

پیش بینی روند روزانه بازار بورس ایران مبتنی بر شبکه های بیزین و مدل مخفی مارکوف

زهرا علامتیان¹، مجید وفايي جهان²

¹گروه کامپیوتر، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، ZohrehAlamatian@mshdiau.ac.ir

²گروه کامپیوتر، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، VafaeiJahan@mshdiau.ac.ir

چکیده - رفتار قیمت سهام یکی از پیچیده ترین مکانیزم‌هایی است که محققان در طی سالیان بر روی آن مطالعه کرده‌اند. بازار سهام 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 بازار بورس، تمرکز بر روی عوامل درونی است. در این پژوهش سیستمی مبتنی بر شبکه‌های بیزین و مدل مخفی مارکوف جهت پیش‌بینی روند روزانه بازار بورس ایران پیشنهاد شده است. تعداد متغیرهای مورد استفاده، 6 شاخص بازار بورس اوراق بهادار تهران که دارای بالاترین ضریب همبستگی با سهام مورد پیش‌بینی هستند و 22 اندیکاتور تکنیکی است. از شبکه‌های بیزین جهت پیدا کردن روابط بین متغیرها استفاده شده است، و در نهایت با استفاده از مدل مخفی مارکوف مدل‌سازی صورت گرفته است. مدل پیشنهادی بر روی سهام شرکت‌های فولاد مبارکه اصفهان، ایران خودرو، بانک ملت و ایران دارو مورد آزمون قرار گرفت. بهترین درصد صحت این سیستم پیشنهادی 85.25 درصد را نشان داد.

کلید واژه - اندیکاتور تکنیکی، بازار بورس، شاخص بازار بورس، شبکه بیزین، مدل مخفی مارکوف

1- مقدمه

2- کارهای پیشین

گوپتا و همکاران در [1] 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. آیشک و همکاران در [2] از شبکه های عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی سهام استفاده کرده‌اند. در این روش از معماری روبه جلو و از سهام شرکت ماکروسافت در سال 2011 به بعد استفاده شده است. تیکنور در [3] از شبکه عصبی مصنوعی بیزی به عنوان روش جدیدی برای پیش‌بینی رفتار بازار سهام استفاده کرده است. وانگ و همکاران در [4] از گراف بیزی پویا برای پیش‌بینی روند بازار سهام استفاده کرده است. سری‌های زمانی با ارزیابی روابط حاصل از گراف بیزی به دست می‌آیند به صورتی که در زمانی که گراف حالت ثبات پیدا کند بازار سهام روند ثابتی را دارد. الال و همکاران در [5] با استفاده از شبکه‌های عصبی و منطق فازی روند بازار سهام 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 بازار سهام مصر مورد تست قرار گرفته و نتایج رضایت‌بخشی حاصل شده است. هاسان و همکاران در [6] از مدل زنجیره مارکوف در پیش‌بینی قیمت سهام برای بازارهای

بازارهای سهام به بخش جدایی‌ناپذیر اقتصاد جهانی تبدیل شده‌اند. هرگونه نوسان در این بازار می‌تواند شرایط اقتصادی کشورها، زندگی مالی اشخاص و شرکت‌ها را تحت تاثیر خود قرار دهد. بازار سهام با توجه به بازده بالای آن همیشه یکی از محبوب‌ترین بخش‌های سرمایه‌گذاری محسوب می‌شود. با این حال برخی عوامل موثر در بازار سهام باعث شده است تا رفتار این بازار غیر قابل پیش‌بینی شود. تا به حال مدل‌های بسیاری با استفاده از ابزارها و تکنیک‌های مختلف جهت پیش‌بینی رفتار بازار سهام ارائه شده است. با توجه به اینکه پیش‌بینی صحیح روند تغییر سهام می‌تواند سود قابل توجهی را در پی داشته باشد، پس ارائه مدلی جهت پیش‌بینی هوشمندانه بازار بسیار حائز اهمیت می‌باشد. هدف از ارائه این مقاله ارائه مدلی جهت بهبود پیش‌بینی نوسانات بازار بورس در ایران می‌باشد. در بخش دو به بررسی چکیده ای از کارهای انجام گرفته در این زمینه می‌پردازیم. در بخش سه پیش زمینه مورد نیاز این مدل را بررسی می‌نماییم، در بخش چهار روش پیشنهادی را بررسی می‌کنیم، در بخش پنج به ارزیابی نتایج حاصل از پیاده‌سازی این مدل می‌پردازیم و در نهایت در بخش شش نتیجه‌گیری از این کار را بیان می‌نماییم.

