فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری
دوره ۱۳ / شماره ۱ (پیاپی ۴۹) / بهار ۱۴۰۳
صفحه ۲۷۹ تا ۲۹۸

سرایت پویایی توپولوژیکی درشبکه بازار سهام ایران

صمد صداقتی
گروه مدیریت مالی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاداسلامی، تهران، ایران
Sedaghati457@yahoo.com

روح اله فرهادی
گروه مدیریت مالی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاداسلامی، تهران، ایران (نویسنده مسئول)
r.farhadi@iauctb.ac.ir

میرفیض فلاح شمس
گروه مدیریت مالی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاداسلامی، تهران، ایران
fallahshams@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۹/۱۰/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۱۸

چکیده

سرایت در بازارهای مالی به دلایل پیوندهای بنیادی وغیر بنیادی می توانند سطح ریسک بازارها را افزایش داده و حتی به تخصیص ناکارای منابع مالی منجر شودلذابدلیل اهمیت سرایت برای سرمایه گذاران دراین بازارها، در تحقیق حاضر با استفاده از مدلسازی اپیدمیک مبتنی بر شبکه، پویایی های سرایت در بازار سهام ایران در دوره سالهای ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۸ در دو مقیاس کوتاه مدت و بلندمدت مورد تجزیه و تحلیل گرفته است. برای این منظور ابتدا شبکه همبستگی ۴۶ گروه بازار سهام ایران ساخته شده و سپس با استفاده از شبیه سازی پویایی های سرایت در دومقیاس تحلیل شده است. نتایج تحقیق نشان می دهد که وسعت و سرعت انتشار سرایت در کوتاه مدت بسیار بیشتر از بلندمدت است و در بلندمدت تعداد قابل توجهی از گروه ها مصون از سرایت می توانند باشند. اگرچه در بلندمدت سرعت بازگشت به وضعیت قبل از سرایت کمتر از کوتاه مدت است.

واژه‌های کلیدی: سرایت مالی، شبیه سازی اپیدمیک، شبکه های پیچیده، بازار سهام.

۱- مقدمه

بازارهای مالی، پیچیده و متشکل از بازیگران زیادی هستند که با یکدیگر تعامل دارند و رفتاری آشفته[۱] و/یا جمعی[۲] را به نمایش می گذارند. به این خاطر توانایی توصیف و شناخت ارتباطات سیستمهای پیچیده بازار مالی می تواند به مشارکت کنندگان و نهادهای ناظر و مقرراتگذار بازار کمک کند تا اطلاعات بازار را به درستی درک نموده و از حجم عظیم داده های مالی به منظور دستیابی به اهداف خاص خود بهره ببرند. یکی از مزایای این شناخت نیز آن است که به فعالان بازار کمک میکند مکانیسم شکل گیری قیمت دارایی های مالی، نوسانات و پویایی های آنها را درک و برای مدیریت ریسک داراییهای مالی از آن استفاده کنند.

با اینحال برای درک و مدل‌سازی چنین پیچیدگیهایی به یک ابزار نظری نیاز بوده و در سالهای اخیر تحلیلهای مبتنی بر شبکه های پیچیده[۳] توجه بسیاری از محققین مالی را برای این منظور به خود معطوف نموده است. به طور مثال الن و باباس[۴] (۲۰۰۸) و بیلیو و همکاران[۵] (۲۰۱۲) تحلیلهای شبکه ای را جزء مهم تجزیه و تحلیل بازارهای مالی دانسته و آن را برای شناخت بیشتر بازارهای مالی به ویژه در دوره های بحران حیاتی می دانند. تحقیقاتی نظیر آلن و گیل[۶] (۲۰۰۰)، الیوت و همکاران[۷] (۲۰۱۴)،گابریلی (۲۰۱۱)، روجرز و وارت[۸] (۲۰۱۴)، عاسم اوقلو و همکاران[۹] (۲۰۱۵)، برندسن و همکاران[۱۰] (۲۰۱۸) و روکنی و همکاران[۱۱] (۲۰۱۸) اذعان دارند که در یک شبکه مالی، پویایی‌های شبکه در طول زمان، خواص توپولوژیک، تعداد و شدت ارتباطات بین اعضای شبکه در عکس‌العملهای آبشاری[۱۲]، سرایت[۱۳] و انتشار انواع ریسک‌ها در شبکه‌های مالی مهم هستند.

در واقع در تحلیلهایی که عموما مبتنی بر داده های سری زمانی سنتی هستند، مهمترین نقص را احتمالا می توان نادیده گرفتن همبستگی های متقابل و اطلاعات ضمنی و پنهان در حجم بالای سری های زمانی دانست. وجود اعضای ناهمگن در بازارهای سهام رفتارهای پیچیده ای در این بازار مالی را منجر شده و غیرمحتمل است که با تحلیلهای منفرد بنگاه ها و صنایع حاضر در بازار سهام، تمامی اطلاعات لازم را به ویژه برای مدیریت ریسک، مدیریت پرتفوی، مقررات گذاری و سیاستگذاری بدست آورد. ضمن اینکه تحلیلهای سنتی از منظور کردن اثرات شبکه ای و دومینویی که در یک سیستم مالی وجود دارند و در ثبات مالی و ریسک سیستم تعیین کننده اند، ناتوان هستند. این پدیده ها پیچیدگی تعاملات، در هم تنیدگی وابستگیها و سرایت در بازار سهام را تشدید نموده

[1] chaotic behavior
[2] Collective behavior
[3] complex networks
[4] Allen and Babus
[5] Billio
[6] Allen and Gale
[7] Elliott
[8] Gabrieli
[9] Rogers and Veraart
[10] Acemoglu
[11] Berndsen
[12] cascade
[13] contagion

و عدم توجه به آنها میتواند توانایی مدیریت ریسک دارایی ها را کاهش دهد. از این رو خلاء یک تجزیه و تحلیل شبکه ای برای شناخت پویایی سرایت در بازار سهام ایران حس می شود.

با توجه به موارد ذکر شده، از آنجا که بسیاری از رخدادهای شبکه‌ای به صورت پویا رخ می‌دهند و فرآیندی ایستا ندارند (مثل اثرات آبشاری و یا رفتارهای گله‌ای که در بازارهای مالی متداول هستند)، در این تحقیق با استفاده از مدلسازی و شبیه سازی اپیدمیک مبتنی بر شبکه[1]، پدیده سرایت در بازار سهام ایران در چارچوب یک تحلیل شبکه پیچیده مطالعه شده و بررسی خواهد شد که در صورت وقوع یک رخداد برای یک عضو بازار سهام دیگر اعضای بازار چطور درگیر می‌شوند و پویایی آن چگونه خواهد بود، چه زمانی بیشترین سرایت در بازار رخ می‌دهد و چقدر طول می‌کشد که بازار به وضعیت قبلی باز گردد. نتایج حاصل از چنین شناختی کمک می کند که مشارکت کنندگان بازار رفتارهای جمعی بازار را بهتر درک نموده و برای پیاده سازی استراتژی های سرمایه گذاری خود و مقرراتگذاری از آن بهره برداری کنند.

ادامه مقاله حاضر به این صورت سازماندهی شده است: در بخش دوم مبانی نظری و پیشینه‌ای از تحقیقات انجام شده مرور می‌شود. در بخش سوم روش‌شناسی تحقیق برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها معرفی شده و سپس در بخش چهارم نتایج بدست آمده ارائه می شوند. نهایتاً بخش آخر به نتیجه‌گیری و پیشنهادات مستخرج از تحقیق اختصاص دارد.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

ابتدا بهتر است مفهوم سرایت را بشناسیم. کامینسکی و راینهارت[2] (۲۰۰۰) سرایت را انتقال شوکها و ماسون[3] (۱۹۹۹) سرایت را انتقال شوکها فراتر از پیوندهای بنیادی[4] تعریف می کنند. مطابق تعریف فوربس و ریگبون[5] (۲۰۰۱) نیز سرایت تغییر در مکانیسم های انتقال ریسک در دوره های بحران است.

