

ارزیابی ترکیبی روشهای پیش‌بینی در بورس اوراق بهادار تهران به منظور پیش‌بینی قیمت سهام

عادل آذر ■

استادیار گروه مدیریت دانشگاه تربیت مدرس □ □

علی رجب‌زاده ■

دانشجوی دکتری مدیریت دانشگاه تربیت مدرس □ □

چکیده

در این تحقیق، ترکیب روشهای مختلف پیش‌بینی با هدف کاهش میزان خطا مورد توجه قرار گرفته و روشهای پیش‌بینی مورد نظر، روشهای پیش‌بینی سری زمانی بوده‌اند. تحقیقات متعددی درباره ترکیب روشهای پیش‌بینی انجام شده که نتایج تمام آنها نشان‌دهنده کاهش چشمگیر در خطای پیش‌بینی است. در این تحقیق، بعد از بررسیهای متعدد، از مدل رگرسیون چند متغیره برای ترکیب استفاده گردیده است. داده‌های مورد استفاده قیمت سهام شرکت پارس الکتریک برای یک دوره سه ساله بوده که به صورت هفتگی مورد توجه قرار گرفته‌اند. برای مقایسه ۱۴ داده واقعی از سال چهارم مورد استفاده قرار گرفته است.

پیش‌بینی قیمت سهام برای ۱۴ دوره با استفاده از روشهای مختلف انجام گرفته و در پایان روش (هموارسازی نمایی خطی، هولت، باکس، جنکینز، روند قدرت و روند درجه دوم) که با داده‌ها بیشتر سازگار بوده و خطای کمتری داشته‌اند وارد ترکیب شده‌اند.

کاهش خطاهای پیش‌بینی با استفاده از این مدل نهایی (مدل ترکیبی) نسبت به بهترین روش پیش‌بینی سری زمانی با توجه به شاخصهای MSE ، MAD ، $MAPE$ ، $۰/۰۶۴$ ، ۲۶ درصد و ۲۲ درصد به دست آمده که کاهش چشمگیر خطای مدل ترکیبی نسبت به سایر روشها را نشان می‌دهد.

کلید واژه‌ها: پیش‌بینی، پیش‌بینی ترکیبی، سریهای زمانی، رگرسیون مرکب، خای پیش‌بینی

۱. مقدمه

برای برنامه‌ریزی صحیح به عنوان یکی از مهمترین وظایف مدیریت، پیش‌بینی آنچه

آینده به وقوع می‌پیوندد بسیار ضروری است. روشهای پیش‌بینی در قالب روشهای

*Archive of SID*

کمی و روشهای کیفی قرار دارند. در بین روشهای پیش‌بینی کمی - شامل روشهای کلی علی و تک متغیره - روشهای پیش‌بینی تک متغیره (سری زمانی) به دلیل وجود اطلاعات تاریخی در بسیاری از زمینه‌ها قابل استفاده هستند. انواع مختلفی از روشهای سری زمانی وجود دارد که با توجه به نوع داده‌ها، هر روش با یک سری از داده‌های زمانی سازگاری دارد.

در گذشته، تمام مطالعات و بررسیها معطوف به استفاده از یک روش پیش‌بینی سر زمانی بوده که از بین روشهای گوناگون با در نظر گرفتن معیارهای مختلف خطا انتخاب می‌گردید، ولی از آغاز دهه ۷۰ میلادی رویکرد جدیدی در پیش‌بینی ارائه شده که در آن، ترکیب روشهای پیش‌بینی مورد توجه قرار گرفته است؛ یعنی به جای استفاده منحصراً از یک روش پیش‌بینی، مجموعه‌ای از روشهای برای پیش‌بینی به کار برده می‌شود. هر کدام از روشهای پیش‌بینی - به تنهایی - را روش پیش‌بینی فردی^۱ و ترکیب روشهای پیش‌بینی فردی را پیش‌بینی ترکیبی^۲ نام نهاده‌اند.

در این مطالعه نیز با توجه به اطلاعات تاریخی قیمت سهام در بورس تهران، روش پیش‌بینی ترکیبی (ترکیب روشهای پیش‌بینی سری زمانی) مورد بررسی قرار گرفته و سعی شده یک مدل ترکیبی مناسب ارائه گردد.

۲. پیشینه تحقیق، بررسیهای بورس تهران و داده‌های مورد استفاده

تلاشهای زیادی برای دست یافتن به یک روش مطلوب برای ترکیب روشهای پیش‌بینی انجام شده و محققان زیادی پیش‌بینی ترکیبی را به عنوان وسیله‌ای برای کاهش خطاهای پیش‌بینی به کار برده‌اند. روشهای متفاوتی برای ترکیب روشهای پیش‌بینی ارائه شده که استفاده از میانگین ساده، موزون و... از جمله آنهاست. در بعضی تحقیقات برای به دست آوردن ترکیب روشهای پیش‌بینی، به نتایج روشهای پیش‌بینی فردی، وزن مساوی داده می‌شود و از این طریق میانگین ساده می‌گیرند. در بعضی دیگر، وزنها متفاوت به هریک از روشهای پیش‌بینی داده می‌شود و میانگین موزون می‌گیرند. در برخی تحقیقات نیز میانه موارد دیگر مورد توجه قرار گرفته است. ترکیب روشهای پیش‌بینی، پیش‌بینی ترکیبی و استفاده از هر کدام از روشهای مذکور به طور جداگانه، پیش‌بینی فردی نامگذاری شده است. بیتز^۳ و گرانگر^۴ (۱۹۶۹) اولین کسانی بوده‌اند که در توسعه اساس روشهای پیش‌بینی ترکیبی کار کرده‌اند. [۱۳].

