طراحی یک الگوریتم فرا ابتکاری[1] جهت انتخاب پورتفوی بهینه ردیابی‌کننده[2] شاخص بورس تهران[3]

مهندس مهدی بحرالعلوم

کارشناس ارشد MBA دانشگاه صنعتی مالک اشتر

دکتر رضا تهرانی

دانشیار دانشگاه تهران

دکتر فرهاد حنیفی

استادیار دانشگاه آزاد اسلامی

چکیده

تخصیص بهینه منابع مالی در بازار سرمایه یکی از اصلی‌ترین موضوعات در حوزه تصمیمات سرمایه‌گذاری است. اتخاذ تصمیمی اثربخش در این خصوص، نیازمند وجود زمینه‌های مناسب سرمایه‌گذاری و ابزار و تکنیکهای تحلیل مناسب در بازار سرمایه است. یکی از این تکنیکهای کارآمد که علاوه بر داشتن مزایای منحصر به فرد، پایه و اساس استراتژیهای نوین سرمایه‌گذاری قلمداد می شود، ردیابی شاخص[4] است. با توجه به اهمیت

---

[1] Heuristic algorithm

[2] Optimal tracker fund

[3] این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد با عنوان " تحلیل مقایسه ای انتخاب پورتفوی بهینه ردیابی‌کننده شاخص بورس تهران بر اساس الگوریتم ژنتیک و رویکرد ترکیبی آن با برنامه ریزی کوادراتیک " می باشد .

[4] Index Tracking

و نقش غیر قابل انکار این رویکرد در رونق بازارهای سرمایه، مطالعه و پیاده سازی آن را در دستور کار این تحقیق قرار داده و مسأله انتخاب پورتفوی بهینهٔ ردیابی‌کنندهٔ شاخص‌کل قیمت و بازده نقدی را با بهره‌گیری از رویکرد ترکیبی الگوریتم ژنتیک و برنامه‌ریزی کوادراتیک مورد بررسی قرار دادیم. شایان ذکر است که به منظور شبیه‌سازی داده ها و فراهم نمودن شرایط لازم جهت پیاده سازی الگوریتم پیشنهادی، از شبکه عصبی مصنوعی نیز بهره‌گرفته شده است. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها، دقت بالا و عملکرد مناسب پورتفوهای حاصل از این روش ترکیبی را در دفعات مختلف تکرار به اثبات رساند، بگونه‌ای که می توان دستیابی به عملکردی مشابه و فراتر از شاخص را از ویژگی های منحصر به فرد آن به حساب آورد.

واژگان کلیدی

ردیابی شاخص، پورتفوی ردیابی‌کننده، الگوریتم ژنتیک، برنامه ریزی کوادراتیک، شبکه عصبی

۱- مقدمه

سیر تکاملی رویکردهای سرمایه‌گذاری با تجزیه و تحلیل انفرادی اوراق بهادار آغاز و سپس با تشکیل پورتفوی و بررسی اثر متقابل اوراق بهادار، تلاش در جهت ایجاد پورتفوهایی با عملکردی مشابه با شاخص بازار، چالش میان دو رویکرد فعال[1] و شاخص محور[2] و نهایتا تلاش به منظور آشتی و ترکیب دو رویکرد اشاره شده ادامه یافته است. پیاده‌سازی و عملیاتی نمودن رویکرد ترکیبی فعال و شاخص‌محور نیازمند تجربه و بینش در خصوص هر یک از دو روش مذکور، شفاف بودن مزیت‌ها، کاستی‌ها و موانع پیش روی هر یک از آنها می‌باشد. این در حالی است که مبحث ردیابی شاخص یا به عبارتی سرمایه‌گذاری شاخص‌محور در ایران محجور مانده و تاکنون بطور جدی مورد بررسی قرار نگرفته است. بنابراین تلاش شد تا با انجام این پژوهش، گامی موثر در جهت آشنایی هر چه بیشتر سرمایه‌گذاران با این رویکرد که بی‌شک سنگ بنای پارادایم آتی سرمایه‌گذاری در بورس تهران است برداشته شود. از طرفی مزیت‌های منحصر به فرد این روش(کاهش ریسک،کاهش هزینه‌های معاملاتی و ...) ما را در جهت معرفی یک رویکرد سرمایه‌گذاری اثربخش برای سرمایه‌گذاران غیر متخصص که به دلیل کمبود تجربه و دانش و یا به دلیل پر مخاطره بودن سرمایه‌گذاری در بورس تهران از انگیزه لازم جهت ورود به بازار سرمایه برخوردار نمی‌باشند، ترغیب نمود. امروزه با پیشرفت تکنولوژی اطلاعات، استفاده از کامپیوتر در حل مسائل گوناگون حوزه‌های مختلف علمی نقشی پر اهمیت یافته است. در همین راستا محققان و دانشمندان بر آن شدند تا با بهره گیری از شبیه‌سازیهای کامپیوتری مدلهایی را ارائه کنند که از انعطاف و تطابق بیشتری با محیط و شرایط واقعی برخوردار باشند. نتیجه این تلاش، پیدایش مدلهای فرا ابتکاری از قبیل الگوریتم ژنتیک در حوزه بهینه‌سازی مسائل مالی است. در این راستا در تحقیق حاضر، مسأله انتخاب پورتفوی بهینهٔ ردیابی‌کنندهٔ شاخص‌کل قیمت و بازده نقدی را مبتنی بر

---

[1] Active investing
[2] Index investing

رویکرد ترکیبی الگوریتم ژنتیک و برنامه ریزی کوادراتیک مورد مطالعه قرار خواهیم داد. از الگوریتم ژنتیک به منظور جستجوی کارآمد فضای جواب و انتخاب زیرمجموعه‌های ممکن از سهام و از برنامه‌ریزی کوادراتیک به منظور تعیین وزن بهینه سهام انتخاب شده از طریق کمینه ساختن خطای ردیابی استفاده می‌شود. در ادامه، ابتدا مبانی نظری و پیشینه پژوهش را بیان کرده و سپس به روش تحقیق و نتایج تجربی خواهیم پرداخت. نتایج تجربی در برگیرنده تحلیلی موشکافانه در خصوص پورتفوی بهینه انتخاب شده است و نهایتا با ارائه یک الگو جهت پیاده‌سازی سرمایه‌گذاری شاخص‌محور در بورس تهران به پایان می‌رسد. در انتها نیز از مباحث مطرح شده و یافته‌های پژوهش نتیجه‌گیری و پیشنهاداتی جهت تحقیقات آتی ارائه خواهیم کرد.

۲- مبانی نظری و پیشینه تحقیق

مسأله انتخاب پورتفوی عبارت است از انتخاب مجموعه‌ای از دارایی‌ها بگونه‌ای که بازده مورد انتظار سرمایه‌گذار تحقق یافته و ریسک به حداقل برسد. استراتژیهای زیربنایی که توسط مدیران پورتفوی به منظور تحقق این هدف بکارگرفته می شود به دو دسته قابل تقسیم می باشند:

مدیریت فعال پورتفوی[1]

فرضیه زیربنایی این استراتژی آن است که مدیران پورتفوی با بهره‌گیری از تجربه و دانش خود در انتخاب اوراق بهادار و یا زمانبندی مناسب تصمیمات خرید/ فروش قادر به ایجاد ارزش می باشند.

[1] Active Portfolio Management

مدیریت غیر فعال(انفعالی) پورتفوی[1]

در این روش مدیران پورتفوی از انعطاف پذیری کمتری برخوردارند و نقش اصلی آنها تشکیل یک پورتفوی با بازدهی تقریبا مشابه با شاخص بازار می‌باشد[۵] که به آن پورتفوی ردیابی‌کننده[2] گفته می‌شود. ردیابی شاخص یکی از استراتژیهای کم ریسک تخصیص منابع است که به اعتقاد بسیاری از صاحب نظران، بازدهی بالاتری را نسبت به رویکرد فعال در یک افق زمانی بلندمدت حاصل می‌نماید[۲۱]. صاحب نظران دیدگاه‌های مختلفی را در تأیید رویکرد سرمایه‌گذاری شاخص‌محور ارائه کرده‌اند که به برخی از آنها اشاره می نمائیم: مطالعه انجام شده توسط برینسون، هود و بی‌بوئر نشان داد که سیاست سرمایه‌گذاری یا به عبارتی تخصیص دارایی، در مقایسه با استراتژیهای سرمایه‌گذاری مانند زمانبندی بازار و انتخاب انفرادی سهام از تأثیر بالاتری برخوردار است. آنها دریافتند که سیاست های سرمایه‌گذاری تبیین‌کنندهٔ ۹۳٪ از نوسانات بازدهٔ پورتفوی در طول زمان است. به عبارت دیگر سرمایه‌گذاران بایستی زمان بیشتری را صرف تفکر پیرامون تخصیص دارائی ها نموده و زمان کمتری را به حدس زدن جهت گیری بازار و نگرانی پیرامون انتخاب هر یک از سهام اختصاص دهند. چارلز اِلیس در مقاله‌ای تحت عنوان «بازی بازنده‌ها» نشان داد که ۸۵٪ مدیران فعال نتوانسته‌اند بازده‌ای بالاتر از شاخص S&P500 را در یک بازهٔ زمانی ۱۰ ساله بدست آورده و بر آن غلبه نمایند. الیس بیان داشت که سرمایه گذاری در بازار سهام یک بازی با برایند صفر[3] است، زیرا تمام سرمایه گذاران در مجموع، بازدهٔ بازار را بدست خواهند آورد. معادل یک بازنده در بازار، بایستی یک برنده وجود داشته باشد – تمام سرمایه گذاران نمی‌توانند عملکردی فراتر از بازار داشته باشند زیرا که آنها خود بازار هستند. به جای تلاش در جهت غلبه بر بازار، سرمایه گذاران بایستی بازتابی از بازار را با حداقل هزینه از طریق یک پورتفوی ردیابی‌کنندهٔ شاخص بدست آورند. نکته قابل توجه آن است که سرمایه‌گذاران به طور میانگین، بازده بازار منهای هزینه‌های

---

1 Passive Portfolio Management
2 Tracker fund
3 Zero Sum game

معاملاتی را دریافت خواهند کرد و هرچه فعال تر باشند، با هزینه های معاملاتی، تأثیرات بازار و هزینه های مالیاتی بیشتر مواجه خواهند بود[۲۰].
در تحقیقات مختلف روشهای گوناگونی جهت ردیابی شاخص پیشنهاد شده است که به منظور سازماندهی مرور ادبیات انجام شده، آنها را در دسته‌های ذیل طبقه بندی می نماییم:

۱ -مدل‌های عاملی

راد از یک مدل تک عاملی به همراه یک ساختار ابتکاری ساده به منظور ردیابی شاخص S&P500 استفاده کرد. در این حالت یک مدل حداقل‌سازی واریانس با محدودیت برابر یک کردن بتای پورتفوی ردیابی‌کننده، مورد استفاده قرار خواهد گرفت. او هزینه‌های معاملاتی را از طریق یک پارامتر وزنی در تابع هدف مدل عاملی لحاظ نمود[۱۹]. لارسن و رزنیک از روش راد به منظور ایجاد پورتفوهای ردیابی‌کننده استفاده کردند و اثر زمانبندی تصمیم در خصوص تعدیل مجدد ترکیب پورتفوی را نیز مورد بررسی قرار دادند[۱۱]. کوریلی و مارسلینو در خصوص یک روش ردیابی شاخص مبتنی بر این فرض که قیمتهای سهام متأثر از یک مدل عاملی هستند، تحقیق نمودند. در روش مورد استفاده آنها شاخص و پورتفوی ردیابی‌کنندهٔ آن دارای ساختار عاملی مشابه بودند. رویکرد بکارگرفته شده عبارت است از مرتب سازی عوامل و سپس اضافه کردن سهمی به پورتفوی که دارای بیشترین همبستگی با عامل موردنظر است[۷].

۲ - رویکرد مارکویتز

این مدلها اصول اساسی مدل میانگین – واریانس مارکویتز را لحاظ کرده و آن را در خصوص مسأله ردیابی شاخص بکار می گیرند. تاباتا و تاکدا یک مسأله بهینه‌سازی دو مرحله‌ای را با هدف حداقل‌سازی خطای ردیابی ارائه نمودند: در گام اول سهام تشکیل دهندهٔ پورتفوی را مشخص کرده و سپس از یک الگوریتم ابتکاری جهت تعیین وزن بهینه سهام انتخاب شده بهره گرفتند[۲۲]. رول رویکرد ترکیبی مدلهای عاملی و مارکوتیز را از طریق اضافه کردن یک محدودیت در خصوص بتای پورتفوی ردیابی کننده مورد استفاده

قرار داد[۱۸]. روهودر یک مدل مارکوتیزگونه که در تابع هدف خود عبارتی مرتبط با هزینه‌های معاملاتی را در بر می‌گرفت، توسعه داد[۱۷].

۳ -برنامه‌ریزی کوادراتیک

مید و سالکین مسأله ردیابی شاخص را از طریق ایجاد یک پورتفوی که در آن وزن بخشهای مختلف بازار هماهنگ و مطابق با شاخص بود، مورد تحقیق و بررسی قرار دادند. آنها خطای ردیابی را از طریق یک تقریب ریاضی که بوسیله برنامه ریزی کوادراتیک قابل حل بود، مشخص نمودند[۱۳]. یانسن و فن دیک مسأله کمینه‌سازی خطای ردیابی را با در نظر گرفتن محدودیت برای تعداد سهام تشکیل دهندهٔ پورتفوی، مدنظر قرار دادند. در روش مورد استفاده آنها یک تابع هدف موزون متشکل از خطای ردیابی و تعداد سهام تشکیل‌دهنده پورتفوی کمینه خواهد شد. زمانی که مجموعه سهام تشکیل دهنده پورتفوی مشخص می‌شود، وزنهای بهینه با استفاده از یک رویکرد استاندارد برنامه‌ریزی کوادراتیک محاسبه خواهد شد[۹] (کولمن و همکاران نیز چنین رویکردی را مورد استفاده قرار دادند)[۶].

٤- الگوریتم ژنتیک

بیزلی و همکاران از الگوریتم تکاملی ژنتیک استفاده نموده و علاوه بر مسأله ایجاد پورتفویِ‌ردیابی‌کننده، تعدیل ترکیب آن و هزینه‌های معاملاتی را نیز مدنظر قرار دادند.[۵]. اوه و همکاران برای هر سهم یک تابع رجحان (اولویت) تعریف نمودند که عبارت بود از حاصل جمع موزون حجم معامله، ارزش بازار و بتا. یک هیوریستیک ساده که از این توابع رجحان بهره می‌گرفت، به منظور انتخاب سهام بکار گرفته شد و سپس از الگوریتم ژنتیک به منظور تعیین وزن بهینه هر سهم استفاده گردید[۱۵]. رافائلی و همکاران یک رویکرد مقایسه‌ای مبتنی بر الگوریتم ژنتیک و برنامه‌ریزی کوادراتیک را به منظور ردیابی شاخص FTSE100 توسعه دادند. نتایج ارائه شده مزیت روش کلاسیک ژنتیک را با در نظر گرفتن اندازه‌های مختلف و همچنین دوره‌های متعدد بروزرسانی برای ترکیب

پورتفوی به اثبات رسانید[۱۶]. توروبیانو و سوارز یک استراتژی ترکیبی متشکل از یک الگوریتم تکاملی که از خروجی برنامه‌ریزی کوادراتیک به عنوان تابع برازش استفاده می کرد را به منظور حل مسأله ردیابی شاخص طراحی نمودند.[۲۳].

۳- روش شناسی تحقیق

۳-۱) مسأله تحقیق

ردیابی شاخص عبارت است از ایجاد و طراحی یک پورتفوی سرمایه‌گذاری به منظور دستیابی به عملکردی مشابه با شاخص مبنا. به دلیل کاهش هزینه های معاملاتی، تنها زیرمجموعه‌ای از سهام تشکیل دهنده شاخص در پورتفوی ردیابی کننده لحاظ خواهد شد[۱۰]. به عبارت دیگر در جستجوی مجموعه ای مناسب از K سهم هستیم که به خوبی شاخص را در یک بازه زمانی در گذشته $(0,T)$ ردیابی کرده و بتواند بگونه‌ای اثربخش عملکردی مشابه با شاخص کل قیمت و بازده نقدی را در بازه زمانی $(T,T+\varepsilon)$ نیز ایجاد نماید. تابع هدف

$$E = \left[\left[\sum_{t \in S} \Delta_t |r_t - R_t|^{\alpha} \right]^{(1/\alpha)} \right] \Big/ T.$$

حداقل نمودن خطای ردیابی این زیرمجموعه از سهام می باشد که در این تحقیق تابعی از اختلاف میان بازده پورتفوی ردیابی‌کننده و شاخص در نظر گرفته شده است:

T: دوره زمانی ردیابی شاخص، r_t: بازده پورتفوی ردیابی‌کننده، R_t: بازده شاخص، Δ_t: پارامتری که برای بازده ها با دوره زمانی نزدیک تر و دورتر وزن متفاوتی قائل می شود، **E:** خطای ردیابی

در این تحقیق آلفا برابر دو و Δ_t برابر یک لحاظ شده است.

۳-۲) داده ها و روش محاسبه بازده

با توجه به اینکه شاخص کل‌قیمت و بازده نقدی معیاری از روند بازده واقعی اوراق سهام موجود در بازار است[۱] بایستی داده‌های مورد استفاده جهت محاسبه بازده سهام نیز

منعکس کننده بازده کل آنها به صورت روزانه باشد. بدین منظور داده های مورد نیاز جهت محاسبه بازده روزانه سهام از پایگاه اطلاعاتی سایت مدیریت پژوهش توسعه و مطالعات اسلامی اخذ گردید و از رابطه ذیل جهت محاسبه بازده سهام و شاخص استفاده شد:

$$R = \ln \frac{I_t}{I_{t-1}}$$

که در آن I_t، ارزش دارائی در انتهای دوره و I_{t-1}، ارزش آن در ابتدای دوره می باشد. دوره زمانی بازده در این تحقیق، روزانه در نظر گرفته شده است.

۳-۳) نمونه آماری و روش نمونه گیری

نمونه آماری این تحقیق، متشکل از شرکتهای پذیرفته شده در بورس است که بیشترین تأثیرگذاری را روی شاخص دارند. به منظور دستیابی به نمونه‌ای با این ویژگی، روش نمونه‌گیری قضاوتی (فیلترینگ شرکتها) مد نظر قرار گرفت. به عبارت دیگر آن دسته از شرکت‌هایی که در بازه زمانی تحقیق، دارای بیش از ۱۰۰ روز معاملاتی در هرسال باشند(و لذا فعال ترند)، انتخاب خواهند شد.

۳-٤) مدل پیشنهادی جهت حل مسأله ردیابی شاخص

مدل پیشنهادی تحقیق حاضر جهت حل مسأله سبد سهام مقید، استفاده از رویکرد ترکیبی الگوریتم ژنتیک و برنامه ریزی کوادراتیک[1] است. بر اساس این مدل پیشنهادی مراحل حل مسأله به شرح ذیل تبیین می‌گردد:

۳-٤-۱) فرموله کردن مسأله

$$\text{Minimize} \quad \frac{\left(\sum_{t=1}^{T}[(\sum_{i=1}^{n} z_i r_{it} w_i) - R_t]^2\right)^{1/2}}{T} \qquad (1)$$

Subject to:

$$\sum_{i=1}^{n} z_i w_i = 1 \qquad (2)$$

[1] Hybrid GA

$$\sum_{i=1}^{n} z_i = k \quad (3)$$

$$0 < w_i < 1 \ , \ i = 1,2,\dots,n \quad (4)$$

$$z_i \in \{0,1\} \quad (5)$$

در این فرمول w_i، r_{it}، R_t و T به‌ترتیب وزن و بازده سهم i ام در زمان t، بازده شاخص در زمان t و دوره ردیابی آن می‌باشند. معادله (۱) نشاندهنده خطای ردیابی و تابع هدف در مسأله مورد نظر است. معادله دوم و چهارم به محدودیت وزن اقلام تشکیل دهنده پورتفوی و معادله سوم و پنجم به محدودیت عدد صحیح[1] اشاره دارند. بر اساس محدودیت شماره(۵)، اگر در دارایی i سرمایه گذاری شود، مقدار Z_i برابر یک و در غیر اینصورت برابر صفر خواهد بود. پارامتر k در محدودیت شماره(۳) نشانگر تعداد سهامی است که سرمایه‌گذار مایل به سرمایه‌گذاری در آن می‌باشد، بنابراین این محدودیت، سرمایه‌گذاری در k سهم از n سهم را تضمین می‌نماید. ورود این محدودیت، فضای جستجو را به یک فضای گسسته و غیر خطی بدل می‌نماید. این امر موجب پدید آمدن ترکیبی پیچیده از برنامه ریزی کوادراتیک و عدد صحیح غیرخطی شده که یک مسأله سخت برای حل است[۲]. از طرفی فضای جستجو با افزایش مقدار n و یا با تغییر مقدار پارامتر k به شدت بزرگ شده و لذا بهره‌گیری از تکنیکهای فرا ابتکاری اهمیتی دو چندان خواهد یافت.

۲-٤-۳) تعیین ساختار ژن ها و کروموزوم ها

مهمترین نکته در حل مسائل با استفاده از الگوریتم ژنتیک، تعیین نوع ساختار ژن‌ها و کروموزوم‌ها است به شکلی که هر کروموزوم بیانگر یک جواب بالقوه و موجه باشد[۸]. در این مدل پیشنهادی،کروموزوم طراحی شده یک رشته از اعداد باینری است. ژن‌های کروموزوم $(s_1,s_2,\dots s_m)$ نشانگر مجموعه سهام تأثیرگذار بر شاخص و یا به عبارت دیگر مبین تمام سهام موجود است که جهت ایجاد پورتفوی ردیابی‌کننده می توان زیر مجموعه‌های مختلف از آن را مورد استفاده قرار داد. تابع ایجاد کننده جمعیت اولیه

[1] Cardinality Constraint

بگونه‌ای تصادفی، تعداد k سهم از سهام در اختیار را جهت تشکیل پورتفوی انتخاب می‌کند. این کار از طریق تخصیص دادن عدد یک به ژن متناظر با آنها در کروموزوم انجام می‌گیرد و بدین ترتیب محدودیت شماره (۳) تأمین می‌شود.

شکل(۱): ساختارکروموزوم پیشنهادی

S_1	S_2	S_3	S_4	.....	S_{m-1}	S_m

۳-٤-۳) ترکیب برنامه ریزی کوادراتیک با الگوریتم ژنتیک

پس از آنکه تابع ایجادکننده جمعیت اولیه، مجموعه‌ای از پورتفوهای‌ردیابی‌کننده را در چارچوب محدودیت‌های مساله و به منظور ایجاد فضای جواب ارائه کرد، الگوریتم ژنتیک به جستجو در این فضای جواب می پردازد. در این هنگام برنامه‌ریزی کوادراتیک به منظور بهینه‌سازی وزن سهام تشکیل‌دهنده پورتفوی و محاسبه برازندگی این عضو از جمعیت فراخوانده می‌شود. بدین ترتیب از توانایی بالای جستجوی الگوریتم ژنتیک و دقت برنامه ریزی کوادراتیک در دستیابی به جواب بهینه اصلی به طور همزمان استفاده خواهد شد. علاوه بر این وزن سهام پورتفوی نهایی انتخاب شده نیز توسط برنامه‌ریزی کوادراتیک بهینه می‌گردد، چرا که ماهیت تصادفی الگوریتم ژنتیک ممکن است منجر به فاصله گرفتن وزن سهام انتخاب شده از مقدار بهینه آنها شود.

٤-٤-۳) اعمال عملگرها

پس از محاسبه برازندگی هر یک از پورتفوهای موجود در فضای جواب آنهایی که از مطلوبیت بالاتری برخوردار هستند به منظور ایجاد نسل بعدی انتخاب خواهند شد[۱۴].

۱- عملگر انتخاب

عملگر انتخاب مورد استفاده در مدل پیشنهادی، انتخاب چرخ رولت[1] است.

[1] Roulette Selection

۲- عملگر تقاطع

عملگر تقاطع مورد استفاده در مدل پیشنهادی، تقاطع تک نقطه ای[1] (یک نقطه برش) است. در صورتی که در نتیجه اعمال عملگر تقاطع، تعداد سهام تشکیل دهنده پورتفوی مغایر با مقدار تعیین شده قبلی گردد، الگوریتم ابتکاری ارائه شده این مغایرت را از طریق تغییر مقدار عددی ژن‌ها تا زمان تأمین محدودیت عدد صحیح، اصلاح خواهد کرد. لازم به ذکر است که این الگوریتم، انتخاب شدن حداقل یک بارِ هر یک از سهام در اختیار به عنوان بخشی از جواب را نیز تضمین می نماید.

۳- عملگر جهش

عملگر جهش مورد استفاده در مدل پیشنهادی، از دسته عملگرهای بیتی[2] است [؟۳؟]. در این روش جهش با نرخی از قبل تعیین شده و بصورت تصادفی، از طریق تعویض مقادیر عددی دو ژن که مقدار متفاوتی را دارند انجام خواهد شد. همانگونه که مشخص است، تعداد یک ها در کروموزوم ثابت باقی می ماند و لذا محدودیت عدد صحیح تأمین خواهد شد.

۵-٤-۳) تأمین محدودیت ها

همانطور که اشاره شد، محدودیت عدد صحیح با توجه به تابع ایجاد کننده جمعیت اولیه و عملگرهای ابتکاری تقاطع و جهش که به منظور حل مسأله تحقیق طراحی شده اند، تأمین می گردد. برآورده نمودن محدودیت وزن اقلام تشکیل دهنده پورتفوی، توسط دستور Lsqlin در نرم افزار MATLAB7 و تعریف محدودیت‌های مسأله در آن تأمین خواهد شد.

---

[1] Single Point Crossover
[2] Bitwise operators

٤) نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده ها

٤-١)آماده سازی و پردازش داده ها

ترکیب شاخص در نتیجه ورود و خروج شرکت‌ها به بورس و یا در نتیجه تعدیل وزن اقلام تشکیل دهنده آن دستخوش تغییر می شود. لذا پیش‌پردازش داده‌ها به منظور منعکس ساختن این تغییرات بخشی جدائی ناپذیر از فرایند سرمایه‌گذاری شاخص محور خواهد بود. یکی از عوامل تأثیر گذار در دستیابی به پاسخ‌های دقیق و قابل اتکا در هر تحقیق، حذف عوامل مداخله گر تا حد ممکن می باشد. بدین منظور بازه زمانی تحقیق، تاریخ ۱۳۸۴/۰۶/۰۸ -۱۳۸۵/۰۷/۱۰در نظر گرفته شد تا بدینوسیله تغییرات در ترکیب شاخص به حداقل ممکن برسد. البته لازم به ذکر است که مدل های ارائه شده در تحقیق قابلیت اجرا در هر بازه زمانی را دارا است که به جهت کاستن از پیچیدگی محاسبات، بازه زمانی مذکور انتخاب شده است. همانگونه که اشاره شد، شرکت هایی که دارای بیش از ۱۰۰ روز معاملاتی در سال هستند انتخاب گردیدند. بدین ترتیب تعداد سهام انتخاب شده بعد از فیلترینگ به ۱۶۹ سهم رسید. بازده روزانه سهام انتخاب شده در بازه زمانی ۱۳۸۴/۰۶/۰۸- ۱۳۸۴/۱۲/۲۲، به منظور انتخاب پورتفوی بهینه ردیابی‌کننده و یا به عبارتی به عنوان داده‌های آموزش و بازده مرتبط با بازه زمانی ۱۳۸۴/۱۲/۲۲-۱۳۸۵/۰۷/۱۰ به عنوان داده‌های تست و به عبارتی جهت ارزیابی عملکرد پورتفوی بهینه انتخاب شده در نظر گرفته شد. الگوریتم ابتکاری طراحی شده نیازمند وجود بازده روزانه بطور کامل در بازه زمانی مورد مطالعه است. در بازه زمانی آموزش، سهم پتروشیمی شیراز به عنوان سهمی تأثیر گذار بر شاخص (در تاریخ ۸۴/۰۸/۱۱) وارد بورس گردید، بنابراین به منظور فراهم آوردن امکان انتخاب شدن آن در پورتفوی بهینه، داده های مورد نیاز با استفاده از شبکه عصبی شبیه‌سازی شد. بدین منظور فرض بر آن شد که سهم پتروشیمی شیراز از ابتدای دوره آموزش در بورس حضور داشته است و در این راستا داده‌های مرتبط با بازده روزانه آن در این بازه زمانی، شبیه‌سازی گردید. هدف آن بود که با شبیه سازی داده‌ها امکان انتخاب شدن این سهم در پورتفوی ردیابی‌کننده (در تاریخ ۱۳۸۴/۱۲/۲۲)، همانند سایر سهام وجود داشته باشد. به منظور شبیه‌سازی داده‌های مورد نظر(از تاریخ ۱۳۸۴/۰۶/۰۸-

۱۳۸۴/۰۸/۱۱)، همبستگی میان بازده روزانه سهم پتروشیمی شیراز با بازده ۱۶۹ سهم انتخاب شده، در بازه زمانی ۱۳۸۴/۰۸/۱۲-۱۳۸۴/۱۲/۲۲ مورد محاسبه قرار گرفت. در حقیقت هدف آن است که با مشخص ساختن سهامی که بیشترین میزان همبستگی با سهم پتروشیمی شیراز را دارا می‌باشند، ورودیهای مورد نیاز جهت شبکه عصبی را فراهم نماییم. برای محاسبه ضریب همبستگی پیرسون از نرم افزار SPSS استفاده شد که نتایج آن به شرح جدول ذیل است:

جدول(۱) : ضریب همبستگی بازده سهم پتروشیمی شیراز با سایر سهام

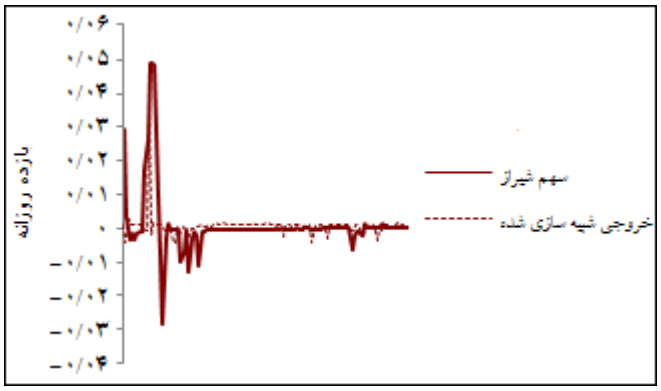
نماد سهم	ضریب همبستگی	سطح معنی داری
وصنعت	۰/۸۲۹	۰/۰۰
وبانک	۰/۷۷۵	۰/۰۰
خکاوه	۰/۷۷۲	۰/۰۰
فاما	-۰/۷۷۱	۰/۰۰
چافست	-۰/۷۳۶	۰/۰۰

همانگونه که در جدول(۱) مشخص است ضریب همبستگی میان بازده روزانه سهم پتروشیمی شیراز و پنج سهام دیگر قابل توجه و به لحاظ آماری معنی‌دار می‌باشد، لذا جهت آموزش شبکه عصبی، از بازده روزانه سهام فوق الذکر بهره گرفته شد. برای مدلسازی داده‌ها از نرم افزار Neuro solution و یک شبکه عصبی GFF[1] (پیشخور تعمیم‌یافته) با مشخصات ذیل استفاده شد: ۱- یک لایه پنهان۲-پنج عنصر پردازشگر در لایه پنهان،۳- تابع انتقال (محرک) Tanh Axon در لایه پنهان ۴- تابع انتقال (محرک) Axon در لایه خروجی. جهت آموزش شبکه عصبی اشاره شده از الگوریتم ژنتیک بهره‌گرفته شد که در مقایسه با سایر روشها مانند آموزش چند مرتبه‌ای، نتایج مطلوب تری را حاصل نمود. پس

[1] Generalized Feed Forward

از آموزش شبکه عصبی مورد نظر، عملکرد آن با مشخص نمودن بخشی از داده‌ها به عنوان داده های تست مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج آن به شرح ذیل است:

شکل(۲) : خروجی واقعی شبکه و خروجی مورد انتظار



شاخص سنجش عملکرد شبکه و یا به عبارتی میانگین مربع خطا برابر با ۰/۰۰۰۰۷۶۱۳۷ محاسبه گردید که نشانگر توانایی شبکه در شبیه‌سازی و پیش بینی بازده روزانه سهم پتروشیمی شیراز است که این مهم در شکل(۲) نیز قابل رویت می‌باشد. در گام بعدی شبکه عصبی ایجاد شده با توجه به یادگیری روابط میان بازده این دسته از سهام و سهم پتروشیمی شیراز، داده‌های روزانه را با دقتی مطلوب شبیه‌سازی نمود. پس از آماده‌سازی داده های مرتبط با بازده روزانه سهام، الگوریتم ابتکاری طراحی شده، اجرا و با پارامترهای مختلف مورد تست قرار گرفت تا اینگونه مقادیر بهینه پارامترها قبل از حل واقعی مسأله تحقیق مشخص شوند.

۲-٤) پارامترهای بکار گرفته شده

جمع آوری اولیه داده ها و فیلترینگ سهام در محیط Excel 2007 صورت پذیرفت و به منظور کدنویسی الگوریتم فرا ابتکاری طراحی شده از نرم افزار MATLAB 7 استفاده شد. سیستم بکار گرفته شده جهت انجام محاسبات یک کامپیوتر با پردازنده Intel® Pentium® M 1.86 GHz و RAM 512 Mb می‌باشد. از آنجاکه رویکرد GA

ماهیتی تصادفی دارد، هر مسأله نمونه توسط الگوریتم ابتکاری پنج بار حل شد و سپس بهترین مقدار بدست آمده تابع هدف، میانگین آن و همچنین میانگین زمان حل بعنوان اجزاء تشکیل دهنده معیارهای عملکرد ثبت شدند[۴].

