فصلنامـه اقتصاد مالی
سال سیزدهم / شماره ٤٦ / بهار ۱۳۹۸
صفحه ۲۵ تا ۳۹

ارائه شاخصی جدید برای انعکاس رفتار بازار سهام با استفاده از رویکرد تحلیل شبکه‌های پیچیده*

هادی اسماعیل‌پورمقدم[۱]
تیمور محمدی[۲]
محمد فقهی کاشانی[۳]
عباس شاکری[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۰۷

چکیده

شاخص‌های منعکس کننده رفتار بازار سهام یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر تصمیمات سرمایه‌گذاران در بازارهای مالی است. اغلب سرمایه‌گذاران در بورس اوراق بهادار تهران به شاخص کل بورس توجه دارند که تمامی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس را در بر می‌گیرد. این مطالعه به معرفی شاخصی جدید با استفاده از روش شبکه‌های پیچیده می‌پردازد. شبکه‌های پیچیده مطالعه همبستگی قیمت‌های بازار سهام را به خوبی فراهم می‌آورند و از این رو درک بیشتری از عملکرد بازار برای سرمایه‌گذاران ایجاد می‌کنند. در این مطالعه شبکه بازار سهام با داده‌های ۲۴۶ سهام بورس اوراق بهادار تهران طی دوره زمانی اولین روز معاملاتی فروردین ۱۳۹۵ تا آخرین روز معاملاتی اسفند ۱۳۹۵ ایجاد شده که در آن، برای اتصال بین دو گره یا سهام از رویکرد WTA، استفاده گردیده است. نتایج حاصل از توزیع درجه شبکه بازار سهام، حاکی از این است که شبکه سهام بازار بورس اوراق بهادار تهران، شبکه‌ای آزاد از مقیاس است؛ که به وضوح نشان می‌دهد که

* این مقاله حاصل از رساله نویسنده اول در دانشگاه علامه طباطبائی است که مورد حمایت صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (Iran National Science Foundation: INSF) است.

۱- دانشجوی دکتری اقتصاد مالی دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.
۲- دانشیار دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول مکاتبات) mohammadi@atu.ac.ir
۳- استادیار دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.
۴- استاد دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.

Archive of SID
www.SID.ir

تغییرات قیمت بازار سهام به شدت تحت تأثیر تعداد نسبتاً کمی از سهام‌ها قرار دارد. از این رو با استفاده از تحلیل شبکه‌های پیچیده بازار سهام، شاخصی جدید مبتنی بر درجه و با شمول سهام-های منتخب، ارائه شده و با شاخص کل بازار بورس مقایسه می‌گردد. بر اساس نتایج، شاخص جدید همبستگی معناداری با شاخص کل بازار بورس دارد و می‌تواند رفتار بازار سهام را به خوبی منعکس نماید.

واژه‌های کلیدی: بازار سهام، شبکه‌های پیچیده، توزیع درجه، شاخص سهام.
طبقه بندی JEL: D53, G11, G20

Archive of SID

www.SID.ir

۱- مقدمه

شاخص‌های بازار سهام معیارهایی مفید برای تمایش روند بازار و انتظارات جاری در مورد آینده سهام هستند. در بازارهای مالی، طراحی و محاسبه شاخص‌های قیمت سهام به عنوان یکی از مهم-ترین معیارهای سنجش عملکرد بورس اوراق بهادار از اهمیت زیادی برخوردار است. شاخص‌های مزبور از تجمیع حرکت‌های قیمتی سهام تمامی شرکت‌ها یا طبقه خاصی از شرکت‌های موجود در بورس، به دست می‌آیند و در نتیجه بررسی جهت و اندازه حرکت‌های قیمتی را در بازار سهام، امکان‌پذیر می‌سازند. یکی از شاخص‌های رایج بورس اوراق بهادار تهران، شاخص کل است که وضعیت سطوح قیمتی کل شرکت‌های پذیرفته شده در بورس را نشان می‌دهد. این شاخص وضعیت کلی بازار اوراق بهادار را نشان می‌دهد و به عنوان یک دماسنج وضعیت کلی اقتصاد و بازار عمل می‌نماید. شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران به صورت تقسیم ارزش روز بازار سهام در زمان جاری به ارزش روز بازار سهام در زمان مبدأ حاصل می‌شود.

