

مقایسه مدل‌های قیمت‌گذاری دارایی سرمایه‌ای، سه‌عاملی فاما و فرنچ و شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش‌بینی بازار سهام ایران

سیده محبوبه جعفری^{۱*}؛ جواد میثاقی فاروجی^۲؛ میثم احمدوند^۳

چکیده

در تحقیق حاضر، توان مدل سه‌متغیره فاما و فرنچ (۱۹۹۳)، ارزش‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای و شبکه‌های عصبی مصنوعی در تبیین بازده سهام در بورس اوراق بهادار تهران مقایسه و سعی شده است به این پرسش پاسخ داده شود که قدرت پیش‌بینی کدام یک بیشتر است.

متغیرهای مدل فاما و فرنچ عبارت‌اند از بازده مازاد بازار، اندازه و نسبت ارزش دفتری به ارزش بازار و متغیر وابسته بازده پرتفوی سهام. دوره زمانی ۵ ساله، از ابتدای ۱۳۸۵ تا پایان ۱۳۸۹، است. در هر بازه سه‌ماهه از دوره تحقیق، براساس اندازه و نسبت ارزش دفتری به ارزش بازار، شرکت‌های نمونه به ۶ پرتفوی تقسیم و فرضیه‌های تحقیق بر مبنای این پرتفوی‌ها آزمون شده است.

نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که توان مدل سه‌متغیره فاما و فرنچ بالاتر از مدل قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای است؛ همچنین، مدل‌های یک‌متغیره و سه‌متغیره شبکه عصبی عملکردی بهتر از مدل‌های متناظر دارند.

کلیدواژه‌ها: شبکه‌های عصبی مصنوعی، مدل CAPM، مدل سه‌عاملی فاما و فرنچ، پیش‌بینی بازدهی سهام.

A Comparison between CAPM, Fama and French's Models and Artificial Neural Networks in Predicting the Iranian Stock Market

Seyedeh Mahboobeh Jafari; Javad Misaghi Farouji; Maysam Ahmadvand

Abstract

Comparison between the Capital Asset Pricing Model, Fama & French three factors model and Artificial Neural Network models in predicting Tehran Stock Exchange returns is discussed in this research. The first two models are linear and the following are nonlinear. Four hypotheses have been designed for this purpose. To examine these hypotheses, the expected return was calculated daily during 1383 to 1387 for 110 companies. Companies in each quarter have divided to 6 portfolios by size and Book to Market value factors.

Results showed that the performance of Fama & French three factors model is better than Capital Asset Pricing Model. Also Univariable and Multivariable Artificial Neural Network models have better performance in compare with their corresponding nonlinear models.

Keywords: Artificial Neural Network, Capital Asset Pricing Model, Fama & French three factors model, Predicting stock return.

۱- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی - واحد تهران جنوب
۲- کارشناس ارشد مدیریت مالی، دانشگاه شهید بهشتی
۳- دانشجوی دکتری مدیریت مالی، دانشگاه علامه طباطبائی
*پست الکترونیکی نویسنده اصلی: jafari.mahboobeh@gmail.com

مقدمه

است. پیرامون فرضیهٔ قدم‌زدن تصادفی، تحقیقات زیادی صورت گرفته است. فرضیهٔ بازار کارآ حاکمی از آن است که از فرصت‌های سودزا به محض وقوع به‌طور کامل استفاده می‌شود؛ از این رو دوامی برای زنده‌ماندن ندارند. دارات و ژنگ در تحقیقی نشان داده‌اند که در بازارهای سهام در حال توسعه، نظریهٔ قدم‌زدن تصادفی دنبال نمی‌شود (شنیدرجانز^۳ و لگیو^۴، ۲۰۰۵: ۲۵۱۲-۲۴۹۹).

علاوه بر این، فرضیهٔ بازار کارآ در رویارویی با تحلیل تکنیکی نیز با مشکل مواجه است؛ چراکه در این فرضیه بیان می‌شود در کاوش داده‌ها و متغیرهای گذشته جهت پیش‌بینی تغییرات قیمت سهام، ارزشی وجود ندارد؛ زیرا در داده‌های گذشته هیچ اطلاعات جدیدی یافت نمی‌شود. با این حال، سهامداران در پی آن‌اند که از ناکارآمدی و نارسایی‌های بازار برای خلق سبد سهامی به‌طرزی نظام‌مند به این نتیجه برسند که عملکردش از عملکرد بازار بهتر است و در واقع فن کار این است که ناکارایی‌ها و نارسایی‌ها شناسایی و قبل از آشکار شدن از آنها بهره‌برداری شود.

تحقیقات در زمینهٔ مدل‌های CAPM و فاما

و فرنچ

جان برتلودی^۵ و پی‌یر^۶ در ۲۰۰۳ با استفاده از داده‌های سال‌های ۱۹۷۰ تا ۱۹۹۷، قابلیت مدل‌های CAPM و فاما و فرنچ را بررسی کردند؛ که نتایج تحقیق آن‌ها حاکی از برتری مدل CAPM بر مدل فاما و فرنچ است. (برتلودی و پی‌یر، ۲۰۰۴)

هانس ناتس در ۲۰۰۳ قدرت پیش‌بینی هر یک از سه مدل CAPM، فاما و فرنچ، و واسالوو را طی دورهٔ زمانی ۱۹۷۳ تا ۲۰۰۳ در بازار بریتانیا مقایسه کرد. این نتایج تقریباً مشابه نتایج فاما و فرنچ (۱۹۹۳) در خصوص بازار بورس امریکا است. (آغازیان، ۱۳۸۶)

کینگ کاو و همکاران با استفاده از داده‌های روزانهٔ ۳۶۷ شرکت در بازار اوراق بهادار شانگهای (SHSE) در

از مهم‌ترین مدل‌هایی که برای پیش‌بینی بازدهی استفاده می‌شود، مدل قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای CAPM و مدل سه‌عاملی فاما^۱ و فرنچ^۲ است. در این مدل‌ها، رابطهٔ بین متغیرها خطی تعریف شده است. در مقابل، چند سالی است که به‌کارگیری روش‌های پیشرفتهٔ غیرخطی نیز در عرصهٔ پیش‌بینی رفتار آتی قیمت سهام رواج یافته است. مدل شبکه‌های عصبی، نمونه‌ای از این روش‌ها است.

