فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار
شماره چهل و هشتم / پائیز ۱۴۰۰

انتخاب بهینه سهام با استفاده از الگوریتم خفاش و جنگل تصادفی

حسین رستمخانی[۱]
بهروز خدارحمی[۲]
آزیتا جهانشاد[۳]

تاریخ دریافت مقاله : ۹۹/۱۲/۲۸ تاریخ پذیرش مقاله : ۱۴۰۰/۰۲/۰۵

چکیده

هدف این تحقیق انتخاب بهینه سهام با استفاده از الگوریتم خفاش و جنگل تصادفی است. در این پژوهش براساس تحلیل۶ متغیر: نسبت قیمت سهام بر سود هر سهم، نرخ رشد سود سالانه، نرخ رشد فروش سالانه، بازده دارایی‌ها، بازده حقوق صاحبان سهام و سهام شناور آزاد استخراج شده از ۱۸۱ شرکت پذیرفته شده بورس اوراق بهادار تهران، در طی دوره زمانی ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۸ استفاده شده است. ۶ سناریو به منظور برآورد دقت دو الگوریتم در نظر گرفته شده است به طوریکه برای سناریوهای ۱ تا ۶ از الگوریتم‌ها خواسته شده است تا به ترتیب ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ شرکت پیدا کند. نتایج نشان می‌دهد که ماهیت الگوریتم جنگل تصادفی نیاز به آموزش و انتخاب ویژگی‌ها دارد که باعث می‌شود سرعت الگوریتم پایین‌تر باشد و زمان همگرایی را بالا می‌برد. یکی از علت اساسی دقت بالاتر الگوریتم جنگل تصادفی در سناریوهای ۱ تا ۳ این مورد می‌تواند باشد. در سناریوها ۴ تا ۶ به علت افزایش پیچیدگی مساله دقت الگوریتم جنگل تصادفی کاهش پیدا می‌کند ولی به دلیل ماهیت تصادفی بودن الگوریتم خفاش دقت آن تفاوت چندانی ندارد و می‌تواند پایداری در انتخاب خود را حفظ نماید.

کلمات کلیدی

انتخاب سهام، الگورتیم خفاش، الگوریتم جنگل تصادفی

۱-گروه حسابداری، واحد بین المللی کیش، دانشگاه آزاد اسلامی، کیش، ایران. hosein.rostamkhany@gmail.com
۲- گروه حسابداری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. (نویسنده مسئول) bkhoda@gmail.com
۳-گروه حسابداری، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. az_jahanshad@yahoo.com

مقدمه

سرمایه‌گذاری در بازار سهام نیازمند یک استراتژی مناسب بر اساس میزان سرمایه، مدت زمان سرمایه‌گذاری، بازده مورد انتظار و ریسک‌پذیری سرمایه‌گذار است. بر این اساس، اولین گام در سرمایه‌گذاری، شناسایی سهام شرکت‌ها با استفاده از روش‌های حرفه‌ای تجزیه و تحلیل مالی و اقتصادی است. با وجود پیچیدگی این روش‌ها، معیارهای مشخصی برای بررسی اولیه سهام شرکت‌ها وجود دارد که در این میان می‌توان به عواملی همچون چشم‌انداز صنعت، سودآوری، وضعیت نقدینگی، میزان بدهی‌ها، نسبت قیمت به سود هر سهم، درصد سهام شناور آزاد، نقدشوندگی، سیاست تقسیم سود و ترکیب سهامداران شرکت اشاره کرد. عموما، انتخاب سبد سهام عمل دشوار و سختی در مبحث سرمایه‌گذاری است و نقش مهمی در مدیریت پرتفوی ایفا می‌کند. در این فرآیند سرمایه‌گذار خود را در مقابل انتخاب‌های زیاد و بی‌نهایت گوناگونی می‌بیند که باید یکی از آن‌ها را به عنوان بهترین روش انتخاب نماید. مدیران سرمایه گذاری اصولا بر گزینش و طبقه بندی سهامی تمرکز دارند که می‌توانند از میانگین مقطعی بازار بهتر باشند. معیارهای انتخاب سهام، با این وجود پیچیده هستند و به هیچ وجه مطابق با استانداردهای علمی نیستند. رفتار سهام در بازار، مانند بسیاری از پدیده های طبیعی، رفتار غیر خطی است. مدل‌های خطی از تشخیص صحیح رفتار غیر خطی عاجز هستند و تنها می توانند بخش خطی رفتار را خوب تشخیص دهند. بنابر این، نیاز به الگوها و مدل‌های غیر خطی برای شناسایی رفتار سهام تأثیر بسزایی در پیش بینی آتی سهام و اتخاذ تصمیم مناسب دارد. بنابراین، با در نظر داشتن گرایش‌ها و ترجیحات مختلف سرمایه گذاران، یافتن روشی برای انتخاب یک مجموعه مناسب از اوراق بهادار که از طریق آن بتوان بر عدم اطمینان‌ها و ترجیحات مختلف افراد غلبه کرد، ضروری به نظر می رسد. با توجه به این واقعیات که اکثریت قریب به اتفاق مطالعات قبلی در این حوزه وانتخاب سبد سهام از روش های کلاسیک مانند تجزیه و تحلیل رگرسیون استفاده کرده‌اند. امروزه گرایش به استفاده از الگوریتم‌های الهام گرفته از طبیعت و مبتنی بر هوش جمعی حیوانات بسیار زیاد است. به خصوص در مقوله ی تکنیک‌های بهینه سازی این الگوریتم‌ها مورد استقبال زیادی قرار گرفته اند. با نگاه دقیق به طبیعت و همچنین، تنوع بسیار زیاد حیواناتی که به صورت جمعی درزندگی خود از روش‌ها و متدهای خاصی پیروی می‌کنند، بدیهی است که الگوریتم‌های زیادی را می‌توان با الهام از آن‌ها مطرح کرد. الگوریتم خفاش مبتنی بر ویژگی پژواک یابی ریزخفاش‌ها است و الگوریتم خفاش با استفاده از تکنیک تنظیم فرکانس، تنوع راه حل‌های موجود درجمعیت را افزایش می‌دهند و همچنین جنگل‌های تصادفی با میانگین‌گیری از نتایج حاصل از تمامی درخت‌های تصمیم مربرط استوار است و

برای بسیاری از مجموعه داده‌ها، طبقه بندی مناسبی ارائه می‌دهد. از طرفی این دو الگوریتم مزایایی نسبت به سایر الگوریتم‌ها دارند که برتری آن‌ها را رقم می‌زند. اهمیت تحقیق حاضراز آن جهت است که استفاده از این مدل‌های الگوریتمی به ما اجازه بدست آوردن اطلاعات دقیق تر را خواهد داد، چرا که عملکرد بهتری در پیش بینی ارائه می‌کند. همچنین استفاده از رویکرد مبتنی بر الگوریتم خفاش وجنگل تصادفی در این پژوهش چشم انداز جدید در انتخاب سبد سهام را گسترش و غنی خواهد کرد. در نتیجه این برتری‌ها موجب ضرورت انجام این تحقیق گردیده تا بتوان با این الگوریتم ها انتخاب سهام را بدرستی انجام داد. در تحقیقات پیشین مطالعاتی در خصوص کاربرد الگوریتم خفاش وجنگل تصادفی در پیش بینی متغیر های مالی توسط [حسنلو و همکاران(۱۳۹۴) ، نمازی و همکاران(۱۳۹۶) ، غلامیان و همکاران(۱۳۹۷)] صورت گرفته است. نوآوری این تحقیق، سنجش کارایی دو الگوریتم جنگل تصادفی و خفاش به‌منظور انتخاب بهینه سهام می باشد. که تاکنون انتخاب ویژگی‌ها وکارایی آن در اندازه‌گیری متغیرهای مالی به خصوص به طور همزمان که می‌تواند جنبه مقایسه پذیری نیز داشته باشد، آزمون نشده است. همانطورکه عنوان شد هدف تحقیق حاضر سنجش کارایی و دقت هریک از الگوریتم‌ها (خفاش و جنگل تصادفی) همچنین مقایسه برتری آن‌ها نسبت به یکدیگر در انتخاب بهینه سهام است. با توجه به سنجش وارائه الگوریتم‌های نوپای خفاش وجنگل تصادفی در انتخاب سهام؛ اثبات کارایی این الگوریتم‌ها می‌تواند سرمایه گذاران را تشویق کند تا از طریق مدل مذکور به سرمایه گذاری با ریسک کمتر براساس الگویی دقیق و با دقت بالا سوق داده شوند.

مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

مسأله انتخاب سبد سهام، از جمله مسائلی با اهمیت برای سرمایه‌گذاران بورس است بطوریکه با سرمایه‌گذاری بر روی چندین سهام در عوض یک سهم خاص، بتوانند در سطح معینی از ریسک بیشترین بازدهی و با کمترین ریسک به ازای سطح معینی از بازدهی را بدست آورند. آنچه تا به امروز در محاسبات مالی و در زمینه انتخاب سبد سهام و سرمایه‌گذاری عنوان شده است بگونه‌ای است که سرمایه‌گذاری‌های موجود از لحاظ درجه ریسک و نرخ بازده، با هدف در نظر گرفتن امکانات مالی و سایر سیاست‌های فراروی خود، اولویت‌بندی شده تا در نهایت پورتفوی مطلوب تشکیل گردد[۵].

دو مولفه مهم در تصمیم گیری برای سرمایه گذاری، میزان ریسک و بازده دارایی‌های سرمایه‌ای است. انتخاب مجموعه دارایی بهینه اغلب با تبادل بین ریسک و بازده صورت می‌گیرد و هرچه ریسک مجموعه دارایی بیشتر باشد سرمایه گذاران انتظار دریافت بازده بالاتری خواهند داشت. شناسایی مرز کارایی مربوط به سبد دارایی‌ها این امکان را به سرمایه گذاران می‌دهد که بر اساس تابع مطلوبیت و

درجه ریسک گریزی و ریسک پذیری خود، بیشترین بازده مورد انتظار از سرمایه گذاری خود به دست می‌آورند. هر یک از سرمایه گذاران بر مبنای ریسک پذیری و ریسک گریزی خود، نقطه ای را بر روی مرز کارا انتخاب کرده و ترکیب پرتفوی خود را هدف حداکثر کردن بازده و کمینه کردن ریسک تعیین می‌کند[۱۱]. از لحاظ تئوری، موضوع انتخاب سبد سهام در حالت حداقل نمودن ریسک در صورت ثابت در نظر داشتن بازده، با استفاده از فرمول‌های ریاضی و از طریق یک معادله درجه دوم قابل حل است، لیکن در عمل و در دنیای واقعی با توجه به گوناگونی ابزارهای سرمایه‌گذاری و متفاوت بودن تابع مطلوبیت افراد در مقایسه با یکدیگر، رویکرد ریاضی مورد استفاده برای حل این مدل نیازمند محاسبات و برنامه‌ریزی وسیعی است. سبد سهام ترکیبی مناسب و منطقی از چند سهم است که سرمایه گذار آن‌ها را خریداری نموده است. مارکویتز کسی بود که مفهوم تنوع بخشی در سبد سهام را معرفی کرد و آن را توسعه داد. او به طور کلی نشان داد که چگونه تنوع بخشی در سبد سرمایه، ریسک آن را برای سرمایه گذار کاهش می‌دهد. سرمایه گذاران می توانند سبد سهام کارا را به ازای یک بازده معین و از طریق کمینه کردن ریسک سبد سهام به دست آورند. در ادامه فرآیند فوق می‌تواند منجر به تشکیل سبدهای کارا شود که اصطلاحا مرز کارای میانگین- واریانس نامیده می‌شود[۱۶]. هدف از تشکیل سبد سهام کم کردن ریسک سرمایه گذاری می‌باشد؛ بدین صورت که سهم‌ها می‌توانند سود و زیان یکدیگر را پوشش دهند [۲]. بهینه سازی پرتفوی عبارت است از انتخاب بهترین ترکیب از دارایی های مالی به نحوی که باعث شود، تا حد ممکن بازده پرتفوی سرمایه گذاری حداکثر و ریسک پرتفوی حداقل شود. ایده اساسی نظریه مدرن پرتفوی[۱] این است که اگر در دارایی‌هایی که به طور کامل با هم همبستگی ندارند سرمایه گذاری شود؛ ریسک آن دارایی‌ها یکدیگر را خنثی کرده و می‌توان یک بازده ثابت با ریسک کمتر به دست آورد[۱۱].

الگوریتم خفاش

الگوریتم‌های فراابتکاری در حال حاضر به روش‌های قدرتمندی برای حل بسیاری از مسائل بهینه-سازی سخت تبدیل شده‌اند. اکثریت قریب به اتفاق از الگوریتم‌های اکتشافی و فراابتکاری از رفتار سیستم‌های بیولوژیکی و یا سیستم‌های فیزیکی در طبیعت برگرفته است. برای مثال بهینه‌سازی ازدحام ذرات[۲] براساس رفتار گروهی از پرندگان و ماهی‌ها توسعه داده شده است. رفتار خفاش در مکان‌یابی اشیاء به کمک اِکوی صدایش (اِکولوکیشن) عمل می نماید که توسط استاد دانشگاه کمبریج پروفسور زینگ شی یانگ[۳] ابداع شد. در مقاله ارائه شده توسط یانگ با آزمایش الگوریتم الهام گرفته شده از زندگی خفاش است و این الگوریتم بر اساس رفتار خفاش‌ها برای نزدیک شدن به اشیاء بر

حسب اِکوی (پژواک) صدایشان از محیط که نامیده می‌شود، عمل می‌نماید. در این الگوریتم از سودمندی‌های کار با سایر الگوریتم‌های بهینه سازی اِکولوکیشن موجود بهره برده شده است و به همین علت دارای قدرت زیادی در پیدا نمودن بهینه سراسری است(ریچاردسون،۲۰۰۰)[۴]. مطالعات نشان می‌دهند که خفاش‌های ریز از تأخیر زمان بین انتشار و تشخیص استفاده می‌کنند. اختلاف زمان بین دو گوش آن‌ها و تفاوت بلندی اکو باعث می‌شود که یک نمایش سه بعدی از محیط اطراف پیدا کنند. آنها می‌توانند فاصله و گرایش هدف را تشخیص دهند. نوع شکار و حتی سرعت شکار را حتی به کوچکی یک حشره هم تشخیص می‌دهند. بعضی از خفاش‌ها دید و یا حس بویایی نسبتاً خوبی دارند و طبیعتاً از ترکیب این احساسات برای تشخیص و حمله آرام به شکار استفاده می‌کنند. این‌گونه رفتار انعکاسی خفاش‌های ریز می‌تواند به گونه ای فرموله شود که با مرتبط کردن آن با تابع هدف بهینه شود و امکانی ایجاد کرده که بتوان الگوریتم‌های بهینه‌سازی جدیدی فرموله شود. اگر ما برخی از ویژگی انعکاس‌صدای‌خفاش‌های ریز را به صورت ایده آل درآوریم، می‌توان از الگوریتم خفاش الهام گرفت [۹].

