

نشریه علمی
دانش مالی تحلیل اوراق بهادار
سال دوازدهم، شماره چهل و سوم
پائیز ۱۳۹۸

یک الگوی نوسانگر غیر کلاسیک در بازار سهام برای چند شرکت منتخب: رهیافتی از مکانیک کوانتوم

سحر بهجت^۱

هاشم زارع^۲

لادن رضایی^۳

تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۴/۰۱

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۲/۱۲

چکیده

بررسی و تحلیل نوسانات شاخص های بازار های سهام از مباحث مورد علاقه متخصصان اقتصاد فیزیک می باشد. پژوهش حاضر در چارچوب مکانیک کوانتوم از مدل نوسانگر غیر کلاسیک به تجزیه و تحلیل نوسان های بازار سهام در ایران پرداخته است. مطالعه بر روی شش بنگاه منتخب فعال بورسی غیر همگن انجام شده است. به طور کلی با کالیبره کردن الگو و در نظر گرفتن سطح انرژی های مختلف (انرژی بالاتر نشانگر شفافیت بیشتر اطلاعات)، نتایج حاکی از این حقیقت است که با افزایش سطح اطلاعات می تواند منجر به تعدیل سریعتر قیمت و کاهش دامنه پیشنهادی قیمت خرید و فروش سهام گردد. به عبارت دیگر با افزایش سطح انرژی و کاهش عدم تقارن اطلاعاتی می توان انتظار داشت سرعت جذب اخبار در بازار کاهش یافته و انجام معاملات و نقد شوندگی سهام افزایش یابد.

واژه های کلیدی: نوسانگر غیر کلاسیک، مکانیک کوانتوم، اقتصاد فیزیک، بازار سهام.

۱- کارشناس ارشد اقتصاد و پژوهشگر، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران. sahar_behjat@yahoo.com
۲- دانشکده اقتصاد و مدیریت، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران. (نویسنده مسئول) hashem.zare@gmail.com
۳- دانشکده اقتصاد و مدیریت، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران. rezaie_l@iaushiraz.ac.ir

۱- مقدمه

یکی از رویکردهایی که در دو دهه اخیر علاقه مندان به بررسی نوسانات بازار سهام در مطالعات خود بر آن تمرکز کرده‌اند، رویکرد اقتصاد فیزیک بوده است. متخصصان اقتصاد فیزیک در راستای درک رفتار بازارهای مالی از نقطه نظر علمی در تلاش برای پاسخگویی به پرسش‌های اقتصادی در زمینه نوسانات و رفتارهای تصادفی در بازار سهام برآمده‌اند. اقتصاد فیزیک به عنوان علم بین رشته‌ای برای رفع مسائل و مشکلات بازارهای سرمایه، به دنبال ایفای نقش می‌باشد. هدف از این مطالعه، بهره‌گیری از یک مدل نوسانگر غیر کلاسیک^۱ در بستر مکانیک کوانتوم می‌باشد. به طور مشخص به دنبال پاسخ به این سوال می‌باشیم که در چارچوب یک تابع معین با افزایش سطوح انرژی (بیانگر میزان سطح اطلاعات موجود در بازار می‌باشد) در شرکت‌های مورد بررسی می‌تواند منجر به تعدیل سریعتر قیمت و کاهش دامنه پیشنهادی قیمت خرید و فروش سهام گردد. به عبارت دیگر با افزایش سطح انرژی و کاهش عدم تقارن اطلاعاتی می‌توان انتظار داشت سرعت جذب اخبار در بازار کاهش یافته و در نتیجه انجام معاملات و نقد شوندگی سهام افزایش یابد. همچنین با در نظر گرفتن سطح انرژی ثابت تلاش خواهد شد با تغییر زمان تأثیرات آنرا بر روی شاخص قیمت‌ها نیز مورد مطالعه قرار گیرد. مطالعه حاضر در پنج بخش حاضر تنظیم شده است. در بخش دوم پیشینه تحقیق، مبانی نظری در بخش سوم، نتایج تجربی در بخش چهارم و نتیجه‌گیری در بخش پنجم آورده شده است.

۲- پیشینه تحقیق

هوانگ و همکاران^۲ (۲۰۰۸) در مطالعه‌ای با بسط یک مدل نوسان ساز غیر کلاسیک بر اساس مکانیک کوانتوم، به منظور توضیح برخی از پدیده‌ها در بازار سهام به تحقیق پرداخته است. در این مقاله نویسنده چنین رابطه‌ای را بین آنها ایجاد کرده تا بتواند به صورت کیفی رابطه بین برخی از پدیده‌های بازار سهام

و شبیه‌سازی عددی را مقایسه کند. کوستوا^۳ (۲۰۰۸) مسئله نرمی مسیر قیمت‌ها را در قالب مدل مالی بوهمیم^۴ بررسی می‌کند. نشان داده شده است که حتی توسعه نرم موج پیلوت مالی می‌تواند موجب پرش‌هایی در قیمت‌های سهام شود. می‌توان نتیجه گرفت که مدل بوهمیم یک توصیف سخت از پویایی قیمت‌ها ارائه می‌دهد و مسیرهای قیمتی حقیقی را با مدل نرم شده‌شان توصیف نمی‌کند. ژانگ و همکاران^۵ (۲۰۱۰) به منظور توصیف کاراکترهای کوانتومی برای بازار سهام، یک مدل قیمت با فرضیه‌های اساسی از مکانیک کوانتومی ساخته است. نتایج نشان می‌دهد که انرژی مرکزی توسط شرایط مرزی و نزدیک به انرژی سطح پایه معادله شرودینگر بدون اثرات خارجی تعریف شده است. لیانگ و همکاران^۶ (۲۰۱۳) برخی از معمول‌ترین روش‌های مورد استفاده برای سری‌های زمانی سهام از جمله توابع توزیع، توابع تناظر، روش تحلیل نوسانات، روش متوسط متحرک و تحلیل‌های چندفراکتالی در فیزیک اقتصاد را معرفی کرده است. در نتیجه بر اساس یک مدل عامل محور یک مدل قیمت‌گذاری را توسعه داده است. ناستاسیوک^۷ (۲۰۱۴) برای درک بازارهای مالی مانند پویایی کوانتومی در شرایط که قیمت زمان غیر قابل پیوسته است و خواص فراکتال دارد تلاش کرده است. نتایج نشان داد که توصیف مکانیک کوانتوم برای بازارهای مالی بر مبنای تعداد کمی از فرضیات، تحت عنوان تغییرپذیری مقیاس^۸ و قیمت فضای غیرقابل تشخیص و ویژگی نیوتنی پویایی قیمت امکان پذیر است. ژانگ و همکاران^۹ (۲۰۱۴) رفتار سهام در قیمت روزانه محدود بازارهای سهام را با در نظر گرفتن مدل کوانتومی هماهنگ فضایی-تناوبی بررسی می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که بر ساختار باند انرژی موجود در بازارهای سهام با قیمت محدود دلالت دارد، و ساختار باند انرژی روابط پیچیده بین نوسانات و حجم معاملات را معرفی خواهد کرد. در ادامه مبانی نظری تحقیق ارائه خواهد شد. زارع و همکاران (۲۰۱۶) به تجزیه و تحلیل رفتار بازار سهام در چارچوب اقتصاد