در نظریهٔ بازار کارآ فرض بر این است که قیمت سهام از یک گشت تصادفی پیروی می‌کند و اصولاً این نتیجه‌گیری را در پی دارد که پیش‌بینی قیمت سهام در آینده با استفاده از اطلاعات موجود امکان‌پذیر نیست. کارآیی بازارهای نوظهور و در حال توسعه، کمتر از کارآیی بازارهای توسعه‌یافته است؛ و عدم توزیع متقارن و یکسان اطلاعات، احتمالاً باعث می‌شود که کیفیت پیش‌بینی حرکت قیمت در این دو گونه بازار متفاوت باشد. بعضی از تحقیقات اخیر نشان می‌دهد که مدل‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی در بازارهای نوظهور و در حال توسعه عملکرد بهتری دارند. اینکه کدام‌یک از روش‌های پیش‌بینی قیمت کارآیی بیشتری دارد، اهمیت بسیار زیادی در زمینهٔ سرمایه‌گذاری در بورس اوراق بهادار دارد. در این تحقیق، صحت و دقت پیش‌بینی مدل‌های خطی (مدل قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای و مدل سه‌عاملی فاما و فرنچ) و مدل‌های غیرخطی (شبکه‌های عصبی) مقایسه و کیفیت آن‌ها در پیش‌بینی بازدهی آتی سهم بررسی شده است.

پیشینهٔ تحقیق

در فرضیهٔ بازار کارآ فرض می‌شود که قیمت‌های سهام از قدم‌زدن تصادفی پیروی می‌کند و این اصولاً به این معنی است که قیمت آتی دارایی‌ها با استفاده از اطلاعات عمومی دردسترس، کاملاً غیرقابل پیش‌بینی

1- Fama, E.F.

2- French, K.R.

3- Schniderjans, Marc J.

4- Leggio, Qing Cao

5- Bartholdy, J.

6- Pear, P.

مکار (۱۳۸۶)، عملکرد مدل‌های CAPM و فاما و فرنچ را در بازار اوراق بهادار تهران بررسی کرد. شرکت‌ها در بازه ۸ ساله ۱۳۷۸ تا پایان ۱۳۸۵ از لحاظ اندازه به سه دسته کوچک، متوسط و بزرگ و از نظر ارزش دفتری به بازار نیز به سه دسته پایین، متوسط و بالا تقسیم شدند. یافته‌ها بیانگر برتری مدل فاما و فرنچ در تبیین بازدهی در بازار اوراق بهادار تهران است.

برخی تحقیقات در زمینه کاربرد شبکه‌های عصبی در دانش مالی

راعی و چاووشی (۱۳۸۲)، پیش‌بینی‌پذیری رفتار بازده سهام در بورس اوراق بهادار تهران را با مدل خطی عاملی و شبکه‌های عصبی مصنوعی با استفاده از قیمت روزانه سهام شرکت توسعه صنایع بهشهر بررسی کردند. متغیرهای مستقل تحقیق، پنج متغیر کلان اقتصادی - شاخص کل قیمت بورس تهران، نرخ ارز (دلار) در بازار آزاد، قیمت نفت و قیمت طلا - است. برای برآزش مدل عاملی از رگرسیون خطی چندمتغیره و برای مدل شبکه عصبی از معماری MLP با الگوریتم آموزش پس‌انتشار خطا استفاده شده است. نتایج حاصله حاکی از موفقیت این دو مدل در پیش‌بینی رفتار بازده سهام موردنظر و نیز برتری عملکرد شبکه‌های عصبی مصنوعی بر مدل چندعاملی است.

سینایی و همکاران (۱۳۸۴)، به مطالعه پیش‌بینی شاخص قیمت سهام در بورس اوراق بهادار تهران با شبکه‌های عصبی را بررسی و شواهدی مبنی بر رفتار آشفته شاخص قیمت در بورس اوراق بهادار ارائه دادند. نتایج حاصل از پژوهش نشان می‌دهد که عملکرد شبکه‌های عصبی بهتر از عملکرد مدل خطی ARIMA برای پیش‌بینی شاخص قیمت است.

نمازی و کیامهر (۱۳۸۶)، پیش‌بینی‌پذیری رفتار بازده سهام شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران و نیز امکان پیش‌بینی بازده با استفاده

بازه اول ژانویه ۱۹۹۹ تا دسامبر ۲۰۰۲، مقایسه‌ای بین مدل‌های CAPM، فاما و فرنچ و شبکه‌های عصبی متناظر انجام دادند. ساختار شبکه‌های عصبی مورد استفاده پرسپترون سه‌لایه و الگوریتم پس‌انتشار خطا بود. نتایج حاصل از یافته‌های این پژوهشگران، بر برتری قابلیت پیش‌بینی مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی بر مدل‌های متناظر خطی دلالت داشت. همچنین، از میان شبکه‌های عصبی مصنوعی، عملکرد شبکه عصبی یک‌متغیره بهتر از عملکرد شبکه عصبی مصنوعی سه‌متغیره است. (شیندر جانز و لگیو، ۲۰۰۵) راجرز^۱ و سکرآتو^۲ (۲۰۰۸)، مقایسه‌ای بین مدل‌های CAPM، سه‌عاملی فاما و فرنچ، و بتا ریوارد (که برنهایت در ۲۰۰۷ آن را ارائه کرده بود) در بازه زمانی جولای ۱۹۹۵ تا جون ۲۰۰۶ انجام دادند. یافته‌های این پژوهشگران مطابق با یافته‌های دیگران در بازار اوراق بهادار برزیل از قدرت تبیین بهتر مدل فاما و فرنچ در پیش‌بینی بارده حکایت دارد.

