هفتمین کنفرانس ملی مباحث نوین در کامپیوتر و فناوری اطلاعات
7th National Conference on Advanced Topics in Computer and Information Technology
۲ آذر ماه ۱۴۰۲

استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین در بازار بورس اوراق بهادار

علی آب کناری[۱]، علیرضا صفائی[۲]

(۱) گروه کامپیوتر، واحد ماهشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، ماهشهر، ایران
ali.abkenari75@gmail.com
(۲) گروه کامپیوتر، واحد ماهشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، ماهشهر، ایران
alisafasafaei@yahoo.com

چکیده : 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 موسسات معتبر خصوصی، تحت ضوابط و قوانین و مقررات خاصی انجام می‌شود به همین دلیل پیش‌بینی این بازار یکی از مهمترین علاقه پژوهشگران و محققان مالی است. یکی از مهمترین اطلاعات در بازار بورس اوراق بهادار برای سرمایه‌گذاران، اطلاعات قیمت سهام است. وضعیت آینده سهام ارائه شده توسط شرکت‌ها در پیش‌بینی بازار سهام بسیار مهم است. دلیل اصلی که مردم در بازار سهام سرمایه‌گذاری می‌کنند، بدست آوردن سود است که لازمه آن داشتن اطلاعات درست از بازار و تغییرات سهام و پیش‌بینی روند آینده آن است بنابراین سرمایه‌گذار، نیازمند ابزارهای لازم قدرتمند و قابل اعتماد است که از طریق آن به پیش‌بینی قیمت سهام بپردازد. از آنجا که سرمایه‌گذاران بورس همواره علاقه‌مندند از روند بعدی قیمت‌ها مطلع شوند فعالان و کارشناسان این بازار درصدد دستیابی و بکارگیری روش‌هایی هستند تا بتوانند با پیش‌بینی آتی قیمت سهام، سود سرمایه خود را افزایش دهند. لذا در این پژوهش سعی نمودیم جهت پیش‌بینی قیمت سهام در بازار بورس اوراق بهادار از الگوریتم‌های یادگیری ماشین همچون شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبان و درخت تصمیم استفاده نماییم. نتایج بدست آمده بر روی مجموعه داده بازار بورس سهام که از سایت UCI دریافت شد حاکی از آن است که روش پیشنهادی با دقت ۹۵.۱۷ درصد برای داده‌های آموزشی و دقت ۹۳.۷۴ درصد برای داده‌های آزمایشی قادر به تشخیص و پیش‌بینی قیمت سهام بورس می‌باشد.

کلمات کلیدی: پیش‌بینی- قیمت- سهام- بورس اوراق بهادار- یادگیری ماشین

۱ - مقدمه

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 موسسات معتبر خصوصی، تحت ضوابط و قوانین و مقررات خاصی انجام می‌شود به همین دلیل پیش‌بینی این بازار یکی از مهمترین علاقه پژوهشگران و محققان مالی است. یکی از مهمترین اطلاعات در بازار بورس اوراق بهادار برای سرمایه‌گذاران، اطلاعات قیمت سهام است. وضعیت آینده سهام ارائه شده توسط شرکت‌ها در پیش‌بینی بازار سهام بسیار مهم است[۱]. یک پیش‌بینی از وضعیت مالی آینده شرکت‌ها امنیت را برای ایجاد یک سرمایه‌گذاری سودآور و مطمئن برای سرمایه‌گذاران فراهم می‌کند. در حقیقت پراکندگی قیمت سهام تحت‌تأثیر عوامل کلان اقتصادی مانند وقایع سیاسی، سیاست‌های شرکت‌ها، شرایط اقتصادی، نرخ بهره، نرخ تورم، انتظارات سرمایه‌گذاران، سرمایه‌گذاران سنتی، انتخاب و فاکتورهای فیزیکی و روانی سرمایه‌گذاران می‌باشد بنابرین امروزه پیش‌بینی قیمت سهام نه فقط خیلی چالش‌انگیز هست بلکه مورد علاقه زیاد سرمایه‌گذاران