2-3- مجموعه داده

در این پژوهش داده‌ها از مجموعه داده بورس اوراق بهادار تهران در سال‌های 1391 تا 1393 به دست آمده‌اند. داده‌های مورد استفاده شامل 3639 رکورد مربوط به 4 شرکت فولاد مبارکه اصفهان، بانک ملت، ایرانخودرو و ایران دارو می‌باشد.

4- روش کار

1-4- چارچوب سیستم پیشنهادی

چارچوب مدل پیشنهادی که مبتنی بر شبکه‌های بیزین و مدل مخفی مارکوف است در شکل (1) نشان داده شده است. 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 احتمالات 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.

2-4- پیش پردازش داده ها

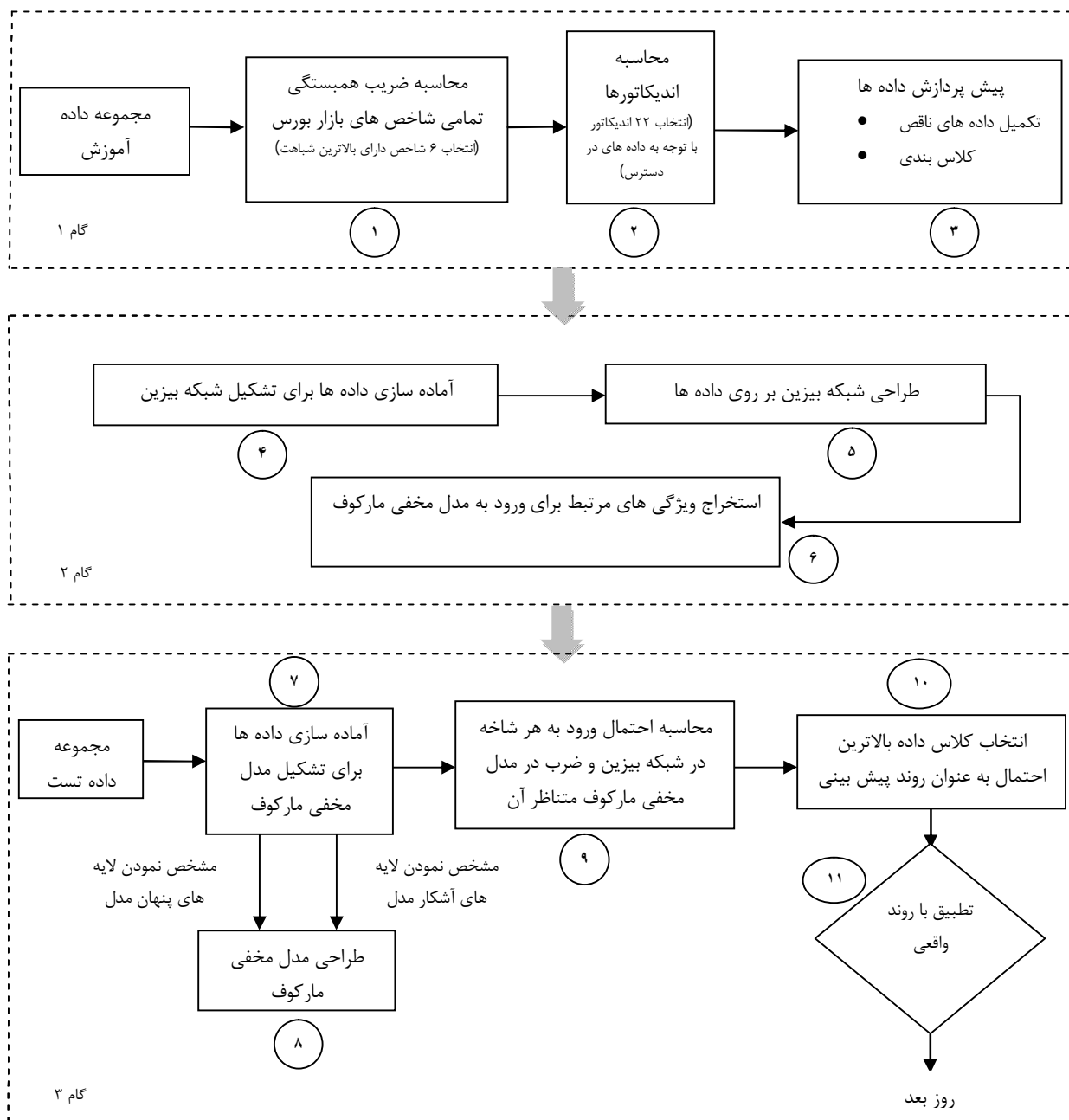
داده‌ها در قالب فایل اکسل بودند. مبنای تاریخ داده‌ها شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران در نظر گرفته شد. به این ترتیب که اگر داده‌ای در تاریخی که شاخص کل آن موجود بود، وجود نداشت برای آن رکورد قیمت دیروز آن یعنی ثبات قیمت را در نظر می‌گیریم. به طور کلی برای هر سهام خاص، 6 شاخص از شاخص‌های بازار بورس اوراق بهادار تهران که دارای بالاترین ضریب همبستگی با سهام مورد نظر هستند و 22 اندیکاتور تکنیکی که در جدول شماره (1) لیست شده‌اند، به عنوان متغیرها و ویژگی‌های تاثیرگذار استفاده شده‌اند. پس از کلاس بندی و ترمیم داده‌های ناقص، بخشی از داده‌های خام و پیش-

