بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده مهندسی کامپیوتر

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر- هوش مصنوعی

کاربرد الگوریتم بهینه‌سازی گرگ‌خاکستری در معامله‌گری بورس اوراق بهادار

نگارنده: فرزانه کریمی

استاد راهنما

دکتر مرتضی زاهدی

بهمن۱۳۹۹

مدیریت تحصیلات تکمیلی

باسمه‌تعالی

شماره:
تاریخ: ۲۶/۱۲/۹۹

فرم شماره (۳) صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم **فرزانه کریمی** با شماره دانشجویی **۹۷۱۳۶۷۴** رشته **مهندسی کامپیوتر** گرایش **هوش مصنوعی و رباتیکز** تحت عنوان **کاربرد الگوریتم بهینه‌سازی گرگ خاکستری در معامله‌گری بورس اوراق بهادار** که در تاریخ **۱۳۹۹/۱۱/۲۹** با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

الف) درجه عالی: نمره ۲۰-۱۹ ☐ ب) درجه خیلی خوب: نمره ۱۸/۹۹ – ۱۸ ☐

ج) درجه خوب: نمره۱۷/۹۹– ۱۶ ☐ د) درجه متوسط: نمره ۱۵/۹۹-۱۴ ☐

ه) کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول و نیاز به دفاع مجدد دارد ☐

نوع تحقیق: نظری ☐ عملی ☐

عضو هیأت داوران	نام ونام خانوادگی	مرتبهٔ علمی	امضاء
۱- استادراهنمای اول	دکتر مرتضی زاهدی	استادیار	
۲- استادراهنمای دوم	---------	-------	-------
۳- استاد مشاور			
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	مهندس محسن فرهادی	مربی	
۵- استاد ممتحن اول	دکتر مرضیه رحیمی	استادیار	
۶- استاد ممتحن دوم	دکتر هدی مشایخی	استادیار	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده: دکتر علیرضا الفی

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:

ماحصل آموخته‌هایم را تقدیم می‌کنم به آنان که مهر آسمانیشان آرام بخش آلام زمینی‌ام است.

به استوارترین تکیه‌گاهم، دستای پر مهر پدرم

به سبزترین نگاه زندگی‌ام، چشمان سبز مادرم

که هرچه آموختم در مکتب عشق شما آموختم و هرچه بکوشم، قطره‌ای از دریای بی‌کران مهربانیت تان را

سپاس نتوان بگویم.

امروز، هستی من به امید شما است و فردا کلید باغ بهشتم، رضای شما.

باشد که حاصل تلاشم، نسیم گونه، غبار خستگیتان را بزداید.

بوسه بر دستان پر مهرتان.

سپاس خدای بزرگ را که مرا یاری رساند تا بتوانم این مقطع تحصیلی را به پایان رسانده و گامی در راستای اعتلای علم بردارم. از استاد راهنمای گرانقدرم جناب آقای دکتر مرتضی زاهدی که وجودشان همیشه قوتی برای انجام کارهایم بوده است و بدون شک انجام این پایانامه بدون کمک و راهنمایی های ارزنده ایشان امکان پذیر نبوده است، کمال تشکر را دارم.

تعهدنامه

- اینجانب **فرزانه کریمی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **هوش مصنوعی** دانشکده کامپیوتر دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان‌نامه" **کاربرد الگوریتم بهینه‌سازی گرگ خاکستری در معامله‌گری بورس اوراق بهادار"** تحت راهنمائی **دکتر مرتضی زاهدی** متعهد می‌شوم.
- تحقیقات در این پایان‌نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان‌نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان‌نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.

استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

پیشرفت‌ها در حوزهٔ هوش مصنوعی و یادگیری ماشین بخصوص در زمینهٔ محاسبات تکاملی نه‌تنها ما را قادر به تجزیه و تحلیل مؤثرتر داده‌ها نموده است، بلکه این امکان را فراهم ساخته که از آنها برای فهم هرگونه الگوی زیربنایی بازاهای مالی استفاده گردد. استفاده از روش‌هایی برای پیش‌بینی وضعیت آینده، همواره دغدغه اصلی اندیشمندان علوم مختلف بوده است. در این راه بطور طبیعی، روش‌هایی، قابلیت ماندگاری و کاربردی مناسب دارند که دارای کمترین خطای ممکن در پیش‌بینی باشند. الگوریتم گرگ خاکستری تکنیک جستجویی در علم رایانه برای یافتن راه‌حل تقریبی برای بهینه‌سازی و مسائل جستجو است، که نوع خاصی از الگوریتم‌های تکاملی می‌باشد و از تکنیک‌های زیستی مانند شکار گرگ‌های خاکستری شبیه‌سازی شده است.

پیش‌بینی قیمت سهام در سرمایه‌گذاری‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است زیرا در شیوه‌های ارزیابی سهام، عامل مهمی تلقی می‌شود و در بیشتر موارد عامل اساسی تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاری در سهام می‌باشد. در بازار آنچه بیش از پیش‌بینی میزان دقیق رشد قیمت یک سهم برای فعالان اهمیت دارد، اصل موضوع تصمیم خرید یا فروش است، یعنی یک رشد عالی می‌تواند باعث تصمیم‌گیری به خرید گردد و بالعکس اگر پیش‌بینی یک افت شدید با احتمال بالا صورت گیرد می‌تواند تصمیم فروش سهم گردد. موضوع مهم در اینجا تعیین این فازها و یا حالات مختلف است که باید توسط متخصصین و فعالان بازار این موضوع به طور دقیق صورت گیرد.

یکی از مهمترین فاکتورها تعیین میزان خرید یا فروش سهام است. در واقع در این حالت کاربر با توجه به فاصله میان قیمت آخرین معامله و قیمت پایانی، میزان فروش سهام را مشخص می‌کند. پس میزان فروش تأثیر بسیار زیادی بر میزان سود دریافتی از معامله سهام دارد، به نحوی که تعیین بهینه آن می‌تواند منجر به حداکثرسازی سود شود. در ادامه، در این پایان‌نامه، به‌منظور جستجوی یک استراتژی موفق، برای انجام معاملات در بازار بورس ایران رویکردی مبتنی بر الگوریتم گرگ خاکستری ارائه شده است. داده‌های مورد نیاز از سازمان بورس اوراق‌بهادار ایران از سال ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۹ برای ۱۰ شرکت فعال جمع‌آوری شده است. روش پیشنهادی، با توجه به قیمت آخرین معامله و همچنین قیمت پایانی سعی در ارائه استراتژیکی دارد، که به معامله‌گر بگوید چه زمانی وارد یک معامله و چه زمانی از آن خارج شود. در ادامه نشان داده شده است، که رویکرد پیشنهادی توانسته است با افزایش اندازه مجموعه داده، تعداد جمعیت و تعداد تکرار ۵۲ درصد سود نصیب معامله‌گران کند.

کلمات کلیدی: الگوریتم گرگ‌خاکستری، پیش‌بینی، بورس اوراق‌بهادار، بهینه‌سازی، خرید و فروش

فهرست مطالب

فصل۱ : مقدمه **۱**

۱-۱ پیشگفتار ۲

۱-۲ تعریف مسئله ۳

۱-۳ اهمیت مسئله ۴

۱-۴ هدف تحقیق ۶

۱-۵ ساختار پایان نامه ۶

فصل۲ : کارهای پیشین **۷**

۲-۱ مقدمه ۸

۲-۲ عوامل مؤثر بر بورس ۹

۲-۳ بورس و پیش‌بینی ۱۱

۲-۴ کارهای مرتبط ۱۳

۲-۵ اصطلاحات اساسی بازار سهام ۱۶

۲-۶ پیش‌بینی بازار سهام ۲۲

۲-۶-۱متغیرهای ورودی ۲۳

۲-۶-۲پیش‌پردازش داده‌ها ۲۴

۲-۶-۳ انتخاب و استخراج ویژگی ۲۵

۲-۷ مدل پیش‌بینی ۲۵

۲-۷-۱ شبکه‌های عصبی مصنوعی در مدل‌های پیش‌بینی ۲۶

۲-۷-۲منطق فازی در مدل‌های پیش‌بینی ۲۶

۲-۷-۳الگوریتم‌های ژنتیک در مدل‌های پیش‌بینی ۲۷
۲-۸ مدل پیش‌بینی ترکیبی ۲۷
۲-۸-۱شبکه‌های عصبی مصنوعی ترکیبی ۲۸
۲-۸-۲ الگوریتم ژنتیک ترکیبی ۲۹
۲-۸-۳منطق فازی ترکیبی ۳۰
۲-۸-۴مدل‌های ترکیبی تکاملی ۳۱
۲-۹نتیجه‌گیری ۳۳
فصل۳ : الگوریتم گرگ خاکستری **۳۵**
۳-۱ مقدمه ۳۶
۳-۲ الگوریتم بهینه‌سازی گرگ‌خاکستری ۳۹
۳-۳ مدل ریاضی و الگوریتم ۴۱
۳-۳-۱-سلسله‌مراتب اجتماعی ۴۱
۳-۳-۲-محاصره طعمه ۴۲
۳-۳-۳- شکار ۴۳
۳-۳-۴- حمله به طعمه(بهره‌برداری) ۴۴
۳-۳-۵- جستجو برای شکار(اکتشاف) ۴۵
۳-۴ چند نمونه از کاربردهای الگوریتم گرگ‌خاکستری **۴۷**
۳-۴-۱ به‌کارگیری روش ترکیبی شبکه عصبی -GAGWO در پیش‌بینی بازده سهام ۴۷
۳-۴-۲ الگوریتم گرگ‌خاکستری بهبودیافته ۴۹
۳-۴-۳یک الگوریتم بهینه‌سازی گرگ‌خاکستری باینری-V شکل برای انتخاب ویژگی ۵۰
۳-۴-۴دسته‌بندی دادگان سونار با استفاده از الگوریتم بهینه‌ساز گرگ خاکستری ۵۱
۳-۴-۵روش دودویی بهینه‌سازی گرگ‌خاکستری برای انتخاب ویژگی ۵۱

۳-۴-۶ کشف انجمن در شبکه‌های اجتماعی ایستا ۵۵

۳-۵ نتیجه‌گیری ۵۸

فصل۴ :ارائه روش پیشنهادی ۵۹

۴-۱ مقدمه ۶۰

۴-۲ روش پیشنهادی ۶۲

۴-۲-۱-موقعیت گرگ‌ها ۶۳

۴-۲-۲-تابع برازندگی ۶۴

۴-۲-۳- جستجوی فضای مسئله ۶۴

۴-۳ نتیجه‌گیری ۶۷

فصل۵ : نتایج و آزمایشات ۶۹

۵-۱ مقدمه ۷۰

۵-۲ شرایط آزمایشات ۷۰

۵-۳ مجموعه داده ۷۰

۵-۴ نتایج ارزیابی ۷۱

۵-۵ جمع‌بندی ۷۶

فصل۶ :نتیجه گیری ۷۷

۶-۱ نتیجه‌گیری ۷۸

مراجع ۸۱

فهرست جداول

جدول (۳-۱) توصیف مجموعه های داده[۸۲] ۵۳

جدول(۳-۲) تنظیم پارامترها برای آزمایش[۸۲] ۵۴

جدول(۳-۳) میانگین تابع شایستگی با استفاده از مقدار دهی اولیه تصادفی یکنواخت[۸۲] ۵۵

جدول (۳-۵)نتایج آزمایشات [۸۳] ۵۷

جدول(۴-۱) موقیت یگ گرگ در الگوریتم پیشنهادی ۶۳

جدول(۵-۱): مشخصات سیستم آزمایشات ۷۰

جدول (۵-۲) مجموعه داده ۷۱

جدول(۵-۳) میزان بهبود روش پیشنهادی در مقابل روش مورد مقایسه ۷۲

جدول (۵-۴) میزان بهبود روش پیشنهادی در مقابل روش مورد مقایسه ۷۶

فهرست شکل‌ها

شکل (۲-۱):نمودار هم افزایی Nifty 50 و شاخص نوسان هند[۳۴] ۱۸

شکل(۲-۲) مقایسه عملکرد شاخص‌های بخش بر اساس بازده کل[۳۴] ۱۹

شکل(۲-۳) مقایسه عملکرد شاخص‌های بخش بر اساس میانگین بازده روزانه[۳۴] ۲۰

شکل(۲-۴) سری زمانی قیمت سهام شرکت‌های هندی[۳۴] ۲۱

شکل(۲-۵) چارچوب تعمیم یافته برای پیش‌بینی بازار سهام [۳۴] ۲۳

شکل (۲-۶)متغیرهای ورودی مورد استفاده در مقالات بررسی شده[۳۴] ۲۴

شکل(۲-۷) هسته CI برای پیش‌بینی بورس‌های بزرگ سهام به فرکانس‌ها نزدیک میشود[۳۴] ۳۳

شکل(۳-۱) سلسله مراتب گرگ‌خاکستری (سلطه از بالا به پایین کاهش می یابد)[۷۷] ۳۹

شکل (۳-۲) رفتار گرگ‌های خاکستری در زمان شکار [۷۷] ۴۱

شکل (۳-۳) بردار موقعیت‌های دو بعدی و سه بعدی [۷۷] ۴۳

شکل (۳-۴) بروزرسانی موقعیت در GWO[۷۷] ۴۴

شکل (۳-۵) واگرایی در جستجو و همگرایی در حمله [۷۷] ۴۵

شکل (۳-۶) شبه کد الگوریتم GWO[۷۷] ۴۷

شکل(۳-۷) چارچوب کلی مدل ترکیبی شبکه عصبی GA وGWO [۷۸] ۴۸

شکل(۴-۱)فلوچارت روش پیشنهادی ۶۶

شکل(۵-۱)مقایسه سود بدست آمده به ازای اندازه مجموعه داده ۷۲

شکل (۵-۲)مقایسه سود بدست آمده به ازای تعداد تکرار ۷۴

شکل (۵-۳) مقایسه سود بدست آمده به ازای اندازه جمعیت ۷۵

فصل۱ : مقدمه

۱-۱ پیشگفتار

بشر در دنیای امروزی به صورت روزمره در بازارهای گوناگون درگیر تصمیم‌گیری‌های بیشماری بوده و هرگونه پیشنهادی که امکان بهبود دقت و صحت تصمیم و یا کاهش زمان تصمیم‌گیری را برای او به ارمغان بیاورد برای وی جذاب و ارزشمند می‌باشد. یکی از بازارهایی که امروزه روبه‌رونق بوده و مزایای سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری در آن بسیار مشهود می‌باشد، بازارهای پولی و سرمایه شامل بازار بورس اوراق‌بهادار می‌باشد. فعالان این بازار به خرید و فروش سهام شرکت‌ها در آن بازار پرداخته و از آن طریق با پذیرفتن ریسک آینده سهم برای خود سود و یا زیان به بار می‌آورند.

هر روزه تلاش‌های گستردهای برای بهبود روش‌های بررسی و تحلیل سهام در بازارهای مالی دنیا صورت می‌گیرد. تلاش در به منظور بهبود روش‌های تجزیه و تحلیل سهام بویژه در بازارهایی که گوناگونی سهام در آنها بسیار زیاد است، به پدید آمدن روش‌های نوینی منجر شده است که در کنار روش‌های گذشته درصدد یافتن پاسخی برای حداکثرسازی سود در بازارهای مالی است.

با توجه به رشد، تنوع و پیچیدگی محیط سرمایه‌گذاری طیف گستردهای از انتخاب‌ها پیش‌روی سرمایه‌گذاران قرار دارد و ضرورت استفاده از مدل‌های ریاضی، نرم‌افزارها و روش‌های نوین برای بهینه‌سازی سهام می‌باشد. به این منظور استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری و انواع روش‌های جستجو در این زمینه، از مهمترین موضوعاتی بوده است که در چند سال اخیر توجه محققین را به خود جلب نموده است. مساله مورد توجه این محققین طراحی روش‌های کارا و اثربخش است به نحوی که در این محدوده زمانی موجه، جوابی را که تا حد قابل قبولی به جواب بهینه نزدیک است، برای مساله مورد نظر به دست آورد. در بازارهای سرمایه، روش‌ها و تکنیک‌های‌گوناگونی برای اینکار مورد استفاده قرار می‌گیرد. فرض در نظر گرفته شده در این تحقیق این است که با توجه به رفتار پویای سهام در بازار، الگوریتم گرگ خاکستری[1] [۱] ابزار مناسبی به منظور کمک به سرمایه‌گذار می‌باشد.

[1] Grey Wolf Optimization (GWO)

۱-۲ تعریف مسئله

بازارها با گذر زمان، رو به تکامل پیش می‌روند و روزانه ایده‌ها و ابزارهای جدیدتری برای پاسخ‌گویی به نیازهای نامحدود بشری جهت دریافت بیشترین بازدهی با کمترین ریسک موجود برای سرمایه‌گذاری تعریف می‌شود. استدلال در پژوهش حاضر، این است که یک سرمایه‌گذار حرفه ای با کمک گرفتن از برخی روش‌ها می‌تواند بوسیله استراتژی ساده زمانبندی خرید و نگهداری ریسک خود را کاهش و در عین حال بازده بالاتری را کسب نماید. صحیح و مناسب بودن هر تصمیم، به نوع و ماهیت رخدادهایی بستگی دارد که در پی تصمیم اتخاذ شده به وقوع می‌پیوندد. اگر بتوان جنبه‌های غیر قابل کنترل این حوادث را قبل از تصمیم‌گیری حدس زد، امکان تصمیم‌گیری بهتری بوجود می‌آید، بنابراین چون حوادث آینده در فرآیند تصمیم‌گیری نقش عمدهای را ایفا می‌کنند پیش‌بینی این‌گونه حوادث حائز اهمیت است و هر تصمیم‌گیری آگاهانه نیاز به پیش‌بینی دارد. از این رو می‌توان گفت که پیش‌بینی عبارت است از: برآورد احتمالی وقایع آینده بر اساس اطلاعات حال و گذشته. هدف از پیش‌بینی کاهش ریسک در یک تصمیم‌گیری است. پیش‌بینی‌ها معمولاً صحیح نیستند و دارای مقداری خطا هستند که این میزان با داشتن اطلاعات بیشتر در مورد سیستم کاهش می‌یابد. در مدل‌های کلاسیک سرمایه‌گذاری، مسأله اصلی توزیع سرمایه جهت خرید و فروش سهام بوده است. همچنین سرمایه-گذاران در دنیای واقعی محدودیت‌هایی را همچون اندازه سبد سهام، حداقل و حداکثر حجم سرمایه-گذاری در یک دارایی و غیره را به مدل بهینه‌سازی خود می‌افزایند، که این چنین محدودیت‌هایی می‌تواند یک مدل برنامه‌ریزی ترکیبی از مدل‌های غیرخطی و عدد صحیح را تشکیل دهد،که حل آنها به مراتب مشکل‌تر از حل مدل اصلی است. باید اذعان داشت که تکنیک‌های حل قطعی در حل اینگونه مسائل با شکست روبرو شدهاند. در این شرایط که مسئله برنامه‌ریزی غیرخطی بزرگ و پیچیده باشد، از الگوریتم‌های تصادفی برای حل استفاده می‌شود. به طور کلی الگوریتم‌های تصادفی به دو دسته ابتکاری و فراابتکاری تقسیم می‌شوند. یکی از دلایل برتری الگوریتم‌های فراابتکاری نسبت به الگوریتم‌های ابتکاری، گرفتار شدن الگوریتم‌های ابتکاری در بهینه‌های محلی و عدم قابلیت آنها در

کاربردهای واقعی است؛ در چنین شرایطی الگوریتم‌های فراابتکاری با یک تبادل[1] ساده بین تصادفی-سازی[2] و جستجوی محلی مشکل را حل خواهند کرد. تصادفی سازی یک راهکار خوب برای حرکت از جستجوی محلی به جستجوی سراسری است. الگوریتم گرگ‌خاکستری مشهورترین عضو این خانواده به شمار می‌آید، که یک روش جستجوی تصادفی و تکاملی است، نیاز به حافظه کمی دارد و همچنین از سرعت بالایی برخوردار است.

۱-۳ اهمیت مسئله

بازار سهام از جمله ارکان اقتصادی هرکشور به شمار می‌رود. رسالت این بازار جذب سرمایه‌های اندک و سرگردان عموم و هدایت آن به سمت فعالیت‌هایی است که منفعت عامه هستند. بدین ترتیب از هدر رفتن سرمایه‌های عموم بواسطه سمت‌گیری به فعالیت‌های کاذب و مخرب اقتصادی جلوگیری نموده و زمینه لازم جهت بهره‌برداری مناسب از این سرمایه‌ها را فراهم می‌کند.

سرمایه‌گذاری در بورس یکی از راه‌های افزایش دارایی، متناسب با افزایش تورم است؛ اما احتمالاً این دغدغه برای اکثر فعالان بازار سرمایه وجود دارد که چگونه در بازار بورس سهام خوب را شناسایی کنند تا با یک سرمایه‌گذاری مطمئن، به بازدهی مطلوب برسند. برای سرمایه‌گذاری در بورس نیاز است تا اطلاعات کافی درباره روش‌های سرمایه‌گذاری، بازارها و ابزارهای مختلف کسب کرد و جستجوی اخبار و اطلاعات به‌تنهایی برای انجام یک سرمایه‌گذاری هوشمندانه در بازار بورس کافی نیست. این اطلاعات باید مورد بررسی قرار گیرد تا وضعیت بازار و سهام به‌درستی ارزیابی شود و افراد انتخاب‌های بهتری در فرآیند تصمیم‌گیری خود داشته باشند.

سرمایه‌گذاران همواره علاقه دارند، بدانند که روند بعدی سهام در بازار بورس چگونه خواهد بود. زیرا قیمت سهام یکی از ابزارهای اصلی تصمیم‌گیری در بازار سرمایه است و باید در تعیین آن نهایت دقت به عمل آید. بنابراین در شناسایی عوامل مؤثر بر قیمت سهام باید تلاش کرد تا تمامی آن عوامل را تا

[1] Trade off
[2] Randomization

حد امکان شناسایی و سپس در تصمیمات سرمایه‌گذاری از آن استفاده کرد. به علت نبـودن اطلاعـات دقیق در مورد عوامل مؤثر بر قیمـت سـهام و همچنـین وجـود شـرایط پیچیـده اقتصـادی، سیاسـی، اجتماعی و حتی روانشناسی و از همه مهمتر عدم کارآیی بازار سرمایه ایران، پیش‌بینی قیمت سهام به سادگی میسر نیست اما هر چه داده‌های گذشته و عوامل مؤثر بر قیمت سهام دوره‌های گذشته با دقت ثبت شود می‌توان مدلی جهت پیش‌بینی قیمت سهام ارائه نمود.

رفتار سهام در بازار، مانند بسیاری از پدیده‌های طبیعی رفتاری غیر خطی اسـت. مـدل‌هـای خطـی از تشخیص رفتار غیرخطی عاجز هستند و تنها می‌توانند بخش خطی رفتـار را خـوب تشـخیص دهنـد. بنابراین نیاز به مدل‌های غیرخطـی بـرای شناسـایی رفتـار سـهام تـاثیر بسـزایی در تصـمیم‌گیـری و پیش‌بینی آتی سهام دارد. باتوجه به عدم اطمینانی که بر بورس اوراق‌بهادار حاکم است، یافتن روشـی برای انتخاب یک مجموعه مناسب از اوراق‌بهادار که از طریق آن بتوان بر عدم اطمینان‌هـا غلبـه کـرد ضروری می‌باشد.

امروزه بازار بورس و اوراق‌بهادار یکی از پر رونق‌ترین بازارها برای سودآوری می‌باشد. میزان سودی کـه از بازار بورس و اوراق‌بهادار عاید هر فرد می‌شود بستگی زیادی به تخصص و تبحر فرد برای شناسـایی سهام خوب و عملکرد درست و به‌موقع فرد در بازار را دارد. همه افراد در بازار سـرمایه بـه یـک شـیوه عمل نمی‌کنند، به عنوان مثال شخصی سهامی را میفروشد براین باور است فروش سـودده اسـت و در مقابل خریدار همان سهم معتقد است خرید سهم سودآور است، البته این تفاوت در عقایـد اسـت کـه بازار را بوجود می‌آورد. اگر بتوانیم تغییرات قیمت سهام را به موقع پـیش‌بینـی کنـیم و براسـاس ایـن پیش‌بینی به موقع عمل کنیم عملکرد خوبی نیز خواهیم داشت.

از سوی دیگر با توجه به عملکرد موفق الگوریتم گرگ خاکستری در مسائل بهینه سازی این الگوریتم می‌تواند روش مناسب در اختیار سرمایه‌گذاران قرار دهد تا به انتخاب بهینه سبد سهام دست یابند. لذا هدف اصلی تحقیق حاضر انتخاب و بهینه سازی سبد سهام با استفاده از الگـوریتم گـرگ خاکسـتری است.

۱-۴ هدف تحقیق

هدف از این پژوهش پیش‌بینی بازده سهام شرکتها با استفاده از الگوریتم گرگ خاکستری می‌باشد به طوری که الگوریتم پیشنهادی نسبت به سایر الگوریتم‌هایی که در این زمینه کار شده‌اند کاراتر باشد تا سرمایه‌گذاران و صاحبان شرکت، پیش‌بینی دقیق‌تری از مقدار بازده سهام، در دست داشته باشند. اطلاعات در صورتی می‌تواند برای برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری مناسب باشد که دارای کیفیت لازم از جمله به موقع بودن و مربوط بودن باشد. ارزش این اطلاعات اگر مربوط به زمان آینده باشد و اطمینان لازم از نظر قابلیت اتکا را داشته باشد، دوچندان خواهد بود. همچنین اگر پیش‌بینی بر اساس اطلاعات مناسب و از روش صحیح انجام شود، به کمترین خطا منجر خواهد گردید. در بازار بورس سرمایه-گذاری موفق خواهد بود که بهتر بتواند وضعیت آتی سهمی را پیش‌بینی کند، پس ناچار است از ابزار پیش‌بینی استفاده نماید، بنابراین آزمودن روش‌های فراابتکاری برای کم کردن زمان یافتن پاسخ بهینه ضروری به نظر می‌رسد.

۱-۵ ساختار پایان نامه

پس از مقدمه ،در فصل دوم این پایان نامه به مروری بر مطالعات پیشین و اصطلاحات اساسی بازار سهام و پیش‌بینی بورس پرداخته شده است.

در فصل سوم مفاهیم مربوط به الگوریتم‌های تکاملی و الگوریتم گرگ‌خاکستری به اختصار شرح داده شده و در ادامه چند نمونه از کاربردهای الگوریتم گرگ‌خاکستری مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

در فصل چهارم به تشریح الگوریتم پیشنهادی به منظور خرید/فروش سهام با هدف کسب سود با استفاده از الگوریتم گرگ‌خاکستری اختصاص داده شده است.

در فصل پنجم و ششم به جمع‌بندی و نتیجه‌گیری از کار انجام شده به همراه پیشنهاد برای ادامه کار اختصاص است، یافته است .

فصل ۲ : کارهای پیشین

۲-۱ مقدمه

امروزه بورس به بخش جدایی‌ناپذیر اقتصاد جهانی تبدیل شده است. هرگونه نوسان در این بازار می‌تواند شرایط اقتصادی کشورها، زندگی مالی اشخاص و شرکت‌ها را تحت تاثیر خود قرار دهد. بورس با توجه به بازده بالای آن همیشه یکی از محبوب‌ترین بخش‌های سرمایه‌گذاری محسوب می‌شود. با این حال برخی عوامل مؤثر در بورس باعث شده است تا رفتار این بازار غیرقابل پیش‌بینی شود. روند بازار، به حرکت معنادار قیمت در یک محدوده زمانی مشخص گفته می‌شود. روندها می‌توانند صعودی، نزولی و یا خنثی باشند. در روند صعودی قیمت بیشتر از آنکه تمایل به تضعیف داشته باشد، تمایل به تقویت و بالا رفتن دارد. در روند نزولی قیمت بیشتر از آنکه تمایل به تقویت داشته باشد، تمایل به تضعیف و پایین آمدن دارد. روند خنثی بیان‌کننده قدرت برابر خریداران و فروشندگان در زمانی خاص است. تا به حال مدل‌های بسیاری با استفاده از ابزارها و تکنیک‌های مختلف جهت پیش‌بینی روند بازار ارائه شده است. با توجه به اینکه پیش بینی صحیح روند تغییر سهام می‌تواند سود قابل توجهی را در پی داشته باشد، پس ارائه مدلی جهت پیش‌بینی هوشمندانه بورس بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

تاکنون تحقیقات متعددی در مورد پیش‌بینی و بهینه‌سازی سهام با استفاده از تکنیک‌های ابتکاری و هوش‌مصنوعی صورت گرفته که در ادامه به یک سری از مفاهیم اصلی در این زمینه پرداخته می‌شود. میتوان سرمایه‌گذاری را چنین تعریف کرد: خریدن یک قلم دارایی واقعی یا مالی که میزان بازدهی آن را با ریسک مورد انتظار در تناسب باشد. بسیاری از مردم خریدن خانه جدید را نوعی سرمایه‌گذاری می‌پندارند. در سال‌های اخیر قیمت خانه در بسیاری از کشورها افزایش یافته و باعث افزایش ارزش سرمایه آنان شده است. همچنین سرمایه‌گذاری در دارایی‌های مالی مانند سرمایه‌گذاری در انواع اوراق‌بهادار می‌باشند. در واقع سرمایه‌گذاری در زمین و خانه را سرمایه‌گذاری اقتصادی و یا سرمایه‌گذاری واقعی می‌نامند. فرآیند سرمایه‌گذاری یک سلسله فعالیت‌هایی است که سرانجام آنها خریدن دارایی‌های واقعی یا اوراق‌بهادار است.

دو فاکتور از اهمیت بسزایی برخوردار بوده و مبنای سرمایه گذاری می باشد. این دو فاکتور ریسک و

بازده می‌باشند. یکی از انواع ریسک‌ها ریسک سیستماتیک (ریسک بازار) می‌باشد که ناشی از شرایط محیطی بوده و مدیریت شرکت‌های سهامی کنترلی بر روی آن ندارد. به نظر می رسد این ریسک در کشور ما به لحاظ تغییرات زیاد و شدید عوامل محیطی بالا باشد.

۲-۲ عوامل مؤثر بر بورس

عوامل درونی و بیرونی بسیاری می‌توانند فرآیند خرید افراد در بورس و بازار سرمایه را تحت تاثیر قرار دهند، که از جمله عوامل بیرونی می‌توان به عوامل اقتصادی، سیاسی و فرهنگی اشاره کرد همچنین عوامل درونی نظیر عوامل شاخص‌های 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 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 شاخص‌های بورس اوراق بهادار تقسیم شدهاند. چانگ و همکاران در مرجع [۲] از تکنیک‌های یادگیری عمیق[1]، شبکه عصبی کانولوشن[2] برای پیش‌بینی نوسانات شاخص سهام استفاده کردند. در این مطالعه روشی را برای بهینه‌سازی سیستماتیک، پارامترهای مدل CNN را با استفاده از الگوریتم ژنتیک[3] پیشنهاد نمودند. و برای بررسی اثربخشی مدل خود، نتیجه پیش‌بینی را با شبکه‌های عصبی مصنوعی استاندارد مقایسه کردند. نتایج نشان می‌دهد که GA-CNN از مدل‌های مقایسهای بهتر عمل می‌کند و تأثیر روش ترکیبی GA و CNN را نشان می‌دهد. آنکیت و همکاران در مرجع [۳] برای مطالعه رفتارهای بازار و افزایش دقت

[1] Deep Learning
[2] Convolutional Neural Network(CNN)
[3] Genetic Algorithm(GA)

پیش‌بینی از محاسبات تکاملی مانند بهینه‌سازی ازدحام ذرات[1] استفاده کردند. همچنین برتری PSO برای بهینه‌سازی سبد سهام، پیش‌بینی قیمت سهام و روند سهام و سایر جنبه‌های مرتبط با بازار سهام همراه با پیامدهای PSO را تجزیه و تحلیل می‌کند.

گوپتا و همکاران در مرجع [۴] 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. آبیشک و همکاران در مرجع [۵] از شبکه‌های عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی سهام استفاده کردهاند. در این روش از معماری رو به جلو و از سهام شرکت مایکروسافت درسال ۲۰۱۱ به بعد استفاده شده است. تیکنور در مرجع [۶] از شبکه عصبی مصنوعی بیزی به عنوان روش جدیدی برای پیش‌بینی رفتار بورس استفاده کرده است. وانگ و همکاران درمرجع [۷] از گراف بیزی پویا برای پیش‌بینی روند بورس استفاده کرده است. سری‌های زمانی با ارزیابی روابط حاصل از گراف بیزی بدست می‌آیند به صورتی که در زمانی که گراف حالت ثبات پیدا کند بورس روند ثابتی را دارد. الال و همکاران در مرجع [۸] با استفاده از شبکه‌های عصبی و منطق فازی روند بازار مصر را پیش‌بینی کردهاند. در این روش توابع شبکه عصبی مانند طبقه‌بند استفاده شد، که اندیکاتورهای تجزیه و تحلیل ویژگی‌های ورودی آنها بودند. درنهایت این دو سیستم با استفاده از شبکه عصبی یکپارچه شدند. سیستم در بورس مصر مورد تست قرار گرفته و نتایج رضایت بخشی حاصل شده است. هاسان و همکاران در مرجع [۹] از مدل زنجیره مارکوف در پیش‌بینی قیمت سهام برای بازارهای وابسته به هم استفاده کردند. ژانگ و همکاران در مرجع [۱۰] 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 مرجع [۱۱] به‌منظور کمرنگ کردن مفروضات توزیع احتمال قیمت سهام، رویکردی مبتنی بر شبیه-سازی مونت کارلوی زنجیره مارکوف توسعه دادند. اسوبدا و همکاران در مرجع [۱۲] سعی کردند تا روند شاخص سهام بازار مبادلات را با استفاده از تحلیل زنجیره مارکوف پیش‌بینی نمایند. آنها نتایج

[1] Particle Swarm Optimization(PSO)

کوتاه مدت روند را برای استراتژی‌های مختلف سرمایه‌گذاری با استفاده از تحلیل زنجیره مارکوف بررسی کردند. لی و همکاران در مرجع [۱۳] 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 مرجع [۱۴] 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. آنانتی و همکاران در مرجع [۱۵] پیش‌بینی قیمت سهام را با استفاده از رگرسیون[1] و تشخیص الگوی شمعدان[2] انجام دادند. دقت پیش‌بینی بورس اوراق‌بهادار با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین تحلیل و بهبود یافته است و به ۸۵ درصد رسیده است. بنابراین پیش‌بینی روند بورس همچنان یکی از زمینه‌های مورد نظر پژوهشگران می‌باشد.

۲-۳ بورس و پیش‌بینی

بورس اوراق‌بهادار یک بازار آزاد است که در آن اوراق‌بهادار سهام یا سهام شرکت برای جمع‌آوری پول برای تحقیق و توسعه، معرفی محصولات جدید، ورود به بازارهای جدید، رشد مالی، کسب رقبا و غیره به صورت عمومی مورد معامله قرار می‌گیرد. سهم بخشی از مالکیت شرکت است. اقتصاد و سازماندهی اجتماعی یک کشور به شدت به هم پیوند خورده و به شدت تحت تأثیر عملکرد بازار سهام قرار دارد. بازار سهام نقش مهمی در اقتصاد جهان دارد زیرا توسعه اقتصادی بسیاری از کشورها تحت تأثیر فعالیت‌های مختلف مالی قرار دارد [۱۶]. طرف صعودی بازار سهام این است که سود بالاتری نسبت به سایر بازارهای مالی می‌دهد و سمت پایین سرمایه‌گذاری سهام این است که ریسک بالاتری را شامل می‌شود اما تصمیم هوشمند می‌تواند بیشتر ریسک را کاهش دهد. بنابراین پیش‌بینی بازار سهام قبل از سرمایه‌گذاری در آن یک وظیفه نوظهور است. پیش‌بینی سری زمانی قیمت سهام بسیار طاقت‌فرسا و چالش برانگیزترین وظایف برای سرمایه‌گذاران و تحلیل‌گران حرفهای در سری‌های زمانی و ادبیات

[1] Regression
[2] Candlestick Pattern Detection

هوش محاسباتی است. پیش‌بینی موفقیت‌آمیز و دقیق بازار سهام سود قابل توجهی برای سرمایه-گذاران به همراه خواهد داشت.

روش‌های مختلفی وجود دارد که برای پیش‌بینی بازار سهام استفاده می‌شود. این رویکردها شامل:

- ✓ تحلیل بنیادی
- ✓ تجزیه و تحلیل فنی
- ✓ روش های آماری سنتی
- ✓ روش محاسبات نرم

تحلیل بنیادی و تحلیل تکنیکی دو رویکرد رایج برای تحلیل و پیش‌بینی رفتار بازار سهام هستند [۱۷]. در رویکرد قبلی، سرمایه‌گذاران معیارهای مختلفی را نشان می‌دهند که نشان‌دهنده سلامت شرکت قبل از خرید سهام آن است. در تحلیل بنیادی معیارهای مختلفی مانند گردش مالی، هزینه‌ها، گزارش‌های سالانه، سود و زیان، دارایی‌ها و بدهی‌ها، ترازنامه و غیره را مورد مطالعه قرار می‌گیرد. تجزیه و تحلیل فنی مبتنی بر مطالعه آماری است که توسط خود بازار تولید می‌شود. در تحلیل فنی که شامل قیمت سهام است و رفتار تاریخی بازار سهام را به عنوان یک سری زمانی مدل می‌کند. تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی مالی به تحلیلگر فنی این امکان را می‌دهد که رفتارهای آینده را بر اساس رفتارهای گذشته این سری زمانی پیش‌بینی کند که معتقد است ممکن است در آینده تاریخ تکرار شود [۱۸].

نوسانات بازار سهام تحت تأثیر عوامل مختلف اقتصادی کلان از جمله شرایط اقتصادی شرکت یا کشور، نرخ بانک، نرخ ارز، قیمت کالا، قیمت طلا، حرکت سایر بازارهای سهام، انتظارات سرمایه‌گذاران، رویدادهای سیاسی، سیاست‌های شرکت‌ها، روانشناسی است. سرمایه‌گذاران و غیره. [۱۹و۲۰] در چند سال گذشته، روش‌های مختلف دیگری برای پیش‌بینی بازار سهام و ارائه سیستم تصمیم‌گیری هوشمند پیشنهاد شده است. دو روش معمولاً مورد استفاده برای پیش‌بینی سری زمانی قیمت سهام، روش‌های آماری و رویکردهای محاسبات نرم است [۲۱]. روش‌های پیش‌بینی آماری سنتی مانند:

میانگین متحرک خود رگرسیون[1] ، صاف‌سازی نمایی[2] ، میانگین متحرک خودکار رگرسیون[3] ، ناهمسازی شرطی خود رگرسیون[4] و واریانس شرطی خودگرایی تعمیم یافته[5] قیمت های سهام آینده را بر اساس قیمت سهام گذشته [۲۲]. این مدل‌ها بر اساس این فرضیه ساخته شده‌اند که سری‌های زمانی مالی مورد بررسی از فرآیند خطی تولید می‌شوند [۲۳] و سعی در مدل‌سازی روند سری زمانی به منظور پیش‌بینی ارزش آینده سری‌ها دارند. با این وجود داده‌های سری زمانی سهام دارای ماهیت بسیار پر سر و صدا، غیرخطی، پیچیده، پویا، ناپارامتری و بی نظم هستند [۲۴، ۲۵]. بنابراین نمی‌توان از تکنیک‌های سنتی آماری برای مدل‌سازی پیچیدگی و ماهیت غیر ثابت بازارهای سهام استفاده کرد. بنابراین، چندین روش محاسبات نرم برای پیش‌بینی روند بازار سهام پیشنهاد و استفاده شده است. شبکه‌های عصبی مصنوعی و ماشین‌های بردار پشتیبان[6] الگوریتم‌هایی هستند که به طور گسترده در بین این تکنیک‌ها استفاده می‌شوند [۲۶ ، ۲۷].

هدف از این کار بررسی رویکردهای اخیر هوش محاسباتی است که برای حل مشکل پیش‌بینی بازار سهام استفاده شده است. این مطالعه برای هدایت محقق پژوهشی، سرمایه‌گذاران و تحلیل‌گر مالی برای ایجاد یک روش هوشمند پیش بینی بازار سهام مفید است.

۲-۴ کارهای مرتبط

در این بخش به بررسی ارتباط تکنیک‌های هوش محاسباتی در مشکلات بازار مالی توسط نویسندگان مختلف پرداختیم.

آتسالکیس و والوانیس در مرجع [۲۸] مقالات علمی را بررسی کرده‌اند که از تکنیک‌های عصبی و عصبی-فازی برای حل مشکل پیش‌بینی بازار سهام استفاده می‌کنند. در آن مطالعه، هر مقاله با توجه

[1] Autoregressive Moving Average (ARMA)
[2] Exponential Smoothing(ES)
[3] Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)
[4] Autoregressive Conditional Heteroskedasticity(ARCH)
[5] Generalized Auto Regressive Conditional Heteroskedasticity (GARCH)
[6] Support Vector Machines (SVM)

به پنج دیدگاه اصلی مورد بررسی قرار گرفت.

- ✓ بازار سهام
- ✓ متغیرهای ورودی بررسی شده در هر مدل
- ✓ تکنیک‌ها و پارامترهای مورد استفاده برای ساخت مدل پیش‌بینی
- ✓ مقایسه مدل
- ✓ معیارهای عملکردی که برای اندازه‌گیری دقت هر مدل استفاده می‌شود.

اگرچه این مقاله سهم ارزنده ای را در تنظیم ادبیات در پیش بینی بازار سهام با استفاده از تکنیک‌های محاسبات نرم ارائه می‌دهد. در مقابل، مطالعه ما چندین زمینه از هوش محاسباتی اعمال شده در پیش‌بینی بازار سهام را بررسی می‌کند. مطالعات اولیه از ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۵ توسط کاوالکانته و همکاران بررسی شده است. [۲۹]، که استفاده از تکنیک‌های هوش محاسباتی را در بازار مالی نشان می‌دهد. در این مقاله، مطالعات اولیه انتخاب شده به پنج جنبه اصلی طبقه بندی شده است:

- ✓ استفاده از محاسبات نرم در بازار مالی
- ✓ بازار مالی مورد بررسی
- ✓ متغیرهای ورودی مورد استفاده
- ✓ سیستم تجارت هوشمند پیشنهاد

آیا کار بحث شده به توسعه سیستم تجارت کمک می‌کند یا خیر. آنها عمده ترین مشکلات مالی مانند پیش‌بینی قیمت سهام، قیمت کالا، نرخ ارز، قیمت برق و پیش‌بینی تنگنای مالی را در میان دیگران بررسی کردند. سهم اصلی دیگر این کار ارائه مفاهیم اساسی عمدتاً تجزیه و تحلیل بنیادی و فنی، تکنیک‌های پیش‌پردازش، رویکردهای سنتی آماری و محاسبات نرم مورد استفاده برای حل مسئله مالی و چالش‌ها و دامنه آینده تحقیقات مرتبط بود. اگرچه این بررسی حوزه وسیعی از هوش محاسباتی و بازار مالی را شامل می‌شود اما نسبتاً قدیمی است و از سال ۲۰۱۶ پیشرفت‌های زیادی

حاصل شده است. برخی مطالعات اولیه که از روش استخراج متن برای استخراج اطلاعات کیفی در مورد شرکت‌ها استفاده کرده و از این دانش استخراج شده برای پیش بینی رفتار آینده قیمت سهام بر اساس کیفیت اخبار شرکت‌ها استفاده شده است، در مرجع [۳۰] توسط نیک فرجام و همکاران ارائه شده است. تجزیه و تحلیل تطبیقی روش‌های متن کاوی متنوع ارائه شده در این مقاله نیز با توجه به برخی از ویژگی‌ها مطالعات اولیه مورد بحث قرار گرفته است: تکنیک‌های طبقه‌بندی اعمال شده، تعداد دسته‌ها یا کلاس‌های هدف و دقت جهت. مطالعه ما همچنین شامل رویکردهای متن‌کاوی متنوعی برای پیش‌بینی بازار سهام است اما ما آخرین بحث را در قرارداد به این بررسی ادبیات ارائه می‌دهیم. لی و ما در مرجع [۳۱] کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی[1] را در بازارهای مختلف مالی بررسی کرده‌اند. آنها برخی از کارهای تحقیقاتی اولیه را که شبکه عصبی مصنوعی را برای پیش‌بینی ارزش آینده نرخ ارز، بازار سهام و پیش‌بینی بحران بانکی و مالی انجام می‌دهند، بررسی کردند. در این مقاله، نویسندگان هیچ جزئیاتی از معماری شبکه‌های عصبی مصنوعی یا الگوریتم‌های یادگیری در ادبیات مورد بررسی استفاده نکرده‌اند و دامنه محدودی دارد زیرا آنها فقط یک کلاس از کلاس هوش محاسباتی را بررسی می‌کنند.

ریورا و همکاران در مرجع [۳۲] بررسی کاربرد روش‌های محاسبه تکاملی برای حل مشکلات مختلف مالی را ارائه دادند. تکنیک‌های تکاملی مبتنی بر رویکرد داروینی مانند برنامه‌نویسی ژنتیک[2]، سیستم-های طبقه‌بندی یادگیری[3]، الگوریتم ژنتیک[4]، الگوریتم‌های تکاملی چند هدفه، طرح بهینه‌سازی در نظر گرفته شده است. این بررسی بیشتر محدود به رویکردهای داروینی است، زیرا روش‌های تکاملی کمی را ارائه داده است. آگراوال و همکاران در مرجع [۳۳] تکنیک‌های موجود برای پیش‌بینی بازار سهام هند را بررسی و پارامترهای مربوطه، مزایا و محدودیت‌های مختلف این روش‌ها را مورد بحث

[1] Artifcial Neural Networks (ANNs)
[2] Genetic Programming(GP)
[3] Learning Classifer Systems(LCS)
[4] Genetic Algorithm(GA)

قرار داد. در این مقاله، نویسندگان معرفی مختصری از تحلیل بنیادی و فنی مورد استفاده برای پیش‌بینی بازار سهام را ارائه دادهاند. کومار و راوی در مرجع [۳۴] مقالات پژوهشی را از ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ مرور کردند که مربوط به کاربرد متن‌کاوی در حوزه مالی است و برخی از موضوعات، شکاف-های تحقیقاتی، چالش‌های اصلی در حوزه مالی و جهت‌گیری آینده در زمینه‌های مرتبط را برجسته می‌کند. سونی در مرجع [۳۵] همچنین استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی را در پیش‌بینی بازار سهام بررسی کرد. در این مقاله نویسنده معرفی مختصر شبکه‌های عصبی مصنوعی را ارائه داده و در مورد اهمیت این شبکه‌ها در پیش‌بینی بحث کرده است. نویسنده قبل از ارائه بررسی مطالعات قبلی که از شبکه‌های عصبی برای حل مشکل پیش‌بینی بازار سهام استفاده می‌کنند، برخی مفاهیم اساسی بازار سهام را ارائه داده است.

۲-۵ اصطلاحات اساسی بازار سهام

در این بخش اصطلاحات اساسی بورس اوراق‌بهادار مانند آنچه بورس اوراق‌بهادار، بورس سهام، شاخص سهام، پیش‌بینی بازار سهام و رویکردهای هوش محاسباتی است که به عنوان پایه و اساس برای ادامه این مقاله عمل می‌کند، ارائه می‌شود.

بازار سهام یک بازار عمومی برای فروش و خرید سهام شرکت است که آنها را با قیمت توافق شده منتشر می‌کند. فروش و خرید سهام به تجارت معروف است. سهام بخشی از مالکیت شرکت است. داشتن یک سهم به این معنی است که فرد می‌تواند بخشی از سود و زیان شرکت را تقسیم کند. سهام نوعی اوراق‌بهادار است که یک ابزاری مالی است که مقداری ارزش پولی دارد و می‌توان آن را خریداری یا معامله کرد. اوراق‌بهادار ممکن است خصوصی یا دولتی باشد. اگر فقط یک فرد منتخب بتواند در سهام سرمایه‌گذاری کند به عنوان اوراق‌بهادار خصوصی شناخته می‌شود و اگر چند نفر بتواند در آن سرمایه‌گذاری کند به عنوان اوراق‌بهادار عمومی شناخته می‌شود. افرادی که در بازار سهام سرمایه-گذاری می‌کنند باید از قوانین و مقررات نهاد نظارتی حاکم بر سرمایه‌گذاران و سرمایه‌گذاری پیروی

کنند. در هند قوانین مربوط به اوراق‌بهادار عمومی توسط هیئت بورس و اوراق‌بهادار هند[1] تنظیم و اجرا می‌شود. این وظیفه SEBI است که اطمینان حاصل کند که با سرمایه‌گذاران به طور عادلانه رفتار می‌شود و تمام سرمایه‌گذاری‌ها صادقانه انجام شدهاند و در بازار هیچ معامله غیرقانونی انجام نشده است. قیمت سهام به عرضه و تقاضا بستگی دارد. اگر سهامی تقاضای زیادی داشته باشد، قیمت آن افزایش می‌یابد، در حالی که سهامی تقاضای کم یا فروش زیادی دارند، منجر به کاهش قیمت می‌شود. شرکت‌هایی که مجاز به تجارت در بورس هستند، شرکت‌های بورسی نامیده می‌شوند [۳۶].

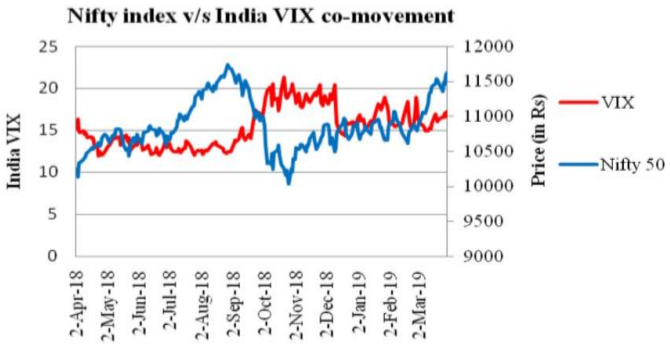
بورس سهام، بورس سهام محلی است که سهام شرکت‌ها در آن معامله می‌شود. بورس اوراق‌بهادار یک بازار را فراهم می‌کند که می‌تواند یک شرکت یا سازمان متقابل باشد که سهام یا سایر اوراق‌بهادار توسط اعضای سازمان مورد معامله قرار می‌گیرد. سهام مستقیماً از طریق پیشنهاد اولیه عمومی[2] توسط شرکت تأمین می‌شود یا می تواند از بورس اوراق‌بهادار خریداری شود. بیشتر بزرگترین قدرت‌های اقتصادی دنیا بورس سهام خود را دارند. بورس اوراق‌بهادار نیویورک[3]، بزرگترین بورس سهام جهان می‌باشد. در هند ۲۱ بورس وجود دارد. بورس سهام بمبئی[4] و بورس ملی سهام[5] دو بورس بزرگ، سهام هند هستند. برای تجارت سهام شرکت در بورس‌های سهام خاص، باید در بورس سهام خاص وارد شود [۳۷].

شاخص سهام یک شاخص معیار آماری عملکرد گروهی از شرکت‌ها است . یک شرکت شاخص تعداد محدودی سهام شرکت را انتخاب می‌کند، که عملکرد کل بازار یا بخش خاصی را در بازار نشان می‌دهد و به طور متوسط عملکرد آن‌ها را برای یافتن شماری از سرمایه‌گذاران برای تجزیه و تحلیل عملکرد بازار و یا مقایسه آن با سهام دیگر انتخاب می‌کند. میانگین صنعتی داو جونز[6]، استاندارد[7] S & P 500 و شاخص سهام نزدک، سه شاخص عمده سهام ایالات متحده هستند، که هر شاخص سهام

[1] Securities and Exchange Board of India (SEBI)
[2] Initial Public Ofer (IPO)
[3] New York Stock Exchange (NYSE)
[4] Bombay Stock Exchange (BSE)
[5] National Stock Exchange (NSE)
[6] Dow Jones Industrial Average (DJIA)
[7] Standard & Poor's 500 (S&P 500)

دارای چارت خود می‌باشد که قیمت باز، قیمت پایین، قیمت بسته، حجم متوسط و تعداد سهام مبادله‌شده را نشان می‌دهد. S&P BSE و ۵۰ Nifty شاخص‌های سهام اصلی BSE و NSE[1] از بازار بورس هند هستند. به جای شاخص بازار سهام، شاخص محبوب دیگری که توسط بورس اوراق بهادار شیکاگو[2] با عنوان شاخص نوسان بازار Cboe (شاخص VIX)[3] شناخته می‌شود، شاخصی از انتظارات بازار از نوسانات آینده در بازار سهام ایالات متحده است [۳۸] .

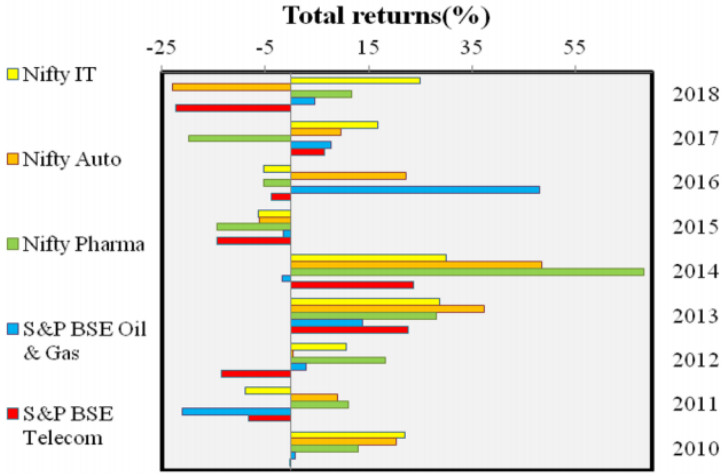
این شاخص بر پایه گزینه‌های(S & P۵۰۰) است و به عنوان معیاری برای بازار سهام جهانی در نظر گرفته می‌شود. بی‌ثباتی، معیار فراوانی و اندازه حرکت قیمت هر دو طرف و پایین، از ابزار مالی در فاصله زمانی داده‌شده می‌باشد. شاخص VIX به عنوان سرمایه‌گذاران از گاز توری به عنوان مطالعات VIX پایین شناخته می‌شود که نشان می‌دهد سرمایه گذاران در مورد بازار آتی به جای ترس و ارزش بالا اطمینان دارند و درک می‌کنند، سرمایه‌گذاران ریسک بالاتری را شناسایی کرده و بازار اغلب در هر دو جهت نوسان می‌کند [۳۹]. بازار سهام ملی هند (NSE) شاخص نوسان خود را براساس قیمت‌گذاری گزینه شاخص Nifty VIX عرضه می‌کند که نوسانات بازار انتظار Nifty را در ۳۰ روز آینده از بین می‌برد. شکل(۲-۱)نشان‌دهنده حرکت مشترک بین ۵۰ شاخص هند برای دوره یک سال مالی از ۲ آوریل ۲۰۱۸ تا ۲۹ مارس ۲۰۱۹ را نشان می‌دهد .



شکل (۲-۱):نمودار هم افزایی Nifty 50 و شاخص نوسان هند[۳۴]

[1] National Stock Exchange
[2] Chicago Board Options Exchange (CBOE)
[3] Cboe Market Volatility Index (VIX index)

برای طبقه‌بندی سهام راه‌های مختلفی وجود دارد، معمولا سهام توسط بخش [1]و با ارزش بازار [2] طبقه‌بندی می‌شوند. سرمایه‌گذاران در سرمایه‌گذاری بخش سهامی را در یک صنعت خریداری می‌کنند که به عنوان بخش شناخته می‌شود. برای مثال برخی ممکن است در شرکت‌های مراقبت بهداشتی، بخش خودروسازی، بخش مخابرات و بسیاری دیگر سرمایه‌گذاری کنند. سهام سرمایه‌گذاری در بازار براساس اندازه شرکت با استفاده از فرمول معروف ارزش بازار طبقه‌بندی می‌شود که با ضرب قیمت فعلی یک سهم واحد و تعداد سهام موجود در بازار مشخص می‌شود. آمار و ارقام، مقایسه عملکرد سه‌ساله سه بخش NSE و دو بخش BSE بازار سهام هند را به تصویر می‌کشد. شکل(۲-۲) شاخص‌های بخش عملکرد شرکت‌هایی را که به طور خاص فهرست شده‌اند، ثبت می‌کنند. شاخص Nifty IT خیلی خوب عملکرد شرکت‌های فن‌آوری اطلاعات هند مانند TCS Ltdرا محدود می‌کند.



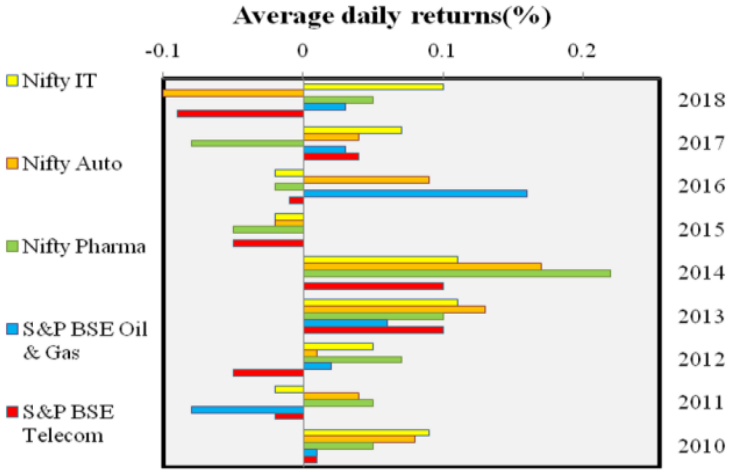
شکل(۲-۲) مقایسه عملکرد شاخص‌های بخش بر اساس بازده کل[۳۴]

شرکت ویپرو و شرکت اینفوسیس [3] با مسئولیت محدود می‌باشند و این شاخص برای اندازه‌گیری عملکرد شرکت‌های نفت و گاز هند مانند ONGC, GAIL, Petronet آل ان و غیره طراحی شده است.

بازگشت کلی، میزان سود در درصد است که توسط سرمایه‌گذاران از یک دوره زمانی خاص به دست

[1] Sector
[2] Market Cap
[3] Wipro Ltd., Infosys Ltd.

می‌آید و یک معیار قوی برای تجزیه و تحلیل عملکرد تاریخی شرکت‌ها است [۴۰]. در شکل (۲-۳) میانگین بازده روزانه یک سرمایه‌گذار به طور متوسط روزانه در طول دوره زمانی [۴۱] درآمد دارد.



شکل(۲-۳) مقایسه عملکرد شاخص‌های بخش بر اساس میانگین بازده روزانه[۳۴]

پیش‌بینی بازار سهام فرآیند پیش‌بینی قیمت‌های آینده بازار سهام بر اساس داده‌های تاریخی قبلی است. سری زمانی قیمت سهام به طورکلی برای پیش‌بینی استفاده می‌شود. پیش‌بینی بازار سهام یک کار نوظهور برای سرمایه‌گذاران، تحلیل‌گران حرفهای و محققان است زیرا سرمایه‌گذاری در بورس سهام خطر بیشتری دارد.

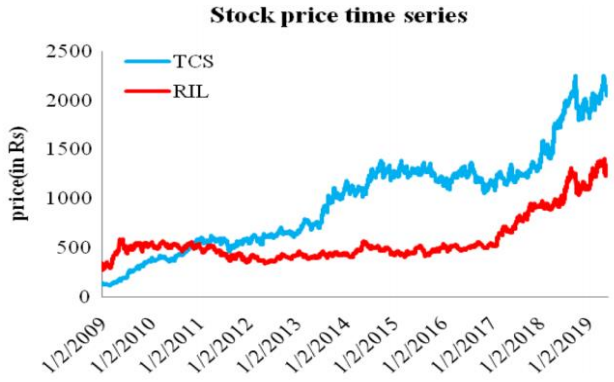
سری زمانی سری زمانی مجموعه ای از مشاهدات است که به طور کلی در یک زمان پی در پی جمع می شود مانند:

$$x_t = \{x_t \in R | t = 1،2،3،\dots،N\}$$

که در این عبارت t شاخص زمانی است و N تعداد کل مشاهدات است و این مشاهدات در بازه زمانی منظم مانند روزانه، ماهانه، سه ماهه و سالانه ثبت می شوند [۴۲]. شکل (۲-۴) سری زمانی قیمت سهام قیمت بسته شدن دو شرکت هندی یعنی خدمات مشاوره تاتا (TCS)[۱] و صنایع وابسته (RIL)[۲]

[1] Tata Consultancy Services Ltd. (TCS)
[2] Reliance Industries Ltd. (RIL)

را برای مدت ۱۰ سال نشان می‌دهد. سری‌های زمانی معمولاً توسط نمودارهای خطی ترسیم می‌شوند. نمونه‌هایی از سری‌های زمانی عبارتند از: قیمت سهام، قیمت طلا، نرخ ارز، قیمت کالا، قیمت نفت، فروش ماهانه شرکت، جمعیت کشور در زمان مشخص و غیره اندازه‌گیری شده و غیره. سری‌های زمانی در برنامه‌های متنوعی مانند اقتصاد سنجی، پیش‌بینی هوا استفاده می‌شوند: پردازش سیگنال، مهندسی کنترل، پیش‌بینی زلزله، شناسایی الگو، آمار، پیش‌بینی بازار سهام و سایر پیش‌بینی‌های بازار مالی [۴۳]. هدف اصلی تکنیک‌های پیش‌بینی سری زمانی پیش‌بینی مقادیر آینده مجموعه بر اساس الگوی منظم موجود در مشاهدات گذشته خود مجموعه است.



شکل(۲-۴) سری زمانی قیمت سهام شرکت‌های هندی[۳۴]

تجزیه تحلیل بنیادی بر اساس داده‌های اقتصادی شرکت‌ها انجام می‌شود و شامل پیش‌بینی بازارهای سهام با استفاده از داده‌های اقتصادی شرکت‌ها است که در یک دوره زمانی مشخص منتشر می‌شود به عنوان مثال نسبت قیمت به درآمد (P / E)، گردش مالی شرکت، سود و زیان، گزارش‌های سالانه و سه ماهه، دارایی‌ها و بدهی‌ها، ترازنامه، صورت سود و زیان [۴۴].

تجزیه تحلیل فنی مطابق با داده‌های سری زمانی است و شامل پیش‌بینی بازار سهام با استفاده از نمودارها یا شاخص‌های فنی است. این فرضیه متکی است که تمام اطلاعات مربوط به بازار در قیمت سهام در زمان واقعی وجود دارد. تحلیلگران فنی از نمودارها و تکنیک‌های مدل‌سازی برای تعیین روند قیمت سهام استفاده می‌کنند و برای پیش‌بینی قیمت سهام آینده به داده‌های قبلی بستگی دارد. این شامل پیش‌بینی قیمت سهام آینده بر اساس الگوهای گذشته سهام از طریق تجزیه و تحلیل سری

زمانی است [۴۵].

۲-۶ پیش‌بینی بازار سهام

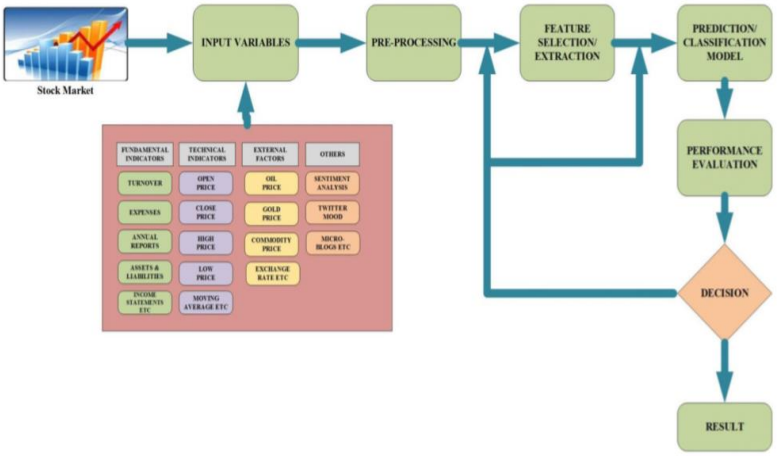
پیش‌بینی بازار سهام یک زمینه تحقیقاتی مهم است. توسعه یک سیستم هوشمند که بتواند قیمت سهام را پیش‌بینی کند. یک زمینه تحقیق در حال ظهور برای سرمایه‌گذاران و تحلیل‌گران مالی است. در شکل (۲-۵) پیش‌بینی بازار سهام را نشان می‌دهد که توسط نویسندگان مختلف در مقالات بررسی شده است. هر مقاله انتخاب شده با توجه به پنج دسته اصلی سازمان یافته و بررسی می‌شود که یک رویکرد سیستماتیک برای پیش‌بینی بازار سهام شامل مراحل عملیاتی زیر است:

- ✓ انتخاب متغیرهای ورودی
- ✓ پیش‌پردازش داده ها
- ✓ انتخاب و استخراج ویژگی
- ✓ آموزش با استفاده از مدل پیش‌بینی / طبقه بندی
- ✓ ارزیابی عملکرد مدل پیشنهادی

اولین گام در روند پیش‌بینی بازار سهام شامل انتخاب ویژگی‌های ورودی است که با استفاده از روش محاسبات هوشمند مدل‌سازی می‌شود و خروجی قابل پیش‌بینی است. در زمینه پیش‌بینی بازار سهام متغیرهای مختلف اساسی و فنی در دسترس است. انتخاب متغیرهای ورودی مسئله اصلی در پیش‌بینی بازار سهام است و تصمیم‌گیری در مورد استفاده از متغیرهای ورودی کار ساده ای نیست. مرحله بعدی فرآیند پیش‌پردازش داده‌های انتخاب شده در مرحله اول است. داده‌ها به منظور افزایش قابلیت پیش‌بینی مدل‌ها، پیش پردازش می‌شوند. از مکانیزم پیش پردازش می‌توان برای حذف نویز، تشخیص داده‌های پرت، مقابله با مقادیر از دست‌رفته[1] و نرمال‌سازی داده‌ها استفاده کرد. در مرحله سوم، تکنیک‌های مختلف انتخاب ویژگی یا استخراج برای بدست آوردن بهترین متغیرهای نماینده

[1] Missing Value

داده ورودی به منظور کاهش ابعاد داده ورودی و کاهش پیچیدگی محاسباتی مدل استفاده می‌شود. در مرحله بعدی شامل تعیین روش‌های CI برای پیش‌بینی و آموزش مدل با استفاده از داده‌های آموزشی استفاده می‌شود. ارزیابی عملکرد مرحله آخر شامل انتخاب معیارهای عملکرد مناسب و اندازه‌گیری دقت مدل و تصمیم‌گیری درست است. در این مقاله، مقالات انتخاب شده با توجه به چارچوب کلی پیش‌بینی بازار سهام مورد بحث قرارگرفته است.

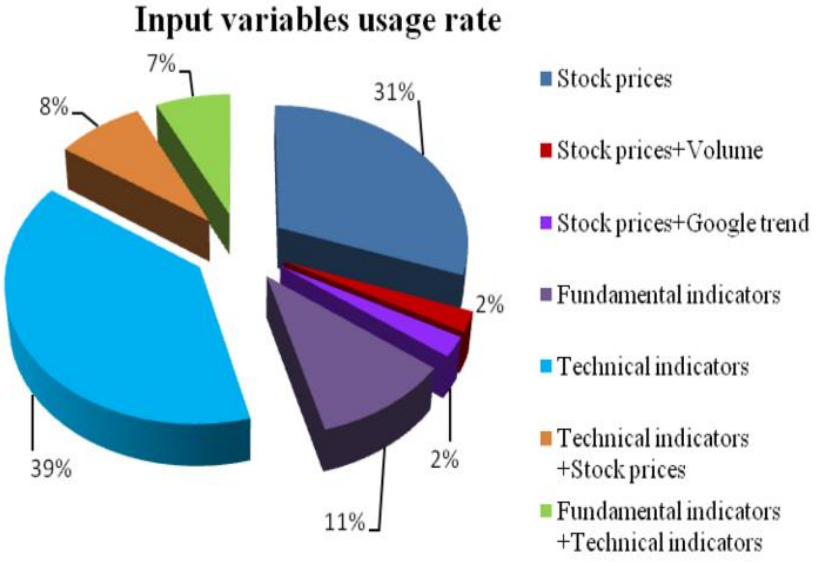


شکل(۲-۵) چارچوب تعمیم یافته برای پیش‌بینی بازار سهام [۳۴]

۲-۶-۱متغیرهای ورودی

اولین مرحله در پیش‌بینی بازار سهام انتخاب متغیرهای ورودی است. در ادبیات، نویسندگان مختلف از تعداد متغیرهای ورودی متفاوتی استفاده کردهاند، همانطور که در شکل(۲-۶) مشاهده می‌کنید. دو نوع متداول ویژگی که به طور گسترده برای پیش‌بینی بازار سهام استفاده می‌شود، شاخص‌های اساسی و شاخص‌های فنی است. بنجامین گراهام در سال ۱۹۲۸ از تجزیه و تحلیل بنیادی استفاده کرد و ذکر کرد که سرمایه‌گذاران قبل از سرمایه‌گذاری در شرکت، باید فاکتورهای مختلف مختلفی را اندازه بگیرند مانند: اندازه شرکت، دارایی‌ها، بدهی‌ها، سود، ضرر، سرمایه، گردش مالی، گزارش‌های سالانه و... عوامل مالی که سلامت کلی شرکت را منعکس می‌کنند [۴۶]. تحلیلگران قیمت سهام را به عنوان سری زمانی مدل می‌کنند و سعی می‌کنند الگوهای آینده را بر اساس مقادیر گذشته سری

زمانی شناسایی کنند. تکسیرا و همکاران [۴۷] از شاخص‌های فنی استفاده می‌کنند که با استفاده از فرمول‌های ریاضی در قیمت سهام مانند قیمت باز، قیمت بسته، قیمت پایین و قیمت بالا تعیین می‌شود و سعی در یافتن قیمت‌های سهام آینده دارد. تسینالاندیس و کوگیمزتیس [۴۸] از شاخص‌های فنی مختلفی استفاده کردند، یعنی میانگین‌های متحرک، شاخص قدرت نسبی، حرکت، میزان تغییر، تعادل، شاخص‌های حرکت جهت‌دار و سایر عوامل پیش‌بینی بازار سهام.



شکل (۲-۶)متغیرهای ورودی مورد استفاده در مقالات بررسی شده[۳۴]

۲-۶-۲پیش‌پردازش داده‌ها

در بازار سهام کیفیت پیش‌بینی داده‌ها عامل اصلی است زیرا دقت و قابلیت اطمینان مدل پیش‌بینی به کیفیت داده‌ها بستگی دارد. در بسیاری از برنامه‌های محاسبات نرم، داده‌های دنیای واقعی مستعد ناقص بودن، نویزدار بودن و حاوی نقاط ضعف هستند [۴۹]. هرگونه ناهنجاری ناخواسته در مجموعه داده به عنوان نویز شناخته می‌شود. داده‌های پرت [1]دورافتاده مجموعه مشاهداتی است که از رفتار کلی مجموعه داده اطاعت نمی‌کنند [۵۰].

وجود نویز ممکن است دقت پیش‌بینی کمتر شود. داده‌ها باید به گونهای تهیه شوند که دامنه ورودی-

[1] Outlier

هایی را که شبکه برای آنها استفاده می‌شود، پوشش دهد. تکنیک‌های پیش‌پردازش داده‌ها سعی در کاهش خطا و حذف موارد حاشیهای دارند، از این رو دقت مدل‌های پیش‌بینی را بهبود می‌بخشد. یکی از تکنیک‌های پیش‌پردازش داده، تبدیل داده است. تبدیل داده‌ها از یک مقیاس به مقیاس دیگر در بیشتر رویکردهای ابتکاری خصوصاً هنگام حل مسائل پیش‌بینی مفید است [۵۱]. تبدیل یا نگاشت داده‌ها از یک مقیاس به مقیاس دیگر به عنوان نرمال‌سازی داده ها شناخته می‌شود. برای دستیابی به نتایج واقعی با استفاده از تکنیک‌های پس از پردازش، لازم است داده‌های از پیش‌پردازش شده به مقیاس اصلی تغییر شکل داده شود [۵۲].

۲-۶-۳ انتخاب و استخراج ویژگی

انتخاب ویژگی به معنای انتخاب ویژگی‌های مهم و کنار گذاشتن ویژگی‌های نامربوط است. انتخاب ویژگی‌ها برای انتخاب بهترین ویژگی‌های بهینه شده اعمال می‌شود و این مسئله اصلی در پیش‌بینی بازار سهام است [۵۳]. تأکید رویکردهای انتخاب ویژگی این است که زیر مجموعهای از ویژگی‌ها را از مجموعه داده‌های ورودی انتخاب کند که بتواند به طور مؤثر داده‌های ورودی را نشان دهد در حالی که تأثیرات نویز یا متغیرهای بی ربط را به حداقل می‌رساند و همچنان نتایج پیش‌بینی خوبی ایجاد می‌کند و پیچیدگی محاسباتی زمان اجرا را به حداقل می‌رساند. انتخاب ویژگی نادرست می‌تواند منجر به مدلی شود که نمی‌تواند رفتار واقعی بازار سهام را پیش‌بینی کند. الگوریتم‌های انتخاب ویژگی مجموعهای از ویژگی‌های مهم را کاهش می‌دهد که می‌تواند به عنوان ورودی در مدل پیش بینی برای به حداقل رساندن خطا استفاده شود و ویژگی‌های انتخاب شده بهترین نمایندگان داده ها هستند. این روش ها دقت کمتری دارند و مقیاس پذیری محاسباتی بیشتری را شامل می شوند [۵۴].

۲-۷ مدل پیش‌بینی

پیش‌بینی سری زمانی قیمت سهام یکی از کارهای چالش برانگیز در سری‌های زمانی و دامنه CI است. مدل‌های پیش‌بینی بستگی به انتخاب وظیفه انجام شده توسط نویسندگان دارد، یعنی اینکه آیا

آنها می‌خواهند روند(بالا یا پایین) را در بازار سهام پیش‌بینی کنند که به عنوان کار طبقه‌بندی مدل-سازی می‌شود یا پیش‌بینی ارزش عددی یعنی قیمت سهام یا شاخص سهام که به عنوان وظیفه رگرسیون مدل‌سازی می‌شود. در چند سال گذشته، روش‌های زیادی پیشنهاد شده است که می‌تواند برای پیش‌بینی سری زمانی بورس سهام استفاده شود [۵۵].

۲-۷-۱ شبکه‌های عصبی مصنوعی در مدل‌های پیش‌بینی

شبکه‌های عصبی مصنوعی یکی از تکنیک‌های کارآمد برای پیش‌بینی بازار سهام است زیرا در مقایسه با مدل‌های سنتی و غیر خطی فرمول‌های پیچیده‌ای را شامل نمی‌شود [۵۶]. شبکه‌های عصبی از دهه گذشته تاکنون به تکنیکی محبوب برای پیش‌بینی بازار سهام تبدیل شده‌اند. استفاده گسترده از شبکه‌های عصبی[۱] برای پیش‌بینی سری‌های زمانی بازار سهام به دلیل توانایی آنها برای مدیریت داده-هایی است که با غیرخطی بودن، مولفه‌های چند جملهای با فرکانس بالا و ناپیوستگی مشخص می-شوند [۵۷]. کارا و همکاران [۵۸]پیش‌بینی روند صعودی و نزولی شاخص ISE[۲] را با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و ماشین بردار پشتیبان[۳] انجام دادند. مقایسه عملکرد این روش‌ها نشان داد که دقت پیش‌بینی مدل ANN بالاتر از مدل SVM است.

۲-۷-۲منطق فازی در مدل‌های پیش‌بینی

رویکردهای منطق فازی توسط بسیاری از نویسندگان با موفقیت نسبتاً بالا برای مدل‌سازی و پیش‌بینی سری زمانی قیمت سهام استفاده شده است. هداوندی و همکاران [۵۹] یک روش ترکیبی را با تلفیق سیستم فازی ژنتیکی[۴] و شبکه عصبی مصنوعی جهت ایجاد یک سیستم هوشمند برای پیش‌بینی قیمت سهام پیشنهاد داد. آنها از روش تحلیل رگرسیون گام به گام برای تعیین ویژگی‌های کلیدی که بیشترین تاثیر را بر قیمت سهام دارند استفاده کردند و ویژگی‌های انتخاب شده با استفاده

[1] Artifcial Neural Network(ANN)

[۲] بورس اوراق بهادار استانبول در سال ۱۹۸۶ افتتاح شد و ISE تنها بازار اوراق بهادار ترکیه است

[3] Support Vector Machine (SVM)

[4] Genetic Fuzzy System(GFS)

از نقشه خودسازمانده[1] به چند خوشه تقسیم‌بندی می‌شوند. در آخر همه خوشه‌ها به عنوان ورودی GFS برای استخراج قواعد استفاده می‌شوند. نتایج نشان داد که مدل پیشنهادی عملکرد بهتری را در مقایسه با سایر رویکردها مانند ARIMA[2] و ANN نشان می‌دهد.

۲-۷-۳الگوریتم‌های ژنتیک در مدل‌های پیش‌بینی

الگوریتم‌های ژنتیک[3] به‌طور مؤثر در مقالات برای افزایش دقت مدل‌های پیش‌بینی استفاده شده است. چاین و همکاران [۶۰] با پیشنهاد رویکرد الگوریتم ژنتیک برای تولید سیگنال‌های فروش و خرید، یک طبقه‌بندی انجمنی ایجاد نمودند؛ که مدل پیشنهادی معاملات را از شاخص‌های فنی تشخیص می-دهد. لی و تانگ [۶۱] یک مدل پیش‌بینی ترکیبی با ترکیب میانگین متحرک خود رگرسیون با برنامه‌نویسی ژنتیک برای پیش‌بینی سری‌های زمانی غیر خطی ایجاد کردند. ARIMA برای رسیدگی به بخش خطی سری زمانی استفاده می‌شود و برنامه‌نویسی ژنتیک برای کنترل قسمت غیر خطی سری زمانی برای افزایش دقت استفاده می‌شود. برای آزمایش صحت مدل ترکیبی پیشنهادی، نویسندگان از سه سری زمانی استفاده کردهاند و نشان دادندکه بهترین مدل ترکیبی می‌تواند برای مشکلات پیش‌بینی سری زمانی استفاده شود.

۲-۸ مدل پیش‌بینی ترکیبی

در تکنیک‌های پیش‌بینی هیبریدی، ترکیب رویکردهای هوش محاسباتی به یک روش مفید برای افزایش دقت مدل پیش‌بینی با ترکیب مزایای رویکردهای منحصر بفرد و اجتناب از اشکال تکنیک‌های خاص تبدیل شدهاست. چنگ و همکاران [۶۲] توصیه کردند که الگوریتم‌های هیبریدی در بهبود دقت یاد گیرنده موثر هستند. در این بخش مدل‌های پیش‌بینی ترکیبی مختلفی را ارائه شده است که برای پیش‌بینی بازار سهام بکار گرفته شدهاند.

[1] Self Organizing Map (SOM)
[2] Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)
[3] Genetic Algorithms (GA)

۲-۸-۱شبکه‌های عصبی مصنوعی ترکیبی

در این بخش مقالات مختلفی ارائه شد که مبتنی بر ترکیبی از شبکه عصبی مصنوعی با سایر تکنیک-ها هستند. رضا و همکاران [۶۳] شبکه عصبی خفاشی ترکیبی[۱] را برای پیش‌بینی قیمت سهام پیشنهاد نمودند. در این مقاله، مدل پیشنهادی در سناریوی ۴ لایه چند عاملی کار می‌کند. در لایه اول کار جمع‌آوری داده‌ها و پیش‌پردازش داده‌ها انجام شده است. در لایه دوم از روش همبستگی متقابل و انتخاب تأخیر برای انتخاب ویژگی مربوطه و بهترین تأخیر زمانی استفاده شده است. از بین ۲۰ شاخص اساسی و فنی، ۱۳ ویژگی مهم برای کار پیش‌بینی انتخاب شده است. در لایه سوم الگوریتم خفاش[۲] به عنوان الگوریتم یادگیری شبکه عصبی سه لایه و تابع پایه شعاعی[۳] به عنوان تابع فعال‌سازی برای لایه پنهان و عامل چهارم برای آزمایش اعتبار سنجی استفاده شده است. عملکرد BNNMAS با روش‌های دیگر شبکه عصبی الگوریتم ژنتیک[۴]و شبکه عصبی رگرسیون تعمیم یافته[۵] مقایسه شده است. آمار میانگین درصد مطلق خطا[۶] برتری BNNMAS را نسبت به سایر روش‌ها نشان می‌دهد. پاتل و همکاران [۶۴] دو رویکرد ترکیب مرحله‌ای را پیشنهاد کردند. در مرحله اولیه، از رگرسیون‌بردار پشتیبانی[۷] برای پیش‌بینی ارزش آینده شاخص‌های فنی استفاده می‌شود. شبکه عصبی مصنوعی ANN، SVR و جنگل تصادفی[۸] در آخرین مرحله ادغام به کار می‌روند که منجر به مدل‌های پیش‌بینی ادغام SVR–SVR SVR–ANN و SVR–RF و مدل‌های پیش‌بینی ادغام برای پیش‌بینی ارزش آینده قیمت بسته[۹] می‌شوند. دقت پیش‌بینی مدل‌های ترکیبی پیشنهادی با سناریوهای تک مرحله ای که از ANN، SVR و RF به صورت جداگانه استفاده می‌شود، مقایسه شده است. نتیجه آزمایش‌ها نشان می‌دهد که مدل‌های پیش‌بینی دو مرحله از مدل‌های پیش‌بینی تک مرحله بهتر عمل

[1] Hybrid Bat Neural Network Multi Agent System (BNNMAS)
[2] Bat Algorithm (BA)
[3] Radial Basis Function (RBF)
[4] Genetic Glgorithm Neural Network (GANN)
[5] Generalized Regression Neural Network (GRNN)
[6] Mean absolute Percentage Error (MAPE)
[7] Support Vector Regression (SVR)
[8] Random Forest (RF)
[9] Closing Price

می‌کنند.

نایاک و همکاران [۶۵] یک شبکه عصبی واکنش شیمیایی مصنوعی[1] ارائه دادند که از یک روش بهینه‌سازی فراابتکاری مبتنی بر جمعیت یعنی بهینه‌سازی واکنش شیمیایی مصنوعی[2] برای آموزش مدل پرسپترون چند لایه[3] برای پیش‌بینی شاخص‌های سهام هفت سهام بازارهای کوتاه مدت، میان-مدت و بلند مدت با رشد سریع استفاده می‌کند. ACRO قدرت مقابله با مشکل پیش‌برازش[4]، همگرایی و بهینه‌سازی پارامترها را دارد.

۲-۸-۲ الگوریتم ژنتیک ترکیبی

در این بخش ما در مورد مقالاتی که بر GA ترکیبی تمرکز دارند بحث کردیم. خان و ساهای [۶۶] از سه روش بهینه‌سازی تصادفی مبتنی بر جمعیت مانند الگوریتم خفاش، الگوریتم ژنتیک، بهینه‌سازی ازدحام ذرات و دو الگوریتم مبتنی بر شیب استفاده کردهاند. حسن و همکاران [۶۷] با استفاده از ترکیب مدل پنهان مارکوف[5]، الگوریتم ژنتیک و شبکه عصبی مصنوعی، یک مدل ترکیبی را برای پیش‌بینی رفتار بازار سهام ارائه دادند. از GA برای تنظیم پارامترهای اولیه HMM و ANN استفاده شده است و آنها مزایای مدل ترکیبی را نسبت به مدل‌های منفرد نشان دادند. فریرا و همکاران [۶۸] با ترکیب شبکه عصبی استاندارد با الگوریتم ژنتیک اصلاح شده، یک مدل هوشمند ترکیبی برای مقابله با مشکل پیش‌بینی سری زمانی قیمت سهام ایجاد می‌کند. مدل پیشنهادی به طور کارآمد حداقل زمان تاخیر سری زمانی را جستجو می‌کند که برای حل مسئله پیش‌بینی، بهترین پیکربندی شبکه عصبی و بهترین الگوریتم‌های آموزش کافی است. چونگ و شین [۶۹] استفاده از الگوریتم ژنتیک برای تعیین بهترین توپولوژی شبکه و اندازه پنجره زمانی شبکه حافظه کوتاه مدت[6] را برای افزایش دقت مدل پیش‌بینی بازار سهام پیشنهاد دادند. GA برای بهینه‌سازی پارامترهای مختلف

[1] Artifcial Chemical ReactionNneural Network (ACRNN)
[2] Artifcial Chemical Reaction Optimization (ACRO)
[3] Multi-Layer Perceptron (MLP)
[4] Overftting
[5] Hidden Markov Model (HMM)
[6] Long Short Term Memory (LSTM)

شبکه LSTM مانند تعداد لایه پنهان، تعداد نورون در هر لایه پنهان، تعداد تأخیرهای زمانی و سایر موارد استفاده می‌شود. از آنجا که توانایی یادگیری LSTM به اطلاعات گذشته وابسته است، بنابراین مهم است که پنجره زمانی بهینه را در این کار انتخاب کنید.

۲-۸-۳منطق فازی ترکیبی

در این بخش مقالاتی را ارائه شده است که منطق فازی را با مدل‌های دیگر ترکیب کرده و رویکرد ترکیبی ایجاد کرده اند. رضایی و همکاران [۷۰] با جمع‌آوری ابزارهای فازی سی مینز[1]، شبکه عصبی مصنوعی و تجزیه و تحلیل پوششی داده[2]، یک رویکرد ترکیبی را برای پیش‌بینی عملکرد مالی شرکت‌های مختلف در بورس اوراق بهادار تهران هنگام جمع آوری داده‌ها در فواصل مختلف زمان ارائه دادند. در این مقاله، FCM برای خوشه‌بندی داده‌های همگن با استفاده از منطق فازی برای تولید خوشه‌های پویا اعمال می‌شود. پس از آن از DEA برای ارزیابی کارایی هر یک از اعضای خوشه با محاسبه نسبت وزن‌دهی به ورودی ورودی استفاده شده و سپس شبکه عصبی برای پیش بینی عملکرد آینده شرکت‌ها آموزش داده می‌شود. یولکو و آلپاسلان [۷۱] برای پیش‌بینی شاخص بورس سهام تایوان، رویکرد روش ترکیبی سری زمانی فازی را با تلفیق قابلیت خوشه‌بندی فازی، مدل نورون ضرب تک[3] و بهینه‌سازی ازدحام ذرات ایجاد کردند. به طورکلی، مدل پیش‌بینی سری زمانی فازی از سه فرآیند جداگانه تشکیل شده است: فازی سازی، شناسایی روابط فازی و فازی زدایی و کل خطا در مدل مجموع خطاهایی است که در هر مرحله بوجود می‌آید. تمرکز اصلی این مقاله کاهش خطای مدل با تشکیل فرآیند حل مدل سری زمانی فازی در فرآیند بهینه‌سازی منفرد همزمان است. در این مقاله، از روش FCM برای فازی‌سازی استفاده شده است و مدل SMNM برای شناسایی رابطه فازی استفاده شده است و هیچ مرحله گام زدایی وجود ندارد زیرا مدل پیشنهادی تولید شده است به عنوان مشاهده واقعی مجموعه های زمانی است. علاوه بر این، پارامترهای مربوط به FCM و SMNM توسط

[1] Fuzzy C-Means (FCM)
[2] Data Envelopment Analysis (DEA)
[3] Single Multiplicative Neuron Model (SMNM)

PSO تعیین می‌شود.

راجب و شارما [۷۲] یک رویکرد عصبی-تفسیری قابل تفسیر را بر اساس ضریب همبستگی پیرسون، خوشه‌بندی توزیعی، بهینه‌سازی محدود و تکنیک‌های کاهش قاعده برای پیش‌بینی قیمت سهام با هدف مقابله با دقت تفسیرپذیر ارائه دادند. تفسیرپذیری مدل پیشنهادی با استفاده از قاعده و پارامترهای بهینه مجموعه فازی در مدل پیش‌بینی پیشنهادی تضمین می‌شود. در این کار، ابتدا ضریب همبستگی پیرسون برای انتخاب شاخص‌های فنی موثر به کار رفته است، دوم اینکه قاعده سیستم عصبی فازی را با استفاده از خوشه‌بندی ایجاد کرده و سپس بهترین قوانین فازی را برای تولید قاعده بر اساس عملکرد قانون بالا و سرانجام برای اطمینان از کارایی بالا و قاعده بسیار قابل تفسیر مدل پیشنهادی، از الگوریتم یادگیری محدود برای دستیابی به بهترین پارامترهای مدل عصبی-فازی استفاده شده است. نتایج شبیه‌سازی از مقایسه نشان می‌دهد که مدل پیشنهادی تعادل بهتری را بین تفسیرپذیری و دقت با توجه به سیستم استنتاج نوروفازی تطبیقی[1]، ناهمگونی شرطی خودرگرسی تعمیم یافته و تحلیل رگرسیون چندگانه فراهم می‌کند.

۲-۸-۴مدل‌های ترکیبی تکاملی

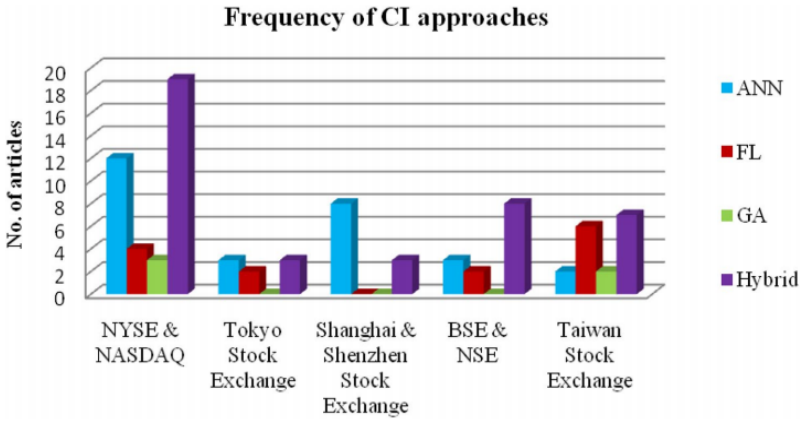
در این بخش مقاله‌هایی بررسی شده است که مبتنی بر ترکیبی از تکنیک‌های محاسبات تکاملی هستند. برازیلیرو و دیگران [۷۳] با تلفیق یک تکنیک بهینه‌سازی الهام گرفته از طبیعت یعنی کلونی زنبور عسل با الگوریتم نزدیکترین همسایه[2]و ترکیب آنها به نام طبقه‌بندی سازگار و نزدیکترین همسایه[3] یک سیستم هوشمند ترکیبی ایجاد کردند. الگوریتم‌های طبقه بندی برای تعیین زمان مناسب برای خرید یا فروش سهام اعمال می‌شود. ABC برای بهینه‌سازی پارامتر طبقه‌بندی KNN و انتخاب بهترین تأخیر استفاده شده است. کاظم و همکاران [۷۴] مدلی را تهیه کردند که بر اساس نظریه آشوب، رگرسیون بردار پشتیبان و الگوریتم کرم شب تاب برای پیش بینی قیمت سهام طراحی

[1] Adaptive Neurofuzzy Inference System (ANFIS)
[2] K-Nearest Neighbor (KNN)
[3] Adaptative Classifcation and Nearest Neighbor (A-C-NN)

شده است. مقاله فوق، مدل پیشنهادی در سه مرحله کار می‌کند. در مرحله اولیه، آنها از روش تعبیه مختصات تاخیر برای بازگرداندن پویایی فاز نهان استفاده کردند. در مرحله دوم، برای بهینه‌سازی بیش از حد پارامترهای SVR، از یک الگوریتم ترکیبی کرم شب تاب استفاده شده است. در مرحله نهایی، از مدل بهینه‌سازی شده برای پیش بینی قیمت سهام استفاده می‌شود. نویسندگان با مقایسه آن با الگوریتم ژنتیک مبتنی بر SVR، کرم شب تاب مبتنی برSVR، ژنتیک مبتنی بر SVR، شبکه‌های عصبی، عصبی-فازی و سیستم‌های استنتاج فازی[1] برتری مدل پیشنهادی را نشان می‌دهند.

ژانگ و همکاران [۷۵] برای حل مسئله پیش‌بینی بازار سهام، یک روش ترکیبی مبتنی بر رگرسیون برداری پشتیبانی و الگوریتم کرم شب تاب اصلاح شده[2] ساخت. در این مقاله، نویسندگان در دو مرحله کار تحقیقاتی را انجام دادهاند. در مرحله اول، یک FA اصلاح شده برای افزایش عملکرد FA ایجاد شده است. در مرحله دوم، MFA با SVR ترکیب می شود و یک مدل ترکیبی ایجاد می‌کند که در آن MFA برای بهینه‌سازی پارامترها در صورت SVR برای پیش‌بینی قیمت سهام استفاده می‌شود. در آخر، مقایسه با مدل دیگر برای نشان دادن مزایای مدل پیشنهادی انجام می‌شود.از طریق این بررسی مشاهده می‌شود که از رویکردهای CI می‌توان به طور موثر برای مشکل پیش‌بینی بازار سهام استفاده کرد. براساس این بررسی، شکل(۷-۲) فراوانی رویکردهای CI را برای پیش‌بینی شاخص بورس اوراق‌بهادار بزرگ جهان نشان می‌دهد. در بالاترین و دومین بورس اوراق بهادار بزرگ دنیا مانند بورس اوراق بهادار NYSE و NASDAQ و دهمین و یازدهم بورس‌های بزرگ جهانی بورس سهام بمبئی (BSE) و بورس اوراق بهادار ملی[3]، مشاهده شده است که روش‌های ترکیبی CI بیشترین کاربرد را دارند. سومین و چهارمین بورس اوراق‌بهادار بزرگ جهان مانند بورس سهام توکیو و بورس سهام شانگهای، شبکه های عصبی مصنوعی بیشترین کاربرد را برای پیش بینی شاخص‌های بازار سهام دارند.

[1] Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems(ANFIS)
[2] Modifed Frefy Algorithm (MFA)
[3] National Stock Exchange (NSE)



شکل(۲-۷) هسته CI برای پیش‌بینی بورس‌های بزرگ سهام به فرکانس‌ها نزدیک می‌شود[۳۴]

۲-۹نتیجه‌گیری

در این فصل، هدف ما بررسی مشارکت‌های مهم و به روز در حوزه هوش محاسباتی برای حل مشکل پیش‌بینی بازار سهام است. قابلیت رویکردهای هوش محاسباتی برای تحقق بخشیدن به هوش مصنوعی با تقلید از قدرت تفکر انسان برای پیش‌بینی بازار سهام در این کار بررسی شده است. در این فصل مقالاتی را بررسی نمودیم، که مربوط به پیش‌پردازش، کاهش ابعاد و پیش‌بینی روند آینده یا پیش‌بینی قیمت‌های آینده سهام است. از طریق این بررسی، مشاهده شده است که رویکردهای CI نتایج امیدوارکننده‌ای را در حوزه بازار سهام نشان داده‌اند. اولین هدف این فصل کمک به محقق و تحلیلگر مالی برای ایجاد یک رویکرد سیستماتیک برای توسعه روش هوشمند در بازار سهام پیش‌بینی شده است. دومین هدف بحث در مورد اصطلاحات اساسی بازار سهام و رویکردهای هوش محاسباتی است. سومین هدف نیز نظرسنجی ارائه منابع داده برای بدست آوردن داده‌های تاریخی بورس سهام چندین بازار سهام بین‌المللی و ملی است. یافته‌های اصلی عبارتند از:

- ✓ شاخص‌های فنی نقش برجسته‌ای در پیش‌بینی بازار سهام دارند. از این رو شناسایی مجموعه‌ای از شاخص‌های فنی مناسب هنوز یک مسئله باز است.
- ✓ شناسایی روش‌های مناسب پیش‌پردازش و انتخاب ویژگی به بهبود دقت مدل‌های پیش‌بینی بازار سهام کمک می‌کند.

- ✓ از رویکردهای هوش محاسباتی می‌توان به طور موثر برای حل مشکل پیش‌بینی با دقت بالا در بازار سهام استفاده کرد. در بین آن‌ها, مدل‌های ترکیبی از تکنیک‌های ترکیبی مدل‌های پایه برای پیش‌بینی بازار سهام استفاده می‌شود.
- ✓ معیارهای عملکرد منحصر به فرد نیستند و نویسندگان مختلف از ترکیب متفاوتی از معیارها استفاده کرده‌اند.

تفاوت روش پیشنهادی ما با دیگر روش‌ها در این است که، باتوجه به قیمت آخرین معامله و قیمت پایانی به سرمایه‌گذاران بگوید، چه زمانی خرید و فروش سهام انجام دهند، که الگوریتم گرگ‌خاکستری یک راهکار خوب برای حرکت از جستجوی محلی به جستجوی سراسری است. نتایج نشان داد الگوریتم GWO با دقت بیشتری نتایجی بسیار مطلوب‌تری در یافتن جواب بهینه، سرعت همگرایی و هزینه‌ی محاسباتی کم‌تری در مقایسه با الگوریتم GA ارائه می‌کند.

فصل ۳ : الگوریتم گرگ خاکستری

۳-۱ مقدمه

روش‌های بهینه‌سازی فراابتکاری[1] در طول دو دهه گذشته بسیار محبوب شده و مورد توجه قرار گرفته‌اند. برخی از روش‌ها مانند الگوریتم ژنتیک[2]، الگوریتم کلونی مورچگان[3] و بهینه‌سازی ازدحام ذرات[4] نه‌تنها در میان دانشمندان علوم کامپیوتر بلکه دانشمندان فعال در سایر زمینه‌ها شناخته شده هستند. باتوجه به تعداد زیاد کارهای نظری، از این تکنیک‌های بهینه‌سازی در زمینه‌های مختلف مطالعه استفاده شده است. روش‌های فرااکتشافی به صورت قابل ملاحظه‌ای رایج شده‌اند. به چهار دلیل اصلی سادگی، انعطاف‌پذیری، مکانیسم عاری از مشتق‌گیری و اجتناب از نقطه بهینه محلی[5] می‌توان خلاصه کرد. روش‌های فراابتکاری نسبتاً ساده هستند. آن‌ها عمدتاً از مفاهیم بسیار ساده الهام گرفته شده‌اند. الهام‌ها به طور معمول از پدیده‌های فیزیکی، رفتارهای حیوانات و یا مفاهیم تکاملی گرفته می‌شوند. این سادگی به دانشمندان کامپیوتر اجازه می‌دهد تا مفاهیم طبیعی مختلف را شبیه‌سازی کرده و روش‌های فرااکتشافی جدیدی پیشنهاد کنند. همچنین می‌توانند دو یا چند روش فرا-اکتشافی را باهم ترکیب کرده و یا روش‌های موجود را بهبود بخشند. علاوه بر این سادگی عنوان شده، به دانشمندان دیگر این اجازه را می‌دهد این روش‌ها را به سرعت فرا گرفته و آنها را به مسائل خود اعمال کنند. انعطاف‌پذیری روش‌های فراابتکاری نشان دهنده استفاده از این روش‌ها در مسائل مختلف بدون ایجاد هیچ‌گونه تغییر خاصی در ساختار الگوریتم است. از آنجایی که در روش‌های فراابتکاری مسائل به عنوان جعبه سیاه[6] در نظرگرفته می‌شوند، به راحتی به مسائل مختلف اعمال می‌گردند. به عبارت دیگر تنها ورودی‌ها و خروجی‌های یک سیستم برای یک روش فرااکتشافی مهم هستند، بنابراین تنها موضوع مهم برای طراح این است که چگونه مسئله خود را به روش اعمال کند. اکثر روش‌های فراابتکاری ساز وکار آزاد از مشتق دارند. روش‌های فراابتکاری در مقایسه با روش‌های

---

[1] Meta-Heuristic
[2] Genetic Algorithm(GA)
[3] Ant Colony Optimization(ACO)
[4] Particle Swarm Optimization(PSO)
[5] Local Optima Avoidance
[6] Black Boxes

بهینه‌سازی مبتنی بر گرادیان[1] مسائل را بصورت تصادفی بهینه‌سازی می‌کنند. فرآیند بهینه‌سازی با استفاده از راه حل‌های تصادفی شروع می‌شود و نیازی به محاسبه مشتق فضاهای جستجو برای پیدا کردن مقدار بهینه وجود ندارد. این باعث می‌شود روش‌های فراابتکاری برای مسائل حقیقی با مشتقات سنگین و ناشناخته بسیار مناسب باشد. روش‌های فراابتکاری برای جلوگیری از گیرکردن در بهینه‌های محلی در مقایسه با تکنیک‌های بهینه‌سازی معمولی دارای توانایی‌های برتری هستند. این به دلیل ماهیت تصادفی روش‌های فراابتکاری است که ازگیرکردن در بهینه‌های محلی و جستجوی گسترده در کل فضای جستجو جلوگیری می‌کند.

به طورکلی روش های فراابتکاری را می‌توان به دو دسته اصلی تک راه‌حلی[2] و چند راه‌حلی[3] تقسیم کرد. در دسته تک راه‌حلی فرآیند جستجو با یک راه‌حل کاندید شروع می‌شود، سپس این راه‌حل کاندیدای واحد در طول تکرارهای بعدی بهبود می یابد. در مقابل در دسته چند راه حلی، بهینه‌سازی با استفاده از مجموعه‌ای از راه‌حل‌ها (جمعیت[4]) انجام می‌گیرد. در این مورد، فرآیند جستجو با جمعیت اولیه تصادفی (راه‌حل‌های متعدد) شروع می‌شود و این جمعیت در طول تکرار بهبود می‌یابد. روش‌های فراابتکاری چند راه‌حلی نسبت به الگوریتم‌های تک راه حلی چندین مزایا دارند که عبارتند از :

- ✓ راه‌حل‌های چندگانه اطلاعات مربوط به فضای جستجو را به اشتراک می‌گذارند که باعث جهش‌های ناگهانی به سمت بخش امیدوارکننده و مطلوب از فضای جستجو می‌شود.
- ✓ راه‌حل‌های چندگانه باعث جلوگیری از ایجاد راه‌حل‌های بهینه محلی می‌گردند.
- ✓ روش‌های فراابتکاری چند راه‌حلی نسبت به الگوریتم‌های تک راه‌حلی قابلیت کشف و شناسایی بیشتری دارند.

[1] Gradient-Based
[2] Single-Solution-Based
[3] Population-Based
[4] Population

یکی از شاخه‌های جالب از روش‌های فراابتکاری چند راه‌حلی، هوش ازدحامی یا هوش گروهی[1] است. مفاهیم اولیه هوش ازدحامی اولین بار در سال ۱۹۹۳ پیشنهاد شد [۷۶]. برخی از محبوب‌ترین تکنیک‌های هوش ازدحامی شامل الگوریتم کلونی مورچگان، بهینه‌سازی ازدحام ذرات، و کلونی زنبور عسل است. برخی از مزایای استفاده از این الگوریتم به شرح زیر است:

- ✓ اطلاعات مربوط به فضای جستجو را در طول یک دوره تکرار، حفظ می‌کنند. این در حالی است که الگوریتم‌های تکاملی اطلاعات مربوط به نسل‌های قبلی را دور می اندازند.
- ✓ اغلب از حافظه برای ذخیره بهترین راه حل بدست آمده استفاده می‌کنند.
- ✓ معمولاً پارامترهای کمتری برای تنظیم دارند.
- ✓ در مقایسه با روش‌های تکاملی عملگرهای کمتر دارند (تولیدمثل، جهش و غیره).

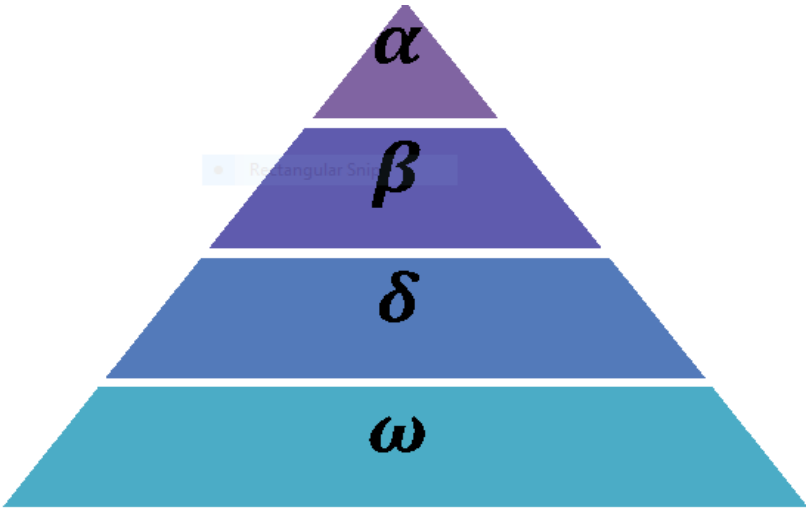
صرف‌نظر از تفاوت‌های بین روش‌های فراابتکاری مختلف، یک ویژگی مشترک بین آن‌ها تقسیم فرآیند جستجو به دو مرحله شناسایی[2] و بهره برداری[3] است. مرحله شناسایی اشاره به روند بررسی گسترده بخش‌های مطلوب و امیدوارکننده حاصل از فضای جستجو دارد. یک الگوریتم برای این که بتواند به صورت تصادفی و سرتاسری، فضای جستجو را جستجو و مرحله شناسایی را پشتیبانی کند، نیاز به عملگرهایی تصادفی دارد. این در حالی است که مرحله بهره‌برداری اشاره به قابلیت جستجوی محلی در سراسر مناطق مطلوبی دارد که از مرحله شناسایی به دست آمده است. پیدا کردن یک موازنه مناسب بین این دو مرحله با توجه به ماهیت تصادفی روش‌های فراابتکاری مسئلهای چالش برانگیز است. در این روش به منظور بهینه‌سازی توابع از یک روش جدید با الهام از سلسله مراتب اجتماعی و رفتار شکار گرگ‌های خاکستری، استفاده می‌کند.

[1] Swarm Intelligence(SI)
[2] Exploration
[3] Exploitation

۳-۲ الگوریتم بهینه‌سازی گرگ‌خاکستری

الگوریتم بهینه‌سازی گرگ‌خاکستری[1] یک الگوریتم تکاملی جدید است که در سال ۲۰۱۴ توسط میرجلیلی براساس شکار دسته جمعی گونهای از گرگ‌ها به نام گرگ‌های خاکستری معرفی گردید [۷۷]. گرگ‌های خاکستری به‌عنوان بالاترین سطح شکارچیان در نظر گرفته می‌شوند، زیرا شکارچی طبیعی برای این نوع از حیوانات وجود ندارد. این الگوریتم روش جستجوی تصادفی و تکاملی است و نیاز به حافظه‌ی کمی دارد و از سرعت بالایی برخوردار است و در هنگام حل مسائل با بهینه‌های محلی، احتمال بسیار کمتر در گیر افتادن در نقاط بهینه محلی نسبت به سایر الگوریتم‌ها دارد. در ادامه مروری بر الگوریتم گرگ‌خاکستری انجام خواهد شد.

گرگ‌خاکستری به خانواده سم سانان تعلق دارد. گرگ‌های خاکستری در رأس شکارچیان تعلق دارند، بدین معنی که آنها در بالای زنجیره‌ی غذایی هستند. گرگ‌های خاکستری بیشتر ترجیح می‌دهند به صورت گروهی زندگی کنند. اندازه گروه به طور متوسط بین ۱۲ تا ۱۵ نفر می‌باشد. آنها یک سلسله مراتب بسیار سخت غالب اجتماعی دارند که در شکل (۳-۱) نشان داده شده است.



شکل(۳-۱) سلسله مراتب گرگ‌خاکستری (سلطه از بالا به پایین کاهش می یابد)[۷۷].

[1] Grey Wolf Optimization (GWO)

رهبران گروه یک جنس نر و یک ماده هستند که آلفا نامیده می‌شوند. آلفا عمدتاً مسئول تصمیم‌گیری در مورد شکار، محل خواب، زمان بیداری و غیره هستند. تصمیمات آلفا به گروه دیکته می‌شود.

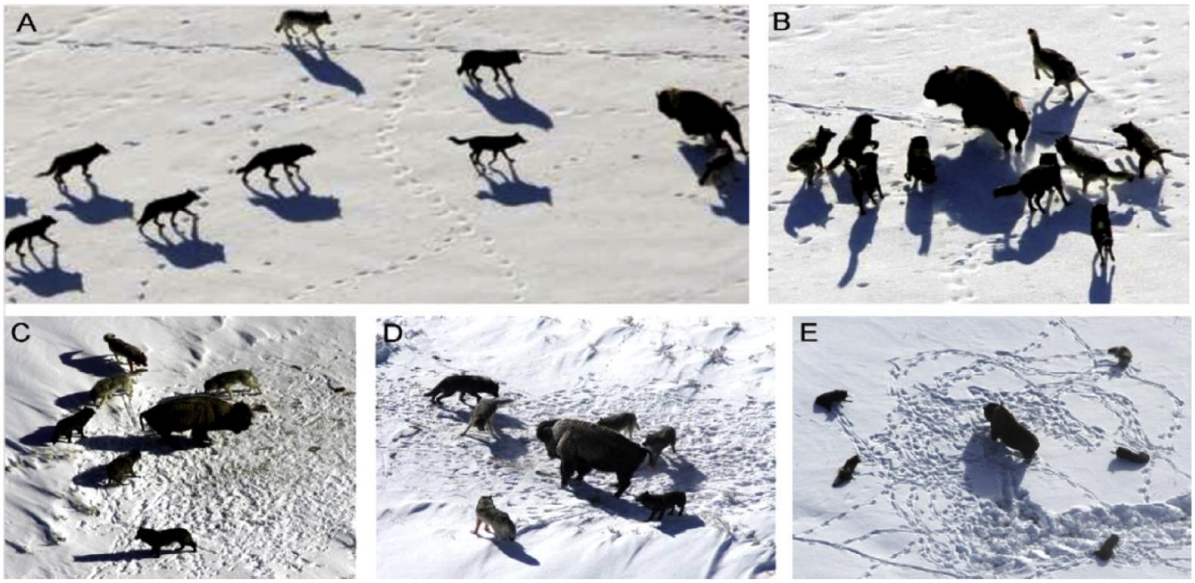
سطح دوم در سلسله مراتب گرگ‌های خاکستری، بتا است. گرگ‌های بتا، گرگ‌های زیردست هستند که به آلفا در تصمیم‌گیری‌ها یا فعالیت‌های دیگر گروه کمک می‌کنند. گرگ بتا می تواند نر یا ماده باشد و درصورتی که آلفا خیلی پیر شود یا بمیرد، احتمالاً بهترین نامزد برای جایگزینی آلفا است. گرگ بتا باید به آلفا احترام بگذارد و درعین حال به گرگ‌های سطح پایین‌تر نیز فرمان دهد، پایین-ترین رتبه را در گرگ‌های خاکستری، امگا دارد. امگا نقش قربانی را بازی می‌کند، گرگ امگا همیشه باید مطیع دیگر گرگ‌های غالب باشد. آنها آخرین گروه از گرگ‌هایی هستند که مجاز به خوردن هستند. به نظر می‌رسد امگا نقش مهمی را در گروه بازی نمی‌کند، اما مشاهده شده است که کل گروه با از دست دادن امگا با جنگ داخلی و مشکلاتی روبرو شده است. این به دلیل تخلیه خشونت و ناکامی دیگر گرگ‌های گروه توسط امگا است که به حفظ ساختار تسلط و رضایت تمام گروه کمک می‌کند. اگر گرگی آلفا، بتا و یا امگا نباشد، زیردست (و یا دلتا در برخی منابع) نامیده می‌شود. گرگ دلتا باید به آلفا و بتا گزارش دهد، اما آن ها بر امگا تسلط دارند. ناظران[1]، نگهبانان[2]، سالمندان[3]، شکارچیان[4] و سرپرستان[5]، به این دسته تعلق دارند. ناظران مسئول مراقبت از مرزهای قلمرو و هشدار به گروه در صورت بروز هرگونه خطر هستند. نگهبانان وظیفه حفظ و تضمین امنیت گروه را به عهده دارند. سالمندان، گرگ‌های با تجربهای هستند که قبلاً عنوان آلفا یا بتا را داشتهاند. شکارچیان در هنگام شکار طعمه و تأمین مواد غذایی برای گروه به آلفا و بتا کمک می‌کنند. درنهایت، سرپرستان مسئولیت مراقبت از گرگ‌های ضعیف، بیمار و زخمی را به عهده دارند. علاوه بر سلسله‌مراتب اجتماعی گرگ‌ها، شکار گروهی یکی دیگر از رفتار اجتماعی جالب گرگ‌های خاکستری است. مراحل

[1] Scouts
[2] Sentinels
[3] Elders
[4] Hunters
[5] Caretakers

اصلی شکار گرگ‌های خاکستری به شرح زیر است:

- ✓ ردیابی، تعقیب و نزدیک شدن به طعمه
- ✓ تعقیب، محاصره و آزار طعمه تا زمانی که از حرکت بازایستد.
- ✓ حمله به سمت طعمه

این مراحل در شکل (۳-۲) نشان داده شده است.



شکل (۳-۲) رفتار گرگ‌های خاکستری در زمان شکار: (A) تعقیب کردن، نزدیک شدن و جستجوی شکار (B-D) تعقیب، محاصره و آزار طعمه (E) حمله به سمت طعمه[۷۷]

۳-۳ مدل ریاضی و الگوریتم

با توجه به توضیحات داده شده در خصوص نحوه زندگی اجتماعی و شکار گرگ خاکستری، در این بخش، مدل ریاضی نحوه رفتار اجتماعی و شکار گرگ خاکستری در جهت معرفی الگوریتم گرگ خاکستری بیان می‌شود.

۳-۳-۱-سلسله‌مراتب اجتماعی

به منظور مدل‌سازی رفتار اجتماعی گرگ‌ها، یک جمعیت تصادفی از راه‌حل‌ها تولید و اولین راه‌حل

بهینه به‌نام آلفا، دومین و سومین آن‌ها بترتیب بتا و دلتا در نظر گرفته می‌شوند. مابقی راه‌حل‌های کاندید شده، امگا در نظر گرفته می‌شوند. الگوریتم گرگ‌خاکستری از سه جواب آلفا، بتا جهت هدایت شکار(بهینه‌سازی) استفاده می‌کند و جواب‌های امگا از این سه جواب پیروی می‌کنند. به‌منظور مدل-سازی سه فاز که قبلاً اشاره شده، نیاز است که ابتدا نقاط اطراف طعمه را مشخص، سپس به سمت طعمه حرکت و در نهایت به طعمه حمله کرد.

۳-۳-۲-محاصره طعمه

همان‌طور که در بالا ذکر شد، گرگ‌های خاکستری طعمه را در طول شکار محاصره می‌کنند. به منظور مدل کردن این رفتار محاصره به صورت ریاضی، معادلات (۳-۱) و (۳-۲) ارائه شده است.

$$D = C\left|\vec{X}_p(t) - \vec{X}(t)\right| \quad (۱-۳)$$

$$\vec{X}(t+1) = \vec{X}_p(t) - \vec{A} \cdot \vec{D} \quad (۲-۳)$$

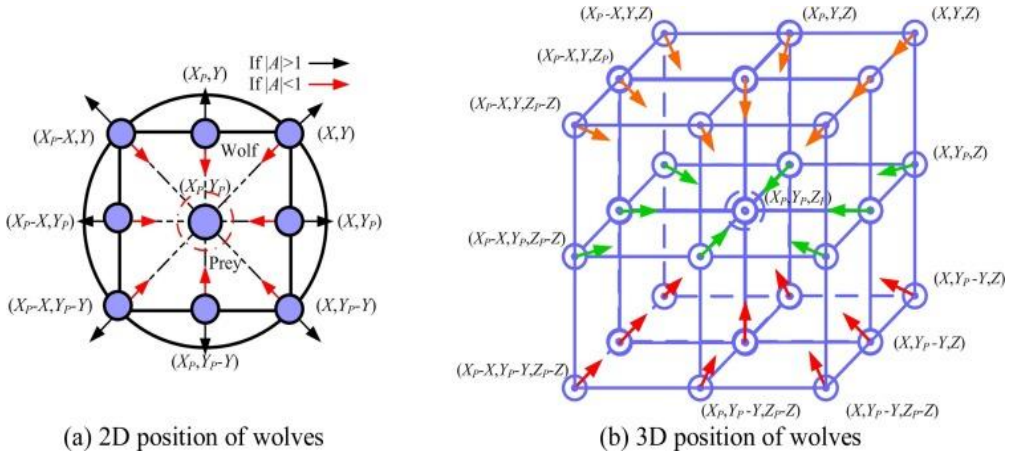
در این معادلات t نشان‌دهنده تعداد تکرار فعلی است، XP مبین بردار موقعیت شکار، بردارهایA,C مبین بردارهای ضریب و X مبین بردار موقعیت یک گرگ‌خاکستری است. بردارهای A,C به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

$$A = 2\vec{a} \cdot \vec{r}_1 - \vec{a} \quad (۳-۳)$$

$$C = 2 \cdot \vec{r}_2 \quad (۴-۳)$$

در معادلات با a در طول تکرار به صورت خطی از ۲ تا ۰ کاهش می‌یابد. r1، r2 مبین بردارهای تصادفی در بازه‌ی [0,1] هستند. برای مشاهده اثرات معادلات (۳-۱) و (۳-۲) یک بردار موقعیت دو بعدی از برخی همسایه‌های ممکن در شکل (۳-۳) تشریح شده است. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود، یک گرگ‌خاکستری در موقعیت (X,Y) می‌تواند موقعیت خود را بر اساس موقعیت شکار (X*, Y*) بروز رسانی کند. با تنظیم پارامترهای A و C از موقعیت جاری می‌توان مکان‌های مختلف در اطراف بهترین موقعیت را بدست آورد. برای مثال (X* - X, Y*) می‌تواند با تنظیم

A= (1, 0) و C=(1,1) بدست آید. موقعیت‌های ممکن برای یک گرگ‌خاکستری در فضای سه بعـدی در شکل b(۳-۳) قابل مشاهده است.



شکل (۳-۳) بردار موقعیت‌های دو بعدی و سه بعدی [۷۷]

۳-۳-۳- شکار

گرگ‌خاکستری این توانایی را دارد که محل طعمه را تشخیص داده و آن را محاصره کند. روند شـکار معمولاً توسط آلفا هدایت می‌شود. گرگ‌های بتا و دلتا نیز گاهی اوقات ممکن است در شکار شـرکت کنند. متأسفانه در یک فضای جستجو انتزاعی هیچ ایدهای در مورد موقعیـت بهینـه (طعمـه) وجـود ندارد، به منظور شبیه‌سازی ریاضی رفتار شکار گرگ‌های خاکستری، فرض می‌شود آلفـا (بهتـرین راه حل موجود)، بتا و دلتا در مورد مکان بالقوه طعمه آگاهی بهتری دارند، بنابراین سه تـا از بهتـرین راه حل‌های به دست آمده را ذخیره کرده و دیگر عوامل جستجو (ازجمله گرگ‌های امگـا) را وادار مـی-کنیم تا موقعیت خود را با توجه به موقعیت بهترین عوامل جستجو به روزرسانی نمایند، این عمـل در روابط زیر پیاده‌سازی شده است.

$$D_\alpha = |C_1\vec{X}_\alpha - \vec{X}| \quad (۵-۳)$$

$$D_\beta = |C_2\vec{X}_\beta - \vec{X}| \quad (۶-۳)$$

$$D_\delta = |C_3\vec{X}_\delta - \vec{X}| \quad (۷-۳)$$

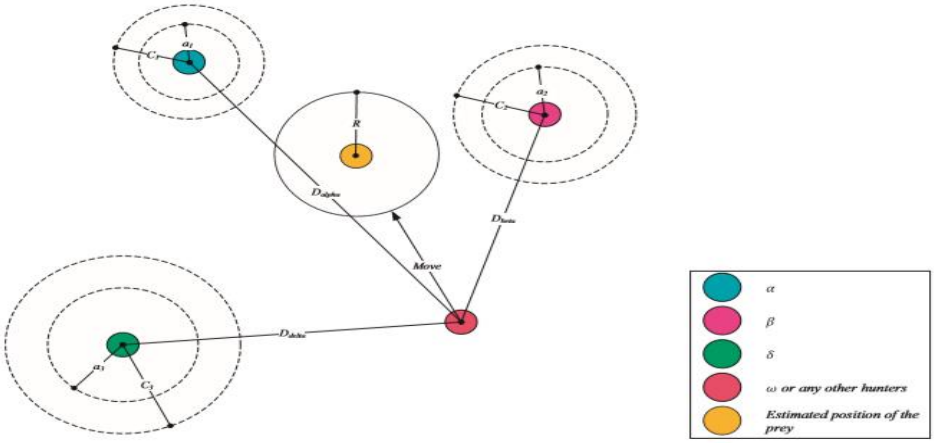
$$\vec{X}_1 = \vec{X}_\alpha - \vec{A}_1 \cdot \vec{D}_\alpha \quad (۸-۳)$$

$$\vec{X}_2 = \vec{X}_\beta - \vec{A}_2 \cdot \vec{D}_\beta \quad (۹-۳)$$

$$\vec{X}_3 = \vec{X}_\delta - \vec{A}_3 \cdot \vec{D}_\delta \quad (۱۰-۳)$$

$$\vec{X}(t+1) = \frac{X_1(t) + X_2(t) + X_3(t)}{3} \quad (۱۱-۳)$$

آلفا، بتا و دلتا موقعیت شکار را برآورد می‌کنند و دیگر گرگ‌ها موقعیت خود را به صورت تصادفی در ناحیه اطراف شکار به روزرسانی می‌نمایند، شکل (۳-۴) نشان می‌دهد که چگونه یک عامل جستجو موقعیت خود را بر اساس الفا، بتا و دلتا در یک فضای جستجوی دو بعدی بروزرسانی می‌کند. این شکل نشان می‌دهد که موقعیت نهایی در یک فضای تصادفی داخل یک دایره که توسط موقعیت‌های الفا، بتا و دلتا در فضای جستجو تعریف می‌شود قرار دارد.



شکل (۳-۴) بروزرسانی موقعیت در GWO[۷۷]

۳-۳-۴- حمله به طعمه(بهره‌برداری)

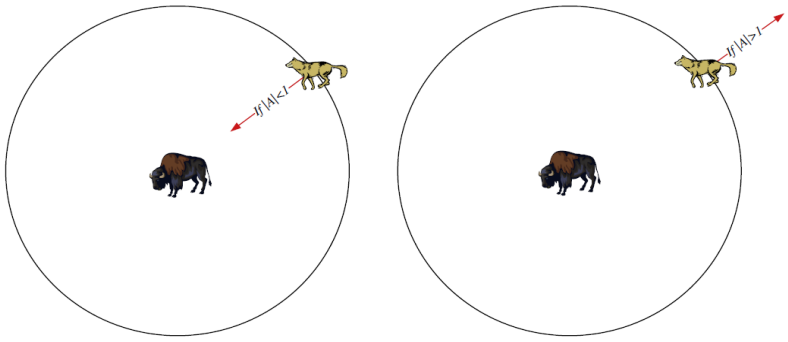
همانطور که در بالا ذکر شد، گرگ‌های خاکستری زمانی که شکار متوقف می‌شود به آن حمله کرده و شکار را به پایان می‌رسانند. برای مدل کردن ریاضی نزدیک شدن به طعمه، a کاهش داده می‌شود. باید توجه داشت که محدوده‌ی نوسان A توسط a کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر A مقدار تصادفی در بازه‌ی [-2a,2a] است. در حالی که a در طول تکرارها از مقدار ۲ تا ۰ تغییر می‌کند. زمانی که مقادیر تصادفی A در بازه‌ی [-1,1] قرار دارند موقعیت بعدی یک عامل جستجو می‌تواند در هر موقعیتی ما

بین موقعیت فعلی آن و موقعیت طعمه باشد. مقدار|A|<1 گرگ‌ها را مجبور به حمله به سمت طعمه می‌کند.

به طور خلاصه در الگوریتم GWO فرآیند جستجو با ایجاد یک جمعیت تصادفی از گرگ‌های خاکستری (راه حل‌های کاندید) شروع می‌شود. در طول دوره تکرار، گرگ‌های آلفا، بتا و دلتا موقعیت احتمالی شکار را برآورد می‌کنند. هر راه حل کاندید فاصله خود را از طعمه به روزرسانی می‌نماید. پارامتر a از ۲ به ۰ کاهش پیدا می‌کند تا فرآیند شناسایی و حمله به طعمه را تقویت نماید. زمانی که |A|>1 باشد، راه حل‌های کاندید واگرا می‌شوند و زمانی که |A|<1 باشد، راه حل‌های کاندید به سمت طعمه همگرا می‌شوند.

۳-۳-۵- جستجو برای شکار(اکتشاف)

گرگ‌های خاکستری اغلب بر اساس موقعیت گرگ‌های آلفا، بتا و دلتا به جستجو می‌پردازند. آنها برای جستجوی شکار از یکدیگر دور(واگرا) می‌شوند و برای شکار به یکدیگر نزدیک (همگرا) می‌شوند. از اینرو فرآیند جستجو پروسهای دقیقا عکس فرآیند حمله دارد: در هنگام جستجو گرگ‌ها از یکدیگر دور می‌شوند تا شکار را ردیابی کنند (|A|>1) در حالی که پس از ردیابی شکار، گرگ‌ها در فاز حمله به یکدیگر نزدیک می‌شوند (|A|<1). به این پروسه واگرایی در جستجو – همگرایی در حمله می-گویند. همانطور که در شکل (۳-۵) مشاهده می‌کنید.



شکل (۳-۵) واگرایی در جستجو و همگرایی در حمله [۷۷]

جهت مدلسازی ریاضی این فرآیند بردار A با مقادیر تصادفی بیشتر از ۱ یا کمتر از ۱- مقدار دهی

می‌شود تا واگرایی در جستجو انجام شود و برای مدلسازی همگرایی در حمله، بردار A با مقادیر تصادفی بین ۱ تا ۱- مقدار دهی می‌شود.

یکی دیگر از اجزای کمک‌کننده به الگوریتم GWO برادار C است. این بردار حاوی مقادیر تصادفی بین ۰ تا ۲ است. بردار C به عنوان موانع موجود در طبیعت که نزدیک شدن گرگ‌ها به شکار را کند می‌کنند در نظر گرفته می‌شود. بردار C به شکار وزن داده و آن را برای گرگ‌ها غیر قابل دستیابی‌تر می‌کند. در واقع وجود C تأکیدی بر رفتار تصادفی در طول اجرای الگوریتم GWO است نه تنها در فاز اولیه آن، این بردار برخلاف a به صورت خطی از ۲ تا صفر کاهش نمی‌یابد.

پس به طور خلاصه می‌توان الگوریتم را به ترتیب زیر جمع بندی نمود:

- ✓ برازندگی کلیه جواب‌ها محاسبه شده و سه جواب برتر به عنوان alpha, beta, delta تا پایان الگوریتم انتخاب می‌شوند.
- ✓ در هر تکرار سه جواب برتر (گرگ های alpha, beta, delta) قابلیت تخمین موقعیت شکار را داشته و این کار را در هر iteration با استفاده از رابطه زیر انجام می‌دهند:

$$\vec{D}_\alpha = |\vec{C}_1.\vec{X}_\alpha - \vec{X}|.\ \vec{D}_\beta = |\vec{C}_2.\vec{X}_\beta - \vec{X}|.\ \vec{D}_\delta = |\vec{C}_3.\vec{X}_\delta - \vec{X}|$$

$$\vec{X}_1 = \vec{X}_\alpha - \vec{A}_1.(\vec{D}_\alpha).\ \vec{X}_2 = \vec{X}_\alpha - \vec{A}_2.(\vec{D}_\alpha).\ \vec{X}_3 = \vec{X}_\alpha - \vec{A}_3.(\vec{D}_\alpha)$$

$$\vec{X}(t+1) = \frac{\vec{X}_1 + \vec{X}_2 + \vec{X}_3}{3}$$

- ✓ در هر تکرار بعد از تعیین موقعیت گرگ‌های alpha, beta, delta، آپدیت موقعیت بقیه جواب‌ها با تبعیت از آنها انجام می‌شود.
- ✓ در هر تکرار بردار a (و به تبع آن A) و C آپدیت می‌شوند.
- ✓ در پایان تکرارها موقعیت گرگ alpha به عنوان نقطه بهینه معرفی می‌شود.

الگوریتم GWO به صورت گام به گام در شکل (۳-۶) نشان داده شده است:

Initialize the grey wolf population X_i ($i = 1, 2, ..., n$)
Initialize a, A, and C

Calculate the fitness of each search agent
X_α=the best search agent
X_β=the second best search agent
X_δ=the third best search agent

while (t < Max number of iterations)
for each search agent
Update the position of the current search agent by equation (7)
end for

Update a, A, and C
Calculate the fitness of all search agents
Update X_α, X_β, and X_δ
t=t+1
end while
return X_α

شکل (۳-۶) شبه کد الگوریتم GWO[۷۷]

۳-۴ چند نمونه از کاربردهای الگوریتم گرگ‌خاکستری

در این بخش به بررسی تعدادی از تحقیقات که در سال‌های اخیر در زمینه الگوریتم گرگ‌خاکستری انجام شده است، می‌پردازیم.

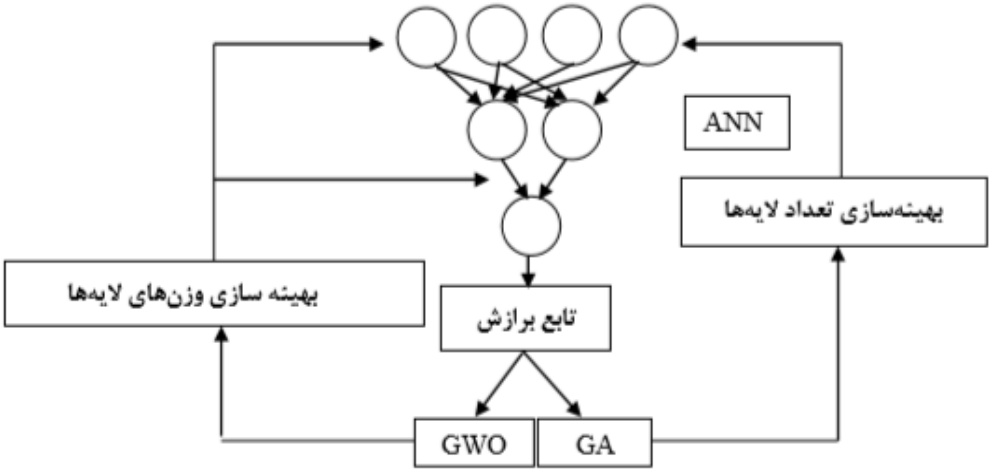
۳-۴-۱ به‌کارگیری روش ترکیبی شبکه عصبی GAGWO- در پیش‌بینی بازده سهام

در این مرجع [۷۸] که در سال ۲۰۱۶ معرفی شده است با استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری و هوش مصنوعی برای پیش‌بینی بازده سهام شرکت‌های بورس اوراق بهادار مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت. پس از بررسی تحقیقات انجام شده توسط وایت(Swanson & White) متغیرهای زیر به عنوان متغیرهای ورودی شبکه عصبی، جهت پیش‌بینی بازده روز بعد انتخاب گردید:

- ✓ بازده سهام هرشرکت طی ده روزگذشته
- ✓ آخرین نرخ سهام معامله شده در پایان روز

- ✓ حجم سهام مبادله شده طی روز
- ✓ شاخص سهام بورس اوراق‌بهادار تهران
- ✓ متغیرهای انتخاب شده همگی از جمله متغیرهای مورد استفاده در تجزیه تحلیل تکنیکی می‌باشند.

ابتدا برخی داده‌های مورد نیازی که از نرم‌افزار رهاوردنوین گردآوری شده است، به منظور افزایش کارایی و سرعت اجرای برنامه، نرمال‌سازی می‌شوند. در گام بعدی، از مقادیر بازده روزهای گذشته و متغیرهای تکنیکی دیگر، به‌عنوان ورودی استفاده شده و با استفاده از روش ترکیبی شبکه عصبی و الگوریتم ژنتیک به پیش‌بینی بازده سهام روز بعد پرداخته شد و بار دیگر با استفاده از روش ترکیبی شبکه عصبی، الگوریتم ژنتیک و گرگ خاکستری مورد پیش‌بینی قرار گرفته و مقادیر پیش‌بینی، با مقادیر واقعی مقایسه شده است تا بهترین روش انتخاب گردد. در شکل (۳-۷) چارچوب کلی مدل ترکیبی شبکه عصبی GA و GWO مشخص شده است.



شکل(۳-۷) چارچوب کلی مدل ترکیبی شبکه عصبی GA وGWO [۷۸]

به منظور انجام عمل پیش‌بینی بازده، روند گذشته سری زمانی بازده مربوط به چهار شرکت منتخب و چهار متغیر از متغیرهای تحلیل تکنیکی مورد استفاده قرار گرفت. بدین صورت که ابتدا به وسیله شبکه عصبی مصنوعی مدل اولیه پیش‌بینی بازده سهام طراحی گردید، سپس یکبار با استفاده از

الگوریتم ژنتیک و بار دیگر با الگوریتم ژنتیک و گرگ‌خاکستری، مدل به دست آمده بهینه‌سازی شد. با مقایسه نتایج شبیه‌سازی روش ترکیبی شبکه عصبی مصنوعی_ژنتیک_گرگ‌خاکستری خطای کمتری در پیش‌بینی بازده روزانه سهام شرکت‌ها، نسبت به روش شبکه عصبی_ژنتیک دارد.

۳-۴-۲ الگوریتم گرگ‌خاکستری بهبودیافته

بهینه‌سازی یکی از مسائل مهم و قابل توجه در علوم گوناگون می‌باشد که در طیف وسیعی از کاربردها مورداستفاده قرارگرفته است [۷۹]. الگوریتم‌های بهینه‌سازی به دودسته‌ی الگوریتم‌های دقیق و الگوریتم‌های تقریبی تقسیم بندی می شوند. الگوریتم‌های دقیق زمان اجرا را کاهش می‌دهند اما، در بیش‌تر موارد قادر به یافتن بهینه‌ی سراسری نمی‌باشند. در سمت دیگر، الگوریتم‌های تقریبی می‌توانند تخمینی از جواب‌های سراسری را در خصوص مسائل NP-Hard بیابند. گرگ‌خاکستری یکی از الگوریتم‌های فراابتکاری جدید جهت حل مسائل بهینه‌سازی می‌باشد که با الهام گرفتن از زندگی گروهی گرگ‌ها و نحوه شکار آنها در طبیعت عمل می‌نماید. با افزایش پیچیدگی در مسائل بهینه سازی، این الگوریتم از سرعت پایین همگرایی رنج می‌برد و سبب افزایش زمان محاسبات می‌گردد. جهت بهبود این مشکل، توسعهای جدید از الگوریتم جستجوی گرگ خاکستری را در این مقاله پیشنهاد نموده اند. الگوریتم پیشنهادشده، ابتدا نحوه‌ی حرکت گرگ‌ها در فضای جستجو و سپس نحوه‌ی ترکیب همسایگی‌های تصادفی را بهبود می‌دهد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که در مقایسه با الگوریتم گرگ خاکستری استاندارد و چندین الگوریتم فراابتکاری شناخته شده‌ی دیگر، روش پیشنهادشده از سرعت همگرایی و پایداری بیش تری برخوردار است و می تواند سبب کاهش زمان محاسبات گردد.

۳-۴-۳یک الگوریتم بهینه‌سازی گرگ‌خاکستری باینری-v شکل برای انتخاب ویژگی

با توجه به پیشرفت سریع کامپیوتر و تکنولوژی در زمینه پایگاه داده، سرعت جمع‌آوری داده بسیار بیشتر از سرعت پردازش اطلاعات است. به دلیل افزایش متغیرهای مربوط به یک مشاهده نیاز به پیش‌پردازش قبل از پردازش داده بسیار اهمیت پیدا کرده است [۸۰]. انتخاب ویژگی از مهمترین روش‌ها و تکنیک‌ها جهت پیش پردازش داده برای کاوش داده است. مسئله انتخاب ویژگی یکی از مسائل مطرح در حوزه یادگیری ماشین و تشخیص الگوها از جمله طبقه‌بندی می‌باشد که در آن به مطالعه و شناسایی ویژگی‌های مهم و حذف ویژگی‌های زائد از مجموعه اطلاعات در دسترس، جهت کاهش ابعاد داده‌ها و بهبود عملکرد پیش‌گویی پرداخته می‌شود .این موضوع محققان را به سمتی هدایت می‌کند که از روش‌های جستجو برای پیدا کردن زیرمجموعهای بهینه از ویژگی‌ها استفاده نمایند.در این مقاله یک الگوریتم بهینه‌سازی باینری گرگ خاکستری معرفی کردند که برای یافتن زیر مجموعهای از ویژگی‌های مطلوب برای اهداف طبقه‌بندی در حالتی پوششی مورد استفاده قرار می-گیرد. الگوریتم گرگ خاکستری(GWO) یکی از جدیدترین تکنیک‌های بهینه‌سازی الهام گرفته از طبیعت است، که روند شکار گرگ خاکستری در طبیعت را تقلید می‌کند. این الگوریتم با استفاده از عملگرهایش، تعادلی میان اکتشاف و بهره‌برداری برای جستجو جواب بهینه در دامنه راه‌حل‌ها برقرار می‌کند. در روش دودویی معرفی شده(BGWO) از تابع v شکل تانژانت هایپربولیک دو جوابی که ناشی از گام‌برداری تصادفی می‌باشد مقادیر پیوسته دارند و از این رو باید به یک جواب باینری تبدیل شوند. تبدیل با استفاده از تقسیم مقادیر پیوسته توسط تابع v در هر بعد انجام شده و از حد آستانه تصادفی میزان برازندگی برای بروزرسانی موقعیت گرگ خاکستری دودویی استفاده گردیده است. روش (BGWO) با چهار الگوریتم تکاملی بهینه‌سازی ازدحام ذرات، الگوریتم ژنتیک و الگوریتم‌های گرگ‌خاکستری استاندارد در این زمینه مقایسه گردید.

۳-۴-۴دسته‌بندی دادگان سونار با استفاده از الگوریتم بهینه‌ساز گرگ خاکستری

در مرجع [۸۱] یک روش فراابتکاری جدید بـه نـام بهینـه‌سـاز گـرگ‌خاکسـتری(GWO) بـه منظـور دسته‌بندی دادگان سونار استفاده شده است الگوریتم GWO از سلسله‌مراتب رهبری و شکار گرگ‌های خاکستری در طبیعت تقلید می‌کند. در این الگوریتم از چهار نوع گرگ‌خاکستری شامل آلفا، بتا، دلتـا و امگا برای شبیه‌سازی سلسله‌مراتب رهبری استفاده شده است .علاوه بر این، سه مرحله اصلی شـکار شامل جستجوی طعمه، محاصره طعمه و حمله به طعمه شبیه‌سازی شدند. در ابتدا الگوریتم موردنظر توسط ۲۲ تابع آزمون شناخته‌شده به‌خوبی ارزیابی شده و نتایج به‌دسـت‌آمـده بـا روش بهینـه‌سـازی ازدحام ذرات(PSO) مقایسه شدند. نتایج نشان می‌دهد که الگوریتم GWO قادر به ارائه نتایجی بسیار بهتر در یافتن کمینه کلی توابع، سرعت همگرایی و اجتناب از کمینه محلی در مقایسـه بـا الگـوریتم PSO است. علاوه براین، در این مقاله یک کـاربرد واقعـی از روش ارائـه‌شـده در زمینـه دسـته‌بنـدی دادگان سونار بیان شده است. نتایج حاصله نشان می‌دهد کـه دسـته‌بنـدی کننـده طراحـی شـده بـا الگوریتم گرگ‌خاکستری دادگان سونار را با دقت ۶۶/۶۷ ٪دسـته‌بنـدی میکنـد، ایـن در حـالی اسـت که PSO دقت ۶۲/۲۲% را حاصل می‌نماید.

۳-۴-۵روش دودویی بهینه‌سازی گرگ‌خاکستری برای انتخاب ویژگی

در مرجع [۸۲] که در سال ۲۰۱۶ معرفی شده است. یک روش دودویی جدید از بهینه‌سازی گرگ خاکستری (GWO) پیشنهاد شده است و برای انتخاب زیرمجموعه‌ای از ویژگی‌های بهینه برای اهداف طبقه‌بندی مورد استفاده قرارگرفته است، که بهینه‌سازی گرگ‌خاکستری یکی از جدیدترین تکنیک‌های بهینه‌سازی الهام گرفته از طبیعت است. نسخه دودویی معرفی شده در اینجا با استفاده از دو روش مختلف نمایش داده شده است. در روش دودویی اول، گام‌های فردی به سمت اولین سه بهترین جواب‌ها حرکت کرده و سپس استراتژی برش بر روی سه حرکت اصلی برای بروزرسانی

موقعیت گرگ‌های خاکستری دودویی انجام می‌شود. در روش دودویی دوم، از تابع sigmoidal برای موقعیت متوالی بروزشده گرگ‌ها استفاده شده است، سپس از حد آستانه تصادفی این ارزش‌ها برای بروزرسانی موقعیت گرگ‌خاکستری دودویی استفاده شده است. این دو روش برای بهینه‌سازی گرگ‌خاکستری دودویی (bGWO) در دامنه‌ی انتخاب ویژگی برای یافتن زیرمجموعه‌ای از ویژگی‌ها با حداکثر دقت و صحت طبقه‌بندی و حداقل تعداد ویژگی‌های انتخاب شده، طراحی شده است. مجموعه‌ای از شاخص‌های تخمین برای ارزیابی و مقایسه روش‌های مختلف بر روی بیش از ۱۸ مجموعه داده‌ی مختلف از مخزن UCI مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج حاصل، قابلیت‌های نسخه دودویی بهینه‌سازی گرگ خاکستری پیشنهادی(bGWO) در جستجو فضای ویژگی برای ترکیب ویژگی‌های بهینه، صرف‌نظر از مقداردهی اولیه و عملگرهای تصادفی استفاده شده، را اثبات می‌کند. ۱۸ مجموعه داده در جدول(۳-۱) از مخزن یادگیری ماشین UCI در آزمایش و مقایسه‌های نتایج استفاده شده است. در هر مجموعه داده تعداد ویژگی‌ها و نمونه‌ها مختلف در نظر گرفته شده است. برای هر مجموعه داده، موارد به صورت تصادفی به سه مجموعه یعنی آموزش[۱]، اعتبارسنجی[۲] و مجموعه تست[۳] در شیوه اعتبارسنجی متقابل تقسیم شده است. یک روش بسته‌بندی برای انتخاب ویژگی در این مطالعه مبتنی بر طبقه‌بندی KNN[۴] استفاده شده است.

[1] Train Sets
[2] Validation Sets
3 Testing Sets
[4] K-Nearest Neighbor (KNN)

جدول (۳-۱) توصیف مجموعه های داده[۸۲]

No(.dat)	Dataset[1]	No. Attributes	No. Instances
D1	Breast Cancer	10	699
D2	Breast	30	569
D3	Congress	16	435
D4	Primary org	17	399
D5	Soybean small	35	47
D6	Heart	13	270
D7	Lonosphere	34	351
D8	Krvskp	36	3196
D9	Lymphography	18	148
D10	M-of-n	13	300
D11	Penglung	73	325
D12	Sonar	60	208
D13	Spect	22	267
D14	Tic-tac-toe	9	958
D15	Vote	16	300
D16	Waveform	40	5000
D17	Wine	13	178
D18	Zoo	16	101

در الگوریتم طبقه‌بندی ($K = ۵$) به عنوان بهترین عملکرد در تمام مجموعه‌های داده مورد استفاده قرار گرفته شده است. در فرآیند آموزش، موقعیت هر گرگ نشان‌دهنده یک زیرمجموعه ویژگی است. روش‌های انتخاب ویژگی پیشنهادی با بهینه‌سازی ازدحام ذرات (PSO) و الگوریتم ژنتیک (GA) برای ارزیابی، محک خوردهاند. تنظیم پارامترهای سراسری و بهینه‌سازهای خاص در جدول (۳-۲) مشخص شده است. مجموعه تمام پارامترها هم با توجه به دامنه خاص دانش به عنوان پارامترهای α، β در تابع شایستگی یا مانند بقیه پارامترها براساس آزمون و خطا در شبیه‌سازی‌های کوچک و در متون علمی رایج، استفاده شده است.

جدول(۳-۲) تنظیم پارامترها برای آزمایش[۸۲]

پارامترها	ارزش
تعداد عوامل جستجو	8
تعداد تکرار	70
ابعاد مسئله	تعداد ویژگی‌های موجود در داده‌ها
دامنه‌ی جستجو	[0 1]
تعداد اجرا	20
نرخ برش در GA	0.8
عامل لختی در PSO	0.1
عامل سرعت بهترین فرد در PSO	0.1
پارامتر α در تابع شایستگی	0.99
پارامتر β در تابع شایستگی	0.01

در معیارهای ارزیابی از طبقه‌بندی دقت، متوسط میانگین آماری، بهترین آمار و بدترین آمار و ... استفاده شد. برای اطمینان از ثبات و اهمیت آماری نتایج برای ۲۰ بار تکرار داده‌ها تجزیه شدهاند.

جدول(۳-۳) عملکرد روش‌های مختلف یعنی الگوریتم ژنتیک، بهینه سازی ازدحام ذرات، روش ۱ دودویی بهینه‌سازی گرگ‌خاکستری (BGWO1) و روش ۲ دودویی بهینه‌سازی گرگ‌خاکستری (BGWO2) با استفاده از مقداردهی اولیه تصادفی و تابع تعریف شده است. می‌توانیم بگوییم که بهترین عملکرد در مقدار تابع شایستگی توسط BGWO2 پیشنهادی بدست آمده است، که ثابت می‌کند قابلیت BGWO2 برای جستجوی توافقی فضای ویژگی بهتر از روش‌های دیگر است. و با روش‌های دیگر هم مقایسه شده است نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که نسخه‌های دودویی پیشنهادی از روش‌های دیگر در محدوده‌ی تحقیق پیشی می‌گیرد. همچنین اینکه عملکرد ویژگی‌های انتخاب شده بر روی داده‌های تستی برای ویژگی‌های انتخاب شده با الگوریتم پیشنهادی بهترین هستند.

جدول(۳-۳) میانگین تابع شایستگی به دست آمده از بهینه‌سازهای مختلف با استفاده از مقدار دهی اولیه تصادفی یکنواخت[۸۲]

Table(3): Mean fitness function obtained from the different optimizers using uniform initialization

Dataset:	BGWO1	BGWO2	GA	PSO
D1:	0.0157	**0.0152**	0.0160	0.0159
D2:	0.0268	0.0304	**0.0254**	0.0326
D3:	**0.0155**	0.0260	0.0239	0.0236
D4:	0.4987	**0.4757**	0.4924	0.4903
D5:	**0.0018**	0.0038	0.0033	0.0038
D6:	0.1405	**0.1072**	0.1275	0.1289
D7:	**0.0762**	0.0846	0.0836	0.0852
D8:	0.0524	**0.0346**	0.0585	0.0606
D9:	0.1063	**0.0947**	0.1048	0.1028
D10:	0.0719	**0.0279**	0.0679	0.0862
D11:	**0.3363**	0.3488	0.3474	0.3510
D12:	**0.1545**	0.1615	**0.1545**	0.1596
D13:	0.1818	**0.1799**	0.1855	0.1987
D14:	0.2084	**0.1957**	0.1970	0.2102
D15:	**0.0094**	0.0146	0.0110	0.0148
D16:	0.1770	**0.1631**	0.1757	0.1806
D17:	0.0168	**0.0147**	0.0284	0.0270
D18:	0.0087	**0.0057**	0.0083	0.0096
Total:	2.0988	**1.9841**	2.1111	2.1814

۳-۴-۶ کشف انجمن در شبکه‌های اجتماعی ایستا با استفاده از الگوریتم بهینه‌ساز گرگ‌خاکستری

امروزه شبکه‌های اجتماعی نقش بسزایی در انجمن بشری ایفا می‌کنند، نمونه‌هایی از شبکه‌های شناخته شده شامل رسانه‌های اجتماعی و سایت‌های شبکه‌های اجتماعی آنلاین مانند فیسبوک، گوگل پلاس و توییتر می‌باشد. به طور کلی، یکی از مشاهدات مهم در مورد شبکه‌ها وجود انجمن می‌باشد. انجمن، مجموعهای از گره‌ها هستند که نسبتاً بیشتر با یکدیگرارتباط دارند. گره ها در یک انجمن[1] مشترک اغلب خواص جالبی را مانند عملکرد یکسان، علاقه، یا هدف به اشتراک می‌گذارند. بنابراین، کشف انجمن یکی از مسائل مهم در تجزیه و تحلیل شبکه‌ها به شمار می‌آید [۸۳]. برای دسته‌بندی افراد و علایقشان در این شبکه‌ها می‌توان از روش‌های کشف انجمن استفاده کرد. هدف از کشف انجمن مرتب‌سازی نمونه‌ها به خوشه هایی است که درجه ارتباط نسبتاً قوی بین اعضای خوشه و نسبتاً ضعیف بین اعضای خوشه های مختلف وجود داشته باشد. انجمن، اطلاعات ارزشمندی در مورد نوع ارتباط کاربران، نحوه انتقال اطلاعات بین آنها و نحوه توزیع

[1] Community

کاربران در شبکه‌های اجتماعی فراهم می‌کنـد و در واقـع به عنوان جزء اصلی این شبکه‌هـا محسـوب می‌شود. در این مقاله معیار برای ارزیابی کیفیت بخش‌بندی خوشه‌ها، از معیـار مـاژولاریتی[1] اسـتفاده کرده است. ماژولاریتی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$Q = \sum_i (e_{ii} - a_i^2)$$

مجموعه داده استفاده شده در این مقاله به منظور ارزیابی روش پیشنهادی از شبکه‌های بـا سـایزهای کوچک و متوسط اسـتفاده شده است که مشخصات این شبکه‌ها در جدول(۴-۳) قابل مشـاهده مـی-باشد.

جدول(۳-۴) مشخصات شبکه های آزمون(http://konect.uni-koblenz.de/networks)[۸۳]

مجموعه داده	تعداد گره‌ها	تعداد یال‌ها	تعداد انجمن	جهت‌دار
Zachary's karate club	۳۴	۷۸	۲	خیر
Dolphin Social Network	۶۲	۱۵۹	۲	خیر
American college football	۱۱۵	۶۱۳	۱۲	خیر

الگـوریتم بـر روی ایـن سـه مجموعـه داده ۲۰ مرتبـه مسـتقل اجـرا شـده اسـت و در هـر اجـرا ماژولاریتی حساب می‌شود. تعـداد جمعیـت گرگ‌ها برابر با ۸۰ و تعداد تکرار در هر اجـرای الگـوریتم ۱۵۰ در نظـر گرفتـه شـده اسـت. نتـایج بـه دست آمده از شبیه‌سازی الگوریتم پیشنهادی بر اسـاس مـاکزیمم و میـانگین مـاژولاریتی بـا سایر الگوریتم‌ها مقایسه شـدهاند. ایـن مقـادیر در جـدول(۳-۵) گزارش شده است. مقدار ماژولاریتی بیشتر نشان‌دهنده تفکیک اجتماع بهتـر مـی‌باشـد و ایـن نتـایج نشـان می‌دهند که الگوریتم پیشنهادی در دو مجموعه داده بهترین نتیجه را به دست مـی‌آورد. قابـل ذکر است در مواردی که میانگین و ماکزیمم ماژولاریتی برابر است به ایـن معنـی مـی باشـد کـه الگوریتم در هر ۲۰ اجـرا بـه یـک جـواب رسـیده اسـت و در ایـن مجموعـه داده‌ها آن جواب بهترین تفکیک انجمن می‌باشد یعنی امکان افزایش ماژولاریتی دیگر وجود نـدارد و آن مـاژولاریتی بیشـینه است. همانگونه که در جدول مشخص است، مساوی بـودن میـانگین و ماکزیمم مـاژولاریتی در نتـایج

[1] Modularity

گزارش شده است.

جدول (۳-۵)نتایج آزمایشات [۸۳]

	مجموعه داده Karate		مجموعه داده Dolphin		مجموعه داده Football	
الگوریتم	میانگین	ماکزیمم	میانگین	ماکزیمم	میانگین	ماکزیمم
CNLPSO-DE	۰/۴۰۲۰	۰/۴۰۲۰	۰/۵۲۴۸	۰/۵۲۶۵	۰/۶۰۱۸	۰/۶۰۴۵
NLPSO-DE	۰/۴۰۲۰	۰/۴۰۲۰	۰/۵۲۵۴	۰/۵۲۶۵	۰/۶۰۰۵	۰/۶۰۴۵
NLPSO-D	۰/۴۰۰۰	۰/۴۰۲۰	۰/۵۱۴۴	۰/۵۲۶۵	۰/۵۹۸۹	۰/۶۰۴۵
MODPSO	۰/۴۱۸۴	۰/۴۱۸۷	۰/۵۲۶۸	۰/۵۲۶۸	۰/۶۰۳۵	۰/۶۰۴۶
Ga-net	۰/۴۰۵۹	۰/۴۰۵۹	۰/۴۹۴۶	۰/۵۰۱۴	۰/۵۸۳۰	۰/۵۹۴۰
MOGA-net	۰/۴۱۶۰	۰/۴۱۹۸	۰/۵۲۱۵	۰/۵۲۵۸	۰/۵۱۷۳	۰/۵۲۸۰
CNM	۰/۳۸۰۰	۰/۳۸۰۰	۰/۴۹۵۰	۰/۴۹۵۰	۰/۵۷۷۰	۰/۵۷۷۰
Infomap	۰/۴۰۲۰	۰/۴۰۲۰	۰/۵۲۴۷	۰/۵۲۴۷	۰/۶۰۰۵	۰/۶۰۰۵
الگوریتم پیشنهادی	۰/۴۰۷۶	۰/۴۰۷۶	۰/۵۲۷۱	۰/۵۲۷۷	۰/۶۰۴۲	۰/۶۰۴۶

در این مقاله یک روش فراابتکاری تحت عنوان الگوریتم بهینه‌ساز گرگ‌خاکستری برای کشف انجمن در شبکه‌های اجتماعی ایستا بیان شد و این الگوریتم با الگوریتم‌های دیگر مقایسه گردید که در مجموعه داده Karate ، الگوریتم net-MOGA در هر ۲۰ اجرا به بهترین جواب رسید، در مجموعه داده Dolphin تنها الگوریتم پیشن هادی به بهترین جواب در تمامی اجراها رسیده است، در مجموعه داده Football الگوریتم پیشنهادی ماکزیمم جواب یکسان با الگوریتم MODPSO داده است اما نسبت به این الگوریتم میانگین بهتری دارد.

در مرجع [۸۴] که در سال ۲۰۱۷ ارائه شده است، یک نوع بهینه ساز گرگ خاکستری(GWO)که از اصول یادگیری تقویتی ترکیب‌شده و برای بهبود عملکرد آن از شبکه‌های عصبی استفاده شده است. هدف این مقاله این است که با یادگیری تقویت‌شده، چالش‌های مشترک ،تنظیم پارامترهای درست برای این الگوریتم برطرف شود.در GWO، یک پارامتر واحد برای کنترل نرخ اکتشاف / بهره‌برداری مورد استفاده قرار می‌گیرد که بر عملکرد الگوریتم تاثیر می‌گذارد.به جای استفاده از یک روش جهانی برای تغییر این پارامتر برای همه عوامل، از یادگیری تقویتی استفاده کرده است.

در مرجع [۸۵] یک راه‌حل فراابتکاری جدید برای حل مسئله جستجو افـق کـارا بـا رویکرد میانگین ـ واریانس ارائه می‌دهد. مسئلهٔ بهینه‌سازی سبد سـهام کوآدراتیک است و بـا افزایش تعداد دارایی‌ها، محدودیت‌ها به یک مسئله سخت تبدیل شده است و نمی‌توان با روش‌های مرسوم ریاضی آن را حل کرد. در این مقاله به بهینه‌سازی سبد سهام به کمک الگوریتم فراابتکـاری جدیدی بنام جستجوی شکار می پردازد. نتایج نشان می‌دهند که الگوریتم جستجوی شکار، برای حل مسائل بهینه سازی سبد سهام، سرعت و دقت بالایی دارد.

۳-۵ نتیجه‌گیری

در این فصل روش بهینه‌سازی الگوریتم گرگ‌خاکستری و مقایسه آن با سایر روش‌هـای بهینـه‌سـازی مورد بررسی قرار گرفت و همچنین به بررسی تعدادی از تحقیقات کـه در سـال‌هـای اخیـر در زمینـه الگوریتم گرگ‌خاکستری انجام شده بحث گردید. گرگ‌خاکسـتری یکـی از الگـوریتم‌هـای فراابتکـاری جدید جهت حل مسائل بهینه‌سازی می‌باشد که با الهام گرفتن از زندگی گروهی گرگ‌ها و نحوه شکار آنها در طبیعت عمل می‌کند. با افزایش پیچیدگی در مسائل بهینه‌سازی این الگوریتم از سرعت پـایین همگرایی رنج می‌برد و سبب افزایش زمان محاسبات می‌گردد.جهـت بهبـود ایـن مشـکل، توسـعه ای جدید از الگوریتم جستجوی گرگ‌خاکستری را در مقالات بررسی نمودیم. الگوریتم بررسی شده ابتـدا نحوه حرکت گرگ‌ها را در فضای جستجو و سپس نحوه ترکیب همسایگی‌های تصادفی را بهبود مـی-دهد، نتایج بدست آمده نشان می‌دهد در مقایسه بـا الگـوریتم گـرگ‌خاکسـتری اسـتاندارد و چنـدین الگوریتم فراابتکاری شناخته شده‌ی دیگر، از سرعت همگرایی و پایداری بیشتری برخوردار است و می-تواند سبب کاهش زمان محاسبات گردد. بررسی تحقیقات نشان می‌دهد مسائل زیادی در ایـن زمینـه وجود دارد که پیشنهاد می‌شود تحقیقات و بررسی های بیشتری در این خصوص انجام گیرد.

فصل ۴ : ارائه روش پیشنهادی

۴-۱ مقدمه

رشد جمعیت و افزایش نیاز جوامع بشری به کالاها و خدمات، و در عین حال گسترش روحیه مصرف گرایی از یک طرف و محدود بودن ابزارهای سنتی در تامین منابع مالی مورد نیاز جهت توسعه و افزایش ظرفیت‌های تولیدی از طرف دیگر، زمینهای را فراهم کرده تا در نهایت از مکانیزم‌های جدید برای جذب منابع مالی و هدایت آن به سوی تولید استفاده شود. بورس اوراق‌بهادار به عنوان یکی از زمینه‌های سرمایه‌گذاری مالی همواره مورد توجه بسیاری از سرمایه‌گذاران بوده است، تا جایی که افراد سعی دارند اطلاعات خود را در این زمینه افزایش داده تا بتوانند به گونهای مطلوب سهام خریداری کنند و در نتیجه سرمایه‌گذاری موفقی داشته باشند. بورس از طریق جذب و به‌کار انداختن سرمایه‌های راکد حجم سرمایه‌گذاری در جامعه را بالا می‌برد. با توجه به حجم عظیم مبادلات در بازار بورس و نیز ورود و خروج سرمایه‌های کلان به این بازار، تاثیرپذیری اقتصاد ملی هر کشور از بازار بورس، بیش از پیش نمایان است. بنابراین ارائه اطلاعات درست و جامع و همچنین تجزیه و تحلیل بهتر سرمایه‌گذاران اولین قدم در موفقیت آنان در بورس اوراق بهادار خواهد بود. بازارهای بورس نه تنها از پارامترهای کلان، بلکه از هزاران عامل دیگر متأثر می‌شود. تعداد زیاد و ناشناخته بودن عوامل موثر بر بازار بورس، موجب عدم اطمینان در زمینه سرمایه‌گذاری شده است [۸۶].

روشن است که خصوصیت عدم اطمینان، امر نامطلوبی است و از طرفی برای سرمایه‌گذارانی که بازار بورس را به عنوان مکان سرمایه‌گذاری انتخاب نمودهاند این خصوصیت اجتناب‌ناپذیر است. بنابراین به طور طبیعی تمام تلاش سرمایه‌گذاران به دنبال کاهش عدم اطمینان است. با توجه به اینکه پیش‌بینی بازار بورس یکی از روش‌های کاهش عدم اطمینان است، سرمایه‌گذاران به دنبال برآورد و پیش‌بینی جریان نقدی سرمایه‌گذاری خود هستند تا بتوانند درباره‌ی ارزش سهام خود قضاوت کنند. پیش‌بینی جریان‌های نقدی نیازمند تصمیم‌گیری‌های مالی و اقتصادی بویژه سرمایه‌گذاری است.

سرمایه‌گذاری و انباشت سرمایه در تحول اقتصادی کشور نقش بسزایی داشته است. اهمیت این عامل و نقش مؤثر آن را می‌توان به وضوح درسیستم کشورهایی با نظام سرمایه‌داری مشاهده کرد. بدون‌شک

بورس یکی از مناسب‌ترین جایگاه‌ها جهت جذب سرمایه‌های کوچک و استفاده از آنها جهت رشد یک شرکت، در سطح کلان و نیز رشد شخصی فرد سرمایه‌گذار است. از آنجایی که هدف و تعریف سرمایه-گذاری، به تعویق انداختن مصرف جهت مصرف بیشتر و بهتر در آینده است؛ افراد با سرمایه‌گذاری انتظار دستیابی به سود مورد انتظار خود را دارند. بنابراین مهمترین امر در این زمینه، خرید یک سهم به قیمت پایین و فروش آن به قیمت بالاتر است. از دوران گشایش بازارهای اوراق‌بهادار همواره این فکر وجود داشته است که به کمک روشی، قیمت سهام را پیش‌بینی کنند و در این راه سخت‌افزارها و نرم‌افزارها، تحلیل‌های متفاوت مالی و مانند این‌ها ابداع شده و مورد استفاده قرارگرفت. متخصصان بازار سرمایه برای سالیان متمادی بازار را مطالعه نمودهاند و الگوهایی را فراگرفتهاند و پیش‌بینی‌ها را براساس آن انجام می‌دهند. آنها ترکیبی از تشخیص الگو و تجربه مبتنی بر مشاهده روابط علّت و معلول را بکار می‌برند. با این وجود یک قانون کلی در مورد اینکه چه اطلاعاتی مهمتر هستند، وجود ندارد. برنامه‌های نرم افزاری بسیاری نیز وجود دارند که به این تصمیم‌گیری کمک می‌کنند و به عنوان موتور پیش‌بینی، از روش‌های ریاضی؛ نظیر رگرسیون خطی و میانگین متحرک و نظایر این‌ها استفاده می‌کنند. با این وجود در روندهای مالی، اغلب شرایطی بوجود می‌آید که قوانین را به هم میریزد و پیش‌بینی را توسط روش‌های مذکور دشوار می‌سازد [۸۷].

یکی از روش‌های داده‌کاوی جهت انجام معاملات و کسب سود در بازار سرمایه استفاده از روندی در معاملات است که در آن سرمایه‌گذار چنانچه قیمت سهام به رقمی زیر قیمت میانگین معاملات برسد اقدام به خرید و چنانچه به بالای قیمت میانگین برسد اقدام به فروش می‌کند. اما در این میان یکی از مهمترین فاکتورها تعیین میزان خرید یا فروش سهام است. در واقع در این حالت کاربر با توجه به فاصله میان قیمت آخرین معامله و میانگین قیمت میزان فروش سهام را مشخص می‌کند. پس میزان فروش تأثیر بسیار زیادی بر میزان سود دریافتی از معامله سهام دارد. به نحوی که تعیین بهینه آن می‌تواند منجر به حداکثرسازی سود شود. اما در این میان تعیین بهینه میزان فروش نیاز به الگوریتم جستجو دارد. زیرا می‌توان مقادیر مختلفی برای آن در نظر گرفت از اینرو تعیین بهینه آن یک

الگوریتم جستجو است. در این پایان‌نامه ما با استفاده از یک الگوریتم جستجوی تکاملی به حل مسئله میزان فروش بهینه می‌پردازیم. رویکرد پیشنهادی شامل استفاده از الگوریتم گرگ خاکستری است در فصل گذشته به صورت مفصل در مورد این الگوریتم بحث شده است. از اینرو در ادامه روش پیشنهادی ارائه شده است.

۴-۲ روش پیشنهادی

همانطور که پیش از این بیان شد مسئله اصلی در این پایان‌نامه میزان فروش بهینه است. لازم به ذکر است که در معاملات بورس اوراق بهادار ایران، سهام هر شرکت می‌تواند نسبت به میانگین قیمت معامله شده در روز قبل (که به آن قیمت پایانی گفته می‌شود) در روز معاملاتی جاری بین ۵٪- تا ۵٪+ نوسان داشته باشد [۸۸]. از اینرو قیمت جاری یک سهم که به آن قیمت آخرین معامله گفته می‌شود می‌تواند نسبت به قیمت پایانی در ۱۱ وضعیت مختلف قرار بگیرید که عبارتست از: ۵٪+، ۴٪+،...، ۴٪-، ۵٪-. در فضای جستجوی مسئله، هدف یافتن بهترین مقدار خرید/ فروش به ازای هر یک از این ۱۱ حالت ممکن است. در واقع هدف این است که بدانیم به ازای هر یک از این ۱۱حالت چه میزان خرید/فروش انجام دهیم که میزان سود معاملات در پایان روز معاملاتی حداکثر شود. واضح است که خرید یک سهم زمانی بایستی انجام شود که قیمت آخرین معامله زیر قیمت پایانی باشد یا به عبارتی دیگر در دامنه منفی باشد و در طرف مقابل فروش بایستی زمانی انجام شود که قیمت آخرین معامله بالای قیمت پایانی باشد یا به عبارتی مثبت باشد.

در یک الگوریتم جستجوی تکاملی برای حل یک مسئله، لازم است دو مورد تعیین شود. اول موقعیت عوامل جستجو و نحوه نمایش آن و مورد بعدی تابع برازندگی است. در ادامه این شرایط با استفاده از الگوریتم گرگ‌خاکستری برای مسئله ما مدل‌سازی می‌شود.

۴-۲-۱-موقعیت گرگ‌ها

هر گرگ در الگوریتم گرگ خاکستری دارای یک موقعیت جاری می‌باشد. در واقع هر گرگ با موقعیت آن شناخته می‌شود. موقعیت هر گرگ در الگوریتم گرگ خاکستری توسط یک بردار نمایش داده می-شود. در مسئله مورد بحث این پایان‌نامه ما از یک بردار شامل ۱۱ ستون و سه سطر برای اینکار استفاده می‌کنیم. بردار موقعیت یک گرگ فرضی در جدول(۴-۱) نمایش داده شده است.

جدول(۴-۱) موقیت یک گرگ در الگوریتم پیشنهادی

+٪۵	+٪۴	+٪۳	+٪۲	+٪۱	۰	-٪۱	-٪۲	-٪۳	-٪۴	-٪۵
۲	۳	۴	۱	۵	۰	۲	۴	۰	۱	۳
۰	۱	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۰

همانطور که در جدول بالا نشان داده شده است، موقعیت یک گرگ در سطر اول شامل تمامی حالت-های ممکن برای اختلاف میان قیمت آخرین معامله و قیمت پایانی می‌باشد. این سطر ثابت و بدون تغییر است. اما سطر دوم حاوی میزان خرید/فروش سهام است. برای مثال در نمونه بالا چنانچه اختلاف میان قیمت جاری و پایانی ٪۵+ باشد، به میزان ۲ برابر میانگین حجم خرید/فروش، عمل فروش سهام انجام می‌شود یا چنانچه اختلاف میان قیمت جاری و پایانی ٪۲- باشد، ۴ برابر میانگین حجم خرید/فروش، عمل خرید سهام انجام می‌شود. اما اینکه کدام یک از حالت های خرید یا فروش انجام شود توسط سطر سوم مشخص می‌شود. در این حالت چنانچه مقدار متناظر با یک سلول برابر یک باشد به معنای موقعیت خرید و چنانچه مقدار متناظر با یک سلول مقدار صفر را نشان دهد به معنای موقعیت فروش است و بصورت تصادفی این سطر مقادیرش تغییر می‌کند. با توجه به این ساختار انواع حالت‌های مختلف قابل پیاده‌سازی است. واضح است که تفاوت گرگ‌های مختلف در

مقادیر اتخاذ شده برای آن‌ها در سطر دوم است. هر گرگ نیز با تغییری در سطر دوم خود می‌تواند موقعیت خود را به روزرسانی نماید.

۴-۲-۲-تابع برازندگی

همانطور که پیش از این بیان شد، برای استفاده از الگوریتم گرگ‌خاکستری جهت حل مسئله مورد بحث لازم است علاوه بر تعیین ساختار موقعیتی گرگ‌ها تابع برازندگی نیز معرفی شود. تابع برازندگی در یک الگوریتم تکاملی نقشی کلیدی دارد. زیرا این تابع است که مشخص می‌کند کدام یک از عوامل جستجو نسبت به دیگران جواب بهینه‌تری پیدا کرده است و سمت و سوی جستجو را مشخص می‌کند. در واقع تابع برازندگی علاوه بر تعیین سرعت همگرایی به جواب بهینه، شانس یافتن جواب بهینه را نیز تعیین می‌کند.

در این مسئله هدف حداکثرکردن میزان سود دریافتی می‌باشد. در واقع تابع برازندگی مورد نظر میزان سود دریافتی در یک روز معاملاتی می‌باشد که به ازای ۱۰۰ تکرار، الگوریتم خاتمه می‌یابد. پس با استفاده از یک مجموعه داده، که حاوی لیست معاملات انجام شده برای یک نماد در چند روز معاملاتی است هر یک از گرگ‌های خاکستری با توجه به موقعیت‌شان ارزیابی می‌شوند. در واقع با ارزیابی یک گرگ‌خاکستری مشخص می‌شود که استراتژی معاملاتی در نظر گرفته شده توسط گرگ به چه میزان سودآوری خواهد داشت. درواقع این میزان سودآوری است که مشخص می‌کند، یک گرگ نسبت به دیگر گرگ‌ها تا چه اندازه استراتژی بهتر یا بدتری را پیشنهاد داده است.

۴-۲-۳- جستجوی فضای مسئله

یافتن بهترین استراتژی معاملاتی یک موضوع جستجو است. الگوریتم گرگ‌خاکستری در رویکرد پیشنهادی مسئولیت جستجو را بر عهده دارد. در این بخش ابتدا نگاهی خواهیم داشت به فلوچارت روش پیشنهادی سپس هر یک از مراحل این الگوریتم تشریح خواهد شد. فلوچارت روش پیشنهادی در شکل (۴-۱) مشخص شده است. همانطور که در این شکل مشخص است در گام اول از روش

پیشنهادی داده‌هایی حاوی اطلاعات از گذشته معاملات بورس به سیستم وارد می‌شود. سپس الگوریتم پیشنهادی به مقداردهی اولیه می‌پردازد. در این گام هر یک از گرگ‌ها یک استراتژی معاملاتی را مشخص می‌کند. این کار توسط موقعیت گرگ‌ها همانطور که در جدول(۴-۱) ارائه شده، مشخص می‌شود. پس از مشخص کردن موقعیت اولیه هر یک از گرگ‌ها، با استفاده از مجموعه داده-های دریافتی در گام اول میزان سود به دست آمده هر استراتژی معاملاتی هر یک از گرگ‌ها محاسبه شده و به عنوان برازندگی گرگ مذکور تعیین می‌شود. در گام بعدی با توجه به برازندگی هر یک از گرگ‌ها، گرگ‌های آلفا، بتا، گاما و دلتا تعیین می‌شوند. در مرحله بعدی هر یک از گرگ‌ها تلاش می-کند با استفاده از معادلات ذکر شده در الگوریتم گرگ‌خاکستری که در فصل قبل به آن اشاره شد، موقعیت خود را با توجه به موقعیت گرگ‌های آلفا، بتا، دلتا و گاما به‌روزرسانی کند. در این مرحله چنانچه شرط خاتمه الگوریتم رسیده باشد الگوریتم خاتمه یافته و گرگ آلفا به عنوان برترین استراتژی معاملاتی و همچنین خروجی الگوریتم تعیین می شود. چنانچه الگوریتم پیشنهادی به شرط خاتمه خود نرسیده باشد، فرآیند با ارزیابی موقعیت جدید گرگ‌ها و همچنین تعیین گرگ‌های آلفا، بتا، دلتا و گاما ادامه می‌یابد.

شکل(۴-۱)فلوچارت روش پیشنهادی

۴-۳ نتیجه‌گیری

در این فصل از پایان‌نامه به تشریح رویکرد پیشنهادی به منظور خرید/فروش سهام با هدف کسب سود با استفاده از الگوریتم گرگ‌خاکستری پرداختیم. برای این منظور رویکرد پیشنهادی به صورت کامل مورد بررسی قرار گرفت. در فصل آتی نیز به بررسی و ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی و مقایسه آن خواهیم پرداخت.

فصل ۵ : نتایج و آزمایشات

۵-۱ مقدمه

در این فصل به ارائه نتایج آزمایشات صورت گرفته بر روی روش پیشنهادی خواهیم پرداخت. به منظور مقایسه عملکرد روش پیشنهادی، روشی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک به همراه روش پیشنهادی پیاده‌سازی شده و نتایج آن نیز در کنار نتایج روش پیشنهادی قرار داده شده است. در نتایج این بخش، روش پیشنهادی با عنوان الگوریتم گرگ‌خاکستری و روش مورد مقایسه با عنوان الگوریتم ژنتیک بیان شده است. در ادامه به بررسی شرایط انجام آزمایشات، معیارهای ارزیابی، مجموعه داده‌ها و همچنین نتایج بدست آمده و تحلیل این نتایج می‌پردازیم.

۵-۲ شرایط آزمایشات

آزمایشات در محیطی با شرایط ذکر شده در جدول(۵-۱) انجام شده است.

جدول(۵-۱): مشخصات سیستم آزمایشات

آیتم	مشخصات
پردازنده	**Intel® Core ™ 2 Due CPU T6570 @ 2.10 GHz 2.10 GHz**
حافظه	**32 GB**
سیستم عامل	**Microsoft Windows 10 Ultimate**
زبان و محیط برنامه نویسی	**Java-Eclipse**

۵-۳ مجموعه داده

همانطور که پیش از این بیان شد مجموعه داده مورد استفاده شامل اطلاعات معاملات گذشته بر روی یک سهام است. جدول(۵-۲) بخشی از این مجموعه داده را نشان می‌دهد. همانطور که در این جدول مشخص است هر سطر این مجموعه داده حاوی اطلاعاتی از جمله تاریخ انجام معامله، اولین معامله، بالاترین قیمت، پایین‌ترین قیمت، میانگین قیمت، ارزش معاملات روز، حجم معاملات روز، آخرین معامله روز و غیره می‌باشد. این مجموعه داده شامل اطلاعات ۴۵۰روز معاملاتی نماد مورد بررسی

است، در واقع مجموعه داده مورد استفاده برای چندین ماه گذشته بر روی نمادهای معاملاتی شرکت-ها می‌باشد.

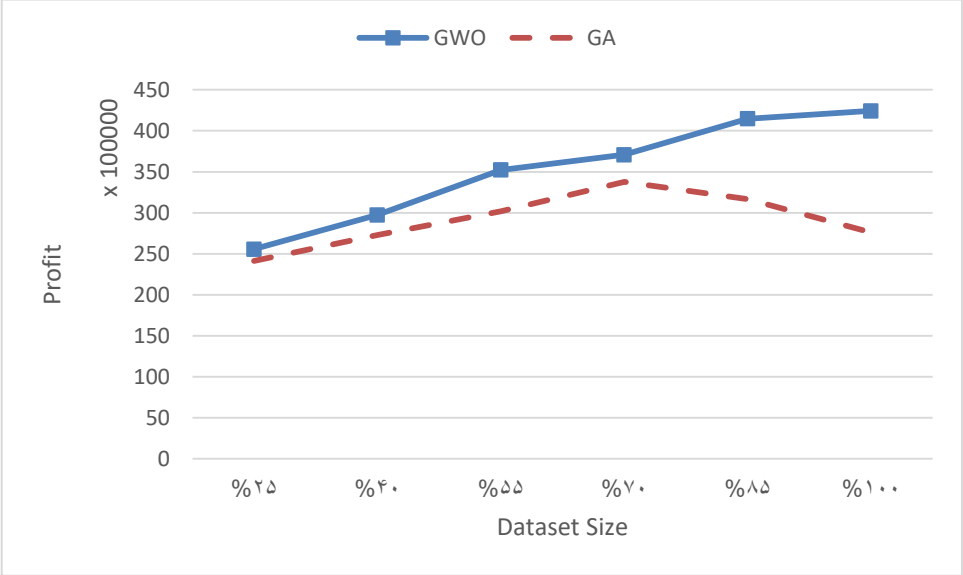
جدول (۵-۲) مجموعه داده

نماد شرکت	تاریخ معاملات	اولین قیمت	بالاترین قیمت	کمترین قیمت	میانگین قیمت	ارزش معاملات	حجم معاملات	آخرین معامله
Parsian.Bank	2019/01/30	1130	1160	1127	1146	6161798976	5366199	1149
Parsian.Bank	2019/02/02	1141	1150	1100	1133	4818251745	4303088	1110
Parsian.Bank	2019/02/03	1107	1110	1077	1081	1.3145E+10	12158592	1087
Parsian.Bank	2019/02/04	1090	1099	1050	1069	8856769683	8287839	1050
Parsian.Bank	2019/02/05	1057	1090	1057	1074	8376934436	7792313	1075
Parsian.Bank	2019/02/06	1077	1077	1060	1071	1.013E+10	9456065	1068
Parsian.Bank	2019/02/10	1068	1080	1050	1066	9127959143	8563119	1056
Parsian.Bank	2019/02/12	1065	1075	1040	1062	7267445985	6853233	1048
Parsian.Bank	2019/02/13	1054	1070	1045	1060	8904553874	8405989	1059
Parsian.Bank	2019/02/16	1060	1064	1040	1055	8692740503	8248620	1048

۵-۴ نتایج ارزیابی

در این بخش جهت انجام ارزیابی‌ها و بررسی نتایج ۳سناریوی مختلف در نظر گرفته شده است. در سناریوی اول به بررسی نقش اندازه مجموعه داده بر روی کیفیت هر یک از الگوریتم‌ها پرداخته شده است. برای این منظور ابتدا مجموعه داده به بخش‌های مختلفی تقسیم شده است. در واقع ابتدا تنها ۲۵ درصد از مجموعه داده برای انجام ارزیابی‌ها لحاظ شده است و هر یک از روش‌های مورد مقایسه با استفاده از این اندازه مجموعه داده به تعیین بهترین استراتژی معاملاتی پرداختهاند. سپس بهترین استراتژی معاملاتی معرفی شده توسط هر یک از روش‌های مورد مقایسه برای انجام معاملات استفاده شده و میزان سود به دست آمده است. در مرحله بعد اندازه مجموعه داده به ۴۰ درصد افزایش یافته است و معاملات بر اساس بهترین استراتژی معاملاتی معرفی شده توسط روش‌های مورد مقایسه ادامه

یافته است. این روند تا زمانی که اندازه مجموعه داده به ٪۱۰۰ افزایش بیابد، ادامه یافته است. نتایج هر یک از روش‌های مورد مقایسه در شکل(۵-۱) با یکدیگر مقایسه شده است. علاوه بر این در جدول(۵-۳) نیز میزان بهبود روش پیشنهادی نسبت به روش مورد مقایسه به صورت درصد بیان شده است.



شکل(۵-۱)مقایسه سود بدست آمده به ازای اندازه مجموعه داده

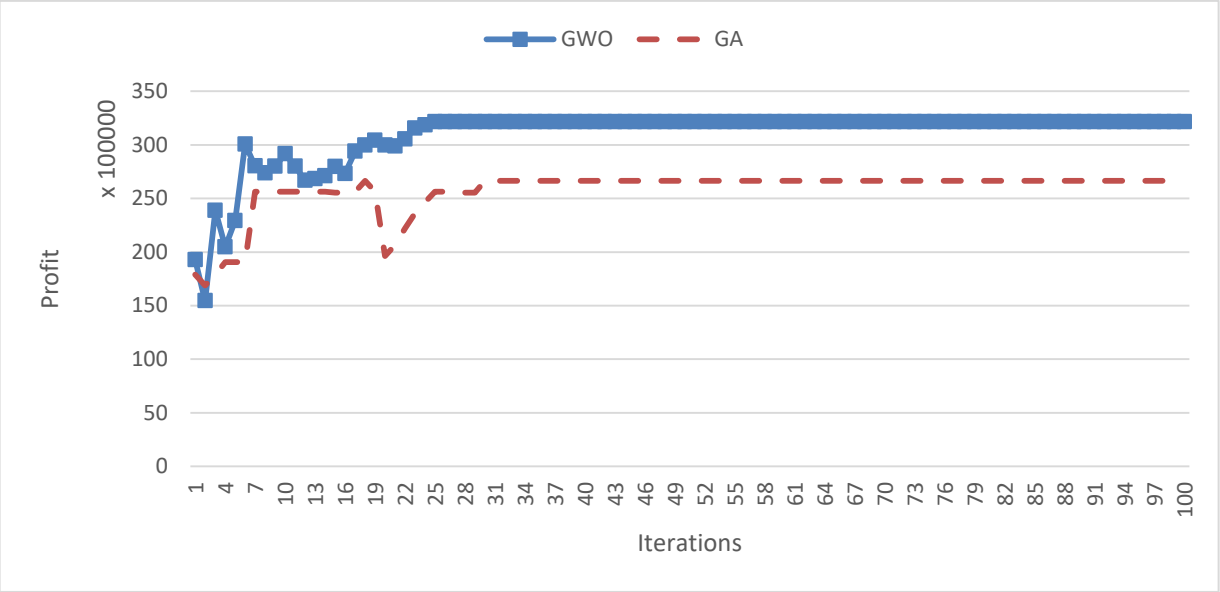
جدول(۵-۳) میزان بهبود روش پیشنهادی در مقابل روش مورد مقایسه

Dataset Size	25%	40%	55%	70%	85%	100%
Improvement (%)	15	9	13	10	25	52

همان‌طور که در شکل(۵-۱) مشخص شده است، رویکرد پیشنهادی که مبتنی بر الگوریتم گرگ - خاکستری می‌باشد، با افزایش اندازه مجموعه داده میزان سود بیشتری را نصیب معامله‌گران کرده است. در واقع استراتژی معاملاتی رویکرد پیشنهادی با افزایش اندازه مجموعه داده رشد کرده است. این بدان مفهوم است که استراتژی پیشنهادی با گذشت زمان سود بیشتری را نصیب معامله‌گران می‌کند در حالی که در روش مورد مقایسه پس از گذشت اندازه مجموعه داده از ۷۰ درصد میزان سود به

دست آمده کاهش یافته است، هر چقدر مجموعه داده بزرگتر شود پیچیدگی آن افزایش پیدا می‌کند، در نتیجه روش GA نمی‌تواند با این میزان پیچیدگی مقابله کند و نزولی می‌شود، پس این روش انعطاف‌پذیری بالایی ندارد. از این رو نمی‌توان به استراتژی ارائه شده توسط آن اعتماد کرد زیرا ممکن است در ادامه باعث زیان سرمایه‌گذاران شود. در واقع این آزمایش نشان می‌دهد که مقیاس‌پذیری روش پیشنهادی به مراتب از روش مورد مقایسه بیشتر بوده و در نتیجه می‌توان از آن برای انجام معاملات در هر بازه زمانی استفاده کرد.

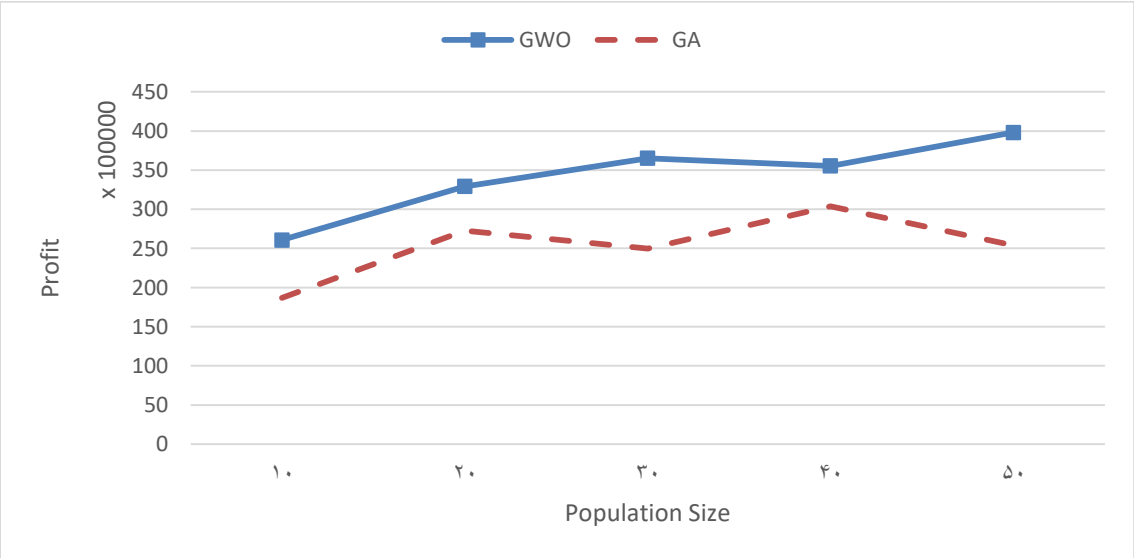
دومین سناریوی مورد بررسی در ارزیابی‌ها جهت تعیین سرعت همگرایی هر یک از روش‌های مورد بررسی است. در الگوریتم‌های تکاملی تعداد نسل یا به عبارتی تعداد تکرار الگوریتم می‌تواند متفاوت باشد. در واقع با توجه به مسئله مورد بررسی یک الگوریتم می تواند با تعداد کمتری از نسل‌ها به نتیجه نهایی همگرا شود در همان حال الگوریتم دیگری ممکن است است نیاز به تعداد تکرار بیشتری داشته باشد. واضح است الگوریتمی که در تعداد نسل کمتری به جواب نهایی همگرا شود دارای برتری است. در واقع چنانچه الگوریتمی با تعداد تکرار کمتری بتواند نتایج مشابه با الگوریتم دیگری را که تعداد تکرار بیشتری نیاز دارد ارائه دهد در اصطلاح گفته می‌شود سریعتر همگرا شده است و همگرایی سریعتر به معنای یافتن جواب در تعداد نسل کمتر و در واقع زمان کمتر است. روش‌هایی که سریعتر به جواب همگرا می‌شوند علاوه بر حفظ کیفیت جواب ها نیاز به پردازش کمتری دارند. شکل(۵-۲) حاوی نتایج بدست آمده از ۱۰۰ تکرار هر یک از الگوریتم‌های مورد مقایسه است.



شکل (۵-۲)مقایسه سود بدست آمده به ازای تعداد تکرار

هر آزمایش۵ بار انجام شده است، همانطور که در نتایج این شکل مشخص است رویکرد پیشنهادی توانسته است به میزان سود بالاتری نسبت به روش مورد مقایسه دست یابد. نگاهی دقیق‌تر به این نمودار به ما نشان می‌دهد که روش پیشنهادی علاوه بر دستیابی به سود بالاتر همگرایی سریع تری نیز داشته است است. در واقع روش پیشنهادی توانسته است پس از تقریباً ۲۵ تکرار به جواب نهایی همگرا شود این در حالی است که روش مورد مقایسه برای همگرایی تقریبا به ۳۰ تکرار نیاز داشته است. در نتیجه روش پیشنهادی همگرایی سریع تری به جواب داشته است. علاوه بر این از قدرت جستجوی بالاتری برخوردار بوده است زیرا توانسته است در فضای جستجو نتیجه بهتری را پیدا کند. در واقع می‌توان گفت که روش مورد مقایسه در یک جواب محلی گیرافتاده است زیرا جواب بهتری برای جستجو وجود داشته است اما روش مورد مقایسه نتوانسته است به آن جواب همگرا شود. اما روش پیشنهادی ضمن فرار از بهینه محلی توانسته است جواب بهتری را به دست آورد. بهینه‌های محلی در واقع جواب‌هایی هستند که علیرغم مطلوب بودن نسبت به نقاط همسایه، اما در فضای جستجوی بزرگتر بهینه محسوب نمی‌شوند.

سومین سناریوی مورد بررسی برای ارزیابی‌ها شامل بررسی تعداد جمعیت در هر یک از روش‌های مورد مقایسه در مقابل میزان سود به دست آمده از انجام معاملات است. در واقع در این سناریو به دنبال جواب این سوال هستیم که تغییر در تعداد اعضای جمعیت الگوریتم‌های تکاملی مورد بررسی چه تاثیری در استراتژی اتخاذ شده برای انجام معاملات دارد؟ از اینرو در این آزمایش با تغییر تعداد اعضای جمعیت هر یک از روش‌های مورد مقایسه و بررسی سود به دست آمده از استراتژی کشف شده توسط آن الگوریتم و در نتیجه بررسی تاثیر تعداد اعضای جمعیت داریم. مطمئناً استفاده از یک جمعیت بزرگتر بایستی قابلیت جستجوی بالاتری به یک الگوریتم تکاملی بدهد. در واقع انتظار داریم که با افزایش اندازه جمعیت و در نتیجه افزایش عامل های جستجو، جستجوی قوی‌تر و در نتیجه نتایج بهتری را داشته باشیم. علاوه بر این انتظار می‌رود با افزایش اندازه جمعیت احتمال گیرافتادن در بهینه‌های محلی نیز کاهش پیدا کند. زیرا یک الگوریتم تکاملی مطلوب باید تلاش کند با افزایش اندازه جمعیت ضمن جستجوی گسترده‌تر تنوع جستجو را نیز بهبود بخشد تا بدین وسیله از بهینه-های محلی فرار کند. شکل(۵-۳) نتایج انجام این سناریو را به ازای تعداد اعضای جمعیت بین ۱۰ تا ۵۰ را نشان می‌دهد.



شکل (۵-۳) مقایسه سود بدست آمده به ازای اندازه جمعیت

همانند سناریوی اول در جدول(۵-۴) میزان بهبود روش پیشنهادی در مقایسه با روش مبتنی بر الگوریتم ژنتیک نشان داده شده است.

جدول (۵-۴) میزان بهبود روش پیشنهادی در مقابل روش مورد مقایسه

Population Size	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**
Improvement (%)	34	22	48	21	51

نتایج ارائه شده در شکل(۵-۳) حاکی از این نکته است، که روش پیشنهادی با افزایش جمعیت توانسته است استراتژی‌های معاملاتی بهتری را کشف کند. این موضوع از قبل قابل پیش‌بینی بود. زیرا با افزایش تعداد جمعیت ناحیه‌ی جستجوی بیشتری تحت پوشش قرار گرفته و در نتیجه انتظار می رود نتایج بهتری نیز به‌دست آید. اما در طرف مقابل روش مورد مقایسه نتوانسته است به این چنین نتایجی دست پیدا کند. در واقع روش مورد مقایسه با افزایش اندازه جمعیت در برخی موارد تنها افزایش سودآوری را شامل نمی‌شود بلکه باعث کاهش سود شده است. این موضوع نشان دهنده‌گیر افتادن در بهینه‌های محلی است. در حالی که در روش پیشنهادی این مشکل وجود ندارد. علاوه بر این به جای تمامی بازه‌ی اندازه جمعیت مورد بررسی روش پیشنهادی توانسته است استراتژی بهتری را اتخاذ و در نتیجه سود معاملات را افزایش دهد. از این رو به ازای تک تک ارزیابی ها و اندازه جمعیت-های یکسان باز هم روش پیشنهادی نتایج بهتری را نشان داده است.

۵-۵ جمع‌بندی

در این فصل ارزیابی روش پیشنهادی انجام شد. برای ارزیابی روش پیشنهادی به کمک زبان برنامه - نویسی جاوا پیاده سازی شد و برای مقایسه عملکرد، روشی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک نیز در کنار روش پیشنهادی پیاده‌سازی شد و نتایج آن نیز ارائه شد. در فصل بعد جمع‌بندی این پایان‌نامه به همراه ارائه ایده‌هایی جهت ادامه‌کار در این زمینه ارائه خواهد شد.

فصل ۶: نتیجه‌گیری

۶-۱ نتیجه‌گیری

بازارهای مالی همواره یکی از مهمترین موضوعات در هر اقتصادی باشد. در واقع بورس نمایانگر میـزان پویایی و رشد یک اقتصاد است. همواره معامله‌گران زیادی به امید کسب سـود وارد معـاملات در ایـن بازارها می‌شوند. اما تاکنون به دلیل پیچیدگی‌های بسیار زیاد این بازارها رویکردی مطلـق بـه منظـور کشف سود از این بازارها ارائه نشده است. از این رو محققان بسیار زیـادی بـا انـواع روش‌هـا از جملـه تحلیل‌های تکنیکال[1] یا بنیادی[2] به دنبال ارائه رویکردهایی به منظور کشف سـودهای مطلـوب از ایـن بازارها بودهاند. تمامی روش‌هایی که در این بازارها ارائه شدهاند سعی در ایجـاد اسـتراتژی معـاملاتی دارند به نحوی که بتواند سود حداکثر را نصیب معامله‌گران کند. اما فضای جستجوی بسیار پیچیدهای که در این معاملات وجود دارد مانع از آن شده است که تاکنون رویکردی بهینه ارائه شود.

در این پایان‌نامه به منظور جستجوی یک استراتژی موفق برای انجام معاملات در بـازار بـورس ایـران رویکردی مبتنی بر الگوریتم گرگ‌خاکستری ارائه شده اسـت. رویکـرد پیشـنهادی تـلاش دارد تـا بـا استفاده از این الگوریتم جستجو، بهترین استراتژی ممکن برای انجـام معـاملات را پیشـنهاد دهـد. در واقع روش پیشنهادی به دنبال استراتژی است که در آن با توجه به گذشته یک سـهم بهتـرین زمـان خرید و فروش سهام را ارائه دهد. این روش با توجه به قیمت آخرین معامله و همچنین قیمت پایـانی سعی در ارائه استراتژیکی دارد که به معامله‌گر بگوید چه زمانی وارد یـک معاملـه و چـه زمـانی از آن خارج شود. رویکرد پیشنهادی، الگوریتم گرگ خاکستری را به نحوی تنظیم می‌کند که در یک فضای جستجو شامل ۱۱ مقدار مختلف که نشان دهنده فاصله بین -۵ تا +۵ قیمت سهام می‌باشد و بهتـرین زمان خرید و فروش را پیشنهاد می‌دهد. در این الگوریتم ارائه شده برای موقعیت گرگ‌ها از یک بـردار با ۲ سطر و ۱۱ ستون استفاده شده است. سطر اول این بردار نشان‌دهنده میـزان خریـد یـا فـروش و سطر دوم نیز نشان‌دهنده موقعیت خرید یا فروش می‌باشد. الگوریتم گرگ‌خاکستری موقعیت گرگ‌هـا

[1] Technical
[2] Fundamental

را با استفاده از این ساختار تعیین کرده و آن را به عنوان یک استراتژی معـاملاتی در نظـر مـی‌گیـرد. میزان سود به دست آمده از هر استراتژی به عنوان تابع برازندگی عمل می‌کند. واضح است که هـدف به حداکثر رساندن سود است.

جهت انجام ارزیابی‌ها رویکرد پیشنهادی به همراه روش مورد مقایسه که مبتنی بر الگوریتم ژنتیک می‌باشد با استفاده از زبان جاوا پیاده سازی شده است. علاوه بر این مجموعه داده ای حاوی روند معاملات ۴۵۰ روز گذشته یک سهام از بازار ایران برای ارزیابی‌ها استفاده شده است. نتایج ارزیابی‌ها در قالب سه سناریو مختلف ارائه شده است. در سناریوی اول به بررسی تاثیر سود به دست آمده به ازای اندازه مجموعه داده پرداخته شد. نتایج این سناریو نشان می‌دهد که روش پیشنهادی بین ۹٪ الی ۵۲٪ بهبود را نسبت به روش مورد مقایسه بدست آورده است. در سناریوی دوم نیز تاثیر تعداد تکرار هر یک از الگوریتم‌های مورد مقایسه به منظور کسب سود در نظر گرفته شد. سناریوی سوم نیز به بررسی اثر تعداد جمعیت بر روی عملکرد روش‌های مورد مقایسه بررسی شد. در این سناریو نیز روش پیشنهادی بین ۲۱٪ تا ۵۱٪ بهبود را نسبت به روش پایه نشان می‌دهد. نتایج این بررسی‌ها نشان می دهد که رویکرد پیشنهادی توانسته است به ازای تمامی سناریوهای مورد بررسی عملکرد به مراتب بهتری را نسبت به روش مورد مقایسه نشان دهد.

۶-۲ کارهای آینده

همانطور که پیش از این بیان شد، به دلیل پیچیدگی بسیار بالای بازارهـای مـالی تـاکنون اسـتراتژی مطلقی به منظور کسب سود در این بازارها ارائه نشده است. از این رو محققین علاقمند می توانند بـه تحقیق در این زمینه بپردازند. نتایج امیدوارکننده ارائه شده در این پایان‌نامه نشان می‌دهد که استفاده از الگوریتم‌های تکاملی به منظور جستجوی استراتژی می‌تواند نتایج قابل قبولی را ارائـه دهـد. مـا بـه محققین علاقمند پیشنهاد می‌کنیم تا به کشف استراتژی‌های معاملاتی بـا اسـتفاده از الگـوریتم‌هـای

تکاملی جدیدی از جمله کرم شب تاب[1]، جستجوی هارمونی، الگوریتم خفاش و غیره بپردازند. علاوه بر این به نظر می‌رسد ترکیب این روش‌ها با روش‌های خوشه‌بندی که باعث می‌شود تا سهام‌های مشابه در یک دسته قرار گیرند می‌تواند استراتژی‌های بهتری را ارائه دهند.

[1] Fir fly

مراجع

[1] Mirjalili, Seyedali, Seyed Mohammad Mirjalili, and Andrew Lewis. "Grey wolf optimizer." Advances in engineering software 69 (2014): 46-61.

[2] Chung, Hyejung, and Kyung-shik Shin. "Genetic algorithm-optimized multi-channel convolutional neural network for stock market prediction." Neural Computing and Applications 32.12 (2020): 7897-7914.

[3] Thakkar, Ankit, and Kinjal Chaudhari. "A comprehensive survey on portfolio optimization, stock price and trend prediction using particle swarm optimization." Archives of Computational Methods in Engineering (2020): 1-32.

[4] 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.

[5] 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. .(٥-١IEEE.

[6] Ticknor, J. L. (2013). A Bayesian regularized artificial neural network for stock market forecasting. Expert Systems with Applications, 40(14), 5501-5506.

[7] Wang, L., Wang, Z., Zhao, S., & Tan, S. (2015). Stock market trend prediction using dynamical Bayesian factor graph. Expert Systems with Applications, 42(15), 6267.٦٢٧٥-

[8] 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.

[9] Hassan, M. R., & Nath, B. (2005, September). Stock market forecasting using

[10] Zhang, D., & Zhang, X. (2009). Study on forecasting the stock market trend based on stochastic analysis method. International Journal of Business and Management, .١٦٣,(٦)٤

[11] Landauskas, M., & Valakevicius, E. (2011). Modelling of Stock Prices by Markov Chain Monte Carlo Method. Intelektine Ekonomika, (2).

[12] 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).

[13] Lee, J., & Shin, M. (2009). Stock Forecasting using Hidden Markov Processes. Ht tp://cs229. stanford. edu/proj2009/ShinLee. pdf.

[14] Turner, C. M., Startz, R., & Nelson, C. R. (1989). A Markov model of hetero skedasticity, risk, and learning in the stock market. Journal of Financial Economics, 25(1), 3-22.
[15] Ananthi, M., and K. Vijayakumar. "Stock market analysis using candlestick regression and market trend prediction (CKRM)." Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing (2020): 1-8.
[16] Lin CS, Chiu SH, Lin TY (2012) Empirical mode decomposition-based least squares support vector regression for foreign exchange rate forecasting. Econ Model 29(6):2583–2590
[17] Lam M (2004) Neural network techniques for financial performance prediction: integrating fundamental and technical analysis. Decis Support Syst 37(4):567–581
[18] Murphy JJ (1999) Technical analysis of the financial markets. New York Institute of Finance, New York
[19] Miao K, Chen F, Zhao ZG (2007) Stock price forecast based on bacterial colony RBF neural network. J Qingdao Univ (Nat SciEd) 2(11):2–11
[20] Haleh H, Moghaddam BA, Ebrahimijam S (2011) A new approach to forecasting stock price with EKF data fusion. Int JTrade Econ Finance 2(2):109–114
[21] Wang JZ, Wang JJ, Zhang ZG, Guo SP (2011) Forecasting stock indices with back propagation neural network. Expert Syst Appl ۱۴۳۵۵–۱۴۳۴۶:(۱۱)۳۸
[22] Box GE, Jenkins GM, Reinsel GC, Ljung GM (2015) Time series analysis: forecasting and control. Wiley, New York
[23] Kumar D, Murugan S (2013) Performance analysis of Indian stock market index using neural network time series model. In: International conference on pattern recognition, informatics and mobile engineering. IEEE, pp 72–78
[24] Si YW, Yin J (2013) OBST-based segmentation approach to financial time series. Eng Appl Artif Intell 26(10):2581–2596
[25] Adebiyi AA, Ayo CK, Adebiyi MO, Otokiti SO (2012) Stock price prediction using neural network with hybridized market indicators. J Emerg Trends Comput Inf Sci 3(1):1-9
[26] Cortes C, Vapnik V (1995) Support-vector networks. Mach Learn ۲۹۷–۲۷۳:(۳)۲۰
[27] Bone R, Crucianu M (2002) Multi-step-ahead prediction with neural networks: a review. 9emes rencontres internationales: Approches Connexionnistes en Sciences 2:97–106
[28] Atsalakis S, Valavanis KP (2009) Surveying stock market forecasting techniques—part II: soft computing methods. Expert Syst Appl 36(3):5932–5941
[29] Cavalcante RC, Brasileiro RC, Souza VL, Nobrega JP, Oliveira AL (2016) Computational intelligence and financial markets: a survey and future directions. Expert Syst Appl 55:194–211

[30] Nikfarjam A, Emadzadeh E, Muthaiyah S (2010) Text mining approaches for stock market prediction. In: International conference on computer and automation engineering. IEEE, pp ۲۶۰–۲۵۶
[31] Li Y, Ma W (2010) Applications of artifcial neural networks in fnancial economics: a survey. In: International symposium on computational intelligence and design. IEEE, pp 211–214
[32] Rivera RA, Rendón MV, Ortiz JR (2015) Genetic algorithms and Darwinian approaches in fnancial applications: a survey.Expert Syst Appl 42(21):7684–7697
[33] Agrawal JG, Chourasia VS, Mittra AK (2013) State-of-the-art in stock prediction techniques. Int J Adv Res Electr Electron Instrum Eng 2(4):1360–1366
[34] Kumar BS, Ravi V (2016) A survey of the applications of text mining in fnancial domain. Knowl Based Syst 114:128–147
[35] Soni S (2011) Applications of ANNs in stock market prediction: a survey. Int J Comput Sci Eng Technol 2(3):71–83
[36] Border J, Evan JH (2014) Stock market for beginners. CreateSpace Independent Publishing Platform, Scotts Valley
[37] .Setty DV, Rangaswamy TM, Subramanya KN (2010) A review on data mining applications to the performance of stock marketing. Int J Comput Appl 1(3):24–34
[38] Kumar, Gourav & Jain, Sanjeev & Singh, Dr. Uday. (2020). Stock Market Forecasting Using Computational Intelligence: A Survey. Archives of Computational Methods in Engineering. 10.1007/s11831-020-09413-5.
[39] Chandra A, Thenmozhi M (2015) On asymmetric relationship of India volatility index (India VIX) with stock market return and risk management. Decision 42(1):33–55
[40] https://www.investopedia.com/terms/t/totalreturn.asp
[41] https://www.investopedia.com/terms/a/averagereturn.asp
[42] Brockwell PJ, Davis RA, Calder MV (2002) Introduction to time series and forecasting. Springer, Berlin
[43] Metcalfe AV, Cowpertwait PS (2009) Introductory time series with R. Springer, Berlin, pp 2–5
[44] Leigh W, Purvis R, Ragusa JM (2002) Forecasting the NYSE composite index with technical analysis, pattern recognizer, neural network, and genetic algorithm: a case study in romantic decision support. Decis Support Syst 32(4):361–377
[45] Tsinaslanidis PE, Kugiumtzis D (2014) A prediction scheme using perceptually important points and dynamic time warping. Expert Syst Appl 41(6):848–860
[46] Ibrahim D (2016) An overview of soft computing. Procedia Comput Sci 102:34–38

[47] Teixeira LA, Oliveira A (2010) A method for automatic stock trading combining technical analysis and nearest neighbor classifcation. Expert Syst Appl 37(10):6885–6890

[48] Tsinaslanidis PE, Kugiumtzis D (2014) A prediction scheme using perceptually important points and dynamic time warping. Expert Syst Appl 41:6848–6860

[49] Alpaydin, Ethem. Introduction to machine learning. MIT press, 2020.

[50] Han J, Pei J, Kamber M (2011) Data mining: concepts and techniques. Elsevier, Amsterdam, p 30 140.

[51] Azadeh A, Saberi M, Ghaderi S, Gitiforouz A, Ebrahimipour V (2008) Improved estimation of electricity demand function by integration of fuzzy system and data mining approach. Energy Convers Manag 49(8):2165–2177

[52] Asadi S, Hadavandi E, Mehmanpazir F, Nakhostin MM (2012) Hybridization of evolutionary Levenberg–Marquardt neural networks and data pre-processing for stock market prediction. Knowl Based Syst 35:245–258

[53] Yu L, Liu H (2003) Feature selection for high-dimensional data: a fast correlation-based flter solution. In: Proceedings of the 20th international conference on machine learning, pp 856–863

[54] Lee MC (2009) Using support vector machine with a hybrid feature selection method to the stock trend prediction. Expert Syst Appl 36(8):10896–10904.

[55] Tay FE, Cao L (2001) Application of support vector machines in fnancial time series forecasting. Omega 29(4):309–317

[56] Guresen E, Gulgun K, Daim TU (2011) Using artifcial neural network models in stock market index prediction. Expert Syst Appl 38(8):10389–10397

[57] Liu F, Wang J (2012) Fluctuation predictions of stock market index by Legendre neural network with random time strength function. Neurocomputing 83:12–21

[58] Kara Y, Boyacioglu MA, Baykan OK (2011) Predicting direction of stock price index movement using artifcial neural networks and support vector machines: the sample of the Istanbul Stock Exchange. Expert Syst Appl 38(5):5311–5319

[59] Hadavandi E, Shavandi H, Ghanbari A (2010) Integration of genetic fuzzy systems and artifcial neural networks for stock price forecasting. Knowl Based Syst 23:800–808

[60] Chien YWC, Chen YL (2010) Mining associative classifcation rules with stock trading data-A GA-based method. Knowl Based Syst 23:605–614

[61] Lee YS, Tong LI (2011) Forecasting time series using a methodology based on autoregressive integrated moving average and genetic programming. Knowl Based Syst 24(1):66–72

[62] Cheng C, Xu W, Wang J (2012) A comparison of ensemble methods in fnancial market prediction. In: 2012 Fifth international joint conference on computational sciences and optimization. IEEE, pp 755–759
[63] Reza H, Shahrabi J, Hadavandi E (2015) A bat-neural network multi-agent system (BNNMAS) for stock price prediction: case study of DAX stock price. Appl Soft Comput 29:196–210
[64] Patel J, Shah S, Thakkar P, Kotecha K (2015) Predicting stock market index using fusion of machine learning techniques. Expert Syst Appl 42(4):2162–2172
[65] Nayak SC, Misra BB, Behera HS (2017) Artifcial chemical reaction optimization of neural networks for efcient prediction of stock market indices. Ain Shams Eng J 8(3):371–390
[66] Khan K, Sahai A (2012) A comparison of BA, GA, PSO, BP and LM for training feed forward neural networks in e-learning context. Int J Intell Syst Appl 4(7):23–29
[67] Hassan MR, Nath B, Kirley M (2007) A fusion model of HMM, ANN and GA for stock market forecasting. Expert Syst Appl 33(1):171–180
[68] Ferreira TAE, Germano CV, Adeodato PJL (2008) A new intelligent system methodology for time series forecasting with artifcial neural networks. Neural Process Lett 28(2):113–129
[69] Chung H, Shin KS (2018) Genetic algorithm-optimized long short-term memory network for stock market prediction. Sustainability 10(10):1–18
[70] Rezaee MJ, Jozmaleki M, Valipour M (2018) Integrating dynamic fuzzy C-means, data envelopment analysis and artifcial neural network to online prediction performance of companies in stock exchange. Phys A 489:78–93
[71] Yolcu OC, Alpaslan F (2018) Prediction of TAIEX based on hybrid fuzzy time series model with single optimization process. Appl Soft Comput 66:18–33
[72] Rajab S, Sharma V (2019) An interpretable neuro-fuzzy approach to stock price forecasting. Soft Comput 23(3):921–936
[73] Brasileiro RC, Souza VL, Fernandes B, Oliveira AL (2013) Automatic method for stock trading combining technical analysis and the Artifcial Bee Colony Algorithm. In: IEEE congress on evolutionary computation. IEEE, pp 1810–1817
[74] Kazem A, Sharif E, Hussain FK, Saberi M, Hussain OK (2013) Support vector regression with chaos-based frefy algorithm for stock market price forecasting. Appl Soft Comput 13(2):947–958
[75] Zhang J, Teng YF, Chen W (2019) Support vector regression with modifed frefy algorithm for stock price forecasting. Appl Intell 49(5):1658–1674
[76] Beni, Gerardo, and Jing Wang. "Swarm intelligence in cellular robotic systems." Robots and biological systems: towards a new bionics?. Springer, Berlin, Heidelberg, 1993. 703-712.

[77] Mirjalili, Seyedali, Seyed Mohammad Mirjalili, and Andrew Lewis. "Grey wolf optimizer." Advances in engineering software 69 (2014): 46-61.

[۷۸]حسین علی اکبری، جوادسرور، مصطفی خرمی زاده ." بکارگیری روش ترکیبی شبکه عصبی - GAGWO در پیش بینی بازده سهام" ۱۵-۱

[۷۹]احسان زارع، فرهاد حمیدی، امین راحتی. " الگوریتم گرگ خاکستری بهبودیافته" ۱-۲۰-

[۸۰]مجتبی واسو جویباری، حسن رضایی. " یک الگوریتم بهینه سازی گرگ خاکستری باینری –v شکل برای انتخاب ویژگی " ۱۰-۱-

[۸۱]سید محمدرضا موسوی، محمد خویشه، محمدجواد قلندری، ابوالفضل غمگسار. " دسته بندی دادگان سونار با استفاده از الگوریتم بهینه ساز گرگ خاکستری"

[82] Emary, Eid, Hossam M. Zawbaa, and Aboul Ella Hassanien. "Binary grey wolf optimization approaches for feature selection." Neurocomputing 172 (2016): 371-381.

[۸۳]بشارت نیا ف. و طالب پور ع. و اکبری ص. (۱۳۹۷) " کشف انجمن در شبکه‌هاي اجتماعي ایستا با استفاده از الگوریتم بهینه‌ساز گرگ خاکستري " دوفصلنامه مدیریت مهندسي و رایانش نرم/سال چهارم، شماره ۱.صفحات ۱۱۱-۹۹

[84] Emary, Eid, Hossam M. Zawbaa, and Crina Grosan. "Experienced gray wolf optimization through reinforcement learning and neural networks." IEEE transactions on neural networks and learning systems 29.3 (2017): 681-694.

[۸۵]مرتضی الهی ، محسن یوسفی، یحیی زارع مهرجردی. " بهینه‌سازي سبد رویکرد سهام میانگین ـ واریانس با استفاده الگوریتم فراابتکاري جست وجوي شکار" ۲۶-۳۷

[۸۶]حسین ک (۱۳۸۲) . "مروری بر داده های مالی بازار سرمایه ایران: معمای تخمین ورشکستگی فصلنامه بانک" صفحات ۲۹-۳۹

[۸۷] طلوعي اشلقي عباس و حق دوست شادي. "مدل سازي پیش بیني قیمت سهام با استفاده از شبکه عصبي و مقایسه آن با روشهاي پیش بیني ریاضي." ۲۳۷-۲۵۱.

[۸۸] محمدرضا منجذب ، میثم علی‌محمدی. " دامنه مجاز نوسان در بورس اوراق‌بهادار تهران: اثرات، ابعاد و تحلیل آن." صفحات ۷۲-۵۷

Abstract

Advances in artificial intelligence and machine learning, especially in evolutionary computing, have not only enabled us to analyze data more effectively, but have also enabled them to be used to understand any underlying pattern of financial markets. The use of methods to predict the future has always been the main concern of thinkers in various sciences. In this way, naturally, they have methods, durability and suitable application that have the least possible error in forecasting. The Gray Wolf Algorithm is a computer science search technique for finding approximate solutions to optimization and search problems, which is a special type of evolutionary algorithm and is simulated from biological techniques such as gray wolf hunting.

Predicting stock prices in investments is of particular importance because it is considered an important factor in stock valuation methods and in most cases is the main factor in stock investment decisions. In the market, what is more important for the participants than predicting the exact rate of growth of a share price is the issue of buying or selling, that is, a great growth can lead to a decision to buy, and vice versa if predicting a sharp decline with high probability It can be a decision to sell a share. The important issue here is to determine these different phases or scenarios that must be done accurately by experts and market participants.

One of the most important factors is determining the amount of stock bought or sold. In fact, in this case, the user determines the amount of stock sales according to the distance between the price of the last transaction and the final price. So the amount of sales has a huge impact on the amount of profit received from stock trading, so that its optimal determination can lead to profit maximization. In this dissertation, in order to search for a successful strategy for trading in the Iranian stock market, an approach based on the Gray Wolf algorithm is presented. The required data have been collected from the Iranian Stock Exchange Organization from 1394 to 1399 for 10 active companies. The proposed method, given the price of the last trade as well as the final price, tries to present a strategy, which tells the trader when to enter and leave a trade. It is further shown that the proposed approach has been able to increase the size of the data set, the number of people and the number of iterations by 52% of traders.

keywords: gray wolf algorithm, prediction, stock exchange, optimization, purchase and Sale

Shahrood University of Technology

Faculty of Computer Engineering

M.Sc. Thesis in Artificial Intelligence

Grey Wolf Optimization of Trading in Stock Market

By: Farzaneh Karimi

Supervisor:
Dr. Morteza Zahedi

January 2021