نشریــه علمــی دانش مالی تحلیل اوراق بهادار
بهار ۱۴۰۳ / دوره ۱۷ / شماره ۶۱
صفحه ۸۰ تا ۹۴

تجزیه و تحلیل ریسک سیستمی بانک های پذیرفته شده در بازار سرمایه با استفاده از تجزیه مد تجربی و تحلیل رابطه خاکستری مبتنی بر رویکرد شبکه پیچیده پویا

علی نمکی*[1]

حدیث خلیلی[2]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۲۶

چکیده

امروزه پیچیدگی و درهم تنیدگی بازارهای مالی، متاثر از وجود متغیرها و مسائل گوناگون است؛که عموما علوم مالی کلاسیک قادر به پاسخگویی و حل این مسائل نمی باشد و همین امر محرک استفاده از رویکردهای نوین در علوم مالی نظیر شبکه‌های پیچیده پویا شده است.پژوهش حاضر با استفاده از رویکرد شبکه پیچیده پویا و با استفاده از تجزیه مد تجربی و تحلیل رابطه خاکستری به بررسی ریسک سیستمی بانک‌های بازار سرمایه ایران از ابتدای سال ۱۳۹۴ تا پایان سال ۱۴۰۱پرداخته است.برای این منظور؛ ابتدا با ساخت پنجره لغزان، ضریب همبستگی سهام و سپس شاخص‌های شبکه پیچیده محاسبه گردیده است.با استفاده از نتایج تجزیه مد تجربی و تحلیل رابطه خاکستری از طریق آزمون آماری علیت انگل_گرنجر می‌توان دریافت که میان نوسانات بازار سهام و ریسک سیستمی، ارتباط نزدیک و بلند مدتی وجود دارد. بروز هر تکانه‌ایی با توجه به بانک محور بودن اقتصاد کشور از سرعت و شدت انتشار بالاتری برخوردار است.

کلید واژه ها : ریسک سیستمی، شبکه پیچیده پویا، تجزیه مد تجربی، تحلیل رابطه خاکستری، بانک‌های پذیرفته شده در بازار سرمایه .

۱ استادیار گروه مالی، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، تهران، ایران(نویسنده مسئول) alinamaki@ut.ac.ir
۲ کارشناسی ارشد مدیریت مالی، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران ، تهران، ایران Khalili.hadis@ut.ac.ir

نشریــه علمــی دانش مالی تحلیل اوراق بهادار
بهار ۱۴۰۳ / دوره ۱۷ / شماره ۶۱
صفحه ۸۰ تا ۹۴

مقدمه

توجه به ریسک سیستمی[۱] در نهادهای مالی، بعد از به وقوع پیوستن بحران‌های مالی ۲۰۰۷ افزایش یافته است. بعضا کل سیستم مالی و حتی اقتصاد کشور می‌تواند تحت تاثیر وقوع رویدادها یا حوادثی که در یک نهاد مالی رخ می‌دهد، قرار گیرد.(گیلانی پور و همکاران، ۱۳۹۶). پس از بحران مالی ۲۰۰۸ و سقوط دومینویی بانک‌ها مشخص شد که سیستم سنتی نظارت بر بانکداری با نگاه تک بعدی و انفرادی به ریسک‌های مؤسسات مالی، ممکن است ریسک سیستمی ناشی از مؤسسات مالی انفرادی را نادیده بگیرد. دلیل این موضوع آن است که شاخص‌های انفرادی، از جمله ارزش در معرض خطر، مقدار ریسک هر مؤسسه مالی را با در نظر گرفتن آن تحت شرایط ایزوله اندازه‌گیری می‌کنند درحالی که برخی ریسک‌ها از جمله ریسک سرایت[۲] و ریسک سیستمی، در شرایط ایزوله قابل اندازه‌گیری نیستند(کنت[۳] و همکاران، ۲۰۱۲). با تحلیل داده‌های مالی می‌توان دریافت که اغلب سری‌های زمانی در مقاطعی تحت تاثیر وقایع اقتصادی، اجتماعی داخلی یا جهانی و سیاسی مانند تغییرات قیمت نفت، بحران مالی، جنگ، تغییر ناگهانی سیاست‌های ارزی، به شدت دچار نوسان شده‌اند. به دلیل ماهیت پیچیده و گستره جهانی بازارهای مالی، تکانه‌های قیمتی که در دارایی‌های مالی ایجاد می‌گردد، از طریق جریان آزاد سرمایه و تجارت بین الملل می‌تواند قیمت سایر دارایی‌های مالی را تحت تاثیر قرار دهد و همچنین به سایر بازارها نیز منتقل شود(کامبا[۴] و همکاران، ۲۰۰۷). بحران مالی سبب شد که جهت تضمین ثبات سیستم مالی، سوالاتی در مورد کفایت مقررات مالی مطرح گردد. یک ویژگی خاص خطر ریسک سیستمی است (نمکی و همکاران،۱۴۰۱). معمولا تغییر در انتظارات اقتصادی افراد به بحران بانکی منجر می‌گردد؛ ریسکی که منجر به وقوع بحران مالی می‌گردد، یکی از مهم ترین ریسک‌های سیستمی به شمار می‌رود(کیندل برگر[۵] ،۱۹۸۷). ریسک سیستمی مالی را می‌توان با افزایش همزمان قیمت دارایی‌ها در بازارهای مالی مشخص کرد(سانگ وهندانگ[۶] ،۲۰۲۳). در دنیای مالی، انتخاب شاخصی برای شناسایی ریسک سیستمی یکی از بحث برانگیزترین و مهم ترین موضوعات به شمار می رود. با توجه به روش‌های مختلفی که تا به حال برای شناسایی ریسک سیستمی ارائه شده است، در نهایت همچنان انتخاب شاخصی که مورد پذیرش همه باشد، امکان پذیر و مطلوب به نظر نمی‌رسد(بیسیاس[۷] و همکاران، ۲۰۱۲). بازارهای مالی ساختارهای پیچیده‌ای دارند که در این ساختارهای پیچیده اقتصادی، شرایط متغیر است(شوئنمن[۸] و همکاران، ۲۰۲۰؛ باقری، سمانه؛ انصاری سامانی، حبیب، ۱۴۰۰). شبکه‌های پیچیده یکی از ابزارهایی است که در سال‌های اخیر برای شناسایی و تحلیل به کار گرفته شده‌اند، مجسم سازی بازده و مطالعه هم بستگی سهام یکی از روش‌های آن است.(شفیعی و همکاران، ۱۳۹۸). روش‌های مختلفی برای پیش بینی اهداف مورد استفاده قرار می‌گیرند(بروکس[۹]، ۲۰۱۴). بیشتر در چند دهه گذشته، تلاش‌ها برای بهبود تکنیک‌های پیش بینی شامل استفاده از تجزیه مد تجربی[۱۰]بوده است (هنگ[۱۱] و همکاران، ۱۹۹۸). روش تجزیه مد تجربی، تکنیکی قدرتمند برای تجزیه طیفی سیگنال‌های نامانا، خطی و غیرخطی است. در واقع این روش، راه کاری برای آنالیز سیگنال‌های چند جزئی است که می‌تواند سیگنال نامانا را به تعدادی زیر سیگنال‌های تجزیه شده با دامنه و فرکانس به نام توابع مد ذاتی(IMFs)[12] به ترتیب کاهش پهنای باند فرکانسی تفکیک نماید(بکارا و وندربان[۱۳] ،۲۰۱۳؛ آیتی،۱۳۹۵). عوامل متعددی در هر سیستم عمومی موثر هستند. اغلب تلاش