می‌باشد[۲]. این بازارهای مالی به دلیل خصوصیات منحصر به فردی نظیر عدم نیاز به سرمایه کلان، سادگی و کم هزینه بودن معاملاتشان در عصر اخیر به یکی از پرطرفدارترین حوزه‌های سرمایه‌گذاری تبدیل شده‌اند. حکومت‌ها و دولت‌ها نیز به این دلیل که می‌توانند با گرد هم آوردن سرمایه‌های اندک و سرمایه‌های کلان بودجه‌های عظیمی برای امور کشوری فراهم کنند همواره به گسترش این بازارها کمک کرده و با تصویب قوانین متعددی از جمله معافیت‌های مالیاتی در تلاش برای کشاندن پس‌اندازهای مردم به این بازارها بوده‌اند[۳و۴]. به‌دلیل همین خصوصیات حجم عظیمی از سرمایه‌گذاران به این حوزه وارد شده و این بازارها با سرعت چشمگیری نیز در حال رشد هستند. این حجم زیاد سرمایه‌گذاران برای کسب سود از این بازارها وارد آن شده و لذا همواره به دنبال راه‌هایی برای افزایش دامنه سود خود بوده‌اند که این مسئله باعث شده است که سرمایه‌گذاران همواره به دنبال پیش‌بینی اتفاقات آینده و قیمت‌ها در بازار بوده و از این طریق کسب سود کنند به همین دلیل است که همزمان با رشد این بازارها، مدل‌های بسیار متنوعی برای پیش‌بینی بوجود آمده و در حال گسترش نیز هستند. به طور کلی شاید بتوان سرمایه‌گذاران را به دو دسته تقسیم کرد آنها که به مدل کارایی بازار سرمایه اعتقاد داشته و به پیش‌بینی این بازارها معتقد نیستند و آنهایی که به روش‌های مختلفی به پیش‌بینی در این بازارها می‌پردازند[۵و۶].

۲– بورس اوراق بهادار

در بیشتر کشورهای پیشرفته و در حال توسعه به منابع عظیم مالی بازارهای بورس اوراق بهادار برای سرمایه‌گذاری‌های کلان و بلندمدت تکیه می‌شود. بوسیله بازارهای بورس اوراق بهادار در چارچوب قوانین و مقررات خاص می‌توان علاوه بر ایجاد اطمینان در سرمایه‌گذاران داخلی سرمایه‌های خارجی را نیز جذب نمود. در صورتی که بازارهای بورس اوراق بهادار در هر کشور طبق شرایط، موقعیت‌ها، امکانات، قوانین و مقررات موجود ایجاد شوند نقش بسیار حیاتی در رشد و توسعه اقتصادی و اجتماعی ایفا می‌کنند و در صورتی که تشکیل این بازارها با مشکلات ساختاری توام باشد نه تنها مشکلی را برطرف نمی‌نماید بلکه خود بصورت مشکل مضاعف در می‌آید[۷]. با توجه به پویایی دنیای کنونی و تحولات سریعی که در ابداعات و اختراعات صورت می‌گیرد کشوری می‌تواند ادعا کند اقتصادی سالم و مطمئن دارد که به یک بخش مالی و بازار سرمایه کارا متکی باشد. هرچند سیستم بانکی در بسیاری کشورها یکی از مهمترین منابع برای سرمایه‌گذاری‌های کلان است اما نمی‌تواند به تنهایی منابع لازم جهت رشد و توسعه اقتصادی کشور را فراهم آورد. در صورتی که بازار بورس اوراق بهادار پذیرای سرمایه‌گذاران مختلف با انگیزه‌ها و درجه‌های ریسک‌پذیری متفاوت است و اگر این بازارها طوری عمل کنند که سرمایه‌گذاران بتوانند بازدهی طبق ریسک‌پذیری خود را بدست آورند منابع بطور بهینه تخصیص می‌یابد و بازار کارا می‌شود. با توجه به نقش بورس اوراق بهادار در بهبود ساختار اقتصادی و به دنبال آن رشد و توسعه اقتصادی، اجتماعی و سیاسی بررسی وضعیت بورس اوراق بهادار و توانایی این بازار جهت تحقق اهداف ملی بعنوان منبع اصلی تامین مالی باید مورد توجه قرار گیرد[۸].

۳– نقش بورس اوراق بهادار در حوزه‌های مختلف

از آنجا که منابع مالی از جمله منابعی هستند که در رشد و توسعه اقتصاد کشورها نقش مهمی ایفا می‌کنند تخصیص بهینه آنها در جهت سرمایه‌گذاری مناسب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. تخصیص این منابع که از طریق بازار وجوه مالی انجام می‌شود به شدت تحت تاثیر عملکرد نهادهای مالی مانند بانک‌ها، شرکت‌های بیمه و سایر موسسات مالی است. در اغلب کشورهای جهان در کنار سایر نهادهای مالی از نهادی به نام بازار سهام برای تخصیص منابع مالی استفاده می‌شود و کارایی این بازار در تخصیص بهینه منابع نقش مهمی در رشد و توسعه اقتصاد ایفا می‌نماید[۹].

۳-۱- نقش بورس اوراق بهادار در اقتصاد

درخصوص نقش بورس در اقتصاد می‌توان به مواردی همچون تجهیز منابع مالی از طریق خرید و فروش اوراق قرضه و سهام تقسیم مالکیت‌های بزرگ از طریق فروش سهام آنها در بورس اوراق بهادار و تخصیص مطلوب منابع اشاره نمود. در بورس اوراق بهادار به علت وجود فضای بازار کامل شرکت‌های با مدیریت بالا و قوی می‌توانند سودآوری داشته و از این راه تامین مالی کنند درحالی که مدیران ضعیف و شرکت‌های زیان دیده نمی‌توانند نیازهای مالی خود را برطرف سازند و لذا تخصیص بهینه منابع را به دنبال خواهد داشت[۱۰].

۳-۲- نقش بورس از دید سرمایه‌گذاران

از دید سرمایه‌گذاران کسب سود بدون داشتن سرمایه فراوان، اعمال حق رای و اداره امور شرکت، اطمینان از محل سرمایه‌گذاری، قابلیت

نقدینگی اوراق بهادار، پوشش در مقابل تورم، احساس مشارکت در امور تولیدی و تجاری و معافیت‌های مالیاتی، از موارد با اهمیت در بورس می‌باشند.

۳-۳- نقش بورس از دید صادرکنندگان اوراق بهادار

- انتشار سهام و فروش آن در بورس اوراق بهادار یک نوع تامین مالی است که پرداخت هزینه آن مشروط به تحمیل سود توسط شرکت است یعنی اگر شرکت نفعی نبرده باشد سهامداران آن نیز منتفع نمی‌گردند و حتی اگر شرکت زیان کند سهامداران به نسبت سهامشان در آن شریک می‌باشند درصورتی که اگر این تامین مالی از طریق تسهیلات بانکی انجام پذیرد معمولاً دارای هزینه ثابت و مشخص است که در هر صورت چه شرکت سود کند یا زیان نماید بایستی آن را پرداخت نماید.
- فروش سهام یک نوع قرض دائم می‌باشد یعنی سهامی که منتشر می‌گردد تاریخ بازپرداختی ندارد و برگرداندن بهای آن جزء تعهدات شرکت نمی‌باشد در صورتی که تسهیلات بانکی هر قدر هم که بلندمدت باشد دارای سررسید است و بایستی بازپرداخت گردد.

۴- عوامل موثر بر رفتار بورس اوراق بهادار

عوامل مؤثر بر رفتار بورس یکی از مهمترین المان‌هایی است که فعالان بازار سرمایه علاقه‌مندند درباره آنها اطلاعات دقیق و کاملی کسب کنند. در واقع آینده بازار سرمایه و رفتارهای احتمالی آن اهمیت قابل توجهی برای سرمایه‌گذاران دارد. این عوامل را می‌توان به دو دسته بیرونی و داخلی تقسیم کرد[۱۱]:

۴-۱- عوامل بیرونی موثر در رفتار بورس

آن دسته از عواملی که در خارج از شرکت رخ می‌دهد و بر قیمت سهام تاثیر می‌گذارد و از کنترل شرکت خارج است که به سه دسته اقتصادی، سیاسی و رفتاری تقسیم می‌شود. عوامل اقتصادی شامل عرضه سهام و تقاضای بازار، سرعت نقل و انتقال در بازار سرمایه سیاست‌های پولی بانک مرکزی نرخ ارز نرخ مالیت تورم و عوامل سیاسی از جمله جنگ و صلح احتمال به قدرت رسیدن یک جناح سیاسی که با دیدگاه‌های حاکم بر شرایط اقتصادی فعلی مخالف است فوت ناگهانی مقامات بلند پایه و... از جمله عوامل فرهنگی-رفتاری که منظور همان فرهنگ سرمایه‌گذاری حاکم بر افراد جامعه است[۱۲].

۴-۲- عوامل درونی موثر در رفتار بورس

منظور از عوامل درونی یعنی عواملی که در داخل شرکت بر قیمت سهام تاثیر می‌گذارد. برخی از محققان در پژوهش‌های خود به شناسایی مؤلفه‌های مؤثر بر قیمت سهام پرداخته‌اند که این عوامل درونی شامل سود هر سهم، نسبت بدهی، سود تقسیمی هر سهم، افزایش سرمایه، فروش به سرمایه شرکت، قیمت به سود هر سهم، نسبت ارزش دفتری به قیمت بازار، نسبت فروش به قیمت هر سهم، قیمت پایانی، پایین‌ترین قیمت، بالاترین قیمت، ارزش معامله، آخرین قیمت، قیمت پایانی روز قبل، شاخص کل، شاخص صنعت، شاخص واسطه‌گری‌های مالی، شاخص بازده نقدی، شاخص شناور، شاخص ۵۰ شرکت برتر، قدرت نسبی، میانگین متحرک همگرایی واگرایی، میانگین متحرک، میانگین متحرک نمایی ۲۶ روزه، شاخص تقاضا، نماگر تصادفی K % می‌باشد[۱۳].

۴-۳- یادگیری ماشین

هوش مصنوعی به شکل ساده آن بیش از ده‌ها سال است که وجود داشته است. بطور عادی یادگیری ماشین در قالب الگوریتم‌های ساده که دستورهایی هستند که برنامه‌نویس آنها را طراحی کرده مورد استفاده قرار می‌گرفت. در ابتدا کارکرد هوش مصنوعی به کارهای محدودی با داده‌های محدود خلاصه می‌شد. امروزه انسان‌ها با استفاده از اینترنت و دستگاه‌هایی که به نحوی به اینترنت متصل‌اند[1] در حال تولید داده‌ها در حجمی گسترده‌اند. در نتیجه انسان‌ها در آغاز قادر به تحلیل حجم سنگینی از داده‌ها در زمان بهینه نبودند. بنابراین محققان دست به طراحی برنامه‌هایی زدند که به جای آنکه برنامه‌نویس به تحلیل داده‌ها و نتیجه‌گیری بپردازد نرم‌افزار طراحی شده چنین تحلیلی را انجام دهد. امروزه بیش از پانزده رویکرد برای استفاده و طراحی یادگیری ماشین وجود دارد که هر یک از یک نوع الگوریتم استفاده می‌کنند[۱۴]. یکی از این رویکردها یادگیری عمیق است که با استفاده از مدل‌سازی نورون‌های مغزی انسان (شبکهٔ عصبی مصنوعی[2]) که به شبکه‌های نورون کامپیوتری معروف شده است به زبان ساده با تمرین و استفاده از داده‌های بسیار سبب می‌شوند

[1] Internet of things

[2] neural network

کامپیوتر خود بتواند با تمرین و آزمون و خطا وظیفه‌ای را که از او خواسته شده یاد بگیرد. اما نکته مهم در اینجا علاوه بر تنوع رویکردهای برنامه‌نویسی یادگیری ماشین عدم آگاهی برنامه‌نویس از همه مراحل به نتیجه رسیدن کامپیوتر در مثال یادگیری عمیق[3] است. این یکی از چالش‌ها و تفاوت‌های اصلی الگوریتم‌های یادگیری ماشین با الگوریتم‌های سنتی مبتنی بر قاعده[4] است. در الگوریتم‌های مبتنی بر قاعده برنامه‌نویس دستورهای مشخص و واضح را برای برنامه تعریف می‌کند که برای انسان نیز قابل فهم است. مثلا مانند مراحل دستور پخت یک کیک برنامه‌نویس به ماشین می‌گوید این کار را انجام بده اگر نشد این کار را انجام بده سپس این کار و غیره. اما الگوریتم‌های یادگیری ماشین پیچیده‌اند به عبارت دیگر همانند مراحل آموزش مغز یک انسان که مراحل مختلفی را در آن واحد طی می‌کند یادگیری ماشین نیز شبیه چنین آموزشی عمل می‌کند مثلا امروزه یکی از انواع گسترده استفاده از یادگیری ماشین نرم‌افزاری است که با استفاده از یادگیری عمیق می‌تواند چهره انسان را تشخیص دهد در این برنامه طراح نمی‌داند بطور دقیق چه مراحلی طی می‌شود تا ماشین به نتیجه اشاره شده برسد. برنامه‌نویس داده‌ها را به ماشین می‌دهد هدف را برای آن مشخص می‌کند و وقتی در مسیر درست تشخیص است به آن بازخورد مثبت می‌دهد اما اینکه ماشین سپس چه مراحلی را طی می‌کند تا به نتیجه برسد نامعلوم است[۱۵].

۵- کارهای پیشین

مالاو (۲۰۱۹) پژوهشی با عنوان پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از مدل عصبی مصنوعی استفاده از داده‌های بزرگ از ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۶ را بررسی کرده است. از آزمایشات مشاهده شده است که میزان دقت در حداکثر موارد به بیش از ۹۰ درصد می‌رسد و همچنین پایه محکم را فراهم می‌کند که اگر با داده‌های اخیر آموزش داده شود این مدل دقیق‌تر خواهد بود. ترکیب مورد نظر از تحلیل احساسات و شبکه‌های عصبی برای ایجاد رابطه آماری بین سوابق داده‌های عددی تاریخی یک سهام خاص و سایر عوامل احساساتی استفاده می‌شود که می‌تواند بر قیمت سهام تأثیر بگذارد[۱۶]. محمد زوبیر (۲۰۱۹) پژوهشی با عنوان توسعه سیستم پیش‌بینی روند بورس اوراق بهادار با استفاده از رگرسیون چندگانه را مورد بررسی قرار داده است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که سیستم پیشنهادی با دقت پیش‌بینی۹۵ درصد در مجموعه داده‌های 100 شاخص KSE, ۸۹ درصد، در سیمان خوش شانس ، ۹۷ درصد در مجموعه داده های شرکت ابوت به دست آمده است. علاوه بر این، رابط کاربر پسند برای کمک به افراد و شرکت‌ها برای سرمایه‌گذاری یا نبودن سهام خاص مشخص شده است[۱۷]. آرچانا (۲۰۱۹) هدف اصلی ساختن یک مدل با کمک تکنیک‌های داده کاوی مانند K نزدیکترین همسایه که می‌تواند برای طبقه‌بندی و رگرسیون در ترکیب با تکنیک‌های یادگیری ماشینی مانند الگوریتم ژنتیک، ماشین بردار پشتیبان به همراه انالیز احساسی استفاده شود. براساس متن شبکه‌های اجتماعی که قیمت سهام برای شرکت‌ها را پیش‌بینی می‌کند این سیستم در صورت اجرای صحیح به سرمایه‌گذاران و کاربران جدید کمک می‌کند تا فرایند سرمایه‌گذاری را شروع کنند و می‌توانند مزایای ناعادلانه‌ای هم داشته باشند. این سیستم با در نظر گرفتن پارامترهای ورودی و داده‌هایی که اضافه کاری در نظر گرفته می‌شود قابل افزایش است. الگوریتم‌های اجرا شده یکدیگر را تکمیل می‌کنند یعنی اگر نتایج با هم تجزیه و تحلیل شوند، می‌توان برنامه‌های سرمایه‌گذاری بهتری ایجاد کرد. همچنین مدل احساساتی به تنهایی پایه و اساس سرمایه‌گذاری را فراهم می‌کند دقت کلی سیستم در حدود ۷۰ تا ۷۵ درصد است که به نظر می‌رسد در چنین محیط بی‌ثبات منطقی است[۱۸]. جعفر باباجانی و همکاران (۲۰۱۹) پژوهشی با عنوان پیش‌بینی قیمت سهام در بورس تهران با استفاده از شبکه عصبی بازگشتی بهینه شده با الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی را مورد بررسی قرار داده است. نتایج نشان دهنده آن است که استفاده از شبکه عصبی بهینه شده با الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی، دقت قابل ملاحظه‌ای در مقایسه با سایر روش‌های پیش‌بینی دارد[۱۹]. حسین زاده و هراتی زاده (۲۰۱۹) در پژوهشی تحت عنوان پیش‌بینی بازار سهام مبتنی بر CNN با استفاده از مجموعه متنوعی از متغیرها یک چارچوب مبتنی بر CNN را پیشنهاد می‌کند. ارزیابی‌ها نشان دهنده بهبود قابل توجهی در عملکرد پیش‌بینی در مقایسه با وضعیت پایه‌های اولیه هنر است[۲۰]. مانیک (۲۰۱۸) مقاله‌ای با عنوان تجزیه و تحلیل عملکرد روش‌های آماری و نظارت یادگیری در داده‌کاوی سهام را بررسی کرده است. ، نتایج پیش‌بینی شده با استفاده از رگرسیون لجستیک بدست آمده است از نتایج سایر طبقه‌بندی‌ها قابل قبول‌تر است، در حالی که Bayes ساده، C4,5، جنگل تصادفی، تبعیض خطی و بردار پشتیبانی مکعب صرفاً به عنوان یک دستگاه حدس تصادفی عمل می‌کنند. عملکرد

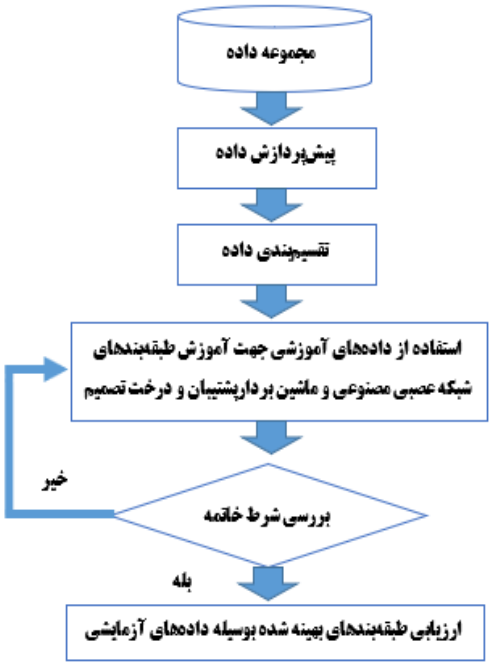
[3] deep learning

[4] rule based algorithms

برجسته رگرسیون لجستیک با استفاده از TOPSIS تأیید شده است[۲۱].

۶– شرح روش پیشنهادی

در این تحقیق جهت پیش‌بینی قیمت سهام در بورس از الگوریتم‌های شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبان و درخت تصمیم استفاده نمودیم. بنابراین همانطور که در شکل (۱) نشان داده شده است پس از دریافت مجموعه داده بازار بورس سهام (داو جونز[۵]) که در سایت UCI[۶] موجود می‌باشد به اعمال پیش‌پردازش بر روی داده‌های آن پرداخته و داده‌های مورد نظر را در بازه بین صفر و یک مورد نرمال‌سازی قرار دادیم و در ادامه با استفاده از روش هولداوت داده‌ها به دو مجموعه داده آموزشی و آزمایشی با نسبت ۷۰ به ۳۰ درصد تقسیم شدند. پس از تقسیم‌بندی داده‌ها به ایجاد و ساخت الگوریتم‌های مورد استفاده پرداختیم و در ادامه به آموزش و ارزیابی هر یک از طبقه‌بندهای مورد نظر پرداخته شد و پس از رسیدن به شرط خاتمه به ارزیابی آنها براساس معیارهای مورد نظر پرداختیم.



شکل ۳ : فلوچارت روش پیشنهادی

لازم به ذکر است که در روش پیشنهادی از سه الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبان و درخت تصمیم جهت طبقه‌بندی داده‌ها استفاده نمودیم. بدین منظور هرکدام از طبقه‌بندهای ذکر شده پس از ایجاد با استفاده از مجموعه داده آموزشی و به تعداد ۱۰۰۰ مرتبه مورد آموزش قرار گرفته می‌شوند و پس از رسیدن به شرط خاتمه مورد ارزیابی قرار گرفته می‌شوند.

۷– ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی

در این تحقیق با استفاده از ماتریس درهم‌ریختگی از معیارهای دقت[۷]، حساسیت[۸]، صحت[۹] جهت ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی استفاده نمودیم.

$$Accuracy = 100 * \left(\frac{N_{TP} + N_{TN}}{N_{TP} + N_{FN} + N_{TN} + N_{FP}}\right)$$

$$Sensitivity = 100 * \left(\frac{N_{TP}}{N_{TP} + N_{FN}}\right)$$

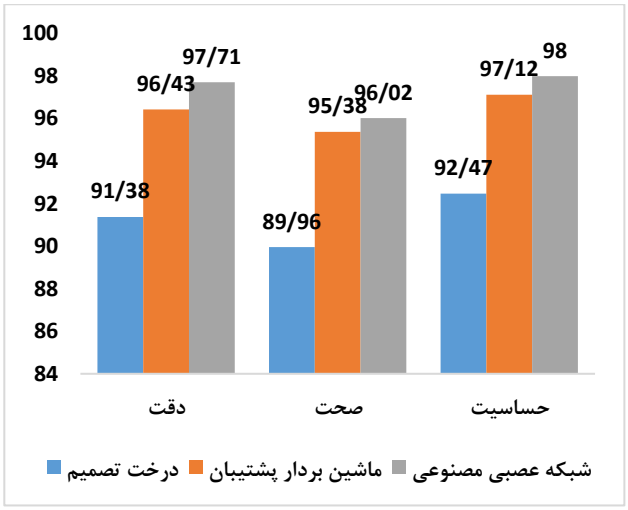
$$precision = 100 * \left(\frac{N_{TP}}{N_{TP} + N_{FP}}\right)$$

در این معادلات، N_{TP} تعداد درستی‌های مثبت، N_{TN} تعداد درستی‌های منفی، N_{FP} تعداد خطاهای مثبت و N_{FN} تعداد خطاهای منفی است.

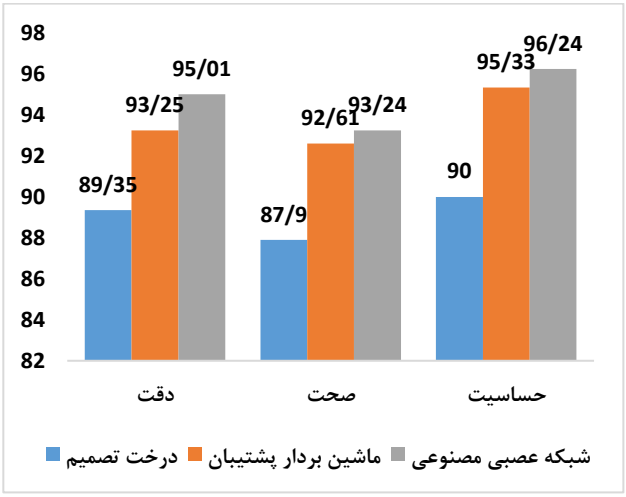
۸– نتایج بدست آمده

در این بخش نتایج بدست آمده از هرکدام از طبقه‌بندهای مورد استفاده با اعمال رای‌گیری حداکثری بوسیله داده‌های آموزشی مورد بحث و بررسی قرار گرفته خواهد شد که در اشکال (۲) و (۳) نشان داده شده است.

[5] Dow Jones
[6] https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/dow%2Bjones%2Bindex
[7] Accuracy
[8] Sensitivity
[9] Precision



شکل ۲: مقایسه نتایج طبقه‌بندهای مورد استفاده بوسیله داده‌های آموزشی



شکل ۳: مقایسه نتایج طبقه‌بندهای مورد استفاده بوسیله داده‌های آموزشی

۹- نتیجه گیری

در این پژوهش سعی نمودیم جهت پیش‌بینی قیمت سهام در بورس اوراق بهادار از الگوریتم‌های شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبان و درخت تصمیم استفاده نماییم. داده‌های مورد نیاز در این تحقیق مجموعه داده بازار بورس سهام است که از سایت UCI دریافت شده است. نتایج بدست آمده حاکی از آن است که شبکه عصبی با دقت ۹۷.۷۱ درصد برای داده‌های آموزشی و دقت ۹۵.۰۱ درصد برای داده‌های آزمایشی قادر به تشخیص و پیش‌بینی قیمت سهام بورس اوراق بهادار می‌باشد. همچنین مقایسه نتایج هریک از طبقه‌بندهای مورد نظر نشان داد که معیارهای مورد بررسی در شبکه عصبی مصنوعی هم برای داده‌های آموزشی و هم برای داده‌های آزمایشی نسبت به ماشین بردار پشتیبان و درخت تصمیم از نتایج بالاتری برخوردار است و درخت تصمیم کمترین میزان نتایج را نسبت شبکه عصبی مصنوعی و ماشین بردار پشتیبان دارا می‌باشد. بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق پیشنهاداتی به محققان برای کارهای آتی در این حوزه به شرح ذیل ارائه می‌گردد :

- بکارگیری سایر روش‌های داده کاوی
- انتخاب ویژگی‌های موجود در مجموعه داده با استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری
- مقایسه الگوهای پیش‌بینی قیمت سهام و شاخص در بازار بورس ایران

مراجع

[1] Ratchagit, M., & Xu, H. (2022). A two-delay combination model for stock price prediction. *Mathematics*, *10*(19), 3447.

[2] Mehtab, S., & Sen, J. (2020). A time series analysis-based stock price prediction using machine learning and deep learning models. *arXiv preprint arXiv:2004.11697*.

[3] Hu, Z., Zhao, Y., & Khushi, M. (2021). A survey of forex and stock price prediction using deep learning. *Applied System Innovation*, *4*(1), 9.

[4] Kumar, D., Sarangi, P. K., & Verma, R. (2022). A systematic review of stock market prediction using machine learning and statistical techniques. *Materials Today: Proceedings*, *49*, 3187-3191.

[5] Andi, H. K. (2021). An accurate bitcoin price prediction using logistic regression with LSTM machine learning model. *Journal of Soft Computing Paradigm*, *3*(3), 205-217.

[6] Sen, J., Mehtab, S., & Nath, G. (2020). Stock price prediction using deep learning models. *Lattice-The Machine Learning Journal*, *1*(3), 34-40.

[7] Liu, J., Chao, F., Lin, Y. C., & Lin, C. M. (2019). Stock prices prediction using deep learning models. *arXiv preprint arXiv:1909.12227*.

[8] Aldhyani, T. H., & Alzahrani, A. (2022). Framework for predicting and modeling stock market prices based on deep learning algorithms. *Electronics*, *11*(19), 3149.

[9] Alkhatib, K., Khazaleh, H., Alkhazaleh, H. A., Alsoud, A. R., & Abualigah, L. (2022). A New Stock Price Forecasting Method Using Active Deep Learning Approach. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, *8*(2), 96.

[10] Ntakaris, A., Mirone, G., Kanniainen, J., Gabbouj, M., & Iosifidis, A. (2019). Feature engineering for mid-price prediction with deep learning. *Ieee Access*, *7*, 82390-82412.

[11] Lakshminarayanan, S. K., & McCrae, J. P. (2019, December). A Comparative Study of SVM and LSTM Deep Learning Algorithms for Stock Market Prediction. In *AICS* (pp. 446-457).

[12] Mokhtari, S., Yen, K. K., & Liu, J. (2021). Effectiveness of artificial intelligence in stock market prediction based on machine learning. *arXiv preprint arXiv:2107.01031*.

[13] Mehtab, S., Sen, J., & Dutta, A. (2021). Stock price prediction using machine learning and LSTM-based deep learning models. In *Symposium on Machine Learning and Metaheuristics Algorithms, and Applications* (pp. 88-106). Springer, Singapore.

[14] Kumar, D., Sarangi, P. K., & Verma, R. (2022). A systematic review of stock market prediction using machine learning and statistical techniques. *Materials Today: Proceedings*, *49*, 3187-3191.

[15] Reddy, V. K. S., & Sai, K. (2018). Stock market prediction using machine learning. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, *5*(10), 1033-1035.

[16] Shastri, M., Roy, S., & Mittal, M. (2019). Stock price prediction using artificial neural model: an application of big data. *EAI Endorsed Transactions on Scalable Information Systems*, *6*(20), e1-e1.

[17] Asghar, M. Z., Rahman, F., Kundi, F. M., & Ahmad, S. (2019). Development of stock market trend prediction system using multiple regression. *Computational and mathematical organization theory*, *25*(3), 271-301.

[18] Archana Gupta, Pranay Bhatia, Kashyap Dave, Pritesh Jain, (2019). Stock Market Prediction Using Data Mining Techniques. 9nd International Conference on Advances in Science & Technology (ICAST-2019) K.J. Somaiya Institute of Engineering & Information Technology, University of Mumbai, Maharashtra, India.pp.61-144.

[19] Jafar Babajani, Mohammadreza Taghva, Ghasem Bulu Mohsen Abdollahi, (2019), Forecasting Stock Prices in Tehran Stock Exchange Using Recurrent Neural Network Optimized by Artificial Bee Colony Algorithm, ournal of Financial Management Strategy, 7(25), pp195-238.

[20] Hoseinzade, E., & Haratizadeh, S. (2019). CNNpred: CNN-based stock market prediction using a diverse set of variables. *Expert Systems with Applications*, *129*, 273-285.

[21] Sharma, M., Sharma, S., & Singh, G. (2018). Performance analysis of statistical and supervised learning techniques in stock data mining. Data, *3*(4), 54.