تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۴/۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۵/۲۵

کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش‌بینی شاخص بازده نقدی و قیمت سهام

دکتر محمود البرزی
استادیار مدیریت صنعتی دانشگاه آزاد اسلامی - واحد علوم وتحقیقات
دکتراحمد یعقوب نژاد
استادیار حسابداری دانشگاه آزاد اسلامی - واحد تهران مرکز
حسین مقصود
کارشناس ارشد مدیریت مالی

چکیده

مدل‌سازی پیش‌بینی متغیرهای مالی و اقتصادی باتوجه به رفتار متغیرها، روش‌های گوناگونی دارد. تحقیق حاضر چگونگی پیش‌بینی بازده سهام در بورس اوراق بهادارتهران را با دو مدل آربیتراژ و شبکه‌های عصبی مصنوعی مورد آزمون قرار داده است. برای این منظور از اطلاعات روزانه شاخص بازده نقدی و قیمت به عنوان متغیر وابسته و از اطلاعات روزانه قیمت سکه بهار آزادی، حجم معاملات کل بازار و قیمت دلار به عنوان متغیرهای مستقل استفاده شده است.برازش مدل چند عاملی مبتنی بر رگرسیون چند متغیره و مدل شبکه عصبی بر مبنای معماری پرسپترون چند لایه با الگوریتم آموزش پس‌انتشار خطاست. برای ارزیابی نتایج دو مدل از معیارهای میانگین قدر مطلق انحرافات، میانگین مجذور خطا،

آمده حاکی از موفقیت دو مدل در پیش‌بینی رفتار شاخص بازده نقدی و قیمت وهمچنین برتری عملکرد شبکه عصبی بر مدل چند عاملی است.

واژهای کلیدی: پیش‌بینی[1]، شاخص بازده نقدی و قیمت[2] (TEDPIX)، شبکه‌های عصبی مصنوعی[3]، نظریه قیمت‌گذاری آربیتراژ[4] (APT).

مقدمه

برای سرمایه‌گذاری بهینه مدل‌های مختلفی در عرصه مالی وجود دارد که به سرمایه‌گذار قدرت ارزیابی و تصمیم‌گیری می‌دهد. مدل‌های تکنیکی، بنیادی، قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای و آربیتراژ از جمله مدل‌های پیش‌بینی و توجیه رفتار قیمت اوراق بهادار است. پیش‌بینی نیز به عنوان یکی از عناصر کلیدی تصمیم‌گیری‌های مدیریتی، پیشامدهای آینده را با هدف کاهش ریسک تخمین می‌زند. معمولا پیش‌بینی‌ها صحیح نبوده و دارای مقداری خطا هستند که این میزان با داشتن اطلاعات بیشتر درباره سیستم کاهش می‌یابد. درچنین شرایطی به منظور استمرار حضور سرمایه‌گذاران به عنوان اصلی‌ترین ارکان بازار سرمایه داشتن یک مدل پیش‌بینی مناسب باعث تخصیص بهینه منابع و کارایی در این بازار می‌شود.

تحقیقات نشان می‌دهد اگر بتوان فرایند مولد داده‌های یک متغیر (خطی یا غیر خطی) را به دست آورد پیش‌بینی آن متغیر راحت‌تر و با خطای کمتری امکان‌پذیر خواهد بود (مشیری و مروت، ۱۳۸۵). اگرچه مدل‌های خطی پیشرفته پیش‌بینی‌های مناسبی در دوره‌های زمانی میان‌مدت و کوتاه‌مدت دارند اما بررسی‌ها در بازار سرمایه نشان داده است که رفتار سهام از یک الگوی خطی تبعیت نمی‌کند و الگوهای خطی تنها بخشی از رفتار سهام در بازار را نشان می‌دهد (چاوشی، ۱۳۸۰). در این صورت وجود یک سیستم پویای غیرخطی در

---

1 - Prediction
2 - Tehran-stock Exchange- Dividend and price Index.
3 - Artificial Neural Networks
4 - Arbitrage Pricing Theory

ارتباط با رفتار بازار مدل‌های موجود را عملا دچار ابهام خواهد کرد. لذا پیش‌بینی داده‌هایی که از این سیستم پیروی می کنند، نیازمند ابزارهای هوشمند و پیشرفته‌ای مانند شبکه‌های عصبی است. این شبکه‌ها به عنوان یکی از سیستم‌های هوشمند، می‌توانند رابطه غیرخطی بین ورودی‌ها و خروجی‌ها را براساس مجموعه داده‌ها، تشخیص و روابط بنیادین بین آنها را شناسایی نماید. این تحقیق ضمن ارائه توصیفی از شبکه‌های عصبی، توانایی این شبکه‌ها را در مقایسه با مدل خطی چند عاملی در بورس اوراق بهادار تهران برای پیش‌بینی رفتار بازده سهام آزمون کرده است.

سوابق تحقیق

صاحبنظران ومحققان معتقدند که قیمت های سهام دارای نظم مشخصی نیست و استفاده از ریاضیات پیچیده در سیستم‌های غیرخطی و پویا می‌توانند مدل‌هایی را ایجاد کند که نظریه‌های گذشته را باطل نماید (خاکی صدیق، ۱۳۸۳). در علم ریاضیات به این روندهای غیرخطی تصادفی نما «آشوب»[1] گفته می‌شود. در تئوری آشوب با استفاده از تکنیک‌های جدید ریاضی به بازار به عنوان سیستم پویا و پیچیده و در حال تحول نگاه می‌شود و اعتقاد بر این است که هر حادثه به ظاهر تصادفی را می‌توان تعیین نمود. نتایجی که تاکنون از این رهگذر حاصل گردیده است، به امکان پیش‌بینی قیمت تحت شرایط خاص اذعان دارد. زی‌من[2] در سال ۱۹۷۴ وجود رفتار بی‌ثبات دربازار سهام را توضیح داد. هینیش[3] و پاترسن[4] (۱۹۸۵)، شینک‌من[5] و لبارون[6] (۱۹۸۹) و لینتون[7] و شینتانی[8] (۲۰۰۳) نیز از این دست می‌باشند.

