مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار
شماره سی‌وششم / پائیز ۱۳۹۷

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

زهرا شیرازیان[۱]
هاشم نیکومرام[۲]
فریدون رهنمای رودپشتی[۳]
تقی ترابی[۴]

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۸/۰۳ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۰/۲۳

## 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 مانند. 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 سوییچینگ 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 ارایه 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.

**واژه‌های کلیدی:** خوشه‌بندی نوسانات، شبیه سازی عامل بنیان، سوییچینگ ،اینرسی سرمایه‌گذار.

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

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 معمولا 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 ، صرفا 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 کاملا توضیح داده شود اما برای عامل ها گفتن هدف کافی است .آنهاچگونگی 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 نشات 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. 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 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 مشابها 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.

مطالعه جزییات آماری از سریهای 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. مدلهای گارچ و مدلهای 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 ارایه نمی دهند. مثلا 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 ارایه دهد مگر آنکه مکانیزمهای اقتصادی برای درک چنین پدیده ای ارایه شود برخی از این بینش ها توسط مدلهای عامل بنیان به بازارهای مالی ارایه میشود.این مدلها تلاش به توصیف منبع رفتار مشاهده شده از قیمتهای بازار در قانون رفتار مشارکت کنندگان بازار میکند.در این رویکرد یک بازار مالی بعنوان یک سیستم از عاملهای متعامل و ناهمگن مدلسازی میشوند. مثالهای متعددی از چنین مدلها برای ایجاد رفتار قیمتی مشابه با آنچه در بازار واقعی دیده میشود، ارایه میگردد. بیشتر مدلهای 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 ارایه میشود که به رفتار عاملها برمیگردد.این مدل اینرسی سرمایه گذار و خوشه بندی نوسانات را بهم مرتبط می سازد یا بعبارتی 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 سوییچینگ ارایه شده در ادبیات اقتصادسنجی بعنوان منبع خوشه بندی نوسانات ارایه 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. شلینگ۱۰ (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 کاملا 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 کاملا 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 نهایتا 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 90میلادی 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 رفتای 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 معمولا 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 مدلهای 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 ، عموما عامل ها نماینده تصمیم -گیران در سیستم هستند عامل ها در هر وضعیتی گرایش دارند که انطباقی و انعطاف پذیر رفتار کنند .عامل ها معمولا در سیستم به صورت مجزا قابل شناسایی هستند به هر حال لازم نیست که عامل ها به صورت کاملا جدا از یکدیگر قابل تفکیک باشند بلکه مرزهای جداکننده عامل ها می تواند مبهم باشد همچنین عامل ها می- توانند بخش قابل توجهی از داده ها را با یکدیگر به اشتراک بگذارند.

مفهوم کلی عامل را می توان از اصطلاح عقلانیت محدود هربرت سایمون (۱۹۵۷ )برداشت کرد از دیدگاه هربرت سایمون عقلانیت محدود به این معناست که عاملها فقط می توانند از بخش محدودی از اطلاعات را استفاده کنند. به عبارتی آنها نمی توانند در مدت زمان نامحدود به بررسی گزینه ها پرداخته و تصمیم گیری کنند و این موضوع در تضاد کامل با مفروضات پارادایم سنتی، مانند اقتصاد تئوکلاسیک قرار دارد که بر اساس آنها تصمیم گیران برای استفاده از اطلاعات نامحدود برای تصمیم گیری زمان نامحدود دارند. عاملها علاوه بر اینکه عقلایی محدود رفتار می کنند فقط می توانند 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 می تواند از آن اطلاعات کسب کند.حوزه پیرامونی عامل میتواند از لحاظ جغرافیایی نزدیک آن باشد و یا دور از آن مانند سیستم تلفن ، ای ملی و شبکه جهانی وب . فاکتور کلی و عمومی برای محلی بودن اینست که هر عامل تعدادی منابع اطلاعاتی داشته که عامل به طور همزان نمیتواند از همه آنها به طور نامحدود استفاده نماید بلکه به برخی دسترسی سریع تر داشته و از آنها استفاده می-نماید . عامل ها عموما انطباق پذیر بوده و از تجربیات شان یاد می گیرند و این یاد گیری می تواند عمیق باشد به این معنا که عامل ها در طول زمان می توانند استراتژی های رفتاری جدیدی از خود بروز دهند و ممکن است این یادگیری خیلی عمیق نباشد.