سرایت به طور مشخص یک پدیده مرتبط با سیاستگذاری است. اول به این دلیل که برخی سرایتها اثرات خارجی[6] داشته و به تخصیص ناکارای ریسک در اقتصاد منجر می شوند، زیرا کارگزارانی که اثرات اعمال خود را بر دیگران در نظر نمی گیرند سطح ریسک اقتصاد را بالا می برند. در اینجا سیاست های پیش وقوع[7] ، مانند تنظیم بازار، می تواند برای برقراری مجدد کارایی استفاده شود. علاوه بر این ، در صورت عدم موفقیت ، می توان در صورت لزوم، مداخله پس وقوع[8] را انجام داد تا عامل سرایت خنثی شود یا اثرات آن را در بازارهای دیگر کاهش دهد. دوم، اگر سرایت بسیار گسترده باشد، چنین انتشاراتی[9] می تواند به بی ثباتی عمومی سیستم مالی دامن زده و بر رشد

[1] Network-Based Epidemic Modeling
[2] Kaminsky and Reinhart
[3] Masson
[4] fundamental linkage
[5] Forbes and Rigobon
[6] externality
[7] ex ante
[8] ex post
[9] propagation

اقتصادی تأثیر منفی بگذارد. در چنین سناریویی، سیاست های تثبیت اقتصاد کلان می تواند به مبارزه با عواقب سرایت گسترده برای کل اقتصاد کمک کند (ECB، ۲۰۰۵).

مطابق ادبیات مالی، کانال های سرایت به دو دسته قابل تقسیم هستند. کانال اول، پیوندهای حقیقی نظیر ارتباطات تجاری، مالی و سیاسی هستند. کانال دوم اما در رفتارهای سرمایه گذاران بوده و یک عامل غیربنیادی تلقی می شود. این تغییر چند علت می تواند داشته باشد. اول، رفتارهای گله ای[۱] سرمایه گذاران پس از بررسی اطلاعات جدید است، که عدم تقارن اطلاعات نیز آن را تشدید می کند. کودرس و پریتسکر[۲] (۲۰۰۲) نیز نشان دادند که انتقال شوکهای خاص[۳] در بین بازارها و از طریق تغییر پرتفوی اتفاق می افتد و توسط عدم تقارن اطلاعات تقویت می شود. هنگامی که اطلاعاتی منتشر می شود از آنکه یک شرکت دچار مشکل شده، این یک شوک منفی برای دیگر شرکتها نیز خواهد بود، زیرا عموما تمام شرکتهای مشابه در معرض عوامل ریسک مشابهی قرار می گیرند (فیجورک[۴] و همکاران، ۲۰۲۱). دوم، خروج همزمان پولها توسط سرمایه گذاران برای نقد کردن سرمایه گذاری ها است. این به کانال قیمتی نیز مشهور است. به عنوان مثال دیگر، اگر یک شرکت مثلا به دلیل ورشکستی نیاز به فروش برخی دارایی ها داشته باشد ممکن است مجبور به فروش در زیر قیمت شود و این به افت ارزش بازار سایر شرکتها نیز ممکن است منجر شود (فیجورک[۵] و همکاران، ۲۰۲۱). لانگ استاف[۶] (۲۰۰۲) نیز نشان داد که سرمایه گذاران در زمان های نا اطمینانی دارایی های نقد را ترجیح می دهند. سوم، به سرمایه گذاران نهادی و رفتارهای جمعی آنها به ویژه در پاسخ به تغییر قوانین و مقررات مرتبط است (گلیگ و روز[۷]، ۱۹۹۹؛ دورنبوش[۸] و همکاران، ۲۰۰۰؛ ان‌نجی[۹] و همکاران، ۲۰۱۶).

در تحقیقات تجربی انجام شده در بازارهای مالی، کلی و گرادا[۱۰] (۲۰۰۰) با استفاده از مدلسازی شبکه اطلاعات مشارکت کنندگان یک بازار، سرایت را در رفتار سپرده گذاران ایرلندی بانک نیویورک مدلسازی نموده و دریافتند که شبکه اجتماعی آنها در خلال بحران رفتار تعیین کننده اصلی است. روسچ و کیسرر[۱۱] (۲۰۱۳) نشان دادند که ریسک نقدینگی[۱۲] بازار باعث انتقال عدم نقدینگی[۱۳] در بازارها می شود و بنابراین اشتراک نقدینگی[۱۴] می تواند نیروی محرکه سرایت مالی باشد.

[1] herding behavior
[2] Kodres and Pritsker
[3] idiosyncratic shocks
[4] Fijorek
[5] Fijorek
[6] Longstaff
[7] Glick and Rose
[8] Dornbusch
[9] Nneji
[10] Kelly and Grada
[11] Rösch and Kaserer
[12] market liquidity risk
[13] illiquidity
[14] liquidity commonality

سیپریانی و گوارینو[1] (۲۰۰۸) نشان دادند که هنگام ناهمگن بودن ارزش های شخصی بین معامله گران مطلع، یک آبشار اطلاعاتی (به عنوان مثال، انسداد کامل اطلاعات[2]) بوجود می آید و قیمت ها قادر به جمع آوری اطلاعات پراکنده بین معامله گران نیستند. در طی یک آبشار اطلاعاتی ، تمام معامله گرانی که ترجیحات یکسانی دارند ، عمل مشابهی را دنبال می کنند ، یا دنباله رو بازار (گله ای) هستند و یا بر خلاف آن می روند (قانون شکنی[3]).آنها همچنین سرایت مالی را در دو دارایی بررسی نموده و دریافتند که آبشارهای اطلاعاتی در یک بازار می تواند با سرریز اطلاعاتی[4] از بازار دیگر تولید شود. چنین سرریزهایی عواقب آسیب شناختی دارند و باعث ایجاد عدم انطباق طولانی مدت بین قیمت ها و عوامل بنیادی می شوند.

گای و کاپادیا[5] (۲۰۰۱۰) بررسی نمودند که چگونه احتمال و تأثیر بالقوه سرایت از شوک های کل و خاص[6]، تغییرات در ساختار شبکه و نقدینگی بازار دارایی تأثیر می گیرد. در یک سیستم بسیار متصل، زیانهای طرف مقابل یک موسسه در حال شکست می تواند به طور گسترده تری در سایر نهادها پخش و جذب شود. بنابراین افزایش اتصالات و تقسیم ریسک ممکن است احتمال نکول مسری[7] را کاهش دهد. همچنین تعداد زیادی از ارتباطات مالی نیز احتمال گسترش سرایت را افزایش می دهد. بنابراین ، تأثیرات هر بحرانی که رخ دهد می تواند بسیار گسترده باشد.

گلسرمن و یانگ[8] (۲۰۱۵) در یک شبکه مالی برآورد نمودند که تا چه حد اتصالات باعث کاهش زیانهای انتظاری و نکولهای پیش بینی شده تحت طیف گسترده ای از توزیع شوکها می شوند. نتایج آنها حاکی از این است که ساختار شبکه در سرایت و بزرگنمایی آن مهم است. همچنین هنگامی که اندازه گره های شبکه ناهمگن است اثرات سرریز چشم گیرتر می شوند.

چنگ و چنگ[9] (۲۰۱۶)، سرایت بین بازارهای مالی (ارز، اوراق قرضه، سهام و پول) امریکا را با استفاده از آزمون علیت گرنجر بررسی نمودند. نتایج آنها حاکی از درجات مختلف سرایت بین بازارهای مالی امریکا بوده و آنها اذعان دارند که این نتایج توصیه های مناسبی برای استراتژی‌های تخصیص سرمایه داشته و می تواند در خلال دوره های بحران برای مدیریت پرتفوی مفید باشد.