می‌شود، در تجزیه و تحلیل سیستم‌ها عوامل با اهمیت بیشتر شناسایی شوند؛ اما در عمل همیشه در هر سیستم، عوامل کمتر شناخته شده یا ناشناخته‌ایی نیز وجود دارند. تحلیل رابطه خاکستری[۱۴] که از اجزاء مهم نظریه سیستم خاکستری است، یکی از روش‌هایی است که برای مواجه با این گونه سیستم‌ها به کار گرفته می‌شود(رهنمای رودپشتی و همکاران،۱۴۰۰؛ انواری رستمی و همکاران،۱۳۹۷). همانطور که بیان شد، تحلیل و بررسی ریسک سیستمی به علت توانایی که در انتقال و سرایت دارد، یکی از کلیدی ترین موضوعات بازار سهام است، در حقیقت بررسی و تحلیل ریسک سیستمی نهادهای مالی تاثیرگذار در اقتصاد مانند بانک‌ها، از اهمیت گسترده‌ایی برخوردار است.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

پس از بروز بحران مالی سال های ۲۰۰۷ – ۲۰۰۹ توجه و اهمیت ریسک سیستمی در موسسات مالی افزایش یافته است. سرایت پذیری مالی به گسترش به هم پیوستگی‌ها، به طور عمده در حرکت نزولی، از یک بخش به بخش دیگر، از یک بازار به بازار دیگر و از یک کشور به کشور دیگر اشاره دارد. امروزه هر تکانه‌ای که از یک بازار تجربه شود، بازارهای دیگر را تحت تاثیر قرار می دهد(آرگو و فرناندز[۱۵] ،۲۰۰۳). اهمیت پایداری نظام مالی در توسعه اقتصادی موضوعی بدیهی است. یک نظام مالی هنگامی پایدار است که وارد شدن شوک به آن، موجب کاهش کارایی آن نشود. با توجه به نقش و جایگاه حساس صنعت بانک در نظام مالی ایران و بانک محور بودن اقتصاد آن، بروز هرگونه شوک در سیستم بانکی ایران می تواند بخش‌های مختلف اقتصاد را با معضلات بسیاری مواجه کند(فلاح شمس، بنی شریف؛ ۱۴۰۰). به دلیل اینکه نوسانات قیمت سهام از یکدیگر مستقل نبوده و با سایر بخش‌های بازار با هم ارتباط دارند، تجزیه و تحلیل همبستگی بین آنها به عنوان موضوعی کلیدی در بازار مالی مطرح است(تیسی[۱۶] و همکاران، ۲۰۱۰). رکود سال‌های اخیر در اقتصاد که در بعضی اوقات با تورم نیز همراه بوده است، ضرورت بررسی موضوع ریسک سیستمی را آشکارتر می‌کند و بر این مسئله اثر می‌گذارد که ناتوانی در یک نهاد سپرده پذیر تا چه حد می‌تواند بر سایر نهادها و کل بازار تاثیر بگذارد(عیوضلو و رامشگ، ۱۳۹۸).

در بخش مطالعات انجام شده در خصوص شبکه‌های مالی و رابطه ریسک سیستمی؛ شبکه پیچیده بر اساس هم بستگی قیمتی سهام آن‌ها توسط منتگنا[۱۷]در سال ۱۹۹۹ ساخته شد. از EMD و SVR[18] در ۲۰۱۸ ناوا[۱۹]و همکاران، برای پیش بینی سری‌های زمانی مالی استفاده کردند. شی[۲۰]و همکاران(۲۰۲۰) با استفاده از شبکه پیچیده پویا و تجزیه مد تجربی دریافتند که ریسک سیستمی بازار چین یک روند رو به پایین را نشان می‌دهد که ارتباط نزدیکی با بهبود مستمر سیستم مدیریت و مکانیسم عملکرد بازار مالی دارد. ملمن و ونت[۲۱](۲۰۲۰) دریافتند به طور کلی، سیاست‌های نظارتی از بعد کلان باعث کاهش ریسک سیستمی بانک می شود. هو[۲۲]و همکاران(۲۰۲۳) دریافتند که نهادهای قانون گذار باید به فراگیر بودن و پویایی ریسک سیستمی، با تمرکز ویژه بر سرایت ریسک ناشی از پیوندهای غیرمستقیم بین بانک‌های تجاری توجه کند. چئن[۲۳]و همکاران(۲۰۲۳) در مقاله ای به ارزیابی ریسک سیستمی با شبکه‌های بیزی پرداختند و نتایج نشان دهنده ریسک شدید بازار یا سیگنالی از ریسک‌های سیستمی است.

رادفر و همکاران (۱۳۹۹)، وجود رابطه معنادار میان ریسک سیستمی و اندازه بانک را تایید کردند. رهنمای رودپشتی و همکاران(۱۴۰۰) در پژوهشی به ارزیابی مدیریت ریسک شرکتها با استفاده از تجزیه و تحلیل رابطه خاکستری با وزن آنتروپی پرداختند. سپس، بر اساس نتایج حاصل به رتبه بندی شرکت‌ها از لحاظ مدیریت ریسک پرداختند.

نمکی و همکاران (۱۴۰۱)، دریافتند که رابطه معناداری میان مرکزیت نزدیکی گره، قدرت گره و درجه گره با ارزش در معرض خطر شرطی تفاضلی و بنابراین میزان ریسک سیستمی وجود دارد. نمکی و همکاران در مقاله‌ای دیگر، در پژوهشی به بررسی اثر ویژگی‌های توپولوژی ساختار شبکه بانک‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران بر ریسک سیستمی آن‌ها با استفاده از بازده روزانه سهام بانک‌ها در سالهای ۱۴۰۰-۱۳۹۲ پرداختند؛ نتایج رگرسیون نشان داد که بین متغیرهای قدرت گره، مرکزیت بینابینی و اندازه بانک‌ها با ریسک سیستمی آنها رابطه مثبت و معنادار و بین متغیرهای درجه گره و نقدینگی بانک‌ها با ریسک سیستمی آن‌ها رابطه منفی و معنادار وجود دارد.