از دیگر پارامتر های مهم در مدل سازی بر مبنای عامل محیط است برعکس عامل ، محیط در تصمیم گیری مشارکت مستقیم ندارد هر چند تعامل در محیط می تواند منجر به تکامل و تغییر در طول زمان باشد به هر حال محیط می تواند شکلی از حافظه برای ذخیره سازی اطلاعات مربوط به نتایج رفتارهای گذشته عامل باشد که تصمیم گیری آتی آن عامل را تحت تاثیر قرار خواهدداد. داده های مربوط به عامل ها می تواند گسسته یا پیوسته باشد و می تواند تحت تاثیر رفتارها و تعاملات عامل ها در محیط قرار گیرد و همچنین رفتار ها و کنش های عامل ها می تواند 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 معمولا 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 ، صرفا 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 کاملا توضیح داده شود اما برای عامل ها گفتن هدف کافی است .آنهاچگونگی 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 نشات 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 ممکنی که عامل قادر به انجام آن است نگاشت میکند:

$\mathcal{F}: P^* \rightarrow A$

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 مشابها 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 وشیء 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**

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

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. هردوی شیء و عامل در محیط هستند، هردو 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 مشابها 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 موجول تصمیم گیری عامل. (agent)
- ✓ تعریف و تبیین تعاملات رمانی 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 ستنی 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 تفاوتهای اساسی داد. فرق این دو نوع مدل سازی در جدول ذیل ارائه شده است.

**جدول شماره ۲**

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

یکی از معروفترین ویژگی های بازده های دارایی مالی خوشه بندی نوسانات است(تغییرات بزرگ در قیمتها 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 دربازار مالی مهم است. از آنجائیکه نوسانات بازده های دارایی می تواند به طور مستقیم روی قیمت اختیارهای معامله و ریسک سهام و پورتفوی ها اثر بگذارد و توانایی پیش بینی واریانس را دارد. مطالعه ویژگی های

آماری 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 خودهبستگی 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 مدلهای آماری مثل گارچ،آرچ، مدلهای چند فرکتالی توسط مندلبروت به منظور مطالعه خوشه بندی نوسانات استفاده شده است. مثلا مدلهای گارچ بعنوان اولین مدلهای 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 بنابرین 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 بنابرین یک نوع مومنتوم ایجاد می کنند که باعث می شوند قیمت ها به طور موقتی از قیمت پایه شان بطور موقتی دور شوند. مدلهای شبیه سازی عامل بنیان تلاش برای توصیف منبع رفتار مشاهده شده از قیمتهای 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، مدلهای شبیه سازی عامل بنیان یک جزء مفیدی را برای تحلیل اقتصادسنجی ارائه می کند.