ژانگ[10] و همکاران (۲۰۲۰) اثرات سرریز و سرایت ریسک در بازار سهام کشورهای G20 را بر اساس شبکه تلاطم و اقتصادسنجی فضای مدلسازی و بررسی نمودند. آنها دریافتند که اثرات سرریز و سرایت قابل توجه بین بازارها وجود داشته و ساختار آن سلسه مراتبی است که ویژگی هایی شامل تحولات پویا را نیز به نمایش می گذارد.

[1] Cipriani and Guarino
[2] complete blockage of information
[3] contrarianism
[4] informational spillovers
[5] Gai and Kapadia
[6] aggregate and idiosyncratic shocks
[7] contagious default
[8] Glasserman and Young
[9] Chang and Cheng
[10] Zhang

کاپورین[1] و همکاران (۲۰۲۱)، سرایت بین بازار سهام و املاک امریکا را با استفاده از یک رویکرد کوانتیل بر کوانتیل بیزی مطالعه نمودند. نتایج آنها حاکی از وجود سرریز از بازار املاک بر بازار سهام بود که شواهدی از تغییر سرایت در طول زمان نیز وجود دارد و سرایت در خلال دوره بحران مالی جهانی بیشتر نیز شده بود.

فیجورک و همکاران (۲۰۲۱) اثرات سرریز بین بخش مالی و بخش معدن را در بازار سهام ۸ کشور دارای صنایع معدنی را با رویکرد ارز در معرض ریسک شرطی CoVaR بررسی نمودند. نتایج آنها نشان داد که اثر قوی از بحران در بخش مالی بر بخش معدن وجود دارد که نشان می دهد بخش بانکی منبع یک سرایت مالی برای بخش معدن است. همچنین در کشورهایی که بخش معدن در رشد اقتصادی نقش بزرگی دارد، امکان سرایت از بخش معدن به بخش بانکی نیز وجود دارد.

ونگ[2] و همکاران (۲۰۲۱) سرایت مالی و کانالهای سرایت را در بازار فارکس با استفاده از یک رویکرد ترکیبی پویا ارزش فرین و کاپیولا[3]، بررسی نمودند تا وابستگی پویا و پیچیده را در ۳۹ ارز در دوره ۲۰۰۵-۲۰۰۹ مطالعه کنند. آنها دریافتند که سرایت مالی در بازار فارکس در دوره ۲۰۰۷-۲۰۰۹ که مقارن با بحران مالی بوده وجود داشته است. آنها همچنین محدودیتهای ثروت را کانال سرایت معرفی می کنند.

در معدود تحقیقات مرتبط با مدلهای اپیدمیک در بازارهای مالی، شایو[4] (۲۰۱۰) مدل اپیدمیک برای رفتار سرمایه گذاران در بازار سهام فنلاند توسعه داد. وی نتیجه گرفت که معاملات با انگیزه اجتماعی بازده سهام را پیش بینی می کنند و اثرات آن برعکس نمی شود، از نظر وی این نشان می دهد که افراد اطلاعات مفید را به اشتراک میگذارند.

ژو[5] و همکاران (۲۰۱۸) رفتار سرایت مالی را مبتنی بر یک رویکرد شبکه پیچیده در بازار سهام امریکا، چین، ژاپن و آلمان بررسی نمودند. نتایج آنها نشان داد که با مقایسه پارامترهای شبکه نظیر درجه، ضریب خوشه بندی و مرکزیت میانی رفتار سرایت وجود دارد و به طور متوسط ۳-۵ روز زمان می برد تا همحرکتی بازارها اتفاق بیافتد.

ژو[6] و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از یک مدل اپیدمیک جریانات سرمایه در بازار سهام چین را بررسی نموده و نتیجه گرفتند که رفتار گله ای یا رفتار مسری در بازار سهام چین وجود دارد. دونگ[7] و همکاران (۲۰۱۹) بر اساس یک مدل شبکه ای به مطالعه اثر شایعات قیمتی در بازار سهام و ریسک سرایت سرمایه گذار پرداختند. آنها دریافتند که ریسک سرمایه گذار در این مدل توسط شایعات درباره قیمت بازار، نامتقارنی اطلاعات، پیوند قیمت ها، شبکه های اجتماعی و روابط اجتماعی و مکانیسمهای سرایت رخ می دهند.

[1] Caporin
[2] Wang
[3] the dynamic mixture copula-extreme value theory
[4] shive
[5] Zhou
[6] Zhou
[7] Dong

فنگ و لی[1] (۲۰۲۱) بررسی نمودند که چگونه شبکه سهامداران متقابل تحرکات بازار سهام را تقویت نموده و به افزایش ریسک سرایت منجر می شود. آنها یک مدل شبکه ای دارای شوکهای تصادفی برای توصیف وابستگی متقابل قیمت سهام در شبکه سهامداران توسعه دادند. نتایج شبیه سازی آنها نشان داد که تلاطم بازار به نسبت سهامداری وابسته نیست. اما تلاطم به چگالی شبکه و تعداد ارتباطات بستگی دارد. شرکتهای با مرکزیت بالا تحرکات قیمت سهام را استحکام می بخشند. آنها دریافتند که شبکه سهامداری متقابل شوکهای برونزای کوچک اما پیوسته را بزرگنمایی و منتشر می کنند. بنابراین ساختار شبکه سهامداران برای چگونگی سرایت مهم است.
با توجه به دانسته محققین تا زمان نگارش این تحقیق، در ایران تحقیقی به مدلسازی بازارهای مالی ایران با توجه به پدیده سرایت و مدلسازی اپیدمیک مبتنی بر شبکه نپرداخته است. در نتیجه این تحقیق از این منظر دارای نوآوری است.

۳. داده ها و روش شناسی

روش تجزیه و تحلیل تحقیق حاضر، نظریه گراف و تحلیل شبکه‌های پیچیده است. برای این منظور ابتدا ضریب همبستگی بازده ۴۶ گروه بازار سهام ایران در دو مقیاس زمانی روزانه و سالانه محاسبه می شود. لیست این گروه ها در جدول ۱ ارائه شده است. بعد از محاسبه همبستگی‌ها و پالایش همبستگی های معنادار از نظر آماری، شبکه همبستگی بازار سهام ایران در دو مقیاس زمانی مذکور ساخته شده و مدلسازی اپیدمیک مبتنی بر شبکه صورت خواهد گرفت. در ادامه این بخش ابتدا معرفی مختصری از نظریه گراف ارائه شده، سپس نحوه ساخت گراف (شبکه) مرور می شود. در بخش آخر مدلسازی اپیدمیک مبتنی بر شبکه معرفی می شود.

جدول ۱ - لیست گروه های بازار سهام ایران

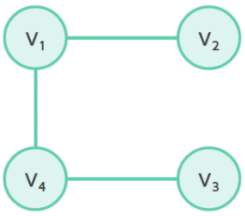
نام صنعت	نام صنعت	نام صنعت
تولید کود و ترکیبات نیتروژن	شکر	سرمایه گذاری
خودرو	پیمانکاری صنعتی	لیزینگ
قطعات خودرو	سیمان، اهک و گچ	نرم افزار و خدمات
محصولات پاک کننده	فعالیت مهندسی	تجهیزات مخابراتی
چاپ و نشر	سایر محصولات کانی غیرفلزی	حفاری
نوشیدنی	حمل و نقل از طریق خطوط راه اهن	فراورده های نفتی
شیرینیجات	بنادر و کشتیرانی	مخابرات
محصولات لبنی	حمل و نقل بار زمینی	دارویی
محصولات کشاورزی	بانکها و موسسات اعتباری	انبوه سازی، املاک و مستغلات
خرده فروشی،باستثنای وسایل نقلیه موتوری	بیمه	لاستیک و پلاستیک
سایر محصولات غذایی	زغال سنگ	کانی های فلزی
مواد شیمیایی-متنوع	محصولات فلزی	محصولات کاغذی

[1] Feng and Li

نام صنعت	نام صنعت	نام صنعت
نساجی	کاشی و سرامیک	اهن و فولاد
ماشین الات الکتریکی	سخت افزار و تجهیزات	چوب
تجهیزات صنعتی	تولید فلزات گرانبهای غیراهن	وسایل خانگی
ماشین الات		