وابسته به هم بهره بردند. ژانگ و همکاران در [7] یک مدل فرآیند مارکوف برای پیش‌بینی روند بازار سهام ارائه دادند و از آن به عنوان مکمل یک تحلیل تکنیکال موجود بهره بردند. لنداسکاس و همکاران در [8] به منظور کم‌رنگ کردن مفروضات توزیع احتمال قیمت سهام، رویکردی مبتنی بر شبیه‌سازی مونت‌کارلوی زنجیره مارکوف توسعه دادند. اسوبدا و همکاران در [9] 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 [10] 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 [11] 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 بازار بورس همچنان یکی از زمینه‌های مورد نظر پژوهشگران می‌باشد.

3- پیش زمینه

1-3- عوامل موثر بر بازار بورس ایران

عوامل درونی و بیرونی بسیاری می‌توانند فرایند خرید افراد در بازار بورس و سرمایه را تحت تاثیر قرار دهند، که از جمله عوامل بیرونی می‌توان به عوامل اقتصادی، سیاسی، فرهنگی اشاره کرد همچنین عوامل درونی نظیر عوامل بیوریتیمیک، شاخص‌های بازار بورس، اندیکاتورها، قدرت تحلیل ذاتی، کسب وجهه سهامداران، انطباق تصویر ذهنی خریدار و تصویر واقعی شرکت، میزان درجه ریسک‌پذیری و میزان اعتماد به نفس است که سنجش این عوامل می‌تواند 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 بازار 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 بازار بورس ایران در این پژوهش به دو دسته کلی اندیکاتورهای تکنیکی و شاخص‌های بازار بورس اوراق بهادار تقسیم شده‌اند.



شکل (1): چارچوب سیستم پیشنهادی به صورت گام به گام

گرفت. شبکه بیزین طراحی شده برای پنج ویژگی مثال را در شکل (2) می بینید.

پیش پردازش شده در جدول شماره (2) نمایش داده شده است.