مندلبرت[۱](۱۹۶۳)و سپس فاما [۲](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 مدلهای آرچ[۳] و گارچ[۴] انگل[۵] (۱۹۸۲)است که توسط نلسون[۶] (۱۹۹۱)توسعه یافته است. انگل (2004) 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 سریهای بازده نتایج نشان میدهد که خوشه ها در بیشتر نوسانات سری های بازده، تمایل به پایداری بالا دارند و حتی بعد از ۴۰روز 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 مدلهای گارچ بررسی کرده است از جمله دانبرگ[۷] (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 قیمت ها حمایت کردند (Fama,1965: Samueslson,1965). طی پژوهش مندلبروت[۱] (۱۹۶۳) رفتار کسری در بازار سرمایه مشاهده شد. چنین رفتاری توسط حافظه بلند مدت[۲] و الگو های غیر دوره ای چرخشی[۳] توصیف شد. در واقع، حافظه بلند مدت به عنوان یکی از نواقص بازار کارا مطرح گردید که بیان می کند سری های زمانی شاخص بازار سرمایه از فرآیند گشت تصادفی پیروی نمی کنند. از آنجا که حافظه بلند مدت موجب وابستگی بازده آینده دارایی با بازده های قبلی آن می شود، نشان دهنده وجود پارامتری قابل پیش بینی در دینامیک سری زمانی است. وجود این ویژگی دلیلی بر رد شکل ضعیف فرضیه کارایی بازار است. در این سطح از کارایی، قیمت های اوراق بهادار فقط اطلاعاتی را که در گذشته قیمت ها نهفته است منعکس می کنند و این اطلاعات بلافاصله در قیمت های جاری منعکس می شوند.

**سرعت دریافت ناهمگن اطلاعات:** ناهمگن بودن مقیاس زمانی عامل بعنوان منشایی برای حقایق مختلف در نظر گرفته شده است.سرمایه گذاران بلندمدت بصورت طبیعی بر روی رفتار بلند مدت قیمتها تمرکز دارند درحالیکه معامله گران 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 افق های زمانی مربوط به دینامیکهای قیمت نیز توسط Lebaron در یک بازار سهام مصنوعی مورد مطالعه قرار گرفت که نشان دهنده وجود ناهمگونی در افق هایی بود که میتواند منجر به افزایش در قابلیت تغییر بازده و همچنین رابطه های نوسان–حجم شبیه به بازار واقعی شود.

**سوییچینگ رفتاری:** ادبیات اقتصادی شامل مثالهایی است که در آن سوییچینگ 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 جنبش های بزرگ در قیمت بازار مانند دنباله پهن در بازده ها در نظر گرفت.

Morchesi وLux به مطالعه یک مدل مبتنی بر عامل پرداختند که در آن دنباله های بلند و پهن بازده های دارایی و خوشه بندی نوسانات ناشی از سوییچینگ رفتاری مشارکت کنندگان بازار بین دو رفتار بنیادگرایی و چارتیستی(نویز) است.بنیادیها انتظار دارند قیمت سهام ارزش بنیادی را در بلندمدت دنبال کند اما چارتیستها روندهای قیمت را شناسایی می کنند. عاملها اجازه به تغییر رفتار بین این دو رفتار را طبق استراتژیهای مختلف دارند.این سوییچینگ رفتاری باعث خوشه بندی نوسانات، حافظه بلندمدت و دنباله های پهن در مدل Morchesi وLux می شود.

**نقش اینرسی سرمایه گذار:** همانطور که Liu خاطرنشان کرده است وجود مکانیزم سوییچینگ رژیم مارکوفی در نوسانات میتواند منجر به خوشه بندی نوسانات شود که برای ایجاد وابستگی دامنه بلند بازده مطلق کافی نیست آنچه که از سوییچینگ اهمیت بیشتری دارد زمان صرف شده در هر رژیم باید دارای توزیع دنباله پهن باشد. Bayrakafar و همکاران به مطالعه یک مدل پرداختند که در آن یک جریان سفارشی تصادفی،دنباله پهن، مدت زمان میان معاملات منجر به وابستگی دامنه بلند در بازده ها میشود. زمانیکه طول مدت τn از دوره های عدم فعالیت دارای یک توزیع از $P(\tau n \geq t)= t-\alpha L(t)$ هستند ، شرایطی ارایه میشود که تحت آن با محدودیت تعداد زیاد سفارشات تصادفی عاملها،فرایند قیمت در این مدلها با فرایندی با توان Hurst هرست $H = (3 - \alpha)/2 > ½$ همگرایی دارد.

