فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار
شماره سی و نهم / تابستان ۱۳۹۸

مقایسه عملکرد مدل پنج عاملی فاما و فرنچ و انواع رویکردهای شبکه عصبی و عصبی فازی در پیش بینی قیمت سهام

رضا تهرانی[۱]
میلاد حیرانی[۲]
سمیرا منصوری[۳]

تاریخ دریافت مقاله : ۹۷/۰۴/۰۵ تاریخ پذیرش مقاله : ۹۷/۱۰/۰۱

چکیده

یکی از مهم‌ترین موضوعات مطرح بازارهای مالی پیش‌بینی قیمت و بازده سهام است. در این پژوهش سعی می‌شود بهترین مدل و رویکرد پیش‌بینی قیمت سهام با توجه به شاخص‌های میانگین مربعات خطا (MSE)، مجذور میانگین مربعات خطاها (RMSE)، ضریب تعیین (R^2) انحراف معیار (S.D)، میانگین قدر مطلق خطاها (MAE) و معیار میانگین قدر مطلق خطاها (MAPE) برای مدل پنج عاملی فاما و فرنچ انتخاب شود. بدین منظور پس از تشکیل پرتفوی با توجه به مدل پنج عاملی فاما و فرنچ در بازه زمانی ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۵ قیمت سهام توسط مدل اقتصادسنجی، رویکردهای شبکه عصبی، شبکه عصبی بهینه سازی شده، شبکه عصبی فازی بهینه سازی شده شبکه عصبی پایه شعاعی، شبکه عصبی GMDH، شبکه عصبی SVR و شبکه‌های عصبی فازی پیش‌بینی و دقت هر کدام از رویکردها برآورد شده است. نتایج پیش‌بینی بازدهی پرتفوی‌های تشکیل شده، نشان می‌دهد که دقت پیش‌بینی شبکه عصبی تابع پایه شعاعی (RBF) نسبت به دیگر مدل‌های ARMA و شبکه‌های عصبی بسیار بالا است.

کلمات کلیدی

پنج عاملی فاما و فرنچ، قیمت سهام، شبکه عصبی، GMDH، RBF، SVR

۱ استاد، گروه مدیریت دانشگاه تهران، تهران، ایران rtehrani @ ut.ac.ir
۲ کارشناس ارشد مدیریت مالی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.(نویسنده مسئول) Milad.Heyrani8@Gmail.com
۳ کارشناس ارشد مدیریت مالی، دانشگاه تهران، تهران، ایران smansouri1370@gmail.com

مقدمه

قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای به ویژه سهام از مهم‌ترین مسائل فراروی سرمایه‌گذاران و فعالان در بازار سرمایه است. بدین‌جهت پژوهشگران علاقه‌مند هستند ضمن قیمت‌گذاری دقیق سهام به پیش‌بینی بازده مورد انتظار بپردازند. مدل‌های قیمت‌گذاری سرمایه‌ای از روش‌های متداول قیمت‌گذاری سهام است. توسعه این مدل‌ها در ادبیات و مبانی علمی مدیریت مالی مدنظر قرارگرفته است. از زمان ارائه مدل قیمت‌گذاری دارایی سرمایه‌ای، محققان مالی به دنبال آزمون این مدل برای سنجش توانایی آن در تبیین رفتار سرمایه‌گذاران در بازارهای مالی بوده‌اند. مطالعات اخیر که از اواخر دهه ۷۰ شروع شد، شامل مقالاتی از محققین مالی بود که قدرت پیش‌بینی مدل قیمت‌گذاری دارایی سرمایه‌ای را به چالش کشید. فاما و فرنچ[1] (۱۹۹۳,۱۹۹۲) شواهدی مبنی بر اینکه مدل قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای شارپ (۱۹۶۴) نمی‌تواند تغییرات مقطعی[2] مرتبط با عوامل اندازه شرکت و نرخ ارزش دفتری به بازار سهام، بازدهی سهام را توضیح دهد ارائه کردند. لذا آن‌ها یک مدل سه عاملی که شامل عوامل اندازه شرکت و نسبت ارزش دفتری حقوق صاحبان سهام به ارزش بازار حقوق صاحبان سهام را علاوه بر عامل بازار ارائه کردند. طبق تحقیقات انجام‌شده در طی این مدت مشخص شد که مدل سه عاملی مشکلاتی در تبیین تغییرات مقطعی بازدهی سهام دارد. همچنین شواهدی وجود دارد مبنی بر اینکه سودآوری و سرمایه‌گذاری نیز با بازدهی سهام ارتباط دارند. فاما و فرنچ (۲۰۱۵) از مدل تنزیل جریانات نقدی، تحت فرض حسابداری مازاد تمیز، برای توضیح اینکه چرا این متغیرها نیز با بازدهی در ارتباط هستند استفاده کردند و بر اساس شواهد تجربی عوامل سودآوری و سرمایه‌گذاری را به مدل سه عاملی اضافه کردند. تحقیقات فاما و فرنچ نشان داد که مدل پنج عاملی قیمت‌گذاری، قابلیت توضیح‌دهندگی بازدهی سهام را دارد اما در تبیین رفتار سهام با بازدهی پایین در شرکت‌های کوچک که از سرمایه‌گذاری بالایی برخوردارند ولی سودآوری پایینی دارند، موفق نبوده است.

برای پیش‌بینی قیمت سهام به‌خصوص مدل ۵ عاملی فاما و فرنچ در بازارهای بورس دنیا از روش‌های مختلفی نظیر تحلیل‌ها، رگرسیون‌ها و سری‌های زمانی استفاده شده است. از روش‌های غیرخطی دقیق‌تری برای این منظور کمک گرفته شده است که عمدتا مبتنی بر تکنیک شبکه‌های عصبی است. ازآنجا که شبکه‌های عصبی قادرند طرح‌های غیرخطی بین داده و ستاده را کشف و بر اساس آن مدل تدوین نماید، جهت پیش‌بینی قیمت سهام در بازارهای بورس استفاده می‌شوند. حال با توجه به نارسایی‌های مطرح‌شده در مدل‌های برآورد مدل این ضرورت آشکار می‌گردد که

کدام‌یک از این مدل‌های اقتصادسنجی و هوش مصنوعی در برآورد و پیش‌بینی مدل پنج عاملی قیمت‌گذاری فاما و فرنچ بازدهی سهام در بخش‌های مختلف بازار بورس اوراق بهادار تهران را بهتر تبیین می‌کنند.

