فصلنامه مطالعات مدیریت و حسابداری
دوره ۱۰، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳
صفحات ۱۵۵-۱۶۷
Print ISSN: 2476-5066
www.uctjournals.com

پیش‌بینی تغییرات احتمالی شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران

طوبی خاکشور بازخانه

سرحسابرس دیوان محاسبات خراسان شمالی

چکیده

در بررسی عملکرد بازار بورس، شاخص سهام یکی از عناصر مهم در بازار اوراق بهادار و ابزاری مفید برای پیگیری روندهای بازار است. این موضوع، پیش‌بینی شاخص سهام را به یکی از مباحث جذاب برای بسیاری از محققان امور مالی تبدیل کرده است و در نتیجه آن، روش‌ها و الگوریتم‌های متعددی برای پیش‌بینی معرفی شده‌اند. تحقیق حاضر به پیش‌بینی تغییرات احتمالی شاخص سهام با استفاده از مدل زنجیره مارکف فازی می‌پردازد. به این منظور، داده‌های شاخص کل در بازه زمانی پنج ساله جمع‌آوری شده و سپس برای اهداف پیش‌بینی شاخص کل سهام از ترکیب مفهوم زنجیره مارکف در مدل تصادفی فازی استفاده شده است. برای افزایش دقت و اطمینان در استنباط، نتایج مدل ترکیبی زنجیره مارکف فازی با روش تصادفی فازی مقایسه شده‌اند. همچنین برای مقایسه دقت پیش‌بینی از معیار میانگین قدر مطلق انحرافات استفاده شده است. نتایج تجربی تحقیق نشان می‌دهد که متوسط انحرافات پیش‌بینی برای شاخص کل با استفاده از مدل ترکیبی زنجیره مارکف فازی تقریباً ۲۸ درصد و در مقابل زمانی که روش تصادفی فازی استفاده می‌شود، متوسط انحرافات تقریباً ۳۴ درصد می‌باشد که این امر نشان‌دهنده پیش‌بینی دقیق‌تر مدل پیشنهادی زنجیره مارکف فازی است.

واژه‌های کلیدی: شاخص سهام، پیش‌بینی، پیش‌بینی تصادفی فازی، زنجیره مارکف، زنجیره مارکف فازی

۱-مقدمه

اندازه و روند شاخص قیمت سهام به‌عنوان یکی از مهم‌ترین معیارهای سنجش عملکرد بورس اوراق بهادار در تمام بازارهای مالی دنیا از اهمیت و توجه زیادی برخوردار است. شاخص قیمت سهام نشان دهنده‌ی وضعیت کلی بازار است و به شرکت کنندگان بازار سهام اجازه می‌دهد از طریق قرار گرفتن در معرض کل صنعت یا صنایع مختلف و نه فقط چند سهم به تنوع و گوناگونی دست یابند و به سرعت اطلاعاتی از اینکه حرکات بازار چه تأثیری بر روی ارزش مجموعه سهام‌شان گذاشته است، بدست آورند. چنین قابلیتی باعث می‌شود شاخص سهام برای گروه زیادی از سرمایه‌گذاران به ویژه برای کسانی که دانش محدود سرمایه‌گذاری و ماهیت ریسک‌گریز دارند جذاب باشد(Najafabadi et al, 2009) دراین بین پیش بینی روند آینده برخی از رویدادها از جمله سرمایه‌گذاری در بازار سهام بواسطه کسب منفعت بیشتر و کاهش ریسک های احتمالی در فرآیند این سرمایه گذاری از جذابیت روزافزونی برخوردار شده است. پیش‌بینی شاخص سهام همواره موضوع جذابی برای اکثر سرمایه‌گذاران سهام، دلالان، شرکت‌های سرمایه‌گذاری، مؤسسات اعتباری، بانک‌ها و فروشندگان بوده است. متأسفانه پیش-بینی بازار سهام به خاطر این‌که، شاخص‌های سهام اساساً پویا، غیرخطی، پیچیده، نا پارامتریک و بی‌نظم هستند کار آسانی نمی‌باشد (Tan et al, 2005) در نتیجه پیدا کردن بهترین زمان برای خرید یا فروش سهام همیشه دشوار بوده است. علاوه براین، حرکات بازار سهام تحت تأثیر بسیاری از عوامل کلان اقتصادی (Wang, 2002) مانند رویدادهای سیاسی، شرایط کلی اقتصاد، سیاست شرکت‌ها، شاخص قیمت کالا، نرخ بهره بانکی، انتظارات سرمایه گذاران، نوسان بازار بورس، اوضاع روانی سرمایه‌گذاران و غیره است (Ritanjali et al., 2009).

تاکنون مدل ها و الگوریتم های فراوانی به منظور پیش‌بینی شاخص سهام از سوی محققین مختلف ارائه شده است. در تحقیق حاضر به منظور افزایش دقت و اطمینان در استنباط، از ترکیب مدل زنجیره مارکف و مدل تصادفی فازی به منظور پیش بینی حرکات شاخص‌کل بورس اوراق بهادار تهران استفاده شده است. زنجیره‌های مارکف حالت خاصی از مدل‌های احتمالی هستند که در آن وضعیت فعلی سیستم فقط وابسته به آخرین مرحله قبل می‌باشد و با توجه به حال آن تغییر می‌کند (محمدی و رجبی،۱۳۹۱). در مدل ترکیبی زنجیره مارکف فازی در مقایسه با روش تصادفی فازی می توان علاوه بر محاسبه نسبت افزایش و کاهش شاخص سهام؛ احتمال افزایش و کاهش شاخص را نیز محاسبه نمود. در مقایسه با روش شبکه های عصبی مصنوعی[1] این روش یک مزیت اساسی دارد: این روش نتیجه‌ای با دقت بالا را خواهد داشت که تنها به یک داده ورودی نیاز است. یعنی، برای مثال، برای پیش‌بینی شاخص مورد نظر در یک روز مشخص، تنها داده‌های مربوط به شاخص سهام در اولین روز به عنوان ورودی مدل مد نظر خواهد بود. در حالی که شبکه های عصبی ممکن است به بیش از یکسری داده‌های ورودی نیاز داشته باشد.

۲- پیشینه تحقیق

۲-۱. پیشینه خارجی

در دهه‌های اخیر، تکنیک‌های داده‌کاوی ازجمله شبکه‌های عصبی مصنوعی ، توسط محققان زیادی برای پیش‌بینی شاخص قیمت سهام مورد بررسی قرار گرفته است (Yamashita et al., 2005 : Wang et al., 1996) عمدتا در این مدل‌ها اطلاعاتی از قبیل شاخص‌های بازار، شاخص‌های فنی و عوامل اصلی شرکت‌ها به عنوان داده های ورودی استفاده می شود این در حالی است که تعریف، انتخاب و جمع‌آوری این داده های ورودی عموماً کار ساده‌ای نمی باشد.

کیمو تو[2]و همکاران (۱۹۹۰) از الگوریتم‌های یادگیری وروش‌های پیش‌بینی برای توسعه سیستم پیش‌بینی شاخص قیمت بورس اوراق بهادار توکیو استفاده کردند. آن‌ها ازشبکه‌های عصبی پیمانه‌ای برای بررسی ارتباطات بین عوامل بازار استفاده کردند.کیم[3]وهمکاران(۱۹۹۸) از یک شبکه عصبی احتمالاتی پالایش شده به منظور پیش‌بینی شاخص بازار سهام استفاده

4. Artificial Neural Networks
2 Kimoto
3 Kim

کردند. ویژگی منحصر به فرد این شبکه که به شبکه‌ی احتمالاتی سازمان یافته معروف شد آن است که در ارائه یک پیش‌بینی رتبه بندی شده، مقادیر ناپیوسته را به یک خروجی دوقطبی منفرد ترجیح می‌دهد.