۳.۱. معرفی مفهوم گراف

در ترمینولوژی ریاضیاتی، نظریه گراف مطالعه گراف‌ها است. روابط جفتی بین اجزای یک مجموعه که با برخی ساختارهای ریاضیاتی مدلسازی شده است. یک گراف ساده را با $G = (V, E)$ نشان می‌دهیم که در آن V رأس‌ها[1] یا گره‌ها[2] و E مجموعه‌ای از یال‌ها[3] است. یک گراف از یال‌هایی شکل‌گرفته که گره‌ها را به هم متصل کرده است. می‌گوییم که دو گره متصل[4] هستند اگر یک یال مشترک داشته باشند. ویژگی‌های اتصال‌های یک گراف را با استفاده از ماتریس مجاورت[5] A توصیف می‌کنیم. ماتریس مجاورت ماتریسی $n \times n$ است که n در آن تعداد گره‌ها در گراف است. اگر یک جفت از گره‌ها با یک یال متصل باشند به آنها مجاور می‌گوییم و درایه سطر i و ستون j ماتریس مجاورت گراف که با a_{ij} نشان می‌دهیم به ازای آن مقدار ۱ می‌گیرد و در غیر این صورت مقدار صفر. اگر ماتریس مجاورت متقارن باشد یعنی $a_{ij} = a_{ji}$، آنگاه نشان‌دهنده یک گراف بی‌جهت[6] است. در نمودار ۱، یک گراف ساده شامل (۴ گره و سه یال) و ماتریس مجاورت آن که متقارن بوده نمایش داده شده است.



$$A_G = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

نمودار ۱. یک گراف بی‌جهت و ماتریس مجاورت آن

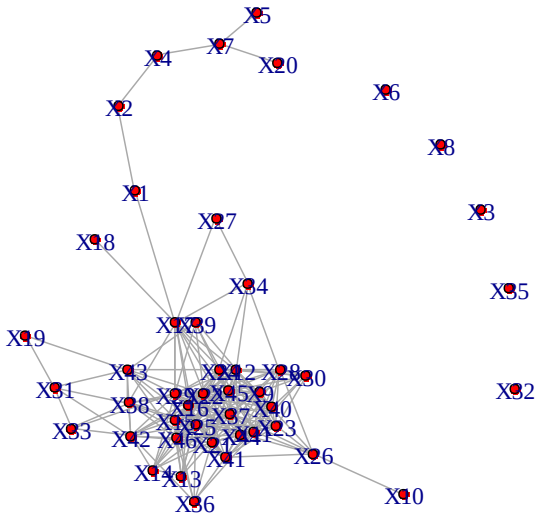
۳.۲. ساخت گراف (شبکه) بازار سهام ایران

در گام نخست باید ماتریس مجاورت را ساخت که از محاسبه همبستگی دوبه دو بازده گروه ها بدست می آید. این ماتریس مجاورت را برای دو دوره روزانه و سالانه محاسبه نموده و سپس ۲ گراف روزانه و سالانه خواهیم داشت.

[1] vertex
[2] node
[3] edge
[4] connected
[5] Adjacency matrix
[6] Undirected graph

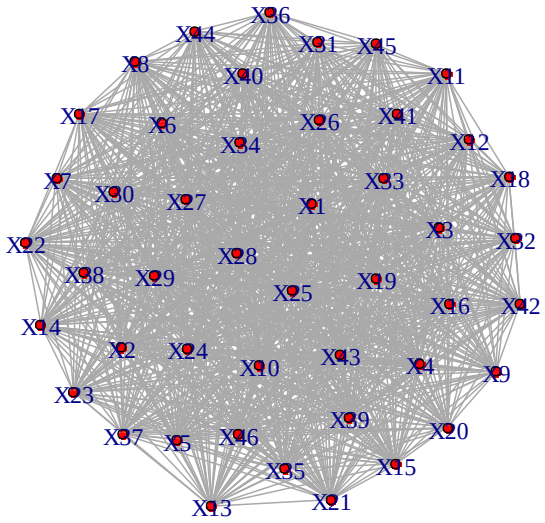
به این منظور ابتدا داده های سری زمانی شاخص قیمت ۴۶ گروه بازار سهام ایران با تواتر روزانه و سالانه از اولین روز معاملاتی سال ۱۳۹۰ تا پایان سال۱۳۹۸ استخراج شده، سپس بازده آن محاسبه می شود. آنگاه همبستگی دو به دوی بازده هر ۴۶ گروه بازار سهام برای هر تواتر روزانه و سالانه محاسبه می شود. در نتیجه دو ماتریس با ۴۶ سطر و ستون از ضرایب همبستگی برای دو مقیاس زمانی روزانه و سالانه تولید می شوند. سپس از مقدار بحرانی $2.58 \times \frac{1}{\sqrt{T}}$ برای تعیین معنادار بودن یا نبودن همبستگی های متقابل در سطح اطمینان ۹۹ درصد استفاده می شود، که در آن T تعداد حجم نمونه است (کراهبیل[1]، ۲۰۰۴). حجم نمونه در داده های روزانه ۲۰۴۰ و سالانه ۸ مشاهده است. بنابراین برای مقیاس روزانه مقدار بحرانی برابر ۰/۰۶۱۱ و مقدار بحرانی برای مقیاس سالانه برابر ۰/۹۱۲۱ بدست می آید. آنگاه اگر ضریب همبستگی متقابل بدست آمده برای هر دو گروه i و j از این مقادیر بیشتر باشد، همبستگی از نظری آماری در سطح اطمینان ۹۹ درصدی معنی دار است.

سپس ماتریس مجاورت برای گرافهای روزانه و سالانه بر اساس همبستگی متقابل بازده گروه های اصلی بازار سهام ایران ساخته می شود. اگر ضریب همبستگی بین گروه i و j معنادار باشد، در ماتریس مجاورت مقدار ۱ گذاشته می شود و اگر ضریب همبستگی معنی دار نباشد، مقدار صفر جایگزین می شود. به این نوع ساختن ماتریس مجاورت رویکرد winner-takes-all گفته می شود. این عمل برای هر ۴۶ گروه بازار سهام به صورت دو به دو انجام می شود تا ماتریس مجاورت روزانه و سالانه ساخته شود. پس از ساخت ماتریس مجاورت گراف ها تشکیل شده و قابل تجزیه و تحلیل خواهند بود. در نمودار ۲ گراف شبکه های ساخته شده نمایش داده شده است.



شبکه بلندمدت

[1] Krehbiel



شبکه کوتاه مدت

نمودار ۲. گراف شبکه های بلندمدت و کوتاه مدت بازار سهام ایران

۳.۳. فرآیندهای اپیدمیک مبتنی بر شبکه[1]

اصطلاح اپیدمی به پدیده ای گفته می شود که بیش از آنچه انتظار می رود، شیوع دارد. این اصطلاح بیشتر در زمینه بیماریها و انتشار آنها در کل جمعیت استفاده می شود - مانند مالاریا ، کرونا، طاعون و ایدز - اما در بعضی مواقع بطور گسترده در زمینه های دیگر از جمله در توصیف شیوع مسائلی در یک سیستم یا بازار نیز مورد استفاده قرار می گیرد.