در این پژوهش به بررسی این موضوع پرداخته می‌شود که آیا قدرت تبیین بازدهی سهام در مدل پنج عاملی فاما و فرنچ با استفاده از روش‌های اقتصادسنجی، از رویکردهای هوش مصنوعی بیشتر است؟

مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

پیشینه پژوهش

فاما و فرنچ[۳] (۱۹۹۲) عوامل مختلفی که طی تحقیقات گذشته با بازده رابطه داشته‌اند را در تحقیقی بین فاصله زمانی ۱۹۶۳ تا ۱۹۹۰ موردبررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که دو عامل اندازه و نسبت ارزش دفتری سهام به ارزش بازار سهام متغیرهایی هستند که ارتباط بیشتری با بازدهی دارند. فاما و فرنچ (۱۹۹۳) با توجه به تحقیقات قبلی خود درزمینه‌ی عوامل مؤثر بر بازدهی مازاد، مدل قیمت‌گذاری سه عاملی فاما و فرنچ معرفی و ارائه کردند. آن‌ها علاوه بر عامل اصلی بازار، دو عامل اندازه و نسبت ارزش دفتری به ارزش بازار سهام را نیز وارد مدل قیمت‌گذاری خود کردند. در این تحقیق که در بازه زمانی سال‌های ۱۹۶۳ تا ۱۹۹۰ انجام پذیرفت شرکت‌ها بر اساس اندازه به طبقه کوچک و بزرگ و بر اساس نسبت B/M به سه‌طبقه تقسیم شدند و سی درصد بالاتر را سهام ارزشی، چهل درصد میانی را سهام خنثی و سی درصد پایین‌تر را سهام رشدی نامیدند. نتایج نشان داد که عملکرد نسبت B/M از D/P و E/P بهتر است. کینگ کاو و همکاران (۲۰۰۵) در تحقیقی که بر روی شرکت‌های مورد معامله در بازار سهام شانگهای (SHSE) و در دوره زمانی ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۲ انجام شد، به مقایسه مدل‌های خطی تک متغیره مانند CAPM[۴]و خطی چندمتغیره مانند FF با مدل‌های شبکه‌های عصبی تک متغیره و چندمتغیره پرداختند .خطاهای پیش‌بینی مدل‌ها با استفاده از شاخص‌های میانگین مربعات خطا (MSE)، میانگین قدر مطلق انحراف (MAD)، میانگین قدر مطلق درصد خطا (MAPE) و انحراف استاندارد (SD) محاسبه و با یکدیگر مقایسه شد و درنهایت فرضیه مدل که بین دقت پیش‌بینی روش‌های خطی و شبکه عصبی غیرخطی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد با استفاده از آزمون t جفت شده در سطح معنی‌داری 11 % رد شد و برتری مدل شبکه عصبی مصنوعی ثابت شد. مینگ چی لی[۵] (۲۰۰۹) به پیش‌بینی شاخص

نزدیک با مدل ترکیبی تخمینگر بردار پشتیبان (SVR) و مقایسه آن با شبکه‌های عصبی پرداخته است. داده‌های تحقیق از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۷ بوده که ۸۰٪ داده‌ها جهت آموزش مدل و ۲۰٪ داده‌ها برای آزمون استفاده گردیده است. نتایج تحقیق نشان از برتری مدل ترکیبی تخمین‌گر بردار پشتیبان (SVR) نسبت به شبکه عصبی است. هداوندی و همکارانش[۶](۲۰۱۰)، یک سیستم خبره مبتنی بر سیستم‌های فازی ژنتیک و شبکه‌های عصبی مصنوعی ارائه نمودند که به پیش‌بینی قیمت سهام می‌پردازد .در مدل ایشان، قیمت آغازین، قیمت پایانی، بیشترین قیمت و کمترین قیمت روزانه به‌عنوان متغیرهای مستقل و پیش‌بینی قیمت پایانی روز بعد به‌عنوان متغیر وابسته مدل در نظر گرفته شد .نتایج نشان داد که این رویکرد بهتر از روش‌های قبلی عمل .می‌کند. فاما و فرنچ (۲۰۱۴) در مقاله‌ای با عنوان یک مدل قیمت‌گذاری پنج عاملی دو عامل سودآوری و سرمایه‌گذاری را به مدل سه عاملی قیمت‌گذاری فاما و فرنچ افزودند. نتایج ایشان نشان داد که مدل پنج عاملی قیمت‌گذاری قابلیت توضیح‌دهندگی بازدهی سهام را دارد. همچنین نتایج حاکی از این است که مدل قیمت‌گذاری پنج عاملی نسبت به تعریف کردن عوامل حساس نیست و نتایج یکسانی به دست می‌آید. فاما و فرنچ (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای به آزمون مدل پنج عاملی در سطح جهانی طی بازه سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۴ پرداختند. نتایج گویای این است که در شمال آمریکا، اروپا و آسیا و اقیانوسیه بازدهی سهام با B/M و سودآوری رابطه مثبت و با سرمایه‌گذاری رابطه منفی دارد. این الگو در شرکت‌ها با اندازه کوچک قوی‌تر از شرکت‌ها با اندازه بزرگ است ولی در کشور ژاپن همبستگی میان بازدهی با سودآوری و سرمایه‌گذاری کم است.

امیری (۱۳۸۸) در پژوهش خود با موضوع ارائه مدل پیش‌بینی شاخص کل قیمت سهام با رویکرد شبکه‌های عصبی به این نتیجه رسید که مدل شبکه عصبی پرسپترون و پایه شعاعی توانایی بالایی در پیش‌بینی شاخص قیمت سهام بورس اوراق بهادار تهران را دارد .هدف این مقاله ارائه مدل پیش‌بینی شاخص قیمت سهام در بورس اوراق بهادار با شبکه عصبی مصنوعی بوده است. نتایج تجربی نشان می‌دهد کهMLP، RBF، GRNNروش‌های مدل‌های پیشنهادی پیش‌بینی نه تنها باعث بهبود دقت پیش‌بینی ناشی از استفاده از شبکه‌های عصبی می‌شود بلکه با سه روش مقایسه‌ای انجام می‌دهد. معمار نژاد و فرمان‌آرا در پژوهش خود به پیش‌بینی قیمت طلا در بورس کالای ایران با رویکرد شبکه عصبی GMDH پرداختند. آن‌ها با استفاده از متغیرهای کلان اقتصادی به پیش‌بینی قیمت طلا با استفاده از انواع رویکردها شبکه عصبی GMDH پرداختند، نتایج نشان از عملکرد بهتر شبکه عصبی GMDH در پیش‌بینی قیمت طلا داشت. ابریشمی و همکاران (۲۰۰۸)، در تحقیقی