## ۴- تنظیم مدل عامل بنیان برای خوشه بندی نوسانات

این مدل بازاری را توصیف می کند که یک دارایی هست با قیمت $S_t$ و توسط N عامل مورد معامله قرار گرفته و معامله در دوره زمانی گسسته... و ۲ و ۱ و۰ =t اتفاق افتاده که به روزهای معامله تفسیر می‌شود. در هر دوره، عامل ها امکان ارسال سفارش خرید یا فروش یک واحد از دارایی را دارند که با $\varphi_i(t)$ تقاضای عامل نشان داده می شود. سفارش خرید با $\varphi_i(t) = 1$ و $\emptyset_i(t) =$ 1−سفارش فروش و $\emptyset_i(t) = 0$ یعنی عامل در دوره t، غیر فعال است.جریان ورودی اطلاعات عمومی با یک رشته متغیرهای تصادفی مستقل نرمالIID مدل سازی می‌شوند (... و۲ و۱ و۰=t و$E_t$) با $E_t \sim N(0, D^2)$ و $E_t$ ارزش علامت دریافت شده توسط همه عامل ها در تاریخ۱ −t را نشان می دهد. علامت $E_t$ یک پیش بینی از بازده آینده$r_t$ است و هر عامل باید تصمیم بگیرد که آیا اطلاعات منتقل شده از$E_t$ مهم هست .بدین ترتیب که بر مبنای علامت $E_t$ سفارش خرید یا فروش را انجام می‌دهد.قانون معامله هر عامل $i$ که $i = 1, \dots N$ به وسیله یک آستانه [۸]تصمیم ($\theta_i(t)$ - time varing) ارائه می شود.$\theta_i(t)$ آستانه می‌تواند به عنوان ذهنیت عامل‌ها روی نوسانات در نظر گرفته شود. قانون معامله‌ای که در اینجا بررسی می‌کنیم ممکن است یک مثال واقعی از رفتار آستانه‌ای باشد.بدون محرک خارجی کافی$|E_t| \leq \theta_i(t)$ ، یک عامل می‌تواند غیرفعال باشد $\emptyset_i(t) = 0$ و اگر $|E_t| > \theta_i(t)$ عامل فعال خواهد بود$\emptyset_i(t) = 0$.و اگر $E_t > \theta_i(t)$ ، $\emptyset_i(t) = -1$ اگر $E_t < -\theta_i(t)$،

تقاضایی ایجاد شود توسط عامل در معادله۱ آمده است:

$$\emptyset_i(t) = |E_t > \theta_i(t)^- |E_t < -E_i(t) \qquad \text{معادله۱}$$

تقاضای مازاد با $Z_t = \sum_{i=1}^{N} \emptyset_i(t)$ ارائه شده است که ارزشی غیر صفر $Z$ یک تغییری در قیمت داده شده ایجاد می کند : معادله۲

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

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

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

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: $i = 1, \dots, N$و$\theta_i(O)$متغیر های IID مثبت کشیده از $F_0$ هستند. به روز رسانی استراژنها غیر همزمان می باشد: در هر مرحله زمانی، هرعامل$i$ یک احتمال$1 \le s \le 0$از بروزرسانی آستانه اش $\theta_i(t)$ بنابراینر یک جمعیت بزرگ،$q$ کسری از عامل ها را نشان می دهد که آستانه‌شان را در هر دوره به روزرسانی می‌کنند: $\frac{1}{q}$دوره زمانی خاصی را نشان می‌دهد که عامل دیدگاه (آستانه) $\theta_i(t)$ را نگه می‌دارد. اگر دوره ها به عنوان روزها تفسیر شوند، $q$ نوعا یک مقدار کوچکی از$S \cong 10^{-1} - 10^{-3}$ هست. زمانی که یک عامل آستانه‌اش را به روز می کند، آنرا معادل یا آخرین بازده خالص مشاهده شده معادل می کند که شاخصی از نوسانات اخیر $|r_t| = \left|\ln \frac{S_t}{S_{t-1}}\right|$ می‌باشد. متغیرهای تصادفی IID به صورت $t \ge 0$ و$i = 1, \dots, N$ $V_i(t)$ معرفی می‌شوند به طور یکنواخت روی [0,1] توزیع شده اند که نشان می دهند عامل $i$، آستانه اش را به روزرسانی کرده یا خیر.
معادله۳

