

طراحی یک سیستم هشداردهنده اولیه جهت شناسایی و پیش‌بینی بحران در بازار سهام بر اساس مدل چرخشی مارکف

مریم دهقان‌دهنوی^۱، نیلوفر ذلک‌زاده^۲

^۱ کارشناس ارشد اقتصاد، دانشگاه اصفهان. mdehghan627@yahoo.com

^۲ کارشناس ارشد مدیریت بازرگانی، دانشگاه شیخ بهایی اصفهان N.zalekzadeh@gmail.com

چکیده - بورس اوراق بهادار در اکثر کشورها از جمله ایران، هسته مرکزی بازار سرمایه را تشکیل می‌دهد. در مواردی رکود و رونق بورس اوراق بهادار نه تنها اقتصاد ملی بلکه اقتصاد منطقه و جهانی را نیز تحت تأثیر خود قرار می‌دهد؛ و از جنبه‌های مختلف بورس می‌تواند عاملی برای ایجاد و انتقال بحران‌های اقتصادی از جمله بحران‌های مالی که بحران بازار سهام نیز مشمول آن می‌باشد مطرح باشد. در مطالعه حاضر به طراحی سیستم هشدار بحران بازار سهام در ایران طی دوره زمانی ۱۳۹۳-۱۳۸۲ پرداخته شده است، بدین صورت که ابتدا به وسیله مدل ایی گارچ نوسانات قیمت سهام و تأثیر متغیرهای مورد نظر بر آن تخمین زده شده، سپس از مدل چرخشی مارکف برای بررسی الگوی چند رفتاری شاخص قیمت سهام در قبال این نوسانات جهت طراحی سیستم هشدار بحران بازار سهام استفاده شده است. نتایج حاکی از آن است که تأثیر نوسانات برآورد شده بر شاخص قیمت سهام منفی می‌باشد و همچنین بازار سهام تمایل به ماندن در رژیم یک (آرامش) دارد؛ و در ادامه ۱۲ نقطه چرخش (تغییر رژیم) توسط الگو برآورد گردید که از بین آن‌ها نقاط با احتمال بالای ۹۰٪ به عنوان ماه‌های بحرانی شناسایی شدند.

طبقه‌بندی C32،C53،G01، G15: JEL

کلید واژه‌ها: الگوی چرخشی مارکف، بحران بازار سهام، بورس اوراق بهادار، سیستم هشداردهنده.

۱- مقدمه

در مقطعی از زمان بحران مالی اقتصاد جهان را تحت تأثیر قرار داده است و تمامی کشورها را مستقیم و غیرمستقیم درگیر می‌کند، بحران‌های مالی یکی از پدیده‌های رایج در طول حیات اقتصادی کشورها بوده است و نحوه مقابله با بحران و تبعات منفی آن، از مهم‌ترین دغدغه‌های کشورهای درگیر بحران بوده است. بازارهای

مالی یکی از بازارهای اساسی و تأثیرگذار در اقتصاد کشور هستند، یکی از اجزای مهم بازارهای مالی بورس اوراق بهادار^۱ می‌باشد و به‌عنوان بخشی از اقتصاد، تابع آن می‌باشد و همان‌طور که بازار سهام می‌تواند در اقتصاد تأثیرگذار باشد، بورس خود نیز متأثر از اقتصاد هر کشوری خواهد بود و چنانچه این بازار رابطه منطقی با سایر بخش‌ها نداشته باشد، معضلات و کاستی‌هایی در عملکرد آن پیش خواهد آمد، همچنین از جنبه‌های مختلف بورس می‌تواند عاملی برای ایجاد و انتقال بحران‌های اقتصادی از جمله بحران‌های مالی مطرح باشد به عنوان مثال بحران بزرگ دهه ۱۹۳۰ که از ورشکستگی یک بانک در اتریش شروع شد و بعد به بورس اوراق بهادار نیویورک رسید، اغلب کشورهای سرمایه‌داری را با رکود و بیکاری مواجه ساخت. همچنین افت شدید بازار سهام آمریکا در سال ۱۹۸۷ این حقیقت را به‌خوبی آشکار کرد که بازارهای سهام در کشورهای پیشرفته صنعتی در ارتباط بسیار نزدیکی با یکدیگر قرار دارند و لذا هر تغییری در سیاست‌های اقتصادی یکی از این کشورها می‌تواند بازارهای سهام را در نقاط دیگر جهان به سرعت تحت تأثیر قرار دهد. در واقع آتش بیشترین بحران‌های مهم اقتصادی جهان از بورس نیویورک شراره کشیده و به اروپا و نقاط دیگر جهان رسیده است، ملاحظه می‌شود رکود و رونق بازار سهام در برخی از کشورها نه تنها اقتصاد ملی بلکه حتی اقتصاد جهانی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد و بحران در بازارهای سهام که مترادف با بحران مالی می‌باشد به دلیل تأثیر منفی که بر عملکرد بخش واقعی دارند، یک تهدید جدی برای نظام‌های مالی و در نهایت نظام‌های اقتصادی محسوب می‌شوند و ترس از وقوع آن همیشه دامن‌گیر سرمایه‌گذاران در بازار سهام بوده است.

پیش‌بینی بحران‌های مالی به دلایل مختلف مورد توجه برخی نهادهای مالی بین‌المللی از جمله صندوق بین‌المللی پول و بانک جهانی و یا مسئولین کشورها می‌باشد. اعتقاد بر این است که ویژگی‌های مشترک کشورها در رویارویی با بحران‌های مالی و کسب تجارب آن‌ها می‌تواند سهم اساسی در کاهش هزینه مقابله با این بحران‌ها و همچنین زمینه طرح الگوهای برای پیش‌بینی چنین بحران‌هایی که گاه تا سال‌ها آثار آن به جای می‌ماند برای کشورها را فراهم سازد و برای جلوگیری از بحران یا کاهش شدت آن‌ها اقدامات لازم به عمل آید (نادری، ۱۳۸۲). تا آنجا که برخی پژوهشگران اقدام به معرفی سیستم‌های هشداردهنده پیش از موعد به منظور اطلاع و مقابله با بحران‌های مالی کرده‌اند در این زمینه، طیف وسیعی از شاخص‌های پیشرو شناسایی و آزمون شده‌اند. سیستم‌های هشداردهنده پیش از موعد^۲ برای بحران‌های مالی حداقل به‌عنوان یک ابزار

1. Stock Exchange
2. Early Warning Systems

عیب‌یابی سیاست‌های اقتصاد کلان می‌توانند مورد استفاده مسئولین و سیاست‌گذاران اقتصادی کشورها قرار گیرند (Abiad, 2003). که اگر به‌طور ایده‌آل به موضوع نگاه شود این سیستم‌ها به سیاست‌گذاران طی مقاطع قریب‌الوقوع هشدار خواهد داد که بحران در پیش است و اقدامات لازم برای جلوگیری از بروز آن یا گسترش آن اتخاذ شود. در مطالعات پژوهشی این سیستم‌ها به چندین شیوه تعیین می‌شوند که یکی از این شیوه‌ها مدل چرخشی مارکف^۱ می‌باشد مزیت این الگو نسبت به سایر الگوها این است که فروض کمتری بر توزیع متغیرهای مدل تحمیل می‌نماید و قادر به برآورد همزمان تغییرات متغیرهای مستقل و وابسته، مشروط به درون‌زا بودن وضعیت اقتصاد کشور در هر مقطعی از زمان (وضعیت آرامش یا وضعیت بحران) می‌باشد، بر الگوهای پیشین رجحان دارد (ابونوری و عرفانی، ۱۳۸۷).

نظر به اینکه در بررسی‌های عملکرد بازار سهام معمولاً شاخص قیمت سهام^۲ آئینه تمام بورس کشور تلقی می‌شود و می‌توان عکس‌العمل رفتار افرادی که در این بازار کار می‌کنند را در این شاخص دید همچنین این شاخص شرایط آتی اقتصاد را نشان می‌دهد، بنابراین در بسیاری از پژوهش‌های اقتصادی به‌عنوان متغیر اساسی بازار سهام مدنظر قرار می‌گیرد. در رابطه با بورس اوراق بهادار تهران بعد از سال ۱۳۶۸ در دوره فعالیت خود دچار فراز و نشیب‌هایی بوده است و این فراز و نشیب‌ها عموماً ذات بازار تلقی شده و نشان‌دهنده اتفاقات رخ داده در بازار می‌باشد، اما گاهی بازار واکنش‌های شدیدی خارج از انتظار بروز می‌دهد که شاید بتوان سقوط بازار سهام در سال ۱۳۸۳ را از این موارد نامید (صالح‌آبادی و دلیریان، ۱۳۸۹). بنابراین در این پژوهش سعی شده است به چگونگی پیش‌بینی احتمال وقوع بحران در بازار سهام به‌وسیله یک سیستم هشداردهنده بر اساس مدل چرخشی مارکف در قالب یک معادله قیمت سهام و همچنین بررسی دقیق عوامل مؤثر بر سقوط بازار سهام، چرایی و چگونگی وقوع بحران در بازار سهام و ارائه سیاست‌های مؤثر در جهت حل این بحران پرداخته شود.

در این پژوهش سعی بر آن است که متفاوت از مطالعات گذشته، پیش‌بینی بحران در بازار سهام بر اساس مدل چرخشی مارکف انجام شود از این‌رو در بخش دوم مقاله به بررسی بحران مالی، بحران بازار سهام و زمینه‌های شکل‌گیری بحران در این بازار و مفهوم شاخص قیمت سهام می‌پردازد. در بخش سوم مطالعات پژوهشی در ارتباط با این زمینه بررسی می‌شود. در بخش چهارم مدل‌سازی الگوی سیستم هشداردهنده بیان

1. Markov Switching Model
2. Stock Price Index

می‌شود و در ادامه همین بخش نتایج و داده‌های ناشی از برآورد الگو تجزیه و تحلیل می‌شود و در بخش پنجم نتیجه‌گیری مقاله ارائه می‌گردد.