3-4- تشکیل شبکه بیزین

4-4- استخراج ویژگی های مرتبط

پس از تشکیل شبکه بیزین به تعداد ویژگی ها، مجموعه های مرتبط تشکیل می دهیم، به این صورت که: از داده اصلی شروع می کنیم و یکی از فرزندان آن را انتخاب می کنیم به مجموعه اضافه می کنیم، در گام بعدی ویژگی مورد نظر نقش والد را بازی می کند و نام فرزندانش را به مجموعه اضافه می کنیم، در مرحله

به صورت ساده شبکه بیزین پویا در واقع یک مدل مخفی مارکوف است. یک شبکه بیزین توالی از حالات متغیرها را ارائه می دهد. این متغیرها گره های گراف بیزین را تشکیل می دهند. ارتباطات بین متغیرها با جهت گیری های لبه های گراف مشخص می شوند. هر ارتباطی توسط جدول احتمال شرطی مشخص می شود. ایجاد شبکه بیزین توسط نرم افزار GenIE 2.0 صورت

بعد فرزندان در نقش والد قرار می‌گیرند و به همین صورت ادامه می‌دهیم تا به بن‌بست برسیم. درنهایت ما به تعداد ویژگی‌های تشکیل‌دهنده شبکه بیزین، مجموعه‌های مرتبط داریم.

4-5- تشکیل و آموزش مدل مخفی مارکوف

به تعداد مجموعه‌هایی که در قسمت قبل ایجاد شدند، مدل مخفی مارکوف را ایجاد می‌کنیم. این مجموعه‌ها ترکیبی از 28 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 رفته اند (تعداد دسته‌بندی داده‌ها) سه است، زیرا که داده‌ها به سه گروه افزایشی، کاهش و ثبات قیمت تقسیم‌بندی شده‌اند. تقسیم بندی داده‌ها با مشورت فرد خبره در بازار بورس به این سه دسته تقسیم بندی شده اند 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 (3) و (4) مشاهده می‌کنید.

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

4-6- 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 احتمالات 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 (5) مشاهده می‌کنید.

5- ارزیابی روش پیشنهادی

جهت ارزیابی سیستم پیشنهادی سهام شرکت‌های نامبرده برای داده‌های سال 1393 مورد بررسی و آزمون قرار گرفتند. در مجموع برای هر مرحله آزمون 2/3 داده‌ها برای آموزش و 1/3 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 کاهش در نظر گرفته شده است. لازم به ذکر است که کلاس ثبات قیمت به علت کم بودن 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 کاهش 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 کاهش که اشتباه پیش‌بینی شده‌اند. این چهار معیار در جدول درهم ریختگی مبنای محاسبه معیارهای کیفیت سیستم پیشنهادی می‌باشد.

5-1- 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

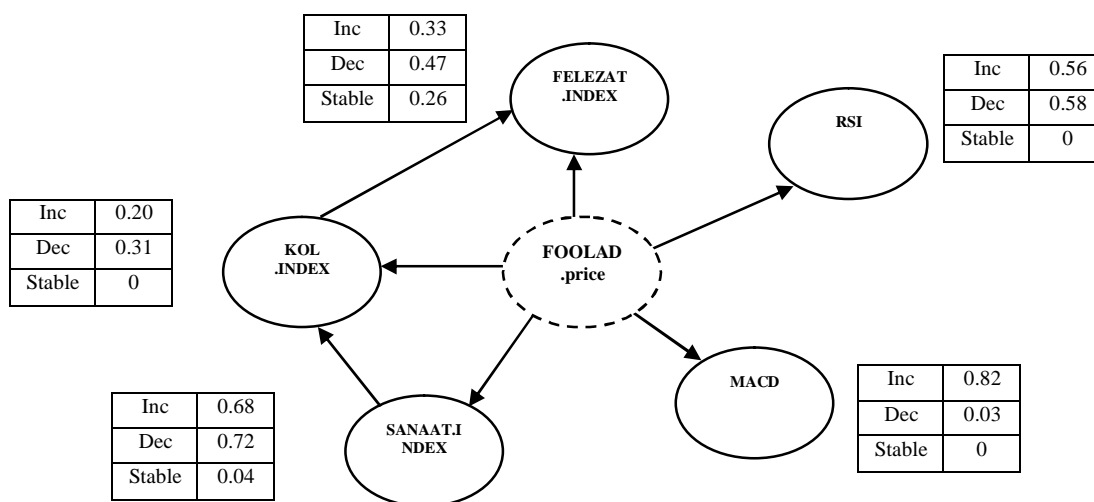
جدول (1): اندیکاتورهای تکنیکی

ردیف	اندیکاتور	توضیح	ردیف	اندیکاتور	توضیح
1	RSI	Relative Strength Index	12	MPRC	Median PRiCe
2	MACD	Moving Average Convergence/Divergence	13	WPCTR	Williams %R
3	MOM	MOMentum between times	14	TPRC	Typical PRiCe

