

Although asset allocation through an index fund is the basis of all new investment strategies, it is less considered in Iran.

ارائه یک الگوی استوار با درجه محافظه کاری تنظیم‌شدنی برای تشکیل صندوق شاخصی در بورس اوراق بهادار تهران

محمد مهدی بحر العلوم^{۱*}، مقصود امیری^۲، میرفیض فلاح شمس لیلاستانی^۳

۱- استادیار، دانشگاه علامه طباطبائی، دانشکده مدیریت و حسابداری، گروه مالی و بانکداری

۲- استاد، دانشگاه علامه طباطبائی، دانشکده مدیریت و حسابداری، گروه مدیریت صنعتی

۳- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، دانشکده مدیریت، گروه مدیریت بازرگانی

چکیده

در این پژوهش، استراتژی تخصیص اثربخش دارایی‌های مالی در شرایط عدم اطمینان با هدف کاهش ریسک، کنترل هزینه، کاهش حجم معاملات و تحقق بازده مطلوب مطالعه شده است. برای پیاده‌سازی این استراتژی، تشکیل صندوق شاخصی با محدودیت عدد صحیح و در چارچوب بهینه‌سازی استوار مدنظر قرار گرفت. با وجود اینکه تخصیص منابع با یک صندوق شاخصی، اساس تمامی راهبردهای نوین سرمایه‌گذاری است، در بازار سرمایه ایران کمتر به آن توجه شده و نیز ویژگی استواری آن به‌لحاظ پاسخگویی به عدم قطعیت در بازده مدنظر دارایی‌ها تاکنون مطالعه نشده است. در این پژوهش، غربال‌گری سهام شرکت‌های پذیرش شده در بورس بر مبنای ارزش بازار برای تعیین ارقام تشکیل‌دهنده صندوق و الگوسازی مسئله ردیابی شاخص به صورت کمینه‌سازی قدر مطلق انحراف بین بازده مدنظر صندوق و شاخص بورس انجام شده است. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها بر انتخاب ۲۰ سهم و بروزرسانی ترکیب صندوق بعد از سه ماه دلالت دارد. همچنین محاسبات انجام‌شده بر عملکرد مناسب صندوق‌های تشکیل‌شده در ردیابی شاخص مبتنی بر معیارهایی چون همبستگی، ریشه دوم میانگین مربعات خطا و بازده مازاد با بهره‌گیری از داده‌های خارج از نمونه تأکید دارد.

واژه‌های کلیدی: صندوق شاخصی، ردیابی شاخص، بهینه‌سازی استوار.

مقدمه

سیاست گذاران کلان بازار سرمایه به موازات توسعه کمی و کیفی این بازار، به طراحی و ارائه ابزارهای مالی نوین برای تأمین علایق متفاوت در انتخاب سرمایه گذاری‌ها، بیش از پیش توجه کرده‌اند. در همین راستا قانون توسعه ابزارها و نهادهای مالی جدید و به تبع آن راه اندازی صندوق‌های سرمایه گذاری،^۱ امکان جدیدی را برای فعالان بازار سرمایه فراهم کرد تا از مزایای حاصل از تنوع بخشی و افزایش نقدشوندگی بهره‌مند شوند. رشد تعداد سرمایه گذاران حقیقی و حقوقی در این صندوق‌ها و افزایش حجم منابع سرازیر شده در آنها، تأییدی بر توسعه موفق این نهاد مالی در بازار سرمایه ایران به شمار می‌آید.^۲ این در حالی است که توسعه کمی صندوق‌های سرمایه گذاری، ضرورت تنوع بخشیدن به انواع صندوق‌ها را برای جذب سلیقه‌های مختلف اجتناب ناپذیر کرده است. همچنین تخصیص بهینه منابع مالی، یکی از مهم ترین و اصلی ترین مسائل در تصمیم‌های سرمایه گذاری است و می‌تواند به همراه خود اطمینان سرمایه گذار را فراهم کند و کارایی را نیز در بازار افزایش دهد.^۳ از این رو در شرایط امروز حاکم بر فضای سرمایه گذاری بازار سرمایه ایران با مشخصه عدم قطعیت، بهره‌گیری از استراتژی‌های نوین تخصیص منابع که مشخصه اصلی آن کنترل ریسک، دستیابی به بازده مناسب و کاهش حساسیت به عدم قطعیت در داده‌های ورودی است، اهمیتی دو چندان یافته است. با توجه به مزیت‌های سرمایه گذاری غیرفعال و محصولات مبتنی بر شاخص، استراتژی مد نظر در تخصیص دارایی‌ها در این پژوهش بر آن متمرکز شد و

ضمن ارائه الگویی برای تشکیل صندوق شاخصی، کاستی‌های الگوهای کلاسیک سرمایه گذاری در پاسخگویی به عدم قطعیت نیز با بهره‌گیری از بهینه‌سازی استوار بر طرف شد. صندوق شاخصی با دستیابی به بازده مشابه شاخص، کاهش ریسک سرمایه گذاری به سطح نظام مند و نهادینه سازی افق سرمایه گذاری بلندمدت به جای عکس‌العمل‌های مستمر به تغییر جهت‌های بازار، پایه و اساس پارادایم نوین سرمایه گذاری محسوب می‌شود.^۴ نهادی که در بازار سرمایه ایران کمتر به آن توجه شده است. هدف از این پژوهش، ارائه الگویی برای تخصیص بهینه دارایی‌های مالی با تشکیل یک صندوق شاخصی است و جنبه نوآوری آن الگوسازی مسأله با درجه استواری/ محافظه کاری تنظیم شدنی است. بدین منظور مسأله اسمی^۳ پژوهش مبنی بر کمینه‌سازی خطای ردیابی صندوق نسبت به شاخص بورس، الگوسازی و در گام بعد، نظیر استوار^۴ آن با استفاده از الگوریتم دقیق بهینه‌سازی حل می‌شود. در نهایت تحلیل مقایسه‌ای بین عملکرد صندوق‌های تشکیل شده ناشی از حل جداگانه مسأله اسمی و نظیر استوار آن با استفاده از آزمون‌های آماری برای پاسخگویی به فرضیه‌های پژوهش استفاده می‌شود.

در ادامه، ابتدا مبانی نظری و پیشینه پژوهش و سپس روش تجزیه و تحلیل داده‌ها و نتایج تجربی بیان می‌شود. در پایان نیز از مباحث مطرح شده و یافته‌های پژوهش، نتیجه‌گیری و پیشنهادهایی برای پژوهش‌های آینده ارائه می‌شود.