سوال پژوهش

آیا بین چرخه متوسط سهام (نوسانات بازار سهام) و ریسک سیستمی که با استفاده از شبکه پیچیده پویا مبتنی بر الگوریتم تجزیه مد تجربی و تحلیل رابطه خاکستری ایجاد می‌گردد، ارتباط معناداری وجود دارد ؟

روش شناسی پژوهش

به منظور بررسی روند ریسک سیستمی بانک‌های حاضر در بازار سرمایه(اعم از بورس و فرابورس)، از مدل تجزیه مد تجربی و تحلیل رابطه خاکستری با رویکرد شبکه پیچیده پویا استفاده گردید. داده‌های قیمتی روزانه بانک‌های بازار سرمایه از ابتدای فرودین ۱۳۹۴ تا پایان اسفند ۱۴۰۱ که با سود نقدی و افزایش سرمایه تعدیل شده بودند از نرم افزار tseclient استخراج شده است. در گام اول، ضریب همبستگی بین بازده روزانه سهام به صورت لگاریتمی محاسبه شده است؛ سپس شبکه پیچیده با بازده‌ها به عنوان گره و ضریب همبستگی به عنوان یال ایجاد گردید.

ساخت شبکه پیچیده

شبکه پیچیده از چندین گره و یال مختلف که با هم در ارتباط هستند، تشکیل می شود؛ در این پژوهش شبکه به صورت یک شبکه بدون جهت براساس ضریب همبستگی آن‌ها ساخته شده است که در آن گره، عنصر اساسی یک شبکه پیچیده است که بیانی انتزاعی از " یک فرد " در دنیای واقعی است. یال بیانگر رابطه بین عناصر است و با توجه به میزان رابطه می توان به آن وزن داد. در این جا، $W_{i,j}$ نشان دهنده وزن یال (ضریب همبستگی) مرتبط با گره i و j است زمانی که n ,..... ,۳ ,۲ ,۱ = $W_{i,j}$ و n تعداد گره ها قطعی شبکه است. برای یک شبکه بدون جهت:

$$W_{i,j} = W_{j,i} \quad (۱)$$

$W_{i,j}$ نشان دهنده وزن یال های مرتبط به گره i و j است، همچنین از درجه وزن دهی شده[۲۴]برای نشان دادن مجموع ضریب همبستگی هر گره، استفاده شده است؛ که به صورت زیر تعریف می گردد : (۲)

$$dw_i = \sum_{j \in v(i)} w_{ij}$$

که $V(i)$ مجموعه گره های مرتبط با گره i است. بازده بدست آمده در مراحل قبل به عنوان گره و ضریب همبستگی به عنوان وزن یال ها انتخاب شده است:

$$W_{i,j} = P_{i,j} = < X_{i,t} \cdot X_{j,t} > \quad (۳)$$

در این جا، X_{it} برای $t = ۱،۲،.....T$ و n ،..... ،$j,i= ۱، ۲$ ، نرخ بازده سهام i در زمان t است، بعد از اینکه $W_{i,j}$ محاسبه گشت، شاخص‌های شبکه در این پژوهش: وزن متوسط، ده گره بالا و نسبت تمرکز از فرمول های زیر حاصل شده است :

$$\text{وزن متوسط} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} dwi \quad (۴)$$

$$\text{ده گره برتر} = \frac{1}{10}\sum_{i \in top(10)} dwi \quad (۵)$$

در اینجا top (10) مجموعه ده گره با وزن بالا (dw_i) است.

$$\text{نسبت تمرکز} = \frac{\text{ده گره برتر}}{\text{وزن متوسط}} \quad (۶)$$

ساخت شبکه پیچیده پویا

برای اینکه شبکه پیچیده ساخته شده از حالت ایستایی خارج شود، که بتوان آن را برای

تحلیل‌های بعدی به صورت شبکه پیچیده پویا استفاده نمود و تعامل بین عوامل بازار را بتوان دقیق‌تر بررسی کرد، از پنجره لغزان استفاده شده است.

پنجره لغزان [۲۵]

پنجره لغزان به تدریج همراه با گذر زمان، داده‌های جدیدتر روزانه را وارد محاسبات می‌کند و داده‌های قدیمی را رها می‌سازد. از این طریق، شبکه از حالت ایستایی خارج می‌گردد و پویا می‌شود. در این پژوهش، بعد از محاسبه ماتریس ضریب همبستگی، پنجره لغزان را با یک دوره پنجره ۱۰۰روز با گام ۱۰ روز تعریف شده است.

حد آستانه

منظور از مفهوم حد آستانه در واقع نوعی فیلترسازی برای فهم و تحلیل دقیق‌تر و ساده‌تر از شبکه و انجام پژوهش بر روی آن است. در این روش به همبستگی‌های کوچکتر از حد آستانه عدد صفر و به همبستگی بزرگتر از آن عدد یک را اختصاص می‌دهیم(نمکی و همکاران، ۱۳۸۹). در این پژوهش برابر است با میانگین ضرایب همبستگی در هر پنجره زمانی ۱۰۰ روز و گام ۱۰ روز. اگر مقدار ضریب همبستگی که برابر وزن یال‌های ما است کمتر از حد آستانه بود، آن یال به عنوان یال ضعیف از شبکه حذف می‌شود و فقط یال‌هایی باقی می‌مانند که مقدار ضریب همبستگی آن‌ها از حد آستانه تعیین شده بیشتر باشد و به این صورت ما یک شبکه غیر متصل را برای محاسبه آنتروپی ساختار E_{deg} ، تحت هر پنجره به دست می‌آوریم (لئو[۲۶]و همکاران،۲۰۱۹): **(۷)**

$$E_{deg} = -k\sum_{i=1}^{N} p_i \log p_i$$

N، تعداد کل گره های موجود در هر شبکه است. در فرمول فوق، k مقدار ثابت بولتزمن است و P_i می‌تواند با تعداد یال‌های مرتبط با گره i محاسبه گردد، که به آن درجه گره i گفته می‌شود : **(۸)**

$$p_i = \frac{degree(i)}{\sum_{i=1}^{N} degree(i)}$$

تجزیه مد تجربی

با توجه به تعریف تابع مد ذاتی می‌توان الگوریتم زیر را برای بدست آوردن توابع مد ذاتی یک سیگنال مانند X(t) معرفی کرد(هوانگ و شن[۲۷]، ۱۹۹۸). در این پژوهش با ترکیب سه شاخص شبکه (وزن متوسط، ده گره بالا، نسبت تمرکز) با شاخص بازار سهام، چهار ورودی به صورت: $\{T = ۱،۲، .....، Y_{k,t}, k = ۱ ، ۲ ، ۳ ، ۴ ; t = ۱،۲\}$ حاصل شده است. در اینجا $Y_{k,t}$ با مقدار دهی ۰-۱ استاندارد می‌شود : **(۹)**

