فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری
دوره ۱۳ / شماره ۲ (پیاپی ۵۰) / تابستان ۱۴۰۳
صفحه ۱۳۵ تا ۱۵۷

طراحی الگویی جهت پیش بینی شاخص بورس تهران با استفاده از ترکیبی از شبکه عصبی مصنوعی و مدل مخفی مارکوف

لیلا طلایی کاکلکی
دانشجوی دکتری مدیریت مالی - دانشگاه آزاد اسلامی، واحد امارات متحده عربی
L.talaie.k@gmail.com

مهدی معدن‌چی زاج
استادیار گروه مدیریت مالی، دانشکده مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد الکترونیکی، تهران، ایران
madanchi@iauec.ac.ir

تقی ترابی
دانشیار دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران،ایران
t-torabi@srbiau.ac.ir

فرهاد غفاری
دانشیار دانشکده مدیریت و اقتصادواحدعلوم وتحقیقات تهران دانشگاه آزاداسلامی
farhad.ghaffari@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۱۹

چکیده

هدف این پژوهش طراحی الگویی جدید جهت پیش بینی شاخص بورس تهران با استفاده از تشخیص الگو در ترکیبی از مدل مارکوف مخفی وهوش مصنوعی بود که تحقیق حاضر از نوع کاربردی و روش تحلیلی ریاضی می باشد. قلمرو مکانی آن بورس اوراق بهادار تهران و طی سال های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۸ است. یافته های پژوهش نشان داد که میزان خطای پیش‌بینی با شبکه عصبی مصنوعی از دقت بالاتری نسبت به مدل مخفی مارکوف برخوردار است. همچنین میزان خطای پیش بینی مدل ترکیبی به مراتب از دو مدل دیگر برای پیش بینی شاخص کل سهام بورس تهران کمتر بوده، لذا دقت بالاتری برای پیش بینی سهام را دارا می باشد. با توجه به شاخص MAPE روش مدل ترکیبی توانسته ۰/۰۴۴ درصد توان پیش بینی شبکه عصبی مصنوعی را بهبود ببخشد و همچنین ۰/۷۰ درصد قدرت پیش بینی کنندگی مدل مخفی مارکوف را بهبود ببخشد.

واژه‌های کلیدی: مدل مارکوف، مدل شبکه عصبی مصنوعی، پیش بینی شاخص کل بورس،مدل ترکیبی.

۱- مقدمه

پیش بینی دقیق بازار سهام برای معامله گران این بازار ارزشمند است. با توجه به گسترش و پیچیدگی روز افزون بازارهای مالی، روش‌های پیش بینی یکی از عوامل مهم در سود و زیان سرمایه گذاران می‌باشد. یک روش پیش‌بینی مناسب می‌تواند شرایط متلاطم را تا مقدار مطلوبی هموار سازد.(سیدمهدی رضایی, محمود مظاهری فر۱۳۹۸). در سالهای اخیر بسیاری از تحقیقات مالی بر این مسئله تمرکز داشته که مدل‌های سنتی را جهت دستیابی به پیش‌بینی‌های دقیق‌تر ارتقا دهد. در این مسیر معرفی و ارائه شبکه‌های عصبی مصنوعی و ایجاد مدل‌های ترکیبی غیرخطی این امکان را برای محققان فراهم آورد که از این ابزار جهت تقویت قدرت توضیح دهندگی و جبران کاستی‌های مدل‌های سنتی در پیش بینی سری‌های زمانی استفاده کنند. در این زمینه نوسان‌پذیری یا تغییرپذیری از آن دسته از متغیرهای مهمی است که در دهه‌های اخیر برای مدل‌سازی آن تلاش‌های بسیاری صورت پذیرفته است. پیش‌بینی این دسته از متغیرها در مدیریت ریسک، ارزشگذاری سبد سهام و قیمت گذاری کاربردهای فراوانی دارد. به نحوی که با مدل‌سازی الگوهای نوسانات بازده سهام و با استفاده از پیش‌بینی پذیر بودن قیمت سهام می‌توان تخصیص سرمایه را بصورت کاراتری انجام داد. همچنین از دیدگاه معامله‌گران درک نوسان پذیری، پیش-بینی دقیق آن و حفاظت از دارایی‌های پرتفوی در مقابل هزینه‌هایی که این متغیر به ارزش کل تحمیل می‌کند، از اهمیت دوچندان برخوردار است. در این زمینه درک این واقعیت که امروزه معاملات و ابزارهای مشتقه در فضای بازار سرمایه ایران روند تکاملی به خود گرفته و همچنین پررنگتر شدن نقش اثرات عوامل خارجی بر نوسانات بازار سهام، ضرورت اجرای تحقیقات کاربردی در این حوزه را بیشتر نمایان می‌سازد (علی راستین فر، محمود همت فر۱۳۹۹). پیش‌بینی سری‌های زمانی مالی از دسته مسائل پرچالش و مهم در پیش‌بینی است و پژوهشگران تلاش می‌کنند الگوهای پنهان را برای پیش بینی آینده بازار سهام استخراج کنند (لی، یانگ، زو , و همکاران[1]، ۲۰۱۷). مهم‌ترین چالش در این موضوع، افزایش بازده پیش‌بینی و دقت نتایج است که محققان با ارائه مدل‌ها و روش‌های مختلفی برای بهبود دادن آن تلاش می‌کنند (گورسن، کیاکتلو و دایم[2]، ۲۰۱۱). البته با توجه به ماهیت نوسانی و ناپایدار بازار سهام، مدل‌ها در پیش‌بینی با محدودیت‌ها و مشکلاتی مواجه می‌شوند (تکاج و ورنر[3]، ۲۰۱۶). برای پیش‌بینی بازار سهام به کمک داده‌های تاریخی، روش‌های مختلفی وجود دارد. در یک طبقه‌بندی این روش‌ها در دو گروه خطی و غیرخطی قرار می‌گیرند و در نوع دیگر، به روش‌های یادگیری ماشین و آماری دسته بندی می‌شوند اما دسته بندی مناسب، گروه‌بندی آن‌ها به روش‌های هوشمند و کلاسیک است. در روش‌های پیش‌بینی کلاسیک، فرض بر این است که مقادیر آینده قیمت، روند خطی مقادیر گذشته را دنبال می‌کند و مدل‌های رگرسیون آریما[4] در این دسته جای دارند. شبکه‌های عصبی ، منطق فازی ماشین‌های بردار پشتیبان و مدل‌های یادگیری جمعی در دسته روش های هوشمند قرار می‌گیرند (کوالکانته و همکاران[5]،۲۰۱۶). نتیجه مقایسه‌ها نشان داده است که

[1] Li, Yang, Xue & Zhou
[2] Guresen, Kayakutlu & Daim
[3] Tkáč & Verner
[4] ARIMA
[5] Cavalcante & at al

روش‌های هوشمند با غلبه بر محدودیت‌های موجود در مدل‌های خطی در مقایسه با روش‌های کلاسیک، برای استخراج مدل از داده‌ها توانایی بهتر و برای پیش‌بینی، دقت بیشتری دارند (آدبی و همکاران[1]، ۲۰۱۴). اغلب محققان در این مدل‌ها به پیش‌بینی قیمت پرداخته‌اند و برای ارزیابی از معیارهایی که نزدیکی قیمت پیش‌بینی شده به قیمت واقعی را نشان می‌دهد، بهره برده‌اند (یان [2]و همکاران، ۲۰۱۷). در سال‌های اخیر، بیشتر مطالعات انجام شده برای پیش‌بینی بازار سهام بر روش‌های هوشمند متمرکزند (تکاچ و ورنر، ۲۰۱۶) و در بین آن‌ها شبکه عصبی بیشترین کاربرد را داشته (اتسلاکیس و والاتیس[3]، ۲۰۰۹) و دارای بازده بهتری نسبت به سایر مدل‌ها بوده است (تکاچ و ورتر، ۲۰۱۶). از شبکه عصبی برای پیش‌بینی در مواردی مانند ورشکستگی شرکت‌ها در بازار سهام نیز استفاده می‌شود (نیکبخت و شریفی، ۱۳۸۹). با وجود پیچیده بودن پیش‌بینی در بازار سهام، نتیجه پژوهش‌ها نشان داده است که شبکه عصبی با یک لایه مخفی، می‌تواند برای مدل‌سازی یک سیستم پیچیده با دقت مدنظر کافی باشد (چاوین و رامهارت[4]، ۱۹۹۵). از آنجاکه یکی از اهداف مهم در بازار سهام پیش‌بینی روند آتی رفتار آن بوده، رویکرد عمده برای پیش‌بینی بازده سهام، روش‌های آماری مبتنی بر سری‌های زمانی مانند میانگین متحرک، هموار سازی، آریما [2] ، رگرسیون و یا ترکیبی از آنها می‌باشد. این روش‌ها بنا به ماهیت خود در محیط‌های با تغییرات کم با تقریب خوبی قادر به پیش بینی هستند اما در مواردی چون پیش‌بینی بازار سهام که شرایط محیطی همواره در حال تغییر است نمی‌توانند تقریب خوبی از تغییرات محیطی تخمین بزنند. به این ترتیب نیاز به استفاده از ابزارها و مدل‌های نوین جهت پیش‌بینی این دوره‌ها ضروری است. از سویی دیگر به علت ویژگی‌های منحصر به فرد هر بازار سهام در هر کشور نیاز به تحقیق در همان بازار را ناگریز می‌سازد. امروزه بهره‌برداری از سیستم‌های هوشمند به علت ماهیت غیرخطی، در پیش بینی قیمت سهام جذابیت فراوانی در بورس سهام یافته است. اما به علت گستردگی روش‌هایی مانند شبکه‌های عصبی، الگوریتم ژنتیک، منطق فازی و... همچنین روند رو به گسترش این شاخه از علم یافتن یک روش کارآمد برای پیش‌بینی قیمت سهام در بورس ایران احساس می شود. بنابراین این پژوهش در راستای ارائه روشی برای پیش بینی دقیق سهام در پی آن بود که با ترکیبی از روش‌های هوشمند چون شبکه عصبی مصنوعی و مدل مخفی مارکوف مدلی طراحی کند که بتواند مشکلات مدل های یاد شده را پوشش دهد و با کمترین خطا به پیش‌بینی شاخص‌های بورسی بپردازد.