ماکرادیکس^۵ و وینکلر^۶ (۱۹۸۳) در این باره یک بررسی گسترده انجام داده، دریافته‌اند که یک

1. individual forecasting
3. Bates
5. Makradilks

2. combined forecasting
4. Granger
6. Winkler

میانگین از شش روش پیش‌بینی، خطای پیش‌بینی را از هریک از روشهای به کار رفته در ترکیب کمتر می‌کند و پیش‌بینی ترکیبی، نتایجی دقیق‌تر از هریک از روشهای پیش‌بینی فردی ارائه می‌دهد. در این خصوص بیتز، گرانگر و وینکلر چارچوب کلی زیر را برای ترکیب روشهای پیش‌بینی ارائه داده‌اند. در این مدل به دست آوردن پیش‌بینی‌های فردی با رابطه ۱ نمایش داده شده است:

$$F_i = A + e_i \quad (1)$$

که در آن F مقدار پیش‌بینی، A مقدار واقعی و e خطای پیش‌بینی است. در این بحث بیان شده که پس از به دست آوردن نتایج هریک از روشهای پیش‌بینی فردی و تعدیل آنها، با گرفتن میانگین موزون از روشهای پیش‌بینی فردی می‌توان یک روش پیش‌بینی نهایی را در قالب یک روش ترکیبی به دست آورد (رابطه ۲)

$$F_c = \sum_{i=1}^I K_i F_i \quad (2)$$

که در این رابطه F_c پیش‌بینی ترکیبی، K_i وزنها و پیش‌بینی و $\sum K_i = 1$ است. در ادامه این مطالعات، رینگوست^۱، تانگ^۲ (۱۹۸۲)، سلمان^۳ و وینکلر^۴ (۱۹۸۶) در زمینه پیش‌بینی ترکیبی فعالیت کرده‌اند و مطالعات آنها منجر به ایجاد قوانین ساده برای ترکیب روشهای پیش‌بینی فردی شده است. پیش‌بینی ترکیبی ماکرادیکس و وینکلر راجع به پیش‌بینی شاخصهای اقتصادی نظیر GNP بوده است. سیلک و اربن (۱۹۷۸) کاربرد پیش‌بینی ترکیبی را در سهم بازار محصولات جدید به کار برده‌اند.

رینگوست و تانگ (۱۹۸۸) در ادامه تحقیقات ۵ روش پیش‌بینی ترکیبی را مورد بررسی و مقایسه قرار داده‌اند. نتایج پژوهش این دو حاکی است هر یک از این روشها به میزان فراوانی در افزایش دقت پیش‌بینی مؤثرند [۱۵].

کلاهی^۴ و آرمسترونگ^۵ (۱۹۹۲) امکان استفاده از روش پیش‌بینی قانونمند ترکیبی^۶ را که مبتنی بر پیش‌بینی نظرهای متخصصان است ارائه کرده‌اند. در این روش قدم زدن تصادفی، رگرسیون خطی، هولت و هموارسازی نمایی را انتخاب و با هم ترکیب کرده‌اند و در ساختار آن قواعد متفاوتی را در انجام دادن پیش‌بینیهای کوتاه مدت و بلند مدت به کار بسته‌اند [۱۲].

روشهای مختلف پیش‌بینی ترکیبی از قبیل میانگین ساده، موزون، پیش‌بینی میانه و بعضی

1. Ringuest
3. Celemen
5. Armstrong

2. Tang
4. Collopy
6. rule-based combining forecasting

*Archive of SID*

روشهای دیگر مورد بررسی بوده‌اند. استفاده از رگرسیون چندگانه نیز مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته و نتایج بسیار خوبی داده است [۷].

در این تحقیق روش پیش‌بینی ترکیبی در بورس تهران برای پیش‌بینی قیمت سهام مورد استفاده قرار گرفته و سؤال اصلی زیر مورد توجه بوده است:

۱. آیا روش پیش‌بینی ترکیبی را می‌توان در پیش‌بینی قیمت سهام بورس تهران به کار برد؟

۲. در صورت مثبت بودن پاسخ سؤال فوق، این روش پیش‌بینی ترکیبی از کدام روشهای

فردی تشکیل شده است؟

درباره تعیین قیمت سهام دو نظریه تحلیلگران اساسی و تکنیکی مورد بحث است. از دید تحلیلگران اساسی قیمت سهام روند خاصی ندارد و قیمت سهام در هر دوره عبارت است از قیمت سهام در دوره قبل به اضافه بسیاری از عوامل تصادفی که بر قیمت آن مؤثرند. مراحل قیمت‌گذاری تحلیلگران اساسی شامل تجزیه و تحلیل اوضاع اقتصادی کشور، صنعت مربوط و شرکت مورد نظر است. از دیدگاه تحلیلگران تکنیکی، مطالعه تاریخی قیمت سهام یک روند را نشان می‌دهد و این افراد با تکنیکهای ویژه این روند را بررسی می‌کردند.

اسماعیل فدائی نژاد (۱۳۷۳) با بررسی کارایی بازار سرمایه اوراق بهادار تهران نشان داده است که بورس تهران با سطح ضعیف کارایی، اطلاعات مناسب و به موقع را در اختیار افراد قرار نمی‌دهد و این مسأله سبب شده که بتوان با بررسی روندها قیمت، سهام را پیش‌بینی کرد [۲، ۳، ۵ و ۸].