مبتنی بر الگوریتم ژنتیک به پیش‌بینی قیمت بنزین با دو روش شبکه عصبی قیاسی و قواعد تحلیل تکنیکی، پرداختند .متغیرهای ورودی در روش قیاسی شامل کلیه عوامل مؤثر بر قیمت بنزین و در روش تحلیل تکنیکی شامل میانگین‌های متحرک کوتاه‌مدت و بلندمدت بود. نتایج نشان از دقت بیشتر تحلیل تکنیکی داشت.. تهرانی و مرادپور (۱۳۹۱) در پژوهش خود به دنبال بررسی عملکرد شبکه عصبی پایه شعاعی برای پیش‌بینی بازده شاخص بودند. بدین منظور از شاخص بورس اوراق بهادار تهران استفاده شد تا عملکرد شبکه عصبی شعاع پایه و شبکه عصبی پرسپترون مقایسه شوند. نوع آزمون عملکرد شبکه‌های عصبی بر اساس حداقل مربعات خطا در دو رویکرد درون نمونه‌ای و برون نمونه‌ای به‌کار گرفته شد. نتایج پژوهش در رویکرد درون نمونه‌ای برتری شبکه عصبی شعاع پایه و در رویکرد برون نمونه‌ای برتری شبکه عصبی پرسپترون را نمایش داد.

شمس و پارسائیان (۱۳۹۱)، در پژوهشی به مقایسه مدل سه عاملی فاما و فرنچ و مدل شبکه عصبی رگرسیون عمومی، برای پیش‌بینی بازدهی سهام شرکت‌های بورس اوراق بهادار تهران در قلمرو زمانی سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۷ می‌پردازد .نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که بین میانگین خطای مدل‌ها در پیش‌بینی بازدهی سهام شرکت‌ها و پرتفوی‌های تشکیل شده اختلاف معنی‌داری وجود دارد که این اختلاف حاکی از برتری مدل شبکه عصبی رگرسیون عمومی بر مدل فاما و فرنچ در پیش‌بینی بازدهی سهام شرکت‌ها و پرتفوی‌ها م باشد. آذر و افسر (۱۳۸۵) در تحقیقی تحت عنوان مدل‌سازی پیش‌بینی قیمت سهام با رویکرد شبکه‌های عصبی فازی به پی بینی قیمت سهام با استفاده از دو روش شبکه عصبی فازی و روش آماری ARIMA پرداختند .نتایج بیانگر آن بود که مدل شبکه عصبی فازی ارائه شده، با دقت خوبی قیمت سهام را پیش‌بینی می نماید و عملکرد آن از روش ARIMA بهتر است. ایزدی نیا و حاجیان نژاد (۱۳۹۳) در تحقیقی به مقایسه مدل اصلی سه عاملی فاما و فرنچ با مدل اصلی چهار عاملی کارهارت در تبیین بازده سهام شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران پرداختند. آن‌ها با استفاده از داده‌های بورسی در بازه زمانی ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۰ به دنبال مقایسه توان توضیح دهندگی این دو مدل با بازده سهام بوده و به این نتیجه رسیدند که مدل‌های چندعاملی نسبت به مدل تک عاملی کارایی بیشتری دارند. همچنین به این نتیجه رسیدند که مدل چهار عاملی کارهارت مزیت نسبی نسبت به مدل سه عاملی فاما و فرنچ ندارد. زمانی و همکاران (۱۳۹۳) پژوهش به دنبال ارائه مدلی است که در آن پتانسیل آتی سهام، توسط شبکه‌های عصبی فازی پیش‌بینی می‌شود و بر اساس پیش‌بینی‌های به‌دست آمده، مدل‌های ریاضی بهینه‌سازی بر مبنای فاکتورهایی چون میانگین، واریانس و چولگی سبد سهام ارائه می‌شود .

سپس، این مدل‌ها با استفاده از الگوریتم ژنتیک حل می‌گردند .نتایج تحقیق بیانگر آن است که مدل‌های ارائه‌شده در این مقاله، در مقایسه با روش‌های سنتی و شاخص بازار، بازدهی بالاتری را برای سرمایه‌گذاران فراهم می‌نماید صالحی و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهش خود به مطالعه پیش‌بینی تغییرات شاخص قیمت سهام صنعت بانک‌ها و نهادهای پولی در بورس اوراق بهادار تهران طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۲ با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی پراختند که بر اساس پیشینه پژوهش‌های قبلی ۴۸ متغیر انتخاب شد. نتایج پژوهش نشان داد الگوریتم‌های پیشنهادی فوق در مجموع توانایی بالایی در پیش‌بینی شاخص قیمت سهام در نسبت سایر الگوریتم‌های ANFIS داشت و الگوریتم PSOعملکرد بهتری جهت پیش‌بینی تغییرات شاخص قیمت سهام از خود نشان داد. عیوض‌لو و همکاران (۱۳۹۶) بدنبال ارزیابی عملکرد مدل پنج عاملی فاما و فرنچ در بورس اوراق بهادار تهران بودند .بدین منظور از آزمون مدل پنج عاملی استفاده شد.نتیجه‌ی تحقیق نشان داد که با کنترل عوامل سودآوری و سرمایه‌گذاری، کماکان مدل سه عاملی مدل مناسبی برای توضیح بازده مازاد پرتفوی‌های مطالعه شده است و عامل اضافه شده ، کارایی مدل را افزایش نمی داد.

مدل پنج عاملی فاما و فرنچ

همانند فاما و فرنچ (۲۰۱۴) الگوی مورداستفاده جهت پیش‌بینی قیمت به شرح زیر است که متغیرهای SMB، HML، RMW و CMA به ترتیب بیانگر اندازه شرکت، نسبت ارزش دفتری به ارزش بازار سهم، سودآوری و الگوی سرمایه‌گذاری است:

$$R_{it} - R_{ft} = a_i + b_i(R_{mt} - R_{ft}) + s_i SMB_t + h_i HML_t + r_i RMW_t + c_i CMA_t + e_{it}$$

بازدهی اضافی سهم ($R_{it} - R_{ft}$) میزان بازده مازاد از نرخ بدون ریسک است که سرمایه‌گذار در طول دوره نگه‌داری به‌دست می‌آورد و با عنوان صرف ریسک سهم شناخته می‌شود. بازدهی اضافی بازار ($R_{mt} - R_{ft}$) میزان بازده و منفعتی مازادی از نرخ بدون ریسک که سرمایه‌گذار از خرید پرتفوی بازار در طول دوره نگه‌داری به‌دست می‌آورد و با عنوان صرف ریسک بازار شناخته می‌شود. متغیر SMB_t بیانگر تفاوت میانگین بازدهی پرتفوی شرکت‌ها با اندازه کوچک و میانگین بازدهی پرتفوی شرکت‌ها با اندازه بزرگ است. متغیر HML_t بیانگر تفاوت میان میانگین بازدهی پرتفوی شرکت‌ها با نسبت B/M کوچک و میانگین بازدهی پرتفوی شرکت‌ها با نسبت B/M بزرگ است. متغیر RMW_t بیانگر تفاوت میان میانگین بازدهی پرتفوی شرکت‌ها با سودآوری قوی و میانگین بازدهی پرتفوی شرکت‌ها با سودآوری ضعیف است. متغیر CMA_t بیانگر تفاوت میان میانگین

بازدهی پرتفوی شرکت‌ها با سرمایه‌گذاری کم و میانگین بازدهی پرتفوی شرکت‌ها با سرمایه‌گذاری بالا است.

تشکیل عوامل به‌صورت ۲×۲×۲×۲×۲

جهت تشکیل پرتفوی، شرکت‌ها از لحاظ درجات مختلف اندازه شرکت، نسبت ارزش دفتری به بازار حقوق صاحبان سهام، سودآوری و سرمایه‌گذاری مرتب و سپس با کمک میانه به دو بخش تقسیم شدند. سپس ماتریسی ۲×۲×۲×۲×۲ تشکیل شد که یک مؤلفه‌ی آن اندازه شرکت و مؤلفه‌ی دوم آن نسبت ارزش دفتری به ارزش بازار حقوق صاحبان سهام مؤلفه‌ی سوم سودآوری و مؤلفه‌ی چهارم سرمایه‌گذاری است. درنتیجه ماتریسی ۲×۲×۲×۲×۲ با مؤلفه‌های اندازه شرکت و نسبت ارزش دفتری به ارزش بازار حقوق صاحبان سهام سودآوری و سرمایه‌گذاری تشکیل می‌گردد. از فصل مشترک این ماتریس‌ها ۱۶ پرتفوی تشکیل می‌گردد.

فرآیندهای ARMA

یکی از معروف‌ترین روش‌های مدل‌سازی در اقتصادسنجی و سری‌های زمانی روش خود رگرسیونی میانگین متحرک انباشته است. این مدل با ترکیب مدل‌های خود رگرسیونی و میانگین متحرک مدل ARMA(p,q) حاصل می‌شود، این مدل‌ها مبین این است که مقدار فعلی برخی ازسری‌ها به‌صورت خطی به مقادیر قبلی خودش به‌علاوه ترکیبی از مقادیر فعلی و قبلی یک جز خطا بستگی دارد. این مدل را می‌توان به‌صورت زیر نوشت:

$$\emptyset(L)y_i = \mu + \theta(L)y_i$$

$$\theta(L) = ۱ + \theta_۱L + \theta_۲L^۲ + \cdots + \theta_qL^q, \emptyset(L) = ۱ - \emptyset_۱L - \emptyset_۲L^۲ - \cdots - \theta_pL^p$$

$$y_t = \mu + \mu_t + \emptyset(L) = ۱ + \emptyset_۱L + \emptyset_۲L^۲ + \cdots + \theta_pL^p + \theta_۱L + \theta_۲L^۲ + \cdots + \theta_qL^q$$

شبکه عصبی

شبکه عصبی مصنوعی، یکی از روش‌های محاسباتی است که به کمک فرایند یادگیری و با استفاده از پردازشگرهای ساده به نام نورون تلاش می‌کند با شناخت روابط ذاتی میان داده‌ها نگاشتی میان فضای ورودی (لایه ورودی) و فضای مطلوب (لایه خروجی) ارائه دهد .در شبکه‌های عصبی مصنوعی سعی بر این است که ساختاری مشابه ساختار بیولوژیکی مغز انسان و شبکه بدن طراحی شود تا همانند آن، قدرت یادگیری، تعمیم دهی و تصمیم‌گیری داشته باشد .لایه یا لایه‌های مخفی، اطلاعات دریافت شده از لایه ورودی را پردازش کرده و در اختیار لایه خروجی قرار می‌دهند. هر

شبکه با دریافت مثال‌هایی آموزش می‌بیند. یادگیری شبکه، زمانی انجام می‌شود که وزنه‌ای ارتباطی بین لایه‌ها چنان تغییر کند که اختلاف مقادیر پیش‌بینی شده و محاسبه شده در حد قابل قبولی باشد. با دستیابی به این شرایط، فرایند یادگیری محقق شده است. شبکه عصبی آموزش دیده می‌تواند برای پیش‌بینی خروجی‌هایی متناسب با مجموعه جدید داده به کار رود.

الگوریتم بهینه‌سازی مبتنی بر آموزش و یادگیری (TLBO)

الگوریتم بهینه‌سازی مبتنی بر آموزش و یادگیری[۷] الگوریتمی برگرفته از فرایند آموزش و یادگیری است که بر مبنای تأثیر آموزگار بر بازده دانش‌آموزان در یک کلاس بنانهاده شده است و طی دو مرحله فرایند بهینه‌سازی را انجام می‌دهد .کران‌های بالا و پایین متغیرها، تعداد تولید و تابع برازندگی ورودی این الگوریتم محسوب می‌شود .ابتدا اعضای کلاس با توجه به حدود کران متغیرها تولید می‌شوند. بهترین پاسخ با توجه به تابع برازندگی به‌عنوان استاد انتخاب می‌شود. در مرحله اول که فاز آموزش نامیده می‌شود، استاد سعی می‌کند با تأثیر بر سطح دانش اعضای کلاس میانگین آن را بالا برد تا سطح خود را افزایش دهد.

بهینه‌سازی مبتنی بر جغرافیای زیستی۸

جغرافیای زیستی علم مطالعه‌ی پراکندگی جغرافیای موجودات زنده است. شبیه‌های ریاضی جغرافیای زیستی چگونگی مهاجرت یک گونه از یک زیستگاه[۹] به زیستگاه دیگر و به وجود آمدن یا انقراض یک گونه را توصیف می‌کنند. زیستگاه‌هایی که برای اقامت گونه‌های زیستی مناسب‌تر هستند، شاخص شایستگی زیستگاه[۱۰] (HSI) بالاتری دارند. شاخص شایستگی زیستگاه به عواملی مانند مساحت، دما ... بستگی دارد. متغیرهای مشخص کننده کیفیت محل سکونت، متغیرهای شاخص شایستگی‌ها[۱۱] متغیرهایی مستقل SIV نامیده می‌شوند. در واقع(SIVها است. زیستگاه‌هایی با SIV متغیر وابسته به HSI بوده و بالا تعداد گونه‌های بیشتری را در خود جای می‌دهند HSI پایین تعداد گونه‌های HSI و برعکس زیستگاه‌هایی با در یک زیستگاه، HSI کمتری را در بر می‌گیرند. با افزایش و افزایش تعداد گونه‌ها، تمایل به مهاجرت[۱۲] از4 آن زیستگاه به‌منظور جستجوی زیستگاهی با اندوخته‌ی غذایی بهتر و جمعیت کمتر، افزایش می‌یابد .از طرفی، زیستگاه‌هایی با جمعیت کمتر تمایل به مهاجرت‌پذیری[۱۳] بیشتری را از خود نشان می‌دهند.

شبکه عصبی فازی

هرکدام از شبکه‌های عصبی و دستگاه‌های فازی دارای نواقصی مربوط به خود هستند. وقتی

سیستمی تنها با شبکه‌های عصبی طراحی می‌شوند، این فرایند شدیداً محاسباتی و سنگین است. چنانچه عملکردهای منطق فازی را در شبکه‌های عصبی و فرایند یادگیری شرکت دهیم؛ آنگاه قصور و نواقص در شبکه‌های عصبی و سیستم‌های فازی را می‌توان پوشش داد. نتیجه این کار، یک شبکه عصبی مصنوعی فازی ۳۰ خواهد بود. ترکیب‌های مختلف تکنیک‌های شبکه عصبی و فازی سیستم‌های متفاوتی از شبکه‌های عصبی فازی[۱۴] را پدید آورده است. همچنین با ترکیب این روش با روش‌های بهینه‌سازی مانند PSO[۱۵] می‌توان الگوهای به‌واقع مناسب‌تری از این شبکه عصبی ارائه نمود.

شبکه عصبی تابع پایه شعاعی (RBF)

یکی از شبکه‌های بسیار پرقدرت و کارا در مدل‌سازی و پیش‌بینی شبکه‌های عصبی تابع پایه شعاعی رگرسیون عمومی[۱۶] معروف به RBF است. روال کار شبکه این‌گونه است که یک سری توابع غیرخطی به‌عنوان پایه در نظر گرفته می‌شوند و سعی می‌شود هر تابع غیرخطی به‌صورت ترکیب خطی از این توابع پایه محاسبه شود. چون هر یک از توابع بنیادی و پایه‌ای به‌صورت محلی عمل می‌کنند، لذا واژه شعاعی به این نوع شبکه‌ها داده می‌شود. توابع بنیادی را عموماً از نوع توابع گوسی تعریف می‌کنند. توابع تحریک لایه خروجی می‌تواند خطی یا غیرخطی باشند .عملکرد درونی این شبکه کاملاً شفاف است و به گونه چگونه کار می‌کند. درحالی‌که RBF دقیق می‌شود دید و توجیه کرد که این شبکه عصبی پرسپترون چندلایه مانند یک جعبه سیاه عمل می‌کند.

شبکه عصبی رگرسیون بردار پشتیبان (SVR)

این روش مستقیماً از نظریه یادگیری آماری وپنیک به نام ماشین‌های بردار پشتیبان[۱۷] (SVM) استخراج شده است. ماشین‌های بردار پشتیبان برای مسائل طبقه‌بندی به کار می‌روند. بعدها الگوریتم آن‌ها برای کار با مسائل رگرسیون یا تخمین داده‌ها توسعه یافت. این الگوریتم جدید رگرسیون بردار پشتیبان[۱۸] (SVR) نامیده شد.

شبکه عصبی روش گروهی مدل‌سازی داده‌ها (GMDH)

روش گروهی مدل‌سازی داده‌ها[۱۹] به‌اختصار GMDH یکی از روش‌های مدل‌سازی و رگرسیون خطی است که در سال ۱۹۶۸ توسط دانشمند اوکراینی، آلکسی ایواکننکو[۲۰] معرفی شد. در این رویکرد، به‌جای ساخت مدل‌های تخمین گر به‌صورت یکجا، از الگوریتمی تکرار شوند و افزایشی استفاده می‌شود که شامل تولید و افزوده شدن ساختارهای پایه بسیار ساده (نورون‌های

چندجمله‌ای) است و به‌مرور، با ترکیب این ساختارهای ساده، سیستمی پیچیده شکل می‌گیرد که دارای عملکرد مطلوب است. برخلاف سایر روش‌های رگرسیون، در این رویکرد، علاوه بر ساخت تدریجی مدل، از الگوی انتخاب طبیعی[۲۱]، همانند آنچه که در الگوریتم‌های تکاملی است، استفاده شده است. یکی از پایه‌ای‌ترین و مهم‌ترین الگوریتم‌ها برای ساخت مدلGMDH که به نام شبکه عصبی چندجمله‌ای[۲۲] و یاPNN نیز شناخته می‌شود، الگوریتم ارائه شده توسط خود ایواکننکو است که پایه اصلی آن را، مدل چندجمله‌ای درجه دو و الگوریتم کمترین مربعات خطا تشکیل می‌شود.

روش شناسی پژوهش

این پژوهش ازلحاظ هدف کاربردی و ازلحاظ ماهیت، یک پژوهش توصیفی با تأکید بر روابط همبستگی است و در حوزه مطالعات پس رویدادی (استفاده از اطلاعات گذشته) قرار می‌گیرد و مبتنی بر اطلاعات واقعی صورت‌های مالی شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران است. به‌منظور آزمون فرضیه‌ها از مدل رگرسیون چندمتغیره با استفاده از روش داده‌های مقطعی استفاده می‌شود. داده‌های موردنیاز از صورت‌های مالی حسابرسی شده شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران و نرم‌افزارهای موجود در این زمینه نظیر نرم‌افزار ره‌آورد نوین و نرم‌افزار Tse Client به‌دست آمده است.

روش تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

داده‌های گردآوری‌شده از طریق نرم‌افزار Excel 2013 مرتب و متغیرهای تحقیق در آن محاسبه شده است. به‌منظور تحلیل داده‌ها و آزمون فرضیه‌ها از نرم‌افزارهای Eviews 9 و MATLAB استفاده شده است. همچنین جامعه آماری موردبررسی در این پژوهش، شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران طی دوره زمانی فروردین ۱۳۸۸ تا اسفند ۱۳۹۵ به مدت ۸ سال است. شرکت‌های انتخاب‌شده دارای ۴ ویژگی می‌باشند: ۱- جزو شرکت‌های سرمایه‌گذاری، بانک‌ها، بیمه، واسطه‌گری‌های مالی و هلدینگ به دلیل متفاوت بودن ماهیت و طبقه‌بندی اقلام صورت‌های مالی نسبت به شرکت‌های تولیدی نیستند. ۲- سهام شرکت‌ها دارای ارزش دفتری مثبت می باشند. ۳- فاقد توقف معاملاتی برای مدت بیش از ۶ ماه هستند. ۴- سال مالی شرکت‌ها منتهی به پایان اسفندماه می باشد.

شاخص‌های مقایسه مدل‌های پیش‌بینی قیمت

برای مقایسه دقت مدل‌ها در پیش‌بینی بازدهی پرتفوی، از شاخص میانگین مربعات خطا[۲۳] (MSE)، مجذور میانگین مربعات خطاها[۲۴] (RMSE)، ضریب تعیین[۲۵] (R^2) انحراف معیار (S.D)، میانگین قدر مطلق خطاها[۲۶] (MAE) و معیار میانگین قدر مطلق خطاها[۲۷] (MAPE) استفاده شده است.

فرضیه‌های پژوهش

فرضیه اصلی: پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از مدل پنج عاملی فاما و فرنچ (ARMA) نسبت به رویکرد شبکه‌های عصبی و شبکه عصبی فازی با خطای بیشتری همراه است.

فرضیه فرعی اول: خطای پیش‌بینی شبکه عصبی بهینه‌سازی شده از مدل ۵ عاملی فاما و فرنچ (ARMA) در برآورد قیمت سهام کمتر است.

فرضیه فرعی دوم: دقت پیش‌بینی شبکه عصبی بهینه‌سازی شده از مدل شبکه عصبی GMDH در برآورد قیمت سهام بیشتر است.

فرضیه فرعی سوم: خطای پیش‌بینی شبکه عصبی فازی و شبکه عصبی فازی بهینه‌سازی شده نسبت به مدل پنج عاملی فاما و فرنچ (ARMA) در برآورد قیمت سهام با توجه به معیارهای ارزیابی، کمتر است.

فرضیه فرعی چهارم: خطای پیش‌بینی شبکه عصبی RBF و شبکه عصبی SVR از شبکه عصبی فازی و شبکه عصبی فازی بهینه‌سازی شده در برآورد و پیش‌بینی قیمت سهام کمتر است.

یافته‌های پژوهش

آمار توصیفی شامل مجموعه روش‌هایی است که برای جمع‌آوری، خلاصه کردن، طبقه‌بندی و توصیف حقایق عددی به کار می‌رود. درواقع این آمار، داده‌ها و اطلاعات پژوهش را توصیف می‌کند و طرح یا الگوی کلی از داده‌ها برای استفاده سریع و بهتر از آن‌ها به‌دست می‌دهد. در جدول ۱ برخی از مفاهیم آمار توصیفی متغیرها، شامل میانگین، انحراف معیار، چولگی، کشیدگی، آماره جارک–برا و احتمال آماره جارک – برا ارائه‌شده است. آزمون جارک– برا به بررسی این موضوع می‌پردازد که آیا داده‌ها از چولگی و کشیدگی توزیع نرمال پیروی می‌کنند. فرض صفر این آزمون نرمال بودن توزیع متغیر مدنظر است.

جدول ۱- آمار توصیفی

متغیرها	صرف ریسک بازار	عامل اندازه	عامل ارزش	عامل سرمایه‌گذاری	عامل سودآوری
میانگین	۰/۰۱۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	-۰/۰۰۳	-۰/۰۰۳
انحراف معیار	۰/۰۶۱	۰/۵۱	۰/۰۵۳	۰/۰۴۶	۰/۰۶۳
چولگی	۰/۳۵۶	۰/۶۳۸	۰/۹۵۲	-۰/۱۴۴	-۰/۴۰۲
کشیدگی	۲/۲۹۴	۴/۷۴۹	۴/۳۷۴	۳/۸۴۷	۶/۰۵۵
آماره جارک برا	۳/۰۱۵	۱۴/۰۶۳	۱۶/۵۶	۲/۴۰۶	۲۹/۹۵۹
احتمال آماره جارک برا	۰/۲۲۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۳	۰/۰۰۰۱

در جدول ۱ مقدار آماره جارک – برا و احتمال آماره جارک – برا برای متغیر صرف ریسک بازار به ترتیب برابر با ۳,۰۱۵ و ۰,۲۲۱ و برای متغیر سرمایه‌گذاری به ترتیب برابر با ۲/۴۰۶ و ۰/۳ است که نشان می‌دهد توزیع این متغیرها در سطح معناداری ۹۰ درصد از توزیع نرمال پیروی می‌کنند.

اما هدف نهایی این پژوهش مقایسه عملکرد روش‌های مختلف در پیش‌بینی بازده (قیمت) مدل ۵ عاملی فاما و فرنچ است که بعد از انجام پیش‌بینی هر یک از روش‌ها با استفاده از معیارهای ارزیابی در این پژوهش مورد مقایسه قرار گرفته اند. در جدول ۲ نتایج حاصله از هر یک از معیارهای ارزیابی که به‌صورت جداگانه برای هر روش پیش‌بینی محاسبه شده است، به‌طور خلاصه در جدول زیر آمده است.

جدول ۲- نتایج پژوهش

مدل‌ها	S.D	R^2	MSE	MAE	RMSE	MAPE
ARIMA	۱/۲۰۱	۰/۶۸	۰/۰۰۲۱۸	۰/۰۳۶۷	۰/۰۴۶۷	۰/۱۳۵۶
RBF	$۱/۰۸e^{-۱۲}$	۱	$۱/۵۲e^{-۲۴}$	$۱/۲۹e^{-۱۴}$	$۱/۰۷e^{-۱۲}$	$۱/۶۲e^{-۱۲}$
SVR	۰/۰۰۱۹	۰/۹۲۵	۰/۰۰۰۰۰۳۶	۰/۰۰۰۲۱۵	۰/۰۰۱۹	۰/۰۲۰۹
ANFIS	۰/۰۱	۰/۹۸۶	$۹/۸۹e^{-۵}$	$۱/۶۱e^{-۸}$	۰/۰۰۹	۰/۰۲۷
ANFIS-PSO	۰/۰۳۶	۰/۸۶	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۴۷	۰/۰۳۶	۰/۲۴۹
ANN	۰/۰۳۴۹	۰/۷۶	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۷۷	۰/۰۳۵۳	۰/۱۰۷
ANN-BBO	۰/۱۵۶	۰/۸	۰/۰۷۹	۰/۲۴۵	۰/۲۸۳	۰/۱۴۵
ANN-TIBO	۰/۱۷۴	۰/۷۷۵	۰/۰۶۸۰	۰/۱۷۲	۰/۲۴۶	۰/۵۵۲
GMDH	۰/۰۴۲۸	۰/۶	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۰۷۳	۰/۰۴۲۵	۰/۰۲۹۸

نتایج و ارقام حاصل از معیارهای ارزیابی که برای هر یک از روش‌ها و مدل‌های پیش‌بینی در جدول ۲ به دست آمده است، نشان می‌دهد که رویکرد پیش‌بینی بازده پرتفوی‌های تشکیل‌شده در مدل ۵ عاملی فاما و فرنچ با استفاده از شبکه عصبی RBF گویای برتری این رویکرد در مقابل دیگر رویکردهای شبکه‌های عصبی و مدل پیش‌بینی پنج عاملی فاما و فرنچ (ARMA) است.

تفسیر آن از دیدگاه مالی اینست که روش پیش‌بینی شبکه عصبی RBF در پیش‌بینی مدل ۵ عاملی فاما و فرنچ دقت بالاتری در پیش‌بینی قیمت و بازده‌ی سهام در سطح شرکت‌های مورد بررسی برخوردار است.

به‌منظور رد یا تائید فرضیه‌های تحقیق می‌توان بیان کرد که فرضیه اصلی تحقیق مبنی عملکرد بهتر شبکه‌های عصبی نسبت به مدل رگرسیونی (ARMA) از دقت پیش‌بینی بیشتری برخوردار است.

همچنین در مورد فروض فرعی:

فرض فرعی اول مبنی بر کمتر بودن خطای پیش‌بینی شبکه‌های عصبی سری زمانی بهینه‌سازی شده توسط الگوریتم BBO و TIBO از مدل پنج عاملی فاما و فرنچ (ARMA) و مدل پیش‌بینی استفاده شده در پژوهش رد می‌شود، زیرا به‌عنوان مثال مربع مجذور میانگین خطای استاندار در مدل ARMA ۰/۰۴۶۷ است درحالی‌که در مدل شبکه‌های عصبی بهینه‌سازی شده BBO و TIBO این معیارها به ترتیب برای هر دو الگوریتم 0/283 و ۰/۲۴۶ است که نشان از رد این فرضیه با توجه به این معیارهاست. فرضیه فرعی دوم که مقایسه‌ای از دقت عملکرد شبکه‌های عصبی بهینه‌سازی شده توسط دو الگوریتم ذکر شده با شبکه عصبی GMDH است با توجه به مقدار خطاهای شبکه عصبی GMDH در مقایسه با دو الگوریتم پیش‌بینی کمتر است و این فرضیه نیز رد می‌شود. فرضیه سوم فرعی با توجه به نتایج جدول ۲ می‌توان اذعان کرد که عملکرد شبکه‌های عصبی فازی و بهینه شده‌ی این رویکرد از روش پنج عاملی فاما و فرنچ (ARIMA) خطای کمتری در برآورد و پیش‌بینی قیمت سهام داشته است و این فرضیه تائید می‌شود، همچنین با توجه به معیارهای ارزیابی می‌توان به این نتیجه رسید که دقت پیش‌بینی شبکه عصبی فازی از دقت الگوریتم بهینه‌سازی این رویکرد بالاتر است. فرضیه فرعی چهارم که دقت برآورد رویکردهای شبکه عصبی RBF و SVR را با شبکه عصبی فازی و شبکه عصبی فازی بهینه‌سازی شده توسط الگوریتم ازدحام ذرات را بیان می‌کند، با توجه به مقدار معیارهای ارزیابی فوق الذکر دقت بالایی شبکه عصبی RBF و SVR را نسبت به شبکه‌های عصبی فازی را نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری و بحث

در این تحقیق سعی شده است تا دقت مدل ARMA، شبکه‌های عصبی مختلف و شبکه‌های عصبی فازی در جهت پیش‌بینی قیمت بر مبنای مدل ۵ عاملی فاما و فرنچ در بورس اوراق بهادار تهران مورد ارزیابی قرار بگیرند. این مدل‌ها با توجه به ۶ معیار ارزیابی دقت پیش‌بینی مورد آزمون قرار گرفتند.

نتایج به دست آمده نشان دادند که مدل شبکه عصبی تابع پایه شعاعی (RBF) در محاسبه بازدهی سهام شرکت‌ها و نیز پرتفوی های تشکیل شده مطابق رویکرد ۲*۲*۲*۲ بر مبنای روش شناسی فاما و فرنچ، نسبت به مدل فاما و فرنچ از دقت بالاتری برخوردار می باشد.

همچنین می‌توان ترتیب بهترین رویکردها را به این شرح بیان نمود: ۱- شبکه عصبی تابع پایه شعاعی (RBF) ۲- شبکه عصبی رگرسیون بردار پشتیبان (SVR) ۳- شبکه عصبی فازی (ANFIS) ۴- شبکه عصبی چندجمله‌ای (GMDH).

پیش از این در تحقیقاتی مشابه، برتری مدل شبکه عصبی رگرسیون عمومی بر مدل فاما و فرنچ در بازار سهام شانگهای چین به اثبات رسیده بود، همچنین در تحقیقات داخلی انجام شده این مدل‌ها با تنوع کمتر با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفته بودند و برتری مدل شبکه عصبی رگرسیون عمومی در مقایسه با مدل‌های فاما و فرنچ مطالعه و اثبات شده بود.

می‌توان این گونه نتیجه‌گیری کرد که رابطه بین بازده (قیمت) و ۵ عاملی که توسط فاما و فرنچ بیان شده است یک رابطه غیرخطی می‌باشد و نمی‌توان آن را تنها با استفاده از مدل‌های غیرخطی و روش‌های اقتصادسنجی پیش‌بینی و برآورد نمود.

می‌توان در تحقیقات آتی اثر دیگر عوامل را مورد آزمون قرار داد و از دیگر روش‌های تشکیل پرتفوی در مدل ۵ عاملی فاما و فرنچ استفاده کرد تا دقت برآورد بالاتر رود. همچنین می‌توان مقایسه‌ی از دو مدل ارائه شده توسط فاما و فرنچ را در پژوهش‌های آتی مورد آزمون قرار داد و مدل بهتر را پیش‌بینی کرد.

فهرست منابع

۱) ابریشمی، ح.، معینی، ع.، احراری، م.، ورهرامی، و. (۱۳۹۱). پیش‌بینی قیمت نفت با استفاده از سامانه خبره تلفیقی. ۹(۱۷). ۱۳-۳۶

۲) آذر، ع.، افسر، الف. (۱۳۸۵). مدل‌سازی پیش‌بینی قیمت سهام با رویکرد شبکه‌های عصبی فازی. فصلنامه پژوهشنامه بازرگانی. ۱۰(۴۰). ۳۳-۵۲.

۳) پاکدین امیری، ع.، پاکدین امیری، م.، و پاکدین امیری، م . (۱۳۸۸) .ارائه مدل پیش‌بینی شاخص کل قیمت سهام با رویکرد شبکه‌های عصبی .دو فصلنامه علمی و پژوهشی جستارهای اقتصادی، ۶(۱۱)، ۸۳-۱۰۸.

۴) تهرانی، ر.، مراد پور، س. (۱۳۹۱). پیش‌بینی بازده شاخص بورس اوراق بهادار از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی شعاع پایه .مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار شماره دهم، ۷۵-۹۰.

۵) راعی، ر.. تلنگی، الف. (۱۳۸۳)، مدیریت سرمایه‌گذاری پیشرفته، چاپ چهارم، تهران، انتشارات سمت.

۶) راعی، ر، پویان فر، الف، مدیریت سرمایه‌گذاری پیشرفته، (۱۳۸۹) ، چاپ چهارم، تهران، انتشارات سمت

۷) سوری، ع. (۱۳۹۴). اقتصادسنجی پیشرفته همراه با کاربرد Eviews، چاپ چهارم، تهران، انتشارات فرهنگ شناسی.

۸) شمس، ن.، پارسائیان، س.، مقایسه عملکرد مدل فاما و فرنچ و شبکه‌های عصبی. ۳(۱۱). ۱۰۳-۱۱۸.

۹) صالحی، م.، خادم، ح.، حمیده‌پور، ک. (۱۳۹۴). بررسی مقایسه‌ای پیش‌بینی تغییرات شاخص قیمت سهام در نهادهای پولی با استفاده از هوش مصنوعی. فصلنامه پژوهش‌های پول و بانکی. ۹(۲۷). ۱۳۱-۱۷۰.

۱۰) معمار نژاد، ع.، فرمان آرا، و. (۱۳۹۰). پیش‌بینی قیمت سکه طلا در بورس کالای ایران با رویکرد شبکه عصبی GMDH. فصلنامه اقتصاد کاربردی. ۲(۶). ۲۷-۴۸.

۱۱) نقاده، ح.، ف، ت.(۱۳۹۴) ارائه الگویی برای تعیین نرخ سود در عقود مبادله‌ای با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی. فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی. ۱۷(۱). ۴۵-۷۲

12) Fama, E. F., & French, K. R. (2015). A five-factor asset pricing model. Journal of Financial Economics, 116-122.

13) Fama, E. F., & French, K. R. (2015, June). International Tests of a Five-Factor Asset Pricing Model. Chicago.

14) Fama, E. F., & French, K. R. (1993). Common Risk Factors in the Returns on Stocks and Bonds. Journal of Financial Economics, 33, 3-56.

15) Fama, E., & French, K. R. (1992). The Cross-Section of Expected Stock Returns. Journal of Finance, 427-466.
16) Hadavandi ,E., Shavandi ,H., & Ghanbari ,A. (2010). Integration of genetic fuzzy systems and artificial neural networks for stock price forecasting. Department of Industrial Engineering Sharif University of Technology.Elsevier . 23, 800–808. Knowledge-Based Systems.
17) Lee, M. C. (2009). Using Support Vector Machine with a Hybrid Feature Selection Method to the Stock Trend Prediction. pp. 10869-10904.
18) Schniderjans, M, j. & Leggio, Q, C. (2005). A Comprison between Fama and Ferench's Model and Artificial Neural Networks in Predicting the Chinese Stock Market. Computer & Operation Researche, 2499-2512.

یادداشت ها :

1 Fama & French
2 Cross-section
3 Fama&French
4 capital asset pricing model
5 Ming-Chi Lee
6 Hadavandi at al
7 Teaching-learning based optimization algorithm
8 biogeography based optimization
9 Habitat
10 Habitat suitability index
11Suitability Index Variable
12Emigration
13Immigration
14 Adaptive Network Fuzzy Inference System
15 Particle Swarm Optimization
16 Radial Basis Function
17 Support Vector Machines
18 Support Vector Regression
19Group Method of Data Handling
20Alexey Ivakhnenko
21Natural Selection
22 Polynomial Neural Network
23 Mean Squared Error
24 Root Mean Square Error
25 The Coefficient of Determination
26 Mean Absolute Error
27 Mean Absolute Percentage Error