۲ پایگاه اطلاع رسانی بازار سرمایه ایران، مدیریت نظارت بر نهادهای مالی

مبانی نظری

منطق زیربنایی برای توسعه یک شاخص، پایش عملکرد بخش‌هایی از بازار مالی مانند بازار سهام، مشتقات مالی یا اوراق بهادار با درآمد ثابت است. ۱۸؛ به‌طور مثال شاخص کل بورس تهران، یک شاخص وزنی از ارزش بازار سهام شرکت‌های پذیرش شده در بورس است. سرمایه‌گذاران اغلب به دنبال ردیابی و دستیابی به عملکردی مشابه یک شاخص خاص هستند. دلیل این موضوع پتانسیل نسبتاً بالا برای کسب بازده با حداقل ریسک و هزینه‌های معاملاتی و مدیریتی است. در مقابل، دسته‌ای از سرمایه‌گذاران فعال قرار دارند که با بهره‌گیری از تجربه و دانش خود در انتخاب اوراق بهادار و یا زمان‌بندی مناسب تصمیم‌های خرید و فروش به دنبال دستیابی به بازده فراتر از شاخص هستند. به‌طور میانگین، سرمایه‌گذاران بازده بازار منهای هزینه‌های معاملاتی را کسب می‌کنند و هرچه فعال‌تر باشند، با هزینه‌های معاملاتی، تأثیرات بازار و هزینه‌های مالیاتی بیشتر مواجه می‌شوند. ۱۳؛ بنابراین سرمایه‌گذاران فعال^۱ نه تنها باید بر هزینه‌های معاملاتی غلبه کنند، بلکه فرضیه بازار کارا امکان حدس زدن صحیح نوسان‌های بازار یا یک سهم خاص در یک بازه زمانی بلندمدت را تقریباً غیرممکن می‌داند. از این رو ردیابی شاخص بازار با سرمایه‌گذاری در تعداد محدودی از سهام تشکیل‌دهنده آن یا به عبارتی تشکیل صندوق شاخصی، یک استراتژی جذاب سرمایه‌گذاری به شمار می‌آید. در این راستا الیس^۲ (۱۹۷۵) در مقاله‌ای با عنوان «بازی بازنده‌ها» نشان داد ۸۵ درصد مدیران فعال نتوانسته‌اند بازده بالاتر از شاخص را در یک بازه زمانی ۱۰ ساله به دست آورند. ۲۲. جزئیات بیشتر درباره

مزایا و معایب ردیابی شاخص در مقاله اندرو^۳ و همکاران (۱۹۸۶) بررسی شدنی است. ۱. علاوه بر انتخاب استراتژی مناسب سرمایه‌گذاری، بهینه‌سازی منابع تخصیص‌پذیر به سبد دارایی‌ها بسیار حائز اهمیت است. به‌طور کلی بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری را به دو رویکرد دقیق و تصادفی می‌توان طبقه‌بندی کرد. امروزه استفاده از رویکردهای تصادفی به دلیل پیچیده شدن محیط و عدم قطعیت پیش روی سرمایه‌گذاران بسیار رواج یافته است که نمونه بارز آن بهینه‌سازی استوار است. این روش برای الگوسازی اثر اغتشاش در داده‌های ورودی و یافتن جواب ممکن برای مسائل برنامه‌ریزی ریاضی به کار می‌رود. بهینه‌سازی استوار با کمی چشم‌پوشی از تابع هدف، موجه بودن جواب را تضمین می‌کند؛ به عبارت دیگر در صورت انحراف پارامترهای غیرقطعی الگو نسبت به مقادیر مدنظر، همچنان جواب موجه است و در محدودیت‌های الگو صدق خواهد کرد. ۱۱. بازده مدنظر برآورد شده در فرایند تشکیل صندوق شاخصی، پارامتری غیرقطعی و احتمال انحراف بازده واقعی نسبت به آن وجود دارد. از این رو دستیابی به جواب‌های بهینه‌ای که در مقابل عدم قطعیت در داده‌ها ایمن باشد و به حفظ کیفیت مناسب ردیابی صندوق شاخصی در صورت رخداد حداکثر انحراف منجر شود، دلیل استفاده از این رویکرد بهینه‌سازی در این پژوهش است.

پیشینه پژوهش

در پژوهش‌های مختلف، روش‌های گوناگونی برای ردیابی شاخص پیشنهاد شده است: مید و سالکین^۴ (۱۹۹۰)، جانسن و فن دیک^۵ (۲۰۰۲) از یک

انجام شد ۱۳. روش دیگر کمینه‌سازی خطای ردیابی، تعریف تابع هدف به صورت خطی و استفاده از برنامه‌ریزی خطی است. کونو و ویجایانایاک^۵ (۲۰۰۱) انحراف مطلق میانگین بین بازده صندوق و شاخص را با استفاده از روش شاخه و کران کمینه کرده و یک الگوی جایگزین را برای انحراف نامطلوب ارائه کردند ۱۵. رادلف و همکاران^۶ (۱۹۹۹) نیز کمینه‌سازی خطای ردیابی با استفاده از برنامه‌ریزی خطی را در دستور کار قرار دادند و چهار معیار خطی متفاوت از خطای ردیابی را مطالعه کردند ۲۱. رویکرد متفاوت دیگر برای ردیابی شاخص، استفاده از الگوی میانگین - واریانس مارکوویتز و تعریف واریانس به عنوان خطای ردیابی نسبت به شاخص منبأ است. رول^۷ (۱۹۹۲) خطای ردیابی درجه دو را با استفاده از چارچوب میانگین - واریانس و اضافه کردن یک محدودیت در خصوص بتای صندوق شاخصی کمینه کرد ۱۹. روهودر^۸ (۱۹۹۸) یک الگوی مارکوویتز را توسعه داد که در تابع هدف خود عبارتی مرتبط با هزینه‌های معاملاتی را در بر می‌گرفت. یکی از مشکلات اساسی استفاده از چنین الگوهایی که از بازده مدتنظر استفاده می‌کنند، عدم قطعیت بازده دارایی‌ها و حساسیت الگو به آنها است، به گونه‌ای که انحراف کوچک در برآورد پارامترهای الگو به اندازه زیادی در اوزان سهام صندوق، بهینه و حتی موجه بودن آن تأثیر می‌گذارد ۲۰. برای غلبه بر این مشکل، چارچوب بهینه‌سازی استوار را برای اولین بار سویستر^۹ (۱۹۷۳) معرفی کرد ۲۴. وی الگویی پیشنهاد کرد برای کلیه مقادیر امکان‌پذیر برای پارامترهای غیرقطعی که به مجموعه محدودی تعلق

تابع هدف درجه دو استفاده کردند که واریانس بین بازده صندوق و شاخص را کمینه می‌کند ۱۴، ۱۶. برخی دیگر از پژوهشگران تلاش کردند پیچیدگی الگوی ریاضی را با الگوریتم‌های ابتکاری و برآورد جواب‌های خوب و نه لزوماً بهینه مدیریت کنند؛ به طور مثال بیزلی^۱ و همکاران (۲۰۰۳) از یک الگوریتم ابتکاری تکاملی استفاده کردند که علاوه بر حل مسأله کمینه‌سازی خطای ردیابی غیرخطی، محدودیت هزینه‌های معاملاتی و تعدیل ترکیب صندوق را نیز در بر می‌گرفت ۳. گیلی و کلزی^۲ (۲۰۰۱) از یک الگوریتم ابتکاری پذیرش تا حد آستانه برای کمینه‌سازی خطای ردیابی با در نظر گرفتن محدودیت هزینه‌های معاملاتی استفاده کردند ۱۲. کولمن^۳ و همکاران (۲۰۰۶) کمینه‌سازی خطای ردیابی از درجه دو را با محدودیت عدد صحیح و با بهره‌گیری از یک الگوریتم غیر محدب تدریجی مطالعه کردند. این الگوریتم ابتدا جواب بهینه کلی مسأله را بدون لحاظ کردن محدودیت پیدا می‌کند و سپس به صورت تدریجی به سمت تعداد دارایی‌های الزام‌شده در مسأله برای تشکیل صندوق، با یک سری جواب‌های بهینه موضعی متمایل می‌شود و در نتیجه به یک جواب تقریباً بهینه دست می‌یابد ۶. حیفی و همکاران (۲۰۰۹) از الگوریتم‌های ابتکاری ژنتیک پایه برای حل مسأله کمینه‌سازی خطای ردیابی از درجه دو و تشکیل صندوق شاخصی در بورس اوراق بهادار تهران استفاده و در نهایت به تحلیل مقایسه‌ای آنها اقدام کردند. الگوسازی مسأله با لحاظ کردن محدودیت عدد صحیح و ارائه یک معیار غربال‌گری ابتکاری برای افزایش همگرایی الگوریتم پیشنهادی به سمت جواب بهینه

.....
.....
.....
.....
.....