$$\theta_i(t) = |V_i(t) < S|r_t|t|V_i\ (t) \ge S\ \theta_i(t-1):$$

این راه به روزرسانی می‌تواند به عنوان ورژن واقعی از تخمین‌زن‌های مختلف نوسانات برمبنای میانگین متحرک بازده‌های خالص یا مجذور شده مشاهده شود. این امر همچنین با مطالعه اخیر*Zorko* و*Farmer* اثبات می‌شود که معامله کننده‌ها، نوسانات اخیر را به عنوان یک علامت هنگام انجام سفارش‌هایشان استفاده می‌کنند. عدم همزمانی برنامه به روزرسانی ارائه شده در اینجا از معرفی یک سفارش مصنوعی از عامل‌ها مانند مدل‌های انتخاب متوالی اجتناب می‌کند. همان‌طور

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[۹](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) عامل ها 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 می‌کنند

۳) اگر $|E(t)| > \theta_i(t)$ عامل سیگنال توجه می‌کند و یک سفارش $\emptyset_i(t)$ بر طبق فرمول ۱ ایجاد می‌کند.

۴) قیمت بازار به وسیله تقاضای مازاد و حرکت برطبق فرمول ۲ اثر می پذیرد (تحت فشار قرار می گیرد).

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 معامله گران 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.

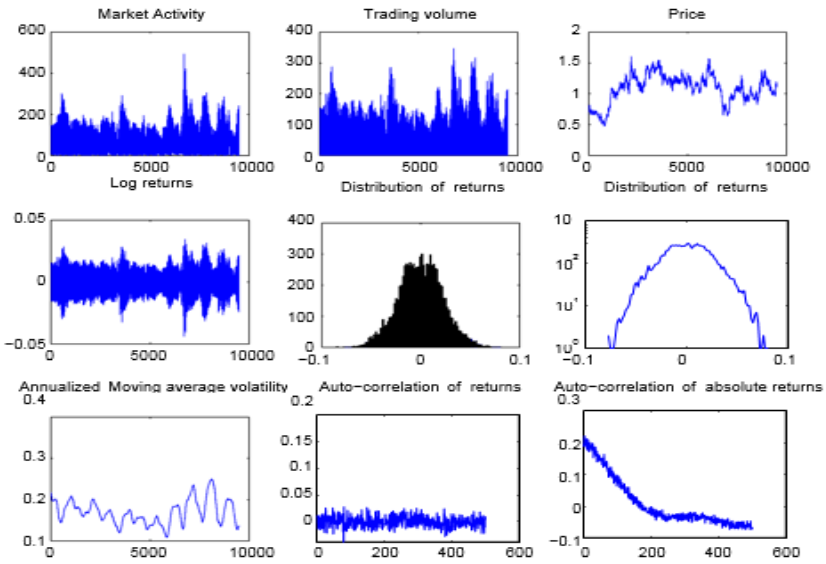
q میانگین فراوانی به روزرسانی را توصیف می‌کند. D انحراف معیار نویز ارائه شده از پردازش اخبار رسیده، N تعداد عامل ها که زیاد هم هستند.Nعمق بازار می باشد.

## ۵- نتایج شبیه‌سازی

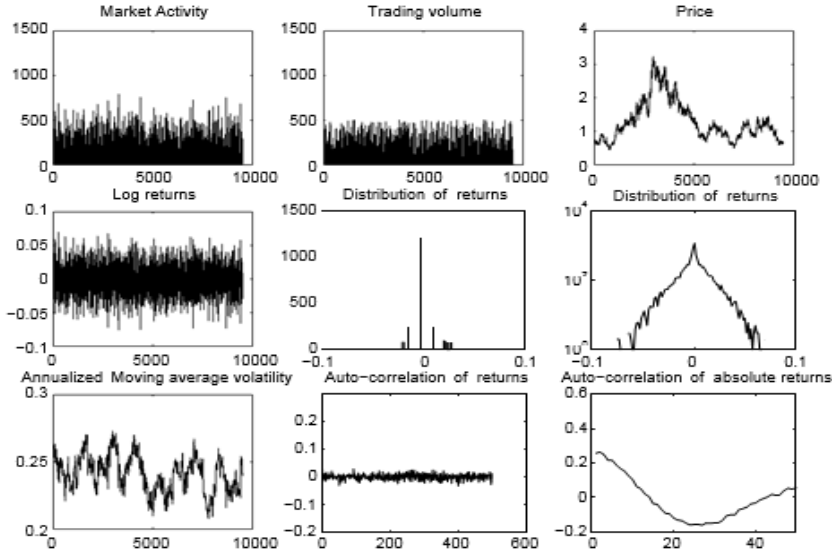
به منظور یک مقایسه مستقیم با حقایق محقق شده تجربی معنادار به محاسبه ی نمونه لحظه ای[۱۰] به عنوان موردی از داده های تجربی می‌پردازیم که با میانگین‌گیری روی مسیر نمونه [۱۱] انجام می‌شود. بعد از شبیه سازی یک مسیر نمونه ای از قسمت $S_t$ برای دوره های $T = 10^4$، سری‌های زمانی از بازه‌های $r_t = \ln\left(\frac{S_t}{S_{t-1}}\right), t = 1, \dots, T$ را محاسبه کردیم و همین‌طور نمودارهایشان، برآورده‌کننده میانگین متحرک از انحراف معیار بازده ها(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[۱۲] و حذف دوره‌های $10^3$ اول را قبل از میانگین‌گیری اجازه می دهیم.برای تفسیر دوره های معامله (همان روز ها) و مقایسه نتایج با ویژگی‌ها و جزئیات بازده‌های روزانه خاطرنشان می‌کنیم که وقتی g خطی است $|r_t| \leq \frac{1}{\aleph}$ می‌باشد و $5 \leq \aleph \leq 20$ را انتخاب می‌کنیم که یک دامنه (حداکثری) از بازده‌های روزانه بین ٪20,٪5 وجود دارد. هم چنین دامنه Dاز نویز[۱۳] ورودی را می‌توان انتخاب کرد تا یک دامنه واقعی از اندازه‌ها برای نوسان سالانه به دست آید این منجر به انتخابD در دامنه $10^{-3} - 10^{-2}$ می‌شود.

نتایج مورد بحث در ادامه به صورت کلی است. نمودارهای ۱و۲ نشانه مسیر نمونه خاص[۱۴] 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،ACFمربوط به بازه‌های $C_r$ و ACF مربوط به بازه های مطلق $C_{|r|}$ ارایه می دهیم.




**نمودار۱- شبیه سازی عددی مدل با فرکانس به روز رسانی q = 0.01 (دوره به روز رسانی متوسط: ۱۰۰ روز )N = 1000 عامل، D = 0.001 وλ = 10.**




**نمودار۲- 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$\hat{6}(t) \gg D$

**نوسانات برگشت به میانگین:** قیمت بازار به‌صورت نامحدود نوسان دارد و نوسان که با برآورده کننده میانگین متحرک $\hat{6}(t)$ اندازه‌گیری می‌شود و به صفر و بی نهایت میل نمی‌کند و نشانه رفتاربرگشت به میانگین است.

**دنباله پهن:** فرایند شبیه‌سازی شده یک توزیع کشیده‌ای از بازده‌ها با دم‌های کلفت دنباله های پهن[۱۵] با یک کشیدگی حدود۷ ایجاد می‌کند. همان‌طور که در نمودارهای لگاریتمی ۳و۴ مشاهده می کنید دنباله‌ها نشان دهنده‌ی یک نمای کاهشی تقریبی هستند .

**بازده ها همبستگی به هم ندارند (بازده ها غیر همبسته اند):** خودهمبستگی نمونه بازده ها نشان دهنده یک ارزش بی معنا (غیرمعنادار) در همه تاخیرهای[۱۶] زمانی است که نشانه عدم وجود وابستگی سریال خطی در بازده ها هستند.

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

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

### الف- بازخورد بدون ناهمگونی

درموردی که $q = 1$ همه عامل ها بصورت همزمان آستانه خود را در هر دوره به روز رسانی میکند 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$Z_t = N\emptyset_1(t)E\{0, N, -N\}$ است. بنابراین بازده $r_t$ بستگی به بازده خالص $|r_{t-1}|$دارد:

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

یک ساختار نوعا وابسته از مدل های آرچ منجر به بازده های غیر همیشه و خوشه‌بندی نوسانات می‌شود. در این مورد توزیع توزیع شرطی مبتنی بر $|r_{t-1}|$ در واقع توزیع سه جمله ای $r_tE\{o, g(N), g(-N)\}$ 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- modalکه تاییدی بر شهود ما بر این مطلب است که احتمال به روز رسانی، به روز رسانی q باید کوچک در نظرگرفته 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. نا همگونی 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 معادله۴ 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 $o < q \ll 1$ 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

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

در حقیقت با توجه به عواملی که غیرقابل تشخیص می‌باشند و صرفا 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 $N(t) = (N_k(t), K = \{0, \dots, N\}^N$ مارکوف در $(N_k(t), K = 0, \dots, N-1)_{t=0,1,\dots}$ می باشد $0, \dots, N-1)$ چیزی جز توزیع جمعیت انباشه (تجمعی) از آستانه ها نیست. این حقیقت که $N(t)$ خود از یک زنجیره مارکوف پیروی می کند بدین معنا است که توزیع جمعیت آستانه ها یک معیار[۱۸] تصادفی روی$\{0, \dots, N\}$است که مشخصه ای از سیستم های نامنظم[۱۹] می باشد اگر از یک مجموعه معین از ارزش ها برای آستانه های اولیه شروع کنیم. در اینجا بی نظمی ها درون زا هستند و با مکانیزم به روز رسانی تصادفی ایجاد می شوند.

## نوسان مازاد (اضافی)

در این مدل نوسان فرایند ورود اخبار توسط D که انحراف معیار نویز خارجی $E_t$ است شناسایی می شود در حالی که نوسان بازده ها را می توان به عنوان یک انحراف معیار$r_t$ (شرطی یا غیرشرطی) اندازه گیری کرد. همان‌طور که از رابطه غیر خطی $6_t$ و$r_t$مشاهده گردید :

معادله ۵:

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

حتی بعداز شرطی کردن حالت های فعلی عوامل $\theta_i(t)$و $i = 1, \dots, N$ ، 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 می‌کند.

در مثال شبیه سازی نشان داده شده در نمودار $D = 10^{3},3$ که به نوسانات سالیانه ۱/۶ درصدی مربوط است درحالی که نوسانات بازده سالیانه در دامنه ۲۰ 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

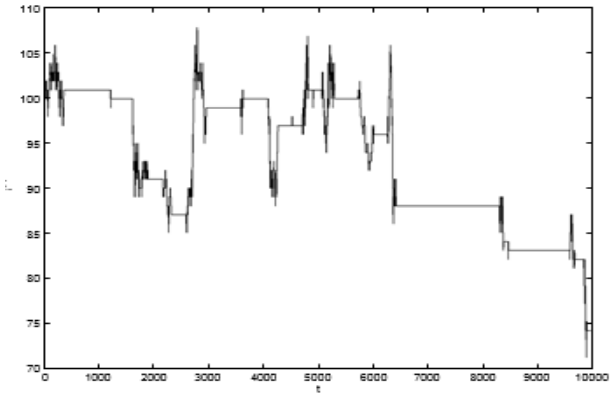
معادله ۶ $Z_t = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} \emptyset_i(t) = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left[1_{E_t>\theta_i} - 1_{E_t<-\theta}\right]$:

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

می توان به این نتیجه رسید که اگرg 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 می‌شود که در دوره‌های مختلف مستقل است.

