*تحقیقات مالی*
مجله دانشکده مدیریت دانشگاه تهران
سال پنجم ـ شماره ۱۵ ـ بهار و تابستان ۱۳۸۲
ص‌ص ۱۲۰- ۹۷

# پیش‌بینی بازده سهام در بورس اوراق بهادار تهران: مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی و مدل چندعاملی

دکتر رضا راعی* ــ کاظم چاوشی**

## چکیده مقاله

این تحقیق به پیش بینی پذیری رفتار بازده سهام در بورس اوراق بهادار تهران بوسیله مدل خطی عاملی و شبکه های عصبی مصنوعی می پردازد .جهت آزمون این مساله، قیمت روزانه سهام شرکت توسعه صنایع بهشهر به عنوان نمونه انتخاب شده است .متغیرهای مستقل (ورودی های) تحقیق، پنج متغیرکلان اقتصادی ،یعنی شاخص کل قیمت بورس تهران ،نرخ ارز(دلار) دربازار آزاد ، قیمت نفت ، قیمت طلا می باشد. برای برازش مدل عاملی از رگرسیون خطی چندمتغیره وبرای مدل شبکه عصبی از معماری (MLP) با الگوریتم آموزش پس انتشار خطا استفاده شده است .

نتایج حاصله حاکی از موفقیت این دو مدل در پیش بینی رفتاربازده سهام مورد نظر وهمچنین برتری عملکرد شبکه های عصبی مصنوعی بر مدل چندعاملی می باشد.

**واژهای کلیدی: بازده سهام[1]، پیش بینی[2]، مدل چندعاملی[3]، شبکه‌های عصبی مصنوعی[4].**

---

* عضو هیئت علمی دانشکده مدیریت دانشگاه تهران

** کارشناس ارشد مدیریت مالی

1. Stock Return
2. Prediction
3. Multi - Factor model
4. Artificial Neural Networks (ANNs)

## مقدمه

موضوع شناخت وبررسی رفتار قیمت اوراق بهاردار و ارزشیابی دارایی های مالی، از آغاز شکل گیری بازارهای متشکل سرمایه، همواره مورد توجه محافل علمی و سرمایه گذاران بوده است. توسعه و گسترش روز افزون کاربرد رایانه ها در تمامی عرصه های دانش بشری و از جمله مدیریت مالی و سرمایه گذاری، زمینه های تازه ای از کاربرد فنآوری جدید را پدید آورده است. شبکه های عصبی مصنوعی یکی از آخرین دستاورد های این پیشرفت سریع است. این تحقیق ضمن ارائه توصیفی از شبکه های عصبی و توانایی های آنها در عرصه های علوم و فنون مختلف، مشخصاً به یکی از قلمروهای کاربرد آنها یعنی مسایل مالی و تصمیمات سرمایه گذاری اشاره کرده و تلاش می کند تا زمینه ای برای طرح موضوع و مقدمه ای برای گسترش تحقیقات بعدی فراهم آورد.

## سوابق تحقیق

مدل‌های چندعاملی جهت ساده‌سازی داده‌آفرینی لازم برای تحلیل پرتفوی و رفع نواقص مدل‌های تک شاخصی طرح شده است. گروهی از محققان خارجی مدل‌های چندشاخصی را با مدل‌های تک‌شاخصی آغاز نموده و سپس اثرات صنعت و نرخ تورم و غیره را تواماً وارد مدل نموده‌اند. از جمله این تحقیقات می‌توان به تحقیقات التون و گروبر اشاره کرد. نتیجه این تحقیقات نشان می‌دهد که علیرغم تشریح بیشتر مدل و افزودن شاخص‌های مختلف متأسفانه در پیش‌بینی آینده به دلیل فزونی انحرافات موجود از ناحیه وارد کردن شاخص‌های متعدد نسبت به مزیت حاصله از آنها برخوردار نبوده است.

در ایران رساله‌ای تحت عنوان «*بررسی رابطه هم‌جمعی بین شاخص کل قیمت سهام در بورس اوراق بهادار تهران و متغیرهای کلان اقتصادی*» جهت اخذ درجه دکتری مدیریت بازرگانی، دانشگاه آزاد اسلامی نگاشته و در سال ۱۳۷۹ دفاع شده است (جنانی، ۱۳۷۹). در این رساله به منظور پیش‌بینی شاخص کل قیمت سهام از شاخص قیمت مصرف‌کننده، نرخ ارز، تعداد پروانه‌های ساختمانی صادره در مناطق شهری کل کشور و تعداد پروانه‌های بهره‌برداری از واحدهای صنعتی در سراسر کشور استفاده شده است. نتایج این تحقیق حاکی از آن است که رابطهٔ بین شاخص کل قیمت سهام با شاخص قیمت مصرف‌کننده و تعداد پروانه‌های ساختمانی صادره مستقیم و با تعداد پروانه‌های بهره‌برداری از واحدهای صنعتی سراسر کشور و نرخ ارز در بازار موازی (آزاد) معکوس است. در این تحقیق به

منظور پیش‌بینی پویایی‌های مدل و نیز واکنش متغیر وابسته به تغییرات در متغیرهای دیگر، از تکانه‌های عکس‌العمل تحریک و تکنیک واریانس استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که متغیر وابسته، تأثیر چندانی از متغیرهای مورد نظر نمی‌پذیرد و تنها شاخص قیمت مصرف‌کننده و نرخ ارز در بازار موازی ارز در مقایسه با سایر متغیرها تأثیر بیشتری روی متغیر وابسته دارد.

فکر استفاده از شبکه‌های عصبی در پیش‌بینی‌های اقتصادی اولین بار در سال ۱۹۸۸ توسط هالبرت وایت مطرح شد. این تحقیق سعی در کشف نظم نهفته در قیمت‌های تاریخی دارایی‌های سرمایه‌ای داشت. به این منظور بازده روزانه سهام شرکت IBM به عنوان یک مورد خاص مورد استفاده قرار گرفته و نقش روش‌های استنباط آماری و روش‌های یادگیری در شبکه‌های عصبی به عنوان دو عنصر مکمل یکدیگر مطرح شده است. در تحقیق دیگر، تاکوها،یودا، آساکاوا و کیموتو در سال ۱۹۹۰ سیستم پیش‌بینی بازار سهامی را راه‌اندازی کردند که در آن از شبکه عصبی استفاده شده بود. در این مطالعه ضمن مقایسه سیستم‌های خبره و سیستم‌های شبکه عصبی، یادگیری غیرخطی شبکه‌های عصبی به عنوان توانایی بالای این شبکه‌ها برشمرده شده است.

در زمینه پیش‌بینی قیمت و شاخص سهام در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از شبکه‌های عصبی تحقیقات ذیل انجام شده است که به اختصار به آنها اشاره می‌شود.

محمد قوام‌زاده در پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد خود در سال ۱۳۷۶ تحت عنوان «*پیش‌بینی در بازارهای سازمان یافته*»، به پیش‌بینی قیمت سهام پرداخته است. در این پایان‌نامه، جهت پیش‌بینی قیمت سهام، انواع مختلفی از شبکه‌های عصبی برای پیش‌بینی قیمت هفتگی سهام شرکت پارس پامچال و شرکت کف بکار گرفته شده است و نتایج حاصله و نتایج مدل‌های ARMA که از جمله روش‌های اقتصادسنجی هستند، مقایسه شده است. به منظور پیش‌بینی قیمت سهام شرکت کف، چهار نوع شبکه Wardسه لایه با تعداد Slap متفاوت در لایه دوم استفاده شده است. بهترین نتیجه شاخص‌های سنجش خطای پیش‌بینی عبارتند از $R^2$ = ۹۹/۹۶، MSE = ٤٤١٩٥، MAPE = ۰/۷۳۷ و برای شرکت پارس پامچال، شبکه عصبی رگرسیون عام به کار گرفته شده است که بهترین نتیجه، دارای $R^2$ = ۹۹/۹۵، ۳٤۷۳۰ = MSE، MAPE = ۱/۲۲ می‌باشد.

رساله دیگری تحت عنوان «*مدل‌سازی غیرخطی و پیش‌بینی رفتار قیمت سهام در بازار بورس ایران*»، برای اخذ درجه دکتری مهندسی برق، در دانشگاه تربیت مدرس در سال ۱۳۷۷ انجام شده است. (خالوزاده ۱۳۷۷)

در این رساله مطالعه‌ای منظم بر مقولهٔ پیش‌بینی و پیش‌بینی‌پذیری انجام شده است. در بخش پیش‌بینی، ابتدا از یک شبکه عصبی ۳ لایه با طرح ۱ـ۱۵ـ۵ برای پیش‌بینی قیمت روز بعد، بازده و شاخص کل قیمت بورس در سری زمانی‌های مربوطه استفاده شده است و برای سنجش عملکرد شبکه، از معیار $R^2$ در مجموعه آزمایش استفاده شده است این عدد برای سری قیمت روز بعد ۰/۹۹۷۹، بازده روز بعد ۰/۶۰۱۱ و شاخص قیمت بورس تهران ۰/۹۹۶۹ است. علاوه بر این جهت پیش‌بینی سری زمانی قیمت در ۳۰ روز بعد، از یک شبکه عصبی سه لایه با اتصالات برگشتی استفاده شده است که نتیجه $R^2$ = ۰/۷۸۷۶ به دست آمده است.

محقق دیگری، تحقیق خود را تحت عنوان «*استفاده از شبکه‌های عصبی برای پیش‌بینی روند شاخص قیمت سهام در بورس اوراق بهادار تهران*»، برای اخذ درجه دکتری مدیریت بازرگانی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات در سال ۱۳۷۹ به شرح ذیل انجام داده است (پناهیان ۱۳۷۹). در این رساله از یک شبکه پرسترون با سه لایه پنهان به منظور پیش‌بینی شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران استفاده شده است. متغیرهای ورودی شامل متغیرهای برون‌زا یعنی قیمت طلا و قیمت دلار و متغیرهای درون‌زا یعنی حجم کل معاملات و خود شاخص بورس می‌باشند.

پایان‌نامه دیگری تحت عنوان، «*پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه‌های عصبی ـ فازی و مقایسه آن با الگوهای خطی پیش‌بینی*»، برای اخذ درجه کارشناسی ارشد مدیریت بازرگانی در دانشکده مدیریت دانشگاه تهران در سال ۱۳۷۸۰ انجام شده است. (بت‌شکن ۱۳۷۸). در این تحقیق از شبکه‌های عصبی ـ فازی ANFIS برای پیش‌بینی قیمت سهام شرکت گروه بهمن استفاده شده است. از میان مدل‌های خطی، نیز مدل ARIMA انتخاب و مورد آزمون واقع شده است. در شبیه‌سازی‌های انجام شده انواع مختلفی از شبکه‌های ۲ ورودی تا ۵ ورودی، با تعداد تابع عضویت متفاوت و نگاشت‌های مختلف، جهت پیش‌بینی قیمت سهام مورد نظر، نتایج بررسی‌های انجام شده نشان‌دهنده برتری شبکه ANFIS در پیش‌بینی قیمت سهام نسبت به مدل‌های ARIMA می‌باشد.

جهت پیش بینی دربازارسهام بررسی گذشته بازارمفید است .ازاین رو با مرور تاریخچه بورس اوراق بهادار تهران در می یابیم که این بازار دارای پستی و بلندی های بسیاری بوده است که مهمترین آن ، تشکیل حباب قیمت در اوایل دهه ۱۳۷۰ وسقوط ناگهانی قیمتهای سهام و شاخص کل بورس در سال سال ۱۳۷۵ است که می توان کم تجربگی عامه سرمایه گذاران در فرآیند سرمایه گذاری را عامل اصلی این پدیده برشمرد. این کم تجربگی ، به نوبه خود متأثر از نداشتن سابقه تاریخی کافی و همچنین فقدان آگاهی عامه مردم نسبت به دانش مالی و فنون و تکنیک های تجزیه و تحلیل مالی ، کافی نبودن تعداد تحلیل گران متبحر مالی وغیره بود. در چنین شرایطی و با توجه به تأثیر قابل توجه عوامل یادشده ، داشتن یک مدل پیش بینی مناسب باعث تخصیص بهینه منابع و کارآیی در بازار سرمایه است. حال اینکه کدام پیش بینی مناسب است ، خود منشاء بحث های بسیاری است .در زیر به برخی از مکاتب مالی در خصوص پیش بینی اشاره اشاره می شود.

## ۱ـ رویکرد تکنیکی[1]

از اوایل قرن بیستم که به تدریج رفتار قیمت سهام و ارزش آن به شکلی علمی تر مورد توجه قرار گرفت، برخی از دست اندرکاران و شرکت های سرمایه گذاری از طریق تعقیب قیمت و روندهای خاص، الگوی تغییرات قیمت را بدست آورده و نتایج کارهای خود را مبنای تصمیمات سرمایه گذاری قرار می دادند. ترسیم رفتار قیمت، بررسی و تهیه نمودارها و مطالعه نوسانات و شناخت حساسیت های رفتار قیمت و پیش بینی آینده، هدف اصلی این گروه از صاحبنظران می باشد. هنوز نیز این تفکر مورد قبول بسیاری از سرمایه گذاران و موسسات می باشد. این گروه را تحلیل گران تکنیکی یا چارتیست[2] می خوانند، زیرا از منحنی ها ونمودارها، استفادهٔ زیادی به عمل می آورند. این تحلیل گران معتقدند که عوامل مؤثر بر عرضه و تقاضا بی شمارند و هیچگاه نمی توان آنها را به درستی و دقت شناسایی نمود، لذا بهترین شیوه کار را مطالعه حرکات گذشته و بدست آوردن الگوی تغییرات آینده می دانند. آنان عرضه و تقاضا را وابسته به عوامل بسیار زیادی دانسته و اعتقاد دارند که قیمت های گذشته ، منعکس کنندهٔ آینده بوده وقیمت را تابع محض عرضه و تقاضا می دانند. آنان به دنبال تغییرات بلند مدت نیستند و می گویند، باید از فرصت های کوتاه مدت

---

1. Technical Approach (Analysis)

2. Chartist

حداکثر استفاده را نمود و سود آنی بدست آورد. این روش در حال حاضر نیز علاقمندان بسیار زیادی در میان تحلیل گران بازار دارد که به علت ضعف استدلال و توجیهات علمی ، در مجامع دانشگاهی مورد قبول و حمایت نیست (جنانی،۱۳۷۹).

### ۲ـ رویکرد اساسی یابنیاد گرایانه

این رویکرد و مدل های مورد استفاده در آن از دهه ۱۹۳۰ مطرح بوده، اما عمدتاً بعد از جنگ جهانی دوم در قالب های نظری فراگیر، مورد توجه قرار گرفتند. در این گونه مدل ها اساساً به ارزش ذاتی[1] سهم توجه می شود. این روش ها مورد تأیید دانشگاهیان است ، زیرا به طور علمی و با تکیه بر ابزارهای مختلف علمی از قبیل اقتصاد، آمار ، اطلاعات مالی و غیره ارزش سهام را تعیین می نمایند. این مدل ها برای تعیین ارزش ذاتی سهم،به صورت های مالی، سوابق تقسیم سود، سیاست های مدیریت، رشد فروش، توان موسسه در افزایش سودآوری و بسیاری عوامل دیگر توجه نموده، سپس ارزش ذاتی بدست آمده را باقیمت جاری سهام مقایسه می کنند. بر این اساس در مورد خرید، فروش و یا نگهداری آن تصمیم گیری می نمایند؛ لذا محافل آکادمیک معتقدند بنیادگرایان، اصول صحیح تری را برای تعیین ارزش، مورد نظر دارند و در میان روش های اساسی یا بنیادین، آندسته نظریات که ارزش ذاتی سهام را در توان ایجاد در آمد شرکت ، جستجو می نماید را مورد حمایت بیشتری قرار می دهند؛زیرا با اصول فرضیه بازار کارآ نیز تطابق بیشتری دارد (جنانی، ۱۳۷۹).

دراین رویکرد ، برای تعیین ارزش ذاتی سهام از روشی ،تحت عنوان تجزیه و تحلیل اساسی، پایه ای یا بنیادین استفاده می شود که در واقع همان بکارگیری تمامی اطلاعات موجود و در دسترس است. در این روش وضعیت یک شرکت را با توجه به تمام ابعاد اصلی خرد و کلان ، مورد توجه و ارزیابی قرار می دهند. به بیان دیگر ، ابتدا اوضاع اقتصادی کشور را مد نظر قرار داده، وضعیت شاخص‌های با اهمیتی مثل GNP، نرخ تورم، نرخ ارز و به طور خلاصه سیاست های پولی و مالی دولت را بررسی می نمایند. سپس برای تعیین وضعیت صنعت مورد نظر، به نوع تولید، مصرف کنندگان و تقاضای عمومی، وجود کالاهای جانشین ،حمایت های دولت ، سیاست های قیمت گذاری و ثبات فروش توجه می کنند. در مرحله سوم به تجزیه و تحلیل شرکت پرداخته و پارامترهایی را از قبیل کیفیت

---

1- Intrinsic value

مدیریت، کارایی عملیاتی،قابلیت سود آوری و بررسی ساختار مالی آن ، مورد نظر قرار می دهند. سپس سهام شرکت ها به طور مجزا بر مبنای ریسک و بازده بررسی و انتخاب می شوند و نهایتاً سهام باقی مانده با پرتفویی از دارایی ها ترکیب می‌شوند (انواری رستمی، ۱۳۷۸).

### ۳ـ رویکرد مبتنی بر نظریه های مدرن مالی

پس از جنگ جهانی دوم، مجموع نظریه های جدیدی به جامعه مالی عرضه شد که عنوان نظریه های مدرن مالی را بخود گرفت . دیدگاه های ارایه شده دراین مطالعات ، با بررسی های گذشته ، تفاوتی اساسی داشت و در آن زمان، مورد استفاده وسیع دست اندکاران بازارهای سرمایه قرار گرفت. عمر نظریه های مدرن مالی در حدود نیم قرن است ظرف این مدت این نظریه ها مبنای محاسبه ارزش دارایی های مالی و پیش‌بینی قیمت اوراق بهادار بوده و کوشیده اند وضعیت بازار سرمایه را توضیح دهند (بت شکن ، ۱۳۸۰).

برای اولین بار پیتر برنستین[1] در کتاب انگاره های سرمایه[2] پیچیده تر شدن فناوری و عدم امکان رسم نمودار و درک پیام نوسانات بازار را مطرح کرد و اظهار داشت که دیگر نمی توان مانند کولی ها از روی برگ چای ،آیندهٔ قیمت ها را پیشگویی کرد. این دیدگاه و نتایج حاصل از برخی مطالعات موجب شدتا نظریه پردازان ، به بررسی فرضیه هایی روی آورند که در آن قیمت سهام به طریق تصادفی حرکت می کرد. این مفهوم علمی، گشت تصادفی[3] نامیده شد و بتدریج در نشریه ها و کتاب های معتبر جهان جای خود را باز کرد . بعدها یوجین فاما [4] به آن رسمیت بیشتری بخشید و با استفاده از مفروضات معین در سال ۱۹۶۵ ، رساله دکتری خود را به بررسی این موضوع اختصاص داد.

سه حوزه به هم پیوستهٔ فرضیه بازار کارآ، نظریه پرتفوی و مدل قیمت گذاری دارایی های سرمایه ای(CAPM) که از حوزه ها ی این رویکرد است ، مورد تایید محافل دانشگاهی قرار گرفته است . این نظریه ها بر بازارهای مالی جهان تأثیری عمیق گذاشته‌اند و پایه فکری نسلی از مدیران مالی و سرمایه‌گذاری بوده‌اند . در سال‌های گذشته، این اندیشه‌ها مرکز ثقل تصمیمات رد یا قبول سرمایه‌گذاری برای بسیاری از پروژه‌ها بوده‌اند (گنابادی وعبده تبریزی ،۱۳۷۵).

---

1. Peter Bernstein
2. Capital Ideas
3. Random Walk
4. Eyogin Fama

## ٤ـ رویکرد بی نظمی و پویایی غیر خطی

از اواسط دهۀ ۱۹۷۰ و به ویژه از سال ۱۹۹۰ کوشش های جدید و گسترده ای در زمینه پیش بینی قیمت سهام، با استفاده از روش های جدید ریاضی، سری های زمانی طولانی و ابزار پیشرفته آغاز گردید، که منجر به ظهور دیدگاه بی نظمی و پویایی های غیر خطی شد. از اواسط دهه میلادی زیادی بر روی اطلاعات قیمت و شاخص سهام در کشور های دارای بازارهای مالی پیشرفته انجام شد تا وجود ساختاری معین در اطلاعات قیمت سهام نشان داده شود و از این راه فرضیه گشت تصادفی را نقض کنند (خالو زاده، ۱۳۷۷).

اندیشمندان در این چارچوب، در جستجوی روش های علمی جدیدتری هستند و معتقدند، نظریه بی نظمی و پویایی غیر خطی می تواند مقدمه ارائه نظریه های علمی تازه ای در مدیریت مالی باشد. رنگ باختن نظریه های مدرن مالی به همراه دو پدیدۀ جهانی شدن بازارهای مالی و وجود قدرت های تکنولوژیک در سطح جهان، موجب شده است تا نظریه های مدرن مالی در بازارهای مختلف به سادگی مورد آزمون قرار گیرند و ناتوانی آنها در تبیین اقتصاد برای صاحبان اندیشه، روشن شود. بنابراین ،تناقض های آشکار میان نظریه های موجود و دنیای واقعی، موجب شده است تا دانشگاهیان و اهل نظر،نسبت به اعتبار نظریه های مدرن مالی موجود، تردید کنند و فرضیه بازار کارآ و به ویژه مدل یک متغیره شارپ[1] را به دیدۀ تردید بنگرند.

گروهی از صاحبنظران و اندیشمندان، قدم فراتر گذاشته و به پدیدۀ آشفتگی[2] توجه نمودند. آنها با استفاده از فنون جدید ریاضی، بازار را سیستمی پیچیده و در حال تحول می دانند و معتقدند، اگر زمینه و جوهرۀ بازار به درستی درک شود، هر قفلی در آن گشودنی است. این گروه، مانند ریاضی دانان و فیزیک دانان، اعتقاد دارند چنانچه هر پدیده‌ای به درستی مشاهده و بررسی شود، وقایع به ظاهر تصادفی آن تبیین پذیر است و اگر در خور پیش بینی نباشد، حداقل قابل درک خواهد بود.

طرفداران الگوی آشفتگی اذعان می کنند که رفتار قیمت ها به صورت غیر خطی است. حرکات قیمت سهام، ناشی از عوامل بسیار زیادی است که در هر لحظه از زمان در آنها تأثیر می گذارد. آنها در واقع معتقدند که به تعداد سرمایه گذاران،عامل تأثیر گذار بر قیمت سهام وجود دارد.

---

1. Sharp
2. Chaos

در این راستا به دلیل وجود روابط غیر خطی پیچیده با متغیرهای متعدد، توانایی و قابلیت مدل های رگرسیون خطی بدلیل زمان بر بودن آنها در پردازش اطلاعات کاهش می یابد و لذا باید از یک سری روابطی مبتنی بر شبکه های عصبی استفاده شود. در این سیستم، شبیه سازی رفتار بازار با سرعت زیادتر و دقت بالاتری صورت گرفته و در نتیجه توانایی در تصمیم گیری را بهبود بخشیده است.

دنیای پیچیده مالی ، شامل مسایل بسیار چالشی در رابطه با اطلاعات گذشته است که آینده را به وجود خواهد آورد. تصمیم گیری در بازارهای مالی ، اوراق قرضه، سهام، ارز، کالاها، مستغلات و همچنین بودجه بندی سرمایه ای،مسایل و مشکلات مالی و نظایر اینها، یک وضعیت پیچیده ای را جهت پیش بینی و طبقه بندی بوجود می آورد که مستلزم داشتن تجربه و دانش بالاست. یکی از ابزار بسیار مهم برای بهره برداری مناسب از این روابط، قضاوت هوشمندانه بر مبنای شبکه های عصبی مصنوعی به عنوان یکی از مؤلفه های هوش مصنوعی است که می تواند راهگشای مدیریت مالی باشد(عبده تبریزی وگنابادی ،۱۳۷۵).

## مدل‌های پیش بینی اقتصاد سنجی

وجه تمایز بین مدل های پیش بینی اقتصاد سنجی از سایر مدل های پیش بینی، استفاده از متغیرهای متعدد اقتصادی و اجتماعی است که به طور علّی با متغیر وابسته ارتباط دارند. این مدل ها متشکل از یک یا چند معادله توصیف کننده رابطهٔ بین متغیرهای مختلف است. مدل های اقتصاد سنجی سعی دارند تا رابطهٔ میان متغیرهای وابسته و مستقل را با استفاده از یک یا چند معادلهٔ رگرسیون، توصیف نمایند، امّا مدل های سری زمانی، این دسته از متغیرهای علّی را نادیده انگاشته و صرفاً به پردازش اجزای خود سری زمانی می پردازند.

برازش یک مدل اقتصاد سنجی، معمولاً با تعداد زیادی از متغیرها که احتمال دارد ارتباط تنگاتنگی با متغیر وابسته داشته باشند، شروع می شود . سپس این متغیرها با استفاده از داده های نمونه به گونه ای ترکیب می شود که مدل سازگار با سری زمانی شکل پیدا کند. با توجه به اینکه پیش بینی، با آینده سرو کار دارد،باید مدل پیش بینی به گونه ای انتخاب شود که با پدیده های احتمالی آینده سازگار بوده و بر بیان مقادیر و روابط آینده توانا باشد، نه این که صرفاً با گذشته سری زمانی سازگار باشد.

مدل رگرسیون خطی، یکی از مدل های معروف اقتصاد سنجی است که در موارد بسیاری، مدل مناسبی را برای تعیین روند بلند مدت در سری های زمانی ارائه می دهد. این مدل به تناسب تعداد متغیرهای مستقل یاتوصیف کننده، می تواند یک یا چند متغیره باشد. شکل عمومی این مدل در رابطهٔ شماره ۱ نشان داده شده است .

$$Y = a + \sum_{i=1}^{k} \beta_i x_i + e \qquad (1$$

که در آن Y متغیر وابسته و X متغیر مستقل است.

علاوه بر مدل رگرسیون خطی، مدل رگرسیون غیر خطی نیز وجود دارد که ممکن است در مواردی قدرت توصیف کنندگی بالاتری داشته باشد.

## مدل‌های چند عاملی

مدلهای چند عاملی فرض می کنند که بازده اوراق بهادار به حرکات عوامل ویا شاخصهای متعددی حساس است ، درحالی که در مدل بازار[1] فرض بر این است که اوراق بهادار صرفاً از شاخص بازار تبعیت می‌کند. به منظور برآورد صحیح تر بازده مورد انتظار، واریانس وهمبستگی اوراق بهادار، مدل‌های چند عاملی توانایی بالاتری از مدل بازار دارند. علت این امر آن است که بازده واقعی اوراق بهادار به عواملی بیش از صرف شاخص بازار حساس می باشد. به عبارت دیگر، در اقتصاد واقعی بیش از یک عامل تاثیر گذار بر بازده اوراق بهادار وجود دارد.

به عنوان یک فرآیند ایجاد بازده ، مدل‌های چندعاملی سعی دارند تا نیروهای عمده اقتصادی که به طور سیستماتیک قیمتهای کلیه اوراق بهادار را تغییر می دهند را کشف کنند. البته سرمایه گذاران نیز مدل عاملی را به طور ضمنی ویا صراحتاً در تصمیم گیریهای خود به کار می گیرند. برای برآورد مدلهای چندعاملی روشهای مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد که این روشها را می توان در بدو امر به سه دسته طبقه بندی کرد :

الف ـ روش سری زمانی

ب ـ روش مقطعی[2]

---

1. Market Model

2. Cross- Sectional

ج - روش تجزیه وتحلیل عامل[1]

در روش سری زمانی فرض بر آن است که تحلیلگر عوامل تأثیرگذار بر بازده سهام را پیشاپیش میداند.شناخت عوامل مرتبط معمولا از تجزیه وتحلیل های عوامل اقتصادی بر کل شرکت از جمله عوامل خرد وکلان اقتصادی ، ساختار صنعت و تجزیه وتحلیل اساسی اوراق بهادار بدست می آیند. در روش مقطعی ابتدا حساسیت اوراق بهادار به عوامل معین تخمین زده می شود وسپس در دوره زمانی خاصی ارزش عوامل مختلف بر مبنای بازده اوراق بهادار و حساسیت آنها به این عوامل برآورد می شود. این فرآیند طی چندین دوره تکرار شده به طوری که برآوردی از انحراف معیار عوامل و همبستگی آنها بدست می‌آید . در روش تجزیه وتحلیل عامل نه ارزش عوامل ونه حساسیت این عوامل مشخص است واز تکنیک آماری تجزیه وتحلیل عامل برای استخراج تعداد وحساسیت عوامل متعدد استفاده می شود . در هر صورت مدل برازش شده در مدل چندعاملی به شکل رابطه شماره ۲ می‌باشد :

$$R_{it} = a_i + b_{i1}F_{1t} + b_{i2}F_{2t} + \dots + b_{in}F_{nt} + e_{it} \qquad (۲$$

در مدل فوق $R_{it}$ بازده سهام i در زمان t و$a_i$ ، مقدار ثابت وbi برای هر سهم عددی ثابت و نشان دهنده حساسیت هر عامل ،F عامل مشترک برای کلیه سهام و $e_i$ جزء تصادفی معین برای هر سهم میباشد. (Sharp,1991)

## شبکه های عصبی مصنوعی

در سالیان اخیر شاهد حرکتی مستمر از تحقیقات صرفاً تئوری به تحقیقات کاربردی بویژه در پردازش اطلاعات برای مسایلی که یا برای آنها راه حلی موجود نیست و یا براحتی قابل حل نیستند، بوده ایم. با توجه به این واقعیت، علاقه فزاینده ای در توسعه نظری سیستم های پویای هوشمند آزاد از مدل[2] که مبتنی بر داده‌های تجربی هستند، ایجاد شده است. شبکه‌های عصبی مصنوعی[3] جزء این دسته از سیستم های پویا قرار دارند که با پردازش داده های تجربی ، دانش یا قانون نهفته در ورای داده ها را به ساختار شبکه منتقل می کنند.

---

1. Factor Analysiss
2. Model - Free
3. Artificial Neural Networks (ANNS)

به همین خاطر به این سیستم ها، هوشمند گویند؛ چرا که بر اساس محاسبات روی داده های عددی یا مثال ها ، قوانین کلی را فرا می گیرند. این سیستم های مبتنی بر هوش محاسباتی سعی در مدلسازی ساختار نرو- سیناپتیکی [1] مغز بشر دارند.

البته، باید گفت شبکه های عصبی مصنوعی با سیستم عصبی طبیعی قابل مقایسه نیستند و علیرغم اغراق هایی که در مورد این شبکه ها صورت می گیرد، این شبکه ها اصلاً سعی در حفظ پیچیدگی مغز ندارند (Hollnagel,1989).

شباهتهای شبکه های عصبی مصنوعی وبیولوژیکی عبارتند از :

۱ـ هم شبکه های عصبی مصنوعی و هم شبکه های عصبی بیولوژیکی دارای ساختار موازی هستند.

۲ـ بلوک های ساختاری هر دو شبکه، دارای دستگاههای محاسباتی خیلی ساده‌ای می‌باشند.

۳ـ ارتباط های بین نرون ها در هر دو شبکه، عملکرد شبکه را تعیین می نماید.

وجوه اختلاف این دو شبکه عبارتند از :

۱ـ نرون های شبکه های عصبی مصنوعی بسیار ساده تر از نرون های سیستم عصبی بیولوژیکی است.

۲ـ نرون های مصنوعی که توسط مدارهای الکتریکی ساخته می شوند بسیار سریعتر (حدوداً یک میلیون بار ) از نرون های بیولوژیکی عمل می کنند.

۳ـ ساختار مغز بسیار پیچیده تر از ساختار شبکه های عصبی مصنوعی است. به طوری که با وجود سرعت بالاتر نرونهای مصنوعی عملکرد مغز بسیار سریعتر از عملکرد یک رایانه معمولی است. علت این پدیده، ساختار کاملاً موازی نرونها می باشد. به شکلی که همهٔ نرون ها معمولاً به طور همزمان فعالیت می کنند و پاسخ می دهند (منهاج،۱۳۷۹).

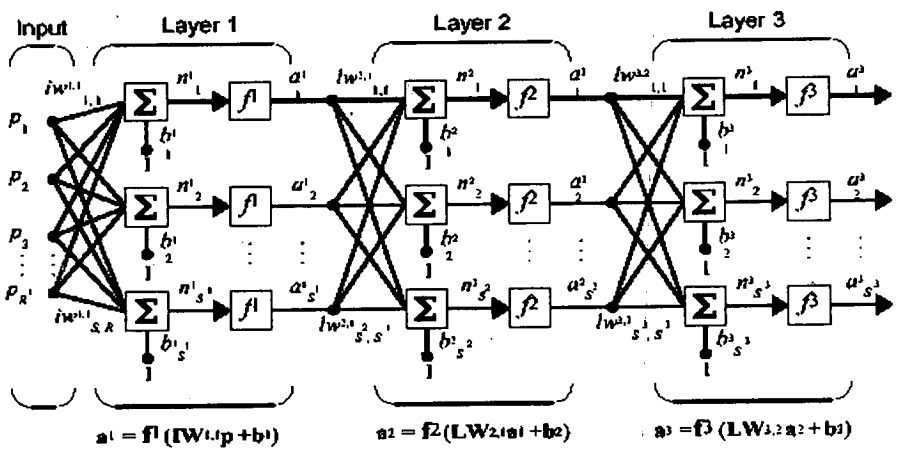
شبکه‌های عصبی مصنوعی دارای ویژگیهائی می باشند که آنها را در برخی از کاربردها مانند تخمین توابع، پیش بینی، تشخیص الگو، کنترل، رباتیک و بطور کلی در هر جا که نیاز به یادگیری یک نگاشت خطی و یا غیر خطی باشد، ممتاز می نمایند. از جمله این ویژگیها می توان به قابلیت یادگیری ،قابلیت تعمیم ،پردازش موازی و مقاوم بودن، اشاره نمود. تنوع مدل های شبکه عصبی و الگوریتم های یادگیری آنها، امکان کاربردهای

1. Neuro-Synaptic

مختلفی را برای آنهافراهم می آورد.(راعی،۱۳۷۷) به منظور موفقیت در انطباق با مسایل دنیای واقعی، باید ابعاد زیادی از جمله مدل شبکه ، اندازه شبکه، تابع فعالیت، پارامترهای یادگیری، و تعداد نمونه های آموزشی را مد نظر قرار داد(بت شکن ،۱۳۸۰). در دانش مدیریت مالی نیز از توانایی های شبکه عصبی در طبقه بندی ،تخمین تابع ،بهینه سازی و انواع پیش بینی ها استفاده شده است (راعی،۱۳۷۷).

## شبکه های عصبی پرسپترون چند لایه با الگوی پس انتشار خطا

برای حل مسایل پیچیده ، شبکه های تک نرونی با ورودیهای زیاد نیز به تنهایی کفایت نمی کند و حتی ساختار تک لایه جوابگو نیست، در این حالت ساختار شبکه های عصبی شامل لایه ورودی ، لایه خروجی و لایهٔ میانی یا پنهان است که بر توانایی های شبکه می افزاید. جریان سیگنالها از لایهٔ ورودی به میانی و سپس به لایهٔ خروجی است و هیچ سیگنالی بازخور نمی شود.معروف ترین شبکه از این نوع شبکه پرستپرون چند لایه[1] (MLP) است. نمودار شماره ۱، شبکه پرسپترون سه لایه را نشان می دهد (Mathwork,1998).




*نمودار ۱. شبکه پرسپترون سه لایه*

برای آموزش شبکه های عصبی پرسپترون چند لایه ، ازقانون یادگیری پس انتشار خطا[2] استفاده می شود. این قانون از دو مسیر اصلی تشکیل شده است ، مسیر اوّل، مسیر

1. Multi– Layer – Percepteron ( MLP )
2. Back propagation

رفت نامیده می شود که در این مسیر،بردار ورودی به شبکه MLP اعمال می شود و تأثیرات‌اش از طریق لایه‌های میانی به لایه‌های خروجی انتشار می‌یابد. بردار خروجی تشکیل یافته در لایه خروجی ، پاسخ واقعی MLP را تشکیل می دهد. در این مسیر ، پارامترهای شبکه ،ثابت و بدون تغییر در نظرگرفته می شوند(Haykin,1994).

مسیر دوم مسیر برگشت نامیده می شود. در این مسیر،برخلاف مسیر رفت، پارامترهای شبکه MLP تنظیم می شوند.این تنظیم بر اساس قانون اصلاح خطا صورت می گیرد. سیگنال خطا، در لایه خروجی شبکه تشکیل می گردد. بردار خطا مساوی اختلاف بین پاسخ مطلوب و پاسخ واقعی شبکه می باشد. میزان خطا، پس از محاسبه، در مسیر برگشت از لایه خروجی و از طریق لایه های شبکه در کل شبکه توزیع می شود. چون این توزیع، درخلاف مسیر ارتباطات وزنی سیناپس ها می باشد، کلمهٔ پس انتشار خطا جهت اصلاح رفتار شبکه برگزیده شده است. مراحل الگوریتم پس انتشار خطا را می توان به صورت زیر بیان نمود:

۱ـ شبکه ، یک داده یا مثال آموزشی دریافت نموده و با استفاده از وزنهای موجود در شبکه، خروجی مثال را محاسبه می کند.

۲ـ خطا که همان تفاوت بین نتیجه محاسبه شده و مقدار مورد انتظار یا واقعی است محاسبه می شود.

۳ـ خطای محاسبه شده ، درون شبکه منتشر شده و وزن ها برای کمینه سازی خطا تنظیم می شوند.(بت شکن ، ۱۳۸۰)

## داده‌ها و روش تحقیق

برای برازش مدل های مورد نظر، از اطلاعات مربوط به بازده روزانه سهام شرکت توسعه صنایع بهشهر و همچنین اطلاعات روزانه مربوط به شاخص کل قیمت سهام (TEPIX) ، نرخ ارز (دلار) در بازار موازی ارز (آزاد) و قیمت سکه بهار آزادی ازتاریخ ۱ /۱۰ / ۷۶ لغایت ۳۰ / ۹ / ۸۰ استفاده شده است. این اطلاعات مربوط به ۹۸۲ روز کاری بورس اوراق بهادار تهران و اطلاعات مربوط به متغیر های مستقل متناظر همان روز، است .خلاصه خصوصیات این داده ها در نگاره ۱ آمده است.

*نگاره ۱. ویژگی‌های آماری متغیرهای مورد استفاده در تحقیق*

| | شاخص کل | نرخ ارز | قیمت طلا | قیمت نفت | قیمت سهم | بازده تجمعی |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Mean | ۲۲۱۷,۵۳ | ۷۶۳۶,۰۳ | ۵۴۴۴۴۷,۰۴۷ | ۱۸,۶۱۱ | ۴۲۶۱,۰۷ | ۸۵,۸۹۵ |
| Standard Error | ۲۱,۷۷۲۹ | ۳۷,۶۲۳۱ | ۲۷۱۷,۳۸۵۰۶ | ۰,۲۱۲۹ | ۴۱,۱۹۸۵ | ۱,۸۱۴۶ |
| Median | ۱۹۵۰,۲۸ | ۸۰۲۰ | ۵۸۴۰۰۰ | ۱۹,۶۱۵ | ۳۸۵۰ | ۸۶,۹۷۸ |
| Mode | ۲۸۸۱,۶۶ | ۸۰۰۰ | ۶۱۰۰۰۰ | ۲۰,۱۵ | ۳۴۰۰ | ۱۳,۳۸۷ |
| Standard Deviation | ۶۸۲,۲۹۶ | ۱۱۷۸,۹۹ | ۸۵۱۵۴,۳۶۷۵ | ۶۶۷۰۹ | ۱۲۹۱,۰۳ | ۵۶,۸۶۴ |
| Sample Variance | ۴۶۵۵۲۷ | ۱۳۹۰۰۱۶ | ۷۲۵۱۲۶۶۳۰۶ | ۴۴,۵۰۱ | ۱۶۶۶۷۶۱ | ۳۲۳۳,۵ |
| Kurtosis | -۱,۱۳۴۹ | -۰,۰۰۶۱ | -۰,۶۵۲۴۲۶۶ | -۱,۲۹۱ | -۰,۰۷۵۸ | -۱,۰۶۶ |
| Skew ness | ۰,۶۰۶۹۱ | -۱,۱۰۹۱ | -۰,۹۱۴۸۵۱۷ | -۰,۰۴ | ۰,۹۴۳۲۱ | ۰,۱۴۶۷ |
| Range | ۲۰۶۵,۷۷ | ۴۷۲۰ | ۳۰۷۰۰۰ | ۲۷,۱۵ | ۵۲۴۹ | ۱۹۵,۷۶ |
| Minimum | ۱۴۷۲,۹۴ | ۴۷۸۰ | ۳۵۰۰۰۰ | ۷,۲۸ | ۲۲۵۱ | -۲,۲۲۶ |
| Maximum | ۳۵۳۸,۷۱ | ۹۵۰۰ | ۶۵۷۰۰۰ | ۳۴,۴۳ | ۷۵۰۰ | ۱۹۱,۵۳ |
| Sum | ۲۱۷۷۶۱۰ | ۷۴۹۸۵۷۷ | ۵۳۴۶۴۷۰۰۰ | ۱۸۲۷۶ | ۴۱۸۴۳۶۶ | ۸۴۳۴۹ |
| Count | ۹۸۲ | ۹۸۲ | ۹۸۲ | ۹۸۲ | ۹۸۲ | ۹۸۲ |

در پژوهشهایی که در برگیرنده ساخت مدل برای پیشبینی میباشد، برای سنجش مدلهای برازش شده و مقایسه نتایج آنها لازم است مجموعه ای از داده های جمع آوری شده را جهت برازش و یا آموزش مدل و مجموعه ای از داده ها را برای آزمایش مدلهای برازش شده در مرحله قبلی، بکار برد. بدیهی است، داده های مجموعه اخیر، در مرحله آموزش و یا برازش استفاده نشده است. همان طور که می دانیم، شبکه های عصبی مصنوعی جهت آموزش یافتن مناسب به مثال های زیادی نیاز دارند، همچنین حدوداً دو سوم داده های جمع آوری شده برای آموزش و یک سوم مابقی برای آزمایش عملکرد شبکه بکار می رود. در این راستا ، داده های مربوط به ۷۰۰ روز اول را بعنوان مجموعه آموزش ومابقی را که داده های مربوط به روز ۷۰۱ لغایت ۹۸۲ بوده و شامل دادههای ۲۸۲ روز کاری است را بعنوان مجموعه آزمایش برگزیدیم .

# مدل سازی وپیش بینی

## ۱ـ مدل چندعاملی

در این مرحله ، بر اساس تقسیم بندی داده های جمع آوری شده(۹۸۲ روزه ) ، به دو مجموعه آموزش(۷۰۰ روز اول ) و مجموعه آزمایش(۲۸۲ روز دوم ) ازکل داده ها ی موجود درمجموعه آموزش برای برازش مدل خطی استفاده به عمل آمد.

نرم افزارهای مورد استفاده شامل SPSS 10 و۲۰۰۰ EXCEL می باشد. برای دستیابی به بهترین مدل از مجموعه داده های مختلف به شرح زیر استفاده شده است.

الف. مجموعه ۴ متغیر مستقل و بازده روز بعد سهام

ب. مجموعه ۴ متغیرمستقل و بازده سهام یک ماه بعد

ج. مجموعه میانگین متحرک هفتگی متغیر های مستقل و بازده سهام در روزهشتم

د. مجموعه میانگین متحرک ماهیانه متغیر های مستقل وبازده سهام برای روز سی و یکم

هـ. مجموعه ۴ متغیر مستقل و بازده تجمعی روز بعد سهام

پس از تهیه مجموعه های فوق از بازده سهام شرکت ده شرکت به عنوان متغیر وابسته روی ۴ متغیری که قبلاً ذکر آن رفت ، بعنوان متغیر های مستقل، رگرسیون خطی چند متغیر گرفته شد. سپس با استفاده از تجزیه و تحلیل واریانس (نگاره ANOVA ) ، معنی داربودن رابطه رگرسیون و معنی دار بودن مقدار ضرایب هر متغیر و همچنین مقدار ثابت ، مورد آزمون قرار گرفت . بهترین مدل بدست آمده مربوط به مورد "هـ" یعنی" مجموعه ۴ متغیر مستقل و بازده تجمعی سهام روز بعد" بود .در نگاره‌های ۲ الی ٤ به ترتیب خلاصه آماره‌های مدل ، تجزیه وتحلیل واریانس وضرایب مدل آورده شده است که در آن :

y : بازده تجمعی تخمین زده شده توسط مدل ،

$x_1$:شاخص کل سهام بورس تهران،

$X_2$ :نرخ ارز،

$X_3$ : قیمت هربشکه نفت،و

$X_4$ .قیمت سکه طلا است.

**Model Summary (b)** *نگاره ۲. پارامترهای آماری مدل*

| Model | R | R Square | Adjusted R Square | Sfd. Error of the Estimate | Durbin-Watson |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | .979 (a) | .958 | .958 | 7.9167 | 1.671 |
| a Predictors: (Constant), oil, exchange rate, TEPIX, gold | | | | | |
| b Dependent Variable: Return | | | | | |

**ANOVA(b)** *نگاره ۳. خروجی*

| Model | | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Regression | 998824.558 | 4 | 249706.140 | 3984.226 | .000(a) |
| | Residual | 43558.216 | 695 | 62.674 | | |
| | Total | 1042382.774 | 699 | | | |
| a Predictors: (Constant), oil, exchange rate, TEPIX, gold | | | | | | |
| b Dependent Variable: Return | | | | | | |

**Coefficients (a)** *نگاره ۴. تخمین مدل*

| Model | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | T | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | B | Std.Error | Beta | | |
| 1 | (Constant) | -164.859 | 2.889 | | 57.070 | .000 |
| | TEPIX | 5.226E-02 | .002 | .461 | 24.374 | .000 |
| | Exchange rate | 1.141E-02 | .001 | .404 | 14.262 | .000 |
| | gold | 5.522E-05 | .000 | .132 | 3.663 | .000 |
| | oil | :711 | .109 | .126 | 6.539 | .000 |
| a Dependent Variable: Return | | | | | | |

پس از برآورد رگرسیون لازم است میزان اعتماد به آن رانیز بررسی کنیم . همانگونه که در نگاره ٤ می بینیم ضرایب ،انحراف معیار و مقادیر استاندارد شده ضرایب و آماره t محاسبه شده است . آخرین ستون بیانگر آن است که مقدار ثابت وکلیه ضرایب بجز ضریب متغیر سوم یا همان قیمت سکه طلا قابل اتکا می باشند. بنابر این باتوجه به مقدار بسیار کم ضریب طلا این ضریب در فاز آزمایش مدل حذف شده است. ضمنا نگاره ۳ نیز حاکی از عدم وجود شواهد کافی برای رد رابطه خطی بین متغیرهای وابسته و مستقل می باشد.

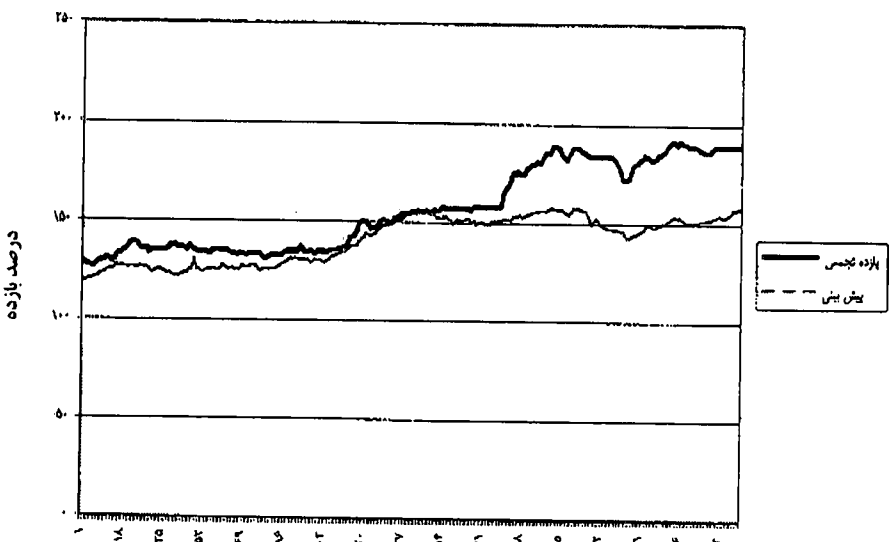
گام بعدی مربوط به تجزیه وتحلیل باقیمانده (جزء خطا) است. در صورتی که مدل برازش شده مناسب باشد باید این مدل الگوهای نظام مند موجود بین متغیرها را نشان دهدکه در این صورت اجزای باقیمانده یا اجزای خطای پیش بینی باید تصادفی بوده وفاقد

هـر گونه رونـدی باشـند . یکـی از روشـهایی که تجزیه وتحلیل باقیمانده را ممکن می سازد آزمـون دوربین ـ واتسون است . همانطور که می دانیم هر مقدار که آماره دوربین ـ واتسون بـه رقـم ۲ نزدیکـتر باشـد نشاندهنده مناسب بودن مدل وهرچه این مقدار از ۲ کمتر یا بیشتر باشـد بـه ترتیب نشان دهنده خود همبستگی مثبت یا منفی ونامناسب بودن مدل برازش شده اسـت . همانگونـه کـه در نگـاره ۲ آمـده اسـت مقـدار ایـن اماره برای مدل این تحقیق عدد ۱/٦۷۱ اسـت کـه نشـانگر وجـود مقادیر کم اهمیتی خود همبستگی مثبت در اجزای خطای مدل است که نسبتا این مقدار در سریهای زمانی عادی است .

حـال بـاید ببـنیم عمـلکرد مـدل برازش شده ، در مجموعه آزمایش و پیش بینی چگونه اسـت . بـرای ایـن کـار مقادیر متغیر های مستقل در مجموعه آزمایش را در معـادلـه منحنی بـرازش شـده توسط رگرسیون چند متغیره زیر قـرار می دهیم :

$$\hat{y} = x_5 x_4 + 0.489\, x_2 + 0.726 - 176.7 + 0.04 x_1 + 0.0097$$

نمودار شماره ۲ مقایسه مقادیر پیش بینی شده( $\overline{y}$ ) و واقعی( y ) را نشان می دهد :




*نمودار ۲. مقایسه بازده واقعی و پیش‌بینی مدل چندشاخصی*

بـرای بررسـی وتحلیل موفقیت مدل در امر پیش بینی از معیارهای رایج ارزیابی به شرح نگاره ۵ استفاده نمودیم.

*نگاره ۵. پارامترهای خطای مدل*

| معیار خطا | MAD | MAPE | MSE | RMSE |
|---|---|---|---|---|
| مقدار | 15.63 | %9.2 | 411.2 | 20.28 |

## ۲ـ مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی

با توجه به هدف این تحقیق که همان مقایسه بین عملکرد مدل چندعاملی و شبکه های عصبی می باشد ، مجموعه داده هایی که منتج به بهترین رگرسیون خطی چند عامله در مرحله پیش بینی شده است را انتخاب نموده و به عنوان مجموعه آموزش و آزمایش شبکه عصبی بکار می بندیم .

نرم افزار مورد استفاده جهت ساخت مدل شبکه های عصبی مصنوعی ،Matlab 6 می‌باشد . این نرم افزار یک زبان فنی باعملکردی قوی در محاسبات است که طی سالیان متمادی وباتوجه به نیاز استفاده کنندگان دچارتغییرات واصلاحات زیادی گردیده که ازجمله این تغییرات اضافه نمودن جعبه ابزار شبکه عصبی به آن است .

شبکه های عصبی دارای مولفه‌های بسیار زیاد و معماری های متفاوتی می باشند که استفاده از تمامی این مولفه ها و معماری ها از حوصله این تحقیق خارج است . بنابراین باتوجه تحقیقات قبلی انجام شده در زمینه تقریب توابع و پیش بینی قیمت سهام (خالوزاده، ۱۳۷۷ و راعی، ۱۳۷۷) شبکه های عصبی پرسپترون چند لایه ( MPL ) با الگوریتم یادگیری پس از انتشار خطا استفاده شد .

تعداد بردار ورودی و نرون در لایه خروجی بوسیله نگاشتی که بر شبکه ارائه می شود قابل تعیین است ،اما متاسفانه تعداد لایه میانی(پنهان) و تعداد نرون در هر لایه پنهان مساله‌ای است که کار با شبکه‌های عصبی را دشوار و و قت گیر می نماید . اگر تعداد لایه‌های پنهان و تعداد نرون‌های هر لایه کافی نباشد، شبکه نمی تواند به طور مناسب به یک جواب بهینه همگرا شود و اگر تعداد آنها بیش از حد لازم باشد ، شبکه دچار بی ثباتی می شود (جعفر پور ،۱۳۷۹)، بنابراین تعداد لایه پنهان هر شبکه و تعداد نرون در هر لایه مهم است .

از سوی دیگر برای اینکه آموزش شبکه سریعترانجام شود و ورودی ها زو دتر به یک جواب بهینه همگرا شوند مرتب ( نرمالایز) نمودن داده ها اثر بسزایی در این امر دارد .

یکی از مشکلات کار با شبکه های عصبی نامشخص بودن مقدار بهینه تکرار در مرحله آموزش به شبکه است . نحوه ارائه مثالها به شبکه برای آموزش می تواند دسته ای و سیکلی باشد . حال اگر تعداد دفعات ارائه مجدد داده ها به شبکه از حد نیاز بیشتر باشد شبکه شروع به یاد گیری خطا ها مینماید وبه آن اصطلاحاً از بر کردن[1] می گویند .

برای اجتناب از این موضوع روشهای متعددی وجود دارد که دو نوع از آن را اجمالا توضیح می دهیم :

۱ ـ قانونمند سازی خود کار[2]

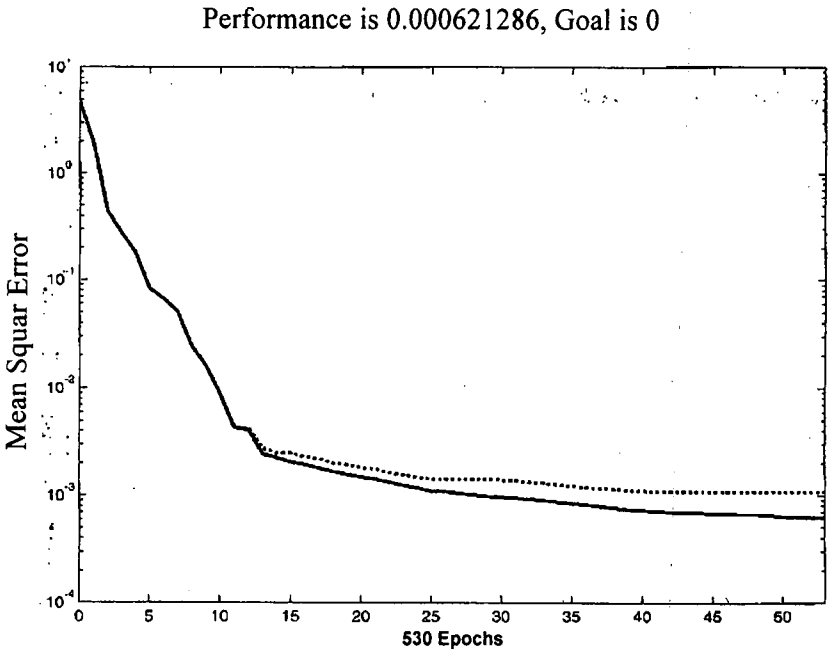
۲ ـ توقف زودرس[3]

ما در این تحقیق از روش دوم استفاده نمودیم . دراین روش لازم است تعدادی از دادههای مجموعه آموزش ( مثلا یک سوم ) را به عنوان مجموعه ارزیابی جداکنیم .

هنگام آموزش شبکه ، باقیمانده داده های مجموعه آموزش به شبکه ارائه شده و به صورت همزمان میانگین مجذور خطا محاسبه می‌شود . به طور هم زمان تنها ورودی مجموعه ارزیابی نیز به شبکه ارائه شده و خروجی شبکه محاسبه شده و با خروجی مجموعه ارزیابی مقایسه می شود و هم زمان میانگین مجذور خطای آن محاسبه می شود . حال اگر با افزایش سیکل تکرار[4] معیار خطای هر دو مجموعه کاهش یابد ، شبکه به تکرار ادامه می دهد . در غیر اینصورت ، شبکه در آموزش متوقف می شود . ما از این روش برای طرح‌های مختلف شبکه استفاده نمودیم . شبکه با طرح ۱ ـ ۳۰ ـ ۱۵ ـ ۴ با تکرار ۳۰۰ سیکل بهترین نتیجه را ارائه می دهد و پس از آن شروع به یاد گیری خطا می نماید. نمودار شماره ۳ این وضعیت را نشان می دهد .

---

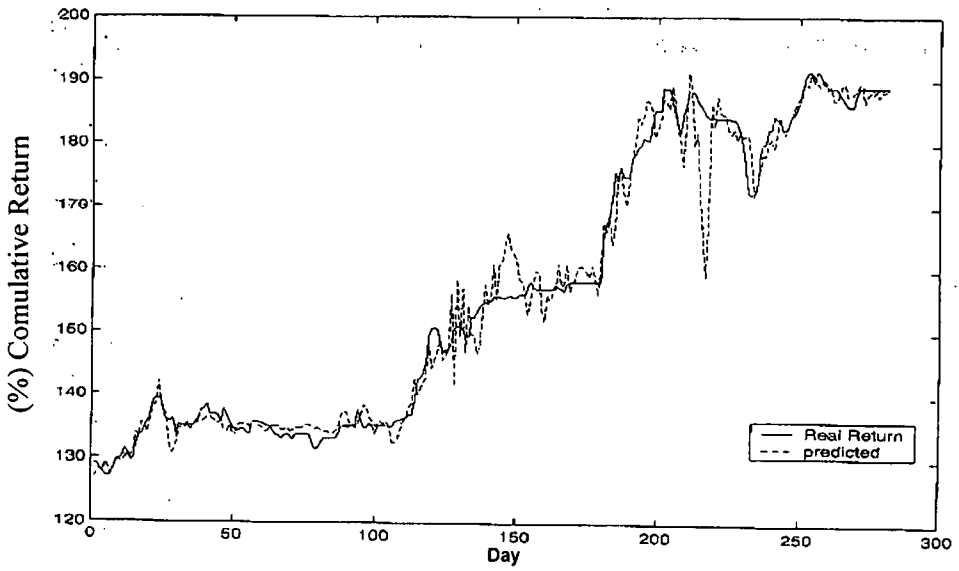
1. Over Fitting
2. Automated Regularization
3. Early Stopping
4. Epochs




*نمودار ۳. خروجی شبکه با طرح ۱ـ۳۰ـ۱۵ـ۴ (دورهٔ آزمایش)*

همانگونه که گفته شده شبکه عصبی با طرح ۱ ـ ۳۰ ـ ۱۵ ـ ۴ با آموزش ۵۳۰ تکرار دارای بهترین نتیجه بود . این شبکه دارای لایه ورودی ۴ تایی به ازاء هر متغیر مستقل و لایه خروجی تک نرونی به ازای بازده سهم در روز بعد می باشد . لایه های پنهان اول و دوم به ترتیب دارای ۱۵ و ۳۰ نرون با توابع تبدیل سیگوئیدی[1] هستند . تابع تبدیل لایه خروجی یک تابع خطی[2] است . با استفاده از داده های ۲۸۲ روزه مجموعه آزمایش اقدام به پیش بینی نمودیم . نمودار شماره ٤، عملکرد شبکه را نشان می‌دهد.

1. Tansing
2. Purelin




*نمودار ۴. خروجی شبکه با معماری ۱ـ۳۰ـ۱۵ـ۴ (دورهٔ آزمایش)*

نگاره ٦ معیارهای خطای مربوط به پیشبینی با شبکه عصبی مذکور را نشان میدهد.

*نگاره ۶ پارامترهای خطای خروجی شبکه عضمی*

| معیارهای خطا | MAD | MAPE | MSE | RMSE |
|---|---|---|---|---|
| مقدار | ۳/۷۲ | ٪۰/۶۲ | ۱۸/۲۶ | ۴/۲۷ |

## مقایسه عملکرد مدل پیش بینی عاملی و شبکه عصبی مصنوعی

در این قسمت به مقایسه پیش بینی های صورت گرفته مدل عاملی و شبکه عصبی میپردازیم . برای این کار آماره های محاسبه شده و همچنین معیارهای خطای بدست آمده از دو مرحله قبل را مورد مقایسه قرار می دهیم . نگاره ۷ معیارهای خطای بهترین مدل عاملی و بهترین شبکه عصبی را به طور مقایسه ای نشان می دهد .

*نگاره ۷. مقایسه معیارهای خطای خروجی شبکه و مدل چندعامل*

| نوع مدل | MAD | MAPE | MSE | RMSE |
|---|---|---|---|---|
| چندعاملی | ۱۵/۶۳ | ٪۹/۲ | ۴۱۱/۲ | ۲۰۰/۲۸ |
| شبکه عصبی مصنوعی | ۳/۷۲ | ٪۰/۶۲ | ۱۸/۲۶ | ۴/۲۷ |

همانگونه که نگاره فوق نشان می دهد، عملکرد شبکه عصبی مورد استفاده با توجه به تمامی معیارهای خطا بهتر از عملکرد مدل عاملی است .

## بحث و نتیجه‌گیری

مهمترین نتایج این تحقیق عبارتند از :

۱ـ بازده سهام در بورس اوراق بهادار قابل پیش‌بینی و متأثر از متغیرهای کلان اقتصادی است، به طوری که می‌توان علت نوسانات قیمت سهام را در این متغیرها جستجو کرد. البته هر شرکت نیز برای خود متغیرهای خاصی دارد که تأثیر آن در مدل به صورت خطا آشکار می‌شود.

۲ـ گرچه مدل چندشاخصی قادر به پیش‌بینی بازده سهام با استفاده از متغیرهای کلان اقتصادی می‌باشد اما شبکه‌های عصبی مصنوعی در این امر موفق‌ترند و می‌توانند خطای پیش‌بینی را به طور معنی‌داری کاهش دهند.

۳ـ مدل‌سازی با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی، قابلیت انعطاف‌پذیری بسیار زیادی دارد. مهمترین عامل مؤثر بر این انعطاف‌پذیری، گستردگی انواع مختلف پارامترهای هرنرون، هر لایه و هر شبکه است. برای هر شبکه عصبی، می‌توان نرون‌هایی با توابع فعالیت و اریب‌های مختلف، برای هر لایه، تعداد، نوع و ارتباطات مختلف و برای هر شبکه، لایه‌های مختلفی را طراحی کرد.

٤ـ ارتباط بین بازده سهام و متغیرهای کلان اقتصادی همواره ثابت نیست و به علل مختلف،این همبستگی دچار تغییر می‌شود. بنابراین برای برازش مدل‌هایی که هدف آن پیش‌بینی افق‌های کوتاه‌مدت است بهتر است از سری‌های زمانی نزدیک‌تر استفاده نشود.

## منابع و مآخذ

آذر، عادل و منصور مؤمنی. ۱۳۷۷. آمار و کاربرد آن در مدیریت. ج ۲. انتشارات سمت.

انواری رستمی، علی‌اصغر. ۱۳۷۸. مدیریت مالی وسرمایه گذاری. انتشارات.

بت شکن، محمود. ۱۳۸۰. پیش بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه‌های عصبی ـ فازی و مقایسه آن با الگوهای خطی پیش بینی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران.

پناهیان، حسین. ۱۳۷۹. استفاده از شبکه های عصبی برای پیش بین روند شاخص قیمت سهام در بورس اوراق بهادار تهران. رساله دکتری. دانشگاه آزاد اسلامی.

جعفرپور، فرهاد. ۱۳۷۹. توسعه سیستم های انتخاب هوشمند مجموعه سهام. پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق و کنترل. دانشگاه تهران.

جنانی، محمد حسن. ۱۳۷۹. بررسی رابطه همجمعی بین شاخص کل قیمت سهام در بورس اوراق بهادار تهران و متغیرهای کلان اقتصادی. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات.

جهانخانی، علی و علی پارساییان. ۱۳۷٤. بورس اوراق بهادار. چاپ اول. تهران: انتشارات دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران.

خالو زاده، حمید. ۱۳۷۷. مدل ساز غیر خطی و پیش بینی رفتار قیمت سهام در بازار بورس تهران. رساله دکتری الکترونیک. دانشگاه تربیت مدرس.

راعی، رضا، طراحی مدل سرمایه گذاری مناسب در سبد سهام با استفاده از شبکه های عصبی. رساله دکتری. دانشکده مدیریت دانشگاه تهران.

گنابادی، محمد و حسین عبده تبریزی. ۱۳۷۵. تردید در اعتبار مدل های مالی. حسابدار. شمارهٔ ۱۱۵ شهریور.

منهاج، محمد باقر. ۱۳۷۹. مبانی هوش محاسباتی. ج ۱ و ۲ . نشر دانشگاه صنعتی امیر کبیر.

Atiya. A., & et al. 1997. An Efficient Stock Market Forecasting Model Using Neural Net.***The Fournational conf. On N.N in Capital Matkets***. M.I.T Press.

Baba, N. & M. Kozaki. 1997. An Efficient Forecasting Systems of Stock Price Using Neural Networks. ***IEEE int.con on.Neural Networks***.Vol,14

Haykin, Simon. 1994. ***Neural Networks: A Comprehensive Foundation***. Prentice-Hall.

Hollnagel, Erik. 1989. ***The Reliability of Expert Systems***. Ellis Horwood Ltd.

Master, Timothy. 1995. ***Neural, novel and hybrid algorithem for time series prediction***. John willey & son.

Neural Computing Research and Application.1992. ***proceeding of the second International Conference on Artificial Neural Networks***. Irish.

Neural Network Toolbox Help for use With MATLAB. 1998. Mathwork Inc.