یکی از کلاسهای پرکاربرد مدلهای اپیدمیک، مدلهای به اصطلاح مستعد-مبتلا-حذف‌شده[2] یا SIR هستند. فرض کنیم یک جمعیت دارای N+1 عضو در هر نقطه از زمان است و یک تعداد تصادفی، بگوییم $N_S(t)$، از اعضای جامعه مستعد ابتلا هستند، تعداد تصادفی $N_I(t)$ عضو مبتلا هستند و $N_R(t)$ عضو در هر نقطه از زمان از ابتلا بهبود یافته اند (بگوییم ریکاور شده اند) و دوباره مبتلا نمی شوند (در نتیجه از فرآیند اپیدمی حذف می شوند). فرض کنیم یک عضو مبتلا و N عضو مستعد داریم، یعنی $N_I(0) = 1$ و $N_S(0) = N$ و بگذاریم s و i تعداد مستعدین ابتلا و تعداد مبتلایان را نشان دهد. در مدل *SIR* تعداد مستعدین، مبتلایان و حذف شده ها، مطابق احتمالات انتقال آنی ذیل تغییر می یابند (کولاسیچک و ساردی[3]،۲۰۱۴):

[1] Network-Based Epidemic Modeling
[2] susceptible-infected-removed
[3] Kolasi Czech and Sardi

$$\mathbb{P}(N_S(t+\delta t)=s-1, N_I(t+\delta t)=i+1 \mid N_S(t)=s, N_I(t)=i) \approx \beta si\delta t \quad (۱)$$

$$\mathbb{P}(N_S(t+\delta t)=s, N_I(t+\delta t)=i-1 \mid N_S(t)=s, N_I(t)=i) \approx \gamma i\delta t \quad (۲)$$

$$\mathbb{P}(N_S(t+\delta t)=s, N_I(t+\delta t)=i-1 \mid N_S(t)=s, N_I(t)=i) \approx (1-(\beta s+\gamma)i\delta t \quad (۳)$$

که در آن δt اشاره به مقداری بی نهایت کوچک داشته و $N_R(t)$ با توجه به قید $N_S(t)+N_I(t)+N_R(t)=$ $N+1$ بدست می آید.

مدل فوق بیان می کند که در هر زمان t، یک مبتلای جدید از میان مستعدین اتفاق می افتد (به دلیل تماس با یکی از مبتلایان) و احتمال آنی آن نسبتی است از حاصل ضرب تعداد مستعدین s و تعداد مبتلایان i . به طور مشابه مبتلایان با نسبتی از احتمال آنی i ریکاور می شوند. این احتمالات با پارامترهای β و γ مقیاس‌دهی شده است که نرخ ابتدا و نرخ ریکاوری را نشان می دهند. همچنین پارامترهای β و γ پارامتر نرخ در توزیع نمایی[1] هستند.

مدل بیان می کند که با تعداد s مستعد و i مبتلای مفروض در دوره t، فرآیند در حالت (s,i) برای یک زمان مشخص که به صورت متغیر تصادفی نمایی توزیع شده، با نرخ $(\beta s+\gamma)i$ باقی می ماند. آنگاه یک انتقال به حالت $(s-1,i+1)$ با احتمال $\beta s/(\beta s+\gamma)i$ ، یا انتقال به حالت $(s,i-1)$ با احتمال $\gamma i/(\beta s+\gamma)i$ اتفاق می دهد. مدل سازی اپیدمیک موضوع مورد علاقه محققانی است که بر روی مدل های فرآیند پویایی مبتنی بر شبکه کار می کنند.

G را یک گراف شبکه در نظر بگیریم که توصیف کننده ساختار ارتباط بین N_v عضو شبکه است. فرض کنیم در زمان $t=0$ یک عضو (گره) درگیر می شود (مثلا در بازار سهام یک صنعت یا یک نماد دچار بحران شود). گره درگیر برای یک زمان مشخص که توزیع نمایی با نرخ گاما دارد درگیر است و پس از آن بهبود می یابد. در زمان درگیری، عضو با دیگر اعضای شبکه با توزیعی نمایی با نرخ بتا ارتباط دارد که نتیجه اش سرایت پدیده به دیگر اعضای شبکه می شود. تعریف می کنیم $X_i(t)=0,1,2$ ، که طبق آن یک گره مستعد است، درگیر شده است یا در زمان t بهبود یافته است.

بگذاریم $X(t)=(X_i(t))_{i\in V}$ فرآیند زمانی نتیجه شده برای گراف شبکه G باشد. با x حالت فرآیند را در زمان مشخص t نشان می دهیم. هر تغییر از x به x' دربرگیرنده یک تغییر در یک و تنها یک عضو در یک زمان است. فرض کنیم که x و x' در عضو i متفاوت باشد. آنگاه می توان نشان داد که فرآیند مدل با رابطه ذیل قابل توصیف است:

$$P(X(t+\delta t)=x' \mid X(t)=x) \approx \begin{cases} \beta M_i(x)\delta t, & if\ x_i=0\ and\ x_i'=1 \\ \gamma\delta t, & if\ x_i=1\ and\ x_i'=2 \\ 1-[\beta M_i(x)+\gamma]\delta t, & if\ x_i=2\ and\ x_i'=2 \end{cases} \quad (۴)$$

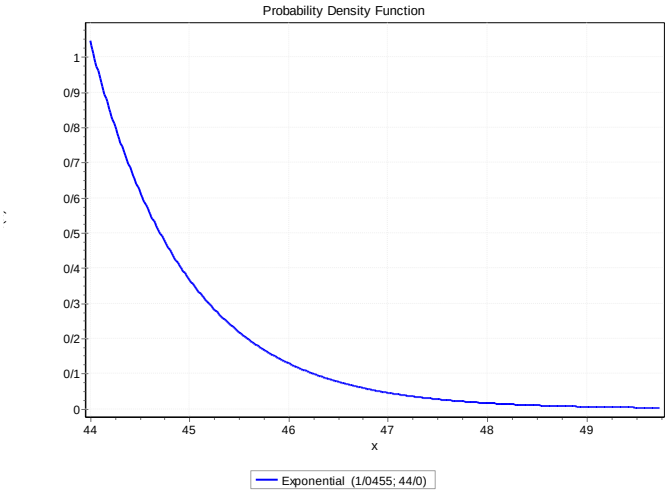
[1] rate parameter of an exponential distribution

که در آن $M_i(x)$ تعداد همسایگان عضو i است که در زمان t درگیر شده اند، $N_S(t)$ اعضای شبکه مستعد درگیر شدن هستند، $N_I(t)$ اعضایی که درگیر شده اند $N_R(t)$ اعضایی هستند که بهبود یافته اند یا مصون بوده اند. خصوصیات فرآیندهای $N_S(t)$ و $N_I(t)$ و$N_R(t)$ تحت تاثیر خصوصیات و توپولوژی گراف شبکه G خواهد بود که از طریق شبیه سازی به آن می توان پی برد و دریافت که پویایی های سرایت در شبکه چگونه می شود.

۴. یافته های پژوهش:

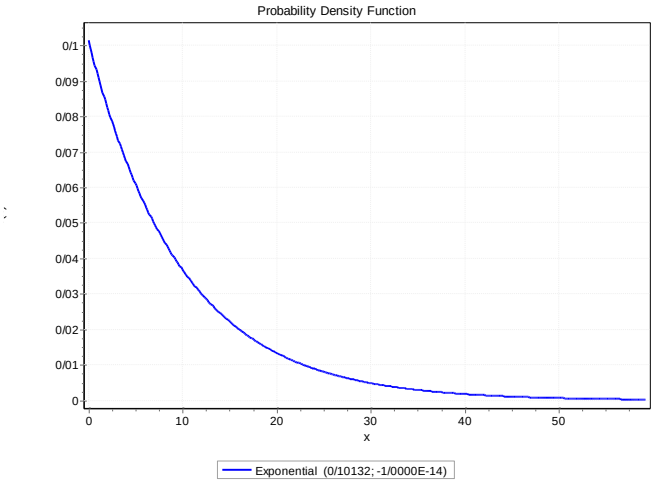
با توجه به اینکه مدلهای SIR معرفی شده مبتنی بر شبیه سازی هستند، به این ترتیب برای بررسی پویایی سرایت در شبکه بازار سهام ایران لازم است از شبیه سازی با تولید اعداد تصادفی استفاده شود. تعداد دفعات تولید اعداد تصادفی، مرتبه تکرار شبیه سازی نامیده می شود و هرچه تعداد این دفعات بیشتر باشد همگرایی نتایج افزایش خواهد یافت، با اینحال هرچه این تکرار افزایش یابد توان پردازش رایانشی بیشتری نیاز خواهد بود. همچنین از پارامتر نرخ توزیع نمایی یالهای شبکه برای مقدار دهی به پارامترهای β و γ استفاده می شوند. نهایتا نتایج تولید این اعداد تصادفی مطابق با قاعده توضیح داده شده پویایی سرایت را بنابر خصیصه و توپولوژی شبکه بازار نمایش خواهد داد.