.....
.....
.....
.....
.....

داشت، جواب بهینه و ممکن باقی بماند. بدین ترتیب الگوی حاصل بیش از حد محافظه کارانه بود؛ زیرا جواب بهینه را بازای تحقق بدترین حالت ممکن برای بردار ضرایب غیرقطعی تولید می کرد، به گونه ای که تا حد زیادی از جواب بهینه مسئله اسمی فاصله می گرفت. بن تال و نیمروفسکی^۱ در سال های ۱۹۹۸-۲۰۰۰ و همچنین ال-گوی^۲ در بازه زمانی ۱۹۹۸-۱۹۹۹ گام های مؤثرتری در زمینه بهینه سازی استوار برداشتند. رویکرد پیشنهادی این پژوهشگران، درجه محافظه کاری کمتری داشت و شامل حل نظیر استوار می شد. در الگوهای پیشنهادی آنها عدم قطعیت به صورت بیضوی مد نظر قرار گرفت. مشکل روش آنها این بود که یک مسئله برنامه ریزی خطی را به شکل برنامه ریزی درجه دوم یا مخروطی در می آورد. ۱۰. برای حل این مشکل برتسیماس و سیم^۳ (۲۰۰۴) فرمول بندی استواری را ارائه کردند که در آن نظیر استوار یک مسئله برنامه ریزی خطی، شکل خطی خود را حفظ می کرد، درجه محافظه کاری آن کنترل شدنی بود و در بهینه سازی گسسته نیز کاربرد داشت. منطق زیربنایی رویکرد پیشنهادی آنها این بود که در طبیعت هیچ گاه به صورت همزمان تمام متغیرهای غیرقطعی، مقادیر بدینانه خود را اختیار نکرده و حداکثر تعداد مشخصی از آنها نسبت به مقدار اسمی خود نوسان خواهد کرد. ۴. با بهره گیری از این رویکرد پیشنهادی، چن و ون^۴ (۲۰۱۲) الگویی استوار برای انتخاب صندوق شاخصی ارائه کردند. الگوی پیشنهادی آنها یک برنامه عدد صحیح بود که شباهت بین دارایی های صندوق و شاخص را مبتنی بر معیار همبستگی بیشینه می کرد. ۵. اگرچه چارچوب بهینه سازی استوار در حوزه های مختلف مالی از جمله

مدیریت ریسک و سرمایه گذاری به کار گرفته شده است؛ کاربرد آن در ردیابی شاخص مغفول مانده است. برخی از مطالعات انجام شده با حوزه هایی نزدیک به پژوهش حاضر معرفی می شود: سیفی و همکاران (۲۰۰۴) الگوی یکپارچه استوار در مسئله انتخاب سهام تک دوره ای را توسعه دادند. در این پژوهش بر چگونگی انطباق الگوی استوار بر تابع مطلوبیت سرمایه گذار و عدم قطعیت نرخ بازده سهام تأکید شد. ۲۳. مدرس و همکاران (۲۰۰۹) بهینه سازی استوار سبد مالی دارای اختیار معامله را بررسی کردند. در این پژوهش، کارایی الگوی استوار با درجه محافظه کاری کنترل شدنی در مقایسه با الگوی استوار پیش محافظه کارانه با استفاده از ۱۰۰ نوع سهم و حدود ۴۰۰ اختیار معامله آزموده شد. ۱۷. در پژوهش گایورونسکی^۵ و همکاران (۲۰۰۵) معیارهای مختلف برای خطای ردیابی به تفصیل بررسی شده است. ۹.

با توجه به مبانی نظری و پیشینه پژوهش، فرضیه های پژوهش بدین شرح ارائه می شود:

۱- استفاده از بهینه سازی استوار در انتخاب صندوق شاخصی به بهبود عملکرد آن در دوره ارزیابی منجر می شود.

۲- تفاوت معناداری بین بازده صندوق شاخصی و شاخص کل بورس تهران وجود ندارد.

۳- بین تعداد سهام موجود در صندوق شاخصی و تحقق بازده مشابه شاخص، ارتباط معنادار وجود دارد.

روش پژوهش

با توجه به هدف این پژوهش مبنی بر کمینه سازی خطای ردیابی که تابعی از قدر مطلق اختلاف بین بازده مد نظر صندوق و شاخص مبنا است (یا دستیابی به

۶ خطای ردیابی معیار سنجش تحقق بازده مشابه شاخص است.

$$\text{Min } \left| \sum_{i=1}^n r_i w_i - R \right| \quad (۱)$$

Subject to:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (۲)$$

$$\sum_{i=1}^n z_i = k \quad (۳)$$

$$LBz_i < w_i < UBz_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (۴)$$

$$z_i \in \{0, 1\} \quad (۵)$$

رابطه (۱) نشان‌دهنده خطای ردیابی و تابع هدف در مسئله مدتظر است. معادله دوم و چهارم به محدودیت وزن ارقام تشکیل‌دهنده صندوق و معادله سوم و پنجم به محدودیت عدد صحیح اشاره دارد. براساس محدودیت (۳) اگر در دارایی i سرمایه‌گذاری شود، مقدار Z_i برابر یک و در غیر این صورت برابر صفر می‌شود. پارامتر k نشان‌دهنده تعداد سهامی است که سرمایه‌گذار مایل به سرمایه‌گذاری در آن است؛ بنابراین این محدودیت، سرمایه‌گذاری در k سهم از n سهم را تضمین می‌کند.

برای ارائه الگوی استوار، عدم قطعیت بازده مدتظر سهام منتخب و شاخص، به صورت یک بازه تغییرات خطی و حداکثر به میزان یک انحراف از استاندارد در نظر گرفته می‌شود. این بازه تغییرات چنین تعریف می‌شود:

$$U_r = \{\tilde{r}_i \in (E(r_i) - \sigma_{r_i}, E(r_i) + \sigma_{r_i})\} \quad \dots$$

$$U_R = \{\tilde{R} \in (E_R - \sigma_R, E_R + \sigma_R)\} \quad (۶)$$

حداکثر همبستگی بین این دو بردار بازده پژوهش حاضر را در طبقه پژوهش‌های همبستگی می‌توان دسته‌بندی کرد. جامعه آماری پژوهش مشتمل بر شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران است و قلمرو زمانی آن بازه بین سال‌های ۱۳۸۹-۱۳۹۲ را در بر می‌گیرد. روش تحلیل داده‌ها بر برنامه‌ریزی ریاضی متمرکز است و برای تهیه داده‌های ورودی به الگو و حل آن از نرم‌افزار و استفاده شده است. مسئله اصلی این پژوهش، تخصیص بهینه دارایی‌ها در یک صندوق شاخصی است؛ به عبارت دیگر جستجوی مجموعه‌ای مناسب از سهم موجود در شاخص کل بورس تهران و وزن بهینه آنها در زمان مدتظر است که بتواند به گونه‌ای اثربخش، عملکردی مشابه شاخص را در بازه زمانی (۴) ایجاد کند. ۱. برای فرموله کردن مسئله ابتدا باید نشان‌گذاری انجام‌شده را معرفی و تشریح کرد:

R : بازده مدتظر شاخص کل

r_i : بازده مدتظر سهم i ام از مجموعه سهام در اختیار

برای تشکیل صندوق شاخصی

k : تعداد سهام تشکیل‌دهنده صندوق شاخصی که براساس ترجیحات سرمایه‌گذار مشخص می‌شود. در این پژوهش مقادیر مختلفی برای k شامل ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ در نظر گرفته می‌شود.

