



پیش‌بینی روند قیمت سهام در بورس ایران مبتنی بر ترکیب شبکه‌های بیزین و مدل مخفی مارکوف

زهرا علامتیان^۱

مجید وفايي جهان^۲

تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۵/۱۶

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۴/۲۵

چکیده

رفتار سهام و روند تغییرات آن یکی از پیچیده ترین مکانیزم‌هایی است که همواره مورد توجه محققان می‌باشد. بورس تحت تاثیر عوامل مختلف بیرونی و درونی قرار دارد. عوامل تاثیرگذار بیرونی مانند عوامل سیاسی و اجتماعی قابلیت اندازه‌گیری ندارند، به همین جهت برای پیش‌بینی روند بورس، باید بر روی تاثیر عوامل درونی تمرکز نمود. در این پژوهش سیستم ترکیبی مبتنی بر شبکه‌های بیزین و مدل مخفی مارکوف، جهت پیش‌بینی روند روزانه بورس ایران پیشنهاد شده است. برای سهام هر شرکت، ۶ شاخص بورس اوراق بهادار تهران که دارای بالاترین ضریب همبستگی می‌باشند و ۲۲ اندیکاتور تکنیکی به عنوان متغیرهای ورودی در فاز پیش‌پردازش استفاده می‌شوند. از شبکه‌های بیزین جهت مشخص نمودن روابط بین متغیرها و از جداول احتمال شرطی آن برای بررسی تاثیر هر متغیر در پیش‌بینی استفاده می‌شود. در نهایت از مدل مخفی مارکوف برای پیش‌بینی روند بازار در مجموعه های استخراج شده از شبکه بیزین، استفاده می‌شود. مدل پیشنهادی بر روی سهام چهار شرکت داخلی به نام فولاد مبارکه اصفهان، ایران خودرو، بانک ملت و ایران دارو مورد بررسی قرار گرفته است. معیارهای ارزیابی در سیستم پیشنهادی، کارایی بالای این روش را نشان می‌دهند. بالاترین درصد صحت سیستم پیشنهادی ۸۵,۲۵ و متوسط درصد صحت آن ۸۳,۲۶ می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: اندیکاتور تکنیکی، بورس، شاخص بورس، شبکه بیزین، مدل مخفی مارکوف.

۱- دانشجوی دکتری، گروه کامپیوتر، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران ZohrehAlamatian@mshdiau.ac.ir

۲- دانشیار، گروه کامپیوتر، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران (نویسنده مسئول) VafaeiJahan@mshdiau.ac.ir

۱- مقدمه

امروزه بورس به بخش جدایی ناپذیر اقتصاد جهانی تبدیل شده است. هرگونه نوسان در این بازار می تواند شرایط اقتصادی کشورها، زندگی مالی اشخاص و شرکت ها را تحت تاثیر خود قرار دهد. بورس با توجه به بازده بالای آن همیشه یکی از محبوب ترین بخش های سرمایه گذاری محسوب می شود. با این حال برخی عوامل موثر در بورس باعث شده است تا رفتار این بازار غیر قابل پیش بینی شود. روند بازار، به حرکت معنا دار قیمت در یک محدوده زمانی مشخص گفته می شود. روندها می توانند صعودی، نزولی و یا خنثی باشند. در روند صعودی قیمت بیشتر از آنکه تمایل به تضعیف داشته باشد، تمایل به تقویت و بالارفتن دارد. در روند نزولی قیمت بیشتر از آنکه تمایل به تقویت داشته باشد، تمایل به تضعیف و پایین آمدن دارد. روند خنثی بیان کننده قدرت برابر خریداران و فروشندگان در زمانی خاص است. تا به حال مدل های بسیاری با استفاده از ابزارها و تکنیک های مختلف جهت پیش بینی روند بازار ارائه شده است. با توجه به اینکه پیش بینی صحیح روند تغییر سهام می تواند سود قابل توجهی را در پی داشته باشد، پس ارائه مدلی جهت پیش بینی هوشمندانه بورس بسیار حائز اهمیت می باشد. حال در این مقاله به این سوال می پردازیم که آیا می توان تنها با بررسی عوامل تاثیرگذار درونی بازار، به پیش بینی حرکت روزانه سهام پرداخت. می توان گفت هدف این مقاله، ارائه مدلی جهت بهبود پیش بینی نوسانات بورس در ایران می باشد. در این پژوهش فرض شده است تنها عامل های درونی بورس بر آن تاثیرگذار هستند و از اثر عامل های بیرونی و محرک های خارجی چشم پوشی شده است. در بخش دو به بررسی چکیده ای از کارهای انجام گرفته در این زمینه می پردازیم. در بخش سه پیش زمینه مورد نیاز این مدل را بررسی می نماییم، در بخش چهار به بررسی روش پیشنهادی می پردازیم، در بخش پنج نتایج حاصل از پیاده سازی این مدل را ارزیابی می نماییم و در نهایت در بخش شش نتیجه گیری از این کار را بیان می کنیم.