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

۲-۱-مبانی نظری

ایده اصلی پیش بینی بازار بورس این است که روند تغییرات قیمت سهام به وسیله تغییرات از قیمت، حجم و نرخ بهره و... پیش بینی تغییرات آینده قیمت ها وجود دارد. پیش بینی بازار بورس هنوز که هنوز است یکی از مهمترین

[1] Adebiyi & at al
[2] Yan
[3] Atsalakis & Valavanis
[4] Chauvin & Rumelhar
2 ARIMA

چالش هایی هست، که ناشی از ارتباط بازارها مرتبط هستند وجود دارد. سرمایه‌گذاری دربازارسرمایه مستلزم تصمیم‌گیری می‌باشدکه این خودنیازمند دستیابی به اطلاعاتی درخصوص وضعیت آینده قیمت بازار سهام می‌باشد. لذادرصورتی که بتوان روندآتی بازارسهام را با روش‌های مناسب پیش‌بینی نمود،سرمایه‌گذارمی‌تواند بازده حاصل از سرمایه‌گذاری خود را بیشینه سازد (ال-غالب[1]،۲۰۱۴). پیش‌بینی شاخص‌های مهم بورس می‌تواند گامی در جهت افزایش و شفاف نمودن اطلاعات در بازار سرمایه باشد. شاخص کل قیمت سهم در بورس از جمله شاخص های اقتصادی است که روند فعالیت وجهت بازار سرمایه کشور و توانایی بازار سرمایه در جذب نقدینگی در جامعه رو نشان می‌دهد، معیاری برای تعیین و تکمیل رفتار سرمایه گذاران در بازار و راهنمایی برای تعیین زمان خرید و فروش اوراق بهادار برای آنان است (جارسولا[2]،۲۰۱۱). ناشناخته بودن عوامل تاثیرگذار بر تغییرات شاخص همواره دلیلی برای روی آوردن به شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران است. امروزه مدیران مالی ترجیح می‌دهند مکانیزمی در اختیار داشته باشند که بتواند آن‌ها را در امور تصمیم‌گیری‌شان یاری نماید. به همین دلیل توجه به روش‌های پیش‌بینی بسیار مورد توجه قرار گرفته است. از این رو متخصصان بازارسرمایه، سالیان متمادی به مطالعه بازار و شناسایی الگوهای مختلف برای پیش‌بینی پرداخته اند که برای این امر ترکیبی از تشخیص الگو و تجربه‌ی مبتنی بر مشاهده روابط علّت و معلول را بکار بسته‌اند. همچنین برنامه‌های نرم افزاری بسیاری نیز وجود دارند که به این تصمیم‌گیری کمک می‌کند و به عنوان موتور پیش‌بینی مورد استفاده قرار می‌گیرند (ال-غالب،۲۰۱۴). محققان مختلف از جاهای مختلفی مثل دانشگاهها، صندوق های سرمایه گذاری، بانکها و شرکت های فعال در بورس هر کدوم نظرات مختلفی در این موضوع دارند. و نظریات به دو دسته کلی تقسیم می شود: دسته اول محققان معتقد می باشند، که حرکت بازار از الگوهای مشخصی پیروی می کنه. اگرچه این الگوها می توانند ساده یا پیچیده و آسان یا سخت برای پیدا کردن باشند، ولی در هر حال الگو می باشند و به همین دلیل می شود، بازار مالی را پیش بینی کرد. این افراد معتقد هستند که بررسی روندها و رفتار بازار در گذشته می توانند این الگوها رو مشخص کنند. با پیدا کردن این الگوها می¬توان در مورد آینده صحبت کرد چرا که این الگوها همیشه در طول تاریخ تکرار شدن. یه سرمایه گذار آگاه می تواند با پیدا کردن این الگوها بر اساس آنها خرید و فروش نماید و امیدوار باشد که به سود دهی برسد. دسته دوم در معتقد هستند که پیش بینی بازار بورس امکان پذیر نیست چرا که همانطور که می توانید عددی رو که از انداختن یک تاس پیش بینی شود به همان اندازه می توان بازار رو هم پیش بینی کرد. این افراد معتقد هستند که شاخص سهام به گذشته اون ربطی ندارد، بلکه اتفاقات آینده است اقتصاد رو رقم می زند. اگر اقتصادی رشد خوبی داشته باشد. سرمایه گذارها به امید اینکه این رشد در بازار تاثیر خواهد گذاشت، تمایل به خرید سهم خواهد داشت. این یعنی اینکه تقاضا برای بازار سهام بالا و به همین دلیل شاخص هم افزایش پیدا می کند. با این وجود در روندهای مالی، اغلب شرایطی بوجود می آید که قوانین را به هم می‌ریزد و پیش‌بینی ها را دشوار می‌سازد. این پیش بینی ها و تحلیل داده ها در بازار بورس , نقش مهمی در اقتصاد امروز دنیا ایفا می کنند چرا که پردازش در بازار بورس با نااطمینانی های زیادی همراه است که متاثر از

[3]Al Galib, A., Alam, M. and Rahman, R.M.
[4] JAROSLAV LAJOS

عوامل زیادی است و انواع بیشماری از الگوریتمها در این پیش بینی ها مورد استفاده قرار می گیرند که عموما در دو گروه مدلهای خطی و غیر خطی دسته بندی می شوند. این مدلهای پیش بینی بر اساس داده های سری زمانی به دو گروه خطی و غیر خطی تقسیم میشوند. مدلهای پیشبینی خطی شامل : مدلهای رگرسیونی تک معادله ای , مدلهای رگرسیون معادلات همزمان , مدلهای ARIMA ,مدلهای VARو از جمله مدلهای پیشبینی غیرخطی نیز ، مدلهای شبکه عصبی مصنوعی (ANN) هستند که میتوانند هر تابعی را تخمین بزنند و فرآیندهایی با رفتار ناشناخته را مدل نمایند. (پادماجا ,۲۰۲۰)

این تحقیق بر آن است تا طراحی الگویی جهت پیش‌بینی شاخص بورس تهران با استفاده از ترکیبی از شبکه عصبی مصنوعی و مدل مخفی مارکوف استفاده نماید.

۲-۲- پیشینه تجربی پژوهش

چگینی احمد و گرد (۱۳۹۹) در تحقیقی با عنوان پیش بینی قیمت سهام در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل شبکه عصبی (ANN) و مدل خود رگرسیون میانگین متحرک انباشته (ARIMA) مطالعه موردی دو شرکت دارویی فعال بورس اوراق بهادار نشان دادند که در صورت تاثیر متغیرهای کلان اقتصادی بر روی قیمت سهام , مدل شبکه عصبی پیش بینی بهتری از قیمت سهام در بازار سهام ایران در مقایسه با روش خود رگرسیونی میانگین متحرک انباشته دارد . ذوالفغاری مهدی و همکاران (۱۳۹۹) در مطالعه ای با عنوان طراحی مدلی جهت پیش بینی بازده شاخص کل بورس اوراق بهادار (با تاکید بر مدلهای ترکیبی شبکه یادگیری عمیق و مدلهای خانواده (GARCH)) , نتایج این تحقیق نشان داد که مدلهای ترکیبی دقت پیش بینی بالاتری نسبت به مدلهای تکی داشتند. نجار زاده رضا و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهشی با عنوان طراحی مدلی جهت پیش بینی بازده شاخص بورس (با تاکید بر مدلیهای ترکیبی شبکه عصبی و مدلهای با حافظه بلند مدت) , یافته های این پژوهش نشان داد که مدل ترکیبی کارآمد تر و دارای خطای پیش بینی کمتری نسبت به سایر مدلهای رقیب می باشد. میرعلوی و پور زمانی(۱۳۹۸) در مطالعه ای با عنوان ارائه مدلی جهت پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از روش‌های فرا ابتکاری و شبکه‌های عصبی در این پژوهش یک سیستم دو سطحی از شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه پیشنهاد شده و از چندین شاخص برای پیش‌بینی استفاده می‌شود. در این پژوهش داده‌های شاخص قیمت بورس اوراق بهادار تهران از ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۵ برای این منظور در نظر گرفته شده است. همچنین برای آموزش بهتر شبکه‌ی عصبی و در نتیجه بهبود نتایج بدست آمده، از الگوریتم بهینه‌سازی ملخ برای انتخاب بهترین نمونه‌ها استفاده شده است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که مدل پیشنهادی توانسته با خطای پیش‌بینی پایین‌تری نسبت به دیگر مدل‌ها عمل کند.

فقیهی نژاد و مینایی(۱۳۹۷) در مطالعه ای با عنوان پیش بینی رفتار بازار سهام بر اساس های شبکه عصبی مصنوعی با رویکرد یادگیری جمعی هوشمند، یافته‌ها نشان داد که دقت نتایج و افزایش بازده پیش‌بینی، مهم‌ترین چالش مدل‌های پیشنهادشده در بازار سهام به‌شمار می‌رود. نکته مهم برای سودآوری معاملات، توجه به جهت تغییر قیمت سهام در پیش‌بینی قیمت آن است که در مدل‌های پیش‌بینی به این موضوع توجه کمتری شده است.

