دوفصلنامهٔ سیاست‌گذاری پیشرفت اقتصادی دانشگاه الزهرا(س)
سال ششم، شمارهٔ اول، بهار و تابستان ۱۳۹۷ (پیاپی ۱۷)

تحلیل نوسان قیمت سهام شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از روش یادگیری ماشین[۱]

شادی شاهوردیانی[۲] و سامیران خواجه‌زاده[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۰۲

چکیده

نوسانات قیمت سهام که منجر به نوسانات بازده شرکت ها می گردد، یکی از مسائل مورد توجه بازار سرمایه و سرمایه‌گذاران می باشد. هدف این پژوهش، پیش‌بینی نوسان قیمت سهام در بازار سرمایه ایران با استفاده از روش یادگیری ماشین بردار ارتباطی می‌باشد. در این پژوهش در یک رویکرد دو مرحله، ابتدا از بین اطلاعات مالی ۱۷۵۰ سال- شرکت و ۳۱ متغیر اولیه متغیرهای تأثیرگذار بر نوسان قیمت سهام شناسایی شده است و با توجه به متغیر های انتخاب شده، اقدام به پیش‌بینی نوسان قیمت سهام شد. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که الگوریتم غیرخطی ارتباطی در پیش‌بینی نوسان قیمت سهام با استفاده از متغیرهای حسابداری نسبت به الگوریتم ارتباطی خطی، توانایی بالاتری دارد. لذا به صاحبان سرمایه و تصمیم گیران شرکت توصیه می‌شود در تصمیم گیری‌های خود پیرامون سرمایه‌گذاری در بازار

---

۱. شناسه دیجیتال (DOI): 10.22051/edp.2018.20750.1160

۲. استادیار دانشگاه آزاداسلامی واحد تهران شهر قدس؛ shshahverdiani@gmail.com
۳. دانشجوی دکتری دانشگاه آزاداسلامی واحد تهران شهر قدس (نویسنده مسئول)؛ sarakhmt20@yahoo.com

سرمایه از قدرت پیش‌بینی الگوریتم‌های هوش مصنوعی بویژه حالت غیر خطی الگوریتم ارتباطی استفاده کنند.

واژگان کلیدی: نوسان قیمت سهام، الگوریتم ارتباطی، بورس اوراق بهادار تهران
طبقه‌بندی JEL: M41, G17

۱. مقدمه

امروزه به دلیل گسترش فعالیت‌های اقتصادی، بازارهای مالی و رونق سرمایه‌گذاری در بازارهای سرمایه بخصوص بورس اوراق بهادار توسط اشخاص حقیقی و حقوقی، دسترسی به اطلاعات درست و به موقع و تحلیل دقیق و واقع بینانه آنها، مهم‌ترین ابزار جهت اتخاذ تصمیم‌های درست و کسب منفعت مورد انتظار و استفاده بهینه و مطلوب از امکانات مالی می‌باشد. به نظر بیگ زاده عباسی و همکاران (۱۳۹۴)، سرمایه‌گذاری در سهام عرضه شده در بورس اوراق بهادار، یکی از گزینه‌های پرسود در بازار سرمایه است. بورس اوراق بهادار، که به معنی یک بازار متشکل و رسمی سرمایه است که در آن، خرید و فروش سهام شرکت‌ها یا اوراق قرضه دولتی یا مؤسسات معتبر خصوصی، تحت ضوابط و قوانین و مقررات خاصی انجام می‌شود؛ بنابراین، دارای مشخصه مهم حمایت قانون از صاحبان پس اندازها و سرمایه های راکد و الزامات قانونی برای متقاضیان سرمایه بوده، و به همین دلیل، پیش‌بینی این بازار، یکی از مهمترین علاقه پژوهشگران و محققان مالی محسوب شده، و یکی از مهمترین اطلاعات در بازار بورس اوراق بهادار برای سرمایه‌گذاران، اطلاعات قیمت سهام[1] است. قیمت سهام به طور اساسی دینامیک، غیرخطی، ناپاراماریک و آشوبگونه می باشد؛ و نشان می دهد که سرمایه‌گذاران باید سریهای زمانی را به کار ببرند که ناایستا و دارای ساختار آشوبگونه است (هسیه[2]، ۲۰۱۱). در حقیقت، پراکندگی قیمت سهام تحت تأثیر عوامل کلان اقتصادی مثل وقایع سیاسی، سیاست‌های شرکت‌ها، شرایط اقتصادی، نرخ بهره، نرخ تورم، انتظارات سرمایه‌گذاران، سرمایه‌گذاران سنتی، انتخاب و فاکتورهای فیزیکی و روانی سرمایه‌گذاران می‌باشد. بنابراین، امروزه پیش‌بینی قیمت سهام نه فقط خیلی چالش برانگیز، بلکه مورد علاقه زیاد سرمایه‌گذاران بوده، و ازآنجاکه مساله نوسان قیمت سهام یک روند غیرخطی دارد، روشهای کلاسیک مناسب این کار نیستند؛ به دلیل اینکه درجه خطایشان زیاد است؛ در حالی که باید این خطا کمینه شود.

پیش‌بینی قیمت سهام به عنوان یکی از چالش برانگیزترین کاربردهای پیش‌بینی سری‌های زمانی در نظر گرفته شده است؛ هر چند تحقیقات تجربی زیادی مربوط به مسائل پیش‌بینی

1. Stock Price
2. Hsu

قیمت سهام هستند، ولی تجربی ترین یافته به توسعه بازارهای مالی اختصاص یافته است. پیش‌بینی قیمت سهام به عنوان یک مساله چالش برانگیز، فرایند پیش‌بینی سری های زمانی بوده، به دلیل اینکه بازار سهام در اصل دینامیک، غیرخطی، پیچیده، ناپارامتریک و بی نظم است. علاوه براین، قیمت سهام از تعداد زیادی فاکتورهای اقتصاد کلان مثل رویدادهای سیاسی، نرخ تورم، شرایط اقتصاد عمومی، انتظارات و رفتار سرمایه‌گذاران تأثیر می پذیرد و همچنین متغیرهای مالی مثل حجم مبادلات، نسبت E/P و ... بر قیمت سهام هر شرکتی تأثیر زیادی دارند و در واقع، رفتار سرمایه‌گذاران را جهت می دهند. شبکه های عصبی برای حل مسائل پیچیده و غیرخطی مناسب‌تر از سری های زمانی هستند، هرچند مشکلات خود را نیز دارند؛ مثلاً در یادگیری دچار محدودیت اند؛ چون داده های مربوط به قیمت سهام دارای اختلافات فاحش و ابعاد پیچیده‌ای هستند و لذا پیش‌بینی قیمت سهام کار، بسیار مشکلی است (کیانی ماوی و صیادی نیک، ۱۳۹۳). با توجه به اینکه بازار سهام یکی از پیچیده ترین و سرکش ترین بازارها در بین بازارهای مالی است، برای مواجهه با چنین مساله پیچیده‌ای، سیستم های طبقه بندی یادگیری ممکن است راه حلی را پیشنهاد دهند. آنها یکی از انواع الگوریتم های یادگیری ماشین[1]، چند بعدی و مبتنی بر قانون هستند که منشأ حیات و تکامل‌شان، زیست شناسی تکاملی و هوش مصنوعی است (شا[2]، ۲۰۰۷).

۲. مبانی نظری

بازار سهام، جایی با منافع زیاد برای سرمایه‌گذاران می باشد؛ چون برای سرمایه‌گذاران یک فرصت مالی ایجاد می کند تا از طریق سرمایه گذاری منابع خود روی سهام کمپانی های مختلف، منافعی را کسب نمایند؛ که یک سیستم آشوبی می باشد. به این معنی که خصوصیات رفتاری قیمت سهام غیر قابل پیش‌بینی و غیر قطعی می باشد. برای ایجاد حالت منظم از این رفتار آشوبی، محققان تلاش‌های زیادی برای پیدا کردن تکنیکی که بتواند به طور مؤثری این عدم قطعیت در جریان قیمت سهام را تخمین بزند، انجام داده‌اند؛ از تجزیه و تحلیل مدل های آماری مختلف، شبکه های عصبی مصنوعی، مدل های غیر پارامتریک، غیر خطی و رگرسیون. بنابراین، شبکه های عصبی مصنوعی، قطعاً دارای پتانسیل خوبی برای تشخیص الگوهای ناشناخته و مخفی در داده را دارند که می تواند برای پیش‌بینی بازار سهام خیلی مؤثر باشد؛ که می تواند برای سرمایه‌گذاران سودمند باشد و آنها را ترغیب نماید تا در مسائل اقتصادی مشارکت کنند (میزونو و همکاران[3]، ۱۹۹۸). دستیابی به رشد بلند مدت و مداوم اقتصادی، نیازمند تجهیز و تخصیص بهینه منابع در سطح اقتصاد ملی است و این مهم بدون کمک