از این رو پیش از انجام شبیه سازی، با ترسیم تابع چگالی احتمال یالهای گراف روزانه و سالانه پارامتر نرخ توزیع نمایی آنها را برآورد می کنیم. پارامتر نرخ در گراف روزانه برابر ۱.۰۴ و گراف سالانه ۰.۱۰ بدست می آید (نمودارهای ۳ و۴)[1]. بنابراین پارامترهای β و γ در مدل برابر این پارامترهای نرخ برآوردی قرار داده می شوند.



نمودار ۳. توزیع نمایی یالها در گراف روزانه

[1] در نمودارها پارامترهای β و γ داخل پرانتز گزارش شده اند.



نمودار ۴. توزیع نمایی یالها در گراف سالانه

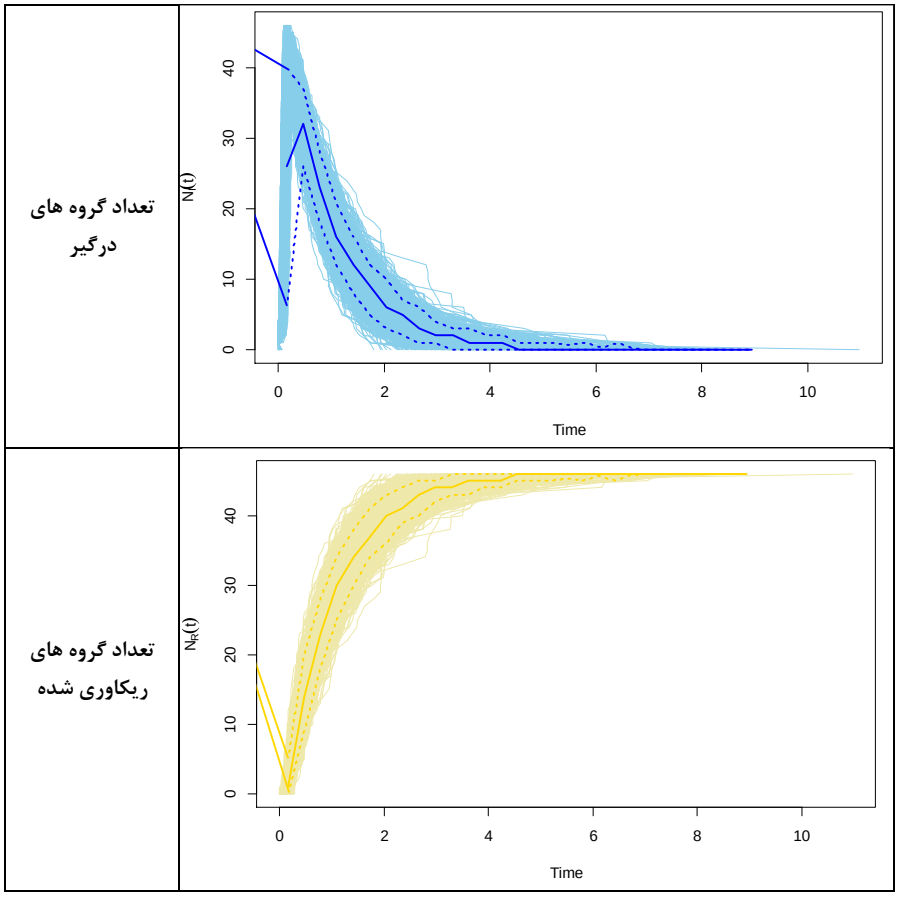
در نمودارهای ۵ و ۶ نتایج حاصل از شبیه سازی پویایی های سرایت در شبکه بازار سهام ایران در دو سطح روزانه و سالانه با استفاده از مدلسازی اپیدمیک با ۱۰۰۰ مرتبه تکرار گزارش شده است. در نمودارها خطوط پر رنگ مقدار میانه و خطوط نقطه چین مقدار دهک اول و دهک نهم بدست آمده از شبیه سازی هستند.[۱] تفسیر نتایج بر حسب مقادیر میانه شبیه سازی ها انجام خواهد شد.

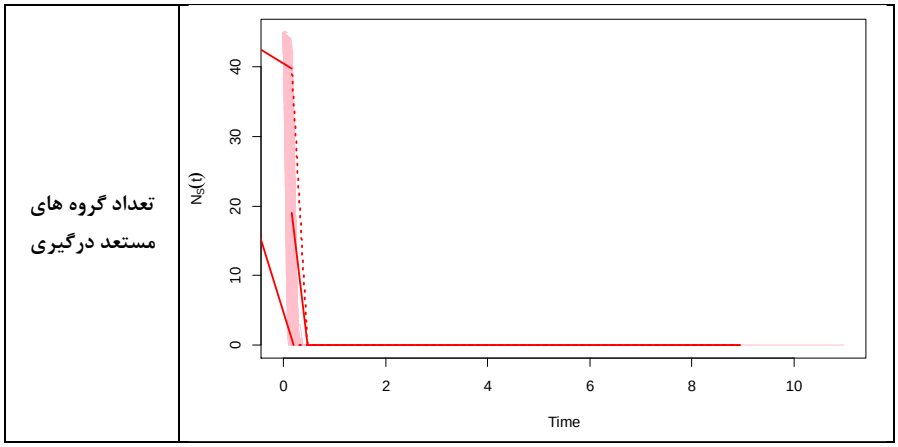
چنانچه از نتایج نمودار ۵ پیداست در دوره روزانه، اگر فرض کنیم که انتشار اطلاعات (یا یک شوک اطلاعاتی) برای یک گروه در بازار سهام ایران اتفاق بیافتد در کمتر از یک دوره زمانی شوک اطلاعاتی به بیش از ۳۰ گروه دیگر بازار سهام سرایت می کند. پس از این دوره تعداد گروه های درگیر شده (مبتلا) کاسته شده و نهایتا بعد از ۴ دوره زمانی اثر شوک اطلاعاتی بر گروه های بازار سهام مضمحل می شود. نتایج شبیه سازی نشان می دهد که تعداد گروه های ریکاوری شده از شوک بعد از دو دوره زمانی بیش از ۴۰ گروه است، یعنی اثر شوک از آنها تخلیه شده است. تعداد گروه های مستعد سرایت نیز نشان می دهد که بسیار سریع و در کمتر از یک دوره زمانی، تغییرات به تمام گروه های بازار سرایت می کند. بنابراین کاملا روشن است که در کوتاه مدت یکپارچگی مالی در بازار سهام ایران وجود دارد و البته اثر دومینویی مشهود است.

نهایتا نمودار ۶ نتایج شبیه سازی اپیدمیک را برای گراف سالانه نشان می دهد. چنانچه ملاحظه می شود تفاوت خواص توپولوژیک گراف سالانه با گراف روزانه در نتایج شبیه سازی سرایت نیز کاملا مشهود است. در این گراف با بروز یک شوک در یکی از گروه های بازار، حدود یک دوره بعد نزدیک به ۲۰ گروه بازار سهام درگیر (مبتلا) شده و این شوک به آنها سرایت می کند. نهایتا پس از حدود ۵ دوره زمانی سرایت به گروه های دیگر بازار به اتمام

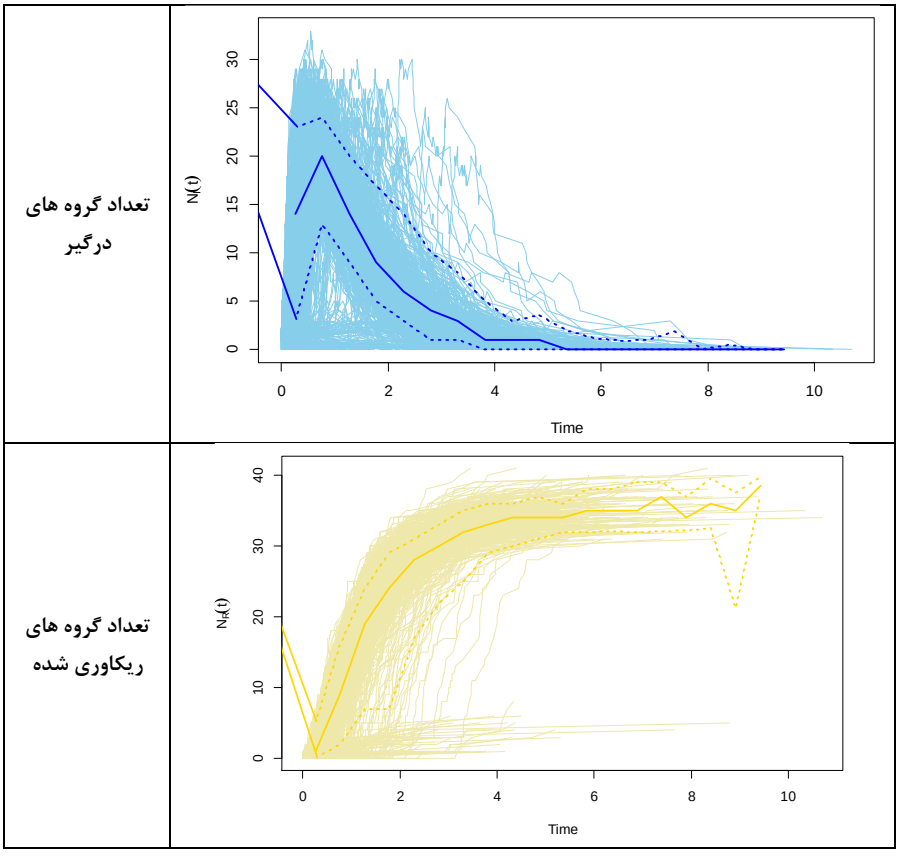
[۱] برای انجام شبیه سازی از محیط R و بسته igraph استفاده شده است.

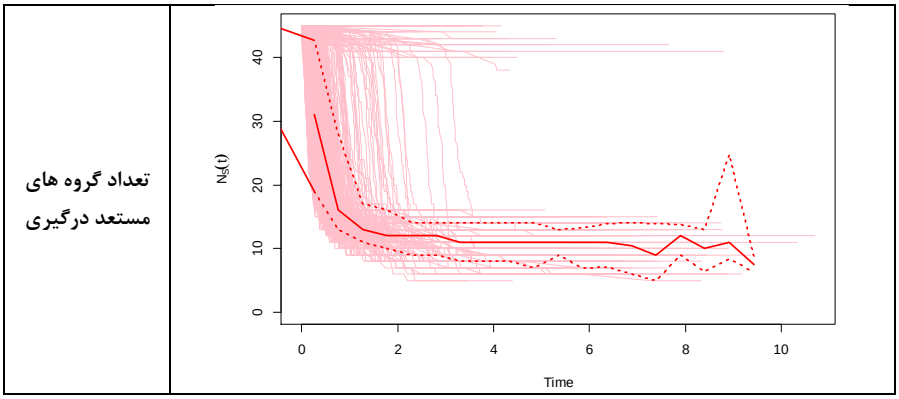
می رسد. تعداد گروه های ریکاوری شده از سرایت نیز نشان می دهد که در گراف سالانه، سرعت ریکاوری بسیار کمتر بوده و نهایتا بعد از ۵ دوره به تعداد ثابت ۳۵ گروه می رسد. تفاوت مهم گراف سالانه در تعداد گروه های مستعد است که به دلیل ارتباطات ناهمگنی که گروه ها با یکدیگر دارند تعداد گروه های مستعد با سرعت کمتری کاهش می یابد و نهایتا نیز در تعداد تقریبا ۱۰ گروه به ثبات می رسد. از مضامین مهم نتایج این شبیه سازی این است که نشان می دهد سرایت شوکها در دوره های زمانی کوتاه مدت با سرعت بیشتری اتفاق می افتد و با سرعت بیشتری مضمحل می شود. در مقابل هرچه به سمت بلندمدت حرکت کنیم، شوکهای اطلاعاتی وارد شده بر گروه ها، شدت انتشار کمتری داشته و در دوره های بیشتری در بازار تداوم می یابند. همچنین در بلندمدت یکپارچگی مالی بازار به طور قابل توجهی کاسته می‌شود و اعضای مستقل نیز وجود دارند.





نمودار ۵. پویایی های سرایت در گراف روزانه بازار سهام





نمودار ۶. پویایی های سرایت در گراف سالانه بازار سهام

۵. نتیجه گیری وبحث:

در تجزیه و تحلیل سنتی ریسک ، پیامدهای خاص یک مشارکت کننده بازار داده ای برونزا است. با این وجود، در یک محیط سیستمیک، رخدادهای منفی (مثبت) برای یک مشارکت کننده می تواند بر کل سیستم تأثیرگذار باشد و منتشر شود. مثلا می توانند آبشاری یا دومینویی بر دیگر اعضای سیستم تاثیر بگذارند، این پدیده ای درون زا است که به عنوان سرایت شناخته می شود. اهمیت موضوع از آنجاست که جلوگیری از تبعات منفی بحرانهای تجمعی لازمه اش مطالعه مکانیسم های ظهور و پخش-سرایت آنها است. سرایت نیز اغلب با یک ساختار شبکه ای مرتبط بوده، محصول درونزای آن است و مکانیزم های ساختاری شبکه باعث انتشار رخدادها-پیامدها در کل سیستم می شود. در این راستا، تحقیق حاضر به عنوان یکی از اولین تحقیقات مالی انجام شده در ایران، به دنبال پاسخ این سوال بود که «پویایی های سرایت در بازار سهام ایران چگونه است؟».با عنایت به پیچیدگی و تعاملات متقابلی که اعضای یک بازار مالی با یکدیگر دارند و ساختار شبکه این تعاملات در پدیده سرایت مهم است، در چارچوب نظریه گراف و تحلیل شبکه های پیچیده، با استفاده از یک شبیه سازی اپیدمیک مبتنی بر شبکه، پویایی های سرایت در ۴۶ گروه بازار سهام ایران به تفکیک مقیاس زمانی روزانه و سالانه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. اهمیت رویکرد شبکه ای در بررسی سرایت (که نوآوری تحقیق حاضر است) از آنجا است که در یک سیستم مالی با ارتباطات متقابل اعضا، خوشه های شرکتها، نهادها و افراد مرتبط به یکدیگر با هم، هم افزایی داشته و به همین دلیل رفتارهای مشابه نمایش می دهند و یکدیگر را تقویت می کنند. در مقابل چنین پدیده‌ای به ریسکهای غیرمنتظره و تجمع ریسک منجر شده و ریسکهای با منشا یک عضو شبکه تقویت و بعضا دستکم گرفته می شوند. نتایج تحقیق حاکی از این است که در کوتاه مدت شبکه بازار سهام ایران بسیار پیچیده، درهم تنیده و یکپارچه است و در نتیجه با وقوع هرگونه رخدادی برای یکی از اعضای شبکه (گروه های بازار سهام) تعداد زیادی از گروه های دیگر عضو شبکه دچار تاثیر می شوند. به عبارتی، سرایت اطلاعات و شوکها با سرعت،در کمتر از یک دوره زمانی و وسیع اتفاق می افتد و تقریبا تمام اعضای شبکه متاثر می شوند و حدود ۲ دوره بعد اکثر گروه های درگیر

شده به وضعیت اول خود باز می گردند. در مقابل در مقیاس زمانی بلندمدت از ارتباطات و وابستگی های متقابل گروه های بازار سهام به طور چشم گیری کاسته می شود و سرعت انتشار اطلاعات و گستره سرایت در مقیاس زمانی بلند مدت کمتر از کوتاه مدت است. اما در بلندمدت شدت انتشار و سرایت از گروه ها بیشتر است و تخلیه سرایت رخ داده با سرعت کمتری اتفاق می افتد و تا ۵ دوره ماندگار است. بعلاوه در بلندمدت سرایت به حدود یک چهارم گروه ها اتفاق نمی افتد که به دلیل استقلال برخی اعضای شبکه بازار است. در نتیجه در بلندمدت پویایی های سرایت کاملا متفاوت از کوتاه مدت است و پیامدهای مالی متفاوتی نیز خواهد داشت.