سهام در گذشته نیز لزوماً به معنای ادامه افت قیمت سهام در آینده نخواهد بود. بنابراین لازم است سرمایه گذار قبل از ورود به بازار سهام، این واقعیت و ریسک ناشی از آن را بپذیرد. بورس اوراق بهادار یکی از نهادهای جالب جامعه انسانی متمدن است.^{۱۱} نوسان های گسترده در همه حال موجب ورود و خروج سرمایه می‌گردد. اثرات این جا به جایی بر اقتصاد کشورها می‌تواند قابل توجه باشد. یکی از مسائل اثرگذار که در این زمینه مطرح می‌شود چگونگی مدیریت و کنترل ریسک و هیجانات بازار است. در نتیجه مدل سازی و پیش بینی صحیح ریسک این بازار نوپا در مقایسه با بازارهای سهام کشورهای توسعه یافته) می‌تواند راهنمای مهمی برای سرمایه گذاران و سیاست گذاران باشد تا آنها بتوانند با استفاده از یک مدل مناسب، میزان نوسانات این بازار را پیش بینی نموده و به ترتیب تصمیم بهینه برای خرید و فروش سهام یا سیاست مناسب را اتخاذ نمایند.^{۱۲}

۳-۲- تاثیر اطلاعات بر بازار سهام

اطلاعات و اخبار گوناگون به میزانی که در عملکرد مالی شرکت موثر است، بر قیمت بازار هر سهم تاثیر می‌گذارد. تصور بازار از تاثیر منفی، مثبت یا خنثی اخبار و اطلاعات بر قیمت یک سهم لحاظ می‌شود. اگر قیمت بازار اوراق بهادار کاملاً منعکس کننده اطلاعات باشد باز هم این احتمال وجود دارد که افراد درون سازمانی بیش از افراد برون سازمانی در مورد وضعیت کیفی شرکت اطلاعات بیشتری در اختیار داشته باشند و بتوانند به واسطه این مزیت اطلاعاتی، در برابر کسب منافع بیشتر اقدام کنند. زمانی که معامله گران در بازار از وجود افراد غیرمطلع آگاه شوند مسأله گزینش نادرست افزایش می‌یابد در این حالت افزایش سطح عدم تقارن اطلاعاتی از طریق گسترش تفاوت دامنه پیشنهادی قیمت خرید و فروش سهام نشان داده می‌شود و بازارگردانها از افزایش این تفاوت برای جبران ریسک گزینش مغایر بهره می‌گیرند.^{۱۳} از جنجالی ترین و مهم ترین موضوعاتی که قدمت آن

فیزیک پرداخته اند و از اطلاعات روزانه بورس اوراق بهادار تهران، استفاده نموده‌اند. نتایج فرم تابعی توزیع کستینگ در نمونه های مختلف، به صورت آبخاری و چوله به راست بوده است. با توجه به ضریب کشیدگی بدست آمده در این تابع وجود دنباله پهن در تابع توزیع کستینگ مورد تأیید قرار گرفته است.

حسینی و رنایی (۱۳۹۰) نقد روش شناختی اقتصاد فیزیک و کاربرد آن در تحلیل نظام توزیعی سرمایه داری پرداخته اند. ملاحظه کردیم که توزیع ثروت تعادلی طبقات کم درآمد از قانون حداکثرسازی آنتروپی (توزیع ثروت بولتزمن) پیروی می‌کند. نظیفی نایینی و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعه‌ای از مدل انتقالی گارچ مارکف برای پیش بینی نوسانات در بازار بورس اوراق بهادار تهران در افق های پیش بینی کوتاه مدت شامل یک روزه و پنج روزه هفته ای و دوره بلندمدت شامل ده روزه و ۲۲ روزه استفاده کرده‌اند. در ادامه مبانی نظری تحقیق ارائه خواهد شد.

۳- مبانی نظری

۳-۱- نوسان ذاتی در رفتار شاخص بازار سهام

بورس اوراق بهادار یک بازار متشکل و رسمی خرید و فروش سهام شرکت ها تحت ضوابط و قوانین خاص است. یکی از وظایف این بازار کمک به عادلانه نمودن قیمت اوراق بهادار و سرعت بخشیدن به معاملات است.^{۱۴} قیمت سهم یک مفهوم ایستا یا مشابه با مفاهیم دیگر نیست به عوامل گوناگونی بستگی دارد، با مفاهیم متفاوت که در زمان های مختلف ممکن است تغییر کند. قیمت یک سهم شاخص عملکرد شرکت است. سرمایه گذاران عملیات تجاری شرکت را نمی‌توانند از نزدیک ببینند اما به طور حتم، می‌توانند قیمت سهام شرکت را در بازار شاهد باشند. فردی که قصد دارد از طریق خرید سهام در بورس، سرمایه گذاری کند، باید این واقعیت را بپذیرد که نوسان قیمت، ویژگی ذاتی سهم است، به بیان دیگر، روند صعودی قیمت سهم در گذشته، لزوماً به معنای تداوم این روند در آینده نیست، کما اینکه روند نزولی قیمت

فرآیندهای تصمیم‌گیری را می‌توان با قوانین آماری توصیف نمود. به این صورت می‌توان نتیجه گرفت که فیزیک اقتصاد رشته‌ای است برای درک اقتصاد که از نظریات و روش‌های توسعه یافته فیزیک استفاده می‌کند، زیرا هر دو حوزه شامل مطالعه سیستم‌های پیچیده‌ای است که از تعداد زیادی زیرسیستم‌های کوچک‌تر تشکیل شده است. موضوع مطالعه اکونوفیزیک، پیاده‌سازی و ارائه نظریات، روش‌ها و مدل‌های فیزیک آماری در تحلیل داده‌های خروجی پدیده‌های اقتصادی است.^{۲۳}

۳-۴- مکانیک کوانتوم

تا قبل از تولد مکانیک کوانتوم، دیدگاه ما نسبت به جهان بر مبنای فیزیک نیوتونی استوار بود. این دیدگاه برای جهان یک ماهیت ماشینی و مکانیکی قائل و معتقد بود جهان قابل پیش‌بینی است تا حدی که وجود یا عدم وجود انسان هیچ تأثیری در عملکرد جهان ندارد. گرچه مکانیک کوانتومی برای توصیف دنیای اتمی ابداع شد و به نظر می‌رسد که با دنیای تجارت روزمره فاصله زیادی خواهد داشت ولی تأثیر آن در زندگی امروزی بدون شک فوق‌العاده است. در مکانیک کوانتوم، هیچ یک از وضعیت‌های ذره جنبه قطعی ندارد، برای تبیین وضعیت‌های کوانتومی ذرات از یک مفهوم ریاضی موسوم به «تابع موج» استفاده می‌شود. تابع موج تابعی است که حالات کوانتومی یک ذره را به صورت یک کمیت مختلط بیان می‌کند که شاخصی از احتمال موجودیت ذره در هر یک از وضعیت‌های کوانتومی می‌باشد. چون هیچ یک از وضعیت‌های متصور برای ذره جنبه قطعی ندارد. بنابراین، تابع موج ضرورتاً یک کمیت احتمالی را بیان می‌کند. در وضعیت کوانتومی یک ذره نظیر مکان را نمی‌توان با دقت دلخواه تعیین کرد و اعمال دقت بیشتر در سنجش یکی از آنها لاجرم منجر به کاهش دقت در سنجش کمیت دیگر می‌شود. از آنجا که موقعیت مکانی و سایر وضعیت‌های ذره همگی جنبه احتمالی دارند، بنابراین در مکانیک کوانتوم فرض بر