۲- مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش**عوامل موثر بر بورس ایران**

عوامل درونی و بیرونی بسیاری می توانند فرایند خرید افراد در بورس و بازار سرمایه را تحت تاثیر قرار دهند، که از جمله عوامل بیرونی می توان به عوامل اقتصادی، سیاسی و فرهنگی اشاره کرد همچنین عوامل درونی نظیر عوامل بیوریتیمیک، شاخص های بورس، اندیکاتورها، قدرت تحلیل ذاتی، کسب وجهه سهامداران، انطباق تصویر ذهنی خریدار و تصویر واقعی شرکت، میزان درجه ریسک پذیری و میزان اعتماد به نفس است که سنجش این عوامل می تواند باعث شناخت هر چه

دقیق‌تر رفتار سرمایه‌گذاران شده، در نتیجه موجبات رشد و توسعه بورس اوراق بهادار و اقتصاد کشور را فراهم آورد. ما در این پژوهش به بررسی برخی عوامل درونی موثر بر بورس ایران می‌پردازیم. ضریب همبستگی، از معیارهای مورد استفاده در تعیین همبستگی دو متغیر است که در این مطالعه استفاده شده است. عوامل تاثیرگذار بر روی بورس ایران در این پژوهش به دو دسته کلی اندیکاتورهای تکنیکی و شاخص های بورس اوراق بهادار تقسیم شده اند.

گوپتا و همکاران در [۱] از مدل مخفی مارکوف برای پیش‌بینی قیمت بسته شده سهام فردا استفاده کرده‌اند. مدل پیشنهادی Map HMM است که حداکثر احتمال قیمت فردا را پیش‌بینی می‌کند. آبیچک و همکاران در [۲] از شبکه های عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی سهام استفاده کرده‌اند. در این روش از معماری رو به جلو و از سهام شرکت ماکروسافت در سال ۲۰۱۱ به بعد استفاده شده است. تیکنور در [۳] از شبکه عصبی مصنوعی بیزی به عنوان روش جدیدی برای پیش‌بینی رفتار بورس استفاده کرده است. وانگ و همکاران در [۴] از گراف بیزی پویا برای پیش‌بینی روند بورس استفاده کرده است. سری‌های زمانی با ارزیابی روابط حاصل از گراف بیزی به دست می‌آیند به صورتی که در زمانی که گراف حالت ثابت پیدا کند بورس روند ثابتی را دارد. الال و همکاران در [۵] با استفاده از شبکه‌های عصبی و منطق فازی روند بازار مصر را پیش‌بینی کرده‌اند. در این روش توابع شبکه عصبی مانند طبقه بند استفاده شد، که اندیکاتورهای تجزیه و تحلیل ویژگی‌های ورودی آن‌ها بودند. در نهایت این دو سیستم با استفاده از شبکه عصبی یکپارچه شدند. سیستم در بورس مصر مورد تست قرار گرفته و نتایج رضایت‌بخشی حاصل شده است. هاسان و همکاران در [۶] از مدل زنجیره مارکوف در پیش‌بینی قیمت سهام برای بازارهای وابسته به هم بهره بردند. ژانگ و همکاران در [۷] یک مدل فرآیند مارکوف برای پیش‌بینی روند بورس ارائه دادند و از آن به عنوان مکمل یک تحلیل تکنیکال موجود بهره بردند. لنداسکاس و همکاران در [۸] به منظور کم‌رنگ کردن مفروضات توزیع احتمال قیمت سهام، رویکردی مبتنی بر شبیه‌سازی مونت کارلوی زنجیره مارکوف توسعه دادند. اسوبدا و همکاران در [۹] سعی کردند تا روند شاخص سهام بازار مبادلات پراگ را با استفاده از تحلیل زنجیره مارکوف پیش‌بینی نمایند. آن‌ها نتایج کوتاه‌مدت روند را برای استراتژی‌های مختلف سرمایه‌گذاری با استفاده از تحلیل زنجیره مارکوف بررسی کردند. لی و همکاران در [۱۰] به منظور افزایش قابلیت پیش‌بینی مدل سهام، بازگشت سهام را به صورت ترکیبی از زنجیره مارکوف گسسته و گوسی مدل کردند. تونر و همکاران در [۱۱] به بررسی مدل‌های مختلفی پرداختند که در آن‌ها واریانس بازده اضافی سبد به یک متغیر حالت که توسط یک فرآیند مارکوف مرتبه یک تولید می‌شود، بستگی دارد. بنابراین پیش‌بینی روند بورس همچنان یکی از زمینه‌های مورد نظر پژوهشگران می‌باشد.

۳- روش شناسی پژوهش

در این پژوهش داده‌ها از مجموعه داده بورس اوراق بهادار تهران در سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۳ در دست آمده‌اند. داده‌های مورد استفاده شامل ۳۶۳۹ رکورد مربوط به ۴ شرکت فولاد مبارکه اصفهان، بانک ملت، ایرانخودرو و ایران دارو می‌باشد.

