بررسی‌های حسابداری و حسابرسی دانشکده مدیریت دانشگاه تهران
دوره 17، شماره 62
زمستان 1389
صص 33 تا 48

تحلیل بازار بورس اوراق بهادار تهران با استفاده ازشبکه‌های پیچیده مبتنی بر روش حدآستانه

رضا راعی[1]، غلامرضا جعفری[2]، علی نمکی[3]

چکیده: تحلیل بازار سهام از طرق مختلف به‌عنوان عنصری تأثیرگذار در پیش‌بینی رویدادهای آتی کاربرد دارد. یکی از جدیدترین روش‌ها جهت تحلیل آن، استفاده ازمفهوم شبکه‌های پیچیده است. شبکه‌های پیچیده مفهومی جدید در ادبیات علوم کمی برای نگاه کلان نگر به کل بازار است. کمی ساختن ارتباط میان سهام‌های مختلف نه تنها موضوع مورد علاقه مطالعات علمی از جهت درک سیستم‌های پیچیده است؛ بلکه برای مقاصد عملی‌ای همچون تخصیص دارایی‌ها و تخمین ریسک پرتفولیوهایی از آن‌ها نیز راهگشا خواهد بود.این چنین کمی‌سازی بر اساس مدل‌سازی نوسانات قیمتی سهام‌ها و اثرگذاری آن‌ها بر یکدیگر انجام می‌پذیرد. دراین مقاله جهت ساختن شبکه سهام‌های بورس اوراق بهادارتهران از روش حدآستانه استفاده کرده و سپس به تحلیل آن اقدام شده است. از نکات قابل‌توجه در این ساختار وجود ریسک سیستمیک بالا در آستانه‌های اطراف میانگین همبستگی‌ها و نیز افزایش تعداد عناصر مستقل بازار دراثر افزایش حد آستانه و بنابراین کاهش احتمال انتشار ریسک سیستمیک در بازار است. در ضمن این تحلیل نشان می‌دهد، بازار بورس تهران درمحدوده خاصی ازهمبستگی‌ها از خود رفتار بی‌مقیاسی بروز داده و بنابراین قاعده اعداد بزرگ برای آن سازگار است. این بدین معنا است که این شبکه از تعدادی ناچیز hub (مراکز و رأس‌های با درجه ارتباط بالا) و تعداد قابل‌توجهی رأس(سهم) با درجه پایین تشکیل شده است. این مهم در مباحثی چون مدیریت ریسک پرتفوی‌های بازار کاربرد بسیاری خواهدداشت.

واژه‌های کلیدی: شبکه پیچیده سهام، بی‌مقیاسی، ضریب خوشگی، ریسک سیستمی، حد آستانه.

1. دانشیار دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، ایران
2. استادیار دانشکده علوم پایه دانشگاه شهید بهشتی، ایران
3. دانشجوی MBA گرایش مالی دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: 1389/2/12
تاریخ پذیرش نهایی مقاله: 1389/7/21
نویسنده مسئول مقاله: علی نمکی
Email: Alinamaki1@yahoo.com

مقدمه

محیط تجاری کنونی چالش برانگیز و پیچیده بوده و واکنش افراد در برابر اطلاعات موجود در بازار برای اخذ تصمیمات اقتصادی، یکسان نیست. واکنش تصمیم‌گیران به اطلاعات انتخاب شده به‌طور عمده خارج از مدل‌های استفاده شده در پژوهش‌های اقتصاد اطلاعات است. هرچه محیط تصمیم‌گیری پیچیده‌تر و عدم اطمینان بیشتر باشد، بر دشواری‌های تصمیم‌گیری میفزاید. بنابراین، این نکته پژوهشگران را به سمت مدل‌هایی توانمندتر از جمله شبکه‌های پیچیده، برای توضیح دنیای واقعی رهنمون شده است.

اکثر سیستم‌های اقتصادی، اجتماعی و ... دارای شاخصه‌های نسبتاً پیچیده‌ای دررابطه با خصوصیات توپولوژیکی خود بوده و نوع ارتباط میان عناصر آن‌ها دارای نظم نسبی است [17].

درطبیعت تعداد زیادی از سیستم‌ها را می‌توان از طریق شبکه‌های پیچیده[1] و قوانین مرتبط با آن‌ها توضیح داد [8] [11] [14]. در یک شبکه، رأس‌ها برابر با عناصر اصلی سیستم بوده و هر دو رأس که با یکدیگر ارتباط دارند، با یک یال به هم وصل می‌نماییم. طی دهه 1970، زمانی‌که دانشمندان نکات بیشتری درباره رفتار نظام‌های پیچیده فهمیدند، علاقه بیشتری به نظام‌هایی پیدا کردند که ذرات، چیزهای ساده بارفتار ثابت نبودند، بلکه اموری بامقداری هوش و توانایی انطباق یافتن بامحیط زیست خود بودند. دانشمندان به بخش‌ها یا ذراتی که توانایی پردازش اطلاعات و انطباق رفتار خویش را دارند، عامل یا کارگزار(Agent) گفته و نظام‌هایی که کارگزاران درآن تعامل دارند؛ نظام‌های تطبیقی پیچیده می‌گویند. از جمله نظام‌های تطبیقی پیچیده می‌توان به سلول‌ها دردستگاه ایمنی بدن، اورگانیسم‌های تعاملی دریک اکوسیستم و کاربران دراینترنت اشاره نمود. با پیدایش رایانه‌های با قدرت تحلیل بالا دردهه 1980، دانشمندان توانستند به پیشرفت‌های سریعی در درک نظام‌های تطبیقی پیچیده درجهان طبیعی دست یابند. چنین نظام‌هایی را به مثابه شکل دهنده‌ی یک طبقه سراسری با بسیاری رفتارمشترک می‌بینند. پژوهشگران علوم اجتماعی با پیروی از این جریانات، شروع به طرح این پرسش نمودند که آیا اقتصاد نیز یک نوع نظام تطبیقی پیچیده نیست؟ بدیهی‌ترین ویژگی اقتصاد این است که درآن، مجموعه‌هایی ازمردم به شیوه‌های پیچیده با یکدیگر تعامل دارند، اطلاعات را پردازش کرده و رفتارشان را تطبیق می‌دهند.