Williams Accumulation/Distribution	WADL	15	Price Rate of Change	PRC	4
Weighted close	WCLS	16	ACceleration between times	ACC	5
CHaikin OSCillator	CHOSC	17	Pitive Volume Index	PVI	6
Accumulation/Distribution line	ADLN	18	Negative Volume Index	NVI	7
Stochastic oscillator	STOSC1	19	Volume Rate Of Change	VROC	8
Stochastic oscillator	STOSC2	20	On-Balance Volume	OBV	9
Fast stochastics	PCTD	21	Price and Volume Trend	PVT	10
Fast stochastics	PCTK	22	CHaikin VOLatility	CHVOL	11

جدول (2): بخشی از داده‌های خام و پیش‌پردازش شده

داده‌های خام						داده‌های پیش‌پردازش شده					
Foolad	Kol.index	Sanaat.index	Felezat.index	RSI	MACD	Foolad	Kol.index	Sanaat.index	Felezat.index	RSI	MACD
1792	8638.3	6667.2	3689.9	42.85	7.12	1	2	1	1	1	1
1797	8699.5	6725.8	3706.7	45.52	6.78	1	1	1	1	1	2
--	8774.2	--	3718.0	69.13	6.44	3	1	3	1	1	2
1798	8872.4	6845.7	3722.2	56.14	6.17	1	1	1	1	2	2
1799	8930.4	6883.9	3726.8	50.00	5.98	1	1	1	1	2	2
1822	8989.5	6930.2	3753.4	65.75	7.59	1	1	1	1	1	1
--	8968.3	6916.8	3800.7	69.87	10.44	3	2	1	1	1	1
1869	8932.1	6896.4	3821.4	80.00	14.63	1	2	2	1	1	1
1907	8888.0	6862.5	3827.9	85.91	20.78	1	2	2	1	1	1
1894	8919.4	6890.8	3818.2	79.73	24.32	2	1	1	2	2	1



شکل (2): شبکه بیزین با پنج ویژگی موثر

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

(2)

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

(3)

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

توسط سیستم پیشنهادی پیش‌بینی شده است. 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.

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

(1)

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

در جدول (6) نتایج ارزیابی با معیارهای گفته شده را در مجموعه داده‌های مورد آزمون مشاهده می‌کنید.

2-5- 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 (3) مجموعه‌ای از نمودارهای پیش‌بینی برای سهام‌های فولاد مبارکه اصفهان در سال 1393، شرکت ایرانخودرو در سال 1393، بانک ملت در سال 1393 و شرکت ایران دارو در سال 1393 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 240 روز مورد آزمون قرار گرفته است.

3-5- مقایسه با پژوهش‌های پیشین

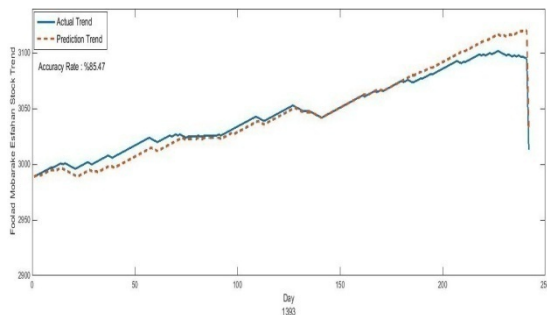
در این قسمت به بررسی کارهای انجام گرفته در زمینه پیش‌بینی بازار بورس می‌پردازیم.