در این تحقیق با در نظر گرفتن نظریه دوم، با بررسیهایی که درباره قیمت سهام شرکتهای پذیرفته شده در بورس تهران صورت گرفته، شرکت پارس الکتریک برای انجام دادن تحقیق برگزیده شد. دلایل انتخاب این شرکت، عدم نوسانات شدید قیمت سهام آن در مقایسه با شرکتهای دیگر و نیز مقدار دفعات مبادله زیاد سهام این شرکت بوده است. دوره مورد بررسی سه سال (۷۶ - ۱۳۷۴) در نظر گرفته شده و اطلاعات قیمت سهام به صورت هفتگی در طول این سه سال بررسی گردیده است. قیمت‌های هفتگی سهام از این رو در نظر گرفته شدند که در طول یک هفته نوسانات قیمت سهام شدید نبوده و تغییرات معقولی داشته و به علاوه در طول هفته‌های مختلف یکنواخت نبوده است. با به دست آوردن قیمت‌های روزانه سهام و به دنبال آن جدا کردن قیمت‌های هفتگی، با توجه به اینکه در تحقیق از روشهای پیش‌بینی سری زمانی استفاده شده، تمام عوامل مؤثر بر قیمت سهام ثابت فرض گردیده‌اند. موارد در نظر گرفته شده افزایش سرمایه شرکت در تاریخ ۱۳۷۴/۵/۳ به میزان ۴۲ درصد و افزایش سرمایه دیگر شرکتهای در قبل از تاریخ ۷۵/۱۲/۸ به میزان ۱۰۰ درصد بوده است. البته اثر اعلان سود سهام و تقسیم سود بر قیمت سهام قابل ملاحظه نبوده و در نظر گرفته نشده است. در این دو تاریخی، نوسان ناکهانی و کاهش شدید قیمت سهام ملاحظه گردیده که با توجه به میزان افزایش سرمایه و تأثیر آن بر قیمت سهام، تعدیل انجام شده است. برای مثال، در افزایش سرمایه ۱۰۰ درصد

قیمت سهام به حدود نصف رسیده که با استفاده از نظر کارشناسان قیمت سهام بورس تهران با تعدیل رو به عقب و به سمت سالهای قبل قیمت سهام به ۵۰ درصد کاهش داده شد. افزایش سرمایه ۴۲ درصدی نیز با همین روند رو به عقب تعدیل گردید. به این ترتیب تعداد ۱۵۹ داده تعدیل شده در طول سه سال حاصل گردید که تمام تجزیه و تحلیل‌های آماری و پیش‌بینی جریان آتی بر اساس این ۱۵۹ داده صورت گرفته است. به منظور مقایسه پیش‌بینیها و واقعی قیمت سهام، مقادیر قیمت سهام سه ماهه اول ۱۳۷۷ در نظر گرفته شد که یافتن خطای پیش‌بینی را ممکن می‌ساخت.

۳. روشهای پیش‌بینی مورد استفاده

به طور کلی، مدل‌های کمی پیش‌بینی به دو نوع تقسیم می‌شوند: مدل‌های تک متغیره^۱ و مدل‌های علی^۲.

در این تحقیق با توجه به داده‌های جمع‌آوری شده از مدل‌های تک متغیره برای پیش‌بینی استفاده شده است. در روشهای کمی تک متغیره، برای انجام دادن پیش‌بینی، داده‌های سری زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این تحقیق با استفاده از روشهای متفاوت پیش‌بینی سری زمانی برآورد ۱۴ دوره برای سه ماهه اول سال ۱۳۷۷ انجام شده است. روشهای پیش‌بینی از نظر سازگاری با داده‌ها و مقدار خطا بررسی گردیده و از این میان، ۵ روش که سازگاری بهتر با داده‌ها داشته و خطاهای کمتری نسبت به بقیه روشها نشان داده‌اند، در مدل نهایی برای ترکیب مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در ترکیب این روشها از مدل رگرسیون چندگانه (چند متغیره)^۳ استفاده شده است که در آن، پیش‌بینیهای فردی به عنوان متغیرهای مستقل و پیش‌بینی ترکیبی به عنوان متغیر وابسته تعریف شده است.

روشهای پیش‌بینی مورد بررسی و استفاده در این تحقیق عبارتند از روشهای مختلف هموارسازی نمایی^۴، روند^۵ و باکس - جنکینز^۶ در روش هموارسازی نمایی از ساختار خود داده‌ها و نمودار کنونی آنها برای پیش‌بینی مقادیر آینده استفاده می‌شود و بر اساس شکل کلی تغییرات سری زمانی یا شکل حدسی آنها تخمینی صورت می‌گیرد، یا با تکرار مجموعه‌ای از محاسبات، مقادیر آینده در پیش‌بینی می‌شوند. در این روش که برای پیش‌بینیهای کوتاه مدت مناسب است، مدلی تهیه نمی‌شود و پیش‌بینیهای آینده با اعداد نزدیک به هم انجام می‌گیرد. برخلاف روش فوق، در روش باکس - جنکینز یک مدل تهیه می‌شود که از بین مدل‌های مختلف برگزیده شده، مدلی مناسب بر اساس یک اصل ذهنی است. علت وجود اصل ذهنی این

1. universal models
2. causal models
3. multiple regression
4. exponential smoothing
5. trend
6. box-jenkin



است که انتخاب الگوی مناسب از بین مدل‌های موجود نیاز به تجربه قابل ملاحظه در تحلیل نمودارهای مختلف دارد. مدل باکس - جنکینز برای ارائه جوابهای مناسب نیاز به حداقل ۵۰ و حداکثر ۱۰۰ مشاهده دارد.

انواع مختلف روشهای تحلیل شده عبارتند از:

الف) روشهای پیش‌بینی هموارسازی نمایی

روشهای پیش‌بینی هموارسازی نمایی عبارتند از:

۱. روش هموارسازی ساده براون^۱،
۲. روش هموارسازی خطی براون^۲،
۳. روش هموارسازی درجه دوم براون^۳،
۴. روش هموارسازی نمایی دوپل^۴،
۵. روش هموارسازی دوپل با روند خطی^۵،
۶. روش هموارسازی تأثیر تطبیقی^۶،
۷. روش هموارسازی هولت^۷.