1. Machine Learning
2. Shah
3. Mizuno *et al.*

بازارهای مالی، بویژه بازارسرمایه گسترده و کارآمد به سهولت امکان‌پذیر نیست. سرمایه‌گذاری در سهام عرضه شده در بورس اوراق بهادار، یکی از گزینه‌های پرسود در بازار سرمایه است؛ هر چند ارزیابی و پیش‌بینی سهام و یا هر اوراق بهادار دیگر، روندی تاریخی دارد و تخصص ویژه‌ای را می‌طلبد. نظریه‌های متفاوتی در خصوص ارزیابی و پیش‌بینی قیمت سهام در بازارهای سازمان یافته مطرح شده است. در اوایل قرن بیستم، گروهی از متخصصان صاحب تجربه در ارزیابی اوراق بهادار، اعتقاد راسخ بر این امر داشتند که می‌توان از طریق مطالعه و تجزیه و تحلیل روند تاریخی تغییرات قیمت سهام، تصویری را برای پیش‌بینی قیمت آینده سهام ارائه نمود. مطالعات علمی‌تر با تأکید بر شناسایی دقیق رفتار قیمت سهام، گرایش به سمت مدل‌های ارزشیابی قیمت سهام را به وجود آورد. در ابتدا، نظریه گام‌های تصادفی به عنوان یک شروع در تعیین رفتار قیمت سهام مطرح شد. سپس به ویژگی‌ها و ساختار بازار سرمایه توجه شد که نتیجه این مطالعات و بررسی‌ها، به فرضیه بازار کارای سرمایه منجر شد. این فرضیه به دلیل ترکیب خاص آن، مورد توجه محافل علمی قرار گرفت. در بازار کارای سرمایه، اعتقاد بر این است که قیمت سهام انعکاسی از اطلاعات جاری مربوط به آن سهم است و تغییرات قیمت سهام دارای الگوی خاص قابل پیش‌بینی نیست (منجمی و همکاران، ۱۳۸۸). با توجه به افزایش تعداد سهامداران در بازار سهام و توجه آنها به قیمت سهام مختلف در معاملات، پیش‌بینی روند حرکتی قیمت سهام اهمیت بسزایی یافته است. بسیاری از افراد در زمان سرمایه گذاری، هنگام مقایسهٔ سهام مختلف، از روند حرکتی قیمت سهم استفاده می کنند و همچنین خواهان پیش‌بینی این روند هستند تا بدانند روند افزایشی یا کاهشی قیمت سهم مورد نظر حدوداً تا چه زمانی ادامه می یابد (عبده تبریزی و جوهری، ۱۳۷۵)؛ بنابراین، سرمایه‌گذار در بورس نیز نیازمند ابزارهای لازم، قدرتمند و قابل اعتماد است تا از طریق آن، به پیش‌بینی قیمت سهام بپردازد. تکنیک‌های داده کاوی می‌توانند این پیش‌بینی را به خوبی انجام دهند. تکنیک‌های داده کاوی علاوه بر جمع‌آوری و مدیریت داده‌ها، آنالیز و پیش‌بینی‌هایی را نیز شامل می‌شود که با کشف الگوهای موجود و روابط ناشناخته میان داده‌ها در امر پیش‌بینی یاری می‌رساند و اغلب افراد از آن، برای تصمیم گیری و برنامه ریزی برای آینده استفاده می‌کنند (روشندل و امیری‌منش، ۱۳۹۵). نظریات مطرح شده تا دهه ۱۹۸۰میلادی به خوبی تعیین کننده رفتار قیمت سهام در بازار بودند تا اینکه تحولات بازار سهام نیویورک در سال ۱۹۸۷ اعتبار فرضیات بازار کارای سرمایه را به شدت زیر سؤال برد. در دهه ۱۹۹۰میلادی و بعد از آن، بیشتر توجه متخصصان به یک رفتار آشوبگرایانه همراه با نظم معطوف شد و تلاش در جهت طراحی مدل‌های غیرخطی به منظور پیش‌بینی قیمت سهام اهمیت روز افزونی یافت. بسیاری از مطالعات اخیر نشان داده‌اند بازار سهام، در حقیقت یک سیستم غیرخطی و آشوبناک است که به عوامل سیاسی، اقتصادی و روانی وابسته است (یانگ و

چانگ[1]، ۲۰۰۸). برای غلبه بر محدودیت تکنیک‌های تحلیل سنتی در پیش‌بینی الگوهای غیرخطی، متخصصان طی دو دهه اخیر، تکنیک‌های هوشمند و بخصوص شبکه‌های عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک را برای بهبود پیش‌بینی قیمت سهام به کار برده‌اند (یو و همکاران[2]، ۲۰۰۸). پژوهش ها نشان می دهد، استفاده از ابزارها و روشهای پیش‌بینی سنتی، خطای بالایی دارد و بیشتر در مقایسه با روشهای جدیدتر و مدل های غیرخطی، عملکرد ضعیف تری دارند. در این پژوهش نیز، یکی از روشهای هوش مصنوعی به نام ماشین بردار پشتیبان، به همراه یکی از الگوریتم های پرکاربرد در این حوزه، برای پیش‌بینی نوسان قیمت سهام به کار گرفته شده است. با پیشرفت های اخیر در هوش مصنوعی، روشهای جدیدی برای پیش‌بینی ارائه شده است که نسبت به روش های سنتی، از دقت بالاتری برخوردار هستند (هسیه و همکاران[3]، ۲۰۰۹). ماشین بردار یکی از روش های یادگیری با نظارت است که در طبقه بندی و رگرسیون به کار برده می شود. این روش، از جمله روش های نسبتاً جدیدی است که در سال های اخیر کارآیی خوبی نسبت به روشهای قدیمی، از جمله شبکه های عصبی نشان داده است (وپنیک[4]، ۱۹۹۵). در پژوهشی در ترکیه، روش ماشین بردار و شبکه های عصبی برای پیش‌بینی روند حرکتی شاخص قیمتی سهام در بازار سهام استانبول به کار رفته است (یاکوب و احمد[5]،۲۰۱۱). پژوهشگران در پژوهش های مربوط به پیش‌بینی قیمت سهام، از الگوریتم پشتیبان و ترکیب آن با الگوریتم های ژنتیک و شبکه عصبی استفاده کرده اند (هسیه و همکاران[6]، ۲۰۰۹).

۳. پیشینه پژوهش

پادماکوماری و ماهسوارن[7] (۲۰۱۷) در مقاله خود تحت عنوان "یک آمار جدید برای گرفتن سطح وابستگی به نوسان قیمت سهام"، در کشور هندوستان با بررسی چهار شاخص از جمله NIFTY، S & P500، FTSE100 و DAX در طول دوره نمونه از ژانویه ۱۹۹۶ تا مارس ۲۰۱۵، نشان دادند که نوسان قیمت سهام، قابلیت پیش‌بینی به وسیله داده‌های روزانه را دارد.

بستیانیان و همکاران[8] (۲۰۱۶) در مقاله خود "تأثیرات شوکهای قیمت نفت بر نوسان قیمت بازار سهام: شواهدی از کشورهای (گروه هفت)G7 نشان می‌دهند که نقدینگی بازار سرمایه و شوک‌هایی که به بازار وارد می‌شود، باعث تغییرات در سطح قیمت می‌شود.

---

1. Yang & Chang
2. Yu *et al.*
3. Hsu *et al.*
4. Vapnik
5. Yaacob & Ahmad
6. Hsu *et al.*
7. Padmakumari & Maheswaran
8. Bastianin *et al.*

کودیشواکو[1] (۲۰۱۶) در پژوهش خود، به بررسی تأثیر عوامل خاص برروی قیمت سهام در بین شرکت‌های پذیرفته شده در بورس کلمبیا طی سالهای ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۴ و با کمک اطلاعات پانلی متعادل (BPD) از تعداد ۲۰ شرکت تولیدی با استفاده از همبستگی پیرسون و مدل رگرسیون چندگانه، نتایج حاکی از یک رابطه مثبت و معنادار بین عوامل خاص شرکت، سود نقدی هر سهم، سود هرسهم و ارزش دارایی هر سهم با قیمت سهام بود.

حافظی و همکاران[2] (۲۰۱۵) مطالعه سیستم‌های شبکه عصبی خفاشی در پیش‌بینی قیمت سهام: مطالعه موردی در قیمت سهام DAX را انجام دادند. در این تحقیق، چهار لایه معماری BNNMAS برای برخورد با طبیعت توزیع شده مشکل پیش‌بینی سهام ارائه، و استفاده از روش چند عامل برای ایجاد کارهای فرعی مستقل و مستقل به طراحی یک مدل دقیق پیش‌بینی شده است. مدل BNNMAS با استفاده از روش پردازش در راه موازی مانند داده‌های عادی، زمان انتخاب تأخیر و انتخاب ویژگی‌های مناسب با داده‌ها، کار عملیات را انجام می‌دهد. روش فراابتکاری به نام خفاش برای آموزش شبکه عصبی مصنوعی استفاده می‌شود و به تازگی توسعه یافته، و به منظور بررسی دقت پیش‌بینی مدل، با استفاده از داده‌های موجود بین سال‌های ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۲ برای پیش‌بینی قیمت سهام DAX تست شده است. محاسبه آمار MAPE نشان داد که مدل BNNMAS پیشنهاد قابل توجهی بهتر از برخی از مدل‌های دیگر مانند GANN، و غیره است و علاوه بر این، داده‌ها از آزمون ما شامل ۸ سال تا پایان سال ۲۰۱۲ است، و به دلیل بحران مالی در این دوره از زمان، دقت خوبی در نتایج داده‌ها اتفاق افتاده است. BNNMAS قابلیت قوی در این مدل نشان داد.

یاکوب و احمد (۲۰۱۱) به پیش‌بینی جهت حرکت شاخص قیمت سهام بورس استانبول با مدلهای شبکه عصبی- فازی و ماشین بردار پشتیبان (SVM) پرداختند و از داده های روزانه ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۷ به همراه ۱۰ شاخص فنی به عنوان متغیّرهای ورودی مدل استفاده گردیده است. شبکه عصبی- فازی ۷۵/۷۴ درصد و مدل ماشین بردار پشتیبان ۵۲/۷۵ درصد از عهده پیش‌بینی برآمدند و عملکرد بهتر شبکه عصبی- فازی نسبت به مدل ماشین بردار پشتیبان حاصل گردید. همچنین بهترین عملکرد پیش‌بینی، متعلق به سال ۲۰۰۱ بوده است.