۲- مبانی نظری

بحران بازارهای سهام

بحران‌های بازار سهام یکی از رویدادهای مهم جالب در عرصه علمی و عملی است به طوری که برای سرمایه‌گذاران و تجار ترس از بحران یک منبع همیشگی استرس و اضطراب است و با وقوع چنین بحرانی زندگی تعدادی از آن‌ها ویران می‌شود. فروریختن ناگهانی و وحشتناک بازار در سال ۱۹۸۷ به طور همزمان در بسیاری از کشورها در یک لحظه باعث تبخیر چند تریلیون دلار شد (صالح‌آبادی و دلیریان، ۱۳۸۹) آنچه بسیاری از ناظران اقتصادی را سردرگم کرده این است که متغیرهای اساسی اقتصادی تغییر قابل ملاحظه‌ای نکرده‌اند تا باعث سقوط بازار گردند. سقوط بازار سهام می‌تواند باعث شناخت اگرچه با تأخیر این واقعیت تلخ جهانی گردد و بررسی جدی‌تر نحوه اصلاح مشکلات و بازگشت به اقتصادی باثبات‌تر و مطمئن‌تر را ضروری سازد. زمانی که بازارهای سهام در اثر اوضاع اقتصادی ضعیفی در دهه ۱۹۷۰ سقوط کردند این سهام‌ها با سرعت بیشتری از بازار به زمین خوردند در نتیجه تحلیل‌گران بنیادی اکنون به ریسک بتای سهام و پرتفولیو توجه می‌کنند. با وجود عملکرد ضعیف دهه ۱۹۷۰ تحلیل‌گران بنیادی از تنوع دست‌نکشیدند، دلایلی برای آن وجود داشت از جمله سرمایه‌گذار می‌تواند همیشه به عقب و به حرکت گذشته اخیر سهام نگاه کرده و موقعیت‌ها را شناسایی کند. تحلیل‌های بنیادی سطح وسیعی از جزئیات و مهارت‌ها را که تحلیل‌گران بنیادی در محاسباتشان برای پیش‌بینی نیاز دارند، ارائه می‌دهند. در نهایت، تا به امروز یکی از روش‌های معتبر و شناخته شده جهت تجزیه و تحلیل سهام شرکت‌ها در کنار سایر روش‌های تحلیل، مورد استفاده تحلیل‌گران مالی می‌باشد.

سرمایه‌گذاران بازار خریدوفروش سهام صرفاً با مقاصد انتفاعی و اهداف سودآوری در این فعالیت اقتصادی شرکت می‌کنند. یک سرمایه‌گذار می‌تواند همیشه به عقب و به حرکت گذشته اخیر سهام نگاه کرده و موقعیت‌ها را شناسایی کند. خرید فوری و به موقع سهم در زمانی که قیمت‌ها پایین هستند و فروش سریع هنگامی که قیمت‌ها در حال نزول هستند و تکرار این فرایند برای همیشه رمز موفقیت سرمایه‌گذاران است، اما می‌بایست توجه داشت که تحلیل‌گران بنیادی اکنون به ریسک بتای سهام و پرتفولیو توجه می‌کنند و اگر

تداوم سیاست مالی غیرمسئولانه دولت همراه با ادامه رفتار غیرمسئولانه جامعه مالی در سراسر جهان باشد این می‌تواند باعث سقوط بازار سهام گردد. در حالت کلی می‌توان به برخی از مهم‌ترین زمینه‌های شکل‌گیری و ظهور بحران‌های مالی از جمله بحران‌های بازار سهام به شرح زیر اشاره کرد:

(۱) ترکیدن حباب‌های بورس بازی، (۲) وجود ریسک‌های اهرمی^۱، (۳) حرص و آز مالی، (۴) وجود مقادیر

بالای فساد و تقلب، (۵) رفتار رهمه‌ای^۲ بازیگران در بازارهای مالی

مفهوم شاخص سهام

شاخص یک معیار آماری است که تغییر حرکت و جهت یک اقتصاد یا یک بازار سهام را نشان می‌دهد در بازارهای مالی اساساً شاخص یک پرتفوی فرضی از اوراق بهادار است که شامل کل بازار مربوطه یا بخشی از آن است. مثلاً شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران پرتفویی فرضی از کلیه سهام پذیرفته شده است در حالی که شاخص مالی دربرگیرنده پرتفویی فرضی از شرکت‌های سرمایه‌گذاری است. هر شاخص دارای متدولوژی محاسباتی خاصی است که معمولاً برحسب تغییر از یک ارزش مبنا بیان می‌شود. مثلاً شاخص کل بورس تهران بر مبنای فرمول لاسپیرز با کمی تعدیل و بر پایه ارزش صد محاسبه می‌گردد. اما باید توجه داشت که ارزش عددی شاخص، بار اطلاعاتی چندانی ندارد.

در بورس‌های معتبر دنیا شاخص‌های متعددی برای بررسی، تجزیه و تحلیل عملکرد این بورس‌ها مورد محاسبه قرار می‌گیرد. نخستین شاخص مورد استفاده در بورس سهام، شاخص قیمتی سهام است که خود به چندین روش محاسبه می‌شود. شاخص قیمتی سهام همواره تحت تأثیر متغیرهای کلان اقتصادی در دوره‌های مختلف قرار داشته است و رکود و رونق اقتصادی بورس اوراق بهادار را به شدت تحت تأثیر قرار خواهد داد. به هر ترتیب، شاخص‌ها ابزارهای سودمندی برای ردیابی روندهای بازار هستند. شاخص‌های بورس معمولاً به-عنوان یکی از معیارهای مهم رونق یا رکود اقتصاد داخلی نیز به کار می‌روند. تحلیل‌گران مالی معتقدند که درک شاخص و تغییرات آن می‌تواند به سرمایه‌گذاران مناسب‌تر یاری رساند. از این‌رو کارایی شاخص، بخشی از کارایی بورس سهام تلقی می‌شود.

-
1. Leverage
 2. Herding Behavior

۳- پیشینه تحقیق

مطالعات داخلی:

نظیفی‌نائینی و همکاران (۱۳۹۱)، در پژوهشی تحت عنوان «مدل‌سازی و پیش‌بینی نوسانات بازار سهام با استفاده از مدل انتقالی گارچ مارکف یا سوگارچ» قدرت برازش و قدرت پیش‌بینی مجموعه‌ای از مدل‌های انتقالی گارچ مارکف، با استفاده از داده‌های بازار بورس اوراق بهادار تهران، طی سال‌های ۹۰-۱۳۷۶ مقایسه می‌شود. در این مطالعه، از مدل انتقالی گارچ مارکف برای پیش‌بینی نوسانات در بازار بورس اوراق بهادار تهران در افق‌های پیش‌بینی کوتاه‌مدت شامل یک روزه و پنج روزه (هفته‌ای) و دوره بلندمدت شامل ۱۰ روزه و ۲۲ روزه استفاده شده است. نتایج تجربی نشان می‌دهد برای پیش‌بینی نوسانات بازار سهام ایران، عملکرد مدل‌های سوگارچ با توزیع خطای t و با درجه آزادی متغیر بین دو رژیم، بسیار بهتر از مدل‌های گارچ معمولی است. حتی در برازش و بررسی‌های داخل نمونه‌ای نیز این نوع از مدل‌های انتقالی مارکف، رتبه اول را در زمینه قدرت برازش به خود اختصاص دادند.

صیادنیاطبی (۱۳۹۰)، در پژوهشی تحت عنوان «تبیین یک سیستم هشداردهنده جهت شناسایی بحران‌های مالی در ایران»، با استفاده از حدود ۶۰ متغیر اقتصادی مطرح و تأثیرگذار، و با استفاده از روش شبکه عصبی با ترکیب داده‌ها و متغیرهای موجود از طریق روش کامینسکای و همچنین با نگاه به شواهد تجربی تاریخی در اقتصاد ایران سال‌های بحرانی استخراج شده است، بعد از آن با استفاده از رویکرد سیگنالی شاخص‌های اثرگذار انتخاب شده است. شاخص‌هایی که دارای نویز کمتری هستند با روش لججیت نیز تخمین زده شده تا بهترین شاخص‌های اثرگذار معرفی شوند. همچنین در پایان با استفاده از شبکه عصبی و پیش‌بینی روند متغیرها و مقایسه آن‌ها با متغیرهای واقعی بر صحت سایر تخمین‌ها پی برده می‌شود. نتایج حاکی از آن است که سیستم هشداردهنده توانسته است در این سه آزمون سال‌های ۱۳۵۹، ۱۳۶۶، ۱۳۷۲، ۱۳۷۳ را به‌عنوان سال‌های بحران شناسایی کند و سپس بهترین شاخص‌هایی که توانسته‌اند یک یا دو سال قبل از بحران آلام را منتشر کنند را شناسایی کند.

ابونوری و عرفانی (۱۳۸۷)، در مقاله «الگوی چرخشی مارکف و پیش‌بینی احتمال وقوع بحران نقدینگی»، با استفاده از الگوی چرخشی مارکف، داده‌های ماهانه کشورهای عضو اپک در دوره زمانی ۲۰۰۳-۱۹۸۹ پردازش و یک الگوی هشداردهنده پیش از وقوع برای آن‌ها برآورد شده است. در این الگو از متغیرهای نرخ رشد، نرخ ارز مؤثر واقعی به عنوان متغیر وابسته و نسبت $M2$ به دارایی‌های خارجی؛ نسبت بدهی‌های خارجی

به دارایی‌های خارجی؛ نسبت اعتبارات داخلی به سپرده‌ها؛ نرخ رشد دارایی‌های خارجی و نرخ رشد سپرده‌ها؛ نرخ رشد نسبت M2 به دارایی‌های خارجی و نرخ رشد درآمدهای نفتی به عنوان متغیرهای توضیحی استفاده شده است.