الگوریتم جنگل تصادفی

بریمن[۵] در سال ۲۰۰۱، الگوریتم جنگل تصادفی را ارائه داد که یک حالت عمومی‌تر از بگینگ به حساب می‌آید و در واقع یک لایه رندوم به بگینگ اضافه می‌کند. در این الگوریتم علاوه بر اینکه هر درخت با استفاده از سمپل‌های متفاوتی از داده‌ها ساخته می‌شود، روند ساخت درخت‌ها نیز تغییر می‌کند. در واقع در یک درخت استاندارد، هر گره تصمیم با استفاده از بهترین نقطه شکست انتخاب از میان همه خصیصه‌ها شکسته می‌شود، اما در جنگل تصادفی، هر گره تصمیم بر مبنای بهترین نقطه شکست از میان زیرمجموعه‌ای از خصیصه‌هایی که بطور رندوم در سطح آن گره انتخاب شده اند، شکسته می‌شود[۲۲]. روش جنگل تصادفی یک روش غیر پارامتری و متعلق به خانواده روش‌های دسته‌جمعی است که در اواخر قرن نوزدهم از روش‌های ماشین یادگیری به‌دست‌آمده است[۱۰]. مدل پیش‌بینی کننده جنگل تصادفی بر اساس میانگین‌گیری از نتایج حاصل از تمامی درخت‌های تصمیم مربوطه استوار است و برای بسیاری از مجموعه داده‌ها، طبقه‌بندی مناسبی ارائه می‌دهد[۱].

پن و همکاران(۲۰۱۹) به ارزیابی ریسک اعتباری وام براساس مدل جنگل تصادفی پرداختند. آن‌ها ریسک اعتباری وام را در چند سطح مختلف به‌وسیله الگوریتم جنگل تصادفی ارزیابی کردند. نتایج تجربی نشان داده است که الگوریتم جنگل در تشخیص۹۸/۶۳درصد دقت در تشخیص نمونه‌های خطر در سطوح مختلف را دارد که بیانگر کارایی بالای این الگوریتم جدید در پیش بینی می‌باشد [۲۶]. تان و همکاران(۲۰۱۹) به بررسی انتخاب سهام با الگوریتم جنگل تصادفی در کشور چین پرداختند. در این

پژوهش از ویژگی‌های بنیادی وفنی نظیر (سود تقسیمی، رشد سود شرکت، بازده دارایی‌ها، بازده حقوق صاحبان سهام، انحراف معیار حجم معاملات و...) برای پیش‌بینی و انتخاب سهام استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد اولا درصد صحت پیش‌بینی این الگوریتم در حد قابل قبول ۷۲,۲قرار دارد. دوما نسبت به الگوهای پیش‌بینی سنتی عملکرد بهتری داشته است[۳۲]. یو (۲۰۱۷) به بهینه‌سازی پرتفوی با الگوریتم خفاش پرداخت. نتایج تحقیق وی نشان داد نمودار الگوریتم خفاش از نوسان بسیار کمی برخوردار است و تاثیر روان‌شناختی کمتری بر سرمایه‌گذاران دارد. دوما درصد صحت پیش‌بینی و خطای آن در مقایسه با الگوریتم ژنتیک در سطح مطلوب‌تری قراردارد که این موضوع می‌تواند قوی‌تر بودن الگوریتم جدید خفاش را نسبت به الگوریتم‌های قدیمی‌تر تایید کند [۲۹]. بوریس و همکاران (۲۰۱۵) عملکرد الگوریتم جنگل تصادفی در بهینه سازی پرتفوی سهام در ۱۰۰شرکت بورسی یونان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد الگوریتم تصادفی جنگل در مقایسه با مدل مارکوییتز عملکرد ودرصد صحت پیش‌بینی بهتری دارد و می‌توان آن را با اطمینان بالا در پیش‌بینی سهام شرکت‌ها مورد استفاده قرارداد[۲۸] . نجفی و همکاران (۲۰۱۴)، مقاله‌ای تحت عنوان بهینه‌سازی سبد پرتفوی با رویکرد الگوریتم مورچگان و تئوری خاکستری ارائه دادند. در مقاله، از بین ۱۰۵ شرکت فعال در بورس با داشتن بیشترین ROA، مدلی را بر اساس الگوریتم مورچگان و خاکستری طراحی کردند و به کمک آن به پیش‌بینی سهام شرکت‌هایی با آن مشخصه پرداختند و در مقاله خود به این نتیجه نیز رسیدند که ابتدا مورچگان و سپس تئوری خاکستری و در نهایت مدل مارکویتز دارای بیشترین موفقیت می‌باشند [۲۳]. بحری ثالث و همکاران(۱۳۹۷) به بررسی انتخاب و بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از روش میانگین واریانس مارکویتز با بهره‌گیری از الگوریتم‌های مختلف پرداختند. دراین مقاله انتخاب و بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از سه الگوریتم، شامل الگوریتم ژنتیک، فرهنگی و ازدحام ذرات و اطلاعات ۱۰۶ شرکت پذیرفته شده بورس اوراق بهادار تهران، در طی دوره زمانی ۱۳۸۶ الی ۱۳۹۳، صورت گرفته است. از آنجایی که الگوریتم ازدحام ذرات مقدار تابع هدف کمتری داشته یا به عبارتی با کمترین خطا به بهترین نتیجه رسیده است، نسبت به الگوریتم‌های دیگر بهتر عمل کرده است و نشان دهنده برتری نسبی این الگوریتم در انتخاب سبد سهام بهینه است [۳]. غلامیان و همکاران(۱۳۹۷) در پژوهشی به پیش‌بینی روند قیمت در بازار سهام با استفاده از الگوریتم جنگل تصادفی پرداختند. در پژوهش حاضر با استفاده از رویکرد جنگل تصادفی که در زمره روش‌های طبقه‌بندی هوش مصنوعی می‌باشد، به همراه شاخص‌های فنی: شاخص قدرت نسبی قیمت، استوکاستیک، حجم تعادل موازنه شده، ویلیامز R٪، بازده‌ی روزانه و شاخص سری مک دی به دنبال پیش‌بینی روند قیمت در بازار سهام

و مقایسه آن با روش‌های موجود است. نتیجه‌ی پژوهش بر روی داده‌های روزانه شاخص بورس اوراق بهادار تهران در سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۵ نشان می‌دهد که دقت روش پیشنهادی در برآورد روند بازار ۶۴ درصد می‌باشد و نسبت به دو روش مقایسه شده رگرسیون لجستیک و روش کاملا تصادفی از دقت بالاتری برخوردار است[۱۳]. بیات و همکاران(۱۳۹۶) در پژوهشی به بررسی بهینه سازی پرتفوی سهام: سودمندی الگوریتم پرندگان و مدل مارکویتز پرداختند. نتایج پژوهش در ارتباط با مقایسه الگوریتم پرندگان و مدل مارکویتز حاکی از آن بود که الگوریتم پرندگان در مقایسه با مدل مارکویتز دارای خطای کمتری در انتخاب سبد بهینه سرمایه‌گذاری می‌باشد[۴]. بهنامیان و همکاران(۱۳۹۶) در تحقیقی با عنوان ارائه الگوریتم ترکیبی برای بهینه‌سازی چند هدفه سبد سهام به وسیله برنامه‌ریزی فازی پرداختند. در این پژوهش با در نظر گرفتن مفاهیم فازی در بحث بهینه‌سازی سبد سهام، عدم قطعیت موجود در این مسأله مدل‌سازی شده است. در ادامه با استفاده از روش بونیسون اولویت بین هر یک از سهام مشخص شده تا از آشفتگی در تصمیم‌گیری کاسته شود و در نهایت با ارائه نیز به دلیل پیچیدگی موجود در مسأله، الگوریتم ترکیبی بر پایه الگوریتم‌های جستجوی همسایگی متغیر و ژنتیک، ارائه و برای اعتبارسنجی با سایر الگوریتم‌های حل مقایسه شده است [۵]. سینایی و همکاران(۱۳۹۳) به بررسی تصمیم گیری برای انتخاب سبد سهام؛ مقایسه‌ی الگوریتم‌های ژنتیک و زنبور عسل پرداختند. در این مطالعه، به منظور کمک به تصمیم‌گیری موثر در زمینه انتخاب سبد سهام، مدلی بر اساس مدل مارکویتز و با لحاظ کردن محدودیت مذکور، بکار گرفته می‌شود. سپس، مدل استفاده شده، توسط الگوریتم های ژنتیک و زنبور عسل حل و نتایج حاصل از الگوریتم‌ها با مرز کارای ایجاد شده توسط مدل مارکویتز مقایسه می‌گردد. نتایج پژوهش نشان می‌دهد، برای حل مدل مورد استفاده، الگوریتم زنبور عسل نسبت به الگوریتم ژنتیک کارایی بالاتری دارد[۱۲].