روش دیگری که در پیش بینی شاخص بسیار مورد استفاده قرار گرفته است، الگوریتم ژنتیک است. این روش نیز به خاطر پیچیدگی‌ها و پراکندگی زیاد داده‌های سهام، از محدودیت‌های خاصی برخوردار است و ممکن است این حجم زیاد داده‌ها باعث اشتباه در انتخاب الگوی مناسب شود (Kim et al, 2000). کیم وهمکاران(۲۰۰۰) از شبکه عصبی بهینه شده با الگوریتم ژنتیک به منظور پیش‌بینی شاخص قیمت سهام استفاده کردند.نتایج نشان داد که روش الگوریتم ژنتیک بر مدل‌های مرسوم و معمولی ارجحیت دارد.

روش‌های زیاد دیگری نیز مانند تحلیل سری‌های زمانی و مدل‌های رگرسیونی چندگانه از جمله مدل‌هایی هستند که به طور گسترده به منظور پیش بینی شاخص سهام مورد استفاده قرار گرفته اند(Kendall, 1990).لیکن اخیرا برای افزایش سرعت و دقت پیش‌بینی ها، تمایل به ترکیب چندین تکنیک پیش بینی افزایش یافته است. آرمانو[4]و همکاران(۲۰۰۵) با ترکیب الگوریتم‌های ژنتیک و شبکه های عصبی به پیش‌بینی شاخص‌سهام پرداختند. آن‌ها رویکرد جدیدی را به منظور پیش‌بینی شاخص ارائه کردند. نتایج تحقیق توانایی بسیار زیاد الگوی ترکیبی برای پیش‌بینی را نشان داد. یاکوپ[5]و همکاران(۲۰۱۱) نیز دو مدل کارای شبکه‌های عصبی و ماشین بردار پشتیبان را برای پیش‌بینی خط مستقیم نوسان در بورس توکیو بررسی کرده‌اند. آن‌ها از ۱۰ شاخص تکنیکی به عنوان ورودی مدل‌ها استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که متوسط عملکرد مدل شبکه‌های عصبی از مدل ماشین‌های بردار پشتیبان به طور معنی‌داری بهتر است.

عده ای از محققین نیز از مدل های زنجیره مارکف ومنطق فازی به منظور مقاصد پیش بینی استفاده نموده اند. ونگ[6](۲۰۰۳) با بکارگیری سیستم منطق فازی برای تعریف پارامترهای پیش بینی؛ یک روش تصادفی فازی را برای زمان واقعی پیش‌بینی قیمت‌های سهام ارائه داد. سپس در سال ۲۰۱۰ وی و همکارانش ، با بهبود روش قبلی ، اقدام به ترکیب روش فازی با زنجیره مارکف نموده و روش ترکیبی فازی- مارکفی را ارائه دادند. آن‌ها در مدل پیشنهادی خود، برای پیش بینی پارامترهای مدل، علاوه بر مفاهیم فازی، از احتمال‌های افزایش یا کاهش شاخص قیمت سهام نیز در پیش‌بینی استفاده کردند و مدل را برای داده‌های سه ماهه مورد بررسی قرار داده و نشان دادند که مدل مورد نظر به طور قابل توجهی برای پیش‌بینی شاخص سهام بهتر عمل کرده است. ین تسنگ[7]و همکارانش(۲۰۰۹) از روش[8] MFGM برای پیش‌بینی زمان چرخش شاخص وزنی سهام تایوان استفاده کردند. آنان در روش پیشنهادی خود از مدل گری[9]برای پیش‌بینی بهتر داده بعدی و از سری فوریه برای برازش مانده‌های تولید شده از مدل گری، استفاده کردند . در نهایت از ماتریس انتقالی مارکف برای کنترل نتایج حاصل از روش FGM[10]استفاده شد. روش پیشنهادی آنان نتایج دقیقتری نسبت به روش مقایسه ای در بر داشت.

با توجه به بررسی انجام گرفته تاکنون پژوهشی در ارتباط با پیش بینی شاخص بورس به وسیله مدل ترکیبی زنجیره مارکف فازی در داخل کشور صورت نگرفته است. در هر حال در زیر به برخی از تحقیقات مهم داخلی که در زمینه پیش‌بینی شاخص و قیمت در بورس اوراق بهادار انجام شده است و مفاهیمی مشترک با تحقیق حاضر دارد ،اشاره شده است. بت شکن (۱۳۸۰)، در پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود به پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از منطق فازی پرداخت و آن را با الگوهای خطی پیش-بینی مقایسه کرد. این پژوهش تنها با متغیر قیمت سهام گروه بهمن و با بهره بردن از شیوه‌های هوش مصنوعی به پیش بینی قیمت سهام پرداخت.افسر (۱۳۸۴) نیز در پایان نامه کارشناسی ارشد خود با موضوع الگوسازی پیش‌بینی شاخص قیمت سهام با استفاده از شبکه‌های عصبی فازی دقت بیشتر مدل شبکه‌های عصبی فازی در مقایسه با روش‌های پیش‌بینی کلاسیک آمار

4 Amano
5 Yakup
6 Wang
7 Yen-Tseng
8 Markov Fourier Grey Model
9 Grey
10 Fourier Grey Model

خطی و غیر خطی را نشان داد.آذر و همکارانش (۱۳۸۴)، یک مدل ترکیبی از روش‌های کلاسیک و هوش مصنوعی را به منظور پیش‌بینی شاخص کل استفاده کردند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که روش‌های هوش مصنوعی از قبیل شبکه‌های عصبی و فازی در پیش‌بینی شاخص نسبت به روش‌های کلاسیک از قبیل روش‌های هموارسازی نمایی، تحلیل روند و ARIMA بهتر عمل کرده است.

شمس و اصغری (۱۳۸۸)، برای پیش‌بینی شاخص کل بورس از مدل شبکه‌های عصبی پیش‌خور با قانون یادگیری پس-انتشارخطا در سه ساختارمختلف شبکه با الگوهای متفاوت ورودی استفاده کردند. نتایج تحقیق نشان داد که در روش شبکه-های عصبی ،خطای RMSE به میزان قابل توجهی کمتر از روش‌های دیگر است و در بازار بورس اوراق بهادار تهران پیش-بینی کوتاه مدت با فاصله زمانی کمتر، مناسب‌تر از پیش‌بینی بلند مدت با فاصله زمانی طولانی‌تر است.

کشاورز حداد و حیدری (۱۳۸۹)، مدل‌های عمومی گری و جابجایی مارکف را برای بررسی اثر شوک‌های سیاسی بر تلاطم بازار سهام به عنوان دو مدل مکمل بکار بردند. دموردی و همکارانش (۱۳۹۰) نیز، ضمن پیش‌بینی شاخص کل با الگوریتم اجتماع ذرات و مقایسه آن با الگوهای سنتی به این نتیجه رسیدند که این الگوی هوشمند در پیش‌بینی از دقت بالایی برخوردار است. محمدی و رجبی (۱۳۹۱)، با استفاده از زنجیره‌های مارکف و اطلاعات مالیاتی دریافتی کشور در طول سال‌های ۸۴-۸۸ الگوی مناسبی برای اتخاذ سیاست بخشودگی مالیاتی ارائه کردند.

۳- مبانی نظری

۳-۱. منطق‌فازی

مفهوم منطق فازی نخستین بار در جهان، توسط پرفسور عسکر زاده؛ دانشمند ایرانی تبار در سال ۱۹۶۵ در مقاله‌ای با عنوان "مجموعه‌های فازی" به عنوان واکنشی به این واقعیت شرح و بسط یافته است که اغلب پارامترهایی که در دنیای واقعی با آن‌ها مواجهیم تعریف دقیقی ندارند.

رویکرد فازی از جمله الگوریتم‌های پیچیده و کارا در هوش مصنوعی است که بیشتر استدلال و محاسبات تقریبی را امکان-پذیر می‌سازد و یک قالب جدید ریاضی برای صورت‌بندی و تجزیه وتحلیل متغیرهای زبانی و کیفی است. این نظریه تعمیم و گسترش طبیعی نظریه مجموعه‌های معمولی است که موافق با زبان و فهم طبیعی انسان‌ها نیز می‌باشد (طاهری،۱۳۷۸). لطفی زاده برچسب یا نام فازی(مبهم) را روی این مجموعه‌های گنگ یا چند ارزشی قرار داد. مجموعه‌هایی که اجزایشان به درجات مختلف به آن‌ها تعلق دارند. نظیر مجموعه‌هایی از مردم که به درجاتی گوناگون از کار خود راضی هستند. علت این نام‌گذاری این بود که مفهوم فازی را از منطق دودویی که در زمان او مطرح بود دور سازد.

۳-۲. زنجیره مارکف

این نظریه اولین بار توسط یک ریاضی‌دان روسی بنام آندری‌مارکف (۱۹۲۲-۱۸۵۶) در زمینه علم احتمال مطرح گردید-(خزایی،۱۳۸۳). زنجیره‌های مارکف طبقه خاصی از مدل‌های آماری پیشرفته و نوع خاص یک فرآیندتصادفی هستند که تا حد زیادی برای مطالعه احتمال تکامل یک سیستم برای بیش از یک دوره از زمان مورد استفاده قرار می‌گیرند و به‌طور گسترده در علوم فیزیک، بیوانفورماتیک، تئوری‌ریاضی، ارتباطات، مسائل تصمیم‌گیری بازرگانی، اقتصاد، کشاورزی، صنعت، هواشناسی، اقلیم‌شناسی، پزشکی و غیره کاربرد دارند (Aswath Kumar at al,).

زنجیره‌مارکف یک فرآیند تصادفی زمان-گسسته با خاصیت مارکف است، اگرچه برخی از نویسندگان در مورد فرآیندهای پیوسته در زمان هم از اصطلاح زنجیره مارکف استفاده می‌کنند. یک فرآیند تصادفی گسسته در زمان شامل سیستمی است که در هر مرحله در حالت خاص و مشخصی قرار دارد و به صورت تصادفی در هر مرحله تغییر حالت می‌دهد. مراحل اغلب به عنوان لحظه‌های زمانی در نظر گرفته می‌شوند ولی می‌توان آن‌ها را فاصله فیزیکی یا هر متغیر گسسته دیگری در نظر گرفت.

۳- سئوالات تحقیق

تحقیق حاضر مبتنی بر نتایج تجربی است بدین معنی که در پی آزمایش[1]مدل پیشنهادی خود می باشد.لذا به منظور نیل به اهداف پژوهش پس از اجرای رویکرد پیشنهادی، به سئوالات ذیل پاسخ داده خواهد شد.

سوال ۱: آیا بر اساس قیمت‌های گذشته شاخص سهام و با استفاده از مدل زنجیره مارکف می‌توان احتمال تغییرات آتی شاخص سهام وجهت این تغییرات را پیش بینی نمود؟

سوال ۲: آیا پیش‌بینی سری زمانی شاخص سهام با استفاده از روش ترکیبی فازی و زنجیره مارکف خطای برآورد را کاهش می‌دهد؟

۴- روش تحقیق

برای انجام تحقیق ابتدا داده‌های مربوط به شاخص کل از سایت بورس اوراق بهادار تهران بر مبنای سال ۱۳۹۷ تا ۱۴۰۱جمع‌آوری و با استفاده از نرم افزار R مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. روند انجام کار، پس از جمع‌آوری داده‌ها به صورت زیر است.

- محاسبه احتمال کاهش و افزایش شاخص سهام با استفاده از مفهوم زنجیره مارکف
- محاسبه نسبت تغییر افزایش و کاهش شاخص سهام با استفاده از مدل تصادفی فازی و پیش‌بینی شاخص با استفاده از منطق فازی
- محاسبه پارامتر r و تعیین ارزش سهام پیش‌بینی شده با استفاده از مدل زنجیره مارکف فازی

۴-۱-۱. مدل تصادفی فازی

در این تحقیق با در نظر گرفتن موقعیت بازار سهام به عنوان یک فرآیند تصادفی از مدل تصادفی فازی ونگ[2]که در سال ۲۰۰۳، برای پیش‌بینی قیمت سهام پیشنهاد داده است،استفاده شد:

$$X_{(n+1)} = X_{(n)} e^{r}$$

$$r = \sum_{n=1}^{n=j} \mu(t_{n+1}) - \mu(t_n)/j$$

$$n = 1, 2, 3, \ldots, j \in N$$

که در آن تابع $\mu(t_n)$ یک تابع عضویت است که به صورت $\mu(t_n) = (\frac{X}{Y})^2$ تعریف می‌شود به‌طوری‌که x ارزش سهام مورد نظر در روز t_n در یک هفته خاص است و y بیشترین ارزش سهام در همان هفته است.همچنین به منظور تعدیل پارامتر r مدل تصادفی فازی،از مفهوم زنجیره مارکف استفاده شده است.

۴-۱-۲. زنجیره مارکف

یک زنجیره مارکف یک فرآیند تصادفی زمان گسسته است که در زمان‌های متوالی حالت‌های یک سیستم را توصیف می‌کند. حالت سیستم در هر زمان متوالی گسسته است،..... n=1,2,3, . برای هر زمان n ، متغیر تصادفی X_n وضعیت جاری سیستم است.

یک ویژگی مهم زنجیره مارکف که باعث ساده‌سازی آن نیز شده است، این است که اگر حالت‌های کامل X_n را $X_0 X_{1,\ldots}$ داشته باشیم، X_{n+1} فقط به X_n بستگی دارد. به عبارتی اگر تنها پیش‌بینی X_{n+1} مدنظر باشد، اطلاع از X_n کفایت می‌کند و داشتن داده‌های مربوط به X_{n-1} $X_0 X_{1,\ldots}$ اضافی بوده و لازم نیست.به سیستمی که این خصوصیت را در تمام زمان‌های n دارد گفته می شود سیستم دارای خصوصیت زنجیره مارکف است. احتمال X_n =i که با $a_i(n)$ نشان داده می‌شود، احتمال وضعیت است. احتمال اینکه سیستم از X_n =i به $X_{n+1} = j$ برود، با P_{ij} نشان داده می‌شود و به آن احتمال انتقال می‌گویند.

$$P_{ij} = \{= j \mid X_n = i \; X_{n+1}\} \; (I, j \in S, n = 0,1,2,3,000)$$

---

1 Experiment 1
1 . Wang, Y.F 2

همچنین یک فرآیند تصادفی $\{X_n, n \geq 0\}$ با فضای حالت S،یک زنجیره مارکف است اگر i و j به فضای S تعلق داشته باشند.

$$a_i(n+1) = \sum_{i=1}^{k} a_i(n) P_{ij} \quad i = 1,2,3, \ldots \qquad (۱)$$

که در آن احتمال انتقال بین حالات دارای خواص زیر است؛ به‌طوری که:

$$\sum_{i=1}^{k} a_i(n) = 1 \,, n = 1,2.3, \ldots . k \qquad (۲)$$

$$P_{ij} \geq 0 \; i,j = 1,2,3, \ldots \ldots k \qquad (۳)$$

$$\sum_{j=1}^{k} p_{ij} = 1 \,, i = 1,2,3, \ldots . k \qquad (۴)$$

۴-۲. مدل پیشنهادی

همان طور که پیش از این عنوان شد متغیر تصادفی X_n برای بیان موقعیت شاخص سهام در n امین روز استفاده می‌شود. $X_n = 1$ افزایش شاخص سهام و $X_n = 2$ کاهش شاخص سهام را نشان می‌دهد. $y_i(n)$ نشان‌دهنده احتمال این است که سیستم در n امین روز در موقعیت i (i=1,2)قرار گیرد، یعنی: $y_i(n) = P(X_n = i)$.

همچنین P_{ij} احتمال انتقال حالت را از یک روز خاص در موقعیت i به روز بعد در موقعیت j را بیان می‌کند.

$$P_{ij} = P(X_{n+1} = j \mid X_n = i)$$

طبق فرمول احتمال کل داریم:

$$y_1(n+1) = y_1(n)p_{11} + y_2(n)p_{21} \qquad (۵)$$

$$y_2(n+1) = y_1(n)p_{12} + y_2(n) \qquad (۶)$$

r_{ij} برای نرخ تغییر (i=1,2 ; j=1,2) از یک حالت زمانی خاص در موقعیت i به حالت زمانی بعد در موقعیت j استفاده شده است. r_{ij} به صورت زیر نشان داده می شود:

$$r_{ij} = \sum_{n=1}^{n=k} \mu(t_{n+1}) - \mu(t_n)/k \qquad (۷)$$

$$\mu(t_n) = \left(\frac{\bar{x}}{\bar{y}}\right)^2$$

که در آن x ارزش شاخص سهام مورد نظر در روز t_n در یک هفته خاص است و y بیشترین ارزش آن شاخص در روزهای همان هفته است. پارامتر r مدل پیش‌بینی کننده با استفاده از معادلات ۵، ۶ و۷به صورت زیر به دست می‌آید:

$$r = \begin{cases} r_{11}p_{11} + r_{21}p_{21} & \text{در صورتی که شاخص روند صعودی داشته باشد} \\ r_{12}p_{12} + r_{22}p_{22} & \text{در صورتی که شاخص روند نزولی داشته باشد} \end{cases} \qquad (۸)$$

۵- آزمایش مدل

اطلاعات شاخص کل سهام از وب سایت بورس اوراق بهادار تهران استخراج شده اند. بخشی از این داده‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. قسمتی از داده‌های شاخص کل

تاریخ	زمان	شاخص کل	μ_{index}
⋮	⋮	⋮	⋮
۱۳۸۶/۰۴/۳۰	۲۰:۰۷	۹۰۸۵,۷۴	۰,۹۹۲۷۷۹۶
۱۳۸۶/۰۴/۳۱	۲۰:۰۷	۹۱۰۳,۵۳	۰,۹۹۶۶۷۱۲
۱۳۸۶/۰۵/۰۱	۲۰:۰۷	۹۱۰۶,۳۲	۰,۹۹۷۲۸۲۲

۱۳۸۶/۰۵/۰۲	۲۰:۰۷	۹۱۱۸,۷۲	۱,۰۰۰۰۰۰
۱۳۸۶/۰۵/۰۳	۲۰:۰۷	۹۱۱۶,۶	۰,۹۹۹۵۳۵۱
⋮	⋮	⋮	⋮

۱-۵. بررسی سئوال شماره ۱ تحقیق

۱-۱-۵. محاسبه احتمال افزایش و کاهش شاخص سهام

در این بخش می باید $p_{11}\,p_{21}\,p_{12}\,,p_{22}$ در معادلات ۵و۶ محاسبه شود. در جدول۳ ، عدد۱ نشان‌دهنده افزایش شاخص سهام وعدد۰ نشان‌دهنده کاهش شاخص سهام است. به عبارتی، عدد۱ زمانی ارائه می‌شود که مقدار شاخص سهام بزرگ‌تر یا مساوی دوره پیشین(افزایشی) است وعدد"۰ " زمانی داده می‌شود که مقدار شاخص کوچک‌تر از دوره قبل (کاهشی) است. به‌عنوان مثال، در جدول ۲، مقدار شاخص کل در تاریخ ۱۳۹۰/۰۱/۲۱ روز یک‌شنبه ۲۶۰۰۲٫۶ است که کوچک‌تر از مقدار شاخص در روز شنبه تاریخ ۱۳۹۰/۰۱/۲۰ یعنی ۲۶۲۲۲٫۷۶ است؛ بنابراین در جدول ۳، عدد ۰ در خانه‌ای برای شاخص ۲۶۰۰۲٫۶ وارد می‌شود که کاهش شاخص را نسبت به روز قبل نشان می‌دهد.

جدول۲. قسمتی از جدول داده‌های شاخص کل

تاریخ	روز				
	شنبه	یک‌شنبه	دوشنبه	سه شنبه	چهارشنبه
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
۱۳۹۰/۰۱/۲۰-۱۳۹۰/۰۱/۲۴	۲۶۲۲۲٫۷	۲۶۰۰۲٫۶	۲۶۱۴۵٫۲	۲۶۴۱۲٫۷	۲۶۵۴۱٫۹
۱۳۹۰-/۰۱/۳۱ ۱۳۹۰/۰۱/۲۷	۲۶۶۷۵٫۹	۲۶۴۴۶٫۶	۲۶۴۲۹٫۲	۲۶۲۱۵٫۴	۲۶۴۸۱٫۵
۱۳۹۰-/۰۲/۰۷ ۱۳۹۰/۰۲/۰۳	۲۶۶۱۰٫۱	۲۶۵۳۹٫۷	۲۶۲۶۱٫۵	۲۶۲۷۳٫۶	۲۵۷۸۱٫۸
۱۳۹۰-/۰۲/۱۴ ۱۳۹۰/۰۲/۱۰	۲۵۳۲۱٫۷	۲۴۶۸۵٫۳	۲۵۰۳۷٫۷	۲۵۲۱۱٫۲	۲۵۵۲۰٫۲
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

جدول۳. افزایش یا کاهش شاخص کل نسبت به دوره قبل

تاریخ	روز				
	شنبه	یک‌شنبه	دوشنبه	سه شنبه	چهارشنبه
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
۱۳۹۰/۰۱/۲۰-۱۳۹۰/۰۱/۲۴	۱	۰	۱	۱	۱
۱۳۹۰/۰۱/۱۳۹۰-۲۷/۰۱/۳۱	۱	۰	۰	۰	۱
۱۳۹۰/۰۲/۱۳۹۰-۰۳/۰۲/۰۷	۱	۰	۰	۱	۰
۱۳۹۰/۰۲/۱۳۹۰-۱۰/۰۲/۱۴	۰	۰	۱	۱	۱
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

از رابطه دفعات حضور حالت(۱و۱) بخش بر تعداد کل مشاهدات، برای بدست آوردن حالت p_{11} و از دفعات حضور حالت (۱و۰) بخش بر تعداد کل مشاهدات، برای بدست آوردن احتمال p_{21} و از دفعات حضور حالت (۰و۱) بخش بر تعداد کل مشاهدات،

برای بدست آوردن احتمال p_{12} و از دفعات حضور (۰و۰) بخش بر تعداد کل مشاهدات، برای کسب احتمالات p_{22} استفاده شده است. به عنوان مثال؛ همان‌طور که در جدول ۴ نمایش داده شده است از شنبه تا یک‌شنبه طی دوره ۸۵/۰۴/۲۴ تا ۹۱/۰۴/۳۱ تعداد دفعاتی که حالت (۱و۱) رخ می‌دهد ۴۵ بار است که بر تعداد کل مشاهدات(۲۹۰) تقسیم می شود بدین ترتیب احتمال مورد نظر به این شرح بدست می‌آید:

$$p_{11} = \frac{45}{290} = .155172$$

به همین صورت به راحتی می توان مقادیر p_{22} ، p_{12} p_{11} را محاسبه نمود. احتمالات افزایش و کاهش در روزهای متفاوت در جدول ۴ نشان داده‌اند.

جدول ۴ احتمالات همه موارد در دوره‌های مختلف مربوط به شاخص کل

زمان	احتمال			
	p_{11}	p_{12}	p_{21}	p_{22}
شنبه-یک‌شنبه	۰٫۱۵۵۱۷۲۴	۰٫۱۶۵۵۱۷۲	۰٫۴	۰٫۲۷۹۳۱۰۳
یک‌شنبه-دوشنبه	۰٫۲۷۵۸۶۲۱	۰٫۲۷۹۳۱۰۳	۰٫۱۷۹۳۱۰۳	۰٫۲۶۵۵۱۷۲
دوشنبه-سه‌شنبه	۰٫۱۶۵۵۱۷۲	۰٫۲۸۹۶۵۵۲	۰٫۱۸۲۷۵۸۶	۰٫۳۶۲۰۶۹
سه‌شنبه-چهارشنبه	۰٫۱۷۵۸۶۲۱	۰٫۱۷۲۴۱۳۸	۰٫۳۵۵۱۷۲۴	۰٫۲۹۶۵۵۱۷
چهارشنبه-شنبه	۰٫۱۵۸۶۲۰۷	۰٫۳۷۲۴۱۳۸	۰٫۱۶۲۰۶۹	۰٫۳۰۶۸۹۶۶

همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود؛ زنجیره مارکف قادر است احتمال افزایش و کاهش شاخص سهام را محاسبه نماید و این به معنی توانایی زنجیره مارکف در پیش‌بینی شاخص سهام است.

۵-۲. بررسی سئوال شماره ۲ تحقیق

جهت بررسی سئوال دوم؛ شاخص سهام با استفاده از زنجیره مارکف فازی و همچنین مدل تصادفی فازی پیش‌بینی و نتایج بدست آمده با یکدیگر مقایسه می شود.

بدین منظور، جهت پیش‌بینی شاخص سهام با استفاده از زنجیره مارکف فازی؛ ابتدا نرخ تغییرات افزایش -کاهش شاخص سهام با استفاده از فرمول فازی پیشنهاد شده توسط ونگ محاسبه و سپس پارامتر r با استفاده از ترکیب زنجیره مارکف و منطق فازی برای مواردی که روند شاخص سهام نسبت به دوره قبل به صورت صعودی و نزولی می‌باشد محاسبه می گردد.نهایتا پارامتر r بدست آمده در فرمول پیشنهادی ونگ، جایگزین و شاخص سهام را پیش‌بینی می شود.

۵-۲-۱. محاسبه نسبت تغییرافزایش وکاهش شاخص سهام

در این بخش نرخ تغییر شاخص سهام برای تمام موارد یعنی r_{11}،r_{12} ،r_{22} و r_{21} از معادله ۷ محاسبه می‌شود.به عنوان مثال نسبت تغییر از شنبه تا یک‌شنبه برای (۱و۰) ،r_{21}، ازطریق انتخاب زوج داده‌هایی که در آن‌ها ، (یک‌شنبه)μ (شنبه) μ، محاسبه می‌شود. نتایج بدست آمده در جدول ۵ نشان داده شده‌اند. μ متوسط میانگین مجموع μ شاخص در زمان داده شده است. در این مورد داریم:

$$\sum_{n=1}^{n=k} \mu_{\text{یک شنبه}} = 285.939217$$

$$\sum_{n=1}^{n=k} \mu_{\text{شنبه}} = 285.490761$$

نسبت تغییر r_{21} ، از روزشنبه به یک‌شنبه برابر است با:

$$r_{ij} = \sum_{n=1}^{n=k} \frac{\mu_{t_{n+1}} - \mu_{t_n}}{k}$$

$$r_{21} = \frac{285.939217 - 285.490761}{290} = .0001546347$$

به همین ترتیب، نسبت‌های تغییر شاخص سهام در سایر موارد مانند r_{11} r_{12} r_{22} نیز محاسبه می شوند که نتایج در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۵. نرخ تغییرات شاخص کل در موارد مختلف

زمان	نرخ تغییر			
	r_{11}	r_{12}	r_{21}	r_{22}
شنبه-یک‌شنبه	۰.۰۰۱۵۶۳۷۴۶	-۰.۰۰۱۰۲۸۲۶۶	۰.۰۰۱۵۴۶۳۴۷	-۰.۰۰۲۶۷۴۷۷۲
یک‌شنبه-دوشنبه	۰.۰۰۱۷۰۶۴۷۳	-۰.۰۰۰۲۴۰۰۷۸۵	۰.۰۰۲۲۳۴۱۹۷	-۰.۰۰۱۱۷۳۲۰۹
دوشنبه-سه شنبه	۰.۰۰۳۶۷۴۶۰۶	-۰.۰۰۰۷۹۱۸۷۵۸	۰.۰۰۱۸۸۸۶۴۷	-۰.۰۰۰۶۷۲۰۰۵۸
سه شنبه-چهارشنبه	۰.۰۰۰۷۰۸۷۸۷۱	-۰.۰۰۲۵۵۳۵۹۹	۰.۰۰۰۳۷۴۷۷۳۹	-۰.۰۰۳۷۴۳۱۴۲
چهارشنبه-شنبه	۰.۰۰۵۱۵۳۰۸۷	-۰.۰۰۰۷۸۹۹۶۵۱	۰.۰۰۴۱۴۹۸۴۱	-۰.۰۱۳۰۴۶۳۸

۲-۲-۵. محاسبه پارامتر r وتعیین مقدار پیش‌بینی شده

بر اساس تعریف پارامترr در معادله ۸ ، زمانی که شاخص کل سهام درحال افزایش است، $r = r_{11}p_{11} + r_{21}p_{21}$ و در سایر شرایط (نزول سهام) پارامتر r به صورت $r_{12}p_{12} + r_{22}p_{22}$ تعریف می شود. جدول ۶ توسط معادله ۸ و از تلفیق جدول‌های ۴ و۵ ایجاد می‌شود. شاخص سهام در طی روز بعد می‌تواند با استفاده از تابع $X(n+1)=X(n)e^{r}$ پیش‌بینی شود(ونگ،۲۰۰۳). به عنوان مثال، برای شاخص کل در روز شنبه ۱۳۸۶/۰۴/۳۰ مقدار واقعی شاخص برابر ۹۰۸۵،۷۴ و مقدار واقعی شاخص روز یک‌شنبه ۱۳۸۶/۰۴/۳۱ برابر ۹۱۰۳،۵۳ است که بزرگ‌تر از مقدار شاخص در روز شنبه است؛ نسبت افزایشی r برای شنبه-یک‌شنبه،۰،۰۰۰۸۶۱۱۸۹۲ است. از طریق جایگزین کردن پارامتر r در تابع پیش بینی $X(n+1)=X(n)e^{r}$ مقدار پیش‌بینی شده برای روز بعد می‌تواند بدست آید.

$X_{\text{یک‌شنبه}}$=۹۰۸۵,۷۴=$9e^{.0008611892}$

انحراف از مقدار واقعی برابر است با:

|۹۰۹۳.۵۶۸- ۹۱۰۳,۵۳|/۹۱۰۳,۵۳ ۰,۱۰۹۴۳۱۱%

مقادیر پیش‌بینی شده برای دیگر روزها نیزمی توانند به همین شیوه بدست آیند که نتایج در جدول ۷نشان داده‌شده‌اند.

جدول ۶. مقدار پارامترr (شاخص کل)

زمان	مقدار r افزایشی	مقدار r کاهشی
شنبه-یک‌شنبه	۰.۰۰۰۸۶۱۱۸۹۲	-۰.۰۰۰۹۱۷۲۸۷۳
یک‌شنبه-دوشنبه	۰.۰۰۰۸۷۱۳۶۵۷	-۰.۰۰۰۳۷۸۵۶۳۷
دوشنبه-سه‌شنبه	۰.۰۰۰۹۵۳۳۷۷۱	-۰.۰۰۰۴۷۲۶۸۳۴
سه‌شنبه-چهارشنبه	۰.۰۰۰۲۵۷۷۵۸۱	-۰.۰۰۱۵۵۰۳۱۱
چهارشنبه-شنبه	۰.۰۰۱۴۸۹۹۴۷	-۰.۰۰۴۲۹۸۰۸۴

جدول ۷. مقادیر پیش‌بینی و انحراف از مقادیر واقعی (شاخص کل)-مدل زنجیره مارکف فازی

انحراف ارزش پیش بینی از واقعی (٪)	ارزش پیش بینی	ارزش واقعی شاخص	روز	تاریخ
----	----	۹۵۴۵,۹۸	شنبه	۱۳۸۵/۰۴/۲۴
۰,۰۸۵۹۴۶۳۲۵	۹۵۵۴,۲۰۴	۹۵۴۶,۰۰	یکشنبه	۱۳۸۵/۰۴/۲۵
۰,۰۸۹۴۳۸۲۲۳	۹۵۴۲,۳۸۷	۹۵۳۳,۸۶	دوشنبه	۱۳۸۵/۰۴/۲۶
۰,۰۰۱۶۳۱۰۶۲	۹۵۲۹,۳۵۵	۹۵۲۹,۵۱	سه شنبه	۱۳۸۵/۰۴/۲۷
۰,۰۱۴۱۲۹۴۵۹	۹۵۳۱,۹۶۷	۹۵۳۰,۶۲	چهارشنبه	۱۳۸۵/۰۴/۲۸
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

جدول۸. مقادیر پیش‌بینی و انحراف از مقادیر واقعی (شاخص کل)-مدل تصادفی فازی

انحراف ارزش پیش‌بینی از واقعی (٪)	ارزش پیش-بینی	شاخص سهام واقعی	روز	تاریخ
----	----	۹۵۴۵,۹۸	شنبه	۱۳۸۵/۰۴/۲۴
۰,۴۳۱۵۲۱۵۲۱	۹۵۰۴,۸۰۷	۹۵۴۶,۰۰	یکشنبه	۱۳۸۵/۰۴/۲۵
۰,۳۰۴۵۲۶۵۰۵	۹۵۰۴,۸۲۷	۹۵۳۳,۸۶	دوشنبه	۱۳۸۵/۰۴/۲۶
۰,۳۸۵۸۶۲۱۱۹	۹۴۹۲,۷۳۹	۹۵۲۹,۵۱	سه شنبه	۱۳۸۵/۰۴/۲۷
۰,۴۴۲۹۰۹۳۵۱	۹۴۸۸,۴۰۸	۹۵۳۰,۶۲	چهارشنبه	۱۳۸۵/۰۴/۲۸
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

جدول ۹. مقایسه قسمتی از مقادیر پیش‌بینی و انحراف در دو روش (شاخص کل)

عملکرد	$\lvert x_i - \bar{x}\rvert$	روش تصادفی فازی		$\lvert x_i - \bar{x}\rvert$	روش زنجیره مارکف فازی		ارزش واقعی شاخص
		انحراف(x_i)	ارزش پیش بینی		انحراف(x_i)	ارزش پیش بینی	
							۹۵۴۵,۹۸
۱	۰,۲۵۰۵۷۳۶۷۵	۰,۴۳۱۵۲۱۵۲۱	۹۵۰۴,۸۰۷	۰,۱۷۸۷۱۲۴۷۹	۰,۰۸۵۹۴۶۳۲۵	۹۵۵۴,۲۰۴	۹۵۴۶,۰۰
۱	۰,۲۴۷۰۸۱۷۷۷	۰,۳۰۴۵۲۶۵۰۵	۹۵۰۴,۸۲۷	۰,۳۰۵۰۷۴۹۵	۰,۰۸۹۴۳۸۲۲۳	۹۵۴۲,۳۸۷	۹۵۳۳,۸۶
۱	۰,۳۳۴۸۸۸۹۳۸	۰,۳۸۵۸۶۲۱۱۹	۹۴۹۲,۷۳۹	۰,۲۲۴۳۷۱۸۸۱	۰,۰۰۱۶۳۱۰۶۲	۹۵۲۹,۳۵۵	۹۵۲۹,۵۱
۱	۰,۳۲۲۳۹۰۵۴۱	۰,۴۴۲۹۰۹۳۵۱	۹۴۸۸,۴۰۸	۰,۱۶۷۳۲۴۶۴۹	۰,۰۱۴۱۲۹۴۵۹	۹۵۳۱,۹۶۷	۹۵۳۰,۶۲
۱	۰,۲۰۰۰۲۲۴۵۸	۰,۴۴۳۸۴۸۰۲۴	۹۴۸۹,۵۱۳	۰,۱۶۶۳۸۵۹۷۶	۰,۱۳۶۴۹۷۵۴۲	۹۵۴۴,۸۳۱	۹۵۳۱,۸۲
۱	۰,۳۲۸۱۱۰۱۳۴	۰,۵۰۸۶۵۷۰۹۸	۹۴۹۰,۷۰۸	۰,۱۰۱۵۷۶۹۰۲	۰,۰۰۸۴۰۹۸۶۶	۹۵۴۰,۰۳۲	۹۵۳۹,۲۳
۰	۲,۲۵۰۷۴۳۱۹۴	۲,۱۸۳۴۶۶۷۱	۹۴۹۸,۰۸۶	۱,۵۷۳۲۳۲۷۱	۲,۵۸۷۲۶۳۱۹۴	۹۵۳۵,۶۱۹	۹۲۹۵,۱۳
۱	۰,۳۲۸۵۲۳۹۶۵	۰,۵۳۴۱۴۸۱۴۳	۹۲۵۵,۰۳۹	۰,۰۷۶۰۸۵۸۵۷	۰,۰۰۷۹۹۶۰۳۵	۹۳۰۳,۹۹۶	۹۳۰۷,۷۴
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

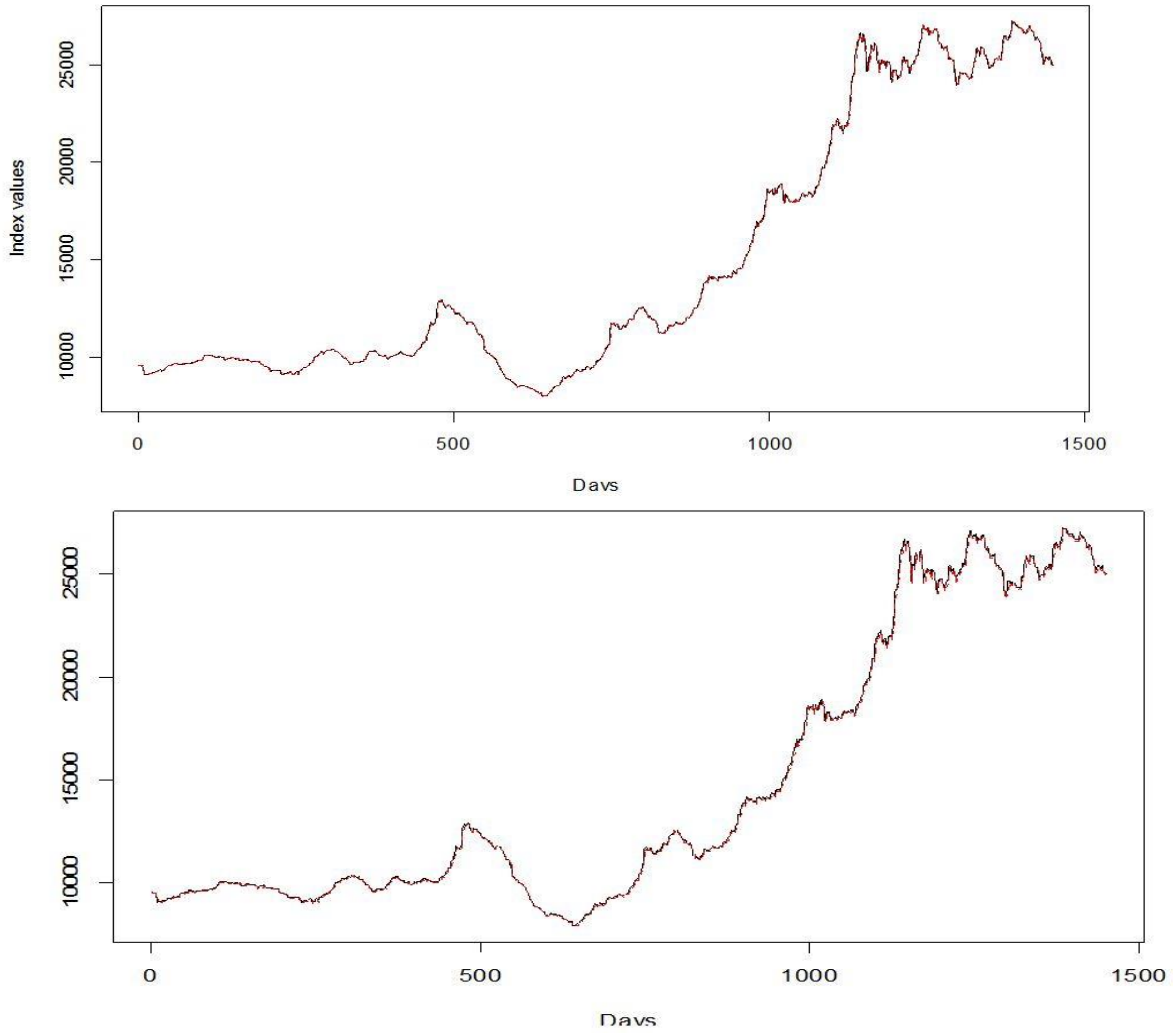
۳-۵. نتایج آزمایش

در این تحقیق داده‌های مربوط به شاخص سهام بورس اوراق بهادار تهران از ۱۳۸۵/۰۴/۲۴ تا ۱۳۹۱/۰۴/۳۱ به عنوان داده‌های آزمایشی براساس روز جمع آوری شده‌اند. این روزهای کاری شامل شنبه تاچهارشنبه هر هفته بوده اند. وقتی سیستم شروع به

کار می‌کند، نسبت‌های تغییر $r_{11}\, r_{21}\, r_{12}$ وr_{22}، احتمال افزایش و کاهش تمام دوره‌های زمانی به ترتیبی که در جداول ۴و ۶ ذکر شده محاسبه می شوند.در این پژوهش به منظور بررسی کمی دقت پیش‌بینی هر یک از مدل ها از متوسط انحرافات (MD) استفاده شده است . کوچک بودن این شاخص نشان دهنده دقت برآوردها خواهد بود:

$$M.D = \frac{\sum_{i=1}^{n} |x_i - \bar{x}|}{n} \qquad (۹)$$

نتایجی که در این ۵ سال برای شاخص کل بدست آمده‌است نشان می دهد بر اساس مدل پیش بینی کننده زنجیره مارکف فازی متوسط انحرافات تقریباً ۲۸ درصد بوده این در حالی است که مطابق روش پیش‌بینی تصادفی- فازی ، متوسط انحرافات تقریباً ۳۴ درصد می‌باشد. در جدول ۹ بخشی از اطلاعات بدست آمده با استفاده از هر دو روش نشان داده شده است. در ستون "عملکرد" عدد یک زمانی منعکس شده است که روش پیشنهادی بر اساس معیار متوسط انحرافات بهتر از روش تصادفی - فازی عمل کرده و در غیر این‌صورت عدد صفر منعکس شده است.همان طور که ملاحظه می شود در مقایسه با روش تصادفی- فازی، روش پیشنهادی در کل به طرز چشمگیری در ۱۱۷۲ مورد از ۱۴۵۰ مورد طی مدت ۵ سال دوره آزمایش، بهتر عمل کرده است.همچنین در نمودار شماره یک پیش بینی شاخص به ترتیب با هر دو روش زنجیره مارکف فازی و تصادفی فازی نشان داده شده است.این نمودار مقادیر واقعی و مقادیر پیشبینی شده شاخص کل را برای تمامی داده ها یا به عبارت دیگر برای تمامی روزها نشان می دهد که در آن خطوط نقطه چین نشان دهنده پیش بینی هر یک از مدل ها می باشد.همان طور که مشاهده می شود انحراف مقادیر پیش بینی شده از واقعی به کمک روش پیشنهادی در مقایسه با روش تصادفی فازی کمتر است که حاکی از دقت بیشتر روش پیشنهادی است.



نمودار ۱. پیش‌بینی شاخص کل

بدین ترتیب نتایج حاکی از این است که در مقایسه روش تصادفی فازی با زنجیره مارکف فازی؛ خطای برآورد الگوی ترکیبی زنجیره مارکف فازی نسبت به روش تصادفی فازی کمتر است و از آن می‌توان به منظور پیش‌بینی‌های آینده شاخص سهام استفاده کرد.

۴-۵. نتیجه‌گیری

تاکنون روش های متفاوتی به منظور پیش بینی شاخص سهام ارائه شده است به طوری که برای انجام پیش بینی های دقیق، تلاش های محققان منجر به ابداع و معرفی مدل ها و الگوریتم های مختلف گردیده که تاکنون رهیافت هر کدام از این تلاش ها باعث افزایش قدرت پیش بینی پذیری شاخص بورس بوده است. این تحقیق به منظور نیل به همین هدف و در راستای تحقیقات پیشین ،به بررسی میزان دقت پیش‌بینی روش پیشنهادی زنجیره مارکف فازی در مقایسه با روش تصادفی فازی پرداخته است. اگرچه که روش پیش‌بینی تصادفی فازی نسبت به سایر روش‌های پیش‌بینی بهتر و موثرتر است ، اما در بررسی احتمالات افزایش یا کاهش شاخص‌های بازار ناتوان است. در مدل پیشنهادی این تحقیق، مدل تصادفی فازی با مفهوم زنجیره مارکف در پیش‌بینی شاخص ترکیب می‌شود و روشی را بوجود می آورد که مزایای روش‌های تصادفی فازی و زنجیره مارکف را تواما دارا می باشد.بر اساس نتایج تجربی تحقیق، روش جدید قادر است همزمان نسبت‌های تغییر و احتمالات افزایش و کاهش شاخص‌های بازار را بررسی و خطای پیش‌بینی را نسبت به روش تصادفی فازی کاهش دهد. بدین ترتیب عجیب نیست که این مدل تا اندازه‌ای معتبرتر از سایر روش‌های قدیمی در دقت پیش‌بینی باشد، هرچند که ممکن است در نگاه نخست صرفا یک روش پیچیده‌تر به نظر برسد. در هر صورت تا آن‌جا که به معاملات روزانه ونتایج تجربی مربوط می‌شود، این مدل نه تنها به بهبود عملکرد سرمایه گذاران کمک می‌کند، بلکه به طور قابل توجهو با اطمینان بیشتری می‌تواند برای تعیین توقف کاهش سود و یا ضررهای احتمالی نیز مورد استفاده قرار گیرد.

فهرست منابع

۱. آذر، عادل؛ امیر، افسر؛ پرویز، احمدی (۱۳۸۴)؛ "مقایسه روش‌های کلاسیک و هوش مصنوعی در پیش‌بینی شاخص قیمت سهام و طراحی مدل ترکیبی"؛ *فصلنامه مدرس علوم انسانی*.صص ۱-۱۶

۲. افسر، امیر (۱۳۸۴)؛ "الگوسازی پیش‌بینی شاخص قیمت سهام با استفاده از شبکه‌های عصبی فازی و روش ترکیبی"؛ تهران، *پایان نامه کارشناسی ارشد*، دانشگاه تربیت مدرس.

۳. بت شکن، محمود (۱۳۸۰)؛ "پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه عصبی – فازی و مقایسه آن با الگوهای خطی پیش‌بینی"؛ *پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران*.

۴. خزایی، فاطمه (۱۳۸۳)؛ "طراحی الگوی مناسب برنامه‌ریزی انسانی"؛ *پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه روانشناسی و علوم تربیتی دانشگاه علامه طباطبایی*.

۵. دموردی، داریوش؛ فرید، داریوش؛ اشهر، مرتضی (۱۳۹۰)؛ "پیش‌بینی شاخص کل بورس اوراق بهادار با استفاده از الگوریتم پرواز پرندگان و مقایسه آن با الگوهای سنتی"؛ *مجله دانش حسابداری*، سال دوم، شماره۵، صص۷-۳۰.

۶. طاهری، س. م. (۱۳۷۸)؛ "آشنایی با نظریه مجموعه‌های فازی"؛ *انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد*، چاپ دوم.

۷. فلاح شمس، میر فیض؛ دلنواز اصغری، بیتا (۱۳۸۸)؛" پیش‌بینی شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل شبکه‌های عصبی" *فراسوی مدیریت*، شماره۹، صص۱۹۱-۲۱۲

۸. کشاورز حداد، غلامرضا؛ حیدری، هادی (۱۳۸۹)؛ "بررسی اخبار سیاسی بر تلاطم بازارهای سهام تهران مقایسه مدل‌های عمومی FAGARCHوMSM ". *مجله تحقیقات اقتصادی* ،دوره ۴۶، شماره ۹۴،صص ۱۱۱-۱۳۶

۹. محمدی، علی؛ رجبی، احمد (۱۳۹۱)؛ "کاربرد زنجیره مارکف برای ارائه سیاست‌های بخشودگی مالیاتی با رویکرد برنامه ریزی پویا"؛ *پژوهش‌های مدیریت در ایران*، دوره ۱۶، شماره ۱.

10. Armano. G., marchesi, A., and Murre. A (2005); "A hybrid genetic-neural architecture for stock indexes forecasting"; *Information sciences*, pp.3-33.

11. Aswath Kumar, P. N., Badri Krishnan, K .N., Dinesh,R., Karthikeyan. S., Sridhar; "Stock market trend predictionUsing markov models"*Department of ECE, Amrita Vishwa Vidyapeetham, Coimbatore*.

12. kim, S. H.and CHUN, S.H (1998); "Graded forecasting using an array of bipolar predictions: application of probabilistic neural networks to a stock market index" *International Jornal Of Forecasting*, 14.323-337.

13. Kim. K.J, Han. I. (2000); " Genetic algorithms approach to feature discretization in artificial neural networks for the prediction of stock price index" *Expert Systems with Applications*. 19, 125–132.

14. Kimoto, T., Asakawa, K., Yoda, M., & Takeoka, M,. (1990); "Stock Market Prediction System with Modular Neural Network*"; Procedings of the International Joint Conference on Neural Networks*, 1–6.

15. Najafabadi, M., Reza, S (2009); "Prediction of Stock Market Indicesusing Machine Learning "; *thesis* ,McGill University.
S.M. Kendall, K. (1990) Ord" Time Series 3/e" *Oxford University Press*, New York,.

16. Ritanjali M, G. Panda, Babita M, G. Sahoo (2009); " Efficient Prediction of stock market indices using adaptive bacterial foraging optimization (ABFO) and BFO based techniques" *Elseivier Expert Systems with Applications* 36

17. Tan, T. Z., Quek, C., & Ng, G. S. (2005). Brain inspired genetic complimentary learning for stock market prediction. In *IEEE congress on evolutionary computation*, 2–5th September (Vol. 3, pp. 2653–2660).

18. Wang, J.H., Leu, J.Y (1996); "Stock trend prediction using ARIMA-based neural networks "in: Proceedings of *IEEE International Conference on Neural Networks*.

19. Wang, Y (2002); "Predicting Stock Price Using Fuzzy Grey Prediction System" *Expert System with Applications* 22, 33–39.

20. Wang, Y.F., (2003); " On-Demand Forecasting Of Stock Prices Using A Real-Time Predictor" *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering* 15, 1033–1037.

21. Wang Y.F., Shihmin Cheng, Mei-Hua Hsu., (2010)" Incorporating the Markov Chain concept into Fuzzy Stochastic Prediction of stock indexes" Elsevier,*Applied Soft Computing* 10 613–617

22. Yakup Kara, A., Melek Acar Boyacioglu B., Ömer Kaan Baykan C,(۲۰۱۱)" Predicting direction of stock price index movement using artificial neural networks and support vector machines" The sample of the Istanbul Stock Exchange.

23. Yamashita ,T., Hirasawa, K., Hu, J (2005); " Application Of Multi-Branch Neural Networks to Stock Market Prediction"; in*: Proceedings of International Joint Conference onNeural networks*.

24. Yen-Tseng Hsu, Ming-Chung Liu, Jerome Yeh , Hui-Fen Hung(2009) " Forecasting the turning time of Stock Market based on Markov–Fourier grey model"; *Expert Systems with Applications Elsevier* 36 8597–8603.