$$Z_{kt} = \frac{Y_{kt} - \bar{Y_k}}{std(Y_k)}$$

$\bar{Y}$ برابر است با میانگین Y_{kt} . برای سیگنال $Z_{(t)}$ ، پوش بالایی و پایینی سیگنال مورد نظر با استفاده از برازش نقاط بیشینه و کمینه محلی به روش اسپیلاین مکعبی[۲۸]، مشخص می‌شوند. m_1 میانگین حلقه هاست. اگر m_1 از $Z(t)$ کم شود توالی جدیدی به نام h_1 بدست می‌آید. اگر h_1 ثابت باشد(بیشینه محلی منفی یا کمینه محلی مثبت نداشته باشد) تابع مد ذاتی (imf_1) تشکیل داده می‌شود. اگر h_1 ثابت نباشد، دوباره تجزیه می‌شود تا سری ثابت (imf_1) به دست آید. سپس m_1 با $Z(t)$ اصلی جایگزین می‌شود و m_2 میانگینی از حلقه‌های m_1 است و m_1 به طور مشابه تجزیه می‌شود. اگر این فرآیند را k مرتبه تکرار گردد، imf_k استخراج می‌شود، که:

$$imf_k = imf_{(k-1)} - m_k \qquad (۱۰)$$

در نهایت res باید باقی‌مانده $Z_{(t)}$ و همه imf_s ها را نشان دهد :

$$res = X(t) - imf_1 - imf_2 - \cdots - imf_K \qquad (۱۱)$$

و در پایان res و imf_s می توانند برای فرآیند GRA استخراج شوند.

تحلیل رابطه خاکستری

مدل رابطه خاکستری جولانگ دنگ، که معمولا درجه همبستگی نسبی خاکستری نامیده می شود؛ عمدتا بر تاثیر فاصله بین نقاط در سیستم متمرکز شده است. فرمول همبستگی نسبی خاکستری به صورت زیر است :

(۱۲)

$$r_{ij}^1 = \frac{1}{N}\sum_{t=1}^{N}\frac{\min\limits_j \min\limits_t |d_i(t)-d_j(t)| + \rho \max\limits_j \max\limits_t |d_i(t)-d_j(t)|}{|d_i(t)-d_j(t)| + \rho \max\limits_j \max\limits_t |d_i(t)-d_j(t)|}$$

که $d_i(t)$ سری مرجع هاست، $d_j(t)$ سری مقایسه هاست، P که ضریب تمایز است و معمولا برابر با ۰.۵ می باشد. min کمترین میزان هر شاخص، max بیشترین میزان هر شاخص، N تعداد متغیرهاست. در سال ۱۹۹۲ می[۲۹]برای غلبه بر ضعف رابطه قبلی، رابطه جدیدی را ارائه داد : **(۱۳)**

$$r_{ij}^2 = \frac{1}{N-1}\sum_{t=1}^{N-1}\frac{1}{1+|d_i(t+1)-d_i(t)+d_j(t+1)-d_j(t)|}$$

با توجه به ضعف و قدرت رابطه‌های قبلی، ما از فرمول رابطه خاکستری جامع برای طبقه بندی نوسان بازار استفاده می‌کنیم: **(۱۴)**

$$r_{ij} = \beta r_{ij}^1 + (1-\beta) r_{ij}^2$$

β وزن درجه نسبی رابطه خاکستری برابر ۰.۵ است. که در نهایت پس از استخراج res و imf_s در تجزیه مد تجربی، موارد بدست آمده در تحلیل رابطه خاکستری قرار گرفته شده است.

یافته های پژوهش

از بین بانک های حاضر در بورس و فرابورس ایران، داده های ۱۲ بانک در بازه زمانی پژوهش در دسترس بوده است که از طریق نرم افزار پایتون[۳۰]و کتابخانه های پانداس[۳۱] ، نامپای[۳۲]و سایر کتابخانه های مورد نیاز به فراخور مراحل محاسبه گردیده شده است.

جدول ۱. اسامی بانک های مورد استفاده پژوهش

شماره	نام بانک	شماره	نام بانک	شماره	نام بانک	شماره	نام بانک
۱	ملت	۴	پاسارگاد	۷	پست بانک	۱۰	کارآفرین
۲	تجارت	۵	صادرات	۸	خاورمیانه	۱۱	اقتصاد نوین
۳	پارسیان	۶	دی	۹	سینا	۱۲	سامان

برای بررسی مانایی سری بازده داده‌ها، از آزمون ریشه واحد دیکی فولر تعمیم یافته[۳۳] (دیکی فولر، ۱۹۷۹و۱۹۸۱) استفاده می‌شود. شواهد به صورت میدانی برای همه موسسات حساب گردیده است. فرضیه صفر این آزمون عدم وجود مانایی در سری‌های زمانی می‌باشد. نتایج نشان می دهند که می توان فرض صفر آزمون را رد کرد و سری های بازده محاسبه شده همگی مانا هستند. به اختصار جدول مانایی در زیر گزارش شده است.

جدول۲. نتایج آزمون دیکی فولر

نماد	آماره ADF	Prob	مقادیر بحرانی
وبملت	-۲۵.۶۴	(۰.۰۰۰۰)	در سطح ۱٪ = -۳.۴۳۴۸
ونوین	-۱۶.۸۵	(۰.۰۰۰۰)	در سطح ۵٪ = -۲.۸۶۳۵

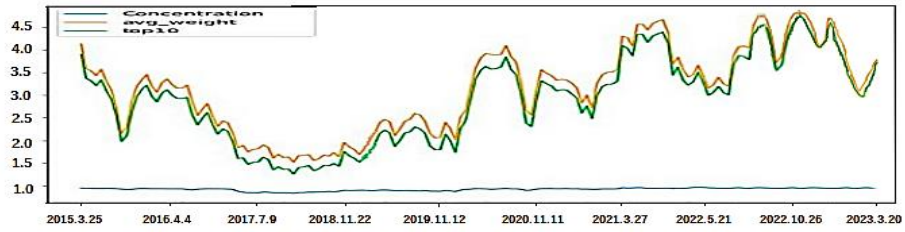
در سطح ۱۰٪ = -۲.۵۶۷۸	(۰.۰۰۰۰)	-۱۱.۲۲	وبصادر

نگاره ۱) ماتریس ضریب همبستگی ایستا در بازه زمانی ۱۳۹۴-۱۴۰۱

در نگاره ۱، ضریب همبستگی بین بازده‌های لگاریتمی استاندارد شده برای بازه پژوهش محاسبه گردید؛ اما این محاسبه یک ماتریس ضریب همبستگی ایستا را ایجاد نموده است، برای محاسبه ضریب همبستگی پویا یک پنجره لغزان با دوره ۱۰۰ روز و گام ۱۰ روز در نظر گرفته شد. که برای هر دوره ۱۰۰ روز یک ماتریس ضریب همبستگی مانند نگاره ۱ ایجاد گردید، با نتایج حاصل از ماتریس ضریب همبستگی به محاسبه شاخص‌های شبکه مورد استفاده در پژوهش(وزن متوسط، وزن ده گره بالا، نسبت تمرکز) پرداخته شد که نتایج ۳ بازه زمانی ۱۰۰ روز با گام ۱۰ در جداول به اختصار از ۱۸۴ پنجره زمانی، گزارش شده است. بررسی بازار به صورت پویا با دامنه‌های زمانی مشخص کمک می‌کند نتایج اخبار و هیجانات وارد شده و تاثیر گذار بر شاخص را بتوان به صورت مداوم مورد بررسی و رصد قرار داد.

