‌کند و نشانه رفتار برگشت به میانگین است.

دنباله پهن: فرایند شبیه‌سازی شده یک توزیع کشیده‌ای از بازده‌ها با دم‌های کلفت دنباله‌های پهن<sup>۱۵</sup> با یک کشیدگی حدود ۷ ایجاد می‌کند. همان‌طور که در نمودارهای لگاریتمی<sup>۳</sup> و ۴ مشاهده می‌کنید دنباله‌ها نشان دهنده‌ی یک نمای کاهشی تقریبی هستند.

بازده‌ها همبستگی به هم ندارند (بازده‌ها غیر همبسته‌اند): خودهمبستگی نمونه بازده‌ها نشان دهنده یک ارزش بی معنا (غیرمعنادار) در همه تاخیرهای<sup>۱۶</sup> زمانی است که نشانه عدم وجود وابستگی سریال خطی در بازده‌ها هستند.

خوشه بندی نوسانات: تابع خود همبستگی بازده‌های خالص در بسیاری از تاخیرهای زمانی، بطور قابل توجهی مثبت باقی می‌مانند که مطابق با پایداری<sup>۱۷</sup> دامنه بازده های یک مقیاس زمانی  $\cong \frac{1}{q}$  می‌باشد.

## ۶- تحلیل تئوریک (تجزیه و تحلیل نظری)

### الف- بازخورد بدون ناهمگونی

در موردی که  $q = 1$  همه عامل‌ها بصورت همزمان آستانه خود را در هر دوره به روز رسانی میکنند در نتیجه عوامل دارای آستانه های یکسانی هستند که با بازده خالص دوره های آخر ارائه می‌شود:  $\theta_i(t) = |r_{t-1}|$  و بنابراین سفارش یکسانی ایجاد می کنند  $Z_t = N\theta_1(t)E\{0, N, -N\}$  است. بنابراین بازده بستگی به بازده خالص  $|r_{t-1}|$  دارد:

$$r_t = f(|r_{t-1}, E_t) = g(N)1_{E_t > |r_{t-1}|} + g(-N)1_{E_t < -|r_{t-1}|}$$

یک ساختار نوعا وابسته از مدل های آرچ منجر به بازده های غیر همیشه و خوشه بندی نوسانات می‌شود. در این مورد توزیع توزیع شرطی مبتنی بر  $|r_{t-1}|$  در واقع توزیع سه جمله ای  $r_t \in \{0, g(N), g(-N)\}$  است که واقعی نمی باشد، مطالعات شبیه سازی نشان می دهند که رفتار مشابه برای  $1 - q \ll 1$  وجود دارد که منجر به توزیع Tri-modal که تاییدی بر شهود ما بر این مطلب است که احتمال به روز رسانی، به روز رسانی  $q$  باید کوچک در نظر گرفته شود  
ب- ناهمگونی بدون بازخورد: زمانی که  $q = 0$  هیچگونه به روز رسانی رخ نمی دهد. راهبردهای معامله با آستانه های  $\theta_t$  وجود دارد که تحت تاثیر رفتار قیمت قرار ندارد و اثر بازخورد دیگر ارائه نمی شود. ناهمگونی هنوز هم وجود دارد توزیع آستانه ها با آنچه که در  $t = 0$  وجود داشت یکسان می ماند بازده  $r_t$  صرفا بستگی به  $E_t$  دارد.

$$r_t = g\left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 1_{E_t > \theta_i} - 1_{E_t < -\theta_i}\right) = F(E_t)$$

به این نتیجه می رسیم که بازده ها متغیر های تصادفی IID هستند که با تغییر ترتیب ZID نرمال  $E_t$  با تابع غیر خطی  $F$  بدست می آید (در معادله ۴ ارائه شده) که ویژگی های آن بستگی به توزیع اولیه آستانه ها دارد. پس لگاریتم قیمت از یک گام تصادفی غیر نرمال پیروی کرده و مدل خوشه بندی نوسانات را نشان نمی دهد.