## سکون (ایستایی) سرمایه‌گذار

به جز زمان های سقوط بازار یا بحران، در یک دوره زمانی معین صرفا بخش کوچکی از سهامداران عملا در بازار دست به معامله می‌زنند، پس به عنوان نتیجه، جریان سفارش روزانه برای یک سهام خاص می‌تواند کوچک‌تر از سرمایه‌گذاری بازار باشد.این پدیده گاهی سکون (ایستایی) سرمایه‌گذار را نشان می‌دهد. یک نتیجه کلی در مدل ما به دلیل رفتار آستانه‌ای عوامل می‌باشد. با شروع از نگهداری اولیه $\pi_i(o)$، تعداد دارایی نگهداری شده توسط عامل i به وسیله $\pi_i(t) = \sum_{T=0}^{t} \emptyset_i(T)$ به دست می‌آید. نمودار ۱و۲ تحول(تکامل) پورتفوی $\pi_i(t)$ از یک عامل خاص را نشان می دهد : دوره‌های کوتاه فعالیت از دوره های بلند سکون و ایستایی جداشده اند در حالیکه پورتفوی ثابت می ماند. این سکون و ایستایی در دوره‌های با نوسانات بالا افزایش می‌یابد (رفتار اجتناب از ریسک عامل).




**نمودار۳- تحولی از پورتفوی یک عامل خاص با یک دوره طولانی غیرفعال بودن بعد ازدوره 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 قیمتها 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 شوندو نوسانات رفتار برگشت به میانگین را نشان می دهند. فرض کنید در دوره‌ای از نوسان پایین به سر می بریم دامنه $|r_t|$ از بازده های کوچک است. عواملی که آستانه های خود را به روز زسانی می کنند آنها را با اندازه های کوچک به روز رسانی می‌کنند و نسبت به ورود اخبار حساس خواهند شد بنابراین تقاضای اضافی ، بازده اضافی ایجاد می‌کنند . برعکس در یک دوره‌ای با نوسانات بالا، عامل‌ها، اندازه آستانه خود را تا رسیدن به ارزش‌های بالا به روزرسانی می کنند و نسبت به سیگنال‌ها ورودی کم‌تر واکنش نشان می‌دهند. این افزایش در سکون (ایستایی) سرمایه‌گذار، کاهش‌دهنده 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 می‌کند، این رفتار در واقع شبیه به یک دسته از مدل‌های نوسان تصادفی می‌باشد که توسط Nielson معرفی شد و به صورت موفقیت‌آمیزی برای توصیف ویژگی های اقتصاد سنجی مختلف از بازده ها به کار گرفته می‌شود.

## ۷- نتیجه‌گیری و بحث

بعنوان نتیجه کلی می توان 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 سوییچینگ میان دوره های فعالیت کم و زیاد با دوره‌های دیرش زیاد می‌باشد مدل ها 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: Empirid Facts And Agent-Base Models.
* -Girandina, I, Bouchaud, J.Ph. (2003). Volatility Clustering In Agenet Based Market Models.Elsevier. 6-16.
* Black, F. (1976), “Capital market equilibrium with restricted borrowing”.
* Mandelbrot, B. (1963), "The Variation of Certain Speculative Prices," JournaoBlfusiness , 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 The3rdInternationaCl onferenceonAsia-PacificFinancialMarkets.
* 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 , Piggo.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” santafe , 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 ofagent 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 , Balietti.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 Labratories
* Lebaron.B (2004) “ Agent-Based Emprical Examples : Matching Stylized FactsWith
* Style “ Brandies 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 , singapoor.
* 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

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