به شکل‌گیری اولین بازار سرمایه در شکل نوین آن (آمستردام هلند) برمی‌گردد، بحث دستکاری در بازار سرمایه است. موضوع دستکاری در بازار سرمایه در جهت منافع فردی همواره مطرح بوده است و شدت وضعف آن در بازارهای مختلف با توجه به تکامل و بهره‌مندی‌شان از قوانین مناسب ضد دستکاری و ابزارهای نظارتی متفاوت است. انواع روش‌های دستکاری اوراق بهادار، دستکاری بر مبنای اطلاعات^{۱۴}، دستکاری بر مبنای عمل^{۱۵}، دستکاری بر مبنای معامله^{۱۶} است. اعمالی به غیر از معاملات را که ارزش واقعی یا ارزش درک‌شده‌ی دارایی‌ها را تحت تأثیر قرارداده و تغییر دهد، دستکاری بر مبنای عمل می‌نامند.^{۱۷}

۳-۳- ارتباط فیزیک و بازارهای مالی

با رشد مطالعات و پژوهش‌های علمی، امروزه رشته‌های علمی به وجوه مشترک زیادی با یکدیگر دست یافته‌اند و هر رشته در راه توسعه افق‌ها و گسترش مطالعات خود، نیازمند یاری جستن از دیگر رشته‌هاست. اقتصاد فیزیک (اکونوفیزیک^{۱۸}) یکی از این موارد است. اسکینکوس بیان می‌کند، «فیزیک اقتصاد یک اصل پیوندی است که مدل‌ها و مفاهیم به دست آمده از فیزیک را در پدیده‌های اقتصادی و (مالی) وارد می‌کند.»^{۱۹} و اضافه می‌کند، «اقتصاد فیزیک خود را به عنوان یک راه جدید تفکر درباره سیستم‌های اقتصادی و مالی از طریق بینش فیزیکی نشان می‌دهد.» بردا و همکاران^{۲۰} بر اساس این اصل بیان می‌کنند که «یک رویکرد کمی با استفاده از ایده‌ها، مدل‌ها و روش‌های مفهومی و محاسباتی فیزیک آماری است.» از دیدگاه منتگنا و استنلی^{۲۱} «واژه فیزیک اقتصاد تلاش‌های صورت گرفته توسط تعدادی از فیزیکدانان برای مدل‌سازی سیستم‌های اقتصادی و مالی با استفاده از نمونه‌ها و ابزارهای گرفته شده از فیزیک آماری نظری را توصیف می‌کند»^{۲۲}. گرچه اقتصاد معمولاً در حوزه علوم اجتماعی واقع می‌شود، اما در برخی موارد، قوانین حاکم بر اقتصاد شبیه قوانین علوم طبیعی است و گاهی اوقات رفتار جمعی

کوچک، یک مدل نوسانگر غیر کلاسیک پیشنهاد شده است. این مدل بر اساس نوسانگر هماهنگ ساده که به عنوان یک نوسانگر کوانتومی محسوب می‌شود، برآورد شده است.

مسئله اندازه‌گیری و دانستن خواص اجسام در مکانیک کلاسیک یا مکانیک نیوتنی مسئله شناخته شده‌ای است، وقتی یک جسم در حال حرکت است، بدست آوردن مکان و تکانه جسم امری سهل محسوب می‌شود. یک جسم تنها در یک زمان مشخص یک مکان دارد یا به عبارتی یک جسم تنها یک مکان واحد در یک زمان دارد، هر x تنها با یک t برابر است. با استناد به این حقیقت پذیرفته شده که یک ارزش (قیمت ذاتی) دارای یک قیمت متناظر واحد است. اما بعد از روی کار آمدن مکانیک کوانتوم این امر بدیهی از اعتبار ساقط شد. در مکانیک کوانتوم اگر این جسم الکترون باشد و گفته شود مکان و تکانه این الکترون در لحظه t چیست؟ تکانه قابل محاسبه است اما هیچ قطعیتی در مورد مکان وجود ندارد یا به عبارتی مکانش قابل اندازه‌گیری است اما هیچ قطعیتی در مورد تکانه وجود ندارد. در مکانیک کوانتوم هیچ ذره‌ای در مکان قطعی قرار ندارد و در آن واحد به صورت موج در پهنه فضا و زمان گسترده است. اکنون این مفهوم با این فرض که ارزش یک جسم مانند یک الکترون یا فوتون در نظر گرفته شده است که توسط یک دستگاه اندازه‌گیری می‌شود. در این شرایط، بازار همانند یک دستگاه رفتار می‌کند که می‌تواند ارزش را اندازه‌گیری کند و یک قیمت را به عنوان یک نتیجه تولید کند.

در مکانیک کوانتوم به جای پیدا کردن مکان ذره، هدف پیدا کردن تابع موج است و یک نامشخصی در مکان ذره وجود دارد. با قطعیت و به طور دقیق نمی‌توان در لحظه t مکان ذره را پیدا کرد اما به صورت احتمال بیان می‌شود. در این مطالعه ارزش به صورت یک بسته موج فرض شده که با توجه به تابع توزیع، احتمال هر قیمت را توضیح می‌دهد. این اعتقاد وجود دارد که اندازه تابع موج یک کمیت قابل اندازه‌گیری است که می‌تواند مستقیماً از داده‌های قیمت تخمین

این است که ذره در آن واحد در هر یک از چند مکان می‌تواند موجود باشد.