جدول ۳) گزارشی از ۳ پنجره زمانی ۳ شاخص اصلی شبکه پیچیده پویا

دوره پنجره	وزن متوسط	وزن ده گره بالا	نسبت تمرکز
۰-۱۰۰	۴.۱۳	۳.۹۰	۰.۹۴
۱۰-۱۱۰	۳.۵۸	۳.۳۷	۰.۹۴
۲۰-۱۲۰	۳.۵۳	۳.۳۱	۰.۹۳



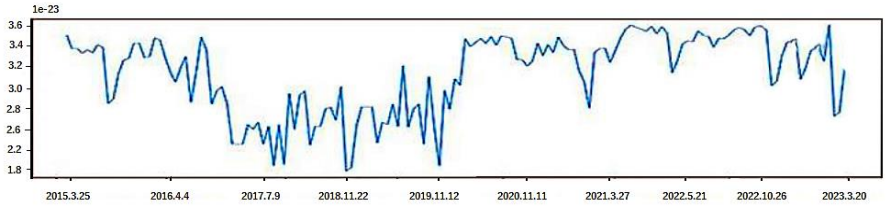
نگاره۲) نمودار شاخص های شبکه پیچیده پویا

بین شاخص وزن متوسط و شاخص وزن ده گره بالا، ضریب همبستگی محاسبه شده است، که برابر با ۰.۹۶۹۷ است؛ با توجه به همبستگی بالای بین دو شاخص ذکر شده، در این پژوهش یکی از آن‌ها را می‌توان به عنوان شاخص ریسک سیستمی تا انتهای پژوهش در نظر گرفت، با توجه به اینکه شاخص وزن متوسط همه ضرایب همبستگی را در هر گره بررسی می‌کند، به عنوان شاخص یا نماینده ریسک سیستمی انتخاب شده است. در این مرحله، آنتروپی شبکه طبق فرمول‌های بخش روش شناسی محاسبه گردید و برای هر پنجره ۱۰۰ روزه با گام ۱۰ یک آنتروپی پس از اعمال فیلتر

حدآستانه(دراین پژوهش میانگین ضرایب همبستگی هر بازه زمانی انتخاب شده است) به دست آمد. آنتروپی برای میزان پیچیدگی (چه از نظر اطلاعات و چه از نظر پیچیدگی سیستم) محاسبه می شود، و برای هر یک از ۱۸۴ پنجره زمانی پژوهش یک آنتروپی وجود دارد. که به طور نمونه ۶ پنجره در ذیل گزارش شده است.

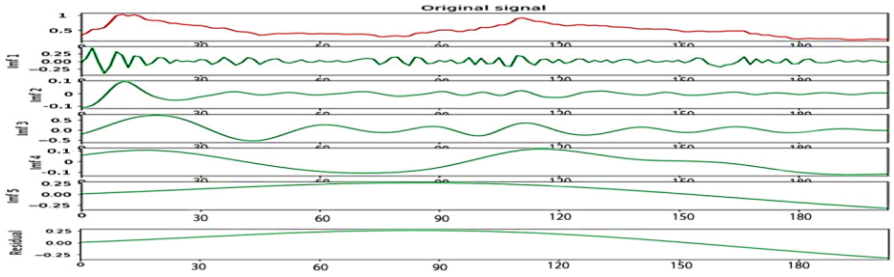
جدول۴) آنتروپی شبکه پیچیده پویا

دوره پنجره	آنتروپی شبکه	دوره پنجره	آنتروپی شبکه
۰-۱۰۰	$۳.۱۹*۱۰^{-۲۳}$	۳۰-۱۳۰	$۳.۰۱*۱۰^{-۲۳}$
۱۰-۱۱۰	$۳.۱۸*۱۰^{-۲۳}$	۴۰-۱۴۰	$۳.۰۴*۱۰^{-۲۳}$
۲۰-۱۲۰	$۳.۰۷*۱۰^{-۲۳}$	۵۰-۱۵۰	$۳.۱۳*۱۰^{-۲۳}$



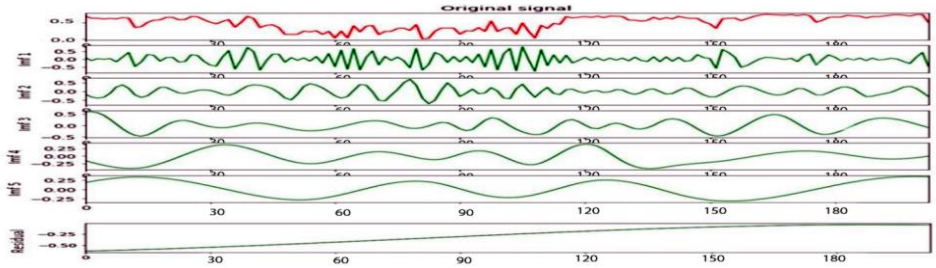
نگاره ۳) نمودار آنتروپی شبکه پیچیده پویا

در مرحله بعد؛ شاخص ریسک سیستمی، آنتروپی ساختاری و شاخص قیمت نقدی بازار سرمایه که نرمال گردیدند، در الگوریتم تجزیه مد تجربی به imf و res تجزیه شدند. هر سیگنال اصلی مانند سیگنال شاخص ریسک سیستمی، که خود ترکیبی از سه شاخص اصلی شبکه(یعنی وزن متوسط، ده گره با وزن بالا ، نسبت تمرکز) و شاخص کل بازار سهام است.

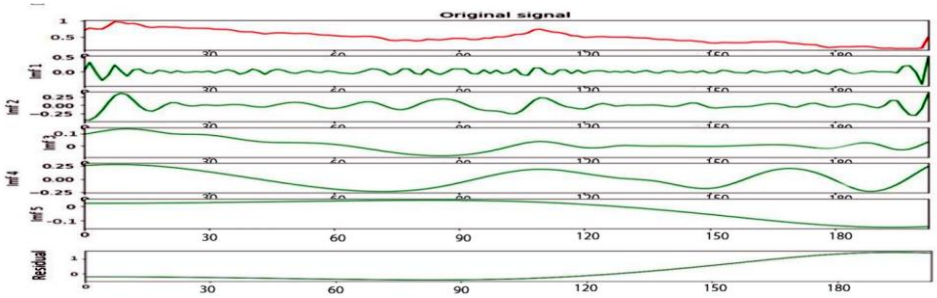


نگاره ۴) نمودار تجزیه مد تجربی : تجزیه شاخص ریسک سیستمی

سیگنال بعدی آنتروپی ساختاری و سیگنال آخر سیگنال شاخص قیمت نقدی بازار سرمایه می‌باشد، که هر سیگنال به پنج imf و یک res تقسیم گردیدند. عبارت باقی مانده (res) می‌تواند روند کلی تکامل شاخص را تا حد معینی نشان دهد. در حالی که imf با فرکانس پایین تر می‌تواند نوسان‌های دوره‌ایی شاخص را در مقیاس‌های مختلف زمانی توصیف کند و imf ها با بالاترین فرکانس نشان دهنده آشفتگی تصادفی است.