نادری (۱۳۸۲)، در مقاله‌ای تحت عنوان «ارائه سیستم هشدار پیش از موعد برای بحران‌های مالی در ایران» یک سیستم هشدار پیش از موعد برای بحران‌های مالی به عنوان یک ابزار تجربی عیب‌یابی اقتصاد کلان برای اقتصاد ایران معرفی کرده است. در این مطالعه بر مبنای مطالعات انجام شده در دیگر کشورها و با استفاده از روش‌های مرسوم استخراج علائم و برآورد احتمال بحران، یک سیستم هشدار پیش از موعد بحران‌های مالی برای اقتصاد ایران ارائه شده که قادر است بحران‌های مالی را از قبل هشدار دهد. شاخص‌های استفاده شده در این مطالعه عبارت‌اند از: نرخ واقعی ارز، نرخ تورم، نرخ رشد واردات، نرخ رشد رابطه مبادله، بدهی‌های ارزی، نرخ رشد تولید ناخالص داخلی و نسبت بدهی‌های ارزی کشور. شبیه‌سازی بحران مالی در این مطالعه براساس بحران مالی سال ۱۳۷۲ در ایران انجام شده است و نتایج شبیه‌سازی علائم مناسبی را قبل از وقوع بحران ارائه می‌دهد.

مطالعات خارجی:

بحلول و عبید^۱ (۲۰۱۲)، در پژوهشی تحت عنوان «رفتار رژیم سوئیچینگ در نوسانات مشروط بازده بازار سهام خاورمیانه و شمال آفریقا»، برای نخستین بار به تحلیل رفتار از نوسانات مختلف در یازده بازار سهام کشورهای خاورمیانه و شمال آفریقا^۲ با استفاده از یک مدل چرخشی مارکوف سه رژیم^۳ در طول دوره سی اکتبر ۲۰۰۶ تا ۲۱ اکتبر ۲۰۰۷ پرداخته‌اند. همچنین در این پژوهش مدل رابطه با وقفه گرنجر^۴ به منظور بررسی تفاوت در شدت مکانیسم انتقال نوسانات و تأثیرات متقابل بین شاخص‌های بازار سهام منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا و شاخص جهانی ام اس سی آی^۵ مورد استفاده قرار می‌گیرد. نتایج نشان می‌دهد که نوسانات بازار سهام خاورمیانه و شمال آفریقا می‌تواند توسط ۳ رژیم مشخص شود، دوره آرامش با نوسانات کم از نوسانات، رژیم آشفستگی با نوسانات بالایی از نوسانات و رژیم بحران با نوسانات بسیار بالایی از نوسانات. علاوه بر این، شواهد

1. Bahloul and Abid
2. Middle East and North Africa
3. Tree-State Markov Regime
4. Granger lead-lag
5. Morgan Stanley Capital International

قابل توجه قوی از علیت در واریانس^۱ بین شاخص جهانی و کشورهای خاورمیانه و شمال آفریقا در بحران مالی مشاهده می‌شود. در طول دوران آرامش، ارتباط معنادار علی ندارد که می‌توان دریافت که نوسانات بین بازارهای مالی منتقل شده به نظر می‌رسد در طول رژیم سوم، از یک بحران مالی مهم است.

آکار و همکاران^۲ (۲۰۱۱)، در پژوهشی تحت عنوان «طراحی یک سیستم هشداردهنده پیش از موعد برای سقوط بازار سهام با استفاده از سیستم استنتاج فازی انطباق‌پذیر» بر ایجاد یک سیستم هشداردهنده پیش از موعد مالی برای پیش‌بینی سقوط بازار سهام با استفاده از نوسانات بازار سهام و افزایش قیمت سهام متمرکز شده‌اند که در آن رابطه نوسانات بازار سهام با سقوط بازار سهام به‌طور تجربی تجزیه و تحلیل شده است و همچنین داده‌های صد شاخص ملی بورس اوراق بهادار استانبول مورد استفاده قرار گرفته است. یک شاخص ریسک سقوط بازار سهام برای پیش‌بینی سقوط و ارائه یک هشدار پیش از موعد محاسبه شده است داده‌های مختلف معدن برای به‌دست آوردن بهترین راه‌حل علمی برای سیستم هشداردهنده پیش از موعد مقایسه می‌شوند. در این پژوهش سیستم استنتاج فازی انطباق‌پذیر برای پیش‌بینی سقوط بازار سهام به‌طور مؤثر پیشنهاد شده است و همچنین سیستم استنتاج فازی انطباق‌پذیر به‌عنوان یک ابزار آموزشی برای سیستم هشداردهنده توضیح داده شده است که با به‌دست آوردن نتایج موفقیت‌آمیز در رابطه با سقوط مالی سودمند می‌باشد.

آنگلیز و پس^۳ (۲۰۱۰)، در پژوهشی تحت عنوان «یک تجزیه و تحلیل پویا از بازارهای سهام با استفاده از یک الگوی مارکف پنهان»، یک چارچوب ابتکاری برای تشخیص بحران‌های مالی پیشنهاد می‌کنند که پایان یک بحران و پیش‌بینی تحولات آینده در بازارهای سهام را دربر دارد، این پیشنهاد براساس یک مدل مارکف پنهان است و با تجزیه و تحلیل تغییرات هفتگی در شاخص بازار سهام ایالات متحده در طی ۲۰ سال، تمرکز خاص بر متوسط بازدهی مشروط دارد. دستاوردهای این مطالعه حاکی از یک تشخیص دقیق از دوره‌های باثبات و آشفتگی، و یک اندازه‌گیری احتمالی سوئیچینگ بین شرایط مختلف بازار سهام می‌باشد که به بحث در مورد قابلیت‌های مدل مارکف پنهان و دادن اپراتورهای مالی برخی از استراتژی‌های سرمایه‌گذاری جذاب کمک می‌کند.

-
1. Variance
 2. Akar et al
 3. Angelis & Paas

ادیسون^۱ (۲۰۰۰)، در پژوهشی تحت عنوان «آیا شاخص‌های بحران مالی کار کنند؟ ارزیابی از یک سیستم هشداردهنده» یک سیستم هشدار پیش از موعد عملیاتی ارائه می‌دهد که می‌تواند بحران‌های مالی را کشف کند. برای رسیدن به این هدف وی سیستم هشدار پیش از موعد کامینسکی، لیزوندو و رینهارت^۲ (۱۹۹۸) و کامینسکی و رینهارت (۱۹۹۶) را که مبنای روش استخراج علائم است با در نظر گرفتن کارهای برگ و پاتیلو^۳ (۱۹۹۹)، تحلیل و بسط داده است. نتایج این مقاله عنوان می‌کند که یک سیستم هشدار پیش از موعد نوعی راهنمایی در تحلیل منظم اطلاعات ارائه داده و در شناسایی مناطق و کشورهای آسیب‌پذیر از بحران کمک کننده است.

۴- روش‌شناسی پژوهش

۴-۱- مدل‌های گارچ

مدل GARCH که تعمیم یافته مدل ARCH است برای اولین بار توسط بلسلو (۱۹۸۶) به عنوان راه کاری برای حل مشکل روش ARCH معرفی شد، مدل‌های خانواده آرچ، قابلیت استفاده از معیار نمونه را به ما می‌دهد و واریانس شرطی h_t ، سری زمانی را از طریق روش ML^۴ فرموله می‌کند. مدل‌های گارچ نسبت به مدل‌های آرچ دارای مقدار کوچک‌تر واریانس شرطی هستند و مدل گارچ (۱،۱) معمول‌ترین ساختار مورد استفاده برای بسیاری از سری‌های زمانی مالی می‌باشد. مدل‌های خانواده آرچ به طور مستقیم هم‌اکنون به عنوان یکی از بهترین تکنیک‌های مدل‌سازی تلاطم در بازارهای مالی شناخته می‌شود. این رده از مدل‌ها قابلیت مدل‌سازی نوسانات سری زمانی مالی، چه از نوع خوشه‌ای و چه از نوع بازگشت به میانگین را دارا می‌باشد. یکی از دلایل موفقیت آن‌ها، سهم وسیعی از ادبیات موضوع در زمینه مسائل مالی می‌باشد که به خود اختصاص داده‌اند.

در مدل ARCH فرض بر این است که جمله تصادفی دارای میانگین صفر و به طور سریالی غیر همبسته است ولی واریانس آن با شرط داشتن اطلاعات گذشته خود، متغیر فرض می‌شود. در این حالت انتظار بر این است که واریانس در طول روند تصادفی سری، ثابت نباشد و از رفتار جملات خطا تبعیت کند. در واقع مدل

-
1. Edison
 2. Kaminsky and Lizondo and Reinhart
 3. Berg and Pattillo
 4. Maximum Likelihood

ARCH می‌تواند روند واریانس شرطی را با توجه به اطلاعات گذشته خود توضیح دهد. اما این روش انتظارات عقلایی را نادیده می‌گیرد و قادر به شناسایی تأثیر پیش‌بینی نوسانات دوره‌های گذشته بر روی نوسانات فعلی نیست. مدل GARCH اثر ARCH را با کاهش هندسی در تعداد پارامترها محدود می‌کند. این بدین مفهوم است که اثر یک شوک بر روی نوسانات جاری با گذشت زمان کاهش می‌یابد (مهرگان، ۱۳۹۱).

ساختار مدل را می‌توان به صورت روابط (۱) و (۲) نوشت:

(۱)

$$(y_t | \xi_{t-1}) = a_0 + \sum_{i=1}^s a_i y_{t-i} + \gamma x_t + \varepsilon_t$$

$$(\varepsilon_t | \xi_{t-1}) \cong N(0, \sigma_t^2)$$

(۲)

$$\sigma_t^2 = E(\varepsilon_t^2 | \xi_{t-1}) = \beta_0 + \sum_{i=1}^q \beta_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^p \theta_j \sigma_{t-j}^2 + v_t$$

$$\beta_0 \geq 0, \beta_i \geq 0, \theta_j \geq 0, \sum_{i=1}^q \beta_i + \sum_{j=1}^p \theta_j < 1; v_t \cong IIN(0, \sigma_v^2)$$

y_t ؛ متغیر وابسته در دوره t ، x_t ؛ متغیر توضیح‌دهنده در دوره t ، ε_t ؛ میزان پسماند در دوره است. ε_t به عنوان شوک‌ها و اطلاعات جدیدی شناخته می‌شود که عامل اقتصادی قبلاً از وجود آن بی‌اطلاع بوده‌اند (اگر $\varepsilon_t > 0$ ، شوک مثبت و اگر $\varepsilon_t < 0$ ، شوک منفی است)، σ_t^2 ؛ واریانس شرطی است که به پیش‌بینی نوسانات سری زمانی در دوره t تعبیر می‌شود، ξ_{t-1} ؛ شامل مجموعه‌ای از اطلاعات تا زمان $(t-1)$ به علاوه ε_t است. معادله (۱) که ضابطه‌ای برای تعیین میانگین شرطی است، به‌عنوان تابعی از متغیرهای برون‌زا با جزء اخلاص است. در این معادله اگر نوفه (ε_t) از توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس شرطی تبعیت کند، می‌توان معادله (۲) را مطرح کرد.