مقایسه بر اساس مکان بازار بورس، داده‌های ورودی، روش‌های ترکیبی و میزان صحت خروجی کار انجام شده است. داده‌های ورودی به طور معمول شامل ترکیبی از شاخص‌های بازار بورس و اندیکاتورهای تکنیکی مرتبط با صنایع و بازارهای اقتصادی هستند. روش‌های انجام گرفته در این تحقیقات ترکیبی

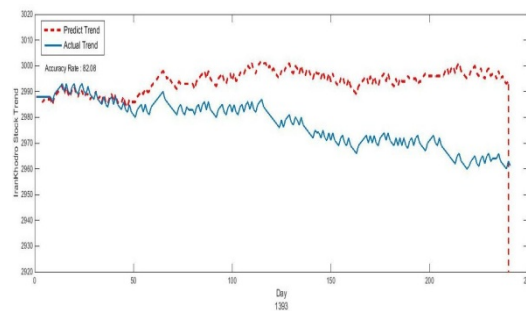
از روش‌های داده‌کاوی شامل الگوریتم ژنتیک و MLP و SVR و ... است. مقایسه بین روش ارائه شده در این مقاله و سایر تحقیقات مشابه به صورت خلاصه در جدول (7) بیان شده است.

6- نتیجه‌گیری

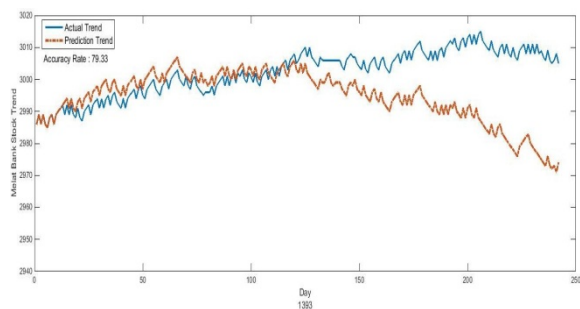
در این پژوهش مدلی مبتنی بر شبکه‌های بیزین و مدل مخفی مارکوف جهت پیش‌بینی روزانه روند بازار بورس ایران پیشنهاد شده است. در ابتدا با ضریب همبستگی میزان ارتباط شاخص‌های بازار بورس با سهام مورد نظر برای پیش‌بینی مشخص و تعداد 6 شاخص انتخاب می‌شوند و همچنین 22 اندیکاتور بر روی سهم مورد نظر محاسبه می‌شود. 28 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 81.27-85.25 به دست آمدند. نتایج نشان دادند که استفاده از اندیکاتورهای تکنیکی در پیش‌بینی روند تغییرات بازار بورس و استخراج ویژگی‌های مرتبط با استفاده از شبکه بیزین و در نهایت استفاده از مدل مخفی مارکوف می‌تواند مطلوب باشد.



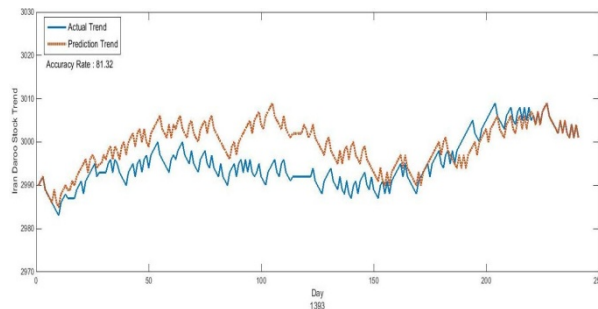
نمودار پیش‌بینی روند تغییرات سهام فولاد اصفهان در سال 1393 با سیستم پیشنهادی



نمودار پیش‌بینی روند تغییرات سهام ایرانخودرو در سال 1393 با سیستم پیشنهادی



نمودار پیش‌بینی روند تغییرات سهام بانک‌ملت در سال 1393 با سیستم پیشنهادی



نمودار پیش‌بینی روند تغییرات سهام ایران دارو در سال 1393 با سیستم پیشنهادی

شکل (3): نمودار پیش‌بینی تغییرات روند مجموعه‌های مورد آزمون

جدول (3): 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 (4): 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 (5): 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 (6): 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