آغازیان (۱۳۸۶)، قدرت تبیین بازدهی پرتفوی سهام با مدل فاما و فرنچ را در بازار اوراق بهادار تهران در دوره‌ای ۵ ساله، از ابتدای سال مالی ۱۳۷۸ تا پایان سال مالی ۱۳۸۲، بررسی کرد. هر ساله با تشکیل ۶ پرتفوی از ترکیب شرکت‌های حاضر در نمونه، فرضیه‌های تحقیق براساس متغیرهای حاصل از داده‌های این شرکت‌ها آزمون شد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که قدرت تبیین مدل سه‌متغیره فاما و فرنچ در خصوص تغییرات بازده پرتفوی سهام در بازار اوراق بهادار تهران بیشتر از قدرت تبیین مدل ارزش‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای است.

آقابگی (۱۳۸۴)، عملکرد مدل‌های CAPM و فاما و فرنچ را در بازار اوراق بهادار تهران در بازه ۵ ساله ۱۳۷۹ تا پایان ۱۳۸۳ مقایسه کرد. یافته‌های این پژوهش بیانگر برتری مدل فاما و فرنچ در تبیین بازدهی در بازار اوراق بهادار تهران است.

1- Rogers, P.

2- Securato, J. R.

R_{it} : بازده سهم i در دوره t

P_{it} : قیمت سهم i در انتهای دوره t

P_{it-1} : قیمت سهم i در ابتدای دوره t

D_{it} : سود نقدی هر سهم در پایان دوره t

X_{it} : درصد افزایش سرمایه در دوره t

M_{it} : مبلغ نقدی که بابت هر سهم جدید در افزایش

سرمایه پرداخت شده است.

با استفاده از بازدهی روزانه سهام شرکت‌ها، بازده روزانه پرتفوی‌های شش‌گانه تشکیل شده — که نحوه تشکیل آن در بخش‌های بعدی تشریح می‌شود — محاسبه می‌شود.

بازده پرتفوی سهام: عبارت است از میانگین

موزون بازده‌های هر یک از سهام داخل پرتفوی؛ که فرمول محاسبه آن به صورت زیر است:

$$R_{pt} = \sum_{i=1}^n W_{it} R_{it} = W_1 R_1 + W_2 R_2 + \dots + W_n R_n$$

$$\sum_{i=1}^n W_{it} = 1$$

R_{it} : بازده سهم i در دوره t

W_{it} : وزن سهم i در پرتفوی

شایان ذکر است که از آنجا که در این پژوهش بازده روزانه پرتفوی از بازده روزانه شرکت‌هایی که دادوستد شده‌اند، محاسبه می‌شود، وزن هر سهم از تقسیم ارزش روز هر شرکت بر ارزش روز پرتفوی به دست می‌آید.

بازدهی روزانه بازار با استفاده از شاخص قیمت و بازده نقدی یا همان شاخص درآمد کل با نماد TED-PIX به شرح زیر به دست می‌آید:

$$R_{m,t} = \frac{I_t - I_{t-1}}{I_{t-1}}$$

برای محاسبه بازدهی مازاد بازار، بازدهی روزانه بدون

از شبکه‌های عصبی مصنوعی در بازه تیرماه ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۲ را بررسی کردند. نتایج حاصل نشان‌دهنده آن است که شبکه‌های عصبی مصنوعی توانایی پیش‌بینی بازده روزانه را با میزان خطای نسبتاً مناسبی دارند. (نمازی و شوشتریان، ۱۳۷۵)

روش تحقیق

جامعه آماری این تحقیق، تمامی شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران را دربر می‌گیرد؛ و نمونه آماری تحقیق شرکت‌هایی را شامل می‌شود که در طول دوره زمانی تحقیق، در هر دوره سه‌ماهه (فصلی) حداقل یک بار معامله شده باشند. بدین ترتیب، در مجموع، ۱۱۰ شرکت واجد شرایط شناخته و بررسی شد.

در این تحقیق، از داده‌های روزانه معاملات در دوره زمانی ابتدای سال ۸۵ تا انتهای سال ۸۹ استفاده شده است. بهترین بازه زمانی برای برآورد بازده موردانتظار، یک دوره زمانی ۵ ساله است (برتلودی و پی‌یر، ۲۰۰۴). برای آزمودن فرضیه‌های این پژوهش، عملکرد مدل‌ها به طریقی که شرح آن در ادامه آمده، مقایسه شده است.

مدل خطی یک متغیره

فرمول مدل CAPM استاندارد به صورت زیر است:

$$R_i - R_f = R_f + \beta(R_m - R_f)$$

بنابراین، متغیرهایی که باید محاسبه می‌شدند، عبارت‌اند از بازدهی روزانه هر پرتفوی و بازده بازار. بازده روزانه هر سهم از شرکت‌های موردنظر در این پژوهش، با استفاده از قیمت روز و روز قبل و سود تقسیمی به شرح زیر محاسبه می‌شود:

$$R_i = \frac{P_i - P_{i-1} + (1 + X_i)D_i + X_i(P_i - M_i)}{P_{i-1}}$$

ریسک از بازدهی روزانه بازار کسر می‌شود.