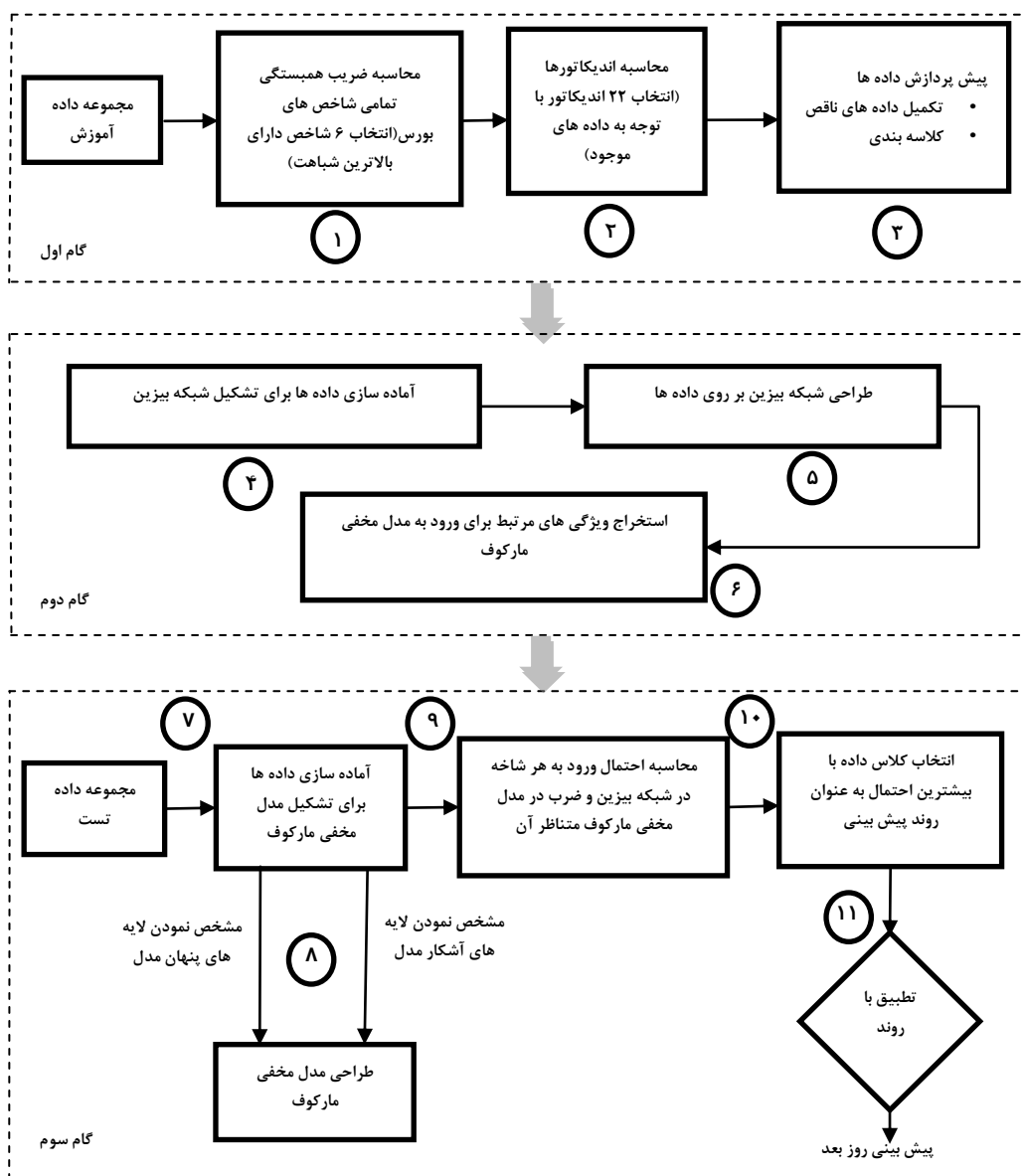
۴- مدل پژوهش

۴-۱- چارچوب سیستم پیشنهادی

چارچوب مدل پیشنهادی که مبتنی بر شبکه‌های بیزین و مدل مخفی مارکوف است، در شکل (۱) مشاهده می‌شود. این چارچوب شامل سه فاز کلی می‌باشد. فاز یک شامل مراحل آماده‌سازی داده‌ها، فاز دو شامل مراحل استخراج ویژگی‌های مرتبط و فاز سه نحوه دستیابی به پیش‌بینی روند قیمت فردا می‌باشد. در فاز یک ابتدا ضریب همبستگی ویژگی‌های موجود با داده سهام مورد نظر برای پیش‌بینی محاسبه می‌شود و سپس داده‌ها پیش‌پردازش می‌شوند. در فاز دو داده‌های پیش‌پردازش شده از فاز قبل، جهت استفاده در شبکه بیزین آماده و توسط شبکه بیزین مدل می‌شوند و ارتباطات بین ویژگی‌ها توسط جداول احتمال شرطی شبکه بیزین به دست می‌آیند. در فاز سه با توجه به ارتباطات فاز قبل، داده‌های تست توسط مدل مخفی مارکوف مدل می‌شوند و سپس با بازگشت به شبکه بیزین، در احتمالات خروجی از هر گره ضرب می‌شوند و در نهایت با ماکزیمم‌گیری، روند قیمت سهام فردا پیش‌بینی می‌شود و با مقدار واقعی مقایسه و نتیجه‌گیری انجام می‌گیرد.

۴-۲- پیش‌پردازش داده‌ها

داده‌ها در قالب فایل اکسل می‌باشند. مبنای تاریخ داده‌ها شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران در نظر گرفته شد. به این ترتیب که اگر داده‌ای در تاریخی که شاخص کل آن موجود بود، وجود نداشت برای آن رکورد قیمت دیروز آن، یعنی ثبات قیمت را در نظر می‌گیریم. به طور کلی برای هر سهام خاص، ۶ شاخص از شاخص‌های بورس اوراق بهادار تهران که دارای بالاترین ضریب همبستگی با سهام مورد نظر هستند و ۲۲ اندیکاتور تکنیکی که در جدول شماره (۱) لیست شده‌اند، به عنوان متغیرها و ویژگی‌های تاثیرگذار در نظر گرفته شده است. پس از کلاسه‌بندی و ترمیم داده‌های ناقص، بخشی از داده‌های خام و پیش‌پردازش شده را در جدول شماره (۲) مشاهده می‌کنید.