مدل پیشنهادی با استفاده از روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی نشان می‌دهد که پیش‌بینی رفتار بازار سهام با وجود ماهیت نوسانی و ناپایدار آن، امکان‌پذیر است. بنابراین نتایج معیارهای ارزیابی روی داده‌های واقعی قیمت سهام نشان می‌دهد مدل پیشنهاد شده در مقایسه با سایر روش‌ها، با دقت بیشتری می‌تواند بر نوسان‌های بازار غلبه کرده و به‌عنوان روش قابل اطمینان و عملی در بازارهای سهام به‌کار گرفته شود.

عسگری و همکاران(۱۳۹۶) در این تحقیق با استفاده از الگوریتم خوشه بندی K-mean به همراه مدل مارکوف مخفی بر روی متغییر های تکنیکال درصد تغییرات روزانه قیمت و حجم معاملات به پیش‌بینی شاخص بی ای ال[1] بورس بلژیک مدل های GARCH وEGARCH دریک روز اینده پرداخته اند. دقت پیش‌بینی با استفاده از معیار متوسط درصد خطاهای مطلق محاسبه شده که مقدار متوسط خطاهای مطلق برای پیش بینی مقدار روز آینده شاخص قیمتی بی ای ال۲۰ در بازه زمانی ۱ دسامبر تا ۳۰ دسامبر ۲۰۱۵ عدد ۰.۰۳۴۶۳ -درصد بوده است. سری‌های زمانی مقدار شاخص و حجم معاملات آن در بازه زمانی ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۵ نمونه پژوهش را تشکیل داده و از داده‌های ۲۰۱۲/۱/۱ تا ۲۰۱۵/۱۱/۳۰ برای پرورش مدل و از داده‌های ۲۰۱۵/۱۱/۳۰ تا ۲۰۱۵/۱۲/۳۰ برای تست مدل و به دست اوردن دقت پیش بینی استفاده شده است.

فلاح پور و پور ریکنده(۱۳۹۳) در تحقیقی، شاخص کل سهام بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل‌های مختلف شبکه‌های عصبی پیش‌بینی نمودند. دورهٔ زمانی انجام تحقیق از ابتدای سال ۸۱ تا پایان سال ۹۰ بود. گردآوری اطلاعات از طریق آمار و داده‌های موجود در پایگاه اطلاعاتی در بورس اوراق بهادار تهران صورت گرفته است. برای ایجاد مدل WDBP از موجک db5 برای نویززدایی داده‌ها و تا پنج مرحله صورت گرفته است. از جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) به عنوان معیارِ ارزیابی برای سنجش خطای پیش‌بینی استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که عملکرد شبکهٔ عصبی موجکی در پیش‌بینی شاخص سهام سطح خطای کمتری دارد و از شبکهٔ عصبی بهتر است.

امیری و بیگلری(۱۳۹۲) در پژوهشی، با عنوان پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از مدل مارکوف به منظور پیش‌بینی قیمت سهام استفاده نمودند. بدین منظور ۹ وضعیت تعریف شده که از تعامل متغیرهای درصد تغییر قیمت سهام و درصد حجم مبادلات سهام بدست آمده اند. برای هر یک از این متغیرها سه حالت یا سطح خنثی و منفی تعریف شده است. به منظور بررسی کارایی مدل یک مطالعه موردی از شاخص، مثبت صنایع داوجونز بررسی شده که عملکرد مدل پیشنهادی را تأیید می کند.

تابر[2] و همکاران(۲۰۲۰) در پژوهشی با عنوان یک روش جدید برای پیش بینی سقوط بازار سهام با استفاده از شبکه های عصبی طبقه بندی و مصنوعی روش پیشنهادی در این مقاله مبتنی بر شناسایی رفتار طبیعی جمعیت در بازار سهام با استفاده از میانگین متحرک نمایی و سپس طبقه بندی نوسانات قیمت در سه دسته BUY، SELL و STOP است. سپس یک شبکه عصبی مصنوعی (ANN) با پنج نورون ورودی ، ده نورون پنهان و سه نورون

[1] BEL
[2] Tabar

خروجی برای یادگیری از نوسانات قیمت و پیش بینی یک روز آینده استفاده می شود. نتایج نهایی نشان می دهد که این الگوریتم با صدور برچسب های STOP از قبل قادر به شناسایی خرابی های بازار است.

ونگ[1](۲۰۲۰) در بررسی پیش بینی حرکات شاخص سهام براساس یادگیری ماشین، نتایج نشان داد که Random Forest در هر دو مجموعه آموزشی و آزمایشی از ماشین پشتیبان پشتیبان برتر است. چندین شاخص روند فنی که ما در اینجا محاسبه کردیم ، مانند WILLR، BBANDS، CCI، CMO و MACD ، نقش مهمی در پیش بینی حرکات شاخص بر اساس جنگل تصادفی دارند. این مقاله یک چارچوب اساسی در مطالعه پیش بینی حرکت سهام توسط هوش مصنوعی فراهم می کند.

پادماجا [4] و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه ای با عنوان پیش بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه ی عصبی مصنوعی , به این نتیجه دست یافت که شبکه عصبی بر مدلهای خطی موجود برتری دارد.

شاه[2](۲۰۱۹) در مطالعه ای با عنوان پیش بینی بازار سهام با استفاده از هوش مصنوعی، بیان داشت که از هوش مصنوعی برای شناسایی نمونه های ناشناخته و تجزیه و تحلیل آنها و در نظر گرفتن این مقادیر به عنوان ورودی برای پیش بینی بازار سهام استفاده می شود. پیش بینی بازار سهام یک کار بسیار مبهم است و دارای روش های بسیاری است که امکان پیش بینی چنین شبکه عصبی مصنوعی (ANN) ، استنتاج عصبی فازی تطبیقی (ANFIS) ، هوش ازدحام و غیره را فراهم می کند. روش های آینده مانند Levenberg Marquardt وجود دارد که بخشی از آن است عصبی که نه تنها به پیش بینی دقیق کمک می کند بلکه از بسیاری جهات مانند زمان صرف شده ، تخصیص حافظه ، دقت و غیره کارآمدتر از ANFIS است.

کائو[3](۲۰۱۹) در مطالعه مدل مارکوف پنهان چند لایه برای تحلیل رفتار بین بازار و پیش بینی روند، برای پرداختن به این مسئله مهم ، این مقاله یک رویکرد جدید مدل مارکوف پنهان چند لایه همراه پنهان (MCHMM) برای تحلیل رفتار سلسله مراتبی بین بازار (HCBA) را پیشنهاد می کند ، یعنی کاوش روابط پیچیده اتصال بین متغیرهای بازارهای یک کشور (لایه ۱) کوپلینگ) و اتصالات بین بازارهای کشورهای مختلف (کوپلینگ لایه ۲) ، برای پیش بینی حرکات بازار سهام. برای به دست آوردن رفتارهای همراه بازار سلسله مراتبی ، یک مدل لایه لایه مخفی پنهان چند لایه (MCHMM) برای پیش بینی احتمالات بازگشت قیمت در بازار سهام در یک کشور هدف ساخته شده است. نتایج تجربی ۱۱ سال داده از دو نوع بازار (بازار سهام و بازار ارز) ۱۳ کشور نشان می دهد که روش پیشنهادی ما از چهار معیار دیگر از دیدگاه های فنی و تجاری بهتر است.

پراتکشرما[4](۲۰۱۶) در تحقیقی به بررسی مقایسه پیش‌بینی مدل‌های مختلف گارچ با استفاده از بازده روزانه پرداخته است. در تحقیق مزبور هر مدل که برای پیش‌بینی استفاده می شود، دارای واریانس شرطی ۱۶ شاخص سهام بین المللی برای یک دوره نمونه حدود ۱۴ سال است. نتایج نشان داد که عملکرد پیش بینی نسبی مدل

[1] Wang
[t]Padmaja
[2] Shah
[3] Cao
[4] PrateekSharmaa, Vipul

های GARCH و EGARCH حساس به انتخاب معیار از دست دادن داده‌ها هستند. همچنین، مدل متوسط متحرک به طور کلی از مدل‌های کارچ عملکرد بهتری داشته است. همچنین نتایج نشان داد مدل‌های GARCH و EGARCH دارای داده‌های پرت اندک بوده اند.

ال-غالب[1](۲۰۱۴) در تحقیقی به بررسی تخمین به تخمین شاخص بورس اوراق بهادار هند پرداخت و دقت پیش‌بینی مدل مارکوف مخفی را با دقت پیش‌بینی الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه[2] مقایسه کردند. آنها در نتیجه گیری خود بیان کردند که HMM نسبت به نزدیک ترین همسایه بسیار حرفه ای تر عمل می کند.

۳- روش‌شناسی پژوهش

تحقیق حاضر را می توان از جمله تحقیقات کاربردی، تحلیلی-ریاضی طبقه بندی کرد که قلمرو مکانی آن بازار بورس اوراق بهادار تهران و همچنین قلمرو زمانی آن از سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۷ می باشد هدف این پژوهش، ارائه یک رویکرد احتمالی برای تشخیص الگو در ترکیبی مدل مارکوف مخفی-هوش مصنوعی می‌باشد. در این رویکرد عدم قطعیت پارامترها درون مدل گنجانده شده و این باعث خواهد شد سیستم داده محور باشد. همچنین از لحاظ جمع‌آوری اطلاعات، تحقیقی پس رویدادی است که به منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات از آمار و ریاضیات، روش مدل مارکوف مخفی-شبکه عصبی استفاده شده است. برای یافتن شاخص بورس اوراق بهادار در دوره جاری برحسب عوامل (بردار پایه) در داده‌های تاریخی سری زمانی شامل شاخص کل بازار بورس استفاده می‌شود. سپس با استفاده از میانگین موزون بردار پایه، شاخص دوره بعد زنجیره اند؛ در حالی‌که در مدل ارائه شده در این تحقیق، از مفهوم شاخص سهام را پیش‌بینی کرده برای پیش‌بینی دوره بعد شاخص سهام و شاخص با استفاده از خروجی مدل مارکوف مخفی که همان الگوهای مشابه هستند، استفاده شده است. مدل ارائه شده به نوعی از هفت قسمت اصلی تشکیل شده است.