بازده بدون ریسک: با استفاده از نرخ‌های اوراق با نرخ سالانه ۱۷٪ محاسبه شده است.

مدل چند خطی متغیره

فرمول مدل فاما و فرنچ به صورت زیر است:

$$R_i - R_f = \beta_i(R_m - R_f) + S_i(SMB) + h_i(HML) + e_i$$

برای محاسبه SMB و HML، جهت تبیین عامل‌های ریسک مرتبط با اندازه و ارزش دفتری به بازاری با توجه به طرح فاما و فرنچ (۱۹۹۳)، پرتفوی‌هایی ایجاد می‌شود. به این منظور، شرکت‌های مورد بررسی در هر بازه سه‌ماهه از کوچک‌ترین تا بزرگ‌ترین بر مبنای ارزش بازار مرتب و سپس به دو گروه کوچک (S) و بزرگ (B) با استفاده از میانه ارزش بازار سهام شرکت‌های منتخب تقسیم می‌شوند. ارزش بازار هر سهم از میانگین ارزش بازار هر شرکت در بازه سه‌ماهه محاسبه می‌شود؛ آنگاه شرکت‌ها مجدداً در بازه‌های سه‌ماهه بر اساس ارزش دفتری به ارزش بازار در سه طبقه پایین (L)، متوسط (M) و بالا (H) قرار می‌گیرند. دسته‌بندی (BE/BM) بر اساس نقطه تفکیک برای ۳۰٪ پایین، ۴۰٪ وسط و ۳۰٪ بالای ارزش‌های سهام انجام شده است. ارزش دفتری حقوق صاحبان سهام اغلب به صورت مجموع ارزش دفتری حقوق سهامداران منهای ارزش دفتری

سهام ممتاز محاسبه می‌شود. برای محاسبه ارزش دفتری حقوق صاحبان سهام، از ارزش حقوق صاحبان سهام که در اعلامیه‌های بورس گزارش شده است، استفاده می‌شود؛ زیرا سهام ممتاز در شرکت‌های بورس تهران وجود ندارد. ارزش دفتری به صورت سه‌ماهه برای تمامی شرکت‌های منتخب محاسبه شده است.

از ترکیب دو دسته اندازه و سه دسته (BE/BM)، ۶ پرتفوی اندازه (BE/BM) تشکیل می‌شود؛ و همان‌گونه که پیش‌تر ذکر شد، رتبه‌بندی شرح‌داده شده در هر سه ماه تکرار و ترکیب پرتفوی به دلیل تغییرات در اندازه و ارزش دفتری به بازار شرکت‌ها تغییر کرده است. از این ۶ پرتفوی، در نهایت جهت بررسی صرف ریسک‌های مرتبط با اندازه و ارزش دفتری به بازار استفاده و سپس به عنوان متغیرهای مستقل اضافی در مدل سه‌عاملی توصیفی فاما و فرنچ به کار برده می‌شود.

با توجه به این توضیحات، ۱۲۰ پرتفوی در این پژوهش تشکیل شده و خلاصه پرتفوها به شرح جدول ۱ است.

محاسبات SMB و HML به شرح زیر است:

میانگین بازدهی پرتفوی بزرگ (۴ و ۵ و ۶) - میانگین

بازدهی پرتفوی کوچک (پرتفوی ۱ و ۲ و ۳) = SMB

میانگین بازدهی پرتفوهای ۴ و ۵ - میانگین بازدهی

پرتفوهای ۳ و ۶ = HML

در مرحله بعد، فرمول‌های هر یک از پرتفوها با

جدول ۱. شرح پرتفوی‌های تشکیل شده

شماره پرتفوی	مشخصه	نوع پرتفوی
۱	SL	اندازه کوچک و نسبت ارزش دفتری به ارزش بازار پایین
۲	SM	اندازه کوچک و نسبت ارزش دفتری به ارزش بازار متوسط
۳	SH	اندازه کوچک و نسبت ارزش دفتری به ارزش بازار بالا
۴	BL	اندازه بزرگ و نسبت ارزش دفتری به ارزش بازار پایین
۵	BM	اندازه بزرگ و نسبت ارزش دفتری به ارزش بازار متوسط
۶	BH	اندازه بزرگ و نسبت ارزش دفتری به ارزش بازار بالا

در شکل ۱، شبکه پیش خور سه لایه‌ای نشان داده شده است. X_1, X_2, \dots, X_n ورودی‌ها و Y خروجی است. در لایه ورودی فقط مقادیر ورودی به شبکه وارد می‌شود. لایه‌های مخفی (میانی) از تعدادی معین نرون تشکیل شده است. هر نرون یک مجموع وزنی از ورودی‌های دریافتی از لایه قبلی را تشکیل می‌دهد که با مقداری به‌عنوان بایاس یا اریبی جمع می‌کند و به خود تابع غیرخطی فعال‌سازی، $f(\cdot)$ می‌دهد که آن را تابع نرون نیز می‌نامند. عبارت‌های ریاضی این تابع برای نرون‌های لایه مخفی چنین است:

$$\sigma \left(\sum_{j=1}^n w_j x_j + b_j \right)$$

w_{ij} و b_j به ترتیب وزن‌ها و بایاس‌های متناظر واحدها هستند. خروجی شبکه با جمع وزنی دیگری از خروجی نرون‌های لایه مخفی شکل می‌گیرد. خروجی شبکه نشان داده شده در شکل ۱ - که شبکه‌ای با یک خروجی است - به صورت زیر است:

$$y(\theta) = g(\theta, x) = \sum_{i=1}^h w_i^2 \sigma \left(\sum_{j=1}^n w_{i,j}^1 x_j + b_{j,i}^1 \right) + b^2$$

n تعداد ورودی‌ها و nh تعداد نرون‌های لایه مخفی است. متغیرهای $\{w_{ij}^1, b_{ji}^1, w_i^2, b^2\}$ پارامترهای شبکه هستند که روی هم با بردار θ نشان داده می‌شوند. فرم کلی و فشرده شبکه عصبی به صورت $g(x, \theta)$ است.

الگوریتم یادگیری به کاررفته در این تحقیق، الگوریتم رایج پس از انتشار خطا است. الگوریتم پس انتشار خطا متشکل از ۲ مرحله است: مرحله پیش‌رونده که جریان پردازش روی داده‌ها از لایه ورودی به سوی لایه خروجی است و مرحله پس‌خور که در طی آن، خطای مشاهده شده بین خروجی شبکه و جواب واقعی برای اصلاح مقادیر اوزان و بایاس‌ها در جهت عکس به کار گرفته می‌شود. قواعد به‌روزرسانی اوزان به صورت زیر است:

$$\Delta w_{ij} = \eta \delta_j o_i$$

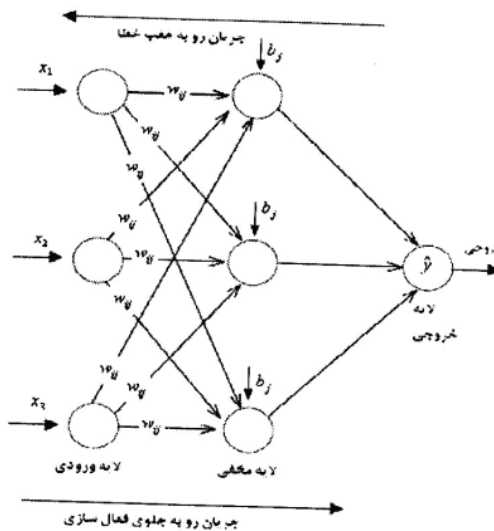
استفاده از رگرسیون یک‌متغیره و چندمتغیره محاسبه می‌شود.

پس از این محاسبات، به‌منظور ایجاد شرایط مساوی جهت مقایسه مدل‌ها، بازدهی پرتفوی‌های تشکیل شده حاصل از مدل فاما و فرنچ و CAPM با هم مقایسه می‌شوند.

شبکه‌های عصبی مصنوعی

شبکه‌های عصبی مصنوعی، ابزار تحلیلی آموزش‌پذیری هستند که در آنها سعی می‌شود الگوهای پردازش اطلاعات در مغز بشر تقلید شود. شبکه‌های عصبی مصنوعی از سیستم‌های دینامیکی هستند متشکل از واحدهای پردازش موازی یا همان نرون‌ها که برای حفظ دانش تجربی و در دسترس قرار دادن آن دانش برای استفاده میل باطنی دارند.

مهم‌ترین مزیت شبکه‌های عصبی مصنوعی، غیرخطی بودن و تطابق‌پذیری آنها است که در بیشتر تکنیک‌های سنتی (مثلاً رگرسیون) وجود ندارد.



شکل ۱- شبکه عصبی پیش‌خور ۳ لایه با یک خروجی

رویه سنجش دقت پیش‌بینی

درحالی‌که درمجموع از ۱۲۰۵ مشاهده برای هر شرکت در آموزش مدل شبکه عصبی مصنوعی استفاده شده است، حدود ۳۰٪ پایانی کل مشاهده‌ها برای پیش‌بینی بازدهی به‌کار می‌رود. برای اندازه‌گیری دقت پیش‌بینی مدل‌ها، سنج‌های خطای زیر به‌کار رفته است:

$$\text{Mean Absolute Deviation (MAD)} = \frac{1}{N} \sum |Y_t - \hat{Y}_t|$$

$$\text{Mean Absolute Predicting Error (MAPE)} = \frac{1}{N} \sum \left| \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \right|$$

$$\text{Mean Squared Error (MSE)} = \frac{1}{N} \sum (Y_t - \hat{Y}_t)^2$$

$$\text{Root Mean Squared Error (RMSE)} = \sqrt{MSE}$$

هرکدام از مدل‌های CAPM، سه‌عاملی فاما و فرنچ و شبکه‌های عصبی که بیشترین مقدار شاخص ضریب تعیین (R^2) و کمترین میزان خطا را داشته باشد، مدل مناسب پیش‌بینی بازدهی در بورس اوراق بهادار تهران محسوب می‌شود.

جهت رفع داده‌های مفقود از روش‌های متداولی بهره‌گرفته می‌شود. در این پژوهش مطابق تحقیقات گذشته، به دلیل لزوم بررسی داده‌های روزانه از روش متحدالشکل برای شرکت‌هایی که پس از وقفه‌های طولانی بازده نامتعارفی دارند، استفاده می‌شود.

فرضیه‌ها

فرضیه اول: بین صحت پیش‌بینی مدل خطی یک‌متغیره CAPM و مدل خطی چندمتغیره فاما و فرنچ تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.