روش شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نوع پس رویدادی و از لحاظ روش توصیفی و از نظر هدف کاربردی است و به دنبال ارائه مدلی برای انتخاب بهینه سهام با استفاده از الگوریتم خفاش و جنگل تصادفی می‌باشد. اطلاعات مربوط به پژوهش از طریق بانک اطلاعات کتابخانه بورس اوراق بهادار تهران و نرم افزار ره‌آورد نوین گردآوری شده است. در این تحقیق نمونه و جامعه‌ی آماری پژوهش پس از از روش غربال‌گری (حذفی سیستماتیک) شامل داده‌های تعداد ۱۸۱ شرکت از بین شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران در بازه زمانی ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۸ در قالب اکسل تکمیل و سپس از طریق نرم افزار متلب ازالگوریتم خفاش و جنگل تصادفی استفاده شده است.

مدل پژوهش و نحوه ی اجرای آن

از الگوریتم خفاش و الگوریتم جنگل تصادفی به عنوان مدل پژوهش استفاده شده است. فرآیندی در روش پیشنهادی وجود دارد که به ترتیب عبارت است از: انتخاب داده‌ها، پاک‌سازی وآماده سازی داده‌ها، تعیین تابع هدف، انتخاب سبد سهام براساس الگوریتم‌های خفاش و جنگل تصادفی و همان‌طورکه گفته شد برای پیاده سازی الگوریتم ها از نرم افزار متلب استفاده شد.

مرحله اول انتخاب داده ها

مرحله اول انتخاب داده ها است.داده های مالی ۱۸۱ شرکت مختلف با ۶ عامل نسبت قیمت سهام بر سود هر سهم، نرخ رشد سود، سالاته، نرخ رشد فروش سالانه، بازده دارایی ها، بازده حقوق صاحبان سهام، سهام شناور آزاد برای ۵ سال متوالی از سال ۱۳۹۴ که از طریق نرم افزار ره آورد نوین و سایت سازمان بورس اوراق بهادار تهران در قالب فایل اکسل گردآوری شدند.

فرضیه‌های پژوهش

۱) الگوریتم خفاش در انتخاب سهام از کارایی و دقت بالایی برخوردار است.

۲) الگوریتم جنگل تصادفی در انتخاب سهام از کارایی و دقت بالایی برخوردار است.

۳) الگوریتم های خفاش وجنگل تصادفی در انتخاب سهام برتری نسبت برهم دارند.

متغیرها ی تحقیق

به منظور استفاده از سبد بهینه با الگوریتم جنگل تصادفی از ۶ متغیرمستقل به عنوان متغیرهای وروی مربوط به انتخاب و نحوه محاسبه آن در جدول شماره (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱: متغیرهای تحقیق

نوع تحلیل	نوع متغیر	نماد	متغیر	نحوه محاسبه
انتخاب سهام با الگوریتم خفاش وجنگل تصادفی	مستقل	PE	P/E	یکی از ابزارهای مهم برای ارزش‌گذاری سهام شرکت‌ها است. همچنین نشان دهنده ی سال های باقیمانده تا برگشت اصل سرمایه نیز می باشد.این نسبت در فضای بازار وجود دارد و درجه مطلوبیت سهم را بیان می کند. P/E حاصل تقسیم قیمت هر سهم به سود آتی آن می باشد.
	مستقل	PGR	نسبت نرخ رشد سود	از نسبت نرخ رشد سود نسبت به سال گذشته بدست می آید.

	مستقل	SGR	نرخ رشد فروش	از نرخ رشد فروش نسبت به سال قبل بدست می آید.
	مستقل	ROA	بازده دارایی	نشان دهنده نسبت سود خالصی به دارایی کلی و از جدول نسبت-های مالی در امیدنامه استخراج می شوند.
	مستقل	ROE	بازدۀ حقوق صاحبان سهام	نشان دهنده نسبت سود خالص به حقوق صاحبان سهام است و از جدول نسبت‌های مالی در امیدنامه استخراج می‌شوند
	مستقل	FFS	سهام شناور آزاد	بخشی از سهام یک شرکت است، که دارندگان آن، آماده عرضه و فروش آن سهام می باشند قصد ندارند با حفظ آن قسمت از سهام، در مدیریت مشارکت نمایند و انتظار می رود، در آینده نزدیک ، قابل معامله باشد. در واقع سهام شناور آزاد سهامی است که در دست سهامداران جز (حداکثر ۱٪) می باشد و مدیریتی نیست.

الگوریتم خفاش

الگوریتم خفاش الهام گرفته شده از زندگی خفاش‌ها است. مبنای این الگوریتم بر اساس پدیده انعکاس صدای خفاش و دریافت صدا توسط این پرنده می‌باشد. ابزار انعکاس صدا و دریافت آن توسط خفاش توانایی شگفت‌انگیزی به آن‌ها برای شکار و هم چنین عبور از موانع می‌دهد. ویژگی‌هایی که در الگوریتم خفاش وجود دارد سه عامل موقعیت، سرعت و کیفیت است که با توجه به مسئله تعریف می-شود. خفاش‌های مجازی در الگوریتم فرکانس‌هایی با پالس‌های مختلف (بسته به شرایط مسئله) می-فرستند و وقتی بازتاب این فرکانس‌ها را دریافت می‌کنند به محاسبه فاصله می‌پردازند و کمترین فاصله از خفاش تا هر شی، مقصد او خواهد بود [۱۹].

مراحل الگوریتم خفاش بصورت زیر است:

۱. جمعیت اولیه خفاش‌ها $i=1,\ldots,n,x_i$ ایجاد می‌شود

۲. به ازای $i=1,\ldots,n$ سرعت v_i، فرکانس f_i در x_i، نرخ پالس r_i و بلندی صدای A_i ایجاد می‌شود.

۳. $T=1$ قرار داده می‌شود.

۴. موقعیت‌ها مقایسه و جواب بهینه پیدا می‌شود.

۵. موقعیت‌های جدید موقتی با تنظیم فرکانس و به روز کردن سرعت همه خفاش‌ها ایجاد می‌شود.

۶. اگر $rand>r_i$ باشد آنگاه یک جواب در میان بهترین جواب‌ها با گام تصافی شده و یک جواب محلی در اطراف بهترین جواب انتخاب شده ایجاد می‌شود.

۷. یک جواب جدید با پرواز جدید تولید می‌شود

۸. اگر $rand< A_i$ و $f(x_i)<f(x^*)$ آنگاه جواب‌های جدید پذیرفته و r_i افرایش و A_i کاهش داده می‌شود.

۹. خفاش‌ها مرتب شده و بهترین جواب x^* پیدا می‌شود.

۱۰. اگر t به ماکزیمم مقدار خود برسد الگوریتم متوقف می‌شود در غیر اینصورت $t=t+1$ ادامه پیدا می‌کند [۳۰].

شبه کد الگوریتم خفاش در جدول شماره (۲) آورده شده است.

