Financial Research Journal

Print ISSN: 1024-8153
Online ISSN: 2423-5377

# An Analysis of Return States in Iran Stock Market: Hidden Semi-Markov Model Approach

**Maysam Rafei**
Assistant Prof., Department of General Economic Affairs, Faculty of Economics, Kharazmi University, Tehran, Iran. E-mail: m.rafei@khu.ac.ir

**Mahin Shokri**
*Corresponding author, MSc., Department of Financial Mathematics, Faculty of Finance, Kharazmi University, Tehran, Iran. E-mail: mahyn.shokri@gmail.com

## Abstract

**Objective:** Analyzing the behavior of Tehran Stock Market, based on the daily asset return for the duration between 1387 and 1397 has been the main aim of this research.

**Methods:** Tehran Stock Market daily asset return can be considered as a time-series and therefore all existing models can be applied to it. Considering the distributional and temporal properties of such series, it can be shown that the series is stationary. Hence, Hidden Semi-Markov Model, which is widely used for analyzing time series, could be employed to analyze this series.

**Results:** Based on Kolmogorov-Smirnov test and Akaike and Bayesian indices, the best density function for the series is a three parameter Gussian Mixture. Moreover, employing three-state Hidden Semi-Markov Model would be the suitable method for modeling. In addition, it was found that Tehran Stock Market followed three states namely bull, bear, and sidewalk and the definitions for such states have been given, while the probability of being in each state has also been provided.

**Conclusion:** Tehran Stock Market was in sidewalk state around half of the analyzed duration and the luckiest state after both bear and bull states was sidewalk. The market almost never came to bull state after the bear state. Moreover, the chance of getting into bear state from sidewalk was three times more than the chance of getting into the bull market.

**Keywords:** Asset return, Tehran stock exchange, Hidden Semi Markov Model, Viterbi algorithm.

**Citation:** Rafei, M., & Shokri, M. (2019). An Analysis of Return States in Iran Stock Market: Hidden Semi-Markov Model Approach. *Financial Research Journal*, 21(4), 570-592. (*in Persian*)

---

Financial Research Journal, 2019, Vol. 21, No.4, pp. 570-592
DOI: 10.22059/frj.2019.279605.1006859
Received: April 20, 2019; Accepted: September 06, 2019
© Faculty of Management, University of Tehran

شاپا چاپی: ۸۱۵۳-۱۰۲۴
شاپا الکترونیکی: ۵۳۷۷-۲۴۲۳
تحقیقات مالی

# تحلیل وضعیت‌های بازدهی در بازار سرمایه ایران: رهیافت مدل‌های نیمه‌مارکوف پنهان

**میثم رافعی**
استادیار، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. رایانامه: m.rafei@khu.ac.ir

**مهین شکری**
* نویسنده مسئول، کارشناس ارشد، گروه مالی، دانشکده علوم مالی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. رایانامه: mahyn.shokri@gmail.com

## چکیده

**هدف:** هدف این پژوهش، بررسی چگونگی عملکرد بورس اوراق بهادار تهران، بر اساس بازده روزانه در بازه زمانی سال ۱۳۸۷ تا سال ۱۳۹۷ است.

**روش:** بازده روزانه بورس اوراق بهادار تهران را می‌توان به‌عنوان یک سری زمانی در نظر گرفت و با استفاده از مدل‌های موجود، به تحلیل این سری زمانی پرداخت. حال با توجه به ویژگی‌های توصیفی و توزیعی، مانا بودن این سری اثبات می‌شود، در نتیجه می‌توان مدل نیمه مارکوف پنهان را که به‌صورت گسترده در تحلیل و پیش‌بینی سری‌های زمانی کاربرد دارد، برای تحلیل این سری به‌کار برد. شایان ذکر است که با استفاده از این مدل، الزامی به در نظر گرفتن پیش‌فرض‌هایی مانند دو رژیمی بودن، محدود کردن دوره‌ها به داشتن حداقل و حداکثر زمان اقامت یا سایر معیارهای محدود کننده نیست. به بیان دیگر، این مدل رژیم‌های بازار و همچنین مدت زمان اقامت در هر رژیم را به‌طور هم‌زمان شناسایی می‌کند.

**یافته‌ها:** بر اساس یافته‌های آزمون کولموگروف اسمیرنف و معیارهای اطلاعات آکائیک و بیزین، تابع توزیع ترکیب گوسینی سه پارامتری، مناسب‌ترین توزیع برای بررسی روند بازدهی شاخص کل بورس تهران و همچنین مدل نیمه مارکوف سه رژیمی، مناسب‌ترین حالت برای مدل‌سازی است. به‌علاوه، بورس اوراق بهادار تهران به‌طور کلی در سه حالت خرسی، گاوی و میانه قرار دارد و تعریف این حالت‌ها و احتمال بودن در هر یک از این حالت‌ها را می‌توان بیان کرد.

**نتیجه‌گیری:** بورس اوراق بهادار تهران، بیش از نیمی از زمان بررسی شده را در حالت میانه به سر برده و محتمل‌ترین حالت پس از حالت‌های خرسی و گاوی ورود به حالت میانه و استمرار این حالت است و کمابیش هیچ‌گاه از حالت خرسی مستقیماً وارد حالت گاوی نشده است. همچنین احتمال ورود از حالت میانه به حالت خرسی تقریباً سه برابر احتمال ورود از حالت میانه به حالت گاوی است.

**کلیدواژه‌ها:** بازده دارایی، بورس اوراق بهادار تهران، مدل نیمه مارکوف پنهان، الگوریتم ویتربی.

**استناد:** رافعی، میثم؛ شکری، میهن (۱۳۹۸). تحلیل وضعیت‌های بازدهی در بازار سرمایه ایران: رهیافت مدل‌های نیمه مارکوف پنهان. *تحقیقات مالی*، ۲۱(۴)، ۵۷۰– ۵۹۲.

---

تحقیقات مالی، ۱۳۹۸، دوره ۲۱، شماره ۴، صص. ۵۷۰– ۵۹۲
DOI: 10.22059/frj.2019.279605.1006859
دریافت: ۱۳۹۸/۰۱/۳۱، پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۱۵
© دانشکده مدیریت دانشگاه تهران

## مقدمه

بورس اوراق بهادار را می‌توان نهادی عمومی، شامل شبکه‌ای آزاد از خریداران و فروشندگان سهام شرکت‌ها یا مشتقات آنها دانست. این نهاد، نه‌تنها نقش بسزایی در تأمین نقدینگی شرکت‌ها برای انجام طرح‌های توسعه‌ای آنها و در نتیجه رشد اقتصادی بازی می‌کند، بلکه با ایجاد بستری مناسب، نقدشوندگی دارایی‌های اشخاص را افزایش داده و سبب تسهیل در امر تبادلات تجاری می‌شود (سزاری، اسپنلوب، خورشد و سیمکویچ[1]، ۲۰۱۰).

با توجه به نحوه عملکرد بازار سرمایه، این بازار نیز مانند سایر بازارها در اقتصاد، در وضعیت‌های مختلفی مانند رونق[2]، رکود[3] و میانه قرار می‌گیرد. حال تشخیص وضعیت بازار و همچنین ارائه تعریفی مبتنی بر اصول آماری از این وضعیت، عاملی تعیین‌کننده برای بازیگران و نقش‌آفرینان حاضر در بازار است؛ به‌طوری که می‌توان ادعا کرد که این تشخیص، تأثیر بسزایی در تصمیم‌گیری‌ها و همچنین راهبردهای حضور دارد که مهم‌ترین تلاش‌ها در این زمینه منتسب به پژوهش ادوارد و کاگلاین[4] (۲۰۰۱) است.

در نگاهی کلی، منظور از رونق (بازار گاوی)[5] وضعیتی است که در آن، افزایش در میزان فعالیت‌ها و رشد در شاخص‌های عملکردی بازار مشاهده می‌شود. به دیگر سخن، بازار گاوی، بازاری است که در آن، میانگین بازدهی روزانه شرطی به‌طور چشمگیری بزرگ‌تر از صفر بوده و درصد بازدهی مثبت از درصد بازدهی منفی بزرگ‌تر است (لیو و وانگ[6]، ۲۰۱۷). این در حالی است که در حالت رکود (بازار خرسی)[7] بازار با کسادی و افت قیمت مواجه می‌شود و اقتصاد رو به تضعیف شدن است، همچنین میانگین بازدهی روزانه شرطی کمتر از صفر بوده و درصد بازدهی منفی، بزرگ‌تر از درصد بازدهی مثبت است. شایان ذکر است که حالت دیگری از بازار را می‌توان متصور شد که بازار احتمالی (سفته‌بازی)[8] نامیده می‌شود و پایدارترین حالت بازار است. با وجود این، بیان و ارائه تعریفی از وضعیت بازار بسیار ضروری است؛ زیرا سرمایه‌گذاران برای زمان‌های کسادی و رونق بازار، راهبردهای متفاوتی را برای کم کردن ریسک سرمایه‌گذاری پیشنهاد می‌کنند. برای مثال، در زمان کسادی بازار یا همان بازار خرسی، سرمایه‌گذاران پیشنهاد می‌کنند که به محض افزایش قیمت‌ها سهام بخرید و زمانی که قیمت‌ها به بیشترین حد خود رسید، آنها را بفروشید (بولا و بولا[9]، ۲۰۰۶).

با توجه به نکات بیان شده، شناختی از دوران رونق و کسادی که بر مبنای آن بتوان راهبرد مشخصی را برای ایفای نقش در بازار سرمایه انتخاب کرد، بسیار ضروری است.

در این پژوهش، پیدا کردن حالت‌های پنهان کنترل‌کننده بازدهی روزانه سهام بورس اوراق بهادار تهران، در کانون توجه قرار گرفته است و با به‌کارگیری مدل نیمه مارکوف پنهان[10] تحت سه حالت توضیحی، برای نوسان‌های بازدهی روزانه ارائه شده است. همچنین با استفاده از الگوریتم حداکثر درست‌نمایی[11]، وضعیت‌های پنهان متناظر با بازدهی روزانه

1. Cesari, Espenlaub, Khurshed & Simkovic
2. Boom
3. Recession
4. Edwards & Caglayan
5. Bull Market
6. Liu & Wang
7. Bear Market
8. Sidewalk (Speculative)
9. Bulla & Bulla
10. HSMM (Hidden Semi Markov Model)
11. EM algorithm

برآورد شده و در نهایت، با استفاده از الگوریتم ویتربی[1]، از سه وضعیتی که بـازار سـرمایه ایـران بـا آن مواجـه مـی‌شـود، رمزگشایی شده است.