شکل ۱- چارچوب سیستم پیشنهادی به صورت گام به گام

۴-۳- تشکیل شبکه بیزین

شبکه بیزین یا شبکه باور بیزی یک گراف جهت‌دار غیر مدور است که مجموعه‌ای از متغیرها و نحوه ارتباط آن‌ها را نشان می‌دهد. به عبارت بهتر یک شبکه بیزین، توالی از حالات متغیرها را ارائه می‌دهد. این متغیرها گره‌های گراف بیزین را تشکیل می‌دهند. ارتباطات بین متغیرها با جهت‌گیری‌های لبه‌های گراف مشخص می‌شوند. هر ارتباط توسط جدول احتمال شرطی مشخص می‌شود. ایجاد شبکه بیزین توسط نرم‌افزار GeNIe 2.0 صورت گرفت. شبکه بیزین طراحی شده برای پنج ویژگی مثال را در شکل (۲) مشاهده می‌کنید.

۴-۴- استخراج ویژگی‌های مرتبط

پس از تشکیل شبکه بیزین به تعداد ویژگی‌ها، مجموعه‌های مرتبط تشکیل می‌دهیم، به این صورت که: از داده اصلی شروع می‌کنیم و یکی از فرزندان آن را انتخاب می‌کنیم و به مجموعه اضافه می‌کنیم، در گام بعدی ویژگی مورد نظر نقش والد را بازی می‌کند و نام فرزندان را به مجموعه اضافه می‌کنیم، در مرحله بعد فرزندان در نقش والد قرار می‌گیرند و به همین صورت ادامه می‌دهیم تا به بن‌بست برسیم. در نهایت ما به تعداد ویژگی‌های تشکیل‌دهنده شبکه بیزین، مجموعه‌های مرتبط داریم.

۴-۵- تشکیل و آموزش مدل مخفی مارکوف

پس از اینکه مجموعه‌های مرتبط از متغیرها را ایجاد کردیم، حال باید مدل مخفی مارکوف بر روی هر مجموعه تشکیل دهیم. این مجموعه‌ها ترکیبی از ۲۸ ویژگی موثر بر یک سهام خاص هستند که با توجه به هر مجموعه در لایه پنهان قرار می‌گیرند و پیش‌بینی را با توجه به نوع ارتباطاتشان انجام می‌دهند. تعداد حالات مخفی برای هر مدل بسته به تعداد اعضای مجموعه آن متغیر و برابر N است. پس اندازه ماتریس انتقال $N*N$ است. تعداد نمادهای متفاوتی که در دنباله مشاهده به کار رفته‌اند (تعداد دسته‌بندی داده‌ها) سه است، زیرا که داده‌ها به سه گروه افزایشی، کاهش و ثبات قیمت تقسیم‌بندی شده‌اند. تقسیم‌بندی داده‌ها با مشورت فرد خبره در بورس به این سه دسته تقسیم‌بندی شده‌اند و کلاس هر روز با توجه به قیمت قبل مشخص می‌شود. بدین صورت که اگر قیمت امروز از روز پیش بیشتر باشد، کلاس افزایشی، اگر کمتر باشد کلاس کاهش و اگر تغییری نکرده باشد کلاس ثبات در نظر گرفته می‌شود. در نهایت کل مجموعه داده‌ها دارای سه نماد کلی که نشانگر سه کلاس می‌باشند، می‌شود. پس در نتیجه اندازه ماتریس انتشار $N*3$ است. ماتریس‌های انتقال و انتشار برای پنج داده مثال را در جدول‌های (۳) و (۴) مشاهده می‌کنید.

یادگیری مدل مخفی مارکوف سیستم پیشنهادی با روش بامولچ انجام گرفت و نتیجه‌گیری نهایی نیز با استفاده از روش فوروارد صورت گرفت. برنامه در محیط متلب پیاده‌سازی شده است.

۴-۶- احتمالات ورودی شبکه بیزین

پس از اینکه احتمال مربوط به هر کدام از کلاس‌ها با استفاده از مدل مخفی مارکوف به دست آمد، در گام آخر سیستم پیشنهادی، به جداول احتمال شرطی شبکه بیزین طراحی شده باز می‌گردیم. به این ترتیب که هر کدام از احتمالات حاصل را در احتمال ورودی شبکه بیزین مربوط به آن ویژگی ضرب می‌کنیم، که با این کار میزان تاثیرگذاری شبکه بیزین را در نتیجه نهایی بیشتر می‌کنیم. احتمالات حاصل از شبکه بیزین برای پنج ویژگی مثال را برای ویژگی شاخص فلزات در جدول (۵) مشاهده می‌کنید.

۵- ارزیابی روش پیشنهادی

جهت ارزیابی سیستم پیشنهادی سهام شرکت‌های نامبرده برای داده‌های سال ۱۳۹۳ مورد بررسی و آزمون قرار گرفتند. در مجموع برای هر مرحله آزمون ۲/۳ داده‌ها برای آموزش و ۱/۳ داده‌ها برای آزمون در نظر گرفته شده‌اند.

ابتدا عملکرد سیستم پیشنهادی را با جدول درهم ریختگی می‌سنجیم. در این جدول، مثبت به معنای کلاس افزایشی و منفی به معنای کلاس کاهشی در نظر گرفته شده است. لازم به ذکر است که کلاس ثبات قیمت به علت کم بودن در جامعه آماری در نظر گرفته نمی‌شود. درست مثبت (TP) معادل با تعداد روزهای با قیمت افزایشی که توسط سیستم پیشنهادی درست پیش‌بینی شده‌اند، درست منفی (TN) معادل تعداد روزهای با قیمت کاهشی که توسط سیستم درست پیش‌بینی شده‌اند، اشتباه مثبت (FP) معادل تعداد روزهای افزایشی که اشتباه پیش‌بینی شده است و اشتباه منفی (FN) معادل تعداد روزهای کاهشی که اشتباه پیش‌بینی شده‌اند. این چهار معیار در جدول درهم ریختگی مبنای محاسبه معیارهای کیفیت سیستم پیشنهادی می‌باشد.