نتایج بررسیهای انجام شده درباره روشهای بالا بدین شرح است:

۱. روشهای هموارسازی ساده، دوپل، دوپل با روند خطی و هموارسازی تطبیقی به دلیل سازگاری زیاد با داده‌های آخری، اعداد تقریباً یکسانی را برای پیش‌بینی ۱۴ دوره آینده به دست می‌دهند که این نتایج در مدل ایجاد تورش می‌کند.

۲. روش درجه دوم براون نیز در مقایسه با سایر روشها، مقدار خطای بالایی دارد و در مدل نهایی از آن استفاده نشده است.

به این ترتیب، دو روش هولت و هموارسازی خطی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در هموارسازی خطی براون که یک پارامتر ثابت α را در معادله خود دارد، مقدار $\alpha = 0.9$ و در روش هولت با دو پارامتر α و β این مقادیر $[\alpha = 0.9$ و $\beta = 0]$ به دست آمده‌اند. روشهای هموارسازی با داده‌های موجود سازگاری خوبی دارند و مطابق آنچه در نمودار ۲ پیوست ۱ آشکار است، مقادیر پیش‌بینی، خود را با داده‌های موجود، خوب هموار می‌کنند و این وضع سبب می‌شود که مقادیر پیش‌بینی به مقادیر واقعی نزدیک باشند و در بلندمدت خوب عمل نکنند. با وجود مشکلات بالا، روشهای هولت و براون خطی از روشهای فردی نهایی‌اند؛ زیرا در مقایسه با پیش‌بینیهای روند، خطای کمتری دارند (جدول ۱).

- | | |
|---|---------------------------------|
| 1. Brown simple smoothing | 2. Brown linear smoothing |
| 3. Brown quadratic smoothing | 4. double exponential smoothing |
| 5. double exponential smoothing with linear trend | |
| 6. adaptive exponential smoothing | 7. Holt smoothing |

جدول ۱ خطاهای روش هولت و براون خطی برای ۱۵۹ داده

روش هولت	MSE = ۷۷۶۷۷
روش براون خطی	MSE = ۱۲۸۱۳۵

مقادیر پیش‌بینیهای به دست آمده برای ۱۴ دوره در جدول ۴ برای روش هولت با متغیر X_p و برای روش هموارسازی براون خطی با متغیر X_p نشان داده شد است. تفاوت روشهای هموارسازی نمایی در معادلات و تعداد پارامترها، با توجه به داده‌های مختلف آشکار می‌گردد [۹].

ب) پیش‌بینی از طریق تجزیه و تحلیل روند^۱

در این روش داده‌های در دسترس با روندهای مختلف بررسی شده‌اند و هدف، تعیین روندهایی است که سری زمانی به آن داده‌ها سازگار شده است. روندهای مورد بررسی عبارتند از: (۱) روند خطی^۲، (۲) روند درجه ۲^۳، (۳) روند لگاریتمی^۴، (۴) روند درجه ۳^۵، (۵) تابع ترکیبی^۶، (۶) تابع توانی^۷، (۷) تابع S^۸، (۸) تابع نمایی^۹، (۹) تابع رشد^{۱۰}، (۱۰) تابع روند معکوس^{۱۱}.

در تجزیه و تحلیل روندها، به تحلیل واریانس نتایج، سطوح معنادار آزمون، خطاهای روند و ضریب تعیین توجه شده است. با مقایسه روندهای بالا و با توجه به نمودارهای آنها نتیجه آن شد که دو تابع قدرت و روند درجه ۲ با سری زمانی سازگارند. جدول ۲ و نمودار ۳ و ۴ پیوست ۱ دلایل گزینش دو روند قدرت و درجه ۲ را به خوبی نشان می‌دهند. در نمودار ۳ تطبیق روند درجه ۲ با منحنی داده‌های ترسیم شده کاملاً آشکار است. نمودار ۴ تطبیق روند توانی با داده‌ها را نشان می‌دهد.

معادلات روند قدرت و روند درجه دوم با توجه به جدول ۳ عبارتند از:

$$y_1 = 1572 \times t^{2/29} \quad \text{روند قدرت}$$

$$y_2 = 1785 \times 90t - 0/4t^2 \quad \text{روند درجه ۲}$$

علت اینکه توابع ترکیبی، قدرت، روند S، رشد و نمایی MSE کوچکتر از یک دارند این است که در تبدیل این توابع به روندهای خطی باید لگاریتم داده محاسبه شود. و این خطا بین لگاریتم

- | | |
|-------------------------|----------------------|
| 1. trend analysis | 2. linear trend |
| 3. quadratic trend | 4. logarithmic trend |
| 5. cubic trend | 6. compound function |
| 7. power function | 8. S-curve |
| 9. exponential function | 10. growth function |
| 11. inverse trend | |



جدول ۲ بیان مقادیر خطا، R^2 و پارامتری b_1 تا b_3 برای معادلات روند مختلف (۱۵۹ داده)

b_3	b_2	b_1	b_0	MSE	R^2	مقادیر مشخصه روندها تابع
—	—	۲۲	۳۵۸۲	۸۶۴۸۳۶	۰/۵۸	روند خطی
—	—/۳	۹۰	۱۷۸۵	۲۳۶۶۳۳	۰/۸۸۴	روند درجه ۲
—	—	۱۲۹۲	۱۷۸	۵۳۷۱۰۵	۰/۷۳۷	روند لگاریتمی
-۳/۰۳	-۰/۴۱	۹۰	۱۷۹۳	۱۵۴۶۷۸	۰/۸۶	روند درجه ۳
—	—	۱/۰۰۵	۳۳۵۹	۲۳۷۸۴۸	۰/۶۰۲	تابع ترکیبی
—	—	۰/۲۹	۱۵۷۳	۰/۰۳	۰/۸۲۲	تابع توانی
—	—	-۱/۸	۸/۶	۰/۰۱۷	۰/۳۱۳	تابع روند
—	—	۰/۰۰۵	۸	۰/۰۷	۰/۶۰۵	تابع رشد
—	—	۰/۰۰۵	۳۳۵۹	۰/۰۳	۰/۶۰۵	تابع نمایی
—	—	-۷۳۲۳	۵۷۲۶	۰/۰۳	۰/۲۵۸	روند معکوس

b_0 مقدار ثابت، b_1 پارامتر مربوط به t ، b_2 پارامتر مربوط به t^2 ، b_3 پارامتر مربوط به t^3

داده‌ها و روند به دست آمده است. در جدول ۲ نتایج روند قدرت با متغیر X_0 و نتایج روند درجه ۲ با متغیر X_1 نشان داده شده است [۱۴ و ۱۶].