۱) یافتن گروههای داده مشابه با داده دوره جاری با مدل(شامل شاخص کل بازار بورس)
۲) ماتریس انتقال
۳) ماتریس احتمال مشاهدات
۴) ماتریس مشاهدات اولیه
۵) -تنظیم پارامترهای اولیه مدل (مارکوف مخفی) توسط شبکه‌های عصبی؛
۶) محاسبه ماتریس انتقال
۷) پیش‌بینی دوره آتی

در مدل مخفی مارکوف تمام حالات موجود با یکدیگر متصل هستند. لیکن مدل مخفی مارکوف از لحاظ ساختار و اصطلاحا توپولوژی انواع مختلف دارد و ساختار مدل یک تحلیل ریاضی کامل‌تری است که راس ها (احتمال مشاهدات) در آن دارای اتصالات بازگشتی نیز می‌باشند. لیکن برای کاربردهای متفاوت و با توجه به پیچیدگی

[1] Al Galib, A., Alam, M. and Rahman, R.M.
[2] k-nearest neighbors algorithm

فرآیند نیاز به ساختار متفاوتی وجود دارد. برای مدل کردن سیگنالهایی که خواص آنها با زمان تغییر می کند مورد استفاده قرار می‌گیرد. جایگاه مدل مارکوف مخفی در مدل از مدل مدل مخفی مارکوف به منظور شناسایی الگوهای مشابه با الگوی مورد نظر استفاده می‌شود. به این صورت که داده‌های شاخص سهام که شامل سه قسمت زیر هستند استفاده می‌شوند و ورودیهای مدل را تشکیل دهند. خروجی مدل را نیز می‌توان شاخص پیش‌بینی شده برای دوره بعد در نظر گرفت همانگونه که در مبانی نظری نیز موجود است، هر مدل مارکوف مخفی توسط سه شاخصه اصلی به صورت شناسایی می شود.

$$\mathrm{SM}_a = Tranferfunction\left(w_{1,_T} CU_1\right) \qquad \text{فرمول (۱)}$$

نحوه تعامل شبکه‌های عصبی با مدل مارکوف مخفی به منظور بهینه‌سازی پارامترهای اولیه در مدل است. که برای این سه پارامتر تواما از شبکه‌های عصبی استفاده شود. آموزش مدل مارکوف مخفی با استفاده از هر شبکه‌های عصبی از داده سری اولیه به عنوان ماتریس یافتن شاخص بورس اوراق بهادار در دوره جاری برحسب عوامل (بردار پایه) به براورده ماتریس انتقال و سپس پیش بینی شاخص بازار بورس تهران صورت می گیرد. که در آن CU= شاخص کل بورس و SM= شاخص بازار سهام می باشد.

در این تحقیق، با توجه به نوع داده‌ها و روش‌های تجزیه و تحلیل آماری موجود، از روش شبکه عصبی ترکیبی و مقطعی برای برآورد پارامترهای الگو و بررسی آزمون فرضیه ها استفاده شده است.

۴- یافته های پژوهش

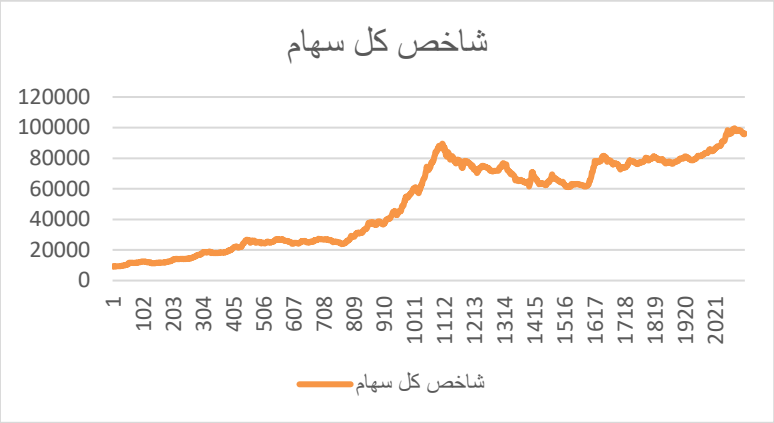
از آنجاکه هدف این پژوهش طراحی الگویی جهت پیش بینی شاخص بورس تهران با استفاده از ترکیبی از شبکه عصبی مصنوعی و مدل مخفی مارکوف بوده، بدین منظور گزارش های شاخص کل سهام بورس تهران در بازه زمانی ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۸ به مدت ۹ سال مورد بررسی قرار گرفته شده است. داده هایی که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته اند شاخص کل سهام در بورس بازار اوراق بهادار مربوط از فروردین ماه ۱۳۸۹ تا اخر اسفند ماه ۱۳۹۸ می باشد.

جدول ۱-توصیف متغیرهای پژوهش

متغیر	از تاریخ	تا تاریخ	کل مشاهدات	میانگین	انحراف معیار	بیشترین	کمترین
شاخص کل سهام	۱۳۸۹/۰۱/۰۵	۱۳۹۸/۱۲/۲۸	۲۱۲۱	۵۰۹۹۴/۰۷	۲۷۶۲۵	۹۹۵۲۲۲/۱	۹۲۴۷/۲

ماخذ: یافته های پژوهشگر

با توجه به نتایج توصیفی جمعا در ۹ سال مورد مطالعه ۲۱۲۱ مورد گزارش روزانه شاخص ها در بورس اوراق بهادار تهران مورد بررسی قرار گرفت که میانگین شاخص کل ۵۰۹۹۴/۰۷ گزارش شد.



نمودار ۱- نرخ رشد شاخص کل سهام

ماخذ: نتایج پژوهشگر

با توجه به یافته های نمودار شاخص کل سهام در بازه زمانی ۹ ساله روند افزایشی داشته که این روند در بازه روز ۹۴۹ تا ۱۰۲۸(فروردین ۱۳۹۳ تا شهریور ۱۳۹۳) دارای بالاترین رشد و در بازه روزهای ۱۱۰۷ تا ۱۵۸۱ (آذر۱۳۹۳ تا آذر ۱۳۹۵) روند کاهش داشته و سپس با شیب ملایم رشد داشته است. از سویی دیگر در این پژوهش به دلیل اینکه تنها از یک متغیر(دو متغیر بصورت جدا) استفاده شد. ساختار شبکه عصبی مصنوعی به صورت NARNet بود که با ۱۴ لایه مخفی و تاثیر پذیری از ۲۱۲۱ روز قبل تحت الگوریتم آموزشی-Levenberg Marquardt برای یک روز بعد محاسبه شده است.

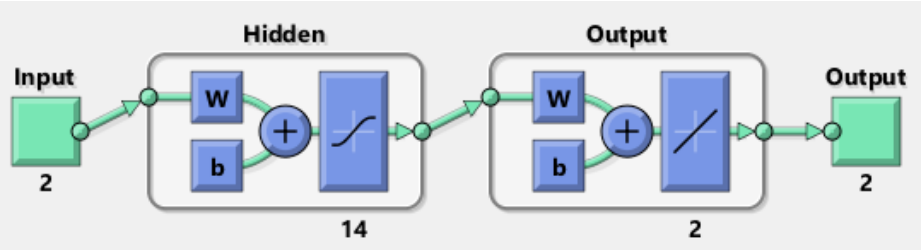
جدول ۲-پارامترهای شروع شبکه عصبی آموزش

پارامتر	مقدار
تابع آموزش	trainlm
تابع کارایی	mse[1] خطای میانگین مربعات
اندازه لایه پنهان(شکل ۱*)	۱۴
نحوه‌ی انتخاب داده ها	تصادفی
درصد انتخاب داده های آموزش	۲۱۲۱
درصد انتخاب داده های اعتبار سنجی	۱۰
درصد انتخاب داده های تست	۱۰

ماخذ: نتایج پژوهشگر

1 - Mean Squared Error

در شکل ۱، نحوه‌ی نمایش اتصال شبکه عصبی را نمایش داده است که شامل دو ستون ورودی و دو ستون خروجی می‌باشد لایه‌های پنهان ۱۴ در نظر گرفته شده و لایه خروجی بسته به ستون ورودی انتخاب شده است که عدد یک می باشد.



شکل ۱- نحوه‌ی اتصال شبکه عصبی با لایه های مخفی

ماخذ: نتایج پژوهشگر

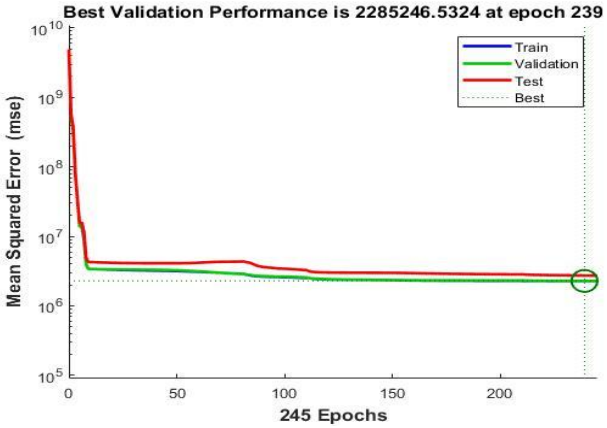
با اجرای شبکه عصبی و استفاده از داده برای آموزش، اعتبار سنجی و تست شرط پایان شبکه در جدول ۳، نشان داده شده است. مقدار زمان نامحدود می باشد که تا بتوان در بازه زمان بیشتری عملیات را انجام داد لازم به ذکر می باشد که کل مقادیر شرط پایانی قابل تغییر می باشد. مقدار دور برای هر دور اجرای شبکه و انجام عمیات تست می باشد که اگر بعد از ۱۰۰۰ دور نتوانستیم بهترین و بهینه ترین جواب را بدست بیاوریم کار شبکه تمام شود. کارایی و شیب به سمت صفر میل می کنند و اگر صفر شود کار شبکه پایان می پذیرد و مقدار Mu پارامتر میانگین پیشین گاوسی در β، به عنوان یک اسکنر عددی یا بردار مشخص شده است و در نهایت حداکثر تکرار برای جواب های بدست آمده اگر ۶ تکرار باشد کار شبکه عصبی تمام شده و بهترین و بهینه ترین حالت بدست آمده است.