۵-۱- معیارهای ارزیابی دقت، فراخوانی و F1-measure و صحت

از پارامترهای ارزیابی دسته‌بندی کننده می‌توان دقت، فراخوانی و F1-measure را نام برد. معیار دقت یک پارامتر کافی برای ارزیابی این سیستم‌ها نمی‌باشد، به این علت از معیار دیگری به نام فراخوانی استفاده می‌کنیم. معیار فراخوانی که از آن به عنوان نرخ درست مثبت نیز یاد می‌شود، معیاری جهت سنجش میزان پاسخ‌های درست مثبت پیش‌بینی شده توسط سیستم پیشنهادی

است. مفهوم این معیار به این معنا است که از مجموع روزهای افزایشی در مجموعه داده آزمون، چند درصد به درستی توسط سیستم پیشنهادی پیش‌بینی شده است.

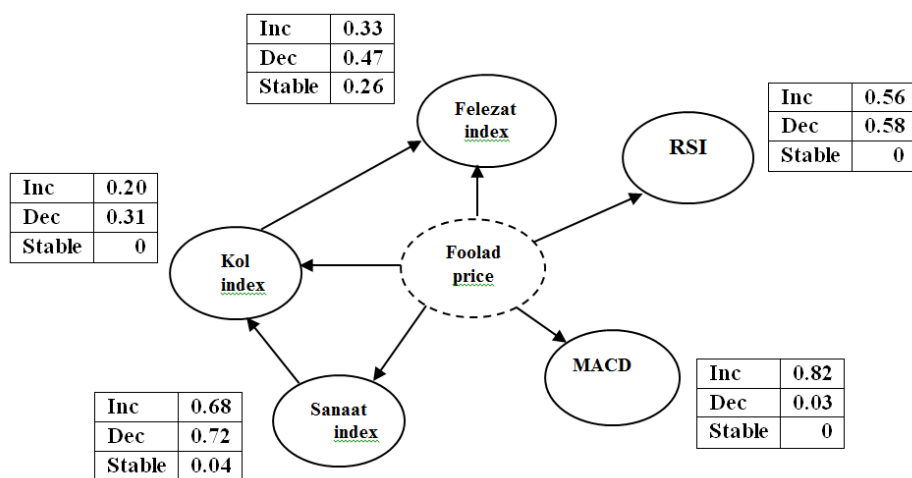
جدول ۱- اندیکاتورهای تکنیکی

ردیف	اندیکاتور	توضیح	ردیف	اندیکاتور	توضیح
۱	RSI	Relative Strength Index	۱۲	MPRC	Median PRiCe
۲	MACD	Moving Average Convergence/Divergence	۱۳	WPCTR	Williams %R
۳	MOM	MOMentum between times	۱۴	TPRC	Typical PRiCe
۴	PRC	Price Rate of Change	۱۵	WADL	Williams Accumulation/Distribution
۵	ACC	ACCeleration between times	۱۶	WCLS	Weighted close
۶	PVI	Pitive Volume Index	۱۷	CHOSC	CHaikin OSCillator
۷	NVI	Negative Volume Index	۱۸	ADLN	Accumulation/Distribution line
۸	VROC	Volume Rate Of Change	۱۹	STOSC1	Stochastic oscillator
۹	OBV	On-Balance Volume	۲۰	STOSC2	Stochastic oscillator
۱۰	PVT	Price and Volume Trend	۲۱	PCTD	Fast stochastics
۱۱	CHVOL	CHaikin VOLatility	۲۲	PCTK	Fast stochastics

جدول ۲- بخشی از داده‌های خام و پیش‌پردازش شده

داده‌های خام					
Foolad	Kol .index	Sanaat .index	Felezat .index	RSI	MACD
1792	8638.3	6667.2	3689.9	42.85	7.12
1797	8699.5	6725.8	3706.7	45.52	6.78
--	8774.2	--	3718.0	69.13	6.44
1798	8872.4	6845.7	3722.2	56.14	6.17
1799	8930.4	6883.9	3726.8	50.00	5.98
1822	8989.5	6930.2	3753.4	65.75	7.59
--	8968.3	6916.8	3800.7	69.87	10.44
1869	8932.1	6896.4	3821.4	80.00	14.63
1907	8888.0	6862.5	3827.9	85.91	20.78
1894	8919.4	6890.8	3818.2	79.73	24.32

داده‌های پیش پردازش شده					
Foolad	Kol .index	Sanaat .index	Felezat .index	RSI	MACD
1	2	1	1	1	1
1	1	1	1	1	2
3	1	3	1	1	2
1	1	1	1	2	2
1	1	1	1	2	2
1	1	1	1	1	1
3	2	1	1	1	1
1	2	2	1	1	1
1	2	2	1	1	1
2	1	1	2	2	1



شکل ۲- شبکه بیزین با پنج ویژگی موثر

معیار F1-measure ترکیبی از دو معیار دقت و فراخوانی است. این معیار مشخص می‌کند که تا چه حد سیستم پیشنهادی در پیش‌بینی پاسخ‌های درست و پایدار از لحاظ دقت موفق عمل کرده است. در محاسبه این معیار هر دو معیار دقت و فراخوانی دخیل می‌باشند.

$$\text{precision} = \text{Tp}/(\text{Tp}+\text{Fp}) \quad (1)$$

$$\text{Recall} = \text{Tp}/(\text{Tp}+\text{Fn}) \quad (2)$$

$$\text{F1-measure} = (2 * \text{Recall} * \text{precision}) / (\text{Recall} + \text{precision}) \quad (3)$$

معیار مهم دیگر در ارزیابی می‌توان معیار صحت را نام برد. معیارهای ارزیابی قبلی که بیان گردید عملکرد سیستم را از دید کلاس افزایشی ارزیابی می‌کنند.

$$\text{Accuracy} = (\text{Tp}+\text{Tn})/(\text{Tp}+\text{Tn}+\text{Fp}+\text{Fn}) \quad (4)$$

در جدول (۶) نتایج ارزیابی با معیارهای بیان شده را در مجموعه داده‌های مورد آزمون مشاهده می‌کنید. همانطور که مشاهده می‌شود نتایج این معیارها نشان از صحت بالای کار دارد.