جدول ۲: شبه کد الگوریتم خفاش

۱	Objective function
۲	Initialize the bat population and
۳	Define pulse frequency
۴	Initialize pulse rate and the loudness
۵	While (t < max number of iterations)
۶	Generate new solutions by adjusting frequency,
	And updating velocities and locations/solutions
۷	If (rand >r_i)
8	Select a solution among the best solutions
9	Generate a local solution around the selected best solution
10	End if
11	Generate a new solution by flying randomly
12	If (rand < A_i & f(x) < f(x_*))
13	Accept the new solutions
14	Increase r_i and reduce A_i
15	End if
16	Rank the bats and find the current best X_*
17	End While
18	Post process result and visualization

الگوریتم جنگل تصادفی

یکی از ابزارهای کارآمد مورد استفاده در مسائل مربـوط به تخمین متغیرهای هدف و یا طبقه‌بندی الگوها، درخت تصمیم است. یک درخت تصمیم، فضای ورودی را بـه مجموعه‌هایی از نواحی مجزا تقسیم می‌کند و یک مقدار پاسخ را به هر ناحیه اختصاص می‌دهد. در حالت ساده، ایـن پاسخ در

مسائل رگرسیونی می‌تواند بر اساس میانگین مقادیر هدف مرتبط بـا الگوهای قرار گرفته در هر ناحیه تعیین شود و یا به عبارتی پاسخ اختصاص یافته به هر ناحیه براساس میانگین مقادیر هدف، متناظر با الگوهای یادگیری قرارگرفته در هر ناحیه است. به طور کلی درخت تصمیم منفرد مستعد برازش اضافی بوده و قدرت تعمیم‌پذیری کمی دارد. در هنگام تشکیل یک درخت تصمیم، تغییر کوچکی در الگوهای یادگیری می‌توانـد باعث تغییرات اساسی در ساختار آن درخت گردد. ترکیب درخت‌های تصمیم را روش‌های دسته جمعی گفته می‌شود که از این مشکل جلوگیری می‌کند. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از رویکرد داده کاوی و از طریق الگوریتم جنگل تصادفی استفاده شده است که الگوریتم جنگل تصادفی معروف‌ترین طبقه‌بندی کننده می‌باشد. جنگل تصادفی دربرگیرنده تعداد بسیاری درخت تصمیم می-باشد. خروجی جنگل تصادفی بر مبنای آرای مشخص هر یک از درخت‌ها تعیین می‌شود. هر درخت تصمیم با طبقه‌بندی نمونه‌های بوت‌استرپ[۶] داده‌های ورودی از طریق الگوریتم درخت ساخته می‌شود. سپس، هر درخت برای طبقه‌بندی داده های آزمون استفاده خواهد شد. هر درخت یک تصمیم برای برچسب گذاری داده‌های آزمون دارد. این برچسب، یک رأی نام دارد. درنهایت جنگل با جمع‌آوری بیشترین آرای درخت ها نتیجه طبقه‌بندی را قطعی خواهد کرد. شبه کد الگوریتم جنگل تصادفی در جدول شماره (۳) آورده شده است.

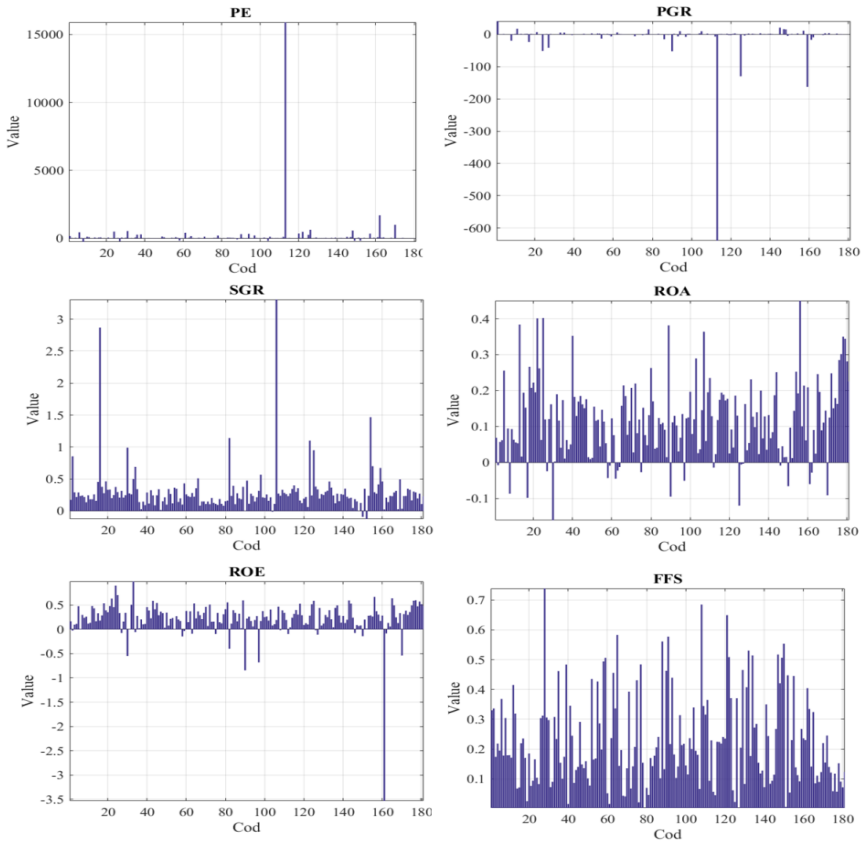
جدول ۳ : شبه کد الگوریتم جنگل تصادفی

Precondition: A training set S := $(x_1,y_1),...,(x_n,y_n)$, features F, and number of trees in forest B.

```
1   function RandomForest(S, F)
2   H ← ∅
3   for i ∈ 1,..., B do
4   S(i) ← A bootstrap sample from S
5   hi ← RandomizedTreeLearn(S(i), F)
6   H ← H ∪{hi}
7   end for
8   return H
9   end function
10  function RandomizedTreeLearn(S, F) 11 At each node:
12  f ← very small subset of F
13  Split on best feature in f
14  return The learned tree
15  end function
```

یافته‌های پژوهش

همانطور که عنوان شد هدف این تحقیق انتخاب بهینه سهام با استفاده از الگوریتم خفاش و جنگل تصادفی می‌باشد که براساس تحلیل ۶ متغیر، نسبت قیمت سهام بر سود هر سهم(PE) ، نرخ رشد سود سالاته (PGR)، نرخ رشد فروش سالانه (SGR)، بازده دارایی‌ها (ROA)، بازده حقوق صاحبان سهام (ROE)، سهام شناور آزاد (FFS) استخراج شده از داده های واقعی تعداد۱۸۱ شرکت-های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران در بازه زمانی ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۸ در طول ۵ سال استفاده شده و تعریف آن‌ها در بخش روش تحقیق آورده شده است انجام شد. نمودار شماره (۱) تغییرات میانگین متغیرهای مربوط به شرکت‌ها را نشان می‌دهد که محور افقی کد شرکت‌ها و محور عمودی مقادیر متغیرها می‌باشند.