ج) پیش‌بینی مدل باکس - جنکینز

در این تحقیق مدل باکس جنکینز برای مدت ۱۵ سال بسط داده شده است. در این روش برخلاف روش هموارسازی، یک مدل برای سری زمانی تهیه می‌شود. در این روش ما نیاز به حداقل ۵۰ و ترجیحاً ۱۰۰ داده داریم.

برآورد پیش‌بینی قیمت سهام دوره‌های آینده (۱۴ دوره سه ماهه اول ۱۳۷۷)، از طریق روش باکس - جنکینز نیاز به تخمین پارامترهای مدل و آزمون آرامی مناسب دارد. برای تخمین پارامترهای مدل باکس - جنکینز، مدل با تفاضل‌گیری بین مشاهدات و با مرتبه‌های مختلف میانگین متحرک و اتورگرسیون آزمون گردید.

با توجه به نمودار SAC¹ (منحنی خود همبستگی) و SPAC² (منحنی خود همبستگی جزئی) تخمین پارامترهای مدل صورت گرفته و خلاصه اطلاعات مدل باکس - جنکینز (سازگار با داده‌ها) در جدول ۳ ارائه شده است.

$$20 = \text{آمار } X^2 \text{ برای } 20 \text{ مشاهده همبستگی جزئی}$$

$$0.17 = \text{احتمال مقادیر بزرگتر در رابطه به آماره } X^2$$

$$45 = 20 \text{ و } 0.17 X^2 \text{ طبق جدول آزمون کای - دو}$$

1. sample auto correlation curve

2. partial sample autocorrelation curve

جدول ۳ مدل سازگار با داده‌ها

پارامترها	ضرایب تخمین زده	میزان خطای استاندارد	ارزش T	ارزش P
AR ₁	-۰/۷۲۶۵۲	۰/۷۵	-۹/۷	۰
AR ₂	-۰/۳۶۳۲	۰/۷۵	-۴/۹	۰

با توجه به وضعیت نمودار SAC و SPAC و طبق جدول آزمون x^2 ۲۰ و x^2 ۰/۰۱ طبق جدول، بزرگتر از آماره x^2 محاسبه شده برای خودهمبستگی ۲۰ مانده نتایج مدل باکس - جنکینز است ($20 = x^2 < 32$ و $0.01 < x^2$ برای خود همبستگی ۲۰ مانده)

و سطوح معنادار محاسبه شده $0.1 < p = 0$ است، یعنی این مقدار به سمت صفر میل می‌کند. علاوه بر این، با توجه به بزرگتر بودن قدرمطلق آماره t مربوط به $AR_{(1)}$ و $AR_{(2)}$ مدل به دست آمده از مقدار مربوط به آن با اطمینان ۹۹ درصد در جدول توزیع نرمال، ضرایب تخمین زده شده به نحو معنادار از صفر متفاوت هستند. بنابراین اعتبار آماری مدل باکس - جنکینز با پارامترهای $d = 2$ ، $p = 2$ ، $q = 0$ نتیجه می‌شود.

لازم به ذکر است که مدل اتورگرسیون مرتبه ۲ با درجه تفاضلی ۲ با بررسی مدل‌های مختلف دیگر نتیجه شده و به عنوان بهترین الگو تأیید شده است. مقادیر پیش‌بینی مدل باکس - جنکینز در جدول ۴ با متغیر x_t نشان داده شده‌اند. [۸، ۶ و ۱۱].

جدول ۴ پیش‌بینی روشهای فردی

شماره	x_1	x_2	x_3	x_4	x_0
۱	۶۱۳۲/۸۸	۶۱۳۲/۴	۶۱۳۲/۹۰	۵۵۴۲/۴	۶۹۹۶/۳
۲	۶۱۳۲/۷۲	۶۱۳۲/۸	۶۱۳۲/۹۸	۵۵۰۰/۵	۷۰۰۸/۹
۳	۶۱۳۲/۵۱	۶۱۳۲/۱	۶۱۳۲/۹۷	۵۳۵۵/۷	۷۰۲۱/۷
۴	۶۱۳۲/۲۳	۶۱۳۲/۵	۶۱۳۲/۹۶	۵۳۱۰/۲	۷۰۳۴/۴
۵	۶۱۳۱/۹۱	۶۱۳۲/۹	۶۱۳۲/۹۵	۵۳۶۲/۸	۷۰۴۷
۶	۶۱۳۱/۵۲	۶۱۳۵/۲	۶۱۳۲/۹۴	۵۳۱۶/۵	۷۰۵۹/۶
۷	۶۱۳۱/۰۷	۶۱۳۵/۶	۶۱۳۲/۹۳	۵۲۶۸/۳	۷۰۷۲/۲
۸	۶۱۳۰/۵۷	۶۱۳۶	۶۱۳۲/۹۲	۵۲۱۹/۵	۷۰۸۴/۷
۹	۶۱۳۰/۰۱	۶۱۳۶/۳	۶۱۳۲/۹۱	۵۱۶۹/۷	۷۰۹۷/۱
۱۰	۶۱۲۹/۳۹	۶۱۳۶/۷	۶۱۳۲/۹۰	۵۱۱۹/۱	۷۱۰۹/۵
۱۱	۶۱۲۸/۷۱	۶۱۳۷/۱	۶۱۳۲/۸۹	۵۰۶۷/۷	۷۱۲۱/۸
۱۲	۶۱۲۷/۹۸	۶۱۳۷/۴	۶۱۳۲/۸۸	۵۰۱۵/۴	۷۱۳۴/۱
۱۳	۶۱۲۷/۱۹	۶۱۳۷/۸	۶۱۳۲/۸۷	۴۹۶۲/۳	۷۱۴۶/۳
۱۴	۶۱۲۶/۳۳	۶۱۳۸/۲	۶۱۳۲/۸۶	۴۹۰۸/۴	۷۱۵۸/۶

x_1 پیش‌بینی ۱۴ دوره از روش باکس - جنکینز، x_2 پیش‌بینی ۱۴ دوره از روش هولت، x_3 پیش‌بینی ۱۴ دوره از روش هموارسازی خطی، x_4 پیش‌بینی ۱۴ دوره از روش روند درجه ۲، x_0 پیش‌بینی ۱۴ دوره از روش تابع توانی



۴. پیش بینی ترکیبی

با به دست آوردن مقادیر پیش بینیهای فردی برای ۱۴ دوره که در جدول ۴ بیان شده، پنج روش پیش بینی فردی به عنوان متغیرهای مستقل و پیش بینی ترکیبی به عنوان متغیر وابسته تعریف شده است. روش ترکیبی مورد استفاده، روش رگرسیون چند متغیره است، به این نحو که ۱۴ دوره هر یک از روشهای پیش بینی فردی (متغیرهای مستقل) و ۱۴ دوره واقعی موجود (متغیر وابسته) درون یک ظرف رگرسیون چندگانه ریخته می شود و یک مدل ارائه می گردد که پیش بینی ترکیبی با این مدل انجام می گیرد.

در این تحقیق متغیرهای مستقل $X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{i14}$ ($i = 1, 2, \dots, 14$) که نتایج پیش بینیهای فردی به دست آمده هستند و متغیر وابسته Y_i ($i = 1, 2, \dots, 14$) داده های واقعی اند. بعد از ریختن مقادیر متغیرهای مستقل و متغیر وابسته درون ظرف رگرسیونی، با استفاده از روش گام به گام^۱، خارج کردن متغیرهایی که با هم همبستگی دارند به صورت مرحله ای انجام گرفته و در پایان، دو متغیر X_1 و X_2 با مدل منطبق شده اند و مدل سازگار از دو روش باکس جنکینز و روند درجه ۲ تشکیل شده است. نتایج مدل در جدول ۵ و تحلیل واریانس آن در جدول ۶ نشان داده شده است.

مطابق جدول تحلیل واریانس با توجه به آزمون فیشر انجام گرفته که در آن $F = 4 >$ $F = 83/12$ اعتبار آماری مدل تأیید می شود. به علاوه مطابق جدول $R^2 = 0/928$ و میزان سطح معنادار به سمت صفر میل می کند که این موارد کارایی بالای مدل انتخاب شده را نشان می دهند.

جدول ۵ نتایج مدل سازگار با داده ها

متغیر	ضریب	انحراف معیار	تعداد T	سطح معنادار
ثابت	۱۰۲۳۳۵۰	۱/۰۵۵۴	۹/۷۹	.
$(X_1)AR$	-۱۶۸/۸۳۶	۱۷/۳۷	-۹/۷۲	.
درجه ۲ (X_2)	۱/۴۸۳۱۲۷	۰/۱۸۲۵	۸/۱۲۲۶	.

$$MSE = 522/5, R^2 = 0/928$$

جدول ۶ تحلیل واریانس مدل کامل رگرسیون

منبع	مجموع مجزورات	درجه آزادی	میانگین مجزورات	مقدار F	مقدار P
مدل	۸۸۶۹۲/۰	۲	۴۴۳۴۷/۰	۸۳/۱۲۰	.
خطا	۵۸۶۸/۹۰	۱۱	۵۳۳/۵۴		.

در پایان مدل کلی بدین صورت معرفی می‌شود:

$$1033350 - 168/836 X_1 + 1/483127 X_2$$

$$(3) \quad y = 168/836 + 1/483127$$

نتایج پیش‌بینی ترکیبی برای سه ماه اول سال ۱۳۷۷ (۱۴ دوره هفتگی) در جدول ۷ و نمودار منطبق با داده‌ها در نمودار ۵ نشان داده شده است.

مدل رگرسیون چند متغیره بنا به دلایل آماری زیر برای انجام دادن پیش‌بینی ترکیبی مناسب است:

۱. R^2 بالا که مهمترین معیار برای بیان ارتباط بین متغیرهای X و Y محسوب می‌شود و عبارت است از ضریب تعیین ساده‌ای که از رگرسیون مشاهدات i برحسب مقادیر برازنده شده مدل رگرسیونی چندگانه، i به دست می‌آید.

۲. آزمون F که اعتباری آماری و ارتباط بین متغیرها را می‌سنجد و معنادار بودن R^2 را به لحاظ آماری مورد بررسی قرار می‌دهد.

۳. سطح معنادار آزمون که کارایی مدل رگرسیون را بررسی می‌کند. سطح معنادار بودن آزمون را آماره آزمون محاسبه شده $p = [x^2 k - m - 1 > x^2]$ تعیین می‌کند که در آن x^2 تعداد مشاهده آماری آزمون، k تعداد مشاهدات و m تعداد پارامترهای مدل است. حداکثر تعداد قابل

جدول ۷ نتایج پیش‌بینی ترکیبی (مدل نهایی)

دوره‌های پیش‌بینی	مقادیر پیش‌بینی
۱	۶۱۲۳/۷۳
۲	۶۰۸۳/۹۶
۳	۶۰۵۳/۶۶
۴	۶۰۳۲/۷۶۰
۵	۶۰۱۲/۹
۶	۶۰۱۵/۳۵
۷	۶۰۱۹/۹۹
۸	۶۰۳۱/۸۸
۹	۶۰۵۲/۵۷
۱۰	۶۰۸۲/۲۰
۱۱	۶۱۲۰/۷۸
۱۲	۶۱۶۶/۳۶
۱۳	۶۲۲۱/۰۹
۱۴	۶۲۸۲/۶۶



قبول p (سطح معنادار) در تحلیل آماری α است که تمام این بررسیهای درباره مدل ارائه شده تأیید گردیده است.

قبل از بررسیهای بالا باید مطمئن شد که در مدل رگرسیون تست هم خطی چندگانه^۱ انجام شده باشد. در یک مدل رگرسیون، وقتی مشاهدات نمونه‌ای متغیرهای مستقل به میزان زیاد با هم همبستگی داشته باشند، اثرهای جداگانه متغیرهای مستقل را به صورت رضایت بخش نمی توان اندازه گرفت و در این صورت، رابطه خطی بودن چندگانه وجود دارد. هم خطی بودن چندگانه در مدل رگرسیون وقتی وجود دارد که مشاهدات نمونه‌ای متغیرهای مستقل یا ترکیبهای خطی آن به میزان زیاد همبستگی داشته باشند. از مشکلات هم بسته بودن متغیرهای مستقل تأثیر آنها به صورت نوسانات شدید ضرایب رگرسیونی از نمونه‌ای به نمونه دیگر و سیر نزولی در وقت مدل است [۸].

بسته کامپیوتری مورد استفاده^۲ قبل از آزمون F و تعیین مقادیر سطوح معنادار، تحلیلگر را زانجام یافتن تست هم خطی چندگانه مطمئن می کند و متغیرهایی را که در مدل ایجاد مشکل می کنند حذف می کند و با این کار از بروز عدم سازگاری در مدل مانع می شود. تمامی موارد ارائه شده تأییدی بر صحت مدل رگرسیون چندگانه در ترکیب روشهای پیش بینی فردی است.

۵. بررسی دیگر ترکیبهای روشهای پیش بینی فردی

علاوه بر مدل تدوین شده (رابطه ۳) که یک مدل بهینه ترکیبی است، کلیه ترکیبات دوتایی دیگر مورد بررسی قرار گرفتند که تمام تحلیلهای مدل نهایی درباره این ترکیبها صورت گرفته است. کاهش خطاهای پیش بینی با استفاده از ترکیبهای دوتایی روش پیش بینی قابل مشاهده است. در جدول ۸ انواع ترکیبهای دوتایی به دست آمده و مقدار خطای آنها بیان شده است.

۱۶۴

جدول ۸ بیان انواع ترکیبهای بررسی شده و تعداد خطای آنها

MSE	ترکیبهای بررسی شده	ردیف
۵۴۶	هموارسازی خطی براون و AR	۱
۵۴۷	درجه ۲ و براون خطی	۲
۵۴۸	توانی و ARIMA	۳
۶۵۳	توانی و هموارسازی نمایی خطی	۴
۶۸۰	ARIMA و هولت	۵
۷۲۸	ARIMA و هموارسازی نمایی خط	۶
۲۷۷۴	هولت و درجه ۲	۷
۲۲۶۰	هولت و توانی	۸



ترکیبهای دیگر که مورد بررسی قرار گرفته‌اند، ترکیبهای ۵ تایی، ۴ تایی، ۳ تایی است که همه آنها به ایجاد مدل سازگار حداکثر با دو متغیر مستقل منتهی شده‌اند و نتایج آنها ایجاد ترکیبهایی از دو روش پیش‌بینی بوده است. این بخش امکان ارائه ترکیبهای دیگر را با خطای بسیار پایین در مقایسه با روشهای پیش‌بینی فردی در صورتی که بخواهند از مدلهای ساده‌تر استفاده کنند (از نظر هزینه و زمان و...) کاملاً امکانپذیر می‌سازد.

۶ نتیجه‌گیری

۱. مهمترین نتایج ما که در واقع هدف اصلی انجام این تحقیق نیز بوده مقایسه روش ترکیبی و روشهای پیش‌بینی فردی است. برای مقایسه بین روشهای پیش‌بینی فردی و مدل ترکیبی ایدنال، سه نوع خطا بررسی شده که عبارتند از: MAD ، $MAPE$ و MSE .

مقادیر خطا، بین نتایج هریک از روشهای پیش‌بینی فردی (۱۴ دوره برآورد شده) و مقادیر واقعی سه ماهه اول سال ۱۳۷۷ هستند. محاسبه خطاها به همین ترتیب برای مدل ترکیبی انجام شده است. در جدول ۹ MAD ، MSE مقادیر خطای روشهای مختلف را نشان می‌دهد و $MAPE$ نیز نسبت خطاها به مقدار واقعی داده‌ها را بیان می‌کند. این جدول نشان می‌دهد که مقادیر خطا از روش ترکیبی تا روند درجه دوم به شدت افزایش یافته است. برای روش شدن نسبت خطاهای هریک از روشهای پیش‌بینی به روش ترکیبی جدول ۱۰ ارائه شده است.

مطابق این جدول کاهش مقدار خطای روش پیش‌بینی ترکیبی به روش هموارسازی نمایی حدود ۰/۰۶ است (مربوط به روش پیش‌بینی با بالاترین مقدار خطا) و کاهش مقدار خطای روش ترکیبی نسبت به روند درجه ۲، ۰/۰۰۵ است (مربوط به روش پیش‌بینی فردی با کمتری خطا).