ساختار کلی این پژوهش شامل پنج بخش اصلی است؛ در بخش اول، مقدمه‌ای دربارهٔ حالت‌های بازار سرمایه بیـان شده است. در بخش دوم، ضمن بیان پیشـینه نظـری، پـژوهش‌هـای پیشـین در زمینـه تشـخیص حالـت‌هـای بـازار بـا تکنیک‌های مختلف و همچنین تکنیک نیمه مارکوف پنهان مرور شده اسـت. در ادامـه و در بخـش سـوم، روش‌شناسـی پژوهش مطرح شده و به بیان کلیاتی دربارهٔ مدل نیمه مارکوف پنهان پرداخته شده است. در بخش چهـارم، ویژگـی‌هـای توصیفی، توزیعی و موقتی سری زمانی بازدهی شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران، شامل بررسی مانایی و نامانایی، اثر تیلور و شناخت رژیم‌های بازار بیان شده و در انتهای این بخـش بـا اسـتفاده از مـدل نیمـه مـارکوف پنهـان، تعریفـی از بازارهای خرسی، گاوی و میانه برای بورس اوراق بهادار تهران ارائه شده است. در نهایت در بخش پنجم، به نتیجه‌گیـری نهایی پرداخته شده است.

## پیشینه نظری پژوهش

فاما[2] (۱۹۶۵) آزمون‌های گسترده‌ای را روی داده‌های شهودی انجام داد و دریافت که مقادیر حدی دنباله، بیشتر از فرضیه گوسینی تکرار می‌شوند و این مسئله، از فرضیه مندلبروت[3] حمایت می‌کند. بر اساس فرضیه بازار کارا، قیمت‌هـای فعلـی، تمام اطلاعات موجود از گذشته را دربردارند و به‌طور طبیعی متضمن این است که قواعد تجاری فنی[4] نمی‌توانند بـازده‌ای بیشتر از یک راهبرد تجاری خرید و نگهداری[5] را نشان دهند. به‌منظور توضیح مفهوم قله‌ای[6]، فاما دو نسخه اصلاح شـده از مدل گاوسی را آزمایش کرد: یک مدل ترکیب گاوسی و یک مدل نامانای گاوسی. هرچند شواهد تجربی از این مدل‌ها پشتیبانی نکرد.

مدل مارکوف پنهان، اولین بار برای استنباط درباره فرایندهای پنهان بر اساس مشاهدات معرفی شد (باوم و پتـری[7]، ۱۹۶۶) و در حال حاضر دامنه کاربرد این مدل به‌سرعت در حال گسترش است. دو دلیل مهم برای این مسئله وجود دارد: اول اینکه این مدل از لحاظ ساختار ریاضی بسیار قدرتمند است و به همین دلیل، مبـانی نظـری بسـیاری از کاربردهـا را شکل داده است. دوم اینکه مدل مارکوف پنهان اگر به‌صورت مناسبی ایجاد شود، کاربردهای بسیاری دارد.

بلتبرگ و گونیدز[8] (۱۹۷۴) به‌منظور مطالعه دنباله پهن[9] در هیستوگرام توزیع تجربی بازده دارایی، از توزیع‌هـای t بـا درجه آزادی کوچک استفاده کردند.

در یکی از بررسی‌های اولیه، فابزی و فرانسیس[10] (۱۹۷۷) سه راه بـرای تعریـف وضـعیت بـازار پیشـنهاد دادنـد. در

1. Viterbi algorithm
2. Fama
3. Mandelbrots hypothesis
4. Technical trading rules
5. Buy-and-hold trading strategy
6. Leptokurtosis
7. Baum & Petrie
8. Blattberg & Gonedes
9. Fat-tail
10. Fabozzi & Francis

نخستین طبقه‌بندی از بازارهای «افزایشی و کاهشی»[1]، ماه‌هایی را که بازار افزایش پیدا می‌کرد، در دسته بازار گاوی قرار دادند و ماه‌های افزایشی را که نزدیک به ماه‌های بازار خرسی بودند، در دسته بازار خرسی طبقه‌بندی کردند. در دومین طبقه‌بندی از بازارهای «بالا و پایین»[2]، ماه‌هایی را که بازده مثبت بود، ماه‌های بالا و ماه‌هایی را که بازده منفی بود، ماه‌های پایین نامیدند. در سومین طبقه‌بندی از ماه‌های «شایان توجه بالا و پایین»[3] سه گروه وجود دارد: ماه‌هایی که بازار به‌طور محسوسی به‌سمت بالا حرکت می‌کند، ماه‌هایی که بازار به‌طور محسوسی به‌سمت پایین حرکت می‌کند و ماه‌هایی که بازار حرکت محسوسی به‌سمت بالا یا پایین ندارد. تعریف آستانه حرکت محسوس به‌طور دلخواه بیان می‌شود.

از لحاظ خواص زمانی، مدل خانواده ARCH[4] اغلب برای خوشه‌بندی نوسان استفاده می‌شود. مدل اصلی آرچ (انگل[5]، ۱۹۸۲) به‌منظور مدل‌سازی واریانس‌های غیرثابت معرفی شد. بولرسلو[6] (۱۹۸۶) مدل آرچ اصلی را با در نظر گرفتن تأثیر واریانس شرطی گذشته بر واریانس شرطی فعلی تعمیم داد. پس از آن، انواع مدل گارچ شامل EGARCH، M-GARCH و GIR توسعه داده شد.

وایگند و شی[7] (۲۰۰۰) با استفاده از مدل مارکوف و مارکوف پنهان، به پیش‌بینی بازدهی روزانه شاخص S&P500 پرداختند. ادوارد و کاگلاین (۲۰۰۱) از طبقه‌بندی ساده‌ای استفاده کردند و ماه‌های بازار گاوی را ماه‌هایی در نظر گرفتند که رشد شاخص S&P500، ۱درصد و بیشتر از آن است و برای ماه‌های بازار خرسی، ماه‌هایی را در نظر گرفتند که کاهش شاخص S&P500 ، ۱درصد و کمتر از آن است. لوند و تایمرمن[8] (۲۰۰۴) ادعا می‌کنند که یک بازار گاوی (خرسی) زمانی شروع می‌شود که قیمت بازار از درصد خاصی، مثلاً ۲۰درصد از سطح قبلی در نظر گرفته شده، افزایش (کاهش) یابد. بولا و بولا (۲۰۰۶) مدل بازده روزانه شاخص‌های سهام صنعت ایالات متحده را با مدل نیمه مارکوف پنهان طراحی کردند که تعمیمی از مدل مارکوف پنهان با تعیین صریح توزیع زمان اقامت است. آنها توزیع نرمال و توزیع تی‌استیودنت[9] را به‌عنوان توزیع ترکیب‌شونده به‌کار بردند. حقایق آشکار شده از بازدهی روزانه، توسط مدل نیمه مارکوف پنهان بازتولید شده است. پژوهش‌های آنها بر تجزیه و تحلیل واریانس‌ها متمرکز بود، اما از میانگین توزیع ترکیب‌شونده چشم‌پوشی کردند.

یکی از روش‌هایی که به بهبود مدل مارکوف پنهان منجر می‌شود، این است که توزیع ترکیب‌شونده را به انواع دیگری از توزیع تغییر دهیم. راجرز و ژانگ[10] (۲۰۱۱) مدل مارکوف پنهان دو حالته با توزیع ترکیب‌شونده غیرگوسینی را مطرح کردند. آنها به بررسی توزیع‌های ترکیب‌شونده مختلف پرداختند و با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنف[11] نشان دادند که توزیع هذلولی متقارن، مناسب‌ترین توزیع ترکیب‌شونده است.

با آنکه نظریه بسیاری برای توضیح وضعیت بازار وجود دارد، در عمل، سرمایه‌گذاران تمایل دارند که وضعیت بازار را دلخواهانه تعیین کنند. در این حالت، ممکن است نتایج مختلفی برای یک بازار در یک دوره ثابت به‌دست آید. در

1. Bull and Bear Markets (BB)
2. Up and Down Markets (UD)
3. Substantial Up and Down Months (SUD)
4. AutoRegressive Conditional Heteroskedasticity
5. Engle
6. Bollerslev
7. Weigend & Shi
8. Lunde & Timmermann
9. Student's t-distributions
10. Rogers & Zhang
11. Kolmogorov-Smirnov test

مستندات علمی موجود، تعریف وضعیت بازار به‌طور شایان توجهی متفاوت است. چنگ، لی و لین[1] (۲۰۱۳) بازارهای گاوی (خرسی) را به‌عنوان دوره‌هایی با حداقل سه ماه متوالی از بازده مثبت (منفی) تعریف می‌کنند.

لیو و وانگ (۲۰۱۷) درصدد پاسخ به این سؤال برآمدند که کدام حالت‌های پنهانی، توزیع متغیر زمان بازار سرمایه چین را تغییر می‌دهد و با استفاده از مدل نیمه مارکوف پنهان سه حالته، توزیع متغیر زمان را تشریح کردند. همچنین با استفاده از الگوریتم ویتربی به رمزگشایی توالی پایه‌ای از حالت‌های پنهان پرداختند و در نهایت نشان دادند که مدل نیمه مارکوف پنهان سه حالته، در مقایسه با دو حالته و مدل نیمه مارکوف دو حالته و سه حالته، عملکرد بهتری دارد.

ابطحی و نیک فطرت (۱۳۹۱) با مطالعه رفتار چرخش رژیم‌های مختلف بازار سهام تهران و با مدل‌سازی به روش مارکوف سوئیچینگ، در مجموع سه وضعیت را برای بازده سرمایه در این بازار ارائه کردند و استمرار در هر رژیم را تخمین زدند. صالحی سربیژن، رئیسی اردلی و شتاب بوشهری (۱۳۹۲) با استفاده از روش مارکوف سوئیچینگ، میزان رشد تولید ناخالص داخلی را به سه رژیم با میانگین رشد منفی (۳/۹۲)، رشد مثبت ملایم (۴/۴۳) و رشد مثبت بالا (۹/۵۳) طبقه‌بندی کردند.

نصرالهی، رضایی و حبیبی (۱۳۹۳) با استفاده از داده‌های بورس اوراق بهادار تهران از تیر ماه ۱۳۷۱ تا بهمن ماه ۱۳۹۱، نوسان‌های بازار سهام را مدل‌سازی کردند، سپس از مدل مارکوف سوئیچینگ در حالت غیرشرطی برای پیش‌بینی نوسان‌های بازار سهام بهره بردند و نشان دادند که برای پیش‌بینی نوسان‌های بازار سهام ایران، عملکرد مدل مارکوف سوئیچینگ با توزیع خطای t با درجه آزادی بین دو رژیم، بسیار بهتر از سایر توزیع‌ها خواهد بود و بر اساس احتمالات انتقال، وقوع نوسان‌های قیمت سهام از بهبود وضعیت ممانعت می‌کند و می‌تواند بازار سهام را از یک وضعیت به وضعیت پایین‌تر منتقل کند.