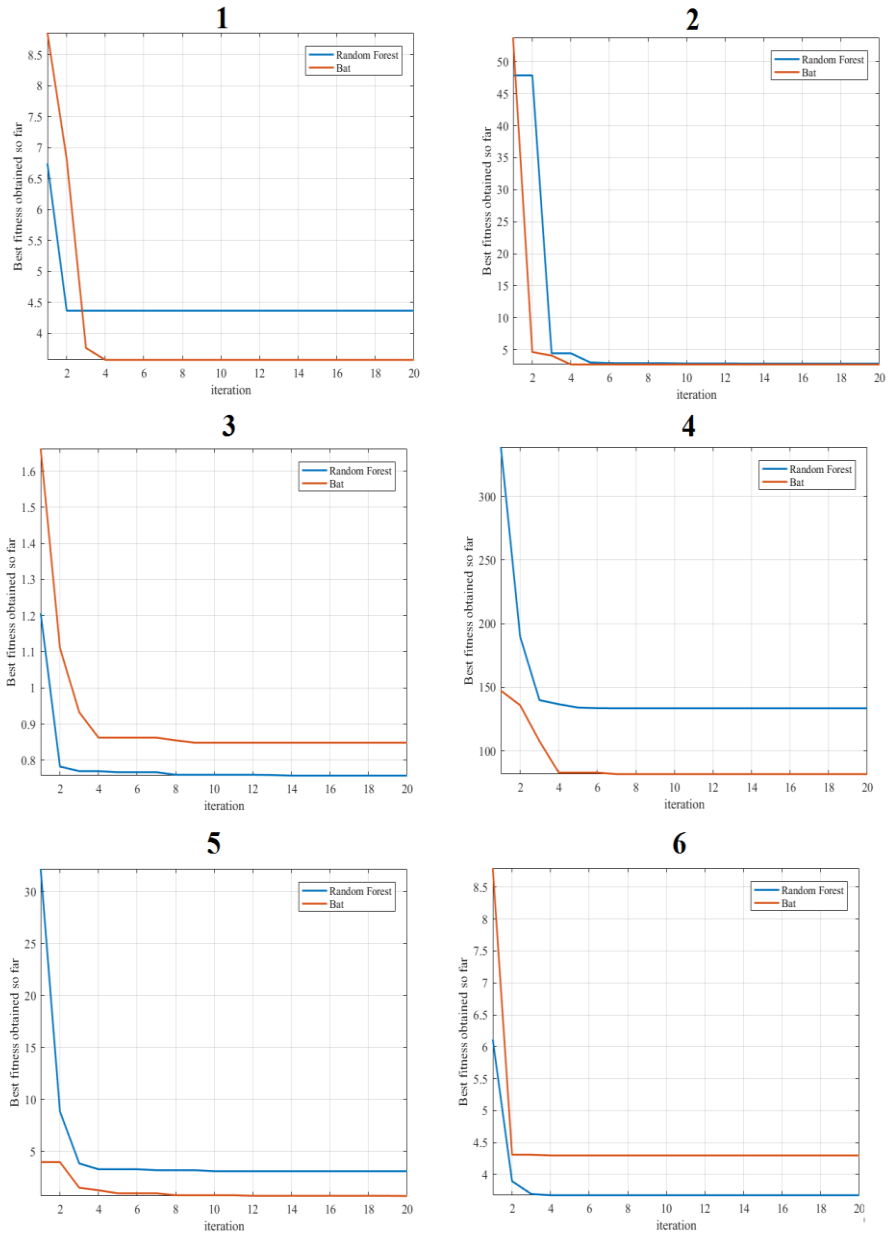
نمودار ۱: تغییرات میانگین ۶ متغیر در ۱۸۱ شرکت

جدول شماره (۴) مشخصات آماری داده‌های ۱۸۱ شرکت برای ۶ متغیر در بازه زمانی ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۸ را نشان می‌دهد. بیشترین P/E مقدار ۷۹۳۶۰ و کمترین PGR مقدار ۳۱۹۵- است همچنین میانگین ROA مقدار ۰,۱۱ ، میانگین ROE مقدار ۰,۲۲ و میانگین FFS مقدار ۰,۲۲ است.

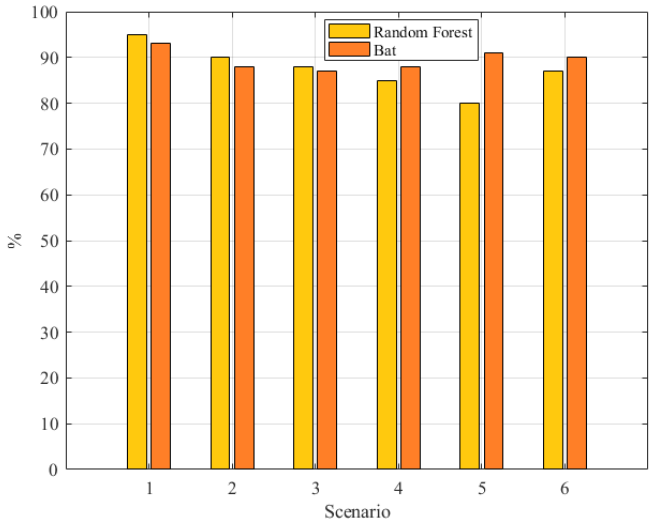
جدول ۴: مشخصات آماری داده‌های ۱۸۱ شرکت برای ۶ متغیر در بازه زمانی ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۸

پارامتر/متغیر	FFS	ROE	ROA	SGR	PGR	P/E
مینمم	0	-17.35	-0.40	0	-3195.4	-1446.875
ماکزیمم	1	6.88	0.60	866331631	205.10	79360
میانگین	0.22	0.22	0.11	14460911.48	-5.25	149.79
انحراف معیار	0.16	0.79	0.13	56399921.21	113.27	2660.92

ابتدا متغیرها نرمالیزه شده و با استفاده از الگوریتم خفاش و جنگل تصادفی برای یافتن مقادیر بهینه به‌عنوان تابع هدف تعریف شده است. سپس۶ سناریو به منظور برآورد دقت دو الگوریتم در نظر گرفته شده است. در سناریوهای ۱ تا ۶ از الگوریتم‌ها خواسته شده است تا به‌ترتیب ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ شرکت پیدا کند. نمودار شماره (۲) نمودارهای همگرایی با تکرار ۶ سناریو برای الگوریتم خفاش و جنگل تصادفی را نشان می‌دهد.



نمودار ۲: نمودارهای همگرایی با تکرار ۶ سناریو برای الگوریتم خفاش و جنگل تصادفی



نمودار :۳ دقت سناریوهای مختلف دو الگوریتم خفاش و جنگل تصادفی

نتایج آزمون فرضیه ها:

فرضیه اول)

" الگوریتم خفاش در انتخاب سهام از کارایی و دقت بالایی برخوردار است."

با توجه به نمودار شماره (۲)، برای آزمون کارایی و دقت الگوریتم خفاش، نتایج نمودارها حاکی از آن است الگوریتم خفاش توانست از بین ۶ سناریو طراحی شده درسناریوهای۱، ۲، ۴ و ۵ سریع‌تر همگرا شده و زمان کمتری برای جستجو و انتخاب مقادیربهینه صرف کند ودر سناریوهای ۳ و ۶ نیز با اختلاف کمتری نسبت به سناریوهای فوق همگرا شده و مقادیر بهینه را پیدا کند. در کل الگوریتم-خفاش در همه سناریوها توانسته است همگرا شود و مقادیر بهینه را پیدا کند. می‌توان بیان نمود که الگوریتم خفاش از کارایی و دقت بالایی در انتخاب بهینه سهام برخوردار است و می‌تواند به‌عنوان ابزاری برای انتخاب بهینه در سهام برای تشکیل سبد سهام مورد توجه و استفاده سرمایه‌گذاران و فعالان و تحلیل‌گران مالی بازار سرمایه قرارگیرد.

فرضیه دوم)

" الگوریتم جنگل تصادفی در انتخاب سهام از کارایی و دقت بالایی برخوردار است."