1. Complex network

دردهه‌های 80 و 90 میلادی، پژوهشگران شروع به پژوهش در رابطه با مدل‌هایی از پدیده-های اقتصادی کردند که تفاوت‌های بنیادی با مدل‌های سنتی داشتند. این مدل‌ها به جای اینکه اقتصاد را به‌صورت یک نظام تعادلی ایستا توصیف کنند آن را به‌صورت کندوی زنبور با فعالیت‌های پویا ارایه نمودند که هیچ تعادلی درافق آن دیده نمی‌شود. به‌طور دقیق همانند الگوی گرداب که از تعامل مولکول‌های آب برمی‌خیزد. این مدل‌ها الگوهای پیچیده رونق و رکود و امواج نوآوری را نشان داده‌اند که از تعامل کارگزاران شبیه‌سازی شده پدیدار می‌شود، دقیقاً همانند آنچه در اقتصاد واقعی رخ می‌دهد. علاقه‌ی پژوهش به درک اقتصاد با عنوان یک نظام تطبیقی پیچیده طی دهه گذشته به‌سرعت رشد نموده است[6].

در واقعیت بازارهای سهام نیز با توجه به تعامل انواع شرکت‌ها و سرمایه‌گذاران، نوعی از شبکه‌های پیچیده چند عامله هستند. این نوع از شبکه‌های پیچیده ناشی از نوسانات قیمت میان سهام‌های مختلف بوده و پژوهش‌هایی که برروی شبکه سهام‌های موجود در اکثر بازارها صورت پذیرفته، خاصیت‌های دنیای کوچک بودن[1] و بی‌مقیاسی[2] در شبکه حاصل از ماتریس همبستگی بازار سهام که درآن سهم‌ها به‌عنوان رأس و آثار تغییرات قیمتی میان سهم‌ها به‌عنوان یال‌ها در نظر گرفته می‌شود، یافت شده است [12] [17].

دراین مقاله نویسندگان با توضیح شبکه‌های پیچیده سهام به ساختن شبکه سهام بورس تهران بر اساس روش حدآستانه[3] پرداخته و درادامه با بررسی بورس تهران از دیدگاه شبکه‌های پیچیده، نتایجی ارایه شده است. شناخت بازار بورس اوراق بهادار تهران ازجنبه‌ها و زوایای مختلف می‌تواند ضمن پیش‌بینی بهتر آینده‌ی این بازار و تغییرات آن، ریسک سرمایه‌گذاری را کاهش داده و بازده بیشتری را دهد.

پرتال جامع علوم انسانی

1. Small-world
2. scale-free
3. threshold method

کلیاتی در رابطه با شبکه های پیچیده سهام

کاربرد شبکه‌های پیچیده درحوزه مالی جهت مدلسازی ارتباط میان اتفاقات رخ داده دربازارهای مالی و آثار متقابل میان شرکت‌های موجود و بررسی این آثار از ابعاد گوناگون به‌وجود آمده است [13].

بخشی از ادبیات موضوع مربوط به ساختارشناسی شبکه‌ها و بخشی نیز در راستای استنتاج نتایج از آن بوده و در راستای به‌کارگیری مفاهیم مربوط به شبکه‌های پیچیده در جهت درک چگونگی تعاملات سهام‌های موجود در بازار بورس و اثر آن بر کلیت شبکه سهام، است. درواقع ما با استفاده از مدلسازی شبکه سهام‌ها سعی دردرک رفتار آنها داریم.

درهنگام صحبت از یک شبکه در واقع منظور یک گراف از یال‌ها و رأس‌ها است. مجموعه رئوس مجموعه‌ای یک بعدی از نقاط (دراین مقاله مجموعه‌ای از سهام شرکت‌ها) است که می‌توان آن‌ها را از عدد 1 تا N شماره‌گذاری نمود. درمقابل یال‌ها، مجموعه‌ای دو بعدی از خطوط هستنند که هر عضو آن میان دو رأس ارتباط ایجاد می‌نماید.ازآنجا که اکثر پژوهش‌های انجام شده در بازار سهام مبتنی بر ماتریس همبستگی یال‌ها در شبکه پیچیده سهام است، یال‌ها را می‌توان نماینده آثار متقابل نوسان قیمت سهام‌ها بر یکدیگر دانست.

به‌طور کلی می‌توان دو دسته شبکه معرفی کرد. دسته اول شبکه‌ها(گراف‌ها)ی جهت‌دار و دسته دوم شبکه‌های بی‌جهت است. منظور از شبکه‌های جهت‌دار، شبکه‌هایی است که جهت اتصال یال‌ها در آن‌ها مهم است؛ یعنی جهت اتصال میان رأس‌ها توسط یال‌ها معلوم و مشخص و متفاوت تفسیر می‌شود. در مقابل درشبکه‌های بی‌جهت، نوع ارتباط ایجادشده توسط یال‌ها میان رأس‌ها متفاوت نبوده و تفسیر واحدی ازنوع ارتباط استنباط می‌شود. بنابراین؛ درشبکه‌ها، شکل ارتباط میان رئوس بسته به نوع شبکه متفاوت تفسیر می‌شود. در پژوهش مورد نظر نیز ارتباط میان سهام‌های موجود از جنس شبکه‌های بی‌جهت ارزیابی می‌شود.

مجموعه رئوس و اتصالات یک شبکه را می‌توان در قالب یک ماتریس N*N نمایش داد. این ماتریس، ماتریس مجاورت یا همسایگی نامیده می‌شود. این ماتریس کاربردهای بسیاری در مسایل مربوط به شبکه دارد.در ضمن مقادیر ویژه این ماتریس و تابع توزیع آن بیانگر ویژگی‌های خاصی از شبکه هستند.

درواقع شبکه‌های واقعی باخاصیت دنیای کوچک، خاصیت کوتاهی طول مسیر را از شبکه‌های تصادفی و خاصیت بالا بودن ضریب خوشگی را ازشبکه‌های منظم به‌دست آورده‌اند.

هر شبکه پیچیده از تعدادی hub (با درجه اتصال بالا) و تعدادی node (مرکز یا رأس با درجه اتصال کم) تشکیل شده است که توسط اتصالاتی با یکدیگر ارتباط می‌یابند. امروزه و پس ازپژوهش‌های فراوان به این نکته دست یافته‌اند که شبکه‌های پیچیده درحوزه‌های مختلف از جمله بازار سهام و .. شباهت‌های ساختاری بسیاری به یکدیگر داشته و اکثراً دارای خاصیت بی‌مقیاسی هستند. منظور از این خاصیت این است که شبکه دارای تعداد کمی رأس با درجه بالا و تعداد زیادی رأس با درجه پایین بوده و درحقیقت همان خاصیت اعداد بزرگ است که خود را درقالب توزیع درجات نمایش می‌دهد [8].

در نهایت برای توصیف یک شبکه واقعی می‌توان از مدل‌های تعمیم یافته‌تری استفاده نمود. در این مدل‌ها به‌دنبال بررسی تحول یک شبکه واقعی هستیم. موقعی می‌توان به مدلی موفق درتوصیف یک شبکه واقعی دست یافت که به مراحل رشد، تشکیل و گسترش یک شبکه توجه نماییم. درواقع ماهیت پویای شبکه‌های واقعی که هر روز در حال تکامل و افزایش یا کاهش تعداد اعضای شبکه هستند، نوع تحلیل شبکه‌ها را متفاوت خواهد ساخت. به‌طور مثال در یک شبکه اقتصادی، رئوسی که دارای همسایه‌های درجه اول بیشتری هستند، با شانس بالاتری شرکایی جدید پیدا می‌کنند. بر عکس شرکت‌های کوچک‌تر که دارای همسایه‌های درجه اول کمتری دارند، به‌راحتی از انزوا خارج نخواهند شد.

پیشینه‌ی پژوهش

درسال 1998 واتز و استروگیتز مدلی را در زمینه شبکه‌های پیچیده ارایه نمودند که بسیاری از ویژگی‌های دنیای کوچک را برآورده می‌ساخت [5] . در ادامه در سال 1999 مدل دیگری توسط Newman-Watts ارایه شد که مشکلات پیش آمده درمدل قبلی را رفع نموده و به‌سمت تحلیل شبکه‌های واقعی رهمنون شده است [9].

منتگنا(Mantegna) برای اولین بار شبکه سهام را بر اساس همبستگی تغییرات قیمتی بنا نمود. وی شبکه خویش را بر مبنای سهام‌های دو مجموعه S&P500 و DJIA30 دربازه

زمانی 1989 تا اکتبر1995 بنا نمود [12]. انلا و همکاران (Onnela et al.) به ساختن شبکه سهام بازار نیویورک بر اساس روشی به نام " گراف دارایی"پرداختند. آن‌ها به بررسی خصوصیات مختلف این شبکه از خواص توپولوژیکی، تعداد و اندازه عناصرمستقل و ضریب خوشگی آن و مقایسه اطلاعات به‌دست آمده از این شبکه با یک شبکه کاملاً تصادفی پرداختند [7]. تومینلو و همکاران (Tumminello et al.) به پژوهش درمورد پرتفولیویی از 300 عدد از بزرگ‌ترین سهام‌های بازار نیویورک درطول بازه زمانی 2001 الی 2003 و خواص ساختاری آن شبکه پرداختند [10].

بگینسکی و همکاران (Boginski et al.) به ساختن شبکه 6546 سهم از بازار سهام آمریکا درطول 500 روز معاملاتی متوالی درطول سال های 2000 الی 2002 پرداختند. دراین پژوهش به بررسی خواص این شبکه و یافتن عناصرمستقل و ضریب خوشگی آن اقدام نمودند [15].

وی چیانگ هووانگ و همکاران (Wei-Qiang Huang et al.) درمقاله خود به تشریح ساختار شبکه سهام بازار چین در طول 1198 روز کاری در بازه 2003-2007 و مشتمل بر1080 سهم، پرداختند. آن‌ها دراین مقاله به تشریح خاصیت بی‌مقیاسی شبکه سهام یاد شده و به‌دست آوردن توزیع ضرایب همبستگی، ضریب خوشگی[1] و عناصرمستقل بازار چین اقدام نمودند. روش مورداستفاده در مقاله آن‌ها، استفاده از روش "حدآستانه" است. دراین روش به ازای مقادیر همبستگی پایین‌تر از عدد آستانه، عدد همبستگی را برابر صفر و برای همبستگی‌های بالاتر از عددآستانه، عدد همبستگی را برابر یک فرض می‌نمایند [17].

نحوه‌ی ساختن شبکه سهام و موارد مربوط به آن

همان‌طور که پیش از این نیز گفته شد، اکثر پژوهش‌های انجام شده، در رابطه با شبکه بازار سهام مبتنی بر ماتریس همبستگی میان بازده سهام‌ها است. در رابطه با ایجاد ماتریس همبستگی بر اساس بازده‌ها باید به این نکته توجه داشت که با توجه به فرض حرکت لگاریتمی قیمت سهام، روش کار به این شرح است که ابتدا به محاسبه بازده نرمال لگاریتمی هر سهم طبق رابطه (2) و سپس با استفاده از رابطه (3) به محاسبه درایه‌های ماتریس همبستگی می‌پردازیم.

1. clustering coefficient

$$G_i(\tau) = lnP_i(\tau) - lnP_i(\tau - \Delta t) \quad (1)$$

$$g_i(t) = \frac{G_i(t) - \langle G_i \rangle}{\sigma_i} \quad (2)$$

$$C_{ij} = \langle g_i(t) g_j(t) \rangle \quad (3)$$

حدآستانه: منظور از حد آستانه درساختار سهام بازار، این است که ارتباط‌ها و همبستگی-هایی که کوچک‌تر از عدد آستانه است، برابر صفر و چنانچه بزرگ‌تر از آن باشد؛ برابر یک قرار می‌دهیم.

$$E = \begin{cases} e_{ij} = 1 & i \neq j \quad and \; C_{ij} \geq \theta \\ e_{ij} = 0 & i = j \quad or \; C_{ij} < \theta \end{cases} \quad (4)$$

دراین روش که همان روش اصلی تحلیل شبکه‌های پیچیده سهام در این پژوهش است، طبق تعریف، به همبستگی‌های کوچک‌تر از حد آستانه عدد صفر و به همبستگی‌های بزرگ‌تر از آن عدد یک را اختصاص می‌دهیم. بنابراین، این عمل، درحقیقت نوعی فیلترسازی برای فهم شبکه و انجام پژوهش روی آن است.

توزیع درجات شبکه سهام: درجه هر رأس، منظور تعداد رئوس متصل به هر رأس(سهم) است که از فرمول زیر به‌دست می‌آید [17].

$$k_i = \sum_{j \neq i} e_{ij} \quad (5)$$

در دنیای واقع ما به‌دنبال تابع توزیع درجات شبکه سهام هستیم. این تابع در حقیقت نوعی تابع احتمال بوده و به معنای آن است که احتمال اینکه یک رأس با درجه k بیابیم، چه اندازه است. نتیجه بسیاری از پژوهش‌ها درمورد شبکه‌های واقعی به این نتیجه به‌دست آمده است که توزیع درجات شبکه سهام از قانون اعداد بزرگ پیروی می-نماید. شبکه‌هایی که توزیع درجات آن از قانون اعدادبزرگ پیروی می‌نمایند، شبکه‌های بی‌مقیاس می‌نامند.

$$P_k \propto k^{-\gamma} \quad (6)$$

عناصر مستقل: منظور از عناصر مستقل، آن دسته از سهام‌هایی است که به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم به یکدیگر مرتبط بوده و به غیر از ارتباط با یکدیگر، ارتباط با عنصر دیگری

ندارند. این ارتباط با درنظر گرفتن آستانه‌های متفاوت و ایجاد ساختارهای گوناگون ناشی از آن، مختلف خواهد بود[1][16][17].

ضریب خوشگی: منظور از ضریب خوشگی، این است که به‌طور میانگین چند ارتباط ممکن میان اولین همسایگی‌های هر رأس (سهم) وجود دارد. این مفهوم رابطه نزدیکی با ریسک سیستمیک[2] موجود درشبکه سهام دارد؛ زیرا طبق تعاریف ریسک سیستمیک، احتمال نکول کردن سیستمی شبکه سهام و درنتیجه از هم پاشیدن شبکه سهام را می‌توان از طریق همبستگی‌های درجه اول مشاهده نمود [5][9][17].

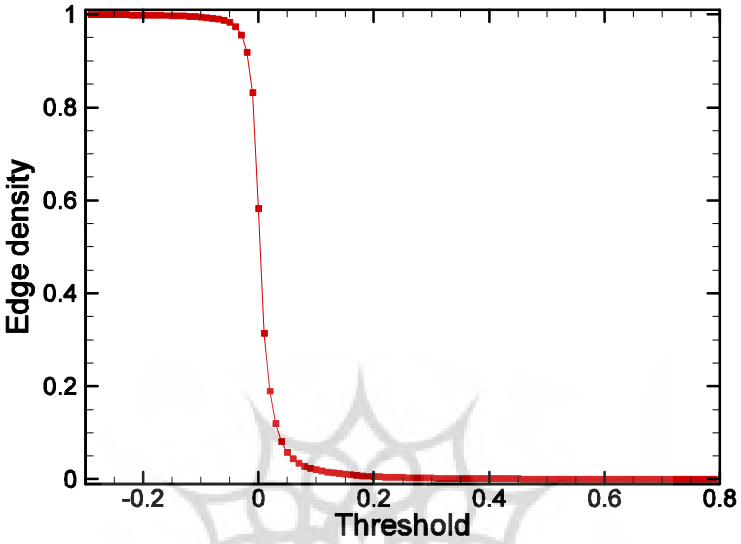
تجزیه وتحلیل داده‌ها

در این پژوهش از داده‌های مربوط به قیمت 325 سهم بازار بورس اوراق بهادار تهران درطول 1291 روز کاری از 1384/1/6 لغایت 1389/5/4 استفاده شده است.

در مورد ساختار شبکه بورس تهران از روش "حدآستانه" که توضیح آن درسطور پیشین گفته شد، استفاده شده است. اساس کار در این روش، محاسبه پارامترهای شبکه به ازای مقادیر مختلف حد آستانه است. درنمودار (1) تراکم یال‌ها که همان ارتباطات موجود درشبکه در مقابل تعداد کل روابط ممکن به ازای حدود آستانه مختلف است، ترسیم شده است. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود، به ازای افزایش حد آستانه درصد تراکم ارتباطات کاهش می‌یابد. این امر دراطراف میانگین همبستگی‌ها شدت بالایی می‌یابد و به مفهوم اثرگذاری مهم مقدار میانگین بر شبکه سهام است. با توجه به آنکه مفهوم تراکم یال‌ها نوعی از درجه ارتباط میان سهام‌های بازار رانشان می‌دهد، طبعاً هر چه این ارتباط بیشتر شود، احتمال سرایت اتفاقات سیستمیک به رأس‌های دیگر افزایش می‌یابد؛ بنابراین، به نوعی مفهوم ریسک سیستمیک را در بردارد.

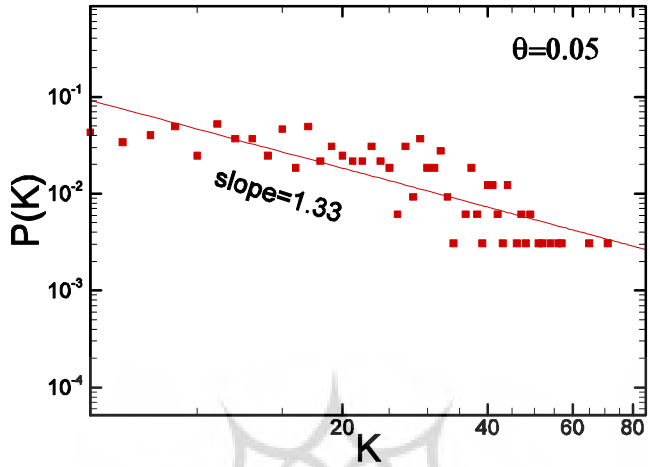
1. منظور از ارتباط، یعنی حرکت قیمتی یک سهم در عنصر مزبور باعث حرکت مستقیم یا غیر مستقیم سایر سهام‌های موجود در آن عنصر شود.

2. systemic risk

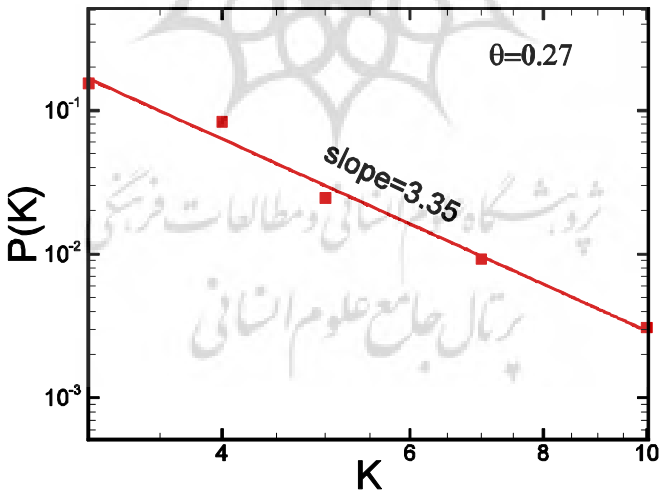


نمودار 1. **تراکم یال‌ها(ارتباطات) درشبکه سهام به ازای حدآستانه‌های متفاوت**

درادامه به بررسی خاصیت بی‌مقیاسی درشبکه سهام می‌پردازیم. برای این مهم به بررسی تعمیم‌پذیری رابطه (6) به ازای حدودآستانه متفاوت می‌پردازیم. جهت تفهیم بهتر موضوع، دو مورد از توزیع احتمالات رئوس (سهام‌ها) شبکه بورس اوراق بهادار تهران درفضای لگاریتمی(log-log) به ازای دوحد آستانه 0.05 و 0.27 در ادامه می‌پردازیم. به مخالف شیب به‌دست آمده از این نمودارها، پارامتر مشخصه شبکه به ازای آن حدآستانه اطلاق می‌شود که درواقع همان درجه بی‌مقیاسی شبکه است.

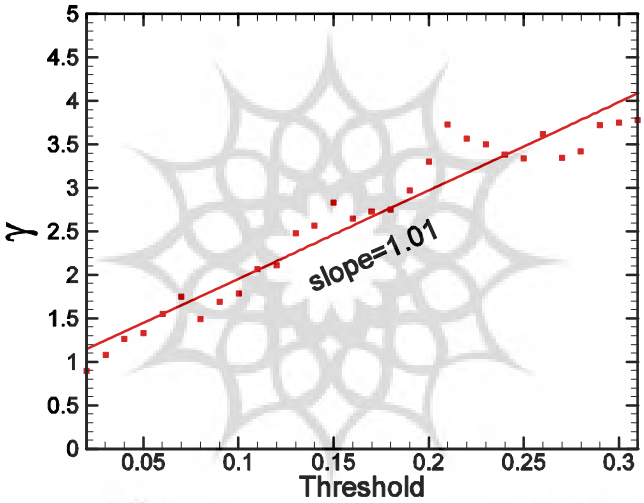


نمودار2. تابع توزیع احتمال لگاریتمی درجات رئوس(سهام‌ها) شبکه بورس اوراق بهادار تهران به ازای حدآستانه 0.05



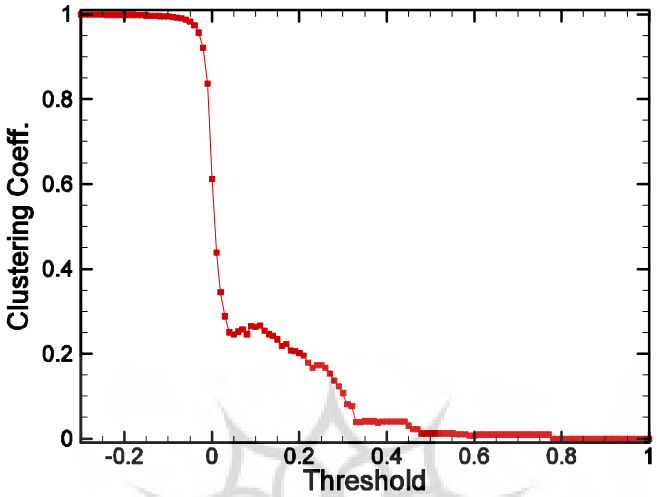
نمودار3. تابع توزیع احتمال لگاریتمی درجات رئوس(سهام‌ها) شبکه بورس اوراق بهادار تهران به ازای حدآستانه 0.27

اینک دراین مرحله به ترسیم رابطه بین شیب‌های به‌دست آمده از روابط بی‌مقیاسی نسبت به حدآستانه می‌پردازیم. با محاسبه مشخص شد، فقط در بازه حد آستانه [0/02,0/31] توزیع درجات رئوس از قاعده بی‌مقیاسی تبعیت می‌نماید. درضمن رفتار این تابع صعودی و روبه بالا است؛ یعنی با افزایش حد آستانه، درجه رئوس تقریباً به هم نزدیک شده و تعداد رئوس با درجه بالا، کاهش می‌یابد. این مطلب به معنای کاهش ریسک سیستمیک است؛ زیرا درهنگام بحران احتمال آنکه رأسی قدرتمند شبکه سهام را دچار بحران نماید، کاهش می‌یابد.



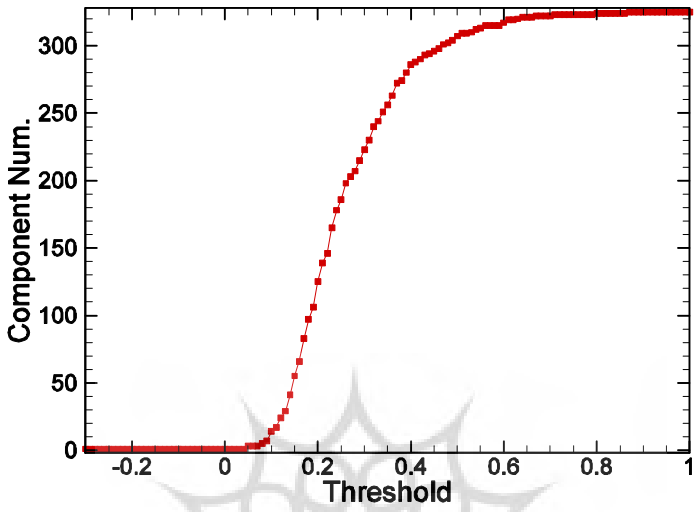
نمودار4. پارامتر شبکه به ازای حدود آستانه متفاوت

ازدیگر مسایلی که درشبکه سهام به آن می‌پردازیم، ضریب خوشگی شبکه است. همان‌طور که پیش از این گفته شد، ضریب خوشگی نمادی از ریسک سیستمیک است. در نمودار 5 مشاهده می‌نماییم که این ضریب به ازای افزایش حدآستانه، به شکل محسوسی کاهش می‌یابد و به این معنا است که درجه همبستگی میان شبکه سهام‌ها کاهش یافته و چنانچه اتفاق خاصی دراین شبکه رخ دهد، ازآنجا که اثرسیستمی این شبکه کم شده، تأثیرگذاری آن اتفاق کاهش می‌یابد.

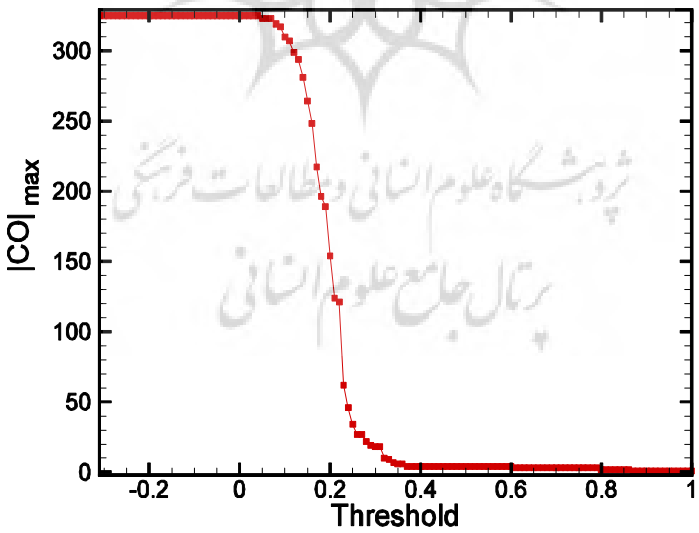


نمودار 5. ضریب خوشگی شبکه به ازای حدود آستانه متفاوت

مورد بعدی به‌دست آوردن عناصر مستقل شبکه و چگونگی پخش شدن آن‌ها است. همان‌طور که در نمودار (6) مشاهده می‌کنیم، تعداد عناصر مستقل با افزایش حدودآستانه افزایش می‌یابد. این بدان مفهوم است که حرکت اثرگذار قیمتی میان سهام‌ها چه به‌صورت مستقیم و چه غیرمستقیم دراثر افزایش حدآستانه سازنده شبکه، کاهش و بنابراین ریسک سیستمیک کمتر می‌شود. این مفهوم را می‌توان درنمودار (7) نیز که تعداد عناصر(سهم) بزرگ‌ترین عنصرشبکه را به ازای حدودآستانه مختلف به تصویر می‌کشد، مشاهده نمود. بنابراین، با افزایش حدآستانه، همبستگی‌های شبکه کاهش می‌یابد و مهار اتفاقات رخ داده در یک عنصر و یا تعدادی از عناصر به‌منظور جلوگیری از حرکت آن‌ها به سایر شبکه آسان‌تر می‌شود.



نمودار6. تعداد عناصر مستقل به ازای حدود آستانه مختلف



نمودار 7. تعداد عناصر(سهم) موجود در بزرگ‌ترین عنصرشبکه به ازای حدودآستانه

نتیجه‌گیری

بر اساس بررسی‌های انجام شده توسط روش "حدآستانه" به جمع‌بندی نکات زیر رسیدیم:

1. بازار بورس تهران به همراه شرکت‌های موجود درآن از خود رفتار بی‌مقیاسی را نمایش داده و بر این اساس بحث‌های مورد اشاره در مقالات باراباشی و استروگیتز دررابطه با شبکه‌های پیچیده درمورد آن صادق است. این نتیجه به این معنا است که بازار بورس نیز همانند بسیاری از شبکه‌های دیگر ازخود رفتار حاکم بر پدیده‌ها ازجمله قانون اعداد بزرگ را نمایش می‌دهد. درنتیجه می‌توان از این نتیجه در توضیح رفتارهای غیرنرمال بازار سهام و پدیده‌هایی چون بحران وتحلیل‌های دینامیک بازار استفاده نمود.
2. درمحدوده‌ای که در حدود میانگین همبستگی‌ها است، نمودار تراکم یال‌ها از خود رفتار کاهنده شدیدی را بروز می‌دهد که این به معنای وجود اکثر همبستگی‌ها درحول و حوش میانگین است؛ بنابراین هرچه از حول و حوش میانگین دور شویم، ریسک سیستمیک بازار کاهش می‌یابد.
3. در رابطه با وجود "عناصر مستقل"درساختار بورس تهران به این نکته می‌توان اشاره نمود که با افزایش تعداد عناصر مستقل همانطور که انتظار می‌رفت، تعداد سهام‌های موجود در بزرگ‌ترین عنصر کاهش می‌یابد. این مطلب نیز به معنای کاهش ریسک سیستمیک است؛ زیرا پخش شدگی سهام‌های موجود در عناصر شبکه یکنواخت‌تر می‌شود.
4. رفتار ضریب خوشگی به‌عنوان نماینده ریسک سیستمیک بازار درمحدوده حرکت از همبستگی‌های منفی به‌سوی همبستگی‌های میانگین به شدت دارای افت و کاهش است که این به معنای وجود کوپل شدگی شدید در محدوده اطراف میانگین است که بر ریسک سیستمیک بازار اثرگذار است.
5. البته باید توجه کرد؛ چنانچه فقط محدوده اطراف آستانه بزرگ‌تر از میانگین همبستگی‌ها را در نظر بگیریم، می‌توان افزایش میزان ضریب خوشگی را درهنگام حرکت از حد آستانه حدود مقدار میانگین تا مقدار آستانه اطراف 0.1 و سپس کاهش آن را مشاهده نمود. شاید علت این امر را با تمرکز بردو نمودار 5 و7 بتوان به‌دلیل وجود تعداد عناصر زیاد همبسته به هم دراین محدوده و سپس کاهش آن‌ها نسبت داد.