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

مراجع

- [13] George S. Atsalakis and et al. " Forecasting stock market short-term trends using a neuro-fuzzy based methodology". *Expert Systems with Applications, ELSEVIER*, vol 39, pp. 10696–10707, 2009.
- [14] Li-Ping Ni and et al. " Stock trend prediction based on fractal feature selection and support vector machine". *Expert Systems with Applications, ELSEVIER*, vol 38, pp. 5569–5576, 2011.
- [15] Yi Zuo and et al. " Stock price forecast using Bayesian network". *Expert Systems with Applications, ELSEVIER*, vol 39, pp. 6729–6737, 2012.
- [11] Fagner A. de Oliveira and et al. " 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, ELSEVIER*, vol 40, pp. 7596–7606, 2013.
- [12] Md. Rafiul Hassan. " A combination of hidden Markov model and fuzzy model for stock market forecasting ". *Neurocomputing, ELSEVIER*, vol 72, pp. 3439–3446, 2009.
- [13] pedram mehdi. " Exchange Rate Model Approximation, Forecast and Sensitivity Analysis by Neural Networks, Case Of Iran ". *Business and Economic Research*, vol 4, pp. 2162-4860, 2014.
- [14] M.Vafaei Jahan, M.R. Akbarzadeh Totonchi, "From Local Search to Global Conclusions: Migrating Spin Glass-based Distributed Portfolio Selection", *Journal of IEEE Transaction on Evolutionary Computation*, No. 14, Issue 4, pp. 591-601, 2010.
- [15] M. Vafaei Jahan, M.R. Akbarzadeh Totonchi, "Extremal Optimization vs. Learning Automata: Strategies for Spin Selection in Portfolio Selection Problems". *Applied Soft Computing*, Volume 12, Issue 10, pp. 3276–3284, 2012.
- [16] Shin-Liang Pan and et al. " Time-varying Markov regression random-effect model with Bayesian estimation procedures: Application to dynamics of functional recovery in patients with stroke". *Mathematical Biosciences, ELSEVIER*, vol 227, pp. 72–79, 2010.
- [17] sasan Barak ,Mohammad Modarres. "Developing an approach to evaluate stocks by forecasting effective features with data mining methods". *Expert Systems with Applications*, Volume 42, Issue 3, 15 Pages 1325-1339, 2015.
- [1] Aditya Gupta. " Stock Market Prediction Using Hidden Markov Models". *5th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications, IEEE*, pp. 192 - 196, 2005.
- [2] Kumar Abhishek and et al. . " A Stock Market Prediction Model using Artificial Neural Network". *Third International Conference on Computing Communication & Networking Technologies (ICCCNT)*, IEEE, pp. 1 - 5, 2012.
- [3] Jonathan L. Ticknor. " A Bayesian regularized artificial neural network for stock market forecasting". *Expert Systems with Applications, ELSEVIER*, vol 40, pp. 5501–5506, 2013.
- [4] Lili Wang and et al. " Stock market trend prediction using dynamical Bayesian factor graph". *Expert Systems with Applications, ELSEVIER*, Article in press, 2015.
- [5] Maha Mahmoud Abd ElAal and et al. " Stock Market Trend Prediction Model for the Egyptian Stock Market Using Neural Networks and Fuzzy Logic". *7th International Conference on Intelligent Computing, Springer*, pp. 85-90, 2012.
- [6] Hassan, M. R., & Nath, B.. Stock market forecasting using hidden Markov model: a new approach. In *Intelligent Systems Design and Applications, ISDA'05. Proceedings. 5th International Conference on* pp. 192-196, 2005.
- [7] Zhang, D., & Zhang, X. .Study on forecasting the stock market trend based on stochastic analysis method. *International Journal of Business and Management*, 4(6), p163, 2009.
- [8] Landauskas, M., & Valakevičius, E. Modelling of Stock Prices by Markov Chain Monte Carlo Method. *Intelektinė ekonomika*, 5 (2), pp. 244-256, 2011.
- [9] Svoboda, M., & Lukas, L.. Application of Markov Chain analysis to trend prediction of stock indices. In *Proceedings of 30th International Conference Mathematical Methods in Economics. Karviná: Silesian University, School of Business Administration*, pp. 848-853, 2012.
- [10] Lee, J., & Shin, M. Stock Forecasting using Hidden Markov Processes.
- [11] Turner, C. M., Startz, R., & Nelson, C. R.. A Markov model of heteroskedasticity, risk, and learning in the stock market. *Journal of Financial Economics*, 25(1), pp. 3-22, 1989.
- [12] R.K. Nayak. " A Naïve SVM-KNN Based Stock Market Trend Reversal Analysis for Indian Benchmark Indices". *Applied Soft Computing Journal, ELSEVIER*, Article in press, 2015.