با توجه به نتایج بدست آمده از نمودار شماره (۲) برای آزمون کارایی و دقت الگوریتم جنگل تصادفی در نمودارهای همگرایی ، براساس نتایج آن نمودارها از بین سناریوها، الگوریتم جنگل تصادفی

توانسته در سناریوهای ۳ و۶ زودتر همگرا شود. درحالی‌که ودر سناریوهای۱، ۲، ۴ و۵ نیز با اختلاف نسبتا بیشتری به سناریوهای یادشده توانست همگرا شود و مقادیر بهینه را پیدا کند. در کل الگوریتم جنگل تصادفی در همه سناریوها توانسته است همگرا شود و مقادیر بهینه را پیدا کند. با توجه به نتایج حاصل از سنجش اثبات کارایی الگوریتم جنگل تصادفی در انتخاب سهام، می‌توان گفت، بکارگیری این الگوریتم می‌تواند با ویژگی‌هایی مالی معرفی شده در این تحقیق که به عنوان پیش فرض وروی به الگوریتم تعریف گردید، به‌عنوان ابزاری برای انتخاب بهترین سهام و تشکیل پرتفوی و کاهش ریسک بازدهی براساس الگویی دقیق و با دقت وکارایی بالا برای سرمایه‌گذارانی که اهداف بلند مدت برای سرمایه‌گذاری دارند، مورد توجه و استفاده آن‌ها قرارگیرد. می‌توان نتیجه گرفت الگوریتم جنگل تصادفی از کارایی و دقت بالایی در انتخاب بهینه سهام برخوردار است.

فرضیه سوم)

" الگوریتم های خفاش وجنگل تصادفی در انتخاب سهام برتری نسبت برهم دارند."

طبق نتایج بدست آمده از نمودار شماره(۳) فصل چهارم، برای آزمون برتری الگوریتم‌ها در انتخاب مقادیر بهینه سهام، دقت هر دو الگوریتم در انتخاب بهینه سهام که درسناریوها باهم مقایسه شدند. دقت الگوریتم جنگل تصادفی در انتخاب مقادیر بهینه در سناریوهای ۱تا۳ نشان داد شد. ولی در سناریوهای ۴ تا ۶ به‌دلیل افزایش تعداد شرکت‌های خواسته شده برای یافتن سهام بهینه می‌باشد که در این صورت بر پیچیدگی مساله اضافه می‌شود و زمان همگرایی افزایش یافته و مدت زمان بیشتری را برای یافتن سهام بهینه نیاز خواهد داشت دقت این الگوریتم کاهش یافت. ولی به دلیل ماهیت تصادفی بودن الگوریتم خفاش دقت آن در همه سناریوها تفاوت چندانی مشاهده نگردید و می‌تواند گفت الگوریتم خفاش در همه سناریوها پایداری در انتخاب خود را حفظ نمود. به‌طور میانگین دقت الگوریتم خفاش ۸۷ و الگوریتم جنگل تصادفی ۹۰ درصد است. اگرچه نتایج الگوریتم‌ها اختلاف کمی با یکدیگر دارند اما نتایج کلی حاکی از آن است که هر دو الگوریتم از کارایی و دقت بالایی در انتخاب بهینه سهام برخوردار هستند. می‌توان نتیجه گرفت دقت الگوریتم جنگل تصادفی نسبت به الگوریتم خفاش کمی بیشتر است اما با افزایش تعداد نمادها برای انتخاب بهینه بر پیچیدگی مساله افزوده شده و در این صورت در انتخاب بهینه سهام از نظر زمانی الگوریتم خفاش عملکرد سریع‌تری خواهد داشت. با توجه به بازه زمانی و تعداد عوامل مالی تاثیرگذار و تاثیر پذیر جهت انتخاب مقادیر بهینه ، الگوریتم خفاش نسبت به الگوریتم جنگل تصادفی، برتری داشته و دلیل آن‌را می‌توان مزیت توانایی همگرایی سریع الگوریتم خفاش در مرحله ابتدایی به‌وسیله سوئیچ از اکتشاف به استخراج دانست. می‌توان بیان نمود که

استفاده از این الگوریتم‌ها می‌توانند به‌عنوان ابزار مناسبی برای انتخاب بهترین نمادها برای تشکیل سبد سهام برای سرمایه‌گذاران در جهت افزایش بازدهی در سرمایه‌گذاری و کاهش ریسک سرمایه‌گذاری عمل کنند.

بحث و نتیجه‌گیری

همانگونه که عنوان شد، در این تحقیق، به دنبال سنجش کارایی و دقت دو الگوریتم جنگل تصادفی و خفاش همچنین مقایسه برتری آن‌ها نسبت به یکدیگر به‌منظور انتخاب بهینه سهام می‌باشیم. تاکنون انتخاب ویژگی‌ها وکارایی آن در اندازه گیری متغیرهای مالی به خصوص به طور هم‌زمان که می‌تواند جنبه مقایسه‌پذیری نیز داشته باشد، آزمون نشده است. با توجه به سنجش و ارائه الگوریتم‌های نوپای خفاش وجنگل تصادفی در انتخاب سهام، اثبات کارایی این الگوریتم‌ها می‌تواند سرمایه‌گذاران را تشویق کند تا از طریق مدل مذکور به سرمایه گذاری با ریسک کمتر براساس الگویی دقیق و با دقت بالا سوق داده شوند. با توجه به اینکه ماهیت الگوریتم جنگل تصادفی نیاز به آموزش و انتخاب ویژگی‌ها دارد که باعث می‌شود سرعت الگوریتم پایین‌تر باشد و زمان همگرایی را بالا می‌برد. یکی از علت اساسی دقت بالاتر الگوریتم جنگل تصادفی در سناریوهای ۱ تا ۳ این مورد می‌تواند باشد. در سناریوها ۴ تا ۶ به علت افزایش پیچیدگی مساله الگوریتم جنگل تصادفی دقت‌اش کاهش پیدا می‌کند ولی به دلیل ماهیت تصادفی بودن الگوریتم خفاش دقت آن تفاوت چندانی ندارد و می‌تواند پایداری در انتخاب خود را حفظ نماید. الگوریتم جنگل تصادفی برای اجتناب از سویه در مدل‌سازی درخت از بوت استرپ استفاده می‌کند و در نتیجه اعتبارسنجی متقابل در آموزش و آزمون مورد نیاز نیست. با این حال، به دلیل حداکثرسازی صحت پیش‌بینی در الگوریتم جنگل تصادفی، این طبقه‌بندی کننده با مشکل طبقات نامتوازن روبرو خواهد بود. همچنین الگوریتم خفاش مزایای زیادی دارد. یکی از مزایای کلیدی آن توانایی همگرایی سریع در مرحله ابتدایی به وسیله سوئیچ از اکتشاف به استخراج است. این ویژگی باعث می‌شود این الگوریتم، یک الگوریتم تأثیرگذار برای کاربردهایی مثل دسته‌بندی و در کل زمانی که یک راه حل سریع نیازمند است باشد. هرچند که با اجازه دادن به الگوریتم به سوئیچ سریع به مرحله استخراج، با تغییر سریع بعد از چند مرحله ابتدایی الگوریتم دچار رکود می‌شود. به منظور بهبود کارایی الگوریتم، متدها و استراتژی‌های زیادی مطرح شده‌اند تا تنوع راه حل را افزایش دهند که منجر به تولید نسخه‌های مختلفی از الگوریتم خفاش شده است. در نتیجه از انواع مختلف این الگوریتم می‌توان در تحقیقات بعدی استفاده شود.

منابع

۱) ابراهیم‌خانی، سمیه، افضلی، مهدی، شکوهی، علی. پیش بینی و بررسی عوامل تصادفات جاده‌ای با استفاده از الگوریتم‌های داده کاوی، فصلنامه دانش انتظامی زنجان.۱۳۹۰.

۲) بیات آزاد، باوند، پوررفیعی، مهدی، صباغیان، زهره. ارائه یک مدل سبد سهام چند هدفه با در نظر گرفتن آنتروپی و گشتاورهای مرتبه بالا در شرایط عدم اطمینان. چهارمین کنفرانس ملی در مدیریت، حسابداری و اقتصاد با تاکید بر بازاریابی منطقه ای و جهانی. تهران. دانشگاه شهید بهشتی، دبیرخانه دائمی کنفرانس. ۱۳۹۸

۳) بحری ثالث، جمال، پاک‌مرام، عسگر، ولی‌زاده، مصطفی. انتخاب و بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از روش میانگین واریانس مارکویتز با بهره‌گیری از الگوریتم‌های مختلف. دانش مالی تحلیل اوراق بهادار, ۱۱(۳۷),صص ۴۳-۵۳. ۱۳۹۷.

۴) بیات، علی، اسدی، لیدا. بهینه سازی پرتفوی سهام: سودمندی الگوریتم پرندگان و مدل مارکویتز. فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار . صص۶۳-۸۵. ۱۳۹۶.

۵) بهنامیان، جواد، مشرفی، محمد. ارائه الگوریتم ترکیبی برای بهینه‌سازی چند هدفه سبد سهام به وسیله برنامه‌ریزی فازی. مارکویتز. فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار . شماره۳۰. ۱۳۹۶.

۶) پی جونز، چارلز. مدیریت سرمایه گذاری. ترجمه دکتر رضا تهرانی و عسگر نوربخش. ویرایش هجدهم. انتشارات نگاه دانش. ۱۳۹۷.

۷) توکلی راد، زهرا، البدوی، امیر، آخوندزاده، الهام. شناسایی و تحلیل شاخص‌های کلیدی عملکرد با استفاده از متد جنگل تصادفی. اولین کنفرانس بین المللی ایده‌های نوین پژوهشی در مدیریت و مهندسی صنایع. تهران. شرکت همایش آروین البرز. ۱۳۹۸.

۸) حسینی، سیدمحمد، احمدی، موسی. ارائه مدل ترکیبی ANP و ELECTRE جهت انتخاب سبد سهام بهینه با استفاده از شاخص‌های مالی در شرکت‌های عضو بورس اوراق بهادار. چهارمین همایش ملی مدلسازی ریاضی در علوم مهندسی. ۱۳۹۶.

۹) حسنلو، خدیجه، روستائی، مریم. (۱۳۹۴). پیش بینی قیمت سهم با رویکرد سیستم شبکه عصبی خفاش(مطالعه‌موردی‌بورس اوراق بهادار تهران).مؤسسه‌های آموزش‌عالی غیردولتی- غیرانتفاعی. دانشگاه غیر دولتی غیر انتفاعی خاتم. دانشکده مهندسی. ۱۳۹۴.

۱۰) ذبیحی، محسن، پورقاسمی، حمیدرضا، بهزادفر، مرتضی. تهیهٔ نقشهٔ پتانسیل آب زیرزمینی با استفاده ازمدل‌های‌انتروپی وجنگل‌تصادفی‌دردشت‌بجنورد. مجله‌اکوهیدرولوژی.صص۲۳۲-۲۲۱. ۱۳۹۴.

۱۱) راعی، رضا، تلنگی، احمد. مدیریت سرمایه گذاری پیشرفته. سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه ها(سمت). صص۱۰۵-۱۴۲. ۱۳۸۳.

۱۲) سینایی، حسنعلی، زمانی، سعید، مهرابی، علی. تصمیم گیری برای انتخاب سبد سهام؛ مقایسه‌ی الگوریتم‌های ژنتیک و زنبور عسل. پژوهشنامه مدیریت اجرایی. شماره۱۱. ۱۳۹۳.

۱۳) غلامیان، الهام، داودی، سید محمدرضا. پیش بینی روند قیمت در بازار سهام با استفاده از الگوریتم جنگل تصادفی. فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار. ۱۳۹۷.

۱۴) مهرابی، علی، سینایی، حسنعلی، عبدالحسین، نیسی، نصرت، حسین زاده، هلاله. بهینه سازی پرتفوی سهام با الگوریتم تپه نوردی. دولتی، وزارت علوم، تحقیقات، و فناوری، دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی. ۱۳۹۴.

۱۵) نمازی، محمد، صادق زاده مهارلوئی، محمد. پیش بینی فرار مالیاتی با استفاده از الگوریتم‌های داده کاوی درخت تصمیم. فصلنامه حسابداری مالی . شماره۳۶ . صص۱۰۱-۷۶-۱۰۱. ۱۳۹۶.

۱۶) نجفی مقدم، علی، رهنمارودپشتی، فریدون، فرخی، مهوش. بهینه سازی سبد سهام با رویکرد الگوریتم مورچگان و تئوری خاکستری. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد قزوین. ۱۳۹۲.

17) Babu, C.N., Reddy, B.E. A moving-average filter based hybrid ARIMA-ANN mode for forecasting time series data. Appl. Soft Comput.J.23(November),pp27–38. 2014

18) Boubekeur. BabaGüvenSevil. Predicting IPO initial returns using random forest, Borsa Istanbul Review, Available online 21 August 2019.

19) Cai, X., Zhang, J., Liang, H., Wang, L., & Wu, Q. An ensemble bat algorithm for large-scale optimization. International Journal of Machine Learning and Cybernetics, 10(11),pp 3099-3113.2019.

20) Jia, C., Xu, W., Wang, F., Wang, H. Track irregularity time series analysis and trend forecasting. Discrete Dynam Nat. Soc. 2012.

21) Lee Miyoung, Kim Daehwan.On the Use of the Moore-Penrose Generalized Inverse in the Portfolio Optimization Problem, Finance Research Letters ,Volume 22, August 2017, pp 259-267. 2017.

22) Malekipirbazari, M., Aksakalli, V. Risk assessment in social lending via random forests, Expert Systems with Applications, Vol 42,pp 4621-4631. 2015.

23) Najafi Moghadam,Ali; Rahnama Roodpooshti,Fraydoon; Farrokhi,Mahvash. Optimization of Stock Portfolio based of Ant Colony & Greay Theory. IRJABS,VOL 8(7). pp780-788. 2014.

24) Quintana, D., Y. Saez, and P. Isasi. Random Forest Prediction of IPO

Underpricing. Applied Sciences, 7(6):636. 2017.
25) Rather, A.M., Agarwal, A., Sastry, V.N. Recurrent neural network and a hybrid model for prediction of stock returns. Expert Syst.Appl.42(6), pp3234–3241. 2015.
26) S. Pan, S. Zhou, Evaluation Research of Credit Risk on P2P Lending based on Random Forest and Visual Graph Model, J. Vis. Commun. Image R. doi: https://doi.org/10.1016/j.jvcir. 2019.102680. 2019.
27) Ticknor, J.L. A Bayesian regularized artificial neural network for stock market forecasting. Expert Syst. Appl. 40 (14),pp 5501–5506. 2013.
28) Waelchli, Boris, A Random Forests Based Performance Ratio for Regulatory Asset Portfolio Management and Optimization (November) 4. Available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=2550072 or http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2550072. 2015.
29) Xing Yu. Multi-period Robust Portfolio Selection Model with Bat Algorithm, International Journal of Control and Automation ,Vol.10, No.5 (2017),pp.23-28. 2017.
30) .Yildizdan, G., & Baykan, Ö. K. A novel modified bat algorithm hybridizing by differential evolution algorithm. Expert Systems with Applications, 141, 112949. 2020.
31) YousraTrichilli, Mouna BoujelbèneAbbes, Mouna Boujelbène Abbesa Afif Masmoudi. Islamic and conventional portfolios optimization under investor sentiment states: Bayesian vs Markowitz portfolio analysis, Research in International Business and Finance,Volume 51, January 2020, Pages 256-298. 2020.
32) .ZhengTan,ZiqinYan,Guangwei Zhu. Stock selection with random forest: An exploitation of excess return in the Chinese stock market, Volume 5, Issue 8, August 2019, e02310. 2019.
33) ZhengTan,ZiqinYan,Guangwei Zhu. Stock selection with random forest: An exploitation of excess return in the Chinese stock market, Volume 5, Issue 8, August 2019, e02310. 2019.

یادداشت‌ها

1 Modern Portfolio Theory (MPT)
2 Particle Swarm Optimization (PSO)
3 Xing Shi Yang
4 Richardson
5 Breiman
6 Bootstrap