فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار
شماره چهل و دوم / بهار ۱۳۹۹

بهینه سازی الگوی سرمایه گذاری در نزول های اساسی بورس اوراق بهادار تهران در چارچوب رویکرد عوامل ناهمگن و مدل سازی عامل بنیان با استفاده از الگوریتم ژنتیک

مهدی خوشنود[۱]
فریدون رهنمای رودپشتی[۲]
هاشم نیکو مرام[۳]

تاریخ دریافت مقاله : ۹۸/۰۴/۲۲ تاریخ پذیرش مقاله : ۹۸/۰۵/۱۳

چکیده

هدف این مقاله بررسی الگوهای رفتاری سرمایه گذاران در زمان نزول‌های اساسی بورس اوراق بهادار تهران در چارچوب مدل عامل ناهمگن و بهینه سازی الگوها با استفاده از الگوریتم ژنتیک می‌باشد. در ابتدا با توجه به مبانی نظری، نزول‌های اساسی در بورس اوراق بهادار تهران بر اساس سه معیار روند شاخص، ارزش معاملات روزانه و ارزش کل بازار مشخص گردید بر این اساس از سال ۱۳۸۰ تا سال ۱۳۹۴ سه نقطه شکست و نزول اساسی تعیین شد: ریاست جمهوری مربوط به انتخاب دولت نهم در سال ۱۳۸۴، بحران مالی غرب در سال ۱۳۸۷ بالاخره نزول دامنه دار بازار پس از ریاست جمهوری مربوط به دولت یازدهم و توافق اولیه هسته‌ای. با توجه به مدل عامل ناهمگن بروک و هومز و اصلاحات بعدی آن قیمت‌های بازار و بنیادی ۴۰ روز قبل و بعد از نزول‌های اساسی تعیین و کد نویسی و شبیه‌سازی با استفاده از نرم افزار متلب انجام گردید و پس از آن با تولید پارامترهای اصلی، عامل‌های رفتاری فرا اعتمادی و احساسات بازار اعمال گردیده و میزان تطبیق خروجی شبیه‌سازی با داده‌های بازار واقعی مورد بررسی، آزمون و تحلیل قرار گرفت و بهترین استراتژی سرمایه گذاری انتخاب و با استفاده از الگوریتم ژنتیک بهینه سازی شد نتایج پژوهش نشان می‌دهد که مدل عامل ناهمگن، استراتژی دنبال کنندگان روند متضاد را به صورت مناسبی پیش بینی می نماید و همچنین با استفاده از الگوریتم ژنتیک می‌توان انحراف معیار و میانگین ضرایب استراتژی‌های سرمایه‌گذاری را بهبود داده و تعداد تطبیق با داده‌های بازار واقعی را افزایش داد .

کلمات کلیدی

مدل عامل ناهمگن، مدل‌سازی عامل‌بنیان، مالی رفتاری، فرااعتمادی، احساسات بازار، الگوریتم ژنتیک

۱-گروه مدیریت مالی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. khoshnood.mehdi42@gmail.com
۲-گروه مدیریت بازرگانی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.(نویسنده مسول) rahnama.roodposhti@gmail.com
۳-گروه مدیریت بازرگانی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.nikoomaram@srbiau.ac.ir

مقدمه

تا اواخردهۀ هشتاد میلادی دیدگاه غالب در خصوص بازار مالی و سرمایه گذاران "فرضیه بازار کارا[1] و انسان عاقل اقتصادی[2] و حداکثر کردن مطلوبیت مورد انتظار بود(راعی و فلاح پور ، ۱۳۸۳) اما از اواخر سال‌های دهه ۸۰ میلادی دانشمندانی مانند فاما، دی بونت، کانمن، تیورسکی، شیللر و ... در مطالعاتشان متوجه بی قاعدگی های رفتاری در تصمیمات سرمایه گذاران شدند به عنوان مثال در بازارهای مالی حباب های قیمتی مشاهده شده بود و یا اینکه گاهی سرمایه گذاران تصمیماتی می‌گرفتندکه با حداکثر سازی مطلوبیت مورد انتظار همخوانی نداشت و یا اینکه در بسیاری از موارد در بازارهای مالی مشاهده می‌شد که انحرافات قابل توجهی از قیمت بنیادی وجود داشت که آربیتراژیست ها و سودا گران نمی‌توانستند در کوتاه مدت در جهت انطباق با قیمت بنیادی تاثیر گذار باشند (تلنگی ، ۱۳۸۳ ، ۵) چنین فضایی پژوهشگران مطالعاتی را به سرانجام رساندند که باعث شکل گیری یک پارادایم جدید در حوزه مالی شد و بعد ها مالی رفتاری نام گرفت در واقع با مطالعه مبانی و پژوهش های انحام شده در این حوزه می‌توان گفت که پارادایم مالی رفتاری بر دو پایه اصلی بنا نهاده شد که عبارتند از محدودیت درآربیتراژ و تورش های رفتاری سرمایه گذاران در واقع می‌توان گفت محدودیت در آربیتراژ به ویژگی بازار که سرمایه گذاران و دیگر تصمیم گیرندگان در آن فعالیت دارند اشاره دارد و تورش یا خطا به ویژگی بازیگران و سرمایه گذاران توجه می‌کند که می‌توان اولی را سطح کلان و دومی را سطح خرد تمرکز مالی رفتاری عنوان کرد(سعیدی و فرهانیان ،۱۳۹۰) .

قسمتی از مالی رفتاری که مربوط به سطح خرد و تورش های رفتاری سرمایه گذاران در بازارهای مالی بوده به طور مفصل مورد بررسی قرار گرفته و در بسیاری موارد وجود خطاهای رفتاری در تصمیمات سرمایه گذاران(سطح خرد) مورد تایید قرار گرفته است اما محققان در بررسی های دقیق تر از میزان تاثیر خطاهای سرمایه گذاران و واکنش آنها در تصمیمات مرتبط با سرمایه گذاری در سطح بازار های مالی با چالش هایی مواجه بوده‌اند مثلا قوانین مربوط به محرمانه بودن اطلاعات حساب‌های شخصی و یا رشد ناکافی در متدولوژی های پژوهش و فناوری های محاسباتی و شبیه سازی در بازارهای مالی در دهه ۹۰ به پژوهشگران اجازه نداد که به بررسی دقیق و جزیی تر واکنش و تصمیمات سرمایه گذاران در زمان تغییرات اساسی رویداد های مهم بازارهای مالی بپردازند که با پیشرفت‌های بزرگی که در حوزه دانش مهندسی نرم افزار و ظهور پارادام شبیه سازی و مدل سازی مبتنی مبتنی بر عامل در قرن ۲۱ صورت گرفته است می‌توان در حوزه مالی رفتاری ، کنش‌های سرمایه گذاران و تاثیر و چگونگی خطاهای تصمیم گیری آنها را مدل سازی کرده و تحلیل جامع تر و قابل اتکاتری ارائه کرد

به عبارت دیگر با فناوری های جدید امکان شناسایی و دقیقتر پیش بینی بهتر رفتار سرمایه‌گذاران و تاثیر رفتارهای آنها و همچنین تغییرات اساسی در بازار های مالی ایجاد شده است(وکیلی فرد و همکاران ، ۱۳۹۳) .

در حرکت از رویکرد مالی کلاسیک و سنتی به رویکرد مالی رفتاری و عامل بنیان اعتقاد بر این بوده است که بازار پر است از عوامل ناهمگن که دارای عقلانیت محدود بوده و از روش های شهودی و قواعد سرانگشتی در بازار استفاده می‌نمایند و از همه مهمتر اینکه این عوامل در هر دوره عملکرد استراتژی انتخاب شده را ارزیابی کرده و پس از آن استراتژی دوره آتی را انتخاب می‌نمایند به عبارت دیگر رویه انتخاب توسط عوامل بازاربر اساس پویایی تکاملی می‌باشد و به جهت پیچیده بودن تحلیل تعداد زیاد عوامل که استراتژی‌های مختلفی را بر اساس انتطارات تکاملی انتخاب می‌کنند از مدل‌سازی و شبیه سازی عامل بنیان استفاده می‌گردد (بویسویجیک و همکاران ، ۲۰۰۷ ، ۱۹۵۲) به طور خلاصه می‌توان گفت که در این گونه مطالعات پویایی بازارهای مالی[۳] را در چارچوب ترکیب مدل سازی عامل بنیان و مفاهیم مرتبط با مالی رفتاری که در آن عاملین بازار بر اساس سیستم اعتقادی انطباقی و انتظارات تکاملی رفتار می‌کنند مورد بررسی قرار می‌دهند(خاشانا و سلیمان ، ۲۰۱۷ ، ۵)

با توجه به رویکردهای حوزه مالی و همچنین بحث‌های مرتبط با مدل‌های عامل ناهمگن و شبیه سازی عامل بنیان بررسی رفتارهای سرمایه گذاران در زمان نزول های بورس تهران ضروری به نظر می‌رسد در واقع هدف این پژوهش بررسی و بهینه سازی الگوهای سرمایه گذاری در بورس اوراق بهادار تهران در زمان نزول های اساسی در چارچوب مدل های عامل ناهمگن و بر اساس مدل سازی عامل بنیان می‌باشد لذا سوال اصلی پژوهش این است که کدام الگوی سرمایه گذاری یا کدام استراتژی معاملاتی سرمایه گذاران در بورس اوراق بهادار تهران در زمان نزول‌های اساسی مناسب ترین بوده است و آیا می‌توان آن را بهینه سازی کرد یا خیر ؟