Z_i : متغیری است که در صورت وجود سهم i ام در صندوق شاخصی معادل ۱ و در غیر این صورت برابر صفر در نظر گرفته می‌شود.

W_i : وزن سهم i ام در صندوق شاخصی

برای حل مسئله تشکیل صندوق شاخصی با در نظر گرفتن محدودیت عدد صحیح، ابتدا مسئله به صورت زیر فرموله می‌شود:

می کنند، رابطه (۹) و (۱۰) به شکل زیر بازنویسی می شود:

(۱۱)

$$\begin{aligned} \text{Min } y \\ \sum_{i=1}^n E_{ri}W_i - E_R + \max_{\{S \subseteq J, |S|=\Gamma\}} \left\langle \sum_{i \in S} \sigma_{ri}W_i + \sigma_R \right\rangle \leq y. \end{aligned} \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^n E_{ri}W_i - E_R - \max_{\{S \subseteq J, |S|=\Gamma\}} \left\langle \sum_{i \in S} \sigma_{ri}W_i + \sigma_R \right\rangle \geq -y$$

مسئله بیشینه سازی داخلی در رابطه (۱۱) و (۱۲)

به شکل خطی زیر بازنویسی می شود:

(۱۳)

$$\begin{aligned} \max_{\{S \subseteq J, |S|=\Gamma\}} \left\langle \sum_{i \in S} \sigma_{ri}W_i + \sigma_R \right\rangle \\ \xrightarrow{\text{yields}} \max \left\langle \sum_{i=1}^n \sigma_{ri}W_i \alpha_i + \sigma_R \alpha_0 \right\rangle \end{aligned}$$

.. s. t.:

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i + \alpha_0 \leq \Gamma.$$

$$\alpha_i, \alpha_0 \in \{0,1\}$$

الگوی کمینه سازی دوگان معادل بیشینه سازی فوق

عبارت است از:

(۱۴)

$$\text{Min } \sum_{i=1}^n v_i + v_0 + \Gamma \lambda.$$

Subject to:

$$\lambda + v_i \geq \sigma_{ri}W_i \quad \forall i.$$

$$\lambda + v_0 \geq \sigma_R$$

$$v_i \geq 0 \quad \forall i.$$

$$\lambda \geq 0$$

در ادامه، الگوی کمینه سازی ۱۴ با الگوی

بیشینه سازی معادل آن در نامعادله (۱۱) و (۱۲)

جایگزین می شود. همچنین برای اعمال محدودیت عدد

صحیح یا به عبارتی اعمال عدم قطعیت روی حداکثر Γ

الگوی همتای استوار به دنبال جواب بهینه ای است

که با توجه به بازه تغییرات مد نظر برای پارامترهای

غیرقطعی الگو، بهترین جواب را در بدترین حالت

ممکن حاصل کند. نحوه تبدیل مسأله اسمی به نظیر

استوار به شکل زیر است:

(۷)

$$\text{Min}_w \text{Max}_{\tilde{r}_i \in U_r, \tilde{R} \in U_R} \left| \sum_{i=1}^n \tilde{r}_i W_i - \tilde{R} \right|.$$

برای به دست آوردن الگوی پیشنهادی به شکل

کلاسیک خطی، یک متغیر کمکی $y \geq 0$ به عنوان حد

بالای انحراف تعریف می شود:

(۸)

$$\left| \sum_{i=1}^n \tilde{r}_i W_i - \tilde{R} \right| \leq y.$$

(۹)

$$\text{if } \tilde{r}_i W_i \geq \tilde{R}: \left| \sum_{i=1}^n \tilde{r}_i W_i - \tilde{R} \right| \leq y \approx \sum_{i=1}^n E_{ri}W_i$$

$$+ \sum_{i=1}^n \sigma_{ri}W_i - E_R + \sigma_R \leq y.$$

(۱۰)

$$\text{if } \tilde{r}_i W_i < \tilde{R}: \left| \sum_{i=1}^n \tilde{r}_i W_i - \tilde{R} \right| \leq y \approx \sum_{i=1}^n E_{ri}W_i$$

$$- \sum_{i=1}^n \sigma_{ri}W_i - E_R - \sigma_R \geq -y.$$

در ادامه . به عنوان مجموعه دربرگیرنده ضرایب

غیرقطعی (بازده مد نظر سهام انتخاب شده و شاخص

بورس) و . به عنوان زیرمجموعه ای از . با اندازه ای

برابر Γ نشان گذاری می شود؛ به عبارت دیگر Γ ، درجه

محافظه کاری و مؤید حداکثر تعداد متغیرهای غیرقطعی

الگو است. با توجه به اینکه حداکثر Γ تا از ضرایب

غیرقطعی مقادیری غیر از ارزش اسمی خود را اختیار

تاریخ ۹۱/۸/۱۰ مشخص و سری زمانی تعدیل شده قیمت آنها بر حسب افزایش سرمایه و سود نقدی در بازه ۸۹/۱/۷-۹۱/۸/۱۰ برای محاسبه بازده مدنظر صندوق شاخصی استفاده شد. بازه زمانی ۹۱/۸/۱۰-۹۲/۱/۵ برای ارزیابی عملکرد صندوق شاخصی در مقایسه با شاخص کل و به عنوان دوره آزمون (داده‌های خارج از نمونه) در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

در این بخش برای سنجش عملکرد الگوی پیشنهادی، مسأله با اندازه‌های مختلف و تحت سناریوهای متفاوت از درجه محافظه کاری با نرم افزار ... حل و جواب‌های حاصل از آن مقایسه می‌شود. میزان سرمایه‌گذاری اولیه برای تشکیل صندوق شاخصی ۱۰ میلیون ریال و حد بالا و پایین میزان سرمایه‌گذاری در هر سهم به دلیل حفظ سطح تنوع صندوق در بازه ۰/۲-۰/۱۰۱۰ مفروض شد. برای بررسی رابطه بین تعداد سهام تشکیل دهنده صندوق شاخصی و معیارهای عملکردی آن، مسأله با اندازه‌های مختلف حل و بهترین صندوق‌های حاصل تحت سناریوهای مختلف از محدودیت عدد صحیح (.) مقایسه شد:

متغیر غیرقطعی انتخاب شده (بازده مدنظر سهام منتخب و شاخص) محدودیت زیر اضافه می‌شود:

(۱۵)

$$v_i \leq z_i \quad \forall i \dots$$

در نهایت هم‌تای استوار مسأله پژوهش با درجه محافظه کاری کنترل‌شدنی به شکل زیر به دست می‌آید:

(۱۶)

Min y

Subject to:

$$\sum_{i=1}^n E_{ri} w_i - E_R + \sum_{i=1}^n v_i + \Gamma \lambda + v_0 \leq y$$

$$\sum_{i=1}^n E_{ri} w_i - E_R - \sum_{i=1}^n v_i - \Gamma \lambda - v_0 \geq -y$$

$$\lambda + v_i \geq \sigma_{ri} w_i \quad \forall i .$$

$$+ v_0 \geq \sigma_R$$

$$v_i \geq 0 \quad \forall i$$

$$v_i \leq z_i \quad \forall i ..$$

$$\lambda \geq 0$$

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

$$\sum_{i=1}^n z_i = k$$

$$LBz_i < w_i < UBz_i, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

$$z_i \in \{0, 1\}$$

یکی از معیارهای رایج فیلترینگ شرکت‌های

پذیرش شده در بورس اوراق بهادار برای تشکیل

صندوق شاخصی، ارزش بازار سهام آنها است ..۸.

بدین منظور ۲۰ سهم دارای بیشترین ارزش بازار در

جدول (۱) تحلیل حساسیت شاخص‌های عملکردی تحت سناریوهای مختلف از محدودیت عدد صحیح

محدودیت عدد صحیح (K)	ضریب همبستگی (ρ)	ریشه میانگین مربعات خطا (. . .)	متوسط بازده اضافی
۵	٪۴۱/۳۷	۰/۰۰۴۱	٪۰/۳۲
۱۰	٪۵۴/۲۱	۰/۰۰۲۰	٪۰/۱۱
۱۵	٪۷۳/۵۷	۰/۰۰۱۲	٪۰/۱۰
۲۰	٪۷۷/۸۸	۰/۰۰۰۸۶	٪۰/۰۲

توجه به اینکه سطح معناداری از سطح خطای ۰/۰۲۵ کمتر است، فرض صفر یعنی نبود رابطه بین تعداد سهام تشکیل‌دهنده صندوق و خطای ردیابی رد و بدین ترتیب فرضیه سوم پژوهش تأیید می‌شود. با توجه به وجود رابطه مثبت و مستقیم بین تعداد سهام صندوق و کیفیت ردیابی شاخص، تحلیل در خصوص اثرگذاری سایر معیارها، بر صندوق‌های ۲۰ سهمی معطوف می‌شود که بهترین عملکرد را داشته‌اند.

برای بررسی اثربخشی رویکرد استوار در فرایند بهینه‌سازی، حساسیت مقدار تابع هدف و معیارهای ردیابی شاخص با تغییر درجه محافظه کاری با استفاده از داده‌های خارج از نمونه (آزمون) تحلیل می‌شود. درجه محافظه کاری، تابعی از تعداد متغیرهای غیرقطعی الگو (بازده مدّ نظر سهام و شاخص) است که در صندوق‌های ۲۰ سهمی بین صفر تا ۲۱ متغیر خواهد بود؛ به عبارت دیگر درجه محافظه کاری برابر صفر نشان‌دهنده قطعی بودن همه متغیرها در الگو یا همان مسأله اسمی است و برابری آن با ۲۱ به معنای اعمال عدم قطعیت کامل در خصوص بازده مدّ نظر ۲۰ سهم تشکیل‌دهنده صندوق و بازده مدّ نظر شاخص بورس است.

همان‌طور که در جدول (۱) مشخص است، با افزایش تعداد دارایی‌های صندوق، معیارهای عملکردی بهبود می‌یابد. علت این موضوع، افزایش شباهت بین ترکیب صندوق و شاخص است که در نتیجه به افزایش ۳۶ درصدی ضریب همبستگی و بهبود دقت ردیابی تا ۱۰ برابر منجر می‌شود. دقت ردیابی برترین صندوق شاخصی تشکیل شده (۲۰ سهمی) مناسب است، به گونه‌ای که مقدار متناظر آن در پژوهش‌های مشابه بین ۰,۰۰۰۱-۰,۰۰۱ متغیر است. ۱۷,۳,۲۴.. نکته در خور توجه در این میان، نرخ رشد نزولی معیارهای ذکر شده در نتیجه افزایش تعداد سهام است، به گونه‌ای که اختلاف بین ضریب همبستگی صندوق ۱۵ سهمی و ۲۰ سهمی صرفاً به حدود ۴ درصد می‌رسد. از این رو برقراری تعادل بین بهبود شاخص‌های عملکردی و هزینه‌های معاملاتی در نتیجه افزایش تعداد سهام صندوق شاخصی باید همواره مدّ نظر مدیران سرمایه‌گذاری قرار گیرد.

برای بررسی آماری رابطه بین تعداد سهام تشکیل‌دهنده صندوق و خطای ردیابی از ضریب همبستگی استفاده شد که مقدار آن برابر ۹۳/۴۰٪- است و سطح معناداری آن ۰/۰۱۶۵ محاسبه شد. با

جدول (۲) تحلیل حساسیت تابع هدف نسبت به تغییرات Γ

میزان افزایش	مقدار تابع هدف	درجه محافظه کاری (Γ)
۰	۰/۰۰۰	۰
۰/۰۱۲۸	۰/۰۱۲۸	۵
۰/۰۰۴۷	۰/۰۱۷۵	۱۰
۰/۰۰۴۶	۰/۰۲۲۹	۱۶
۰/۰۰۱۵	۰/۰۲۴۴	۲۱

می‌شود. نکته در خور توجه در جدول فوق، افزایش کندتر تابع هدف بازای Γ ‌های بالاتر است. این موضوع با نتایج سایر پژوهش‌های انجام شده از جمله مدرس و

با توجه به نتایج ارائه شده در جدول (۲) روند افزایشی تابع هدف یا به عبارتی فاصله گرفتن آن از مقدار بهینه مسأله اسمی با افزایش Γ براحتی مشاهده

همکاران (۲۰۰۹) سازگار است. ۱۷. اگرچه افزایش میزان محافظه کاری و کاهش ریسک پذیری الگو به انحراف آن از مقدار بهینه مسأله اسمی منجر می شود؛ شاخص های عملکردی صندوق در دوره آزمون، مزیت ناشی از اعمال عدم قطعیت در الگو یا به عبارتی اثربخشی بهینه سازی استوار را تأکید می کند:

جدول (۳) تحلیل حساسیت شاخص های ردیابی نسبت به تغییرات Γ

متوسط بازده اضافی	ریشه میانگین مربعات خطا (.. ..)	ضریب همبستگی (ρ)	درجه محافظه کاری (Γ)
٪۰/۳۴	۰/۰۰۴۰۸	٪۴۲/۳۷	۰
٪۰/۱۱	۰/۰۰۱۳۵	٪۷۲/۲۱	۵
٪۰/۱۰	۰/۰۰۱۱۹	٪۷۵/۸۱	۱۰
٪۰/۰۲	۰/۰۰۰۸۶	٪۷۷/۸۸	۱۶
٪۰/۳۴	۰/۰۰۴۰۲	٪۴۴/۱۹	۲۱

همان طور که اشاره شد، اعمال عدم قطعیت در الگو به بهبود در خور توجه عملکرد صندوق و ردیابی شاخص توسط آن منجر شده است، به گونه ای که با افزایش مقدار Γ همبستگی بین بازده صندوق و شاخص بورس، افزایش و ریشه میانگین مربعات خطا (انحراف بازده صندوق از شاخص) کاهش یافته است. عموماً در نظر گرفتن عدم قطعیت - به معنای خوش بینانه نگاه کردن به مسأله - باعث غیر واقعی شدن یا انحراف بازده مدنظر صندوق نسبت به مقدار تحقق یافته آن در دوره آزمون می شود. همچنین نگرش بیش از حد بدبینانه به مسأله نیز باعث از دست دادن فرصت های بسیار خواهد شد. نتایج حاصل از حل نظیر استوار مسأله پژوهش با درجه محافظه کاری تنظیم شدنی نیز مؤید این موضوع و با سایر پژوهش های مشابه از جمله چن و ون (۲۰۱۲)، قره خانی (۲۰۱۴) و برتسیماس و سیم (۲۰۰۴) سازگار است. ۵،۴،۱۱. همان طور که در جدول (۳) مشخص است، نگاه خوشبینانه به مسأله مبنی بر تحقق قطعی بازده مدنظر شاخص و صندوق به کاهش کیفیت ردیابی در دوره آزمون منجر شده است، به گونه ای که ضریب همبستگی در محدوده ۴۲ درصد قرار گرفته است. همچنین نگاه واقع گرایانه به مسأله و اعمال عدم قطعیت به بهبود در خور توجه شاخص های ردیابی منجر شده است. لحاظ نمودن عدم قطعیت برای ۱۶ متغیر از ۲۱ متغیر غیر قطعی الگو، باعث بهبود کیفیت ردیابی شاخص و دقت آن تا ۱۰ برابر و افزایش ضریب همبستگی تا حدود ۷۸ درصد شده است. همچنین دیدگاه بیش از حد بدبینانه مبنی بر اعمال عدم قطعیت در خصوص بازده مدنظر تمامی سهام منتخب و شاخص، به کاهش کیفیت ردیابی (ضریب همبستگی حدوداً ۴۴ درصد) در بازه زمانی حدوداً ۴ ماهه دوره ارزیابی منجر شد. برای آزمون معناداری اختلاف بین عملکرد سه صندوق شاخصی حاصل از حل مسأله اسمی و نظیر استوار آن از آزمون مقایسه زوج ها استفاده شد:

جدول (۴) تحلیل مقایسه ای صندوق های شاخصی استوار و غیر استوار بر اساس معیار همبستگی

اختلاف زوج ها		میانگین خطای استاندارد	فاصله اطمینان ۹۵٪ اختلاف		درجه آزادی	سطح معنی داری
میانگین	انحراف استاندارد		حد بالا	حد پایین		
۰/۳۴۷۸۳۳۳	۰/۰۴۶۷۲۵۷	۰/۰۲۶۹۷۷۱	۰/۴۶۳۹۰۶۴	۰/۲۳۱۷۶۰۲	۱۲/۸۹	۰/۰۰۶

نتایج حاصل از پژوهش حنیفی (۲۰۰۹) سازگار است، برتری نسبی عملکرد صندوق‌های حاصل از حل مسأله نسبت به شاخص کل بورس در دوره ارزیابی است، به گونه‌ای که معیار متوسط بازده اضافی برای همه صندوق‌های تشکیل شده مثبت است. ۱۳. برای آزمون معناداری این اختلاف، سری زمانی بازده صندوق با ۱۶ متغیر غیرقطعی در مقابل بازده شاخص کل در دوره ارزیابی با آزمون مقایسه زوج‌ها بررسی شد:

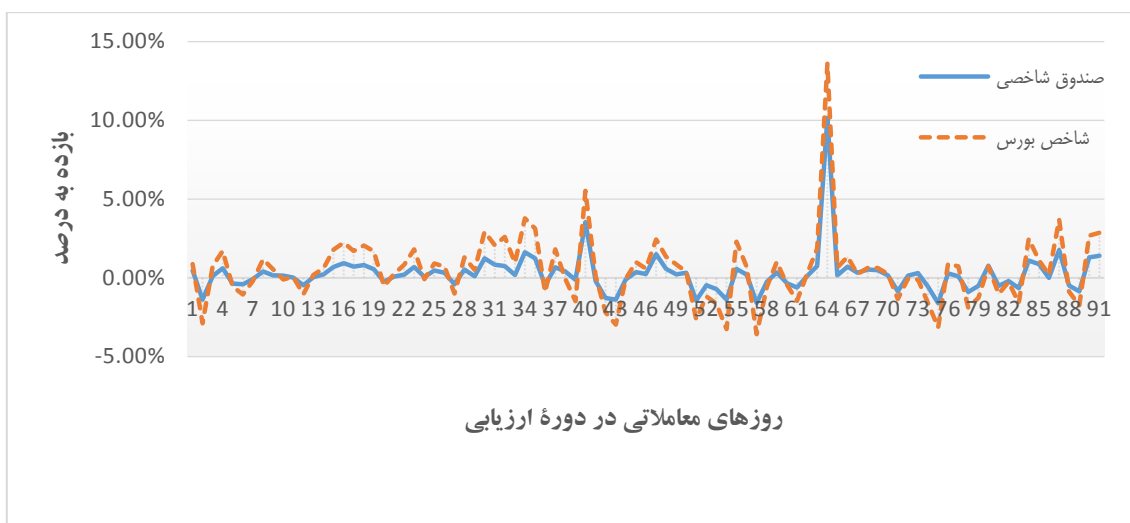
با توجه به کوچک‌تر بودن سطح معناداری دو دامنه ۰/۰۰۶ از سطح خطای ۰/۰۲۵، فرض صفر مبنی بر نبود اختلاف بین عملکرد صندوق‌های استوار و غیراستوار یا به عبارتی تأثیرگذار نبودن چارچوب بهینه‌سازی استوار رد می‌شود؛ به عبارت دیگر فرضیه اول پژوهش به لحاظ آماری تأیید می‌شود و با توجه به مثبت بودن میانگین اختلاف، عملکرد برتر صندوق‌های شاخصی استوار به اثبات می‌رسد. یکی دیگر از نکات حائز اهمیت که با

جدول (۵) تحلیل مقایسه‌ای سری زمانی بازده صندوق در مقابل شاخص در دوره ارزیابی

اختلاف زوج‌ها					درجه آزادی	سطح معنی‌داری
میانگین	انحراف استاندارد	میانگین خطای استاندارد	فاصله اطمینان ۹۵ درصد اختلاف			
			حد بالا	حد پایین		
۰/۰۰۰۱۷۹۶	۰/۰۰۸۳۰۹۵	۰/۰۰۰۸۷۱۰	۰/۰۰۱۹۱۰۱	-۰/۰۰۱۵۵۰۸	۰/۲۰۶	۰/۸۳۷

با توجه به شاخص‌های ارائه شده، صندوق تشکیل شده را با اعمال عدم قطعیت بر ۱۶ متغیر آن می‌توان صندوق شاخصی برتر ارزیابی کرد. برای درک بهتر موضوع، نمودار بازده صندوق برتر در مقابل شاخص بورس به شکل زیر ارائه می‌شود:

با توجه به بزرگ‌تر بودن سطح معناداری (۰/۸۳۷) حاصل از آزمون آماری نسبت به سطح خطای ۰/۰۲۵، فرض صفر رد نمی‌شود و با وجود متوسط بازده اضافی ۰/۰۲ درصدی صندوق ردیابی کننده نسبت به شاخص، این اختلاف معنادار نیست و در نتیجه فرضیه دوم پژوهش نیز تأیید می‌شود.



نمودار (۱) عملکرد صندوق شاخصی در مقابل شاخص کل بورس در دوره ارزیابی .

به دلیل اثرپذیری کمتر آن در بازار، نزولی است که در نهایت به تحقق متوسط بازده مازاد ۰/۰۲ درصد منجر شده است. در ادامه ترکیب صندوق بهینه و اوزان متناظر آن بررسی می‌شود:

همان‌طور که مشخص است، رفتار مشابه شاخص به دلیل همبستگی بالا و نیز شدت تغییرات محدودتر در بازار نزولی از ویژگی‌های صندوق شاخصی پیشنهادی است. برآیند عملکرد بهتر صندوق نسبت به شاخص

جدول (۶) ترکیب صندوق شاخصی استوار بهینه و اوزان متناظر آن

وزن	گروه صنعتی	سهام
۲۰/۰۰٪	مخابرات	مخابرات ایران .
۴/۱۶٪	فلزات اساسی	ملی صنایع مس ایران
۱/۰۰٪	محصولات شیمیایی	پتروشیمی مارون
۳/۱۹٪	فلزات اساسی	فولاد مبارکه اصفهان
۵/۰۴٪	شرکت‌های چندرشته‌ای صنعتی	سرمایه گذاری امید
۳/۴۵٪	شرکت‌های چندرشته‌ای صنعتی	سرمایه گذاری غدیر
۱/۳۷٪	بانک‌ها و مؤسسات اعتباری	بانک پاسارگاد
۳/۷۱٪	استخراج کانه‌های فلزی	معدنی و صنعتی گل گهر
۳/۹۹٪	استخراج کانه‌های فلزی	معدنی و صنعتی چادرملو
۲/۸۱٪	فلزات اساسی	فولاد خوزستان
۱/۰۰٪	محصولات شیمیایی	گسترش نفت و گاز پارسیان
۴/۴۳٪	محصولات شیمیایی	پتروشیمی پردیس
۴/۳۸٪	بانک‌ها و مؤسسات اعتباری .	بانک ملت
۲۰/۰۰٪	بانک‌ها و مؤسسات اعتباری .	بانک صادرات ایران
۴/۲۸٪	بانک‌ها و مؤسسات اعتباری .	بانک پارسیان
۴/۸۸٪	بانک‌ها و مؤسسات اعتباری .	بانک تجارت
۴/۱۳٪	بانک‌ها و مؤسسات اعتباری .	بانک اقتصاد نوین
۴/۶۰٪	محصولات شیمیایی	پالایش نفت اصفهان
۱/۰۰٪	محصولات شیمیایی	پتروشیمی زاگرس
۲/۵۷٪	محصولات شیمیایی	پتروشیمی بندر عباس
۱/۰۰	جمع کل	

انتخاب می‌شوند. این مهم در جدول (۶) به‌وضوح دیده می‌شود. .

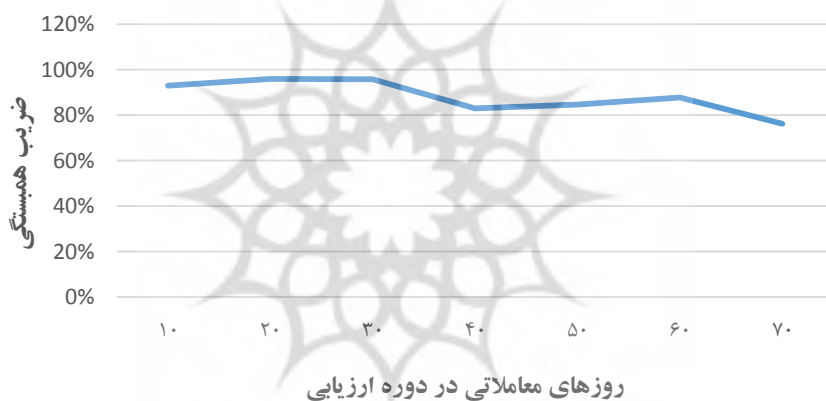
بر اساس طبقه‌بندی انجام‌شده در جدول (۶) گروه‌های صنعتی بانک‌ها و مؤسسات اعتباری، مخابرات و محصولات شیمیایی به ترتیب با ۳۹/۰۴ درصد، ۲۰ درصد و ۱۴/۶ درصد بیشترین سهم از ترکیب صندوق را به خود اختصاص داده‌اند و در رده بعدی، صنایعی چون فلزات اساسی و استخراج کانه‌های

به‌طور کلی استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی دقیق برای حل مسأله اسمی و تعیین وزن ارقام تشکیل‌دهنده سبد سرمایه‌گذاری به تخصیص منابع در سقف و کف تعیین‌شده به هر دارایی منجر می‌شود، در حالی که اعمال عدم قطعیت در الگو، به توزیع وزن بین دارایی‌ها منجر می‌شود و همین امر دلیل اصلی عملکرد بهتر صندوق‌های شاخصی استوار نسبت به سایر صندوق‌هایی است که در نتیجه حل مسأله اسمی

کمتر از ۶ ماه باشد ۳۰٪. البته این زمان تعیین شده با بورس های پیشرفته ای سازگار است که تلاطم کمتری دارد؛ بنابراین، این فاصله زمانی برای بورس اوراق بهادار تهران کوتاه تر تصور می شود. با توجه به نتایج پژوهش، تا حدود ۴ ماه پس از تشکیل صندوق، ردیابی شاخص با دقت بالایی انجام شده و ضریب همبستگی در این بازه زمانی برابر ۷۷/۸۸ درصد محاسبه شده است. برای مطالعه دقیق تر، تغییرات ضریب همبستگی صندوق پیشنهادی در دوره ارزیابی بررسی می شود:

فلزی قرار دارد. به این ترتیب می توان نتیجه گرفت گروه صنعتی بانکی و مخابرات، بیشترین تأثیر را در شاخص در بازه زمانی پژوهش دارند.

بخشی جدایی ناپذیر در فرایند ردیابی شاخص، بروزرسانی ترکیب صندوق به صورت منظم و در فواصل زمانی نسبتاً مشخص است. تعیین فواصل زمانی مدنظر، امری غیرقطعی است و آن را باید تحلیل گر و با توجه به رویدادهای بازار اوراق بهادار مشخص کند. براساس دیدگاه بیزلی (۲۰۰۳) این فاصله زمانی باید



نمودار (۲) تغییرات ضریب همبستگی بین بازده صندوق و شاخص

پپچیدگی با به کارگیری مفهوم دوگان و امکان حل آن با استفاده از نرم افزارهای استاندارد بهینه سازی دارد. برای بررسی کارایی الگوی پیشنهادی از داده های واقعی بورس تهران در بازه زمانی ۸۹/۱/۷-۹۲/۱/۵ و معیارهای ارزیابی کیفیت ردیابی چون ضریب همبستگی، ریشه میانگین مربع خطا و متوسط بازده اضافی نسبت به شاخص بهره گرفته شد. تشکیل صندوق شاخصی در این پژوهش به صورت یک فرایند سه مرحله ای شامل ۱. انتخاب سهام، ۲. تعیین وزن بهینه آن و ۳. بروزرسانی ترکیب صندوق با هدف حفظ کیفیت و دقت ردیابی در نظر گرفته شد.

با توجه به نمودار فوق، در صورتی که حد آستانه فرضی ۸۰ درصد به عنوان ضریب همبستگی مطلوب تعیین شود، بعد از گذشت حدود ۳ ماه (۷۰ روز معاملاتی) تعدیل ترکیب صندوق لازم خواهد بود.

نتیجه گیری

در این پژوهش، ضمن ارائه الگویی برای ردیابی شاخص کل بورس تهران مبتنی بر کمینه سازی قدرمطلق انحراف بین بازده مدنظر صندوق و شاخص، از بهینه سازی استوار برای اعمال عدم قطعیت استفاده شد. این الگو مزایای منحصر به فردی از جمله امکان فرمول بندی نظیر استوار به صورت خطی، کاهش

دقت ده هزارم و ضریب همبستگی در حدود ۸۰ درصد نشان می‌دهد ترکیب بهینه برای صندوق شاخصی در بورس تهران نیز با نتایج سایر پژوهش‌های مشابه و متشکل از ۲۰ دارایی سازگار است.

گام بعدی برای تشکیل صندوق شاخصی، تعیین وزن بهینه سهام با حل الگو است. با توجه به اینکه جنبه نوآوری این پژوهش، اعمال عدم قطعیت در الگو و استوار کردن صندوق شاخصی نسبت به انحراف در بازده مدنظر سهام تشکیل‌دهنده آن و شاخص است؛ تحلیل مقایسه‌ای بین عملکرد صندوق‌های تشکیل شده ناشی از حل مسئله اسمی و صندوق‌های استوار مدنظر قرار گرفت. نتایج حاصل از تحلیل‌های آماری نشان داد اختلاف بین شاخص‌های عملکردی این صندوق‌ها، معنی‌دار است. از این رو استفاده از بهینه‌سازی استوار در فرایند تشکیل صندوق‌های شاخصی باید مدنظر مدیران سرمایه‌گذاری قرار گیرد.

تعیین درجه محافظه‌کاری / استواری صندوق یکی دیگر از مسائل کلیدی است. در این راستا نتایج حاصل از تحلیل حساسیت معیارهای ردیابی نشان داد صندوق‌های با درجه محافظه‌کاری متوسط که برای صندوق ۲۰ سهمی این پژوهش به مفهوم اعمال عدم قطعیت درباره بازده مدنظر ۱۵ سهم و شاخص بورس است، به بهبود عملکرد منجر می‌شود، به گونه‌ای که ضریب همبستگی بین بازده آن و شاخص از ۴۲ درصد به حدود ۷۸ درصد افزایش یافت؛ بنابراین یکی از نتایج اجرایی، بهره‌گیری از سطوح متوسط از درجه محافظه‌کاری بر حسب تعداد پارامترهای غیرقطعی الگو و به نسبت به دست آمده در این پژوهش است.

معیار تعدیل ترکیب صندوق به‌عنوان گام نهایی در این پژوهش، تحقق همبستگی بالای ۸۰ درصد مفروض شد و براساس نتایج به دست آمده، سپری شدن حدود ۳

براساس نظریه مدرن سبد سرمایه‌گذاری، با اضافه‌شدن سهم ۲۰م به ترکیب یک صندوق سرمایه‌گذاری، به سطح تقریباً بهینه در متنوع‌سازی می‌توان دست یافت. در این راستا پژوهش‌های التون و گروبر (۱۹۷۷) نیز که با موضوع مزایای ناشی از متنوع‌سازی بر ۳۲۹۰ سهم برای تشکیل یک صندوق سرمایه‌گذاری انجام شد، نشان می‌دهد انتخاب تصادفی ۲۰ سهم با وزن برابر به کاهش ریسک صندوق به محدوده ۲۰ درصد و در صورت انتخاب مابقی سهام و اضافه‌شدن آنها به ترکیب، صرفاً ۰/۸ درصد کاهش ریسک محقق منجر می‌شود. بدین ترتیب انتخاب حداکثر ۲۰ سهم برای تشکیل صندوق شاخصی مبنای تجزیه و تحلیل قرار گرفت. با توجه به اینکه ارزش بازار یکی از رایج‌ترین معیارهای فیلترینگ برای تعیین سهام شاخص‌ساز است. ۲. در این پژوهش نیز مسئله انتخاب سهام برای تشکیل صندوق شاخصی بر فضای جواب محدود و متشکل از ۲۰ سهم دارای بیشترین ارزش بازار متمرکز و بدین ترتیب امکان حل مسئله با استفاده از نرم‌افزار ... و دستیابی به جواب بهینه کلی میسر شد. این در حالی است که حل مسئله در ابعاد بزرگ، نیازمند بهره‌گیری از الگوریتم‌های فراابتکاری برای جستجوی اثربخش فضای جواب است. یکی از نکات حائز اهمیت در مرحله انتخاب سهام، تعیین تعداد دارایی‌های تشکیل‌دهنده صندوق است. بدین منظور مسئله پژوهش تحت سناریوهای متفاوت از محدودیت عدد صحیح حل شد و در نهایت با توجه به آزمون آماری انجام‌شده، رابطه مثبت و مستقیم بین تعداد سهام تشکیل‌دهنده صندوق و عملکرد آن در ردیابی شاخص تأیید شد. معیارهای عملکردی صندوق شاخصی ۲۰ سهمی با درجه محافظه‌کاری متوسط شامل بازده اضافی ۰/۰۲ درصدی، ردیابی با

..... *Accounting & Auditing Research*.....

..... *European Journal of Operational Research*.....

..... *Operations Research*.....

..... *Computers & Operations Research*.....

..... *Journal of Risk*.....

..... *Journal of Business*.....

..... *Journal of Investment Knowledge*.....

..... *European Journal of Operational Research*.....

..... *Operation & Production Management*.....

..... *Journal of Computer Science*.....

..... Working paper available from the first author at department of econometrics, University of Geneva..1211 Geneva 4. Switzerland..

..... *Management Vision*.....

ماه از زمان تشکیل صندوق، دوره پیشنهادی برای
بروزرسانی ترکیب آن در بورس تهران قلمداد می شود.
با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، دستیابی به
حداقل خطای ردیابی و یا به عبارتی بهره گیری از یک
استراتژی کم ریسک، معیار مناسبی برای سرمایه گذاران
غیرمتخصص است؛ بنابراین به آنها پیشنهاد می شود یک
موضع معاملاتی شاخصی را اتخاذ کنند. در مقابل،
سرمایه گذاران نهادی باید این معیار را به عنوان یک پایه
مدنظر قرار دهند و برای دستیابی به بازده اضافی نسبت
به شاخص با تشکیل سبد هسته- پیرو^۱ برنامه ریزی کنند.
با توجه به محدودیت های این پژوهش شامل: ۱.
لحاظ نکردن هزینه های معاملاتی در الگو، ۲. امکان
فروش نداشتن استقراضی سهام، ۳. پراکنش بازده از
مقدار مدنظر حداکثر به میزان یک انحراف از
استاندارد، ۴. فرض همبستگی صفر بین بازده مدنظر
سهام تشکیل دهنده صندوق و نرمال بودن توزیع بازده
دارایی ها، پیشنهاد می شود توسعه الگو از جنبه تمامی
محدودیت هایی انجام شود که پژوهشگران به آنها
اشاره کردند. .
با توجه به نبود ابزارهای پوشش ریسک نظام مند در
بازار سرمایه ایران، امکان سنجی طراحی قراردادهای
آینده بر واحدهای سرمایه گذاری صندوق های شاخصی
از ابعاد فقهی و قیمت گذاری، موضوعی جذاب برای
پژوهش های آینده است. .

منابع

.....

..... *The Investment Analyst*.....

.....

.....

.....