هداوندی و همکاران[3] (۲۰۱۰)، یک سیستم خبره مبتنی بر سیستم‌های فازی ژنتیک و شبکه‌های عصبی مصنوعی ارائه نمودند که به پیش‌بینی قیمت سهام می‌پردازد. در مدل ایشان، قیمت آغازین، قیمت پایانی، بیشترین قیمت و کمترین قیمت روزانه، به عنوان متغیرهای مستقل و پیش‌بینی قیمت پایانی روز بعد، به عنوان متغیر وابسته مدل درنظر گرفته شد. نتایج نشان داد که این رویکرد بهتر از روش‌های قبلی عمل می‌کند.

---

1. Kodithuwakku
2. Hafezi *et al*.
3. Hadavandi *et al*.

انکه و تاورن ونگ[1] (۲۰۰۵) در تحقیقی به پیش‌بینی قیمت سهام توسط شبکه عصبی در ایالات متحده پرداختند. آنها با استفاده از انواع شبکه‌های عصبی همچون رو به جلو[2] و شبکه عصبی رگرسیون تعمیم یافته[3]، به پیش‌بینی مقدار افزایش یا کاهش ارزش سهم پرداختند. نتایج مدل‌های شبکه عصبی با استراتژی رگرسیون سنتی و روش خرید و نگهداری مقایسه شد و بیانگر آن بود که به‌رغم بهتر بودن برخی از این مدل‌ها، نتایج و پیش‌بینی‌ها خیلی راضی کننده نیست.

سعیدی و همکاران (۱۳۹۶)، به بررسی تأثیر عوامل درونی بر تغییرات قیمت سهام شرکت‌های سرمایه‌گذاری پذیرفته شده در بورس اوراق بهادارتهران پرداختند. جامعه آماری پژوهش، شامل کلیه شرکت‌های سرمایه‌گذاری در صنعت واسطه‌گری‌های مالی و فعالیت‌های جنبی در محدوده‌ی زمانی بین سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۳ می‌باشد. سه متغیر درآمد هر سهم، سود نقدی هر سهم و نسبت قیمت به درآمد، نسبت نقدینگی بیش از سایر عوامل بر عرضه و تقاضا و نهایتاً قیمت سهام اثر می‌گذارد.

پاکرائی (۱۳۹۶) پیش‌بینی روند حرکتی قیمت سهام با استفاده از XCS مبتنی بر الگوریتم ژنتیک و یادگیری تقویتی را انجام داد. در این پژوهش، مدلی ارائه می‌گردد که با استفاده از XCS به پیش‌بینی روند حرکت قیمت سهام روز آتی یکی از شرکت‌های فعال در بازار بورس تهران بر اساس داده‌های تاریخی و استفاده از نمایه‌های فنی مختلف پرداخته است. سپس دقت پیش‌بینی مدل پیشنهادی در مقایسه با مدل قدم زدن تصادفی، سنجیده شده است. نتایج نشان می دهد که مدل پیشنهادی در مقایسه با مدل قدم زدن تصادفی، از دقت پیش‌بینی بالاتری برخوردار است.

روشندل و امیری منش (۱۳۹۵)، بررسی و مقایسه روش‌های داده کاوی در پیش‌بینی قیمت سهام را مورد آزمون قرار دادند. در این مقاله، الگوریتم‌های مختلف داده کاوی که تاکنون جهت پیش‌بینی قیمت سهام در بازار بورس مورد استفاده قرار گرفته‌اند، با یکدیگر مقایسه و بررسی خواهند شد. از جمله این الگوریتم‌ها می‌توان شبکه عصبی مصنوعی، شبکه عصبی فازی و الگوریتم‌های ژنتیک را نام برد.

بیگ‌زاده عباسی و همکاران (۱۳۹۴)، در بررسی پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از الگوریتم ژنتیک، چنین بیان می‌کنند: سرمایه‌گذاری در سهام عرضه شده در بورس اوراق بهادار، یکی از گزینه‌های پرسود در بازار سرمایه است. بازار سهام دارای سیستمی غیرخطی و آشوب گونه است که تحت تأثیر شرایط سیاسی، اقتصادی و روانشناسی می‌باشد و می‌توان از سیستم‌های غیرخطی همچون الگوریتم‌های ژنتیک برای پیش‌بینی قیمت سهام استفاده کرد.

---

1. Enke & Thawornwong
2. Feed Forward Neural Network
3. Generalized Regression Neural Network

در این مقاله، به طراحی و ارائه مدل پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از الگوریتم ژنتیک و کاهش خطای پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از تابع نمایی پرداخته شده است. نمونه مورد بررسی در این تحقیق، شرکت سایپا می‌باشد. مقایسه میانگین مجذور خطا در دو مدل تابع خطی و تابع نمایی، نشان دهنده این عامل است که مدل تابع نمایی، از خطای کمتری برخوردار است. باتوجه به دقت قابل ملاحظه و مشهود مدل تابع نمایی در پیش‌بینی قیمت سهم سایپا، این مدل به عنوان مدل دقیق‌تر شبیه‌سازی، برای پیش‌بینی قیمت این سهم می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

مرادزاده فرد و همکاران (۱۳۹۳)، یکپارچه‌سازی تکنیک‌های هوش مصنوعی جهت ارائه مدل پیش‌بینی قیمت سهام را مورد بررسی قرار دادند. هدف از این تحقیق، رسیدن به این پاسخ است که آیا می‌توان با استفاده از ترکیب روش‌های هوش مصنوعی، مدلی ایجاد نمود که نسبت به سایر روش‌های خطی و غیرخطی پیش‌بینی قیمت سهام (بورس اوراق بهادار تهران- شرکت ایران خودرو) را با میزان خطای کمتری انجام دهد. در این تحقیق جهت پیش‌بینی قیمت سهام، از ترکیب روش‌های هوش مصنوعی شامل شبکه‌های عصبی- فازی و الگوریتم ژنتیک استفاده شده است و این مدل ترکیبی با روش های شبکه عصبی، به عنوان یکی دیگر از مدل‌های هوش مصنوعی و مدل خطی ARIMA با توجه به معیارهای MSE, MAPE, MAE, R مقایسه گردیده‌اند. نتایج این پژوهش، نشان از برتری مدل ترکیبی نسبت به سایر مدل‌های مورد بررسی دارد.

ابراهیم‌پور کومله و پورذاکر (۱۳۹۳)، در مطالعه ی تحت عنوان «استفاده از ابزار هوشمند شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی قیمت بازار سهام»، به منظور توسعه بازار مالی سهام، بیان می کند، پیش‌بینی بازار سهام بسیار پیچیده است؛ چون هیچ قانون مناسب و مشخصی برای تخمین یا پیش‌بینی قیمت سهام در بازار سهام وجود ندارد؛ و متدهایی مثل تجزیه و تحلیل تکنیکی، تجزیه و تحلیل پایه ای، تجزیه و تحلیل سری های زمانی و تجزیه و تحلیل آماری و غیره استفاده می شده است و در همه این روش ها، سعی می شود تا قیمت بازار سهام پیش‌بینی گردد؛ اما هیچکدام از این متدها به عنوان یک ابزار پیش‌بینی قابل پذیرش اثبات نشده اند. شبکه های عصبی مصنوعی، شاخه ای از هوش مصنوعی است که یک روش مناسب برای تشخیص الگوهای ناشناخته در داده می باشد که برای پیش‌بینی بازار سهام مناسب می باشد. برای پیش‌بینی بازار سهام با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، دو برنامه وجود دارد: یکی، مرحله آموزش می باشد و دیگری، پیش‌بینی قیمت سهام بر اساس داده آموزش است. نتایج نشان می دهد برگشت سرمایه در بازارهای سهام از طریق هر کدام از تکنیک های سنتی، ناراضی‌کننده بوده است.

زمانی و همکاران (۱۳۹۳)، به مطالعه سیستم خبره پیش‌بینی قیمت سهام و بهینه سازی سبد سهام با استفاده از شبکه‌های عصبی فازی، مدل سازی فازی و الگوریتم ژنتیک پرداختند.

این پژوهش به دنبال ارائه مدلی بوده است که در آن، پتانسیل آتی سهام، توسط شبکه‌های عصبی فازی پیش‌بینی می‌شود و بر اساس پیش‌بینی‌های به دست آمده، مدل‌های ریاضی بهینه سازی بر مبنای فاکتورهایی چون میانگین، واریانس و چولگی سبد سهام ارایه می شود. سپس، این مدل‌ها با استفاده از الگوریتم ژنتیک حل می‌گردند. نتایج تحقیق بیانگر آن است که مدل‌های ارائه شده در این مقاله، در مقایسه با روش‌های سنتی و شاخص بازار، بازدهی بالاتری را برای سرمایه‌گذاران فراهم می‌نماید.

فلاح پور و همکاران (۱۳۹۳)، پیش‌بینی روند حرکتی قیمت سهام با استفاده از ماشین بردار پشتیبان برپایهٔ الگوریتم ژنتیک در بورس اوراق بهادار تهران در ۳۰ شرکت از ۵۰ شرکت برتر بورس اوراق بهادار در سه ماههٔ دوم سال ۱۳۹۰ را انجام داده اند. سپس برای هر ۳۰ شرکت، ۴۴ متغیر محاسبه شد. این متغیرها، ورودی مدل ترکیبی هستند و به کمک الگوریتم ژنتیک، بهینه سازی شده‌اند. نتایج نشان می دهد، مدل ترکیبی ماشین بردار پشتیبان بر پایهٔ الگوریتم ژنتیک، در پیش‌بینی روند حرکتی قیمت سهام، بسیار بهتر عمل کرده و در مقایسه با روش ماشین بردار پشتیبان ساده، از دقت بالاتری برخوردار است

نصیرزاده و نیک روش (۱۳۹۲)، ارزیابی توانایی مدل داده کاوی در پیش‌بینی قیمت سهام را انجام دادند. این تحقیق، به بررسی دقت مدل‌های تخمین‌گر بردار پشتیبان SVR تخمین‌گر حداقل درجه LARS شبکه عصبی- فازی ANFIS جهت پیش‌بینی قیمت سهام در سه سطح روزانه، هفتگی و ماهیانه می‌پردازد. نتایج نشان می‌دهد که هر سه مدل، قابلیت پیش‌بینی قیمت سهام را دارا هستند؛ اما مدل‌های تخمین‌گر بردار پشتیبان SVR و شبکه عصبی- فازیt در دو سطح داده‌های روزانه و هفتگیt توانایی بالاتری جهت پیش‌بینی قیمت سهام دارا می‌باشند.

مهرآرا و همکاران (۱۳۹۱)، به مطالعه تکنیک‌های داده کاوی در پیش‌بینی قیمت سهام پرداختند. آنها چنین اظهارداشتند که دستیابی به رشد اقتصادی و ایجاد انگیزه جهت سرمایه‌گذاری، زمانی در یک کشور تسریع می‌شود که آن کشور، دارای بازارهای سرمایه فعال و قابل اعتماد باشد. وجود بازارهای بورس فعال همواره سرمایه‌گذاران متعددی را به تکاپو واداشته و جریان سرمایه و منابع مالی را به بخش‌های مولد تسریع می‌نماید. از روش‌های دقیق تری که می‌توان در هر نوع پیش‌بینی از آن استفاده کرد، تکنیک‌های داده کاوی ازجمله شبکه عصبی و درخت‌های تصمیم و رگرسیون منطقی تحلیلی تفکیکی مدل افزودنی کلی روش Boosting است. پیش‌بینی قیمت سهام شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران، با استفاده از تکنیک‌های داده کاوی و با توجه به معیارهای مالی، ازجمله موضوع‌های با اهمیتی است که متاسفانه تاکنون در ارتباط با آن، تحقیقات اندکی انجام شده است.

حیدری زارع و کردلویی (۱۳۸۹) نیز با استفاده از شبکه عصبی، مدلی را برای پیش‌بینی قیمت روز بعد سهام ارائه نمودند. مدل ایشان، اطلاعات روزانه شاخص کل بورس اوراق بهادار

تهران، نرخ ارز، قیمت طلا، قیمت نفت و قیمت سهام را به عنوان ورودی‌های شبکه در نظر گرفته است.

طلوعی و حق دوست (۱۳۸۶)، مدلی برای پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی انجام دادند. آنها در این پژوهش، اطلاعات مربوط به معاملات هر سهم را به عنوان ورودی‌های شبکه عصبی انتخاب نمودند. نتیجه استفاده از این مدل، ضریب همبستگی ۰،۸۹ برای پیش‌بینی میانگین قیمت سه روز بعد بود. برای ارزیابی این مدل، محققان، این پیش‌بینی را با مدل رگرسیون نیز انجام دادند که استفاده از آن، میانگین مجذور خطای کمتری را نسبت به مدل شبکه عصبی به ارمغان داشت.

۴. روش تحقیق

۴-۱. جامعه و نمونه آماری

جامعه آماری این تحقیق تمامی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران که شرایط زیر را دارا باشند، در بر می گیرد:

۱. در دوره مورد بررسی، تغییر دوره مالی نداشته باشند.
۲. شرکت‌های سرمایه‌گذاری، واسطه‌گری‌های مالی، بانک و لیزینگ نباشند.
۳. داده‌های مورد نظر آنها در دسترس باشد.
۴. شرکت‌هایی که در دوره تحقیق فعال بوده‌اند.

با توجه به محدودیت‌های ذکر شده، تعداد ۱۷۵۰ سال- شرکت طی سال‌های ۱۳۸۹ الی ۱۳۹۵ جهت آزمون فرضیه پژوهش، انتخاب شده است.

در این مقاله با استفاده از یک رویکرد دو مرحله‌ای و با استفاده از الگوریتم‌های تحقیق، به پیش‌بینی نوسان قیمت سهام پرداخته شده است. این دو مرحله عبارتند از:

۱. به کارگیری رگرسیون گام به گام جهت انتخاب متغیرهای ورودی به مدل؛
۲. استفاده از الگوریتم ارتباطی خطی و غیر خطی جهت پیش‌بینی نوسان قیمت سهام.

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، ابتدا اطلاعات مالی لازم (متغیرهای کمی و کیفی حسابداری) از سایت‌های مرتبط بورس تهیه شده و از صورت‌های مالی استخراج، سپس به منظور مرتب سازی و آماده سازی برای ورود به نرم افزارهای اجرای تحقیق در نرم افزار اکسل، طبقه‌بندی می‌شوند، همچنین به منظور اجرای آزمون‌های آماری لازم جهت آزمون فرضیه تحقیق و دستیابی به نتایج آماری، از نرم افزارهای Eviews و MATLAB استفاده می‌گردد.

۴-۲. متغیرهای پژوهش

متغیرهای استفاده شده دراین تحقیق به شرح جدول شماره (۱) می‌باشد.

جدول ۱. متغیرهای تحقیق

متغیرهای مستقل اولیه		
نسبت وجه نقد عملیاتی	کیو توبین	نسبت مدیران غیر موظف
حاشیه سود عملیاتی	بازده فروش	اندازه هیات مدیره
بازده دارایی	ریسک سیستماتیک	عدم تقارن اطلاعاتی
بازده حقوق صاحبان سهام	ارزش افزوده اقتصادی	اندازه شرکت
سود هر سهم	بازده سهام	رتبه نقد شوندگی سهام
نسبت جاری	کیفیت سود	نسبت مالکان نهادی
مدیریت سود	محافظه کاری غیر شرطی	سرمایه فکری
نسبت سرمایه در گردش	محافظه کاری شرطی	نسبت سود تقسیمی
اهرم مالی	ارزش افزوده بازار	درماندگی مالی
هزینه سرمایه	اجتناب از مالیات	اعتماد به نفس کاذب مدیریت
تمرکز مالکیت		

متغیر وابسته	
نوسان قیمت سهام	انحراف معیار قیمت سهام
روش پژوهش	روش یادگیری ماشین الگوریتم خطی ارتباطی و غیر خطی
دوره پژوهش	۱۳۹۵-۱۳۸۹ (یک دوره ۷ ساله)
طرح پژوهش	رویکرد دو مرحله ای، ۱- آزمون گام به گام ۲- پیش‌بینی نوسان قیمت سهام با الگوریتم ارتباطی

منبع: یافته‌های پژوهشگر

پرتال جامع علوم انسانی

۵. نتایج پژوهش

۵-۱. آمار توصیفی

به طور کلی، روش‌هایی را که به وسیله آنها می‌توان اطلاعات جمع‌آوری شده را تنظیم کرده و خلاصه نمود، آمار توصیفی می‌نامیم و در یک جمله، آمار توصیفی عبارت از مجموعه روش‌هایی است که پردازش داده‌ها را فراهم می‌سازد. از آنجا که تحلیل داده‌ها معمولاً با محاسبه آماره‌های خلاصه شده مانند میانگین و انحراف معیار، میانه، حداقل، حداکثر و ... صورت می‌گیرد، لذا به‌منظور بررسی و تجزیه و تحلیل اولیه داده‌ها، ابتدا اطلاعات مربوط به آماره‌های توصیفی متغیرهای وابسته و توضیحی مورد مطالعه در این پژوهش، در جدول شماره ۱ ارائه شده است تا شمایی کلی از داده‌هایی که در این پژوهش مورد تحلیل واقع شده‌اند، به دست آید.

جدول ۲. آمار توصیفی متغیرهای کمی مورد استفاده در مطالعه

ویژگی / متغیر	میانگین	میانه	فاصله اطمینان ۹۵ درصد		انحراف معیار
			کران پایین	کران بالا	
درماندگی مالی	۰/۱۲۵	۰/۰۰۰	۰/۱۱۲	۰/۱۳۸	۰/۳۳۱
حاشیه سود عملیاتی	۰/۰۹۱	۰/۱۴۰	۰/۰۴۳	۰/۱۳۹	۱/۱۴۲
بازده دارایی	۰/۰۸۸	۰/۰۷۶	۰/۰۸۱	۰/۰۹۵	۰/۱۷۲
بازده حقوق صاحبان سهام	۰/۳۵۴	۰/۲۴۱	۰/۰۳۴	۰/۶۷۴	۷/۷۰۱
سود هر سهم	۶۲۰/۳۴۰	۳۱۰/۴۵۷	۵۶۱/۸۰۷	۶۷۸/۸۷۳	۱۴۶۷/۲۸۳
نسبت جاری	۱/۵۹۸	۱/۱۶۷	۱/۴۷۳	۱/۷۲۳	۳/۰۰۶
نسبت سرمایه در گردش	۰/۰۳۷	۰/۰۸۸	۰/۰۱۹	۰/۰۵۶	۰/۴۴۸
اهرم مالی	۰/۶۷۸	۰/۶۲۶	۰/۶۵۹	۰/۶۹۸	۰/۴۶۳
کیو توبین	۱/۰۹۲	۰/۸۱۴	۱/۰۴۹	۱/۱۳۴	۱/۰۱۶
بازده فروش	-۰/۰۲۴	۰/۱۱۰	-۰/۲۵۷	۰/۲۰۹	۵/۵۱۶
ریسک سیستماتیک	۰/۳۴۲	۰/۵۳۰	-۱/۱۸۲	۱/۸۶۵	۳۸/۱۹۷
بازده سهام	۱/۸۳۲	۰/۰۰۰	۱/۱۰۱	۲/۵۶۳	۱۸/۳۳۳
محافظه کاری غیر شرطی	-۱/۷۸۵	-۱/۱۰۸	-۱/۸۸۶	-۱/۶۸۴	۲/۳۶۵
محافظه کاری شرطی	۰/۱۱۷	۰/۰۱۱	۰/۰۳۷	۰/۱۹۷	۱/۹۲۳
نسبت وجه نقد عملیاتی	۰/۲۰۵	۰/۰۸۳	۰/۱۲۶	۰/۲۸۵	۱/۹۱۵
ارزش افزوده بازار	-۱/۷۶۹	۱/۰۵۷	-۶/۰۲۱	۲/۴۸۳	۱۰۲/۲۳۸
اندازه شرکت	۱۳/۹۲۰	۱۳/۷۵۸	۱۳/۸۵۰	۱۳/۹۸۹	۱/۶۷۲
رتبه‌ی نقد شوندگی سهام	۲۰۲/۲۳۴	۲۰۴/۰۰۰	۱۹۶/۵۷۰	۲۰۷/۸۹۹	۱۴۱/۹۹۴
مدیریت سود	۰/۱۰۰	۰/۰۸۶	۰/۰۸۷	۰/۱۱۳	۰/۳۰۵
ارزش افزوده اقتصادی	۰/۰۷۴	۰/۰۷۱	۰/۰۶۶	۰/۰۸۳	۰/۲۰۱
هزینه سرمایه	۰/۰۳۴	۰/۰۱۳	۰/۰۳۰	۰/۰۳۸	۰/۰۹۹
عدم تقارن اطلاعاتی	۰/۴۹۵	۰/۴۹۵	۰/۴۸۴	۰/۵۰۷	۰/۲۸۵
اندازه هیات مدیره	۵/۱۳۴	۵/۰۰۰	۵/۱۰۸	۵/۱۵۹	۰/۵۹۱
نسبت مدیران غیر موظف	۰/۵۷۰	۰/۶۰۰	۰/۵۵۴	۰/۵۸۵	۰/۳۲۱
نسبت سود تقسیمی	۰/۲۰۶	۰/۰۷۳	۰/۱۸۴	۰/۲۲۸	۰/۵۲۷
سرمایه فکری	۲۰/۷۲۴	۵/۸۹۲	-۲/۹۵۵	۴۴/۴۰۳	۵۶۲/۰۰۰
نسبت مالکان نهادی	۷۴/۵۸۰	۸۰/۶۸۰	۷۳/۴۰۶	۷۵/۷۵۵	۲۷/۱۵۸
تمرکز مالکیت	۷۷/۷۶۲	۸۳/۲۶۰	۷۶/۸۳۷	۷۸/۶۸۷	۲۰/۸۸۱
اعتماد به نفس کاذب مدیریت	۰/۳۶۴	۰/۰۰۰	۰/۳۴۵	۰/۳۸۳	۰/۴۸۱
کیفیت سود	۴۰/۲۲۱	۰/۶۳۲	-۲۸/۲۴۷	۱۰۸/۶۸۸	۱۶۴۳/۳۰۸
اجتناب مالیاتی	۰/۱۱۳	۰/۰۷۱	۰/۱۰۵	۰/۱۲۰	۰/۱۷۸
نوسان قیمت سهام	۲۶۶۸/۲۳۹	۱۰۲۲/۶۵۰	۲۰۹۵/۰۵۶	۳۲۴۱/۴۲۳	۱۴۳۶۸/۳۲۵

منبع: یافته‌های پژوهشگر

برای به دست آوردن متغیرهای مهم‌تر از متغیرهای مورد بررسی که بر روی نوسان قیمت سهام مؤثر هستند، از رگرسیون گام به گام به روش پس‌رو استفاده شد و متغیرهایی که اثر معنی‌دار نداشتند، یک به یک از مدل حذف شدند. نتایج متغیرهای مهم‌تر در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳. نتایج حاصل از روش گام به گام پس‌رو

متغیر	ضریب	خطای معیار	ضریب استاندارد	آماره t	سطح معناداری
سود هر سهم	۱/۰۷۲	۰/۲۶۳	۰/۱۶۱	۴/۰۷۰	<۰/۰۰۱
کیو توبین	۷۶۳/۱۵۱	۳۳۲/۳۶۶	۰/۰۷۷	۲/۲۹۶	۰/۰۲۲
محافظه کاری شرطی	۹۴۵۰/۱۴۱	۴۴۰۶/۵۶۷	۰/۱۴۸	۲/۱۴۵	۰/۰۳۲
اندازه شرکت	۶۱۹/۳۹۵	۱۸۶/۳۳۷	۰/۰۹۹	۳/۳۲۴	۰/۰۰۱
مدیریت سود	۵۶۲۷/۵۵۳	۲۵۴۴/۰۶۳	۰/۱۴۸	۲/۲۱۲	۰/۰۲۷
ارزش افزوده اقتصادی	-۵۰۴۳/۰۸۲	۲۶۹۲/۳۳۱	-۰/۱۰۰	-۱/۸۷۳	۰/۰۶۱
هزینه سرمایه	-۱۱۱۸۲/۴۵۶	۵۷۷۷/۱۱۹	-۰/۰۸۶	-۱/۹۳۶	۰/۰۵۳
عرض از مبدأ	-۷۷۸۶/۰۶۹	۲۷۰۱/۸۸۲		-۲/۸۸۲	۰/۰۰۴
ضریب تعیین	۰/۴۲۰				
ضریب تعیین اصلاح شده	۰/۳۷۱				
آماره آزمون	۷/۸۳۶				
مقدار احتمال	<۰/۰۰۱				

منبع: یافته‌های پژوهشگر

مدل نهایی، معنی‌دار (P<۰/۰۰۱)، ضریب تعیین و ضریب تعیین اصلاح شده دارای مقدار ۰/۴۲۰ و ۰/۳۷۱، و ضریب سود هر سهم با مقدار ۱/۰۷۲ معنادار بود (P<۰/۰۰۱) و اثر مثبت بر روی انحراف قیمت جاری داشت. ضریب کیو توبین با مقدار ۷۶۳/۱۵۱ معنادار بود (P=۰/۰۲۲) و اثر مثبت بر روی انحراف قیمت جاری داشت. ضریب محافظه کاری شرطی با مقدار ۹۴۵۰/۱۴۱ معنادار بود (P=۰/۰۳۲) و اثر مثبت بر روی انحراف قیمت جاری داشت. ضریب اندازه شرکت با مقدار ۶۱۹/۳۹۵ معنادار بود (P=۰/۰۰۱) و اثر مثبت بر روی انحراف قیمت جاری داشت. ضریب مدیریت سود با مقدار ۵۶۲۷/۵۵۳ معنادار بود (P=۰/۰۲۷) و اثر مثبت بر روی انحراف قیمت جاری داشت. ضریب ارزش افزوده اقتصادی با مقدار ۵۰۴۳/۰۸۲- در سطح ۱۰ درصد معنادار بود (P=۰/۰۶۱) و اثر منفی بر روی انحراف قیمت جاری داشت. ضریب هزینه سرمایه با مقدار ۱۱۱۸۲/۴۵۶- در سطح ده درصد معنادار بود (P=۰/۰۵۳) و اثر منفی بر روی انحراف قیمت جاری داشت.

۵-۲. نتایج الگوریتم ارتباطی

ماشین بردار ارتباطی، یک تکنیک کرنلی تُنُک بیزی[1] است. این روش، منجر به تولید مدل‌های خطی یا غیرخطی تُنُک[2] بر اساس انتخاب نوع کرنل می‌شود و از سرعت همگرایی بالایی برخوردار است (تیپینگ[3]، ۲۰۰۱). مدل RVM برای پیش‌بینی انحراف قیمت به شکل تعریف می‌شود:

$$y(x) = \sum_{i=1}^{7} w_i x_i + b \qquad (۱)$$

که در آن، x_i به ترتیب، مقدار متغیر مستقل "سود هر سهم"، "کیو توبین"، "محافظه کاری شرطی"، "اندازه شرکت"، "مدیریت سود"، "ارزش افزوده اقتصادی" و "هزینه سرمایه" مربوط به شرکت- سال xام، w_i وزن مربوط به هرکدام، w_0 عرض از مبدأ[4]، و مدل غیرخطی RVM به فرم (۲) است. به x_nهایی که متناظر با وزن‌های غیر صفر باقیمانده هستند، بردار ارتباط[5] گفته می‌شود.

$$y(x) = \sum_{n=1}^{N} w_n \langle \phi(x), \phi(x_n) \rangle = \sum_{n=1}^{N} w_n k(x, x_n) + b \qquad (۲)$$

در حالت غیرخطی، $\phi(.)$ تابع پایه غیرخطی ثابتی است که داده‌های ورودی را از فضای غیرخطی ورودی مساله به فضای ویژگی نگاشت می‌دهد. فرض کنید مجموعه مشاهدات (شرکت- سال) Nتایی به همراه بردار متغیرهای مستقل x موجود باشد که تمام این شرکت- سال‌ها توسط یک ماتریس داده X نشان داده شود، به طوری که nامین ردیف آن را با x_n^T نشان دهیم و بیانگر متغیرهای مستقل شرکت nام، $n = 1,2, \dots, N$، و مقادیر متغیر وابسته توسط بردار $t = (t_1, t_2, \dots, t_N)^T$ نشان داده شده باشد. بنابراین، در RVM تابع درست‌نمایی[6] به‌صورت زیر در نظر گرفته می‌شود:

$$p(t|X, w, \beta) = \prod_{n=1}^{N} p(t_n|x_n, w, \beta^{-1}) \qquad (۳)$$

که در آن، $p(t_n|x_n, w, \beta^{-1})$ نشان‌دهنده احتمال اینکه شرکت nام دارای متغیر وابسته t_n به شرط داشتن و معلوم بودن متغیرهای مستقل x_n، پارامتر w و β باشد، است. در این الگوریتم، فرض شده است که داده‌ها از یکدیگر مستقل باشند، و به همین علت، از ضرب روی احتمال در