۵-۲- بررسی نمودار صحت روند پیش‌بینی

در این قسمت نتایج حاصل از ترسیم نمودار صحت روند پیش‌بینی با استفاده از سیستم پیشنهادی و مقدار واقعی روند قیمت را می‌بینیم.

شکل (۳) مجموعه‌ای از نمودارهای پیش‌بینی برای سهام فولاد مبارکه اصفهان در سال ۱۳۹۳، شرکت ایرانخودرو در سال ۱۳۹۳، بانک ملت در سال ۱۳۹۳ و شرکت ایران دارو در سال ۱۳۹۳ را نشان می‌دهد. همانطور که گفته شد در این پژوهش روند تغییرات پیش‌بینی می‌شود. محور عمودی نشان‌دهنده تغییرات روند و محور افقی نشان‌دهنده روز می‌باشد. برای هر کدام از مجموعه‌های تست ۲۴۰ روز مورد آزمون قرار گرفته است. همانطور که از مشاهده نمودارها استنباط می‌شود روند حرکت تغییرات در دو مجموعه پیش‌بینی شده و مجموعه واقعی از بازار، رفتار هماهنگی را دارند و تغییرات آنها با یکدیگر تطابق دارند.

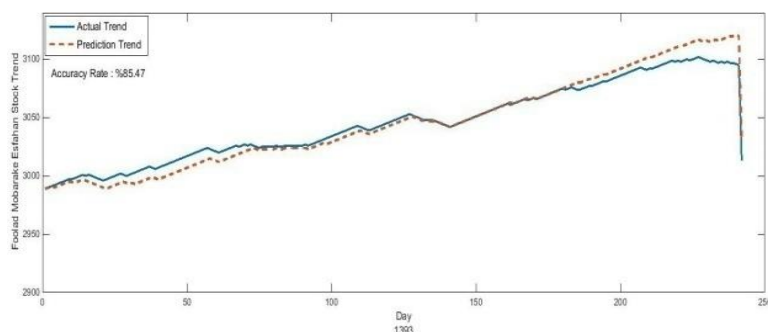
۵-۳- مقایسه با پژوهش‌های پیشین

در این قسمت به بررسی کارهای انجام گرفته در زمینه پیش‌بینی بورس می‌پردازیم. مقایسه بر اساس مکان بورس، داده‌های ورودی، روش‌های ترکیبی و میزان صحت خروجی کار انجام شده است. داده‌های ورودی به طور معمول شامل ترکیبی از شاخص‌های بورس و اندیکاتورهای تکنیکی مرتبط با صنایع و بازارهای اقتصادی هستند. روش‌های انجام گرفته در این تحقیقات ترکیبی از روش‌های داده‌کاوی شامل الگوریتم ژنتیک و MLP و SVR و ... است. مقایسه بین روش ارائه شده در این مقاله و سایر تحقیقات مشابه به صورت خلاصه در جدول (۷) بیان شده است. در جدیدترین مقاله که در زمینه بازار بورس ایران انجام گرفته است، آقای برک و همکاران با استفاده از ۴۴ شاخص اصلی و نسبت مالی بورس ایران توانسته اند با روش‌های RepTree و Cart و LAD و ... به بهترین درصد صحت ۸۰,۲۴ دست پیدا کنند. همانطور که مشاهده می‌شود نتایج نشان می‌دهند روش پیشنهادی این مقاله با کاهش تعداد متغیرها، توانسته است به صحت بالاتری دست یابد. به عبارت بهتر ما توانسته ایم با کاهش میزان محاسبات و حذف متغیرهای با تاثیر کمتر، میزان دقت در پیش‌بینی را افزایش دهیم.