در واقع اطراف حد آستانه 0.1 تعداد عناصر مستقل تغییرات کمی داشته است؛ ولی تعداد عناصر موجود در بزرگ‌ترین عنصر مستقل به‌شدت تغییر می‌کند و این به معنای کاهش ریسک سیستمیک در بازار در اطراف آستانه 0.1 به ازای افزایش تعداد عناصر همبسته به هم در یک عنصر مستقل است.

6. در مقایسه رفتار ضریب خوشگی و تراکم یال‌ها به این نکته می‌رسیم که حتی درمحدوده‌هایی که اشاره شد، رفتار ضریب خوشگی به‌شدت رفتار تراکم یال‌ها افتادگی نداشته و این به معنای وجود ریسک سیستمیک حتی در زمان‌هایی است که تراکم یال‌ها محدود است.
7. آستانه حدی 0.05 نقطه شکست از حالت تک عنصری به چند عنصری است و این به مفهوم آن است که می‌توان با افزایش حد آستانه آثار تغییر قیمت در بخشی از ساختار بازار را از کل بازارحذف نمود.
8. بیشترین تغییر تعداد عناصر مستقل با افزایش حدآستانه از مقدار 0.22 به مقدار 0.23 اتفاق میفتد که این تغییر آستانه با بیشترین تغییرات در رابطه با کاهش مقادیر سهام موجود در بزرگ‌ترین عناصر نیز همگام بوده و بنابراین احتمالاً درصورت بحران درحول و حوش این مقدار آستانه، ساختار بورس احتمالا شکننده‌تر خواهد بود.

از جمله پیشنهادهای مطروحه ساخت ماتریس همبستگی بر اساس سایر پارامترهای اثرگذار از جمله حجم بازار، درجه نقدشوندگی و.... و مقایسه‌ی آن با نتایج پژوهش حاضر است که احتمالاً به نتایج جالبی منجر خواهد شد.

به‌عنوان پیشنهادی دیگر می‌توان به ترکیب پدیده‌های رفتاری درحوزه مالی از جمله انواع راهبردهای سرمایه‌گذاری در سهام و نیز ساختار مالکیت که در پژوهش‌های گذشته در مورد بازار بورس اوراق بهادار تهران برروی آن تأکید شده است [1] [2] [3] [4] با مقوله شبکه‌های پیچیده و رفتار ریسک سیستمیک بازار و اثر راهبردهای مزبور بر آن پرداخت.

منابع

1. فدایی‌نژاد محمد اسماعیل، صادقی محسن، بررسی استراتژی‌های مومنتوم و معکوس در بورس اوراق بهادار تهران، فصلنامه پیام مدیریت 1385؛ 5(1718).

2. محمدی‌شاپور، قالیباف اصل حسن، مشکی مهدی، بررسی اثرساختار مالکیت بر بازدهی و ارزش شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران، فصلنامه تحقیقات مالی 1388؛ 11(28).

3. مهرانی ساسان، نونهال نهر علی اکبر، ارزیابی واکنش کمتر از حد مورد انتظار سرمایه-گذاران در بورس اوراق بهادار تهران، فصلنامه بررسی‌های حسابداری و حسابرسی 1387؛ 54: 117-136.

4. یگانه یحیی و همکاران، بررسی رابطه بین سرمایه‌گذاران نهادی و ارزش شرکت، فصلنامه بررسی‌های حسابداری و حسابرسی 1387؛ 52: 107-122.

5. D.J.Watts, S.H.Strogatz, Nature 1998; 393.

6. Eric D Beinhocker, The origin of wealth, Evolution, Complexity and the Radical Remaking of Economics, Harvard business school press; 2010.

7. J.P.Onnela, K.Kaski K, J.Kertesz, The European Physical Journal B 2004; 38.

8. M.E.J.Newman, SIAM Review 2003; 45.

9. M.E.J.Newman, D.J.Watts, Physica Letterrs A 1999; 263.

10. M.Tumminello, T.D.Matteo, T.Aste, R.N.Mantegna, The European Physical Journal B 2007; 55.

11. R.Albert, A.L.Barabasi, Reviews of Modern Physics 2002; 74.

12. R.N.Mantegna, The European Physical Journal B 1999; 11.

13. S.W.Chen, Journal of Management Science in China 1999; 2.

14. T.Zhou, W.J.Bai, B.H.Wang, et al., Physics 2005; 34.

15. V.Boginski, S.Butenko, P.M.Padalos, Computational Statistics & Data Analysis 2005; 48.

16. W.Aiello, F.Chuang, L.Lu, Experimenal Mathmatica 2001; 10.

17. W.Q.Huang, X.T.Zhuang, S.Yao, Physica A 2009; 388.