فرضیه دوم: بین صحت پیش‌بینی مدل غیرخطی یک‌متغیره شبکه‌های عصبی مصنوعی و مدل غیرخطی چندمتغیره شبکه‌های عصبی مصنوعی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.

$$\delta_j = \begin{cases} f_j(\text{net}_j)(t_j - O_j), & \text{اگر واحد } j \text{ یک واحد خروجی است.} \\ f_j(\text{net}_j) \sum_k k \delta_k w_{jk}, & \text{اگر واحد } j \text{ یک واحد مخفی است.} \end{cases}$$

$\Delta_{ij} w$ تغییرات وزن بین نرون‌های i و j است، η نرخ یادگیری (ثابت)، δ_j خطای متعلق به واحد j (اختلاف بین خروجی واقعی و خروجی آموزش‌داده‌شده)، t_j خروجی آموزش‌داده‌شده واحد j ، O_j خروجی واحد قبلی یعنی i است. اندیس‌های j ، i و k به‌ترتیب واحد قبل از j ، خود j و بعد از j را نشان می‌دهند. در شبکه بالا، پارامترهایی که باید تعیین شوند، عبارت‌اند از تعداد نرون‌های لایه مخفی، نرخ یادگیری و ثابت ممنتم. از کالیبراسیون نیز برای بهینه‌کردن شبکه با به‌کاربردن مجموعه‌ای از تست‌های مستقل در طول دوره یادگیری استفاده می‌شود. برای شبکه‌های پس‌انتشار، کالیبراسیون موقعیت شبکه را در جایی که بهترین جواب را برای الگوهای آموزش‌داده‌شده تا آن موقع را دربر دارد، نگهداری می‌کند. (شیندرجانز و لگیو، ۲۰۰۵)

برطبق نظر کارولهو(همان)، هر شبکه پیش‌خور سه‌لایه را می‌توان به قالب استاندارد $0-m-n$ نشان داد که در آن n تعداد ورودی‌ها، m تعداد نرون‌های لایه مخفی و 0 تعداد خروجی‌ها است. براساس این نامگذاری، مدل شبکه عصبی مصنوعی تک‌متغیره به‌صورت $1-m-1$ است. در این تحقیق، تعداد نرون‌های لایه میانی بین ۴ تا ۱۰ نرون است. به روشی مشابه گروه قبل، این مدل در این تحقیق به‌صورت $1-m-1$ است و تعداد بهینه نرون‌های لایه مخفی از ۵ تا ۱۵ متغیر است.

مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی یک‌متغیره: متغیرهای مستقل و وابسته همانند مدل خطی متناظر آن است.

مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی چندمتغیره: متغیرهای مستقل و وابسته همانند مدل خطی متناظر آن است.

چندمتغیره فاما و فرنچ و مدل غیرخطی چندمتغیره شبکه‌های عصبی مصنوعی تفاوت معنی داری وجود ندارد.

فرضیه سوم: بین صحت پیش‌بینی مدل خطی یک‌متغیره CAPM و مدل غیرخطی یک‌متغیره شبکه‌های عصبی مصنوعی تفاوت معنی داری وجود ندارد.

فرضیه چهارم: بین صحت پیش‌بینی مدل خطی

نتایج

جدول ۲. آمار توصیفی متغیرها (واحد %)

شرح پرتفوی	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار
۱	-۵/۰۰۰۰	۵/۰۰۰۰	۰/۲۰۹۷	۱/۰۲۸۷
۲	-۲/۷۶۳۶	۲/۵۶۴۵	۰/۱۳۲۷	۰/۶۷۳۲
۳	-۲/۰۰۵۰	۲/۷۳۸۷	۰/۰۲۰۰	۰/۵۶۸۷
۴	-۲/۸۰۴۲	۱۳/۳۹۴۴	۰/۰۵۸۳	۰/۸۳۲۳
۵	-۳/۲۰۵۷	۹/۲۸۵۰	-۰/۰۰۲۴	۰/۶۸۵۹
۶	-۵/۰۱۲۸	۶/۴۲۰۲	-۰/۰۴۲۲	۰/۷۹۳۶
بازده مازاد بازار	-۰/۱۱۸۴	-۰/۰۰۰۹	-۰/۰۶۶۰	۰/۰۰۵۳
عامل اندازه	-۳/۹۶۹۳	۲/۸۵۱۵	-۰/۱۱۵۲	۰/۶۰۵۲
عامل ارزش	-۹/۹۳۴۵	۳/۵۲۹۷	-۰/۱۴۳۵	۰/۷۸۲۴

جدول ۳. ضرایب تعیین مدل‌های شبکه عصبی

شرح پرتفوی	مدل‌های خطی			
	مدل CAPM	مدل فاما و فرنچ	مدل یک‌عامله	مدل سه‌عامله
۱	%۲/۳	%۵۶/۸	%۳۷/۸۹	%۶۴/۸۹
۲	%۴	%۲۵/۱	%۴۹/۱۵	%۶۹/۱
۳	%۲/۹	%۳۰/۱	%۴۶/۷۸	%۶۸/۷۸
۴	%۱۷/۸	%۵۸/۳	%۶۱/۶۵	%۷۵/۱
۵	%۱۱/۲	%۱۶/۳	%۶۱/۳۲	%۷۴/۲۶
۶	%۴/۶	%۳۳/۳	%۵۷/۷	%۷۵/۶۱

جدول ۴. محاسبه خطای پیش‌بینی مدل فاما و فرنچ

شرح پرتفوی	MAPE	MAD	MSE	RMSE
۱	۳/۵۱۶۸	۰/۴۰۵۸	۰/۲۷۳۹	۰/۵۲۳۴
۲	۳۱/۱۸۳۴	۰/۳۵۰۵	۰/۲۰۷۴	۰/۴۵۵۴
۳	۲/۴۲۳۷	۰/۳۶۸۱	۰/۲۳۳۶	۰/۴۸۳۳
۴	۲/۸۵۵۳	۰/۴۲۳۳	۰/۲۹۸۹	۰/۵۴۶۷
۵	۲/۵۹۹۶	۰/۴۰۱۹	۰/۳۰۱۸	۰/۵۴۹۴
۶	۶/۱۶۸۰	۰/۳۷۰۸	۰/۲۲۹۸	۰/۴۷۹۳