راعی، محمدی و سارنج (۱۳۹۳) نیز به بررسی بازده شاخص بورس اوراق بهادار تهران طی دوره ۱۳۷۸/۰۳/۰۱ تا ۱۳۹۰/۰۹/۲۹ پرداختند و وجود سوئیچینگ رژیمی در بازده و نوسان‌های بازار سهام را نشان دادند. ایشان با مفروض گرفتن دو رژیمی بودن بازار، حالت بازده پایین و نوسان‌پذیری بالا را دوره رکود و حالت بازده بالا و نوسان‌پذیری پایین را دوره رونق تعریف کردند. در پژوهشی دیگر، رضازاده (۱۳۹۵) با بررسی نوسان نرخ ارز حقیقی در ایران، نشان داده است که نرخ ارز حقیقی در ایران اغلب در رژیم با نوسان پایین قرار گرفته (رژیم دو) و بازار ارز بیشتر در وضعیت رکود بوده است. امیر تیموری، جلائی و زاینده‌رودی (۱۳۹۶) در بخشی از مقاله خود، رژیم‌های بازارهای مالی ایران را به‌منظور ارائه گوی هم‌زمانی چرخه‌های تجاری ایران و آلمان بررسی کردند (برای برآورد الگوی مد نظر تیموری و همکارانش، باید تعداد رژیم‌ها تعیین شود). در پژوهش مذکور با استفاده از معیار بیزین[2] دو رژیم برای بازار مالی ایران در نظر گرفته شده است؛ به‌طوری که رشد در رژیم ۲ مثبت و در رژیم ۱ منفی است و همچنین رژیم ۱ کمترین واریانس و رژیم ۲ بیشترین واریانس را نشان می‌دهد که بر این اساس، رژیم ۲ دوران رونق همراه با نوسان بیشتر و رژیم ۱ دوران رکود و نوسان کمتر را معین می‌کند.

1. Cheng, Lee & Lin
2. Bayesian Information Criterion (BIC)

جهانگیری و حسینی ابراهیم آباد (۱۳۹۶) در بخشی از پژوهش خود با استفاده از مطالعات تجربی گذشته و همچنین در نظر گرفتن سطح معناداری ضرایب، یک رژیم دو وضعیتی را برای بازار سهام ایران در نظر گرفته‌اند و در ادامه به بررسی تأثیر سیاست‌های پولی روی این رژیم‌ها پرداختند.

سارنج، رامشینی، علوی نسب و ندیری (۱۳۹۶) با استفاده از الگوریتم ارائه شده پاگان و سوسونو[1] (۲۰۰۳) تحلیلی از دوران رونق و رکود ارائه دادند. شایان ذکر است که تحلیل ایشان با فرض دو رژیمی بودن بازار سهام بوده است. در الگوریتم استفاده شده، معیارهایی مانند حذف فازها با طول دوره کمتر از ۴ ماه در صورت نداشتن تغییرات کمتر از ۲۰درصدی بازار و حذف برگشت‌ها در فاصله ۶ ماه در شروع و پایان سری‌ها وجود دارد.

میرزایی قزانی (۱۳۹۷) با معرفی متغیر تلاطم تحقق‌یافته که از طریق تجمیع مربع بازده‌های مربوط با فراوانی بالا در فواصل زمانی بسیار کوتاه که طی یک روز معاملاتی در بازار مشاهده می‌شوند، به بررسی وضعیت بورس اوراق بهادار تهران به‌ویژه تلاطم‌های بازار پرداخته است. شایان ذکر است که تلاطم تحقق یافته، متغیر جانشینی ایجاد می‌کند که با استفاده از آن می‌توان در سری‌های زمانی به پیش‌بینی وضعیت بازار پرداخت. در مقابل این روش، مدل‌های GARCH و مدل نیمه مارکوف پنهان قرار دارد که وضعیت بازار را متغیر پنهان در نظر می‌گیرند. همچنین وی دو دوره مختلف برای بازار در نظر گرفته است که در آن صرفاً با تلاطم بالا یا اندک وضعیت بازار مشخص می‌شود.

عبدالهیان، محمدپور زرندی، هاشمی نژاد و مینوئی (۱۳۹۷) با به‌کارگیری مدل مارکوف سوئیچینگ، سه رژیم برای رشد شاخص بازار سهام شناسایی کردند و آنها را رژیم رونق بالا، رونق متوسط و رکود نامیدند، سپس برای تعیین ماندگاری در هر رژیم از مدل MSI(3)AR(2) بهره بردند.

همان گونه که قبلاً اشاره شد، لیو و وانگ، به مدل‌سازی بازار سهام چین با استفاده از مدل نیمه مارکوف پنهان اقدام کردند که نتایج به‌دست آمده از پژوهش آنها به‌طور گسترده‌ای برای بررسی بازار سهام چین استفاده شده است. در این پژوهش بر آن هستیم که با پیاده‌سازی[2] مدل نیمه مارکوف پنهان، به رمزگشایی از بازدهی روزانه و همچنین تعیین حالت‌های بازار سهام ایران بپردازیم و با استفاده از تجربه‌های یاد شده در مقاله ایشان، تعاریفی از حالت‌های مختلف بازار سرمایه ایران ارائه دهیم.

## روش‌شناسی پژوهش

### روش پژوهش و پایگاه داده‌ها

این پژوهش از نوع کاربردی است و با روش تحلیلی ـ توصیفی و به‌کارگیری مدل نیمه مارکوف پنهان اجرا شده است. جامعه آماری پژوهش، شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران در دهه اخیر است. داده‌های لازم برای این پژوهش، از سایت بورس اوراق بهادار تهران گردآوری شده است. به بیان دقیق‌تر، به‌منظور نمونه‌گیری از این بازه، داده‌های مربوط

1. Pagan & Sossounov
2. Implementation

به شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران و بازدهی شاخص کل بورس، به‌صورت روزانه از تاریخ ۲۳ آذر ۱۳۸۷ تا ۵ شهریور ۱۳۹۷ از طریق رابطه ۱ تحلیل شده است.

$$R_t = \log\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) \times 100 \qquad \text{رابطه ۱)}$$

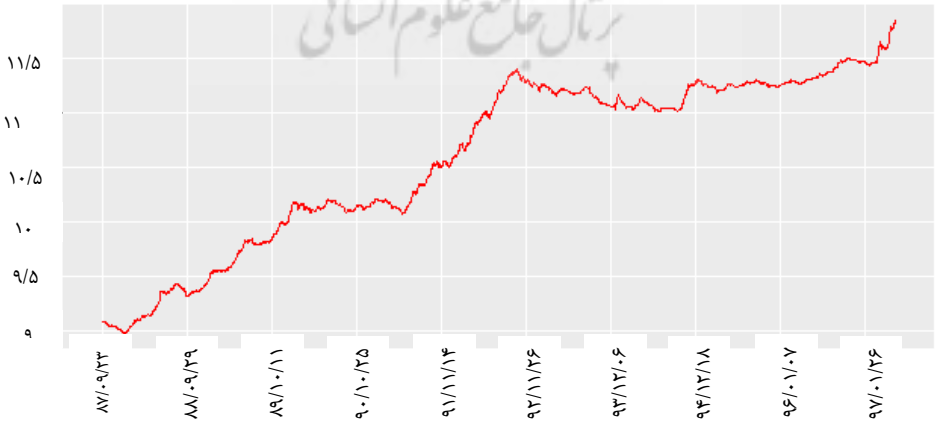
که در این رابطه، $P_t$ شاخص روز $t$ ام و $P_{t-1}$ شاخص روز t- ۱ام است.

شایان ذکر است که با استفاده از مدل نیمه مارکوف پنهان، الزامی به در نظر گرفتن پیش‌فرض‌هایی مانند دو رژیمی بودن، محدودکردن دوره‌ها به داشتن حداقل و حداکثر زمان اقامت یا سایر معیارهای محدودکننده نیست. به بیان دیگر، این مدل رژیم‌های بازار و همچنین مدت زمان اقامت در هر رژیم را به‌طور هم‌زمان شناسایی می‌کند. این در حالی است که در پژوهش‌های پیشین، تعداد رژیم‌ها یا مدت زمان اقامت، قیدهای پیش‌فرض بوده‌اند.

بولا و بولا (۲۰۰۶) نشان دادند که اثر تیلور، شاخص بسیار مهمی در مطالعه سری‌های زمانی مالی است و بی‌توجهی به این اثر در هر مدل، به بیان ناقص خواص توزیعی بازده دارایی منجر می‌شود. لیو و وانگ (۲۰۱۷) در مقاله خود نشان دادند که مدل نیمه مارکوف پنهان در قیاس با مدل‌های خانواده GARCH و SV[1]، در بازآفرینی نقش اثر تیلور عملکرد بهتری دارد.

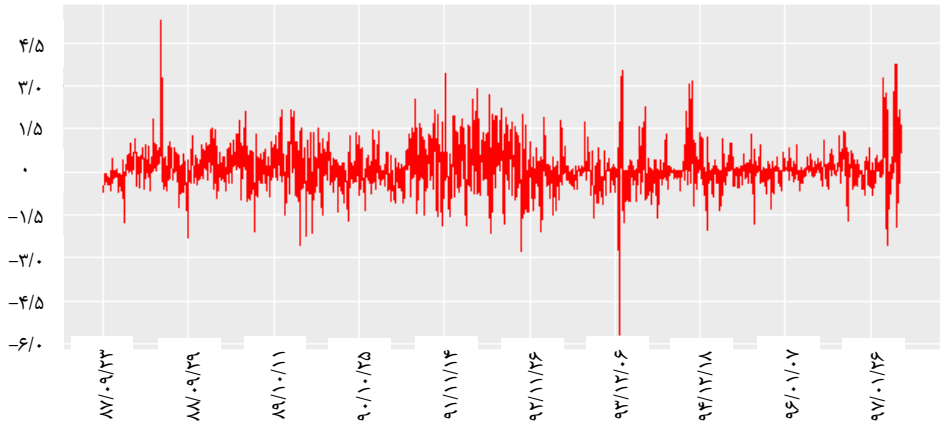
در ادامه این پژوهش خواهیم دید که بازار سهام ایران از مدل سه رژیمی تبعیت می‌کند؛ اما تاکنون در مطالعات گذشته به این سه رژیم اشاره‌ای نشده است و همواره دو رژیمی بودن بازار به‌عنوان فرض در نظر گرفته شده است.

شکل‌های ۱ و ۲ به‌ترتیب مربوط به لگاریتم شاخص کل و بازدهی مستخرج از آن تحت رابطه ۱ در بازار سرمایه ایران بین سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۷ است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بازار سرمایه ایران در دوره‌های مختلف، متفاوت عمل می‌کند؛ به‌طوری که در تاریخ ۱۳۹۷/۰۶/۰۵ بیشترین و در تاریخ ۱۳۸۸/۰۱/۰۹ کمترین مقدار شاخص را دارد. همچنین شکل ۲ مؤید جهش‌های بیشینه و کمینه مشاهده شده در نمودار لگاریتم شاخص کل است.