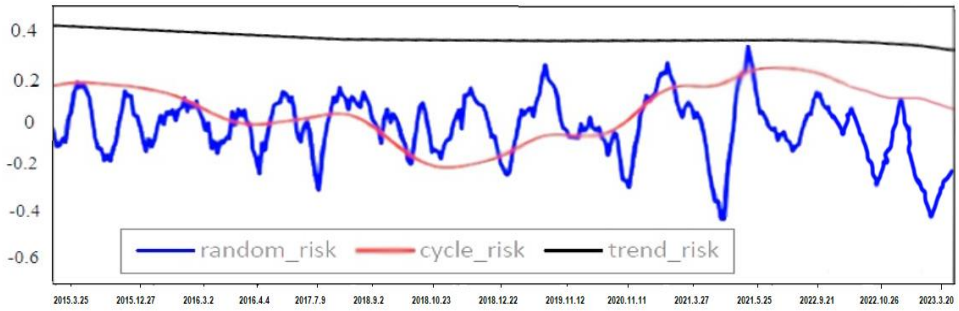


نگاره ۵) نمودار تجزیه مد تجربی: تجزیه شاخص آنتروپی ساختاری



نگاره ۶) نمودار تجزیه مد تجربی: تجزیه شاخص قیمت نقدی بازار سرمایه

بعد از تمام شدن مرحله تجزیه مد تجربی، خروجی های آن (imf ها و باقیمانده‌ها) را باید به عنوان سری‌های مقایسه شونده نسبت به دو سری مرجع که: وزن متوسط (به عنوان شاخص ریسک سیستمی در پژوهش) و شاخص قیمت نقدی هستند، در تحلیل رابطه خاکستری قرار داد. در این مرحله در گام نخست، باید خروجی emd را برای زمانی که سه شاخص شبکه پیچیده و شاخص کل (خروجی تجزیه شاخص ریسک سیستمی) با هم ترکیب شدند، با وزن متوسط در فرمول درجه ضریب همبستگی نسبی خاکستری قرار داد که خروجی آن را با پارامتر چرخه ریسک[۳۴]نمایش می دهیم. در گام دوم از خروجی emd شاخص قیمت نقدی را با وزن متوسط(که سری مرجع ست)پارامتر روند ریسک[۳۵] محاسبه می‌گردد؛ در مرحله آخر خروجی emd آنتروپی به عنوان ریسک تصادفی[۳۶]در نظر گرفته می‌شود. نگاره ۷ از خروجی‌ها رسم می‌گردد.

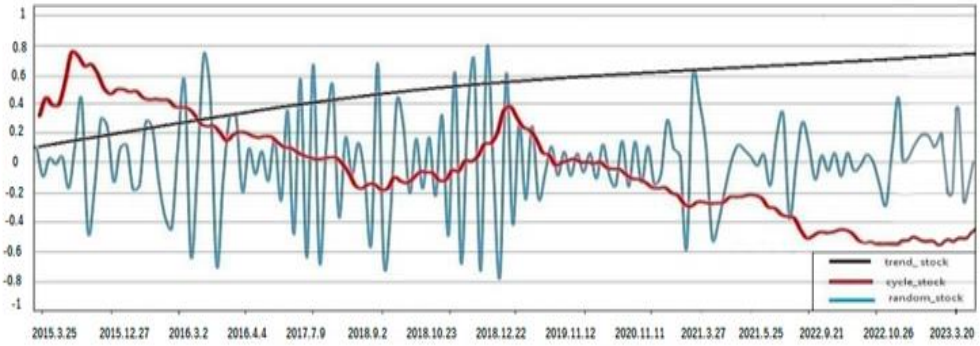


نگاره ۷) نمودار تحلیل رابطه خاکستری با شاخص سری مرجع وزن متوسط(شاخص ریسک سیستمی)

در نمودار فوق عوامل تجزیه شده و دریافت شده از مرحله تجزیه مد تجربی با شاخص قیمت نقدی سهام بررسی شدند. روند قیمت سهام روبه افزایش است و چرخه قیمت سهام دارای نوسانات زیادی می باشد. این مسیر با تغییر وزن متوسط به شاخص

قیمت نقدی بازار سرمایه (یعنی تغییر سری مرجع در این مرحله) تکرار گردیده، در نهایت نگاره ۸ ترسیم شده است.

و پارامترهای قبلی به ترتیب به صورت چرخه سهام[۳۷] روند سهام[۳۸] و سهام تصادفی[۳۹] استخراج شده است.



نگاره ۸) نمودار تحلیل رابطه خاکستری با سری مرجع، شاخص قیمت نقدی بازار سرمایه

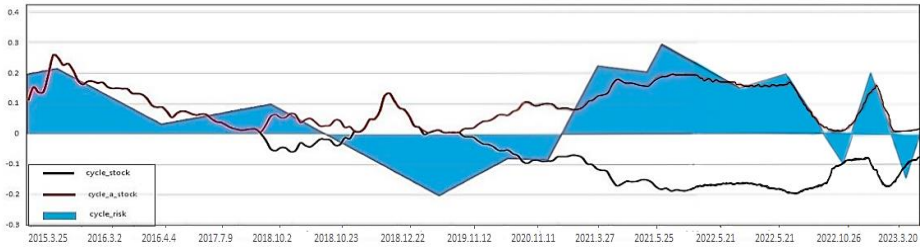
به طور کلی چرخه نوسانات، افزایش ریسک سیستمی معمولا به وسیله اقدامات شوک‌های خارجی و عملیات داخلی اتفاق می‌افتد. ویژگی‌های چرخه‌های ریسک سیستمی ارتباط مستقیمی با نوسان‌های بازار سهام ندارد، بنابراین این‌ها را باید به یکدیگر تبدیل گردیده تا تحلیل درستی از نمودارها و حرکت نوسانات استنباط گردد، بنابراین متغیری به اسم چرخه متوسط سهام ایجاد شده است : (۱۵) میانگین چرخه سهام - چرخه سهام = چرخه متوسط سهام[۴۰]

میانگین چرخه سهام = ۰.۱۹ . در این مرحله، متغیر چرخه متوسط سهام را با چرخه ریسک سیستمی به وسیله آزمون علیت انگل - گرنجر مورد بررسی قرار دادیم؛ برای بررسی اینکه آیا بین وقوع تکانه هایی که باعث تغییر قیمت دارایی های مالی می‌گردد و قیمت آن‌ها را دستخوش تغییر می نماید و نوسان قیمتی ایجاد می کند (نوسانات بازار سهام) با وقوع ریسک سیستمی در بانک‌های بازار سرمایه ارتباطی وجود دارد ؟

نتایج نشان می‌دهد که متغیرهای مورد نظر با یکدیگر رابطه بلند مدت دارند، مانا بوده و دارای خاصیت خود هم انباشتگی نیز می‌باشند.

جدول۶) نتایج آزمون مانایی و خود هم انباشتگی

متغیر	آماره ADF prob	Q(5) prob	Q(10) prob
چرخه ریسک و چرخه متوسط سهام	-۵.۸۷۶۴۸۸ (۰.۰۰۰۰)	۱۱۲۹۱.۰ (۰.۰۰۰۰)	۱۸۶۷۴.۰ (۰.۰۰۰۰)



نگاره ۹) روند ریسک سیستمی

در نگاره ۹، نتیجه آزمون گرنجر مشخص می‌کند که در بلند مدت متغیر چرخه ریسک(نمودار آبی) و چرخه متوسط سهام(نمودار قرمز) با همدیگر رابطه دارند. زمانی که نمودار آبی به همراه نمودار قرمز بالاتر از صفر می‌افتند یعنی بازار دارای ریسک سیستمی بالایی است و هر جا نمودار آبی پایین صفر می‌افتد، یعنی ریسک سیستمی چشمگیر نیست. نمودار قرمز در هر بازه زمانی که بالا است نماینده نوسانات قیمت سهام می‌باشد. همچنین نمودار قرمز حتی در مقاطعی از زمان گاها جلوتر از نمودار آبی افتاده است که می‌تواند به عنوان ابزاری، بروز ریسک سیستمی در این نقاط را هشدار دهد.

بحث و نتیجه گیری

این پژوهش به بررسی ارتباط بین چرخه سهام (نوسانات بازار) و چرخه ریسک سیستمی با رویکرد شبکه پیچیده پویا پرداخته است. پس از محاسبه ضریب همبستگی پویا بین بانک‌های بازار سرمایه، خروجی‌های شاخص شبکه و آنتروپی به منظور از بین بردن تاثیر عوامل آشوب، تجزیه و بازسازی توالی‌ها در الگوریتم تجزیه مد تجربی و تحلیل رابطه خاکستری قرار گرفتند. شاخص وزن متوسط شبکه با توجه به ضریب همبستگی بالایی که دارد به عنوان شاخص ریسک سیستمی در پژوهش انتخاب شده است، که در مراحل بعدی پارامتر چرخه ریسک از آن مشتق گردید. از شاخص قیمت نقدی بازار سرمایه در مراحل بعد پارامتر چرخه سهام (به عنوان شاخصی برای نشان دادن تکانه‌های قیمتی و نوسانات بازار سهام) حاصل شده است.

از ابتدای سال ۱۳۹۴ تا پایان سال ۱۴۰۱، هرگاه که بازار تحت تاثیر ریسک بیشتری بوده است نمودار ریسک بالاتر افتاده است. در بازه‌های زمانی که اخباری با نتایج مثبت در فضای اقتصادی کشور منتشر شده است مانند توافقات هسته‌ای، کاهش انتظارات تورمی یا تزریق نقدینگی به بازار سرمایه؛ تکانه‌های قیمتی اثر گذار بر قیمت دارایی‌ها کمتر شده‌اند، در نتیجه بروز ریسک سیستمی در هر نهاد بازار کمتر گشته به زیر صفر رسیده است. در نقاطی که در کشور به دلیل تورم یا تنش‌های داخلی یا خارجی، اخباری با نتایج منفی منتشر گشته است، توانسته موجب افزایش قیمت سهام(افزایش نمودار قرمز) بشود. در نتیجه احتمال بروز ریسک سیستمی در این نقاط دور از انتظار نبوده است. با توجه به بانک محور بودن اقتصاد کشور، همانند سایر پژوهش‌های قبلی، تایید شد که این انتقال در بین بانک‌های بازار سرمایه از شدت بیشتری برخوردار است. مشابه پژوهش ملمن و ونت(۲۰۲۰) و شی و همکاران، نتایج تایید شد که تاثیر اقدامات داخلی، خارجی، به کارگیری مکانیسم‌های موثر در کنترل تکانه‌های قیمتی و همچنین نظارت نهادهای قانون گذار در کنترل بروز ریسک سیستمی اثرگذار است. بر اساس پژوهش انجام شده در این حوزه و نتایج پژوهش حاضر، این موضوع می تواند مورد توجه نهادهای قانون گذار از این منظر که هرگاه اخباری داخلی یا خارجی بتواند بر روی قیمت سهام بازار سرمایه اثر گذارد این شوک و تاثیر می‌تواند موجب بروز ریسک سیستمی در نهادها و عناصر بازار گردد، قرار گیرد. چرا که می‌تواند در شناسایی به موقع ریسک سیستمی ناشی از بحران‌ها و همچنین نظارت سختگیرانه جهت کنترل شدت و سرعت بروز ریسک سیستمی در نهادهای مالی کمک شایان و قابل توجهی کند. برای مطالعات آتی پیشنهاد می‌گردد سایر نهادها و صنایع بازار مورد مطالعه قرار گیرد. شایان ذکر است که انجام این پژوهش با محدودیت در دسترس نبودن اطلاعات بانک‌های خارج از بورس مواجه بود. لذا از اطلاعات بانک‌های بازار سرمایه استفاده شد. همچنین، برخی از بانک‌های حاضر در بازار سرمایه در دوره مورد بررسی فعال نبودند یا بسته و متوقف بودند.

منابع

انواری رستمی، علی اصغر؛ تقوی، مهدیس؛ آقابابائی، محمد ابراهیم. انتخاب پرتفوی با استفاده از مدل تصمیم گیری چند شاخصه مبتنی بر تحلیل رابطه خاکستری و برنامه ریزی خطی. فصلنامه علمی پژوهشی دانش مالی تحلیل اوراق بهادار. سال ۱۱، شماره ۳۸. تابستان ۱۳۹۷.

آیتی، لعیا. پیش بینی قیمت سهام بورس اوراق بهادار با روش ترکیبی تجزیه حالت تجربی دسته ایی و خود رگرسیو میانگین متحرک انباشته. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه خاتم النبیا. بهمن ۱۳۹۵.

باقری، سمانه؛ انصاری سامانی، حبیب؛ بررسی اثر بحران مالی بر بازار نفت ایران: کاربرد شبکه پیچیده. نشریه پژوهش های راهبردی بودجه و مالی. پاییز ۱۴۰۰. سال دوم. شماره ۳. صص ۱۱۳- ۱۴۲.

رادفر، محمدرضا؛ کریمخانی، مسعود؛ علیقلی، منصوره. بررسی رابطه اندازه بانک و سرمایه با ریسک سیستمی در بانکهای پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار.راهبرد مدیریت مالی(۱۴۰۰).۷(۲۸)، ۱۲۶-۱۰۷.