1. Bayesian sparse kernel
2. Sparse
3. Tipping
4. Bias
5. Relevance vectors
6. Likelihood function

رابطه (۳) استفاده شده است. تابع توزیع پیشین[1] به‌صورت بر اساس تابعی گوسی با میانگین صفر به‌صورت رابطه (۴) تعریف می‌شود. این رابطه، نشان می‌دهد که تابع توزیع وزن‌ها دارای میانگین صفر است و پارامتر واریانس α جهت کنترل میزان تُنُک بودن w است. بنابراین، یکی از اهداف RVM به دست آوردن بردار وزنی است که مقادیر آن تا حد امکان به سمت صفر نزدیک باشند.

$$p(w|\alpha) = \prod_{i=1}^{M} \mathcal{N}(w_i|0, \alpha_i^{-1}) = \mathcal{N}(w|0, A) \qquad (۴)$$

وقتی که $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_M)^T$ و $A = \mathrm{diag}(\alpha_i)$ است، در RVM به جای محاسبه w هر متغیر مستقل، مقادیر α به دست می‌آید که زمانی که مقدار α_i به سمت بینهایت میل کند، w_i متناظر با آن صفر خواهد شد. در واقع، α پارامتر کنترل‌کننده تُنُکی w است. توابع پایه‌ای مرتبط با این پارامترها در پیش‌بینی انحراف قیمت که توسط مدل انجام می‌شود، هیچ نقش ایفا نمی‌کنند و بنابراین، تأثیر آنها فقط در تُنُک کردن مدل است. برای توزیع پسین[2] از تابع گوسی زیر با میانگین m و کوواریانس Σ زیر استفاده می‌شود:

$$p(w|t, X, \alpha, \beta) = \mathcal{N}(w|m, \Sigma) \qquad (۵)$$

$$m = \beta \Sigma \Phi^T t \qquad (۶)$$

$$\Sigma = (A + \beta \Phi^T \Phi)^{-1} \qquad (۷)$$

که در آن، Φ ماتریسی $N \times M$ با عناصر $\Phi_{ni} = \phi_i(x_n)$ و $A = \mathrm{diag}(\alpha_i)$ است. مقادیر α و β با استفاده از روش درست‌نمایی جداکثر نوع-۲[3] که با نام تقریب شواهد[4] شناخته می‌شود، به دست می‌آید. برای این منظور، تابع درست‌نمایی حاشیه‌ای[5] (۸) روی پارامتر w ماکزیمم می‌گردد.

$$p(t|X, \alpha, \beta) = \int p(t|X, w, \beta) p(w|\alpha) dw \qquad (۸)$$

و مقدار α و β به‌صورت تکراری، به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\alpha_i^{new} = \frac{\gamma_i}{m_i^2} \qquad (۹)$$

$$(\beta^{new})^{-1} = \frac{\|t - \Phi m\|}{N - \sum_i \gamma_i} \qquad (۱۰)$$

---

1. Prior distribution
2. Posterior distribution
3. Type-2 maximum likelihood
4. Evidence approximation
5. Marginal likelihood function

امین میانگین پسین رابطهi، m_iکه در آن، (۶) است. کمیت γ_i به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\gamma_i = 1 - \alpha_i \Sigma_{ii} \qquad (۱۱)$$

امین مؤلفه قطری کوواریانس پسین (۷) است. حال اگر بخواهیم یک جمع‌بندی i، Σ_{ii}که w یعنی حل مساله از طریق تُنُک کردن بردار وزن RVMداشته باشیم، حل مساله بهینه‌سازی است. پس در نتیجه، با در نظر گرفتن تابع توزیع گوسی با میانگین صفر αبه کمک ابر پارامتر α ،(۹) از طریق رابطه (۴) مطابق رابطه (۴) با به دست آوردن مقدار ابر پارامتر wبرای بردار وزن w را به دست آورد. برای این منظور، در گام اولیه رابطه‌های wمی‌توان مقدار بردار وزن محاسبه می‌شود، سپس با استفاده از رابطه‌های (۹) β و α و (۷) ابتدا با مقداردهی اولیه به (۶) جدید محاسبه می‌شود و دوباره، رابطه‌های β و αو (۱۰)، مقدار (۶) و (۷) محاسبه می‌شوند. این کار تا زمان همگرایی الگوریتم، ادامه پیدا می‌کند. شرط همگرایی می‌تواند تعداد تکرار مشخصی باشد. پس از به دست آمدن α و β، به کمک رابطه (۳)، احتمال متغیر وابسته مبتنی بر ورودی‌ها (شرکت- سال‌ها)ی X مشخص می‌شود.

برای پیش‌بینی انحراف قیمت جاری و انحراف قیمت آتی از ماشین بردار ارتباطی که در بخش قبل توضیح داده شد، استفاده شده است. الگوریتم ماشین بردار ارتباطی در حالت مدل خطی و مدل غیرخطی روی شرکت- سال‌ها، با استفاده از روش اعتبار سنجی ۱۰ قسمتی[1] اجرا و ارزیابی شد. از کرنل گوسی (۱۲) در مدل غیرخطی ماشین بردار ارتباطی استفاده شده است.

$$K(x_i, x_j) = \exp\left(-\frac{\|x_i - x_j\|^2}{2\times\sigma^2}\right) \qquad (۱۲)$$

که مقدار $\sigma = 8$، و x_i نشان‌دهنده متغیرهای مستقل بوده، و در مدل خطی، از کرنل خطی (۱۳) استفاده شده است تا مدل خطی بماند و بتوان برای آن ضرایب وزن مدل را به دست آورد. این کار در مدل غیرخطی به دلیل دارا بودن پارامترهای زیاد وابسته به تعداد شرکت- سال‌ها، امکان‌پذیر نیست.

$$K(x_i, x_j) = x_i^T x_j \qquad (۱۳)$$

به‌منظور انجام یک مقایسه عادلانه، پارامترهای الگوریتم ماشین بردار ارتباطی در حالت مدل خطی و مدل غیرخطی برای همه حالات یکسان، و به‌علاوه، بدون از دست دادن عمومیت، Foldهای تقسیم‌بندی شده شرکت- سال‌ها در روش 10-Fold Cross-Validation برای همه

1. 10-Fold Cross-Validation

مدل‌ها نیز یکسان در نظر گرفته شده است. پس از تقسیم شرکت- سال‌ها به دو دسته داده‌های یادگیری و تست با استفاده از روش 10-Fold Cross-Validation برای ارزیابی مدل خطی و غیرخطی، از سه معیار ارزیابی با نامهای میانگین قدر مطلق خطا[1] (MAE)، میانگین مربعات خطا نرمال‌شده[2] (NMSE) و میانگین متقارن قدرمطلق درصد خطا[3] (SMAPE) استفاده شده است. به منظور بررسی کارآیی مدل خطی و غیرخطی RVM در فرایند، ابتدا داده‌های یادگیری را که قبلاً به الگوریتم RVM داده شده است تا پارامترهای مدل خود را یاد بگیرد، مجدداً به مدل با پارامترهای یاد گرفته شده، داده می‌شود، با این تفاوت که این بار مدل‌ها مقدار متغیر وابسته را پیش‌بینی می‌کنند، سپس میانگین ۱۰ معیار خطا به روش 10-Fold Cross-Validation محاسبه شده است. هر چقدر این خطاها به صفر نزدیک‌تر باشند، یادگیری بهتر انجام شده است. به دلیل خطای بسیار زیاد مدل خطی RVM می‌توان گفت: مدل خطی قادر به پیش‌بینی انحراف قیمت، نه در سال جاری و نه، در سال آتی است؛ ولی مدل غیرخطی، قادر به پیش‌بینی انحراف قیمت جاری و آتی با دقت خوبی است؛ به علت اینکه مدل‌های غیرخطی از مدل‌های خطی بهتر عمل می‌کنند. به منظور بررسی پدیده‌ای بیش برازش[4]، خطای MAE، NMSE و SMAPE برای پیش‌بینی متغیر وابسته، انحراف قیمت جاری و انحراف قیمت آتی برای شرکت- سال‌های تست به دست آورده شده است. به ازای هر معیار خطا، ۱۰ خطا که هرکدام توسط روش 10-Fold Cross-Validation گزارش شده‌اند، به دست می‌آید که میانگین این خطاها در جدول ۴ و ۵ برای مدل خطی و غیرخطی نشان داده شده است. می توان نتیجه گرفت که مدل RVM دارای مشکل بیش برازش نشده، از آنجا که اختلاف معیارهای خطای داده‌های آموزش و تست ناچیز است. علاوه بر این، مدل غیرخطی بسیار بهتر از مدل خطی می‌تواند انحراف قیمت جاری و آتی را پیش‌بینی نماید. قدرت پیش‌بینی انحراف قیمت جاری از انحراف قیمت آتی بر اساس معیارهای MAE,SMAPE,NMSE، بیشتر است.

جدول ۴. میانگین معیارهای خطا برای ارزیابی میزان آموزش مدل RVM برای نوسان قیمت جاری و آتی

	نوسان قیمت جاری		نوسان قیمت آتی	
RVM	مدل خطی	مدل غیرخطی	مدل خطی	مدل غیرخطی
MAE	۲۱۶۳/۴	۳۴۲/۲۷	۲۵۹۱/۷۹	۷۱۴/۱۷
SMAPE	۰/۴۳۹۷	۰/۰۶۹۲	۰/۴۶۰۲	۰/۱۲۶۸
NMSE	۱۶/۱۳۱	۰/۰۴۱۵	۱۴/۶۶	۰/۱۱۳۹

1. Mean Absolute Error
2. Normalised Mean Square Error
3. Symmetric Mean Absolute Percent Error
4. Overfitting

منبع: یافته‌های پژوهشگر

جدول ۵. میانگین معیارهای خطا برای ارزیابی کارایی مدل RVM با داده‌های تست برای نوسان قیمت جاری و آتی

	نوسان قیمت جاری		نوسان قیمت آتی	
RVM	مدل خطی	مدل غیرخطی	مدل خطی	مدل غیرخطی
MAE	۲۵۱۲/۳۸۴	۳۴۶/۵۳	۲۵۹۲/۰۲	۷۱۱/۶۳
SMAPE	۰/۴۵۵۳	۰/۰۷۵۵	۰/۴۵۶۶	۰/۱۳۵۳
NMSE	۰/۱۷۸۹	۰/۰۶۱۶	۹/۵۷	۰/۱۳۶۳

منبع: یافته‌های پژوهشگر

۶. نتیجه‌گیری

هدف این پژوهش، بررسی عوامل مؤثر بر نوسان قیمت سهام در محیط اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی ایران است. از آنجایی که محیط اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی ایران متفاوت از سایر کشورها است، عوامل مؤثر بر قیمت سهام می تواند متفاوت از سایر کشورها باشد. بررسی عوامل تعیین کننده تغییرات قیمت سهام در بورس اوراق بهادار تهران می‌تواند سبب شناسایی متغیرهای تبیین کننده تغییرات قیمت و نهایتاً بهبود تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران و تخصیص بهینه منابع شود. در واقع، با مشخص شدن عوامل تعیین‌کننده تغییرات قیمت سهام، ذهنیت سرمایه گذاران در خصوص عوامل مؤثر بر تغییرات قیمت سهام اصلاح خواهد شد و به دلیل قیمت‌گذاری درست، جذابیت های بازار سرمایه، افزایش و بازار سرمایه توسعه خواهد یافت (پورحیدری، ۱۳۸۹).

در این پژوهش، با استفاده از متغیرهای مالی بازار سرمایه، به پیش‌بینی نوسان قیمت سهام پرداخته شده است. با توجه به نتایج پژوهش که نشان داد متغیرهای اندازه شرکت، کیو توبین، سود هر سهم، محافظه‌کاری، مدیریت سود، ارزش افزوده اقتصادی و هزینه سرمایه، با نوسان قیمت سهام، رابطه معنادار دارد.

این نتایج، با پژوهش‌های کودیشواکو[1] (۲۰۱۶)، خسروآبادی و اقبالی مقدم (۱۳۹۶)، کیم و لیان دانگ[2] (۲۰۱۱)، کاهانی و همکاران (۱۳۹۵)، حاضری و نصیرزاده (۱۳۹۴)، حمزه و همکاران (۱۳۹۴) و ارتباط دارد. نتایج تحقیق، حاکی از قدرت بالاتر روش غیر خطی الگوریتم ارتباطی نسبت به روش خطی آن می‌باشد. این نتایج با پژوهش روشندل و امیری منش (۱۳۹۵) که نشان می‌دهند الگوریتم‌های هوش مصنوعی توانایی پیش‌بینی نوسان قیمت سهام را دارد، مرتبط می‌باشد. همچنان که پادماکوماری و ماهسوارن[3] (۲۰۱۷)، هداوندی و همکاران[1]

1. Kodithuwakku
2. Kim & liandong
3. Padmakumari & Maheswaran

(۲۰۱۰)، انکه و تاورن ونگ[2] (۲۰۰۵)، پاکرائی[3] (۱۳۹۶) و فلاح پور و همکاران (۱۳۹۳)، نیز با استفاده از سیستم‌های فازی ژنتیک و شبکه‌های عصبی مصنوعی، نشان دادند که نوسان قیمت سهام، قابلیت پیش‌بینی بهتری دارد.

با توجه به اینکه تحولات متغیرهای مالی، بازار سرمایه را متاثر می‌سازد، تبیین ارتباط بین شاخص عملکرد بورس و متغیرهای مالی، می تواند راهگشای سیاست‌گذاری بهتر باشد و مشخص کردن میزان و نحوه اثرگذاری این متغیرها بر شاخص قیمت سهام می تواند در بسیاری از سیاست‌گذاری‌ها مفید واقع شود.

نتایج ثانویه پژوهش که نشان می‌دهد الگوریتم ارتباطی، قدرت بالایی در پیش‌بینی نوسان قیمت سهام دارد و لذا به صاحبان سرمایه و تصمیم‌گیران شرکت‌ها توصیه می‌شود در تصمیم‌گیری‌های خود پیرامون سرمایه‌گذاری در بازار سرمایه از قدرت پیش‌بینی الگوریتم‌های هوش مصنوعی بویژه حالت غیرخطی الگوریتم ارتباطی استفاده کنند.

همچنین نتایج این تحقیق می‌تواند به صورت کاربردی مورد توجه مدیران بازار سرمایه‌ایران قرار گیرد؛ به طوری که با پیش‌بینی نوسان قیمت سهام در شرکت‌ها و کار کردن بر روی عوامل مؤثر بر آن، نسبت به مدیریت جذب سرمایه سهامداران، کاهش ریسک بحران‌های مالی و کمک به سرمایه‌گذاران جهت اجتناب از زیان‌های بزرگ در بازار سهام، اقدام نمایند.

منابع

- ابراهیم پور کومله، حسین و پورذاکر عربانی، سودابه. (۱۳۹۳). استفاده از ابزار هوشمند شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی قیمت بازار سهام به منظور توسعه بازار مالی سهام. اولین کنفرانس مهندسی برق، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لنگرود.
- بیگ‌زاده عباسی، امیرحسین؛ بیگ‌زاده عباسی، فرزانه و پورکیانی، مسعود. (۱۳۹۴). پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از الگوریتم ژنتیک شواهدی از بورس اوراق بهادار تهران. کنفرانس بین المللی پژوهش‌های نوین در مدیریت، اقتصاد و حسابداری، استانبول، موسسه مدیران ایده پرداز پایتخت ایلیا.
- پاکرائی، احمد رضا. (۱۳۹۶). پیش‌بینی روند حرکتی قیمت سهام با استفاده از XCS مبتنی بر الگوریتم ژنتیک و یادگیری تقویتی. *دانش مالی تحلیل اوراق بهادار*، دوره ۱۰، شماره ۳۴: ۵۴-۳۹.
- پورحیدری، امید. (۱۳۸۹). بررسی عوامل تعیین کننده تغییرات قیمت سهام در بورس اوراق بهادار تهران. *بررسی‌های حسابداری و حسابرسی*، دوره ۱۷، شماره ۶۰: ۴۰-۲۳.
- حاضری، هاتف و نصیرزاده، سعیده. (۱۳۹۴). بررسی نوسانات قیمت سهام ناشی از تغییرات ارزش افزوده اقتصادی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران: رویکرد مدل‌های نوسان

1. Hadavandi *et al.*
2. Enke & Thawornwong
3. Pakraei

پذیر. سومین کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های نوین در مدیریت، اقتصاد و حسابداری، ترکیه - استانبول، موسسه سرآمد همایش کارین.

- حمزه، داوود؛ خلیلی عراقی، مریم و پیکارجو، کامبیز. (۱۳۹۴). بررسی تاثیر عامل حساسیت سهامداران، ویژگی های سهام شرکت ها و اثر مومنتوم بر بازده سهام و عملکرد مالی شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران. *دانش مالی تحلیل اوراق بهادار (مطالعات مالی)*، دوره ۸، شماره ۲۸: ۷۹-۵۷.
- حیدری‌زارع، بهزاد و کردلوئی، حمیدرضا. (۱۳۸۹). پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی. *فصلنامه مدیریت*، شماره ۱۷: ۴۹-۵۶ .
- خسروآبادی، طاهره و اقبالی مقدم، محمد رضا. (۱۳۹۶). تاثیر محافظه کاری بر تغییرات قیمت و نوسانات وجوه نقد در بورس اوراق بهادار تهران. *پژوهش‌های جدید در مدیریت و حسابداری*، شماره ۲۳: ۲۵۷-۲۴۱.
- روشندل، رویا و امیری منش، مکیه. (۱۳۹۵). بررسی و مقایسه روش‌های داده کاوی در پیش‌بینی قیمت سهام. دومین کنفرانس ملی علوم و مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات.
- زمانی، محسن؛ افسر، امیر؛ ثقفی‌نژاد، سیدوحید و بیات، الهام. (۱۳۹۳). سیستم خبره پیش‌بینی قیمت سهام و بهینه سازی سبد سهام با استفاده از شبکه‌های عصبی فازی. *مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار*، شماره۲۱ : ۱۰۷-۱۲۹.
- سعیدی، پرویز؛ اسلامی مفیدآبادی، حسین و خلیل‌زاده، سیدمحمدرضا. (۱۳۹۶). به بررسی تأثیر عوامل درونی بر تغییرات قیمت سهام شرکت‌های سرمایه‌گذاری پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران. *پژوهش حسابداری*، دوره ۶، شماره ۴، شماره پیاپی ۲۴: ۱۰۳-۱۳۸.
- طلوعی اشلقی، عباس و حق دوست، شادی. (۱۳۸۶). مدل سازی پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه عصبی و مقایسه آن با روش‌های پیش‌بینی ریاضی. *نشریه پژوهشنامه اقتصادی*، شماره ۲۵: ۲۵۲-۲۳۷.
- عبده تبریزی، حسین و جوهری، حسن. (۱۳۷۵). بررسی کارآمدی شاخص بورس اوراق بهادار تهران. *فصلنامه تحقیقات مالی*، ۳(۲): ۶۱-۴۷.
- فلاح پور، سعید؛ گل ارضی، غلامحسین و فتوره چیان، ناصر. (۱۳۹۳). پیش‌بینی روند حرکتی قیمت سهام با استفاده از ماشین بردار پشتیبان بر پایه الگوریتم ژنتیک در بورس اوراق بهادار تهران. *تحقیقات مالی*، ۱۵(۲): ۲۶۹-۲۸۸.
- کاهانی، مریم؛ صالحی، مهدی و حمیدپور، کیانا. (۱۳۹۵). ارتباط بین محافظه کاری وتغییرات قیمت سهام در شرکتهای تولیدی دولتی. *حسابداری دولتی*، دوره ۲، شماره ۴: ۴۶-۳۷.
- کیانی ماوی، رضا و صیادی نیک، کامران. (۱۳۹۳). کاربرد الگوریتم های مختلف یادگیری در پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه عصبی. *فصلنامه مدیریت توسعه و تحول*، ۶ (۱۹).
- مرادزاده فرد، مهدی؛ دارابی، رویا و شاه‌علی‌زاده، رامین. (۱۳۹۳). یکپارچه سازی تکنیک‌های هوش مصنوعی جهت ارائه مدل پیش‌بینی قیمت سهام. *بررسی حسابداری مالی و حسابرسی*، دوره ۶، شماره ۲۴: ۸۹-۱۰۲.

- منجمی، سیدامیرحسین؛ ابزری، مهدی و رعیتی شوازی، علیرضا. (۱۳۸۸). پیش‌بینی قیمت سهام در بازار بورس اوراق بهادار با استفاده از شبکه‌ی عصبی فازی و الگوریتم‌های ژنتیک و مقایسه‌ی آن با شبکه‌ی عصبی مصنوعی. *فصلنامه اقتصاد مقداری (بررسی‌های اقتصادی سابق)*، دوره ۶، شماره ۳.
- مهرآرا، اسداله؛ عطف، زهرا و عسگری، زهرا. (۱۳۹۱). تکنیک‌های داده کاوی در پیش‌بینی قیمت سهام بورس اوراق بهادار. کنفرانس ملی حسابداری، مدیریت مالی و سرمایه گذاری.
- نصیرزاده، فرزانه و نیک‌روش، زهرا. (۱۳۹۲). ارزیابی توانایی مدل داده کاوی در پیش‌بینی قیمت سهام. یازدهمین همایش ملی حسابداری ایران.

- Abde Tabrizi, H., & Joehari, A. (1996). The investigation of the efficiency of stock price index of TSE. *Financial Research* 3(2), 47-61 (in persian).
- Bastianin, A., Conti, F., & Manera, M. (2016). The impacts of oil price shocks on stock market volatility: Evidence from the G7 countries. *Energy Policy*, *98*, 160-169.
- Bigzade Abbasi, A. H., Beyzadeh Abbasi, F., & Pourkani, M. (2015). Stock price forecast using evidence from the Tehran Stock Exchange using genetic algorithm. International Conference on Modern Research in Management. *Economics and Accounting*, Istanbul, Institute of Managers of Iliad Capital Capital Ideas. (in persian).
- Ebrahimpour Kamaleh, H., & PourZakir, S. (2014). Using Artificial Neural Network Intelligent Instrument in predicting stock market price in order to develop stock market finance. *First National Conference on Electrical Engineering, Islamic Azad University, Langrood Branch* (in persian).
- Enke, D., & Thawornwong, S. (2005). The use of data mining and neural networks for forecasting stock market returns. *Expert Systems with Applications*, *29*(4), 927-940.
- Fallahpour, S., Fatourechian, N., & Golazi, G. (2013). Prediction of stock price movement process using a support vector machine based on genetic algorithm in Tehran Stock Exchange. *Financial Research, 15(2),* 269-288 (In persian).
- Hadavandi, E., Shavandi, H., & Ghanbari, A. (2010). Integration of genetic fuzzy systems and artificial neural networks for stock price forecasting. *Knowledge-Based Systems*, *23*(8), 800-808.
- Hafezi, R., Shahrabi, J., & Hadavandi, E. (2015). A bat-neural network multi-agent system (BNNMAS) for stock price prediction: Case study of DAX stock price. *Applied Soft Computing*, *29*, 196-210.
- Hamzeh, D., Khalil Iraqi, M., & Peykarjo, K. (2015). Investigating the effect of shareholders sensitivity, companies' structure and momentum effect on stock returns and financial performance of companies accepted in Tehran Stock Exchange Securities. *Financial Knowledge of Securities Analysis*, 8(28), 57-79 (in persian).
- Hazeri, H., & Nasirzadeh, S. (2015). Investigating stock price fluctuations due to changes in the economic value added of listed companies in Tehran Stock Exchange: the approach of volatile models. Third International Conference on Modern Research in Management, *Economics and*

Accounting, Turkey-Istanbul, Institute of Excellence at Karin Conference (in persian).

- Heydari Zare, B., & Kandlouei, H. R. (2010). Stock price prediction using artificial neural network. *Management Quarterly Journal*, 17, 49-56 (in persian).
- Hsu, C. M. (2011). A hybrid procedure for stock price prediction by integrating self-organizing map and genetic programming. *Expert Systems with Applications*, *38*(11), 14026-14036.
- Hsu, S. H., Hsieh, J. P. A., Chih, T. C., & Hsu, K. C. (2009). A two-stage architecture for stock price forecasting by integrating self-organizing map and support vector regression. *Expert Systems with Applications*, *36*(4), 7947-7951.
- Kahani, M., & Salehi, M., Hamidpour, K. (2016). The relationship between conservatism and stock price changes in governmental manufacturing companies, *Journal of Management and Economics*, 4(4), 37-46 (In persian).
- Khosrow Abadi, T., & Eghbali Moghadam, M. R. (2017). The effect of conservatism on price changes and cash fluctuations in Tehran Stock Exchange, *New Research on Management and Accounting*, 23(17), 241 - 257. (In persian).
- Kiani Mavi, R., & Sayadi Nik, K. (2013). Application of different learning algorithms in stock price estimation using neural network. *Development Management Magazine* (Special Note), 81-75 (In persian).
- Kim, J., & Liandong, Z. (2011). Corporate tax avoidance and stock price crash risk: Firm-level analysis, *Journal of Financial Economics*, 100(3), 639-662.
- Kodithuwakku, M. S. (2016). Impact of firm specific factors on the stock prices: a case study on listed manufacturing companies in Colombo Stock Exchange. *International Journal for Research in Business, Management and Accounting*, *2*(3), 67-76.
- Mehrara, A., Aatef, Z., & Asgari, Z. (2012). Data mining techniques in predicting stock prices of stock exchanges. *National Conference on Accounting, Financial Management and Investment.* (in persian).
- Mizuno, H., Kosaka, M., Yajima, H., & Komoda, N. (1998). Application of neural network to technical analysis of stock market prediction. *Studies in Informatic and control*, *7*(3), 111-120.
- Mongami, S. A. H., Abzery, M. & Rezaei Shavazi, A. (2009). Stock price prediction in the stock market using Fuzzy Neural Network and Genetic Algorithms and comparing it with the artificial neural network. *Quarterly Journal of Quantitative Economics* (Ex-Economic Reviews), 6(3). (in persian).
- Moradzadeh Fard, M., Darabi, R., & Shahalizadeh, R. (2015). Integration of artificial intelligence techniques to provide stock price prediction model. *Financial Accounting and Accountability*, 6(24), 89-102 (in persian).
- Nasirzadeh, F., & Nikravesh, Z. (2013). Evaluating the ability of the data mining model to predict stock prices. *11th National Accounting Conference of Iran*. (in persian).

- Padmakumari, L., & Maheswaran, S. (2017). A new statistic to capture the level dependence in stock price volatility. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, *65*, 355-362.
- Pakraei, A. R. (2017). Predict the trend of stock prices using XCS based on genetic algorithms and reinforcement learning. *Financial Knowledge of Securities Analysis*, 10(34), 39-54 (In persian).
- Pourheidari, O. (2010). Investigating the determinants of stock price changes in Tehran Stock Exchange. *Accounting and Auditing*, 17(60), 23-40 (in persian).
- Roshandel, R., & Amiri Manesh M. (2016). Review and compare data mining methods in predicting stock prices. *Second National Conference on Computer Science and Information Technology* (in persian).
- Saeedi, P., Eslami Mofid, H., & Khalilzadeh, M. R. (2017). the investigation of the effect of internal factors on the changes of stock price of investment companies listed in Tehran Stock Exchange. *Accounting Research*, 6(4), 103-138 (in persian).
- Shah, V. H. (2007). Machine learning techniques for stock prediction. *Foundations of Machine Learning, Spring*, 1-19.
- Tipping, M. E. (2001). Sparse Bayesian learning and the relevance vector machine. *Journal of Machine Learning Research*, *1*(Jun), 211-244.
- Toluji Ashleghi, A., & Haghdoust, S. (2007). Modeling stock price prediction using neural network and comparing it with mathematical prediction methods. *Journal of Economic Research*, 25, 237-252 (in persian).
- Vapnik, V. (1995). *The nature of statistical learning theory*. Springer science & business media.
- Yaacob, N. M., & Ahmad, A. (2011). IFRS adoption and audit timeliness: Evidence from Malaysia. *The Journal of American Academy of Business*, *17*(1), 112-118.
- Yang, Y. L., & Chang, C. L. (2008). A double-threshold GARCH model of stock market and currency shocks on stock returns. *Mathematics and Computers in Simulation*, *79*(3), 458-474.
- Yu, L., Wang, S., & Lai, K. K. (2008). Neural network-based mean–variance–skewness model for portfolio selection. *Computers & Operations Research*, *35*(1), 34-46.
- Zamani, M., Afsar, A., Saghafinejad, S. V., & Bayat, E. (2014). Expert system stock price forecasting and stock optimization using fuzzy neural networks, fuzzy modeling and genetic algorithms. *Journal of Financial Engineering and Management of Securities Bahadur*, 21, 107-128 (in persian).