به دلیل اینکه رویکرد مدل سازی عامل بنیان با رشته های ریاضی، اقتصاد، علوم کامپیوتر، فیزیک، روانشناسی و ... مرتبط است زمینه علمی این مبحث امکان پژوهش بین رشته‌ای را برای پژوهش در بازارهای مالی فراهم ساخته تا آنها بتوانند بهترو عمیق تر پویایی بازار های مالی را درک کنند مدل سازی عامل بنیان در در حوزه بازارهای مالی شامل تعدادی بحث و پژوهش مهم می‌شود: تفاسیون[٤] در سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۶ بحث عامل بنیان محاسباتی در اقتصاد[٥]را مطرح نمود و همین بحث را لی بارن [٦] در حوزه مالی در سال ۲۰۰۶ ارایه داد یکی از زمینه های بسیار مهم در شبیه سازی عامل بنیان در سال ۲۰۰۶ توسط هومز ارایه گردیدبروک و هومز در سالهای ۱۹۹۷ و ۱۹۹۸ و پس از ان در سال ۲۰۰۶ بحث

مهم مدل‌های عامل ناهمگن[۷] را توسعه دادند در مدل‌های مالی کلاسیک فرض بر این بود که عامل ها در بازار همگن هستند و در ادامه چارچوب مدل‌های عامل ناهمگن در سال ۲۰۰۹ ایوستگنیو [۸] بحث مالی تکاملی[۹] را ارایه داد به هر ترتیب توسعه مدل‌های عامل بنیان در حوزه مالی در توسعه پویایی بازارهای مالی، انتظارات تکاملی، سیستم‌های انطباقی تکاملی، مدل‌های عامل ناهمگن، عقلانیت محدود و تورش‌های تصمیم گیری عاملین بازار نقش زیادی داشته است (تونگیا وانگ ، ۲۰۱۴ ، ۲۷) .

تا کنون انواع مدل های انتظارات ناهمگن در بازارهای مالی ارایه شده است که به سه گروه کلی قابل دسته بندی هستند: الف)مدل کرمن[۱۰] ب)مدل لوکس[۱۱] ج)مدل بروک و هومز[۱۲]

مدل کرمن بر اساس دو گروه از معامله گران بنیادی و تکنیکی ارایه شده است در این مدل عامل‌ها راهبردهای خود را به صورت تصادفی تغییر می‌دهند لوکس نیز مدل خود را بر اساس رفتار توده وار بنیان می‌نهد اما بین مدل لوکس و مدل کرمن یک فرق مهم است و آن ساز و کار انتقال عوامل بین گروه های مختلف می‌باشد(دی گروت۲۰۱۱،۱۰).

یکی از جالب ترین و بهترین مدل های عوامل ناهمگن توسط بروک وهومز ارایه گردیده است در مدل بروک و هومز انتقال عوامل بین گروه های مختلف برا ساس مدل لاجیت چند جمله ای انجام می‌شود عقلانیت محدود عامل‌ها در انتخاب تکاملی انتظارات نقش بزرگی ایفا می‌کند از مهمترین مزایای این مدل آن است که سیستم اعتقادات انطباقی بروک و هومز با داده‌های واقعی دربازارهای مالی بیشتر تطبیق دارد همچنین در این مدل وزنی که به یک راهبرد داده می‌شود براساس عملکرد گذشته آن است اما در سایر مدلهای یاد شده اندازه گروه است که در انتخاب عامل ها تاثیر دارد (چیارلا و همکاران، ۲۰۱۰ ، ۷) به طور کلی کی توان گفت در مدل‌های انتظارات ناهمگن سه دلیل برای ناهمگن بودن انتظارات ارایه شده است:

دلیل اول : عدم تقارن اطلاعاتی در بین عاملین بازار

دلیل دوم:تفسیر متفاوت اطلاعات منتشر شده توسط تصمیم گیرندگان در بازارهای مالی

دلیل سوم:وجود انواع متفاوت عامل‌ها در بازارهای مالی که به جهت بنیادی متفاوت هستند (هومز و واگنر ، ۲۰۰۸)

در این قسمت مدل قیمت گذاری عوامل با انتظارات ناهمگن ابتدایی بروک و هومز که در سال ۱۹۹۷ و ۱۹۹۸ ارایه شد تشریح می‌گردد مدلی که بروک و هومز در ابتدا ارایه کردند عامل‌ها می‌توانند در دو دارایی که یکی بدون ریسک است و دیگری ریسکی سرمایه گذاری نمایند دارایی بدون ریسک در عرضه با کشش است یعنی تغییر در تقاضای دارایی با تغییر در عرضه آن جبران می‌شود درنتیجه قیمت دارایی

بدون ریسک می‌باشد و نرخ مشخص r دارد همچنین دارایی ریسکی دارای سود تقسیمی است که از عدم اطمینان برخوردار است .p_t قیمت هر سهم پس از تقسیم سود دارایی ریسکی است که در زمان t مد نظر می‌باشد و در نهایت y_t سود تقسیم شده دارایی ریسکی می‌باشد که از یک فرایند تصادفی تبعیت می‌نماید.

آنگ و استین[۱۳] (۱۹۹۹) در پژوهشی با در نظر گرفتن عقلانیت محدود عوامل ، اثر انتظارات ناهمگن دو گروه از سرمایه گذاران شامل دارندگان اطلاعات خصوصی[۱۴] و استفاده کنندگان از استراتژی شتاب[۱۵] را در بیش و کم واکنشی مورد بررسی قرار دادند آنها به این نتیجه رسید که چنانچه اطلاعات خصوصی به تدریج منتشر گردد در کوتاه مدت باعث کم واکنشی و در بلند مدت باعث بیش واکنشی خواهد شد.

هومز و همکاران در سال۲۰۰۵ درپژوهشی با استفاده از مدل قیمت گذاری ناهمگن به بررسی نحوه شکل گیری انتظارات در یک محیط کنترل شده آزمایشگاهی پرداختند در این پژوهش سرمایه گذاران یا معامله گران با استفاده از یک مدل قیمت گذاری استاندارد به پیش بینی قیمت سهام پرداختند نتایج پژوهش در یک محیط کنترل شده نشان داد که قیمت‌های واقعی به طور معنا داری با ارزش بنیادی تفاوت دارند در بین تمام گروه‌های شرکت کننده در این پژوهش یک استراتژی پیش بینی قابل تبیین بود همچنین برای بخش عمده‌ای از افراد شرکت کننده ، استراتژی شخصی پیش بینی قیمت با استفاده از قواعد پیش بینی خود رگرسیونی ساده خطی قابل برآورد بود

هومز در سال ۲۰۰۶ مدل های عامل ناهمگن پویا را در مالی و اقتصاد مورد بحث و بررسی قرار دارد در واقع هومز دراین بررسی روش‌های محاسباتی و شبیه سازی عامل محور را در مدل‌های عامل ناهمگن توسعه داد این مدل‌ها رفتاری بوده و عامل‌ها در آن عقلانیت محدود با استراتژی‌های قواعد سرانگشتی و آزمون و خطا بهره می‌برند در واقع هومز می گوید درست است که این قواعد کامل نیستند امابه صورت منطقی خوب[۱۶] هستند و در اکثر مواقع این مدل‌ها غیر خطی بوده و معامله گران بین استراتژی‌های مختلف معاملاتی جابجا[۱۷] می‌شوند از دیدگاه هومز مدل‌های ساده عوامل ناهمگن می‌توانند بسیاری از حقایق تجربی[۱۸] در سری های زمانی مشاهده شده در بازارهای مالی را توضیح دهند حقایقی مانند نوسان زیاد، حجم بالای معاملات، حباب های موقتی، دنباله روی از روندها، سقوط‌های ناگهانی و بازگشت به میانگین و ... می‌توانند توسط مدل‌های عامل ناهمگن ساده توضیح داده شوند

یکی از مهمترین پژوهش‌هایی که در سال ۲۰۱۳ انجام شده و با پژوهش حاضر مرتبط است مقاله کوکاکا و بارونیک[۱۹] بوده است این دو پژوهشگر یک مدل قیمت گذاری ارایه کرده‌اند که در چارچوب

مدل سازی عامل محور و مالی رفتاری تعدادی از خطاهای رفتاری را در بازار اوراق بهادار با معامله گران با انتظارات ناهمگن مورد بررسی قرار داده‌اند. سوال اصلی آنها این بود که آیا در زمان‌های نزول‌های بزرگ بازار (شاخص داوجونز) سرمایه گذارانی که انتظارات ناهمگن دارند دچار خطاهای فرا اعتمادی[۲۰] ، رفتار توده وار[۲۱] و احساسات بازار[۲۲] می گردند یا خیر؟ یکی از اهداف مهم پژوهش کوکاکا و بارونیک ترکیب یافته‌های مربوط به مالی رفتاری با مدل سازی عوامل ناهمگن در چارچوب مدل بروک و هومز بوده است در این پژوهش الگوهای رفتاری[۲۳] در یک مدل قیمت گذاری که دارای نقاط شکست[۲۴] می‌باشند وارد می‌گردند تا اثر آنها به صورت مستقیم مورد بررسی قرار گیرد به این معنا که مدل به صورت پویا حول تغییرات یا شکست‌های رفتاری[۲۵] را مورد ارزیابی قرار می‌دهد نتایج پژوهش کوکاکا و بارونیک نشان داد که خطاهای رفتاری از طریق چارچوب مدل‌های عامل ناهمگن و از طریق توسعه مدل‌های اولیه می‌توانند به خوبی مدل سازی شوند .