۱-۲-٤) پارامترهای الگوریتم ژنتیک بکار گرفته شده

برای بدست آوردن بهترین نرخ‌های تقاطع و جهش از روش تیونینگ استفاده شده است. ابتدا بصورت رندوم چند عدد در بازه ۰/۶۵- ۰/۸۵ برای نرخ تقاطع انتخاب گردید و سپس با مشاهده بهترین جواب برای مسأله، سعی شد تا عدد تصادفی بعدی به نرخ تقاطع بهتر نزدیک باشد. عینا همین روش در بازه ۰- ۰/۳۵ برای نرخ جهش نیز تکرار شد.لازم به ذکر است که فرایند مذکور بر اساس برنامه کامپیوتری در محیط MATLAB انجام گرفت که نتیجتا پارامترهای بهینه ذیل حاصل گردید. مروری بر ادبیات موضوع نشان می دهد که پارامترهای بهینه در تحقیقات مشابه به مقادیر مذکور در جدول ذیل بسیار نزدیک می باشد[۵] و[۱۶]:

تعداد جواب ها در جمعیت	۱۰۰
نرخ تقاطع	۰/۸
نرخ جهش	۰/۲
تعداد تکرارهای الگوریتم	۱۰۰

۳-٤) انتخاب پورتفوی بهینه ردیابی‌کننده با استفاده از داده های تاریخی

هدف آن است که پورتفوی ردیابی‌کننده، ریسک و بازدهی مشابه با شاخص را در بازه زمانی مذکور ایجاد کند. معیار سنجش این توانایی، خطای ردیابی است[۱۲] که در این تحقیق ریشه میانگین مربع خطا[1] در نظر گرفته شده است. بدین منظور با بهره‌گیری از داده

[1] Root Mean Squared Error(RMSE)

های پردازش شده که در بخش قبلی از نظر گذشت، رویکرد پیشنهادی جهت حل مسأله تحقیق اجرا و نتایج آن به شرح جدول ذیل حاصل گردید:

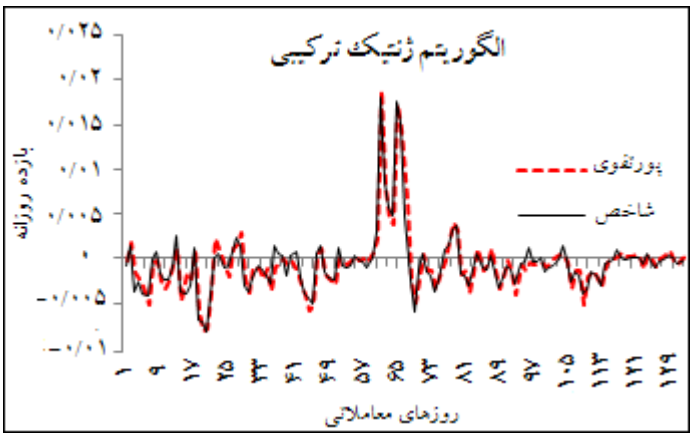
جدول(۳): خروجی الگوریتم فرا ابتکاری با توجه به محدودیت عدد صحیح

	محدودیت عدد صحیح	ریشه میانگین مربع خطا	بهترین ریشه میانگین مربع خط	زمان اجرای برنامه (ثانیه)
الگوریتم ژنتیک ترکیبی				
	۵	۱۰-۴×۱/۵۴	۱۰-۴×۱/۴۴	۵۶/۱۹
	۱۰	۱۰-۴×۱/۱۶	۱۰-۴×۱/۰۹	۶۵/۲۴
	۱۵	۱۰-۵×۹/۴۱	۱۰-۵×۸/۷۰	۷۹/۲۳
	۲۰	۱۰-۵×۷/۴۱	۱۰-۵×۶/۸۹	۹۹/۵۷
توجه : محاسبات بر اساس داده های تاریخی و در بازه زمانی۸۴/۶/۸-۸۴/۱۲/۲۲ انجام شده است.				

به دلیل ماهیت تصادفی الگوریتم ژنتیک، رویکرد پیشنهادی برای هر یک از مسائل پنج بار تکرار و نتایج پس از محاسبه میانگین در جدول فوق درج گردید. البته در ستون سوم جدول، بهترین مقدار تابع هدف و یا به عبارتی کمترین خطای ردیابی از میان این پنج بار تکرار درج شده است که در حقیقت مبین خطای ردیابی پورتفوی بهینه حاصل و برحسب محدودیت عدد صحیح متناظر با آن می باشد. با توجه به نتایج جدول(۳) می‌توان استدلال نمود که با افزایش تعداد سهام تشکیل دهنده پورتفوی (ستون اول جدول)، میانگین خطای ردیابی و بهترین مقدار تابع هدف (ستون دوم و سوم) کاهش می‌یابد. علت این امر نزدیک شدن ترکیب پورتفوی به ترکیب شاخص، افزایش تنوع و بالتبع افزایش قابلیت آن در دستیابی به عملکردی مشابه شاخص است. همانطور که انتظار می‌رفت زمان مورد نیاز به منظور حل مسأله، با افزایش تعداد سهام پورتفوی افزایش می یابد که البته علت این موضوع افزایش میزان محاسبات انجام شده است. با توجه به اینکه افزایش تعداد سهام منجر

به ردیابی بهتر شاخص می‌شود، بهترین پورتفوی حاصل را که دارای ۲۰ سهام است مورد بررسی بیشتر قرار می دهیم:

شکل(۳): بازده پورتفوی ردیابی کننده در مقایسه با بازده شاخص کل قیمت و بازده نقدی



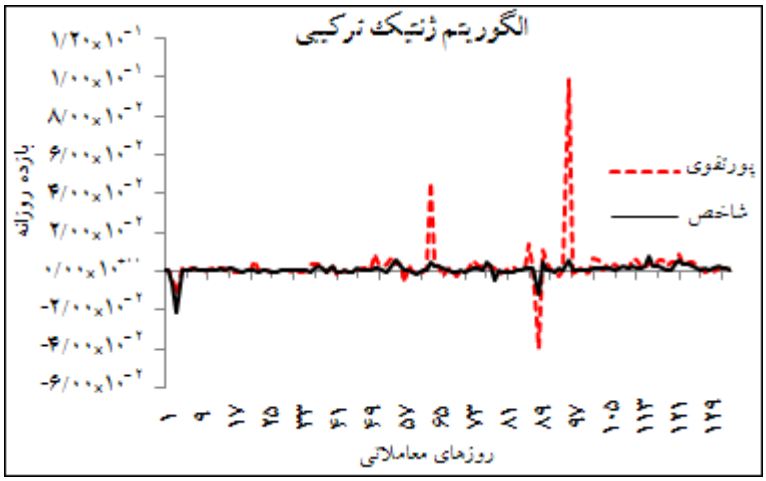
همانگونه که در شکل (۳) مشخص است، پورتفوی به‌خوبی و با دقت بالایی شاخص را ردیابی نموده بگونه‌ای که همبستگی میان سریهای زمانی بازده پورتفوی و شاخص برابر با ۹۷/۴۵٪ محاسبه شده است.

٤-٤) ارزیابی عملکرد پورتفوی بهینه ردیابی‌کننده شاخص با استفاده از داده‌های آتی

بطور کلی دو استراتژی به منظور نگهداری پورتفوی انتخاب شده وجود دارد: ۱- نگهداری پورتفوی و تعدیل آن بگونه‌ای که وزن تعیین شده سهام ثابت بماند، ۲- نگهداری پورتفوی و تعدیل خودکار وزن سهام تشکیل‌دهنده آن بر اساس نوسانات قیمت آنها [۲۳]. با توجه به مطالعات انجام شده استراتژی دوم از مزیت بیشتری برخوردار است. رویکرد اول نیازمند مدیریت فعال پورتفوی بوده و به منظور ثابت نگه‌داشتن وزن سهام، با هزینه‌های معاملاتی بیشتر مواجه است در حالی که در رویکرد دوم وزن سهام بر اساس

نوسانات قیمت آنها و بالتبع تغییر ارزش نسبی آنها در پورتفوی تعدیل می‌گردد و نیازمند خرید و فروش سهام به منظور ثابت نگه داشتن اوزان نمی‌باشد. در این تحقیق هر دو استراتژی اشاره شده مورد بررسی قرار گرفته است اما به دلیل برتری استراتژی دوم، نتایج حاصل از تحلیل پورتفوی بهینه در خصوص داده های تست، با تکیه بر آن ارائه خواهد شد. به منظور پیاده سازی این روش میزان سرمایه‌گذاری اولیه معادل یک میلیون تومان در نظر گرفته شد تا بدین ترتیب تعداد هر یک از سهام موجود در پورتفوی از حاصل تقسیم میزان سرمایه‌گذاری انجام شده به ازاء هر سهم بر قیمت روز آن تعیین و جهت محاسبه تغییرات روزانه وزن آنها در پورتفوی مورد استفاده قرار گیرد. نتایج حاصل به شرح ذیل است:

شکل(۴): بازده پورتفوی ردیابی کننده در مقایسه با بازده شاخص کل قیمت و بازده نقدی



همانگونه که از شکل (۴) قابل استنتاج است خطای ردیابی در خصوص داده های تست افزایش یافته بگونه‌ای که مقدار آن به ۰/۰۰۰۸۲۴۸ رسیده است.

عملکرد پورتفوی در خصوص داده های تست از دو منظر قابل بررسی است:

۱- ترکیب پورتفوی ردیابی کننده شاخص بایستی به صورت منظم و در فواصل زمانی نسبتا مشخص مورد بازبینی قرار گیرد. علت این موضوع تغییر در ترکیب شاخص در نتیجه ورود و خروج شرکت ها به بورس و همچنین تعدیل وزن اقلام تشکیل دهنده شاخص می باشد. تعیین فواصل زمانی مورد نظر امری غیر قطعی بوده و بایستی توسط تحلیل‌گر و با توجه به رویدادهای بازار مشخص شود. بر اساس دیدگاه بیزلی این فاصله زمانی بایستی کمتر از شش ماه باشد[۵]. البته این زمان تعیین شده سازگار با بورسهای پیشرفته‌ای است که از تلاطم کمتری برخوردارند، لذا این فاصله زمانی برای بورس تهران بسیار کوتاه‌تر پیشنهاد و تصور می گردد. با توجه به شکل (۴)، تا حدود ۳ ماه پس از انتخاب پورتفوی، ردیابی شاخص با دقت بالایی صورت پذیرفته و ضریب همبستگی در این بازه زمانی برابر ۷۲/۳٪ محاسبه شده است. بنابراین می‌توان استدلال نمود که ترکیب پورتفوی پس از گذشت یک بازه زمانی نیازمند بروزرسانی است و این امر بخشی جدائی ناپذیر از فرایند ردیابی شاخص می باشد.

۲- افزایش خطای ردیابی و کاهش ضریب همبستگی در خصوص داده های تست در جهت مثبت بوده است، به عبارت دیگر این عدم تطابق با شاخص به دلیل عملکرد برتر پورتفوی مورد نظر نسبت به شاخص است. این موضوع از طریق محاسبه تفاوت میانگین بازده پورتفوی و شاخص در بازه زمانی اشاره شده قابل بررسی است که نتیجه آن در حدود ۰/۱۴٪ بازده اضافی[1] را نشان می دهد.

با توجه به تحلیل انجام شده، رویکرد ترکیبی ژنتیک علاوه بر ردیابی دقیق شاخص در بازه آموزش، از توانمندی بالایی در ردیابی شاخص در بازه سه ماهه اول دوره تست و همچنین دستیابی به عملکردی فراتر از شاخص در کل دوره تست برخوردار می باشد.

[1] Excess return

٥-٤) پورتفوی بهینه پیشنهادی جهت ردیابی شاخص کل قیمت و بازده نقدی

در این بخش پورتفوی بهینه حاصل از مدل پیشنهادی را به لحاظ سهام تشکیل دهنده و اوزان متناظر آن مورد بررسی قرار می‌دهیم. به عبارت دیگر پورتفوی بهینه ردیابی‌کننده در بازه زمانی مورد مطالعه، به شرح ذیل معرفی می‌گردد:

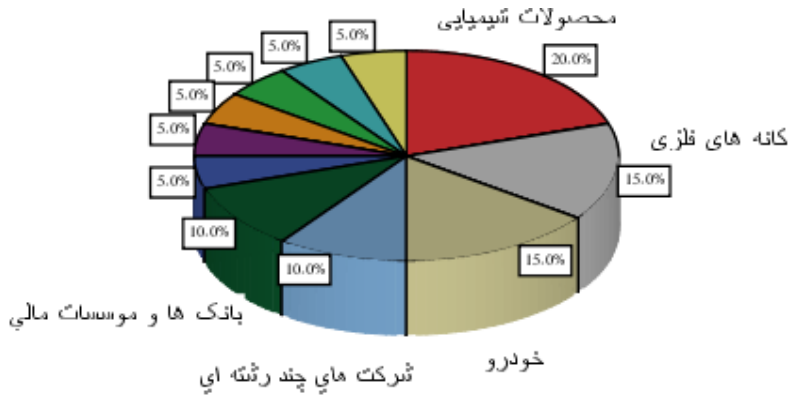
جدول(۴): سهام پورتفوی بهینه ردیابی‌کننده شاخص و اوزان متناظر آنه

سهام	وزن
تراکتورسازی ایران	۰/۰۲۱۱۴۳
سایپا	۰/۱۰۱۱۸۸
ایران خودرو	۰/۱۰۲۵۹۶
داملران	۰/۰۲۱۴۴۲
خدمات انفورماتیک	۰/۰۸۰۰۹۸
سیمان تهران	۰/۰۲۵۳۶۶
پتروشیمی اراک	۰/۰۱۴۸۵۷
پتروشیمی اصفهان	۰/۰۱۳۸۹۷
پتروشیمی فارابی	۰/۰۰۰۴۹۳
شرکت فرآوری مواد معدنی ایران	۰/۰۰۸۹۴۱
توسعه معادن روی ایران	۰/۰۱۴۳۶۰
سنگ آهن گل گهر	۰/۱۱۶۰۸۹
سرمایه گذاری بانک ملی ایران	۰/۰۷۲۱۶۰
بانک پارسیان	۰/۰۴۱۲۴۱
سرمایه گذاری پتروشیمی	۰/۰۳۲۸۷۸
داروپخش	۰/۱۳۳۱۸۱

سرمایه گذاری رنا	۰/۰۵۸۰۸۷
سرمایه گذاری صندوق بازنشستگی	۰/۰۹۶۰۵۲
بانک کارآفرین	۰/۰۱۴۲۷۳
سرمایه گذاری توسعه معادن و فلزات	۰/۰۳۱۶۵۷
جمع کل	۱

همانطور که مشاهده می شود پنج سهم داروپخش، سنگ آهن گل گهر، ایران خودور، سایپا و سرمایه‌گذاری صندوق بازنشستگی کشوری به ترتیب با ۱۳/۳۱، ۱۱/۶۰، ۱۰/۲۵، ۱۰/۱۱ و ۹/۶۰ ٪ بیشترین وزن در پورتفوی ردیابی‌کننده را به خود اختصاص داده اند. این امر منطقی است چرا که سهم‌های سنگ آهن گل گهر، ایران خودور، سایپا و سرمایه گذاری صندوق بازنشستگی کشوری جزء بزرگترین سهام موجود در بازار محسوب و بالتبع شاخص تحت تأثیر نوسانات این سهام قرار خواهد گرفت. بر اساس گزارش سازمان کارگزاران بورس اوراق بهادار تهران، در سال ۱۳۸۴ نماگرهای مختلف فعالیت بورس اوراق بهادار در ادامه روند حرکتی نیمه دوم سال ۱۳۸۳، همچنان تحت تأثیر رویدادهای مختلف داخلی و خارجی و افزایش بی‌رویه شاخص‌ها در سالهای قبل، از روندی کاهشی برخوردار بوده اند. از اینرو سهم داروپخش به عنوان سهمی با بازده نزولی در این دوره، نقش همراستا نمودن پورتفوی ردیابی‌کننده با شاخص را به عهده داشته و لذا درصد قابل توجهی از وزن پورتفوی را به خود اختصاص داده است[1]. همچنین با بررسی دقیق نتایج، طبقه بندی سهام تشکیل دهنده پورتفوی بر حسب صنایع مختلف به شکل زیر قابل ملاحظه می‌باشد:

[1] سازمان کارگزاران بورس اوراق بهادار،۱۳۸۴



شکل(۵): طبقه بندی سهام تشکیل دهنده پورتفوی بر حسب گروههای صنعتی

همانطور که در شکل(۵) مشخص است، گروههای صنعتیِ محصولات شیمیایی، استخراج کانه‌های فلزی و خودرو و ساخت قطعات بیشترین سهم از پورتفوی را به خود اختصاص داده اند و در رده بعدی، صنایعی چون شرکت‌های چند رشته‌ای و بانک ها و موسسات مالی قرار دارند. به این ترتیب گروههای صنعتی اشاره شده بیشترین تأثیر بر شاخص را در بازه زمانی تحقیق دارا می باشند. لازم به ذکر است که دسته بندی سهام تشکیل دهنده پورتفوی به گروهای صنعتی مختلف، بر اساس معیارهای سازمان بورس انجام شده است. در این طبقه بندی، شرکتهای سرمایه‌گذاری با توجه به حوزه فعالیتشان در زیر گروههای مختلف قرار گرفته‌اند و این در حالی است که اگر تمام شرکتهای سرمایه‌گذاری تحت عنوان یک گروه صنعتی طبقه بندی شوند، بیشترین بخش از پورتفوی و به عبارتی تأثیر گذارترین گروه صنعتی محسوب خواهند شد.

٦-٤) الگوی پیشنهادی جهت سرمایه گذاری شاخص محور در بورس تهران

بر اساس فرایند ارائه شده و نتایجی که این تحقیق بدان دست یافت، الگویی جهت سرمایه‌گذاری شاخص محور پیشنهاد و در قالب گام‌های ذیل تشریح و تبیین می گردد:

گام اول - جمع آوری داده های سری زمانی بازده سهام و شاخص

ابتدا دوره زمانی آموزش که با بهره‌گیری از آن هدف انتخاب پورتفوی بهینه ردیابی کننده را دنبال می‌کنیم، انتخاب و بازده روزانه سهام و شاخصی را که قصد ردیابی آن را داریم محاسبه می‌نماییم. با توجه به اینکه برخی از سهام به علت بسته بودن نماد معاملاتی و یا پدیده داد و ستد غیر همزمان[1] دارای روزهای معاملاتی کمتر از شاخص می باشند، کامل کردن داده ها به یکی از روشهای متداول موجود در ادبیات سرمایه‌گذاری، امری اجتناب ناپذیر است. همچنین توجه به جنس شاخص ردیابی شونده از اهمیت بسزائی برخوردار است و عدم توجه به آن می تواند نتایج را غیر قابل استناد نماید. به طور مثال ردیابی شاخص کل قیمت و بازده نقدی که افزایش سرمایه، سود تقسیمی، تغییرات قیمت سهام و بطور کلی کل بازده را منعکس می سازد، نیازمند تعدیل داده های سهام بر اساس پارامترهای یاد شده است.

گام دوم – بررسی ورود یا عدم ورود سهمی تأثیر گذار بر شاخص در بازه زمانی آموزش

الگوریتم ابتکاری طراحی شده در این تحقیق نیازمند داده‌های کامل بازده سهام (برابر با روزهای معاملاتی شاخص) در بازه زمانی مورد مطالعه است. از طرفی در صورت ورود یک سهم تأثیر گذار به بازار، بایستی شرایطی فراهم شود تا امکان انتخاب شدن آن در پورتفوی بهینه، همچون سایر سهام برقرار باشد. بدین منظور فرض می شود که سهم مورد نظر از ابتدای دوره آموزش در بورس حضور داشته و در این راستا داده های مرتبط با بازده روزانه آن در این بازه زمانی، با استفاده از شبکه عصبی شبیه سازی می گردد.

گام سوم – فیلترینگ سهام بر مبنای ۱۰۰ روز معاملاتی در سال

علی رغم آنکه الگوریتم پیشنهادی تحقیق قابلیت تحلیل و انتخاب پورتفوی بهینه از میان تعداد نامحدود سهام را دارد، اما به جهت افزایش سرعت همگرایی، سهامی که از تأثیر

[1] Thin Trading

گذاری بسیار پایینی بر شاخص برخوردارند، مبتنی بر معیار ۱۰۰ روز معاملاتی در سال فیلتر خواهند شد.

گام چهارم – اجرای الگوریتم ژنتیک ترکیبی و انتخاب پورتفوی بهینه ردیابی کننده شاخص

گام پنجم – ارزیابی پورتفوی بر مبنای شاخص های ردیابی

به منظور ارزیابی پورتفوی انتخاب شده، شاخص هایی چون خطای ردیابی و ضریب همبستگی را بر اساس داده های آموزش محاسبه و از مناسب بودن آن اطمینان حاصل می‌نمائیم.

گام ششم – نگهداری پورتفوی بهینه و مقایسه عملکرد آن با شاخص

پس از انتخاب پورتفوی بهینه، آن را در دوره تست نگهداری کرده و بازده حاصل از آن را در قیاس با بازده شاخص مورد مطالعه قرار می‌دهیم. معیارهایی چون خطای ردیابی و بازده اضافی نسبت به شاخص می‌توانند اطلاعات خوبی را در خصوص عملکرد پورتفوی در بازه زمانی تست در اختیار سرمایه‌گذاران قرار دهند.

گام هفتم – بروزرسانی ترکیب پورتفوی

عواملی چون ورود و خروج شرکت ها به بازار و تعدیل وزن اقلام تشکیل دهنده آن، لزوم بروزرسانی ترکیب پورتفوی ردیابی‌کننده را نمایان می‌سازد. با توجه به نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده ها و مقایسه نوسانات بازده شاخص و پورتفوی ردیابی‌کننده در دوره تست، حداکثر زمان پیشنهادی جهت نگهداری پورتفوی سه ماه (در حدود ۳۱ روز معاملاتی) پیش‌بینی می‌شود. بعد از گذشت سه ماه وزن جدید اقلام تشکیل دهنده پورتفوی بایستی مورد محاسبه قرار گرفته و تعدیلات لازم با خرید و فروش سهام اعمال شود. البته لازم به ذکر است که در صورت ورود سهمی تأثیرگذار در دوره تست، بایستی

ترکیب پورتفوی به لحاظ اقلام تشکیل دهنده آن نیز مورد بررسی مجدد قرار گرفته و امکان انتخاب شدن سهم جدید الورود به بازار در پورتفوی ردیابی‌کننده فراهم گردد.

گام هشتم – بازگشت به گام ششم و پیاده سازی مراحل بعدی
بعد از بروزرسانی، پورتفوی مورد نظر نگهداری شده و مجددا نوسانات بازده آن نسبت به شاخص مبتنی بر معیارهای اشاره شده مورد مطالعه قرار خواهد گرفت.

۵) نتیجه‌گیری و پیشنهادات

یک استراتژی مناسب سرمایه‌گذاری، بر پایه کاهش ریسک، حداقل نمودن حجم معاملات و کاهش هزینه‌های معاملاتی و مالیاتی استوار است. دستیابی به این اهداف منطق زیربنایی سرمایه‌گذاری شاخص‌محور و محصولات مبتنی بر شاخص است. در حقیقت می‌توان این استراتژی را کاراترین روش در دستیابی به بازدهٔ بازار قلمداد نمود. در حالیکه وجود حداقل سطحی از ناکارایی در بازار شرط لازم برای بکارگیری مدیران فعال است، اما شرطی کافی محسوب نمی‌شود. علاوه بر این شرط نیاز است تا مدیرانی با مهارت کافی در بهره‌گیری از این ناکارایی‌ها نیز انتخاب شوند. بدون مهارت، بازارهای ناکارا همچنان مبین یک بازی با برآیند صفر خواهند بود (و با برآیندی منفی بعد از لحاظ نمودن هزینه و دستمزد). به عبارت دیگر مالکان دارائی که قادر به انتخاب مطمئن چنین مدیران با عملکرد بالایی نیستند، بایستی یک موضع معاملاتی شاخص‌محور را اتخاذ نمایند. هدف اولیه از شکل گرفتن تحقیق حاضر نیز فراهم آوردن امکان سرمایه‌گذاری برای افرادی که یا به دلیل کمبود تجربه و تخصص و یا به علت عدم دستیابی به چنین مدیرانی، از انگیزه لازم جهت ورود به بازار سرمایه برخوردار نمی‌باشند، بوده است. با در نظر گرفتن هدف اولیه اشاره شده، مسأله انتخاب پورتفوی بهینه ردیابی‌کننده شاخص با در نظر گرفتن محدودیت عدد صحیح مورد مطالعه قرار گرفت. بدین منظور از رویکرد ترکیبی الگوریتم‌ژنتیک و برنامه‌ریزی کوادراتیک برای انتخاب پورتفوی بهینه و از شبکه عصبی جهت آماده‌سازی و شبیه‌سازی داده‌ها بهره گرفته شد. عملکرد برتر پورتفوهای حاصل از

این روش فرا ابتکاری در دفعات مختلف تکرار، یا به عبارتی دستیابی به عملکردی مشابه و فراتر از شاخص در خصوص داده‌های تست را می‌توان از ویژگی‌های منحصر به فرد این روش به حساب آورد. این در حالی است که در بسیاری از تحقیقات انجام شده[۵،۱۰،۱۶]عملکرد مشابه و پایین تر نسبت به شاخص نتیجه بکارگیری الگوریتم‌های پیشنهادی آنها بوده است. از طرف دیگر دقت ردیابی آن نیز مشابه و یا بهتر از روشهای ارائه شده در تحقیقات دیگر است. دقت ردیابی الگوریتم ژنتیک ترکیبی در حد ۰/۰۰۰۰۱ می باشد و این در حالی است که مقدار آن در تحقیقات مشابه[۵،۱۰،۱۱،۱۳] بین ۰/۰۰۰۰۱- ۰/۰۰۱ متغیر است. علاوه بر موارد ذکر شده نتایج حاصل از ارزیابی عملکرد پورتفوی در دوره تست، اهمیت بروز رسانی ترکیب آن را منعکس نمود و آن را جزئی جدائی ناپذیر از رویکرد سرمایه‌گذاری شاخص‌محور نشان داد. بررسی سهام پورتفوی بهینه و انتخاب شدن سنگ آهن گل گهر، ایران خودور، سایپا، سرمایه‌گذاری صندوق بازنشستگی کشوری و تخصیص یافتن درصد بالایی از وزن پورتفوی به آنها مؤید این موضوع است که سهام با ارزش بازار بالا از قابلیت تأثیرگذاری بالایی بر شاخص برخوردارند.

اجرای دیدگاه های تئوریک اولیه در یک محیط واقعی سرمایه گذاری مانند بورس تهران و تلاش در جهت برطرف نمودن موانع عملیاتی منجر به دستیابی به الگویی جهت پیاده سازی این روش در بورس تهران شد که ساختار کلی آن در شکل(۶) قابل مشاهده می باشد.

با توجه به مطالعات انجام شده پیشنهادات ذیل جهت تحقیقات آتی ارائه می گردد:

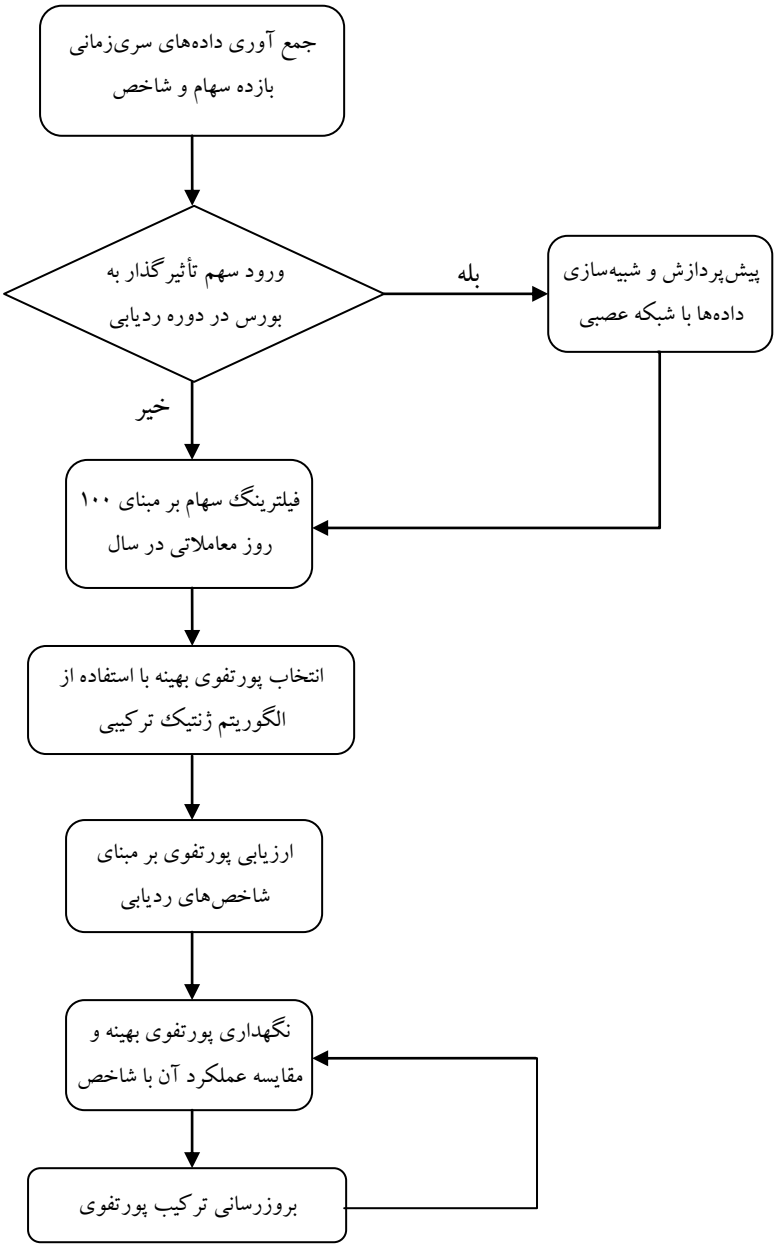
۱- سرمایه گذاران نبایستی به رویکرد شاخص محور به عنوان جایگزین مدیریت فعال بنگرند، بلکه بایستی آن را به عنوان ابزاری اثربخش و در چارچوب یک استراتژی سرمایه‌گذاری کلی مدنظر قرار دهند. از اینرو پیشنهاد می شود تا رویکرد شاخص‌محور

بنیادی[1] که سرمایه‌گذاری «محوری- جانبی»[2] یکی از مصداق های بارز آن است مورد مطالعه قرار گیرد.

۲- لحاظ نمودن هزینه های معاملاتی و تلاش در جهت حداقل سازی آن و همچنین تعیین دوره بروزرسانی ترکیب پورتفوی بخشی جدائی ناپذیر از فرایند مدیریت پورتفوی را تشکیل می دهند . لذا به پژوهشگران پیشنهاد می شود تا با تدوین سناریوهای مختلف تعدیلات لازم در مدل را جهت در نظر گرفتن موارد اشاره شده اعمال نمایند و موضوع مدیریت پورتفوی را از تمامی جهات مورد بررسی قرار دهند.

۴ - جهت حل مسأله تحقیق از الگوریتم فرا ابتکاری ژنتیک بهره گرفته شد، در حالیکه مطالعه و بررسی تکنیکهای متنوعی چون بهینه سازی فوجی ذرات، منطق فازی و ... که کمتر در خصوص ردیابی شاخص مورد استفاده قرار گرفته اند، می تواند در پژوهشهای آتی مد نظر قرار گیرد.

[1] Fundamental indexing
[2] Core-Satellite investing



شکل (۶): الگوی سرمایه‌گذاری شاخص‌محور در بورس تهران

منابع

۱ -راعی, رضا و تلنگی, احمد.(۱۳۸۳)، مدیریت سرمایه گذاری پیشرفته. سمت،تهران.

۲ -تقوی فرد, محمدتقی, منصوری, طاها و خوش طینت, محسن.(۱۳۸۶)، ارائه یک الگوریتم فرا ابتکاری جهت انتخاب سبد سهام با در نظر گفتن محدودیت عدد صحیح.فصلنامه پژوهشهای اقتصادی ,سال هفتم ,شماره ۴, ص. ۴۹-۶۹.

۳ -علیرضا, مهدی.(۱۳۸۷)، مقدمه ای بر الگوریتم های ژنتیک و کاربردهای آن.ناقوس اندیشه،تهران.

۴ -میریک امامی, علیرضا.(۱۳۸۶)، تعیین توالی عملیات یک خط مونتاژ چند مدلی در استقرار U شکل با استفاده از یک روش کارامد.پایان نامه کارشناسی ارشد،گروه مهندسی صنایع،دانشگاه علوم و فنون مازندران.

5- Beasley, J.E, Meade, N. & Chang, T.J. (2003). An evolutionary heuristic for the index tracking problem. European Journal of Operational Research , 148, 621–643.

6- Coleman, T.F. ,Y. Li & J. Henniger. (2006). Minimizing Tracking error while restricting the number of assets. Journal of Risk , 8 , 33–56.

7- Corielli, F., & Marcellino, M. (2006). Factor based index tracking. Journal of Banking and Finance (30), 2215–2233.

8- Holland, J. (1975). Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis With Applications to

Biology, Control and Artificial Intelligence. University of Michigan Press.

9- Jansen, R. & Dijk, R. van. (2002). Optimal benchmark tracking with small portfolios. Journal of Portfolio Management (28), 33–39.

10- Jeurissen, R. (2005). A Hybrid Genetic Algorithm to track the Dutch AEX-index. Bachelor Thesis,Faculty of Economics,Erasmus University Rotterdam.

11- Larsen Jr., G., & Resnick, B. (1998). Empirical insights on indexing. The Journal of Portfolio Management , 25 (1), 51-60.

12- Meade, N., & Salkin, G. (1990). Developing and maintaining an equity index fund. Journal of the Operational Research Society , 41 (7), 599–607.

13- Meade, N., & Salkin, G. (1989). Index funds––construction and performance measurement. Journal of the Operational Research Society , 40 (10), 871–879.

14- Mitchel, M. (1999). An Introduction to Genetic Algorithms. MIT Press.

15- Oh, K.J., Kim, T.Y. & Min, S. (2005). Using genetic algorithm to support portfolio optimization for index fund management . Expert Systems with Applications , 28, 371–379.

16- Rafaely, B., & Bennell, J. (2006). Optimisation of FTSE 100 tracker funds:A comparison of genetic algorithms and quadratic programming. Managerial Finance , 32 (6), 477-492.

17- Rohweder, H. (1998). Implementing stock selection ideas: Does tracking error optimization do any good? The Journal of Portfolio Management , 24 (3), 49–59.

18- Roll, R. (1992). A mean/variance analysis of tracking error. Journal of Portfolio Management , 18 (4), 13–22.

19- Rudd, A. (1980). Optimal selection of passive portfolios. Financial Management , 57-66.

20- SCHOENFELD, A. ,(2004). Active Index Indexing. John Wiley & Sons Inc.

21- Sharpe, W. F. (1991). The Arithmetic of Active Management. Financial Analyst Journal , 47 (1).

22- Tabata, Y., & Takeda, E. (1995). Bicriteria optimization problem of designing an index fund. Journal of the Operational Research Society , 46 (8), 1023–1032.

23- Torrubiano, R., & Suarez, A. (2008). A hybrid optimization approach to index tracking. Operational Research , 1-15.