جدول ۳- شرط پایان آموزش شبکه عصبی آموزش

پارامتر	مقدار
زمان	نامحدود
دور	۱۰۰۰
کارایی	2.80e+06
شیب	2.24e+06
Mu	۰.۰۰۱۰۰
حداکثر تکرار	۶

ماخذ: نتایج پژوهشگر

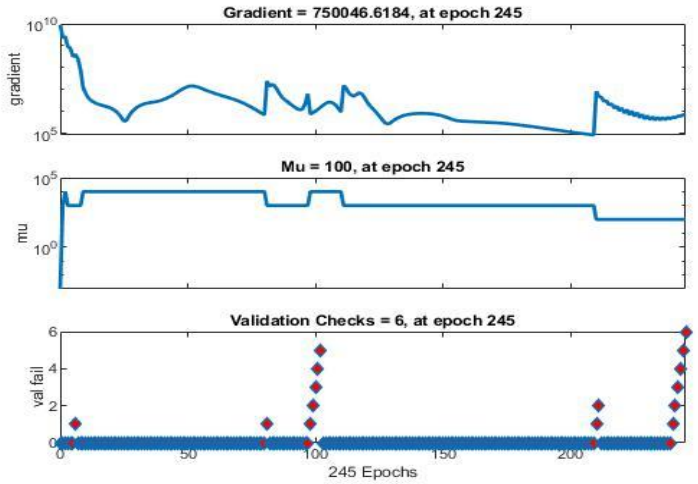
برای ارزیابی عملکرد آماری مقدار کارایی شبکه عصبی با مشخصات جدول ۲ و جدول ۳ در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل۲- پیش بینی شاخص سهام با مدل شبکه عصبی برای انتخاب بهترین عملکرد تأیید اعتبار

ماخذ: نتایج پژوهشگر

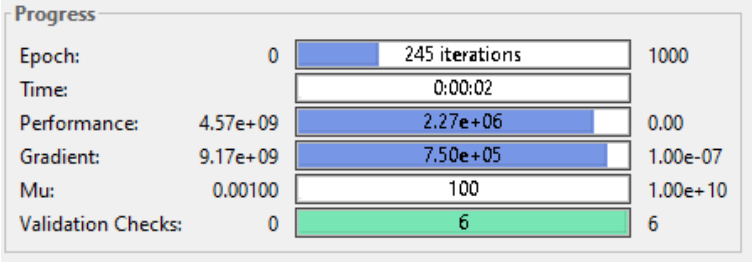
در این پژوهش برای ارزیابی عملکرد و طبقه‌بندی از تابع عمکرد استفاده شده که عملکرد یکپارچه‌سازی طبقه‌بندی، عملکرد رگرسیون و طبقه بندی عملگر اپراتور تنها با وظایف طبقه بندی استفاده می شود. از سوی دیگر، عملکرد به طور خودکار نوع کار یادگیری را تعیین می‌کند و رایج‌ترین معیارهای آن را محاسبه می‌کند. در شکل ۲ بهترین عملکرد تایید شده ۲۲۸۵۲۴۶.۵۳۲۴۳ در ۲۳۹ دوره است. حالت آموزش شبکه عصبی بعد از ۲۴۵ دور به صورت شکل ۳ می باشد.



شکل ۳- نمودار آموزش شیب، Mu، تأیید اعتبار در شبکه عصبی

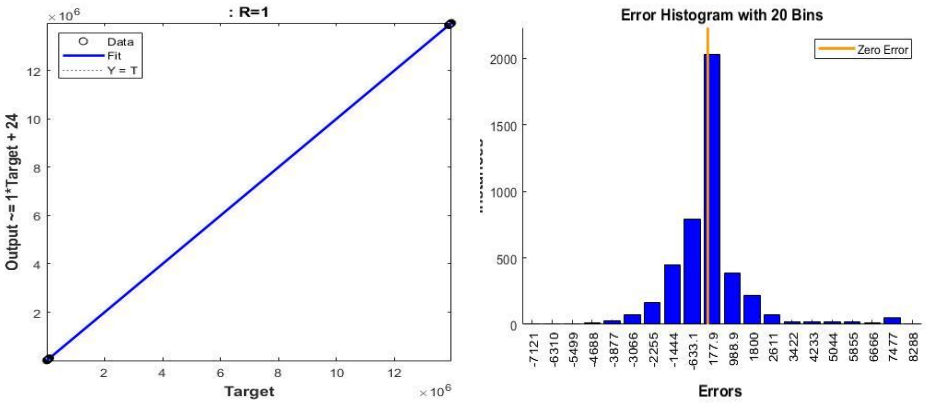
ماخذ: نتایج پژوهشگر

در شکل ۳ با توجه به ۲۴۵ دور انجام محاسبات آموزش، اعتبارسنجی و تست گرادیان عدد 7.50e+50 با شیب خط بدست آمده و مقدار Mu عدد 100 می باشد و همچنین حداکثر تعداد تکرار ۶ که باعث اتمام کار شبکه عصبی شده است را نشان می‌دهد. با توجه به تنظیم مقدار حداکثر تکرار در جدول ۳ شبکه عصبی بعد از رسید به این مقدار تکرار کار خود را متوقف کرده است. در شکل ۴ نمای کلی از شرط های پایان و علت پایان که به رنگ سبز نشان داده شده است را نشان می دهد.



شکل ۴- پایان کار شبکه عصبی

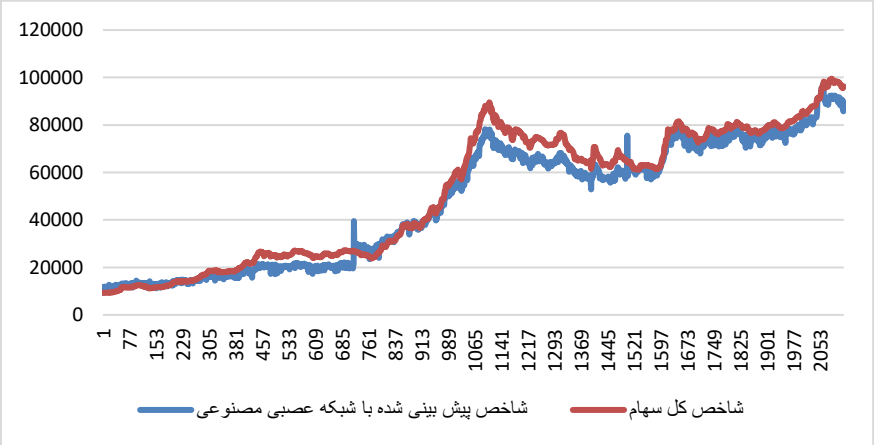
ماخذ: نتایج پژوهشگر



شکل ۵- هیستوگرام خطا شکبه عصبی **شکل ۶- نمودار هدف شبکه عصبی**

ماخذ: نتایج پژوهشگر

در این تحقیق از مدل مخفی مارکف برای پیش بینی شاخص کل سهام استفاده شد. که این مدل توسط نرم افزار اماری متلب و با کد نویسی پیوست شده به پیش بینی شاخص کل سهام می پردازد. با توجه به بی حافظه بودن مدل مخفی مارکف برای این مدل‌سازی پیش بینی قیمت سهام فقط با استناد به قیمت ۲۱۲۱ روز گذشته صورت گرفته، این نتایج برای هفت روز متوالی و با پیش بینی برای یک روز بعد بدست آمده است.



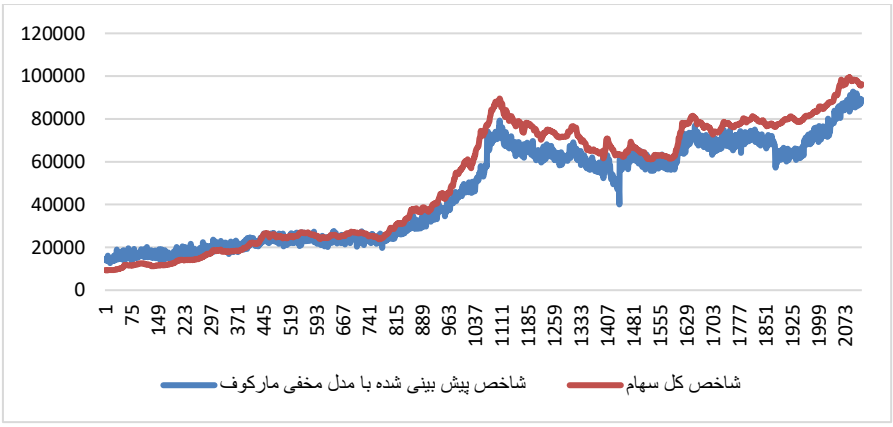
نمودار۲- پیش بینی شاخص سهام با مدل شبکه عصبی