در این مطالعه شاخص جدیدی با استفاده از روش تحلیل شبکه‌های پیچیده در بازار سهام ارائه می‌گردد. از آن‌جایی که تغییرات قیمت سهام مستقل نیستند و با بخش‌های کسب و کار و صنایعی که سهام متعلق به آن‌ها هستند، همبستگی قوی و پیوستگی زیادی دارند، تجزیه و تحلیل همبستگی به عنوان موضوعی اساسی در بازارهای مالی مطرح است؛ در واقع، تجزیه و تحلیل همبستگی در تخصیص دارایی و مدیریت ریسک به طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته و منجر به استخراج بسیاری از مدل‌های مدیریت سبد و تخصیص دارایی شده است که با موفقیت در برنامه‌های دنیای واقعی مورد استفاده قرار می‌گیرند (تیسی و همکاران[۱]، ۲۰۱۰). رویکرد شبکه‌های پیچیده امکان مطالعه همبستگی قیمت‌های سهام را فراهم می‌آورد (نیر و همکاران[۲]، ۲۰۰۸ و جلو و همکاران[۳]، ۲۰۱۳). به‌علاوه، از آن‌جا که میزان داده‌های روزانه تولید شده توسط بازار سهام، بسیار زیاد است و تحلیل این داده‌ها با افزایش تعداد سهام، پیچیده‌تر می‌شود (بوگینسکی و همکاران[۴]، ۲۰۰۶)؛ از این رو استفاده از تحلیل شبکه‌های پیچیده در بازار سهام گسترش یافته است (پکروآ و اسپلتا[۵]، ۲۰۱۵). تحلیل شبکه به عنوان ابزار متدولوژی قدرتمند برای مدل‌سازی تعاملات بین واحدهای اقتصادی، شرکت‌ها و نهادهای مالی شناخته می‌شود. به‌علاوه این رویکرد از حوزه‌های تجزیه و تحلیل داده‌های بزرگ[۶] به شمار می‌رود. رویکرد تحلیل شبکه‌های پیچیده در بازار سهام می‌تواند تصویر روشنی از ساختار داخلی بازار سهام ارائه دهد (دیمتریوس و وسیلیوس[۷]، ۲۰۱۵).

این مطالعه در تلاش است با ایجاد شبکه‌ای کامل از ارتباطات مبتنی بر همبستگی برای سهام-های بازار بورس ایران، اطلاعات مربوط به ساختار داخلی بازار سهام را منعکس نماید. در این مطالعه برای ایجاد یال‌های شبکه از رویکرد WTA[۸] استفاده می‌شود که امکان تصمیم‌گیری باینری

Archive of SID

www.SID.ir

را برای اتصال دو سهام فراهم می‌نماید. سپس توزیع درجه شبکه شناسایی می‌گردد و پس از تعیین نوع شبکه بر اساس توزیع درجه، شاخص جدیدی بر مبنای درجه به منظور انعکاس رفتار بازار سهام ارائه می‌گردد و با شاخص رایج بازار بورس اوراق بهادار تهران مقایسه می‌گردد. ادامه مقاله به شرح زیر می‌باشد: بخش دو، ادبیات موضوع و مرور مطالعات قبلی در زمینه شبکه‌های پیچیده است. سپس بخش سه، روش تحلیلی را توصیف می‌کند و در نهایت، به ارائه نتایج و نتیجه‌گیری پرداخته می‌شود.

۲- ادبیات موضوع و مرور پیشینه پژوهش

تحلیل همبستگی به عنوان یکی از روش‌های رایج در مدیریت دارایی، می‌تواند ارتباط بین سهام را شناسایی نماید (صفوی مبرهن و همکاران، ۱۳۹۷). تجزیه و تحلیل همبستگی بازارهای مالی یک موضوع مهم برای سیاستگذاران و فعالان در بازار، از قبیل مدیران سبد است؛ به گونه‌ای که تحلیل همبستگی اهمیت زیادی در مدیریت ریسک و تخصیص دارایی دارد (التون و گروبر[۹]، ۱۹۹۵). مطالعه ماتریس‌های همبستگی دارای تاریخچه‌ای طولانی در امور مالی است و سنگ بنای اصلی نظریه مارکوویتز در مورد اوراق بهادار است (لالوکس و همکاران[۱۰]، ۲۰۰۰). تحلیل شبکه‌های پیچیده در بازار سهام امکان مطالعه همبستگی قیمت‌های سهام را فراهم می‌نماید. ماهیت پویای یک بازار مالی می‌تواند به عنوان یک شبکه پیچیده ترسیم شود. تکنیک‌های شبکه برای توصیف معماری جهانی جریان مالی، تجزیه و تحلیل بحران مالی و بررسی پویایی‌های بازار بین بانکی و هم‌چنین سهام مورد استفاده قرار گرفته است. علاقمندی به استفاده از ابزار شبکه به منظور تجزیه و تحلیل وابستگی‌های اقتصادی یا به هم پیوستگی‌های اقتصاد بعد از بحران مالی جهانی ۲۰۰۹-۲۰۰۸ گسترش پیدا کرد که ماهیت شبکه بودن سیستم‌های بانکی را به عنوان مجموعه‌ای از شرکت‌ها که با ارتباط نزدیک با یکدیگر عمل می‌کنند، آشکار کرد. رویکرد شبکه مربوط به ساختار و تشکیل سیستم گره‌ها می‌باشد. یک فرض بنیادی این است که تماماً ویژگی‌ها و رفتار یک گره می‌تواند تنها با توجه به ارتباط آن با بقیه سیستم مورد ارزیابی قرار گیرد. در شبکه‌های مالی، گره-ها معمولاً مؤسسات مالی یا نهادهای مشابه هستند. هنگامی که عوامل با توجه به هزینه و منافع ضمنی، متصل و مرتبط می‌شوند، این فرآیند اتصال لزوماً بستگی به موقعیت نسبی آن‌ها در شبکه دارد. به همین ترتیب، اثرات خارجی، به موقعیت گره و تعداد پیوندهای آن بستگی دارد (آلن و بابوس[۱۱]، ۲۰۰۹).