رهنمای رودپشتی، فریدون؛ امینی، هادی؛ نوروزی، محمد؛ عزیزی،فرهاد. ارزیابی مدیریت ریسک شرکت با استفاده از کاربرد تصمیم گیری چند معیاره خاکستری با وزن آنتروپی. فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار. شماره ۴۶. بهار ۱۴۰۰.

شفیعی، الهه. تجزیه و تحلیل ریسک سیستمی شرکت‌های فعال بازار سرمایه با استفاده از شبکه‌های پیچیده در بورس اوراق بهادار تهران. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران. زمستان ۱۳۹۸.

عیوضلو،رضا؛ رامشگ، مهدی. اندازه گیری ریسک سیستمیک با استفاده از کسری نهایی مورد انتظار ارزش در معرض خطر شرطی و رتبه بندی بانک‌ها. فصلنامه علمی مدیریت دارایی و تامین مالی. سال هفتم. شماره چهارم. زمستان ۱۳۹۸. صص ۱-۱۶.

مهدوی کلشیمی، غدیر؛ الهی، ناصر؛ فرزین وش، اسداله؛ گیلانی پور، جواد. ارزیابی ریسک سیستمی در شبکه بانکی ایران توسط معیار تغییرات ارزش در معرض خطر شرطی. مجله مهندسی مالی و اوراق بهادار. شماره سی و سوم. زمستان ۱۳۹۶ .

۹. نمکی،علی؛ راعی، رضا؛ جعفری، غلامرضا؛ شیرازی، امیرحسین. تجزیه و تحلیل شبکه یک بازار مالی براساس بردار ویژه همبستگی و حد آستانه. مجله فیزیک ای. ۱۳۸۹.

نمکی، علی؛ عباسیان، عزت اله؛ شفیعی، الهه. تجزیه و تحلیل میزان ریسک سیستمی شرکت‌های بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از رویکرد سیستم‌های پیچیده. فصنامه راهبرد مدیریت مالی. دانشگاه الزهرا. سال ۱۰.شماره ۳۶.بهار ۱۴۰۱. صص۹۱-۱۱۲.

نمکی، علی؛ راعی،رضا؛ عسکری راد، حسین. بررسی تاثیر ویژگی‌های ساختار شبکه سیستم بانکی بر ریسک سیستمیک بانکهای پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از روش همبستگی شرطی پویا. نشریه چشم انداز مدیریت مالی .دانشگاه شهید بهشتی. «زیر چاپ».

Arago, V. & Fernandez, M.A. (2003). Influence of structural change in transmission of information between stock markets: A European empirical study. Journal of multinational financial management, 17(2), 112-124.

Bekara,M. Van der baan,M. Fx noise Attenuation by Empirical Mode Decomposition.70th EAGE conference and Exhibition.2008.

Bisias, D., Flood, M., Lo, A.W., Valavanis, S. (2012). A survey of systemic risk analytics. Annual Review of Financial Economics 4 (1), 255–296.

Chen, C., Iyengar, G., and Moallemi, C. C. (2013). An axiomatic approach to systemic risk. Management Science 56(6), 1373-1388.

Cont, R., Moussa A. & Santos E. (2012), Network Structure and Systemic Risk in Banking Systems, Working Paper Series, Banco Central do Brasil, 219: 1-41.

Huang,N,e.Shen,Z,Long,S,R,Wu,M.c.,Shih,H.H,Zheng,Q.,Yen,N.C.Tung,C.c and Liu,H,H, 1998, The empirical mode decomposition and Hilbert spectrum for

Shijia Song, Li Handong.Perdiction of financial systemic risk based on complex network.

Shueneman,J.H,Ribberink,N,Katenka,N(2020).Japanese and Chinese stock market behaviour in comparison_an analysis of dynamic networks.Asia pacific management Review,25(2):99-110.

Shi,Y., Zheng,Y, Guo, K, Jin,Zh,.Huang,Z.,(2020).The evolution characteristics of systemic risk in China's stock market based on a dynamic complex network. Entropy.

Mantegna,R,N. (1999). Hierarchical structure in financial markets. Statistical Mechanics.

Mei, Z. The concept and computation method of grey absolute correlation degree. Syst. Eng. 1992, 10, 43– 44

Meuleman, E. & Vander-Vennet, R. (2020). Macroprudential policy and bank systemic risk. Journal of Financial Stability, 47.

Tse, Ch., Liu,J, Lau, F.(2010). A network perspective of the stock market. Journal of empirical finance. 17. 659-667

Tu, C. Cointegration-based financial networks study in Chinese stock market. Physica A 2014, 402, 245–254.

nonlinear and nonstationary time series analysis,Proc.R.soc.lond,454,903-995.

Kambhu,John,ScottWeidman,andNeed Krishnan,Kapporteurs(2007),New directions for understanding systemic risk,National reserch council, the finantional academies press, Washington,d,c.

Kindelberger,Chales,P(1978). Manias,Panic and Crashes:A history of financial crises(Macmillan).

Liqin Hu, Yiram Gan, Huailing Wen(2023). Do we nees to consider multiple inter-bank linkages for systemic risk in china’s banking industry?Analysis based on the multilayer network.Finance Research Letters.Volum 51.

Lu, K.; Yang, Q.; Chen, G. Singular cycles and chaos in a new class of 3D three-zone piecewise affine systems. Chaos J. Nonlin. Sci. 2019, 29, 043124.

Lupe,S.H.Chan,Amanda,M.Y.Chu,Mike k.p.so(2023). A moving-window Bayesian network model for assessing systemic risk in financial markets.

Nava,N.,Di Matteo,T., Aste,T.(2018). Financial time series forecasting using empirical mode decomposition and support vector regression. MDPI

Journal of Financial Knowledge of Securities Analysis
Vol. 17 / No. 61, Spring 2024

Analyzing the systemic risk of banking industry by using EMD and GRA based on the dynamic complex network approach.

[1]**Ali Namaki***

[2]**Hadis Khalili**

Abstract

Nowadays, the complexity and entanglement of financial markets are under the influence of various variables and problems which classical financial sciences are generally unable to solve. This has motivated new approaches in financial sciences like dynamic complex networks. The current research has used the dynamic complex network approach, empirical mode decomposition, and grey relational analysis to investigate the systemic risk of Iran's capital market banks from the beginning of 2015 to the march 2023. For this purpose, first, by building a sliding window, it has calculated the correlation coefficient of stock and then the index of the complex network. Using the results of empirical mode decomposition and grey relational analysis through Engel-Granger causality statistical test,, showed a close and long-term relationship between stock market fluctuations and systemic risk. Any momentum is of a higher speed and intensity of propagation due to the bank-oriented nature of the country's economy.

Key words: Systemic risk,Dynamic complex network,Empirical mode decomposition, Grey relational analysis,Banks listed in capital market.

[1] Assistant prof,Department of Finance,Facullty of management, university of Tehran,Tehran,Iran. .(Correspondhing Author) alinamaki@ut.ac.ir

[2] Master in Financial management,Facullty of management, university of Tehran,Tehran,Iran . Khalili.hadis@ut.ac.ir