انصاری پژوهشی را با عنوان طراحی و تبیین مدل قیمت گذاری انتظارات ناهمگن در بورس اوراق بهادار تهران به انجام رسانید مدل پایه‌ای این پژوهش مدل اولیه بروک و هومز (۱۹۹۷،۱۹۹۸) بوده است و تعدیلاتی در این مدل داده شده است به عنوان مثال جهت تعیین قیمت بنیادی از مدل دینامیک گوردون استفاده شده است. نتایج حاصل از تخمین مدل نشان می‌دهد که مدل برآوری در بیشتر تعاریفی که از ارزش بنیادی می‌شود می‌تواند تغییرات ارزش بازاررا توضیح دهد و بر این اساس غلبه اعتقادات شتاب در سال‌های ۸۲و۸۳ باعث فراتر رفتن ارزش بازار از ارزش بنیادی شده است پس از آن غلبه اعتقاد بازگشت به میانگین کاهش ارزش بورس اوراق بهادار تهران را موجب گردیده است (انصاری ، ۱۳۹۱) .

آذر و همکاران (۱۳۹۷) اقدام به مدل‌سازی عامل بنیان بازار سرمایه در ایران نمودند هدف این پژوهش پیش‌بینی تاثیرات استراتژی‌های سرمایه‌گذاری با توجه به عقلانیت محدود و ناهمگن بودن عوامل رفتاری بوده است یافته‌های این پژوهش نشان داد بازار سهام ایران با توجه به نابالغ بودن با حذف مکانیزم‌های کنترلی مثل دامنه‌نوسان قیمت در کوتاه مدت به شدت پر نوسان بوده اما در بلند مدت بازار به سمت کارایی هر بیشتر متمایل می‌شود حیدری و همکاران (۱۳۹۸) طی پژوهشی به آزمون فرضیه ناهمگنی عاملین بازار با استفاده از مدل استار با تابع انتقال چند متغیره پرداختند نتایج تخمین‌های مدل مورد بررسی حاکی از این است که سهم تحلیل گران بنیادی بازار در زمانی که ریسک در بازار بالاست و نوسانات شدید شاخص قیمت سهام وجود دارد، بیشتر از تحلیل گران تکنیکال است. همچنین در زمان رشد اقتصادی سهم بیشتری از سرمایه گذاران بازار از تحلیل های تکنیکال استفاده می‌کنند.

روش شناسی

پژوهش حاضر از لحاظ نتایج پژوهش کاربردی و توسعه‌ای است. همچنین از نظر هدف توصیفی و از نظر فرآیند اجرای پژوهش کمی و از نظر منطق اجرای پژوهش استقرایی و بالاخره از نظر زمانی طولی می‌باشد برای ارزیابی نتایج شبیه سازی از روش تحلیل محتوا استفاده شده است .

مدل پژوهش

پژوهش حاضر بر مبنای چارچوب اولیه بروک و هومز (۱۹۹۸) و اصلاحات بعدی آن (۲۰۰۶) است چارچوب مدل عامل ناهمگن بروک و هومز یک سیستم اعتقادات انطباقی بازار مالی است که درونزا، انتخاب تکاملی و انتظارات ناهمگن مهمترین ویژگی‌های آن است در مدل قیمت گذاری اولیه یک دارایی ریسکی و یک دارایی بدون ریسک وجود داشته که سطح ثروت را به صورت پویا نشان می‌دهد. در مدل اعتقادات انطباقی بروک و هومز پارامترهای زیر وجود دارد: معامله گران، بازار، دارایی ریسکی و بدون ریسک، نرخ بهره، عرضه و تقاضا، انتظارات گروه، استراتژی معاملاتی، عملکرد (سودآوری) و تکرار چرخه. در این مدل قیمت بنیادی دارایی ریسکی به وسیله عوامل بنیادی و با فرمول زیر تعیین می‌شود:

$$\mathrm{P}_t^* = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\mathrm{E}_t[y_{t+k}]}{(1+r)^k} \qquad (۱)$$

که در واقع قیمت بنیادی دارایی به فرایندهای تصادفی [۲۶]سود تقسیمی بستگی دارد. بروک و هومز پیشنهاد دادند که برای تحلیل دقیقتر بهتر است که بر روی انحراف از قیمت بنیادی کار کنیم :

$$x_t = \mathrm{p}_t - \mathrm{p}_t^* \qquad (۲)$$

که درآن p_t قیمت جاری دارایی ریسکی و p_t^* قیمت بنیادی آن است.

عقاید ناهمگن انتخاب استراتژی :

ما به تبعیت از بروک و هومز فرض می کنیم که عقاید انواع سرمایه گذاران به شرح زیر است :

$$\mathrm{E}_{h,t}(\mathrm{p}_{t+1} + \mathrm{y}_{t+1}) = \mathrm{E}_t(\mathrm{p}_{t+1}^* + \mathrm{y}_{t+1}) + \mathrm{f}_h(\mathrm{x}_{t-1}, \dots, \mathrm{x}_{t-l}) \qquad (۳)$$

یک معامله گر انتخاب تکاملی اش را بر اساس اندازه عملکردش به روز می‌کند قبل از اندازه عملکرد ما باید مفهوم بازده اضافی را مرور کنیم که به شرح زیر است :

$$\mathrm{Ret}_{t+1} = \mathrm{p}_{t+1} + \mathrm{y}_{t+1} - Rp_t \quad , \quad \rho_{h,t} = E_{h,t}[Ret_{t+1}] \qquad (۴)$$

با ستفاده از روابط مختلف بازده اضافی در طول دوره t به $t+1$ به شرح زیر است :

$$\mathrm{Ret}_{t+1} = x_{t+1} - \mathrm{Rx}_t + \delta_{t+1} \qquad (۵)$$

حال به اندازه گیری عملکرد می رسیم : اندازه عملکرد در واقع تحقق سود برای استراتژی h بوده که به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\mathrm{Ret_{t+1}} = \mathrm{p_{t+1}} + \mathrm{y_{t+1}} - Rp_t \qquad , \qquad \pi_{h,t} = \pi[Ret_{t+1}] \quad (۶)$$

در حالت کلی تحقق سودها به فرایند تصادفی سود تقسیمی بستگی دارد همچنین در اندازه گیری عملکرد می‌توان حافظه را در مدل معرفی کرد تا از میانگین موزون سودهای محقق شده گذشته نیز استفاده گردد.

$$\mathrm{U_{h,t}} = \pi_{\mathrm{h,t}} + \eta\ \mathrm{U_{h,t-1}} \quad (۷)$$

$$\mathrm{z_t} \equiv \sum exp\left(\beta\ \mathrm{U}_{h,t-1}\right) = \sum exp\left(\beta\pi_{h,t-1}\right) \quad (۸)$$

که پارامترهای $t\text{-}1$ ما را مطمئن می‌سازد که همه اطلاعات دوره قبل در شروع دوره t به روز شده و تاثیرش را گذاشته است. β نیز شدت اتخاب است این پارامتر به ما می‌گوید معامله گران تا چه حد آماده‌اند که میان استراتژی های مختلف سوئیچ کنند.به ساختار زمانی به روز شدن اعتقادات نیز باید توجه کرد:

$$Rx_t = \sum_{h=1}^{H} n_{h.t} f_{h.t} + \varepsilon_t = \sum_{h=1}^{H} n_{h.t}(g_h x_{t-1} + b_h) + \varepsilon_t \quad (۹)$$

$$n_{h.t} = \frac{exp(\beta U_{h.t-1})}{\sum_{h=1}^{H} exp(\beta U_{h.t-1})} \quad (۱۰)$$

$$U_{h.t-1} = (x_{t-1} - Rx_{t-2})\frac{f_{h.t-2} - Rx_{t-2}}{\alpha\sigma^2} \quad (۱۱)$$

در روابط فوق مقدار ε_t نماینده جزء اخلال ناشی از عدم اطمینان موجود در بازار مالی است. در این رابطه بتا می‌تواند مقدار عدم اطمینان در انتخاب معامله گران باشد هر چه عدم اطمینان بزرگتر باشد بتا کوچکتر است لذا اگر $\beta = +\infty$ آنگاه همه معامله گران بهترین استراتژی را انتخاب می‌نمایند مثلا استراتژی با بالاترین اندازه عملکرد. برای بتاهای مثبت معامله گران بر اساس عقلانیت محدود رفتار می‌کنند بر اساس تناسب واقعی هر استراتژی. در مدل اولیه بروک و هومز تعداد کمی استراتژی معرفی شد چون هدف پویایی مدل ساده با کمک تئوری شکاف[۲۷] بود. همه عقاید(استراتژی ها=h) شکل شاده خطی زیر را دارند:

$$\mathrm{f}_{ht} = g_h x_{t-1} + b_{\mathrm{h}} \quad (۱۲)$$

که در آن g پارامتر روند وb پارامتر تورش(اریب) معامله گر نوع h است. چرا این مدل آنقدرساده است ؟ چون فقط قواعد ساده پیش بینی به اندازه کافی بر روی معادله قیمت گذاری تاثیردارد اگر قواعد پیش بینی پیچیده باشند عده کمی از آن استفاده کرده لذا تاثیر کمی خواهند داشت .