۳-۵- ارتباط مکانیک کوانتوم و اقتصاد

کوانتوم مالی یک بستر پژوهشی میان رشته‌ای است که نظریات و روش‌های توسعه یافته توسط فیزیکدانان کوانتومی و اقتصاددانان را در راستای حل مسائل مالی به کار می‌گیرند. این رشته یک شاخه از فیزیک اقتصاد است. یکی از این جایگزین‌ها محاسبات کوانتومی است. محاسبات نیز مانند فیزیک از کلاسیک تا کوانتوم تکمیل شده است. ابزارهای ریاضی مربوط به نظریه کوانتومی در طراحی محصولات پیچیده مالی نیز کاربرد دارند. می‌دانیم که استراتژی‌های پیچیده معاملاتی در بورس که هدف کسب بازده بیش‌تر و کاهش ریسک را دنبال می‌کنند مبتنی بر ابزارهای مشتقه مالی‌اند که ارزش آن‌ها به دارایی‌های اصلی یا اولیه برمی‌گردد. دارایی‌های اولیه می‌تواند شامل سهام، نرخ ارز، یا غیره باشد. در تعیین ارزش این مشتقه‌ها می‌توان از ارزش‌هایی استفاده کرد که به شکل غیرقابل پیش‌بینی تغییر می‌کند. در واقع این امکان وجود دارد که مشتقه را بر حول کمیتی طراحی کرد که ارزش مالی روشنی ندارد.^{۲۴}

۴- روش پژوهش

۴-۱- معرفی الگو

مدل نوسانگر هماهنگ تعدیل یافته در سال ۱۹۳۳ توسط فریش^{۲۵} معرفی شد. این مدل فرض می‌کند که قیمت سهام به مانند یک نوسانگر هماهنگ تعدیل یافته نوسان می‌کند. در حالی که متاثر از اطلاعاتی می‌گردد که بازار سهام را تحت تاثیر قرار می‌دهد. این مدل یک نقطه نظر ذاتی را تامین می‌کند و روش‌های فیزیکی را برای مشکلات مالی معرفی می‌نماید، اما نمی‌تواند نوسانات پایدار در مقیاس کوچک بازار سهام را توضیح دهد. متقابلاً، در این مطالعه برای بررسی و تجزیه و تحلیل نوسان‌های بازار سهام در مقیاس

$$|\psi(t)\rangle = \frac{1}{\sqrt{e^{\lambda^2}}} \sum_{N=0}^{10} \frac{\lambda^N}{\sqrt{N!}} |N\rangle$$

هرکدام از مقادیر ویژه در معادله بالا به λ وابسته است. $|N\rangle$ تابع موج تراز N است. برای انجام شبیه سازی های عددی نیازی نیست که تمام توابع (از حالت انرژی پایه تا حالت انرژی بی نهایت) را در نظر گرفت، می توان حالت های سطح انرژی بسیار بالا را حذف کرد زیرا این حالت های سطح انرژی بسیار بالا دارای احتمال کمی هستند که رخ دهد و یا به سختی باقی می ماند و یا کلاً وجود ندارند، به عبارت دیگر در بازار سهام نمی توان آنها را مشاهده کرد.

۴-۲- عامل پویا

نوسانگری مورد بررسی نباید یک نوسانگر ایستا باشد، زیرا رفتار آن در طول ارزیابی ارزش قابل مشاهده است. بنابراین باید یک عامل نوسان به مدل نوسانگر اضافه می شود تا مدل به صورت یک مدل پویا باشد. $e^{iE_N t}$ به عنوان عامل نوسان به مدل نوسانگر اضافه شده است. این عامل نوسان از معادله شرودینگر^{۲۷} بدست می آید.

$$|\psi(t)\rangle = \frac{1}{\sqrt{e^{\lambda^2}}} \sum_{N=0}^{10} e^{iE_N t} \frac{\lambda^N}{\sqrt{N!}} |N\rangle$$

انرژی متناظر با این تابع موج E_N است. E_N نشان دهنده میزان اطلاعاتی است که به سمت بازار حرکت می کند.

۴-۳- فاکتورهای تضعیف کننده

بسته موج نوسانی برای توصیف حرکات قیمت کافی نیست. در سال ۱۹۳۳، فریش مدل نوسان ساز میرایی را معرفی کرد که فرض می کرد تغییر بزرگ در اقتصاد بوسیله جنگ یا بلایای طبیعی ایجاد شده همانگونه که نوسان اولیه و هزینه های مبادله در نهایت باعث تضعیف نوسانات خواهد شده و تعادل به

زده شود. مطالعه توسعه تابع موج ممکن است در حل مسئله پیش بینی شونددگی قیمت کمک کند. تابع زیر یک تابع موج است:

$$\psi_n(x) = N_n e^{-\frac{\alpha^2 x^2}{2}} H_n(\alpha x)$$

x قیمت سهام می باشد. باید توجه کرد که قیمت استفاده شده در مدل در حقیقت لگاریتم قیمت است. $H_n(\alpha x)$ چند جمله ای هرمیت است.

$$\alpha = \sqrt{\frac{mk}{\hbar}}$$

m حجم سرمایه، k آرامش یا آگاهی از ارزش (قیمت ذاتی) است که عقلانیت یا رکود در بازار سهام را منعکس می کند. اگر k بزرگ باشد نشان دهنده آن است که آگاهی از ارزش این سهم (یا بازده) بالا است، بنابراین تعداد کمی از بورس بازان در آن سرمایه گذاری می کنند. این مسئله به بازار محدود مربوط می شود. در مقابل اگر K کوچک باشد یک بازار فعال است به عبارت دیگر، آگاهی در خصوص ارزش سهم (یا بازده) پایین است. \hbar ثابت بنیادی طبیعت ثابت پلانک، N_n ثابت بهنجارش یا ثابت نرمالیزاسیون^{۲۶} است.

سهام یکی از اجزای سبد دارایی مالی سرمایه گذاران می باشد. از این رو شناخت عوامل تاثیرگذار بر ارزش این دارایی، مورد توجه سرمایه گذاران است. تغییرات ارزش (قیمت ذاتی) سهام در بورس، تنها ناشی از عوامل درونی شرکتها مانند سود تقسیمی، سود خالص و جریانات نقدی شرکت منتشرکننده سهام و غیره نیست بلکه عوامل غیر درونی مانند متغیرهای کلان اقتصادی نیز تأثیر قابل توجهی بر تغییرات ارزش سهام دارند. هنگامی که ارزش تغییر کند، قیمت نمی تواند در یک توزیع گاوسی ایستا در موقعیت قبلی باقی بماند، بلکه می تواند به یک بسته موج تبدیل شود، که تلاش می کند به موقعیت جدید حرکت کند و آخرین ارزش را منعکس کند.

۵- برآورد تجربی

۵-۱- تقسیم بازه زمانی

آمار های مورد استفاده به صورت روزانه برای شش شرکت بنگاه فعال در بازار بورس ایران انجام شده است. تجزیه و تحلیل هر یک از شرکت ها به صورت مستقل با در نظر گرفتن یک سری زمانی ده ساله انجام شده است. لذا از شش گروه صنعتی (گروه محصولات شیمیایی، گروه خودرو و ساخت قطعات، گروه بانکها، موسسات اعتباری و سایر نهادهای پولی، گروه سیمان، آهک و گچ، گروه قند و شکر و گروه فلزات اساسی) هر کدام یک بنگاه با در نظر گرفتن وجود داده و اطلاعات برای بازه زمانی قیمت روزانه از ۸۴/۶/۱ تا ۹۴/۶/۱ انتخاب شده و به تجزیه و تحلیل اطلاعات پرداخته شده است.

۵-۲- سرعت جذب اخبار

بسیاری اوقات حتی دولت نیز قدرت نجات بازار سهام و یا مهار حباب در بازار سهام را نداشته است. برخی از گردانندگان در بازار سهام به دلیل داشتن اطلاعات خصوصی از قبل به ارزش سهام پی برده اند از یک سو آنها نمی توانند وضعیت شرکت ها را تغییر دهند و از سوی دیگر، آنها می توانند سایر سرمایه گذاران توسط برخی از مبادلات جعلی به اشتباه بیندازند. آنها سعی می کنند قیمت را کمتر از ارزش واقعی (ذاتی) خود که سایر سرمایه گذاران به آن پی برده اند نگه دارند و به این ترتیب آنها زمان کافی برای خرید و فروش سهام خواهند داشت. از طریق مدلمان، این مطلب را متوجه شده که کاری که آنها سعی می کنند انجام دهند تغییر دادن ضریب تضعیف μ است. در این مطالعه دو مرحله سرعت جذب خبر توسط بازار در نظر گرفته شده است.

۵-۲-۱- افزایش سرعت جذب اخبار

در گام اول، $\alpha=0.5$ ، $\lambda=2$ که به معنی یک تغییر تدریجی (آهسته) در قیمت و $\mu=1$ به معنی این است که بازار به سرعت خبرها را جذب می کند. در اینجا

اقتصاد باز برمی گردد. از این رو توسط فریش یک عامل میرایی به مدل نوسان ساز میرایی معرفی شده است. ما نیز فاکتور های تضعیف کننده $C_N(t)$ را اضافه کرده تا وضعیت همپوشانی به وضعیت انرژی پایه در ارزش جدید کاهش یابد.

$$C_N(t) = \frac{\lambda^{2N}}{N!} e^{-\mu Nt}$$

$C_N(t)$ یک تابع از زمان، μ نیز ضریب تضعیف (میرایی) است. از دیدگاه اقتصادی سرعت جذب اخبار در نظر گرفته شده است. فرض می شود نرخ تنزل مستقیماً به درجه سطح انرژی N وابسته است. از مفهوم اندازه گیری در مکانیک کوانتومی بهره گرفته شده تا یک قیمت به عنوان نتیجه اندازه گیری یک ارزش تشبیه شود. علاوه بر این، به این مطلب نیز اشاره می شود که جرم در مکانیک با سرمایه و کشش فنر نیز با آرامش در بازار مرتبط است. چنین رابطه ای بین آنها ایجاد شده تا به صورت کیفی رابطه بین برخی از پدیده های مربوط به بازار سهام و شبیه سازی های عددی مقایسه شود. زمانی که عامل نوسان و فاکتور تضعیف به تابع موج اضافه می شود، مدل نوسانگر هماهنگ غیر کلاسیک به صورت زیر بدست خواهد آمد.

۴-۴- مدل نوسانگر غیر کلاسیک

$$|\Psi(t)\rangle = \frac{1}{\sqrt{e^{\lambda^2}}} \sum_{N=0}^{10} \sqrt{C_N(t)} e^{iENt} |N\rangle$$

$|\Psi(t)\rangle$ یک تابع مختلط است، بسته موج احتمال هر قیمت را بیان می کند. آنچه قابل درک است احتمال وقوع هر قیمت است، چگالی احتمال تابع بالا:

$$|\Psi(t)|^2 = \Psi(t)^* \Psi(x) = \frac{1}{e^{\lambda^2}} [C_0 u_0^2(x) + C_1 u_1^2(x) + \dots]$$

۳- شرکت های کوچکی که از شفافیت اطلاعات برخوردار نیستند و باعث افزایش عدم تقارن می شوند. در این روش با پخش شایعات منفی در مورد آن سهم و فروش سهام شرکت به طور همزمان، سعی در کاهش قیمت دارند و پس از آن قیمت سهم به اندازه کافی کاهش یافته و صف های فروش سهم تشکیل می شود. با خرید همه سهام شرکت و انتشار اخبار واقعی قیمت را مجدداً افزایش می دهد و دامنه پیشنهادی خرید و فروش را افزایش می دهد و افزایش تغییر تدریجی قیمت را فراهم می آورد.

۴- یک معامله گر بزرگ و یا گروهی از معامله گران با ایجاد ائتلاف و خرید گسترده سهام شرکت مورد نظر و با پخش گسترده شایعات سعی می کنند که سهم مورد نظر را مورد اقبال بازار نشان داده و از این طریق، تقاضای خرید سهام شرکت را افزایش دهند. هنگامی که قیمت به میزان کافی افزایش یافت و صف های خرید تشکیل شد، با فروش سهام سود سرشاری را کسب می کنند. بنابراین پس از خروج، قیمت سهم دچار افت شدیدی می شود.

در انتخاب نمونه اطلاعات شش بنگاه اقتصادی در شش گروه غیر همگن به صورت تصادفی و بر اساس شرط وجود اطلاعات انتخاب شدند. این شش بنگاه عبارتند از: پتروشیمی شیراز در گروه محصولات شیمیایی، خزامیا زامیاد در گروه خودرو و ساخت قطعات، بانک تجارت در گروه بانکها، موسسات اعتباری و سایر نهادهای پولی، سیمان شرق در گروه سیمان، آهک و گچ (سشرق)، کارخانه قند قزوین در گروه قند و شکر (قمرو) و شرکت ملی سرب و روی ایران در گروه فلزات اساسی (فسرب)، تابع توزیع با اعمال شرایط سطح $N=10$ و $t=0.2, 0.4, 0.8, 1.0$ مورد بررسی قرار داده شده است که در نمودارهای که در ادامه آورده شده است، نشان داده شده است.

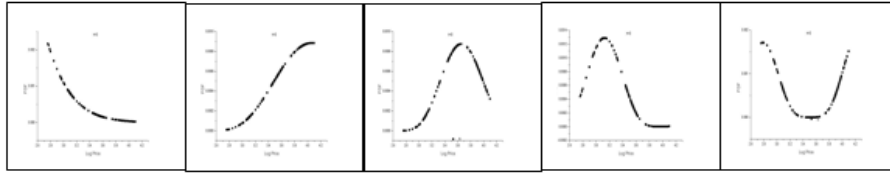
سری زمانی شبیه سازی عددی در چهار زمان مختلف و با توجه به سه فازی که در بالا ذکر شد در نظر گرفته شده است. شبیه سازی در ۴ سطح انرژی $N=0.3, 0.6, 0.8, 1.0$ و در سری زمانی شبیه سازی عددی $t=0.2, 0.4, 0.8, 1.0$ برآورد شده است. در مدل مورد مطالعه، پنج سطح انتشار اطلاعات مورد بررسی قرار گرفته شده و در تحلیل اول فرض بر این قرار شد که بازار به سرعت اطلاعات را دریافت می کند که این اطلاعات و اخبار می تواند به منظور یکی از چهار حالت در بازار انتشار یافته باشد.

۱- شرکت های که سطح بالایی از افشای داوطلبانه را فراهم می آورند، شکاف اطلاعاتی را بین سرمایه گذاران آگاه و نا آگاه کاهش می دهد، به عبارتی عدم تقارن اطلاعاتی کاهش می یابد. این به آن معناست که معامله سهم با قیمت عادلانه تری صورت می گیرد، در نتیجه نقد شوندگی سهم بالاتر می رود. امکان فروش سریع سهم در مدت زمان کم، با حداقل هزینه و با کمترین تغییر قیمت است یا کاهش دامنه پیشنهادی قیمت خرید و فروش سهام، که منظور از تغییر قیمت این است که قیمت سهم در فاصله بین خرید و فروش تغییر چندانی نداشته باشد و باعث کاهش تغییر تدریجی قیمت می شود، بنابراین سرمایه گذاران برای تحمل ریسک اطلاعات خواستار بهره کمتری خواهند بود.

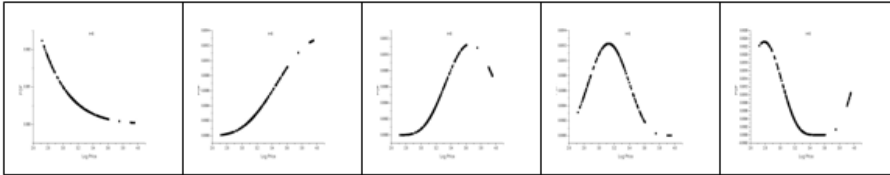
۲- در این حالت به وسیله انتشار و اطلاعات گمراه کننده و بعضاً نادرست با ایجاد جو روانی، زمینه افزایش عدم تقارن اطلاعاتی را فراهم خواهند کرد و دامنه پیشنهادی قیمت خرید و فروش سهم را افزایش می دهد و به عبارتی قیمت سهم در فاصله بین خرید و فروش تغییر فاحشی خواهد داشت، در نتیجه موجب افزایش تغییر تدریجی قیمت می شود. انتشار چنین اطلاعاتی، سهام شرکت مورد نظر را مورد استقبال عموم قرار می دهد و باعث افزایش قیمت می شود. پس از آن که قیمت سهم به حد مورد نظر افزایش یافت، با عرضه عمده بازدهی قابل توجهی را نصیب خود می کنند.

یک الگوی نوسانگر غیر کلاسیک در بازار سهام برای چند شرکت منتخب: رهیافتی از مکانیک کوانتوم

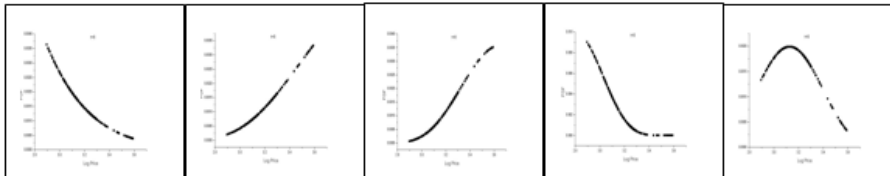
۵-۲-۱- پتروشیمی شیراز در گروه محصولات شیمیایی



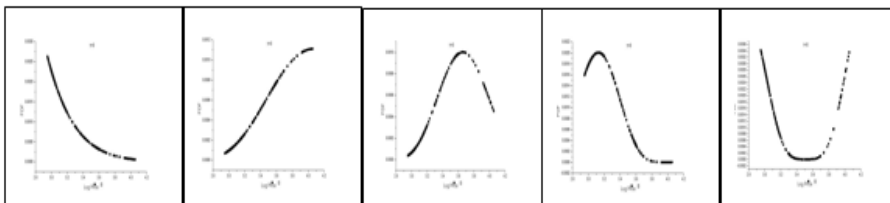
۵-۲-۲- خزامیا زامیاد در گروه خودرو و ساخت قطعات



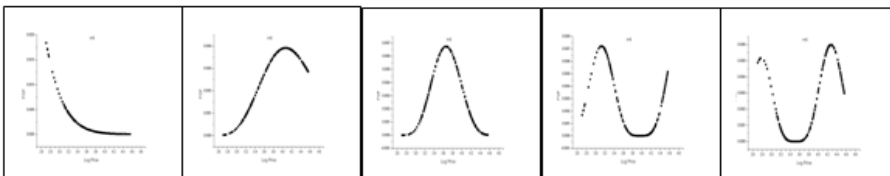
۵-۲-۳- بانک تجارت در گروه بانکها، موسسات اعتباری و سایر نهادهای پولی



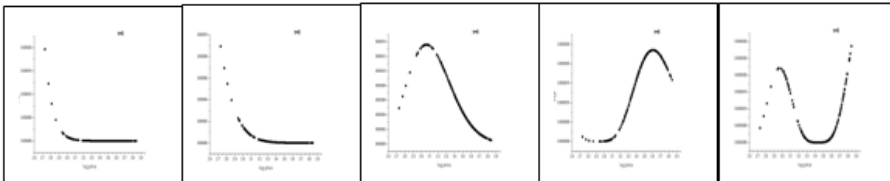
۵-۲-۴- سیمان شرق در گروه سیمان، آهک و گچ



۵-۲-۵- کارخانه قند قزوین در گروه قند و شکر



۵-۲-۶- شرکت ملی سرب و روی ایران در گروه فلزات اساسی



که شفافیت اطلاعاتی ندارند و یک سری از افراد درون سازمانی در مورد وضعیت کیفی شرکت اطلاعات بیشتری را در اختیار داشته باشند، عدم تقارن اطلاعاتی افزایش می‌یابد، در نتیجه نقد شونددگی سهم پایین می‌آید. افزایش دامنه پیشنهادی قیمت خرید و فروش سهام، که منظور از تغییر قیمت این است که قیمت سهم در فاصله بین خرید و فروش تغییر زیادی داشته باشد و باعث افزایش تغییر تدریجی قیمت می‌شود، بنابراین سرمایه گذاران برای تحمل ریسک اطلاعات خواستار بهره بالاتری خواهند بود.

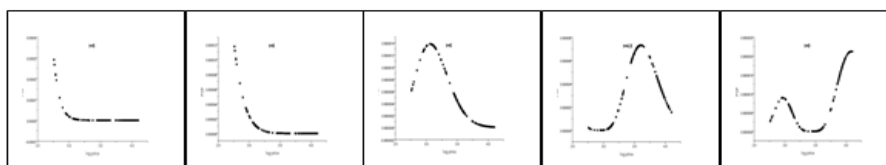
زمانی که $\lambda=4, \alpha=1$ و $\mu=0,24$ باشد، در سطح انرژی پایه نوسانگر در وضعیت تعادل به سر می‌برد و با افزایش سطح انرژی و ورود اطلاعات، حول موقعیت تعادلی خود نوسان می‌کند. زمانی که سطح انتشار اطلاعات افزایش یابد توزیع به سمت توزیع نرمال و چولگی مثبت یا چوله به راست است. حال با افزایش یک سطح دیگر از انتشار اطلاعات، چولگی منفی یا چوله به چپ مشاهده می‌شود. با ورود اطلاعات بیشتر به بازار تعداد نوسانات در بازه زمانی افزایش پیدا می‌کند. به طور کلی در سطح انرژی پایین میانگین بزرگتر از میانه و میانه بزرگتر از مد است و با افزایش سطح تزریق اطلاعات، توزیع به سمت توزیع نرمال حرکت می‌کند و توزیع نرمال خواهد شد و میانگین و میانه و مد با هم برابر می‌شود و از یک سطحی به بعد از توزیع نرمال دور خواهد شد که می‌تواند حاکی از اطلاعات غیر شفاف در بازار باشد و زمانی که این سطح اطلاعات و اخبار در مورد سهم در بازار افزایش یابد مد بزرگتر از میانه و میانه بزرگتر از میانگین می‌شود.

با توجه به این پارامترها، در سطح انرژی پایه نوسانگر در وضعیت تعادل به سر می‌برد و با افزایش سطح انرژی و ورود اطلاعات، حول موقعیت تعادلی خود نوسان می‌کند. زمانی که سطح انتشار اطلاعات افزایش یابد توزیع به سمت توزیع نرمال حرکت می‌کند و چولگی منفی یا چوله به چپ است. حال با افزایش یک سطح دیگر انتشار اطلاعات، چولگی مثبت یا چوله به راست مشاهده می‌شود. با ورود اطلاعات بیشتر به بازار تعداد نوسانات در بازه زمانی افزایش پیدا می‌کند. به طور کلی در سطح انرژی پایین میانگین کوچکتر از میانه و میانه کوچکتر از مد است و از یک سطحی به بعد از توزیع نرمال دور خواهد شد که می‌تواند حاکی از اطلاعات غلط در جامعه باشد و زمانی که این سطح اطلاعات و اخبار در مورد سهم در جامعه افزایش یابد مد کوچکتر از میانه و میانه کوچکتر از میانگین می‌شود.

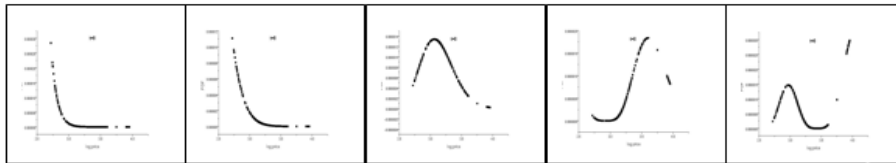
۵-۲-۲- کاهش سرعت جذب اخبار

فاکتورها را تغییر داده و شبیه سازی دوم را ایجاد کرده. $\lambda=4$ به معنی یک تغییر سریع در قیمت است و $\mu=0,24$ به معنی این است که بازار به آرامی خبرها را جذب می‌کند. در اینجا سری زمانی شبیه سازی عددی را در چهار زمان مختلف و با توجه به سه فاز در نظر گرفته شده است. این شبیه سازی در ۴ سطح انرژی $N=0, 3, 6, 8, 10$ و در سری زمانی شبیه سازی عددی $t=0, 2, 4, 8, 16$ برآورد شده است. در شرایطی که اطلاعات و اخبار گوناگون در بازار منتشر می‌شود و بازار به کندی اطلاعات را دریافت می‌کند. شرکت های

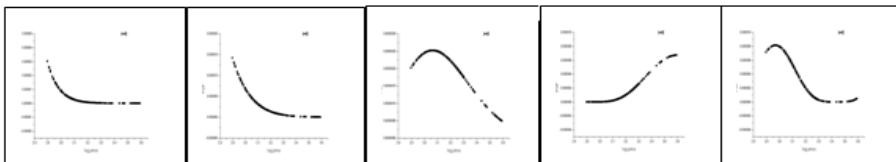
۵-۳-۱- پتروشیمی شیراز در گروه محصولات شیمیایی



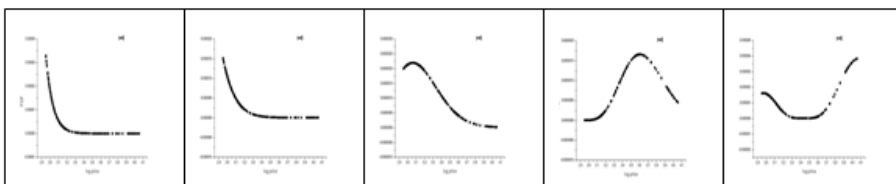
۵-۳-۲- خزامبا زامیاد در گروه خودرو و ساخت قطعات



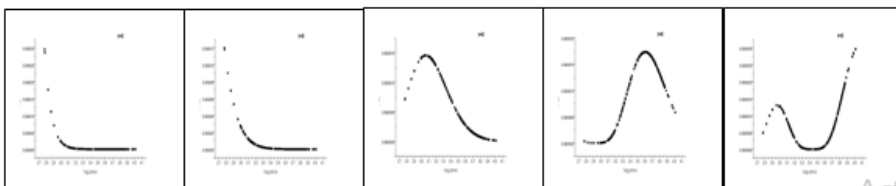
۵-۳-۳- بانک تجارت در گروه بانکها، موسسات اعتباری و سایر نهادهای پولی



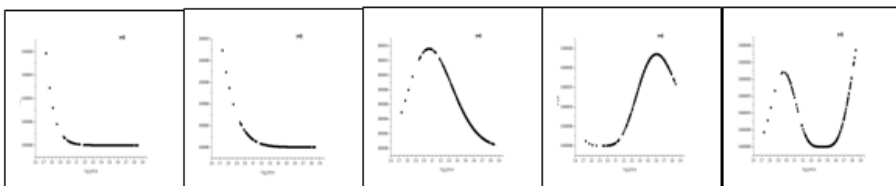
۵-۳-۴- سیمان شرق در گروه سیمان، آهک و گچ



۵-۳-۵- کارخانه قند قزوین در گروه قند و شکر



۵-۳-۶- شرکت ملی سرب و روی ایران در گروه فلزات اساسی



۶- نتیجه گیری و بحث

در چارچوب مباحث مکانیک کوانتوم، قیمت هر سهم را به عنوان یک نوسانگر هماهنگ کوانتومی شبیه‌سازی کرده که توسط تغییر در سطح اطلاعات تحت تاثیر قرار می‌گیرد. نتایج مطالعه ای که بر روی چند شرکت با اطلاعات سری زمانی آنها انجام شد و از

پیش رو گذشت نشان داده شد که با گذشت زمان در یک سطح انرژی مشخص، تنها میزان انحرافات شاخص قیمت شرکت‌ها کاهش می‌یابد. البته با افزایش سطح انرژی، میزان تعدیلات قیمت در طی یک زمان مشخص افزایش می‌یابد. لذا اگر شرایط انتشار صحیح و کامل اطلاعات فراهم گردد باعث خواهد شد تلاش

پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مدیریت و حسابداری دانشگاه شهید بهشتی.

* تک روستا، علی وحبیب مروت و حسین تک روستا. (۱۳۹۰). "مدل سازی نوسان (تلاطم) بازدهی روزانه سهام در بورس اوراق بهادار تهران"، دو فصلنامه اقتصادپولی، مالی (دانش و توسعه سابق)، سال هجدهم، شماره ۲ صص ۸۹-۶۵.

* جدیدی، طیبه و افشین نمیرانیان. (۱۳۸۴). "مطالعه یکی از پارامترهای فیزیک اقتصاد در بازار بورس تهران"، کنفرانس فیزیک ایران، دانشگاه لرستان.

* حسینی، سید عقیل و محسن رنایی. (۱۳۹۰). "نقد روش شناختی اقتصاد و فیزیک و کاربرد آن در تحلیل نظام توزیعی سرمایه داری"، فصلنامه اقتصاد تطبیقی، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی، سال دوم، شماره دوم، صص ۷۱-۱۰۷.

* داورزاده، مهتاب. (۱۳۸۶). "پیش بینی شاخص قیمت سهام در بورس اوراق بهادار تهران: رویکردی بر تحلیل تکنیکی"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه اصفهان.

* زارع، هاشم. (۱۳۹۱). "رهیافتی از اقتصاد فیزیک در بازار سهام ایران"، پایان نامه دکتری، رشته اقتصاد، دانشگاه شیراز.

* نظیفی نابینی، مینو و شهرام فتاحی وسعید صمدی. (۱۳۹۱). "مدل سازی و پیش بینی نوسانات بازار سهام با استفاده از مدل انتقالی گارچ مارکف"، فصلنامه تحقیقات مدل سازی اقتصادی، شماره ۹، صص ۵۶-۲۳.

* وطن پرست، محمد رضا و محمد حسین قائمی. (۱۳۸۴). "بررسی نقش اطلاعات حسابداری در کاهش عدم تقارن اطلاعاتی در بورس اوراق بهادار ایران"، بررسیهای حسابداری و حسابرسی، پاییز ۱۳۸۴.

* Bagnoli, M., & Lipman, B. L. (1996). Stock price manipulation through takeover bids. *The RAND Journal of Economics*, 124-147.

بازار برای جذب اخبار کاهش یابد و به عبارت تخصصی سرعت جذب اخبار کاهش می‌یابد. همچنین از نتایج می‌توان استنباط کرد که افزایش آگاهی از ارزش سهام (قیمت ذاتی) که رفتار عقلانی را در بازار سهام منعکس می‌کند منجر به تغییرات سریع در قیمت در جهت نزدیک شدن قیمت پیشنهادی خرید و فروش خواهد شد. به عبارت بهتر کاهش عدم تقارن اطلاعاتی و افزایش شفافیت اطلاعات منجر به افزایش معاملات و در نتیجه نقدشوندگی بیشتر سهام خواهد شد. همچنین کاهش آگاهی از ارزش سهام منجر به تغییر آهسته در قیمت شد خواهد شد و به عبارتی بازار به سرعت اخبار را جذب می‌کند و این تغییرات باعث افزایش عدم تقارن اطلاعاتی و دامنه پیشنهادی قیمت خرید و فروش خواهد شد و در نتیجه نقد شونددگی سهام و امکان فروش در مدت زمان معین کاهش می‌یابد که در چنین شرایطی سرمایه گذاران برای تحمل ریسک اطلاعات، خواهان کسب بازدهی بیشتری خواهند بود.

سخن آخر اینکه همکاری فیزیک و اقتصاد تازه در اول راه خود می‌باشد، اگرچه توسعه اقتصاد مالی مشروط به تصادفات تاریخی و رفتارهای انسانی در این بازارهاست. اما قواعد تجربی زیادی وجود دارند که حداقل برخی از نظم‌های حاکم بر بازارهایی مالی را بر اساس اصول اولیه توسط الگوهای مختلف، قابل پیش بینی است. لذا اکثر هدف‌های اقتصاد فیزیکی به وسیله این قوانین قابل درک و توصیف می‌باشد. اما باید خاطر نشان کنیم که آنالیز تجربی بر روی داده‌های بازارهای مالی با آن چیزی که بطور معمول در آزمایشگاه‌های فیزیک رخ می‌دهد، متفاوت است. لذا توسعه الگوهای مختلف با ویژگی پویایی‌های غیر قطعی و احتمالی رفتار انسان در بازار مالی می‌بایست مورد توجه متخصصان این عرصه قرار گیرد.

فهرست منابع

* اسکندری، رسول. (۱۳۸۳). "بررسی آثار حد نوسان قیمت سهام در بورس اوراق بهادار ایران"،

یادداشت‌ها

¹ Non-classical oscillator model

² Ye. and Huang,(2008).

³ Choustova.(2008).

⁴ Bohmian

⁵ Zhang. C and L. Huang, (2010).

⁶ Yuan Liang, Guang Yang, Ji-Ping Huang.(2012).

⁷ Nastasiuk.(2014).

⁸ fractality

⁹ Xiangyi Meng, Jian-Wei Zhang, Jingjing Xu, Hong Guo
^{۱۰} داورزاده (۱۳۸۴)
^{۱۱} اسکندری (۱۳۸۳)
^{۱۲} روستا و همکاران.(۱۳۹۰)
^{۱۳} وطن پرست و قائمی (۱۳۸۴)

¹⁴ information-based manipulation

¹⁵ action-based manipulation

¹⁶ trade-based manipulation

¹⁷ Bangoli,M. and B.Lipman(1996).

¹⁸ Econophysics

¹⁹ C. Schinkus, (2010).

²⁰ Burda, Jukiewicz & Nowak

²¹ Mantegna and Harry Eugene Stanley

²² R.N Mantegna, H.E. Stanley, (2000) .

²³ Interview of H. E. Stanley on Econophysics.
^{۲۴} تیریزی (۱۳۸۶)

²⁵ Frisch

²⁶ normalization constants

²⁷ Schrodinger Equation

- * Burda, Z., Jurkiewicz, J., & Nowak, M. A. (2003). Is econophysics a solid science?. arXiv preprint cond-mat/0301096.
- * Choustova, O. (2008). Quantum model for the price dynamics: the problem of smoothness of trajectories. Journal of Mathematical Analysis and Applications, 346(1), 296-304.
- * Frisch, R. (1933). Propagation problems and impulse problems in dynamic economics.
- * Meng,X. and J,Zhang. and J Xu. H,Guo.,(2014) " Quantum spatial-periodic harmonic model for daily price-limited stock markets".Journal of Physica A,Vol 391, pp 2200-2226.
- * Nastasiuk, V. A. (2014). Emergent quantum mechanics of finances. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 403, 148-154.
- * Schinckus, C. (2010). Econophysics and economics: Sister disciplines?.
- * Stanley, H. E., & Mantegna, R. N. (2000). An introduction to econophysics. Cambridge University Press, Cambridge.
- * Ye, C., & Huang, J. P. (2008). Non-classical oscillator model for persistent fluctuations in stock markets. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 387(5-6), 1255-1263.
- * Zare, H., Sakha, Z. R., & Zare, M. (2016). Survey Castaing Distribution on Iranian Stock Market: An Econophysics Approach. Hyperion International Journal of Econophysics & New Economy, 9(2).
- * Zhang, C., & Huang, L. (2010). A quantum model for the stock market. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 389(24), 5769-5775