جدول ۹ خطاهای روشهای مختلف بررسی شده

MAD	MAPE	MSE	نوع خطا / روش پیش‌بینی
۲۰	۰/۰۰۳	۵۳۴	ترکیبی
۷۷	۰/۰۱۲۵	۸۳۴۹/۰	هموارسازی خطی
۷۸	۰/۰۱۲۷	۸۳۴۱	هولت
۷۸	۰/۰۱۲	۸۴۵۳	باکس - جنکینز
۸۵۶	۰/۱۵	۷۹۸۷۷۰	توانی
۹۸۵	۰/۱۶۲	۹۷۳۳۰	درجه ۲

1. mean absolute deviation
2. mean absolute percentage error
3. mean square error



Archive of SID

جدول ۱۰ نسبت خطاهای روشهای مختلف پیش‌بینی به روش ترکیبی

نسبت خطای MAPE	نسبت خطای MAD	نسبت خطای MSE	نوع خطا
			روش پیش‌بینی
۰/۲۲	۰/۲۶	۰/۰۶۴	هموارسازی خطی
۰/۲۲	۰/۲۶	۰/۰۶۲	هولت
۰/۲۵	۰/۲۶	۰/۰۶۴	ARIMA
۰/۰۲	۰/۰۲۲	۰/۰۰۰۷	توانی
۰/۰۱۹	۰/۰۲	۰/۰۰۰۵	روند درجه ۲

این نتایج کارایی بالای ترکیب روشهای پیش‌بینی نسبت به پیش‌بینی فردی (به تنهایی) را کاملاً آشکار می‌سازد.

طبق این جداول ترکیب روشهای پیش‌بینی، مقدار خطا را به نحو چشمگیر کاهش می‌دهد و دقت پیش‌بینی در این روش از اطمینان بالایی برخوردار است.

۲. نتیجه مهم دیگر این تحقیق، ارائه مدلهای دیگر غیرمدل اصلی است؛ به این صورت که در شرایط خاص می‌توان مدلهای دیگر را که در آنها برآزش روشهای فردی به داده سری زمانی مناسبتر باشد مورد استفاده قرار داد. در این خصوص هر سه فرض تحقیق تأیید شده‌است، لکن مدل ارائه شده کمترین میزان خطا را ارائه می‌دهد.

۳. نتیجه دیگر این مدل تأکید بر اعتبار آماری مدل رگرسیون چند متغیره برای پیش‌بینی ترکیبی است که می‌توان آن را برای شرکتهای پذیرفته شده در بورس تهران به کار گرفت. اگرچه مدل فقط برای یک شرکت تهیه شده ولی متدلوژی تحقیق برای هریک از شرکتهای کاربرد دارد، البته با تعدیل داده‌ها.

۴. استفاده از این مدل در پیش‌بینی سود، فروش شرکت (با توجه به سری زمانی آنها) و به طور کلی در تمام مواردی که با دادهای زمانی سروکار دارند امکانپذیر است.

۷. منابع

- [۱] آذر، عادل و منصور مؤمنی، آمار و کاربرد آن در مدیریت، تهران، سمت، ۱۳۷۷، ج ۲.
- [۲] جهانخانی، علی و ح. عبده تبریزی، «نظریه بازارکارای سرمایه»، فصلنامه علمی و پژوهشی تحقیقات مالی، ش ۱، ص ۲۲ - ۷.
- [۳] جهانخانی، علی و علی فرهادزاده، «نقدی بر چگونگی قیمتگذاری سهام در بورس تهران»، فصلنامه علمی و پژوهشی تحقیقات مالی، ش ۱، ص ۹۵ - ۷۵.



- [۴] رجب‌زاده، علی، ارزیابی ترکیبی روشهای پیش‌بینی و ارائه مدل بهینه پیش‌بینی قیمت سهام، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم انسانی، ۱۳۷۶.
- [۵] سینایی، حسین، «سنجش کارایی در بورس اوراق بهادار تهران»، فصلنامه علمی و پژوهشی تحقیقات مالی، س ۱، ش ۲، ص ۷۱-۲۶.
- [۶] شیوا، رضا، پیش‌بینی سریهای زمانی (شناسایی، تخمین، پیش‌بینی)، تهران، مؤسسه مطالعات و پژوهشهای بازرگانی، ۱۳۷۵.
- [۷] عظیمی، علیرضا، ارزیابی تلفیقی روشهای پیش‌بینی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه امیرکبیر، دانشکده صنایع، ۱۳۷۳.
- [۸] فدائی نژاد، محمد «آزمون شکل ضعیف نظریه بازارکارایی سرمایه در بورس اوراق بهادار تهران»، فصلنامه علمی و پژوهشی تحقیقات مالی، ش ۵ و ۶، ص ۲۷-۶.
- [۹] نتر، چ و واسرمن و تیمور، آمار کاربردی، ترجمه علی عمیدی، تهران، مرکز نشر دانشگاهی، ۱۳۷۲، ج ۱.
- [10] Bates, J.M. and C.W.J. Granger, "The Combination of Forecasts", *Operations Research*, NO. 20, pp. 451 - 468.
- [11] Chatfield, C, *The Analysis of Time Series: An Introduction*, London, Champan and Hall, 1989.
- [12] Collopy, F. and D.G. Armstrong, "Rull Based Forecasting: Development and Validation of an Expert Systems Approach to Combining Time Series Entrapolations", *Management Science*, NO. 10, pp. 1394 - 1414.
- [13] Makradiks, S.A. and A. Winkler, "Average of Forecasts: Some Empirical Results", *Management Science*. NO. 29, pp. 987 - 996.
- [14] Nigel, M, "Technological Forecasting, Selection, Stablity Model and Combining Models", *Management Science*, NO. 8, pp. 1115 - 1130.
- [15] Schmitt, D.C. *et al* "Combining Forecasts: Operational Adjusment to Theoretically Optimal Rules", *Management Science*, NO. 9, pp. 1044-1056.