مراحل انجام کار و روش تجزیه و تحلیل

مرحله ۱: تعیین تاریخ های مهم (رویدادها)

پژوهشگران در طول دوره *1380* تا ۱۳۹۵ سه مقطع زمانی را در نظر گرفته‌اند که عبارتند از :

الف) انتخابات ریاست جمهوری سال ۱۳۸۴: انتخابات ریاست جمهوری سال ۱۳۸۴ که منجر به انتخاب دولت نهم شد، به‌عنوان یکی از تاریخ‌های مورد بررسی در این پژوهش انتخاب شده است. در تاریخ ۴ تیر ماه سال ۱۳۸۴ در پی اعلام نتیجه انتخابات، بازار بورس تهران وارد فاز نزولی شده و در کمتر از ۴۰ روز کاری، نزدیک به ۱۰ درصد نزول را تجربه کرد.

ب) بحران مالی جهانی سال ۲۰۰۸ و تحولات سیاسی اقتصادی کشور در سال ۱۳۸۷: در نیمه نخست سال ۱۳۸۷ با توجه به حضور شرکت‌های بزرگی همچون شرکت‌های کشتیرانی و مخابرات با ارزش بازار بیش از ۹ هزار میلیاد تومان، ارزش بازار سهام با ثبت رکوردی جدید به بیش از ۷۳ میلیارد دلار رسید. اما سونامی بحران مالی جهانی و ورشکستگی چندین بانک بزرگ از یک‌سو، و از سوی دیگر اجرای طرح تحول اقتصادی و حذف یارانه‌های انرژی موجب ایجاد روند نزولی در بازار بورس شد که نتیجه آن، افت ۱۷ درصدی شاخص بورس اوراق بهادار تهران در کمتر از ۴۰ روز کاری بود.

ج) نزول بازار بورس در سال ۱۳۹۲: پس از انتخابات ریاست جمهوری سال ۱۳۹۲ شاخص بورس به‌طور خیره کننده‌ای رشد کرد اما پس از رسیدن به قله ۸۹۵۰۰ واحدی، در روز ۱۵ دی ماه سال ۱۳۹۲ افت بازار سرمایه شروع شده و در کمتر از ۱۵ روز کاری، بیش از ۱۰ درصد از ارزش بازار بورس کاسته شد. که این افت تا نیمه دوم سال ۱۳۹۶ نیز جبران نشد.

البته دلایل نظری قابل اتکایی برای انتخاب این سه تاریخ به عنوان نقاط شکست برای بررسی رفتار سرمایه گذاران در بورس تهران وجود دارد به عنوان نمونه سالاسینوس و همکاران سه معیار را برای اینکه یک نزول را نقطه شکست [۲۸] یا نزول اساسی بنامیم عنوان نمودند : نزول ادامه دار و قابل توجه شاخص، کاهش ادامه دار و قابل توجه حجم معاملات و بالاخره کاهش قابل توجه ارزش بازار (رکیک و همکاران، ۲۰۱۴) بر این اساس جداول شماره (۱) تا (۳) اندازه این سه شاخص را در تاریخ های تعیین شده فوق نشان می‌دهد :

جدول ۱ : شاخص قیمتی بورس تهران و تغییرات آن بعد از نقاط شکست

ردیف	تاریخ مهم	میانگین ۴۰ روز قبل	میانگین ۴۰ روز بعد	تغییر	نقطه شکست
۱	ریاست جمهوری ۱۳۸۴ ۸۴/۲/۵ تا ۸۴/۵/۳۰	۶۹۸۲	۶۴۰۵	-٪۸	۸۴/۴/۴
۲	بحران مالی غرب ۸۷/۵/۱ تا۸۷/۸/۲۸	۱۱۹۸۹	۱۰۴۱۶	-٪۱۳	۸۷/۶/۳۰
۳	سال ۱۳۹۲ ۹۲/۸/۱۴ تا ۹۲/۱۲/۱۳	۸۶۹۵۷	۷۲۵۰۰	-٪۱۷	۹۲/۱۰/۱۵

منبع : www.tsetmc.com

جدول ۲ : میانگین ارزش معاملات بورس تهران و تغییرات آن بعد از نقاط شکست(میلیارد ریال)

ردیف	تاریخ مهم	میانگین قبل از رویداد	میانگین بعد از رویداد	تغییر
۱	ریاست جمهوری ۱۳۸۴	۱۴۲۱۰	۱۰۲۴۵	-٪۲۸
۲	بحران مالی غرب۱۳۸۷	۲۱۹۱۴	۹۹۶۲	-٪۵۵
۳	سال ۱۳۹۲	۱۱۲۸۲۹	۵۴۶۹۷	-٪۵۲

منبع : www.tsetmc.com

جدول ۳ : میانگین ارزش بازار بورس تهران و تغییرات آن بعد از نقاط شکست(میلیارد ریال)

ردیف	تاریخ مهم	میانگین ۴۰ روز قبل	میانگین ۴۰ روز بعد	تغییر
۱	ریاست جمهوری ۱۳۸۴	۴۲۵۱۲۶	۳۵۶۴۵۲	-٪۱۶
۲	بحران مالی غرب	۶۶۲۴۳۶	۶۰۶۷۴۷	-٪۸
۳	سال ۱۳۹۲	۴۲۵۸۶۸۶	۴۰۶۴۶۹۹	-٪۵

منبع : www.tsetmc.com

همانطور که از جداول فوق پیداست هر سه شاخص مطرح شده از نزول قابل توجهی به صورت همزمان برخوردار شده‌اند لذا نقاط تعیین شده نقاط نزول اساسی به شمار می‌روند .

مرحله ۲ : جمع آوری داده‌ها

ما از شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران استفاده کرده‌ایم و جامعه آماری ما شرکت‌های بورس اوراق بهادار تهران بوه است بر این اساس با استفاده از نرم افزار ره آورد نوین و درگاه بورس اوراق بهادار

تهران و انجام محاسبات قیمت روزانه بازار سهام و قیمت بنیادی سهام شرکت‌ها را ۴۰ روز کاری قبل و ۴۰ روز کاری بعد از نقاط شکست بدست آورده‌ایم. معیار ما این بود که سهام شرکت‌هایی را انتخاب کنیم که در ۴۰ روزکاری قبل و بعد از نقاط شکست توقف معاملاتی نداشته باشد (تمام این شرکت‌ها را به عنوان نمونه انتخاب کردیم) همچنین ارزش ذاتی سهام شرکت‌های انتخاب شده را با مدل دینامیک گوردون محاسبه نمودیم

مرحله ۳: تهیه جدول توصیفی نمونه‌ها در قبل و بعد نقاط شکست و تحلیل آن

چون هدف ما شبیه سازی است لذا لازم است ابتدا اقدام به تهیه جدول توصیفی نمونه‌ها در قبل و بعد نقاط شکست نماییم ما برای نقاط شکست میانگین، واریانس کشیدگی و چولگی، حداقل و حداکثر و همچنین آزمون جارک برا را تهیه کردیم و تغییرات بعد از نزول نسبت به قبل آن را مشخص نمودیم .

مرحله ۴ : تعیین تورش های رفتاری

با توجه به ادبیات موضوع و چارچوب نظری دو تورش رفتاری سرمایه گذاران در بورس اوراق بهادار تهران در زمان نزول های اساسی در شبیه سازی وارد شد تا اثرات رفتاری آن‌ها مورد بررسی قرار گیرد این دو تورش رفتاری عبارتند از : فرا اعتمادی و احساسات بازار. در واقع در پاسخ به این سوال که چرا این رفتارها انتخاب شده است می‌توان گفت این رفتارهای سرمایه گذاران باعث تغییر چولگی، تغییر واریانس و در نهایت جابجایی میانگین می‌شوند که در نتایج شبیه سازی مورد بررسی قرار خواهد گرفت (هومز ، ۲۰۰۶ و بویسویجیک و همکاران ۲۰۰۷ و چیارلا و همکاران ، ۲۰۱۰)

مرحله ۵ : کد نویسی در متلب و اجرای شبیه سازی : که با تنظیمات اولیه مشخص و پارامترهای ورودی ۱۰۰ بار اجرا می‌گردد.

مرحله ۶ : بررسی استحکام نتایج و قدرت تبیین : در این مرحله با اقداماتی نظیر جمع آوری داده‌های بازار و اجرای شبیه سازی در دوره‌های ۲۰ روزه و همچنین دوره‌های ۸۰ روزه (در مقابل دوره‌های ۴۰ روزه تعیین شده در مرحله ۲) و انجام آزمون کرامر، همبستگی بین نتایج بررسی شده، همچنین نتایج با و بدون حافظه مورد بررسی و مقایسه قرار می گیرد.

مرحله ۷ : بهینه سازی با استفاده از الگوریتم ژنتیک : ما در بهینه سازی یک تابع هدف به این صورت تعریف کردیم : حداکثر کردن میزان تطبیق و همخوانی تغییرات میانگین و واریانس در هر استراتژی سرمایه گذاری[۲۹] برای پارامترهای روند و تورش. لازم به ذکر است که در مدل اولیه بروک و

هومز حافظه برای عاملین تعریف نشده بود و پارامتر حافظه در توسعه‌های بعدی اضافه شد که این پژوهش با پارامتر حافظه برای عاملین انجام شده است .

مرحله ۸ : انتخاب استراتژی سرمایه‌گذاری با بهترین تطبیق با بازار واقعی در زمان نزول‌های اساسی بورس اوراق بهادار تهران : با توجه به خروجی شبیه‌سازی و بهینه‌سازی، استراتژی سرمایه گذاری که بهترین تطبیق را با بازار واقعی داشته و همچنین در بهینه‌سازی بهترین نتیجه را در خصوص میانگین و انحراف معیار داشته است انتخاب می‌گردد.

اهداف، فرضیات و پرسش‌های پژوهش

هدف این مقاله بررسی و بهینه سازی الگوهای سرمایه گذاری در بورس اوراق بهادار تهران در زمان نزول‌های اساسی در چارچوب مدل‌های عامل ناهمگن و بر اساس مدل سازی عامل بنیان می‌باشد بر این اساس سوال اصلی پژوهش این است که کدام الگوی سرمایه گذاری یا کدام استراتژی معاملاتی سرمایه‌گذاران در بورس اوراق بهادار تهران در زمان نزول‌های اساسی مناسب‌ترین بوده است و آیا می‌توان آن را بهینه سازی کرد یا خیر ؟ در پژوهش حاضر فرضیه‌های زیر نیز مورد آزمون قرار می‌گیرد :

فرضیه اول : توزیع داده های مربوط به بازار واقعی و شبیه سازی شده بازار بورس اوراق بهادار تهران در دوره‌های ۴۰ روزه قبل و بعد رویداد انتخابات ریاست جمهوری ۱۳۸۴ (دولت نهم) با هم برابر است.

فرضیه دوم : توزیع داده‌های مربوط به بازار واقعی و شبیه سازی شده بازار بورس اوراق بهادار تهران در دوره‌های ۴۰ روزه قبل و بعد رویداد بحران مالی غرب با هم برابر است.

فرضیه سوم : توزیع داده‌های مربوط به بازار واقعی و شبیه سازی شده بازار بورس اوراق بهادار تهران در دوره‌های ۴۰ روزه قبل و بعد رویداد نزول اساسی سال ۱۹۲ با هم برابر است.

فرضیه چهارم : توزیع داده های مربوط به بازار واقعی و شبیه سازی شده بازار بورس اوراق بهادار تهران در دوره‌های ۴۰ روزه قبل و بعد رویداد نزول اساسی سال ۱۹۲ از توزیع نرمال پیروی می‌کند .

نتایج آزمون فرضیه‌های فوق در جدول شماره (۵) ارایه شده است.

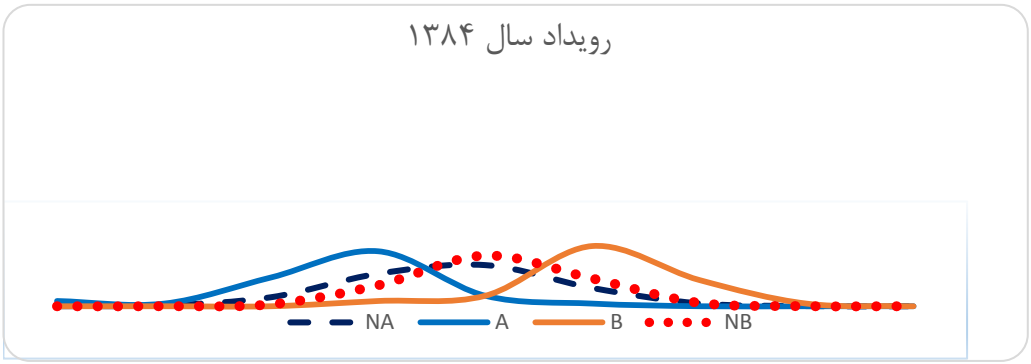
یافته ها

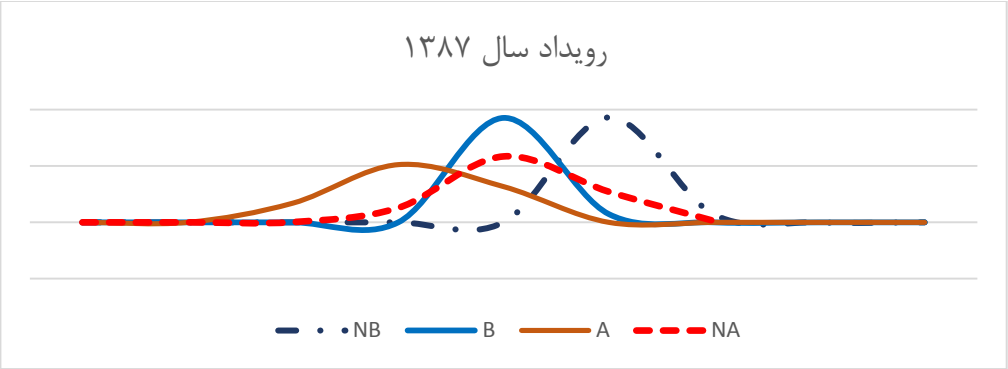
جدول توصیفی نمونه ها قبل و بعد از نقاط شکست

جدول ۴) شاخص های آماری قیمت نمونه ها قبل و بعد از رویدادها **منبع : محاسبات پژوهشگران**

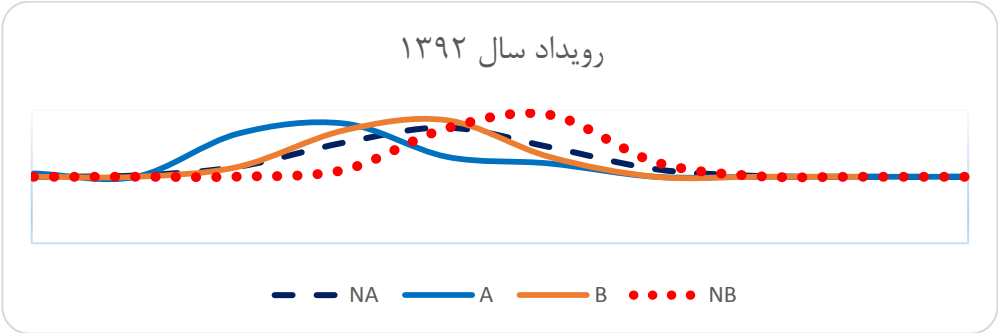
رویداد	زمان	میانگین	Δ	واریانس	Δ	کشیدگی	Δ	چولگی	Δ	کمینه	بیشینه	جارک برا (p-value)
1384	قبل	-2.19	*	525.623	48%	2.676		-0.744		-68.90	56.27	0.0109
	بعد	-13.29		780.176		2.261		-0.783		-96.33	54.47	0.016
1387	قبل	-8.64	**	1752.89	*** 334%	0.134		0.643		-87.14	98.20	0.1303
	بعد	-41.09		7607.59		25.554		-4.616		-526.39	43.02	0.0001
1392	قبل	317.34	***	324122.2	** 112%	0.770		-0.152		-833.97	1286.16	0.3826
	بعد	-265.12		687431.7		0.116		0.326		-2207.03	1648.07	0.5

همانگونه که از جدول فوق برداشت می‌شود، در هر سه رویداد مورد بررسی در پژوهش میانگین قیمت‌های نمونه ها در ۴۰ روز بعد از رویداد نسبت به میانگین قیمت‌های نمونه ها در ۴۰ روز قبل از رویداد نزولی و واریانس و کشیدگی آنها صعودی است همچنین نمودارهای (۴) و (۵) و (۶) توزیع چگالی احتمال اختلاف قیمتی را در هر یک از رویدادهای سال‌های ۱۳۸۴، ۱۳۸۷ و ۱۳۹۲ در بازه قبل و بعد از رویداد نمایش داده است. جهت مقایسه، تابع چگالی احتمال توزیع نرمال با میانگن و واریانس هر سری داده‌ها نیز رسم شده است. کشیدگی زیاد و دنباله پهن داده‌ها در اولین نگاه قابل توجه است که به طور مفصل در قسمت بحث و نتیجه گیری مورد بررسی قرار خواهد گرفت .





نمودار ۱ و ۲ : توزیع چگالی احتمال اختلاف قیمتی در رویداد ۱۳۸۴ منبع: *www.tsetmc.com*



نمودار ۳ :توزیع چگالی احتمال اختلاف قیمتی در رویداد ۱۳۹۲ منبع: *www.tsetmc.com*

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

شبیه سازی

تنظیمات اولیه

همانطور که عنوان شد الگوریتم این پژوهش بر مبنای تحقیقات بروک و هومز طراحی شده است. هرچند ساده‌سازی‌ها و تغییراتی در نوشتار مدل ایجاد شده اما منطق و اساس مدل اصلی همچنان حفظ گردیده است. در قسمت های قبل عنوان شد که سیستم اعتقادات انطباقی با توجه به تعداد بسیار زیاد پارامترهای موجود در مدل، و با توجه به دشواری تحلیل تمام پارامترها، و از سوی دیگر با توجه به ضرورت بررسی اثرات تغییرات متغیرهای اصلی مدل، بعضی از متغیرهای موجود در روابط فوق به صورت ثابت با مقادیر اولیه در نظر گرفته شده است. از جمله این مقادیر می‌توان به میزان بازدهی دارایی بدون ریسک اشاره کرد که معادل ۱۷٪ در نظر گرفته شده است. در نتیجه در تمامی روابط خواهیم داشت:

$$R=1+r = 1.17$$

ما در این پژوهش از ۵ نوع معامله گر[۳۰] استفاده کردیم همچنین از شبیه سازی مونت کارلو برای بررسی اثر اعمال تورش های رفتاری پیشنهاد شده بر خروجی مدل استفاده کردیم در این روش ما بارها و بارها به طور تصادفی [۳۱]متغییرهای حیاتی را تولید[۳۲] کردیم و در نهایت مدل را با مقادیر تولید شده متغیرهای حیاتی و داده‌های بازار واقعی به تعداد ۱۰۰ بار اجرا[۳۳] نمودیم برای اجرای شبیه سازی ابتدا برای پارامتر روند و تورش و خطا ، مقادیر زیر با توجه به پژوهش‌های انجام شده (هومز ، ۲۰۰۶ و بویسویجیک و همکاران ۲۰۰۷ و چیارلا و همکاران ، ۲۰۱۰) در نظر گرفته شد سپس با استفاده از الگوریتم ژنتیک میانگین و انحراف معیار برای پارامترهای روند و تورش هر استراتژی سرمایه‌گذاری بهینه سازی گردید : پارامتر روند g_h با توزیع نرمال $N(0,./16)$ ،پارامتر تورش b_h با توزیع نرمال $N(0,-./09)$ و عبارت نویز $\in_t$ با توزیع یکنواخت $U(-./5,./5)$

در هر ترکیب اولیه ، یک یا چند پارامتر تنظیم می‌شود. به‌طور مثال اثر حالت فرا اعتمادی می‌تواند تنها برروی پارامتر روند یا پارامتر تورش یا هر دو پارامتر مورد بررسی قرار گیرد و یا احساسات بازار می‌تواند تنها بر تورش یا بر روند به صورت منفی با مثبت و بر هر دو تاثیر گذار باشد. زمانی که شبیه سازی اجرا شد خروجی هر بار اجرا یک نمونه نامیده می‌شود. نمونه‌ها با تزریق تدریجی اطلاعات در طی اجرای فرآیند ایجاد می‌شوند. یک نمونه کامل شامل ۸۰۰۰ مشاهده(شامل ۴۰ روز قبل از رویداد ، ۴۰ روز بعد از رویداد در ۱۰۰ بار اجرا) است. نتایج از طریق آزمون آماری نمونه‌ها بعد از هر بار اجرا به‌دست می‌آیند. پس از شبیه‌سازی هر ترکیب اولیه، نتایج ۱۰۰ اجرا با تنظیمات مختلف تجمیع می‌شود. در خصوص بتا و شدت انتخاب نیز می توان گفت که اجماعی برای مقادیر بهینه برای پارامتر شدت انتخاب (بتا) وجود ندارد. علاوه بر این، به دلیل ساختار غیرخطی مدل، تخمین مقدار بتا با استفاده از داده‌های بازار واقعی غیرممکن به‌نظر می‌رسد. در نتیجه مقدار بتا همچنان به‌عنوان یک پارامتر مفهومی باقی می‌ماند. مقادیر بالاتر بتا، تمایل بیشتر معامله‌گران به تغییر بین استراتژی‌ها بر مبنای میزان سودآوری‌شان را نشان می‌دهد. برای پوشش دامنه گسترده‌ای از مقادیر ممکن برای بتا، در این پژوهش از بازه (۵۰۰ - ۵) با گام اختلاف ۵۵ استفاده شده است (بر اساس پژوهش های واچا و سوردا ، ۲۰۰۲ ، فریجین، ۲۰۱۰، چیارلا و همکارن، ۲۰۰۷ ، بویسویجیک و همکارن، ۲۰۱۰ و کوکاکا و بارونیک، ۲۰۱۳) در واقع بتا به شرح زیر خواهد بود :

β = ۵-۶۰-۱۱۵-۱۷۰-۲۲۵-۲۸۰-۳۳۵-۳۹۰-۴۴۵-۵۰۰

نتایج شبیه سازی

در این پژوهش ۱۲ تنظیم اولیه متفاوت شبیه‌سازی شد. این ۱۲ تنظیم شامل یک استراتژی بنیادی، سه تنظیم اولیه برای اثر فرااعتمادی و هشت تنظیم اولیه برای احساسات بازار بود. نتایج شبیه‌سازی این ۱۲ حالت در جدول شماره (۵) ارائه شده است. در واقع در هر شبیه‌سازی، خصوصیات زیادی مورد بررسی قرار گرفته است. **اول :** به تخمین پارامترهایی پرداخته شده که در خصوص داده‌های تجربی مورد بررسی قرار گرفته است. این پارامترها شامل جابجایی در میانگین، واریانس، چولگی و کشیدگی در داده‌ها قبل و بعد از رویدادها است. **دوم** : دوم اینکه ما از آزمون کرامر[۳۴] برای بررسی برابری توزیع های مشاهده شده استفاده کردیم در واقع ما می‌خواستیم ببینیم که آیا آیا از لحاظ آماری تفاوت معنی داری میان توزیع نمونه های مشخص وجود دارد یا خیر؟جهت استحکام نتایج ما توزیع چهار نمونه را بررسی کردیم : این چهار مقایسه شامل مقایسه کل نمونه قبل از رویداد (B) با نمونه ۲۰ روزه قبل از رویداد (b)، نمونه ۲۰ روزه قبل از رویداد (b) با نمونه ۲۰ روزه پس از رویداد (a)، نمونه ۲۰ روزه پس از رویداد (a) با کل نمونه پس از رویداد (A) و در نهایت کل نمونه قبل از رویداد (B) با کل نمونه پس از رویداد (A) می‌باشد. به‌طور کلی انتظار می‌رفت توزیع نمونه‌های یک سمت رویداد ، یعنی آزمون B-b و آزمون A-a مشابهت بالایی به یکدیگر داشته باشند که نتایج شبیه‌سازی مؤید این انتظار است.**سوم (نرمال بودن نتایج) :** در ادامه با استفاده از آزمون جارک-برا به تعیین نرمال بودن توزیع داده‌های خروجی پرداخته شده است. مطابق انتظار و با توجه به ماهیت اختلاف قیمت‌ها که تشابه بالایی به بازدهی قیمتی دارد، خروجی بیشتر اجراهای شبیه‌سازی از توزیع نرمال پیروی نمی‌کرد مراحل بالا در جدول شماره(۵) خلاصه شده است :

جدول ۵ : نتایج شبیه سازی با حافظه در حضور تحلیل گر بنیادی

نمونه	میانگین	واریانس	تغییرات	چولگی	کشیدگی	تغییرات	آزمون کرامر				آزمون جارک برا			
							B-b	b-a	a-A	A-B	B	b	a	A
تحلیل بنیادی	81	1	37%	68	16	68%	100	90	100	16	42	87	70	83
فرااعتمادی (پارامتر تورش)	13	7	44%	67	16	66%	100	29	100	21	41	85	38	25
فرااعتمادی (پارامتر روند)	23	11	48%	56	21	82%	100	29	100	21	41	89	26	15
فرااعتمادی	5	24	96%	48	38	120%	100	8	100	5	40	92	5	2
احساسات بازار (تورش مثبت)	30	5	40%	75	9	64%	99	56	100	37	39	87	60	53
احساسات بازار (روند مثبت)	17	9	43%	61	18	72%	100	34	100	28	43	87	28	23
احساسات بازار (مختلط روند مثبت)	50	10	43%	55	24	80%	100	40	100	22	49	85	50	46
احساسات بازار (مثبت)	3	14	94%	57	26	90%	100	15	100	10	37	93	18	8
احساسات بازار (تورش منفی)	100	14	54%	59	12	72%	100	7	100	-	49	86	72	71
احساسات بازار(روند منفی)	100	17	70%	81	8	65%	100	-	100	-	36	90	69	76
احساسات بازار (مختلط روند منفی)	95	18	67%	85	8	64%	100	34	100	15	38	88	82	86
احساسات بازار (منفی)	100	26	90%	74	15	67%	100	-	100	-	42	90	32	43

توضیحات جدول: پارامترهای اعلام شده تحت عنوان میانگین، واریانس، چولگی و کشیدگی نشان دهنده تعداد دفعاتی است که تغییرات این پارامتر در شبیه‌سازی مطابق تغییرات آن در داده‌های تجربی است. پارامترهای تحت ستون‌های B-b تا A-B تعداد دفعاتی را نشان می‌دهد که توزیع داده‌های دو مجموعه یکسان بوده است. پارامترهای تحت ستون‌های B تا A تعداد دفعاتی را نشان میدهد که داده‌های خروجی مدل دارای توزیع نرمال بوده‌اند

در اجرای شبیه سازی ما در حالت کلی انتظار داریم B و b و همچنین A و a تا حد زیادی مشابه باشند ؛ به عبارت دیگر b و a همچنین B و A عدم تشابه شدید را از خود بروز دهند چیزی را که ما در شبیه سازی دنبال می کنیم اینست که : از آزمون جارک برا برای نرمالیته بودن توزیع استفاده می‌کنیم در واقع ما نرمال نبودن نمونه ها را تست می کنیم به عبارتی ما انتظار داریم نمونه ها نرمال نباشند و شدیدا کشیدگی مثبت داشته باشند.

فرا اعتمادی

با مشاهده در نتایج شبیه سازی در جدول شماره (۵) می توان در یافت که اثر متوسطی با استفاده از پارامترهای رفتاری در الگوی فرا اعتمادی وجود دارد. تعداد بسیار کمی از نتایج استراتژی‌های فرا اعتمادی منجر به کاهش میانگین داده‌ها پس از رویداد نزول بازار شده است که همخوانی بسیار ضعیفی در این پارامتر مشاهده می‌شود. در خصوص تغییرات چولگی نیز الگوی فرا اعتمادی موثر بر پارامتر تورش، دارای بیشترین هماهنگی با داده‌های تجربی بوده است. از منظر پارامتر کشیدگی، الگوهای فرا اعتمادی بیشترین سطح همخوانی با داده‌های تجربی را در بین تمام الگوها داشته و الگوی فرا اعتمادی موثر بر هر دو پارامتر روند و تورش دارای بهترین تطابق با داده‌های تجربی از نظر تغییرات در کشیدگی داده‌ها بوده است. در نهایت می‌توان الگوی فرا اعتمادی موثر بر پارامتر تورش را به عنوان الگوی برتر در استراتژی‌های فرا اعتمادی دانست.

احساسات بازار

با مشاهده جدول شماره (۵) به نظر می‌رسد در مقایسه با الگوهای فرا اعتمادی، استراتژی‌های احساسات بازار بیشترین اثر را در تخمین رفتار بازار داشته اند. در اولین برخورد، مطابق انتظار، در شرایط نزول بازار استراتژی‌های احساسات منفی بازار دارای بهترین تطابق با شرایط داده‌های تجربی هستند. استراتژی احساسات مثبت بازار در هر دو پارامتر، دارای کمترین میزان تطابق با رفتار بازار است. کلیه استراتژی‌ها در تطابق تغییرات چولگی عملکرد نسبتا مشابهی را دارا هستند. این مساله با توجه به وضعیت احساسات منفی غالب بر معامله‌گران و تمایل آنان به عرضه سریع‌تر سهام و در نتیجه افت قیمتی بیشتر قابل توجیه است. اما در خصوص تقلید از تغییرات کشیدگی بازار نیز عملکرد استراتژی‌های احساسات بازار تقریبا مشابه است. با نگاهی کلی می‌توان نتیجه گرفت به‌طور کلی استراتژی‌های ناشی از احساسات منفی بازار در پارامترهای روند و تورش دارای توان بهتری در تطابق با شرایط داده‌های تجربی هستند. از بین استراتژی‌های احساسات منفی بازار، به ترتیب استراتژی احساسات مختلط با پارامتر روند منفی و احساسات منفی موثر بر هر دو پارامتر دارای بیشترین تطابق با افزایش واریانس داده‌ها هستند.

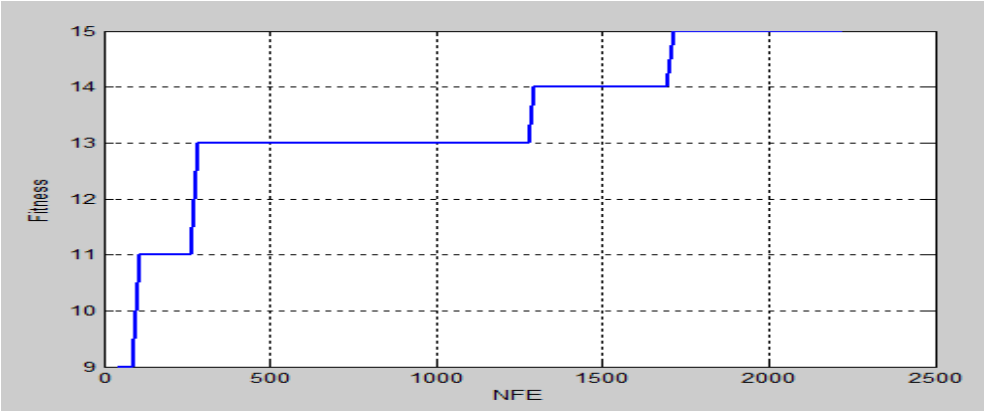
نتایج بهینه سازی با الگوریتم ژنتیک

هدف پژوهشگران در بهینه سازی با الگوریتم ژنتیک حداکثر کردن میزان تطبیق همخوانی تغییرات میانگین و واریانس در استراتژی های سرمایه گذاری است در واقع در شرایط وجود حافظه ما ۵ استراتژی تعریف کردیم و در تنظیمات اولیه شبیه سازی هم برای پارمتر تورش و هم برای پارامتر روند میانگین و

واریانس در نظر گرفتیم حال با بهینه سازی می‌خواهیم این میانگین و انحراف معیار را بهینه کنیم اگر مقادیر بهینه میانگین استراتژی‌های رفتاری را *x1* تا *x5* و مقادیر بهینه انحراف معیار استراتژی‌های رفتاری را *x6* تا *x10* در شرایط وجود حافظه در نظر بگیریم آنگاه جدول شماره (۶) و نمودار شماره (۷) نتایج بهینه سازی با الگوریتم ژنتیک را نشان می‌دهد :

جدول ۶ : نتایج بهینه سازی با الگوریتم ژنتیک

X10	X9	X8	X7	X6	X5	X4	X3	X2	X1
۰/۱۱۳	۰/۱۹۴	۰/۱۱	۰/۵۲۷	۰/۰۶۱	۰/۰۹۲	۰/۰۸	۰/۲	۰/۲	۰/۳۳۵۰



نمودار ۷ : نتایج بهینه سازی با الگوریتم ژنتیک منبع : محاسبات پژوهش

نمودار شماره (۷) تعداد تطبیق‌های الگوریتم ژنتیک را نشان می‌دهد در شروع تعداد تطبیق برابر ۹ است اما پس از ۱۰۰ بار تولید نسل و ۲۲۲۰ بار محاسبه تابع فیتنس الگوریتم ژنتیک ، مقدار تابع هدف را به ۱۵ بار ارتقا داد .

انتخاب الگو (استراتژی) سرمایه گذاری

با توجه به چارچوب نظری بروک و هومز و توسعه‌های بعدی آن و با توجه به اینکه ما پنج استراتژی سرمایه گذاری تعریف کردیم که البته به نوعی ۴ استراتژی در نظر گرفت در واقع استراتژی پنجم تقلیدی از موفق ترین استراتژی روز قبل بر اساس عملکرد محاسبه شده است این استراتژی ها را به صورت دقیقی بر اساس میزان نرخ بهره و اندازه پارامتر روند و تورش می‌توان در کدهای نوشته شده وارد کرد برای این پژوهش نرخ *R* برابر ۱/۱۷ در نظر کرفته شده است و چنانچه پارامتر تورش را صفر در نظر بگیریم اگر پارامتر روند مثبت کوچکتر از *r* باشد معامله گر دنبال کننده روند خالص و اگر بزرگتر از *r* باشد دنبال

کننده قوی است و اگر چنانچه اندازه پارامتر روند بین صفر و $r-$ باشد معامله گر دنبال کننده روند متضاد و اگر کوچکتر از $r-$ باشد دنبال کننده روند متضاد قوی می‌باشد .و چنانچه پارمتر روند صفر باشد معامله گر تورش گر صعودی یا نزولی است و اگر هر دو صفر باشند معامله گر بنیادی است پس معامله گران (انواع اعتقادات یا h) عبارتند از : ۱ – بنیادی ۲ – دنبال کننده روند قوی یا خالص ۳ – دنبال کننده روند متضاد قوی یا خالص ۴ – تورش گر صعودی یا نزولی ۵ – پیروی کننده از یکی از اعتقادات با عملکرد بهتر . با توجه به جدول نتایج شبیه سازی (جدول شماره ۵) و جدول نتایج بهینه سازی (جدول شماره ۶) که در جدول شماره (۷) خلاصه شده است می‌توان گفت :

"معامله گرانی که دچار تورش یا خطای احساسات بازار شده اند و دنبال کننده روند متضاد خالص بوده اند (fd و $x4$ و $x8$) بهترین عملکرد را داشته اند "

جدول ۷ : خلاصه نتایج شبیه سازی و بهینه سازی برای انتخاب

شبیه سازی	ga	gb	gc	gd	ge	ba	bb	bc	bd	be
	−۰/۳۸	۰/۳۶۷	−۰/۱۸	۰/۲۰۸	−۰/۶۵۴	۰/۵۲۰	۰/۰۲۴	۰/۲۴۸	−۰/۰۷۹	−۰/۱
	β	r	t روز	اجرا	fa	fb	fc	fd	fe	*
	۵۵ (۵-۵۰۰)	۰/۱۷	۸۱	۱۰۰	۰/۹۷۶	۰/۹۳۱	۱/۱۵	۱/۴۱	۱/۱۹	*
بهینه سازی	$x1$	$x2$	$x3$	$x4$	$x5$	$x6$	$x7$	$x8$	$x9$	$x10$
	۰/۳۳۵۰	۰/۲	۰/۲	۰/۰۸	۰/۰۹۲	۰/۰۶۱	۰/۵۲۷	۰/۱۱	۰/۱۹۴	۰/۱۱۳
	بهترین جواب		بدترین جواب	تعداد جمعیت	*NFE*	تعداد نسل	حافظه		نرخ جهش	
	۱۵		*4*	*20*	*2220*	*100*	*ok*		۰/۰۵	
	روش انتخاب									
	Roulette Wheel Selection									
پارامترها	b :پارامتر تورش g : پارامتر روند f : استراتژی (اعتقاد) β : شدت انتخاب r : نرخ بازده بدون ریسک									

منبع : خروجی شبیه سازی و بهینه سازی

بحث و نتیجه گیری

همانطور که جداول شماره (۵) و (۶) و (۷) نشان می دهد در ۱۰۰ اجرایی که انجام شده است ضرایب پارامترهای روند و تورش همچنین رابطه مربوط به اعتقاد ۵ نوع معامله گر h (که در جدول شماره ۷ به صورت a تا e نشان داده شده است) محاسبه گردیده است که در واقع معامله گر d بهترین عملکرد را داشته است که البته با الگوریتم ژنتیک بهینه سازی شده وتفاوت میانگین و انحراف معیار هر

کدام از دیدگاه‌ها یا اعتقادات نسبت به مقدار پیش فرض اولیه محاسبه گردیده است بنابراین می‌توان گفت که پارامتر روند دیدگاه معامله گران دنبال کننده روند متضاد که دچار تورش احساسات بازار شده‌اند با میانگین صفر و واریانس ۰/۲۴ و پارامتر تورش با میانگین صفر و واریانس۰/۲۰ در بازار بورس اوراق بهادار تهران می‌باشد.

مجموع یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که سرمایه گذاران در بورس اوراق بهادار تهران در زمان‌های نزول بازار دچار تورش‌های رفتاری می‌شوند و می‌توان با مدل اولیه بروک و هومز و بررسی تقاوت قیمت‌ها حول نقاط شکست رفتارهای سرمایه گذاران را شبیه سازی کرد همچنین استحکام نتایج در حالت با حافظه بهتر است این نتایج مطابق با پژوهش بارونیک و کوکاکا (۲۰۱۳) می باشد همچنین منطبق بر پژوهش رکیک و همکاران (۲۰۱۴) است .

با مشاهده جدول شماره (۵) به نظر می‌رسد در مقایسه با الگوهای فرا اعتمادی، استراتژی‌های احساسات بازار بیشترین اثر را در تخمین رفتار بازار داشته‌اند. در اولین برخورد، مطابق انتظار، در شرایط نزول بازار استراتژی‌های احساسات منفی بازار دارای بهترین تطابق با شرایط داده‌های تجربی هستند. این مساله با توجه به وضعیت احساسات منفی غالب بر معامله‌گران و تمایل آنان به عرضه سریع‌تر سهام و در نتیجه افت قیمتی بیشتر قابل توجیه است. اما در خصوص تقلید از تغییرات کشیدگی بازار نیز عملکرد استراتژی‌های احساسات بازار تقریبا مشابه است. با نگاهی کلی می‌توان نتیجه گرفت که استراتژی‌های ناشی از احساسات منفی بازار در پارامترهای روند و تورش دارای توان بهتری نسبت به سایر استراتژی‌ها در تطابق با داده‌های تجربی هستند این نتیجه مطابق با یافته‌های پژوهش سلیمان (۲۰۱۷) و بارونیک و کوکاکا (۲۰۱۳) است و همچنین با یافته های پژوهش نیکومرام و همکاران (۱۳۹۵) مغایر است به نظر می‌رسد که دلیل آن شرایط نزول در این پژوهش باشد بر اساس یافته‌های پژوهش پیشنهاد می‌شود که در زمان نزول‌های اساسی بازار بورس اوزاق بهادار تهران با توجه به غالب شدن جو و احساسات منفی، این جو و احساسات توسط سیاست گذاران و مدیران بازار مدیریت شود .

منابع :

۱) آذر ، عادل ؛ سارنج ؛علیرضا ؛ صادقی مقدم ، علی اصغر ؛ رجب زاده ، علی. (۱۳۹۷). مدل سازی عامل گرای رفتار سهام داران در بازار سرمایه ایران. *فصلنامه تحقیقات مالی، دوره ۲۰ ، شماره ۲*, ۱۳۰-۱۵۰.

۲) انصاری, ح. ا. (۱۳۹۱). *طراحی و تبیین مدل قیمت گذاری انتظارات ناهمگن در بورس اوراق بهادار تهران*. تهران: دانشگاه تهران.

۳) تلنگی ، احمد. (۱۳۸۳). تقابل نظریه نوین مالی و مالی رفتاری. *تحقیقات مالی ، شماره ۱۸*, ۱-۱۷.

۴) حیدری ، حسن ؛ سلماسی ، پریسا ؛ راسخی ، سعید ؛ فعالجو ، حمیدرضا. (۱۳۹۸). آزمون فرضیه ناهمگنی عاملین بازار با استفاده از مدل STAR با تابع انتقال چند متغیره (مطالعه موردی بورس اوراق بهادار تهران) . *دانش مالی تحلیل اوراق بهادار - سال دوازدهم، شماره چهل ویکم*, ۸۳-۹۹.

۵) راعی ، رضا ؛ فلاح پور ، سعید. (۱۳۸۳). مالیه رفتاری ، رویکردی متفات در خوزه مالی. *تحقیقات مالی ، شماره ۱۸*, ۲۷-۴۸.

۶) سعیدی ، علی ؛ فرهانیان ، سید محمد جواد. (۱۳۹۰). *مبانی اقتصاد و مالی رفتاری*. تهران: انتشارات دانشگاه علوم اقتصادی.

۷) وکیلی فرد،حمیدرضا؛خوشنود،مهدی؛فروغ نژاد،حیدر. (۱۳۹۳). مدل سازی مبتنی بر عامل در بازار های مالی. *فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه گذاری*, ۱۳۹-۱۵۸.

8) Alsulaiman,T. (2017). Behavioral Financial Networks: An Agent-Based Approach to Bounded Rational Heterogeneous Agents in the Financial Markets. New Jersey, US – 07030: STEVENS INSTITUTE OF TECHNOLOGY.

9) Boswijk, H.P., C.H. Hommes and S. Manzan. (2007). Behavioral Hetero-geneity in Stock Prices ,vol 31. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 1938-1970.

10) Brock, W. H. (1997). A Rational route to randomness. *Econometrica, Vol 65, No 5*, 1059-1095.

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

12) Chiarella, Carl, Xuezhong He, Zwinkels R.C. (2010). *Heterogeneous Expectations in Asset Pricing: Evidence from the S&P500*. Working paper: university.

13) De Groot, J.A.N. (2011). Heterogeneous behavior in European stock market indices. *Master Thesis Financial Economics.*, 798-844.

14) Dixit, Avinash K. (2013). Thomas Schelling`s Contributions to Game Theory. *Scandinavian Journal of Economics, Vol. 108, No. 2*, 213-229.

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

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

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

18) Hommes, C.H., Wagener, F. (2008). *Complex Evolutionary Systems in Behavioral Finance.* Amsterdam: CeNDEF Working Papers from Universiteit van Amsterdam, Center for Nonlinear Dynamics in Economics and Finance.

19) Hong, H., Stein, J. (1999). A unified theory of underreaction, momentum trading and overreaction in asset markets. *Journal of Finance 54*, 2143–2184.

20) khashanah ,K ; alsulaiman , T. (2017). Connectivity, Information Jumps, and Market Stability:. *Hindawi Complexity, Volume 2017, Article ID 6752086*, 2-17.

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

22) LeBaron, B. (2006a). Agent-based computational finance. *Handbook of Computational Economics. Vol. 2*, 1187-1233.

23) Tesfatsion, L. (2006). Agent-based computational economics. *Handbook of Computational Economics. Vol. 2.*, 1109-1186.

24) Tongya Wang. (2014). *Behavioural Biases and Evolutionary Dynamics in an Agent-Based Financial Market.* leeds: University of Leeds.

25) Yosra M. Rekik, Hachicha w , Boujelbene Y. (2014). Agent-Based Modeling and Investors' Behavior Explanation of Asset Price Dynamics on Artificial Financial Markets. *Procedia Economics and Finance 13*, 30-46.

یادداشت‌ها :

1 . Efficient Market Hypothesis (EMH)
2 . Rational Human
3 . financial market dynamics
4 . Tesfatsion
5 . agent-based computational economics
6 . LeBaron
7 . heterogenous agent models
8 . Evstigneev
9 . evolutionary finance
10 -kirman
11 -Lux model
12 -Brock –Hommes Model
13 -Hong,H and setin,J
14 -News-watchers
15 -momentum traders
16 -reasonably well
17 -switching between strategy
18 -stylized facts
19 -kukacka and Barunik
20 -overconfidence
21 Herding
22 -market sentiment
23 -Behavioral patterns
24 Break date point
25 . Behavioral break
26 . stochastic
27 . *bifurcation theory*
28 .Break Point Date (BPD)
29 . H= a,b,c,d,e
30 .H=5
31 . *stochastically*
32 . *generate*
33 .Run
34 . Crammer-von Mises