تحقیقات قبلی ویژگی‌های توپولوژیکی و آماری چنین شبکه‌هایی را مورد بررسی قرار داده‌اند. به عنوان مثال، کارایانی[۱۲] (۲۰۱۲) با بررسی ویژگی‌های بازارهای سهام در حال ظهور اروپا با

Archive of SID

www.SID.ir

استفاده از تحلیل شبکه‌های پیچیده نشان داد این شبکه بازار سهام، یک شبکه آزاد از مقیاس است. یانگ و همکاران[۱۳] (۲۰۱۴) با تحلیل روابط همبستگی بازارهای سهام در سه کشور چین، ژاپن و آمریکا دریافتند که بحران مالی، روابط همبستگی این بازارهای سهام را دچار تغییر کرده است. روابط بین سهام در بازار سهام یونان توسط دیمتریوس و وسیلیوس (۲۰۱۵) با تجسم‌سازی و معیارهای مرکزیت شبکه مورد تحلیل قرار گرفت. در این تحقیق سهام‌های مهم در بازار سهام یونان، شناسایی گردیدند.

در مطالعه کلتی[۱۴] (۲۰۱۶) پس از شناسایی ساختار توپولوژیکی شبکه بازار سهام ایتالیا شامل ۱۰۰ شرکت، مشخص گردید که شرکت‌های پتروشیمی و گاز طبیعی و هم‌چنین شرکت‌های بیمه-ای در مرکزیت شبکه بازار سهام قرار دارند و از اهمیت زیادی برخوردارند. بیشترین سهام‌های مرتبط و متصل در بررسی ساختار بازار سهام آفریقای جنوبی توسط مجاپا و گسل[۱۵] (۲۰۱۶)، مربوط به بخش‌های مالی و منابع عنوان شد. بریدا و همکاران[۱۶] (۲۰۱۶)، ژونگ و همکاران[۱۷] (۲۰۱۶) و ژائو و همکاران[۱۸] (۲۰۱۶) پس از تحلیل ساختار توپولوژیکی شبکه بازارهای مالی، تحلیل شبکه را به عنوان راهنمایی مفید برای سرمایه‌گذاران معرفی نمودند. ابرهارد و همکاران[۱۹] (۲۰۱۷) در تحقیقی به بررسی ویژگی‌های شبکه‌ای بازار سهام شیلی پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد ساختار شبکه بازار سهام شیلی می‌تواند در بازده و حجم معاملات سهام در بازار مؤثر باشد. در مطالعه شرما و همکاران[۲۰] (۲۰۱۷) همبستگی سهام با استفاده از روش آستانه انجام گرفت و شبکه بازار سهام هند بدین مبنا تشکیل شد. نتایج حاکی از این بود تجزیه و تحلیل شبکه‌ای بازار سهام هند، می‌تواند فهم بهتری از وابستگی‌های سهام در بازار سهام هند ارائه دهد.

جورج و چنگات[۲۱] (۲۰۱۷) نیز در مطالعه‌ای از رویکرد تحلیل شبکه برای داده کاوی بازار سهام و تحلیل سبد استفاده نمودند. در این تحقیق با استفاده از معیارهای شبکه سهام‌های مؤثر و با نفوذ بالا شناسایی گردید. یافته‌های تحقیق نشان داد تحلیل شبکه داده‌های سهام می‌تواند نقش مهمی در مطالعه بازار سهام داشته باشد. در تحلیل سبد با استفاده از شبکه، سهام‌های مربوط به بخش خدمات مالی از نمونه سهام‌هایی معرفی شد که می‌تواند ریسک سیستمیک را در سبد کاهش دهد. به‌علاوه نتایج حاکی از این بود که سهام امور مالی، بانکی، بیمه، تکنولوژی، ماشین، صنایع، خدمات تجاری، انرژی، مواد شیمیایی، خرده‌فروشی، حمل و نقل، املاک و مستغلات و بخش ساختمان به شدت به یکدیگر وابسته هستند. در بررسی بازار سهام چین با استفاده از تحلیل شبکه‌های پیچیده توسط ژنگ و همکاران[۲۲] (۲۰۱۷)، شبکه بازار سهام به عنوان شبکه‌ای آزاد از مقیاس تأیید شد. ارتباط بین بازار سهام و شرایط اقتصاد حقیقی نیز در مطالعه لانگ و همکاران[۲۳] (۲۰۱۷) با بررسی بازار سهام چین با استفاده از تحلیل شبکه‌های پیچیده تأیید گردید.

Archive of SID

www.SID.ir

۳- روش‌شناسی پژوهش

تئوری شبکه‌های پیچیده، برگرفته از ریاضیات گسسته و تئوری گراف است و طی چندین دهه به عنوان یک چارچوب نظری برای درک ویژگی‌های ساختاری شبکه‌ها توسعه یافته است (کیتو و ادا[۲۴]، ۲۰۱۴). شبکه عبارت است از سه تایی $G = (V, E, f)$ که در آن V مجموعه‌ای متناهی از گره‌ها است، $E \subseteq V \otimes V = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$ مجموعه‌ای از پیوندها یا یال‌ها و f نگاشتی است که برخی از عناصر E را به یک جفت از عناصر V مربوط می‌کند؛ به طوری که اگر $v_i \in V$ و $v_j \in V$ باشد، آن‌گاه خواهیم داشت: $f: e_p \rightarrow [v_i, v_j]$ و $f: e_q \rightarrow [v_j, v_i]$. به طور ساده، شبکه ساده بدون حضور پیوندهای چندگانه و حلقه‌های بازگشتی عبارت است از دوتایی $G = (V, E)$ که در آن V مجموعه‌ای متناهی از گره‌ها و E رابطه‌ای متقارن و غیر انعکاسی روی V است.

برای ایجاد شبکه بازار سهام، فرض کنید $p_i(t)$ قیمت پایانی سهم i در روز t باشد. بازده سهام در روز tام به صورت رابطه ۱ تعریف می شود:

$$r_i(t) = lnp_i(t) - \ln p_i(t-1) \qquad (۱)$$

مجموعه‌ای از سهام که توسط گره‌های شبکه نمایش داده شود را در نظر بگیرید. برای تعیین اتصالات شبکه، از فرآیند زیر استفاده و با استفاده از همبستگی بازده سهام، شبکه ایجاد می‌شود. یال اتصالی دو گره با همبستگی بین دو سری بازده سهام تعریف می‌گردد. به طور خاص، همبستگی بین دو سهام به عنوان یک جمله از ماتریس همبستگی C در نظر گرفته می‌شود که از رابطه ۲ بدست می‌آید:

(۲)

$$c_{ij} = \frac{\langle r_i r_j \rangle - \langle r_i \rangle \langle r_j \rangle}{\sqrt{(\langle r_i^2 \rangle - \langle r_i \rangle^2)\left(\langle r_j^2 \rangle - \langle r_j \rangle^2\right)}}$$

که r نشان دهنده بازده است و کروشه، نشان‌دهنده میانگین زمانی در طول دوره است. علاوه بر این، بر اساس رویکرد WTA، یک مقدار آستانه معینی θ، $0 \leq \theta \leq 1$ تعیین می‌گردد و یک یال بدون جهت بین گره‌های i و j رسم می‌شود؛ اگر مقدار قدرمطلق c_{ij} بزرگتر یا مساوی θ باشد. مطابق با ژنگ و همکاران[۲۵] (۲۰۱۰)، در این مقاله، روابط همبستگی منفی را که قدر مطلق آن‌ها بیش از آستانه است در نظر گرفته می‌شود و از قدرمطلق همبستگی به عنوان وزن اختصاص داده شده به یال در شبکه استفاده می‌گردد. $G = (V, E, W)$ نشان دهنده شبکه سهام است که V

Archive of SID
www.SID.ir

مجموعه‌ای از رأس‌ها را نشان می‌دهد، E نشان دهنده یال ها و W وزن یال است. W به شرح رابطه ۳ تعریف می‌شود:

(۳)

$$W = \begin{cases} w_{ij} = |c_{ij}|, & i \neq j \; and \; |c_{ij}| \geq \theta \\ w_{ij} = 0, & else. \end{cases}$$

اگر $w_{ij} \neq 0$، آن‌گاه یک یال بین گره‌های i و j وجود خواهد داشت.

تعداد یال‌هایی که با یک گره تلاقی دارند، درجه آن گره نامیده می‌شود که معمولا با k مشخص می‌شود. از این رو برای کل شبکه، یک میانگین درجه نیز محاسبه می‌گردد. مفهوم کلیدی در اینجا توزیع درجه گره‌های شبکه یعنی k است. این مفهوم را می‌توان از لحاظ ریاضی به صورت تابع چگالی احتمالی عنوان کرد. اساساً احتمال این که یک گره دارای درجه k باشد، p(k) است و چنانچه نمودار p(k) در برابر k رسم شود، یک تابع توزیع خواهیم داشت که این تابع توزیع، اطلاعات بیشتری در مورد چگونگی اتصال در شبکه بازار سهام ارائه می‌دهد.

۴- یافته‌های پژوهش

با توجه به در دسترس بودن داده‌ها و وجود معاملات در ابتدا و انتهای هر ماه، ۲۴۶ سهام در بورس اوراق بهادار تهران در نظر گرفته شده است. بدین ترتیب، از قیمت پایانی روزانه سهام در سال ۹۵ برای محاسبه بازده ماهانه هر سهام استفاده شده و سپس همبستگی بازده سهام‌ها محاسبه گردیده و بر مبنای همبستگی، ارتباط بین سهام‌ها شکل گرفته و شبکه بازار سهام ایجاد می‌شود. مقدار ۰/۴ به عنوان مقدار آستانه مطلوب θ انتخاب شده است. اگر مقدار θ خیلی کوچک باشد، در شبکه یال‌های زیادی وجود خواهد داشت و اثرات تصادفی افزایش می‌یابد، اما اگر مقدار آستانه θ بیش از حد بزرگ باشد، یال‌ها در شبکه بسیار پراکنده خواهد بود (آسمگلو و همکاران[۲۶]، ۲۰۱۲). جدول ۱ تعداد گره‌ها و یال‌ها و برخی ویژگی‌های کلی شبکه بازار سهام را ارائه می‌دهد.

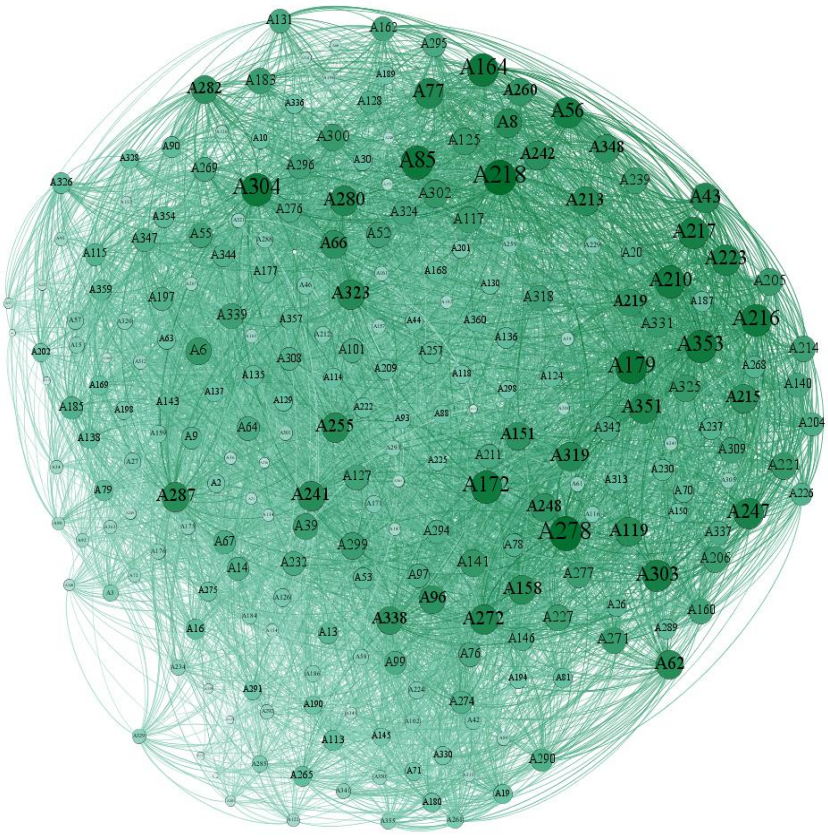
جدول ۱- شاخص‌های کلی شبکه بازار سهام

ویژگی	θ=0.4
تعداد گره‌ها	۲۴۶
تعداد یال‌ها	۶۵۴۳
اندازه شبکه	۶۵۴۳
تراکم شبکه	۰/۲۲

(مأخذ: یافته‌های پژوهشگر)

Archive of SID
www.SID.ir

بر اساس جدول فوق، ۶۵۴۳ اتصال بین سهام‌ها شکل گرفته است. تراکم شبکه نیز برابر ۰/۲۲ است که نشان می‌دهد ۲۲ درصد از پیوندهای احتمالی که بین گره‌های مختلف در شبکه می‌توانست ایجاد شود، شکل گرفته است. بنابراین این شبکه، شبکه‌ای سست و گسسته نیست که نشان می‌دهد گره‌ها از هم دور نمی‌باشند. شکل ۱ شبکه سهام‌های بورس اوراق بهادار تهران را نشان می‌دهد. در این شکل، هرکدام از دایره‌ها نشانگر سهام‌ها و خطوط، نشان دهنده نحوه رابطه بین آن‌ها است. اندازه قطر گره‌ها (سهام‌ها) که به صورت دایره نشان داده شده است، رابطه مستقیم با میزان درجه هر گره دارد. بدین معنی که هرچه قطر گره‌ها بزرگتر باشد، آن گره یا سهام، درجه و یا به بیانی دیگر اتصالات بیشتری خواهد داشت.



شکل ۱- شبکه بازار سهام اوراق بهادار ایران

(مأخذ: یافته‌های پژوهشگر)

www.SID.ir

به منظور شناسایی توزیع درجه در شبکه ایجاد شده، می‌بایست با استفاده از روش برآوردی مناسب، p(k) نسبت به k برآورد گردد. آن‌چه در این تحقیق برای توزیع درجه‌ها مهم است، این است که به منظور ارائه شاخصی جهت انعکاس رفتار بازار سهام، می‌بایست توزیع درجه‌ها از قانون توان[۲۷] پیروی نماید؛ به بیان دیگر توزیع درجه‌ها ویژگی آزاد از مقیاس یا بی‌مقیاسی را نشان دهند. بدین ترتیب، توزیع p(k) در مقابل k با یک تابع توانی به صورت رابطه ۴ برآورد می‌شود:

$$p(k) = \hat{\alpha}k^{-\hat{\gamma}} \qquad (۴)$$

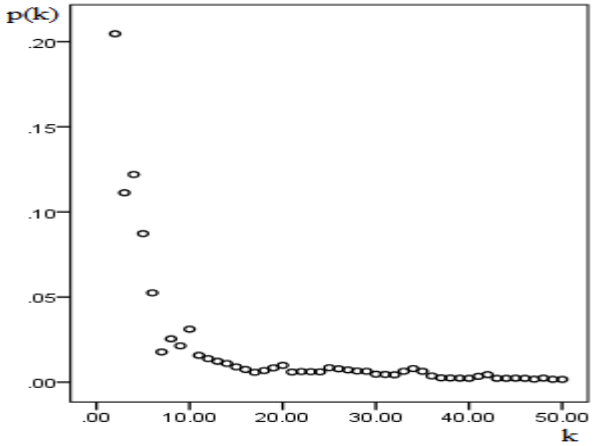
که مقادیر $\hat{\alpha}$ و $\hat{\gamma}$ با روش حداقل مربعات معمولی برآورد می‌گردند. هم‌چنین برای بررسی تناسب توزیع تابع توانی، مجموع مربعات خطای برآورد به صورت رابطه ۵ محاسبه می‌شود:

$$\varepsilon_{fit} = \sum_k (p(k) - \hat{\alpha}k^{-\hat{\gamma}})^2 \qquad (۵)$$