معادله (۲) مشخص‌کننده‌ی واریانس شرطی است. معادله‌ی واریانس شرطی از سه قسمت میانگین نوسانات (β_0)، جزء (ε_{t-i}) و جزء (σ_{t-j}^2) تشکیل شده است. که در آن جزء ε_{t-j} شاخص خبرهای دوره قبل است که از توان دوم پسماند معادله میانگین شرطی حاصل می‌شود و به‌صورت متغیر تأخیری در معادله‌ی واریانس شرطی ظاهر می‌شود. جزء σ_{t-j}^2 نیز نشان‌دهنده‌ی پیش‌بینی نوسانات دوره‌های گذشته است. همچنین در معادله (۲)؛ پسماند واریانس شرطی دارای توزیع نرمال با واریانس σ^2 است. به‌عبارتی در اینجا پسماند نوفه سفید خواهد بود. این شرط در تمام مدل‌های واریانس ناهمسانی شرطی صادق است.

۴-۲- مدل گارچ نمایی^۱

مشکل اصلی گارچ استاندارد این است که شوک‌های مثبت و منفی اثرات یکسانی بر روی نوسانات دارند. هرچند این اثرات شوک‌های مثبت و منفی ممکن است متقارن باشد (مهرگان و همکاران، ۱۳۹۲). مدل‌های جایگزین بسیاری برای مدل‌های گارچ معرفی شده‌اند که ماهیت متقارن واکنش‌های نوسانات را به تصویر می‌کشند. یکی از آن‌ها مدل گارچ نمایی (ای گارچ) نلسون^۲ در ۱۹۹۱ می‌باشد، که در حالت نامتقارن بودن نوسانات کاربرد دارد. در این مدل، واریانس شرطی به صورت لگاریتمی مدل‌سازی شده است، به این معنی که هیچ محدودیتی روی پارامترها در مدل وجود ندارد که بخواهد از منفی بودن واریانس‌ها اجتناب کند. در نتیجه مدل از حالت تقارن خارج می‌شود. معادله واریانس شرطی مدل EGARCH(p,q) به صورت معادله (۳) محاسبه می‌شود:

(۳)

$$\text{Log}(\sigma_t^2) = \beta_0 + \sum_{i=1}^p \beta_i \log(\sigma_{t-i}^2) + \sum_{k=1}^r \theta_k \frac{\varepsilon_{t-k}}{\sigma_{t-k}} + \sum_{j=1}^q \phi_j \frac{\varepsilon_{t-j}}{\sigma_{t-j}} + \vartheta_t$$

که در آن $\beta_0, \beta_i, \theta_k$ و ϕ_j پارامترهای ثابت هستند. اگر $\theta_k < 0$ باشد در این صورت شوک‌های مثبت نسبت به شوک‌های منفی کمتر نوسانات را گسترش می‌دهد. تا زمانی که $\theta_k \neq 0$ باشد مدل نمایی نامتقارن است.

متغیرهای مورد بررسی در این تحقیق بر چند نوع‌اند که عبارت‌اند از:

- ۱) شاخص قیمت سهام (به‌عنوان متغیر وابسته در مدل چرخشی مارکف). (۲) نوسانات قیمت سهام (به‌عنوان متغیر مستقل در مدل چرخشی مارکف). (۳) متغیرهای کلان اقتصادی مانند: حجم نقدینگی، قیمت جهانی نفت.
- ۴) قیمت دارایی‌های رقیب بازار سهام مانند نرخ ارز، قیمت طلا. (۵) عوامل درونی تأثیرگذار بر بازار سهام: قابلیت نقدشوندگی سهام، نسبت قیمت به درآمد، حجم معاملات. (۶) شاخص بحران مالی جهانی که در این پژوهش از شاخص داو جونز^۳ استفاده شده است. (موارد ۳ و ۴ و ۵ و ۶ به عنوان متغیرهای مؤثر بر نوسانات قیمت سهام در مدل ایی گارچ).

-
1. Exponential GARCH
 2. Nelson
 3. Dowjones

۴-۳- الگوی پیش‌بینی بحران‌های بازار سهام

از آنجا که فرهنگ سهام‌داری در بسیاری از کشورهای رو به رشد هنوز جایگاه ویژه و واقعی خود را پیدا نکرده است، ضرر و زیان سرمایه‌گذاران در بورس سهام و بحران در این بازار می‌تواند خود عاملی باشد که در جهت منفی عمل کند و اعتماد اقشار مختلف مردم به سرمایه‌گذاری در این بازار را سلب کند و روند آتی بازار سرمایه کشور را مخدوش کند. همچنین به دلیل ارتباط بازارها با یکدیگر بحران از یک بازار به سایر بازارها سرایت نموده و گاه کل اقتصاد را درگیر می‌نماید، از این رو پیش‌بینی‌های دقیق و قابل اطمینان که بر مدل‌های مناسب استوار باشد و برای مقابله با شرایط بحران‌زا مفید باشند، امری ضروری محسوب می‌شود. از این رو به معرفی سیستم‌های هشداردهنده به منظور اطلاع و مقابله با بحران‌های بازار سهام می‌پردازیم. دو روش معمول پیش‌بینی در این سیستم‌های هشداردهنده، یکی روش استخراج علائم بحران با استفاده از شاخص‌های پیشرو و دیگری، روش متغیر گسسته یا برآورد احتمال بحران با استفاده از شاخص‌های مؤثر بر بحران توسط الگوهای رژیم- چرخشی یا الگوهای لوجیت یا پروبیت است.

۴-۴- الگوهای چرخشی مارکف

چون الگوهای چرخشی مارکف، که گاهی از آن‌ها به الگوهای چرخشی رژیم تعبیری می‌شود، فروض کمتری را بر توزیع متغیرهای مدل تحمیل می‌نماید و قادر به برآورد همزمان تغییرات متغیرهای مستقل و وابسته، مشروط به درون‌زا بودن وضعیت اقتصاد کشور در هر مقطعی از زمان (وضعیت آرامش یا وضعیت بحران) می‌باشد، بر الگوهای پیشین رجحان دارند.

مدل‌های چرخشی مارکف یک تعمیم از رویکرد متغیرهای دامی می‌باشد با این تفاوت که حالات ممکن و متغیر حالت بین رژیم‌ها از فرآیند مارکف پیروی می‌کند. در رویکرد متغیر دامی، متغیر حالت (S_t) تعیین شده می‌باشد و مشخص است که در چه زمانی اتفاق می‌افتد و چه مقداری را اتخاذ می‌کند، اما در رویکرد چرخشی مارکف متغیر حالت یک متغیر تصادفی است که از زنجیره مارکف پیروی می‌کند. پارامترهای مدل از روش حداکثر راستنمایی^۱ برآورد می‌شوند. در این حالت فرض می‌شود که این چرخش‌ها به‌طور مستقیم مشاهده نمی‌شوند اما در عوض باید یک استنتاج احتمالی راجع به این که کی و کجا این چرخش اتفاق بیفتد داشته محاسبه شود و این استنتاج براساس رفتار مشاهده شده از خود سری ایجاد می‌شود.

1. Maximum Likelihood Estimation

یک مدل چرخشی مارکف، ترکیبی از دو یا چند مدل مجزا است که براساس مکانیسم چرخشی مارکف با همدیگر ادغام شده‌اند، این مدل‌ها نسبت به مدل‌های خطی در سه مورد برتری کامل دارند؛ به صورت:

۱- در این روش امکان وجود یک تغییر دائمی یا چندین تغییر موقت وجود داشته و این تغییرات می‌توانند به دفعات و برای مدت کوتاهی اتفاق بیفتند، در عین حال در این مدل به صورت درون‌زا زمان‌های دقیق تغییرات و شکست‌های ساختاری تعیین می‌شوند.

۲- تفاوت واریانس‌ها نیز می‌تواند به‌عنوان یکی از ویژگی‌های این مدل‌ها لحاظ شود به‌عبارت دیگر مدل مارکف از چندین معادله برای توضیح رفتار متغیرها در رژیم‌های مختلف استفاده می‌کند.

۳- این مدل فروض کمتری را بر توزیع متغیرهای مدل تحمیل می‌نماید و قادر به برآورد همزمان تغییرات متغیرهای مستقل و وابسته، مشروط به درون‌زا بودن وضعیت اقتصاد کشور در هر مقطعی از زمان (وضعیت‌های مختلف) است (ابونوری و عرفانی، ۱۳۸۷).

مدل‌های مارکف سوئیچینگ می‌تواند با توجه به این که کدام قسمت مدل اتورگرسیو وابسته به رژیم باشد و تحت تأثیر آن انتقال یابد به انواع مختلف طبقه‌بندی می‌شود. آنچه در مطالعات اقتصادی بیشتر مورد توجه است شامل چهار حالت مدل‌های مارکف سوئیچینگ در میانگین (MSM)، عرض از مبدأ (MSI)، پارامترهای اتورگرسیو (MSA) و ناهمسانی در واریانس (MSH) می‌باشد با توجه به این واقعیت که براساس نظریه‌های اقتصادی و مشاهدات تجربی برخی از متغیرهای اقتصادی دارای رفتار غیرخطی هستند، با استفاده از مدل‌های یادشده می‌توان این گونه متغیرها را به صورت غیرخطی مدل‌سازی کرد.

اگر در مدل اولیه موردنظر، متغیرهای توضیحی و متغیر وابسته به صورت تأخیری در سمت راست مدل ظاهر شوند، با توجه به اینکه ضرایب متغیرها نیز می‌توانند در رژیم‌های مختلف متفاوت باشند در این صورت به پیروی از سیلمنت و کرولزینگ^۱ (۲۰۰۲) و کلونی و مانرا^۲ (۲۰۰۹) می‌توان یک حالت تعمیمی برای مدل‌های چرخشی مارکف خود توضیح با متغیر توضیحی وقفه‌دار $(MSIAH(k)_{ARX}(p,q))$ به صورت رابطه (۴) تعریف کرد:

(۴)

$$Y_t = C(S_t) + \sum_i^p a_i(S_t)y_{t-i} + \sum_j^q \beta_j(S_t)x_{t-j} + \varepsilon_t(S_t)$$

1. Clements & Krolzig
2. Cologni & Manera

در مدل فوق y_t متغیر وابسته، x_t متغیرهای مستقل، C عرض از مبدأ و ε_t جزء اخلاص مدل است. تمامی عناصر سمت راست رابطه (۴) از متغیر رژیم یا وضعیت (S_t) تبعیت می‌کنند. یک متغیر تصادفی گسسته و نهفته (غیرقابل مشاهده) است که در طول زمان بر اثر تغییرات نهادی و ساختاری تغییر می‌کند و می‌تواند k حالت به خود بگیرد؛ مثلاً در مورد متغیر قیمت سهام، وقتی S_t دو حالت ۱ و ۲ بگیرد این دو حالت وضعیت-های رکود و رونق را نشان خواهند داد. در رابطه (۴) هر یک از اجزا رژیمی می‌توانند به صورت غیر رژیمی نیز ظاهر شوند. شایان ذکر است در ادبیات مرتبط با مدل‌های چرخشی مارکف برای نشان دادن رژیمی (چرخشی) بودن قسمت عرض از مبدأ از نماد I ، ضرایب خود توضیح (همچنین ضرایب وقفه‌های توزیعی متغیر مستقل) از نماد A ، قسمت واریانس مدل از نماد H و برای تعداد رژیم‌ها از نماد K استفاده می‌شود. بر همین اساس یک مدل k رژیمی خود توضیح $AR(p)$ (از مرتبه p) همراه با متغیر توضیحی وقفه‌دار X (از مرتبه q) را با نماد $MS(k)_{-}ARX(p,q)$ نشان می‌دهند. در نتیجه $MSIAH(k)_{-}ARX(p,q)$ به یک مدل چرخشی K رژیمی خود توضیح از مرتبه p همراه با متغیر توضیحی وقفه‌دار از مرتبه q اشاره دارد که در آن عرض از مبدأ مدل، ضرایب قسمت خود توضیح، ضرایب متغیرهای مستقل وقفه‌دار و همچنین واریانس مدل در هر یک از رژیم‌ها منحصر به فرد خواهد بود. در مدل‌های چرخشی مارکف، متغیر S_t قابل مشاهده نیست، لذا تشخیص دقیق حاکم بودن هر یک از رژیم‌ها یا وضعیت‌ها در زمان t غیرممکن است. اما امکان محاسبه احتمال حاکمیت هر کدام از رژیم‌ها (S_t) وجود دارد. تعیین وضعیت (S_t) به وسیله توابع احتمال انتقالی یک فرایند محدود (متناهی) k وضعیتی مارکف با گسستگی زمانی صورت می‌گیرد. بر اساس زنجیره k وضعیتی مارکف؛ متغیر گسسته S_t از مقادیر گذشته خودش تبعیت می‌کند که برای سادگی، فرض می‌شود زنجیره‌ی مارکف از نوع مرتبه اول است. با پیگیری این زنجیره، فرآیند ایجاد داده $(DGP)^1$ در مورد متغیر رژیم تکمیل می‌شود (رابطه ۲).

$$\begin{cases} S_t \in \{1, 2, \dots, k\}, \\ P(S_t = j | S_{t-1} = i, \Omega_{t-1}) \\ P(S_t = j | S_t = i, \Omega_{t-1}) = P(S_t = j | S_{t-1} = i) = P_{ij} \end{cases} \quad (5)$$

با کنار هم قرار دادن این احتمالات در یک ماتریس $k \times k$ ، ماتریس احتمال انتقالات (p) به دست می‌آید که هر عنصر آن (p_{ij}) احتمال انتقال از وضعیت i به وضعیت j را نشان می‌دهد.

1. Data Generating Process (DGP)

(۶)

$$\begin{bmatrix} p_{11} & \cdots & p_{k1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{1k} & \cdots & p_{kk} \end{bmatrix}, \sum_{j=1}^k p_{ij}=1 \quad \forall i, j \in \{1, 2, \dots, k\}, 0 \leq p_{ij} \leq 1$$

در مدل‌های چرخشی مارکف رفتار متغیر y_t علاوه بر ε_t و متغیرهای مستقل به متغیر S_t وابسته است. به دلیل تغییر رژیم در طول زمان و تفاوت پارامترها در مدل‌های مربوط به هر رژیم؛ مقادیر میانگین شرطی متغیر y_t ، به تبع آن جزء اخلاص مربوط به هر رژیم و در نهایت واریانس مدل مربوط به هر رژیم می‌تواند متفاوت ظاهر شود. بر این اساس با فرض اینکه ε_t از یک توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس رژیمی $\sigma^2(S_t)$ پیروی کند، احتمال وقوع y_t ‌ها در رژیم‌های مختلف به صورت رابطه (۷) خواهد بود:

$$f(y_t | S_t, \Omega_{t-1}) = \frac{1}{\sigma(S_t)\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(y_t - o(S_t))^2}{2\sigma^2(S_t)}\right) \quad (7)$$

در تابع $\varphi(S_t)$ و $\sigma^2(S_t)$ به ترتیب میانگین شرطی و واریانس متغیر y_t هستند که هر دو از متغیر وضعیت S_t تبعیت می‌کنند و لذا احتمال وقوع y_t به عنوان یک متغیر تصادفی در هر نقطه از زمان به متغیر تصادفی و نهفته S_t وابسته خواهد بود. با توجه به اینکه توزیع S_t ‌ها به مقادیر گذشته خودشان وابسته‌اند به عبارتی احتمال وقوع S_t ‌ها مستقل نیستند $(p(S_t = j | S_{t-1} = i, \Omega_{t-1}))$ ، یک احتمال مشترک بین وقوع y_t و تمام S_t ‌ها وجود دارد $(f(y_t | S_t, \Omega_{t-1}))$. براساس این ویژگی و خاصیت توابع حداکثر درست‌نمایی مبنی بر حداکثر کردن احتمال وقوع مشترک کمیت‌های تصادفی در نمونه به منظور حداکثر کردن احتمال رخداد نمونه‌ی مورد بررسی در جامعه آماری، می‌توان از این توابع برای برآورد تمامی کمیت‌های تصادفی مدل که مشخص نیستند، استفاده کرد. لذا می‌توان نوشت:

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k f(y_t | S_t, \Omega_{t-1}) p(S_t = j | S_{t-1} = i, \Omega_{t-1}) = L = f(y_t | S_t = j, \Omega_{t-1}) \quad (8)$$

روش مرسوم برای برآورد پارامترهای مورد نظر در تابع درست‌نمایی؛ حداکثر کردن تابع لگاریتم درست‌نمایی $\log(L)$ نسبت به پارامترهای تابع است.

۵- تحلیل نتایج

۱-۱- مدل سازی نوسانات

در مدل گارچ اثر شوک‌های منفی و مثبت متقارن در نظر گرفته می‌شود. به نظر می‌رسد، نوسانات قیمت سهام نسبت به شوک‌های منفی و مثبت واکنش یکسانی نشان نمی‌دهد، از این رو برای تحلیل رفتار نوسانات در شکل‌گیری ناطمینانی لازم است از یک مدل نامتقارن مانند مدل ایی گارچ استفاده شود. در این مطالعه از مدل نامتقارن ایی گارچ برای استخراج نوسانات قیمت سهام استفاده شده است. برای برآورد مدل ایی گارچ ابتدا لازم است، در مورد سری قیمت سهام (S_t) ، معادله میانگین شرطی برآورد شود. برای تصریح و برآورد این معادله براساس نمودار همبستگی نگار^۱ سری قیمت سهام و همچنین معیار اطلاعات آکائیک (AIC) و شوارتز بیزین (SBC)، مدل زیر انتخاب شد. مقادیر داخل پارانتر احتمال محاسبه شده را نشان می‌دهد:

(۹)

$$S_t = C_0 + C_1 S_{t-1} + C_2 S_{t-2} + C_3 S_{t-3} + C_4 S_{t-4} + \varepsilon_t$$

ضرایب برآورد شده بالا به صورت زیر می‌باشد:

$$S_t = 512.3022 + 0.48101 + 0.20748 - 0.3109 + 0.2487$$

$$(0, 1558) \quad (0, 000) \quad (0, 0349) \quad (0, 0028) \quad (0, 0202)$$

براساس نمودار همبستگی نگار مربوط به مربع پسماندهای حاصل از رابطه (۹)، مدل EGARCH(1,1) به عنوان مناسب ترین مدل از نظر معیار باکس-جنکینز از بین معادلات برآوردی انتخاب شده است.^۲ نتایج در جداول (۲) و (۳)، ارائه شده است. همچنین انحراف معیار شاخص قیمت سهام حاصل از EGARCH(1,1) نیز در نمودار (۱) ترسیم شده است.

معادله میانگین شرطی مدل EGARCH(1,1):

$$dS_t = C_0 + C_1 S_{t-1} + C_2 S_{t-2} + C_3 S_{t-3} + C_4 S_{t-4} + C_5 gold_t + C_6 dw_t + C_7 oil_t + C_8 m_t + C_9 exchang_t + C_{10} pe_t + C_{11} liq_t + C_{12} T_t + \varepsilon_t \quad (10)$$

1. Correlogram

۲. آزمون واریانس همسانی آرچ نشان داد واریانس معادله میانگین شرطی در طول زمان تغییر می‌کند. اما نتایج این آزمون بعد از تخمین مدل ایی گارچ نشان‌دهنده‌ی عدم اثر آرچ در باقی‌مانده‌های مدل بود.

در معادله فوق متغیرهای مورد استفاده عبارت‌اند از: S : شاخص قیمت سهام در زمان t ، $gold$: قیمت جهانی طلا در زمان t ، dw : شاخص داوجونز در زمان t ، oil : قیمت جهانی نفت در زمان t ، m : حجم نقدینگی در زمان t ، $exchang$: نرخ ارز در زمان t ، pe : نسبت قیمت به درآمد سهام در زمان t ، liq : قابلیت نقدشوندگی سهام در زمان t ، T : حجم معاملات در زمان t

جدول (۱): نتایج برآورد معادله میانگین شرطی مدل EGARCH(1,1)

متغیر	ضریب	انحراف معیار	آماره Z	احتمال
c_0	۶۰۲,۷۴۴۴	۲۰۰,۵۵۶۱	۳,۰۰۵۳۶۵	۰,۰۰۲۷
S_{t-1}	۰,۱۹۲۳۰۰	۰,۰۸۰۰۵۶	۲,۴۰۲۰۶۰	۰,۰۱۶۳
S_{t-2}	۰,۱۷۹۶۶۵	۰,۰۶۸۵۰۰	۲,۶۲۲۸۴۷	۰,۰۰۸۷
S_{t-3}	۰,۰۸۰۸۳۴	۰,۰۶۷۵۶۰	۱,۱۹۶۴۸۲	۰,۲۳۱۵
S_{t-4}	۰,۰۰۹۹۳۲	۰,۰۷۵۱۴۴	۰,۱۳۲۱۷۶	۰,۸۹۴۸
$dgold_t$	-۰,۶۵۹۶۶۰	۰,۳۸۱۱۳۳	-۱,۷۳۰۷۸۸	۰,۰۴۳۵
ddw_t	-۰,۱۱۹۸۷۶	۰,۱۱۷۵۱۸	-۱,۰۲۰۰۷۰	۰,۳۰۷۷
oil_t	-۵,۷۲۹۸۸۷	۲,۸۰۲۷۲۰	-۲,۰۴۴۴۰۳	۰,۰۴۰۹
dm_t	-۰,۰۰۴۸۶۵	۰,۰۰۱۶۷۶	-۲,۹۰۳۵۴۶	۰,۰۰۳۷
$dexchang_t$	-۰,۱۴۳۹۰۲	۰,۰۵۴۹۲۲	-۲,۶۲۰۰۸۷	۰,۰۰۸۸
dpe_t	۱۶۴۲,۸۴۴	۱۶۳,۷۳۷۲	۱۰,۰۳۳۴۲	۰,۰۰۰
liq_t	۳۱۶۹۴,۵۰	۵۹۳۱,۲۱۸	۵,۳۴۳۶۷۴	۰,۰۰۰
T_t	۰,۰۳۹۷۵۴	۰,۰۰۶۴۷۹	۶,۱۳۶۱۵۰	۰,۰۰۰

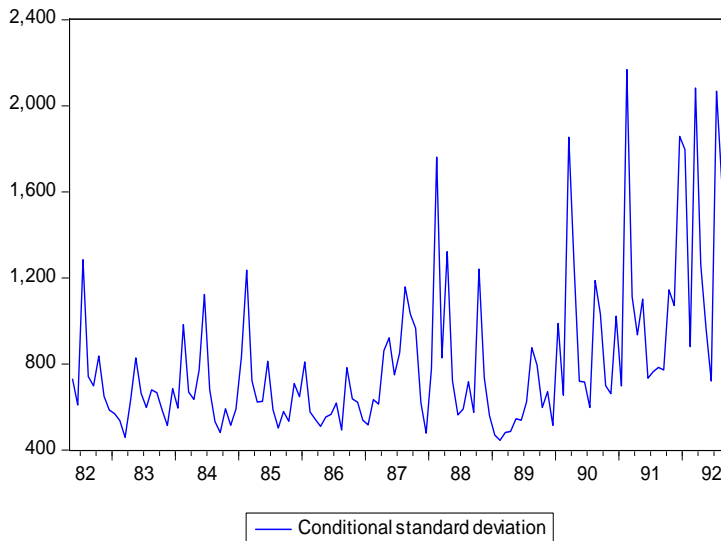
معادله واریانس شرطی مدل EGARCH(1,1):

$$\log(\sigma_t^2) = \beta_0 + \beta_1 \log(\sigma_{t-1}^2) + \theta \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}} + \phi \left| \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}} \right| + \mathcal{V}_t \quad (11)$$

جدول (۲): نتایج برآورد معادله واریانس شرطی مدل EGARCH(1,1)

احتمال	آماره z	انحراف معیار	برآورد	ضرایب برآوردی
۰,۰۸۳۳	۱,۷۳۱۶۷۰	۳,۲۷۵۸۲۰	۵,۶۷۲۶۳۷	β_0
۰,۰۳۱۲	۲,۱۵۴۴۰۴	۰,۲۴۰۷۱۲	۰,۵۱۸۵۹۲	β_1
۰,۰۲۱۳	-۲,۳۰۲۵۲۴	۰,۱۷۲۷۷۰	-۰,۳۹۷۸۰۷	θ
۰,۰۰۳۱	۲,۹۶۲۴۹۵	۰,۳۰۹۳۲۲	۰,۹۱۶۳۶۶	ϕ

مأخذ: یافته‌های پژوهش



نمودار (۱). روند انحراف معیار (ریشه دوم نوسانات) شاخص قیمت سهام

همان‌طور که در جدول (۱)، نشان داده شده است، تمامی متغیرها به‌جز شاخص داوجونز معنادار هستند. نتایج نشان می‌دهد اثر منفی و اثر مثبت بر شاخص قیمت سهام بورس تهران دارند. در رابطه با عدم تأثیر شاخص داوجونز بر شاخص قیمت سهام، با توجه به اینکه در سال‌های گذشته میزان ارتباط کشور با دنیای خارج به‌واسطه مسائل سیاسی و به تبع آن، به‌واسطه مسائل اقتصادی، کاهش یافته و تحریم‌های ناشی از مسائل هسته‌ای آن را تشدید نموده است، همچنین به دلیل عدم همبستگی بازار سهام با بازارهای مالی جهانی چنین نتیجه‌ای دور از انتظار نبود.

در توضیح اثر مستقیم حجم معاملات سهام بر نوسان شاخص قیمت سهام از نظر عرف بازار، حجم معاملات، به صورت مثبتی به نوسانات قیمت سهام مربوط می‌باشد همان‌طور که انتظار می‌رود کاهش و افزایش حجم معاملات، به ترتیب کاهش و افزایش نوسانات قیمت سهام را در پی دارد.

متغیر قابلیت نقدشوندگی سهام که معیار آن می‌تواند حجم معاملات باشد (هرچه حجم معاملات بیشتر باشد، بازار به معنای کلی آن، از قابلیت نقدشوندگی بیشتری برخوردار است) طبق آنچه در پاراگراف قبل در مورد حجم معاملات گفته شد افزایش و کاهش نقدشوندگی سهام نیز به ترتیب باعث افزایش و کاهش نوسانات قیمت سهام می‌شود.

در توضیح اثر نسبت قیمت به درآمد سهام با توجه به اهمیت این نسبت در بازار سرمایه و تأثیرگذاری عمده آن در تصمیمات سرمایه‌گذاری فعالان بازار، تأثیر آن بر نوسانات شاخص قیمت سهام دور از انتظار نیست که در این پژوهش تأثیر مثبت آن بر نوسانات قیمت سهام به دست آمده است.

در مورد قیمت نفت افزایش قیمت نفت ارزش پول کاهش یافته در نتیجه افراد پول نقد کمتری نگه می‌دارند و به جای سرمایه‌گذاری در دارایی‌های مالی، در دارایی‌های رقیب آن‌ها سرمایه‌گذاری می‌کنند. در نتیجه تقاضا برای سهام کاهش یافته و نوسانات شاخص قیمت سهام به دنبال کاهش حجم مبادلات کاهش می‌یابد.

افزایش نرخ ارز موجب کاهش ارزش پول ملی و افزایش هزینه‌های شرکت‌های واردکننده‌ی مواد اولیه و تجهیزاتی و کاهش سودآوری آنان شده است. از سوی دیگر، با افزایش نرخ ارز این انتظار به وجود می‌آید که با افزایش سودآوری شرکت‌های صادراتی، بازار سرمایه از پیامدهای این اتفاق به سودآوری شرکت‌های بورسی و نیز مشکلات احتمالی در مبادلات ارزی شرکت‌ها برآورد دقیقی ندارند؛ این ابهام موجب شده تا با وجود تأثیر چشم‌گیر تحولات ارزی بر بورس، خریداران سهام تا حد زیادی جانب احتیاط را رعایت کنند و رونق پایدار بازار سهام را با گذشت زمان و دریافت گزارش‌های مالی شرکت‌ها موکول کنند. این عوامل باعث رکود بورس، کاهش حجم مبادلات و در نتیجه کاهش نوسانات شاخص قیمت سهام می‌شود.

در بازار طلا نیز با توجه به بحران‌های اقتصادی سال‌های اخیر و تمایل مردم به خرید طلا در این کشورها، قیمت جهانی طلا افزایش یافت از طرف دیگر افزایش نرخ ارز نیز در بازار ایران به این مسئله دامن زد (لازم به ذکر است که قیمت طلا در ایران متأثر از قیمت جهانی آن و قیمت دلار می‌باشد). از این رو افزایش قیمت سکه و نرخ ارز باعث هدایت نقدینگی موجود در جامعه به سمت این دو بازار موازی با بازار سرمایه می‌شود که به مانند استدلال گفته شده در پاراگراف قبل باعث کاهش نوسانات در شاخص قیمت سهام خواهد شد.

در توضیح اثر معکوس حجم نقدینگی بر نوسان شاخص قیمت سهام می‌توان گفت که در کشور ما هر زمان نقدینگی افزایش می‌یابد این افزایش به سمت بازارهای دیگر مثل بازار طلا، مسکن و بازار کالاهای بادوام منتقل می‌شود و با این وضعیت سرمایه‌گذاران اندک موجود در بازار دارایی‌های مالی نیز تشویق به خروج از این بازار می‌شوند. در نتیجه تقاضا برای سهام کاهش یافته و نوسانات شاخص قیمت سهام به دنبال کاهش حجم مبادلات کاهش می‌یابد.

مطابق جدول (۲)، منفی بودن مقدار پارامتر θ در برآورد مدل EGARCH نشان می‌دهد که تأثیر شوک‌های مثبت قیمتی سهام در بازار سهام نوسانات قیمتی کمتری را به دنبال دارد (۰,۵۰۸۴) $\theta + \varphi =$. در حالی که شوک‌های منفی قیمتی سهام نوسانات و نااطمینانی قیمتی بیشتری را در بازار سهام ایجاد می‌کند (۱,۳۱۴۱) $\theta - \varphi =$. از آنجا که ارزش مطلق تأثیرگذاری شوک‌های منفی و مثبت هم‌اندازه بر نوسانات قیمتی سهام برابر نیست، شوک‌های اولیه سهام تأثیر نامتقارن بر شکل‌گیری نوسانات قیمتی سهام دارند.

۲-۵- برآورد الگوی چرخشی مارکف و پیش‌بینی احتمال بحران

در این پژوهش از بین روش‌های استاندارد ارائه سیستم هشدار پیش از موعد برای پیش‌بینی بحران الگوی چرخشی مارکف انتخاب شده است، که مزیت استفاده از این مدل این است که جزء تصادفی مدل که متغیر تصادفی حالت یا همان رژیم است از فرآیند مارکف پیروی می‌کند که می‌تواند چرخش‌ها و تغییرات ناپیوسته تصادفی را مدل‌سازی کند و اجازه می‌دهد در فرآیند پیش‌بینی از اطلاعات شرطی استفاده شود مزیت دیگر این است که برای پیش‌بینی بهتر از پیش‌بینی متغیر حالت با توزیع وابسته به زمان (شرطی) استفاده می‌شود. پس از آنکه نوسانات قیمتی را از طریق مدل ایبی گارچ (۱،۱)، به دست آوردیم به بررسی مدل چند رفتاری شاخص قیمت سهام در واکنش به نوسانات قیمت سهام از طریق مدل‌سازی الگوی چرخشی مارکف می‌پردازیم که در نهایت یک سیستم هشداردهنده برای پیش‌بینی بحران بازار سهام ارائه گردد.

به پیروی از مطالعات تجربی برای بررسی تأثیر نوسانات قیمت سهام بر شاخص قیمت سهام رابطه (۱۲) در نظر گرفته شده است:

$$\log(S_t) = C(s_t) + \sum_i^p a_i(s_t) \log(S_{t-i}) + \sum_j^q \beta_j(s_t) \log(\sigma_{t-j}^2)$$

$\log(S_t)$: شاخص قیمت سهام، C: عرض از مبدأ، S: متغیر وضعیت، $\log(\sigma_t^2)$: نوسانات قیمت سهام، ε_t :

جمله خطا.

تخمین مدل‌های چرخشی مارکف با دو مسئله روبرو است؛ اولاً باید تعداد بهینه رژیم‌ها، تعداد وقفه‌های p و q و نوع مدل چرخشی تعیین شود برای این کار از معیار AIC استفاده می‌شود. ثانیاً باید نشان داده شود که حضور متغیر وضعیت (رژیمی) در مدل الزامی است به عبارتی باید فرض صفر مبنی بر خطی بودن مدل در برابر فرض غیرخطی بودن آن (تصریح مدل چرخشی) آزمون شود، برای این کار از آزمون LR^۱ استفاده می‌شود، همچنین برای اطمینان از عدم وجود خودهمبستگی سریالی در پسماندها از آزمون پورتمن و برای ناهمسانی واریانس از آزمون ARCH استفاده می‌شود. نتایج این آزمون‌ها و نتایج برآورد الگوی چرخشی مارکف براساس آزمون‌های مذکور، در جدول (۳) آورده شده است.

براساس نتایج آزمون نسبت درستی در جدول (۳)، در بررسی تأثیر نوسانات قیمت سهام بر شاخص قیمت سهام، مدل‌های چرخشی مارکف بر مدل‌های خطی ارجح هستند، همچنین نتایج آزمون پورتمن نیز نشان می‌دهد انتخاب وقفه‌ها براساس حداقل معیار AIC درست صورت گرفته است (۴ وقفه برای متغیر خودتوضیح و ۲ وقفه برای متغیر توضیحی وقفه‌دار $ARX(4,2)$)، براساس معیار AIC الگوی سه رژیمی با عرض از مبدأ و واریانس چرخشی (رژیمی) مناسب تشخیص داده شد ($MSIH(2)$). برآیند این آزمون‌ها؛ انتخاب مدل $MSIH(2)-ARX(4,2)$ بود.

جدول (۳): نتایج آزمون‌ها و برآورد مدل‌های چرخشی مارکف

-۹۶۴,۶۶۵۱		Log-likelihood	
۱۶,۰۱۰۹۰		معیار AIC	
سطح معنی داری	آماره χ^2	آزمون	
۰,۱۶۱۰	۱۹,۱۰۴	خودهمبستگی پورتمن	
۰,۷۸۷۳	۰,۰۷۳۵	ناهمسانی واریانس ARCH	
انحراف معیار	ضرایب	متغیرها	
۱۱۱,۷۲۶۴	۵۹,۴۰۳۲۸	رژیم ۰	عرض از مبدأ
۴۸۵,۳۳۶۵	۱۱۹۴,۲۱۹	رژیم ۱	
۰,۰۹۰۶۷۲	۶,۱۲۴۵۰۵	رژیم ۰	انحراف معیار
۰,۱۱۸۳۳۱	۷,۳۲۶۶۶۰	رژیم ۱	

1. Likelihood ratio test

۰,۰۹۷۱۳۲	۰,۴۵۰۷۹۹	$\log(S_{t-1})$	
۰,۱۳۳۴۹۳	۰,۱۵۰۶۴۵	$\log(S_{t-2})$	
۰,۱۴۸۲۰۴	-۰,۲۲۰۱۶۱	$\log(S_{t-3})$	
۰,۱۱۲۱۹۶	۰,۱۲۲۶۰۳	$\log(S_{t-4})$	
۰,۱۳۳۷۰۵	۰,۰۹۶۶۸۳	$\log(\sigma_{t-1}^2)$	
۰,۱۱۸۰۶۱	-۰,۱۳۵۶۳۹	$\log(\sigma_{t-2}^2)$	
	-۰,۰۳۸۹۵۶	$\sum_{j=1}^2 \beta_j$	
زمان t		احتمالات انتقال	
رژیم ۱	رژیم ۰		
۰,۱۷۸۳۰۸	۰,۸۲۱۶۹۲	رژیم ۰	زمان t+1
۰,۲۹۴۰۲۳	۰,۷۰۵۹۷۷	رژیم ۱	
۱,۴۱۶۴۷۷	۵,۶۰۸۲۷۲	دوام	خصوصیت رژیم

مأخذ: یافته‌های پژوهش

در جدول (۳)؛ تفاوت مقادیر متغیر وضعیت (عرض از مبدأ) در رژیم‌های مختلف نشان می‌دهد که شاخص قیمت سهام در واکنش به نوسانات قیمت سهام از یک الگوی دو رفتاری (رژیمی) متفاوت پیروی می‌کند.

با توجه به اینکه مدل چرخشی مارکف یک راه‌کاری است که به‌وسیله در نظر گرفتن احتمال توأم شرطی برای حالات آینده به‌عنوان یک تابع از احتمالات شرطی در حالات جاری و انتقال‌ها به‌دست می‌آید به‌عبارتی احتمالات شرطی حالات جاری به‌عنوان ورودی از طریق یک ماتریس احتمالات انتقال فیلتر می‌شود که با این کار احتمالات شرطی حالات آینده به‌عنوان خروجی به‌دست می‌آید. از این‌رو از نتایج مهم اجرای الگوی چرخشی مارکف، محاسبه احتمالات انتقال از وضعیت آرامش به وضعیت بحران و برعکس می‌باشد. در جدول (۳)، براساس مقادیر عرض از مبدأ در رژیم‌های مختلف، رژیم صفر و یک به ترتیب نشان دهنده وضعیت آرامش و بحران هستند.

همچنین براساس مجموع ضرایب نوسانات $(\sum_{j=1}^2 \beta_j = -0,038956)$ ؛ نوسانات قیمت سهام بر شاخص قیمت سهام تأثیر منفی دارد.

از آنجا که دوره دوام نشان‌دهنده‌ی متوسط دوره‌ای است که طول می‌کشد تا از رژیم به رژیم دیگر تغییر وضعیت رخ دهد. دوره دوام رژیم صفر (۵,۶۱ ماه) بیشتر از دوره دوام رژیم یک (۱,۴۲ ماه) است. بر این اساس بازار سهام ایران در واکنش به نوسانات قیمت سهام به احتمال زیاد در وضعیت آرامش قرار خواهد گرفت، در نتیجه نوسانات قیمت سهام که در این پژوهش از متغیرهای قیمت جهانی طلا، قیمت جهانی نفت، حجم نقدینگی، نرخ ارز، نسبت قیمت به درآمد سهام، قابلیت نقدشوندگی سهام و حجم معاملات تأثیر پذیرفته بود نمی‌تواند عامل اصلی بحران در بازار سهام ایران باشد. از این رو باید شاخص‌ها و متغیرهای دیگر و تأثیر آن‌ها بر بازار سهام را مدنظر قرار داد چرا که بحران می‌تواند ناشی از نوسان‌های بسیار شدید باشد.

براساس احتمالات انتقالات در ماه جاری اگر اقتصاد در رژیم صفر قرار گیرد وقوع نوسانات قیمتی سهام به احتمال ۰,۸۲۱۷، مانع از بحرانی شدن وضعیت بازار سهام در ماه آتی خواهند شد و فقط ۰,۱۷۸۳ احتمال دارد که بازار سهام تحت تأثیر سایر عوامل به رژیم بالاتر (رژیم دو) جهش کند. همچنین اگر بازار سهام در رژیم یک واقع شود، وقوع نوسانات به احتمال ۰,۲۹۴۰ درصد بازار سهام را در همان وضعیت نگه خواهند داشت و به احتمال ۰,۱۲۵۳ بازار سهام را در وضعیت رژیم صفر قرار خواهند داد. البته بالا بودن تمایل بازار سهام به ثبات در وضعیت رژیم صفر (۰,۸۲۱۷) نسبت به تمایل به انتقال از وضعیت مشخص به وضعیت دیگر تحت تأثیر نوسانات قیمتی سهام، نشان‌دهنده‌ی این موضوع است که با برنامه‌ریزی دقیق می‌توان مانع از انتقال بازار سهام به وضعیت بحرانی شد.

علاوه بر این بر طبق احتمالات هموار شده در نمودار (۲) می‌توان تغییر رژیم‌ها را در طی تاریخ وقوع خود مشاهده نمود، در نمودار (۲) مشخص است که تغییر رژیم در ۱۲ نقطه رخ داده که این تغییر رژیم‌ها نشانه‌ای از شوک یا پرشی در بازار سهام می‌باشد ماه‌های چرخش با احتمالات بالای ۵۰٪ در جدول (۴) آورده شده است:

جدول (۴)

دوره	۱۳۸۳:۴	۱۳۸۷:۵	۱۳۸۹:۱	۱۳۹۰:۱	۱۳۹۰:۶	۱۳۹۰:۷	۱۳۹۰:۱۰	۱۳۹۱:۱	۱۳۹۱:۲	۱۳۹۱:۸	۱۳۹۱:۹	۱۳۹۲:۲
احتمال	۰,۵۰۷۸	۰,۵۰۲۲	۰,۸۱۳۷	۰,۹۹۹۹	۰,۸۶۸۴	۰,۸۱۸۹	۰,۹۸۹۹	۰,۶۲۲۰	۰,۹۶۲۰	۰,۱۰۰	۰,۶۶۰۵	۰,۹۹۹۷

اکنون برای تعیین ماه‌های بحرانی از بین نقاطی که تغییر رژیم رخ داده است آن‌هایی که از رژیم صفر (آرامش) به رژیم یک (بحران) چرخش داشته‌اند با احتمالات بالای ۹۰٪^۱ را ماه‌های بحرانی معرفی می‌کنیم. که در جدول (۵) آورده شده است.

جدول (۵): نقاط بحران شناسایی شده توسط الگوی چرخشی مارکف

دوره	۱۳۹۰:۱	۱۳۹۰:۱۰	۱۳۹۱:۲	۱۳۹۱:۸	۱۳۹۲:۲
احتمال	۰,۹۹۹۹	۰,۹۸۹۹	۰,۹۶۲۰	۰,۱۰۰	۰,۹۹۹۷

مأخذ: یافته‌های پژوهش

البته ذکر این نکته ضروری به نظر می‌رسد که الگوی چرخشی مارکف با درون‌زا کردن سطح آستانه‌ای بحران و کاهش اختیار در تعیین سطح آستانه‌ای و نیز مستثنی کردن پنجره زمانی برای جلوگیری از دوباره شماری بحران کاستی روش قبلی را از بین برد. به هر حال، شناسایی بحران توسط الگوی چرخشی مارکف متکی بر نمونه بوده، بنابراین می‌تواند دچار مشکل شناسایی بحران‌هایی شود که در عالم واقع وجود نداشته باشند. تصریح معنادار مدل می‌تواند بر شناسایی بحران مؤثر باشد. این موارد از کاستی‌های روش الگوی چرخشی است.

جدول (۶)، احتمالات پیش‌بینی بحران برای سه، شش و دوازده ماه بعد را نشان می‌دهد. در صورتی که تمامی شرایط ثابت باشد، احتمالات بالای ۹۰٪ درصد نشانه بروز بحران است.

جدول (۶): احتمالات پیش‌بینی بحران بازار سهام در سه، شش، دوازده و بیست و چهار ماه بعد

	احتمال بحران در سه ماه بعد	احتمال بحران در شش ماه بعد	احتمال بحران در دوازده ماه بعد
بازار سهام ایران	۰,۴۸۹۵	۰,۴۷۷۵	۰,۴۸۷۱

منبع: یافته‌های پژوهش

۱. با توجه به اینکه بحران به معنای نوسان‌های بسیار شدید است نه افت شاخص. سناریوی دیگری با احتمال بالای ۹۰٪ در نظر گرفته می‌شود.

با توجه به احتمالات محاسبه شده توسط الگو، بازار سهام ایران در ۳، ۶ و ۱۲ ماه بعد دچار بحران نخواهد بود.

۶- نتیجه‌گیری

بورس (بازار سرمایه) با کارکردهایی نظیر تولید اطلاعات در مورد فرصت‌های سرمایه‌گذاری، نظارت بر سرمایه‌گذاری‌های انجام شده، توزیع ریسک، تجمع پس‌اندازها و تسهیل مبادلات موجب کاهش هزینه‌های مبادلاتی، بهبود تخصیص بهینه منابع، افزایش بهره‌وری و در نهایت رشد اقتصادی می‌شود. لیکن بورس و بازار سهام همان‌طور که می‌تواند نقشی این‌چنینی در رشد و تخصیص منابع داشته باشد، در مواردی می‌تواند به مرکزی برای ایجاد بحران در یک کشور مبدل شود. در مطالعه حاضر به طراحی سیستم هشدار بحران بازار سهام در ایران طی دوره زمانی ۱۳۹۳-۱۳۸۲ پرداخته شده است، بدین صورت که ابتدا به وسیله مدل ایی گارچ نوسانات قیمت سهام و تأثیر متغیرهای موردنظر بر آن تخمین زده شده، سپس از مدل چرخشی مارکف برای بررسی الگوی چند رفتاری شاخص قیمت سهام در قبال این نوسانات جهت طراحی سیستم هشدار بحران بازار سهام ایران استفاده شده است. نتایج حاکی از آن است که تأثیر نوسانات برآورد شده بر شاخص قیمت سهام منفی می‌باشد و همچنین بازار سهام تمایل به ماندن در رژیم یک (آرامش) دارد. و در ادامه ۱۲ نقطه چرخش (تغییر رژیم) توسط الگو برآورد گردید که از بین آن‌ها نقاط با احتمال بالای ۹۰٪ به‌عنوان ماه‌های بحرانی شناسایی شدند و در نهایت جهت پیش‌بینی بحران بازار سهام در سال ۱۳۹۳، ۳ دوره به‌صورت ۳ ماه بعد، ۶ ماه بعد، ۱۲ ماه بعد پیش‌بینی می‌شود که در این ۳ دوره بحران در بازار سهام نخواهیم داشت.

منابع

۱. ابونوری، اسماعیل و علیرضا، عرفانی (۱۳۸۷)، الگوی چرخشی مارکف و پیش‌بینی احتمال وقوع بحران نقدینگی در کشورهای عضو اپک، پژوهش‌نامه اقتصادی، شماره ۳ (پیاپی ۳۰)، صص ۱۷۴-۱۵۳.
۲. سایت بانک مرکزی، www.cbi.ir
۳. سایت بورس و اوراق بهادار تهران، www.seo.ir
۴. صالح‌آبادی، علی و هادی، دلیریان (۱۳۸۹)، بررسی حباب قیمتی در بورس اوراق بهادار تهران، فصلنامه بورس اوراق بهادار، سال سوم، شماره ۹، بهار ۸۹، صص ۶۳.

۵. صیاد نیا طیبی، عزت‌الله (۱۳۹۰)، تبیین یک سیستم هشداردهنده جهت شناسایی بحران‌های مالی در ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقتصاد، دانشگاه اصفهان، دانشکده علوم اداری و اقتصاد.
۶. مهرگان، نادر، محمدزاده، پرویز، حقانی، محمود، سلمانی، یونس (۱۳۹۲)، «بررسی الگوی چندرفتاری رشد اقتصادی در واکنش به نوسانات قیمت نفت خام: کاربردی از مدل‌های GARCH و رگرسیون چرخشی مارکف»، فصلنامه تحقیقات مدل‌سازی اقتصادی شماره ۱۲، تابستان.
۷. یزدانی، مهدی. (۱۳۹۲)، تحلیل توقف‌های ناگهانی جریان سرمایه و بحران‌های مالی: تجربه‌ی کشورهای دارای بازار نوظهور، رساله دکتری رشته علوم اقتصادی، دانشگاه اصفهان، دانشکده علوم اداری و اقتصاد.
۸. نادری، مرتضی. (۱۳۸۲)، «ارائه سیستم هشدار پیش از موعد برای بحران‌های مالی در اقتصاد ایران»، فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران، شماره ۱۷.
۹. نظیفی نائینی، مینو، صمدی، سعید، فتاحی، شهرام (۱۳۹۱)، «مدل‌سازی و پیش‌بینی نوسانات بازار سهام با استفاده از مدل انتقالی گارچ مارکف»، فصلنامه تحقیقات مدل‌سازی اقتصادی، شماره ۹، پاییز.
10. Abiad, Abiad. (2003). Early Warning Systems: A Survey and a Regime - Approach. IMF Working Paper, wp/03/32
11. Angelis, Luce De and Pass, Leonard J. (2010), A dynamic analysis of stock markets using a latent Markov model. October 29.
12. Acar, Murat. Karahoka, Dilek . Karahoka, Adem. (2011) Desining an Early Warning System for Stock market Crashes by Using ANFIS.
13. Edison, Hali j. (2000), "Do indicator of financial crises work? An evaluation of an early warning system", International Discussion Paper, No.675, Board of governors of Federal Reserve System, Washington D.C.
14. Bahloul , Slah and Abid, Fathi. (2012) Regime-switching Behavior in the conditional volatility of MENA Stock Market Returns, Corruption and Economic Development ERF 18th Annual Conference.
15. Clements, Michael P and Krolzig, Hans-Martin. (2002), Can oil shock explain asymmetries in the US Business Cycle?, Empirical Economics, Springer, Vol. 27(2), Pp. 185-204.
16. Cologni, Alessandro and Manera, Matteo. (2006), The Asymmetric Effects of Oil Shock on Output Growth: a Markov-Switching Analysis for the G-7 Countries, Economic Modeling, Vol. 26, Pp. 1-29.
17. www.bloomberg.com
18. www.kitco.ir