جدول ۵. محاسبه خطای پیش‌بینی مدل CAPM

شرح پرتفوی	MAPE	MAD	MSE	RMSE
۱	۱/۹۶۲۲	۰/۵۶۵۳	۰/۵۵۶۴	۰/۷۴۵۹
۲	۱۳/۹۱۸۰	۰/۳۷۰۹	۰/۳۲۲۷	۰/۴۸۲۴
۳	۱/۳۹۱۳	۰/۳۸۸۱	۰/۲۶۷۷	۰/۵۱۷۴
۴	۳/۰۴۰۱	۰/۶۴۵۳	۰/۸۱۶۹	۰/۹۰۳۸
۵	۱/۷۳۲۳	۰/۳۹۶۴	۰/۳۳۰۳	۰/۵۷۴۷
۶	۶/۴۲۲۵	۰/۳۹۹۳	۰/۳۴۸۵	۰/۵۹۰۴

جدول ۶. محاسبه خطای پیش‌بینی مدل سه‌متغیره شبکه عصبی

شرح پرتفوی	MAPE	MAD	MSE	RMSE
۱	۱/۰۰۳۹	۰/۲۱۰۲	۰/۰۸۳۶	۰/۲۸۹۲
۲	۱۲/۲۱۹۰	۰/۱۴۷۷	۰/۰۳۹۰	۰/۱۹۷۵
۳	۱/۳۶۴۳	۰/۱۵۶۹	۰/۰۴۲۷	۰/۲۰۶۶
۴	۱/۰۶۴۰	۰/۲۶۱۴	۰/۱۲۴۹	۰/۳۵۳۴
۵	۱/۱۸۳۸	۰/۱۴۶۸	۰/۰۴۶۷	۰/۲۱۶۱
۶	۳/۸۴۵۰	۰/۲۹۵۴	۰/۲۲۳۰	۰/۴۷۲۲

جدول ۷. محاسبه خطای پیش‌بینی مدل یک‌متغیره شبکه عصبی

شرح پرتفوی	MAPE	MAD	MSE	RMSE
۱	۲/۶۶۰۷	۰/۵۲۵۶	۰/۵۰۷۹	۰/۷۱۲۷
۲	۲۳/۲۳۳	۰/۳۵۴۲	۰/۲۱۵۳	۰/۴۶۴۰
۳	۲/۸۹۶۹	۰/۳۷۳۳	۰/۲۵۲۰	۰/۵۰۲۰
۴	۲/۳۸۰۳	۰/۵۱۲۵	۰/۴۷۰۶	۰/۶۸۶۰
۵	۲/۰۶۴۷	۰/۲۷۳۴	۰/۱۵۹۶	۰/۳۹۹۵
۶	۴/۰۱۴۹	۰/۲۶۸۴	۰/۱۷۴۳	۰/۴۱۷۵

درصد می‌توان گفت که نرخ بازده در مدل غیرخطی یک‌متغیره شبکه‌های عصبی مصنوعی بهتر از مدل خطی یک‌متغیره CAPM تفسیر می‌شود.

نتایج حاصل از بررسی فرضیه ۴

با توجه به مقادیر ضریب تعیین در جدول ۴ و مقادیر RMSE در جدول‌های ۵ و ۷، با اطمینان ۹۵ درصد می‌توان گفت که نرخ بازده در مدل غیرخطی چندمتغیره شبکه‌های عصبی مصنوعی بهتر از مدل خطی چندمتغیره فاما و فرنچ تفسیر می‌شود.

نتیجه‌گیری کلی

باتوجه به آنچه توضیح داده شد، می‌توان به این نتیجه رسید که بازده پرتفوی‌ها در مدل سه‌عاملی فاما و فرنچ بهتر از مدل یک‌عاملی CAPM توصیف می‌شود؛ همچنین، عملکرد مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی بهتر از عملکرد مدل‌های متناظر خطی است. یافته‌های این پژوهش در بخش مقایسه بین مدل‌های

نتایج حاصل از بررسی فرضیه ۱

با توجه به مقادیر ضریب تعیین در جدول ۴ و مقادیر RMSE در جدول‌های ۵ و ۶، با اطمینان ۹۵ درصد می‌توان گفت که نرخ بازده در مدل سه‌عاملی فاما و فرنچ بهتر از مدل تک‌عاملی CAPM توضیح داده می‌شود.

نتایج حاصل از بررسی فرضیه ۲

با توجه به مقادیر ضریب تعیین در جدول ۴ و مقادیر RMSE در جدول‌های ۷ و ۸، با اطمینان ۹۵ درصد می‌توان گفت که نرخ بازده در مدل غیرخطی چندمتغیره شبکه‌های عصبی مصنوعی بهتر از مدل غیرخطی یک‌متغیره شبکه‌های عصبی مصنوعی توضیح داده می‌شود.

نتایج حاصل از بررسی فرضیه ۳

با توجه به مقادیر ضریب تعیین در جدول ۴ و مقادیر RMSE در جدول‌های ۶ و ۸، با اطمینان ۹۵

پیشنادهایی برای پژوهش‌های آتی

الف — پژوهشی جهت مقایسه عملکرد تئوری قیمت‌گذاری آربیتراژ و مدل متناظر شبکه عصبی مصنوعی صورت پذیرد.

ب — از آنجا که هرچه پارامترهای مناسب در یک مدل بیشتر باشد، صحت مدل افزایش می‌یابد، پژوهشی جهت شناسایی پارامترهای تأثیرگذار بر بازدهی، غیر از اندازه و ارزش دفتری به بازار، صورت پذیرد؛ برای مثال، همانند پژوهش کنیت لام^۱ و همکاران (۲۰۰۹) که پارامتر WML (پرتفوی‌های برنده منهای پرتفوی‌های بازنده) را به سه عامل فاما و فرنچ اضافه کردند.

کتابنامه

آغازاریان، ناره. ۱۳۸۶. *آزمون تجربی توان مدل فاما و فرنچ در تبیین بازده سهام در بازار بورس اوراق بهادار تهران* (پایان‌نامه کارشناسی ارشد)، دانشگاه علامه طباطبائی.

آقابگی، صابر. ۱۳۸۴. *بررسی رابطه عامل بازار، اندازه شرکت و نسبت ارزش دفتری به ارزش بازار با بازده سهام شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران* (پایان‌نامه کارشناسی ارشد)، دانشگاه شهید بهشتی.

پازوکی، مهدی. ۱۳۸۹. *بررسی کاربرد تئوری قیمت‌گذاری آربیتراژ با استفاده از عوامل کلان اقتصادی در بورس اوراق بهادار تهران* (پایان‌نامه کارشناسی ارشد)، دانشگاه شهید بهشتی.

دانایی‌فرد الوانی، مهدی و آذر، عادل. ۱۳۸۷. *روش‌شناسی پژوهش کمی در مدیریت: رویکردی جامع*. تهران: انتشارات صفرا-اشراقی.

راعی، رضا و چاووشی، بهار و تابستان ۱۳۸۲. «پیش‌بینی قیمت سهام در بورس اوراق بهادار تهران؛ مدل شبکه عصبی مصنوعی و مدل چندعاملی»، *تحقیقات مالی*، ش ۱۵.

سینایی، حسنعلی؛ مرتضوی، سعید...؛ تیموری اصل، یاسر. ۱۳۸۴. *پیش‌بینی شاخص بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی»، بررسی‌های حسابداری و حسابرسی*، ش ۴۱.

مکار، احمد. ۱۳۸۶. *بررسی و مقایسه توانایی مدل سه‌عاملی فاما و فرنچ و مدل CAPM در توضیح نوسانات بازده سهام شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران* (پایان‌نامه کارشناسی ارشد)، دانشگاه تربیت مدرس.

نمازی، محمد و شوشتریان، زکبه. ۱۳۷۵. «مروری بر آزمون‌های کارایی بورس اوراق بهادار در سطح ضعیف»، *تحقیقات مالی*، سال سوم.

Bartholdy, J. and Pear, P. 2004. "Estimation of Expect-

1- Lam, K.

CAPM و فاما و فرنچ، مشابه یافته‌های آقابگی (۱۳۸۴)، آغازاریان (۱۳۸۶)، مکار (۱۳۸۶) و راجرز و سکرانو (۲۰۰۸) و مغایر با یافته‌های برتلودی و پی‌یر (۲۰۰۴) و کینگ کاو و همکاران (شیندرجانز و لگیو، ۲۰۰۵) است؛ و در بخش شبکه‌های عصبی مشابه یافته‌های کینگ کاو و همکاران (همان) است.

محدودیت‌های پژوهش

دسترسی به اطلاعات، از الزامات یک پژوهش قابل قبول است؛ و هرچه میزان اطلاعات و صحت پژوهشی بالاتر باشد، آن پژوهش قابل اتکاتر است. در این پژوهش نیز به دلیل شرایط حاکم بر بورس اوراق بهادار در بازه موردبررسی، شرکت‌های زیادی با توقف درآمدت مواجه بودند که اطلاعات آنها در این پژوهش بررسی نشد. همچنین، توقف طولانی نمادها به منظور برگزاری مجامع و توزیع سود، فرایند محاسبه بازدهی پرتفوی‌ها را با مشکل مواجه می‌کرد، که این مشکل با استفاده از یافته‌های سایر پژوهشگران در خصوص داده‌های مفقود تاحدودی رفع شد.

شایان ذکر است که با توجه به تعداد شرکت‌های نمونه (۱۱۰ شرکت) و تعداد روزهای معاملاتی بورس (۱۲۰۵ روز) در این پژوهش باید ۱۳۲۵۵۰ مشاهده (روز / شرکت) در دسترس باشد، اما تعداد مشاهده‌های واقعی ۷۵۰۵۶ (روز / شرکت) است. با اعمال روش جایگزین کردن داده‌های مفقود، ۱۱۹۹۷ مشاهده (روز / شرکت) اضافه شد و به این ترتیب مجموع تعداد مشاهده‌های مورد استفاده در این پژوهش به ۸۷۰۵۳ مشاهده (روز / شرکت) بالغ شد.

همچنین، میانگین تعداد شرکت‌های هر پرتفوی در این پژوهش به ترتیب ۸/۰۵، ۲۳/۰۵، ۲۵/۳، ۲۴/۶، ۲۱/۱۵، ۷/۸۵ بوده است؛ و به نظر می‌رسد که تعداد شرکت‌های حاضر در پرتفوی‌های ۱ و ۶ ممکن است تأثیر نامطلوبی بر نتایج این پژوهش داشته باشد.

- tional Conference on Hybrid Intelligent Systems.*
- Rogers, P. and Securato, J. R. 2008. "Comparative Study of CAPM, Fama and French Model and Reward Beta Approach in the Brazilian Market", <http://www.ssrn.com>.
- Schniderjans, Marc J. & Leggio, Qing Cao. 2005. "A Comparison between Fama and French's Model and Artificial Neural Networks in Predicting the Chinese Stock Market", *Computer & Operation Research* 32(2499-2512).
- ed Return: CAPM vs. Fama and French", *International Review of Financial Analysis*, 21p.
- Fama, E. F.; French, K. R. 1993. "Common Risk Factors in the Returns on Stocks and Bonds", *The Journal of Finance* 33(3-56).
- Lam, K.; Li, F.; So, S. 2009. «On the Validity of the Augmented Fama-French Four-Factor Model», <http://www.ssrn.com>.
- Li, F. and Liu, C. 2009. "Application Study of BP Neural Network on Stock Market Prediction", *Ninth Interna-*

Archive of SID