اغلب شواهد گذشته قدرت بسیاری برای کشف همبستگی‌های غیرخطی در این سری‌های

---

1 - chaos
2 - Zeeman
3 – Hinish
1 - Shinkman
2 - Lebaron
3 - Linton
4 - Shintani
5- Capital Asset Pricing Model

زمانی از خود نشان دادند، اما شواهد برای وجود پویایی‌های آشوبی آنچنان قابل توجه نیست. (سلامی، ۱۳۸۱)

خاکی صدیق(۱۳۸۳) در بورس اوراق بهادار تهران پیش‌بینی‌پذیری سری زمانی قیمت (بازده) شرکت‌های شهد ـ ایران، ایران خودرو، کابل البرز، کیمیدارو، توسعه صنایع بهشهر و همچنین شاخص TEPIX را بین سالهای ۱۳۷۴تا۱۳۷۸ با سه روش تحلیل (R/S) ، تحلیل تخمین بعد همبستگی و تحلیل تخمین بزرگترین نمای لیاپانوف آزمون کرد. نتایج آزمون مذکور ماهیت غیرتصادفی و شبه آشوبگرانه فرایند مولد قیمت (بازده) سهام را در بورس تهران نشان داد. سلامی (۱۳۸۱) نیز وجود این روندها در بازار سهام تهران را آزمون کرد و توانست وجود همبستگی‌های غیرخطی را تائید کند که احتمال وجود آشوب را افزایش می دهد.

از آنجا که فرض مدل‌های مورد استفاده در مباحث مالی مثل CAPM[1] و APT براساس خطی بودن رابطه بازده سهام و متغیرهای مستقلی مثل ریسک سیستماتیک (بتا) و ... می‌باشد اگر روند قیمت سهام دارای فرایند غیرخطی و بی‌نظم باشد، مدل‌های مذکور دارای کارایی بسیار کمی در توجیه رفتار قیمت سهام و پیش‌بینی آینده می‌باشد. در سالهای اخیر کشف حرکت‌های غیرخطی در بازارهای مالی به شدت مورد توجه محققان و تحلیل گران مالی قرار گرفته است(کاناس[2] ویاناپالوس[3]،۲۰۰۱). لکن پیش‌بینی سری‌های زمانی که از مدل غیر خطی پیروی می کنند، نیازمند ابزارهای هوشمند و پیشرفته‌ای مانند شبکه‌های عصبی به عنوان یکی از مولفه‌های هوش مصنوعی است.

فکر استفاده از شبکه‌های عصبی در پیش‌بینی‌های اقتصادی نخستین بار در سال ۱۹۸۸ به منظور پیش‌بینی بازده روزانه سهام شرکت IBM مطرح شد(وایت[4]،۱۹۸۸). در تحقیق دیگر تاکوها، یودا، آساکاوا و کیموتو در سال ۱۹۹۰ سیستم پیش‌بینی بازار سهامی را ارائه کردند که در آن، یادگیری غیرخطی شبکه‌های عصبی به عنوان نقطه قوت این شبکه‌ها برشمرده شده است. دونیس و جلیلوف[5] (۲۰۰۱) با استفاده از مدل شبکه عصبی به برآورد،

---

1 - Kanas
2 - Yannopoulos
4 - White
5 - Dunis & Jalilov.

پیش‌بینی چهار شاخص مهم بازار سهام یعنی S&p500, FTSE100, EUROSTOX50، NIKEI225 پرداختند. آنها برای تخمین مدل از داده‌های روزانه ۳۱ ژانویه ۱۹۹۴ تا ۴ می ۱۹۹۹، و برای پیش‌بینی خارج از نمونه از داده‌های ۵ می ۱۹۹۹ تا ۶ ژوئن ۲۰۰۰ استفاده نموده و برتری مدل شبکه عصبی را نشان داده‌اند. ییم[1] (۲۰۰۲) با استفاده از مدل شبکه عصبی بازدهی شاخص روزانه سهام برزیل را پیش‌بینی نمود و نتایج پیش‌بینی را با استفاده از معیارهای ریشهٔ میانگین مجذور خطا (RMSE) و میانگین قدر مطلق خطا (MAE) با نتایج پیش‌بینی مدل‌های GARCH[2] - ARMA[3] مقایسه کرد و برتری مدل شبکه عصبی مصنوعی را نشان داد. اولسون و موسمن[4] (۲۰۰۳) در بازار سهام کانادا با استفاده از شبکه عصبی بازده سهام را با استفاده از نسبت‌های حسابداری ۲۵۳۶ شرکت کانادایی در سالهای ۱۹۹۳-۱۹۷۶ پیش‌بینی کردند. نتایج تحقیقات ایشان نشان داداستفاده از مدل شبکه‌های عصبی با الگوریتم یادگیری پس انتشار خطا در مقایسه با مدل‌های خطی رگرسیون مزیت بیشتری دارد. چاکرادهارا و ناراسیمهان[5] (۲۰۰۶) در بورس بمبئی، بازده سهام را با استفاده از شبکه عصبی و مدل های خطی ARMA پیش‌بینی کردند که نتایج نشان از برتری شبکه عصبی داشت.

پناهیان(۱۳۷۹) در تحقیق خود تحت‌عنوان، پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه‌های عصبی – فازی و مقایسه آن با الگوهای خطی به پیش‌بینی قیمت سهام شرکت گروه بهمن پرداخته است.دراین تحقیق از میان مدل‌های خطی مدل ARIMA[6] انتخاب و مورد آزمون قرار گرفت. نتایج بررسی انجام شده نشان‌دهنده برتری شبکه ANFIS در پیش‌بینی قیمت سهام نسبت به مدل‌های ARIMA می‌باشد.

چاوشی(۱۳۸۰) نیز درتحقیق دیگری تحت عنوان «بررسی رفتار قیمت سهام در بورس اوراق بهادار تهران» به پیش‌بینی رفتار قیمت سهام در بورس اوراق بهادار تهران توسط مدل چند شاخصی و شبکه‌های عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی قیمت سهام شرکت توسعه

---

1 - Yim.
2 - Generalized Auto Regression Conditionally HetroKedasticity.
3 - Auto Regression moving Average.
4 - Olson & Mossman.
5 - Chakradhara & narasimhan.
6 - Auto Regressive Integrated Moving Average.

صنایع بهشهر پرداخته است. نتایج حاصله حاکی از موفقیت این دو مدل در پیش‌بینی رفتار قیمت سهام موردنظر و همچنین برتری عملکرد شبکه‌های عصبی مصنوعی است .
همچنین مشیری و فروتن(۱۳۸۳) با استفاده از مدل‌های شبکه‌های عصبی، ARIMA و CARCH قیمت‌های آتی نفت را برای یک دورهٔ زمانی ۷۰۰ روزه پیش‌بینی نموده و نتایج را با استفاده از معیارهای MSE، MAE و RMSE مقایسه و نشان دادند که مدل شبکه عصبی از قدرت پیش‌بینی بیشتری نسبت به سایر مدل‌ها برخوردار است.
علاوه بر این،تحقیق طلوعی و حق دوست(۱۳۸۶)تحت عنوان «مدل‌سازی پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه‌های عصبی و مقایسه آن با روش‌های پیش‌بینی ریاضی» به پیش‌بینی رفتار قیمت سهام توسط مدل شبکه‌های عصبی و رگرسیون پرداخته است. نتایج حاصله حاکی از موفقیت این دو مدل در پیش‌بینی رفتار قیمت سهام موردنظر و همچنین موفقیت عملکرد رگرسیون بر شبکه‌های عصبی مصنوعی است.
تاملی در ادبیات و تحقیقات پیشین در زمینه موضوع تحقیق حاضرنشان می‌دهد علی‌رغم آنکه صاحبنظران بازار سرمایه کوشیده‌اند تا ابعاد موضوع ارزش گذاری سهام را در قالب تمرکز بر رویکردهایی ازجمله تکنیکی، بنیادی و نظریه های مدرن مالی مورد کنکاش قرار دهند اما همچنان رویکرد بی‌نظمی و پویایی غیرخطی با ابعادی بررسی نشده یا کم بررسی شده در خور توجه بیشتر است. بر این اساس ازآنجا که بازده کل بورس اوراق بهادار تهران علاوه براینکه با گذشته خود در ارتباط باشد انتظار می رود با وقفه‌های متغیرهای دیگر نیز همبسته باشد. در این تحقیق سعی شده است میزان تغییرات متغیر وابسته را با وقفه‌های متغیرهای دیگر در کنار چگونگی پیش‌بینی بازده سهام توسط دو مدل خطی چند عاملی و شبکه عصبی توضیح دهد.
با توانایی شبکه‌های عصبی در یادگیری سیستم‌های غیرخطی و بی‌نظم، این احتمال وجود دارد که در مقایسه با تحلیل‌های سنتی و روش های دیگری که پایه ریاضی دارند بهتر عمل کنند(اولسون و موسمن،۲۰۰۳). با گسترش شبکه‌های عصبی محققین و سرمایه‌گذاران به دنبال آن هستند تا بتوانند گره‌های ناشناخته بازار را باز کنند. تحقیق حاضر تلاشی جهت یافتن راه‌حلی برای واکاوی گره‌های مذکور است و بر این اساس می‌توان گفت مسأله اصلی تحقیق حاضر، متوجه چگونگی پیش‌بینی بازده سهام در بورس اوراق بهادار تهران است. عطف به مسأله مذکور سؤال اصلی تحقیق را می‌توان چنین بیان نمود: آیا می‌توان

بازده سهام را در بورس اوراق بهادار تهران از طریق مدل شبکه عصبی مصنوعی پیش‌بینی کرد؟ در گام بعدی این سؤال مطرح می‌شود که موفقیت این شبکه‌ها (که شامل روابط غیرخطی بین متغیرها در امر پیش‌بینی بازده سهام می باشد) در مقایسه با مدل‌های رگرسیون خطی چگونه است؟

مدل‌های تحقیق

در این تحقیق با توجه به بین رشته‌ای بودن موضوع تحقیق و ارتباط بین دو حوزهٔ مختلف مالی و هوش مصنوعی از دو مدل چند عاملی وشبکه‌های عصبی استفاده شده است.

الف) مدل چند عاملی آربیتراژ

این مدل توسط راس در اوایل سال ۱۹۷۰ توسعه یافت و درسال ۱۹۷۶ معرفی شد. مدل آربیتراژ فرض می‌کند که بازده اوراق بهادار به حرکات عوامل و یا شاخص‌های متعددی حساس است، در حالی که در مدل بازار(CAPM) فرض بر این است که اوراق بهادار صرفاً از شاخص بازار تبعیت می‌کند. (فرانک کی و کیت سی، ۱۳۸۴)

به منظور برآورد صحیح‌تر بازده مورد انتظار، واریانس و همبستگی اوراق بهادار، مدل‌های چندعاملی توانایی بالاتری از مدل بازار دارند. علت این امر آن است که بازده واقعی اوراق بهادار به عواملی بیش از ریسک بازار حساس است.

مدل‌های چندعاملی به عنوان یک فرآیند ایجاد بازده، سعی دارند تا نیروهای عمده اقتصادی که به طور سیستماتیک قیمتهای کلیه اوراق بهادار را تغییر می‌دهند را کشف کنند. برای برآورد مدل‌های چند عاملی روشهای مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد که این روش‌ها را می‌توان به سه دسته طبقه‌بندی کرد (راعی و تلنگی، ۱۳۸۳):

الف) روش سری زمانی، ب) روش مقطعی، ج) روش تجزیه و تحلیل عامل

در روش سری زمانی فرض بر آن است که تحلیلگر عوامل تأثیرگذار بر بازده سهام را پیشاپیش می‌داند. شناخت عوامل مرتبط معمولاً از تجزیه و تحلیل‌های عوامل اقتصادی بر کل شرکت از جمله عوامل خرد و کلان اقتصادی، ساختار صنعت و تجزیه و تحلیل اساسی اوراق بهادار به دست می‌آیند. در روش مقطعی ابتدا حساسیت اوراق بهادار به عوامل معین تخمین زده می‌شود و سپس در مقاطع زمانی خاصی ارزش عوامل مختلف بر مبنای بازده اوراق بهادار و حساسیت آنها به این عوامل برآورد می‌شود. این فرآیند طی چندین دوره

تکرار شده به طوری که برآوردی از انحراف معیار عوامل و همبستگی آنها بدست می‌آید. در روش تجزیه و تحلیل عامل نه ارزش عوامل و نه حساسیت این عوامل مشخص است و از تکنیک آماری تجزیه و تحلیل عامل برای استخراج تعداد و حساسیت عوامل متعدد استفاده می‌شود. بدین‌منظور برای برازش مدل چندعاملی از رگرسیون خطی چندمتغیره استفاده می‌گردد.

یکی از نکات مهم در سری زمانی، پایایی آن است. یک سری زمانی پایا[1] است که میانگین، واریانس، کوواریانس و در نتیجه ضریب همبستگی آن در طول زمان ثابت باقی بماند و این شرایط تضمین می‌کند که رفتار یک سری زمانی پایا در هر مقطع از زمان که در نظر گرفته شود، همانند باشد. (گجراتی، ۱۳۸۳)

از آنجا که سری‌های زمانی متغیرهای کلان اقتصادی معمولاً دارای خاصیت ناپایی هستند، استفاده از روش حداقل مربعات معمولی[2] ممکن است منجر به حصول نتایج به ظاهر معنی‌دار ولی غلط گردد که در اصطلاح به رگرسیون جعلی یا کاذب معروف است. به همین خاطر و جهت جلوگیری از بیراهه رفتن، ابتدا باید بوسیله آزمونهای همبستگی نگار و ریشه واحد، پایایی سری‌های زمانی موردنظر بررسی شود .بعد از اطمینان از پایایی متغیرها، تابع اثرمتغیرهای مستقل بر متغیر وابسته با استفاده از روش حداقل مربعات تخمین زده می‌شود. سپس اعتبار مدل و رابطه متغیرها با استفاده از یک رشته آزمون‌ها ارزیابی شده و در نهایت به پیش‌بینی متغیر وابسته در دوره موردنظرپرداخته می شود.

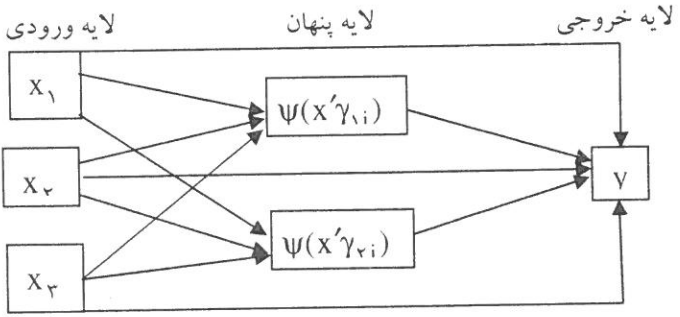
ب) مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی

شبکه‌های عصبی را می‌توان، مدل‌های الکترونیکی مشابه سازی شده از ساختار عصبی مغز انسان نامید. اگرچه مکانیسم‌های دقیق کارکرد مغز انسان (یا حتی جانوران) به‌طور کامل شناخته شده نیست، اما با این وجود جنبه‌های شناخته شده‌ای نیز وجود دارند که الهام بخش تئوری شبکه‌های عصبی بوده‌اند (بیل وجکسون،۱۳۸۳). در این خصوص شبکه‌های عصبی مصنوعی، به عنوان ابزاری غیرخطی برای تشخیص، پیش‌بینی و بهینه‌سازی معرفی شدند.شبکه‌های عصبی دارای مؤلفه‌های بسیار زیاد و معماری‌های متفاوتی می‌باشند که

1- Stationary
2- Ordinary Least Squares Method

استفاده از تمامی این مؤلفه‌ها و معماری‌ها از حوصله این تحقیق خارج است. بنابراین، در این تحقیق با توجه به تحقیقات قبلی انجام شده در زمینه تقریب توابع و پیش‌بینی، ازشبکه‌های عصبی پرسپترون چند لایه MPL[1] با الگوریتم یادگیری پس از انتشار خطا BPN[2] استفاده شد.

این نوع از شبکه عصبی مصنوعی معمولاً دارای سه لایه می‌باشند که شمای کلی آن در نمودار۱ نشان داده شده است.



نمودار (۱) نمای کلی یک شبکه عصبی

تعداد بردار ورودی و نرون در لایه خروجی بوسیله نگاشتی که برشبکه ارائه می‌شود قابل تعیین است، اما تعداد لایه میانی (پنهان) و تعداد نرون در هر لایه پنهان مساله‌ای است که کار با شبکه‌های عصبی را دشوار و وقت‌گیر می‌نماید. اگر تعداد لایه‌های پنهان و تعداد نرون‌های هر لایه کافی نباشد، شبکه نمی‌تواند به طور مناسب به یک جواب بهینه همگرا شود و اگر تعداد آنها بیش از حد لازم باشد، شبکه دچار بی‌ثباتی می‌شود، بنابراین تعداد لایه پنهان هر شبکه و تعداد نرون در هر لایه مهم است.

همان‌طور که گفته شد برای آموزش شبکه‌های عصبی پرسپترون چند لایه، از قانون یادگیری پس انتشار خطا استفاده می‌شود. این قانون از دو مسیر اصلی تشکیل شده است،

1 - Multi - layer – Percepteron.
2 - Back – Propagation Network.

مسیر اول، مسیر رفت نامیده می‌شود که در این مسیر، بردار ورودی به شبکه MLP اعمال می‌شود و تأثیراتش از طریق لایه‌های میانی به لایه‌های خروجی انتشار می‌یابد. بردار خروجی تشکیل یافته در لایه خروجی، پاسخ واقعی را تشکیل می‌دهد. در این مسیر، پارامترهای شبکه، ثابت و بدون تغییر در نظر گرفته می‌شوند.

مسیر دوم مسیر برگشت نامیده می‌شود. در این مسیر، برخلاف مسیر رفت، پارامترهای شبکه تنظیم می‌شوند. این تنظیم براساس قانون اصلاح خطا صورت می‌گیرد. سیگنال خطا، در لایه خروجی شبکه تشکیل می‌گردد. بردار خطا مساوی اختلاف بین پاسخ مطلوب و پاسخ واقعی شبکه می‌باشد. میزان خطا، پس از محاسبه، در مسیر برگشت از لایه خروجی و از طریق لایه‌های شبکه در کل شبکه توزیع می‌شود. چون این توزیع، در خلاف مسیر ارتباطات وزنی سیناپس‌ها می‌باشد، کلمهٔ پس انتشار خطا جهت اصلاح رفتار شبکه برگزیده شده است.

نتایج هر دو مدل پیش‌بینی، با معیارهای میانگین قدر مطلق انحرافات (MAD)[1]، میانگین مجذور خطا (MSE)[2]، میانگین قدر مطلق مجذور خطا (MAPE)[3] و جذر میانگین مجذور خطا (RMSE)[4] با یکدیگر مقایسه شده است.

در این تحقیق برای برازش مدل قیمت‌گذاری آربیتراژ (رگرسیون خطی چند متغیره) از نرم‌افزار Eviews5 و برای شبکه عصبی از نرم‌افزار Neuro Solutions استفاده شده است.

مدل‌سازی و پیش‌بینی

الف) آماده‌سازی و پیش‌پردازش داده‌ها

برای پردازش مدل‌های موردنظر، از اطلاعات مربوط به شاخص بازده نقدی و قیمت، نرخ ارز (دلار)، قیمت سکه بهار آزادی طرح جدید و حجم معاملات کل بورس از تاریخ ۸۱/۱۰/۱ لغایت ۸۵/۹/۲۹ استفاده شده است. این اطلاعات مربوط به ۹۷۱ روز کاری بورس اوراق بهادار تهران است.

1- Mean Absolute Deviation
2- Mean Square Errors
3- Mean Absolute Percentage Error
4- Root Mean Square Error

با توجه به اینکه طیف تغییرات اطلاعات داده‌های سری زمانی به دلیل متفاوت بودن واحد هریک از متغیرهای مورد استفاده در تحقیق چشم‌گیر بوده،برای استفاده مناسب داده‌های جمع‌آوری شده، داده‌ها مرتب شده است. مرتب نمودن داده‌ها به طوری که دامنه تغییر آنها بین [۱+ و ۱-] قرار گیرد کاری است که سرعت همگرا شدن شبکه و دستیابی به یک جواب بهینه را به شدت افزایش می‌دهد. برای انجام این عمل از روش حداقل و حداکثر داده‌ها استفاده می‌کنیم.

در پژوهش‌هایی که در برگیرنده ساخت مدل برای پیش‌بینی می‌باشد، برای سنجش مدل‌های برازش شده و مقایسه نتایج آنها لازم است مجموعه‌ای از داده‌های جمع‌آوری شده را جهت برازش و یا آموزش مدل و مجموعه‌ای از داده‌ها را برای آزمایش مدل‌های برازش شده در مرحله قبلی، بکار برد. بدیهی است، داده‌های مجموعه اخیر، در مرحله آموزش استفاده نشده است. در این راستا، داده‌های مربوط به ۷۰۰ روز اول بعنوان مجموعه آموزش و مابقی که داده‌های مربوط به روز ۷۰۱ لغایت ۹۷۱ بوده و شامل داده‌های ۲۷۰ روز کاری است بعنوان مجموعه آزمایش برگزیده شده است.

ب) یافته‌های مدل چند عاملی

در این مرحله ابتدا فروض کلاسیک رگرسیون مورد بررسی قرار گرفت. از آنجا که احتمال آن می‌رفت متغیر وابسته علاوه بر اینکه با گذشته خود در ارتباط باشد با وقفه‌های متغیرهای مستقل نیز همبسته باشد (این مدل‌ها در اقتصادسنجی به مدل‌های خودرگرسیونی و باوقفه‌های توزیعی معروف هستند) برای دستیابی به بهترین مدل از مجموعه داده‌های مختلف به شرح زیر استفاده شده است:

الف) مجموعه متغیرهای مستقل (قیمت سکه، نرخ ارز، حجم معاملات، شاخص بازده نقدی و قیمت) و متغیر وابسته (شاخص بازده نقدی و قیمت روز بعد)

ب) مجموعه متغیرهای مستقل (روز جاری و دو روز قبل) و متغیر وابسته (شاخص بازده نقدی و قیمت روز بعد).

ج) مجموعه متغیرهای مستقل (روز جاری و چهار روز قبل)و متغیر وابسته (شاخص بازده نقدی و قیمت روز بعد)

خروجی کامپیوتر که در آن TEDPIX شاخص بازده نقدی و قیمت، Gold قیمت سکه

بهار آزادی، Exchangerate نرخ ارز، Volume حجم معاملات می‌باشد بیانگر آن است که نه تنها وقفه‌های متغیرهای مستقل در دوره‌های مذکور تأثیر چندانی در تبیین متغیر وابسته ندارند (تغییر بسیار کم در R^2) بلکه باعث ایجاد هم‌خطی بین متغیرهای توضیحی می‌شود.

هم‌خطی به معنای وجود ارتباط خطی «کامل» بین همه یا بعضی از متغیرهای توضیحی مدل رگرسیون می‌باشد و از آنجا که یکی از فروض مدل کلاسیک رگرسیون خطی این است که هیچ گونه هم‌خطی بین متغیرهای توضیحی موجود در مدل وجود ندارد، نتایج به دست آمده از این مدل‌ها قابل اعتماد نیستند. R^2 بالا اما تعداد کم نسبتهای t معنی‌دار نشان از وجود هم‌خطی بین متغیرهای توضیحی است. (گجراتی، ۱۳۸۳)

با توجه به نتایج به دست آمده از مدل‌های ب و ج هم‌خطی بین متغیرهای توضیحی مدل‌های مذکور تایید می‌شود. با توجه به مطالب گفته شده مدل الف را بعنوان بهترین مدل جهت پیش‌بینی متغیر وابسته انتخاب می‌کنیم. در نگاره (۱) خلاصه آماره های مدل الف آورده شده است.

نگاره(۱) خلاصه آماره های مدل الف

Method: Least Squares

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-8.79E-05	0.000111	-0.794420	0.4272
GOLD	0.000906	0.012428	0.072932	0.9419
EXCHENGERATE	0.052097	0.027931	1.865226	0.0626
VOLUME	0.880269	0.018339	47.99994	0.0000
TEDPIX	0.072683	0.017995	4.038975	0.0001
R-squared	0.811515	Mean dependent var		0.000975
Adjusted R-squared	0.810427	S.D. dependent var		0.006288
S.E. of regression	0.002738	Akaike info criterion		-8.956046
Sum squared resid	0.005195	Schwarz criterion		-8.923466
Log likelihood	3130.660	F-statistic		745.9193
Durbin-Watson stat	1.954052	Prob(F-statistic)		0.000000

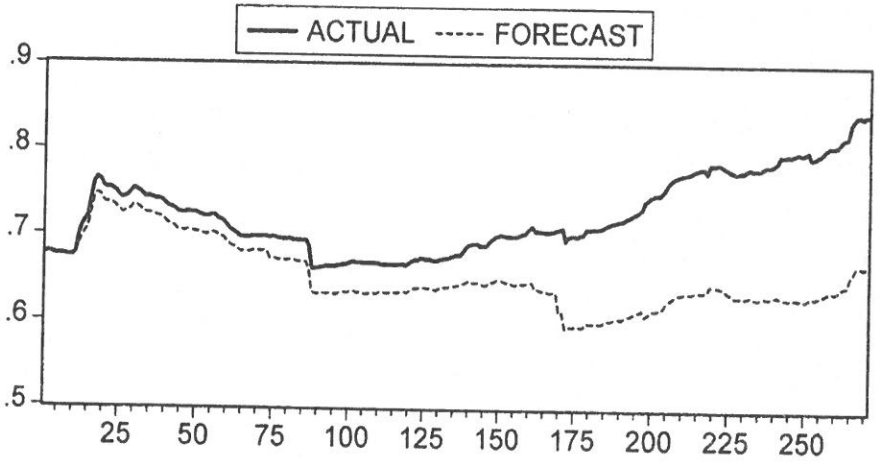
با توجه به نتایج به دست آمده از رگرسیون مدل الف (ضرایب، انحراف معیار و مقادیر استاندارد شده ضرایب، آماره t ، F و R^2)، مقادیر بیانگر آن است که کلیه ضرایب به جز مقدار ثابت و قیمت سکه بهار آزادی قابل اتکا می‌باشند. بنابراین با توجه به مقدار بسیا کم این ضرایب در فاز آزمایش مدل حذف شده است. همچنین نتایج حاصل از آماره F نیز حاکی از عدم وجود شواهد کافی برای رد رابطه خطی بین متغیرهای وابسته و مستقل می‌باشد. مقدار ضریب تعیین (R^2) نیز بیانگر این مطلب است که ۸۱٪ تغییرات متغیر وابسته TEDPIX توسط متغیرهای مستقل قابل تبیین است.

گام بعدی مربوط به تجزیه و تحلیل باقی‌مانده (جزء خطا) است. در صورتی که مدل برازش شده مناسب باشد، اجزای باقیمانده یا اجزای خطای پیش‌بینی باید تصادفی بوده و فاقد هرگونه روندی باشند. یکی از روش‌هایی که تجزیه و تحلیل باقیمانده را ممکن می‌سازد آزمون دوربین ـ واتسون است. هر مقدار آماره دوربین ـ واتسون به رقم ۲ نزدیکتر باشد نشان‌دهنده مناسب بودن مدل برازش شده است.

حال باید بررسی نمود که عملکرد مدل برازش شده، در مجموعه آزمایش و پیش‌بینی چگونه است. بدین منظور با استفاده از مدل بدست آمده در مجموعه آموزش (۷۰۰ روز) به پیش‌بینی مجموعه ۲۷۱ روزه آزمون می‌شود.

نمودار (۲) مقایسه مقادیر پیش‌بینی شده (Forecast) و واقعی (Actual) مدل رگرسیون چند متغیره را برای مجموعه آزمایش (۲۷۰ روز) نشان می‌دهد.

نمودار(۲) مقایسه بازده واقعی و پیش‌بینی مدل چندعاملی



به طور کلی هرچه مقدار واقعی سری (X_t) به مقدار پیش‌بینی شده آن (X_t) نزدیکتر باشد، بر «صحت» بیشتر مدل پیش‌بینی دلالت دارد. براین اساس در آخرین گام برای بررسی و تحلیل موفقیت مدل در امر پیش‌بینی از معیارهای رایج ارزیابی به شرح نگاره (۲) استفاده نموده‌ایم.

نگاره(۲) پارامترهای خطای مدل چندعاملی

نوع مدل	MAD	MSE	RMSE	MAPE
آربیتراژ (APT)	۰/۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۷	۸/۸۳

ج) یافته‌های مدل شبکه عصبی

از آنجا که هدف تحقیق مقایسه بین عملکرد مدل چندعاملی و شبکه‌های عصبی می‌باشد، عیناً مجموعه داده‌های تعریف شده در قسمت‌های الف، ب و ج در مدل رگرسیون، را برای شبکه‌های عصبی با نرم‌افزارهای Neuro Solutions آزمون شده است.

داده‌های تاریخی مربوط به متغیرهای ورودی و خروجی شبکه به دو گروه تقسیم شده

است، مجموعه آموزش شامل اطلاعات مربوط به ورودی‌ها و خروجی‌ها ۷۰۰ مشاهده اول است و مجموعه آزمایش اطلاعات مربوط به ۲۷۰ مشاهده بعدی را در بردارد. مدلی را می‌توان به عنوان یک مدل مناسب در نظر گرفت که بعد از مرحله آموزش شبکه و برای نمونه‌های خارج از مجموعه Sample –Out- Off در مقایسه با سایر مدل‌ها خطای کمتری داشته باشد و می‌توان از آن به عنوان مدل مناسبی جهت پیش‌بینی شاخص TEDPIX استفاده نمود.

با توجه به ۴ ورودی و یک خروجی در مدل (الف)، ۱۲ ورودی و یک خروجی درمدل (ب) و ۲۰ ورودی و یک خروجی در مدل (ج)از طرح‌ها و معماری‌های مختلفی برای پیش‌بینی استفاده شد. نگاره (۳) معیارهای رایج ارزیابی مربوط به دقیق‌ترین پیش‌بینی با شبکه عصبی برای مدل‌های الف، ب و ج را نشان می‌دهد.

نگاره(۳) پارامترهای خطای شبکه عصبی

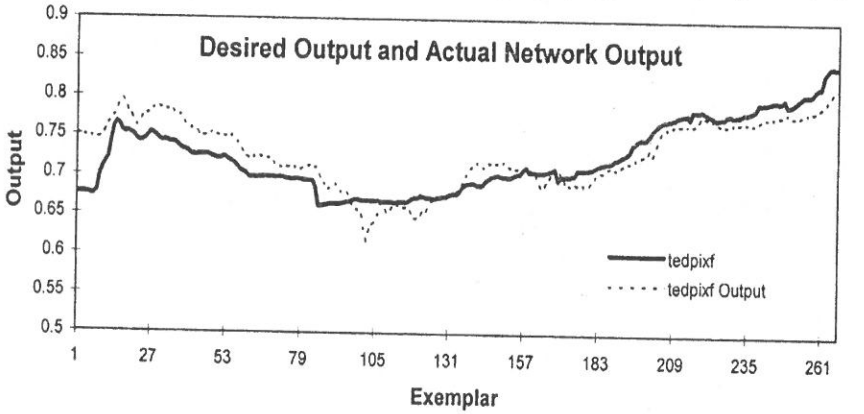
مدل	معماری	MSE	RMSE	MAD	MAPE
الف	۴-۸-۴-۱	۰/۰۰۰۳۲	۰/۰۱۷۶	۰/۰۱۴	۱/۹۹
ب	۱۲-۲۴-۱۲-۱	۰/۰۰۰۱۳	۰/۰۱۱	۰/۰۰۸	۱/۱۳
ج	۲۰-۴۰-۲۰-۱	۰/۰۰۰۸۷	۰/۰۲۹	۰/۰۲۵	۳/۴۴

با توجه به نتایج به دست آمده از مدل‌های فوق، پیش‌بینی دقیق‌تر مدل ب در مقایسه با مدل‌های دیگر تأیید می‌شود. در مدل (ب) شبکه با طرح ۱-۱۲-۲۴-۱۲ با آموزش ۶۰۰۰ تکرار دارای بهترین نتیجه بود. این شبکه دارای ۱۲ ورودی به ازاء متغیرهای مستقل و وابسته (امروز و دو روز قبل) و همچنین لایه خروجی تک نرونی به ازاء شاخص بازده سهام در روز بعد می‌باشد. لایه‌های پنهان اول و دوم به ترتیب دارای ۲۴ و ۱۲ نرون با توابع تبدیل سیگموئیدی هستند.

نمودار (۳) نیز مقایسه مقادیر پیش‌بینی شده و واقعی را توسط شبکه عصبی در مرحله

آزمایش برای مدل ب نشان می‌دهد.

نمودار(۳) مقایسه بازده واقعی و پیش‌بینی شبکه عصبی با معماری۱-۱۲- ۲۴-۱۲(دوره آزمایش)



این امر حاکی از آن است که در پیش‌بینی بازده سهام روز بعد توسط شبکه عصبی علاوه بر متغیر امروز متغیرهای دو روز قبل نیز در بهبود نتایج تأثیر دارند (مقایسه مدل الف و ب) اما در مدل ج اضافه کردن متغیرهای ۴ روز قبل باعث کم شدن دقت در نتایج به دست آمده شده است.

د)مقایسه نتایج پیش‌بینی توسط دو مدل آربیتراژ و شبکه عصبی

در این قسمت به مقایسه پیش‌بینی‌های صورت گرفته مدل چندعاملی و شبکه عصبی می‌پردازیم. برای این کار آماره‌های محاسبه شده و همچنین معیارهای خطای بدست آمده از دو مرحله قبل را مورد مقایسه قرار می‌دهیم. همانگونه که نتایج نگاره های ۲ و ۳ نشان می‌دهد، عملکرد شبکه عصبی مورد استفاده با توجه به تمامی معیارهای ارزیابی بهتر از عملکرد مدل چندعاملی است.

نتیجه گیری و پیشنهادات

تحقیق حاضر با به کارگیری شبکه عصبی در پیش‌بینی بازده سهام سعی کرده است تا چگونگی پیش‌بینی بازده را در بورس اوراق بهادار مورد بررسی قرار دهد و برای این منظور ابتدا متغیرهای تأثیرگذار بر بازده سهام شناسایی و سپس مدل شبکه عصبی طراحی و

اجرا گردید. در گام بعدی موفقیت این شبکه‌ها که شامل روابط غیرخطی بین متغیرهاست در امر پیش‌بینی بازده سهام در مقایسه با مدل‌های رگرسیون خطی بررسی شده است. نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج بسیاری از تحقیقات خارجی و داخلی پیشین این حوزه ازجمله وایت(۱۹۸۸)، ییم(۲۰۰۲)، چاکرادهارا و ناراسیمهان(۲۰۰۶)، قوام زاده(۱۳۷۶)، پناهیان(۱۳۷۹)، مشیری و فروتن(۱۳۸۳) که به اشکال گوناگون موفقیت شبکه‌های عصبی را در امر پیش‌بینی تائید کردند همراه بود و نشان داد هرچند مدل چندعاملی قادر به پیش‌بینی بازده سهام می باشد اما شبکه های عصبی می تواند خطای پیش‌بینی را به طور معنی داری کاهش دهد.

در این پژوهش، با سه متغیر کلان اقتصادی حجم معاملات کل بازار، قیمت سکه و نرخ ارز شاخص بازده سهام پیش بینی شد این در حالی است بازدهی سهام متأثر از عوامل کلان و خرد اقتصادی دیگر از جمله نرخ تورم، نرخ رشد تولیدات صنعتی، عرضهٔ پول، نرخ بیکاری، نرخ رشد مصرف، نرخ اوراق قرضهٔ بلندمدت دولتی، نرخ بهره، تعداد پروانه‌های بهره‌برداری از واحدهای صنعتی، قیمت نفت ، تقسیم سود، برنامه‌های شرکت، رشد اقتصادی است. بنابراین پیشنهاد می شود در تحقیقات آتی، این متغیرها نیز در مدل های مذکور استفاده شده و نتایج مورد مقایسه قرار گیرد. در این تحقیق همچنین از شبکه عصبی MLP با توابع محرک سیگموئیدی و قانون یادگیری پس انتشار خطا به عنوان ابزاری برای مدلسازی غیرخطی و پیش بینی استفاده شده است. در ادامه می توان از مدلها و شبکه های عصبی با توابع محرک متفاوت و قوانین یادگیری دیگر استفاده نمود.

کلام آخر در این باب آن است که نتایج تحقیقاتی از این دست به دلیل اهمیت پیش‌بینی در اتخاذ تصمیات بهینه، ارزیابی و قیمت گذاری دارایی‌ها، تخصیص بهینه منابع مالی و ارزیابی عملکرد مدیریت ریسک میتواند در بانک‌ها، موسسات ونهادهای مالی وسرمایه‌گذاری به کار آید.

منابع و مآخذ

۱- آذر، عادل و منصور مومنی.(۱۳۸۰). آمار و کاربرد آن در مدیریت. جلد دوم، انتشارات سمت، چاپ ششم.

۲- آر. بی و تی. جکسون.(۱۳۸۳). آشنایی با شبکه های عصبی، ترجمه دکتر محمود البرزی، تهران: انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف، چاپ دوم.

۳- البرزی، محمود، حسین عبده تبریزی. (۱۳۷۵). مدلهای شبکه عصبی و کاربرد آن در مدیریت مالی، دانشگاه شهید بهشتی، اولین سمینار مدیریت مالی.

۴- پناهیان، حسین.(۱۳۷۹). استفاده از شبکه‌های عصبی برای پیش‌بینی روند شاخص قیمت سهام در بورس اوراق بهادار تهران، رساله دکتری مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.

۵- چاوشی، کاظم.(۱۳۸۰). بررسی رفتار قیمت سهام در بورس اوراق بهادار تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه امام صادق (ع).

۶- خاکی صدیق، علی.(۱۳۸۳). ارزیابی روشهای پیش‌بینی قیمت سهام و ارائه مدل بهینه، پژوهشکده پولی و بانکی. بانک مرکزی ج.ا.ا، چاپ اول.

۷- رایلی، فرانک کی، کیت سی براون.(۱۳۸۴). تجزیه و تحلیل سرمایه‌گذاری و مدیریت سبد اوراق بهادار، ترجمه غلامرضا اسلامی بیدگلی، فرشاد هیبتی، فریدون رهنمای رودپشتی، پژوهشکده امور اقتصادی، چاپ اول.

۸- راعی، رضا، احمد تلنگی.(۱۳۸۳). مدیریت سرمایه‌گذاری پیشرفته، انتشارات سمت، چاپ اول.

۹- سلامی، امیربهداد.(۱۳۸۱). آزمون روند آشوبی در بازده سهام بازار اوراق بهادار، پژوهشنامه اقتصادی، شماره۵.

۱۰- طلوعی اشلقی،عباس، شادی حق دوست.(۱۳۸۶).مدل سازی پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده ازشبکه عصبی ومقایسه آن با روش‌های پیش‌بینی ریاضی، پژوهشنامه اقتصادی.

۱۱- گجراتی، دامودار.(۱۳۸۳).مبانی اقتصادسنجی، ترجمه حمید ابریشمی، انتشارات دانشگاه تهران، جلد اول و دوم، چاپ چهارم.

۱۲- مشیری، سعید، حبیب مروت.(۱۳۸۵). پیش‌بینی شاخص کل بازدهی سهام تهران با استفاده از مدل‌های خطی و غیرخطی، فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی، شماره ۴۱.

۱۳- مشیری،سعید، فائزه فروتن.(۱۳۸۳).آزمون آشوب و پیش‌بینی قیمت های نفت خام، فصلنامه پژوهش های اقتصادی ایران،شماره ۲۱.

14. Chakradhara, P. and Narasimhan,V.(2006).***Predicting Stock Returns***, South Asia Economic Journal, 2, 205-218 .
15. Dunis,C.L and Jalilov,J.(2001). ***Neural Network Regression and Alternative Forecasting Techniques for Predicting Financial Variables***, working Paper,Liverpool Business School and CIBEF.
16. Hinich, Melvin J. and Patterson, Douglas. (1985). ***Evidence of Nonlinearity in Daily Stock Returns***, Journal of Business and Economic Statistics, 3, 69-77.
17. Kimoto, T., Asakawa, K., Yoda,. M. and Takeoka, M.(1990). ***Stock market prediction system with modular neural networks***. In Proceedings of the Internationat Joint Conference on Neural Networks. San Diego.
18. Kanas, Angelos. and Andreas, yannopoulos. (2001). ***Comparing linear and nonlinear forecasts for stock returns***, Internation Review of Economics and Finance, 10, 383-398.
19. Mototsugu, Shintani. and Oliver, Linton.(2003). ***Is There Chaos in the World Economy? A Nonparametric Test Using Consistent Standard Errors***, International Economic Review, 44, 331-357.
20. Sheinkman, j . and Lebaron, B.(1989). ***Nonlinear Dynamics and Stock Returns***. Journal of Business,3,311-338.
21. Olson,D.and Mossman,C. (2003). ***Neural network forecasts of Canadian stock returns using accounting ratios***, Internation Journal of Forecasting, 19, 435-465.
22. White,halbert.(1988).***Economic prediction using neural networks:The case of IBM dailystock return***, Proceeding of the second IEEE international conference on neural network.
23. Yim,Juliana.(2002). ***A comparison of neural networks with time series models for forecasting returns on a stock market index***, working Paper, School of Economics and Finance.
24. Zeeman, E. C.(1974). ***On the unstable behaviour of stock exchanges***, Journal of Mathematical Economics,1, 39-49.