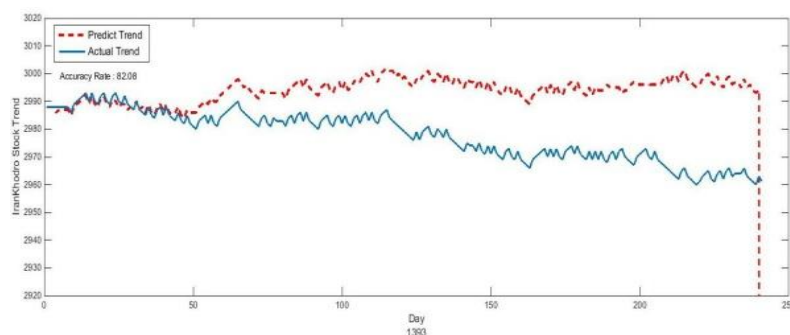
۶- نتیجه‌گیری و بحث

در این پژوهش مدلی مبتنی بر شبکه‌های بیزین و مدل مخفی مارکوف جهت پیش‌بینی روزانه روند بورس ایران پیشنهاد شده است. در ابتدا با ضریب همبستگی میزان ارتباط شاخص‌های بورس با سهام مورد نظر برای پیش‌بینی مشخص و تعداد ۶ شاخص انتخاب می‌شوند و همچنین ۲۲ اندیکاتور بر روی سهم مورد نظر محاسبه می‌شود. ۲۸ متغیر وارد شبکه بیزین می‌شوند و توسط این شبکه مدل می‌شوند. به این ترتیب با ایجاد شبکه بیزین بر روی متغیرهای تاثیرگذار، روابط بین آن‌ها استخراج و وارد مدل مخفی مارکوف شدند. در گام آخر احتمالات ورودی به هر شاخه در شبکه بیزین طراحی شده، در احتمالات همان متغیر خروجی از مدل مخفی مارکوف ضرب می‌شود. کارایی مدل پیشنهادی بر روی سهام چهار شرکت فولاد مبارکه اصفهان، ایرانخودرو، بانک ملت و ایران دارو مورد آزمون قرار گرفت و نتایج دارای درصد صحت‌های بین ۸۱,۲۷-۸۵,۲۵ به دست آمدند. همانطور که بیان شد ما توانستیم روند تغییرات بورس ایران را با استفاده از یک روش ترکیبی پیش‌بینی نماییم. نتایج نشان دادند که استفاده از اندیکاتورهای تکنیکی در پیش‌بینی روند تغییرات بورس و استخراج ویژگی‌های مرتبط با استفاده از شبکه بیزین و پیش‌بینی با استفاده از مدل مخفی مارکوف می‌تواند مطلوب باشد. در این مقاله ما توانستیم در راستای هدف این کار که پیش‌بینی روند قیمت سهام در بورس ایران با صحت بالا بود، به کاهش تعداد ویژگی‌های موثر در

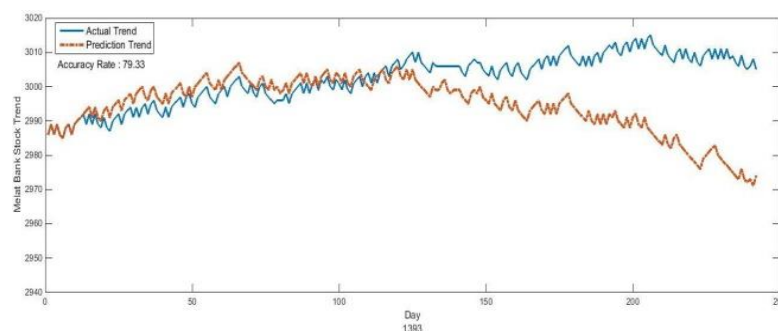
پیش‌بینی که منجر به کاهش میزان محاسبات نیز می‌شود، دست یابیم. به عنوان کارهای آینده می‌توان به بررسی تاثیرگذاری نوسانات دلار و طلای جهانی بر بازار داخلی پرداخت.



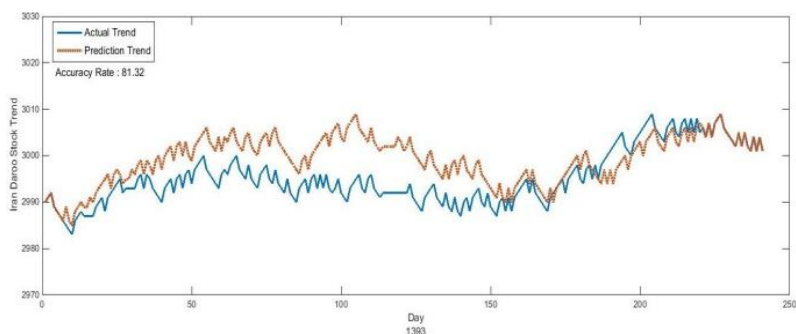
نمودار ۱- نمودار پیش‌بینی روند تغییرات سهام فولاد اصفهان در سال ۱۳۹۳ با سیستم پیشنهادی



نمودار ۲- پیش‌بینی روند تغییرات سهام ایران خودرو در سال ۱۳۹۳ با سیستم پیشنهادی



نمودار ۳- پیش‌بینی روند تغییرات سهام بانک ملت در سال ۱۳۹۳ با سیستم پیشنهادی



نمودار ۴- پیش‌بینی روند تغییرات سهام ایران دارو در سال ۱۳۹۳ با سیستم پیشنهادی

جدول ۳- ماتریس انتقال

	Kol.index	Sanaat.index	Felezat.index	RSI	MACD
Kol.index	0.2154	0.0077	0.1000	0.1538	0.5230
Saanat.index	0.0816	0.0068	0.1497	0.6395	0.1224
Felezat.index	0.7690	0	0.5673	0.1539	0.2019
RSI	0	0.6000	0.2000	0	0.2000
MACD	0.4731	0	0.1075	0.1828	0.2366

جدول ۴- ماتریس انتشار

	INC	DEC	STABLE
Kol.index	0.0154	0.6616	0.3231
Saanat.index	0.0680	0.1905	0.7415
Felezat.index	0.1810	0.6000	0.2191
RSI	0	1.0000	0
MACD	0	0.1505	0.8495

جدول ۵- احتمالات ویژگی شاخص فلزات در شبکه بیزین

Foolad	State1	State2	State3
State1	0.84869432	0.17416378	0.57516340
State2	0.15053763	0.82122261	0.41830065
State3	0.00076800	0.00461360	0.00653590

جدول ۶- نتایج ارزیابی دقت، فراخوانی، F1.measure، صحت

Company	Accuracy	Precision	Recall	F1.measure
Foolad.Mobarake.Esfahan.Co (1393)	0.8525	0.8752	0.9386	0.9052
Irankhodro.Co (1393)	0.8367	0.8761	0.8010	0.8370
MelatBank.Co (1393)	0.8288	0.7750	0.8942	0.8303
IranDaroo.Co (1393)	0.8127	0.8189	0.8260	0.8224