دو مورد محدود فوق نشان می‌دهند (به منظور بدست آوردن جزئیات آماری جذاب مشاهده شده در نمونه‌های شبیه‌سازی شده در بالا)، لازم است  $0 < q \ll 1$  باز خورد و ناهمگونی عناصر ضروری هستند در موارد کلی ویژگی‌های زیر را داریم:

### دینامیک‌های مارکوفی

آستانه‌های  $[\theta_i(t), i = 1, \dots, N]$  از یک زنجیره مارکوف در  $\{g(K), K = 0, \dots, N\}$  تبعیت می‌کند، ما داریم  $\theta_i(t+1) = \theta_i(t)$  با احتمال  $1-q$  و با احتمال  $q$

معادله ۴

$$\theta_i(t+1) = |r_t| = \left| g \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [1_{E_t > \theta_i} - 1_{E_t < -\theta_i}] \right) \right|:$$

در حقیقت با توجه به عواملی که غیرقابل تشخیص می‌باشند و صرفاً توزیع تجربی ارزش‌های آستانه که روی بازده اثر می‌گذارد می‌باشند  $N_k(t) = \sum_{i=1}^N 1_{[0, \alpha_k]}(\theta_i(t))$  تعریف می‌شود سپس شامل یک زنجیره  $(N_k(t), K = 0, \dots, N-1)_{t=0,1,\dots}$  مارکوف در  $\{0, \dots, N\}^N$  می‌باشد  $N(t) = (N_k(t), K = 0, \dots, N-1)$  چیزی جز توزیع جمعیت انباشه (تجمعی) از آستانه‌ها نیست. این حقیقت که  $N(t)$  خود از یک زنجیره مارکوف پیروی می‌کند بدین معنا است که توزیع جمعیت آستانه‌ها یک معیار<sup>۱۸</sup> تصادفی روی  $\{0, \dots, N\}$  است که مشخصه‌ای از سیستم‌های نامنظم<sup>۱۹</sup> می‌باشد اگر از یک مجموعه معین از ارزش‌ها برای آستانه‌های اولیه شروع کنیم. در اینجا بی‌نظمی‌ها درون‌زا هستند و با مکانیزم به روز رسانی تصادفی ایجاد می‌شوند.

### نوسان مازاد (اضافی)

در این مدل نوسان فرایند ورود اخبار توسط  $D$  که انحراف معیار نویز خارجی  $E_t$  است شناسایی می‌شود در حالی که نوسان بازده‌ها را می‌توان به عنوان یک انحراف معیار  $r_t$  (شرطی یا غیرشرطی) اندازه‌گیری کرد. همان‌طور که از رابطه غیر خطی  $r_t$  و  $6_t$  مشاهده گردید:

معادله ۵:

$$r_t = g \left( \frac{\sum_{i=1}^N 1_{E_t > \theta_i(t)} - 1_{E_t < -\theta_i(t)}}{2N} \right)$$

حتی بعد از شرطی کردن حالت های فعلی عوامل  $\theta_i(t)$ ,  $i = 1, \dots, N$  ، معادله ۵ یک رابطه غیر خطی بین نویز ورودی  $E_t$  و بازه هایی که روی تقویت کردن نویز اثر دارند (به وسیله بزرگی سفارش) ایجاد می کند.

در مثال شبیه سازی نشان داده شده در نمودار  $D = 10^3, 3$  که به نوسانات سالیانه  $1/6$  درصدی مربوط است درحالی که نوسانات بازده سالیانه در دامنه  $20$  درصد قرار دارد (یک سفارش با اندازه بزرگتر) اندازه نوسان بازده ها ممکن است کاملا متفاوت از نویز ورودی باشد.

### عدم خود همبستگی

از معادله های دینامیک مدل

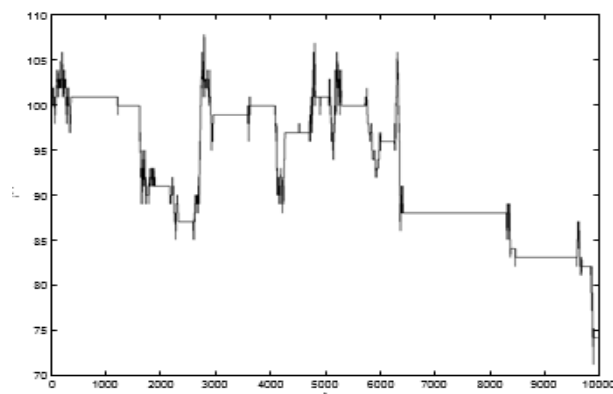
$$Z_t = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \theta_i(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [1_{E_t > \theta_i} - 1_{E_t < -\theta_i}] \quad \text{معادله ۶}$$

$$r_t = g(Z_t) = g\left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [1_{E_t > \theta_i} - 1_{E_t < -\theta_i}]\right) \quad \text{معادله ۷}$$

می توان به این نتیجه رسید که اگر  $g$  یک تابع فرد (به ویژه اگر  $g$  خطی باشد) باشد سپس بازده دارایی  $(r_t)_{t \geq 0}$  همبسته نیست:  $COV(r_t, r_{t+1}) = 0$  دلیل این امر آن است که تصمیم معامله یا عدم معامله صرفا مبتنی بر دامنه سیگنال است نه علامت آن. علامت بازده با علامت سیگنال مشترک تعیین می شود که در دوره های مختلف مستقل است.

### سکون (ایستایی) سرمایه گذار

به جز زمان های سقوط بازار یا بحران، در یک دوره زمانی معین صرفا بخش کوچکی از سهامداران عملا در بازار دست به معامله می زنند، پس به عنوان نتیجه، جریان سفارش روزانه برای یک سهام خاص می تواند کوچک تر از سرمایه گذاری بازار باشد. این پدیده گاهی سکون (ایستایی) سرمایه گذار را نشان می دهد. یک نتیجه کلی در مدل ما به دلیل رفتار آستانه ای عوامل می باشد. با شروع از نگهداری اولیه  $\pi_i(0)$ ، تعداد دارایی نگهداری شده توسط عامل  $i$  به وسیله  $\pi_i(t) = \sum_{T=0}^t \theta_i(T)$  به دست می آید. نمودار ۱ و ۲ تحول (تکامل) پورتهوی  $\pi_i(t)$  از یک عامل خاص را نشان می دهد: دوره های کوتاه فعالیت از دوره های بلند سکون و ایستایی جدا شده اند در حالیکه پورتهوی ثابت می ماند. این سکون و ایستایی در دوره های با نوسانات بالا افزایش می یابد (رفتار اجتناب از ریسک عامل).



نمودار ۳- تحولی از پور تفوی یک عامل خاص با یک دوره طولانی غیرفعال بودن بعد از دوره فعالیت زیاد

#### برگشت به میانگین و خوشه بندی نوسانات:

بسیاری از مدل های زیرساختاری بازار به خصوص آن دسته که دارای همگرایی تکامل با یادگیری هستند در فاصله های زمانی بزرگ با یک موازنه قرار دارند که در آن قیمت ها و دیگر مقادیر کل به صورت تصادفی دچار نوسان نمی شوند. در مقابل در مدل حاضر قیمت ها به صورت نا محدود دچار نوسان می شوند و نوسانات رفتار برگشت به میانگین را نشان می دهند. فرض کنید در دوره ای از نوسان پایین به سر می بریم دامنه  $|r_t|$  از بازده های کوچک است. عواملی که آستانه های خود را به روز رسانی می کنند آنها را با اندازه های کوچک به روز رسانی می کنند و نسبت به ورود اخبار حساس خواهند شد بنابراین تقاضای اضافی ، بازده اضافی ایجاد می کنند . برعکس در یک دوره ای با نوسانات بالا، عامل ها، اندازه آستانه خود را تا رسیدن به ارزش های بالا به روز رسانی می کنند و نسبت به سیگنال ها ورودی کم تر واکنش نشان می دهند. این افزایش در سکون (ایستایی) سرمایه گذار، کاهش دهنده بازده است. زمان برگشت به میانگین در نوسانات مطابق با زمانی است که عامل برای تعدیل آستانه اش با شرایط بازار صرف می کند  $T_c = \frac{1}{q}$  . زمانی که دامنه نویز کوچک است بر اساس آن نوسان به صورت نمایی در طول زمان کاهش یافته و از طریق پرسش هایی رو به بالا افزایش پیدا می کند، این رفتار در واقع شبیه به یک دسته از مدل های نوسان تصادفی می باشد که توسط Nielson معرفی شد و به صورت موفقیت آمیزی برای توصیف ویژگی های اقتصاد سنجی مختلف از بازده ها به کار گرفته می شود.

## ۷- نتیجه‌گیری و بحث

بعنوان نتیجه کلی می‌توان گفت خوشه‌بندی نوسانات به عنوان یک ویژگی شناخته شده در بیشتر سری‌های زمانی است مدل‌های عامل بنیان، خوشه‌بندی نوسانات را در رفتار مشارکت کنندگان بازار توصیف می‌کنند که در یک قوانین ساده‌ای توصیف شده‌اند. یک ویژگی مشترک از مدل‌های عامل بنیان سویچینگ میان دوره‌های فعالیت کم و زیاد با دوره‌های دیرش زیاد می‌باشد مدل‌ها در مکانیزم متفاوت‌اند که منجر به این انتقال در سطح عامل‌ها می‌شود. درحالی‌که اقتصادسنجی روی ماهیت وابستگی دامنه کوتاه یا بلند در نوسانات بحث می‌کند، مدل‌های عامل بنیان می‌توانند انگیزه‌ای برای انتخاب میان ویژگی‌های اقتصادسنجی که از نظر آماری مطلوب هستند ایجاد کنند و اجزای مفیدی برای تحلیل اقتصادسنجی ارائه دهند.

### فهرست منابع

- \* -Cont, R. (2005). Volatility Clustering In Financial Markets: Empirical Facts And Agent-Base Models.
- \* -Girandina, I, Bouchaud, J.Ph. (2003). Volatility Clustering In Agent Based Market Models.Elsevier. 6-16.
- \* Black, F. (1976), "Capital market equilibrium with restricted borrowing".
- \* Mandelbrot, B. (1963), "The Variation of Certain Speculative Prices," *Journal of Business* , 36, 394-419.
- \* Nelson, D. B. (1991), "Conditional Heteroskedasticity in Asset returns: A new Approach". *Econometrica*, 59 (2): 347-370. Park, B. J. (2008), Herd behavior and volatility in financial markets. In *The 3rd International Conference on Asia-Pacific Financial Markets*.
- \* Chen.S.H , Liao.C.C (2004) "Behavioral Finance and Agent-Based Computational Finance: Toward an Integrated Framework" "Department of International Business
- \* Chan.T , Lebaron.B , Lo.w , Pigo.T (1999) " Agent – Based Models Of Financial Markets : A Comparison With Experimental Markets " MIT Artificial Market .
- \* Farmer D. (2001) "toward agent based models for investment" *santa fe , new Mexico*,
- \* 51-70
- \* Dixit, Avinash K.,(2013) "Thomas Schelling`s Contributions to Game Theory" .
- \* *Scandinavian Journal of Economics*, Vol. 108, No. 2, pp. 213-229
- \* HeathB., Hill R. and Ciarolla F. (2009) "A survey of agent based modeling practices " *journal of artificial societies and social simulation* , 12 (4), 9, 1-35
- \* Heath L. (2010) " The history , philosophy and practice of agent based modeling and development of the conceptual model for simulation diagrams " *dissertation , wright state university . u.s.a*
- \* - Helbing.D , Balmietti.S (2012)" "How to Do Agent-Based Simulations in the Future: From Modeling Social Mechanisms to Emergent Phenomena and Interactive Systems Design" Springer-Verlag Berlin Heidelberg , pp 25-70
- \* Johnston M. (2013) " Agent analyst : agent Based modeling in arcgis" *Ersi press , new York,usa*
- \* Outkin.V (2012) " An Agent- Based Model of The Nasdaq Stock Market: Historic Validation and Future Directions " *Sandia National Laboratories*
- \* Lebaron.B (2004) " Agent-Based Empirical Examples : Matching Stylized Facts With Style " *Brandeis University , International Business School .*
- \* Lovric Milan (2011) " Financial Market and Agent Based Artificial Market" *Thesis , Erasmus University Rotterdam*
- \* Macal M. , North J. (2006) *introduction to agent based modeling and simulation " us department of energy , usa ,Argonne*

- \* Ribillye, peng J. ,lung tal (2012) “ Understanding agentbased models of financial markets : A bottom-up approach based on order parameters and phase diagram “ manyang technological university , singapore.
- \* Si.fo (2010) “ Applied Behavioral Finace Theories for An Agent- Based Artificial Financial Market “ Dissertation , Van Tilburg University
- \* Shimokava.T , Suzuki.K , Takahashi.S (2010) “ An Agent – Based Approach to Test the Usefulness of the Behavioral Finance in Real Financial Market “ International Journal of Computational Science , Vol 4 (2) , 199-217
- \* Thurnue S. (2011) “Systemic financial risk :agent basedmodels to understand the leverage cycle on national scalesand its consequences “ medical university of Vienna , Australia
- \* -Westerhoff.F (2009) “A Simple Agent-Based Financial Market Model : Direct Interaction and Comparisons of Trading Profits” Bamberg University

#### یادداشت‌ها

- <sup>1</sup> Mandelbrot
- <sup>2</sup> Fama
- <sup>3</sup> Arch
- <sup>4</sup> Garch
- <sup>5</sup> Engle
- <sup>6</sup> Nelson
- <sup>7</sup> Danberg
- <sup>8</sup> Threshold
- <sup>9</sup> Extra parameter
- <sup>10</sup> MomentsSample
- <sup>11</sup> Sample path
- <sup>12</sup> Transitory regime
- <sup>13</sup> Noise
- <sup>14</sup> TypicalSample path
- <sup>15</sup> Heavy tails
- <sup>16</sup> Lag
- <sup>17</sup> persistence
- <sup>18</sup> Measure
- <sup>19</sup> disordered