ارائه مدل عوامل تبیین کننده قیمت سهام با استفاده از الگوریتم یادگیری عمیق و مقایسه آن با شبکه عصبی

مجتبی باوقار زعیمی[۱]، غلامرضا زمردیان*[۲]، امیر رضا کیقبادی[۳] ، مهرزاد مینویی

چکیده

[۱] . گروه مدیریت مالی ، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی ، تهران، ایران mojtabaV۱٥٤@yahoo.com
۲گروه مدیریت مالي، واحدتهران مرکزي، دانشگاه آزاد اسلامي، تهران، ایران. (نویسنده مسئول)
gh.zomorodian@iau.ac.ir
[۳]- گروه حسابداري، واحد تهران مرکزي، دانشگاه آزاد اسلامي، تهران، ایران،acc۱۳۸۸@gmail.com
٤گروه مدیریت صنعتي، واحد تهران مرکزي، دانشگاه آزاد اسلامي، تهران، ایران .
Mehrzad.minouei@iau.ac.ir

هدف از این پژوهش ارائه مدل تبیین کننده قیمت سهام با استفاده از الگوریتم یادگیری عمیق و مقایسه آن با شبکه عصبی برای شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران می‌باشد. در این پژوهش ابتداً از شبکه یادگیری عمیق برای پیش بینی قیمت سهام استفاده و تاثیر این مدل آزمایش و تحلیل شده سپس این مدل با شبکه عصبی مقایسه می شود. به منظور بررسی بیشتر قابلیت پیش بینی مدل و برای تحلیل مقایسه ای، داده های اصلی یک دقیقه ای به داده های پنج دقیقه ای و داده های ده دقیقه ای تبدیل می شوند. این پژوهش از نظر طبقه بندی بر مبنای هدف از نوع پژوهشات توسعه ای کاربردی است. برای آزمون سوالات پژوهش، داده‌های حسابداری بین سال های ۱۳۸۹ -۱۳۹۹ تهیه و متغیرهای ورودی برای مدل بر اساس آن محاسبه گردید. در این پژوهش از روش نمونه گیری حذف سیستماتیک استفاده شده است. بر اساس نتایج بدست آمده از این پژوهش مشخص شد که صحت پیش بینی در مدل یادگیری عمیق از برتری نسبی نسبت به مدل شبکه عصبی ساده برخوردار می باشد.

واژه‌های کلیدی: قیمت سهام، الگوریتم یادگیری، شبکه عصبی، ارائه مدل، بورس اوراق بهادار

۱- مقدمه

در بازارهای سرمایه عامل های مختلفی در پیش بینی قیمت سهام موثر می باشد بنابراین سرمایه گذار جهت سرمایه گذاری سودآور با کمترین ریسک با چالش، تردید و خطا مواجه می باشد. در راستای کاهش هزینه و بالا بردن سود سرمایه گذاری، تعیین عاملهای تاثیر گذار و زمان مناسب جهت خرید و فروش از مهم ترین مسائلی است که هر سهام دار یا سرمایه گذار در بازار بورس بایستی به آن توجه ویژه داشته باشد. تاکنون روشهای مختلفی جهت نیل به این اهداف معرفی شده اند که اغلب روشهای آماری، هوشمند و ترکیبی هستند(عاملی، رمضانی، ۱۳۹۴). پیش بینی در بازارهای سرمایه همواره با چالش، تردید و خطا مواجه بوده است و روش های مورد استفاده دارای نقاط ضعفی هستند که کاربرد

آنها را با محدودیت مواجه می ســازد. پیش بینی قیمت ســهام همواره موضــوعی چالش برانگیز برای پژوهش گران بوده است(پارک وهمکاران،۲۰۰۷).زارع و کردلویی(۱۳۸۹) عنوان می دارند که متغیرهای بسیار زیادی در قیمت سهام تاثیر گذار می باشند که در این میان سهم شاخص های اقتصادی عمده را می توان بســیار بالا دانست, که نرخ ارز (شــامل نرخ دلار آمریــکا و یورو), قــیمت طــلا و قیمت نفت از آن جمله می باشــند. نرخ بازدهی و عدم قطعیت بالا این بازار ســبب گردیده تا ســرمایه گذران از روش هـای متنوعی جهـت تســهیـل در فرآینـد تصــمیم گیری بهره گیرنـد (منجمی و همکـاران ۱۳۸۸ و تیکنور۲۰۱۳). یکی از مهمترین اطلاعات در بازار ســرمایه برای ســرمایه گذاران، اطلاعات قیمت ســهام اســت، که به طور اســاســی دینامیک غیرخطی، ناپارامتریک و آشــوبگونه اســت (جی کیم، ۲۰۰۲). این موضوع نشان می دهد که سرمایه گذاران باید سری های زمانی را به کار برده که ناایستا و دارای ساختار آشوب گونه هست(چی، ۲۰۱۱). بنابرین امروزه پیش بینی قیمت سهام نه فقط خیلی چالش انگیز هست بلکه مورد علاقه زیاد سرمایه گذاران می باشد(چی، ۲۰۱۱). قیمت سهام و اطلاعات مربوط به آن معیاری است که از نظر سهامداران با اهمیت محسوب و فعالان بازار سرمایه در تلاش هستند تا به صورت علمی قادر به پیش بینی سهام در آینده باشند . از راههای کمک به سرمایه گذاران ارائه الگوهای نوین پیش بینی قیمت سهام است هر چه این پیش بینی ها به واقعیت نزدیک تر باشند ، تصمیم های که بر اساس چنین پیش بینی های اتخاذ می شوند ، صحیح تر خواهد بود(محمدی،صدر،۱۳۹۷). با افزایش پیشرفت علمی، یادگیری رایانه ای در مقایسه با سرمایه گذاری سنتی، دارای انرژی ، نظم و قابلیت پردازش داده های فوق العاده و بی نهایت اســت(ژای،۲۰۲۰). در زمینه روش های یادگیری رایانه ای می توان به مدل های بیشماری اشاره نمود که الگوریتم یادگیری عمیق وشبکه عصبی از جمله مهمترین و شناخته شده ترین مدل ها در این زمینه می باشــد. آنچه در این پژوهش مورد بررســی قرار گرفت ارائه مدل عوامل تبیین کننده قیمت سـهام با اسـتفاده از دو روش الگوریتم یادگیری عمیق و شـبکه عصـبی بوده که در نهایت قابلیت پیش بینی دو مدل بررسی و مدل مناسب پیشنهاد خواهد شد.

۲-مبانی نظری، پیشینه پژوهش:

یکی از گزینه‌های موجود جهت سـرمایه گذاری نقدینگی، بورس و اوراق بهادار می‌باشـد. با توجه به ارتباطات غیرخطی موجود میان متغیرهای موثر بر قیمت سـهام، شـبکه های عصـبی مصـنوعی یکی از مناسب ترین رویکردهای موجود جهت پیش‌بینی قیمت سهام می باشند(خان بیگی، عبدالوند، ۱۳۹۶). برای اتخاذ تصـمیمات اصـولی سـرمایه‌گذاری و تخصـیص بهینه منابع سـرمایه ای باید مدل های قیمت گذاری موجود را دائماً مورد بررسـی قرار داد و مدل های مناسـب تر را معرفی نمود. نتایج پژوهش های قبلی نشـان می دهند که در بورس اوراق بهادار تهران اقلام نقدی سـود و هم چنین جریانات نقد بیشـتر

از سایر اطلاعات حسابداری به عنوان معیاری برای خرید و فروش سهام پذیرفته شده اند(عرب صالحی و کمالی دهکردی،۱۴۰۰). گرچه رفتار توده‌وار قیمت سهام در نظریات موجود عمدتاً بر اساس نوعی تقلید و تکرار رفتار تعریف می‌شود، اما ارائه مدل ریاضی که توانایی شناسایی این پدیده را داشته باشد، با دشواری همراه است. نظر به این‌که بازار سرمایه ایران با پدیده بسته شدن نماد مواجه است و این امر می‌تواند مقادیر قیمت سهام را تحت تأثیر قرار دهد (فرازمند و دیگران ،۱۳۹۹). با توجه به اینکه مساله پیش بینی قیمت سهام یک مساله یادگیری و بهینه سازی می باشد(محمدی، صدر، ۱۳۹۷) ریسک و تغییرات قیمت سهام یک شرکت تابعی از انتقال اطلاعات آن از داخل به خارج است. از طریق تجزیه و تحلیل چسبندگی هزینه شرکت های مورد بررسی استدلال می شود که ریسک عملیاتی نیز عاملی مهم است که بر ریسک سقوط قیمت سهام تأثیر می گذارد (مومنی و محمدی،۱۴۰۰). شواهد بسیاری حاکی از پیچیده بودن سری‌های زمانی مانند قیمت‌های بازار سهام و تصادفی بودن آن است که این امر باعث می‌شود تا تغییرات آنها را غیرقابل پیش‌بینی کند. این درحالی است که احتمال دارد این سری‌های زمانی فرآیندی غیرخطی پویای معین یا به عبارت بهتر آشوبی بوده و در نتیجه می‌توانند قابلیت پیش‌بینی داشته باشند(عبدالملکی و دیگران،۱۳۹۹). این موضوع در سال های اخیر توجه زیادی را به خود جلب کرده است و در مجامع مرتبط با هوش مصنوعی و یادگیری ماشین بسیار از آن یاد شده است. یادگیری عمیق به زیرمجموعه ای از الگوریتم ها و روش های مبتنی بر یاد گیری ماشین اشاره دارد که سعی می کند الگوهای پیچیده در داده ها را کشف و انتزاعات سطح بالا را مدل سازی کند ، این خصوصیت یادگیری عمیق، موفقیت های چشم گیری را برای این نوع روش ها در حوزه یادگیری ماشین به ارمغان آورده است به طوری که در برخی زمینه ها مانند شناسایی اشیا عملکردی بهتر از انسان ها دارند. برخی از تکنیک های یادگیری عمیق بر تحلیل و پیش بینی سری های زمانی تمرکز دارند که با کشف الگوهای ناشناخته از داده ها، ما را در پیش بینی یاری می کنند. با توجه به سیستم غیر خطی و آشوبناک بازار سهام، تحلیل سنتی از دقت کافی برخوردار نیستند(امین و دیگران، ۱۳۹۸)؛ لذا آنچه در این پژوهش مورد بررسی قرار می گیرد ارائه مدل تبیین کننده عوامل قیمت سهام با استفاده از الگوریتم یادگیری عمیق و مقایسه آن با شبکه عصبی می باشد. در این راستا محقق به بررسی مدل سازی الگوریتم یادگیری عمیق در مقایسه با شبکه عصبی جهت پیش بینی قیمت سهام پرداخته و مدل بهینه ای را ارائه می نماید تا قادر باشد در بلند مدت قیمت سهام را با کمترین خطا پیش بینی کند.

۱-۲-پیشینه تجربی

نتایج پژوهش کیانی ماوی و همکاران (۱۳۹۲) در خصوص پیش بینی قیمت سهام شرکت نشان می دهد که پیش بینی بوسیله الگوریتم پس انتشار خطای استاندارد همراه با مومنتم بهتر ازBP استاندارد می باشد. مهرآراو همکاران (۱۳۹۱) عنوان می دارند که پیش بینی قیمت سهام با استفاده از تکنیک

های داده کاوی از جمله شبکه عصبی و درخت های تصمیم و رگرسیون منطقی مفید است. نتایج پژوهش مومنی و محمدی(۱۴۰۰) نشان می دهد که ریسک سقوط قیمت سهام یک شرکت تابعی از انتقال اطلاعات آن از داخل به خارج است. از طریق تجزیه و تحلیل چسبندگی هزینه شرکت های مورد بررسی استدلال می شود که ریسک عملیاتی نیز عاملی مهم است که بر ریسک سقوط قیمت سهام تأثیر می گذارد. برای شرکت های دارای چسبندگی هزینه، احتمال ریسک سقوط کاهش می یابد. عرب صالحی و کمالی دهکردی (۱۴۰۰) اشاره به این موضوع دارند که برای اتخاذ تصمیمات اصولی سرمایه‌گذاری و تخصیص بهینه منابع سرمایه ای باید مدل های قیمت گذاری موجود را دائماً مورد بررسی قرار داد و مدل های مناسب تر را معرفی نمود. نتایج پژوهش عرب صالحی و کمالی دهکردی نشان می دهند که در بورس اوراق بهادار تهران اقلام نقدی سود و هم چنین جریانات نقد بیشتر از سایر اطلاعات حسابداری به عنوان معیاری برای خرید و فروش سهام پذیرفته شده لند. نتایج پژوهش خسروی نژاد و شعبانی صدر پیشه (۱۳۹۳) حاکی از این است که بین دو مدل خطی و غیر خطی در پیش بینی شاخص قیمت سهام اختلاف معنادار وجود ندارد. ژانگ (۲۰۰۱) عنوان می دارد که دقت مدل ترکیبی مدل های خود رگرسیونی میانگین متحرک انباشته و شبکه عصبی بهتر از ترکیب هر کدام از مدل ها به تنهایی بوده است. نتایج بدست آمده از پژوهش چان(۲۰۰۰) نشان می دهد که شبکه عصبی می تواند سری های زمانی را به طور رضایت بخشی بهتر پیش بینی کند و شیوه انتخاب وزن ها در روش آنها منجر به هزینه های محاسباتی کمتری شد. کیم وهان(۲۰۰۰) عنوان می دارد که الگوریتم ژنتیک و شبکه عصبی برای کاهش پیچیدگی آینده سری زمانی قیمت می تواند استفاده گردد. لنداس و همکارانش(۲۰۰۰) به پیش بینی شاخص با استفاده از شبکه عصبی اقدام کردند نتایج بدست آمده از پژوهش آنها نشان می دهد که استفاده از شبکه های عصبی از روش های خطی بهتر عمل می کنند. در سال ۲۰۱۸ لاماری اعتقاد داشت که اکثر ورودی های شبکه عصبی که برای پیش بینی نرخ تبادل استفاده می شوند تک متغیره بودند درحالیکه ورودی های شبکه عصبی استفاده شده برای پیش بینی قیمت شاخص بازار و رشد اقتصادی در اکثر موارد چند متغیره بودند. یک مقایسه ترکیبی بین شبکه عصبی و سایر مدلها ازنظر عملکرد پیش بینی وجود دارد. دلایل این امر ممکن است تفاوت های داده ای، سطوح پیش بینی و نوع مدل شبکه عصبی باشد.داس و پادهی(۲۰۱۸) عنوان می دارند شبکه های عصبی مصنوعی دارای قابلیت یادگیری عالی هستند اما اغلب ناسازگاری و غیرقابل پیش بینی بودن را برای عملکرد داده های دارای اخلال نشان می دهند. نتایج پژوهش سانگ و همکارانش(۲۰۱۷) نشان می دهد که الگوریتم ژنتیک یک روش نویدبخش برای انتخاب فوری شبکه عصبی مصنوعی است. پانگ و همکارانش(۲۰۱۸) استفاده از شبکه های عصبی نظارت شده به صورت فناوری یادگیری جهت طراحی یک پیش بینی برای سری های زمانی مالی پیشنهاد می کنند. در سال ۲۰۱۷ محمود و

همکارانش یک مدل تشخیص عیب مطرح کردند، شبکه عصبی رگرسیونی تعمیم یافته هوشمند عمیق که یک مدل یادگیری عمیق نظارت شده است دارای دقت و سرعت پایینی است. نتایج تحلیل و شبیه سازی چا و همکارانش (۲۰۱۶) نشان می دهد که این الگوریتم می تواند برای سیگنال های موج پیوسته FM، فرانک، کوستاس و FSK/PSK به میانگین دقت تشخیص ۹۳/۴ درصدی یا بالاتر دست یابد. ساتو و همکارانش (۲۰۱۸) عنوان کردند که شبکه های یادگیری عمیق درمقایسه با روشهای دستی سنتی برای استخراج ویژگی های مخفی بسیار مفید هستند. در سال ۲۰۱۸ آبنس و همکارانش(۲۰۱۸) استفاده از نظریه یادگیری عمیق را برای مطالعه خصوصیات پاسخ فعالانه کاندید و تبدیل مسئله استخراج پاسخ به مسائل یادگیری ویژگی و دسته بندی پیشنهاد کردند که استفاده کردن از بردارهای واژه ای برای نشان دادن خصوصیات مسئله است.

۳-با توجه به پژوهشهای صورت گرفته قبلی در داخل و خارج کشور، در این پژوهش سوالات زیر مورد آزمون قرار گرفت:

مهمترین سوالات پژوهش حاضر عبارتنداز:

- ✓ سوال اول: آیا مدل الگوریتم یادگیری عمیق مدل مناسبی برای پیش بینی قیمت سهام می باشد؟
- ✓ سوال دوم: مهمترین متغیرهای پیش بینی قیمت سهام بر اساس مدل الگوریتم یادگیری چه متغیرهایی می باشند؟
- ✓ سوال سوم: آیا مدل شبکه عصبی مدل مناسبی برای پیش بینی قیمت سهام می باشد؟
- ✓ سوال چهارم: مهمترین متغیرهای پیش بینی قیمت سهام بر اساس مدل شبکه عصبی چه متغیرهایی می باشند؟
- ✓ سوال پنجم: از بین دو مدل الگوریتم یادگیری عمیق نسبت و مدل شبکه عصبی کدام مدل مدل بهتری جهت پیش بینی قیمت سهام می باشد؟

۴- روش پژوهش

این پژوهش از نوع پژوهش‌های کاربردی و برحسب نحوه گردآوری داده‌ها , از نوع توصیفی (همبستگی) و مقیاس اندازه‌گیری داده‌ها نسبی می‌باشد. جامعه آماری این پژوهش شامل کلیه شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران در بین سالهای ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۹ می‌باشد؛ که دارای ویژگی‌های زیر بوده‌اند:

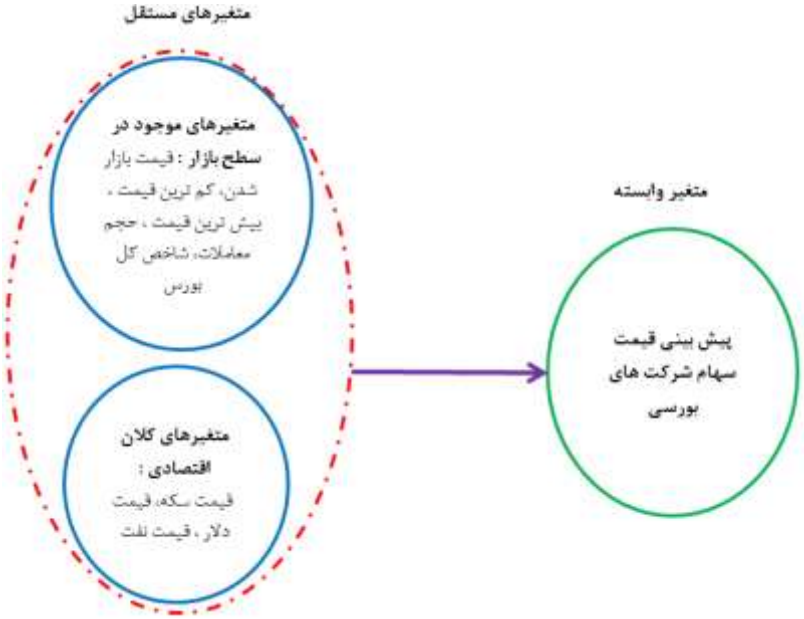
۱) سال مالی شرکت‌ها منتهی به پایان اسفند ماه باشد. ۳) جزء موسسات مالی و اعتباری نباشند . ۳) اطلاعات بازاری سهام آنها موجود باشد.۴) شرکت ها در طول دوره پژوهش، تغییر سال مالی نداده باشند.

لذا، از تمام شـرکت‌های فعال در بورس اوراق بهادار در بین سـالهای ۱۳۸۹ تا پایان سـال ۱۳۹۹ که واجد الشرایط بوده‌اند استفاده شده‌است. اطلاعات مورد نیاز این پژوهش در بخش‌های مربوط به ادبیات موضـــوع از منابع کتابخانه‌ای و اطلاعات مالی شـــرکت‌ها از بورس اوراق بهادار و نرم افزار ره آورد نوین جمع آوری شده است.

۴-۱-مدل پژوهش

مدل مفهومی مورد استفاده در این پژوهش بشرح زیر می باشد:

نمودار شماره ۱ : مدل مفهومی تحقیق



منبع: برگرفته از یافته های محقق از بخش ادبیات موضوع پژوهش

۵-معرفی متغیرهای مدل

۵-۱-متغیر وابسته

متغیر وابسته مورد استفاده در این کار پژوهشی متغیر قیمت سهام می باشد که از اطلاعات موجود در سایت بورس اوراق بهادار تهران برای شرکت های نمونه استخراج گردیده است.

۵-۲-متغیرهای مستقل

متغیرهای مسـتقل مورد اسـتفاده در این کار پژوهشـی به دو دسـته متغیرهای موجود در سـطح بازار و متغیرهای کلان بشرح زیر تقسیم می شود:

متغیرهای مستقل موجود در سطح بازار عبارتنداز: قیمت بازار شدن، کم ترین قیمت ، بیش ترین قیمت ، حجم معاملات، شاخص کل بورس. اطلاعات مربوط به این متغیرها از اطلاعات موجود در سایت بورس اوراق بهادار تهران برای شرکت های نمونه استخراج گردیده است.

متغیرهای مستقل کلان عبارتنداز: قیمت سکه، قیمت دلار ، قیمت نفت. اطلاعات مربوط به این شاخص ها از سایت بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران استخراج گردیده است.

جدول شماره ۱- تشریح متغیرهای مستقل و وابسته مورد استفاده در پژوهش

نام متغیر	نماد	دسته	توضیحات
قیمت باز شدن	Open	درون شرکتی	قیمتی که در ساعت شروع معاملات به ازای هر سهم معامله می شود .
کم ترین قیمت	Low	درون شرکتی	کم ترین قیمتی که در بازه زمانی روزانه به ازای هر سهم معامله می شود.
بیش ترین قیمت	High	درون شرکتی	بیش ترین قیمتی که در بازه زمانی روزانه به ازای هر سهم معامله می شود.
قیمت بسته شدن شدن	Close	درون شرکتی	آخرین قیمتی که در پایان روز معاملاتی به ازای هر سهم معامله می شود.
حجم معاملات	Volume	درون شرکتی	حجم معاملات صورت گرفته به ازای هر روز معاملاتی.
شاخص کل بورس	TEPIX	کلان اقتصادی	شاخص روزانه قیمتی بورس
قیمت سکه	Coin	کلان اقتصادی	قیمت روزانه سکه
قیمت دلار	Dollar	کلان اقتصادی	قیمت روزانه دلار امریکا
قیمت نفت	Oil	کلان اقتصادی	قیمت روزانه نفت برنت

روش آزمون سوالات پژوهش

با توجه به اینکه یافته های اغلب این پژوهش ها، حاکی از برتری روش های هوش مصنوعی نسبت به مدل های خطی آماری است؛ لذا با توجه به ضعف های روش های خطی و مزایای روش های غیرخطی در پیش بینی ، به عنوان نمونه قابلیت انطباق بیشتر با مسائل جهان واقعی ، عملکرد پیش بینی بهتر و عدم وابستگی به مفروضات خاص ، پژوهش حاضر به ارائه مدلی جهت پیش بینی قیمت سهام با استفاده از دو مدل الگوریتم یادگیری عمیق و شبکه عصبی می پردازد:

یادگیری ماشین معمولاً به دو دسته پیش بینی کننده (یادگیری نظارت شده) و توصیف کننده (یادگیری بدون ناظر) تقسیم می شود:

در یادگیری نظارت شده هدف پیدا نمودن یک الگویی مناسب جهت پیش بینی متغیر هدف بر اساس مجموعه ای از متغیرهای پیشگو یا (خصیصه یا ویژگی) می باشد. معمولاً متغیر هدف را با y به عنوان خروجی و متغیرهای پیشگو یا ویژگی ها را x نشان داده و از مدل زیر استفاده می گردد.

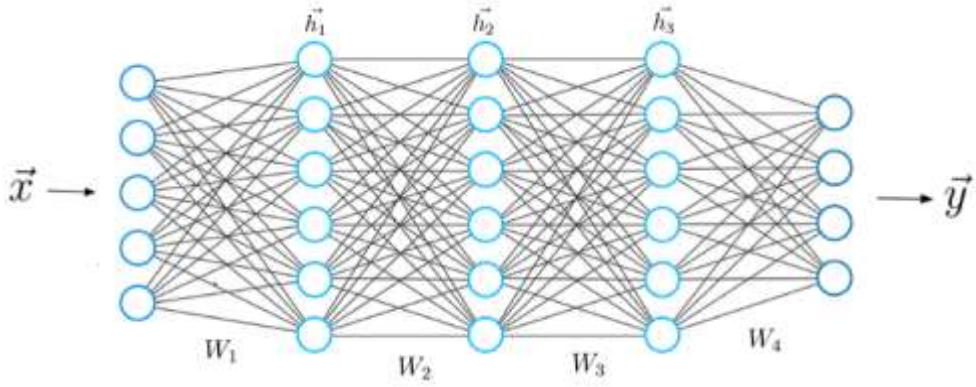
$$D = \{(X_i . y_i)\}_{i=1}^{N}$$

اما در حالت دوم که یادگیری بدون ناظر است هدف پیدا کردن الگویی مناسب در جهت توصیف هرچه بهتر روابط بین داده ها می باشد، در حالت یادگیری فاقد نظارت مجموعه داده های آموزشی فاقد متغیر هدف می باشد و ما تنها با مجموعه ای از ورودی ها سر و کار داریم.

$$D = \{(X_i)\}_{i=1}^{N}$$

در پژوهش حاضر به دلیل وجود یک متغیر هدف و ناظر که همان متغیر قیمت شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران می باشد، درمیابیم باید از رویکرد یادگیری نظارت شده استفاده شود و از سوی دیگر به دلیل کمی یا پیوسته بودن مقیاس متغیر هدف؛ مسئله به فرم رگرسیون تعریف شده و در نهایت پیش بینی های حاصل از دو الگوریتم قدرتمند یادگیری ماشین(بردار پشتیبان رگرسیونی و شبکه های عصبی مصنوعی) با استفاده از دو معیارAccuracy و Sensitivity با یکدیگر مقایسه شده و مدل نهایی به جهت بهترین مدل پیش بینی ارائه می گردد.

در پژوهش حاضر از شبکه های عصبی چندلایه (MLP) برای پیش بینی قیمت استفاده می نماییم که ساختار کلی آن بصورت زیر می باشد:



نمودار ۱- طرحواره ای نمادین از ساختار یک شبکه عصبی عمیق چند لایه با اتصالات کامل

شکل فوق ساختار یک شبکه MLP با سه لایه پنهان را نشان می دهد که در هر لایه شش نورون قرار دارد. بسته به نوع پیچیدگی مسئله و حجم داده ها متخصص یادگیری ماشین تعداد لایه های پنهان، تعداد نورون ها و توابع فعال سازی هر لایه را تعیین می کند.

۷- یافته های پژوهش

قلمرو زمانی مورد استفاده در این تحقیق سال های بین ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۹ می باشد لذا داده های مورد مطالعه در این تحقیق، مربوط به سال های ۱۳۸۹ تا پایان سال ۱۳۹۹ می باشد. کل نمونه آماری مورد بررسی در طول قلمرو زمانی پژوهش ۶۵۳ شرکت در صنایع مختلف بوده اند و با توجه به اینکه داده

های جمع آوری شده مربوط به ۱۰ سال می باشد و متغیرها بشکل روزانه مورد محاسبه و مدنظر قرار گرفتند.

جدول شماره ۲- نتایج آماری توصیف متغیرهای مستقل و وابسته

متغیرها	میانگین	میانه	انحراف معیار	کمینه	بیشینه	دامنه
Open	۵۳۴۱.۱۳۹۸۶	۱۵۷۴	۱۳۶۵۶.۲۱۸۹	۱۵	۷۴۹۲۶۰	۷۴۹۲۴۵
High	۵۴۵۷.۹۸۱۷۲	۱۶۰۵	۱۳۹۵۱.۲۲۱۶	۱۵	۷۴۹۲۶۰	۷۴۹۲۴۵
Low	۵۱۹۱.۲۶۷۹۴	۱۵۴۰	۱۳۲۰۸.۷۷۹۵	۱۴	۶۹۰۰۰۰	۶۸۹۹۸۶
Close	۵۳۲۳.۳۶۷۳۲	۱۵۷۲	۱۳۵۸۳.۵۴۱۹	۱۴	۷۴۹۲۶۰	۷۴۹۲۴۶
Volume	٥٢٧٢١٦٢,٧٥	٥٧٠٢٧٣,٥	٣٨٠٧٣٦٣٣,٨	١	٦١٠٤٧٥٠٢١٤	٦١٠٤٧٥٠٢١٣
TEPIX	١٧٤٨٨١,٩٥٣	٧٩٣٩٣,٨	٢٩٣٢٣٠,٣٠٦	١١١٧٨,٥	٢٠٦٥١١٤,٣	٢٠٥٣٩٣٥,٨
Coin	٢٢٨٠١٧٥٤	١٢٠٣٢٠٠٠	٢٠٩٤٣٤٧٤,٥	٢٤٨٠٠٠٠	١١٣٤٩٠٠٠٠	١١١٠١٠٠٠٠
Dollar	٦٤٦٨٢,٣١٨٨	٣٧٣٨٠	٥٠٥١٦,٣٠٢٤	٩٩١٠	٢٢٩٤١٠	٢١٩٥٠٠
Oil	٦٩,٥٥٩٤٨٥٧	٦٣,٦٩	٢٤,٨٨٠٢١٧٩	٩,١٢	١٢٨,١٤	١١٩,٠٢

منبع : یافته‌های پژوهشگر

با توجه به مقادیر میانگین متغیر ها و انحراف معیار آن ها در میابیم در بازه زمانی ۱۰ ســـاله ای که از داده ها در اختیار داریم، دامنه نوسان و پراکندگی بالایی حول میانگین وجود دارد. اگر به مقادیر کمینه، بیشینه و دامنه تغییرات این متغیر ها نیز توجه کنیم، این مقدار بالای انحراف معیار توجیح می گردد. اهمیت نرمال بودن توزیع داده ها بدین سـبب اسـت که در اسـتنباط های آماری نظیر مدل رگرسـیون خطی معمولاً نرمال بودن توزیع متغیر وابسـته یکی از پیش فرض های اسـاسـی می باشـد، حال آنکه در رویکرد یادگیری ماشـین این مشـکل مرتفع شده و اساساً معقوله اسـتنباط بر روی پارامترها مطرح نمی باشـد بنابراین اگر متغیر وابسـته یا هدف از توزیع نرمال پیروی نکند خللی در انجام کار پیش نمی آید و این یک مزیت محسوب می شود.

۷-۱-آزمون سوالات پژوهش

۱-۷-۱-آزمون سوالات پژوهش با استفاده از مدل یادگیری عمیق

جهت بررســـی نتایج حاصـــل از تجزیه و تحلیل داده ها با اســـتفاده از مدل یادگیری عمیق ، ابتدا مجموعه داده ها را به دو قسـمت آموزشـی و آزمایشـی تقسـیم شـده اند. بدین صـورت که ۸۰ درصـد داده ها برای آموزش و ۲۰ درصد برای آزمایش در نظر گرفته شده است بدین ترتیب از مجموع ۶۴۸ شرکت،

۳۴۰۳۰۵ داده به مجموعه آموزش و ۸۵۷۷۵ داده به مجموعه آزمایش تخصـــیص یافت. همچنین داده های متعلق به ۵ شرکت به طور مجزا مورد ارزیابی با استفاده از مدل های ساخته شده قرار گرفت.

جدول شماره ۳- نتایج دقت پیش بینی مدل یادگیری عمیق

شرح مدل	Accuracy	Sensitivity	Specificity	FPR (۱- Specificity)
یادگیری عمیق	۷۳٪	٦۹٪	۷٦٪	۲٤٪

باتوجه به جدول شماره درمیابیم که مدل یادگیری عمیق دارای دقت ۷۳٪ با حساسیت ۶۹٪ می باشد که ضرایب بدست آمده جهت پیش بینی قیمت سهام از کفایت لازم برخوردارند. در نتیجه می توان چنین اذعان نمود که مدل یادگیری عمیق از کفایت لازم جهت پیش بینی قیمت سهام برخوردار است.

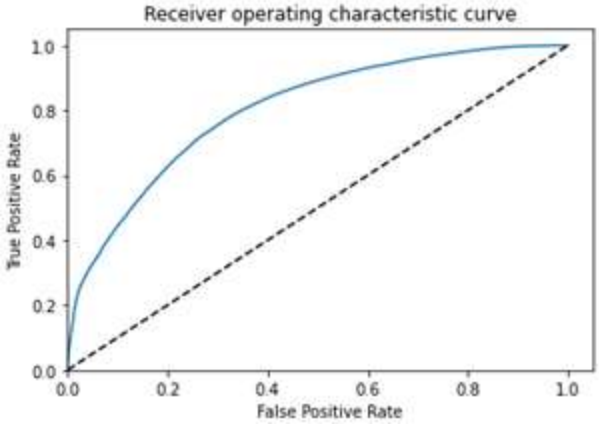
جدول شماره۴، ماتریس در هم ریختگی مدل یادگیری عمیق

شرح	positive	negative	**توضیحات**
TRUE	۳۳۰۸۷	۹۱٤۰	Total positive (-۱)
FALSE	۱٤٥۹۲	۲۹۷٤۰	Total negative (۱)

با توجه به جدول ۳ در می یابیم که مدل یادگیری عمیق می تواند با دقت ۷۳٪ پیش بینی صحیح انجام دهد. همچنین اگر بخواهیم نتایج آزمون را بر اساس سطوح تابع هدف (باینری) به صورت مجزا بررسی کنیم می توانیم از مفاهیم Sensitivity (نرخ مثبت صحیح) و Specificity (نرخ منفی صحیح) استفاده کنیم. با توجه به جدول ۴، در مدل یادگیری عمیق نرخ مثبت صحیح و نرخ منفی صحیح به ترتیب برابر ۶۹٪ و ۷۶٪ می باشد. یعنی مدل توانسته ۶۹٪ از روند های نزولی و ۷۶٪ از روند های صعودی را به درستی تشخیص دهد. بنابراین می توان نتیجه گرفت برای پیش بینی روند قیمتی روزانه شرکت های بورسی با استفاده از متغیرهای کلان و درون شرکتی مدل یادگیری عمیق میتواند رهیافت مناسبی باشد. نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر، نتایج تحقیق ساتو و همکارانش (۲۰۱۸) در خصوص مناسب بودن مدل های یادگیری عمیق جهت پیش بینی قیمت سهام را مورد تایید قرار می دهد؛ لذا در پاسخ به این سوال که آیا مدل الگوریتم یادگیری عمیق مدل مناسبی برای پیش بینی قیمت سهام می باشد؟ می توان پاسخ مثبتی داد.

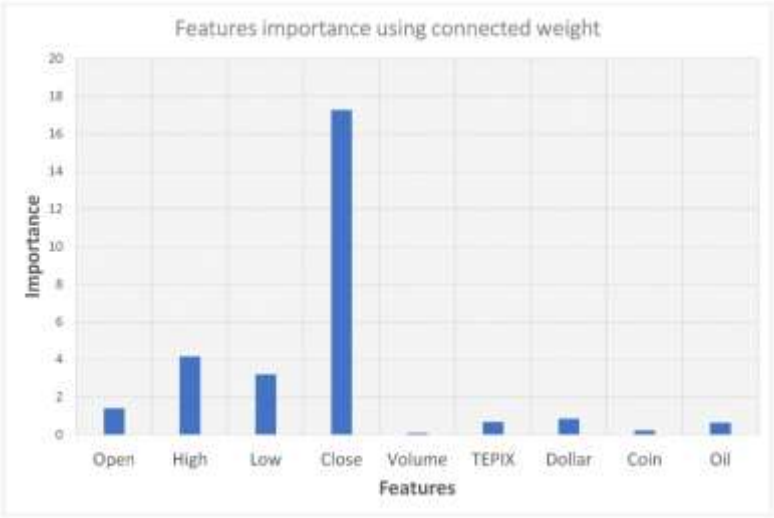
از دیگر نتایج قابل ارزیابی، منحنی مشخصه عملکرد (ROC) می باشد که با ترسیم نسبت نرخ مثبت صحیح (True positive rate) بر حسب نرخ مثبت کاذب (False positive rate) ایجاد می شود. با توجه به متغیر بودن آستانه مقادیر آن، یک نمودار پیوسته است.

نمودار شماره ۱ - منحنی مشخصه عملکرد مدل یادگیری عمیق



معیار دیگری که قابل بررسی می باشد، AUC یا همان سطح زیر منحنی مشخصه عملکرد (ROC) است که نشان دهنده قدرت تشخیص یا درستی نتایج یک آزمون می باشد. درستی نتایج آزمون به این بستگی دارد که روش آزمون چقدر توانایی تفاوت درست نشان دادن نتایج مثبت صحیح (TP) و منفی صحیح (TF) را دارد. اگر این عدد به یک نزدیک باشد، به معنای آن است که میزان نرخ مثبت صحیح بالا است و روش آزمون از قدرت تشخیص یا درستی مناسبی برخوردار است. با توجه به توضیحات داده شده مقدار AUC به ازای آزمون مدل یادگیری عمیق برابر ۸۰٪ می باشد که طبق قوانین کلی ارائه شده توسط Hosmer، آزمون از قدرت تشخیص عالی برخوردار است در حالیکه این معیار برای مدل شبکه عصبی برابر ۷۷٪ می باشد که طبق قوانین کلی ارائه شده توسط Hosmer، آزمون از قدرت تشخیص قابل قبولی برخوردار است.

نمودار شماره ۲ - نمودار اهمیت ویژگی ها بر پیش بینی متغیر هدف در مدل یادگیری عمیق



با توجه به نمودارشـــماره ۲، که میزان اهمیت متغیر های ورودی بر پیش بینی روند قیمتی روزانه سهام شرکت های مورد مطالعه را نشان می دهند، در میابیم متغیر Close که نماد قیمت بسته شدن معاملات روزانه می باشـد و البته متغیری درون شـرکتی اسـت، بیشـترین تاثیر را بر روی متغیر هدف یعنی روند قیمتی روزانه، هم در مدل یادگیری عمیق دارد. و پس از آن متغیر High که نماد بیشـترین قیمت معاملات روزانه می باشـد در اولویت پایین تر اهمیت قرار دارد. از متغیرهای کلان اقتصـادی نیز قیمت آزاد دلار و شاخص کل بورس به ترتیب با نمادهای Dollar و TEPIX از اهمیت بالاتری نسبت به دیگر شـاخص های کلان اقتصـادی بر روند قیمتی روزانه برخوردار هسـتند؛ لذا در پاسخ با این سـوال که " مهمترین متغیرهای پیش بینی قیمت سـهام بر اسـاس مدل الگوریتم یادگیری چه متغیرهایی می باشـند؟" می توان به متغیرهایی از قبیل قیمت بسـته شـدن معاملات روزانه، بیشـترین قیمت معاملات روزانه، قیمت آزاد دلار و شاخص کل بورس اشاره نمود.

۲-۷-۱-آزمون سوالات پژوهش با استفاده از مدل شبکه های عصبی مصنوعی (ANN)

جهت بررسی نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از مدل شبکه های عصبی مصنوعی ، ابتدا مجموعه داده ها را به دو قسمت آموزشی و آزمایشی تقسیم شده اند. بدین صورت که ۸۰ درصد داده ها برای آموزش و ۲۰ درصد برای آزمایش در نظر گرفته شده است بدین ترتیب از مجموع ۶۴۸ شرکت، ۳۴۰۳۰۵ داده به مجموعه آموزش و ۸۵۷۷۵ داده به مجموعه آزمایش تخصـیص یافت. همچنین داده های متعلق به ۵ شرکت به طور مجزا مورد ارزیابی با استفاده از مدل های ساخته شده قرار گرفت.

جدول شماره ۵- نتایج دقت پیش بینی مدل شبکه عصبی

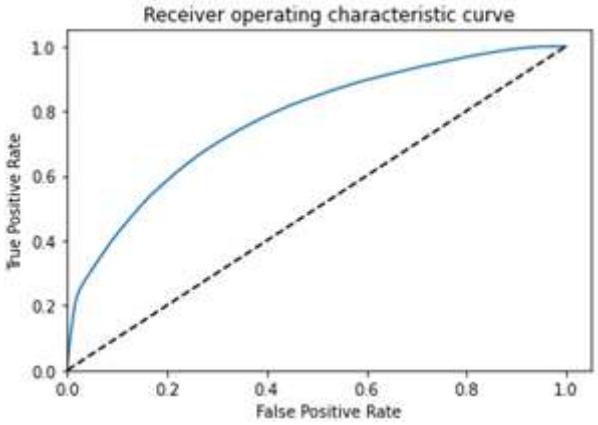
شرح مدل	Accuracy	Sensitivity	Specificity	FPR (۱- Specificity)
شبکه عصبی	۷۰٪	٦٨٪	۷۲٪	۲۸٪

جدول شماره۶، ماتریس در هم ریختگی مدل یادگیری عمیق

شرح	positive	negative	توضیحات
TRUE	۳۰۳۳۸	۱۱۸۸۹	Total positive (-۱)
FALSE	۱٤۱٤۹	۳۰۱۸۳	Total negative (۱)

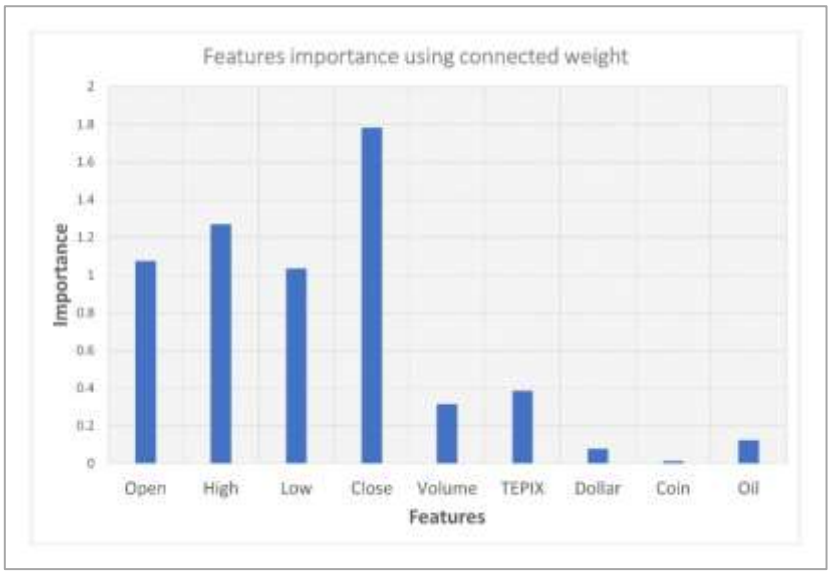
با توجه به جدول ۵ در می یابیم که مدل شبکه عصبی می تواند با دقت ۷۰٪ پیش بینی صحیح انجام دهد. با توجه به جدول ۶، در مدل شبکه عصبی نرخ مثبت صحیح و نرخ منفی صحیح به ترتیب برابر ۶۹٪ و ۷۶٪ می باشد. یعنی مدل توانسته ۶۹٪ از روند های نزولی و ۷۶٪ از روند های صعودی را به درستی تشخیص دهد. بنابراین می توان نتیجه گرفت برای پیش بینی روند قیمتی روزانه شرکت های بورسی با استفاده از متغیرهای کلان و درون شرکتی مدل شبکه عصبی نیز می تواند رهیافت مناسبی باشد؛ لذا در پاسخ به سوال سوم پژوهش حاضر" آیا مدل شبکه عصبی مدل مناسبی برای پیش بینی قیمت سهام می باشد؟" ، می توان چنین اذعان نمود که مدل شبکه عصبی نیز همانند مدل یادگیری عمیق می تواند مدل مناسبی برای پیش بینی قیمت سهام باشد.

نمودار شماره ۳ - منحنی مشخصه عملکرد مدل شبکه عصبی



مقدار AUC به ازای آزمون مدل یادگیری عمیق برابر ۷۷٪ می باشـــد که طبق قوانین کلی ارائه شده توسط Hosmer، آزمون از قدرت تشخیص عالی برخوردار است.

نمودار شماره ۴ - نمودار اهمیت ویژگی ها بر پیش بینی متغیر هدف در مدل شبکه عصبی



با توجه به نمودارشـــماره ۴، که میزان اهمیت متغیر های ورودی بر پیش بینی روند قیمتی روزانه سهام شرکت های مورد مطالعه را نشان می دهند، در میابیم متغیر Close که نماد قیمت بسته شدن معاملات روزانه می باشـد و البته متغیری درون شـرکتی اسـت، بیشـترین تاثیر را بر روی متغیر هدف یعنی روند قیمتی روزانه، هم در مدل شـبکه عصـبی دارد. و پس از آن متغیر High که نماد بیشـترین قیمت معاملات روزانه می باشـد در اولویت پایین تر اهمیت قرار دارد. از متغیرهای کلان اقتصـادی نیز قیمت آزاد دلار به ترتیب با نمادهای Dollar و TEPIX از اهمیت بالاتری نسـبت به دیگر شـاخص های کلان اقتصـادی بر روند قیمتی روزانه برخوردار هسـتند؛ لذا در پاسـخ با این سـوال که " مهمترین متغیرهای پیش بینی قیمت سهام بر اساس مدل شبکه عصبی چه متغیرهایی می باشند؟" می توان به متغیرهایی از قبیل قیمت بسته شدن معاملات روزانه، بیشترین قیمت معاملات روزانه، قیمت آزاد دلار و شاخص کل بورس اشاره نمود.

۲-۷-۱- بررسی مقایسه ای دو مدل یادگیری عمیق و شبکه عصبی در پیش بینی قیمت سهام

با توجه به جدول شماره در می یابیم که مدل یادگیری عمیق می تواند با دقت ۷۳٪ پیش بینی صحیح انجام دهد در حالیکه این دقت برای مدل شبکه عصبی ۷۰٪ می باشد.

جدول شماره۷، مقایسه نتایج دقت پیش بینی مدل شبکه عصبی

شرح مدل	Accuracy	Sensitivity	Specificity	(Specificity -۱) FPR
شبکه عصبی	٪۷۰	٪٦٨	٪۷۲	٪۲۸
یادگیری عمیق	٪۷۳	٪٦۹	٪۷٦	٪۲٤

همچنین اگر بخواهیم نتایج آزمون را بر اساس سطوح تابع هدف (باینری) به صورت مجزا بررسی کنیم می توانیم از مفاهیم Sensitivity (نرخ مثبت صحیح) و Specificity (نرخ منفی صحیح) استفاده کنیم. با توجه به جدول ۷، در مدل یادگیری عمیق نرخ مثبت صحیح و نرخ منفی صحیح به ترتیب برابر ۶۹٪ و ۷۶٪ می باشد. یعنی مدل توانسته ۶۹٪ از روند های نزولی و ۷۶٪ از روند های صعودی را به درستی تشخیص دهد. همچنین با توجه به جدول ۷، در مدل شبکه عصبی نرخ مثبت صحیح و نرخ منفی صحیح به ترتیب برابر ۶۸٪ و ۷۲٪ می باشد. بنابراین می توان نتیجه گرفت برای پیش بینی روند قیمتی روزانه شرکت های بورسی با استفاده از متغیرهای کلان و درون شرکتی مدل یادگیری عمیق میتواند رهیافت مناسب تری نسبت به مدل شبکه عصبی باشد.

۸- بحث و نتیجه‌گیری

محقق در این پژوهش از دو مدل یادگیری عمیق و شبکه عصبی جهت حل مسئله طبقه بندی پیش بینی روند قیمتی روزانه سهام و هم چنین مقایسه آن ها استفاده نمود. انتخاب الگوریتم یادگیری ماشین باید بر اساس نوع مسئله طبقه بندی و همچنین حجم داده ها و قدرت محاسباتی و سایر موارد مرتبط صورت پذیرد. بنابراین بررسی و مقایسه دو الگوریتم پیشنهادی طبق صحت پیش بینی آن ها و هزینه مدل سازی انجام گرفت. با توجه به حجم داده، مشخص شد صحت پیش بینی در مدل یادگیری عمیق از برتری نسبی نسبت به مدل شبکه عصبی ساده برخوردار می باشد و در نمودار مشخصه عملکرد و معیارAUC ، این برتری در قدرت تشخیص را نیز تایید نمود. اما می توان از زاویه دیگری به مقایسه این دو الگوریتم پرداخت و آن سرعت همگرایی در مدل سازی است که مشخصا به عامل زمان نیز اشاره دارد. در روند مدل سازی دیدیم که در شرایط یکسان اجرای الگوریتم، مدل یادگیری عمیق به ۷۵٪ در صحت پیش بینی همگرا می شود در حالیکه این همگرایی برای مدل شبکه عصبی ساده به ۷۰٪ می رسد. با بررسی انجام شده مشخص شد مدت زمان همگرا شدن مدل یادگیری عمیق به صحت پیش بینی ۷۰٪ به طور تقریبی ۰.۴ زمانی است که مدل شبکه عصبی ساده صرف می کند. از طرفی دیگر مدل شبکه عصبی ساده باید زمانی در حدود ۳ برابر صرف کند تا به صحت پیش بینی در تراز مدل یادگیری عمیق همگرایی پیدا کند.

نتایج حاصل از این پژوهش، نتایج حاصل از پژوهشات مهرآرا و همکاران(۱۳۹۱)، چان (۲۰۰۰) ، لنداس و همکاران (۲۰۰۰)، داس و پادهی (۲۰۱۸) و ساتو و همکارانش (۲۰۱۸) در خصوص پیش بینی

رضایت بخش سری های زمانی بوسیله مدل های شبکه عصبی و یادگیری عمیق را مورد تایید قرار می گردد. بر اساس نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر پیشنهاد می گردد جهت پیش بینی قیمت سهام از مدل یادگیری عمیق استفاده گردد ضمناً یافته های حاصل از این پژوهش کفایت مدل شبکه عصبی در خصوص پیش بینی قیمت سهام را رد نمی کند.

منابع و مآخذ:

۱. احمدخان بیگی سهیل، عبدالوند ندا (۱۳۹۶)" پیش بینی قیمت سهام با رویکرد ترکیبی شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم رقابت استعماری مبتنی بر تئوری آشوب"فصلنامه علمی و پژوهشی راهبرد مالی ، دوره ۵، شماره ۳ - شماره پیاپی ۱۸ ، پیاپی ۱۸، صفحه ۲۷-۷۳

۲. اخگر محمد امید، امینی پیمان، مرادی آزاده (۱۴۰۰)" بررسی تاثیر عملکرد زیست‌محیطی بر ریسک سقوط قیمت سهام با تاکید بر ارتباطات سیاسی در بورس اوراق بهادار تهران" پژوهش های حسابداری مالی، انتشار آنلاین از تاریخ ۰۲ شهریور.

۳. حیدری زارع بهزاد ،کردلویی حمیدرضا(۱۳۸۹)" پیش بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی" سال:۱۳۸۹ | دوره:۷ | شماره:۱۷، صفحات :۴۹-۵۶

٤. خسروی نژاد، علی اکبر؛ شعبانی صدرپیشه، مرجان،"(۱۳۹۳)ارزیابی خطی و غیر خطی در پیش بینی شاخص قیمت سهام در بورس اوراق بهادار تهران"، فصلنامه علوم اقتصادی، . - شماره ۲۷ ، صص۵۱ – ٦٤ .

۵. زین الدینی شبنم, کریمی محمدشریف, خانزادی آزاد(۱۳۹۹) " بررسی اثر تکانه های قیمت نفت برعملکرد بازار سهام ایران "نشریه اقتصاد مالی (اقتصاد مالی و توسعه)، دوره ۱۴ , شماره ۵۰ ; از صفحه ۱۴۵ تا صفحه ۱۶۹

٦. شاکری، عباس. ۱۳۸۷. نظریه ها و سیاست های اقتصاد کلان، پارس نویسا.

۷. عاملی احمد، رمضانی ملیحه(۱۳۹۴) " پیش بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه عصبی فازی مبتنی برالگوریتم ژنتیک و مقایسه با شبکه عصبی فازی " تحقیقات مدل سازی اقتصادی زمستان ۱۳۹۴ شماره ۲۲، صص ۲۲-۲۵

۸. عبدالملکی امیرحسین، حمیدیان، باغانی محسن علی(۱۳۹۹)" بررسی وجود ویژگی فراکتال در قیمت و بازده سهام شرکت‌های بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل غیر خطی

ARIFM "فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار ، دوره ۱۱ ، شماره ۴۴، صص ۲۰۷-۲۲۶

۹. عرب صالحی مهدی، کمالی دهکردی علیرضا (۱۴۰۰) " بررسی مقایسه ای مدل های تنزیلی ارزشگذاری سهام در شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران " فصلنامه علمی چشم انداز مدیریت ، دوره ۱۱ ، شماره ۳۳ ، صص۱۲-۳۲

۱۰. فرازمند سجاد، اسدی غلامحسین، عبده تبریزی حسین، حمیدی زاده محمدرضا(۱۳۹۹) " بررسی رفتار توده‌وار قیمت سهام در بورس اوراق بهادار تهران " فصلنامه علمی و پژوهشی اقتصاد مقداری، پذیرفته شده انتشار آنلاین از تاریخ ۱۲ اسفند.

۱۱. کریمی دستگردی ، امین ، زمانی بروجنی ، فرساد (۱۳۹۸) ؛ مروری بر روش های یادگیری عمیق برای پیش بینی بازار های مالی ، کنگره ملی پژوهشات بنیادین در مهندسی کامپیوتر و فن آوری اطلاعات .

۱۲. کیان ماوی ،رضا ،صیادی نیک ، کامران .(۱۳۹۲)، کاربرد الگوریتمهای مختلف یادگیری درپیش بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه عصبی، مجله مدیریت توسعه و تحول ۷۵ تا ۸۱

۱۳. محمدی،محسن ؛ صدر ، ندا (۱۳۹۷) ، ارائه روشی جهت پیش بینی قیمت سهام بازار بورس با رویکرد یادگیری عمیق (مطالعه موردی: بازار بورس) ؛ پایان نامه کارشناسی ارشد رشته کامپیوتر ، دانشکده فنی مهندسی اشراق بجنورد

۱٤. محمدی،محسن ؛ صدر ، ندا (۱۳۹۷) ، ارائه روشی جهت پیش بینی قیمت سهام بازار بورس با رویکرد یادگیری عمیق (مطالعه موردی: بازار بورس) ؛ پایان نامه کارشناسی ارشد رشته کامپیوتر ، دانشکده فنی مهندسی اشراق بجنورد

۱۵. مهر آرا ، اسداله ؛ عطف ، زهرا و عسکری ، زهرا (۱۳۹۱) . تکنیک های داده کاوی در پیش بینی قیمت سهام بورس اوراق بهادار ، کنفرانس ملی حسابداری مدیریت مالی و سرمایه گذاری.

۱٦. مومنی اکبر س، محمدی محمد(۱۴۰۰)"بررسی رابطه بین چسبندگی هزینه و ریسک سقوط قیمت سهام در شرکت های پذیرفته شده در سازمان بورس اوراق بهادار تهران" فصلنامه علمی تخصصی رویکردهای پژوهشی نوین در مدیریت و حسابداری, شماره(۶۲),صص ۹۰-۷۳

۱۷. میر هاشـــمی دهنوی، ســـید محمد(۱۳۹۴) "آثار نامتقارن شـــوک های قیمت نفت بر بازار سـهام: مطالعه موردی کشـورهای صـادرکننده نفت" فصـلنامه سـیاسـت های مالی و اقتصـادی ۷۷، صص ۱۱-۷۱۱

۱۸. نمازی، محمد؛ کیامهر، محمد مهدی(۱۳۸۶)پیش بینی بازده روزلنه ســـهام شـــرکت های پذیرفته شـــده در بورس اوراق بهادار تهران با اســـتفاده از شـــبکه های عصـــبی مصـــنوعی " پژوهشات مالی، ص ۱۱۵-۱۳۴.

۱۹. Cha K H, Hadjiiski L M, Samala R K, et al. Bladder Cancer Segmentation in CT f or Treatment Response Assessment: Application of Deep-Learning Convolution NeuralNetwork
Pilot Study[J]. Tomography A Journal for Imaging Research, ۲۰۱٦, ۲(٤):٤۲۱-٤۲۹.

۲۰. Chan, M.C., Wong, C.C., Lam, C.C., (۲۰۰۰), Financial time series forecasting by Neural Network using Conjugate Gradient Learning Algorithm and Multiple Linear Regression, Weight initialization, Department of computing,

۲۱. Chih, M. H., (۲۰۱۱), a hybrid procedure for stock price prediction by integrating self-organizing map and genetic programming, Expert Systems with Applications ۳۸, ۱٤۰۲٦–۱٤۰۳٦

۲۲. Das S P, Padhy S. A novel hybrid model using teachinglearningbased optim ization and a support vector machine for commodity futures index forecastin g[J]. International Journal of Machine Learning & Cybernetics, ۲۰۱۸, ۹(۱):۹۷-۱۱۱.

۲۳. Göçken M, Özçalıcı, Mehmet, Boru A, et al. Integrating metaheuristics and Ar tificial Neural Networks for improved stock price prediction[J]. Expert Syste ms with Applications,۲۰۱٦,٤٤(C):۳۲۰-۳۳۱.

۲٤. Jie W, Wang J. Forecasting stochastic neural network based on financial em pirical mode decomposition[J]. Neural Networks, ۲۰۱۷, ۹۰:۸-۲۰.

۲٥. Kim, K. J., Han, I., (۲۰۰۰), Genetic algorithms approach to feature discrimination in artificial neural networks for the prediction of stock price index, Published by Elsevier science, Ltd, Expert systems with applications, ۱۹, PP. ۱۲٥ ۱۳۲.

۲٦. Lahmiri S. A Technical Analysis Information Fusion Approach for Stock Pri ce Analysis and Modeling[J]. Fluctuation & Noise Letters, ۲۰۱۸, ۱۷(۱):۱۸٥۰۰۰۷

۲۷. Mahmud M, Kaiser M S, Hussain A, et al. Applications of Deep Learning and Rei nforcement Learning to Biological Data. [J]. IEEE Transactions on Neural Netwo rks & Learning Systems, ۲۰۱۷, ۲۹(٦):۲۰٦۳-۲۰۷۹.

٢٨. Meihua Xie, Haiyan Li, Yuanjun Zhao.(٢٠٢٠). Blockchain financial investment based on deep learning network algorithm،Journal of Computational and Applied Mathematics,vol(٣٧٢)
٢٩. Oh, K. J., Kim, K. J., (٢٠٠٢), Analyzing stock market tick data using piecewise nonlinear model, Expert System with Applications, ٢٢(٣), ٢٤٩–٢٥٥
٣٠. Pang X, Zhou Y, Pan W, et al. An innovative neural network approach for stock market prediction[J]. Journal of Supercomputing, ٢٠١٨(١):١-٢١.
٣١. Sato M, Horie K, Hara A, et al. Application of deep learning to the classificatio n of images from colposcopy: [J]. Oncology Letters, ٢٠١٨, ١٥(٣):٣٥١٨-٣٥٢٣.
٣٢. SongW, Song W,Song W,etal.A Double-Layer Neural Network Framework for High-Frequency Forecasting[J]. Acm Transactions on Management Information Sys tems, ٢٠١٧, ٧(٤):١-١٧
٣٣. Ubbens J, Cieslak M, Prusinkiewicz P, et al. The use of plant models in de ep learning: an application to leaf counting in rosette plants: [J]. Plant Methods, ٢٠١٨, ١٤(١):٦.
٣٤. Zhang, G.P., (٢٠٠١), Time Series Forecasting Using a Hybrid ARIMA and Neural Network Model Neuro computing, Unpublished Press