جدول ۷- مقایسه نتایج مدل پیشنهادی با کارهای پیشین

نویسنده / سال	بازار سهام	داده ورودی	الگوریتم مورد استفاده	بهترین درصد صحت
Barak et al., (2015)	forecasting in TSE-Iran	44 financial ratios and Fundamental index	Cart, Rep Tree, LAD Tree, ...	80.24
Barak et al., (2015)	Risk forecasting in TSE-Iran	44 financial ratios and Fundamental index	DTNB, BF Tree, LAD Tree, ...	79.01
Recent work	Trend Prediction in TSE-Iran	6 technical indexes and 22 indicators	BN-HMM	85.25-81.27

فهرست منابع

- * Gupta, A., & Dhingra, B. (2012, March). Stock market prediction using hidden Markov models. In Engineering and Systems (SCES), 2012 Students Conference on (pp. 1-4). IEEE.
- * Abhishek, K., Khairwa, A., Pratap, T., & Prakash, S. (2012, July). A stock market prediction model using Artificial Neural Network. In Computing Communication & Networking Technologies (ICCCNT), 2012 Third International Conference on (pp. 1-5). IEEE.
- * Ticknor, J. L. (2013). A Bayesian regularized artificial neural network for stock market forecasting. *Expert Systems with Applications*, 40(14), 5501-5506.
- * Wang, L., Wang, Z., Zhao, S., & Tan, S. (2015). Stock market trend prediction using dynamical Bayesian factor graph. *Expert Systems with Applications*, 42(15), 6267-6275.
- * ElAal, M. M. A., Selim, G., & Fakhr, W. (2011, August). Stock market trend prediction model for the egyptian stock market using neural networks and fuzzy logic. In International Conference on Intelligent Computing (pp. 85-90). Springer Berlin Heidelberg.
- * Hassan, M. R., & Nath, B. (2005, September). Stock market forecasting using hidden Markov model: a new approach. In Intelligent Systems Design and Applications, 2005. ISDA'05. Proceedings. 5th International Conference on (pp. 192-196). IEEE.
- * Zhang, D., & Zhang, X. (2009). Study on forecasting the stock market trend based on stochastic analysis method. *International Journal of Business and Management*, 4(6), 163.
- * Landauskas, M., & Valakevicius, E. (2011). Modelling of Stock Prices by Markov Chain Monte Carlo Method. *Intelektine Ekonomika*, (2).
- * Svoboda, M., & Lukáš, L. (2012). Application of Markov chain analysis to trend prediction of stock indices. In Proceedings of the 30th International Conference Mathematical Methods in Economics (pp. 848-853).
- * Lee, J., & Shin, M. (2009). Stock Forecasting using Hidden Markov Processes. <http://cs229.stanford.edu/proj2009/ShinLee.pdf>.
- * Turner, C. M., Startz, R., & Nelson, C. R. (1989). A Markov model of heteroskedasticity, risk, and learning in the stock market. *Journal of Financial Economics*, 25(1), 3-22.
- * Nayak, R. K., Mishra, D., & Rath, A. K. (2015). A Naïve SVM-KNN based stock market trend reversal analysis for Indian benchmark indices. *Applied Soft Computing*, 35, 670-680.
- * Atsalakis, G. S., & Valavanis, K. P. (2009). Forecasting stock market short-term trends using a neuro-fuzzy based methodology. *Expert Systems with Applications*, 36(7), 10696-10707.
- * Ni, L. P., Ni, Z. W., & Gao, Y. Z. (2011). Stock trend prediction based on fractal feature selection and support vector machine. *Expert Systems with Applications*, 38(5), 5569-5576.

- * Zuo, Y., & Kita, E. (2012). Stock price forecast using Bayesian network. *Expert Systems with Applications*, 39(8), 6729-6737.
- * de Oliveira, F. A., Nobre, C. N., & Zárate, L. E. (2013). Applying Artificial Neural Networks to prediction of stock price and improvement of the directional prediction index—Case study of PETR4, Petrobras, Brazil. *Expert Systems with Applications*, 40(18), 7596-7606.
- * Hassan, M. R. (2009). A combination of hidden Markov model and fuzzy model for stock market forecasting. *Neurocomputing*, 72(16), 3439-3446.
- * Pedram, M., & Ebrahimi, M. (2014). Exchange Rate Model Approximation, Forecast and Sensitivity Analysis by Neural Networks, Case Of Iran. *Business and Economic Research*, 4(2), 49.
- * Jahan, M. V., & Akbarzadeh-Totonchi, M. R. (2010). From local search to global conclusions: migrating spin glass-based distributed portfolio selection. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 14(4), 591-601.
- * Jahan, M. V., & Akbarzadeh-T, M. R. (2012). Extremal optimization vs. learning automata: Strategies for spin selection in portfolio selection problems. *Applied Soft Computing*, 12(10), 3276-3284.
- * Pan, S. L., & Chen, H. H. (2010). Time-varying Markov regression random-effect model with Bayesian estimation procedures: Application to dynamics of functional recovery in patients with stroke. *Mathematical biosciences*, 227(1), 72-79.
- * Barak, S., & Modarres, M. (2015). Developing an approach to evaluate stocks by forecasting effective features with data mining methods. *Expert Systems with Applications*, 42(3), 1325-1339.
- * Z. Alamatian, & M. Vafaei Jahan. (2015) .[Predicting Iran Stock Market Behavior Based on Bayesian Network and HMM](#). Second IEEE International Congress on Technology, Communication and Knowledge (ICTCK 2015). Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran.