نشریـه علمـی
دانش مالی تحلیل اوراق بهادار
سال سیزدهم، شماره چهل‌و هشتم
زمستان ۱۳۹۹

ارایه مدلی برای ایجاد پرتفوی هوشمند با استفاده از الگوی فیلتر کالمن و توابع کِلی

رضا منصوریان[۱]
نادر رضائی[۲]
سیدعلی نبوی چاشمی[۳]
احمد پویانفر[۴]
علی عبدالهی[۵]

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۶/۰۷ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۱/۰۱

چکیده

هدف از این پژوهش ارائه مدلی برای اجرای پرتفوی مالی هوشمند با استفاده از الگوی فیلتر کالمن و توابع کِلی می باشد. بدین منظور با استفاده از داده های ماهانه ۱۸۰ شرکت پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران طی دوره زمانی ۱۳۹۲ لغایت ۱۳۹۷ و با استفاده از الگوی فیلتر کالمن و توابع کِلی، نسبت شارپ را ارتقا داده و روش هوشمندی برای انجام معاملات براساس الگوریتم‌های مومنتوم و سرمایه‌گذاری بلندمدت سهام ارایه و به بررسی هدف پژوهش پرداخته شد.

نتایج اجرای الگوریتم‌ها تایید کرد که ساختار پیشنهادی مدل هوشمند توابع کِلی عملکردی بهتر از لحاظ بالابودن میانگین بازدهی و نسبت شارپ نسبت به الگوریتم‌های سرمایه‌گذاری کمی داشته و می توان از توابع کِلی در تخصیص بهینه منابع استفاده نموده تا به نتایج مطلوب‌تر دست پیدا کرد. نهایتاً نتایج تصریح کرد که کارایی پرتفوی هوشمند با الگوریتم توابع کِلی بهتر از الگوی مومنتوم و سرمایه گذاری بلندمدت است.

واژه‌های کلیدی: پرتفوی هوشمند،توابع کِلی، فیلتر کالمن.

۱- دانشجوی دکتری مهندسی مالی گروه حسابداری و مدیریت مالی، واحد مراغه، دانشگاه آزاد اسلامی، مراغه، ایران. mansourian63.reza@gmail.com
۲- استادیار گروه حسابداری و مدیریت مالی، واحد بناب، دانشگاه آزاد اسلامی، بناب، ایران. (نویسنده مسئول) naderrezaeimiandoab@gmail.com
۳- دانشیار گروه مدیریت مالی، واحد بابل، دانشگاه آزاد اسلامی، بابل، ایران. anabavichashmi2003@gmail.com
۴- استادیار گروه مدیریت مالی، دانشگاه خاتم، تهران، ایران. a.pouyanfar@katam.ac.ir
۵- استادیار گروه ریاضی، واحد مراغه، دانشگاه آزاد اسلامی، مراغه، ایران. abdollahi.ali60@yahoo.com

۱- مقدمه

تشکیل پرتفوی بهینه از جمله مهمترین و حیاتی-ترین تصمیمات افراد حقیقی و حقوقی سرمایه‌گذار در بورس اوراق بهادار است که در گذشته و حال یکی از مسائل مهم مورد بحث بوده و با پژوهش‌هایی که در این زمینه صورت گرفته، الگوهایی برای تعیین پرتفوی ارائه شده که به مرور زمان ایرادات هرکدام مشخص و الگوی دیگری جایگزین آن گردیده است. دسترسی به پرتفوی مناسب بدون برنامه‌ریزی و ارزیابی گزینه های سرمایه گذاری مناسب، کار دشواری خواهد بود. پرتفوی باید دربرگیرنده آن چیزی باشد که سرمایه-گذار به عنوان یک توازن قابل قبول بین ریسک و پاداش می‌پذیرد. رشد انفجارآمیز رایانه و نرم‌افزار این امکان را به وجود آورده که افراد بتوانند، به طور روزانه از الگوریتم‌های مالی پیشرفته جهت سنجش و برآورد معیارها و احتمالات استفاده نمایند(قاسمی دشتکی، ۱۳۸۷). از طرفی یکی از ملزومات مهندسی مالی استفاده از روشهای کمی در صنعت مدیریت سرمایه-گذاری با هدف توسعه اقتصاد مالی است که نیازمند پیش بینی دقیق از بازار برای تعیین استراتژی‌ها در رسیدن به اهداف خود می‌باشند. موفقیت در بازار سرمایه بستگی به پیش‌بینی جهت تغییرات نرخ قیمت در آینده دارد. علاوه بر پیش‌بینی جهت تغییرات، پیش‌بینی هدف زمانی و مکانی قیمت و اندازه‌گیری ریسک، پیش‌بینی تغییرات شدید در بازار، شکل‌گیری و تغییر روندها بسیار مهم می‌باشد. در پیش بینی این بازار روش‌های متفاوتی بکار گرفته می‌شود که یکی از مهمترین آنها تحلیل سری زمانی، نظیرAR , ARMA که روشهای کلاسیک و روشهای غیر کلاسیک مانند شبکه عصبی، الگوریتم ژنتیک و منطق فازی و سایر روش های هوشمند می باشد. در این پژوهش تمرکز بر روی ساختاری است که در سریهای زمانی مختلف با افق های زمانی متفاوت جهت رسیدن به دو ساختار موجود در سری زمانی یافت شود.(بطور مثال سری زمانی مومنتوم با همبستگی مثبت و استراتژی بلندمدت سهام با همبستگی منفی). هرچند که تحقیقات قابل توجهی در مورد تشکیل پرتفولیوی بازار سهام انجام گرفته است اما تحقیقات اندکی در زمینه استراتژی های سرمایه گذاری با تمرکز بر ساختار سریهای زمانی در افق های زمانی مختلف صورت گرفته است. لذا پژوهش حاضر از لحاظ متدلوژی متفاوت از کارهای دیگر می باشد. هدف این پژوهش ترکیب مدل‌هایی است که جنبه های مختلف الگوها و ساختار را در داده‌های موجود در افق های زمانی مختلف متفاوت می‌سازد: مدل‌های بلندمدت برای گرفتن مدل‌های شتاب و کوتاه‌مدت برای بدست آوردن میانگین معکوس. که روش کار و چارچوب زیربنایی آن را می‌توان به عنوان یک سیستم دوجانبه مشاهده کرد:

سطح اول، که در آن مدل‌ها طراحی شده‌اند تا بر جنبه خاصی از سریهای زمانی مالی تمرکز کنند، این مدل‌ها با بازار ارتباط برقرار می‌کنند و تصمیمات تجاری می‌گیرند.

سطح دوم، مدلی است که سرمایه را به مدل‌ها در سطح اول تخصیص می‌بخشد، و اساساً پرتفوی مدل‌های کمی را ایجاد می‌کند. بنابراین اهداف پژوهش حاضر را می توان به شرح ذیل بیان نمود:

۱) طراحی و ایجاد پرتفوی مالی براساس مدل سرمایه‌گذاری کمی(استراتژی مومنتوم و بلندمدت)
۲) طراحی و ایجاد پرتفوی مالی براساس مدل هوشمند (توابع کِلی)
۳) ارایه مدل بهینه و هوشمند

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

در سالیان اخیر فعالیت های علمی بسیاری برای آموزش عمومی تحلیل بازارهای مالی به منظور سرمایه‌گذاری و فعالیت در این بازارها در دنیا انجام شده است. اما بیشتر معامله‌گران بنا به دلایل بسیاری قادر به استفاده از تحلیل‌های علمی در معاملات نیستند در نتیجه نیاز شدیدی به رویکردی خودکار برای استفاده موثر و کارامد از داده‌های مالی وجود

دارد تا بتواند تصمیمات سرمایه‌گذاری را پشتیبانی کند(امیری و همکاران، ۱۳۹۵). یکی از سیستم هایی که تلاش بسیاری به منظور هوشمندسازی آن انجام شده است پرتفوی معاملاتی هوشمند و سیستم معاملاتی است که علاوه بر پتانسیل‌های تحقیقاتی از پتانسیل های خوبی برای سودآوری برخوردار است. هدف یک سیستم معاملاتی انجام معاملاتی موفق است، معاملاتی که در محل تغییر جهت روند قیمت باید صورت پذیرد. در این هنگام، پیشرفت سریع فناوری رایانه باعث گردیده که مدیریت حرفه‌ای سرمایه گذاری به سرعت متحول شده و سرمایه‌گذار و یا مدیران سرمایه‌گذاری می‌توانند با استفاده از رایانه به داده های تفصیلی، در مورد کلیه شرکت‌های فعال در بخش های مختلف بازار دسترسی پیدا نمایند. رشد انفجارآمیز رایانه و نرم افزار این امکان را به وجود آورده که افراد بتوانند، به طور روزانه از الگوریتم‌های مالی پیشرفته استفاده نمایند. تجزیه و تحلیل اوراق بهادار در برگیرنده تخمین مزایای تک تک سرمایه گذاری‌ها بوده، در حالی که مدیریت پرتفوی شامل تجزیه و تحلیل ترکیب سرمایه گذاری‌ها می‌باشد. سه عنصر کلیدی که در هر مدیریت سرمایه گذاری و موفق نقش دارند، عبارتند از: پیش بینی قیمت که بیان می کند سرمایه گذار چه تصمیمی می بایست اتخاذ نماید(خرید یا فروش)، زمان‌بندی معامله که زمان انجام تصمیم را مشخص می‌نماید و در آخر مدیریت میزان سرمایه-گذاری عامل بسیار مهمی در نظر گرفته می شود(تهرانی و همکاران، ۱۳۸۸).

مساله اصلی در پژوهش انتخاب استراتژی سرمایه-گذاری مناسب که ضمن کسب حداکثر سود، کمترین ریسک ممکن را نتیجه دهد می باشد. لذا، هدف ایجاد یک سیستم معاملاتی هوشمند با استفاده از الگوریتم ها و مدلهای ریاضی است که بتواند با بهره گیری از مدلهای سرمایه‌گذاری کمی، سیگنال های معاملاتی صحیحی را براساس روش‌های مختلف تولید نماید. تا سرمایه‌گذاران در بازارهای مالی با پشتیبانی این سیستم، تصمیمات به موقع و درست را در معاملات خود اتخاذ کرده و سود حاصل از سرمایه گذاری‌ها را بیشنیه سازند. برای این منظور استراتژیها و روش های زیر برای ایجاد پرتفوی هوشمند بکار گرفته خواهد شد.

یکی از استراتژی‌های مهم و پر کاربرد در بین تحلیل‌گران و مدیران پرتفوی برای انتخاب سبد مناسب در بازارهای سرمایه، استراتژی شتاب (مومنتوم[1]) می باشد. در این استراتژی سعی می‌شود که با استفاده از عملکرد گذشته، عملکرد آتی پیش بینی و پرتفوی مناسب برای سرمایه گذاری انتخاب شود. استراتژی مومنتوم شامل حرکت در جهت بازار است و اعتقاد دارد که روندهای گذشته و اخیر در آینده نیز ادامه پیدا خواهد کرد. این استراتژی در مقابل فرضیه کارایی بازار قرار می گیرد. مومنتوم مصداق این قانون در بازار است که یک روند قیمتی تمایل دارد که باقی بماند تا زمانی که یک نیروی خارجی جلوی آن را بگیرد (هان و تانکز[2]، ۲۰۰۳). استراتژی مومنتوم که با بهره گیری از همبستگی سریالی موجود در بازدهی اوراق بهادار برای انتخاب گزینه های مناسب برای سرمایه گذاری استفاده می شود، در واقع جزء استثنائات و بی نظمی‌های بازار سرمایه محسوب می‌شود. در این استراتژی بازدهی اضافی با خرید سهام برنده گذشته و فروش سهام بازنده گذشته قابل دستیابی می‌باشد. اوراق بهاداری که عملکرد خوبی (بدی) را در گذشته تجربه کرده اند، گرایش دارند که این بازدهی خوب (بد) را در آینده نیز ادامه دهند. به عبارت دیگر مومنتوم اعتقاد به استمرار بازدهی تاریخی در افق میان مدت دارد(جگادیش، تیتمن[3]،۱۹۹۳؛ گیریمبات و تیتمن،۱۹۹۸). الگوریتم دیگر استراتژی بلندمدت سهام می باشد در این نوع استراتژی سرمایه‌گذار نسبت به خرید سهام اقدام کرده و آن را برای دوره‌های زمانی طولانی مدت نگهداری می‌کند چون بر این باور است که نباید تحت تاثیر عوامل اثرگذار کوتاه مدت بر روی سهام قرار گرفت و گذشت زمان ارزش واقعی سهم را هویدا می‌کند. همچنین با این روش هزینه‌های خرید و فروش به

حداقل می‌رسند و بازگشت خالص کلی سرمایه‌گذاری افزایش می یابد.

الگوی نهایی مدل هوشمند توابع کِلی می باشد مدلی که از ترکیب الگوی فیلتر کالمن با توابع چندگانه کِلی خواهد بود. فیلتر کالمن فیلتری است که در بسیاری از علوم و ابزارهای مختلف به کار گرفته می‌شود، این فیلتر در حوزه وسیعی از کاربردهای مهندسی از رادار گرفته تا رایانه، هدایت موشکی و فضاپیماها استفاده می‌شود و قمرهای مصنوعی، گرایشهای اقتصادی و تغییرات جریان خون ما را نیز دنبال می کند که موضوع مهمی در تئوری کنترل و مهندسی سیستم های کنترلی است. فیلتر کالمن اخیراً در زمینه های پیش‌بینی و تحلیل طول زندگی و پاسخگویی به آزمایشات بکار گرفته می شود. فیلتر در کلمه به معنای حصول اطلاعاتی از روی اطلاعات موجود است و یک فیلتر کالمن در صورت طراحی مناسب قادر است با اندازه گیری برخی از حالات، سایر حالات را تخمین بزند(آندرو[۴]، ۲۰۰۱ و بی شاپ[۵]، ۲۰۰۶). از ویژگیهای جذاب فیلتر کالمن، محاسبات پیش بینی و تجزیه و تحلیل کوواریانس خطا می باشد، مسایل تخمین را می توان به سه دسته تقسیم کرد(سیمون[۶]، ۲۰۰۶).

الف) چنانچه زمان مورد نظر برای تخمین بر آخرین اندازه گیری منطبق باشد، مسئله تخمین را فیلترینگ گویند.

ب) اگر زمان تخمین، درون داده های اندازه گیری قرار گیرد، مسئله را میانگین‌گیری نامند.

ج) و بالاخره در صورتیکه زمان تخمین بعد از داده‌ها قرار گیرد، مسئله تخمین را پیش بینی گویند.

الگوی فیلتر کالمن، یک الگوریتم پیش بینی صحیح و مدرن برای استفاده از یک سیستم خطی پویا برای تغییرات رژیم داده ها می باشد(کالمن، ۱۹۶۰). در نهایت؛ مدل کِلی، یک متدی است برای یافتن اندازه سرمایه گذاری بهینه؛ که باعث افزایش ثروت می شود و از دست رفتن ثروت جلوگیری می کند را مشخص می نماید(کِلی، ۱۹۵۶).

لذا براساس مطالب بیان شده و براساس رهیافت های ذکر شده در صدد هستیم با ارایه یک سیستم پیشنهادی براساس الگوریتم های مختلف (توابع کلی و فیلتر کالمن) که کمتر مورد توجه قرار گرفته است بصورت ترکیبی برای ایجاد یک پرتفوی هوشمند استفاده نمائیم. تا بتوانیم به هدف اصلی بهینه سازی پرتفوی، یعنی حداکثر نمودن بازدهی و حداقل نمودن ریسک سرمایه گذاری دست پیدا نمائیم. الگوریتم های پیشنهادی برای هر گروه از سهم های برگزیده که دارای بیشترین شایستگی در هر عامل هستند اجرا شده و نتایج حاصله با یکدیگر مقایسه می شوند. الگوریتم پیشنهادی، مقدار بهینه را برای هر یک از نسبت های بازدهی و ریسک مشخص می نماید. این عمل باعث تولید استراتژیهای معاملاتی متفاوت با بازدهی و واریانس متفاوت می شود و نهایتاً استراتژیهای هوشمند بهینه براساس الگوریتم های متنوعی استخراج می گردند.

وجید رضا و اشرف[۷](۲۰۱۸)، بیان داشتند که معرفی استراتژی های هوشمند بتا به سرمایه‌گذاران منفعل اجازه می‌دهد تا ساختار اوراق بهادار سهام را با استفاده از استراتژی‌های جایگزین مانند وزن‌بندی اساسی، مقادیر برابر و استراتژی های وزن کم ریسک مقایسه کنند. نتایج همچنین نشان می‌دهد که موقعیت جغرافیایی بر عملکرد اوراق بهادار صحیح اسلامی هوشمند بتا اثر می‌گذارد؛ کشورهایی که اکثریت مسلمان دارند، قدرت بیشتری دارند و کمترین میزان کاهش را دارند. نتایج به دست آمده با روشهای غربالگری جایگزین شریعت و روش برآورد تجربی پایدار باقی ماند. ساران مهرا و همکاران[۸](۲۰۱۶)، با ایجاد پرتفوی هوشمند با استفاده از مدلهای سرمایه گذاری کمی برای تشخیص تغییرات در رژیم مربوطه و در نتیجه تخصیص سرمایه گذاری، از یک الگوریتم پیش‌بینی استفاده نموده که به یک فیلتر کالمن متکی است. با روش ترکیبی، که از هر دو معیار کلی و فیلتر

کالمن استفاده که با استفاده از یک مجموعه داده‌های تاریخی در مقیاس وسیع سهام و شاخص ها، نشان می دهند که الگوریتم K2 با ریسک های بهتر تنظیم شده را با توجه به نسبت شارپ، افزایش بهای متوسط بهتر نسبت به ضریب زیان متوسط و احتمال بیشتر موفقیت در مقایسه با معیارهای موجود، در آزمایش های خارج از نمونه اندازه‌گیری می‌کند. هیتاچ و زامبرانو[9](۲۰۱۶)، بیان داشتند که در زمینه حقوق صاحبان سهام استراتژی‌های مختلف بتای هوشمند (مانند همان اندازه وزن، حداقل واریانس جهانی، سهم ریسک‌های مساوی و حداکثر نسبت متنوع) به عنوان جایگزین به وزن شاخص می باشد. کریس و همکاران[10](۲۰۱۵)، بیان داشتند که اوراق بهادار بتای هوشمند به طور معمول به یک تنوع برتر نسبت به معیارهای ارزشمندی بازار سرمایه منجر می شود، اما همچنان به رکود بازار گسترده آسیب می رساند. هوک و نیه‌تو و همکاران[11](۲۰۱۴)، با مقایسه روش‌های OLS و GARCH و فیلترکالمن در بورس مکزیک دریافتند که فیلترکالمن در مقایسه با سایر روش ها از عملکرد بهتری در تخمین ضریب بتا برخوردار است. داس و همکاران[12](۲۰۱۰)، دریافتند که تخمین ضرایب بتا با استفاده از فیلتر کالمن بر دقت مدل پیش بینی بازده می افزاید. مرجنر و بولا[13](۲۰۰۸)، تایید کردند که مدل فضای حالت و فیلتر کالمن در مقایسه با سایر روش های موجود از عملکرد بهتری برای برآورد ضریب بتا برخوردار است.

رضایی و همکاران(۱۳۹۸)، تایید کردند که الگوریتم ممتیک جستجوی موجودات همزیست برخلاف استفاده از زمان بیشتر، توانسته عملکرد بهتری را به نمایش بگذارد و در مقایسه روش‌های پیش‌بینی بازده مورد انتظار تایید کردند که سیستم فازی عصبی توانسته با خطای کمتری بازده مورد انتظار را پیش‌بینی نماید. در نهایت، با مقایسه مرزکارای پیش‌بینی شده و مرزکارای واقعی، به این نتیجه می‌رسیم که مدل پیش‌بینی مورد نظر در ریسک‌های کمتر پیش‌بینی بهتری انجام داده است که در آن ناحیه می‌توان با اطمینان بیشتری نسبت به تخصیص دارایی‌ها اقدام نمود. تهرانی و همکاران(۱۳۹۷)، بیان کردند که الگوریتم دسته بندی میگو در یافتن مرز کارا و پرتفوهای بهینه در مقایسه با سایر الگوریتم های مرسوم عملکرد بهتری داشته و می توان آن را جایگزین این روش ها کرد و به نتایج مطلوب تری دست یافت. امیری و همکاران(۱۳۹۵)، سیستم معاملاتی هوشمندی را بر پایه قوانین شناخته شده تحلیل تکنیکال و استفاده از سه ابزار الگوریتم ژنتیک، منطق فازی و شبکه عصبی ایجاد نمودند. رهنمای رودپشتی و همکاران(۱۳۹۴)، مشخص کردند بازده پیش بینی شده پرتفوی در مدل پایدار تفاوت معناداری با بازده پیش‌بینی شده در مدل کلاسیک و ریسک پیش بینی شده در مدل پایدار با ریسک پیش بینی شده در مدل کلاسیک تفاوت معناداری ندارد. اما با بررسی بازدهی و ریسک پرتفوهای تشکیل شده براساس وزن ارائه شده توسط هر یک از مدلها، مشخص گردید در بازار ایران بازده واقعی از هر دو روش تفاوت معناداری با یکدیگر ندارند. این در حالی است که ریسک واقعی پرتفوهای بهینه شده با روش پایدار کمتر از ریسک پرتفوهای بهینه شده با روش کلاسیک می باشد.

متغیرهای پژوهش

- **ارزش بنیادی(ذاتی)**

از دیدگاه اقتصادی قیمت یک دارایی باید بیانگر وضعیت بازار آن دارایی باشد. قیمت دارایی معادل مجموع جریان بازدهی‌های جاری و آینده ناشی از آن دارایی است. این قیمت به قیمت ذاتی معروف است. در واقع به ارزش فعلی جریانات نقدی آتی هر سهم(با نرخ تنزیل ثابت) ارزش بنیادی یا ذاتی آن سهم گفته می شود. این ارزش مطابق با مدل های متعارف قیمت گذاری می باشد(اعتمادی، ۱۳۹۰).

- **نسبت شارپ**

نسبت شارپ معیاری است برای اندازه‌گیری بازده تعدیل شده نسبت به ریسک می باشد. نظریه پرتفوی

مدرن بیان می‌کند که اضافه کردن دارایی ها به یک پرتفوی متنوع سازی شده که دارایی های موجود در آن با یکدیگر همبستگی کم‌تر از یک دارند، می‌تواند ریسک پرتفوی را بدون قربانی کردن بازده، کاهش دهد. نسبت شارپ، معیاری که برای ارزیابی عملکرد یک پرتفوی به کار می رود. معیار شارپ یا نسبت بازده به تغییرپذیری از شاخص مبنایی بر اساس خط بازار سرمایه تاریخی به عنوان معیار ریسک استفاده می-نماید. در واقع بازده را نسبت به ریسک کل پرتفوی (انحراف معیار بازدهی) اندازه گیری می نماید (راعی و همکاران، ۱۳۸۷).

$$\text{نسبت شارپ} = \frac{\text{نرخ بدون ریسک} - \text{میانگین بازده پرتفوی}}{\text{انحراف معیار استاندارد بازده پرتفوی}}$$

- **بازده مورد انتظار**

بازده مورد انتظار یک پورتفوی به طور ساده، میانگین وزنی بازده مورد انتظار اوراق بهادار تشکیل دهنده آن می باشد. در محاسبه بازده مورد انتظار پورتفوی نسبت سرمایه گذاری در هر یک از سهام به عنوان وزن میانگین موزون بکار می رود(سعیدی و همکاران، ۱۳۸۹).

- **پورتفولیو**

مجموعه‌ای از سهام است که هر سرمایه گذار متناسب با وضعیت خود انتخاب می‌کند. بهینه سازی پرتفوی عبارت است از انتخاب بهترین ترکیب از دارایی‌های مالی به نحوی که باعث شود، تا حد ممکن بازده پرتفوی سرمایه گذاری حداکثر و ریسک پرتفوی حداقل شود(شریفی، ۱۳۷۶).

- **آربیتراژ آماری**

آربیتراژ آماری روشی است که با استفاده از روابط آماری یک فرصت سرمایه گذاری با حداقل ریسک را شناسایی می کند. برای این منظور نیاز به استراتژی های مختلف برای خرید و فروش و تعریف تابع سود تجاری تجمعی دارد. بنابراین آربیتراژ آماری یک استراتژی معاملاتی خود تامین با هزینه‌ی اولیه صفر $\{v(t):t\geq 0\}$ است، که در آن $v(t)$ ارزش تنزیل شده‌ی تجمعی می باشد.

در ادامه این اقدام به تبیین و توضیح مدل و الگوریتم‌های پیشنهادی ارایه شده و بررسی نتایج حاصل از اجرای مدل با داده های واقعی ماهانه در یک دوره زمانی ۶ ساله(۱۳۹۲ تا ۱۳۹۷) در بورس اوراق بهادار تهران پرداخته شده است.

۳-روش تحقیق

۳-۱- اهداف پژوهش

پژوهش حاضر از نظر نوع داده کمی است، از نظر نتیجه کاربردی و از لحاظ هدف، توصیفی می باشد. با توجه به این که در این تحقیق، عملکرد گذشته شرکت ها مورد بررسی قرار می گیرد یا به عبارتی بهتر از اطلاعات تاریخی شرکت ها استفاده می گردد، بنابراین پژوهش از لحاظ طرح تحقیق، پس رویدادی محسوب می شود.

لذا هدف این پژوهش ترکیب مدل‌هایی است که جنبه‌های مختلف الگوها و ساختار را در داده‌های موجود در افق‌های زمانی مختلف متفاوت می‌سازد: مدل‌های بلندمدت برای گرفتن مدل‌های شتاب و کوتاه مدت برای بدست آوردن میانگین معکوس، که روش کار و چارچوب زیربنایی آن را می توان به عنوان یک سیستم دوجانبه مشاهده کرد: سطح اول، که در آن مدل‌ها طراحی شده‌اند تا بر جنبه خاصی از سریهای زمانی مالی تمرکز کنند، این مدل‌ها با بازار ارتباط برقرار می کنند و تصمیمات تجاری می گیرند. سطح دوم، مدلی است که سرمایه را به مدل‌ها در سطح اول تخصیص می بخشد، و اساساً پرتفوی مدل‌های کمی را ایجاد می کند.

۳-۲- مدل مفهومی

برای انجام پژوهش حاضر دو مدل سرمایه گذاری کمی و چند مدل هوشمند اجرا شده است. از آن جایی که مدل‌های هوشمند، سرمایه را به مدل‌های سرمایه

گذاری کمی اختصاص می‌دهد. ابتدا این مدل‌های کمی را انتخاب کرده، چون مدل‌ها در لحظه های زمانی مختلف حرکت می کنند و به طور معکوس در سهام به عنوان یک دارایی طبقه بندی می شوند. وجود همبستگی‌های کم در هر یک از این مدل‌های کمی، برای تمرکز بر رویکرد سرمایه‌گذاری، بدون دخالت در کار مدل های دیگر طراحی می شوند. سیستم پیشنهادی برای اتخاذ تصمیمات معاملاتی، تلفیقی از روش های تکنیکی و بنیادی در انتخاب سهام و تشکیل پرتفولیو می‌باشد. پارامترهای مورد استفاده در الگوریتم‌ها با هدف حداکثرسازی بازده پرتفوی تشکیل شده بهینه می‌گردد. ساختار کلی سیستم پیشنهادی به شرح زیر می باشد:

پایگاه داده های تاریخی

پایگاه داده شامل داده های مالی بصورت سری زمانی از قیمت روزانه بازار می باشد که در آن قیمت های بالا، پایین و میانگین قیمت ها در هر روزکاری از مجموعه داده ها را نشان می دهد. این داده ها مدل های کمی سرمایه گذاری را پشتیبانی می کند. این پایگاه داده همچنین از تجزیه و تحلیل تمام مدل ها و ارزیابی اوراق بهادار به صورت روزانه پشتیبانی می کند.

مدل های سرمایه گذاری کمی

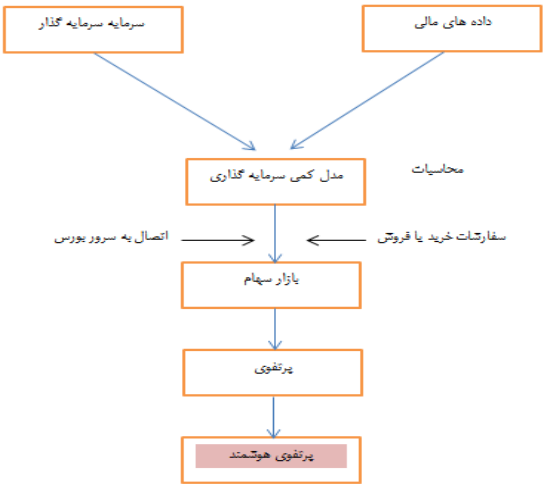
مدل های کمی روش های ساده سرمایه گذاری هستند، که در آن فرآیند توسط یک الگوریتم هدایت می شود. مدل های سیستماتیک و کمی بدان معنی است که شروع و اجرای تصمیم سرمایه گذاری به طور کامل توسط یک الگوریتم کنترل می شود، یعنی هیچ دخالت انسانی وجود ندارد.

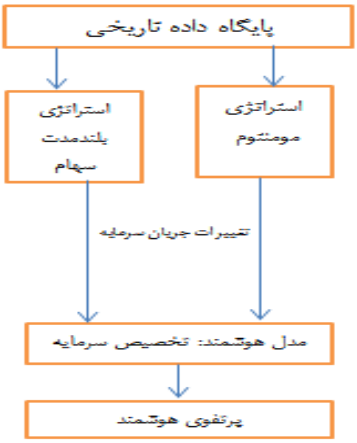
مدل هوشمند

مدل هوشمند تخصیص پویای سرمایه است. اگر چه داده ها و تجزیه و تحلیل ها روزانه به روز می شوند، مدل هوشمند برای تصمیم گیری در مورد تخصیص سرمایه در انتهای هر ماه طراحی شده است.

پرتفوی هوشمند

نشان دهنده ارزش سهام در پرتفوی است که نتیجه تخصیص سرمایه به مدل سرمایه گذاری اول و مدل سرمایه گذاری دوم می باشد.





۳-۳- مدل رگرسیونی

تجزیه و تحلیل رگرسیون با استفاده از حداقل مربعات معمولی برای هر دو مدل شروع می شود تا براساس آن ماهیت رابطه بین دو سری زمانی مشخص شود.

$$yt = \beta xt + \varepsilon t$$

براساس روش حداقل مربعات معمولی میزان همبستگی بین باقیمانده های مدل و همچنین آزمون ریشه واحد دیکی فولر انجام شد. آزمون نرمال بودن داده ها براساس روش کولموگروف اسمیرنوف مورد بررسی قرار گرفت. سپس آزمون ناهمسانی واریانس براساس فرمول زیر مورد بررسی قرار گرفت که بیانگر رفتار معکوس داده هاست و نشان دادکه متغیرها کاملاً تصادفی می باشند.

$$VR(\tau) = \frac{\sum_t (\Delta^T y_t - \overline{\Delta^T y})^2}{T \sum_t (\Delta y_t - \overline{\Delta y})^2}$$

که در اینجا T طول واریانس سهام بلندمدت، yt سطوح سری زمانی، Δyt که تغییرات روزانه در سریهای زمانی می باشد.

الگوی اول: الگوریتم فیلترکالمن

رهیافت فیلترکالمن از مجموعه معادلات ریاضی تشکیل شده است که معادلات حالت و اندازه‌گیری را به طور همزمان برای به دست آوردن حالات مشاهده نشده حل می کند. این روش با استفاده از اطلاعات متغیرهای مشاهده شده پس از حداقل کردن خطا، بردار مقادیر متغیر مشاهده نشده را به شکل بهینه ای تخمین می‌زند. فیلترکالمن یک روش بازگشتی برای محاسبهٔ تخمین های بهینهٔ بردار وضعیت مشاهده نشده براساس مجموعه اطلاعاتی مناسب است. این روش در مدل فضای حالت به کار گرفته می‌شود و الگوریتم آن یک راه حل بازگشتی برای بهینه کردن سیستم توصیف شده در فضای حالت ارائه می‌کند. این راه حل از داده‌های موجود برای بهینه‌کردن داده‌های قبلی استفاده می‌کند. فیلترکالمن روشی است که در آن به جای آنکه از ذخیرهٔ تمام داده‌های قبلی برای به‌دست آوردن داده‌های بعدی و تصحیح مدل استفاده شود، با استفاده از مدلهای ریاضی به طور مستقیم مدل تصحیح می‌شود. به بیان ریاضی معادلات فضای حالت در فرایند فیلترکالمن جهت تخمین متغیر حالت $X \in R^n$ به صورت زیر معرفی می‌شوند:

(ورودی الگوریتم فیلترکالمن؛ داده های قیمت، مدل واریانس، مشاهدات واریانس و خروجی بازدهی بردار می باشد).

الگوریتم شماره ۱: الگوی فیلتر کالمن

Algorithm 1 KALAMN FILTER Function: Input: price data, W = model variance, V=observation variance. Output: $\theta_{t|t.}$

Function KALMAN FILTER (Z_t)
If t = then
Initialize $\theta_{0|0} \leftarrow z_0$
Initialize $P_{0|0} \leftarrow 1$
End if
$\theta_{0|0-1} \leftarrow \hat{\theta}_{t-1|t-1}$.
$P_{t|t-1} \leftarrow P_{t-1|t} + W_t$.
$y_t \leftarrow \theta_{t|t} - \hat{\theta}_{t|t-1}$.
$S_t \leftarrow P_{t|t-1} + V_t$.
$K_t \leftarrow P_{t|t-1} S_t^{-1}$.
$\hat{\theta}_{t|t.} \leftarrow \hat{\theta}_{t|t-1} + K_t r_t$.
$P_{t|t} \leftarrow (I - k_t H_t) P_{t|t-1}$
Store $\theta_{t|t.}$ and $P_{t|t}$
Return $\theta_{t|t.}$
End function

که در آن $Z_t \in R^m$ نشان دهنده بردار مشاهدات هست، H_t ماتریس مشاهدات، A_t ماتریس سیستم است که موقعیت ما را در مرحله بعد پیش بینی می کند V_t و W_t مشاهده و ارزش ماتریس کوواریانس از اندازه (m*m) , (p*p) به ترتیب هستند. در نهایت در الگوریتم بالا ضریب k_t ضریب کالمن هست که باید طوری انتخاب شود که کوواریانس خطا حداقل شود که در اینصورت اندازه گیری انجام شده قابل اعتماد است.

الگوریتم فیلترکالمن یک مدل مقیاس پذیر ساده است: یعنی فقط یک متغیر قیمت سهام وجود دارد. با توجه به اینکه قیمت پایانی سهام- قیمت بسته شدن امروز (در زمان t) بهترین تخمین زننده برای قیمت فردا (در زمان t + 1) است. از این رو متغیر مدل حالت یک مجموعه ای واحد هست که واریانس با استفاده از داده های ماهانه در۷۲ نقطه برای هر شرکت تخمین زده می شود. این مدل با استفاده از میانگین متحرک داده (قیمت) است. گام بعدی استفاده از الگوریتم شماره ۲ می باشد. یعنی بعد از به روز کردن میانگین متحرک قیمتی بررسی می شود که آیا قیمت معاملات آتی بالاتر از حد متوسط است. اگر قیمت بالاتر از حد متوسط باشد، بررسی می گردد که آیا قبلاً موقعیتی را باز کرده یا خیر. اگر اینگونه نباشد، ما معاملات آتی (طولانی) و باز را خریداری می کنیم و پرتفولیو را به روز می کنیم. اگر قیمت پایین تر از میانگین متحرک است و اگر موقعیتی باز نداریم، با فروش (کوتاه) و به روز کردن پرتفولیو موقعیت جدیدی را باز می کنیم.

الگوی دوم: الگوریتم مومنتوم

پس از شناسایی سهام، ابتدا آزمون های اولیه آماری رگرسیون(نرمالیته، مانایی، عدم وجود هم خطی، خودهمبستگی و ...) را اجرا می نمائیم. این آزمونها به عنوان یک شاخص اولیه در مورد پایداری روابط می باشند. تجزیه و تحلیل رگرسیون نشان می دهد که بین دو سری زمانی رابطه وجود دارد. باقیمانده از رگرسیون به ما نشان می دهد که رابطه می تواند به طور بالقوه معکوس باشد. آزمایش Runs این ایده را به ما می دهد که چقدر زمان لازم است تا باقیمانده برگردد و حس همبستگی در باقیمانده را به وجود می آورد. ما همچنین با استفاده از VRT، میانگین برگشت در پراکندگی را بررسی می کنیم، که نشانگر اندازه بازه زمانی است که می تواند بر روی مدل تمرکز کند. مهمتر از همه ما با استفاده از VRP، معکوس بازدهی در دامنه ها را بررسی می کنیم، آستانه نهایی موفقیت یک گسترش است که باید در سبد سهام درج شود.

آزمونها ها نقش مهمی در شناسایی ویژگی های کلیدی در داده ها، مدل و اندازه بازه زمانی دارند. ساخت و کالیبراسیون مدل یک فرایند تکرار شونده است، زیرا ما باید بهترین اندازه بازه را در جایی کسب کنیم که بالاترین سود را در معاملات و همچنین پرتفوی بدست آوریم که مستلزم اینها شناسایی سرعت متوسط برگشت و اندازه گیری انحراف معیار می باشد تا بیشترین و بهینه ترین بازده را به دست آوریم.

پس از اجرای آزمونهای اولیه براساس الگوریتم فیلتر کالمن و با کمک خروجی آن الگوریتم مومنتوم اجرا می شود که در آن ورودی قیمتهای آتی روزانه می باشد تا اینکه با استفاده از الگوی مومنتوم بتوانیم به یک پرتفوی مناسب برسیم. جهت اجرا و انتخاب پرتفوی مناسب و استفاده از معیار نسبت شارپ در این مرحله از روش جگادیش و تیتمن(۱۹۹۳) استفاده می شود. بدین ترتیب که ابتدا در هر ماه براساس معیارهای مبتنی بر ریسک تعدیل شده سهام تمامی شرکتهای نمونه رتبه بندی می شود. براساس داده های آماری دوره های نگهداری، میانگین بازده تجمعی پرتفولیو براساس هر یک از معیارها محاسبه می شود تا امکان انتخاب پرتفوی مناسب براساس استراتژی مومنتوم وجود داشته باشد. سپس موقعیت سهام شرکتها براساس الگوی فیلتر کالمن در پرتفوی از جایگاه خرید و فروش مشخص می گردد. تا نهایتاً براساس مدل الگوی فیلتر کالمن و میانگین متحرک، اندازه، قیمت جاری، بازده تجمعی و موقعیت سهام

شرکت در پرتفولیو(خرید و فروش سهام)، مدل پرتفوی مناسب استخراج شود.

الگوریتم شماره۲: الگوی مومنتوم

Algorithm 2 Momentum: Input x: Log of index futures, Output: Momentum model portfolio.

# READ daily futures prices as $x_{(n,t)}$, where t is time stamp and n is the number of futures markets and $x \in R$.
# rebalance () is a function that takes the current portfolio, computes the mean in-vestment in the futures market and buys and sells so that capital is equally divided among futures markets.
# w=moving average window size
# IIt=($II_{(1,t)}$, $II_{(2,t)}$, … , $III_{(n,t)}$, where $II_{(i,t)}$=<$C_{(i,t)}$,$P_{(i,t)}$>
# $C_{(i,t)}$ is capital invested in futures contract I at time t
# P_t=($II_{(1,t)}$, $II_{(2,t)}$, … , $III_{(n,t)}$) position in portfolio.
# $P_{(i,t)} \in \{Buy. Sell\}$ position of futures I at time t.
# KALMAN FILTER is the kalman is the kalman Filter Function as described in Algorithm 1.
For I = 1 to n do
$C_{(I,0)} \leftarrow$ investment / n
$P_{(I,0)} \leftarrow$ Buy
End for
For t = 1 to T do
Ct ← rebalance (C_{t-1})
$P_t \leftarrow P_t$-1
For I = 1 to n do
$X_{(i,t)} \leftarrow$ get current price
$y_{(i.t)} \leftarrow$ KALMAN FILTER(x(i,t) # kalman filter prediction
$z_{(i,t)} \leftarrow$ moving average ($y_{(i,t)}$) $\frac{1}{w}\sum_{t-w}^{t} y_{(i.t)}$
if $x_{(i,t)}>z_{(i,t)}$ then
if $P_{(i,t)}$!=Buy then
$P_{(i,t)} \leftarrow$ Buy
End if
Else
If $P_{(i,t)}$= != Sell them
$P_{(i,t)} \leftarrow$ sell
End if
End if
End if
End for

الگوی سوم: الگوریتم استراتژی بلند مدت

در استراتژی بلندمدت سهام فقط خرید سهام صورت می گیرد بدین صورت که سهام هایی که از هم گروهی های خود از لحاظ بازدهی میانگین متحرک عقب مانده اند (طبق تئوری مالی، سهام شرکت ها اصولاً با اخبار مثبت در گروه بصورت هماهنگ حرکت می کنند) را مشخص و خریداری می‌کنیم. مدل استراتژی بلندمدت سهام یک مدل پایدار هست که در آن تخصیص سرمایه بصورت مساوی صورت می گیرد در این الگوریتم با فرض اینکه قیمت ابتدا و انتها را بدست آورده و کلیه معاملات را در زمان معاملاتی تنظیم می نماییم. در گام اول سهام را با بازده آنها به ترتیب نزولی مرتب نموده سپس تعداد سهام را براساس بازده به دو بخش و نیمه تقسیم می نماییم نیمه بالا سهام هایی با عملکرد بهتر نسبت به نیمه پایینی می باشد. ابتدا سهام را برای خرید مشخص نموده و سهام های موجود در نیمه بالایی را خریداری و سپس سهام های نیمه پایین را خریداری می نماییم. سپس مدل پرتفولیو را به روز نموده تا در مرحله بعدی به همه معاملات اختصاص یابد. به طور خاص، ما بدترین عملکرد را با این انتظار که آنها سهام دیگری را با عملکرد بهتر به دست آورند، خریداری می کنیم. به عنوان مثال در دوره فعلی در مجموعه داده هایی را که حداقل افزایش را داشته اند خریداری می نمائیم(سرمایه گذاری می کنیم). به عنوان مثال ، اگر ما ۵ نقطه داده در یک گروه داریم یعنی A ، B ، C ، D وE . بعد از رتبه بندی E در رتبه ۱ ، C در رتبه ۲ ، B در رتبه ۳ ، D در رتبه ۴ و A رتبه ۵ قرار دارد. بنابراین برای دوره بعدی ما D و A را سرمایه گذاری

(خرید) می کنیم زیرا آنها ضعیف ترین مجری ها هستند.

الگوریتم شماره۳: مدل استراتژی بلندمدت

Algorithm 3 Long Only: Input E: Stock returns, Output: Long Only portfolio.

READ stock returns prices as $\varepsilon_{(n.t)}$, where t is time stamp and n is the number or stocks and $\varepsilon_{(n.t)} \in R$
rebalance() is a function that takes the current portfolio, computes the mean investment in the futures market and buys and sells so that capital is equally divided among futures markets.
IIt=($II_{(1,t)}$, $II_{(2,t)}$, … , $III_{(n,t)}$), where $II_{(i,t)}$=<$C_{(i,t)}$,$P_{(i,t)}$>
$C_{(i,t)}$ is capital invested in futures contract i at time t.
C(t) is capital value of the portfolio at t.
P_t=($II_{(1,t)}$, $II_{(2,t)}$, … , $III_{(n,t)}$) position in portfolio.
$P_{(i,t)} \in \{Buy. Sell\}$ position of futures I at time t.
Let S be set of sectors.
Let s is a sector C S.
Let ε be set of equities iu sector S.
Let e be single equity.
Let £ be set of laggard stocks in a sector.
laggard() is a function that returns [$|\varepsilon|/2$],
$_{(I,0)} \leftarrow$ investment/n
end for
for t = 1 to T do
$C_{(t)} \leftarrow$ rebalance ($C_{(t-1)}$)
for s ∈ S do
$£_{(s,t)} \leftarrow$ laggard ($\varepsilon_{(s.t)}$)
For e ∈ ε_s do
Of $P_{(e,t)}$ = Own and e ∉ $£_{(s,t)}$ then
Sell $_{(e)}$
End if
End for
For e ∈ £s do
If $p_{(e,t)}$=Not-own then
Buy $_{(e)}$
End if
End for
End for
End for

الگوی چهارم: مدل هوشمند

اکنون که بازدهی حاصل شده از الگوریتم های مدلهای سرمایه گذاری کمی را بصورت ماهانه محاسبه نموده تا در مدل های هوشمند مورد استفاده قرار گیرند، زیرا تخصیص سرمایه را در مدل هوشمند به صورت ماهانه تغییر می دهیم. در این بخش، الگوریتم مدل هوشمند طراحی شده است که سرمایه را به مدلهای سرمایه گذاری کمی تخصیص می دهد. در این بخش با استفاده از الگوریتم فیلتر کالمن و توابع کلی میزان سرمایه بهینه به مدلهای سرمایه گذاری کمی اختصاص داده خواهد شد و سپس براساس معیار کِلی تلاش خواهد شد که نسبت شارپ به حداکثر برسد در الگوریتم کِلی نیز از همان مقدار سرمایه اولیه که در سایر الگوریتم‌ها استفاده شده استفاده خواهد شد.

الگوریتم بهینه کِلی

معیار کلی دارای بسیاری از ویژگی های مطلوب است اولاً، کلی میزان ثروت سهامداران را بدون ریسک ورشکستگی به حداکثر می رساند؛ و به طور جانبی میانگین هندسی را که به عنوان نرخ ترکیبی بازده سرمایه گذاری نیز شناخته می شود، حداکثر می کند. در جایی که نرخ بازده مرکب باشد، بازده ای است که هنگام بازگشت سرمایه از دوره قبلی به دست می آید و در یک سرمایه گذاری باقی می ماند و می تواند خود بازدهی را بدست آورد. ثانیا، از آنجا که کلی در مورد سرمایه گذاری مجدد است یا یک رویکرد چند دوره ای است، مهم است که یک سرمایه گذار میانگین هندسی را به حداکثر برساند. سوم، زمان پیش بینی شده برای رسیدن به ثروت مورد نظر در استفاده از کلی حداقل است. چهارم، استراتژی کلی نزدیک بین

است(کوتاه نگر) است، یعنی فقط باید فرصت و سرمایه های فعلی سرمایه گذاری در نظر گرفته شود، نه شرایط بعدی. در نهایت، مدل کلی اجازه می دهد تا سرمایه گذاران به راحتی میزان ریسک مورد نظر خود را با هزینه بازده مورد انتظار پایین تر تنظیم کنند (مک لین و همکاران، ۲۰۱۱).

از آنجا که هدف کلی به حداکثر رساندن لگاریتم ثروت می باشد با استفاده از معادله زیر وزن های مطلوب محاسبه شده:

$$max \sum_{t-1}^{T} log\left(\sum_{t-1}^{n} 1 + \left(w_{t(t)} r_{t(t)}\right)\right)$$

که در آن r_i اشاره به بازدهی مدلهای سرمایه گذاری کمی و w_i وزن ماکزیمم لگاریتم ثروت دارد که از وزن ها برای محاسبه بازدهی پرتفوی در یک زمان آینده (t+1) استفاده می شود.

الگوریتم شماره ۴: الگوریتم بهینه کلی

Algorithm 4 Optimal Kelly: Input = QIM returns, Output = Portfolio returns.

READ QIM returns as $X_{(n,t)}$, where t is time stamp and n is the number of QIM models.
$P_{(t)}$ s the value of the of the portfolio at l.
$W_{(t)}$ are the weights to allocate capital to the QIMs.
$C_{(t)}$ iuvestrneut capital.
$II_{(t)}$ is portfolio at current time, , where $II_{(t)} = <C_{(t)}, X_{(t)}>$/
reallocate () is a function that changes the proportion of capital invested in different QIMs according there weights, <II(t), $w_{(t)}$>.
optimiser the optimiser uses the quasi-uewton approach with the Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno (BFGS) algorithm.

$$X = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{tn} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{tn} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{T1} & X_{T2} & \dots & X_{tn} \end{bmatrix}$$

$W_{(0)} \leftarrow 0$
$P_{(0)} \leftarrow 0$
$for\ t\ =\ 1\ to\ T\ do$
$w_{(t)} \leftarrow optimiser\ (x_{(t)})$
$c_{(t)} \leftarrow reallocate\ (II_{(t-1)}.w_{(t)})$
$p_{(t)} \leftarrow \sum_{i=1}^{n} x_{(i)} c_{(t)}$
end for

۴- نتایج پارامترها و عملکردهای مدل

برای ایجاد پرتفوی مالی هوشمند با در نظر گرفتن پارامترهای مربوط به شرکت‌های فعال در میان صنایع مختلف بازار بورس تهران در بازه زمانی ۷۲ ماهه از اول فروردین ماه سال ۱۳۹۲ تا آخر اسفندماه ۱۳۹۷ که ۱۸۰ شرکت برای انتخاب سبد سهام با استفاده از الگوریتم های فیلترکالمن، الگوریتم روش مومنتوم و استراتژی بلندمدت و در نهایت مدل هوشمند که براساس الگوریتم بهینه کلی می باشد انتخاب و استفاده شده است. برای این منظور الگوریتم های مورد نظر ابتدا در نرم افزار متلب(Matlab) اجرا شده و براساس آن میانگین بازدهی، میانگین نوسانات و میانگین نسبت شارپ برای مدل های سرمایه گذاری کمی(مومنتوم و سرمایه گذاری بلندمدت) محاسبه شده و استخراج شده است. بطوریکه نتایج بیانگر بالا بودن میانگین بازدهی و نوسانات در استراتژی بلندمدت سهام نسبت به مدل مومنتوم می باشد جایی که انتظار نوسانات کمتری در استراتژی بلندمدت سهام را داشتیم. همچنین در هر دو مدل نسبت شارپ بصورت منفی می باشد که بیانگر ایجاد کننده بازده منفی می باشد. که نتایج حاصل از عملکرد اجرای الگوریتم ها در جدول ۱ آمده است.

پس از اجرای مدلهای سرمایه گذاری کمی حال نوبت به مدل های هوشمند سرمایه گذاری(توابع کلی و فیلتر کالمن) می رسد که سرمایه را به مدلهای سرمایه گذاری کمی اختصاص می دهند. نتایج مدل هوشمند بیانگر بازدهی بالاتر نسبت به مدل های سرمایه‌گذاری کمی می باشد جایی که بهترین نسبت شارپ و بهترین اجرا را در مدل بهینه کلی مشاهده می شود. هنگامی که نسبت شارپ در هر یک از برنامه ها تجزیه و تحلیل می شود برای مدل هوشمند پیشنهادی و برای چارچوب بسیار امیدوار کننده است. زیرا مدل هوشمند دارای بیشترین بازدهی و بالطبع آن بهترین نسبت شارپ را دارا می باشد.

با توجه به مقادیر بهینه بدست آمده مشاهده می شود که الگوریتم بهینه کلی کارایی بهتری از خود نشان داده و دارای بازدهی بالاتری نسبت به مدل های دیگر می باشد و همچنین نسبت شارپ بهتری را درا می باشد هر چند دارای نوسانات بیشتری از مدل های سرمایه گذاری کمی می باشد اما طبق تئوری های مالی پاداش بیشتر در اثر صرف ریسک بیشتر می باشد که مدل کلی در حداقل سازی ریسک نیز کارا عمل می نماید.

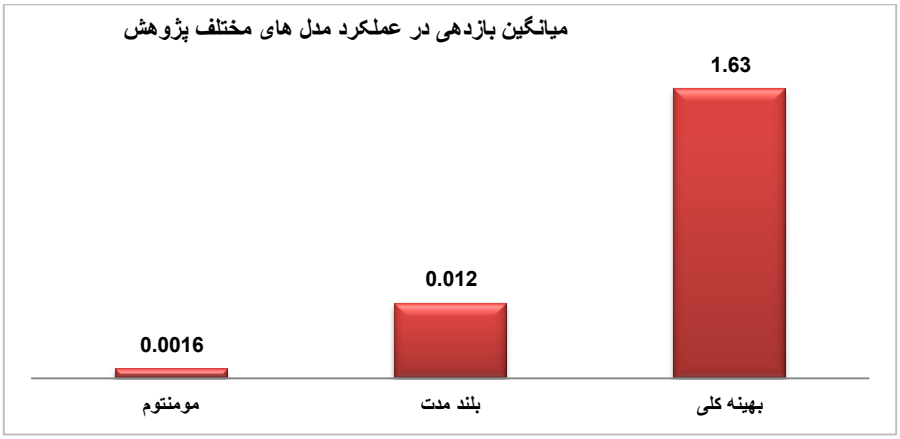
جدول شماره۱: عملکرد مدلهای سرمایه گذاری کمی

شرح	مومنتوم	استراتژی بلندمدت
میانگین بازدهی	۰/۰۰۱۶۲۴	۰/۰۱۲۱۷۷
میانگین نوسانات	۰/۰۰۰۱۳۶	۰/۰۳۱۴۱۸
میانگین نسبت شارپ	-۱۲/۷۳	-۰/۷۷۷۵۵

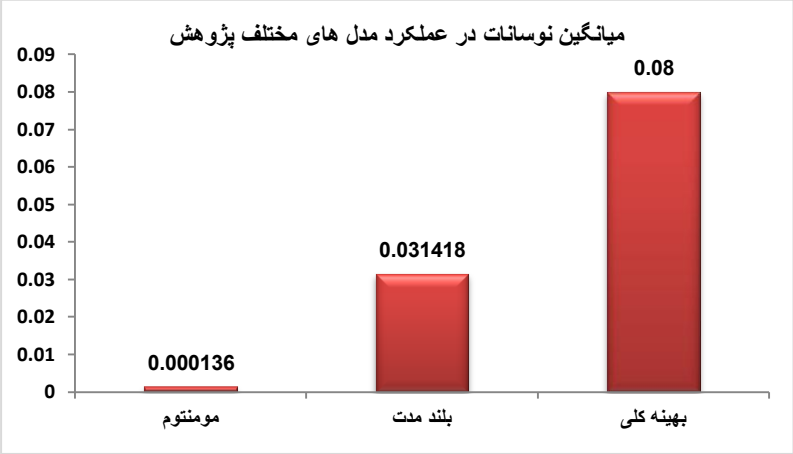
جدول شماره ۲: عملکرد مدل هوشمند در مقایسه با مدلهای سرمایه گذاری کمی

شرح	مومنتوم	استراتژی بلندمدت	مدل بهینه کلی
میانگین بازدهی	۰/۰۰۱۶۲۴	۰/۰۱۲۱۷۷	۱/۶۳
میانگین نوسانات	۰/۰۰۰۱۳۶	۰/۰۳۱۴۱۸	۰/۰۸
میانگین نسبت شارپ	-۱۲/۷۳	-۰/۷۷۷۵۵	۱/۰۷

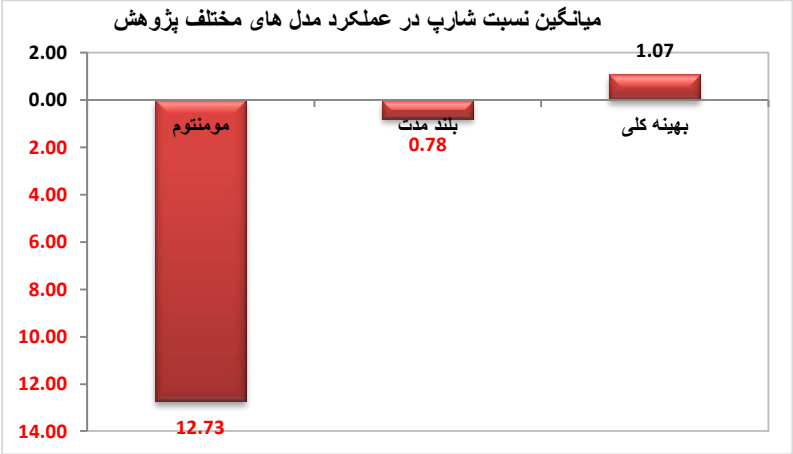
حال به تشریح نمودارهای هریک از حالات مختلف الگوریتم ها پرداخته می شود.



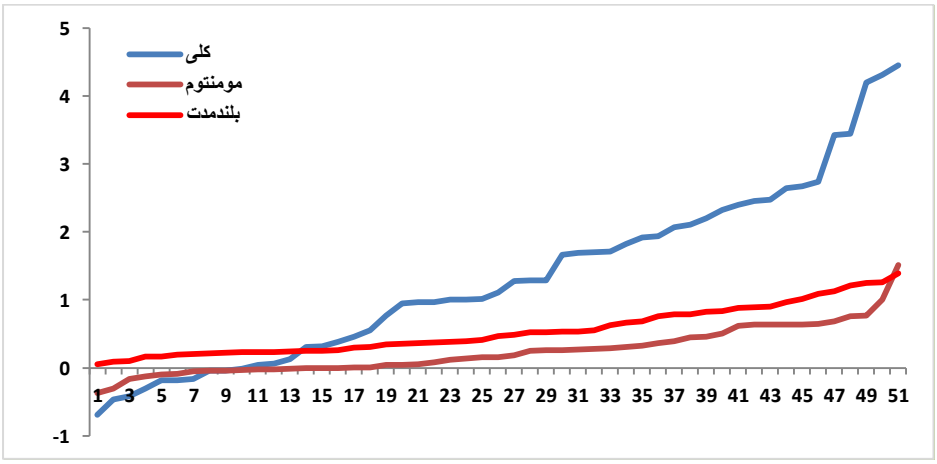
شکل شماره ۱، میانگین نوسانات مدلهای مختلف پژوهش



شکل شماره ۲، میانگین بازده مدلهای مختلف پژوهش



شکل شماره ۳، میانگین نسبت شارپ مدلهای محتلف پژوهش



شکل شماره۴، میانگین بازدهی مدل های مختلف

۵- بحث و نتیجه گیری

در این پژوهش، سعی شده است تا ضمن ارایه یک مدل ابتکاری جهت ارایه مدلی برای ایجاد پرتفوی مالی هوشمند در بازار بورس اوراق بهادار تهران و تشکیل پرتفوی بهینه با استفاده از الگوی فیلترکالمن و توابع کِلی، مورد بررسی و اجرا قرار گرفت. به منظور ایجاد و طراحی مدل بهینه و هوشمند پرتفوی ابتدا از مدلهای سرمایه گذاری کمی در قالب الگوریتم مومنتوم و الگوریتم سرمایه گذاری بلندمدت که از شاخص های تکنیکی و نسبت های بنیادین جهت انتخاب پرتفوی بهینه بهره می گیرد استفاده شده است و برای مدل هوشمند از الگوریتم توابع کلی و فیلتر کالمن بهره گرفته شد. پارامترهای ارزش گذار و مورد مقایسه در این مدل ها میانگین بازدهی ، میانگین نوسانات و میانگین نسبت شارپ در هر چهار مدل مختلف در بازه زمانی ۶ سال در طی سالهای ۱۳۹۲-۱۳۹۷ که داده ها بصورت ماهانه استخراج و در نرم افزار اکسل مرتب شده اند و از آنها می توان به عنوان سالهای نزولی، متعادل و رشدی نام برد. با توجه به مبانی نظری و پیشینه پژوهش و تحقیقات صورت گرفته توسط محقق، پژوهش حاضر هم از حیث روش انجام کار و هم چنین از حیث کارهای مشابه صورت گرفته دارای نوآوری می باشد.

اولاً تاکنون در ایران پرتفوی مالی هوشمند با استفاده از توابع کِلی طراحی و ایجاد نشده است.

ثانیاً در هیچ یک از کارهای صورت گرفته در سوابق تجربی خارج از کشور از روش پژوهش حاضر و مدل فیلتر کالمن برای ایجاد پرتفوی در بازار سهام استفاده نشده است. ثالثاً در پژوهش حاضر از الگوریتم-های مدلهای سرمایه گذاری کمی به عنوان زیربنایی برای ایجاد پرتفوی مالی هوشمند توابع کِلی بصورت همزمان و ترکیبی استفاده خواهد شد.

نتایج به دست آمده حاکی از آن است که میزان بازدهی و نسبت شارپ درمدل پیشنهادی(الگوریتم بهینه کلی)، نسبت به بقیه مدل ها هموارتر و کاراتر و بهتر بوده است. مقدار این موارد در الگوریتم مومنتوم از الگوریتم سرمایه گذاری بلند مدت پایین تر بوده است و در نهایت مدل بهینه کلی توانسته است عملکرد بهتری نسبت به الگوریتم های مدل سرمایه گذاری کمی از خود نشان دهد. در نتیجه مقدار ارزش پرتفوی مستخرج از الگوریتم بهینه کلی بالاتر از الگوریتم های دیگر می باشد. نتایج به دست آمده بیانگر کارایی بهتر روش مدل بهینه کلی در انتخاب سبد سهام بوده است. که نشان دهنده کاراتر بودن الگوریتم و مدل پیشنهادی می باشد.

همانطور که عملکرد پرتفوهای تشکیل شده با الگوریتم های پیشنهادی نشان می دهد که میانگین بازدهی در الگوریتم بهینه کلی بعد از یک مدت کوتاهی همیشه بالاتر از میانگین بازدهی در الگوریتم مومنتوم و سرمایه گذاری بلندمدت می باشد که یافته های پژوهش دقیقاً مطابق با یافته های ساران مهران و همکاران(۲۰۱۶) می باشد.

با توجه به اینکه تخصیص بهینه منابع از مهمترین و بنیادی ترین کارها در تشکیل پرتفوی و بهینه سازی پرتفوی می باشد تا براساس آن وزن هر سرمایه گذاری در پرتفوی مشخص می گردد به فعالین بازار، شرکتهای سرمایه گذاری و سبدگردان و نهادهای مالی پیشنهاد می گردد با توجه به یافته های پژوهش از توابع کلی که وظیفه اصلی تخصیص بهینه سرمایه را بر عهده دارد استفاده نموده و یافته های پژوهش حاضر را در جهت حداکثر سازی بازده سرمایه گذاریهای خود مدنظر قرار دهند.

به محققینی که علاقه مند به انجام تحقیقات در حوزه های مرتبط با موضوع این تحقیق هستند پیشنهاد می شود که در زمینه های زیر پژوهش های خود را انجام دهند:

- استفاده از سایر الگوریتم های هوشمند و چند گانه
- ترکیب الگوریتم بهینه کلی با سایر الگوریتم های هوشمند

- استفاده از سایر الگوریتم های سرمایه گذاری کمی مثل سهام جفتی و استفاده از شاخص بازار
- تعریف توابع هدف با در نظر گرفتن سایر معیار های ریسک و عملکرد پرتفو و مقایسه نتایج با یکدیگر.
- بررسی اثر دخیل نمودن سایر نسبت های بنیادی و شاخص های تکنیکال در ساختار الگوریتم.
- بررسی اثر سایر فاکتورها و سبک های سرمایه گذاری مانند اثر نقدشوندگی، حجم معاملات و ...به عنوان ورودی مدل
- بررسی عامل های تاثیرگذار اقتصاد کلان در نوسانات قیمت دارایی های سرمایه ای
- تقسیم بندی بازار به صنایع و انجام مقایسه های بین صنایع مختلف.
- استفاده از نمونه آماری بزرگتر و غیره.

فهرست منابع

* امیری، مقصود؛ حدادیان، حمیدرضا؛ زندیه، مصطفی؛ رئیس زاده، علی(۱۳۹۵)، ارائه مدل معامله هوشمند در بازارهای مالی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک، منطق فازی و شبکه عصبی، مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، شماره بیست و هفتم .
* پاکیزه، کامران؛ رحمانی، میلاد؛ عزیززاده، فاطمه(۱۳۹۶)، بررسی اثر سبک های سرمایه گذاری و تشکیل پرتفوی بهینه با استفاده از شاخص های تکنیکی و نسبت های بنیادی، فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه گذاری، سال ششم، شماره ۲۱، بهار ۱۳۹۶.
* تهرانی،رضا، عسگر نوربخش، مدیریت سرمایه گذاری، چالز پی جونز، نگاه دانش، ۱۳۸۸.
* تهرانی، رضا؛ هندیجانی زاده، محمد؛ نوروزیان لکوان، عیسی(۱۳۹۳)، ارائه رویکردی جدید برای مدیریت فعال پرتفوی وانجام معاملات هوشمند سهام با تاکید بر نگرش انتخاب ویژگی، فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه گذاری، سال چهارم، شماره سیزدهم.
* حیدری، حسن؛ ملابهرامی، احمد(۱۳۹۱) نگرشی پویا بر ارزش در معرض خطر پرتفوی سهام بر پایه مدلهای حالت فضا و فیلتر کالمن، سومین کنفرانس ریاضیات مالی و کاربردها، ۱۱ و ۱۲ بهمن ماه، دانشگاه صنعتی شریف.
* خضری، محسن؛ سحابی، بهرام؛ یتوری، کاظم و حیدری، حسن(۱۳۹۴)؛ بررسی اثرات متغیر زمانی تعیین کننده های تورم:مدل های فضا – حالت، فصلنامه مدلسازی اقتصادی، سال نهم، شماره ۲ پیاپی، ۳۰، صص ۲۵-۴۶.
* جمشیدی عینی، عصمت و خالورزاده، حمید(۱۳۹۵)؛ بررسی روش های هوشمند در حل مساله سبد سهام مقید در بازار سهام تهران، فصلنامه علمی پژوهشی دانش مالی تحلیل اوراق بهادار، سال نهم، شماره سی و یکم، پائیز ۱۳۹۵.
* فلاح شمس، میرفیض، عطایی، یونس (۱۳۹۲) ، مقایسه کارائی معیارهای استراتژی شتاب (مومنتوم)در انتخاب پرتفوی مناسب "مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار.
* قاسمی دشتکی، مهسا (۱۳۸۷)، پیش بینی قیمت گذاری عرضه های عمومی اولیه، ترکیب شبکه های عصبی و الگوریتم ژنتیک، پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته حسابداری دانشگاه تهران.
* رهنمای رودپشتی، فریدون؛ نیکومرام، هاشم؛ طلوعی اشلقی، هاشم؛ حسین زاده لطفی، فرهاد؛ بیات، مرضیه(۱۳۹۴)؛ بررسی کارایی بهینه سازی پرتفوی براساس مدل پایدار با بهینه سازی کلاسیک در پیش بینی ریسک و بازده پرتفوی، مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار شماره بیست و دوم، بهار ۱۳۹۴.
* رهنمای روپشتی، کاظم چاوشی، ابراهیم صابر (۱۳۹۳) " بهینه سازی پرتفوی متشکل از سهام

صندوقهای سرمایه گذاری مشترک بورس اوراق بهادار تهران با رویکرد الگوریتم ژنتیک"، فصلنامه دانش سرمایه گذاری، سال سوم، شماره دوازدهم.

* راعی، رضا و سعیدی علی(۱۳۹۱)، مبانی مهندسی مالی و مدیریت ریسک .چاپ پنجم، تهران: انتشارات:سمت؛83 .
* رضایی, سیدمهدی, باغجری, محمود, مظاهری فر, پوریا. (۱۳۴۸). مقایسه شبکه عصبی، سیستم فازی عصبی و مدل AR در پیش-بینی بازده اوراق بهادار و الگوریتم جستجوی موجودات همزیست با ممتیک آن در بهینه سازی پرتفوی .دانش مالی تحلیل اوراق بهادار۱۲(۴۳)، ۱۰۹-۱۱۹.
* Asmerilda Hitaj, Giovanni Zambruno, (2016), Are Smart Beta strategies suitable for Hedge Funds portfolios?, Review of Financial Economics, doi:10.1016/j.rfe.2016.03.001
* Achelis(2000).. Journal of Accounting Research. s.l.: Vision Books,
* Ang A., Chen J. and Xing Y. (2006). Downside Risk: Review of Financial Studies, 19(4), 1191-1239.
* Black, F. (1972). Capital Market Equilibrium with Restricted Borrowing. s.l.: Journal of Finance,. 45(3), 444-455.
* Chetran saran mehra, adam prugel , Bennett, (2016), Constructing Smart Portfolios From Data Driven Quantitative Investment Models, A thesis submitted in partial ful_llment for the degree of Doctor of Philosophy.
* Raza , Muhammad Wajid & Ashraf, Dawood, (2018). "Does the Application of Smart Beta Strategies Enhance Portfolio Performance? The Case of Islamic Equity Investments," Working Papers 2018-1, The Islamic Research and Teaching Institute (IRTI).
* N. Baba, T. Kawachi, T. Nomura, Y. Sakatani, (2004), "Utilization of NNs & Gas for improving the traditional technical analysis in the financial market", SICE annual Conference, 2(2), 1409-1412.
* Torrubiano, R.and Suarez ,A(2008)."A Hybrid Optimization Approach to Index Tracking", Operation Research Journal, 166
* Fabozzi, F. J. & Markowitz, H. M. (2011). Equity Valuation and Portfolio Management. Vol. 199. John Wiley & Sons.
* Hirabayashi, A., Aranha, C., & Hitoshi, I. (2009). Optimization of the trading rule in foreign exchange using genetic algorithm. . s.l.: ACM Genetic and Evolutionary Computation,. 1529-1536.
* Huang, C., Chang, C., Li, Kuo, Bo, Lin, Hsieh, T., & Chang, B. (2012). A genetic-search model for first-day returns using fundamentals. . s.l.: Machine Learning and Cybernetics, 5, 1662-1667.
* Kaucic, M. (2012). Portfolio management using artificial trading
* Huck, N. & Afawubo, K. (2015). Pairs trading and selection methods: is cointegration superior? Applied Economics. 47(6): pp: 599-613.
* Harry Markowitz, 1991, Portfolio selection: efficient diversification of investments, Wiley-Blackwell.
* Hon, M.T., I. tonks (2003). "Momentum in the UK stock markets", Journal of Multinational Financial Management. 13 (1):43-70.
* Jegadeesh, N. and Titman, S. (1993). Returns to buying winners and selling losers: implications for stock market efficiency, Journal of Finance, Vol. 48, pp. 65-91.
* Kalman, R. E. (1960). A new approach to linear filtering and prediction problems. Journal of basic Engineering. 82(1): 35-45.
* Simpson, P.W., & Osborn, D.R., & Sensier, M. (2001). Modelling businesscycle movements in the UK economy. Economica, 68: 243-267.
* Usta, I., Y.M. Kantar (2011). Mean-Variance-Skewness-Entropy Measures: A Multi-Objective Approach for Portfolio Selection, Entropy. 13: 117-133.
* W. F. Sharpe, "Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk," The Journal of Finance, pp. 425–442, 1964.
* S. Ross and R. Roll, "The arbitrage theory of capital asset pricing," Journal of Economic Theory, vol. 13, pp. 341–360, 1976.
* L. MacLean, E. O. Thorp, and W. T. Z. W. T., The Kelly Capital Growth Investment Criterion, L. MacLean, E. O. Thorp, and W. T. Z. W. T., Eds.
* World Scientific Press, 2011.

* J. T. Moskowitz, Y. H. Ooib, and L. Pedersenb, “Time series momentum,” Journal of Financial Economics, vol. 104, pp. 228–250, 2011.
* E. Gatev, W. N. Goetzmann, and K. G. Rouwenhorst, “Pairs trading: Performance of a relative-value arbitrage rule,” Review of Financial Studies, vol. 19, pp. 797–827, 2006.
* J. Kelly, “A new interpretation of information rate,” Information Theory, vol. 2, pp. 185–189, 1956.
* Zhu, H., Wang, Y., Wang, K. and Chen, Y. (2011) .Particle Swarm Optimization (PSO) for the constrained portfolio optimization problem. s.l.: Expert Systems with Applications,. 38: 10161-10169.

یادداشت‌ها

[1] Momentum
[2] Hun and Tankez
[3] Jegadeesh and Titman
[4] Andrews
[5] Gary Bishop
[6] Simon
[7] Vajid Reza and Ashraf
[8] Saran Mehra et al
[9] Hitach and Zemberano
[10] Chris et al
[11] Nia tu et al
[12] Dus et al
[13] Merjarn and Bula