**شکل ۱. نمودار لگاریتم شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران طی سال‌های ۱۳۸۷- ۱۳۹۷**

1. Stochastic Volatility (SV) model




**شکل ۲. نمودار بازدهی روزانه شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران طی سال‌های ۱۳۸۷- ۱۳۹۷**

## مدل نیمه مارکوف پنهان

مدل‌های نیمه مارکوف پنهان، توسعه‌یافته مدل‌های مارکوف پنهان هستند و در واقع یک مدل آماری با ساختاری مشابه مدل مارکوف پنهان هستند، با این تفاوت که فرایند مشاهده‌ناپذیر نیمه مارکوف است؛ به این معنا که احتمال وجود یک تغییر در حالت پنهان، به مقدار زمانی بستگی دارد که از هنگام ورود به حالت فعلی سپری شده است. این در حالی است که در مدل مارکوف پنهان، این احتمال تا زمان تغییر حالت ثابت است.

ذکر این نکته ضروری است که صفت «پنهان»[1] به دنباله حالت‌هایی اشاره دارد که مدل از آنها عبور می‌کند، نه به پارامترهای مدل؛ به‌گونه‌ای که حتی اگر پارامترهای مدل به‌طور دقیق مشخص باشند، مدل همچنان«پنهان» است. مدل‌های مارکوف پنهان در حوزه‌های بسیاری همچون زیست‌شناسی، تشخیص گفتار، پردازش تصویر، تشخیص متن و... شناخته شده هستند و کاربرد گسترده‌ای دارند؛ اما این فرایندها ضعف شایان توجهی دارد. ضعف آنها این است که زمان اقامت فرایند پنهان[2] به‌صورت هندسی یا نمایی توزیع شده‌اند. برای حل این مشکل، فرگوسن مدلی پیشنهاد کرد که اجازه می‌دهد توزیع‌های زمان اقامت برای فرایند پنهان، به‌طور دلخواه انجام شود (برای اطلاعات تکمیلی در مدل نیمه مارکوف پنهان، به باربو و لیمنیوس[3]، ۲۰۰۹ مراجعه شود).

هم‌راستا با آنچه در بالا بیان شد، می‌توان گفت که مدل نیمه مارکوف پنهان عبارت است از: یک زوج از فرایندهای تصادفی زمان گسسته $\{S_t\}$ و $\{X_t\}$ که فرایند رؤیت‌پذیر $\{X_t\}$ به زنجیره نیمه مارکوف حالت $\{S_t\}$ مرتبط است.

فرض کنید $X_1^T = (X_1, \dots, X_T)$ نشان‌دهنده دنباله مشاهدات به طول $T$ است و همین قرارداد را برای $S_t$ که دنباله مشاهدات است، داشته باشیم. همچنین فرض کنید $\theta$ نشان‌دهنده پارامترهای مدل باشد. فرایند، حالت یک فرایند نیمه مارکوف با حالت‌های متناهی است که به‌صورت زیر ساخته می‌شود:

1. Hidden or Latent
2. Hidden Process
3. Barbu & Limnios

- یک زنجیره همگن مارکوف از حالت‌های $\mathcal{J} = \{1, \dots, j\}$ و مدل، در واقع تغییر بین حالت‌های مختلف است.
- فرایند تصادفی $\{S_t\}$ با احتمال آغازین $\pi_j = P(S_1 = j)$ با شرط $\sum_j \pi_j = 1$ و احتمال تغییر حالت $p_{ij}$ مشخص می‌شود. در واقع برای حالت‌های $i, j \in \{1, \dots, J\}$ که $i \neq j$ به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

رابطه ۲) $$p_{ij} = P(S_{t+1} = j | S_{t+1} \neq i, S_t = i)$$

به‌طوری که $\sum_j p_{ij} = 1$ و $p_{ii} = 0$.

در واقع، عناصر روی قطر اصلی ماتریس تغییر حالت مدل نیمه مارکوف پنهان برابر صفر است؛ زیرا خود زمان اقامت دارای تابع توزیع است. این تابع، تابع توزیع زمان اقامت نامیده می‌شود. در واقع، این تابع توزیع زمان اقامت را مدل می‌کند. چنانچه تابع توزیع زمان اقامت را با $d_i(u)$ نشان دهیم، داریم:

رابطه ۳) $$d_i(u) = P(S_{t+u+1} \neq j, S_{t+u} = j, \dots, S_{t+2} = j | S_{t+1} = i, S_t \neq i)$$

ترکیب زنجیره مارکوف که حالت‌ها را مدل می‌کند و طول زمان اقامت که توسط تابع توزیع زمان اقامت مدل می‌شود، مدل نیمه مارکوف می‌نامیم و آن را با $\{S_i\}$ نمایش می‌دهیم. این زمان اقامت، تفاوت اصلی بین مدل نیمه مارکوف پنهان و مدل مارکوف پنهان است. در واقع زنجیره نیمه مارکوف $\{S_i\}$ خاصیت مارکوفی را فقط در زمان تغییر حالت دارد و در زمان اقامت‌ها مارکوفی نیست. زنجیره مشاهدات $\{X_t\}$ در زمان $t$ با تابع توزیع شرطی $b_j(x_t)$ به $\{S_i\}$ مرتبط می‌شود. در حالت گسسته داریم:

رابطه ۴) $$b_j(x_t) = P(X_t = x_t | S_t = j)$$

برای مشاهدات داریم:

رابطه ۵) $$P(X_t = x_t | X_1^T = x_1^T, S_1^{t-1} = s_1^{t-1}, S_t = j, S_{t+1}^T = s_{t+1}^T) = P(X_t = x_t | S_t = j)$$

همان طور که دیده می‌شود، در مدل نیمه مارکوف پنهان، یک تابع توزیع و یک ماتریس تغییر حالت به‌ترتیب برای هر یک از فرایندها و فرایند حالت‌ها داریم که پارامترهای این دو، تابع توزیع و ماتریس تغییر حالت پارامترهای مدل نیمه پنهان خواهند بود.

## یافته‌های پژوهش

### ویژگی‌های توصیفی و توزیعی

خلاصه خصوصیات آماری داده‌های روزانه لگاریتم شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران و بازدهی آن به تفکیک در جدول ۱ آمده است.

**جدول ۱. آمار توصیفی لگاریتم و بازدهی روزانه شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران طی سال‌های ۱۳۹۷-۱۳۸۷**

| ۹۷-۸۷ | بیشینه | کمینه | انحراف معیار | چولگی | کشیدگی | جارک‌برا | P-value | تعداد مشاهدات |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| لگاریتم شاخص | ۱۱/۸۵۱۶ | ۸/۹۸۱۶۰۶ | ۰/۷۷۶۱۳۷ | -۰/۵۷۸۲۰ | ۱/۹۷۹۶۳۲ | ۲۳۱/۹۹۴۵ | ۰/۰۰۰۰ | ۲۳۴۱ |
| بازدهی شاخص | ۵/۲۶۰۸۴ | -۵/۶۷۰۲۷۳ | ۰/۷۱۶۹۵۶ | ۰/۵۳۰۸۲۶ | ۸/۵۲۱۸۴۵ | ۳۰۸۲/۷۴۳ | ۰/۰۰۰۰ | ۲۳۴۰ |

با توجه به نتایج جدول ۱، از آنجا که مقدار p-value آزمون جارک برا از کلیه سطوح معناداری کوچک‌تر است، فرضیه صفر این آزمون رد می‌شود، به این معنا که داده‌ها نرمال نیستند. در کل بازه مورد پژوهش، چولگی منفی لگاریتم شاخص کل بورس و چولگی مثبت بازدهی شاخص کل بورس رؤیت می‌شود که چولگی مثبت گویای منطبق بودن با دنیای مالی است.

**جدول ۲. توزیع پارامترهای مختلف**

| نوع توزیع | پارامترها | لگاریتم درست‌نمایی | معیار اطلاعات آکائیک | معیار اطلاعات بیزین | آزمون کولموگروف-اسمیرنوف |
|---|---|---|---|---|---|
| نرمال | $\mu$ =۰/۱۱۸<br>$\sigma$ =۰/۷۱۷ | -۲۵۴۱/۲۰۳ | ۵۰۸۶/۴۰۶ | ۵۰۹۷/۹۲۲ | ۰/۰۰۰۱< |
| تی - استیودنت | df =۵۴/۶۷۸ | -۲۷۶۷/۰۸۹ | ۵۵۳۶/۱۷۸ | ۵۵۴۱/۹۳۵ | ۰/۰۰۰۱< |
| وایبول سه متغیره | $\beta$ =۱۲/۵۱۱<br>$\gamma$ =۱۱/۲۳۴<br>$\mu$ =-۱۰/۷۸۱ | -۲۸۶۵/۸۰۸ | ۵۷۳۷/۶۱۶ | ۵۷۵۴/۸۹ | ۰/۰۰۰۱< |
| نمایی دوگانه | $\mu$ =۰/۰۴۲۵<br>b =۰/۴۸۱۸ | -۲۲۵۴ | ۴۵۱۱ | ۴۵۲۳ | ۰/۰۰۰۰۲۱ |
| ترکیب گوسینی دو پارامتری | ۰/۰۲۷= میانگین<br>۰/۰۹۵= واریانس<br>۰/۵۷۶= وزن<br>۰/۲۴۱= میانگین<br>۱/۰۵۵= واریانس<br>۰/۴۲۴= وزن | -۲۲۶۹/۸۳۸ | -۴۵۴۹/۶۷۵ | -۴۵۷۸/۴۶۵ | ۰/۰۱۱ |
| ترکیب گوسینی سه پارامتری | ۰/۰۲۴= میانگین<br>۰/۰۰۱= واریانس<br>۰/۰۸۰= وزن<br>۰/۰۳۵= میانگین<br>۰/۱۶۰= واریانس<br>۰/۵۹۵= وزن<br>۰/۲۹۲= میانگین<br>۱/۲۴۴= واریانس<br>۰/۳۲۵= وزن | -۲۲۰۲/۲۸۴ | -۴۴۲۰/۵۶۸ | -۴۴۶۶/۶۳۱ | ۰/۴۳۵ |

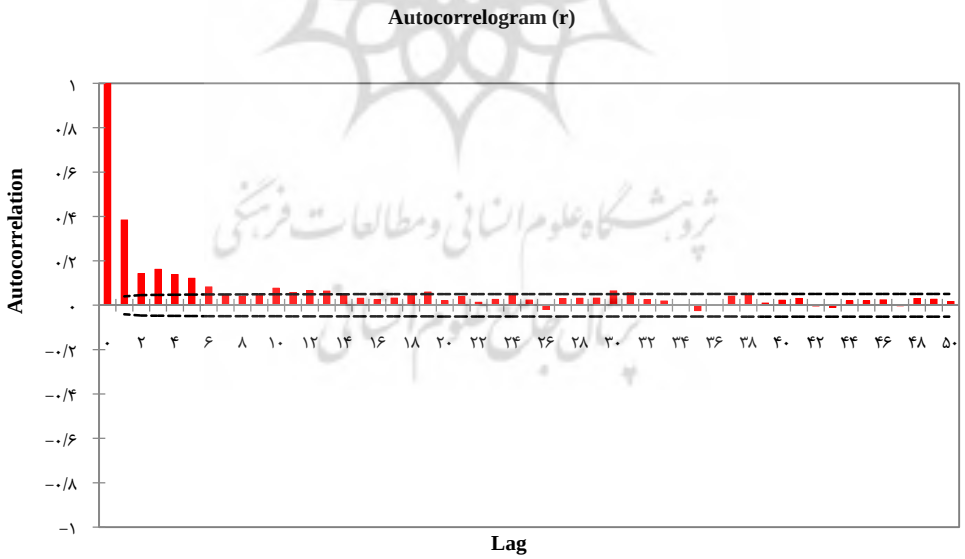
به‌منظور یافتن تابع توزیع مشاهدات زنجیره نیمه مارکوف پنهان که در اینجا همان بازدهی روزانه شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران است، به ارزیابی توزیع‌های مختلف با توجه به تجربه‌های گذشته با روش‌های لگاریتم درست‌نمایی[1] ، کولموگروف اسمیرنف، معیارهای اطلاعات آکائیک[2] و بیزین پرداخته خواهد شد که خلاصه نتایج آنها در جدول ۲ گزارش شده است.

نتایج فوق حاکی از آن است که توزیع ترکیب گوسینی سه پارامتری، مناسب‌ترین توزیع برای بررسی روند بازدهی شاخص کل بورس تهران است که خود نشانه‌ای مطمئن برای سه رژیمی بودن بازار محسوب می‌شود.

## ویژگی‌های موقتی و بررسی مانایی

در ادامه، نمودارهای ACF تا ۵۰ وقفه زمانی برای سری بازدهی بورس اوراق بهادار تهران رسم شده که تأییدی بر نتایج آزمون‌هاست. در آمار، خودهم‌بستگی، فرایند تصادفی هم‌بستگی بین مقدارهای فرایند در نقاط مختلف زمان را به‌عنوان تابع دو زمانه یا تفاضل زمانی توصیف می‌کند. در واقع از تابع خودهم‌بستگی به‌منظور شناسایی ساختار داده‌های مربوط به سری زمانی استفاده می‌شود.

این تابع، هم‌بستگی بین مقدارهای سری زمانی را برحسب تأخیر دلخواه، محاسبه کرده و به تشخیص پارامتر مدل سری زمانی اتو رگرسیو کمک می‌کند.

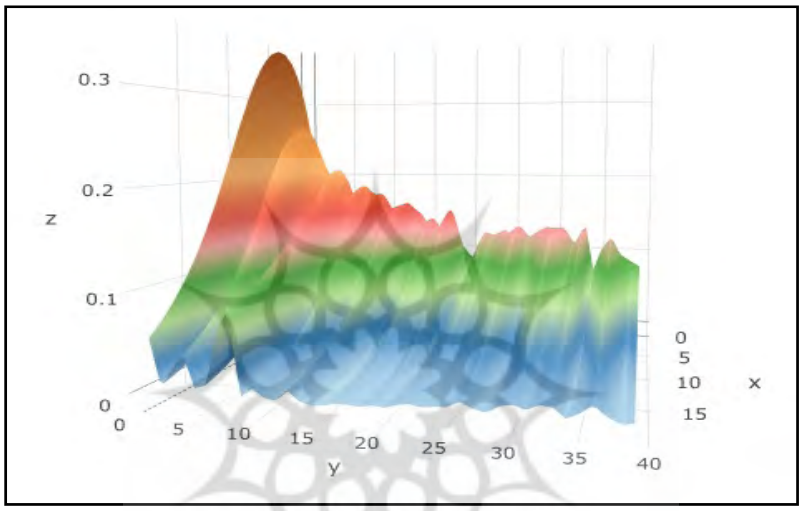



**شکل ۳. نمودار ACF در سری زمانی بازدهی روزانه شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران طی سال‌های ۱۳۸۷- ۱۳۹۷**

1. Log likelihood
2. Akaike information criterion (AIC)

در خصوص ویژگی‌های موقتی سری زمانی، تیلور[1] (۱۹۸۶) نشان داد که خودهم‌بستگی قدر مطلق بازدهی، زمانی که توان برابر ۱ باشد، دارای بیشترین مقدار است و دلالت بر این موضوع دارد که نوسان‌های خوشه‌بندی شده هم‌بستگی زمانی قوی دارند، در واقع اثر تیلور نیز تأیید حافظه بلندمدت بوده و هر دو مؤید هم هستند.

رابطه ۶) $corr(|r_t|, |r_{t+k}|) > corr(|r_t|^\theta, |r_{t+k}|^\theta)$ به ازای هر $\theta \neq 1$




**شکل ٤. نمودار اثر تیلور روی بازدهی روزانه شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران طی سال‌های ۱۳۸۷- ۱۳۹۷**

همان طور که شکل ۴ نشان می‌دهد، بیشینه $corr(|r_t|^\theta, |r_{t+k}|^\theta)$ برای $\theta = 1$ اتفاق می‌افتد. شایان ذکر است که محور $y$ همان $\theta$ است.

از آنجا که پایه و اساس تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی مانایی است، در جدول ۳ بررسی مانایی داده‌ها را در آزمون‌های ریشه واحد، با استفاده از روش‌های دیکی فولر[2] و فیلیپس پرون[3] تحلیل می‌کنیم. نتایج هر دو آزمون، فرضیه صفر مبنی بر وجود ریشه واحد را رد می‌کند و دلالت بر نامانایی سری زمانی در سطح دارد. این در حالی است که با یک بار تفاضل‌گیری از متغیر لگاریتم شاخص کل، بر اساس نتایج این آزمون‌ها در می‌یابیم که متغیر بازدهی شاخص کل مانا‌ست؛ اما ایراد بزرگ آزمون‌های فوق این است که نمی‌توانند شکست ساختاری را در داده‌ها لحاظ کنند، از این رو، از آزمون زیوت[4] که با در نظر گرفتن شکست ساختاری به بررسی مانایی می‌پردازد، استفاده کردیم که از این منظر نتایج استوارتری در مقایسه با آزمون‌های قبلی ارائه خواهد داد.

1. Taylor
2. Augmented Dicky-Fuller test
3. Phillips-Perron test
4. Zivot-Andrews test

**جدول ۳. نتایج آزمون‌های ریشه واحد دیکی فولر و فیلیپس پرون سری لگاریتم شاخص کل بورس تهران**

| آزمون‌های ریشه واحد دیکی فولر تعمیم یافته (ADF) و فیلیپس پرون (PP) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| نوع آزمون | آماره آزمون در سطح | آماره آزمون با یک مرتبه تفاضل‌گیری | دیکی فولر | | فیلیپس پرون | | نتایج |
| | | | آماره t | احتمال | آماره t | احتمال | |
| با عرض از مبدأ | ۱٪ | -۳/۴۳ | -۱/۱۵۷۲ | ۰/۶۹۴۸ | -۱/۰۸۴۶ | ۰/۷۲۴۰ | عدم رد فرضیه و نامانایی سری |
| | ۵٪ | -۲/۸۶ | | | | | |
| | ۱۰٪ | -۲/۵۷ | | | | | |
| با عرض از مبدأ و روند | ۱٪ | -۳/۹۶ | -۱/۳۴۶۱ | ۰/۸۷۵۹ | -۱/۴۱۸۸ | ۰/۸۵۵۶ | عدم رد فرضیه و نامانایی سری |
| | ۵٪ | -۳/۴۱ | | | | | |
| | ۱۰٪ | -۳/۱۳ | | | | | |
| **آزمون‌های ریشه واحد دیکی فولر تعمیم یافته (ADF) و فیلیپس پرون (PP) با یک بار تفاضل‌گیری** | | | | | | | |
| نوع آزمون | آماره آزمون در سطح | آماره آزمون با یک مرتبه تفاضل‌گیری | دیکی فولر | | فیلیپس پرون | | نتایج |
| | | | آماره t | احتمال | آماره t | احتمال | |
| با عرض از مبدأ | ۱٪ | -۳/۴۳ | -۲۰/۶۵۰۲ | ۰/۰۰۰۰ | -۳۵/۴۸۶۲ | ۰/۰۰۰۰ | رد فرضیه و مانایی سری |
| | ۵٪ | -۲/۸۶ | | | | | |
| | ۱۰٪ | -۲/۵۷ | | | | | |
| با عرض از مبدأ و روند | ۱٪ | -۳/۹۶ | -۲۰/۶۶۱۹ | ۰/۰۰۰۰ | -۳۵/۴۵۸۹ | ۰/۰۰۰۰ | رد فرضیه و مانایی سری |
| | ۵٪ | -۳/۴۱ | | | | | |
| | ۱۰٪ | -۳/۱۳ | | | | | |

بر مبنای آزمون زیوت که نتایج آن در جدول ۴ مشهود است، متغیر لگاریتم شاخص کل هم در سطح و هم با یک بار تفاضل‌گیری دال بر مانایی در این دو سری از داده‌هاست. در تقابل با نتایج آزمون‌های دیکی فولر و فیلیپس پرون، فرضیه وجود شکست ساختاری در داده‌ها رد نمی‌شود.

**جدول ٤. نتایج آزمون زیوت و اندروز سری لگاریتم شاخص کل بورس تهران**

| آزمون ریشه واحد زیوت و اندروز | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| نوع آزمون | آماره آزمون در سطح | آماره آزمون با یک مرتبه تفاضل‌گیری | سری لگاریتم شاخص | | سری بازدهی شاخص | | نتایج |
| | | | آماره t - | احتمال | آماره t - | احتمال | |
| با عرض از مبدأ | ۱٪ | -۵/۳۴ | -۳/۱۵۴۶ | ۰/۰۰۳۵ | -۱۶/۷۵۲۷ | ۰/۰۰۰۰ | رد فرضیه و مانایی سری |
| | ۵٪ | -۴/۹۳ | | | | | |
| | ۱۰٪ | -۴/۵۸ | | | | | |
| با عرض از مبدأ و روند | ۱٪ | -۵/۵۷ | -۲/۸۲۳۱ | ۰/۰۰۰۴ | -۱۶/۷۸۱۷ | ۰/۰۰۰۰ | رد فرضیه و مانایی سری |
| | ۵٪ | -۵/۰۸ | | | | | |
| | ۱۰٪ | -۴/۸۲ | | | | | |

## نتایج تجربی

با توجه به ویژگی‌های بیان شده در پژوهش‌های رایدن (۱۹۹۸) و تیلور (۲۰۰۸) در خصوص سری زمانی و بررسی‌های انجام شده روی بازدهی روزانه شاخص کل بورس تهران در بخش ویژگی‌های توزیعی، می‌توان نتیجه گرفت که توزیع نرمال ترکیبی سه متغیره با حافظه بلندمدت، قادر است به‌صورت یک سری زمانی نیمه مارکوف یا نیمه مارکوف پنهان بیان شود.

علاوه بر این، برای بررسی اهمیت میانگین، آزمایش‌های مختلفی مانند آزمون z روی توزیع نرمال صورت گرفته است. با توجه به این موضوع که برای به‌دست آوردن زمان اقامت، از الگوریتم EM [1] استفاده می‌کنیم و از آنجایی که این الگوریتم از نوع تکراری است و هم‌گرایی در این نوع الگوریتم‌ها به شرایط اولیه وابسته‌اند و ممکن است در حالتی این الگوریتم‌ها هم‌گرا نشود، تجربه‌های گذشته و پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که توزیع لگاریتمی و توزیع دو جمله‌ای برای دنباله وضعیت‌ها، پایدارترین شرایط برای هم‌گرایی را دارند و در عمل به نتایج یکسانی منتج می‌شوند. همچنین لیو و وانگ در مقاله خود نشان دادند که بهترین توزیع برای توضیح حالت نیمه مارکوف پنهان، توزیع لگاریتمی است که ما تحت همین فرض به مدل‌سازی بازدهی بورس ایران می‌پردازیم.

با توجه به اطلاعات توزیعی استخراج شده از جدول ۲، می‌توان مقادیر جدول ۵ را به‌عنوان پارامترهای ورودی مدل به‌کار برد. به‌علاوه، به‌منظور اجرای مدل نیمه مارکوف پنهان و نتایج به‌دست‌آمده از تابع توزیع مشاهدات و همچنین تجربه‌های گذشته، فرض سه حالته‌بودن بازار سرمایه ایران مبنای اجرای این مدل است.

**جدول ۵. پارامترهای تابع توزیع گوسینی سه متغیره مشاهدات**

| | حالت ۱ | حالت ۲ | حالت ۳ |
|---|---|---|---|
| میانگین | ۰/۰۰۰۰ | -۰/۰۱۱۰ | ۰/۲۶۶۶ |
| واریانس | ۰/۱۶۰۰ | ۰/۰۰۰۵ | ۱/۲۴۳۵ |
| مقدار نمونه | ۱۶۱۸ | ۲۵۶ | ۴۶۶ |

پس از اجرای مدل نیمه مارکوف پنهان با شرایط ذکر شده در مدل، خروجی مدل به شرح جدول ۶ است که در آن مقادیر *z-statistics* با استفاده از رابطه زیر محاسبه شده است:

$$z_i = \frac{\bar{x}_i}{\sigma_i/\sqrt{n_i}} \quad i \in \{1,2,3\}$$ رابطه ۷)

که در آن $\bar{x}_i$ میانگین مؤلفه $i$ ام؛ $\sigma_i$ انحراف معیار مؤلفه $i$ ام و $n_i$ برابر با مقدار نمونه مؤلفه $i$ ام است.

1. Expectation–Maximization

**جدول ٦. پارامترهای تابع توزیع مشاهدات پس از اجرای مدل**

| | حالت ۱ | حالت ۲ | حالت ۳ |
|---|---|---|---|
| میانگین | -۰/۰۴۱۷ | -۰/۰۱۱۹ | ۰/۲۶۵۷ |
| انحراف معیار | ۰/۳۷۱۶ | ۰/۰۲۰۲ | ۱/۰۵۳۴ |
| مقدار نمونه | ۱۳۰۰ | ۱۵۸ | ۸۸۲ |
| *z-statistics* | -۴/۰۵۰۰ | ***-۷/۴۱۷۵ | ***۷/۶۸۷۶ |

نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که توزیع زمان متغیر بازدهی، به حالت‌های پنهان بستگی دارد که می‌تواند به‌عنوان شرایط بازار تفسیر شود. به‌طور خاص، مؤلفه‌های فوق به‌ترتیب مطابق با بازار احتمالی (میانه)، بازار گاوی و بازار خرسی است.

برای شناخت حالت‌ها، بازارهای خرسی، میانه و گاوی را به‌شکل زیر تعریف می‌کنیم:

**تعریف بازار خرسی:**

- میانگین بازدهی روزانه شرطی کمتر از صفر است؛
- درصد بازدهی منفی بزرگ‌تر از درصد بازدهی مثبت است؛
- با توجه به خواص آماری فوق، قیمت در بازار خرسی به‌طور کلی کاهش می‌یابد.

**تعریف بازار میانه:**

- میانگین بازدهی روزانه شرطی تفاوت شایان توجهی با صفر نداشته باشد؛
- درصد بازدهی مثبت و منفی تفاوت قابل مشاهده‌ای ندارند؛
- با توجه به خواص آماری فوق، قیمت در بازار احتمالی را می‌توان ثابت در نظر گرفت.

**تعریف بازار گاوی:**

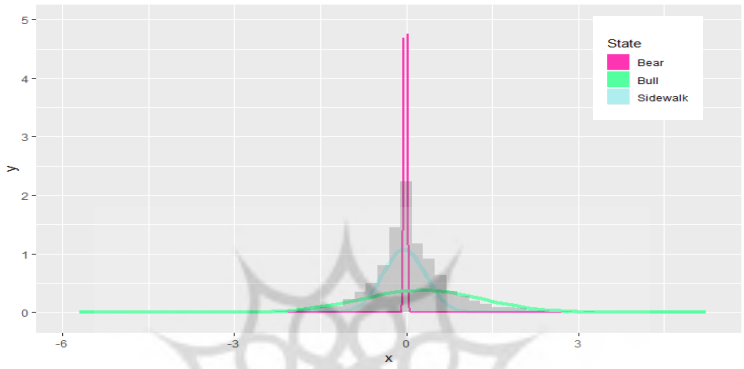
- میانگین بازدهی روزانه شرطی، به‌طور شایان توجهی بزرگ‌تر از صفر باشد؛
- درصد بازدهی مثبت بزرگ‌تر از درصد بازدهی منفی باشد؛
- با توجه به خواص آماری فوق، قیمت در بازار گاوی به طور کلی افزایش می‌یابد.

جدول ۷ درصد فراوانی بازدهی مثبت و منفی برای پارامترهای توزیع ترکیبی نشان می‌دهد و تفسیر ما را از سه حالت مدل نیمه مارکوف پنهان تأیید می‌کند.

**جدول ۷. درصد فراوانی بازدهی روزانه مثبت و منفی بورس اوراق بهادار تهران**

| | حالت ۱ | حالت ۲ | حالت ۳ |
|---|---|---|---|
| درصد فراوانی بازدهی مثبت | ٪ ۴۶/۹۲ | ٪ ۲۲/۷۸ | ٪ ۶۳/۰۴ |
| درصد فراوانی بازدهی منفی | ٪ ۵۳/۰۸ | ٪ ۷۷/۲۲ | ٪ ۳۶/۹۶ |

بر اساس پارامترهای تخمین شده در تابع توزیع گوسینی سه متغیره مشاهدات، شکل زیر نمودار بازدهی روزانه بورس اوراق بهادار تهران را بر مبنای تراکم تجربی و سه بخش نشان می‌دهد. با توجه به نمودار هیستوگرام، هنگامی که نوک تیز و مفهوم قله‌ای دیده می‌شود، بازار در حالت رکود بوده و واریانس بسیار ناچیز است، در حالی که رونق یا همان بازار گاوی نقش اساسی در دنباله پهن بازی می‌کند. همچنین در این حالت واریانس به‌طور چشمگیری از سایر حالت‌ها بیشتر است و نمودار دم نازک بیانگر بازار احتمالی (میانه) خواهد بود.




**شکل ۵. چگالی بخش به بخش و کلی**

ادبیات موجود، اغلب تجزیه و تحلیل میانگین تابع توزیع گوسینی سه متغیره مشاهدات را نادیده می‌گیرد. با این حال، میانگین اجزا برای رفتار قیمت بسیار مهم است. با اینکه میانگین حالت ۳ بسیار کوچک است (۰/۲۶۵۷)، هنوز هم به‌طور شایان توجهی از صفر بزرگ‌تر است. این معیار مثبت، کوچک و شایان توجه، تضمین می‌کند که بازده مثبت بیشتر از بازده منفی که یکی از ویژگی‌های کلیدی بازار گاوی است، رخ می‌دهد.

جدول ۸ تعداد روزها، تعداد دفعات و میانگین زمان اقامت را برای وضعیت مختلف بازار ارائه می‌دهد.

**جدول ۸. اطلاعات زمان اقامت**

| | حالت (میانه) | حالت (خرسی) | حالت (گاوی) |
|---|---|---|---|
| تعداد روزها | ۱۳۰۰ | ۱۵۸ | ۸۸۲ |
| تعداد دفعات | ۱۲۷ | ۹۷ | ۳۱ |
| میانگین زمان اقامت | ۱۰/۲۴ | ۱/۶۳ | ۲۸/۴۵ |

نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که بازار احتمالی (میانه) در مقایسه با بازار خرسی، زمان اقامت بیشتری دارد. علاوه‌بر این، میانگین زمان اقامت بازار گاوی با ۲۸/۴۵ روز، بسیار طولانی‌تر از دو بازار دیگر است. جدول ۹ ماتریس احتمال انتقال پیش‌بینی شده را برای بازدهی روزانه بورس اوراق بهادار تهران نشان می‌دهد.

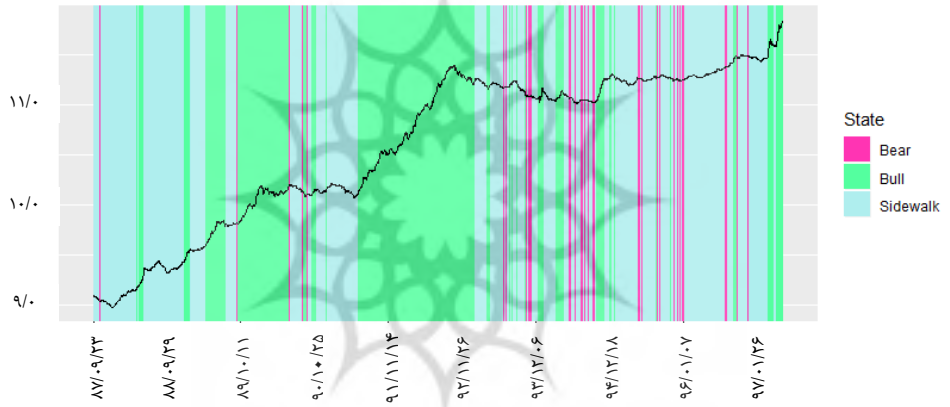
جدول ۹. ماتریس احتمال انتقال پس از اجرای مدل

| | حالت (میانه) | حالت (خرسی) | حالت (گاوی) |
|---|---|---|---|
| حالت (میانه) | ۰ ٪ | ۷۵/۵۹ ٪ | ۲۴/۴۱ ٪ |
| حالت (خرسی) | ۹۹ ٪ | ۰ ٪ | ۱ ٪ |
| حالت (گاوی) | ۹۶/۷۷ ٪ | ۳/۲۳ ٪ | ۰ ٪ |

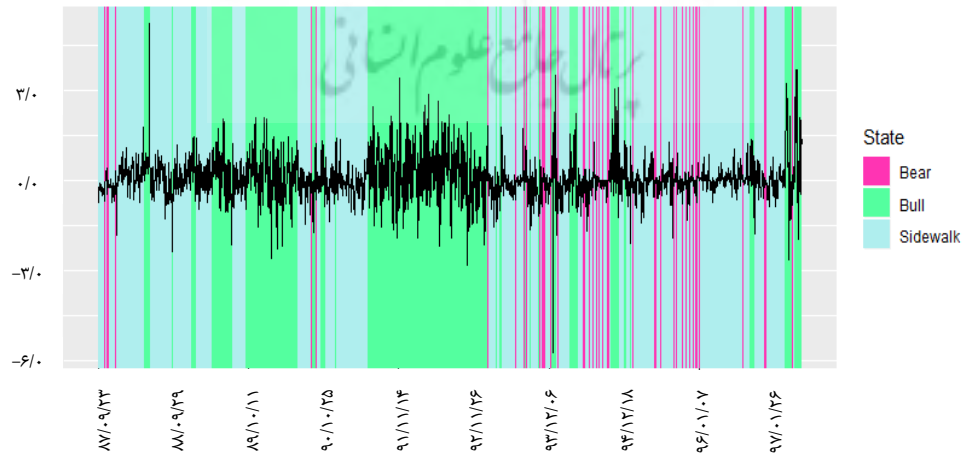
## رمزگشایی از حالت‌های بازار

رمزگشایی عمومی با استفاده از الگوریتم ویتربی انجام می‌شود. همان طور که در شکل آشکار است، پس زمینه رنگ صورتی نمایانگر بازار خرسی، پس زمینه رنگ آبی بازار احتمالی (میانه) و پس زمینه رنگ سبز بازار گاوی است.

شکل ۶ لگاریتم شاخص کل بازار سرمایه ایران و حالت‌های مختلف بازار را نشان می‌دهد. در حالی که شکل ۸ بیانگر بازدهی روزانه بازار سرمایه ایران و حالت‌های بازار است.



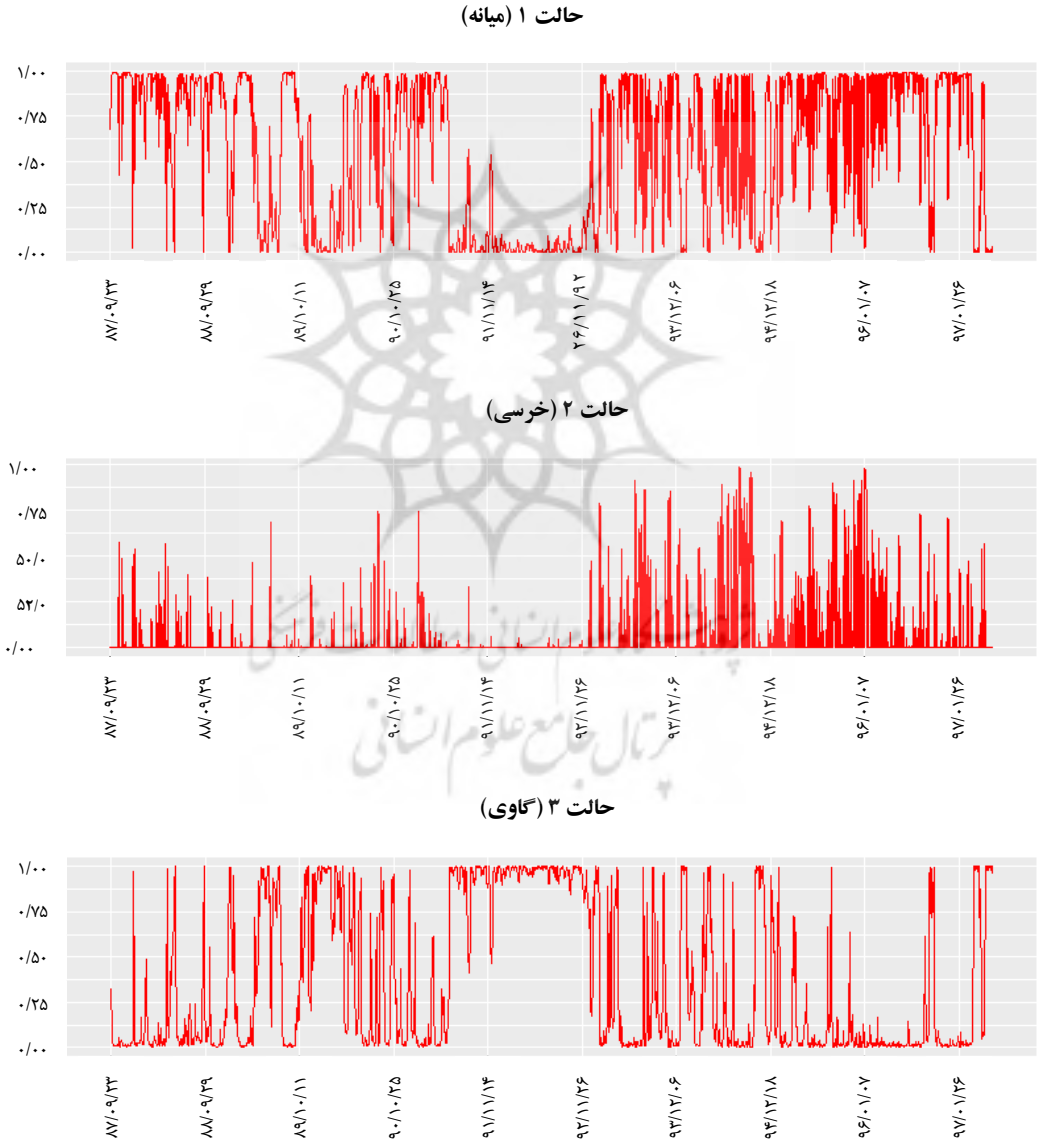

شکل ٦. لگاریتم شاخص کل بازار سرمایه ایران و حالت‌های بازار




شکل ۷. بازدهی روزانه شاخص کل بازار سرمایه ایران و حالت‌های بازار

همان طور که شکل ۷ نشان می‌دهد، بورس ایران اغلب در حالت‌های گاوی و میانه قرار گرفته است؛ اما در دو یا سه دوره، بازار گاوی به‌طور محسوسی ادامه‌دار بوده است که با بررسی تحولات تاریخی آن دوران ،تطابق معناداری بین این سه دوره رونق و جهش قیمت ارز مشاهده می‌شود.

شکل ۸ یک احتمال از هر حالت را در طول زمان برای هر دوره نشان می‌دهد. نتایج رمزگشایی موضعی، درک ما را از شرایط تغییر حالت‌های بازار تثبیت می‌کند. در این شکل‌ها محور افقی زمان و محور عمودی احتمال بودن در هر وضعیت را نمایش می‌دهد.




**شکل ۸. رمزگشایی موضعی**

## بحث

با توجه به نقش محوری بورس در حمایت از صنعت و تجارت کشور، دانستن وضعیت این بازار برای تعیین راهبردهای مربوطه، بسیار حائز اهمیت است. منظور از «وضعیت»[1] یک تعریف ریاضی است که از آمار و ارقام موجود استخراج می‌شود و می‌توان بر اساس آن راهبرد مطلوبی را برنامه‌ریزی کرد.

در این پژوهش تلاش شد که بر اساس مؤثرترین تکنیک‌های آماری، یعنی زنجیره نیمه مارکوف پنهان، تعریفی از وضعیت بازدهی روزانه در بازار سرمایه ایران ارائه شود. شایان ذکر است که مدل مارکوف پنهان ابزاری است که در تحلیل و پیش‌بینی سری‌های زمانی کاربرد گسترده‌ای دارد و در تجزیه و تحلیل انواع سری‌های زمانی موفق بوده است. با این تفاسیر و بررسی در مطالعات گذشته، تاکنون به استفاده از مدل نیمه مارکوف پنهان در سری زمانی شاخص کل بورس اشاره‌ای نشده و عموم پژوهش‌های پیشین، قابلیت استفاده مدل‌های مارکوف و مارکوف پنهان را در این زمینه تأیید می‌دارد.

همچنین با توجه به مدل نیمه مارکوف پنهان، به‌طور خلاصه ابتدا مشخص شد که بازار می‌تواند در سه حالت قرار گیرد که حالت‌های خرسی، گاوی و میانه نام‌گذاری شدند، سپس برای هر یک تعریفی بر مبنای شاخص‌های آماری ارائه شد.

## نتیجه‌گیری

با بررسی تطبیقی نتایج به‌دست‌آمده در بخش چهارم، نشان داده شد که از سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹ بازار اغلب وضعیت میانه داشته است، میانگین روزانه بازده در سطح صفر بوده و اختلاف چشمگیری بین میانگین بازدهی روزانه و بازدهی روزانه (واریانس) نبوده است. در ادامه، از اواخر سال ۱۳۸۹ بازار وارد دوره رونق شده است؛ اما طولانی‌ترین دوران رونق مربوط به سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۲ است که در این بازه، شاخص بورس رشد چشمگیری داشته است. از اواخر سال ۱۳۹۲ بازار وارد دوران‌های خرسی و میانه متمادی می‌شود و گاهی حالت خرسی بر بازار حاکم می‌شود.

اولین بازه زمانی گاوی که در اینجا به تطبیق زمانی آن می‌پردازیم، مربوط به سال ۱۳۸۹ است. بورس اوراق بهادار تهران در این بازه زمانی با رشد ۸۰ درصدی مواجه بوده است که خواست سیاسی دولت، فشار نقدینگی و روند خصوصی‌سازی را می‌توان از جمله دلایل آن دانست.

در این پژوهش، از اواسط سال ۱۳۹۱ تا اواخر سال ۱۳۹۲ دوران رونق شناسایی شده است که با یک بررسی تاریخی به تطبیق این دوره با زمان جهش نرخ ارز می‌توان رسید. برخلاف دوران رونق قبل، رونق این دوره عموماً مربوط به افزایش قیمت‌ها در کلیه بخش‌ها از جمله سیمان، فولاد و پتروشیمی بود.

برخلاف دوران گاوی ذکر شده، دوران خرسی و میانه از اوایل سال ۱۳۹۳ شروع شد و به جز مقاطعی کوتاه از دوران خرسی در اواخر سال ۱۳۹۴، این دوران تا اوایل سال ۱۳۹۷ ادامه پیدا کرد. با وجود این، از ابتدای سال ۱۳۹۷

1. State

بورس اوراق بهادار تهران وارد دوران رونق پس از ادوار میانه و رکود متوالی شد و صاحبان نقدینگی بسیاری را جذب خود کرد که این موضوع نیز در رمزگشایی انجام شده به وضوح مشاهده می‌شود. با توجه به اینکه زمان اقامت در مدل نیمه مارکوف پنهان با تابع توزیع زمان اقامت کنترل می‌شود، برخلاف زنجیره مارکوف، قطر ماتریس تبدیل حالت صفر خواهد بود. همان طور که ماتریس انتقال احتمال بیان می‌دارد، محتمل‌ترین حالت پس از هر دو بازار خرسی و گاوی حالت میانه است و پس از حالت میانه احتمال خرسی شدن بازار تقریباً سه برابر گاوی شدن بازار است. همچنین پس از حالت خرسی، تقریباً بازار وارد رونق نشده و کمابیش همیشه به حالت میانه وارد شده است.

احتمال تغییر از حالتی به حالت دیگر نیز از دستاوردهای بعدی این پژوهش است که نشان می‌دهد بازار از حالت خرسی و گاوی، تقریباً همیشه وارد حالت میانه می‌شود و احتمال ورود از حالت میانه به حالت خرسی ۵۱/۱۸ درصد بیشتر از ورود از حالت میانه به حالت گاوی است. دقت شود که احتمال زنجیره خرسی و میانه و خرسی سه برابر زنجیره خرسی و میانه و گاوی است. بازار تهران بعد از حالت گاوی فقط به احتمال ۳/۲۳ درصد وارد حالت خرسی می‌شود و این نشان می‌دهد سرمایه‌گذاران در بورس، احتمالاً بعد از دوران رونق شاهد کاهش شدید دارایی‌ها و ارزش سرمایه خود نخواهند شد و این بازار حافظ ارزش دارایی‌هاست.

## پیشنهادها

با توجه به گستره نظری موجود، یافته‌ها و محدودیت‌های حاضر، می‌توان پیشنهادها و جهت‌گیری‌های پژوهشی زیر را برای زمینه‌های پژوهشی جدید، ارائه کرد:

- مقایسه مدل ارائه شده با مدل t-GARCH و سایر مدل‌های نوسانی را می‌توان به‌عنوان اولین زمینه پژوهشی پیشنهاد کرد. این مقایسه‌ها می‌تواند به ارائه تعریف جامعی از حالت‌های بورس در ایران بینجامد؛ به‌طوری که از این تعاریف به‌عنوان تعاریف مرجع در نهادهای تصمیم‌گیر استفاده شود.
- با استفاده از تعاریف مطرح شده برای حالت‌های بورس اوراق بهادار تهران، می‌توان به بررسی ارتباط بین این تعاریف و سایر متغیرهای اقتصاد کلان و رابطه بین دوران‌های مختلف بازار با توجه به تعاریف این پژوهش و سایر شاخص‌ها پرداخت.

## منابع

ابطحی، سیدیحیی؛ نیک‌فطرت، حامد (۱۳۹۱). شناسایی چرخش رژیم در بازده بازار اوراق بهادار ایران. *فصلنامه مدل‌سازی اقتصادی*، ۶(۲۰)، ۴۱-۵۶.

امیرتیموری، راضیه؛ جلائی، سیدعبدالمجید؛ زاینده‌رودی، محسن (۱۳۹۶). بررسی تأثیر هم‌زمانی چرخه‌های تجاری ایران و آلمان بر اصطکاک و عمق بازارهای مالی ایران (رهیافت مارکوف سوئیچینگ بیزین ور). *تحقیقات مالی*، ۱۹(۳)، ۳۴۱-۳۶۴.

جهانگیری، خلیل؛ حسینی‌ابراهیم‌آباد، سیدعلی (۱۳۹۶). بررسی آثار سیاست پولی، نرخ ارز و طلا بر بازار سهام در ایران با استفاده از مدل MS-VAR-EGARCH. *تحقیقات مالی*، ۱۹(۳)، ۳۸۹-۴۱۴.

راعی، رضا؛ محمدی، شاپور؛ سارنج، علیرضا (۱۳۹۳). پویایی‌های بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل گارچ‌نمایی در میانگین سوئیچینگ مارکوف. *تحقیقات مالی*، ۱۶(۱)، ۷۷–۹۸.

رضازاده، علی (۱۳۹۵). بررسی تأثیر شوک‌های نفتی بر نرخ ارز در ایران: رهیافت غیرخطی مارکوف ـ سوئیچینگ. *فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی*، ۲۴(۷۹)، ۱۲۳– ۱۴۴.

سارنج، علیرضا؛ رامشینی، محمود؛ علوی‌نسب، سیدمحمد؛ ندیری، محمد (۱۳۹۶). تحلیل دوره‌های رونق و رکود بازارسهام ایران مبتنی بر رویکردی ناپارامتریک. *تحقیقات مالی*، ۱۹(۴)، ۵۳۵– ۵۵۶.

صالحی‌سربیژن، مرتضی؛ رییسی‌اردلی، غلامعلی؛ شتاب‌بوشهری، نادر (۱۳۹۲). نقاط رکود و رونق اقتصاد ایران با استفاده از مدل مارکوف سوئیچینگ. *فصلنامه مدل‌سازی اقتصادی*، ۷(۳)، ۶۷–۸۳.

عبدالهیان، فرزانه؛ محمدپورزرندی، محمدابراهیم؛ هاشمی‌نژاد، سیدمحمد؛ مینوئی، مهرزاد (۱۳۹۷). پیش‌بینی دوران رکود و رونق در بازار اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل‌های MS و NSGA-ANN *مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار*، ۹(۳۷)، ۳۲۱ – ۳۵۶.

میرزایی‌قزانی، مجید (۱۳۹۷). تحلیل رفتار متغیر تلاطم تحقق یافته در بورس اوراق بهادار تهران مبتنی بر رهیافت مدل‌های خودرگرسیونی ناهمگن. *تحقیقات مالی*، ۲۰(۳)، ۳۶۵ – ۳۸۸.

نصراللهی، زهرا؛ رضایی، احمدرضا؛ حبیبی، سیدمحمدصادق (۱۳۹۳). مدل‌سازی و پیش بینی نوسانات بازار سهام با استفاده از مدل مارکوف سوئیچینگ. *کنفرانس بین‌المللی حسابداری، اقتصاد و مدیریت مالی*. تهران: شرکت دانش محور ارتاخه.

## References

Abdollahian, F., Mohammad Pourzarandi, M., Hasheminejad, M. & Minouei, M. (2018). To Forecat the Recession and Prosperity in the Tehran Stock Exchange using Models of MS and NSGA-ANN. *Financial Engineering and Portfolio Management, 9* (37), 3421- 356. (*in Persian*)

Abtahi, S. Y. & Nikfetrat, H. (2012). Identifying Regime Switching of Stock Market Returns in Iran. *Quartery Journal of Economical Modeling, 6* (20), 41- 56. (*in Persian*)

Amir Teimoori, R., Jalaee, S. A. & Zayandeh Roodi, M. (2017). Investigating the Impact of Iran-Germany Business Cycle Synchronization on the Friction and Depth of Financial Markets in Iran (Markov Switching Bayesian VAR Method). *Financial Research, 19* (3), 341- 364. (*in Persian*)

Barbu, V. S., & Limnios, N. (2009). *Semi-Markov chains and hidden semi-Markov models toward applications: their use in reliability and DNA analysis* (Vol. 191). Springer Science & Business Media.

Baum, L. E., & Petrie, T. (1966). Statistical inference for probabilistic functions of finite state Markov chains. *The annals of mathematical statistics*, *37*(6), 1554-1563.

Blattberg, R. C., & Gonedes, N. J. (1974). A Comparison of the Stable and Student Distributions as Statistical Models for Stock Prices. *The Journal of Business, 47*(2), 244–280.

Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of Econometrics, 31*(3), 307–327.

Bulla, J., & Bulla, I. (2006). Stylized facts of financial time series and hidden semi-Markov models. *Computational Statistics & Data Analysis, 51*(4), 2192–2209.

Cesari, A., De, Espenlaub, S., Khurshed, A., & Simkovic, M. (2010). The Effects of Ownership and Stock Liquidity on the Timing of Repurchase Transactions. *Paolo Baffi Centre Research Paper,* No. 2011-100.

Cheng, T. Y., Lee, C. I., & Lin, C. H. (2013). An examination of the relationship between the disposition effect and gender, age, the traded security, and bull–bear market conditions. *Journal of Empirical Finance, 21*, 195–213.

Edwards, F. R., & Caglayan, M. O. (2001). Hedge Fund and Commodity Fund Investments in Bull and Bear Markets. *The Journal of Portfolio Management, 27*(4), 97–108.

Engle, R. F. (1982). Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation. *Econometrica: Journal of the Econometric Society,* 50(4), 987–1007.

Fabozzi, F. J., & Francis, J. C. (1977). Stability tests for alphas and betas over bull and bear market conditions. *The Journal of Finance, 32*(4), 1093–1099.

Fama, E. F. (1965). The behavior of stock-market prices. *The Journal of Business, 38*(1), 34–105.

Jahangiri, K., & Hosseini Ebrahim, S.A. (2017). The effects of monetary policy, exchange rate and gold on the stock market in Iran using MS-VAR-EGARCH model. *Financial Research, 19* (3), 389- 414. (*in Persian*)

Liu, Z., & Wang, S. (2017). Decoding Chinese stock market returns: Three-state hidden semi-Markov model. *Pacific-Basin Finance Journal, 44*, 127–149.

Lunde, A., & Timmermann, A. (2004). Duration dependence in stock prices: An analysis of bull and bear markets. *Journal of Business & Economic Statistics, 22*(3), 253–273.

Mirzaee Gh., M. (2018). Analysis of realized volatility in Tehran Stock Exchange using Heterogeneous Autoregressive models approach. *Financial Research Journal, 20*(3), 365-388. (*in Persian*)

Nasrallahi, Z., Rezaei, A., & Habibi, S. (2014). Modeling and predicting stock market volatility by using Markov switching model. *International Conference on Accounting, Economics and Financial Management. Tehran: Knowledge-Driven Company of Iran.* (*in Persian*)

Pagan, A. R., & Sossounov, K. A. (2003). A simple framework for analysing bull and bear markets. *Journal of Applied Econometrics, 18*(1), 23–46.

Raei, R., Mohammadi, Sh. & Saranj, A. (2014). The dynamics of Tehran Stock Exchange using the Switching Markov – GARCH in mean. *Journal of Financial Research, 16*(1), 77-98. (*in Persian*)

Rezazadeh, A.S. (2016). Analyzing the effect of Oil Shocks on Foreign Currency: Exchange Rate in Iran with an Approach Toward Non-linear Markov switching. *Quarterly Journal of Economic Research and Policy, 24* (79), 123-144. (*in Persian*)

Rogers, L. C. G., & Zhang, L. (2011). An asset return model capturing stylized facts. *Mathematics and Financial Economics*, *2*(5), 101–119.

Salehi Sourbian, M., Rice Ardali, G., & Bushehri Acceleration, N. (2013). Recession and prosperity of Iranian economy by using Markov switching model. *Journal of Economic Modeling, 7*(3), 67-83. (*in Persian*)

Saranj, A., Ramshini, M., Alavi Nasab, S. M., & Nadiri, M. (2018). Identifying Bull and Bear Periods in Iran's Stock Market Using a Non-parametric Approach. *Financial Research Journal*, *19*(4), 535 – 556. (*in Persian*)

Taylor, S. J. (1986). *Modelling financial time series*. world scientific.

Weigend, A. S., & Shi, S. (2000). Predicting daily probability distributions of S&P500 returns. *Journal of Forecasting*, *19*(4), 375–392.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی