

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده مهندسی کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی هوش مصنوعی

استراتژی بهینه معامله گری در بورس با استفاده از الگوریتم

خفاش

نگارنده: سمیه درودی

استاد راهنما

دکتر مرتضی زاهدی

تیر ۱۴۰۰

شماره: ۸۰۱ رف.ک

تاریخ: ۱۳۸۷/۸/۱۳

ویرایش:

باسمه تعالی

فرمهای ارزشیابی پایان نامه کارشناسی ارشد
مربوط به ورودی‌های ۹۴ به بعد



مدیریت تحصیلات تکمیلی

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 سمیه درودی با شماره دانشجویی ۹۷۰۷۰۸۴ رشته مهندسی کامپیوتر گرایش هوش مصنوعی تحت عنوان استراتژی بهینه معامله‌گری در بورس با استفاده از الگوریتم خفاش که در تاریخ ۱۴۰۰/۰۶/۳۱ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار شد به شرح ذیل اعلام می‌گردد:

- ☐ الف) درجه عالی: نمره ۲۰-۱۹ ☐ ب) درجه خیلی خوب: نمره ۱۸-۱۷/۹۹
☐ ج) درجه خوب: نمره ۱۶-۱۷/۹۹ ☐ د) درجه متوسط: نمره ۱۵-۱۴/۹۹
☐ ه) کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول و نیاز به دفاع مجدد دارد
نوع تحقیق: ☐ نظری ☐ عملی

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنمای اول	مرتضی زاهدی	استادیار	
۳- استاد مشاور	محسن رضوانی	دانشیار	
۴- استاد داور اول	منصور فاتح	دانشیار	
۵- استاد داور دوم	مریم خدابخش	استادیار	
۶- نماینده تحصیلات تکمیلی	محسن افرهادی	مربی	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده:

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:

تقدیم به

خدایی که جان آفرید

زندگی بخشید و زندگی را طلوع خوشنختی در غروب تاریکی قرار داد.

و

تقدیم به

پدر و مادر من که همیشه همراه لحظه های سخت و شیرین زندگی ام بوده اند.
به پاس زحمات بی دریغ و بی شکلی تان

سمیه درودی

تیر ۱۴۰۰

از استاد گرامی جناب آقای دکتر مرتضی زاهدی به پاس زحمات ایشان در مسیر تکمیل این پایان نامه بسیار سپاسگزارم.

در پایان از کلیه اساتید و دوستان عزیزم که در تمام مراحل انجام این رساله اینجانب را یاری نمودند، به پاس هکاری بی دریغ شان کمال تشکر را دارم.

تعهد نامه

اینجانب سمیه درودی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته هوش مصنوعی دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه "استراتژی بهینه معامله گری در بورس با استفاده از الگوریتم خفاش" تحت راهنمایی دکتر مرتضی زاهدی متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهش های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه 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 می باشد 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 پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، 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 ۱۴۰۰/۰۳/۲۷

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 می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود . استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

سودآوری و سرمایه‌گذاری در بازار بورس، نقش سازنده‌ای در رونق اقتصادی و ایجاد بستر مناسب شغلی و رفاهی در جامعه دارد. از طرفی بازار بورس و سرمایه، پر نوسان بوده و قابل پیش‌بینی نیست. بنابراین، ارائه راهکارها و تکنیک‌هایی که ریسک سرمایه‌گذاری در بازار بورس را کاهش داده و در مقابل سودآوری را افزایش دهند مهم و ضروری محسوب می‌شود. در بازار سهام از قوانین تجاری برای کسب سود بیشتر استفاده می‌شود اما این به تنهایی کافی نیست و باید برای بازدهی بالا در بازار بورس از ترکیب استراتژی‌های مختلف و مناسب بهره برد. در تحقیق پیش رو، سعی شده است یک استراتژی مبتنی بر عملکرد الگوریتم خفاش ارائه شود. استراتژی پیشنهادی با نام SMBAT بر پایه تئوری آشوب بوده و با ترکیب آن با الگوریتم خفاش سعی کردیم از مزایای هر دو در کسب بازدهی از بازار بورس استفاده کنیم. در ادبیات موضوع، استفاده از الگوریتم ژنتیک و PSO رایج بوده و ما در این تحقیق الگوریتم PSO را به منظور مقایسه نتایج دو الگوریتم بکار برده‌ایم. در سایر رویکردهای معاملاتی، تنها از یک بخش از اطلاعات برای کسب نتیجه استفاده می‌شود و این باعث می‌شود درصد خطا و کاهش سود بالا رود. در صورتی که بتوانیم از مزایای چندین رویکرد در معامله‌گری در بورس استفاده کنیم می‌توانیم بازدهی را دوچندان کنیم. در رویکرد پیشنهادی، سعی داریم از الگوریتم خفاش، برای تعیین بهینه‌ترین وزن‌های خرید و فروش با هدف به حداکثر رساندن سود استفاده کنیم. به ازای هر سهم، یک آرایه ۱۱ بعدی از بهینه‌ترین وزن‌ها ارائه شده و یک استراتژی خرید و فروش براساس سود پیشنهاد می‌شود تا وزن‌ها در طول زمان بروز شوند. برای تعیین بهترین وزن‌ها، از الگوریتم خفاش در بلند مدت برای کسب سود استفاده کردیم. وزن‌های خرد و فروش به ازای سهام، با هر اجرای الگوریتم بروز شده و وزن‌های مناسب-تری برای کسب سود از خرید و فروش پیشنهاد می‌شود تا با برقراری شرط پایان بهینه‌ترین وزن خرید و فروش به ازای سهام پیشنهاد شود. با توجه به اینکه، تعداد قوانین برای معامله‌گری و کسب سود زیاد می‌باشد ما سه شرط را در الگوریتم برای کسب سود لحاظ کردیم. مجموعه داده‌ها به صورت داده‌های range, up-trend و down-up-range برای سهام مختلف بورس اوراق بهادار تهران می‌باشد. نتایج نشان داد که استراتژی پیشنهادی توانست در مقایسه با الگوریتم ترکیبی PSO با توجه به ریسک بالای سرمایه‌گذاری سود بالاتری نیز کسب کند. با محاسبه صحت، الگوریتم مقدار ۷۶٪ را کسب کرد و با دقت ۸۳٪ موفق شد F-score تقریباً ۷۶٪ درصد را به خود اختصاص دهد.

کلمات کلیدی: الگوریتم معامله‌گر بورس، الگوریتم خفاش، سرمایه‌گذاری در بورس، هوش مصنوعی،

بهینه‌سازی

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

فهرست مطالب

فصل ۱: مقدمه	۱
۱-۱ مقدمه	۲
۲-۱ تعریف مسأله	۳
۳-۱ چالش‌ها و راه‌حل	۴
۴-۱ ارتباط موضوعی تحقیق با پژوهش‌های پیشین	۵
۵-۱ اهداف تحقیق	۶
۶-۱ فرضهای تحقیق	۷
۷-۱ ساختار پایان نامه	۷
۸-۱ جمع‌بندی	۸
فصل ۲: ادبیات تحقیق	۹
۱-۲ مقدمه	۱۰
۲-۲ سرمایه‌گذاری	۱۱
۳-۲ بازار سرمایه	۱۲
۴-۲ مفاهیم اصلی مبتنی بر تصمیم سرمایه‌گذاران	۱۳
۱-۴-۲ بازده:	۱۳
۱-۴-۲ اجزای بازده:	۱۳
۲-۴-۲ محاسبه بازده	۱۴
۲-۴-۲ ریسک:	۱۴
۳-۴-۲ رابطه ریسک و بازده:	۱۴
۵-۲ بازار بورس اوراق بهادار	۱۵
۶-۲ تحلیل بنیادی در بورس	۱۶
۱-۶-۲ پیشینه پژوهشی تحلیل بنیادی	۱۷
۷-۲ تحلیل تکنیکال در بورس	۱۹
۱-۷-۲ پیشینه پژوهشی تحلیل تکنیکال	۲۰
۸-۲ مقایسه تحلیل بنیادی و تکنیکال	۲۲
۹-۲ نظریه آشوب در بورس	۲۴
۱۰-۲ الگوریتم‌های تکاملی	۲۷
۱-۱۰-۲ الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات	۲۷
۲-۱۰-۲ الگوریتم خفاش	۳۰
۱-۲-۱۰-۲ محاسبات الگوریتم خفاش	۳۰
۲-۲-۱۰-۲ انواع الگوریتم خفاش	۳۱

۳۲	----- ۳-۲-۱۰-۲ کاربرد الگوریتم خفاش
۳۲	----- ۴-۲-۱۰-۲ مزیت‌های الگوریتم خفاش
۳۳	----- ۵-۲-۱۰-۲ فلوچارت بهینه‌سازی الگوریتم خفاش
۳۵	----- ۳-۱۰-۲ پیشینه استفاده از الگوریتم‌های تکاملی در بورس
۴۰	----- ۱۱-۲ - چکیده
۴۱	----- ۱۲-۲ - جمع‌بندی
۴۳	----- فصل ۳: روش پژوهش
۴۴	----- ۱-۳ مقدمه
۴۴	----- ۲-۳ روش تحقیق
۴۵	----- ۳-۳ متغیرهای پژوهش
۴۶	----- ۴-۳ مدل کلی تحقیق
۴۸	----- ۵-۳ الگوریتم معامله‌گر بورس
۵۴	----- ۶-۳ جمع‌بندی
۵۵	----- فصل ۴: تجزیه و تحلیل داده‌ها
۵۶	----- ۱-۴ مقدمه
۵۶	----- ۲-۴ پایگاه داده‌ها
۵۷	----- ۳-۴ متغیرهای مورد استفاده در تحقیق
۶۰	----- ۴-۴ یافته‌های تحقیق
۶۱	----- ۵-۴ نتایج نهایی سیستم
۶۲	----- ۱-۵-۴ نتایج حاصل از داده‌های up-trend
۶۵	----- ۱-۱-۵-۴ تفسیر یک نمونه از خروجی داده‌های up-trend
۶۸	----- ۲-۵-۴ نتایج حاصل از داده‌های down-trend
۷۰	----- ۱-۲-۵-۴ تفسیر یک نمونه از خروجی داده‌های down-trend
۷۴	----- ۱-۳-۵-۴ نمونه خروجی کاملتر الگوریتم بر روی داده‌های range
۷۲	----- ۴-۵-۴ نتایج حاصل از داده‌های range
۷۶	----- ۵-۵-۴ نتایج حاصل از داده‌های up-down-range
۷۸	----- ۱-۵-۵-۴ نمونه کاملتر خروجی داده‌های up-down-range
۸۱	----- ۶-۴ بازدهی سیستم پیشنهادی
۸۲	----- ۷-۴ بازدهی الگوریتم با استفاده از الگوریتم ازدحام ذرات
۸۳	----- ۱-۷-۴ خروجی الگوریتم PSO
۸۸	----- ۸-۴ ارزیابی و تحلیل نتایج الگوریتم پیشنهادی
۹۰	----- ۹-۴ جمع‌بندی
۹۱	----- فصل ۵: بحث، نتیجه‌گیری و پیشنهادها
۹۲	----- ۱-۵ مقدمه
۹۲	----- ۲-۵ خلاصه‌ای از پژوهش

۹۳	----- ۵-۳-۱ ارزیابی دقت الگوریتم پیشنهادی
۹۶	----- ۵-۳-۱-۱ نتایج حاصل از ارزیابی ماتریس بهم‌ریختگی
۹۶	----- ۵-۴ پیشنهادات پژوهش
۹۷	----- مراجع

فهرست جداول

جدول ۴-۱	تنظیمات الگوریتم خفاش	۵۸
جدول ۴-۲	نتایج وزندهی الگوریتم خفاش به ازای پارامترهای تعیین شده	۵۹
جدول ۴-۳	پارامترهای وضعیت عملکرد الگوریتم نهایی در خروجی داده‌های up-trend	۶۳
جدول ۴-۴	نمونه کاملتر خروجی داده‌های up-trend	۶۵
جدول ۴-۵	نتایج حاصل از اجرای الگوریتم بر روی داده‌های down-trend	۶۸
جدول ۴-۶	نمونه خروجی کاملتر الگوریتم به ازای داده‌های down-trend	۷۰
جدول ۴-۷	نتایج خروجی الگوریتم برای داده‌های range	۷۲
جدول ۴-۸	نمونه خروجی کامل داده‌های range	۷۴
جدول ۴-۹	نتایج حاصل از داده‌های up-down-range	۷۶
جدول ۴-۱۰	نمونه کاملتر خروجی داده‌های up-down-range	۷۸
جدول ۴-۱۱	مقایسه عملکرد الگوریتم پیشنهادی و الگوریتم ترکیبی pso	۸۷

فهرست اشکال و تصاویر

شکل شماره ۱-۲- انواع الگوریتم خفاش	۳۲
شکل شماره ۲-۲- فلوچارت الگوریتم خفاش	۳۴
شکل شماره ۲-۳- انواع خط روند	۴۷
تصویر شماره ۳-۳- نحوه فراخوانی داده‌ها از فایل ConditionFile	۵۱
تصویر شماره ۳-۴- نحوه فراخوانی داده‌ها از فایل DBConditionFile	۵۲
شکل شماره ۴-۱- نحوه اختصاص وزن‌ها در آرایه	۶۰
شکل ۵-۱- ماتریس بهم‌ریختگی	۹۵
نمودار ۴-۱- مقایسه خروجی الگوریتم پیشنهادی به ازای شیت داده‌ها و شرطهای لحاظ شده در الگوریتم	۸۱
نمودار ۴-۲- نتایج حاصل از تست الگوریتم به ازای ترکیب آن با الگوریتم PSO	۸۶
نمودار ۴-۳- مقایسه خروجی دو الگوریتم پیشنهادی و ترکیبی با الگوریتم pso	۸۸

فصل ۱: مقدمه

۱-۱ مقدمه

بازارهای مالی، نقش بسزایی در رشد اقتصادی، ایجاد شغل، سرمایه‌گذاری و به طور کلی پیشرفت جامعه دارند. اهمیت این بازارها به حدی بالاست که رکن اصلی اقتصاد هر کشور را شامل می‌شوند. به همین منظور، نیاز است تا سرمایه‌های راکد و بلا استفاده در جهت رشد اقتصاد کشور در پایگاهی مورد استفاده قرار گیرند که این وظیفه به بورس اوراق بهادار سپرده شده است.

بورس اوراق بهادار، بازار رسمی سرمایه می‌باشد که در آن سهام شرکت‌های مختلف و اوراق مشارکت تحت قوانین و مقررات خاص، معامله می‌شود و مشخصه مهم آن شفافیت بازار و حمایت قانونی از سرمایه گذاران در این بازار می‌باشد. بورس انواع مختلفی دارد که شامل، بورس کالا، بورس فلزات، بورس کشاورزی، بورس اوراق بهادار و بورس اسناد خزانه می‌باشد. در بورس افراد حقیقی و حقوقی سهام خرید و فروش می‌کنند و در معاملات صورت گرفته خریدار و فروشنده می‌توانند یک فرد یا یک شرکت باشند. بازار بورس، یک بازار با نوسانات بالا می‌باشد و عدم اطمینان از وضعیت آینده سهام همواره باعث ضررهای جبران ناپذیر و خروج از بازار سرمایه شده است. با توجه به تنوع و پیچیدگی بازار سرمایه، فرد سرمایه‌گذار با انتخاب‌های بیشماری روبه‌روست و ملزم به استفاده از مدل‌های ریاضی، نرم‌افزارها و تکنیک‌های نوین ارائه شده برای دستیابی به حداکثر سود با کمترین ریسک می‌باشد. از این رو، محققین بازار سرمایه از گذشته تا کنون به دنبال راه‌کارهایی هستند تا ریسک ناشی از سرمایه‌گذاری در بورس را مدیریت کرده و کاهش دهند. به منظور دستیابی به این هدف تلاش براین است تا سیستم معاملاتی ایجاد شود که بتواند بهینه‌ترین زمان ورود به سهم و خروج از سهم را مشخص سازد و در زمان مناسب به بالاترین سود دست یابد.

۱-۲ تعریف مسأله

دو عامل مهم در تصمیم سرمایه‌گذاران بازار بورس، ریسک و بازده می‌باشد که سرمایه‌گذاران به گونه‌ای باید تصمیم بگیرند تا با کمترین ریسک به بالاترین بازده دست یابند. از جهتی، در دنیای واقعی سرمایه‌گذاران با محدودیت‌هایی برای دستیابی به حداکثر سود با کمترین ریسک مواجه هستند که شامل، شناسایی سهام مناسب، حداقل و حداکثر سرمایه‌گذاری در یک سهم، محدودیت سرمایه کل و غیره می‌باشد. این چنین محدودیت‌هایی خود به تنهایی عامل پیچیدگی مسأله می‌باشد و حل آن را به مراتب مشکل‌تر می‌کند. همچنین اینکه، به طور طبیعی در بورس سهام با قیمت‌ها و اعداد و ارقام سرو کار داریم و انجام این کار محاسبات پیچیده و بالایی را می‌طلبد و بسیار زمانبر می‌باشد. علاوه بر این، فرد سرمایه‌گذار برای کسب سود در این بازار باید مجهز به دانش و تجربه باشد تا بتواند علاوه بر حفظ سرمایه به سود نیز دست یابد. تحت شرایط ذکر شده که با یک مسأله غیر خطی وسیع و پیچیده روبه‌رو هستیم، به منظور حل آن ملزم به استفاده از الگوریتم‌های تصادفی^۱ هستیم. الگوریتم‌های تصادفی شامل الگوریتم‌های ابتکاری^۲ و فراابتکاری^۳ هستند، که الگوریتم‌های ابتکاری در مقایسه با الگوریتم‌های فراابتکاری، به دلیل گرفتار شدن در بهینه محلی و همگرایی زودرس به این نقاط ضعیف‌تر عمل می‌کنند و از طرفی دیگر، الگوریتم‌های فراابتکاری با تصادفی عمل کردن می‌توانند از مشکل بهینه محلی به سمت جستجوی سراسری حرکت کنند.

الگوریتم خفاش^۴ یک الگوریتم فراابتکاری مبتنی بر هوش جمعی، برگرفته از انعکاس صدای خفاش‌ها است و جزء اولین الگوریتم‌هایی است که از تنظیم فرکانس استفاده می‌کند. در این تحقیق، سعی داریم تا با استفاده از الگوریتم خفاش به پاسخی بهینه برای به حداکثر رساندن سود در بازارهای مالی دست یابیم و یک استراتژی بهینه برای معامله‌گری در بورس با استفاده از این الگوریتم ارائه دهیم.

¹ random algorithms

² heuristic algorithms

³ meta-heuristic algorithms

⁴ bat algorithm

۱-۳ چالش‌ها و راه‌حل

تا کنون در زمینه ارائه یک استراتژی بهینه برای معامله‌گری در بورس، پژوهش‌های فراوانی صورت گرفته است. مدل‌های به کار رفته در پیشینه پژوهش معامله‌گری در بورس، شامل مدل‌های آماری، تکنیک‌های هوش مصنوعی و روش‌های ترکیبی می‌باشد. سرمایه‌گذاران، برای سودآوری و کاهش ریسک معاملات نیاز دارند تا با استفاده از ابزار مناسب به اهداف فوق‌الذکر دست یابند و سهام مناسب را در زمان مناسب انتخاب کنند. ابزاری که امروزه برای معامله‌گری در بازار سرمایه مورد استفاده قرار می‌گیرد، تحلیل تکنیکال و تحلیل بنیادی است که نیازمند آموزش و صرف زمان و هزینه می‌باشد. چالش‌هایی که در این تحقیق با آن روبه رو هستیم شامل موارد زیر می‌باشد:

- کاهش زمان و پیچیدگی محاسبات و ورود و خروج به سهام مناسب
- کسب سود ماکسیمم به روش بهینه
- چگونه می‌توان با دانش نسبی از بازار بورس سود کسب کرد؟
- چگونه می‌توان با استفاده از الگوریتم خفاش یک استراتژی بهینه برای کسب سود در بورس ارائه کرد؟

کاهش زمان محاسبات، با کمک استفاده از الگوریتم خفاش در محاسبه وزن‌ها و کسب بهینه‌ترین وزن‌ها حاصل می‌شود. الگوریتم‌های تکاملی به دلیل اینکه سرچ کامل انجام نمی‌دهند زمان و پیچیدگی محاسبات را کاهش می‌دهند و حتی اگر به بهینه سراسری دست نیابند حداقل به یک بهینه خوب دست می‌یابند.

با استفاده از الگوریتم خفاش و ترکیب آن با الگوریتم مرکزی محاسبات بورسی قصد داریم به روشی بهینه به سد ماکسیمم دست یابیم. الگوریتم خفاش، سعی دارد با جستجوی محلی و سراسری بهینه‌ترین وزن‌های سودآور در خرید و فروش سهم را ارائه دهد.

استراتژی پیشنهادی، با هدف کمرنگ کردن نقش فرد سرمایه‌گذار در تصمیم‌گیری و انتخاب سهم

سعی دارد استراتژی ارائه دهد که فردی با دانش کم از بازار سرمایه نیز بتواند از این بازار به سود دست یابد. در واقع، به عنوان یک راهنما و پیشنهاد دهنده در کنار دانش حداقلی فرد از بازار سرمایه قرار گیرد و علاوه بر حفظ سرمایه، سودده نیز باشد.

در اقدامی دیگر، سعی بر این است تا با کمک الگوریتم خفاش استراتژی بهینه‌ای برای کسب سود از بازار سرمایه ارائه شود. نقشی که الگوریتم خفاش در این تحقیق دارد این است که، با اختصاص وزن مناسب خرید و فروش علاوه بر حفظ سرمایه اولیه بتواند سوددهی را نیز افزایش دهد.

بکارگیری تکنیک‌های هوش مصنوعی در کنار استفاده از ابزار تکنیکال و بنیادی می‌تواند کمک کند تا نتیجه بهتری از استراتژی معامله‌گری در بورس کسب کنیم و بازدهی سرمایه‌گذاری در بورس را افزایش دهیم. در این پژوهش قصد داریم با بهره‌گیری از الگوریتم فرا ابتکاری خفاش که یک الگوریتم ارائه شده در هوش مصنوعی می‌باشد، با در نظر گرفتن مزیت نبودن فرض‌های محدود کننده مدلی بهینه جهت معامله‌گری در بورس ارائه دهیم.

۴-۱ ارتباط موضوعی تحقیق با پژوهش‌های پیشین

در رابطه با موضوع تحقیق پیش رو، از ابتدای پیدایش بازار سرمایه و بورس اوراق بهادار سرمایه‌گذاران به دنبال راهی برای کاهش خطرات احتمالی سرمایه‌گذاری بوده‌اند. به همین منظور، تحقیقات بسیاری در این رابطه صورت گرفته است. در تحقیقات انجام شده، با پیشرفت در زمینه معاملات بازار بورس روند تحقیقات هم به سمتی که بتواند شرایط را بهتر کند پیش رفته است.

برای مثال، در ابتدا با بهره‌گیری از روش‌های ریاضی و آماری و سپس با پیدایش هوش مصنوعی سعی شده است تا ریسک سرمایه‌گذاری در بورس را کاهش داده و بازدهی را افزایش دهند. در طی سال‌های اخیر، با ظهور روش‌های هوش مصنوعی و شبکه عصبی و دیگر تکنیک‌ها استراتژی‌های مختلفی برای معامله‌گری در بورس ارائه شده است.

تحلیل تکنیکال^۱ و تحلیل بنیادی^۲، از مهم‌ترین تکنیک‌هایی است که در طی سال‌های اخیر موضوع تحقیقات مقالات بیشماری بوده است. استفاده از شبکه‌های عصبی^۳ و الگوریتم‌های فراابتکاری نیز، حجم بالایی از موضوع مقالات را به خود اختصاص داده است. با جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی می‌توان متوجه شد که درصد زیادی از این پژوهش‌ها از سال ۲۰۱۰ میلادی به بعد انجام شده و این روند به صورت فزاینده رو به افزایش است. این حجم تحقیق، به خوبی اهمیت کاربردی بودن و اهمیت نظری مسأله را بیان می‌کند. ضرورت تحقیق در این زمینه، از این جهت بالاست که حفظ سرمایه‌های بازار سرمایه و افزایش بازدهی این بازار منجر به رونق اقتصادی و زمینه‌ساز رفاه اجتماعی و ایجاد شغل شده و رشد کشور را در پی دارد. از طرفی دیگر، کاربرد روش‌های معاملاتی ارائه شده توسط سرمایه‌گذاران مشهود بوده و نه تنها ریسک سرمایه‌گذاری را کاهش داده بلکه باعث افزایش بازدهی نیز شده است. در نتیجه با اعتماد سازی و ایجاد بستر مناسب سرمایه‌گذاری، سرمایه بیشتری جذب بازار سرمایه شده و در اختیار صنایع مختلف قرار می‌گیرد تا به واسطه آن شاهد رشد اقتصادی باشیم.

در این پژوهش نیز سعی شده است تا با بهره‌گیری از الگوریتم خفاش استراتژی ارائه گردد که بتواند در کنار تکنیک‌های ارائه شده ریسک سرمایه‌گذاری را کاهش داده و حداکثر سود را در بازه زمانی مشخصی فراهم آورد.

۱-۵ اهداف تحقیق

در تحقیق حاضر قصد داریم یک استراتژی بهینه معامله‌گری در بورس ارائه دهیم به طوری‌که، مدل پیشنهادی بتواند با فرض نبود محدودیت‌های موجود، فرصت مناسب ورود به سهم و تعداد واحد خرید، همچنین فرصت مناسب خروج از سهم و تعداد واحد فروش را مشخص کند و با کاهش زمان محاسبات برای انتخاب مناسب، در نهایت در یک بازه زمانی مشخص به بازدهی بیشینه و حداقل ریسک ممکن

¹ technical analysis

² fundamental analysis

³ artificial neural networks

دست یابد که این هدف با استفاده از الگوریتم خفاش حاصل می‌شود. قصد داریم با استفاده از الگوریتم خفاش، محاسبات مربوط به تعیین وزن مناسب خرید یا فروش برای کسب حداکثر سوددهی و حفظ سرمایه را کاهش داده و فرد سرمایه‌گذار عاملیت کمتری در انتخاب داشته باشد. همچنین اینکه، فرد سرمایه‌گذار بتواند با داشتن دانش حداقلی از بازار با استفاده از این استراتژی به سود برسد.

مقایسه‌ای بین روش پیشنهادی و الگوریتم ازدحام ذرات نیز، ارائه خواهد شد و نتایج حاصل از بکارگیری این الگوریتم‌ها در استراتژی معامله‌گری، به تفصیل بیان خواهد شد.

۱-۶ فرض‌های تحقیق

با توجه به ادبیات پیشین مرتبط با موضوع تحقیق، فرض را بر این گذاشتیم که می‌توان با ترکیب قواعد و محاسبات مرسوم کسب سود از بازار با الگوریتم‌های تکاملی بتوانیم استراتژی ارائه دهیم که در کنار دانش و مهارت فرد سرمایه‌گذار یک شتاب‌دهنده در تصمیم باشد و بتواند علاوه بر حفظ سرمایه سودده نیز باشد. شتاب‌دهنده از آن جهت که، محاسبات مربوط به بررسی قیمت و گذشته سهم و بهترین واحد خرید یا فروش سهم توسط الگوریتم انجام شده و بهینه‌ترین انتخاب توسط سیستم پیشنهاد می‌شود.

فرض دیگری که در مسأله لحاظ کردیم این بود که، دامنه نوسان سهام به طور پیش‌فرض در بازه $+5$ تا -5 می‌باشد و انتخاب واحد خرید و فروش سهم در این بازه تعیین می‌شود. همچنین اینکه، الگوریتم پیشنهادی تا چه حدی می‌تواند نقش فرد سرمایه‌گذار را در تصمیم‌گیری انتخاب سهم مناسب و کاهش ریسک سرمایه‌گذاری کاهش دهد.

۱-۷ ساختار پایان نامه

در فصل دوم، ابتدا مروری بر اصطلاحات مورد استفاده در پژوهش پرداخته و مروری بر پژوهش‌های انجام شده در زمینه معامله‌گری در بورس خواهیم داشت. انواع رویکردهای تحلیل مورد استفاده در بازار بورس

را شرح داده و مقایسه خواهیم کرد. سپس در فصل سوم، روش مورد استفاده در تحقیق را به طور کامل شرح خواهیم داد. فصل چهارم شامل ارائه نتایج حاصل از بکارگیری استراتژی پیشنهادی خواهد بود. در فصل پنجم نتیجه‌گیری، تجزیه و تحلیل نتایج و ارزیابی نتایج بدست آمده عنوان شده و در فصل انتهایی خلاصه مختصری از کلیت پژوهش و پیشنهادات مطرح شده ارائه می‌شود.

۸-۱ جمع‌بندی

در فصل یک، به بررسی مسأله مورد تحقیق، چالش‌ها و ارتباط موضوعی تحقیق، اهداف تحقیق و فرض-های در نظر گرفته در مسأله‌ای که با آن روبه رو هستیم پرداختیم و در انتها ساختار کلی تحقیق را مشخص کردیم. در فصل بعدی، پیشینه‌ای از مطالعات ارائه شده در این زمینه را مرور خواهیم کرد.

فصل ۲: ادبیات تحقیق

۲-۱ مقدمه

در این فصل ابتدا مقدماتی برای درک اصطلاحات و مدل بکار رفته عنوان می‌شود، سپس پیشینه پژوهش در رابطه با انواع تحلیل سهام بورس اوراق بهادار و نظریه آشوب^۱ مطرح خواهد شد.

سرمایه‌گذاری از مهم‌ترین عوامل رشد اقتصادی است و بدین معنا می‌باشد که با به تعویق انداختن استفاده از سرمایه به دنبال دستیابی به سود بالاتری هستیم. به منظور سرمایه‌گذاری در هر دارایی باید سه عامل بازدهی مورد انتظار، ریسک و نقدشوندگی را در نظر گرفته و با توجه به شرایط مالی و روانشناسی شخصی بهترین گزینه برای سرمایه‌گذاری را انتخاب کرد. از طرفی فرد سرمایه‌گذار هنگام تصمیم‌گیری در زمینه سودآوری فرایندی که در آن سرمایه‌گذاری کرده و ریسک سرمایه‌گذاری به اطمینان خاطر نیاز دارد. سرمایه‌گذاران ریسک‌گریزند و به دنبال این هستند که دارایی را انتخاب کنند که بالاترین سود را به همراه داشته و کمترین ریسک را نیز در بر داشته باشد. در واقع تصمیم بهینه سرمایه‌گذاری، میزان رضایت مورد انتظار را از سرمایه‌گذاری در آینده بیشتر می‌سازد. مطالعات در زمینه بازار بورس را می‌توان در سه بخش طبقه‌بندی کرد که شامل، روش‌های تحلیل بنیادی، تحلیل تکنیکال و نظریه آشوب می‌باشد. هر کدام از این روش‌ها در ادامه مباحث مطرح شده بیشتر توضیح داده می‌شود. نظریه آشوب، مشتمل بر روش‌ها و تکنیک‌هایی است که شبکه‌های عصبی و الگوریتم‌های تکاملی از جمله آنهاست. در تحقیق حاضر نیز سعی شده است از الگوریتم تکاملی خفاش برای بهبود عملکرد رویکرد پیشنهادی استفاده شود که در این بخش به طور کامل توضیح داده می‌شود.

الگوریتم معامله‌گری، یک سیستم تحلیل خودکار محسوب می‌شود که سعی دارد با استفاده از کامپیوتر تصمیمات مهم تجاری مشخصی را در بازار بورس اتخاذ کند. در واقع، الگوریتم معامله‌گری در جهت عمل می‌کند تا تحلیل داده‌ها، تولید سیگنال خرید و فروش و ارائه پیشنهاد خرید و فروش را مدیریت نماید. در پژوهش‌های پیشین، استراتژی معامله‌گری با الگوریتم‌های ژنتیک، حرکت تجمعی

¹ chaos theory

ذرات، شبکه‌های عصبی و سایر تکنیک‌های هوش مصنوعی نیز مورد بررسی قرار گرفته است که هر یک به نحوی باعث بهبود شرایط سرمایه‌گذاری شده است.

در روش پیشنهادی ما نیز، سعی بر این است تا به جای انسان، الگوریتم پیشنهادی که ترکیبی با الگوریتم خفاش می‌باشد، تصمیمات لازم برای سودآوری و کاهش ریسک را انجام دهد و فرصت مناسب خرید و تعداد واحد خرید سهم و بلعکس فرصت مناسب فروش و تعداد واحد فروش را تعیین کند.

۲-۲ سرمایه‌گذاری

سرمایه‌گذاری، ازجمله مباحث بسیار مهم در ادبیات مالی به شمار می‌آید این واژه دامنه وسیعی از فعالیت‌ها را دربر می‌گیرد که می‌تواند شامل، سرمایه‌گذاری در گواهی سپرده، اوراق قرضه سهام عادی یا صندوق‌های مشترک سرمایه‌گذاری باشد. سرمایه‌گذاری دارای درجات مختلف ریسک‌پذیری است و هر فردی می‌تواند با توجه به شرایط خود تصمیمات مختلف سرمایه‌گذاری اتخاذ کند. سرمایه‌گذاری در بعد وسیع، به معنای فدا کردن منافع امروز برای منافع بیشتر در آینده است (فتحی ۱۳۹۰).

به عبارتی سرمایه‌گذار در حال حاضر، ارزش مشخصی را فدا می‌کند تا در قبال آن در آینده ارزش خاصی که مورد نظرش است به دست آورد، مانند پرداخت وجهی بابت خرید سهام به امید به دست آوردن سودهای مشخصی از آن در آینده (محمد قجر، دکتر منوچهر حاضر، مهرداد بنداری). نکات مهم در تعریف ذکر شده بیانگر چندین مفهوم می‌باشد که به شرح زیر است:

فدا کردن دارایی برابر است با سرمایه اولیه.

امید بیانگر مفهوم ریسک است.

منفعت بیانگر مفهوم بازده است.

آینده بیانگر مفهوم زمان است.

سرمایه‌گذاری نیاز به یک ورودی، عملیات، زمان و خروجی دارد پس سرمایه‌گذاری یک فرایند است (مبانی مدیریت سرمایه‌گذاری، رضا سلیمانی).

به منظور سرمایه‌گذاری در هر زمینه باید سه عامل، بازدهی مورد انتظار، ریسک و نقدشوندگی را در آن حوزه در نظر گرفت و با توجه به شرایط مالی و روانشناسی شخصی بهترین گزینه برای سرمایه‌گذاری را انتخاب کرد. از طرفی دیگر، سرمایه‌گذاران از ریسک دوری کرده و به دنبال این هستند که دارایی را انتخاب کنند که بالاترین سود را با کمترین ریسک در بر داشته باشد و در بلند مدت بیشینه‌ترین سود حاصل شود.

۳-۲ بازار سرمایه

بازار سرمایه، بازاری است که در آن دارایی‌های مالی با سررسید بیشتر از یکسال و دارایی‌های بدون سر-رسید معامله می‌شوند. بازار سرمایه نقش هدایت و تخصیص منابع اقتصادی را به عهده دارد. در این بازار نیازهای بلند مدت (معمولاً بیش از یک سال) تأمین می‌شود. غالباً این گونه وجوه تبدیل به سرمایه می‌شوند و با ریسک همراه است (محمد قجر و دیگران).

بازار سرمایه بویژه بورس، یکی از مناسب‌ترین بازارهای مالی جهان محسوب می‌شود که با تکیه بر دانش و شرایط اقتصادی و سیاسی حاکم می‌توان به اهداف ذکر شده دست یافت. از ابتدای شکل‌گیری بازار بورس، برای کسب بالاترین سود و کاهش ریسک معاملاتی دانش و تکنیک‌های گوناگونی ارائه شده است که هر یک کاربرد خاص خود را دارد و برای کسب بالاترین سود باید از مجموع این اطلاعات و ابزارها بهره برد. تحلیل بنیادی و تحلیل تکنیکال از مهم‌ترین و پرکاربردترین تکنیک‌های مورد استفاده در بورس محسوب می‌شوند و نتایج استفاده از این تکنیک‌ها در قالب مطالعات بسیاری ارائه شده است. در طی سال‌های اخیر، با مطرح شدن نظریه آشوب که بر وجود نظم در بی‌نظمی اشاره دارد مطالعات بسیاری در زمینه بورس و رابطه آن با نظریه آشوب صورت گرفت. بازار سرمایه در ظاهر فرایندی بی‌نظم و تصادفی دیده می‌شود، اما در درون این آشفتگی و تغییرات تصادفی نظم حاکم است که می‌تواند الگویی برای تصمیم‌گیری صحیح و دستیابی به سود ارائه دهد.

۴-۲ مفاهیم اصلی مبتنی بر تصمیم سرمایه‌گذاران

۴-۲-۱ بازده:

سرمایه‌گذاران می‌خواهند از پول خود سودی را کسب کنند. وجه نقد دارای یک هزینه از دست رفته است در صورتی که یک وجه نقد را نگهداری کنید فرصت کسب سود از طریق آن وجه نقد را از دست خواهید داد. به علاوه، در یک فضای تورمی، قدرت خرید پول کاهش می‌یابد (محمد قجر و دیگران).

۴-۲-۱-۱ اجزای بازده:

بازده معمولاً از دو بخش تشکیل می‌شود:

الف. سود دریافتی: مهم‌ترین جزء بازده، سودی است که به صورت جریان‌ات نقدی دوره‌ای سرمایه‌گذاری بوده و می‌تواند به شکل بهره یا سود تقسیمی باشد.

ب. سود (زیان) سرمایه: این بخش ناشی از افزایش (کاهش) قیمت دارایی است و ناشی از اختلاف بین قیمت خرید و قیمت زمانی است که دارنده اوراق قصد فروش آنها را دارد.

مجموع این دو بخش بازده کل را تشکیل می‌دهد که برای هر اوراق بهادار به صورت زیر است:

$$TR = \frac{DPS + (Pt - P0)}{P0}$$

TR - بازده کل

DPS - سود تقسیمی (دریافتی)

Pt - قیمت در زمان فروش

P0 - قیمت در زمان خرید

۲-۴-۱-۲ محاسبه بازده

بازده سرمایه‌گذاری در سهام عادی، در یک دوره معین، با توجه به قیمت اول و آخر دوره و منافع حاصل از آن به دست می‌آید. به عبارتی بازده، نسبت مجموع تغییر قیمت و سود تقسیمی به قیمت اولیه سهم است که رابطه مربوطه در ادامه آورده شده است (فورمن و دیگران، ۲۰۰۵):

$$P_0 = (P_1 + D_1) / (1 + r)$$

$$r = ((P_1 - P_0) + D_1) / P_0$$

P_0 - قیمت در ابتدای دوره

D_1 - سود تقسیمی

P_1 - قیمت پایان دوره

۲-۴-۲ ریسک:

سرمایه‌گذاران دوست دارند بازده آنها تا جایی که امکان داشته باشد زیاد باشد، ولی باید توجه داشت که میزان بازده مورد انتظار تحت ریسک قرار دارد. در اینجا ریسک عبارت است از میزان اختلاف بازده واقعی یک سرمایه‌گذاری از بازده مورد انتظار آن (محمد قجر و دیگران).

۲-۴-۳ رابطه ریسک و بازده:

در حیطه دارایی‌های مالی، سرمایه‌گذاران می‌توانند هر نوع ریسک و بازده‌ای را انتخاب کنند که مربوط به انتظارات سرمایه‌گذاران در زمان آینده می‌باشد. بدین معنا که فرد پیش از سرمایه‌گذاری انتظار دارد نسبت به ریسک بالا، بازده بالایی کسب کند.

۲-۵ بازار بورس اوراق بهادار

بورس اوراق بهادار، یک بازار رسمی سرمایه است که، در آن سهام شرکت‌ها یا اوراق قرضه دولتی و یا سازمان‌های معتبر خصوصی، تحت ضوابط و مقررات خاص، مورد معامله قرار می‌گیرند. مشخصه مهم بورس اوراق بهادار، حمایت قانون از صاحبان پس اندازها و سرمایه‌های راکد و الزامات قانونی برای متقاضیان سرمایه است (بلندی، ۱۳۷۶). به طور کلی بورس، از دید سرمایه‌گذاران و دارندگان دارایی‌های مالی، از دید شرکت‌ها و واحدهای اقتصادی صادر کننده اوراق بهادار و اقتصاد مزیت‌هایی را به همراه دارد. مهم‌ترین هدف بازار سرمایه این است که با اجرای فرایند سالم و شفاف سازی، دارندگان منابع مالی را که هدف کسب سود و بازده معقول دارند را به سمت سرمایه‌گذاری در بورس هدایت کند. از طرفی، شخص سرمایه‌گذار نیز با خرید سهام، سود مناسبی را دریافت کرده که قابلیت نقدشوندگی بالایی دارد و در مقابل تورم پوشش مناسبی داشته و اعتماد فرد سرمایه‌گذار تأمین شود.

در خصوص فرایند سرمایه‌گذاری، نحوه تصمیم‌گیری فرد سرمایه‌گذار در انتخاب سهام عرضه شده در بورس و میزان سرمایه‌گذاری در هر سهم، همچنین زمان سرمایه‌گذاری مهم تلقی می‌شود. فرایند سرمایه‌گذاری زنجیره‌ای از فعالیت‌ها می‌باشد که سرانجام آن خریدن دارایی‌های واقعی یا اوراق بهادار است که، به منظور دستیابی به این هدف تکنیک‌هایی جهت تجزیه و تحلیل اوراق بهادار مطرح شده است. در زمینه تحلیل قیمت سهام و سرمایه‌گذاری در بورس دو دیدگاه کلی وجود دارد که شامل روش تحلیل بنیادی^۱، روش تحلیل تکنیکال^۲ می‌باشد که در ادامه شرح داده می‌شود.

^۱ fundamental

^۲ technical

۲-۶ تحلیل بنیادی در بورس

تحلیل بنیادی، یک رویکرد سرمایه‌گذاری است که از اطلاعات اقتصادی موجود مانند صورت‌های مالی گذشته یا اطلاعات بنیادی مختلف در مورد شرکت برای تصمیم‌گیری در مورد سرمایه‌گذاری استفاده می‌کند (سورس و سومیت، ۲۰۱۴). تحلیل بنیادی مبتنی بر این فرض است که اوراق بهادار دارای ارزش ذاتی می‌باشد که به وسیله سرمایه‌گذاران قابل برآورد است. ارزیابی ذاتی دارایی بر اساس عوامل مختلف اقتصادی، مالی، کمی و کیفی صورت می‌گیرد. ارزش اوراق بهادار تابعی از یک سری متغیرهای بنیادی است که ترکیب این متغیرها بازده مورد انتظار همراه با سطح ریسک مشخص را ایجاد می‌کند. درآمد هر سهم وابسته به عواملی مانند عملکرد شرکت، موقعیت صنعت و وضعیت اقتصادی دارد و تحلیل‌گران با مطالعه دقیق این عوامل می‌توانند تفاوت قیمت سهام را از ارزش ذاتی آن بدست آورده و کسب سود کنند. اگر ارزش بازار کمتر از ارزش ذاتی باشد زمان برای خرید مناسب است و اگر ارزش بازار بیشتر از ارزش ذاتی باشد زمان برای فروش مناسب است.

قیمت سهام در درجه نخست، تحت تأثیر عوامل بنیادی تعیین می‌شود که از ترکیب متغیر EPS (سود هر سهم) و متغیر P/E (نسبت قیمت به سود هر سهم) بدست می‌آید. در بازار بورس، ارزش هر سهم بر اساس میزان بازده و اطمینان از کسب آن تعیین می‌شود و هر چه اطمینان از بازدهی سهام بیشتر باشد ریسک از دست رفتن سرمایه کاهش پیدا می‌کند. عوامل بسیاری در بازار سرمایه بر میزان بازدهی سهام و تغییرات قیمت دارایی‌های مالی تأثیر گذار هستند و روش تحلیل بنیادی با بررسی دقیق عوامل تأثیرگذار بر بازار سرمایه که شامل، بررسی و تحلیل اوضاع اقتصادی کشور، بررسی صنعت مورد نظر و تجزیه و تحلیل شرکت موجود در آن صنعت، در صدد شناسایی روند تغییر قیمت سهام و بازدهی آن می‌باشد. در واقع تحلیل‌گران بنیادی به شاخص‌های اقتصادی عملکرد یک شرکت مانند خرید، فروش، سود، دارایی، بدهی، نقدینگی و تمام آنچه در محیط تجارت اتفاق می‌افتد توجه می‌کنند و خود را ملزم می‌دانند این عوامل را در تصمیم خود برای خرید و فروش یا نگهداری سهام تأثیر دهند. این دسته از

تحلیل‌گران بیشتر با اعداد و ارقام کار می‌کنند و به شدت در تحلیل خود از نسبت‌های مالی و دیگر روش‌های عددی برای رسیدن به ارزش واقعی یک شرکت تأکید دارند (رجب زاده، ۱۳۷۷)

۲-۶-۱ پیشینه پژوهشی تحلیل بنیادی

نتایج پژوهش‌های بسیاری، مفید بودن بکارگیری تکنیک تحلیل بنیادی را در پیش‌بینی بازده آینده سرمایه‌گذاری در بورس نشان داده‌اند. لو و تیاجاراجان، در سال ۱۹۹۳ پژوهشی مبنی بر بررسی تأثیر دوازده سیگنال مالی که توسط تحلیل‌گران استفاده می‌شوند پرداخته و نتایج نشان دادند که چنین عواملی به طور مستقیم با بازده جاری همبستگی دارند [۹].

پایوتروسکی در سال ۲۰۰۰ تحلیل بنیادی را برای توسعه یک استراتژی سرمایه‌گذاری برای شرکت‌هایی با ارزش دفتری بالا، به کار گرفت و نشان داد، شرکت‌های با ارزش دفتری بالا، در بین شرکت‌های با ارزش دفتری پایین، بازده اضافی ۲۰ درصد بیش از بازده اضافی شرکت‌های دارای ضعیف‌ترین عوامل بنیادی را دارند [۱۰].

Pramod Kumar Naik، در پژوهشی به بررسی رابطه قیمت سهام و اقتصاد کلان در بازار سهام هند پرداختند. پنج متغیر کلان اقتصاد یعنی، شاخص تولید صنعتی که نشانگر خروجی واقعی است، قیمت عمده‌فروشی، شاخص برای نشان دادن تورم، تأمین مالی گسترده، نرخ بهره آزاد و نرخ تبادل دلار را با استفاده از تکنیک‌های co و VECM Johansen بر روی داده‌های ماهانه آوریل ۱۹۹۴ تا آوریل ۲۰۱۱ تحلیل و بررسی کردند و نتایج حاکی از آن بود که، تورم مهم‌ترین عاملی است که باعث افزایش قیمت سهام، عرضه پول می‌شود. متغیرهای اقتصاد کلان و شاخص بازار سهام مشترک هستند و از این رو، رابطه تعادل طولانی‌مدت بین آن‌ها وجود دارد. مشخص شد که قیمت سهام ارتباط مثبت با تأمین مالی و تولید صنعتی دارد، اما ارتباط آن با تورم منفی است. نرخ ارز و نرخ بهره کوتاه‌مدت در تعیین قیمت سهام تأثیر ناچیزی دارد. همچنین اینکه متغیر کلان اقتصاد باعث کاهش قیمت سهام در کوتاه‌مدت نیز می‌شود [۱۱].

رستمی و نمازی (۱۳۸۵)، در پژوهشی به بررسی و تجزیه و تحلیل رابطه نرخ بازده سهام و نسبت‌های مالی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران پرداختند و نتایج به دست آمده از بررسی کل شرکت‌ها و صنایع، بیانگر آن بود که میان کلیه نسبت‌های مالی و نرخ بازده سهام رابطه معنی‌داری وجود دارد [۱]. باقرزاده (۱۳۸۴)، در پژوهشی به بررسی و شناسایی عوامل مؤثر بر بازده سهام در بورس اوراق بهادار تهران پرداخت. نتایج نشان داد، رابطه خطی مثبت و مؤثر بین ریسک سیستماتیک و بازده سهام وجود دارد و متغیرهای اندازه، نسبت P/E و b/m بیشترین نقش را در بازده سهام دارند [۲].

Ajekwe و Ibiame در سال ۲۰۱۸ تجزیه و تحلیل صورتهای مالی برای پیش بینی بازده سهام شرکت‌های کالاهای مصرفی فهرست شده در نیجریه را ارائه دادند. این مطالعه بررسی می کند که آیا استفاده از یک استراتژی اساسی حسابداری برای انتخاب سهام یک سبد می تواند به طور سیستماتیک مازاد مثبت و قابل ملاحظه برای خرید باشد. همچنین اینکه، بازدهی بازار را پس از یک سال از تشکیل پرتفوی ایجاد کند یا خیر. بدین منظور، با استفاده از اطلاعات صورت های مالی و "رویکرد مستقیم"، چندین مدل logit برای پیش بینی بازده سال آینده توسعه داده شد. برآورد ضریب این مدلها برای ایجاد معیارهای Pr برای تدوین استراتژی‌های سرمایه‌گذاری مورد استفاده قرار گرفت. به طور خاص، استراتژی سرمایه‌گذاری شامل خرید سهام با ارزش Pr بالا و فروش سهام با ارزش Pr پایین مورد بررسی قرار گرفت. این مطالعه نشان داد که بازده نسبت حسابداری، بازده ذخیره شده را در ۷۶٫۶ درصد موارد به طور دقیق پیش بینی می کند. این توانایی قوی برای پیش بینی دقیق بازده سهام شواهدی است که انجام تجزیه و تحلیل بنیادی و اتخاذ موقعیت های سرمایه‌گذاری بر اساس ارزش Pr می تواند یک استراتژی ثمربخش برای سرمایه‌گذاران در نیجریه باشد. بنابراین، این مطالعه توصیه می‌کند که سرمایه‌گذاران قبل از تصمیم‌گیری در مورد خرید یا فروش با استفاده از استراتژی Pr، سرمایه‌گذاری خود را به مدت ۱۲ ماه در حقوق صاحبان سهام ارزیابی کنند تا مانع از ازدست دادن فرصت ها شود. این مدل برای دوره‌های کوتاه‌مدت مانند ۳، ۶ و ۹ ماه نتایج رضایت‌بخشی به همراه ندارد و برای دوره‌های کمتر از ۹ ماه نتایج غیرقابل کنترل می‌باشد. به منظور استفاده مفید از این روش نیاز به دانش بالایی در زمینه

تحلیل پارامترهای صورت‌های مالی می‌باشد. این تحقیق نشان می‌دهد تحلیل صورت‌های مالی تا ۷۶ درصد می‌تواند بازده سهام را پیش‌بینی کند [۱۲].

۷-۲ تحلیل تکنیکال در بورس

تحلیل تکنیکال یک روش پیش‌بینی قیمت با استفاده از قیمت‌های گذشته است (پارک و آروین^۱، ۲۰۰۷). تحلیل‌گران تکنیکال معتقدند که می‌توان از طریق بررسی تغییرات گذشته قیمت سهام اطلاعات مهمی در مورد نوسان‌های آینده قیمت سهام بدست آورد. در بازار بورس، اطلاعات مالی بر روی نمودارها در روند فعالیت بازار ثبت می‌شوند تا از اطلاعات بدست آمده در جهت دستیابی به الگوهای تکراری به دقت استفاده شود. تحلیل‌گران تکنیکال بر اساس نمودارهای بدست آمده در جریان فعالیت بازار بورس در مورد خرید و فروش سهام تصمیم می‌گیرند. تحلیل تکنیکال مبتنی بر تحلیل عرضه-تقاضای کالاها، سهام، شاخص‌های معاملات پیش رو می‌باشد و شامل ارائه اطلاعاتی در مورد سهام از قبیل قیمت‌ها، حجم و بکارگیری نمودارها، الگوها و شاخص‌های مختلف برای ارزیابی حرکات آینده قیمت می‌باشد (بوپالان^۲، ۲۰۱۴).

سه محور اصلی تحلیل تکنیکال به شرح زیر می‌باشند:

همه چیز در قیمت لحاظ شده است ☐

قیمت‌ها بر اساس روندها حرکت می‌کنند ☐

تاریخ تکرار می‌شود ☐

اصل اول پایه و اساس بوده و تحلیل‌گران تکنیکال معتقد هستند که هر چیزی که در قیمت اثرگذار می‌باشد در قیمت یک سهام لحاظ شده است و تغییرات قیمت بر اساس عرضه و تقاضا تغییر می‌کند. اگر تقاضا بیش از عرضه باشد قیمت، روند صعودی خواهد داشت و در غیر این صورت قیمت کاهش خواهد

¹ park and irwin

² boobalan

یافت. اصل دوم بیانگر این است که ماهیت روندها^۱ یکسان است و تا زمانی که عوامل خارجی بر آن تأثیر نگذاشته است جهت تغییر خود را حفظ می‌کند پس ارزیابی روندهای فعلی کافی می‌باشد. در نهایت در اصل سوم فرض شده است تا زمانی که الگوها در گذشته به خوبی عمل کرده‌اند در آینده نیز خوب عمل خواهند کرد و تاریخ تکرار می‌شود.

تحلیل‌گران تکنیکال از تکنیک‌های گوناگونی برای تحلیل بازار، قیمت و حجم معاملات سهام استفاده می‌کنند که اصلی‌ترین آنها شامل نظریه داو^۲، ترسیم نمودار، میانگین متحرک^۳، دیدگاه معکوس، حجم معاملات، شاخص آر اس آی^۴، حمایت و مقاومت می‌باشد.

یکی از مشکلاتی که استفاده از تحلیل تکنیکال در پیش‌بینی قیمت، بوجود می‌آورد تفسیر متفاوت و شخصی ناشی از تحلیل نمودارها می‌باشد که ایرادی است که به این ابزار گرفته می‌شود. برای رفع این مشکل، در چند سال اخیر پژوهش‌های بیشماری با استفاده از تکنیک‌های هوش مصنوعی و الگوریتم‌های فراابتکاری، به منظور ایجاد و توسعه سیستم‌های معامله‌گری خودکار صورت گرفته است.

۲-۷-۱ پیشینه پژوهشی تحلیل تکنیکال

پژوهش‌های بیشماری، در زمینه مفید بودن بکارگیری تکنیک تحلیل تکنیکال در پیش‌بینی بازده آینده سهام در بورس صورت گرفته و نشان می‌دهد استفاده از تحلیل تکنیکال در کنار عوامل بنیادی بسیار می‌تواند کمک کننده باشد و با تحلیل نمودارها به اطلاعات مفیدی در مورد روند سهم دست یافت. Rodolfo Toríbio Farias Nazário و همکاران، در پژوهشی به بررسی ادبیات کاربرد تحلیل تکنیکال در بازار سرمایه بورس پرداختند و عنوان کردند، مطالعات متعددی در ۵۵ سال گذشته در جستجوی تحلیل تکنیکال منتشر شده است. با این وجود، فقدان تحقیقاتی که دانش موجود در مورد تحلیل تکنیکال را

^۱ روند جهت حرکت قیمت در بازار را نشان می‌دهد. موج‌های صعودی و نزولی افزاینده، روند صعودی را تشکیل می‌دهد و بالعکس موج‌های

صعودی و نزولی کاهشی، روند نزولی را تشکیل می‌دهد (مورفی، ۱۳۸۸).

^۲ dow theory

^۳ moving average

^۴ relative strength index(rsi)

تحکیم بخشد احساس می‌شود. این پژوهش، با هدف طبقه‌بندی و کدگذاری مقالات منتشر شده، به طور خلاصه صورت گرفته و شکاف‌های دانش بالقوه در این زمینه، با تمرکز بر تحلیل سهام را ارائه داده است [۱۳].

Simon Fong و همکاران، مکانیزمی که بر حرکات بلند مدت بازار و هرگونه پیش‌بینی در مورد خرید و فروش سهام تاثیر می‌گذارد مورد بررسی قرار دادند و روش‌هایی که به طور معمول سعی در پیش‌بینی یک روند آینده دارند را با تحلیل داده‌های گذشته و شاید عوامل دیگر مطالعه نمودند. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که الگوریتم RSA می‌تواند سودمند بوده و میانگین سود ۷۵,۶۳ درصد از درآمد بازگشت سرمایه دارد. با این حال، مشاهده شده که برخی مقادیر واحد نسبت به میزان نوسان روند بازار دچار افت می‌شوند. این نشان می‌دهد که نوسان گرانش بازار زمانی که از یک آستانه خاص تجاوز می‌کند باید تحت نظارت قرار گیرد [۱۴].

Roberto Cervelló-Royo و همکاران، برای بررسی قانون معامله‌گری در بازار بورس بر اساس تشخیص الگو و تحلیل تکنیکال، قانون تجارت بازار بورس براساس تشخیص الگو و تکنیکال، به پیش‌بینی شاخص DJIA با داده‌های روزانه پرداختند. شواهد تجربی ارائه شده مشخص کرد که با توسعه یک استراتژی مبتنی بر ادبیات قیمت، امکان شکست در بازار وجود ندارد و یک قانون سودآور بر اساس تحلیل تکنیکال پیشنهاد شده است [۱۵].

ابراهیم عباسی و حسام جهرامی، سودمندی برخی شاخص‌های تحلیل تکنیکال پرکاربرد را مورد بررسی قرار دادند و بازدهی ۱۳ قاعده معاملاتی، شامل انواع میانگین‌های متحرک به عنوان راهبرد فعال سرمایه‌گذاری و بازده روش خرید و نگهداری به عنوان راهبرد غیر فعال سرمایه‌گذاری در پنج کشور ایران، عمان، اردن، کویت، ترکیه را ارزیابی کردند. نتایج حاصل، مشخص کرد قواعد تحلیل تکنیکال در اکثر موارد راهبرد خرید و نگهداری و کوتاه مدت سودمندتر بوده و کویت بیشترین پتانسیل سودمندی و بکارگیری قوانین را دارد [۳].

سعید فتحی و ناهید پرویزی، در تحقیق دیگری به مطالعه سودآوری تحلیل تکنیکال: تلفیق اسیالتورها با قوانین میانگین متحرک پرداختند و تأثیر بکارگیری آن را در قالب ۶ استراتژی تحلیلی مورد بررسی قرار دادند. یافته‌های پژوهش نشان داد، در همه استراتژی‌ها اکثر سیگنال‌هایی که برای خرید پیشنهاد شده است، بازدهی بیش از بازده بدون ریسک ایجاد کرده است [۴].

در مطالعه دیگری خدیجه نصراللهی به همراه دیگر همکاران، سودمندی الگوهای شمعی ژاپنی و گروهی از الگوهای تحلیل تکنیکال کوتاه مدت را در بورس اوراق بهادار تهران ارزیابی کرده و نتایج نشان داد، اکثر الگوهای مورد تحقیق (۱۸ الگو)، در حالت بدون لحاظ کردن کارمزد معاملات، به صورت معنی‌دار سودی بیش از روش خرید و نگهداری حاصل نموده‌اند. اما در حالت لحاظ کردن کارمزد معاملات، بسیاری از این الگوها (غیر از ۵ الگو)، نمی‌توانند سودی بیش از روش خرید و نگهداری ایجاد نمایند. به طور کلی میتوان گفت الگوهای شمعی ژاپنی موفق به پیش‌بینی مسیر آینده قیمت و سودآوری می‌شوند ولی این سودها با لحاظ کردن کارمزد معاملات از میان می‌رود [۵].

۲-۸ مقایسه تحلیل بنیادی و تکنیکال

در ابتدایی‌ترین سطح، می‌توان گفت تحلیل بنیادی با صورت‌های مالی سروکار دارد و تحلیل تکنیکال، از منحنی و نمودار برای ارزیابی استفاده می‌کند. بررسی صورت‌های مالی و صورت سود و زیان و جریان نقدینگی، ارزش ذاتی سهام شرکت را مشخص می‌کند و تصمیم‌گیری در مورد شرایط سهم را آسان‌تر می‌کند. از طرفی، تحلیل تکنیکال و تحلیل گران فنی تنها ارزیابی رفتار قیمت و روند منحنی قیمت در گذشته را لازم دانسته و بررسی صورت‌های مالی را نیاز نمی‌دانند. بازه زمانی در تحلیل تکنیکال، نسبت به تحلیل بنیادی کوتاه‌تر و می‌توان قیمت سهام را در بازه زمانی کوتاه چند هفته نیز پیش‌بینی کرد. در صورتی که، در تحلیل بنیادی بازه زمانی مشخص نیست و شاید سهام مورد نظر، هیچگاه به قیمت ذاتی خود نزدیک نشود. در تحلیل بنیادی با صورت‌های مالی مواجه هستیم و این امکان وجود دارد که

دسترسی به آنها ممکن نبوده و بازه زمانی انتشار آنها نیز مشخص می‌باشد اما در مورد تکنیکال، داده‌ها به صورت روزانه در دسترس همه قرار دارند و قابل تحلیل هستند. هر تکنیک مزایا و معایب خاص خود را دارا می‌باشد و کاربرد مناسب که باید در جای درست مورد استفاده قرار گیرد و باید بدانیم بهره‌گیری از هر دو تکنیک سودمند بوده و لازمه موفقیت محسوب می‌شود.

مرور فرایند رفتار تحلیل بنیادی و تکنیکال، نیازها و دانش لازم برای موفقیت در سودآوری سرمایه‌گذاری در بورس را به خوبی روشن می‌نماید. علاوه بر این، مشخص می‌باشد که بازار سرمایه، یک بازار پر نوسان و متأثر از عوامل گوناگون می‌باشد که اینها باعث می‌شوند بازار سرمایه بویژه بورس، یک بازار پرخطر محسوب شود. می‌توان گفت، تغییرات گوناگونی که در قیمت سهام و روند بازار صورت می‌گیرد آشوبناک می‌باشد و سری زمانی قیمت‌ها در بازار بورس، روندی آشوبناک دارند. به عبارتی می‌توان، برای کشف الگوهای روند تغییرات قیمت در آینده با بررسی گذشته سهم از مدل‌های آشوبناک استفاده کرد.

بر طبق مطالعه صورت گرفته توسط Gil Cohen و همکاران که در سال ۲۰۱۱ منتشر شده است بیشتر سرمایه‌گذاران از تحلیل بنیادی برای تصمیم‌گیری استفاده می‌کنند. همچنین اینکه سرمایه‌گذاران غیر حرفه‌ای از ابزارهای اساسی‌تری مانند "توصیه‌های تحلیلگران" زمانی که سهمی را می‌خرند و از ابزارهای فنی از قبیل "پشتیبانی و خطوط مقاومت" بیشتر زمانی که قصد دارند سهم خود را بفروشند استفاده می‌کنند. علاوه بر این، نشان می‌دهند که سرمایه‌گذاران از صورت‌های مالی و خطوط مقاومت به عنوان ابزاری اولیه برای رفتار سرمایه‌گذاری‌شان استفاده می‌کنند. این نتایج نشان می‌دهد و استدلال می‌کند که ابزارهای فنی و بنیادی با هم ترکیب نمی‌شوند [۱۶].

Roberto Cervelló-Royo a و همکاران، در سال ۲۰۱۵ پژوهشی ارائه دادند که این کار شواهد تجربی را ارائه می‌دهد که با فرضیه کلاسیک بازار کارآمد با توسعه یک استراتژی بر اساس یک سری قیمت گذشته سهم نمی‌توان بازار را شکست داد. روبرتو و همکاران یک قاعده معاملاتی سودآور تعدیل شده بر اساس تحلیل تکنیکال و تعریف جدید الگوی پرچم پیشنهاد کردند. این قانون زمان خرید یا فروش، سود

پیگیری شده در هر عملیات را تعیین می کند. روبرتو و همکاران، با پارامتربندی قوانین تجارت ۹۶ ترکیب مختلف تولید کرده و نتایج کل نمونه را در ۳ دوره فرعی گزارش کردند. همچنین اینکه، به منظور افزایش اعتبار نتایج بدست آمده تحلیل را بر روی دو شاخص برجسته اروپایی تکرار کرده و بازده ارائه شده برای شاخص اروپایی بیشتر از شاخص ایالات متحده بدست آمد که ناکارآمدی بیشتر بازارهای اروپایی را نشان می دهد [۱۷].

۲-۹ نظریه آشوب در بورس

نظریه آشوب (نظریه سیستم های غیر خطی)، در طی سال های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ میلادی توسط ریاضی - دانانی همچون ادوارد لورنز^۱ و جیمز یورک^۲ بنیان گذاری شد. با آنچه بنیان گذاران نظریه آشوب به آن معتقد بودند در میان فرایندهای به ظاهر تصادفی مانند تغییرات سیستم آب و هوا نظم پنهانی وجود دارد و می توان در رفتار به ظاهر غیرقابل پیش بینی این فرایندها الگویی منظم را کشف کرد. طبق نظریه آشوب، رویدادها در جهان چنان پیچیده و پویا هستند که بی نظم به نظر می رسند؛ اما در حقیقت نظام آشوب گونه دارای نظم زیربنایی و مکنون است که شناسایی این نظم زیربنایی و نهفته اگرچه غیر ممکن نیست ولی مشکل است زیرا عوامل و پارامترهای متعددی در تعامل پویا و غیر قابل پیش بینی رفتار پدیده ها را شکل داده و الگوی رفتاری آینده آن را به وجود می آورند. ویژگی های عمده این نظریه شامل پروانه ای، خود سازماندهی یا سازگاری پویا، خودمانایی یا خاصیت هولوگرافی و جاذبه های غریب یا عجیب است (حسینی، ۱۳۹۰).

به طور کلی، تئوری آشوب به عنوان یک رفتار بی نظم از یک سیستم دینامیکی غیر خطی است که در شرایط بسیار حساس اولیه توسط الگوریتمی قابل تعریف است. امروزه، استفاده عملی از تئوری آشوب به طور قابل توجهی افزایش یافته است.

¹ edward lorenz

² jims yorg

بسیاری از برنامه ها در زمینه های مختلف تئوری آشوب را به کار گرفته اند تا مزایای آن مورد استفاده قرار گیرد (Petra Snaselova & Frantisek Zboril, 2015). این نظریه ۴ مولفه اصلی به شرح ذیل دارد:

- اثر پروانه‌ای
- سازگاری پویا
- خودمانایی
- جاذبه‌های غریب

ویژگی قابل توجهی که می‌توان در مورد سیستم آشوبناک نام برد، حساسیت به شرایط اولیه می‌باشد. حساسیت به شرایط اولیه، بیانگر این است که سیستم آشوبناک به تغییرات کوچک حالت اولیه خود حساس است. تغییرات بسیار کوچکی که می‌توانند باعث بروز تغییرات قابل توجهی در وضعیت نهایی سیستم شوند. مثال مشخص و قابل لمسی که می‌توان برای آن بیان کرد پدیده وضعیت جوی است که برای اکثریت مردم قابل درک می‌باشد. پدیده‌ای غیرخطی که نظم مشخصی ندارد و به دلیل در اختیار نبودن تمام شرایط اولیه در زمان محاسبات هواشناسی مانند، نبود دقت اندازه‌گیری دما و رطوبت امکان پیش‌بینی طولانی مدت آب و هوا ممکن نیست. سیستم آشوبناک به طور ذاتی، پیچیده و نامطمئن است و امکان کنترل آن مشکل می‌باشد. اما بر طبق مطالعات گسترده‌ای که در حوزه‌های مختلف صورت گرفته است مشخص شده است که سیستم آشوبناک قابلیت کنترل شوندگی دارد و می‌توان در رفتار پدیده مدنظر الگویی برای پیش‌بینی وضعیت بعدی یافت. از این رو، بازارهای مالی نیز به دلیل غیر قابل پیش‌بینی بودن و پیچیدگی محاسباتی می‌تواند گزینه مناسبی برای بررسی کاربرد نظریه آشوب باشد. رابطه بازارهای مالی و نظریه آشوب را می‌توان این‌گونه بیان کرد که، در اقتصاد و بازار سرمایه ما با متغیرهایی روبه‌رو هستیم که تصادفی هستند و تغییرات آنها غیرقابل پیش‌بینی می‌باشد. در واقع، نظریه آشوب بر پایه فرایندی معین می‌باشد که با ریاضی قابل فرمول‌بندی می‌باشد و محصول یک سیستم غیر-خطی پویاست [۱۸].

مطالعات پیرامون نظریه آشوب و کاربرد آن در بازار بورس، به دهه‌های آخر سال ۱۹۰۰ برمی‌گردد. زمانی که شینک من و لی بارون (۱۹۸۹)، با استفاده از آزمون BDS احتمال آشوب در شاخص وزنی بازدهی هفتگی بازار سهام آمریکا را مورد مطالعه قرار دادند و فرایند غیر خطی بودن در شاخص را اثبات کردند اما وجود آشوب در آن را نتوانستند مشخص کنند [۱۹].

پس از شینک من و لی بارون نیز، تحقیقات بسیاری برای اثبات وجود آشوب در بازار بورس انجام شد اما نتیجه بخش نبود تا اینکه، ون در سال ۱۹۹۶ موفق شد با استفاده از آزمون‌های نمای لیپانوف و همبستگی، وجود آشوب در شاخص‌های هفتگی و روزانه را به اثبات برساند و در پی آن، محققین دیگری همچون کوپلند و ونگ (۱۹۹۷)، سرلتیس و شینتانی (۲۰۰۳)، ایگور بلیاو و رابرت کزما (۲۰۰۷) با استفاده از روش‌های مختلف موفق شدند آشوبناک بودن بازار بورس را در بازارهای مختلف جهانی به اثبات برسانند.

در ادامه تحقیق گسترده در این رابطه، مطالعات گوناگونی نیز در ایران صورت گرفت تا وجود آشوب در بازار بورس تهران نیز بررسی شود. سلامی و همکاران در سال ۱۳۸۱، با استفاده از داده‌های روزانه شاخص کل قیمت سهام تهران و بکارگیری آزمون‌های نمای لیپانوف، آنتروپی کولموگروف و BDS توانست وجود آشوب را در بازار بورس تهران نشان دهند [۶].

در ادامه این بررسی محققان دیگری همچون، مشیری و فروتن (۱۳۸۳)، مشیری و مروت (۱۳۸۴)، زراء نژاد و تیموری اصل (۱۳۹۰)، عباسی نژاد و نادری (۱۳۹۱) و سایر محققان تا کنون مطالعات گوناگونی برای استفاده از آشوب در بازار بورس انجام داده‌اند. یکی از دغدغه‌های امروز دانشمندان در حوزه یادگیری ماشین، تحلیل داده‌های مربوط به سیستم‌های آشوب‌گونه است. توانایی طبقه‌بندی و استخراج دانش نهفته در این نوع داده‌ها ما را قادر می‌سازد تا سیستم‌های پیش‌بینی کننده قدرتمندی برای حوزه‌های مختلف مهندسی و اقتصاد فراهم آوریم. تاکنون روش‌های گوناگونی برای پردازش این نوع داده‌ها به کار گرفته شده‌اند که از آن جمله می‌توان به الگوریتم‌های تکاملی، شبکه‌های عصبی و ... اشاره کرد. بدین منظور در این پژوهش، سعی کردیم با استفاده از الگوریتم تکاملی

استراتژی بهینه برای کسب بازده از بازار بورس ارائه دهیم.

۲-۱۰ الگوریتم‌های تکاملی

محاسبات تکاملی یا الگوریتم‌های تکاملی، از خانواده بهینه‌سازهای سراسری محسوب می‌شوند و الهام گرفته از فرایند زیستی طبیعت هستند. این الگوریتم‌ها مبتنی بر روش حل مساله می‌باشند و با ایجاد جمعیت اولیه و روش آزمون و خطا و بهینه‌سازی تصادفی برای تولید پاسخ بهینه عمل می‌کنند. این الگوریتم‌ها، در مرحله نخست، با تولید جمعیت تصادفی نسل یا همان پاسخ‌های بهینه را تولید کرده و سپس در بروزرسانی مجدد جمعیت، که در واقع پاسخ‌های کاندید هستند به سوی پاسخ بهینه سراسری حرکت می‌کنند. این الگوریتم‌ها برگرفته از تکامل طبیعی هستند و بگونه‌ای عمل می‌کنند که فرایند انتخاب جمعیت و بهترین نسل به نحوی انجام شود که با تکرار بیشتر برازندگی و یا بهینگی پاسخ سراسری افزایش پیدا کند. بهینه‌سازهای سراسری قادر هستند مجموعه‌ای از پاسخ‌های بهینه تولید کنند و این ویژگی آنها را برتر از بهینه‌سازهای مرسوم قرار داده است. تا کنون، الگوریتم‌های تکاملی مختلفی ارائه شده است که می‌توان الگوریتم ژنتیک، کلونی مورچگان، زنبور عسل، خفاش و... را نام برد. الگوریتم تکاملی انتخابی ما برا انجام پژوهش الگوریتم خفاش بوده است و به منظور مقایسه عملکرد استراتژی پیشنهادی مدل را با الگوریتم ازدحام ذرات نیز ترکیب کرده و نتایج را ارائه خواهیم داد.

۲-۱۰-۱ الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات^۱

همان‌طور که در طبیعت مشاهده کرده‌ایم، برخی از حیوانات به صورت گروهی و دسته جمعی زندگی و حرکت می‌کنند. برای مثال می‌توان، ماهی‌ها یا پرندگان را نام برد که در این گروه از جانداران، مشاهده شده است که از چند قانون ساده پیروی می‌کنند. ماهی‌ها، در یک دسته از موقعیت، جهت حرکت و

^۱ pso

سرعت دیگر ماهی‌های مجاور خود در دسته آگاه هستند و با کمک این اطلاعات، مسیر جدید خود را تنظیم می‌کنند. الگوریتم PSO نیز به همین شکل عمل می‌کند و برگرفته از الگوی حرکت دسته جمعی پرندگان و ماهی‌ها می‌باشد. قوانینی در این الگوریتم حاکم می‌باشد که شامل موارد زیر است:

- تمامی ذرات سعی می‌کنند در نزدیکی سایر ذرات دسته خود حرکت کنند.
 - تمامی ذرات در جهت حرکت بقیه ذرات حرکت می‌کنند.
 - تمامی ذرات تقریباً با همان سرعتی که دیگر ذرات حرکت می‌کنند حرکت می‌کنند.
- در الگوریتم PSO، جمعیتی از ذرات تشکیل شده، که هر ذره بیانگر یک پرنده در فضای جستجو می‌باشد. با هر بروزرسانی، موقعیت ذرات با توجه به میزان برازندگی هر ذره و اطلاعات یک یا چندین ذره از بهترین ذرات هر دسته، تغییر می‌کند و جمعیت به سمت پاسخ بهینه هدایت می‌شود. این مرحله برای تمام ذرات و دسته‌ها اجرا شده و یک مرحله به پایان می‌رسد. تکرار این مراحل، تا زمانی که بهینه‌ترین پاسخ بدست آید ادامه دارد. میتوان عنوان کرد، اصل اساسی در این الگوریتم اشتراک اطلاعات بین اعضای یک گروه یا دسته می‌باشد.
- در PSO موقعیت یک ذره، پاسخ مسأله و تمام ذرات دارای مقدار برازندگی هستند که توسط تابع برازندگی بهینه می‌شوند. ذره‌ای که به هدف نزدیک‌تر می‌باشد، برازندگی بیشتری داشته و و هر ذره با سرعت مشخصی به سمت ذره بهینه دست خود حرکت می‌کند. حرکت دسته‌جمعی ذرات یک تکنیک کارا برای حل مسائل بهینه‌سازی است.

برای شبیه‌سازی رفتار ذرات پارامترهایی به شرح زیر تعریف شده است:

- P_{best} : بیانگر مناسب‌ترین موقعیتی است که هر ذره در زمان اجرای الگوریتم می‌تواند بدست آورد.
- G_{best} : بهترین موقعیتی است که ذرات در زمان اجرای الگوریتم بدست آورده‌اند.
- C_1 : کمیتی است که مشخص می‌کند ذره در جهتی حرکت کند که بهینه‌ترین مکان برای

خود ذره و همسایگان او می‌باشد.

در ادامه، به منظور شبیه‌سازی رفتار ذره پارامترهای C_2 و W و سرعت نیز تعریف شده‌اند که به شرح زیر می‌باشند:

- C_2 : به منظور تحریک ذره برای حرکت به سمت بهترین مکان که کل ذرات تا این لحظه کسب کرده‌اند استفاده شده است.
 - W : به منظور ایجاد تعادل در جستجوی محلی و سراسری در الگوریتم تنظیم شده است.
 - سرعت یا V : موقعیت ذره در فضای جستجو را تغییر داده و نشان می‌دهد.
- گروهی از ذرات در ابتدا، به صورت تصادفی تولید شده و با بروزرسانی جمعیت الگوریتم سعی می‌کند بهینه‌ترین پاسخ را بیابد. در هر مرحله، برای هر ذره دو مقدار بروزرسانی می‌شود که اولین مقدار، بهترین موقعیتی است که تاکنون ذره کسب کرده است (P_{best}) و دیگری، بهترین موقعیتی است که توسط کل ذرات تا این لحظه بدست آمده است (G_{best}). در مرحله بعدی، بروزرسانی سرعت و مکان هر ذره صورت گرفته که با توجه به روابط زیر می‌باشد:

$$V_{ij}^{t+1} = wV_{ij}^t + c_1r_1^t (pbest_{ij} - X_{ij}^t) + c_2r_2^t (gbest_j - X_{ij}^t)$$

$$X_{ij}^{t+1} = X_{ij}^t + V_{ij}^{t+1}$$

$$W = [0,1]$$

پارامتر C_2 ، C_1 و W می‌تواند به صورت تجربی با توجه به مسأله مورد نظر تعیین گردد. اما باید در نظر داشت که پارامتر W ، باید کمتر از یک در نظر گرفته شود زیرا با مقداری بالاتر از یک، سرعت را تحت تأثیر قرار داده و دائماً افزایش می‌دهد که منجر به واگرایی می‌شود. قابل ذکر است، مقدار پارامترهای C_1 و C_2 نیز نباید خیلی بزرگ در نظر گرفته شود زیرا، باعث انحراف شدید ذره از فضای جستجوی خود (محلی) و سراسری می‌شود.

استراتژی معامله‌گری در بورس با استفاده از الگوریتم PSO در کنار استراتژی پیشنهادی تحقیق پیش رو برای مقایسه نتایج حاصل از دو استراتژی و ارزیابی کارکرد مدل آزموده شده است.

۲-۱۰-۲ الگوریتم خفاش^۱

الگوریتم خفاش، بر اساس ویژگی پژواک‌یابی ریز خفاش‌ها واقع شده است. پژواک‌یابی در ریز خفاش‌ها، یک فرایند ادراکی می‌باشد که در آن موج‌های فراصوت برای کسب پژواک تولید می‌شوند. خفاش با استفاده از اطلاعات موج‌های ارسالی و بازتاب شده، قادر است محیط اطراف خود را تصویرسازی کرده و حرکت کند.

یانگ این شی^۲ در سال ۲۰۱۰ [۲۰]، الگوریتم خفاش را بر مبنای انعکاس صدای خفاش‌ها ارائه داد و اولین الگوریتمی می‌باشد که بر مبنای تنظیم فرکانس عمل می‌کند. اساس این الگوریتم بر پایه سه قانون زیربنایی می‌باشد:

۱. خفاش‌ها با استفاده از پژواک صدا قادر هستند فاصله خود از هدف را تخمین بزنند و تفاوت طعمه و موانع ثابت را تشخیص دهند.

۲. خفاش‌ها به صورت تصادفی، با سرعت V_i در جهت X_i و با فرکانس $f_{\min i}$ و طول موج λ و بلندی صدای A_0 به جستجوی شکار می‌پردازند.

۳. بلندی صدا می‌تواند تغییر کند اما فرض را بر این می‌گذاریم که در محدوده A_0 و $A_{\min}$ قرار دارد.

۲-۱۰-۱ محاسبات الگوریتم خفاش

در الگوریتم خفاش، هر عضو جمعیت با معیارهای سرعت V_i^t و موقعیت X_i^t ، با تکرار t در یک فضای d بعدی جابجا می‌شود و در بین تمامی اعضای جمعیت خفاش‌ها یک راه‌حل بهینه X^* وجود دارد [۲۱].

¹ bat algorithm

² yang xin-she

$$F_i = f_{\min} + (f_{\max} - f_{\min}) \beta \quad \text{فرمول شماره (۱)}$$

$$V_i^t = V_i^{t-1} + (X_i^{t-1} - X^*) f \quad \text{فرمول شماره (۲)}$$

$$X_i^t = X_i^{t-1} + v_i^t \quad \text{فرمول شماره (۳)}$$

در فرمول شماره (۱)، β در بازه $[0,1]$ یک بردار تصادفی از توزیع یکنواخت می‌باشد. F_i فرکانس موج منتشر کننده می‌باشد و از بازه $[f_{\min}, f_{\max}]$ انتخاب شده است. V_i^t سرعت خفاش i ام در تکرار t ام و X_i^t موقعیت خفاش i ام در تکرار t ام می‌باشد. فرض بر این است که، مقدار $f_{\min} = 0$ و $f_{\max} = 100$ می‌باشد که با توجه به مسأله می‌تواند تغییر کند. نرخ انتشار بلندی صدا و پالس نیز توسط فرمول‌های زیر تنظیم می‌شود:

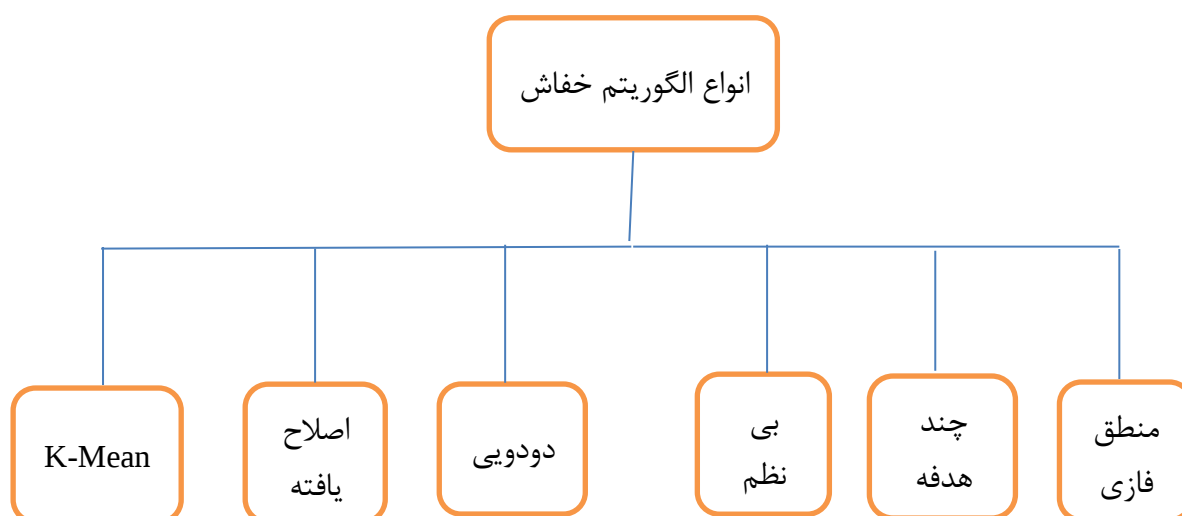
$$A_i^{t+1} = \alpha A_i^t$$

$$R_i^{t+1} = r_i^0 [1 - \exp - \gamma t]$$

مقدار α و γ ثابت و بین $[0,1]$ می‌باشد.

۲-۱۰-۲ انواع الگوریتم خفاش

الگوریتم خفاش، از لحاظ همگرایی سریع در مراحل ابتدایی به وسیله سوئیچ از اکتشاف به استخراج یک الگوریتم کاربردی محسوب می‌شود و این ویژگی باعث شده است در مواردی که نیاز به دسته‌بندی می‌باشد یک الگوریتم تأثیرگذار باشد. به منظور بهبود کارایی آن نیز، نسخه‌های متفاوتی از آن منتشر شده است که مطابق شکل شماره می‌باشد.



شکل شماره ۱-۲- انواع الگوریتم خفاش

۲-۱۰-۳ کاربرد الگوریتم خفاش

الگوریتم خفاش، کاربردهای زیادی دارد و انواع مختلفی که از آن ارئه شده است به‌خوبی بیانگر این مطلب می‌باشد. این الگوریتم، در زمینه‌های گوناگونی مانند بهینه‌سازی، دسته‌بندی، پردازش تصویر و سایر زمینه‌ها بکار برده شده است که برخی از مهم‌ترین آنها در ادامه ذکر شده است عبارتند از: بهینه‌سازی متوالی، بهینه‌سازی ترکیبی و زمان‌بندی، تخمین پارامتر، دسته‌بندی و داده‌کاوی، پردازش تصویر و منطق فازی.

۲-۱۰-۴ مزیت‌های الگوریتم خفاش

سادگی و قابلیت انعطاف الگوریتم خفاش و پیاده‌سازی راحت آن اصلی‌ترین دلایل کارآمدی این الگوریتم می‌باشند. تنظیم فرکانس^۱ و قابلیت zoom کردن خودکار^۱ و کنترل پارامتر^۲ دیگر مزیت‌های مهم الگوریتم خفاش می‌باشند که برای حل مسائل مختلف کاربرد دارند.

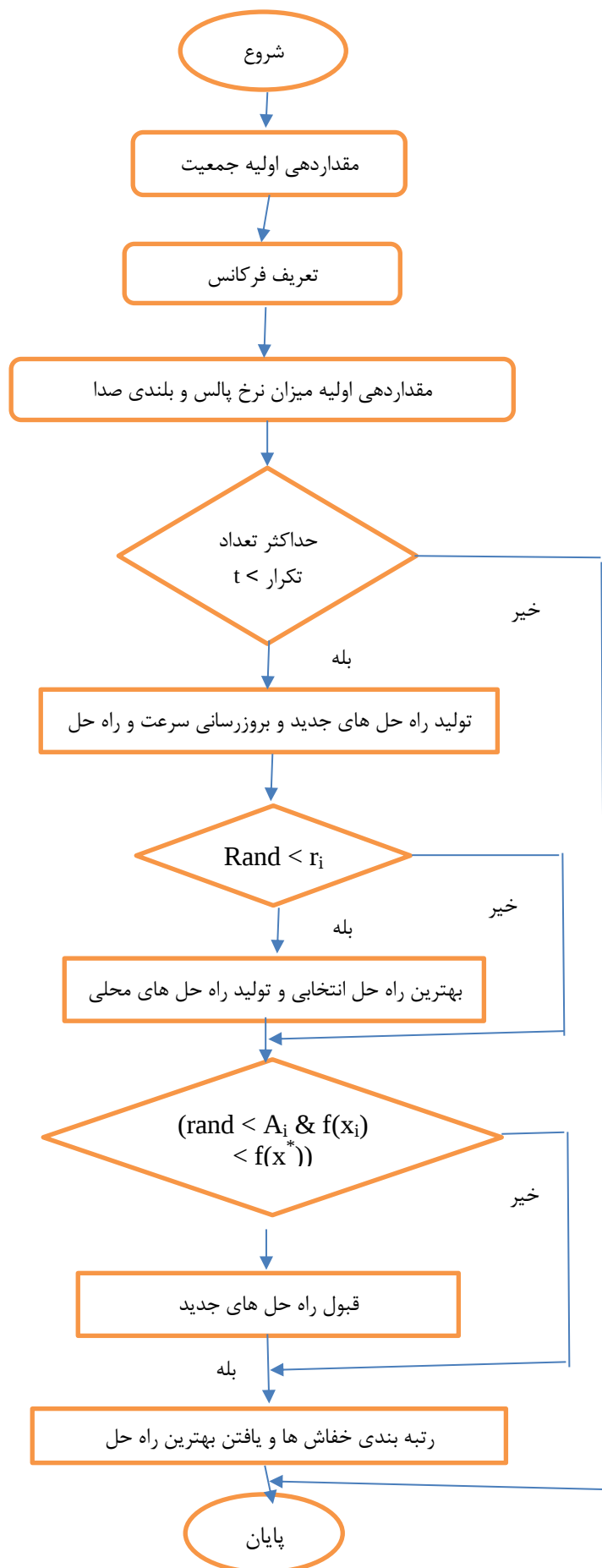
^۱ الگوریتم خفاش، از پژوهاک‌سازی و تنظیم فرکانس برای یافتن پاسخ بهینه استفاده می‌کند. بنابراین می‌توان گفت این الگوریتم، مزایای سایر الگوریتم‌های هوش جمعی را دارا می‌باشد.

۲-۱۰-۵ فلوچارت بهینه‌سازی الگوریتم خفاش

مطابق شکل شماره، مشاهده می‌کنید که در مرحله ابتدایی پارامترهای اولیه مقداردهی شده و پس از تعریف فرکانس، بلندی صدا و نرخ پالس مقدار می‌گیرند. سپس اگر شرط لازم که حداکثر تکرار بزرگتر از t باشد، برقرار شود الگوریتم متوقف شده اما اگر، شرط برقرار نبود پاسخ‌های جدید و سرعت بروزرسانی می‌شوند. اگر $\text{Rand} < r_i$ باشد، انتخاب بهترین پاسخ انجام شده و در غیر این صورت پاسخ بهینه نبوده و تکرار می‌شود. در مرحله بعدی اگر، شرط $\text{Rand} < A_i \ \& \ f(x_i) < f(x^*)$ برقرار باشد پاسخ جدید پذیرفته شده و در غیر این صورت، بدون پذیرش پاسخ جدید اعضای جمعیت خفاش‌ها رتبه‌بندی شده و برای یافتن پاسخ بهینه دوباره تکرار انجام می‌گیرد.

^۱ مزیت متمایز نسبت به دیگر الگوریتم‌های تکاملی، بوسیله تعویض اتوماتیک از حرکات اکتشافی به بهره‌برداری متمرکز محلی انجام می‌شود و این خاصیت نرخ همگرایی سریع با کمترین تکرار را باعث می‌شود.

^۲ با کمک این خاصیت می‌تواند مقادیر پارامتر (A, r) را در تکرارهای بعدی تغییر دهد و باعث سوئیچ خودکار از اکتشاف به بهره‌برداری در زمان نزدیک شدن به راه حل بهینه شود.



شکل شماره ۲-۲- فلوچارت الگوریتم خفاش

۲-۱۰-۳ پیشینه استفاده از الگوریتم‌های تکاملی در بورس

موضوع سرمایه‌گذاری در بورس و کسب سود از این بازار، همیشه مورد توجه تحلیل‌گران و سرمایه‌گذاران مختلف بوده است. محققان در سال‌های اخیر، موفق شده‌اند به روش‌های خطی و غیرخطی که ارائه شده به پیش‌بینی بازار سهام بپردازند که صحت و دقت این پیش‌بینی‌ها در تصمیمات خرید و فروش و مدیریت سرمایه‌گذاری توسط فرد سرمایه‌گذار می‌تواند تأثیرگذار باشد. آنچه از تحقیقات در کشورهای مختلف نتیجه شده است با استفاده از روش‌های مختلفی مانند مدل‌های سری زمانی، رگرسیون و میانگین متحرک متفاوت می‌باشد. امروزه با پیدایش علم جدید سیستم‌های هوشمند و تکنیک‌هایی مانند الگوریتم‌های تکاملی و هوش مصنوعی در حوزه‌های مختلف کاربردهای فراوانی پیدا کرده‌اند. برای مثال می‌توان تحقیقات صورت گرفته را از پژوهشی که هیوارنگ و یو در سال ۲۰۰۵ برای پیش‌بینی شاخص بورس سهام تایوان انجام داده و از مدل سری زمانی نوع دوم استفاده کردند نام برد. در پژوهشی دیگر چن و همکاران، در سال ۲۰۰۷ مدلی از سری زمانی بر اساس فیبوناچی ارائه دادند و در پژوهش دیگری، مرتبه بالاتری از سری زمانی را بر اساس مدل تطبیقی ارائه دادند. اگر بخواهیم از پژوهش‌گران ایرانی نیز، مثالی بیاوریم می‌توان تحقیق صورت گرفته توسط افسر و احمدی را نام برد که در سال ۱۳۸۵، با مقایسه روش‌های کلاسیک و هوش مصنوعی نشان دادند که با روش ترکیبی از تکنیک‌های سنتی و هوش مصنوعی می‌توان در مورد پیش‌بینی شاخص بورس به عملکرد بهتری دست یافت. با ادامه پژوهش‌ها در این حیطه و معرفی الگوریتم‌های تکاملی، محققان به استفاده از این الگوریتم‌ها در پژوهش‌های مرتبط با بورس روی آوردند. برای مثال، می‌توان از تحقیقاتی که توسط آلن و همکاران در سال ۱۹۹۹، ژیانگ و همکاران در سال ۲۰۰۲، کوکزاک و همکاران در سال ۲۰۰۲، باو و همکاران در سال ۲۰۱۱ نام برد که از الگوریتم‌های ژنتیک و تکنیک‌هایی مانند ماشین بردار پشتیبان برای شناسایی فرصت‌های تجاری در بازار بورس استفاده کردند. چنگ و همکاران در سال ۲۰۱۰، مدل پیش‌بینی ترکیبی ارائه دادند که از الگوریتم ژنتیک برای بهبود دقت پیش‌بینی قیمت سهام استفاده می‌کرد. Antonio C. Briza, Prospero C.

Naval Jr در سال ۲۰۱۱ رویکردی ارائه دادند که با کمک الگوریتم PSO بتواند از شاخص‌های فنی مالی استفاده کرده و درصد سود و نسبت بازدهی شارپ را بهینه کند. عملکرد سیستم، با عملکرد شاخص‌های فنی، عملکرد بازار و سیستم معاملات مبتنی بر الگوریتم ژنتیک بهینه شده مقایسه شده و نتایج نشان دادند که، سیستم پیشنهادی هم در آموزش و هم در تست نمونه عملکرد خوبی دارد. از لحاظ درصد سود، سیستم پیشنهادی حتی در برخی موارد از بازار نیز بهتر عمل کرده و از نظر نسبت شارپ، به طور مداوم عملکرد به مراتب بهتری نسبت به شاخص‌های فنی دارد. آنها عنوان کردند نتایج سیستم، نشان می‌دهد می‌توان از آن به عنوان ابزاری برای تصمیم‌گیری در معاملات سهام استفاده کرد [۲۲].

Iván Contreras و همکاران، در سال ۲۰۱۲، سیستمی پیشنهاد دادند که بتواند با استفاده از الگوریتم تکاملی ژنتیک پارامترهای یک سیستم تجاری که ترکیبی از تحلیل بنیادی و تکنیکال بود را بهینه کند. بدین منظور از یک اپراتور جدید به نام Filling Operator بهره می‌برد که از مشکلات همگرایی زودرس جلوگیری کرده و تعداد ارزیابی‌های مورد نیاز را کاهش می‌دهد. نتایج تجربی نشان دادند که این روش می‌تواند مناسب باشد زیرا بازدهی احتمالی ۸۳۰٪ را در مقایسه با بازدهی ۱۸۰٪ خرید و نگهداری سهام برای ۱۰۰ شرکت در سال را نشان می‌دهد [۲۳].

کاظم، شریفی و همکاران در سال ۲۰۱۳، با استفاده از مدل آشوبناک الگوریتم کرم شب‌تاب و رگرسیون بردار پشتیبان به پیش‌بینی قیمت سهام پرداختند. در تحقیق انجام شده، روش SVR-CFA برای اولین بار معرفی شد و مدل پیشنهادی با روش‌های ANN، SVR-FA، SVR-CGA، SVR-GA و ANFIS مقایسه گردید. نتایج نشان دادند، روش معرفی شده عملکرد بسیار بهتری نسبت به سایر روش‌ها دارد [۲۴]. زینب آذریان و سید مهدی همایونی، در سال ۱۳۹۶ مطالعه موردی بر روی سهام ایران خودرو انجام دادند. بدین منظور با استفاده از تحلیل تکنیکال و روش ترکیبی الگوریتم ژنتیک و شبکه عصبی اقدام به پیش‌بینی روند تغییر قیمت سهام ایران خودرو نمودند. در این پژوهش، پارامترهای مجموعه‌ای از شاخص‌های تحلیل تکنیکی برای سهام یک شرکت با استفاده از الگوریتم ژنتیک بهینه شده است و به شبکه عصبی مصنوعی به عنوان ورودی داده می‌شود. از این روش ترکیبی برای پیش‌بینی

روند تغییرات قیمت سهام روز بعد استفاده شده است. در این روش، فرض شده است که فرد سرمایه‌گذار براساس پیش‌بینی تصمیم می‌گیرد که روز بعد، سهام را بخرد، بفروشد، یا نگه دارد. برای ارزیابی عملکرد روش ترکیبی ارائه شده، از یک شبکه عصبی مصنوعی با استفاده از شاخص‌های تحلیل تکنیکی با پارامترهای پیش‌فرض نیز جهت پیش‌بینی روند تغییرات قیمت سهام استفاده شده است. این دو روش برای داده‌های واقعی سهام شرکت ایران خودرو اجرا شده که نتایج نشان دهنده برتری روش ترکیبی با ۲۵٫۱٪ کاهش در خطای پیش‌بینی نسبت به روش ساده است [۷]. علی بیات و زینب باقری در سال ۱۳۹۶ پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از الگوریتم کرم شب‌تاب را مورد مطالعه قرار دادند. در این مطالعه، پیش‌بینی قیمت سهام برخی از تولیدکنندگان فهرست شده در بورس اوراق بهادار تهران و برخی دیگر با استفاده از الگوریتم کرم شب‌تاب انجام شده است. در این مطالعه ابتدا از ۱۶ متغیر به مدت ۳ سال (۱۳۸۸-۱۳۹۲) برای آموزش استفاده شده و الگوریتم قبل و پس از آن آموزش دیده است. برای پیش‌بینی قیمت سهام تولیدکنندگان از ۱۲ متغیر استفاده شده است. خطای نسبی برای قیمت سهام قبل و بعد از پیش‌بینی محاسبه شد. میانگین این خطا از ۶٪ خارج است و نتیجه این است که پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از الگوریتم کرم شب‌تاب قابل دستیابی و امکان‌پذیر است [۲۵].

احمد رضا پاکرایی در سال ۱۳۹۶، روند قیمت سهام را با استفاده از XCS که روشی ترکیبی بر اساس الگوریتم‌های ژنتیک و یادگیری تقویتی می‌باشد پیش‌بینی کرد. در این مطالعه مدلی ارائه می‌شود که با استفاده از XCS حرکت قیمت روز بعد سهام یکی از شرکت‌های بورس اوراق بهادار تهران بر اساس داده‌های تاریخی و شاخص‌های مختلف فنی پیش‌بینی می‌کند. سپس، کارایی مدل پیشنهادی در مقایسه با مدل پیاده‌روی تصادفی اندازه‌گیری می‌شود. نتایج نشان داد که مدل پیشنهادی دارای دقت پیش‌بینی بیشتری در مقایسه با مدل پیاده‌روی تصادفی است [۲۶].

احمد باقری و همکاران، در سال ۲۰۱۴ یک روش هوشمند ترکیبی جدید برای پیش‌بینی سری‌های زمانی مالی، به ویژه برای بازار ارز خارجی (FX) ارائه دادند. این روش برای تقلید از روش پیش‌بینی معامله‌گران واقعی، از داده‌های تاریخی بازار و الگوهای نمودار برای پیش‌بینی روند بازار استفاده می‌کند.

اول، تجزیه کامل موجک تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی به عنوان یک داده ورودی سیستم استنباط فازی مبتنی بر شبکه (ANFIS) برای پیش بینی قیمت‌های بازار در آینده استفاده شده است. همچنین، بهینه‌سازی ازدحام ذرات (QPSO) برای تنظیم توابع عضویت ANFIS استفاده شده است. بخش دوم این مقاله یک روش ترکیبی جدید (WT) - Wavelet Transform (DTW) - Dynamic Time Warping برای استخراج الگوی خودکار ارائه می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که روش ترکیبی ارائه شده برای پیش‌بینی قیمت مالی و استخراج الگوی مالی بسیار مفید و موثر می‌باشد [۲۷].

مجید فشاری و پوریا مظاهری‌فر، طی پژوهشی به مقایسه الگوریتم‌های پیش‌بینی و بهینه‌سازی در انتخاب سبد سهام در بازار سهام تهران پرداختند. در این مطالعه، از دو الگوریتم شبکه‌های عصبی و شبکه‌های عصبی فازی، برای پیش‌بینی قیمت سهام و دو الگوریتم ممیتک، ازدحام ذرات و الگوریتم ژنتیک، به همراه روش درجه دوم برای حل مسئله بهینه‌سازی نامحدود با استفاده از داده‌های روزانه ۲۳ شرکت پذیرفته شده در بازار سهام تهران طی سال‌های ۲۰۱۲-۲۰۱۵ استفاده می‌شود. یافته‌ها نشان می‌دهد که شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش‌بینی بازده عملکرد بهتری نسبت به شبکه عصبی فازی دارند. علاوه بر این، مقایسه عملکرد الگوریتم‌های درجه دوم، ژنتیک و قورباغه برهم زدن (SFL) نشان می‌دهد که الگوریتم SFL عملکرد بهتری نسبت به الگوریتم‌های ژنتیک و درجه دوم دارد. در نتیجه، شبکه عصبی مصنوعی ممکن است یک الگوریتم قابل اعتماد برای سهامداران باشد [۲۸].

جعفر باباجانی و همکاران، در سال ۱۳۹۸ پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه عصبی بازگشتی بهینه شده با الگوریتم کلونی زنبور عسل مصنوعی را مورد مطالعه قرار دادند. برای این منظور با استفاده از داده‌های سهام پذیرفته شده در بازار اول تابلوی اصلی بورس تهران که طی سال‌های ۱۳۹۰ تا پایان سال ۱۳۹۴ مورد معامله قرار گرفته است، ضمن تعریف مؤلفه‌های تکنیکال و بنیادی متعدد، با به‌کارگیری فرآیند رگرسیون-همبستگی قدم‌به‌قدم (SRCS)، مؤلفه‌های مؤثر بر قیمت سهام انتخاب شده و به‌عنوان ورودی مدل تعریف می‌شود. در مرحله بعد، الگوریتم کلونی زنبور عسل مصنوعی (ABC) در یک فضای طراحی پارامتری، برای بهینه کردن وزن‌ها و تورش‌های شبکه عصبی بازگشتی بکار گرفته می‌شود. برای

ارزیابی عملکرد مدل، از چندین معیار برای سهام شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس تهران استفاده می‌شود. نتایج نشان‌دهنده آن است که استفاده از شبکه عصبی بهینه‌شده با الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی، دقت قابل‌ملاحظه‌ای در مقایسه با سایر روش‌های پیش‌بینی دارد. روش ترکیبی شبکه عصبی بازگشتی بهینه‌شده با الگوریتم کلونی زنبورعسل، با استفاده از مؤلفه‌های شناسایی‌شده در این پژوهش، می‌تواند پیش‌بینی مناسبی از عملکرد قیمت سهم در روزهای آینده در بورس تهران در قیاس با سایر روش‌های پیش‌بینی ارائه نماید [۸].

FEI Wang در سال ۲۰۱۲ استراتژی پیچیده معاملات سهام مبتنی بر بهینه‌سازی ازدحام ذرات را مورد مطالعه قرار داد. PRS (استراتژی پیشنهادی) هفت بعد از محبوب‌ترین قوانین معاملاتی را در بازارهای مالی ترکیب می‌کند و برای هر بعد از قوانین معاملاتی، PRS ترکیب‌های مختلفی از پارامترهای قانون را در بر می‌گیرد تا در مجموع، ترکیبی از ۱۰۵۹ قاعده معاملاتی جزء را تولید کند. در این رویکرد، برای تعیین بهترین مقادیر پارامتر PRS، از الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات (PSO) با تغییر زمان بهبود یافته با هدف به حداکثر رساندن سود خالص سالانه تولید شده توسط PRS استفاده شده است. با توجه به تعداد زیاد قوانین جزء و اندازه ازدحام، زمان بهینه‌سازی قابل توجه است. یک PSO موازی مبتنی بر Hadoop، یک مدل برنامه‌نویسی موازی منبع باز MapReduce، برای بهینه‌سازی کارآمدتر PRS استفاده شده و پس از بهینه‌سازی در یک دوره آموزشی هشت ساله، PRS بر روی مجموعه داده‌های خارج از نمونه آزمایش می‌شود. نتایج تجربی نشان داد که PRS از تمام قوانین مؤلفه در دوره آزمایش بهتر عمل کرده است. در این رویکرد تنها به بازدهی سالانه پرداخته و بازدهی و کاهش ریسک در مدت زمان کوتاه را در نظر نگرفته است و تکرار نمی‌شود. داده‌ها پس از محاسبه در حافظه ذخیره نشده و برای تکرار بعدی باید مجدد محاسبات صورت گیرد [۲۹].

۲-۱۱- چکیده

بیان کردیم که سه رویکرد تحلیلی برای معامله‌گری در بورس در حال حاضر استفاده می‌شود. در مورد هر تحلیل توضیح داده و مطالعات انجام شده در مورد هر تحلیل را شرح دادیم. با توجه به نتایجی که از هر تحلیل بدست آمده است می‌توان گفت، استفاده از هر تحلیل در کل سودمند بوده و سوددهی مناسبی به همراه دارد. از جهاتی دیگر، این موضوع مطرح می‌باشد که هر رویکرد در کنار مزایا و سوددهی که دارد معایبی نیز دارد که به شرح زیر است:

- در تحلیل بنیادی، شرکت‌های با ارزش دفتری بالا مناسب‌ترین سهام در نظر گرفته می‌شوند و قیمت سهام ارتباط مثبت با تأمین مالی و تولید صنعتی دارد، اما ارتباط آن با تورم منفی است. در این رویکرد سرمایه‌گذاری بلند مدت مناسب دانسته می‌شود و برای دوره‌های کوتاه-مدت کمتر از ۹ ماه نتایج رضایت‌بخشی کسب نمی‌کند.
- در تحلیل تکنیکال، مشاهده شده که برخی مقادیر واحد نسبت به میزان نوسان روند بازار دچار افت می‌شوند. این نشان می‌دهد که نوسان بازار زمانی که از یک آستانه خاص تجاوز می‌کند باید تحت نظارت قرار گیرد. قواعد تحلیل تکنیکال در اکثر موارد راهبرد خرید و نگهداری برای کوتاه مدت سودمندتر بوده و در مواردی با در نظر گرفتن کارمزد معاملات سود ناچیزی بدست می‌آید.
- ابزارهای فنی و بنیادی با هم ترکیب نمی‌شوند و نمی‌توان از هر دو تکنیک در یک ابزار استفاده کرد. بلکه باید دانش مربوطه به هر رویکرد کسب شده و به صورت مجزا برای تحلیل سهام بکار گرفته شوند.

سیستم‌های آشوب‌گونه، توانایی طبقه‌بندی و استخراج دانش نهفته در این نوع داده‌ها را قادر می‌سازد تا سیستم‌های پیش‌بینی کننده قدرتمندی برای حوزه‌های مختلف مهندسی و اقتصاد فراهم آوریم. رویکردهای تکاملی ترکیبی با شبکه عصبی تنها پیش‌بینی برای روز بعد را دارند. پیش‌بینی قیمت

سهام با استفاده از الگوریتم کرم شبتاب قابل دستیابی و امکان پذیر است اما هنوز در مراحل ابتدایی آزمایش قرار دارد و نیاز به مطالعات بیشتری می باشد. شبکه عصبی بهینه شده با الگوریتم کلونی زنبور عسل مصنوعی، دقت قابل ملاحظه ای در مقایسه با سایر روش های پیش بینی دارد. اما الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات در مواردی که بازدهی سالانه مد نظر می باشد بکار گرفته شده و بازدهی و کاهش ریسک در مدت زمان کوتاه را در نظر نگرفته است و تکرار نمی شود. داده ها پس از محاسبه در حافظه ذخیره نشده و برای تکرار بعدی باید مجدد محاسبات صورت گیرد.

۲-۱۲- جمع بندی

در این فصل، ابتدا اشاره مختصری به مفاهیم مطرح در معامله گری در بورس داشته و سپس مروری بر رویکردهای ارائه شده در معامله گری در بورس داشتیم. در انتهای شرح هر رویکرد تاریخچه ای از هر رویکرد تحلیلی ارائه دادیم و مقایسه ای بین نتایج بدست آمده از کاربرد هر رویکرد در انتهای بحث مطرح شد. در فصل بعدی رویکرد پیشنهادی را بررسی خواهیم کرد.

فصل ۳: روش پژوهش

۳-۱ مقدمه

در فصل نخست کلیات پژوهش مورد بررسی قرار گرفت و مروری بر ادبیات موضوع در فصل دوم، ارائه شد. در ادامه به بررسی مدل پیشنهادی و روش تحقیق در این فصل خواهیم پرداخت و نتایج حاصل از بکارگیری مدل را در فصل بعد ارائه خواهیم داد. در این فصل برای آشنایی با روش پژوهش که به منظور دستیابی به اهداف ذکر شده مورد استفاده قرار گرفته است، روش و اهداف تحقیق، الگوریتم معامله‌گر بورس، پایگاه داده‌ها، روش جمع‌آوری داده‌ها، متغیرهای پژوهش و مدل کلی تحقیق مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۳-۲ روش تحقیق

در ابتدا باید نوع تحقیق را مشخص کنیم زیرا اولین مبحث در روش‌شناسی تحقیق نوع تحقیق می‌باشد که با توجه به زمینه مورد بررسی، از چند منظر می‌تواند انواع مختلفی داشته باشد. از آنجایی که، تحقیق حاضر در تلاش می‌باشد تا دانش موجود را در یک زمینه خاص بهبود بخشد و بهره‌وری را در سرمایه‌گذاری بازار بورس بالا ببرد و به دنبال راه‌حلی برای بهبود شرایط سرمایه‌گذاری در بورس می‌باشد یک تحقیق کاربردی محسوب می‌شود. از طرفی به دلیل استفاده از داده‌های سازمان بورس و نحوه گردآوری داده‌ها، یک تحقیق پس‌رویدادی می‌باشد زیرا گذشته‌نگر بوده و قصد دارد با استفاده از داده‌های گذشته به کسب سود در آینده بپردازد.

۳-۳ متغیرهای پژوهش

در این پژوهش، ۸ متغیر برای مطالعه انتخاب شده است که در ادامه به ترتیب شرح داده خواهد شد.

الف - first

قیمت **first** یا آغازین، قیمتی است که در شروع جلسه رسمی معاملاتی برای هر ورقه‌ی بهادار در تابلو بورس اعلام می‌شود.

ب - high

قیمت **high** یا بالاترین قیمت، بیشترین قیمت که یک سهام در آن روز معاملاتی، معامله می‌شود.

پ - low

قیمت **low** یا پایین‌ترین قیمت، پایین‌ترین قیمت که یک سهام در آن روز معاملاتی، معامله می‌شود.

ت - close

قیمت **close** یا بسته، قیمت هر ورقه‌ی بهادار در پایان هر جلسه رسمی معاملاتی بورس است که محاسبه و توسط "بورس" اعلام می‌شود.

چ - last

Last یا قیمت روز گذشته، که در روز قبل معاملاتی بورس برای سهم ثبت شده است و بر اساس پر کردن حجم مبنا می‌باشد.

ح - value

Value، تفاوت مقدار قیمت **last** از قیمت روز قبل می‌باشد.

خ - vol

Vol یا حجم، حجم معاملات سهام را در پایان هر روز معاملاتی بورس محاسبه و اعلام می‌شود.

د - open

Open یا قیمت باز، نرخ است که اختیار تعیین آن از طرف "مشتري" به کارگزار واگذار می‌شود و در

تابلوی معاملات به صورت روزانه درج می‌شود و تنها در این بازه اجازه معامله وجود دارد.

۳-۴ مدل کلی تحقیق

مجموعه داده‌های بازار بورس سری زمانی متشکل از توالی اعداد می‌باشد و اعداد از اندازه‌گیری مکرر اطلاعات مختلف قیمت سهام در زمان از زمان عرضه در بازار تا به امروز بدست آمده است. فاصله زمانی مورد استفاده برای بررسی قیمت و روند سهم متفاوت بوده و می‌تواند شامل، اطلاعات تغییرات سهم در فواصل زمانی دقیقه، ساعت، روزانه و یا هفتگی و ماهانه و حتی سالانه باشد که به منظور تحلیل سهم مورد استفاده افراد قرار می‌گیرد. فرض بر این است که، در سری‌های زمانی تغییرات سهم یک الگو وجود دارد و تاریخچه گذشته سهم مبنی بر این است که در آینده نیز تکرار خواهد شد. به همین منظور، سعی داریم با استفاده از الگوریتم پیشنهادی و داده‌های جمع‌آوری شده از سایت رسمی بورس اوراق بهادار تهران، استراتژی پیشنهادی را مورد بررسی قرار داده و رویکردی ارائه دهیم که بتواند با ارائه زمان مناسب خرید و فروش سهام و تعیین واحد خرید و فروش سهم ریسک سرمایه‌گذاری را کاهش داده و از طرفی میزان سوددهی را افزایش دهد.

مجموعه داده‌ها، از سایت رسمی بورس اوراق بهادار تهران (tsetmc) جمع‌آوری شده و در قالب فایل اکسل درون پوشه الگوریتم قرار داده شده است. فایل اکسل شامل، اطلاعات ۵۹۶ سهم از بازار بورس تهران به جز سهام‌های حق تقدم می‌باشد.

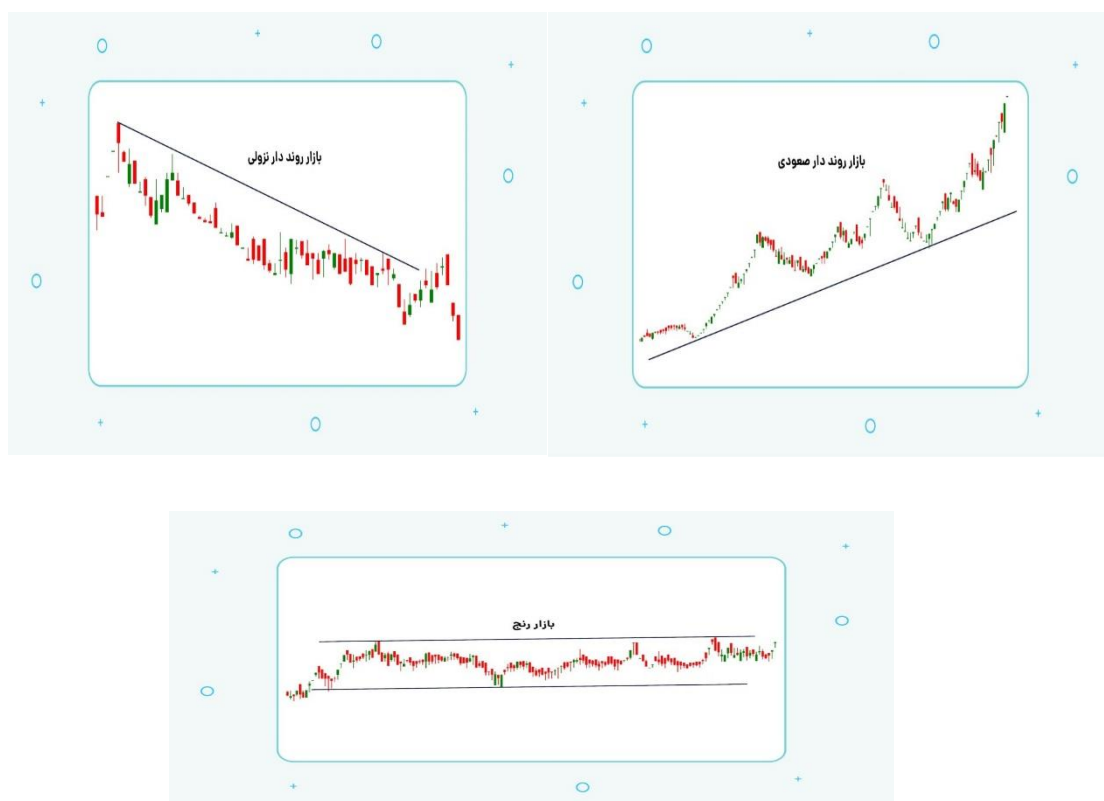
انواع سهام مورد بررسی، در سه دسته سهام ^۱up-trend، ^۲down-trend و ^۳range قرار داده شده و در

^۱ در تعریف خط روند، از بهم وصل کردن نقاط ماکسیمم و رسم خطوط نمودار پایین خط قرار می‌گیرد و روند نزولی نامیده می‌شود. در روند نزولی، هر سقف نسبت به سقف قبلی پایین‌تر بوده و به عنوان یک خط مقاومت مطرح می‌شود.

^۲ در تعریف خط روند، از بهم وصل کردن نقاط مینیمم و رسم خطوط نمودار بالای خط قرار می‌گیرد و از آنجایی که، هر کف بالاتر از کف قبلی است روند صعودی و خط روند به عنوان یک خط حمایت مطرح می‌شود.

^۳ در تعریف خط روند، محدوده رنج محدوده خنثی نامیده می‌شود که به معنای این است که روند خاصی وجود ندارد و مشخص نیست بازار به چه سمتی حرکت خواهد کرد.

شیت‌های مختلف در فایل اکسل دسته بندی شده‌اند تا در هر اجرای الگوریتم بتوانیم عملکرد مدل را بر روی داده‌های مختلف بررسی کنیم. علاوه بر این سه دسته، یک شیت مجزا نیز شامل داده‌هایی که در یک بازه زمانی هر سه حالت روند قیمت را تجربه کرده و تغییرات مداومی در یک بازه زمانی داشته‌اند نیز قرار داده شده است تا نحوه عملکرد مدل برای داده‌هایی که به این شکل ثبت شده‌اند وجود داشته باشد. بازه زمانی داده‌های جمع‌آوری شده شامل سال‌های ۲۰۰۹ الی ۲۰۱۸ می‌باشد. در شکل شماره، انواع خط روند نشان داده شده است.



شکل شماره ۲-۳- انواع خط روند

مجموعه داده، برای ارزیابی الگوریتم پیشنهادی و شناسایی دقت استراتژی بکار گرفته شده و میزان سازگاری روش بررسی گردید. به طور کلی، الگوریتم پیشنهادی شامل سه مرحله می‌باشد که به شرح زیر

است:

- جمع‌آوری مجموعه داده و تنظیم پارامترها به منظور کسب نتایج بهینه
- بهینه‌سازی وزن‌ها توسط الگوریتم خفاش و ارسال به الگوریتم معاملاتی
- استفاده از وزن‌های جدید و تنظیم مجدد پارامترها جهت دستیابی به بهینه‌ترین سود

۳-۵ الگوریتم معامله‌گر بورس

همان‌طور که ذکر شد، الگوریتم پیشنهادی SMBAT به منظور بهینه‌سازی وزن‌های واحد خرید و فروش هر سهم در بازه زمانی مدنظر و دستیابی به سود مناسب در یک بازه زمانی ارائه شده است. در واقع، قصد داریم با استفاده از بهینه‌سازی الگوریتم خفاش در بازار بورس اوراق بهادار تهران، تصمیم‌گیری درباره انتخاب سهم مناسب و تعداد واحد خرید و فروش سهم را به الگوریتم سپرده و نقش انسان را در انتخاب کاهش دهیم تا به سودآوری بیشتری دست پیدا کنیم. در همین رابطه، مطالعاتی با استفاده از الگوریتم خفاش صورت گرفته است. برای مثال می‌توان به پژوهشی که Jui-Fang Chang، Tsai-Wei Yan و Pei-Wei Tsai در سال ۲۰۱۴ انجام دادند اشاره کرد. در این پژوهش سعی شد ساخت سبد سهام با استفاده از الگوریتم خفاش تکامل یافته بررسی شود. بدین منظور، چانگ و همکاران از شاخص قابلیت رضایت از سرمایه‌گذاری (ISCI) برای حذف سهام نامزد بالقوه استفاده کرده و سپس از الگوریتم خفاش تکامل یافته (EBA) برای ساخت سبد سرمایه‌گذاری سهام استفاده کردند. داده‌های سه ساله تاریخی روزانه بازگشت سرمایه (ROI) از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۰ به منظور آزمایش و تأیید عملکرد سبد سهام ساخته شده توسط EBA در آزمایش استفاده شده و نتیجه تجربی با نتایج سرمایه‌گذاری از بازار گسترده‌تر تایوان و ۵۰ صندوق ردیاب برتر تایوان اوراق بهادار Yuanta تایوان مقایسه شده است. نتایج تجربی نشان داد که رویکرد پیشنهادی یک پرتفوی کارآمد برای سرمایه‌گذاری سهام فراهم می‌کند [۳۰]. در پژوهش دیگری، Marjan Golmaryami، Marziyeh Behzadi و Marziyeh Ahmadzadeh یک

روش ترکیبی مبتنی بر شبکه‌های عصبی و یک الگوریتم خفاش فراابتکاری برای پیش‌بینی قیمت سهام ارائه دادند. هدف از این مطالعه استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANN) است که می‌تواند با داده‌های سری زمانی و پارامترهای غیرخطی سروکار داشته باشند تا قیمت سهام در روز بعد را پیش‌بینی کنند. این تحقیق ANN پیشنهادی را با یک الگوریتم خفاش فراابتکاری که دارای همگرایی سریع و قدرتمند است آموزش داده است. در این مطالعه، پس از پیش‌پردازش داده‌ها، از سه نوع شبکه عصبی مصنوعی (انتشار برگشتی-ANN، بهینه سازی ازدحام ذرات-ANN و bat-ANN) برای پیش‌بینی قیمت بسته شدن سهام استفاده کرده است. این مقاله نشان می‌دهد که الگوریتم خفاش ماتریس وزن شبکه عصبی مصنوعی را با دقت بیشتری نسبت به دو الگوریتم دیگر تنظیم می‌کند [۳۱].

جستجوی قدرتمند و همگرایی سریع الگوریتم خفاش برای شناسایی راه‌حل‌های بهینه در فضای جستجو مورد استفاده قرار گرفت.

استراتژی پیشنهادی، برای مسأله بهینه‌سازی سود با تنظیم دستی شروط تعیین شده بر روی شیت‌های مختلف فایل اکسل بکار گرفته شد تا بهینه‌ترین سود حاصل شود. با اجرای الگوریتم بر روی هر شیت از داده‌ها، خروجی الگوریتم بررسی شده و در اجرای مجدد، شیت متفاوتی برای بررسی عملکرد مدل تنظیم شده است. همچنین اینکه، در هر بار اجرا شرط معامله نیز در فایل متنی ConditionFile به صورت دستی تغییر داده شده تا خروجی‌ها با تنظیمات اعمال شده مقایسه شوند. الگوریتم شامل دو بخش اصلی می‌باشد که به شرح زیر است:

- الگوریتم معامله‌گر بورس
- الگوریتم خفاش

بخش اصلی الگوریتم، کدنویسی دستورات معامله‌گری در بورس می‌باشد که روابط و فرایند ریاضی معامله در بورس به صورت کد جاوا ارائه شده است. در این بخش، انواع متغیرهای مربوط به قیمت که در روند معاملات و کسب نتیجه از سرمایه‌گذاری تأثیرگذار هستند تحت عنوان فایل اکسل فراخوانی شده و از آنها در محاسبه شروط تعیین شده استفاده می‌شود. در حالت اول، تعیین وزن و تعداد واحد خرید و

فروش روزانه با استفاده از بازه تعیین شده در فایل متنی ConditionFile صورت گرفته اما با اضافه کردن الگوریتم خفاش سعی کردیم بهینه‌سازی وزن‌ها توسط الگوریتم خفاش انجام شود.

الگوریتم خفاش، در درون الگوریتم اصلی اجرا شده و با هر بار اجرا، یک آرایه ۱۱ بعدی از بهینه‌ترین وزن‌ها را در اختیار الگوریتم اصلی قرار می‌دهد تا با استفاده از آن محاسبات انتخاب سهم و واحد خرید یا فروش مشخص شود. با استفاده از الگوریتم خفاش، وزن‌ها که همان واحد خرید و فروش هستند تعیین می‌شوند تا به بهینه‌ترین روش به ماکسیمم سود دست پیدا کنیم. چالشی که در این تحقیق با آن روبه‌رو بودیم دستیابی به حداکثر سود در معامله‌گری بازار بورس می‌باشد و مسأله این بود که، چطور راهی بیابیم تا بدانیم فرصت مناسب برای خرید و فروش چه زمانی است تا ریسک سرمایه‌گذاری در بورس را کاهش داده و سوددهی را بالا ببریم. سعی کردیم، به جای اینکه میزان سود را مشخص کنیم روشی ارائه دهیم تا برای مثال در بازه ۳ ماهه به میزان سود قابل توجهی دست یابیم.

در پوشه اصلی الگوریتم پیشنهادی، دو فایل متنی با نام‌های ConditionFile و DBConditionFile قرار داده شد که در فایل ConditionFile شرط معاملاتی و واحد خرید و فروش لیست شده است که در واقع با افزودن الگوریتم خفاش، از این فایل برای تعیین شرط معامله استفاده می‌شود. در تصویر شماره نحوه فراخوانی داده‌ها از فایل ConditionFile نشان داده شده است.

File Edit Format View Help

```
1-c  
5,5,sell  
4,4,sell  
3,3,sell  
2,2,sell  
1,1,sell  
0,0,sell  
-1,1,buy  
-2,2,buy  
-3,3,buy  
-4,4,buy  
-5,5,buy
```

تصویر شماره ۳-۳- نحوه فراخوانی داده‌ها از فایل ConditionFile

همان‌طور که در تصویر مشاهده می‌شود، در ابتدای فایل شرط معاملاتی مورد استفاده در الگوریتم تعریف شده است و به صورت دستی قابل تغییر می‌باشد. این شرط در روند آزمون الگوریتم بر روی هر شیت داده تغییر داده شده و نتایج خروجی به ازای هر شرط مجزا بررسی شده است. در ادامه شرط همان‌طور که می‌بینید، به ازای واحد تغییر قیمت در خرید یا فروش، واحد معادلی برای معاملات در نظر گرفته شده است. منظور از این اعداد این است که برای مثال، زمانی که روند تغییر قیمت سهمی در یک روز معاملاتی +۵ می‌باشد سرمایه‌گذار باید ۵ واحد از سهم را به فروش برساند. یک واحد یا وزن خرید و فروش در الگوریتم یک میزان ثابت در نظر گرفته شده است. این وزن‌ها، با اضافه شدن الگوریتم خفاش به الگوریتم دیگر توسط الگوریتم استفاده نشده و تعیین این وزن‌ها توسط الگوریتم خفاش صورت می‌گیرد. فایل دیگری که در الگوریتم استفاده شده است فایل DBConditionFile، شامل فراخوانی فایل اکسل و مشخص کردن شیت مورد استفاده برای اجرا می‌باشد. تصویر شماره، نحوه فراخوانی داده‌ها از فایل DBConditionFile را نمایش می‌دهد.

File Edit Format View Help

```
DB.xls  
sheet,8  
first,3  
high,4  
low,5  
close,6  
value,7  
vol,8  
open,10,  
last,11
```

تصویر شماره ۴-۳- نحوه فراخوانی داده‌ها از فایل DBConditionFile

اگر به تصویر دقت کنید، مشاهده می‌شود که در ابتدا نام فایل اکسل قرار داده شده است و الگوریتم این اطلاعات را باید از فایل اکسل فراخوانی کند. در ادامه، با فراخوانی فایل اکسل، در سطر دوم که به صورت دستی قابل تغییر می‌باشد عدد شیت مورد استفاده برای آزمون الگوریتم را مشخص می‌کنیم. هر شیت اکسل حاوی داده‌های متفاوتی می‌باشد که دسته‌بندی شده‌اند. باقی سطرها، ثابت بوده و الگوریتم با توجه به این سطرها تشخیص می‌دهد که هر متغیر را باید از چه ستونی در فایل اکسل فراخوانی کرده و بخواند. برای مثال، متغیر close در فایل اکسل در ستون ۶ قرار دارد و تمام داده‌های قیمت close انواع سهام در این ستون قرار گرفته است. یا اینکه، داده‌های مربوط به متغیر first در ستون سوم قرار دارند و الگوریتم در هر اجرا داده‌های مربوط به این متغیر را از این ستون فراخوانی می‌کند.

در الگوریتم اصلی، محاسبات توسط کلاس profitcalculate صورت می‌گیرد و با تلفیق کد با الگوریتم خفاش، این کلاس نقش تابع fitness function را برای الگوریتم خفاش دارد. الگوریتم خفاش، در ابتدا یک جمعیت اولیه ایجاد می‌کند و یک آرایه ۱۱ بعدی از وزن‌ها به ازای هر خفاش تولید کرده و در اختیار کد بورس قرار می‌دهد. سپس نتیجه ارزیابی در اختیار الگوریتم خفاش قرار داده شده و دوباره وزن‌ها

توسط خفاش بهبود داده می‌شوند و به کد بورس برمی‌گردد. فرض بر این است که، بازه تغییر قیمت‌ها در بورس بین $5+$ تا $5-$ تغییر می‌کند و به همین دلیل ۱۱ بعد برای آرایه در نظر گرفتیم. شروطی که الگوریتم به منظور محاسبات معامله‌گری در بورس تعیین شده شامل موارد زیر است:

- "c-l" که قیمت close – last می‌باشد.
- "l-c" که قیمت last-close می‌باشد.
- "cc-lc" که قیمت current close - last close می‌باشد. شروط با هر اجرا باید در فایل ConditionFile به صورت دستی تنظیم شود.

در شرط c-l، الگوریتم قیمت بسته سهم را از قیمت روز گذشته کم کرده و با توجه به این شرط محاسبات را انجام داده و نتایج را در خروجی نمایش می‌دهد. در شرط بعدی، برعکس حالت قبل تفاوت قیمت روز گذشته از قیمت بسته سهم محاسبه می‌شود. در شرط سوم نیز، قیمت بسته جاری از قیمت بسته روز گذشته کم می‌شود که نتایج خروجی الگوریتم مشخص می‌کند این شرط نسبت به سایر شروط در نظر گرفته شده مناسب‌تر عمل کرده و در اکثر موارد اطمینان و ریسک کمتری را باعث شده است. اما در مورد دو شرط دیگر، در زمینه ریسک و سوددهی با ریسک بالاتر و سود بالاتر عمل می‌کنند.

در واقع الگوریتم در ابتدا با اجرای تابع اصلی، فراخوانی داده‌ها را انجام می‌دهد و در ادامه برای انجام محاسبات وزن‌های مورد نیاز برای تعیین خرید و یا فروش سهم را از الگوریتم خفاش فراخوانی کرده و پس از دریافت وزن‌ها از الگوریتم خفاش با استفاده از این وزن‌های بدست آمده محاسبات مربوط به خرید و فروش سهم را انجام می‌دهد. بدین صورت که با استفاده از شرط تعیین شده در اجرای الگوریتم اختلاف قیمت سهم را محاسبه می‌کند و با توجه به مقدار اختلاف و قوانین لحاظ شده برای خرید، فروش و یا نگهداری سهم از وزن‌های پیشنهادی استفاده کرده و اقدامی صورت می‌دهد. این اقدام می‌تواند خرید سهم، فروش سهم و یا نگهداری باشد و به ازای هر تعداد ارزیابی این عمل تکرار می‌شود تا در انتها با تحقق شرط پایان، بهترین و بهینه‌ترین وزن‌هایی که به ازای آن سوددهی بالاترین میزان را داشته است پیشنهاد شده و در خروجی نمایش داده می‌شود. به عبارتی، الگوریتم بر اساس سوابق سهم و محاسبه

شرط پیشنهاد می‌کند چه فرصتی برای خرید مناسب است یا باید سهم به فروش برسد و با چه وزنی خرید یا فروش انجام شود تا به سود ماکسیمم دست یابیم. در انتها در خروجی، تعداد سهام مانده، میزان اعتبار سهام باقی مانده، میانگین خرید، میانگین فروش و سود حاصل به ازای برقراری شرط نمایش داده می‌شود.

۳-۶ جمع بندی

در این فصل، روش مورد استفاده در پژوهش و استراتژی پیشنهادی خود برای افزایش سودآوری از بازار بورس را بیان کردیم. با معرفی مقدمه و متغیرهای مورد استفاده در پژوهش، به بیان روش پژوهش مطرح شده پرداختیم و تمام اطلاعات بکار رفته را توضیح دادیم. در ادامه و در فصل بعدی، نتایج حاصل از آزمون الگوریتم پیشنهادی را به تفصیل بیان می‌کنیم.

فصل ۴: تجزیه و تحلیل داده‌ها

۴-۱ مقدمه

تجزیه و تحلیل داده‌ها، از مهم‌ترین بخش‌های پژوهش محسوب می‌شود. برای تحلیل داده‌ها از روش‌های مختلفی با توجه به نوع تحقیق، روش و هدف از تحقیق استفاده می‌شود. با توجه به تحقیق حاضر، که هدف آن بهینه‌سازی استراتژی معامله‌گری در بورس می‌باشد سعی کردیم از تکنیک مقایسه عملکرد استراتژی با دیگر استراتژی‌های مشابه برای مشخص کردن بازدهی الگوریتم و میزان کارایی آن استفاده کنیم. بدین منظور، الگوریتم پیشنهادی با استفاده از دو الگوریتم تکاملی متفاوت ترکیب شده و نتایج هر دو روش با هم مقایسه شد.

در این فصل، ابتدا یافته‌های تحقیق را بررسی کرده و سپس عملکرد روش پیشنهادی با روش دیگر مشابه مقایسه می‌شود. در انتها نیز، در مورد کارکرد روش و مناسب بودن روش پیشنهادی بحث خواهیم کرد.

۴-۲ پایگاه داده‌ها

انتخاب و پیش‌پردازش اطلاعات، مرحله مهمی در هر مدل‌سازی می‌باشد. در دنیای واقعی، داده‌ها ناقص و متناقض هستند و باید برای استفاده در مدل‌سازی تکنیک‌ها پاکسازی شوند. پاکسازی داده‌ها، شامل پر کردن مقادیر خالی و از دست رفته و نادیده گرفتن برخی اطلاعات است که می‌تواند به شیوه‌های گوناگون بکار گرفته شود. ما در این پژوهش سعی کردیم، مقادیر روزهای تعطیل و داده‌های صفر را از پایگاه داده جمع‌آوری شده حذف و سهام حق تقدم را نیز بدین منظور در نظر بگیریم. همچنین اینکه، سعی شده است تا از هر سه شکل خط روند قیمت انواع سهام در پایگاه داده موجود باشد. شرایط انواع

سهام بر اساس، نمودار کندل استیک^۱ یا نمودار شمعی می‌باشد. به منظور پیش‌بینی آینده سهم، تحلیل نمودارهای قیمتی سهم مهم بوده و با استفاده از نمودارهای گذشته قیمت سهم صورت می‌پذیرد. کندل استیک یا نمودار شمعی، یک شیوه نمایش روند قیمت در گذشته می‌باشد. این سیستم اولین بار توسط ژاپنی‌ها مورد استفاده قرار گرفت و به دلیل شباهتی که به شمع دارد کندل نامیده می‌شود.

هشت داده از اطلاعات سهم، به عنوان متغیرهای ورودی پیش‌بینی آینده سهم در نظر گرفته شده‌اند که در بخش متغیرهای پژوهش به طور کامل شرح داده خواهند شد. پایگاه داده‌ها یا جامعه آماری در پژوهش حاضر، شامل داده‌های شرکت‌های فعال پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران از اواخر سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۹ می‌باشد و اطلاعات ۵۹۶ سهم به جز حق تقدم‌هاست. داده‌ها پس از بررسی، در قالب فایل اکسل از سایت رسمی بورس اوراق بهادار تهران دانلود شده است.

۳-۴ متغیرهای مورد استفاده در تحقیق

داده‌های مورد استفاده در تحقیق از سایت رسمی بورس اوراق بهادار تهران جمع‌آوری شده و پارامترهای مطرح در مورد قیمت سهام که در تابلوی اعلان بورس درج می‌شود به عنوان متغیرهای تحقیق در نظر گرفته شده‌اند. پارامترهای قیمت، برای شناسایی روند تغییر قیمت در طی روزهای معاملاتی بر اساس گذشته سهم توسط الگوریتم پیشنهادی استفاده شده است. قابل ذکر است که، در تحقیق داده‌های روزهای معاملاتی استفاده شده و داده‌های روزهای تعطیل حذف شده‌اند.

شاخصه‌های قیمت، که از داده‌های تکنیکال برای تحقیق استفاده شده شامل، قیمت آغازین، قیمت پایانی، بالاترین قیمت امروز، پایین‌ترین قیمت امروز، قیمت باز شدن سهم، قیمت بسته شدن سهم، قیمت last روز گذشته و مقدار value می‌باشد. تخصیص وزن‌ها در الگوریتم با استفاده از الگوریتم خفایش صورت گرفته و بازه تغییر قیمت سهام که به صورت پیش‌فرض ۵+ تا ۵- در نظر گرفته شده به عنوان

¹ candlestick

جمعیت خفاش در یک آرایه ۱۱ بعدی تولید می‌شوند. نحوه تنظیم باقی معیارهای الگوریتم خفاش در جدول مشخص شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، تعداد ۲۰ خفاش به عنوان جمعیت اولیه در نظر گرفته شده است. این تعداد با توجه به مطالعات انجام شده و نتایج بهینه‌تری که در ازای این تعداد بدست آمده است و همچنین تست الگوریتم به ازای مقادیر کمتر و بیشتر از این تعداد صورت گرفت که خروجی‌های بدست آمده پرت و در اغلب موارد یکسان بود. در نتیجه تعداد ۲۰ خفاش را به عنوان جمعیت اولیه در نظر گرفتیم. الگوریتم را به ازای تعداد نسل‌های مختلف و کمتر از ۱۰۰۰ نسل، بیشتر از ۱۰۰۰ نسل و ۱۰۰۰ نسل اجرا کرده و نتایج را مقایسه کردیم. مشاهده الگوریتم به ازای تعداد کمتر از ۱۰۰۰ نسل دچار همگرایی زودرس شده و پاسخ مناسبی تولید نمی‌کرد و به ازای بیشتر از ۱۰۰۰ نسل نیز، در مینیمم محلی گیر کرده و نتایج قابل تفسیر نبود. سپس با تست الگوریتم برای ۱۰۰۰ نسل، نتایج معقولانه‌تری بدست آمد و مشکل همگرایی زودرس و گیر افتادن در مینیمم محلی مشاهده نشد در نتیجه این تعداد نسل به عنوان مبنای تست الگوریتم در نظر گرفته شد. بازه وزن‌ها، همان‌طور که قبلاً به آن اشاره شد بین ۵+ تا ۵- تعیین گردید که با توجه به فرض مسأله می‌باشد. ما فرض کردیم که در این مسأله، بازه تغییر و نوسان قیمت‌ها از ۵+ تا ۵- می‌باشد.

جدول شماره ۱-۴- تنظیمات الگوریتم خفاش

جمعیت خفاش‌ها/ راه‌حل‌ها	Population/Solution (N x D)
20	N, تعداد جمعیت اولیه
۱۰۰۰	Generation/ تعداد نسل
+۵-۵	Initialize bounds/ بازه وزن‌ها
۰,۰	Initialize Q and V/ سرعت و فرکانس
this.X[i][j] = lb[0][j] + (ub[0][j] - lb[0][j]) * rand.nextDouble();()	Initialize X/ محاسبه جمعیت
fmin_i	Find initial best solution/ بهترین راه‌حل
Random	Initial Population/ تولید جمعیت
profitcalculate	Fitness function/ تابع برازندگی

الگوریتم خفاش را برای تشخیص واحد خرید و فروش سهام در طی روز بعد و در مدت زمان چند ماهه برای کسب سود و کاهش ریسک معاملاتی بکار بردیم. پس از اجرای الگوریتم ترکیبی، به ازای ۱۰۰۰ نسل، تعداد ۲۰ خفاش به عنوان جمعیت اولیه و تنظیم پارامترهای R_MIN , A_MAX , A_MIN , R_MAX که در بازه $[0, 50]$ قرار دارند به عنوان مقدار مینیمم و ماکسیمم نرخ پالس و بلندی صدا تنظیم شده است. یک نمونه از نتایج حاصل از وزن‌های تولیدی الگوریتم خفاش به شرح جدول می‌باشد. این نتایج به ازای اجرای الگوریتم بر روی یک شیت از داده‌ها بدست آمده است و برای نمونه آورده شده است.

جدول شماره ۲-۴- نتایج وزن‌دهی الگوریتم خفاش به ازای پارامترهای تعیین شده

Number evaluation	fmin	Best solution array
c-l , 10000	57.46	[1.46, -1.40, -9.92, -1.40, -1.84, 8.02, -4.76, -1.57, -4.22, 1.08, 1.42]
l-c	۳۳,۴۴	[-3.09, 1.33, 1.51, 5.49, 1.093, 8.65, 1.08, 1.07, 6.05, -2.98, 1.85]
cc-lc	۲۹,۵۰	[1.84, 5.54, -8.79, -1.11, 1.35, 7.59, -1.99, -1.18, -1.67, -1.96, 2.25]

با توجه به مقادیر جدول، در ستون سمت چپ شرط‌های بکار رفته در الگوریتم مرکزی به منظور محاسبه تفاوت قیمت، درج شده است. در ستون دوم، مقدار مینیمم برازندگی حاصل از اجرای الگوریتم آمده است و در ستون سوم، آرایه ۱۱ بعدی بهترین راه‌حل بدست آمده از اجرای الگوریتم به ازای مقادیر و شرط-های مسأله نشان داده شده است. اعداد آمده در آرایه ۱۱ بعدی، بیانگر این است که برای مثال، در شرایطی که سهام مورد بررسی در طی چند روز گذشته در بازه رنج نوسان داشته است با اجرای الگوریتم بر روی داده‌های رنج و نمایش این آرایه در خروجی، تصمیم بر این است که از این بازه تغییر برای خرید و فروش سهم استفاده کنیم. همان‌طور که مشاهده می‌شود، الگوریتم خفاش به ازای شرط‌های مختلف، بهینه‌ترین راه‌حل و وزن‌های متفاوتی را تولید کرده است. برای مثال، به ازای شرط l-c مقدار بهینه ۳۳,۴۴ را به عنوان fmin برگردانده و یک آرایه از بهینه‌ترین وزن‌های خرید و فروش را در خروجی نمایش داده است. اعداد مثبت بیانگر واحد خرید سهم و اعداد منفی نشان‌دهنده واحد فروش سهم می‌-

باشند.

۴-۴ یافته‌های تحقیق

در تحقیق پیش‌رو، به منظور حل مسأله از الگوریتم خفاش استفاده شد تا بتوانیم سودآوری را در سرمایه‌گذاری بالا ببریم. در این سیستم ترکیبی، تابع برازندگی الگوریتم خفاش تابع محاسبات بورس می‌باشد که الگوریتم خفاش با توجه به این تابع و سایر پارامترهای تعیین شده در الگوریتم وزن‌ها را محاسبه کرده و سپس در اختیار کد بورس قرار می‌دهد. همان‌طور که قبلاً ذکر شده است، برای اینکه بتوانیم خروجی مناسب و مطابق اهداف داشته باشیم یک آرایه ۱۱ بعدی از وزن‌ها تعریف کرده‌ایم که به ازای هر جمعیت خفاش تولید می‌شود. وزن‌ها بازه تغییرات قیمت سهام در روز هستند که بین ۵+ تا ۵- در نوسان می‌باشد. جمعیت خفاش در الگوریتم به نحوی ایجاد می‌شود که بازه تغییر برای هر خفاش یک آرایه از اعدادی باشد که در محدوده ۵+ تا ۵- تولید می‌شوند. محاسبات مربوط به تولید نسل در الگوریتم خفاش در فصل سوم کاملاً توضیح داده شده است. نحوه اختصاص ۱۱ خانه در آرایه در شکل نشان داده شده است.

۵,۴۴	-۲,۶۶	-۱,۵۰	۳,۸۴	-۱,۱۴	۵,۲۸	۴,۶۳	-۴,۲۱	۲,۷۸	-۵,۳۲	۵,۸۹
------	-------	-------	------	-------	------	------	-------	------	-------	------

شکل شماره ۴-۱- نحوه اختصاص وزن‌ها در آرایه

این وزن‌ها توسط الگوریتم خفاش، به صورت تصادفی و با توجه به تابع برازندگی محاسبه می‌شوند. هر عدد بیانگر یک خفاش و نشان‌دهنده یک وزن می‌باشد. اگر سهم مورد بررسی در طی چند روز اخیر در بازه صعودی قرار داشته باشد، الگوریتم بر روی داده‌های صعودی اجرا شده و از آرایه ۱۱ بعدی بدست آمده در خروجی برای تعیین واحد خرید و فروش سهم استفاده می‌کنیم. بدین‌صورت که، اگر سهم در بازه مثبت خرید و فروش می‌شود با توجه به آرایه اقدام به فروش ۲,۶۶ واحد از سهم می‌کنیم و یا اگر

سهم در بازه منفی معامله می‌شود ۵,۴۴ واحد خرید می‌کنیم. این وزن‌های مشخص شده در آرایه بهینه‌ترین حالت بدست آمده از اجرای الگوریتم با وزن‌های مختلف به ازای شرط تعیین شده در تعداد ارزیابی مشخص هستند. در ادامه این وزن‌ها، به الگوریتم مرکزی داده شده و الگوریتم با توجه به این وزن‌ها متغیرهای تعیین شده در خروجی الگوریتم را محاسبه می‌کند و نتیجه را به خفاش می‌دهد. الگوریتم خفاش، مجدداً وزن‌های جدیدی تولید کرده و به الگوریتم مرکزی منتقل می‌کند. این روند تا زمانی که شرط پایان الگوریتم محقق شود ادامه دارد.

۴-۵ نتایج نهایی سیستم

الگوریتم پیشنهادی، بدین صورت عمل می‌کند که در ابتدا تابع و کلاس محاسبات بورس، کلاس مربوطه به محاسبات الگوریتم خفاش را import یا وارد کرده و در ادامه با فراخوانی اطلاعات از سایر کلاس‌ها و بررسی شرط تعیین شده، ارزش قیمت روز گذشته هر سهم را ذخیره می‌کند. مقدار مینیمم و ماکسیمم سرمایه در نظر گرفته شده را از کلاس مربوطه فرا می‌خواند تا مشخص شود با چه میزان سرمایه اقدام به خرید و فروش کند و در صورتی که سرمایه صفر شد الگوریتم هیچ اقدامی برای خرید نداشته باشد. در ادامه متغیرهای نمایش داده در خروجی تعریف شده و مقدار اولیه آنها را صفر در نظر گرفتیم. در بخش بعد، متغیرهای تعریف شده در فصل سوم ایجاد شده و مشخص کردیم که هر متغیر چگونه فراخوانی شود. تا به این مرحله فقط تعریف متغیرها و تعیین فرض‌ها و محدودیت‌های مسأله انجام شد. در این مرحله، نوبت به محاسبات الگوریتم می‌رسد و اینکه الگوریتم با توجه به چه شرط و محدودیتی سوددهی را محاسبه می‌کند. در ابتدا، شرط‌هایی که در الگوریتم در نظر گرفته شد را تعریف کرده و فرمول محاسبه هر یک را در یک حلقه تعریف کردیم. در هر اجرای الگوریتم، سعی شده است یک شرط برای کسب نتیجه بکار برده شود. در مرحله بعدی، با ایجاد شیء از کلاس الگوریتم خفاش آن را فراخوانی کرده و آرایه‌ای برای ذخیره خروجی الگوریتم خفاش تعریف شد تا وزن‌های محاسبه شده توسط الگوریتم

خفاش برای استفاده در محاسبات اصلی الگوریتم بکار گرفته شود. الگوریتم خفاش، با تعداد ۲۰ خفاش و ۱۰۰۰ نسل و عدد ثابت تعیین شده برای مینیم و ماکسیم بلندی صدا و نرخ پالس فراخوانی شد. اختلاف قیمت حاصل از هر شرط، در هر ارزیابی الگوریتم به صورت مجزا محاسبه شده و در خروجی برای تک تک مراحل ارزیابی نمایش داده می‌شود. علاوه بر اختلاف قیمت، تعداد سهم خریده شده و یا فروخته شده و همچنین سرمایه آزاد نیز در هر ارزیابی در خروجی چاپ می‌شود. در ادامه الگوریتم برای اینکه با محدودیت سرمایه محاسبات را انجام دهد شروطی برای محاسبه تعداد سهم و میزان سرمایه قرار داده شده تا الگوریتم با توجه به این شرط‌ها و در صورت داشتن مبلغ آزاد اقدام جدیدی صورت دهد و یا تحت چه شرایطی اقدام به خرید و یا فروش سهم نماید. در انتها نیز، چاپ نتایج و محاسبه سود بدست آمده از اجرای الگوریتم و تکرار مراحل تا تحقق شرط پایان الگوریتم تعیین شده است. پارامترهای مذکور در جداول ارائه شده به خوبی میزان عملکرد الگوریتم را توضیح می‌دهد. قابل ذکر است، الگوریتم به ازای هر ارزیابی، مقدار متفاوتی برای پارامترهای اختلاف، پول، سهم خریده شده، سهم فروخته شده، تعداد سهم نهایی تولید می‌کند و در جدول تنها یک نمونه از خروجی که در آخرین سطر نتایج ارزیابی نشان داده شده در جدول آورده شده است.

۴-۵-۱ نتایج حاصل از داده‌های up-trend

داده‌های مورد استفاده در تحقیق شامل ۴ دسته‌بندی می‌باشد که یکی از این دسته‌بندی‌ها، up-trend می‌باشد. منظور از up-trend در فصل قبل شرح داده و شامل داده‌های صعودی می‌باشد. در این مرحله از آزمون الگوریتم از داده‌های up-trend برای بررسی عملکرد الگوریتم پیشنهادی استفاده شده است. برای نمونه، یک خروجی از هر شرط بکار رفته در الگوریتم در جدول قرار داده شده است که در ادامه بررسی می‌شود.

جدول شماره ۳-۴- پارامترهای وضعیت عملکرد الگوریتم نهایی در خروجی داده‌های up-trend

اختلاف	-۱,۰
پول	۸۶۰۰۰۰۰۰
سهام خریداری شده	۱۹۹,۰
سهام فروخته شده	-۳۹۱,۰
تعداد سهم نهایی	۵۰۱۰,۰
شرط محاسبه اختلاف	cc-lc
پول آزاد	۸۶۰۰۰۰۰۰
تعداد سهم مانده	۵۰۱۰,۰
اعتبار سهم مانده با قیمت روز گذشته	۲۵۲۰۰۳۰۰ : ۵۰۳۰۰۰
میانگین خرید	۲۶۷۲,۰
میانگین فروش	۲۵۶۲,۰
سود نهایی	۱۱۲۰۰۳۰۰

اختلاف	۰
پول	۱۰۷۰۰۰۰۰۰
سهام خریداری شده	
سهام فروخته شده	
تعداد سهم نهایی	۳۴,۰
شرط محاسبه اختلاف	c-l
پول آزاد	۱۰۷۰۰۰۰۰۰
تعداد سهم مانده	۳۴,۰
اعتبار سهم مانده با قیمت روز گذشته	۱۷۱۰۲۰ : ۵۰۳۰۰۰
میانگین خرید	۲۵۸۵,۰
میانگین فروش	۲۷۳۱,۰
سود نهایی	۷۱۷۱۰۲۰

اختلاف	۰
پول	۰
تعداد سهم خریداری شده	۲۰۴,۰
تعداد سهم فروخته شده	-۲۰۲,۰
تعداد سهم نهایی	۸۳۵۳۰,۰
شرط محاسبه اختلاف	l-c
پول آزاد	۰
تعداد سهم مانده	۸۳۵۳۰,۰
اعتبار سهم مانده با قیمت روز گذشته	۴۲۰۱۵۵۹۰۰ : ۵۰۳۰,۰ قیمت روز گذشته
میانگین خرید	۲۰۹۳,۰
میانگین فروش	۲۵۴۲,۰
سود نهایی	۳۲۰۱۵۵۹۰۰

همان‌طور که مشاهده می‌کنید، خروجی الگوریتم به ازای هر سه شرط در نظر گرفته شده در الگوریتم نمایش داده شده است. مقادیری که مشاهده می‌کنید، خروجی الگوریتم هستند که در انتهای نمایش محاسبات الگوریتم چاپ می‌شدند. اختلاف بیانگر تفاوت قیمت بدست آمده با توجه به شرط مورد استفاده در تست الگوریتم است و تنها سطر آخر محاسبات را در جداول نشان داده‌ایم. در موارد بعدی، مقدار پول باقی‌مانده، تعداد سهم خرید یا فروخته شده و سایر پارامترهایی که مشخص شده آورده شده که در انتها با توجه به این نتایج و محاسبات انجام شده سود نهایی حاصل محاسبه شده است. این نتایج حاصل از اجرای الگوریتم بر روی داده‌های یک شیت up-trend می‌باشد. ما الگوریتم را بر روی شیت‌های دیگر از داده‌های up-trend اجرا کردیم و مشاهده شد، الگوریتم به ازای داده‌های مختلف up-trend و برقراری هر سه شرط سودده بوده و نتایج مناسبی دارد. در واقع، می‌توان گفت الگوریتم به ازای داده‌های up-trend قادر است با کمترین ریسک سرمایه‌گذاری سودآوری را حاصل کند. همچنین اینکه، با برقراری

شرط c-l، الگوریتم غالباً سوددهی بیشتری نسبت به دیگر شرطها داشته که قابل توجه است. شرط c-l، کمترین میزان سوددهی را در مقایسه با دیگر شرطها بدست آورده اما با وجود اینکه سوددهی مناسبی داشته نسبت به سایر شرطها پایینترین مبلغ را حاصل نموده است.

۴-۵-۱-۱ تفسیر یک نمونه از خروجی داده‌های up-trend

برای در بهتر خروجی‌های نمایش داده شده، آخرین جدول ارائه شده در بخش قبلی را به عنوان نمونه انتخاب کردیم که به صورت کامل‌تری در جدول قرار داده شده است و در ادامه به بررسی نتایج آورده شده در جدول می‌پردازیم.

جدول ۴-۴- نمونه کامل‌تر خروجی داده‌های up-trend

۲۰۰۰۰: تعداد ارزیابی			
- ۴,۷۵۶۷۵۳۷۵۵۰۱۹۵۶E۱۳۹, -۴,۵۸۶۱۵۲۸۴۵۴۴۲۲۲۶E۱۳۹, ۹,۶۲۴۸۲۴۳۵۲۲۹۰۴۷۱E۱۳۹, ۵,۹۴۲۱۰۳۰۴۱۲۲۶۵۷۸E۱۳۹ = بهترین راه‌حل ۴,۹۱۹۸۱۷۱۳۲۷۳۲۴۴۵E۱۳۹, ۷,۸۶۶۲۵۸۸۳۶۶۹۴۸۸۷E۱۳۹, -۳,۸۱۴۵۵۲۵۱۹۲۲۳۷۵۱۷E۱۳۸, -۸,۳۷۵۳۳۶۵۲۰۵۸۴۳E۱۳۹, ۳,۸۴۱۲۵۶۴۳۰۸۵۷۹۴۸۳E۱۳۹, ۱,۴۷۸۷۸۲۰۸۳۳۷۹۱۵۵۲E۱۴۰, ۱,۴۷۸۷۸۲۰۸۳۳۷۹۱۵۵۲E۱۴۰, ۳,۸۴۱۲۵۶۴۳۰۸۵۷۹۴۸۳E۱۳۹, ۱,۲۰۵۸۹۷۱۲۵۷۳۳۱۲۷۲E۱۴۰]			
۳۸,۵۷۳۹۸۴۶۶۷۴۳۰۱ = مینیمم برآزندگی			
تعداد سهم نهایی: ۸۴۷,۰	سهم خرید شده: ۸۴۷,۰	پول: ۹۹۰۰۰۰۰۰	۱,۰ - اختلاف:
تعداد سهم نهایی: ۲۵۶۲,۰	سهم خرید شده: ۱۷۱۵,۰	پول: ۹۷۰۰۰۰۰۰	۲,۰ - اختلاف:
تعداد سهم نهایی: ۳۴۲۴,۰	سهم خرید شده: ۸۶۲,۰	پول: ۹۶۰۰۰۰۰۰	۱,۰ - اختلاف:
تعداد سهم نهایی: ۳۴۲۴,۰	**سهم خرید یا فروش شده **	پول: ۹۶۰۰۰۰۰۰	۰,۰ - اختلاف:
تعداد سهم نهایی: ۵۱۶۵,۰	سهم خرید شده: ۱۷۴۱,۰	پول: ۹۴۰۰۰۰۰۰	۲,۰ - اختلاف:
تعداد سهم نهایی: ۶۰۳۹,۰	سهم خرید شده: ۸۷۴,۰	پول: ۹۳۰۰۰۰۰۰	۱,۰ - اختلاف:
تعداد سهم نهایی: ۸۷۴۲,۰	سهم خرید شده: ۲۷۰۳,۰	پول: ۹۰۰۰۰۰۰۰	۳,۰ - اختلاف:
تعداد سهم نهایی: ۱۰۵۷۹,۰	سهم خرید شده: ۱۸۳۷,۰	پول: ۸۸۰۰۰۰۰۰	۲,۰ - اختلاف:
تعداد سهم نهایی: ۱۲۴۳۱,۰	سهم خرید شده: ۱۸۵۲,۰	پول: ۸۶۰۰۰۰۰۰	۲,۰ - اختلاف:
تعداد سهم نهایی: ۱۴۳۰۰,۰	سهم خرید شده: ۱۸۶۹,۰	پول: ۸۴۰۰۰۰۰۰	۲,۰ - اختلاف:
تعداد سهم نهایی: ۱۵۲۳۵,۰	سهم خرید شده: ۹۳۵,۰	پول: ۸۳۰۰۰۰۰۰	۱,۰ - اختلاف:
تعداد سهم نهایی: ۱۷۱۱۳,۰	سهم خرید شده: ۱۸۷۸,۰	پول: ۸۱۰۰۰۰۰۰	۲,۰ - اختلاف:

۱۹۰۰۰۰	تعداد سهم نهایی	۱۸۸۷۰	سهم خرید شده	۷۹۰۰۰۰۰۰	پول	۲۰	اختلاف
۱۹۹۴۳۰	تعداد سهم نهایی	۹۴۳۰	سهم خرید شده	۷۸۰۰۰۰۰۰	پول	۱۰	اختلاف
۱۹۰۲۶۰	تعداد سهم نهایی	۹۱۷۰	سهم خرید شده	۷۹۰۰۰۰۰۰	پول	۱۰	اختلاف
۱۹۰۲۶۰	تعداد سهم نهایی	**	سهم خرید یا فروش شده**	۷۹۰۰۰۰۰۰	پول	۰	اختلاف
۱۹۰۲۶۰	تعداد سهم نهایی	**	سهم خرید یا فروش شده**	۷۹۰۰۰۰۰۰	پول	۰	اختلاف
۱۷۲۵۳۰	تعداد سهم نهایی	۱۷۷۳۰	سهم فروخته شده	۸۱۰۰۰۰۰۰	پول	۲۰	اختلاف
۱۵۵۰۶۰	تعداد سهم نهایی	۱۷۴۷۰	سهم فروخته شده	۸۳۰۰۰۰۰۰	پول	۲۰	اختلاف
۱۳۷۷۹۰	تعداد سهم نهایی	۱۷۲۷۰	سهم فروخته شده	۸۵۰۰۰۰۰۰	پول	۲۰	اختلاف
۱۲۹۳۱۰	تعداد سهم نهایی	۸۴۸۰	سهم فروخته شده	۸۶۰۰۰۰۰۰	پول	۱۰	اختلاف
۸۳۰۹۹۰	تعداد سهم نهایی	۱۵۲۷۰	سهم خرید شده	۳۰۰۰۰۰۰۰	پول	۲۰	اختلاف
۸۳۸۵۶۰	تعداد سهم نهایی	۷۵۷۰	سهم خرید شده	۲۰۰۰۰۰۰۰	پول	۱۰	اختلاف
۸۳۸۵۶۰	تعداد سهم نهایی	**	سهم خرید یا فروش شده**	۲۰۰۰۰۰۰۰	پول	۰	اختلاف
۸۵۴۱۷۰	تعداد سهم نهایی	۱۵۶۱۰	سهم خرید شده	۰	پول	۲۰	اختلاف
۸۵۴۱۷۰	تعداد سهم نهایی	**	سهم خرید یا فروخته شده**	۰	پول	۱۰	اختلاف
۸۵۴۱۷۰	تعداد سهم نهایی	**	سهم خرید یا فروخته شده**	۰	پول	۱۰	اختلاف
۸۲۸۹۴۰	تعداد سهم نهایی	۲۵۲۳۰	سهم فروخته شده	۳۰۰۰۰۰۰۰	پول	۳۰	اختلاف
۸۲۰۶۷۰	تعداد سهم نهایی	۸۲۷۰	سهم فروخته شده	۴۰۰۰۰۰۰۰	پول	۱۰	اختلاف
۸۲۹۰۷۰	تعداد سهم نهایی	۸۴۰۰	سهم خرید شده	۳۰۰۰۰۰۰۰	پول	۱۰	اختلاف
۸۳۷۴۰۰	تعداد سهم نهایی	۸۳۳۰	سهم خرید شده	۲۰۰۰۰۰۰۰	پول	۱۰	اختلاف
۸۴۵۵۰۰	تعداد سهم نهایی	۸۱۰۰	سهم خرید شده	۱۰۰۰۰۰۰۰	پول	۱۰	اختلاف
۸۵۳۶۷۰	تعداد سهم نهایی	۸۱۷	سهم خرید شده	۰	پول	۱۰	اختلاف
l-c (Last price - close price) شرط محاسبه اختلاف ۰ پول آزاد ۸۳۵۳۰۰: تعداد سهم مانده ۴۲۰۱۵۵۹۰۰ : ۵۰۳۰۰۰: اعتبار سهم مانده با قیمت روز گذشته ۲۰۹۳۰: میانگین خرید ۲۵۴۲۰: میانگین فروش ۳۲۰۱۵۵۹۰۰: سود نهایی							

با توجه به جدول ارائه شده، در سطر اول تعداد ارزیابی الگوریتم ذکر گردیده است. در سطر بعدی، آرایه ۱۱ بعدی وزن‌های تخصیص داده شده توسط الگوریتم خفاش به عنوان بهترین راه‌حل در خروجی آمده است. اگر به آرایه دقت کنید، می‌بینید که شامل ۱۱ عدد اعشاری می‌باشد که هر کدام نمایانگر یک وزن

می‌باشد. عددی که مثبت و بدون علامت می‌باشد، وزن خرید سهم و عددی که با علامت منفی آمده است، بیانگر وزن فروش سهم می‌باشد. ۵ واحد برای مثال، معادل ۵۰۰۰۰۰۰ تومان خرید می‌باشد. برای مثال، عدد ۵,۹۴ مشخص می‌کند که برای سهم مشخص شده با اختلاف قیمت بدست آمده از شرط باید این تعداد سهم خریده شده و عدد ۴,۵۶- یعنی معادل این واحد از سهم با اختلاف قیمت بدست آمده به ازای شرط به فروش برسد.

در سطر بعدی از خروجی، نشان داده شده است که الگوریتم تشخیص داده است زمانی که مقدار متغیر اختلاف به ازای شرط تعیین شده مساوی ۱,۰- شده است و میزان سرمایه فعلی ۹۹۰۰۰۰۰۰ می‌باشد. تعداد ۸۴۷ سهم خریداری شود. در سطر بعدی به ازای سهم داخل پایگاه داده، که اختلاف قیمت آن مساوی ۲,۰- بدست آمده است و با توجه به سرمایه آزاد، تشخیص داده است تعداد ۱۷۱۵ سهم خریداری شود. این روند تعیین پارامتر و خرید و فروش سهم ادامه دارد تا جایی که، مقدار سرمایه آزاد به صفر رسیده است و امکان خرید سهم وجود ندارد. در این شرایط الگوریتم تا زمانی که سهمی مناسب فروش نباشد اقدامی صورت نمی‌دهد و در زمانی که سهمی موقعیت مناسبی برای فروش داشت اقدام کرده و با سرمایه‌ای که از این جهت آزاد شده است در شرایط مناسب مجدد اقدام به خرید سهم می‌کند. این روند تا آخرین ارزیابی، ادامه دارد و در انتها مقادیر مشخص شده را در خروجی چاپ می‌کند که در این مثال، با توجه به شرط I-C که به صورت دستی تنظیم شده به سودی معادل ۳۲۰۱۵۵۹۰۰ دست یافته است.

برای آزمون عملکرد مدل، الگوریتم را به ازای، تغییر در پارامترهای الگوریتم خفاش دوباره تکرار کرده و به جای مقادیر [۰,۵ و ۰] الگوریتم را با مقادیر [۱ و ۰] فراخوانی کرده و نتایج حاصل را در خروجی بررسی کردیم اما تغییری در خروجی الگوریتم حاصل نشد. نتیجه نشان داد که باز هم همان نتایج قبل حاصل می‌شود و تغییر مقدار پارامترهای الگوریتم خفاش در خروجی الگوریتم تأثیری ندارد و ترجیح دادیم با همان مقادیر که در ابتدا مشخص شده بود الگوریتم را اجرا کنیم.

۴-۵-۲ نتایج حاصل از داده‌های down-trend

در آزمون دیگری مجدد الگوریتم را به ازای داده‌های down-trend در شیت‌های مختلف اجرا کردیم. نتایج به شرح جدول شماره می‌باشد.

جدول شماره ۴-۵- نتایج حاصل از اجرای الگوریتم بر روی داده‌های down-trend

اختلاف	۱,۰
پول	۹۵۰۰۰۰۰
سهام خرید شده	
سهام فروخته شده	
تعداد سهم نهایی	۱۷۵,۰
شرط محاسبات اختلاف	c-l
پول آزاد	۹۵۰۰۰۰۰
تعداد سهم مانده	۱۷۵,۰
اعتبار سهم مانده با قیمت روز گذشته	۱۸۳۴۰۰ : ۱۰۴۸,۰ Last قیمت
میانگین خرید	۱۹۰۳,۰
میانگین فروش	۱۸۳۲,۰
سود نهایی	-۴۸۱۶۶۰۰

اختلاف	-۱,۰
پول	۰
سهام خرید شده	۹۱۴,۰
سهام فروخته شده	- ۱۷۴۵,۰
تعداد سهم نهایی	۳۴۶۴۳,۰
شرط محاسبات اختلاف	l-c

پول آزاد	۰
تعداد سهم مانده	۳۴۶۴۳,۰
اعتبار سهم مانده با قیمت روز گذشته	۳۶۳۰۵۸۶۴ : ۱۰۴۸.۰ Last قیمت
میانگین خرید	۲۳۵۲,۰
میانگین فروش	۱۸۷۳,۰
سود نهایی	- ۶۳۶۹۴۱۳۶

اختلاف	۰
پول	۱۰۰۰۰۰۰۰
سهم خرید شده	۰
سهم فروخته شده	
تعداد سهم نهایی	۰,۰
شرط محاسبات اختلاف	cc-lc
پول آزاد	۱۰۰۰۰۰۰۰
تعداد سهم مانده	۰,۰
اعتبار سهم مانده با قیمت روز گذشته	۰ : ۱۰۴۸.۰ Last قیمت
میانگین خرید	۰
میانگین فروش	۰
سود نهایی	۰

همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود، نتایج نشان داد الگوریتم به ازای داده‌های down-trend قادر به سودآوری نبوده و بلعکس سرمایه از دست می‌رود. تنها در یک مورد و آن هم به ازای شرط cc-lc، سرمایه حفظ شده اما سودآوری حاصل نشده است. الگوریتم به ازای برقراری شرط l-c بدترین میزان از دست دادن سرمایه را حاصل کرده و ضرر قابل توجهی را در معامله‌گری تحمیل کرده است.

شرط c-l، پس از l-c در رده بعدی قرار دارد و نسبت به l-c ضرر بسیار کمتری را حاصل کرده است اما در کل، عملکرد مناسب نبوده و زیان‌ده می‌باشد.

۴-۵-۲-۱ تفسیر یک نمونه از خروجی داده‌های down-trend

برای درک بهتر عملکرد الگوریتم، بخش کامل‌تری از خروجی به ازای اجرای الگوریتم بر روی شیت داده‌های down-trend را در جدول ارائه کردیم تا مشخص شود الگوریتم با توجه به پایگاه داده‌ای که در اختیار دارد چگونه عمل کرده است.

جدول ۴-۶- نمونه خروجی کامل‌تر الگوریتم به ازای داده‌های down-trend

تعداد ارزیابی: ۲۰۰۰۰			
- ۸,۷۴۰,۷۸۶,۰۵۲۳,۰۷۱۸۴E۱۴۴, ۱,۲۴۳۸۵۳۱,۰۷۵۶۹۸۷۱۵E۱۴۵, ۲,۱۹۴۷۹۸۶,۰۱۶۱۲۴,۰۳۷E۱۴۵, ۳,۸۹۹۵۸۷۲,۰۱۵۴۹۳۵۳E۱۴۵, ۴,۰۸۹۳۹۶۸۵۲۷۹۶,۰۶۶۶E۱۴۵, ۵,۲۹۵۲۵۱۳۷۹۴۱۶۱۶۱۴E۱۴۵, ۶,۷۴۶۶۲۷۴۶,۰۵۸۲۹۴۳E۱۴۵, ۷,۸۷۶۴۲۷۶۳۵۶۷۳۶,۰۶E۱۴۴, ۸,۴۱۹۸۴۷,۰۲۳۶۲,۰۷۱۴۲E۱۴۴]			
مینیمم برآزندگی = ۲۳,۵۰۷۱۲۷۱۹۵۲۳۵۳۸۸			
تعداد سهم نهایی: ۰,۰	** سهم خرید یا فروخته شده **	۱۰۰۰۰۰۰۰ پول:	اختلاف: ۱,۰
تعداد سهم نهایی: ۰,۰	** سهم خرید یا فروخته شده **	۱۰۰۰۰۰۰۰ پول:	اختلاف: ۰,۰
تعداد سهم نهایی: ۴۱۸,۰	سهم خرید شده: ۴۱۸,۰	۹۸۰۰۰۰۰۰ پول:	اختلاف: ۲,۰
تعداد سهم نهایی: ۴۱۸,۰	** سهم خرید یا فروخته شده **	۹۸۰۰۰۰۰۰ پول:	اختلاف: ۰,۰
تعداد سهم نهایی: ۴۱۸,۰	** سهم خرید یا فروخته شده **	۹۸۰۰۰۰۰۰ پول:	اختلاف: ۳,۰
تعداد سهم نهایی: ۴۱۸,۰	** سهم خرید یا فروخته شده **	۹۸۰۰۰۰۰۰ پول:	اختلاف: ۰,۰
تعداد سهم نهایی: ۱۹۵,۰	سهم فروخته شده: ۲۲۳,۰	۹۹۰۰۰۰۰۰ پول:	اختلاف: ۱,۰
تعداد سهم نهایی: ۱۹۵,۰	** سهم خرید یا فروخته شده **	۹۹۰۰۰۰۰۰ پول:	اختلاف: ۰,۰
تعداد سهم نهایی: ۱۹۵,۰	** سهم خرید یا فروخته شده **	۹۹۰۰۰۰۰۰ پول:	اختلاف: ۱,۰
تعداد سهم نهایی: ۱۹۵,۰	** سهم خرید یا فروخته شده **	۹۹۰۰۰۰۰۰ پول:	اختلاف: ۱,۰
تعداد سهم نهایی: ۴۱۱,۰	سهم خرید شده: ۲۱۶,۰	۹۸۰۰۰۰۰۰ پول:	اختلاف: ۱,۰
تعداد سهم نهایی: ۴۱۱,۰	** سهم خرید و فروش شده **	۹۸۰۰۰۰۰۰ پول:	اختلاف: ۳,۰
تعداد سهم نهایی: ۱۰۴۹,۰	سهم خرید شده: ۶۳۸,۰	۹۵۰۰۰۰۰۰ پول:	اختلاف: ۳,۰
تعداد سهم نهایی: ۱۰۴۹,۰	** سهم خرید و فروش شده **	۹۵۰۰۰۰۰۰ پول:	اختلاف: ۰,۰
تعداد سهم نهایی: ۱۰۴۹,۰	** سهم خرید و فروش شده **	۹۵۰۰۰۰۰۰ پول:	اختلاف: ۰,۰
تعداد سهم نهایی: ۳۰۵,۰	سهم فروش شده: ۷۴۴,۰	۹۸۰۰۰۰۰۰ پول:	اختلاف: ۳,۰
تعداد سهم نهایی: ۵۲۷,۰	سهم خرید شده: ۲۶۴,۰	۹۷۰۰۰۰۰۰ پول:	اختلاف: ۱,۰
تعداد سهم نهایی: ۲۶۶,۰	سهم فروش شده: ۲۶۱,۰	۹۸۰۰۰۰۰۰ پول:	اختلاف: ۱,۰
تعداد سهم نهایی: ۲۶۶,۰	** سهم خرید و فروش شده **	۹۸۰۰۰۰۰۰ پول:	اختلاف: ۲,۰
تعداد سهم نهایی: ۲۶۶,۰	** سهم خرید و فروش شده **	۹۸۰۰۰۰۰۰ پول:	اختلاف: ۲,۰
تعداد سهم نهایی: ۲۶۶,۰	** سهم خرید و فروش شده **	۹۸۰۰۰۰۰۰ پول:	اختلاف: ۱,۰

۲۶۶.۰: تعداد سهم نهایی	** سهم خرید و فروش شده**	۹۸۰۰۰۰۰۰: پول	۱.۰: اختلاف
۲۶۶.۰: تعداد سهم نهایی	** سهم خرید و فروش شده**	۹۸۰۰۰۰۰۰: پول	۱.۰: اختلاف
۲۶۶.۰: تعداد سهم نهایی	** سهم خرید و فروش شده**	۹۸۰۰۰۰۰۰: پول	۲.۰: اختلاف
۲۶۶.۰: تعداد سهم نهایی	** سهم خرید و فروش شده**	۹۸۰۰۰۰۰۰: پول	۲.۰: اختلاف
۲۶۶.۰: تعداد سهم نهایی	** سهم خرید و فروش شده**	۹۸۰۰۰۰۰۰: پول	۰.۰: اختلاف
۷۸۶.۰: تعداد سهم نهایی	۵۲۰.۰: سهم خرید شده	۹۶۰۰۰۰۰۰: پول	۲.۰: اختلاف
۷۸۶.۰: تعداد سهم نهایی	** سهم خرید و فروش شده**	۹۶۰۰۰۰۰۰: پول	۰.۰: اختلاف
۲۴۵.۰: تعداد سهم نهایی	۵۴۱.۰: سهم فروش شده	۹۸۰۰۰۰۰۰: پول	۲.۰: اختلاف
۲۰۲.۰: تعداد سهم نهایی	** سهم خرید و فروش شده**	۹۵۰۰۰۰۰۰: پول	۲.۰: اختلاف
۱۱۲۲.۰: تعداد سهم نهایی	۹۲۰.۰: سهم خرید شده	۹۴۰۰۰۰۰۰: پول	۱.۰: اختلاف
۱۱۲۲.۰: تعداد سهم نهایی	** سهم خرید و فروش شده**	۹۴۰۰۰۰۰۰: پول	۲.۰: اختلاف
۱۱۲۲.۰: تعداد سهم نهایی	** سهم خرید و فروش شده**	۹۴۰۰۰۰۰۰: پول	۰.۰: اختلاف
۱۱۲۲.۰: تعداد سهم نهایی	** سهم خرید و فروش شده**	۹۴۰۰۰۰۰۰: پول	۰.۰: اختلاف
۱۷۵.۰: تعداد سهم نهایی	۹۴۷.۰: سهم فروش شده	۹۵۰۰۰۰۰۰: پول	۱.۰: اختلاف
۱۷۵.۰: تعداد سهم نهایی	** سهم خرید و فروش شده**	۹۵۰۰۰۰۰۰: پول	۱.۰: اختلاف
۱۷۵.۰: تعداد سهم نهایی	** سهم خرید و فروش شده**	۹۵۰۰۰۰۰۰: پول	۰.۰: اختلاف
۱۷۵.۰: تعداد سهم نهایی	** سهم خرید و فروش شده**	۹۵۰۰۰۰۰۰: پول	۱.۰: اختلاف

(Close price - Last price) c- شرط محاسبه اختلاف			
۹۵۰۰۰۰۰: پول آزاد			
۱۷۵.۰: تعداد سهم مانده			
۱۸۳۴۰۰ : ۱۰۴۸.۰ : اعتبار سهم مانده با قیمت روز گذشته			
۱۹۰۳.۰: میانگین خرید			
۱۸۳۲.۰: میانگین فروش			
۴۸۱۶۶۰۰: سود نهایی			

با توجه به آرایه نمایش داده شده در خروجی، الگوریتم در ۸ مورد از ۱۱ مورد اقدام به فروش سهم نموده است و تنها در ۳ مورد خرید را پیشنهاد داده است. این آرایه، بهترین راه حل پیشنهادی الگوریتم می باشد که مقدار ۲۳,۵۰ را نیز به عنوان مینیمم تابع برازندگی برگردانده است. با توجه به اینکه سهام ها در روند نزولی قرار دارند فروش سهم مناسب ترین رفتار محسوب می شود اما الگوریتم با وزن های تولیدی موفق نشده است هدف سوددهی را محقق کند. در سطر بعد، مشاهده می شود که با اختلاف قیمت ۱,۰ و ۰,۰ الگوریتم اقدامی صورت نداده است اما در جایی که اختلاف ۲,۰- برای سهام بدست آمده است الگوریتم

خرید سهام را پیشنهاد داده است و این عمل را تا جایی که اختلاف عددی مثبت بوده است تکرار کرده و با قرار گرفتن سهم در بازه منفی دوباره اقدام به خرید کرده است. تنها در چند مورد با مثبت بودن بازه قیمت سهم، فروش سهم را پیشنهاد داده است و در انتها موفق به کسب سود نشده و ضرر بسیاری نیز تولید کرده است.

۴-۵-۴ نتایج حاصل از داده‌های range

الگوریتم را بار دیگر با تنظیم دستی شیت داده‌های range در فایل متنی و تغییر شرطها اجرا کردیم. یک نمونه از خروجی شیت‌ها، در جدول شماره نشان داده شده است که در ادامه با هم بررسی می‌کنیم.

جدول شماره ۴-۷- نتایج خروجی الگوریتم برای داده‌های range

اختلاف	-۱,۰
پول	۹۵۰۰۰۰۰۰
سهم خرید شده	401.0
سهم فروخته شده	-۱۱۹۰,۰
تعداد سهم نهایی	۲۰۳۲,۰
شرط محاسبه اختلاف	cc-lc
پول آزاد	۹۵۰۰۰۰۰۰
تعداد سهم مانده	۲۰۳۲,۰
اعتبار سهم مانده با قیمت روز گذشته	قیمت Last ۲۴۹۵,۰ : ۵۰۶۹۸۴,۰
میانگین خرید	۲۴۸۱,۰
میانگین فروش	۲۴۹۵,۰
سود نهایی	۶۹۸۴,۰

اختلاف	۱,۰
پول	۱۰۰۰۰۰۰۰۰

سهام خرید شده	۳۹۸,۰
سهام فروخته شده	-۳۹۷,۰
تعداد سهام نهایی	۱,۰
شرط محاسبه اختلاف	c-l
پول آزاد	۱۰۰۰۰۰۰۰
تعداد سهام مانده	۱,۰
اعتبار سهام مانده با قیمت روز گذشته	۲۴۹۵ : ۲۴۹۵ Last قیمت
میانگین خرید	۲۵۱۵,۰
میانگین فروش	۲۵۲۰,۰
سود نهایی	۲۴۹۵

اختلاف	-۴,۰
پول	۶۰۰۰۰۰۰
سهام خرید شده	
سهام فروش شده	
تعداد سهام نهایی	۳۹۲۶,۰
شرط محاسبه اختلاف	l-c
پول آزاد	۶۰۰۰۰۰۰
تعداد سهام مانده	۳۹۲۶,۰
اعتبار سهام مانده با قیمت روز گذشته	۱۰۷۳۰۹۶۰۰ : ۲۴۸۰۰۰۰ Last قیمت
میانگین خرید	۲۱۴۷,۰
میانگین فروش	۲۱۰۸,۰
سود نهایی	۱۳۳۰۹۶۰۰

همان طور که مشاهده می شود الگوریتم بر روی داده های range بازدهی متوسطی دارد و در اغلب موارد گرچه سودده بوده اما مبلغ قابل توجه نیست. به جز در مواردی که، شرط l-c را در الگوریتم لحاظ کردیم

که نتیجه قابل توجه بود و الگوریتم سوددهی مناسبی ارائه کرد. می توان این طور بیان کرد که، الگوریتم در برخورد با داده های رنج نیز قادر است عملکرد مناسبی داشته و هدف سودآوری را محقق نماید.