ماخذ: نتایج پژوهشگر

جدول۴-شاخص اندازه گیری مقدار خطای پیش بینی برای مدل شبکه عصبی

	MSE[1]	MAPE[2]	میانگین قدرمطلق کل خطا
شاخص کل سهام	۱/۶۵	۰/۰۸۳	۶۲۱۴

ماخذ: نتایج پژوهشگر



نمودار۳- پیش بینی شاخص سهام با مدل مارکوف

ماخذ: نتایج پژوهشگر

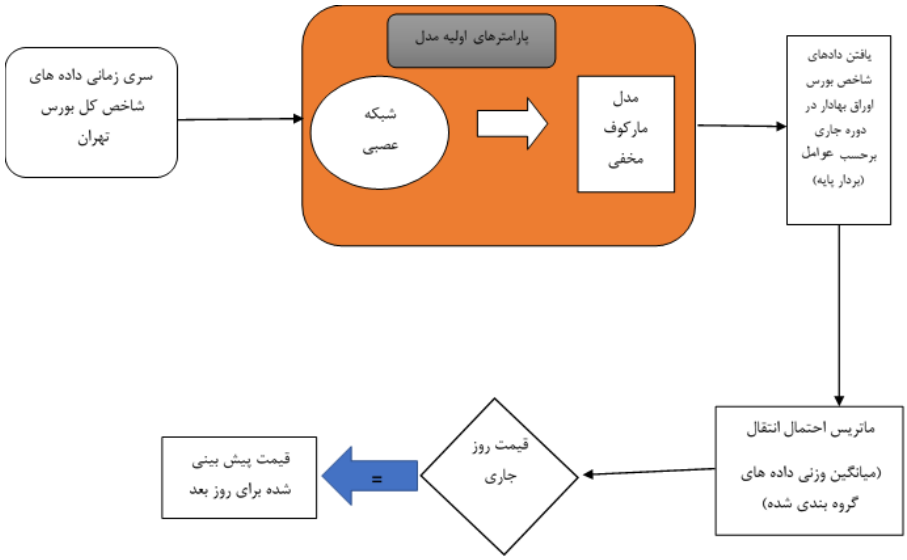
[1] میانگین مربعات خطا
[2] میانگین قدر مطلق درصد خطا

جدول ۵- شاخص خطای پیش بینی برای مدل مارکوف

	MSE	MAPE	میانگین قدرمطلق کل خطا
شاخص کل سهام	۲/۸۸	۰/۰۵۷	۷۴۳۶

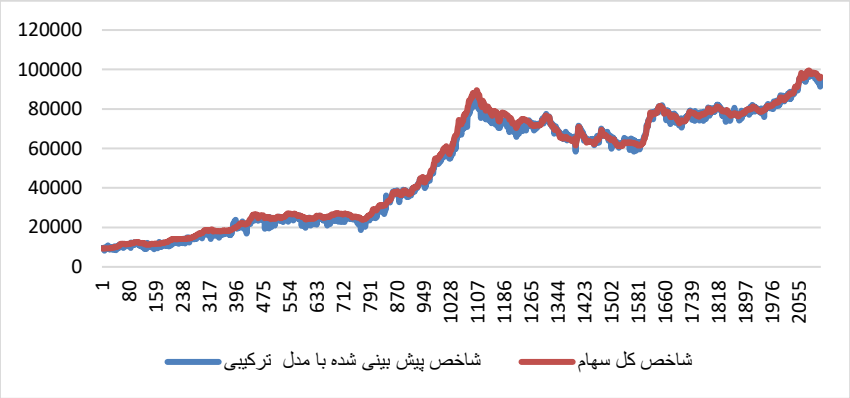
ماخذ: نتایج پژوهشگر

در این مدل خروجی داده ها از مدل بهینه شده شبکه عصبی مصنوعی با ۱۴ لایه مخفی با تاثیر ناشی از ۲۱۲۱ روز قبل که ضرایب وزنی آن با الگوریتم ژنتیک با جمعیت ۲۱۲۱ و رشد جمعیتی ۵۰ بهینه شده بعنوان داده های ورودی به مدل مخفی مارکف داده شده و نتایج حاصل از پیش بینی قیمت روز بعد توسط مدل ترکیبی در هفت روز متوالی محاسبه گردید



شکل۷-الگوریتم پیشنهادی پیش بینی شاخص سهام با استفاده از مدل ترکیبی شبکه عصبی منصوعی و مدل مخفی مارکوف

ماخذ: نتایج پژوهشگر



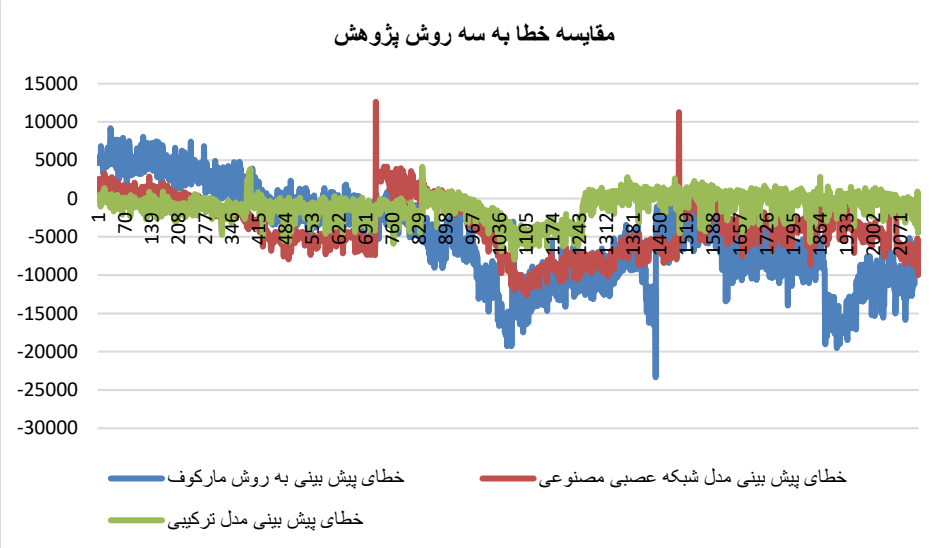
نمودار۴- پیش بینی شاخص سهام با مدل ترکیبی

ماخذ: نتایج پژوهشگر

جدول ۶- شاخص خطای پیش بینی برای مدل ترکیبی

	MSE	MAPE	میانگین قدرمطلق کل خطا
شاخص کل سهام	۰/۷۵	۰/۰۱۳	۴۴۸

ماخذ: نتایج پژوهشگر



نمودار ۵- مقایسه خطای مدلهای پیش بینی شاخص کل سهام

ماخذ: نتایج پژوهشگر

برای ارزیابی نهایی عملکرد سه مدل تحقیق از سه معیار استفاده شد معیار اول شاخص نرخ ضربه(میانگین پیش بینی درصد)، معیار دوم خطای پیش بینی MAPE و معیار سوم مقایسه سه مدل با استفاده از آزمون تحلیل واریانس Anova و با آزمون تعقیبی توکی می باشد.

معیار اول: نرخ ضربه

برای محاسبه نرخ ضربه از فرمول زیر استفاده شد که از نسبت میانگین مشاهده های صحیح بر تعداد کل مشاهدات بدست می آید. که نتایج این مقایسه در جدول(۷) قابل مشاهده است.

فرمول (۲) $\mathrm{HitRate} = \frac{NCP}{TP}$

جدول ۷-مولفه های معادله

ویژگی	شرح
HitRate	نرخ ضربه
NCP	میانگین مشاهده های صحیح
TP	تعداد کل مشاهدات

ماخذ: نتایج پژوهشگر

جدول ۸- ارزیابی بهره وری مدل های تحقیق به روش نرخ ضربه

	مدل ترکیبی	مدل مخفی مارکوف	مدل شبکه عصبی مصنوعی
شاخص کل سهام	۰/۰۰۴۲	۰/۰۰۱۴	۰/۰۲۰۷

ماخذ: نتایج پژوهشگر

با توجه به نتایج مقایسه با استفاده از روش نرخ ضربه تعداد میانگین مشاهدات کاملا صحیح در مدل شبکه عصبی مصنوعی از مدل ترکیبی بالاتر و در مدل ترکیبی بیشتر از روش مدل مخفی مارکوف بود.

معیار دوم: شاخص MAPE

معیارهای ارزیابی با توجه به رویکرد پژوهش برای بهبود هم زمان پیش بینی شاخص کل سهام و بازده نقدی قیمت و پیش بینی جهت تغییرات آن‌ها، معیارهای ارزیابی نتایج نیز باید این دو مفهوم را پشتیبانی کنند. نخستین معیار که استفاده از آن بسیار رایج است و میزان نزدیک بودن شاخص کل پیش بینی شده به شاخص واقعی را نشان می‌دهد، MAPE است. در این معیار قدر مطلق اختلاف بین مقدار واقعی و مقدار پیش‌بینی شده بر مقدار واقعی تقسیم می‌شود و با تقسیم بر تعداد داده‌های موجود در مسئله، میانگین آن بر حسب درصد بیان می‌شود. در رابطه، y معرف مقدار واقعی pip مقدار پیش بینی شده و N تعداد داده هاست.

فرمول (۳) $\mathrm{MAPE} = 100 * \frac{1}{N} \sum \frac{yi-pi}{yi}$

جدول ۸-ارزیابی بهره وری مدل های تحقیق به روش MAPE

	مدل ترکیبی	مدل مخفی مارکوف	مدل شبکه عصبی مصنوعی
شاخص کل سهام	۰/۰۱۳	۰/۰۵۷	۰/۰۸۳

ماخذ: نتایج پژوهشگر

با توجه به نتایج مقایسه با استفاده از روش MAPE روش مدل ترکیبی نسبت به روش مدی شبکه عصبی مصنوعی خطای کمتری داشته و همچنین روش شبکه عصبی مصنوعی نسبت به روش مدل مخفی مارکوف از میانگین درصد قدر مطلق خطاهای کمتری برخودار بوده است.

معیار سوم: مقایسه با آزمون تحلیل واریانس

برای مقایسه میانگین های خطای پیش بینی در سه مدل تحقیق از آزمون آزمون تحلیل واریانس ANOVA در نرم افزار Spss و با آزمون تعقیبی توکی استفاده شد که نتایج در جدول(۹) قابل مشاهده است.

جدول ۹-ارزیابی بهره وری مدل ها با آزمون تحلیل واریانس

متغیر یک	متغیر دوم	P value	اختلاف میانگین
شبکه عصبی	مارکوف	۰/۰۰۱	۱۱۲۴
شبکه عصبی	مدل ترکیبی	۰/۰۰۱	-۶۸۹۰
مارکوف	مدل ترکیبی	۰/۰۰۱	-۵۷۶۶

ماخذ: نتایج پژوهشگر

با توجه یافته های ازمون تحلیل واریانس بین میزان خطاهای سه گروه اختلاف معناداری (P<0/05) وجود دارد و با توجه به نتایج آزمون تعقیبی توکی[1] میزان خطاهای روش مدل ترکیبی از مدل شبکه عصبی مصنوعی کمتر و میزان خطاهای مدل شبکه عصبی مصنوعی از مدل مخفی مارکوف کمتر می‌باشد و از وضعیت بهتری برخودار است.

۵- نتیجه‌گیری

این پژوهش در راستای ارائه روشی برای پیش بینی دقیق سهام در پی ان بود که با ترکیبی از روش های هوشمند چون شبکه عصبی مصنوعی و مدل مخفی مارکوف مدلی طراحی کند که بتواند مشکلات مدل های یاد شده را پوشش دهد و با کمترین خطا به پیش بینی شاخص های بورسی بپردازد. با توجه به یافته‌های پژوهش میزان خطای پیش‌بینی مدل ترکیبی به مراتب از دو مدل دیگر برای پیش‌بینی شاخص کل سهام بورس تهران کمتر بوده و لذا دقت بالاتری برای پیش‌بینی سهام بورس را دارا می‌باشد. همچنین یافته‌ها نشان می‌دهد که در کل پیش‌بینی شاخص کل سهام با شبکه عصبی مصنوعی از دقت بالاتری نسبت به مدل مخفی مارکوف برخوردار

[1] Tuky Test

است. با توجه به شاخص MAPE روش مدل ترکیبی توانسته ۰/۰۴۴ درصد توان پیش بینی شبکه عصبی مصنوعی را بهبود ببخشد و همچنین ۰/۷۰ درصد قدرت پیش بینی کنندگی مدل مخفی کارکوف را بهبود داده است. شبکه عصبی مصنوعی با قابلیت توجه در استنتاج معانی از داده های پیچیده یا مبهم برای استخراج الگو ها و شناسایی روشهایی که آگاهی از آن برای انسان و دیگر تکنیک‌های کامپیوتری بسیار پیچیده و دشوار است به کار گرفته می‌شوند. یک شبکه عصبی تربیت یافته می‌تواند به عنوان یک متخصص در مقوله اطلاعاتی ای که برای تجزیه و تحلیل به آن داده شده به حساب آید لذا به دلیل همین توانایی منحصر به فرد در تشخیص الگو ها و طبقه بندی می‌تواند همراه روش مدل مخفی مارکوف در کنار به عنوان ورودی برای مدل خود استفاده نماید و دقت پیش‌بینی را نسبت به مدل دو مدل مارکوف و شبکه عصبی مصنوعی بالاتر برد.

این یافته‌ها با نتایج ببارتا و همکاران (۲۰۱۵)، فقیهی نژاد و مینایی (۱۳۹۷) و آذر و همکارانش (۱۳۸۵) هم راستا و با نتایج فلاح پور و پور ریکنده (۱۳۹۳) غیر هم راستا می‌باشد. ببارتا و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیق با عنوان سیستم هوشمند پیش‌بینی برای پدیده سری‌های زمانی سهام با ادغام سه مدل شبکه عصبی مصنوعی، الگوریتم ژنتیک و مدل مخفی مارکوف و اعمال ضرایب وزنی توانستند مدلی را بهینه سازی کنند که خطای پیش بینی کمتری نسبت به شبکه های عصبی مصنوعی و همچنین مدل تلفیقی حسن و همکاران دارد. فقیهی نژاد و مینایی (۱۳۹۷) نیز نشان داد که روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی نشان می‌دهد که پیش‌بینی رفتار بازار سهام با وجود ماهیت نوسانی و ناپایدار آن، امکان‌پذیر است. بنابراین نتایج معیارهای ارزیابی روی داده‌های واقعی قیمت سهام نشان می‌دهد مدل پیشنهاد شده در مقایسه با سایر روش‌ها، با دقت بیشتری می‌تواند بر نوسان‌های بازار غلبه کرده و به‌عنوان روش قابل اطمینان و عملی در بازارهای سهام به‌کار گرفته شود. عادل آذر و همکارانش (۱۳۸۵) نتیجه گرفتند که شبکه‌های عصبی فازی بر روش ARIMA برتری داشته و دارای ویژگی‌های منحصر بفرد همگرایی سریع ودقت بالاهستند و برای پیش‌بینی شاخص قیمت سهام مناسب می باشند. در حالیکه فلاح پور و پور ریکنده (۱۳۹۳) نشان می‌دهد، عملکرد شبکهٔ عصبی موجکی در پیش‌بینی شاخص سهام سطح خطای کمتری دارد و از شبکهٔ عصبی بهتر است و همچنین منجمی وهمکاران (۱۳۸۸) نشان دادند که از نقطه نظر معیارهای ارزیابی عملکرد،پیش‌بینی قیمت سهام روز بعد توسط مدل ترکیبی شبکه‌ی عصبی-فازی والگوریتم ژنتیکی دقیق‌تر از شبکه‌ی عصبی است. به عبارتی دیگر، پیش‌بینی قیمت سهام بااستفاده ازشبکه‌ی عصبی–فازی و الگوریتم‌های ژنتیکی، خطای برآورد قیمت سهام را نسبت به تکنیک شبکه‌ی عصبی مصنوعی کاهش می‌دهد.

پیش‌بینی قیمت سهام با دقت زیاد برای معامله در این بازار بسیار مهم است. برخی از تئوری‌های مالی کلاسیک، بازار را پیش‌بینی ناپذیر می‌دانند. نتیجه استفاده از روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، نشان داده است که پیش بینی بازار سهام با وجود ماهیت نوسانی و ناپایدار آن، امکان پذیر است. در این پژوهش با دسته بندی روش های هوشمند پیش بینی بازار سهام و بررسی مزایا و معایب آنها، الگوریتم‌های یادگیری جمعی، مناسب ترین روش برای کاربرد پیش‌بینی بازار سهام ترکیب مدل شبکه عصبی و مدل مخفی مارکوف تشخیص داده شد. همچنین با ارائه نمونه‌هایی، نقش پیش بینی صحیح تغییر جهت قیمت در پیش بینی قیمت سهام و اهمیت آن در تشخیص شاخص کل سهام بررسی گردید. پس از بررسی مدل ها مشخص شد که بین پیش بینی مدل شبکه

عصبی و مدل مخفی مارکوف با مقدار واقعی فاصله زیادی وجود دارد. برای غلبه بر چالش‌های بیان شده، در این پژوهش با استفاده از یک مدل یادگیری جمعی و به کارگیری مدل های پایه هوشمند (ترکیب مدل شبکه عصبی و مدل مخفی مارکوف)، تلاش شد که بهبود نتایج پیش‌بینی به حداکثر رسانده شود. با توجه به رویکرد پژوهش برای بهبود هم زمان پیش بینی جهت تغییرات شاخص کل سهام بورس تهران، از معیارهای ارزیابی که بتواند دقت هر دو مورد را ارزیابی کند، بهره برده شده است. علاوه بر آن، نتایج با معیارهایی که نشان‌دهنده عدم تصادفی بودن است، ارزیابی شدند و مشخص شد که پیش بینی ها تصادفی نیستند. نتایج پیاده‌سازی مدل پیشنهاد شده روی چند مجموعه داده نشان داد که مدل پیشنهاد شده (ترکیب مدل شبکه عصبی و مدل مخفی مارکوف) در مقایسه با سایر مدل‌ها، عملکرد مطلوب‌تری دارد و می‌تواند به عنوان یک سیستم پشتیبان از تصمیم مطمئن در معاملات واقعی بازار سهام استفاده شود. در این رویکرد، مدل برای هر مجموعه داده با تنظیمات مختلف به اجرا در آمده و بهترین تنظیمات با توجه به معیارهای ارزیابی برای هر مجموعه داده انتخاب می‌شود. مدل پیشنهاد شده برای داده‌های دیگر نیز کاربرد دارد و با اجرای آن، تنظیمات مناسب برای پیش بینی در هر مجموعه داده به دست می‌آید. با توجه به نتایج بدست آمده از تحقیق به کسانی که قصد پیش بینی شاخص های سهام را در بورس دارند توصیه می‌گردد از روش ترکیبی ارائه شده در این تحقیق که بر گرفته از مدل شبکه عصبی و مدل مخفی مارکف بوده، استفاده کنند تا دقت پیش بینی را بالا برده و نتایج بدست آمده حاصل را به واقعیت نزدیک‌تر کند. همچنین با توجه به اینکه مدل ترکیبی ارائه شده در این تحقیق از دقت بالایی برای پیش بینی تغیرات سهام برخوردار است دولت و سازمان های اقتصادی می‌تواند از آن برای پیش بینی نوسانات نرخ ارز و طلا بهره ببرند. در نهایت به سرمایه گذاران پیشنهاد می‌شود در شرایط عدم قطعیت برای سرمایه گذاری مطلوب، از مدل ترکیبی این پژوهش برای پیش بینی تغیرات در شاخص های سهام شرکت ها بهره برده و در زمان مناسب سرمایه گذاری مطلوب کنند.

از سویی دیگر یافته ها نشان می دهد که با توجه به اینکه تعداد پیش بینی های کاملا صحیح در هر سه مدل ارائه شده بسیار ناچیز بوده حتی با لحاظ کردن این نکته که مدل ترکیبی به پیش بینی صحیح بسیار نزدیک بوده و خطای ناچیزی داشته اما از آن لحاظ که سه مدل ارائه شده در تحقیق نتوانسته اند به درستی شاخص کل سهام برای روز های اینده را پیش بینی کنند لذا می توان در کل نتیجه گرفت که شاخص بازار بورس تهران بی حافظه استاز آنجائیکه نتایج یافته های ال-غالب(۲۰۱۴)، ژیان ژو وانگ و همکاران(۲۰۱۲)، جارسولاو(۲۰۱۱)، یاکوب کاراوهمکاران(۲۰۱۱)، مینگ چی لی(۲۰۰۹) و ام تی سانگ و همکارانش(۲۰۰۷) نشان می دهد که مدل های شبکه عصبی مصوعی و مدل مخفی مارکوف در سایر بورس های دنیا دارای قدرت پیش بینی کنندگی بالایی می باشند.

از آنجائیکه نتایج یافته های ال-غالب(۲۰۱۴)، ژیان ژو وانگ و همکاران(۲۰۱۲)، جارسولاو(۲۰۱۱)، یاکوب کاراوهمکاران(۲۰۱۱)، مینگ چی لی(۲۰۰۹) و ام تی سانگ و همکارانش(۲۰۰۷) نشان می دهد که مدل های شبکه عصبی مصوعی و مدل مخفی مارکوف در سایر بورس های دنیا دارای قدرت پیش بینی کنندگی بالایی می باشند لذا می توان بیان نمو که بورس تهران بدون حافظه می باشد و شاخص های آن از نظر قدرت تشخیص بسیار ضعیف عمل می کنند.لذا می توان بیان نمود که بورس تهران بدون حافظه می باشد و شاخص های آن از نظر قدرت تشخیص بسیار ضعیف عمل می کنند.

فهرست منابع

* چگینی احمد , گرد عزیز (۱۳۹۹) , پیش بینی قیمت سهام در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی (ANN) و مدل خود رگرسیون میانگین متحرک انباشته (ARIMA) مطالعه موردی دو شرکت دارویی فعال بورس اوراق بهادار , مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار , دوره ۱۱ شماره ۴۴, صص ۳۵۰-۳۷۱
* ذوالفغاری مهدی , سحابی بهرام , بختیاران محمد جواد (۱۳۹۹) طراحی مدلی جهت پیش بینی بازده شاخص کل بورس اوراق بهادار (با تاکید بر مدلهای ترکیبی شبکه یادگیری عمیق و مدلهای خانواده (GARCH)) , مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار , دوره ۱۱ شماره ۴۲ , صص ۱۷۱-۱۳۸
* نجار زاده رضا , ذوالفغاری مهدی و غلامی صمد(۱۳۹۹) طراحی مدلی جهت پیش بینی بازده شاخص بورس (با تاکید بر مدلهای ترکیبی شبکه عصبی و مدلهای با حافظه بلند مدت) , دانش سرمایه گذاری , دوره ۹ شماره ۳۴ , صص ۲۵۷-۲۳۱
* راستین فر علی, همت فر محمود. (۱۳۹۹) , مدلسازی و پیش بینی نوسانات بازار سهام با استفاده از تر کیب شبکه عصبی و الگوهای واریانس شرطی , مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار دوره ۱۱ شماره۴۳ , صص۴۷۳-۴۵۱
* رضایی سیدمهدی, باغجری محمود, مظاهری فر پوریا (۱۳۹۸). مقایسه شبکه عصبی ,سیستم فازی عصبی و مدل ar درپیش بینی بازده اوراق بهادار و الگوریتم جستجوی موجودات همزیست با ممتیک آن در بهینه سازی پرتفوی , دانش مالی تحلیل اوراق بهادار. دوره ۱۲ شماره ۴۳ , صص۱۱۹-۱۰۹
* شریعت پناهی, سید مجید, عبادی, جواد, پیمانی, مسلم.(۱۳۹۰). پیش بینی بازده با استفاده از معیارهای مختلف ریسک؛ براساس شواهدی از بورس اوراق بهادار تهران. مطالعات تجربی حسابداری مالی, ۸(۳۱), ۱۰۱-۱۱۹.
* صادقی, محسن, سروش, ابوذر, فرهانیان, محمد جواد. بررسی معیارهای نوسان‌پذیری، ریسک مطلوب و ریسک نامطلوب در مدل قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای: شواهدی از بورس اوراق بهادار تهران. تحقیقات مالی, ۱۲(۲۹)، ۱۳۸۹.
* فقیهی نژاد, محمد تقی, مینایی, بهروز. (۱۳۹۷). پیش‌بینی رفتار بازار سهام بر اساس شبکه‌های عصبی مصنوعی با رویکرد یادگیری جمعی هوشمند. مدیریت صنعتی, ۱۰(۲), ۳۱۵-۳۳۴.
* میرعلوی, سید حسین, پورزمانی, زهرا. (۱۳۹۸). ارائه مدلی جهت پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از روش‌های فرا ابتکاری و شبکه‌های عصبی. مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار, ۱۰(۴۰), ۵۷-۸۳.
* نیکبخت، محمد رضا؛ شریفی، مریم (۱۳۸۹). پیش‌بینی ورشکستگی مالی شرکت‌های بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی. نشریه مدیریت صنعتی، ۲(۴)، ۱۶۳-۱۸۰.
* Adebiyi, A. A., Adewumi, A.O., & Ayo, C. K. (2014). Comparison of ARIMA and artificial neural networks models for stock price prediction. Journal of Applied Mathematics, 2014, 1-7.

* Al Galib, A., Alam, M. and Rahman, R.M. (2014) Prediction of stock price based on hidden Markov model and nearest neighbour algorithm', Int. J. Information and Decision Sciences, Vol. 6, No. 3, pp.262–292.
* Atsalakis, G. S., & Valavanis, K. P. (2009a). Forecasting stock market short-term trends using a neuro-fuzzy based methodology. Expert Systems with Applications, 36(7), 10696-10707.
* Cao, W., Zhu, W., & Demazeau, Y. (2019). Multi-Layer Coupled Hidden Markov Model for Cross-Market Behavior Analysis and Trend Forecasting. IEEE Access, 7, 158563-158574.
* Cavalcante, R. C., Brasileiro, R. C., Souza, V. L.F., Nobrega, J. P., & Oliveira, A. L.I. (2016). Computational Intelligence and Financial Markets: A Survey and Future Directions. Expert Systems with Applications, 55, 194-211.
* Chauvin, Y., & Rumelhart, D. E. (1995). Backpropagation: theory, architectures, and applications. Psychology Press.
* Guresen, E., Kayakutlu, G., & Daim, T. U. (2011). Using artificial neural network models in stock market index prediction. Expert Systems with Applications, 38(8), 10389-10397.
* JAROSLAV LAJOS,(2011)" Computer Modeling Using Hidden Markov Model Approach Applied to the financial "Doctoraldissertation, Oklahoma State University,United states of America
* Li, X., Yang, L., Xue, F., & Zhou, H. (2017). Time series prediction of stock price using deep belief networks with intrinsic plasticity. Paper presented at the Control And Decision Conference (CCDC), 2017 29th Chinese.
* Padmaja Dhenuvakonda, R. Amandan, N. Kumar,(2020, November), "Stock Price Prediction Using Artificial Neurl Net works " ,Journal of Critical Reviews ,Vol 7, pp.846-850
* Rijeka ,Przemyslaw Dymarski,(2011),"Hidden Markov Models, Theory and Applications" Publisher: InTech, Chapters published April 19, 2011 under CC BY-NC-SA 3.0 license
* Shah, H. N. (2019, March). Prediction of Stock Market Using Artificial Intelligence. In 2019 IEEE 5th International Conference for Convergence in Technology (I2CT) (pp. 1-6). IEEE.
* Tabar, S., Sharma, S., & Volkman, D. (2020). A new method for predicting stock market crashes using classification and artificial neural networks. International Journal of Business and Data Analytics, 1(3), 203-217.
* Tkáč, M., & Verner, R. (2016). Artificial neural networks in business: Two decades of research. Applied Soft Computing, 38(1), 788-804.
* Wang, S. (2020, February). The Prediction of Stock Index Movements Based on Machine Learning. In Proceedings of the 2020 12th International Conference on Computer and Automation Engineering (pp. 1-6).
* Yan, D., Zhou, Qi, Wang, J., & Zhang, N. (2017). Bayesian regularisation neural network based on artificial intelligence optimisation. International Journal of Production Research, 55(8), 2266-2287.

Financial Economics
Vol. (13) Issue (50) Summer 2024

Developing a model for predicting the Tehran Stock Exchange index using a combination of artificial neural network and Markov hidden model

Leila Talaie Kakolaki
Ph.D. Student, Department of Industrial Management, UAE Branch, Islamic Azad University, Dubai, UAE

Mehdi Madanchi
Assistant Professor, Department of Financial Management, Electronic Campus, Islamic Azad University Tehran, Iran. (Corresponding Author)
Madanchi@iauec.ac.ir

Taghi Torabi
Associate Professor, Department of Economic, Science and Research branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, t-torabi@srbiau.ac.ir

Farhad Ghaffari
Associate Professor ,Department of Economics, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, farhad.ghaffari@yahoo.com

Abstract
The purpose of this study was to design a new model for predicting the Tehran Stock Exchange index using pattern recognition in a combination of hidden Markov model and artificial intelligence. The present study is an applied type and mathematical analytical method. Its location is the Tehran Stock Exchange and during the years 2010 to 2020. Findings showed that the prediction error rate with artificial neural network has a higher accuracy than Markov's hidden model. Also, the prediction error of the hybrid model is much lower than the other two models for predicting the total stock index of Tehran Stock Exchange, so it has higher accuracy for forecasting stocks. According to the MAPE index, the hybrid model method could improve the predictive power of the artificial neural network by 0.044% and also improve the predictive power of the hidden Markov model by 0.70%.
Keywords: Markov model, artificial neural network model, total stock index forecast, hybrid model.