بر اساس نتایج حاصل از برآورد با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی، مشخص می‌شود که زمانی که θ به اندازه ۰/۴ که به عنوان میزان آستانه مطلوب شناخته شده است، توزیع درجه‌های شبکه ویژگی آزاد از مقیاس را نشان می‌دهد. برای θهای مغایر با آستانه مطلوب، توزیع قانون توانی ضعیف می‌شود؛ چرا که میانگین خطای برازش افزایش می‌یابد. برای تعیین این که چگونه توزیع درجه‌های شبکه به خوبی با یک توزیع قانون توانی تقریب زده می‌شود، خطای برازش توزیع تابع توانی را محاسبه نموده و به تغییرات آن، زمانی که مقدار θ کاهش می‌یابد، توجه می‌شود. این آزمون ساده برای هدف یافتن ویژگی نسبتاً مناسب‌تر آزاد از مقیاس بودن توزیع درجه با انتخاب θ کافی است. شکل ۲ توزیع درجه تابع توانی را برای θ=۰/۴ نشان می‌دهد.

از این رو، زمانی که که θ=۰/۴ است، شبکه بازار سهام دارای توزیع درجه توانی است و آزاد از مقیاس می‌باشد؛ در این صورت، سهام‌های با شباهت بسیار نزدیک با یکدیگر و با اتصال بالا، نسبتاً کم هستند. ویژگی آزاد از مقیاس بودن شبکه بازار سهام دلالت بر این دارد که بازار سهام عمدتاً تحت تأثیر تعداد کمی از سهام قرار دارد و بدین روی، می‌توان شاخصی را معرفی نمود که عملکرد بازار سهام، بر اساس تعداد کمی از سهام که دارای تعداد نسبتاً زیاد اتصال (یال) هستند، منعکس شود. به عبارت دیگر، این شاخص می‌تواند توسط سهام‌های با درجه بالا تعریف شود.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۲- توزیع آزاد از مقیاس شبکه شکل گرفته با رویکرد WTA با معیار θ=۰/۴

(مأخذ: یافته‌های پژوهشگر)

بدین ترتیب در شبکه ساخته شده با θ=۰/۴، سهام‌هایی را که دارای ۱۰ درصد با بالاترین درجه هستند، شناسایی می‌شوند که این سهام‌ها دارای بیشترین تعداد اتصال به دیگر سهام‌ها در بازار هستند. شاخص جدید با استفاده از ارزش بازاری سهام به صورت رابطه ۶ محاسبه می شود:

(۶)

$$index = \frac{\sum_i [p_i \times share_i]}{mv\ base}$$

که p_i و $share_i$ به ترتیب برابر قیمت و تعداد سهام i (۱۰ درصد سهام با بالاترین درجه) است و $mv\ base$ برابر ارزش بازاری کل سهام در سال پایه است. با محاسبه شاخص جدید، این شاخص با شاخص رایج بازار بورس اوراق بهادار تهران مقایسه می‌شود. برای سادگی، چون نرمال‌سازی برای شاخص جدید صورت نگرفته است، محدوده و برد شاخص‌ها یکسان نیستند. با این وجود، محاسبه همبستگی جفت‌های مختلف شاخص‌ها به صورت خودکار نرمال‌سازی را انجام می‌دهد. شکل ۳ و ۴ به ترتیب نمودار سری زمانی شاخص مبتنی بر درجه و نمودار سری زمانی شاخص بازار بورس تهران را برای دوره مورد مطالعه نشان می دهد.

Archive of SID
www.SID.ir

شکل ۳- شاخص جدید مبتنی بر درجه

(مأخذ: یافته‌های پژوهشگر)

شکل ۴- شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران

(مأخذ: یافته‌های پژوهشگر)

همان‌طوری که مشاهده می‌گردد روند شاخص جدید مبتنی بر درجه با شاخص کل بازار تقریباً یکسان است. برای آزمون همبستگی بین شاخص جدید مبتنی بر درجه و شاخص کل، از آزمون فرضیه‌های معمول استفاده می‌شود که فرض صفر نشان دهنده این است که بین سری‌های زمانی شاخص جدید مبتنی بر درجه و شاخص کل بازار بورس هیچ همبستگی وجود ندارد. نتایج آزمون همبستگی پیرسون در جدول ۲ ارائه شده است که به وضوح مشاهده می‌شود که همبستگی بالای بین شاخص جدید مبتنی بر درجه و شاخص موجود بازار بورس از نظر آماری معنی دار است.

www.SID.ir

جدول ۲- نتایج آزمون همبستگی شاخص جدید مبتنی بر درجه و شاخص موجود بازار بورس

ضریب همبستگی پیرسون	آماره آزمون t	P-value
۰/۹۸۸۰	۴/۱۷	۰/۰۰۱

(مأخذ: یافته‌های پژوهشگر)

۵- نتیجه‌گیری

تعیین جهت‌گیری حرکت‌های بازار سهام به عنوان مبنایی برای بررسی عملکرد و پیش‌بینی روند آتی بازار سهام و هم‌چنین ارزیابی عملکرد مدیران سرمایه‌گذاری از اهمیت زیادی برخوردار است. شاخص‌های بازار سهام امکان تعیین جهت‌گیری حرکت‌های بازار سهام را فراهم می‌آورند. در حال حاضر در بورس اوراق بهادار تهران، شاخص کل بورس یکی از این شاخص‌ها است که عملکرد کل بازار را بر مبنای بررسی وضعیت تمام شرکت‌های پذیرفته شده در بورس را ارائه می‌دهد.

در این پژوهش شاخصی جدید برای انعکاس رفتار بازار سهام بر مبنای تحلیل شبکه‌های پیچیده معرفی شده است. بدین منظور با توجه به دسترسی داده‌ها و وجود معاملات، شبکه کامل از ارتباطات مبتنی بر همبستگی برای ۲۴۶ سهام بورس اوراق بهادار ایران، طی دوره زمانی اولین روز معاملاتی فروردین ۱۳۹۵ تا آخرین روز معاملاتی اسفند ۱۳۹۵ شکل گرفته است که تمام اطلاعات مربوط به ساختار داخلی بازار را که انعکاس دهنده وابستگی متقابل قیمت سهام است، نشان می‌دهد. در این تحقیق، از رویکرد WTA در ایجاد یال‌های شبکه استفاده شده است. از آن‌جایی که توزیع توانی در شبکه بازار سهام تأیید می‌شود، تعداد کمی از سهام‌ها که با درجه بالایی هستند، دارای تأثیر قوی بر کل بازار هستند. از این رو، پیشنهاد شده است که سهام‌های مربوط به گره‌های با درجه بالا برای ایجاد یک شاخص جدید استفاده شود که می‌تواند به طور منسجم و به اندازه کافی منعکس کننده تغییرات بازار سهام باشد. به عبارت دیگر، شبکه بازار سهام شکل گرفته، مقیاس آزاد است و تعداد سهام متصل نسبتاً کمی، برای نمایش و نماینده بودن اکثریت سهام کافی هستندکه از این ویژگی آزاد از مقیاس بودن شبکه، اطمینان از سطح بالای نمایندگی سهام‌های با اتصال بالا و ارائه شاخص نوین مبتنی بر درجه استنتاج می‌شود.

نتایج حاصل از محاسبه شاخص جدید مبتنی بر درجه در شبکه بازار سهام حاکی از این است که شاخص معرفی شده می‌تواند به خوبی روند بازار را نشان دهد. به‌علاوه این شاخص همبستگی بالا و معناداری با شاخص کل بورس دارد. با وجود این که شاخص جدید مبتنی بر درجه با شاخص کل موجود همبستگی پیدا می‌کند، اساس ترکیب و محاسبه آن‌ها کاملا متفاوت است. شاخص جدید با توجه به سهام بسیار متصل تعریف می‌شود و هیچ دخالت انسانی صورت نمی‌گیرد و

Archive of SID
www.SID.ir

منعکس کننده روند بازار از لحاظ عملکرد اکثریت سهام می‌باشد؛ در حالی که در محاسبه شاخص کل، تمام شرکت‌های بورسی در نظر گرفته می‌شود. هم‌چنین از آن‌جایی که شبکه بازار سهام آزاد از مقیاس است، شاخص جدید معرفی شده به میزان بالایی نشان دهنده عملکرد بازار سهام است؛ چرا که سهام‌های منتخب، سهام‌هایی با بیشترین اتصال و قدرت کافی نمایندگی کل سهام هستند. از سوی دیگر، شاخص کل بازار بورس اوراق بهادار تهران، سهام غیر فعال و غیر قابل معامله را نیز در محاسبه شاخص منظور می‌نماید که این می‌تواند به عنوان نقصی برای این شاخص مطرح شود. با توجه به ویژگی‌های شاخص جدید مبتنی بر درجه، اندازه شاخص مذکور می‌تواند نمایش واقعی‌تری از تغییرات قیمت‌ها در بازار بورس اوراق بهادار تهران ارائه دهد که سرمایه‌گذاران می‌توانند جهت بررسی رفتار بازار و اتخاذ تصمیمات سرمایه‌گذاری از این شاخص نوین استفاده نمایند. لازم به ذکر است که در جهت توسعه این پژوهش، سازمان‌ها و نهادهای مربوطه می‌توانند این شاخص را در طول سال‌های بیشتری، مورد بررسی قرار دهند که با توجه به تجزیه و تحلیل داده‌های بزرگ در این تحقیق، از حوصله این پژوهش خارج است.

Archive of SID

www.SID.ir

فهرست منابع

۱) صفوی مبرهن، نفیسه سادات؛ غلامرضا جعفری و علی سعیدی. (۱۳۹۷). طراحی سبد سهام با قابلیت پیروی از بازده بازار با استفاده از رویکرد نظریه ماتریس‌های تصادفی. مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، ۳۴: ۸۳-۶۹.

2) Acemoglu, D., Carvalho, V.M. Ozdaglar, A. & Tahbaz-salehi, A. (2012). The network origins of aggregate fluctuations. Econometrica, 80(5): 1977–2016.
3) Allen, F. & Babus, A. (2009). Networks in finance. In The Network Challenge: Strategy, Profit, and Risk in an Interlinked World; Kleindorfer, P.R., Wind, Y., Eds.; Pearson Education, Inc.: Upper Saddle River, NJ, USA, pp. 367–382.
4) Boginski, V., Butenko S. & Pardalos, P. M. (2006). Mining market data: A network approach. Computers & Operations Research, 33: 3171-3184.
5) Brida, J. G., Matesanz, D. & Seijas, M. N. (2016). Network analysis of returns and volume trading in stock markets: The Euro Stoxx case. Physica A, 55: 751–764.
6) Caraiani, P. (2012). Characterizing emerging European stock markets through complex networks: From local properties to self-similar characteristics. Physica A, 391: 3629–3637.
7) Coletti, P. (2016). Comparing minimum spanning trees of the Italian stock market using returns and volumes. Physica A, 463: 246–261.
8) Dimitrios, K. & Vasileios, O. (2015). A Network Analysis of the Greek Stock Market. Procedia Economics and Finance, 33: 340-349.
9) Eberhard, J., Lavin, J. F. & Montecinos-Pearce, A. (2017). A Network-Based Dynamic Analysis in an Equity Stock Market. Complexity, 17: 1-16.
10) Elton, E.J. & Gruber, M.J. (1995). Modern Portfolio Theory and Investment Analysis, Wiley.
11) George, S. & Changat, M. (2017). Network approach for stock market data mining and portfolio analysis, International Conference on Networks & Advances in Computational Technologies (NetACT), Thiruvanthapuram, 251-256.
12) Jallo, D., Budai, D., Boginski, V., Goldengorin, B. & Pardalos, P.M. (2013). Network-based representation of stock market dynamics: an application to American and Swedish stock markets models. Algorithms Technol. Netw. Anal: 32, 93–106.
13) Laloux, L., Cizeau, P. Cotters, M. & Bouchaud, J. (2000). Random matrix theory and financial correlations. Mathematical models and methods in applied sciences, 3: 1-7.
14) Long, W., Guan, L., Shen, J., Song, L. & Cui, L. (2017). A complex network for studying the transmission mechanisms in stock market. Physica A: 484, 345–357.
15) Majapa, M. & Gossel, S. J. (2016). Topology of the South African stock market network across the 2008 financial crisis. Physica A, 445: 35–47.
16) Nier, E., Yang, J., Yorulmazer, T. & Alentorn, A. (2008). Network models and financial stability. Working Paper No. 346, Bank of England.
17) Pecora, N. and Spelta, A. (2015). Shareholding relationships in the Euro Area banking market: A network perspective. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 43: 1-12.

Archive of SID

www.SID.ir

18) Sharma, K., Shah, S., Chakrabarti A.S., & Chakraborti, A. (2017) Sectoral Co-movements in the Indian Stock Market: A Mesoscopic Network Analysis. In: Aruka Y., Kirman A. (eds) Economic Foundations for Social Complexity Science. Evolutionary Economics and Social Complexity Science, Singapore: Springer.
19) Tse, C. K., Liu, J. & Lau, F. C. M. (2010). A network perspective of the stock market. Journal of Empirical Finance, 17: 659–667.
20) Yang, C., Chen,Y., Niu, L. & Li, Q. (2014). Cointegration analysis and influence rank-A network approach to global stock markets. Physica A, 400: 168–185.
21) Zhang, J., Zhou, H. & Jiang, L. (2010). Network topologies of Shanghai stock index. Physics Procedia, 3(5):1733–1740.
22) Zhang, Y., Cao, X., He, F. & Zhang, W. (2017). Network topology analysis approach on China's QFII stock investment behavior. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 473: 77-88.
23) Zhao, L., Li, W. & Cai, X. (2016). Structure and dynamics of stock market in times of crisis. Physics Letters A, 380: 654–666.
24) Zhong, T., peng, Q. Wang, X. & Zhang, J. (2016). Novel indexes based on network structure to indicate financial market. Physica A, 443: 583–594.

یادداشت‌ها

[1] Tse et al.
[2] Nier et al.
[3] Jallo et al.
[4] Boginski et al.
[5] Pecora & Spelta
[6] Big Data
[7] Dimitrios & Vasileios
[8] Winner Take All
[9] Elton & Gruber
[10] Laloux et al.
[11] Allen & Babus
[12] Caraiani
[13] Yang et al.
[14] Coletti
[15] Majapa & Gossel
[16] Brida et al.
[17] Zhong et al.
[18] Zhao et al.
[19] Eberhard et al.
[20] Sharma et al.
[21] George & Changat
[22] Zhang et al.
[23] Long et al.
[24] Kito & Ueda
[25] Zhang et al.
[26] Acemoglu et al.
[27] Power Law

Archive of SID
www.SID.ir