از مضامین مهم نتایج تحقیق آن است که تحلیلهای بنیادی گروه ها به ویژه در دوره های زمانی بلندمدت، نه تنها در خصوص خود آنها بلکه برای گروه های متصل آنها نیز مهم است. اگرچه این مسئله در کوتاه مدت کمتر مهم است، زیرا با همبستگی پرتعدد و قوی گروه ها، هر رخدادی به اکثر گروه ها تسری می یابد و اثر دومینویی وجود دارد. بعلاوه، هرچه یک گروه بازار سهام با گروه های بیشتری ارتباط داشته باشد، احتمال سرایت پذیری بیشتر می شود. نه تنها گروه هایی که به طور مستقیم به یکدیگر متصل هستند، بلکه گروه هایی که مستقیما متصل نیستند نیز به واسطه ارتباطات میانی از یکدیگر متاثر می شوند. بنابراین لازم است در مدیریت ریسک پرتفوی به درجات اتصالات و همبستگیهای بین گروه ها و پویایی های سرایت در مقیاس های متفاوت زمانی توجه بیشتری شود و استراتژی‌های مدیریت ریسک متفاوتی برای مقیاسهای زمانی مختلف در نظر گرفت تا قوی سیاه بازار سهام ایران با احتمال بیشتری قابل شناسایی باشد و اقدامات پوشش ریسک مناسب را بتوان در چشم اندازهای مختلف برنامه ریزی نمود. بنظر می رسد در کوتاه مدت استراتژی هایی نظیر متنوع سازی کمتر موثر باشند (با توجه به همبستگی قوی و مثبت اغلب گروه های بازار)، اما در بلندمدت متنوع سازی قطعا یک استراتژی بهینه مدیریت و کنترل ریسک سرایت است. نتایج تحقیق همچنین می تواند در آینده نگری-شناسایی وسعت بحرانها و تشخیص درست جهت و زمان توزیع اثرات سرایت جهت اتخاذ سیاستهای ضد بحران و کنترل ریسک در سطح بازار راهگشا باشند که لازم است توسط سیاستگذاران بازار به آن توجه شود.

فهرست منابع

* Chang, G. D., & Cheng, P. C. (2016). Evidence of cross-asset contagion in US markets. Economic Modelling, 58, 219-226.
* Cipriani, M., & Guarino, A. (2008). Herd behavior and contagion in financial markets. The BE Journal of Theoretical Economics, 8(1).
* Dornbusch, R., Park, Y. C., & Claessens, S. (2000). Contagion: understanding how it spreads. The World Bank Research Observer, 15(2), 177-197.
* ECB, Financial market contagion, Financial Stability Review, December 2005.
* Forbes, K. J., & Rigobon, R. (2002). No contagion, only interdependence: measuring stock market comovements. The journal of Finance, 57(5), 2223-2261.
* Gai, P., & Kapadia, S. (2010). Contagion in financial networks. Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 466(2120), 2401-2423.
* Glasserman, P., & Young, H. P. (2015). How likely is contagion in financial networks?. Journal of Banking & Finance, 50, 383-399.

* Glick, R., & Rose, A. K. (1999). Contagion and trade: Why are currency crises regional?. Journal of international Money and Finance, 18(4), 603-617.
* Kaminsky, G. L., & Reinhart, C. M. (2000). On crises, contagion, and confusion. Journal of international Economics, 51(1), 145-168.
* Kelly, Morgan, and Cormac O Grada. 2000. "Market Contagion: Evidence from the Panics of 1854 and 1857." American Economic Review, 90 (5): 1110-1124.
* Kodres, L. E., & Pritsker, M. (2002). A rational expectations model of financial contagion. The journal of finance, 57(2), 769-799.
* Kolaczyk, E. D., & Csárdi, G. (2014). Statistical analysis of network data with R (Vol. 65). New York, NY: Springer.
* Longstaff, F.A. (2002), "The flight-to-liquidity premium in US treasury bond prices", National bureau of economic research.
* Masson, P. (1999). Contagion:: macroeconomic models with multiple equilibria. Journal of International Money and Finance, 18(4), 587-602.
* Nneji, O., Brooks, C., & Ward, C. (2013). Commercial real estate and equity market bubbles: Are they contagious to REITs?. Urban Studies, 50(12), 2496-2516.
* Shive, S. (2010). An epidemic model of investor behavior. Journal of Financial and Quantitative Analysis, 169-198.
* Rösch, C.G. and Kaserer, C. (2013), "Market liquidity in the financial crisis: the role of liquidity commonality and flight-to-quality", Journal of Banking and Finance, Vol. 37 No. 7, pp. 2284-2302.
* Zhang, W., Zhuang, X., & Lu, Y. (2020). Spatial spillover effects and risk contagion around G20 stock markets based on volatility network. The North American Journal of Economics and Finance, 51, 101064.
* Zhou, Q., Sun, S., & Liu, Q. (2019). The capital flow of stock market studies based on epidemic model with double delays. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 526, 120733.
* Caporin, M., Gupta, R., & Ravazzolo, F. (2021). Contagion between real estate and financial markets: A Bayesian quantile-on-quantile approach. The North American Journal of Economics and Finance, 55, 101347.
* Fijorek, K., Jurkowska, A., & Jonek-Kowalska, I. Financial contagion between the financial and the mining industries–Empirical evidence based on the symmetric and asymmetric CoVaR approach. Resources Policy, 70, 101965.
* Wang, H., Yuan, Y., Li, Y., & Wang, X. (2020). Financial contagion and contagion channels in the forex market: A new approach via the dynamic mixture copula-extreme value theory. Economic Modelling, 94, 401-414.
* Feng, Y., & Li, X. (2021). The Cross-Shareholding Network and Risk Contagion from Stochastic Shocks: An Investigation Based on China's Market. Computational Economics, 1-25.
* Dong, Y., Wang, J., & Chen, T. (2019). Price linkage rumors in the stock market and investor risk contagion on bilayer-coupled networks. Complexity, 2019.
* Zhu, Y., Yang, F., & Ye, W. (2018). Financial contagion behavior analysis based on complex network approach. Annals of Operations Research, 268(1), 93-111.

Financial Economics
Vol. (13) Issue (49) Spring 2024

Contagious topological dynamics in the Iranian stock market

Samad Sedaghati
Department of Financial Management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
Sedaghati457@yahoo.com

Ruhollah Farhadi
Department of Financial Management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
(Corresponding author)
r.farhadi@iauctb.ac.ir

Mir Feyz Fallashams
Department of Financial Management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
fallahshams@gmail.com

Abstract
Contagion in financial markets takes place both because of fundamental or non-fundamental reasons like herd behaviors that can increase market risk levels and even end in inefficient allocation of financial resources. Thus, understanding the contagion and its dynamics will be critical for the participants of financial market. Hence, using network-based epidemic modeling, the study examined the dynamics of contagion in the Iranian stock market from 2011 to 2019 and short-term and long-term scales. To this end, first the correlation network of 46 Iranian stock market groups was developed and then analyzed using short-term and long-term contagion dynamics simulations. The results showed that the extent and speed of contagion is much higher in the short-term than in long-term and in long-term a significant number of groups can be immune to the contagion. However, in long-term the rate of return to pre-contagion status is shorter than in short-term.
Keywords: financial contagion, epidemic simulation, complex networks, stock market