۴-۵-۳-۱ نمونه خروجی کامل تر الگوریتم بر روی داده های range

در ادامه یک نمونه کامل تر از خروجی الگوریتم پیشنهادی را به ازای داده های range، قرار می دهیم تا بررسی کنیم الگوریتم در مواجهه با داده range چگونه عمل کرده است.

جدول ۴-۸- نمونه خروجی کامل داده های range

۲۰۰۰۰ : تعداد ارزیابی			
$[2.945332515884489E138, -2.197299922841561E138, -3.21675430012472E138, 1.0399653036216869E138, 8.233541488738437E137, -7.053727890541651E137, -2.2605024665028446E138, -8.032684766346782E137, -1.5606751298859276E137, 2.5965981145992282E138, -1.982935119170047E138]$			
۲۸.۱۲۰۷۰۰۶۷۹۱۴۲۶۷۶ = مینیمم برانزنگی			
تعداد سهم نهایی	۳۹۰۰۰	سهم خرید شده	۳۹۰۰۰
تعداد سهم نهایی	۳۹۰۰۰	**سهم خرید یا فروش شده**	۹۹۰۰۰۰۰۰ پول
تعداد سهم نهایی	۱۹۱۱۰	سهم خرید شده	۱۵۲۱۰
تعداد سهم نهایی	۱۵۱۳۰	سهم فروخته شده	۳۹۸۰۰
تعداد سهم نهایی	۲۷۱۸۰	سهم خرید شده	۱۲۰۵۰
تعداد سهم نهایی	۲۷۱۸۰	**سهم خرید یا فروش شده**	۹۳۰۰۰۰۰۰ پول
تعداد سهم نهایی	۲۷۱۸۰	**سهم خرید یا فروش شده**	۹۳۰۰۰۰۰۰ پول
تعداد سهم نهایی	۳۱۲۸۰	سهم خرید شده	۴۱۰۰۰
تعداد سهم نهایی	۳۵۲۵۰	سهم خرید شده	۳۹۷۰۰
تعداد سهم نهایی	۳۹۲۶۰	سهم خرید شده	۴۰۱۰۰
تعداد سهم نهایی	۳۵۲۴۰	سهم فروخته شده	۴۰۲۰۰
تعداد سهم نهایی	۳۱۶۶۰	سهم فروخته شده	۳۵۸۰۰
تعداد سهم نهایی	۳۱۶۶۰	**سهم خرید یا فروش شده**	۹۲۰۰۰۰۰۰ پول
تعداد سهم نهایی	۳۱۶۶۰	**سهم خرید یا فروش شده**	۹۲۰۰۰۰۰۰ پول
تعداد سهم نهایی	۴۵۰۸۰۰	**سهم خرید یا فروش شده**	۳۰۰۰۰۰۰۰ پول
تعداد سهم نهایی	۴۵۰۸۰۰	**سهم خرید یا فروش شده**	۳۰۰۰۰۰۰۰ پول

تعداد سهم نهایی: ۱۳۰۴,۰: ۴۶۳۸۴,۰	سهم خرید شده	۰ پول	۰: ۳,۰ اختلاف
تعداد سهم نهایی: ۴۶۳۸۴,۰	** سهم خرید یا فروش شده **	۰ پول	۰: ۰,۰ اختلاف
تعداد سهم نهایی: ۴۶۳۸۴,۰	** سهم خرید یا فروش شده **	۰ پول	۰: ۱,۰ اختلاف
تعداد سهم نهایی: ۴۵۹۴۵,۰	۴۳۹,۰ - سهم فروخته شده	۱۰۰۰۰۰۰ پول	۱,۰: اختلاف
تعداد سهم نهایی: ۴۵۹۴۵,۰	** سهم خرید یا فروش شده **	۱۰۰۰۰۰۰ پول	۰: ۰,۰ اختلاف
تعداد سهم نهایی: ۴۶۳۷,۰	۴۲۵ : سهم خرید شده	۰ پول	۰: ۱,۰ اختلاف
تعداد سهم نهایی: ۴۶۳۷,۰	** سهم خرید یا فروش شده **	۰ پول	۰: ۴,۰ اختلاف
(Last price - close price) l-c شرط محاسبه اختلاف			
۶۰۰۰۰۰۰ پول آزاد			
تعداد سهم مانده: ۴۳۲۷۰,۰			
۱۰۷۳۰۹۶۰۰ : ۲۴۸۰,۰ اعتبار سهم مانده با قیمت روز گذشته			
۲۱۴۷,۰ میانگین خرید			
۲۱۰۸,۰ میانگین فروش			
سود نهایی: ۱۳۳۰۹۶۰۰			

اگر به جدول و مقادیر دقت کنید، مشاهده می‌کنید الگوریتم بر روی داده‌های رنج، زمانی که اختلاف قیمت در بازه منفی قرار گرفته است اقدام به خرید نموده و هر جایی که بلعکس سهم مثبت بوده تعدادی سهم به فروش رسیده و در مواردی که این اختلاف قیمت مساوی صفر می‌باشد هیچ اقدامی توسط الگوریتم پیشنهاد نشده است. در بهترین راه حل ارائه توسط الگوریتم خفاش نیز، ۷ مورد از وزن‌ها پیشنهاد فروش سهم و در سایر موارد پیشنهاد خرید سهم داده شده است. با توجه به انتخاب‌ها و عملکردی که الگوریتم داشته، در انتها به ازای پارامترها و شرط l-c موفق شده است به سود قابل توجهی دست پیدا کند. خرید در منفی‌های بازار و فروش در مثبت‌های بازار کمک کرده است تا حفظ سرمایه و کسب سود حاصل شده و پیشنهادات الگوریتم مناسب باشد. در حالتی که قیمت سهم روی صفر نوسان دارد نیز، به دلیل نامشخص بودن مسیر تغییر قیمت سهم الگوریتم به درستی عمل کرده و هیچ اقدامی را پیشنهاد نداده است. در کل، عملکرد الگوریتم پیشنهادی بر روی داده‌های رنج مناسب و سودآور بوده است.

۴-۵-۵ نتایج حاصل از داده‌های up-down-range

آخرین شیت قرار داده شده در فایل اکسل یا همان پایگاه داده‌ها، شامل داده‌های up-down-range می‌باشد. این داده‌ها، در یک بازه زمانی هر سه حالت روند نزولی، صعودی و رنج را نشان داده‌اند. نتایج حاصل از عملکرد الگوریتم بر روی این بخش از داده‌ها به شرح جدول شماره می‌باشد. در ادامه عملکرد مدل را در مواجهه با این داده‌ها بررسی می‌کنیم.

جدول شماره ۴-۹- نتایج حاصل از داده‌های up-down-range

اختلاف	۰,۰
پول	۱۱۷۰۰۰۰۰
سهم خرید شده	
سهم فروش شده	
تعداد سهم نهایی	۲۷۵,۰
شرط محاسبه اختلاف	c-1
پول آزاد	۱۱۷۰۰۰۰۰
تعداد سهم مانده	۲۷۵,۰
اعتبار سهم مانده با قیمت روز گذشته	۳۰۵۵۲۵ : ۱۱۱۱,۰ Last قیمت
میانگین خرید	۲۵۷۱,۰
میانگین فروش	۲۷۷۸,۰
سود نهایی	۱۷۳۰۵۵۲۵

اختلاف	-۳,۰
پول	۱۲۵۰۰۰۰۰
سهم خرید شده	۵۷۸,۰
سهم فروش شده	-۳۸۲,۰

تعداد سهم نهایی	۶۶۱,۰
شرط محاسبه اختلاف	cc-lc
پول آزاد	۱۲۵۰۰۰۰۰۰
تعداد سهم مانده	۶۶۱,۰
اعتبار سهم مانده با قیمت روز گذشته	۳۴۳۰۵۹۰ : Last ۵۱۹۰,۰ قیمت
میانگین خرید	۷۹۲۲,۰
میانگین فروش	۲۲۴۰,۰
سود نهایی	۲۸۴۳۰۵۹۰

اختلاف	-۱,۰
پول	۲۴۰۰۰۰۰۰
سهم خرید شده	۱۹۱,۰
سهم فروخته شده	-۱۹۳,۰
تعداد سهم نهایی	۳۷۱۸۳,۰
شرط محاسبه اختلاف	l-c
پول آزاد	۲۴۰۰۰۰۰۰
تعداد سهم مانده	۳۷۱۸۳,۰
اعتبار سهم مانده با قیمت روز گذشته	۱۹۲۹۷۹۷۷۰ : Last ۵۱۹۰,۰ قیمت
میانگین خرید	۲۲۱۴,۰
میانگین فروش	۲۲۰۸,۰
سود نهایی	۱۱۶۹۷۹۷۷۰

با نگاهی به داده‌ها می‌توان گفت، در شرایطی که سهم در یک بازه زمانی به صورت نزولی، صعودی و رنج بوده فرصت کسب سود وجود دارد و با اعمال شرط‌های مختلف بر روی داده‌ها، توانسته است هدف را محقق نماید. با بررسی نتایج جدول، مشاهده می‌شود که به ازای شرط l-c، الگوریتم بالاترین میزان

۴-۵-۱ نمونه کامل تر خروجی داده‌های up-down-range

جدول ۱۰-۴ نمونه کامل تر خروجی داده‌های up-down-range

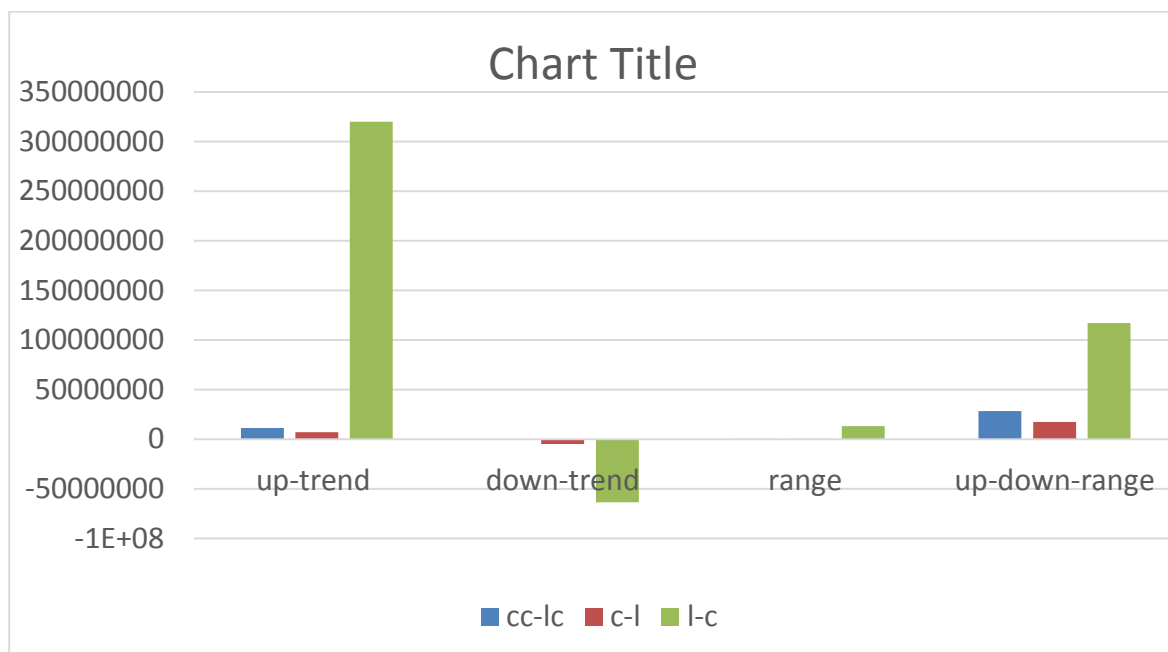
 $\gamma \wedge$

۷۲۳.۰	تعداد سهم نهایی	** سهم خرید و فروش شده**	۹۸۰۰۰۰۰۰ پول	۲.۰ اختلاف
۳۲۵.۰	تعداد سهم نهایی	۳۹۸.۰ - سهم فروخته شده	۹۹۰۰۰۰۰۰ پول	۱.۰ اختلاف
۳۲۵.۰	تعداد سهم نهایی	** سهم خرید و فروش شده**	۹۹۰۰۰۰۰۰ پول	۱.۰ اختلاف
۳۲۵.۰	تعداد سهم نهایی	** سهم خرید و فروش شده**	۹۹۰۰۰۰۰۰ پول	۰.۰ اختلاف
۳۲۵.۰	تعداد سهم نهایی	** سهم خرید و فروش شده**	۹۹۰۰۰۰۰۰ پول	۱.۰ اختلاف
۷۲۶.۰	تعداد سهم نهایی	۴۰۱.۰ : سهم خرید شده	۹۸۰۰۰۰۰۰ پول	-۱.۰ اختلاف
۱۱۲۶.۰	تعداد سهم نهایی	۴۰۰.۰ : سهم خرید شده	۹۷۰۰۰۰۰۰ پول	-۱.۰ اختلاف
۱۵۲۶.۰	تعداد سهم نهایی	۴۰۰.۰ : سهم خرید شده	۹۶۰۰۰۰۰۰ پول	-۱.۰ اختلاف
۳۹۲۴.۰	تعداد سهم نهایی	۹۰۷.۰ - سهم فروخته شده	۱۱۳۰۰۰۰۰۰ پول	۱.۰ اختلاف
۳۰۱۵.۰	تعداد سهم نهایی	۹۰۹.۰ - سهم فروخته شده	۱۱۴۰۰۰۰۰۰ پول	۱.۰ اختلاف
۱۱۸۹.۰	تعداد سهم نهایی	۱۸۲۶.۰ - سهم فروخته شده	۱۱۶۰۰۰۰۰۰ پول	۲.۰ اختلاف
۱۱۸۹.۰	تعداد سهم نهایی	** سهم خرید و فروش شده**	۱۱۶۰۰۰۰۰۰ پول	۲.۰ اختلاف
۱۱۸۹.۰	تعداد سهم نهایی	** سهم خرید و فروش شده**	۱۱۶۰۰۰۰۰۰ پول	۳.۰ اختلاف
۱۱۸۹.۰	تعداد سهم نهایی	** سهم خرید و فروش شده**	۱۱۶۰۰۰۰۰۰ پول	۰.۰ اختلاف
۲۷۵.۰	تعداد سهم نهایی	۹۱۴.۰ - سهم فروخته شده	۱۱۷۰۰۰۰۰۰ پول	۱.۰ اختلاف
۲۷۵.۰	تعداد سهم نهایی	** سهم خرید و فروش شده**	۱۱۷۰۰۰۰۰۰ پول	۱.۰ اختلاف
۲۷۵.۰	تعداد سهم نهایی	** سهم خرید و فروش شده**	۱۱۷۰۰۰۰۰۰ پول	۱.۰ اختلاف
۲۷۵.۰	تعداد سهم نهایی	** سهم خرید و فروش شده**	۱۱۷۰۰۰۰۰۰ پول	۱.۰ اختلاف
۲۷۵.۰	تعداد سهم نهایی	** سهم خرید و فروش شده**	۱۱۷۰۰۰۰۰۰ پول	۰.۰ اختلاف
۲۷۵.۰	تعداد سهم نهایی	** سهم خرید و فروش شده**	۱۱۷۰۰۰۰۰۰ پول	۰.۰ اختلاف
۲۷۵.۰	تعداد سهم نهایی	** سهم خرید و فروش شده**	۱۱۷۰۰۰۰۰۰ پول	۲.۰ اختلاف
۲۷۵.۰	تعداد سهم نهایی	** سهم خرید و فروش شده**	۱۱۷۰۰۰۰۰۰ پول	۱.۰ اختلاف
۲۷۵.۰	تعداد سهم نهایی	** سهم خرید و فروش شده**	۱۱۷۰۰۰۰۰۰ پول	۱.۰ اختلاف
۲۷۵.۰	تعداد سهم نهایی	** سهم خرید و فروش شده**	۱۱۷۰۰۰۰۰۰ پول	۰.۰ اختلاف

Condition For calculating difference is c-l(Close price - Last price)				
پول آزاد: ۱۱۷۰۰۰۰۰۰				
تعداد سهم مانده: ۲۷۵.۰				
۳۰۵۵۲۵ : ۱۱۱۱.۰ اعتبار سهم مانده با قیمت روز گذشته				
۲۵۷۱.۰ : میانگین خرید				
۲۷۷۸.۰ : میانگین فروش				
سود نهایی: ۱۷۳۰۵۵۲۵				

اگر به جدول نگاه کنید، متوجه می‌شوید الگوریتم خفاش، به ازای ۱۱ وزن تولید شده، تقریباً در ۶ مورد فروش سهم را پیشنهاد داده و در سایر موارد به خرید سهم اقدام کرده است. با توجه به اختلاف قیمت بدست آمده برای هر سهم، در مواردی که اختلاف قیمت، منفی بوده فروش تعدادی از سهم را پیشنهاد کرده و در اغلب مواردی که بازه سهم مثبت بوده هیچ پیشنهادی برای خرید یا فروش سهم ارائه نداده است و تنها در چند مورد الگوریتم پیشنهاد کرده تا تعدادی سهم به فروش برسد. در واقع، الگوریتم پیشنهاد به نگهداری سهم را بیشتر در نظر داشته و موفق شده است با این عملکرد به سود مناسب و بسیاری دست یابد. این نتایج نشان می‌دهد الگوریتم به ازای داده‌های up-down-range توانسته است بازدهی مناسبی را کسب کرده و به اهداف تعیین شده دست یابد.

برای درک بهتر نتایج الگوریتم پیشنهادی، داده‌های بدست آمده از خروجی دیتاست را در قالب نمودار نمایش داده‌ایم تا تفاوت حاصل از هر بخش مشخص باشد و عملکرد مدل قابل فهم گردد. نمودار ارائه شده، نتایج خروجی حاصل از تست الگوریتم را بر روی ۴ شیت مختلف پایگاه داده به ازای هر شرط نشان می‌دهد. با توجه به نمودار، عملکرد مناسب‌تر و سوددهی بالاتر الگوریتم به ازای شرط $I-C$ مشخص می‌باشد. الگوریتم به ازای در نظر گرفتن شرط $I-C$ توانسته است به جز در حالت بازار منفی علاوه بر حفظ سرمایه سود بالایی نیز کسب نماید. همچنین اینکه، الگوریتم به ازای شرط $CC-IC$ اگرچه سودسازی بالایی ندارد اما در بازار منفی هم بهتر از سایر شرط‌ها عمل کرده و توانسته است محدودیت حفظ سرمایه را به خوبی لحاظ کرده و مانع از دست رفتن سرمایه شود. روش پیشنهادی، در بازار مثبت و رنج و زمانی که داده‌ها شرایط نوسانی دارند توانسته است علاوه بر حفظ سرمایه سودسازی بالایی نیز داشته باشد و امنیت سرمایه‌گذاری را حفظ نماید.



نمودار ۴-۱- مقایسه خروجی الگوریتم پیشنهادی به ازای شیت داده‌ها و شرط‌های لحاظ شده در الگوریتم

۶-۴ بازدهی سیستم پیشنهادی

با بررسی نتایج، که در مباحث قبل مطرح شد و شرح جداول مربوط به خروجی‌های الگوریتم می‌توان عنوان کرد که به طور میانگین الگوریتم پیشنهادی توانسته است سوددهی قابل توجهی داشته باشد. به جز در حالتی که با داده‌های نزولی سروکار داریم، در اغلب موارد الگوریتم سودده بوده و به ازای شروط مختلف l-c و c-l بر روی داده‌هایی که شرایط مناسب داشته و پیشینه سهم مثبت بوده، سودآوری بالاتر و در عین حال بر روی داده‌های با پیشینه منفی و نامناسب ریسک سرمایه‌گذاری بالاتری را نیز باعث شده است. از طرفی دیگر، با برقراری شرط cc-lc، در نتایج بررسی شده مشاهده شد که توانسته است در شرایط مثبت و منفی بازار روند معقولانه‌تر داشته و علاوه بر سودده بودن، میزان ریسک سرمایه‌گذاری و خطر از دست دادن سرمایه را تا حد مناسبی کاهش دهد. عملکرد الگوریتم خفاش، با توجه به وزن‌هایی که تولید کرده است می‌تواند مورد بررسی قرار گیرد. در مواردی که الگوریتم سودسازی مناسبی داشته است، می‌توان بیان کرد الگوریتم خفاش به خوبی توانسته است وزن‌های مناسبی جهت خرید و فروش سهم و کسب سود تولید کند. از طرفی، در مواردی که شرایط بازار نامناسب بوده و روند نزولی در سهام

حاکم است الگوریتم خفاش نتوانست وزن‌های مناسبی تولید کند تا بتوان از این شرایط هم برای کاهش ریسک و خطر از دست رفتن سرمایه بهره برد. به طور میانگین، الگوریتم خفاش به ازای روندهای مختلف عددی در بازه [۳۰ و ۵۰] برای مینیمم تابع برازندگی یا fitness function تولید کرده که متغیر بوده و مستقل از شرط و پایگاه داده عمل می‌کند. شرط توقف الگوریتم، تعداد نسل تولید شده بود که در این پژوهش ۱۰۰۰ نسل در نظر گرفته شده است. معیار ارزیابی در تشخیص خرید و فروش سهام نیز، استفاده از شرط‌هایی بود که در الگوریتم لحاظ شده است.

۴-۷ بازدهی الگوریتم با استفاده از الگوریتم ازدحام ذرات^۱

به منظور مقایسه نتایج و عملکرد الگوریتم ترکیبی، یک نسخه دیگر از الگوریتم را با الگوریتم PSO ترکیب کرده و نتایج حاصل از خروجی الگوریتم را مورد بررسی قرار دادیم. الگوریتم PSO، در فصل دوم شرح داده شده است. به منظور ترکیب الگوریتم PSO با الگوریتم اصلی معامله‌گری در بورس تنظیماتی در پارامترهای آن انجام شده است که به شرح زیر می‌باشد:

```

SWARM_SIZE۲ = 5;
MAX_ITERATION۳ = 100000;
LenghofError = 5000;
PROBLEM_DIMENSION۴ = 11;
C1۵ = 2.0;
C2۶ = 2.0;
W_UPPERBOUND۷ = 1.0;
W_LOWERBOUND۸ = 0.0;
totalStock۹ = 100000000;
//Money step for selling or buying
stepofB_S۱۰ = 1000000;

```

^۱ pso

^۲ اندازه جمعیت ذرات

^۳ تعداد تکرار الگوریتم یا نسل تولید شده

^۴ ابعاد مسأله یا پاسخ بهینه ذره

^۵ مقدار ثابت شناخت فردی که با توجه به مسأله به صورت تجربی تعیین می‌شود و برای تنظیم سرعت ذره در فضای جستجو بکار رفته است.

^۶ پارامتر ثابت برای تنظیم سرعت ذره در فضای جستجو که به صورت تجربی تنظیم می‌شود.

^۷ بالاترین میزان متغیر W که ضریب کاهنده می‌باشد و از افزایش زیاد سرعت جلوگیری می‌کند تا ذره از فضای جستجو خارج نشود.

^۸ پایین‌ترین میزان متغیر W که ضریب کاهنده می‌باشد و از افزایش زیاد سرعت جلوگیری می‌کند تا ذره از فضای جستجو خارج نشود.

^۹ میزان سرمایه اولیه برای سرمایه‌گذاری

^{۱۰} واحد خرید و فروش در هر گام

به منظور توقف الگوریتم، رسیدن به حداکثر تکرار را در نظر گرفته و در صورتی که الگوریتم به تعداد `lengthofError` تکرار آخر الگوریتم رسید و میزان سود محاسبه شده تغییر نکرد الگوریتم متوقف شده و در نهایت `globalbest` به عنوان خرجی باز گردانده می‌شود. در زمان بروزرسانی جمعیت نیز، وزن‌ها را در بازه $[-5, 5]$ محدود نکرده و شرطی قرار داده شد تا به ازای وزن‌های بالاتر و پایین‌تر از این بازه روی وزن‌ها نرمال‌سازی صورت گرفته و مشکل وزن‌های بزرگ و غیر منطقی حل شود.

۴-۷-۱ خروجی الگوریتم PSO

در خروجی الگوریتم PSO، پارامترهایی برای ثبت نتایج و مقایسه عملکرد الگوریتم نمایش داده شده است. پارامتر `iteration`، تعداد تکرار الگوریتم را به ازای شرط توقف نشان می‌دهد. `Value`، میزان سوددهی الگوریتم را در انتها با توجه به داده‌ها مشخص می‌کند. راه‌حل نهایی الگوریتم نیز به شکل واحد خرید و فروش سهام برای هر روز معاملاتی را برای سهام‌های مختلف مشخص می‌کند. برای مثال، با توجه به نمونه خروجی شماره (۱)، که در ادامه قرار داده شده است نشان داده شده که در حالتی که قیمت سهام، روی ۵- معامله می‌گردد ۴ واحد خرید انجام شود. در طرف دیگر، برای سهم بعدی که در بازه ۵+ می‌باشد الگوریتم تشخیص داده است ۵ واحد باید به فروش برسد و برای دیگر حالت‌ها به همین ترتیب تا در نهایت سودآوری حاصل شود. برای نمونه چند مورد از خروجی الگوریتم در ادامه ذکر شده است.

خروجی شماره (۱):

ITERATION 8844:

Value: 35111519

Solution found at iteration 8844, the solutions is:

Difference[5] :-5

Difference[4] :-3

Difference[3] :-2

Difference[2] :3

```
Difference[1] :0
Difference[0] :3
Difference[-1] :-2
Difference[-2] :5
Difference[-3] :-3
Difference[-4] :0
Difference[-5] :4
```

این خروجی، در نتیجه اجرای الگوریتم بر روی داده‌های up-trend بدست آمده است و سودسازی حاصل شده به خوبی بیانگر نتیجه می‌باشد. شرط بکار رفته برای این خروجی، l-c می‌باشد و برای سایر شروط نیز الگوریتم با همین دقت و سوددهی توانست عمل کند.

خروجی شماره (۲):

ITERATION 9999:

Value : 17662

Solution found at iteration 5000, the solutions is:

```
Difference[5] :0
Difference[4] :0
Difference[3] :-3
Difference[2] :0
Difference[1] :-2
Difference[0] :-3
Difference[-1] :0
Difference[-2] :0
Difference[-3] :-2
Difference[-4] :1
Difference[-5] :2
```

خروجی شماره (۲)، نتایج آزمون الگوریتم بر روی داده‌های up-down-range را نشان می‌دهد. سوددهی الگوریتم قابل مشاهده می‌باشد اما نسبت به حالت up-trend سود پایینی حاصل شده است.

خروجی شماره (۳):

ITERATION 6944:

Value: 102118

Solution found at iteration 5000, the solutions is:

```
Difference[5] :4
Difference[4] :-4
Difference[3] :-4
Difference[2] :1
Difference[1] :0
```

```
Difference[0] :4
Difference[-1] :0
Difference[-2] :0
Difference[-3] :2
Difference[-4] :-2
Difference[-5] :0
```

این خروجی حاصل از آزمون الگوریتم بر روی داده‌های range بدست آمده است و تفاوت چندانی در خروجی نسبت به خروجی شماره (۲) مشاهده نمی‌شود.

خروجی شماره (۴):

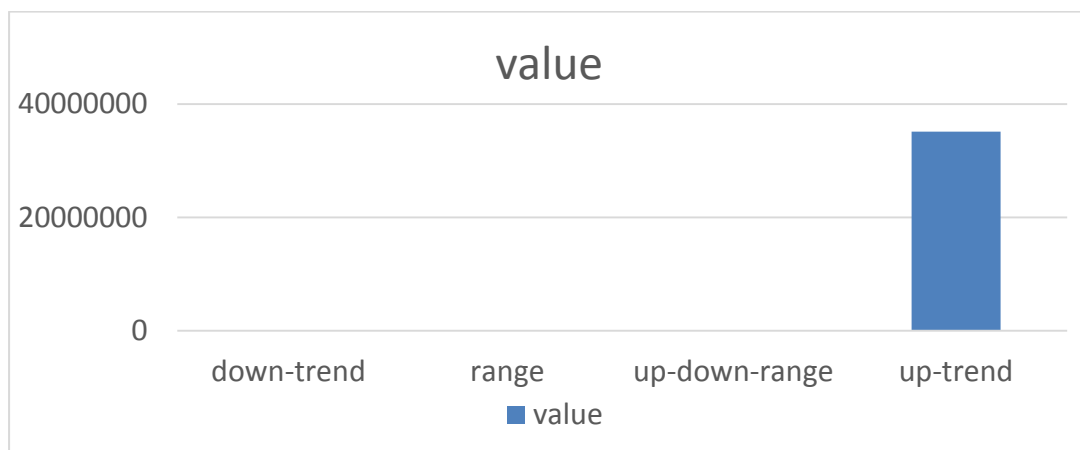
```
ITERATION 7781:
Value: 55125
```

Solution found at iteration 6018, the solutions is:

```
Difference[5] :-2
Difference[4] :-5
Difference[3] :-4
Difference[2] :0
Difference[1] :-1
Difference[0] :-3
Difference[-1] :-3
Difference[-2] :0
Difference[-3] :-4
Difference[-4] :-1
Difference[-5] :-3
```

در این خروجی همان‌طور که مشاهده می‌شود، سودسازی حاصل شده است اما مقدار آن کم می‌باشد.

این خروجی از آزمون الگوریتم بر روی داده‌های down-trend بدست آمده است. نمودار ارائه شده در ادامه، به خوبی نشان می‌دهد الگوریتم ترکیبی با PSO چه عملکردی داشته است.



نمودار ۲-۴- نتایج حاصل از تست الگوریتم به ازای ترکیب آن با الگوریتم PSO

همان‌طور که در نمودار مشخص می‌باشد الگوریتم تنها در حالتی که داده‌ها در بازه مثبت قرار دارند سودسازی قابل توجهی داشته و در سایر حالت‌ها نزدیک به صفر می‌باشد. در واقع این الگوریتم به خوبی قادر است سرمایه را حفظ کند و در مقابل سودی هم کسب نماید. خروجی‌های الگوریتم ترکیبی با PSO نشان می‌دهد، تعداد تکرار الگوریتم تأثیری در سودآوری الگوریتم ندارد و در برخی موارد با تکرار بیشتر سوددهی بالا بوده و در برخی موارد نیز با کمترین تکرار سود بالایی بدست آمده است. در واقع، شرط مورد استفاده در اجرا تعیین کننده سودآوری الگوریتم بود و در اغلب موارد با برقراری شرط CC-IC بیشترین میزان سوددهی بدست آمد و برای سایر شروط با تفاوت کمی نسبت به هم سودآور می‌باشد. نکته جالبی که در خروجی‌های الگوریتم حاصل شد این بود که الگوریتم در شرایطی که بازار روند نامناسب و منفی داشت نیز موفق شد مثبت عمل کند و سودده باشد. اگرچه، میزان سوددهی الگوریتم بسیار ناچیز است اما نسبت به الگوریتم خفاش که ریسک سرمایه‌گذاری بالایی داشت و در بازار منفی نامناسب عمل می‌کرد یک نقطه قوت محسوب می‌شود. از طرفی در مقایسه با الگوریتم پیشنهادی، بازدهی الگوریتم در کسب سود کمتر بوده و رقم سود بدست آمده در هر آزمون پایین‌تر بود. همچنین اینکه، در مواردی که داده‌ها صعودی بودند نقطه اشتراک دو الگوریتم در کسب سود محسوب شده و هر دو مقدار نزدیکی را نتیجه کردند. اما در سایر پایگاه داده‌ها، الگوریتم پیشنهادی سودسازی مناسب‌تری

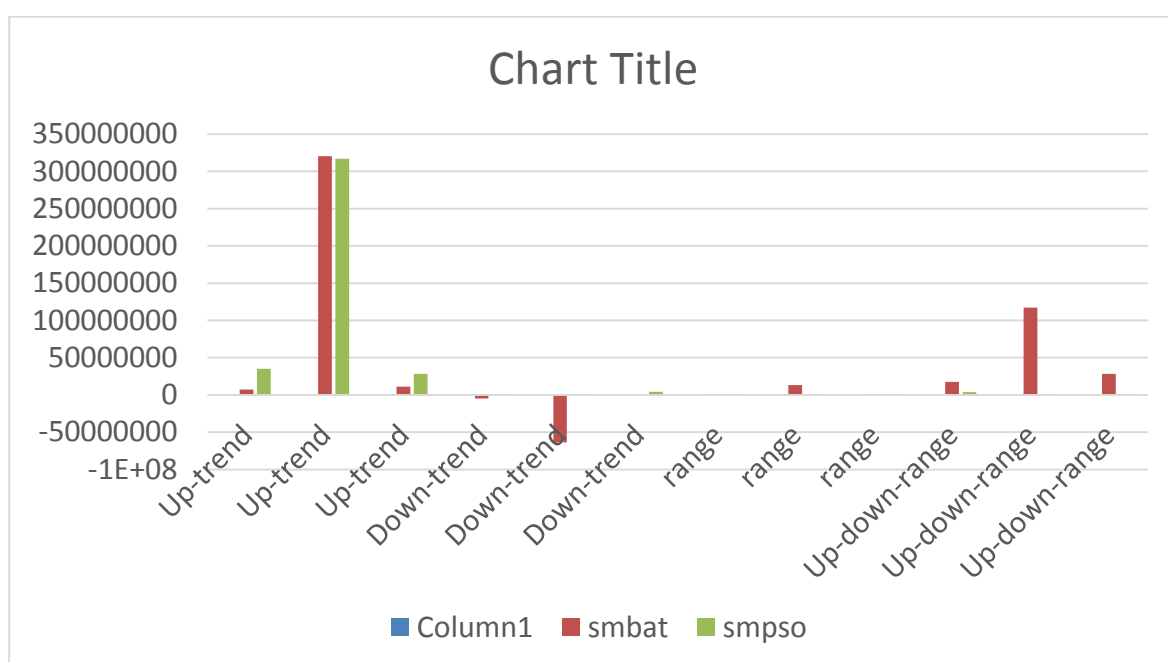
داشته است.

اگر بخواهیم مقایسه‌ای روی نتایج حاصل از آزمون دو الگوریتم ارائه دهیم، مشخص می‌شود که الگوریتم پیشنهادی با اینکه در روند نزولی سهم عملکرد ضعیف‌تری نسبت به الگوریتم ترکیبی PSO دارد اما در مواردی که با سایر داده‌ها الگوریتم آزموده شده است سودسازی بالاتری را در بیشتر موارد نسبت به PSO کسب کرده است. به عبارتی، با وجود ریسک بالاتری که دارد سودسازی بالاتری را نیز ممکن می‌کند. در جدول سعی شده است مقایسه نتایج دو الگوریتم در قالب یک جدول ارائه شود.

جدول ۱۱-۴- مقایسه عملکرد الگوریتم پیشنهادی و الگوریتم ترکیبی PSO

		smbat	smpso
Up-trend	c-l	7171020	35111519
	l-c	320155900	316993705
	cc-lc	11200300	28386439
Down-trend	c-l	-4816600	55125
	l-c	-63694136	11399
	cc-lc	0.0	4214217
range	c-l	2495	102118
	l-c	13309600	1245
	cc-lc	69840	68806
Up-down-range	c-l	17305525	3790754
	l-c	116979770	17662
	cc-lc	28430590	64964

نتایج نمونه‌ای که در جدول فوق مشاهده می‌شود، به خوبی عملکرد دو مدل را در مقایسه با هم نشان می‌دهد. اگر سوددهی بالا را مدنظر قرار دهیم، الگوریتم پیشنهادی در اغلب موارد سود بالاتری را کسب کرده است که اختلاف قابل توجهی نسبت به خروجی الگوریتم ترکیبی psو دارد. مقایسه حاصل از خروجی دو الگوریتم، در قالب نمودار نشان داده شده است که در ادامه آمده است.



نمودار ۳-۴- مقایسه خروجی دو الگوریتم پیشنهادی و ترکیبی با الگوریتم psو

۴-۸ ارزیابی و تحلیل نتایج الگوریتم پیشنهادی

در این پژوهش، ترکیبی از الگوریتم معامله‌گر بورس و الگوریتم خفاش برای ارائه پیشنهاد سرمایه‌گذاری و تعیین واحد خرید و فروش سهم به منظور سودآوری و کاهش ریسک سرمایه‌گذاری معرفی شد. بررسی کردیم که الگوریتم خفاش، به منظور کاهش زمان بالای تصمیم‌گیری و انتخاب سهم و تشخیص وزن مناسب برای خرید و فروش سهام در روز معاملاتی چگونه می‌تواند بکار رود. مشخص شد این تکنیک،

قادر است در کمترین زمان وزن‌های بهینه تولید کند و نیاز به تحلیل اطلاعات توسط فرد سرمایه‌گذار را رفع کرده و قادر است تصمیم‌گیری را بهینه سازد. الگوریتم خفاش، قادر است به صورت سریع و بهینه فضای جستجو را در راستای هدف تعیین شده پیمایش کرده و راه حل بهینه تولید کند. در این پژوهش، داده‌های سهام‌های متعدد در طی ۱۰ سال از سال ۲۰۰۹ الی ۲۰۱۸ جمع‌آوری شده و برای پژوهش مورد استفاده قرار گرفت.

با توجه به اینکه، بازه تغییر قیمت در بورس اوراق بهادار تهران بین $[-5, 5]$ متغیر می‌باشد، هر خفاش یا هر عضو جمعیت الگوریتم خفاش را یک آرایه ۱۱ بعدی در نظر گرفتیم که هر خانه از آرایه شامل یک وزن در بازه $[-5, 5]$ باشد. این وزن‌ها، به عنوان واحد خرید و فروش در اختیار الگوریتم معامله‌گر قرار گرفته تا با استفاده از این وزن‌های تولید شده الگوریتم در طی روز سهام خرید و فروش کرده و کسب سود کند.

داده‌های پژوهش، در شیت‌های مجزا و در ۴ دسته‌بندی مختلف داده‌های up-trend, down-trend, range, up-down-range طبقه‌بندی شده و برای هر آزمون الگوریتم یکی از این شیت‌ها به صورت دستی انتخاب شد و به ازای هر شیت نتایج به صورت جداگانه بررسی گردید. معامله با الگوریتم پیشنهادی منطبق بر سه شرط ذکر شده بود که برای هر آزمون به صورت دستی تنظیم شده است و نتایج الگوریتم بر اساس تنظیم دستی مکرر شرط‌ها و شیت داده‌ها بدست آمده است.

با توجه به نتایج حاصل شده که در فصل چهارم شرح داده شده است، مشاهده شد الگوریتم پیشنهادی به طور میانگین توانسته است سوددهی قابل توجهی داشته باشد. به جز در حالتی که با داده‌های نزولی سروکار داریم و در بازار روند وجود دارد، در اغلب موارد الگوریتم سودآوری داشته و به ازای شرط $l-c$ و $c-l$ بر روی داده‌های مناسب و با پیشینه مثبت، سودآوری بالاتر و در عین حال بر روی داده‌های نامناسب و با پیشینه منفی ریسک سرمایه‌گذاری بالاتری را نیز باعث شده است. از طرفی دیگر، با برقراری شرط $cc-lc$ ، الگوریتم توانسته است در شرایط مثبت و منفی بازار روند معقولانه‌تر داشته و علاوه بر سودده بودن، میزان ریسک سرمایه‌گذاری و خطر از دست دادن سرمایه را تا حد مناسبی کاهش

دهد.

در نهایت، با مقایسه عملکرد الگوریتم پیشنهادی با الگوریتم ترکیبی PSO مشاهده کردیم که الگوریتم PSO در مقایسه با روش پیشنهادی در شرایطی که روند سهم نزولی می‌باشد، عملکرد موثرتری داشته و در اغلب موارد سودسازی دارد. هر چند میزان سود حاصل بسیار ناچیز است اما در مقایسه با الگوریتم خفاش که ریسک سرمایه‌گذاری را در این شرایط بالا برده و نامناسب عمل می‌کند انتخاب معقولانه‌تری می‌باشد. در کل، نتیجه گرفتیم که با توجه به خروجی‌های تولید شده الگوریتم پیشنهادی سودآوری بالاتری داشته و نسبت به PSO حاشیه سود بالاتری را در اغلب موارد کسب می‌کند.

۴-۹ جمع‌بندی

در این فصل، نتایج حاصل از استراتژی پیشنهادی و الگوریتم ترکیبی با PSO که به منظور مقایسه نتایج بکار برده شده بود بررسی شده و عملکرد الگوریتم‌ها به ازای پایگاه اطلاعاتی مورد استفاده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج حاکی از این بود که، الگوریتم پیشنهادی اگرچه در شرایط بازار منفی عملکرد مناسبی در مقایسه با الگوریتم PSO ندارد، در اغلب موارد قادر است سودآوری قابل توجهی داشته و مناسب عمل کند.

فصل ۵: بحث، نتیجه گیری و پیشنهادها

۵-۱ مقدمه

در فصل چهارم، داده‌های حاصل از پژوهش مورد بررسی قرار گرفت و نتایج خروجی الگوریتم‌ها ارائه گردید. در این فصل، ابتدا خلاصه‌ای از پژوهش حاضر و سپس مقایسه‌ای با نتایج پژوهش‌های مشابه قبلی ارائه خواهیم داد. در انتها نیز، نتیجه‌گیری کرده و استراتژی پیشنهادی را تحلیل می‌کنیم و به بیان محدودیت‌های پژوهش حاضر می‌پردازیم. پیشنهاداتی نیز در رابطه با نتایج حاصل از الگوریتم و پژوهش ارائه خواهد شد تا بتواند مقدمه‌ای برای پژوهش‌های بعدی قرار گیرد.

۵-۲ خلاصه‌ای از پژوهش

گام به گام از ابتدا، در فصل یک موضوع سرمایه‌گذاری در بازار بورس و کاهش ریسک معامله‌گری را در مقابل افزایش بازدهی سرمایه‌گذاری بررسی کردیم. عنوان کردیم که، سودآوری در بازار سرمایه و کاهش ریسک یک هدف مهم محسوب می‌شود. مهم از این جهت که، بازار بورس و سرمایه‌گذاری در این بازار می‌تواند کمک شایانی به اقتصاد کشور کرده و زمینه ایجاد شغل و رفاه اجتماعی را فراهم نماید. بنابراین، استفاده از استراتژی سودآور که سرمایه‌گذاری را در بازار بورس تضمین نماید یک ضرورت بوده و نیازمند کسب دانش است. بازار سرمایه با عدم قطعیت همراه است و تا کنون تکنیک‌های گوناگونی برای دستیابی به هدف سودآوری در سرمایه‌گذاری بازار بورس ارائه شده است که هر یک کارایی خاص خود را داشته اما به تنهایی برای کسب نتیجه کافی نیستند و باید در کنار هم بکار برده شوند. از طرفی، بکارگیری این تکنیک‌ها نیازمند کسب دانش و آگاهی و مهارت لازم برای ورود به بازار سرمایه بویژه بورس می‌باشد. اگر شخصی بدون دانش و مهارت، وارد این بازار شود و اقدام به سرمایه‌گذاری نماید با وجود ناپایداری و آشوبی که در فرایند بورس حاکم می‌باشد و هر زمان امکان تغییر شرایط وجود دارد امکان از دست رفتن سرمایه بسیار بالا بوده و یک عمل غیر عقلانی محسوب می‌شود. ما سعی کردیم استراتژی پیشنهاد دهیم که نقش انسان را در تصمیم‌گیری و انتخاب سهام کاهش داده و الگوریتم با استفاده از پایگاه داده‌ای که

در اختیار دارد خرید و فروش روزانه و میزان خرید و فروش را به ازای هر سهم مشخص کرده و سودآوری را افزایش دهد. در این پژوهش، سعی شد تا با استفاده از الگوریتم تکاملی خفاش و ترکیب آن با الگوریتم معامله‌گر بورس به استراتژی دست یابیم که بتواند بدون دخالت انسان سرمایه‌گذاری در بورس را به یک فرایند سودده تبدیل کند. بدین منظور، پایگاه داده‌ای شامل اطلاعات تابلوی اعلان بورس بر حسب متغیرهای مورد نظر از سایت رسمی بورس و اوراق بهادار تهران جمع‌آوری شده و از آن برای معامله‌گری در بورس استفاده شده است. در گام بعدی، سعی کردیم با ترکیب کردن الگوریتم خفاش، وزن‌های بهینه تولید کرده و سوددهی در سرمایه‌گذاری را افزایش دهیم.

در فصل دوم، ابتدا به بیان مفاهیم نظری پژوهش پرداخته و سپس ادبیات موضوع پژوهش را بررسی کردیم.

در فصل سوم، ساختار و استراتژی بکار رفته در روند پژوهش را مورد بررسی قرار داده و به بیان جامعه آماری، داده‌ها و پیاده‌سازی مدل پژوهش پرداختیم و متغیرهای مورد استفاده در تحقیق را ارائه دادیم.

در نهایت در فصل چهارم، به بررسی نتایج پژوهش پرداخته و مدل ارائه شده را با الگوریتم ترکیبی PSO مقایسه کردیم.

۵-۳-۱ ارزیابی دقت الگوریتم پیشنهادی

پس از تولید دانش و کسب نتایج حاصل از آن، برای تعیین صحت نتایج بدست آمده و ارزیابی عملکرد مدل پیشنهادی، باید بتوان مدل را مورد تحلیل قرار داد تا ارزش علمی بکار رفته تعیین شده و کارایی الگوریتم مشخص شود. به عبارتی، یکی از مهم‌ترین مراحل پس از ساخت و طراحی یک مدل یا الگوریتم، ارزیابی کارایی، صحت و دقت مدل یا الگوریتم می‌باشد. بدین منظور، برای ارزیابی عملکرد الگوریتم پیشنهادی، از یک سری معیار ارزیابی استفاده شده است که در ادامه آنها را معرفی می‌کنیم:

- معیار دقت^۱: معیار دقت در حوزه یادگیری ماشین، به درصدی از پیش‌بینی‌های مدل که مرتبط هستند اشاره دارد و برابر است با تقسیم تعداد مواردی که توسط مدل درست تشخیص داده شده بر تعداد مواردی که به درستی صحیح تشخیص داده شده است. معیار دقت، میزان نزدیک بودن مقدارهای اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد و مطابق فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

در عبارت ذکر شده، TP به تعداد موارد صحیح که به درستی مثبت تشخیص داده شده است اشاره دارد و مقدار FP بیانگر تعداد موارد نادرستی می‌باشد که درست تشخیص داده شده است.

- صحت (accuracy): این معیار برای این در نظر گرفته شده است تا تعیین کنیم میزان نزدیک بودن نتایج به واقعیت چگونه است که بدین منظور، باید مقدار precision بالا باشد اما برعکس آن لزوماً برقرار نیست. معیار صحت مطابق فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

در عبارت فوق، TP و FP همان تعریف ذکر شده در معیار دقت هستند و TN به تعداد مواردی که نادرست بوده و به درستی تشخیص داده شده است اشاره دارد. مقدار FN نیز، تعداد مواردی است که نادرست بوده و به اشتباه درست تشخیص داده شده است.

- امتیاز اف ۱ (F1-score): امتیاز اف ۱، برای ارزیابی عملکرد مدل یا الگوریتم کاربرد دارد و یک نوع میانگین بین پارامتر دقت و یادآوری می‌باشد. امتیاز اف ۱ مطابق فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$F1 - score = 2 \times \frac{precision \times recall}{precision + recall}$$

¹ precision

- یادآوری (recall): معیار یادآوری، کسری از پاسخ‌های مثبت که درست تشخیص داده شده‌اند را نشان می‌دهد. این معیار به تنهایی مناسب نیست و باید در کنار معیار دقت بکار برده شود و مطابق فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{recall} = \frac{TP}{TP + FN}$$

برای درک بهتر معیارها، نیاز است مفهوم ماتریس بهم‌ریختگی را شرح دهیم که در ادامه بیان می‌کنیم:

ماتریس بهم‌ریختگی، برای تعیین مقدار معیارهای ارزیابی مانند صحت، دقت و یادآوری بکار می‌رود و در شکل نمایش داده شده است. این ماتریس، برای نمایش تعداد نمونه‌های صحیح یا غلط تشخیص داده شده بکار می‌رود.

نمونه‌های پیش‌بینی شده

	مثبت	منفی
مثبت نمونه‌های واقعی	مثبت صحیح (true positive)	منفی غلط (false negative)
منفی	مثبت غلط (false positive)	منفی صحیح (true negative)

شکل ۱-۵- ماتریس بهم‌ریختگی

تعاریف عبارات داخل شکل، در معرفی معیارهای ارزیابی بیان شدند. معیارهای صحت، دقت، یادآوری و امتیاز اف ۱ با توجه به ماتریس بهم‌ریختگی تعریف شدند.

۵-۳-۱ نتایج حاصل از ارزیابی ماتریس بهم‌ریختگی

بیان شد که از این ماتریس برای تعیین مقدار معیارهای ارزیابی صحت، دقت، یادآوری و امتیاز اف ۱ استفاده می‌شود. مطابق روابط تعریف شده برای این معیارها، به ترتیب مقادیر محاسبه شده برای معیارهای صحت، دقت، یادآوری و امتیاز اف ۱، مقدار ۰.۷۶٪، ۸۳٪، ۷۵٪ و ۷۶٪ می‌باشد.

۵-۴ پیشنهادات پژوهش

با توجه به روش پیشنهادی پژوهش و نتایجی که بدست آمده است، پیشنهاداتی جهت پژوهش‌های آینده می‌توان ارائه داد که به شرح زیر است:

- آزمایشات در این پژوهش شامل تمرکز بر روی اطلاعات سهام‌های مختلف بود که در دسته-بندی‌های مختلفی قرار داشتند و باید به صورت دستی تنظیم صورت می‌گرفت. برای مطالعات بعدی، اگر پیشینه سهم در هر سه حالتی که قرار دارد در یک شیت قرار داده شود و تست الگوریتم در این شرایط صورت بگیرد می‌تواند نتایج متفاوت‌تر و شاید مناسب‌تری تولید کند.
- در این پژوهش، معاملات روزانه برای خرید و فروش در نظر گرفته شده است. در پژوهش‌های آتی، می‌توان واحد دیگری مانند یک ساعت، نیم ساعت، هفتگی و یا ماهانه برای تحقیق مد نظر قرار گیرد.
- به عنوان مبنایی برای تحقیقات آتی، می‌توانیم اصلاح و بهینه‌سازی الگوریتم خفاش را به منظور انجام جستجوهای بهتر در فضاهای مسئله پیچیده‌تر و ایجاد تنوع در جمعیت خفاش برای ایجاد راه‌حل‌های بهتر در نظر بگیریم، که می‌تواند به دستیابی عملکرد بهتر در پیش‌بینی سری‌های زمانی کمک کند.

•

مراجع

- [۱] نمازی محمد & رستمی نورالدین. (۱۳۸۵). بررسی رابطه بین نسبت های مالی و نرخ بازده سهام شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران.
- [۲] باقرزاده، س.، & سعید. (۲۰۰۶). عوامل مؤثر بر بازده سهام در بورس اوراق بهادار تهران. *تحقیقات مالی*، ۷(۱).
- [۳] عباسی ابراهیم & جهرامی حسام. (۱۳۹۱). سودمندی قواعد تحلیل تکنیکی در بورس اوراق بهادار تهران و چند کشور منتخب با رویکرد «بوت استرپ».
- [۴] فتحی، سعید & پرویزی. (۲۰۱۶). سودآوری تحلیل تکنیکال: تلفیق اسیلاتورها با قوانین میانگین متحرک. *مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار*، ۷(۲۸)، ۴۱-۵۳.
- [۵] نصراللهی، صمدی، سعید، واعظ برزانی & محمد. (۲۰۱۳). ارزیابی سودمندی الگوهای شمعی ژاپنی در بورس اوراق بهادار تهران. *پژوهش های حسابداری مالی*، ۳(۵)، ۷۲-۵۹.
- [۶] سلامی، ا.، امیربهداد، لطفی & یوسف. (۲۰۰۳). کاهش اخلاص غیر خطی در شاخص قیمت بازار اوراق بهادار تهران. *پژوهشنامه اقتصادی (دانشگاه علامه طباطبائی)*، ۳(۱۰)، ۲۳۲-۱۹۹.
- [۷] آذریان، ز.، & همایونی، س. م. (۲۰۱۷). پیش بینی روند تغییرات قیمت سهام با به کارگیری شاخص های تحلیل تکنیکی و استفاده از روش ترکیبی الگوریتم ژنتیک و شبکه عصبی مصنوعی: مطالعه موردی سهام ایران خودرو. *اقتصاد کاربردی*، ۷(شماره ۲۲)، ۷۰-۵۹.
- [۸] باباجانی، تقوا، بولو، & عبدالهی. (۲۰۱۹). پیش بینی قیمت سهام در بورس تهران با استفاده از شبکه عصبی بازگشتی بهینه شده با الگوریتم کلونی زنبور عسل مصنوعی. *راهنبرد مدیریت مالی*، ۷(۲)، ۱۹۵-۲۲۸.

- [9] Lev, B., & Thiagarajan, S. R. (1993). Fundamental information analysis. *Journal of Accounting research*, 31(2), 190-215.
- [10] Piotroski, J. D. (2000). Value investing: The use of historical financial statement information to separate winners from losers. *Journal of Accounting Research*, 1-41.
- [11] Naik, P. K. (2013). Does stock market respond to economic fundamentals? Time-series analysis from Indian data. *Journal of Applied Economics and Business Research*, 3(1), 34-50.
- [12] Ajekwe, C., & Ibiamke, A. (2018). Financial Statement Analysis to Predict Stock Returns of Listed Consumer Goods Firms in Nigeria. *Available at SSRN 3247805*.
- [13] Nazário, R. T. F., e Silva, J. L., Sobreiro, V. A., & Kimura, H. (2017). A literature review of technical analysis on stock markets. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 66, 115-126.
- [14] Fong, S., Tai, J., & Si, Y. W. (2011). Trend Following Algorithms for Technical Trading in Stock Market. *Journal of Emerging Technologies in Web Intelligence*, 3(2).
- [16] Cohen, G., Kudryavtsev, A., & Hon-Snir, S. (2011). Stock market analysis in practice: Is it technical or fundamental?. *Journal of Applied Finance and Banking*, 1(3), 125.

- [17] Cervelló-Royo, R., Guijarro, F., & Michniuk, K. (2015). Stock market trading rule based on pattern recognition and technical analysis: Forecasting the DJIA index with intraday data. *Expert systems with Applications*, 42(14), 5963-5975.
- [18] Guegan, D. (2009). Chaos in economics and finance. *Annual Reviews in Control*, 33(1), 89-93.
- [19] Scheinkman, J. A., & LeBaron, B. (1989). Nonlinear dynamics and stock returns. *Journal of business*, 311-337.
- [20] Yang, X. S. (2010). A new metaheuristic bat-inspired algorithm. In *Nature inspired cooperative strategies for optimization (NICSO 2010)* (pp. 65-74). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [21] Yang, X. S., & He, X. (2013). Bat algorithm: literature review and applications. *International Journal of Bio-inspired computation*, 5(3), 141-149.
- [22] Briza, A. C., & Naval Jr, P. C. (2011). Stock trading system based on the multi-objective particle swarm optimization of technical indicators on end-of-day market data. *Applied Soft Computing*, 11(1), 1191-1201.
- [23] Contreras, I., Hidalgo, J. I., & Núñez-Letamendia, L. (2012, April). A GA combining technical and fundamental analysis for trading the stock market. In *European Conference on the Applications of Evolutionary Computation* (pp. 174-183). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [24] Kazem, A., Sharifi, E., Hussain, F. K., Saberi, M., & Hussain, O. K. (2013). Support vector regression with chaos-based firefly algorithm for stock market price forecasting. *Applied soft computing*, 13(2), 947-958.
- [۲۵] Bayat, A., & Bagheri, Z. (2017). The Predication of Stock Price Using Firely Algorithm. *Financial Knowledge of Securities Analysis*, 10(35), 135-145.
- [26] Pakraei, A. R. (2017). Predict the trend of stock prices using XCS based on genetic algorithms and reinforcement learning. *Financial Knowledge of Securities Analysis*, 10(34), 39-54.
- [27] Bagheri, A., Peyhani, H. M., & Akbari, M. (2014). Financial forecasting using ANFIS networks with quantum-behaved particle swarm optimization. *Expert Systems with Applications*, 41(14), 6235-6250.
- [28] Feshari, M., & Mazaherifar, P. (2016). The Comparison of Prediction and Optimization Algorithms in Portfolio Seection on Tehran Stock Market. *Economic Development Policy*, 4(2), 59-76.
- [29] Wang, F. E. I. (2012). Complex stock trading strategy based on parallel particle swarm optimization. *香港大學學位論文*, 1-0.
- [30] Chang, J. F., Yang, T. W., & Tsai, P. W. (2014, June). Stock portfolio construction using evolved bat algorithm. In *International Conference on Industrial, Engineering and Other Applications of Applied Intelligent Systems* (pp. 331-338). Springer, Cham.
- [31] Golmaryami, M., Behzadi, M., & Ahmadzadeh, M. (2015, November). A hybrid method based on neural networks and a meta-heuristic bat algorithm for stock price prediction. In *2015 2nd International Conference on Knowledge-Based Engineering and Innovation (KBEI)* (pp. 269-275). IEEE.

Abstract

Profitability and investment in the stock market have a constructive role in economic prosperity and creating a suitable job and welfare environment in society. On the other hand, the stock market and capital markets are volatile and unpredictable. Therefore, it is important to provide solutions and techniques that reduce the risk of investing in the stock market and increase profitability. In the stock market, trading rules are used to make more profit, but this alone is not enough and a combination of different and appropriate strategies must be used for high returns in the stock market. In the present research, an attempt has been made to present a strategy based on the performance of the bat algorithm. The proposed strategy, called SMBAT, is based on turbulence theory, and by combining it with the bat algorithm, we tried to take advantage of both to gain returns from the stock market. In the literature, the use of genetic and pso algorithms is common and in this research we have used the pso algorithm to compare the results of the two algorithms and we have studied the combination of the stock calculation algorithm using the bat algorithm for research. The weighting of the algorithm is done by the bat algorithm and the weights are determined with each update and the results are provided to the central stock exchange calculation algorithm after each step, so that the amount of profit can be calculated by the algorithm. The Bat Algorithm has been performed to determine the most optimal weights with the aim of maximizing profits and testing the algorithm on the data extracted from the official website of the Tehran Stock Exchange. The results of the implementation of the algorithm indicate that the algorithm is able to achieve appropriate and significant profitability in conditions where the linear trend of stocks is range, up-trend and down-up-range, but in conditions where stocks are down- The algorithm is not able to make a profit and even increases the investment risk. The proposed algorithm was significantly more profitable compared to the pso algorithm, but in cases where the share of the downtrend was trending, the pso algorithm performed better and made a small profit. By calculating the precision, the algorithm obtained a value of 76% and with an accuracy of 83% managed to obtain an F-score of approximately 76%. The proposed algorithm performed worse than the hybrid pso algorithm, which achieved 90% accuracy, but was able to obtain a more reliable profit margin.

Keywords: Stock Trading Algorithm, Bat Algorithm, Stock Investing, Investment Risk Reduction



Shahroud University of
Technology

Faculty of Computer Engineering
M.Sc. Thesis in Artificial Intelligence Engineering

Optimal stock trading strategy using bat algorithm

By: Somayeh Darroudy

Supervisor
Dr. Morteza Zahedi

July 2021