

## تشکیل صندوق شاخصی بهبود یافته با استفاده از الگوریتم ژنتیک

رضوان حجازی<sup>۱</sup> / داود جعفری سرشت<sup>۲</sup> / محمود دلشادی<sup>۳</sup>

### چکیده

این تحقیق به ارائه مدلی برای بهینه‌سازی پرتفوی جهت مدیریت صندوق شاخصی بهبود یافته می‌پردازد. مدیریت صندوق شاخصی بهبود یافته دو هدف اساسی را نسبت به مدیریت فعال و مدیریت منفعلانه دنبال می‌کند. صندوق شاخصی بهبود یافته از یکسو در تلاش برای دستیابی به بازده بیشتر نسبت به شاخص است و از سوی دیگر، برای کاهش انحراف از شاخص تلاش می‌کند. در این مقاله چگونگی به کارگیری الگوریتم ژنتیک برای حل مسئله تشکیل صندوق شاخصی بهبود یافته با در نظر گرفتن محدودیت تعداد دارایی‌های مختلف و همچنین محدودیت در وزن تخصیص داده شده به دارایی‌های مختلف صندوق، شرح داده شده است. دوره زمانی مورد استفاده برای این پژوهش از خرداد ۱۳۷۸ تا خرداد ۱۳۸۹ در بورس اوراق بهادار تهران بود. نتایج حاصل از بارگیری مدل پیشنهادی با شاخص قیمت و بازده نقدی مقایسه گردید. نتایج این مقایسه بیانگر این است که میانگین بازده صندوق‌های شاخصی بهبود یافته تفاوت معنی‌دار آماری با بازده شاخص قیمت و بازده نقدی بورس اوراق بهادار تهران دارد و از آن بیشتر است.

**واژگان کلیدی:** صندوق شاخصی بهبود یافته، خطای ردیابی شاخص، الگوریتم ژنتیک

**طبقه‌بندی موضوعی:** C63, C60, G11

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
رتال جامع علوم انسانی

۱. دانشیار دانشگاه الزهراء (س)

۲. استادیار گروه اقتصاد دانشگاه بوعلی سینا

۳. کارشناس ارشد حسابداری [m\_delshadi85@yahoo.com]

## ۱- مقدمه

رشد و توسعه اقتصادی هر کشوری نیازمند آن است که منابع و امکانات آن کشور به سوی فعالیت‌های مولد و صنعتی هدایت شوند. بی‌تردید این مهم را نمی‌توان به انجام رساند، مگر این که بازارهای پول و سرمایه و امکانات مرتبط با آن‌ها، گسترش یابند. در کشور ما نیز با توسعه بازار سرمایه و حضور هر چه بیشتر مردم در این بازار، ضرورت دارد که نسبت به ایجاد نهادهای سرمایه‌گذاری مناسب و متنوع، از جمله انواع صندوق‌های سرمایه‌گذاری، برای تجهیز پس‌اندازهای مردم و فراهم کردن امکان حضور غیرمستقیم آنان در بازار سرمایه، اقدام شود.

بدیهی است وجود تنوع در صندوق‌های سرمایه‌گذاری به عنوان یکی از اقسام نهادهای مالی، از جمله عوامل مؤثر در ایجاد انگیزه برای مشارکت سرمایه‌گذاران در بازار سرمایه است. از همین روست که ابداعات و نوآوری‌های بسیاری در چند دهه گذشته در صندوق‌های سرمایه‌گذاری صورت گرفته و صندوق‌های سرمایه‌گذاری مختلفی از قبیل صندوق‌های سرمایه‌گذاری شاخصی<sup>۱</sup>، صندوق‌های سرمایه‌گذاری شاخصی بهبود یافته<sup>۲</sup> و صندوق‌های سرمایه‌گذاری پوششی<sup>۳</sup> به وجود آمده است.

در کشور ما برای توسعه بازار سرمایه و زمینه‌سازی حضور هر چه بیشتر سرمایه‌گذاران در بازار سرمایه، ضرورت دارد که نسبت به ایجاد نهادهای سرمایه‌گذاری مناسب و متنوع اقدام شود. صندوق‌های شاخصی بهبود یافته یکی از نهادهای سرمایه‌گذاری است که امروزه بسیاری از سرمایه‌گذاران و مدیران مؤسسات سرمایه‌گذاری در بازارهای توسعه یافته و نوظهور به آن گرایش یافته‌اند اما هنوز این نهاد مالی در بازار سرمایه ایران ایجاد نشده است. با توجه به این موضوع، که توسعه بازار سرمایه کشور نیازمند توسعه روش‌های متنوع جهت سرمایه‌گذاری می‌باشد و یکی از روش‌هایی که تاکنون در کشور از آن استفاده نشده و الگویی برای آن تبیین نشده، صندوق شاخصی بهبود یافته است؛ تحقیق حاضر در تلاش است که الگویی برای تشکیل صندوق شاخصی بهبود یافته ارائه نماید. کلیه فعالان بازار سرمایه از قبیل شرکت‌های سرمایه‌گذاری، سرمایه‌گذاران نهادی و صندوق‌های سرمایه‌گذاری می‌توانند از الگوی ارائه شده در این تحقیق استفاده کنند.

الگوریتم ژنتیک یکی از مطرح‌ترین الگوریتم‌های بهینه‌سازی محسوب می‌شود. تاکنون الگوریتم ژنتیک در بسیاری از مسائل مالی از قبیل انتخاب پرتفوی بهینه، پیش‌بینی ورشکستگی و کشف تقلب در صورت‌های مالی به کار گرفته شده و نتایج موفقیت‌آمیزی از به کارگیری این الگوریتم در حل

1. Index Funds
2. Enhanced Index Funds
3. Hedge Funds

چنین مسائلی به دست آمده است. با توجه به موفقیت الگوریتم ژنتیک در حل مسائل مالی، به کارگیری آن برای تشکیل صندوق شاخصی بهبود یافته، گزینه مناسبی به نظر می‌رسد. به همین دلیل، در این تحقیق برای تشکیل صندوق شاخصی بهبود یافته از الگوریتم ژنتیک استفاده شده است.

## ۲- مبانی نظری و پیشینه تحقیق

### ۲-۱- مبانی نظری

از جمله مزایای صندوق‌های سرمایه‌گذاری می‌توان به استفاده از کادر متخصص و مدیران حرفه‌ای برای مدیریت اوراق بهادار موجود در پرتفوی صندوق اشاره نمود. به‌طور کلی، مدیران صندوق‌های سرمایه‌گذاری از دو استراتژی زیر برای سرمایه‌گذاری در اوراق بهادار بهره می‌گیرند:

(۱) استراتژی منفعلانه<sup>۱</sup>: نتیجه طبیعی اعتقاد به کارایی بازار، استفاده از استراتژی منفعلانه برای تملک و مدیریت سهام عادی است. طبق این استراتژی، اگر بازار از کارایی بالایی برخوردار باشد، در آن صورت اطلاعات به سرعت در قیمت‌ها منعکس خواهد شد و در نتیجه نیازی به استفاده از استراتژی فعال که بتواند به عملکردی بالاتر از عملکرد بازار بیانجامد، نخواهد بود. در استراتژی منفعلانه، صندوق‌ها اقدام به خرید و نگهداری سهام نموده و فقط در صورت لزوم، نسبت به فروش آن‌ها اقدام می‌کنند. به همین دلیل، از مزایای عمده این استراتژی می‌توان به پایین بودن هزینه‌های اجرای آن به دلیل حجم کم معاملات اشاره نمود.

(۲) استراتژی فعال<sup>۲</sup>: برخلاف استراتژی منفعلانه در این استراتژی اعتقادی به کارایی بازار وجود ندارد و اعتقاد بر این است که قیمت‌گذاری سهام ممکن است درست نباشد و لذا امکان تغییرات ناگهانی در قیمت‌ها وجود دارد، در این صورت با خرید و فروش سهام می‌توان به سود بیشتری دست یافت. طرفداران این استراتژی معتقدند که با دسترسی به اطلاعات، بهره‌یابی از توانایی تحلیل‌گری خود و تجربیاتی که از حضور در بازار دارند، می‌توانند بازده بیشتری نسبت به بازده بازار کسب کنند. استراتژی مدیریت فعال دارای هزینه‌های بالایی است زیرا در این استراتژی به طور متناوب به خرید و فروش اوراق بهادار اقدام می‌گردد و همین امر هزینه‌های معاملاتی بالایی را برای صندوق به ارمغان می‌آورد. همچنین، استفاده از استراتژی فعال مستلزم به کارگیری تیمی متشکل از تحلیل‌گران متخصص

1. Passive

2. Active

و توانمند است. این امر نیز به نوبه خود هزینه‌های به‌کارگیری این استراتژی را افزایش می‌دهد. به علاوه، استراتژی مدیریت فعال با ریسک بالایی همراه است (Beasley, et al., 2003). در طول سال‌های اخیر هم در اروپا و هم در آمریکا گرایش سرمایه‌گذاران و مدیران شرکت‌های سرمایه‌گذاری به استراتژی منفعلانه بیشتر شده است. دلیل این امر را می‌توان در عملکرد مطلوب‌تر استراتژی منفعلانه نسبت به استراتژی فعال در بلندمدت جستجو کرد. نتایج تحقیقات مالی نیز بیانگر موفق‌تر بودن استراتژی منفعلانه نسبت به استراتژی فعال است (Gruber, 1996).

صندوق‌های شاخصی بهبود یافته به دنبال کسب بازده اضافی نسبت به بازده شاخص هستند. امروزه صندوق‌های شاخصی بهبود یافته برای دستیابی به این بازده اضافی از دو استراتژی منفعلانه و فعال در کنار هم استفاده می‌کنند؛ به این صورت که بخش عمده پرتفوی صندوق با به‌کارگیری استراتژی منفعلانه، برای کسب بازده مشابه بازده شاخص بازار سهام اداره می‌شود و برای بخش کوچک‌تر پرتفوی به منظور کسب بازده‌ای اضافه بر بازده شاخص، از استراتژی فعال استفاده می‌شود.

مدیریت بخشی از صندوق که به صورت فعال اداره می‌شود، برای کسب بازده اضافی از راه کارهای زیر بهره می‌گیرد:

- استراتژی مبتنی بر سهام: در این استراتژی سعی می‌شود که با تجزیه و تحلیل دقیق سهام، آن دسته سهام‌هایی شناسایی و انتخاب شوند که به درستی قیمت‌گذاری نشده‌اند تا با خرید این دسته از سهام‌ها، از این قیمت‌گذاری نادرست برای کسب بازده بیشتر استفاده شود؛
- استراتژی مبتنی بر اوراق مشتقه: در این استراتژی تلاش می‌گردد تا با بهره‌یابی از اوراق مشتقه از قبیل قرارداد آتی، اختیار معامله و ... بازده اضافی حاصل شود؛
- استراتژی مبتنی بر روش‌های کمی: در این حالت، با استفاده از روش‌های کمی که عمدتاً در تحقیقات مراکز علمی و دانشگاهی ابداع شده و توسعه یافته‌اند، پرتفوی با بازده بالا تشکیل می‌شود. از بین روش‌های کمی، مدل میانگین واریانس متداول‌ترین مدلی است که برای انتخاب پرتفوی استفاده می‌شود (Damodaran, 2003).

به‌کارگیری استراتژی فعال در صندوق‌های شاخصی بهبود یافته مشکلاتی را به همراه دارد زیرا استراتژی مدیریت فعال با ریسک بالایی همراه است. مطالعات مالی بیانگر این واقعیت هستند که استراتژی مدیریت فعال پرتفوی، غالباً در بلندمدت موفقیت‌آمیز نیست و موفقیت‌هایی که مدیریت فعال پرتفوی کسب می‌کند، اغلب دائمی نیستند (Beasley, et al., 2003). به دلیل معایب استراتژی فعال، در رویکرد صندوق‌های شاخصی بهبود یافته، محققان در جستجوی راه‌حلی برای دست‌یابی به

بازده اضافی بدون استفاده از استراتژی فعال و رویکردهای مربوط به آن هستند. راه‌حل‌های ابداع شده توسط محققان، اغلب در چارچوب یک الگوریتم بهینه‌سازی ارائه شده است. یکی از مهم‌ترین صندوق‌های سرمایه‌گذاری که از استراتژی منفعلانه استفاده می‌کنند، صندوق‌های شاخصی هستند. ایده طراحی صندوق‌های شاخصی نخستین بار توسط جان بوگل<sup>۱</sup> در سال ۱۹۷۵ میلادی در گروه سرمایه‌گذاری تازه تأسیس ونگارد<sup>۲</sup> مطرح شد. طبق ایده مطرح شده به وسیله جان بوگل، صندوق‌های شاخصی پرتفوی خود را به گونه‌ای تشکیل می‌دهند که بازده آن‌ها مشابه با بازده شاخص بازار سهام باشد. در نتیجه عملکرد این صندوق‌ها انعکاسی از تحولات بازار است. صندوق‌های شاخصی در طول سال‌های بعد از ۱۹۷۵ عملکرد بسیار مطلوبی را از خود نشان دادند و به صورت فزاینده‌ای در بازارهای سرمایه کشورهای توسعه‌یافته نظیر آمریکا، انگلستان، کانادا و استرالیا رشد و توسعه یافتند. طی سال‌های اخیر، صندوق‌های شاخصی به عنوان یک نهاد مالی موفق، در بازارهای نوظهور مانند چین از رشد و توسعه قابل توجهی برخوردار بودند. در ایران نیز نخستین صندوق شاخصی با عنوان صندوق شاخصی کارآفرین از اسفند ۱۳۸۹ شروع به فعالیت نمود. در سال‌های اخیر، بسیاری از مدیران مؤسسات سرمایه‌گذاری و سرمایه‌گذارانی که تمایل به استفاده از صندوق شاخصی داشتند، به نوع دیگری از صندوق‌های سرمایه‌گذاری به نام صندوق سرمایه‌گذاری شاخصی بهبود یافته گرایش یافته‌اند و بسیاری از مدیران مؤسسات سرمایه‌گذاری از استراتژی‌های مشابه استراتژی این صندوق‌ها استفاده می‌کنند (Qianli, et al., 2011). پایه و مبنای صندوق‌های شاخصی بهبود یافته بر این اصل استوار است که با تغییرات جزئی در نحوه اداره صندوق‌های شاخصی، می‌توان به بازدهی اضافه بر بازده شاخص دست یافت. دلایل گرایش مدیران مؤسسات سرمایه‌گذاری به صندوق‌های سرمایه‌گذاری شاخصی بهبود یافته را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود:

- صندوق‌های شاخصی با وجود تلاش برای تقلید رفتار شاخص و کسب بازده مشابه با شاخص بازار سهام، به دلیل وجود هزینه‌های اداره صندوق شاخصی، در نهایت بازده کمتری از بازده شاخص کسب می‌کنند. در نتیجه، مدیران در جستجوی کسب بازده اضافی نسبت به بازده شاخص برای پوشش دادن این هزینه‌ها هستند و این امر سبب گرایش آنان به صندوق‌های

1. John Bogle  
2. Vanguard Group

شاخصی بهبود یافته و نیز به کارگیری استراتژی‌های مشابه با استراتژی‌های صندوق‌های شاخصی بهبود یافته شده است.

- کسب بازده اضافی نسبت به بازده شاخص، یک مزیت رقابتی برای صندوق‌های شاخصی بهبود یافته نسبت به صندوق‌های شاخصی محسوب می‌شود (Qianli, et al., 2011).

## ۲-۲- پیشینه تحقیق

تشکیل صندوق شاخصی بهبود یافته یکی از مباحث مالی است که تحقیقات علمی و دانشگاهی بسیار کمی به آن پرداخته‌اند. بسیاری از تحقیقات و مدل‌های مربوط به صندوق‌های شاخصی بهبود یافته، در کنار مدل‌های تشکیل صندوق‌های شاخصی مطرح شده‌اند. در این قسمت تحقیقات صورت گرفته در سال‌های اخیر مورد بررسی قرار می‌گیرد.

بسلی و همکاران (Beasley, et al., 2003) با استفاده از الگوریتم تکاملی<sup>۱</sup> برای صندوق‌های شاخصی، الگویی را ارائه نمودند که در آن، علاوه بر بازده مشابه با بازده شاخص، قابلیت دست‌یابی به یک بازده اضافی نیز در نظر گرفته شده بود. در این مقاله، برای اولین بار انحراف از شاخص معادل جذر میانگین مجذورات خطا<sup>۲</sup> اختلاف بین بازده صندوق و بازده شاخص در نظر گرفته شده و بازده اضافی نیز به صورت میانگین اختلاف بین بازده صندوق و بازده شاخص تعریف شده بود. با توجه به این که در چارچوب ارائه شده توسط محققان، علاوه بر امکان رسیدن به بازده مشابه بازده شاخص، امکان دست‌یابی به یک بازده اضافی نیز در نظر گرفته شده بود، الگوی ارائه شده در این مقاله، از قابلیت به کارگیری در صندوق‌های شاخصی بهبود یافته نیز برخوردار بود. مدل ارائه شده در این پژوهش در بورس‌های هنگ‌کنگ، نیویورک، توکیو، آلمان و لندن مورد بررسی قرار گرفته و نتایج آن کاملاً قابل قبول بود.

فوکاردی و همکاران (Focardi, et al., 2004) پیشنهاد استفاده از تکنیک خوشه‌بندی<sup>۳</sup> را برای تشکیل صندوق‌های شاخصی و صندوق‌های شاخصی بهبود یافته مطرح نمودند. خوشه به مجموعه‌ای از داده‌ها گفته می‌شود که به هم شباهت داشته باشند. در خوشه‌بندی سعی می‌شود تا داده‌ها به خوشه‌هایی تقسیم شوند که شباهت بین داده‌های درون هر خوشه حداکثر گردد. طبق پیشنهاد محققان، می‌توان سهام شرکت‌های مختلف را نسبت به مشابهت سری زمانی بازده‌های آن‌ها در خوشه‌های

1. Evolutionary Algorithm  
2. Root of the Mean Squared Error  
3. Clustering

مختلفی قرار داد. سپس، مدیریت پرتفوی صندوق می‌تواند از هر خوشه یک یا چند سهم را بر حسب ترجیحات خود انتخاب و به وسیله یکی از تکنیک‌های بهینه‌سازی، وزن بهینه هر سهم را برای تشکیل پرتفوی صندوق، محاسبه نماید؛ یا این که از همان ابتدا به کمک یک روش بهینه‌سازی به صورت کاملاً خودکار از هر خوشه یک یا چند سهم انتخاب نموده و پرتفوی را بهینه کند. در این مقاله چنین استدلال شده بود که خوشه‌بندی عملکرد پایدار و بهتری را نسبت به سایر روش‌های تشکیل صندوق-های شاخصی به ارمغان می‌آورد.

داس و همکاران (Dose, et al., 2005) از روش خوشه‌بندی سلسله مراتبی<sup>۱</sup> برای طراحی صندوق‌های شاخصی و صندوق‌های شاخصی بهبود یافته استفاده نمودند. آنان روش خوشه‌بندی سلسله مراتبی را در مدل ارائه شده توسط بسلی و همکاران (Beasley, et al., 2003) تلفیق نمودند و مدل پیشنهادی را برای شاخص ۵۰۰ استاندارد و پورز<sup>۲</sup> مورد بررسی قرار دادند.

الکساندر و همکاران (Alexander, et al., 2005) با استفاده از روش هم‌انباشتگی<sup>۳</sup> یک روش ابتکاری برای طراحی صندوق‌های شاخصی بهبود یافته ارائه نمودند. این محققان روش ابداعی خود را برای تشکیل صندوق شاخصی بهبود یافته‌ای با هدف دستیابی به بازده بیشتر از بازده شاخص متوسط صنعتی داو جونز<sup>۴</sup> مورد آزمون قرار دادند. نتایج حاصل از بکارگیری این روش نسبتاً پایدار و قابل استناد بود.

کاناکوز و همکاران (Canakgoz, et al., 2008) در چارچوب مدل تک عاملی، به ارائه الگویی برای تشکیل صندوق‌های شاخصی و صندوق‌های شاخصی بهبود یافته با استفاده از تکنیک برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط<sup>۵</sup> پرداختند. در مدل ارائه شده توسط این محققان، سعی شده است با استفاده از تکنیک برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط تا حد ممکن بتای صندوق شاخصی بهبود یافته نزدیک به عدد یک بشود، که در این صورت صندوق شاخصی بهبود یافته تغییرات شاخص بازار را دنبال می‌کند. همچنین، تلاش شده آلفای صندوق شاخصی بهبود یافته، عددی مثبت باشد تا صندوق شاخصی بهبود یافته بازده بیشتری نسبت به شاخص بازار کسب کند. مدل ارائه شده در این مقاله در بورس‌های هنگ‌کنگ، نیویورک، توکیو، آلمان و لندن بررسی شده و نتایج مطلوبی نیز به همراه داشته است.

1. Hierarchical Clustering
2. Standard & Poor's 500
3. Cointegration
4. Dow Jones Industrial Average
5. Mixed-integer Programming

ویو و همکاران (Wu, et al., 2007) با استفاده از مدل برنامه‌ریزی آرمانی<sup>۱</sup>، به ارائه الگویی برای طراحی صندوق‌های شاخصی بهبود یافته پرداختند. در برنامه‌ریزی آرمانی دو یا چند هدف به طور همزمان بهینه می‌شوند. در مدل ارائه شده در این تحقیق دو هدف توسط برنامه‌ریزی آرمانی بهینه شده بود: هدف اول، دستیابی به بازده مطلوب و هدف دوم، حفظ میزان انحراف از شاخص به طور مطلوب بود. این مدل در بازار تایوان مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته و نتایج کاملاً مطلوبی در پی داشته است.

کیانلی و همکاران (Qianli, et al., 2011) به کمک الگوریتم چندهدفی سیستم ایمنی<sup>۲</sup> که یکی از الگوریتم‌های نوظهور در زمینه هوش مصنوعی<sup>۳</sup> محسوب می‌شود، چارچوبی را برای تشکیل صندوق‌های شاخصی بهبود یافته نمودند. در مدل ارائه شده توسط آنان تعریف انحراف از شاخص اصلاح شده و در آن تنها انحرافات نامطلوب در نظر گرفته شده بود.

در داخل کشور، بر اساس بررسی‌های انجام شده، تحقیقات متعددی در خصوص انتخاب پرتفوی بهینه، به خصوص با استفاده از الگوریتم ژنتیک انجام گرفته اما به انتخاب پرتفوی با هدف کسب بازده بیشتر از بازده بازار در این تحقیقات کمتر پرداخته شده است.

عشقی و همکاران (۱۳۸۲) برای حل مسئله انتخاب مجموعه پرتفوی بهینه، الگوریتم ژنتیک را به روش مبتکرانه‌ای به کار گرفتند، که شامل دو بخش بود. در اولین بخش به وسیله الگوریتم ژنتیک از بین شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران، تعدادی شرکت انتخاب شدند که دارای بیشترین بازده بوده و ضریب همبستگی کمی بین آن‌ها برقرار بود. در بخش دوم، با هدف کمینه‌سازی ریسک، وزن بهینه به سهم‌های انتخاب شده در مرحله قبل، به وسیله الگوریتم ژنتیک تخصیص داده شده بود. نتایج حاصل از به‌کارگیری این روش بیانگر کارایی بالای الگوریتم ژنتیک در انتخاب پرتفوی بهینه بود.

خالوزاده و امیری (۱۳۸۵) برخلاف مدل‌های کلاسیک انتخاب پرتفوی، که از واریانس به عنوان معیار اندازه‌گیری ریسک استفاده می‌کنند، از ارزش در معرض ریسک به عنوان معیار اندازه‌گیری ریسک استفاده نمودند. در این تحقیق با استفاده از الگوریتم ژنتیک وزن‌های بهینه یک پرتفوی متشکل از ۱۲ سهم مختلف از شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران تعیین گردید.

1. Goal Programming
2. Multi-objective Immune Algorithm
3. Artificial Intelligence



نتایج به دست آمده نشانگر کارایی روش مدل سازی ریسک بازار بر مبنای ارزش در معرض خطر و روش بهینه سازی الگوریتم ژنتیک در تخصیص وزن های بهینه سبد سهام بود. نویدی و همکاران (۱۳۸۸) تعریف متفاوتی از ریسک را ارائه دادند که در آن، ریسک به جای یک عدد، به صورت یک نمودار اندازه گیری شده بود. سپس با استفاده از الگوریتم ژنتیک و با هدف کمینه سازی ریسک به انتخاب پرتفوی در بورس اوراق بهادار تهران پرداختند. در ادامه، عملکرد پرتفوی انتخاب شده را با استفاده از معیار ترینر ارزیابی نمودند که بیانگر کارایی تعریف ریسک و الگوریتم ژنتیک در انتخاب پرتفوی بود.

حنیفی و همکاران (۱۳۸۸) با استفاده از الگوریتم ژنتیک مدلی را برای انتخاب پرتفوی ردیابی کننده شاخص قیمت و بازده نقدی ارائه نمودند. این محققان نتایج حاصل از به کارگیری الگوریتم ژنتیک را با نتایج حاصل از به کارگیری روش برنامه ریزی درجه دوم<sup>۱</sup> مقایسه نمودند. این مقایسه نشان داد که الگوریتم ژنتیک نسبت به روش بهینه سازی درجه دوم کارایی بالاتری دارد. گرز و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از الگوریتم ژنتیک و در چارچوب مدل های میانگین واریانس و میانگین نیم واریانس به انتخاب پرتفوی بهینه از بین ۱۴۶ شرکت پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران پرداختند. نتایج تحقیق بیانگر کارایی الگوریتم ژنتیک در بهینه سازی پرتفوی بود. همچنین، در این تحقیق بین پرتفوهایی که در چارچوب مدل میانگین واریانس و در چارچوب مدل میانگین نیم واریانس انتخاب شده بودند، تفاوت معناداری مشاهده نشده بود.

### ۳- روش تحقیق

#### ۳-۱- فرضیه تحقیق

فرضیه تحقیق به صورت زیر تدوین شده است:

((تفاوت معنی داری بین بازده حاصل از صندوق شاخصی بهبود یافته بازده شاخص بورس تهران وجود دارد)).

#### ۳-۲- داده ها و روش گردآوری اطلاعات

در پژوهش حاضر از قیمت های روزانه شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران در محدوده خرداد ۱۳۷۸ تا خرداد ۱۳۸۹ استفاده شده و تمامی داده ها از بانک اطلاعاتی نرم افزار ره آورد

نوین استخراج شده است. البته برای تشکیل هر صندوق شاخصی بهبود یافته، تنها شرکت‌هایی مورد بررسی قرار گرفتند که حداقل یک سال قبل از تاریخ تشکیل صندوق شاخصی بهبود یافته در بورس پذیرفته شده و نیز سهام آن‌ها معامله شده باشد.

### ۳-۳- الگوریتم ژنتیک

نخستین بار روچنبرگ (Rechenberg, 1960) ایده اولیه استفاده از الگوریتم‌های تکاملی را با الهام از تکامل در طبیعت مطرح نمود. بعدها هلند<sup>۱</sup> چارچوب اصلی الگوریتم ژنتیک را ارائه داد. در سال‌های اخیر با توسعه امکانات نرم‌افزاری و رایانه‌ای به کارگیری الگوریتم ژنتیک در حل بسیاری از مسائل ریاضی، مهندسی و مالی گسترش یافته و امروزه این الگوریتم در میان روش‌های بهینه‌سازی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است.

الگوریتم ژنتیک بجای اینکه بر روی پارامترها یا متغیرهای مسئله کار کند، از شکل گذشته آنها استفاده می‌کند. بنابراین، برای حل یک مسئله به وسیله الگوریتم ژنتیک، نخست باید جواب مسئله را به گونه‌ای کدگذاری نمود که در اجرای الگوریتم بتوان به سهولت عملگرهای الگوریتم ژنتیک را بر آن اعمال نمود.

پس از کدگذاری، فرآیند الگوریتم ژنتیک با ایجاد مجموعه‌ای از جواب‌های تصادفی برای مسئله که جمعیت اولیه نامیده می‌شود، آغاز می‌شود. هر جواب در جمعیت یک کروموزوم<sup>۲</sup> نامیده می‌شود. هر کروموزوم از قسمت‌هایی تشکیل می‌شود که هر کدام از این قسمت‌ها، یک خصیصه از جواب را کد می‌کنند. این قسمت‌ها ژن<sup>۳</sup> نامیده می‌شوند و معمولاً از رشته‌هایی از اعداد تشکیل می‌شوند. مقدار برازش<sup>۴</sup> هر کروموزوم، یعنی مناسب بودن هر جواب با تابع برازش که میزان سازگاری و کارایی نسبی کروموزوم را نسبت به تابع هدف مسئله اندازه‌گیری می‌کند، تعیین می‌شود. هر میزان که یک کروموزوم مناسب‌تر باشد، مقدار برازندگی بزرگتری دارد و با توجه به میزان برازندگی هر کروموزوم، شانس بقا برای آن در نظر گرفته می‌شود. تاکنون روش‌های مختلفی برای انتخاب کروموزوم‌هایی که به عنوان والد برای تولید نسل بعدی انتخاب می‌شوند، ابداع شده است و وجه

1. Holland
1. Chromosome
2. Gene
3. Fitness

مشترک همه این روش‌ها در این است که در آنها شانس انتخاب یک کروموزوم متناسب با میزان برازندگی آن کروموزوم است.

یکی از متداول‌ترین روش‌های انتخاب، روش رقابتی<sup>۱</sup> است که شبیه رقابت در طبیعت است. یک گروه کوچک از کروموزوم‌ها (معمولاً دو یا سه کروموزوم) به طور تصادفی انتخاب شده و به رقابت می‌پردازند. سرانجام در این رقابت براساس میزان برازندگی، یکی از آنها به عنوان والد جدید انتخاب می‌شود و این فرآیند تا انتخاب همه والد‌ها برای تولید نسل جدید ادامه پیدا می‌کند.

پس از انتخاب والد‌ها فرآیند تولید مثل به وسیله دو عملگر تقاطعی<sup>۲</sup> و جهش<sup>۳</sup> صورت می‌پذیرد. عملگر تقاطعی بر روی یک جفت از والد‌ها عمل می‌کند و می‌تواند به صورت تک‌نقطه‌ای، چندنقطه‌-ای و یکنواخت صورت پذیرد. در عملگر تقاطعی تک‌نقطه‌ای دو کروموزوم به طور تصادفی از یک نقطه شکسته و بخش‌های شکسته که همان ژن‌های کروموزوم هستند با هم جابه‌جا می‌شوند. بدین ترتیب دو کروموزوم جدید حاصل می‌شود. در عملگر تقاطعی چندنقطه‌ای، نقطه شکست دو کروموزوم بیش از یک نقطه است. در عملگر تقاطعی یکنواخت، ژن‌ها به صورت تصادفی از والد‌ها انتخاب می‌شوند و در نتیجه، هر کدام از ژن‌های فرزند جدید متعلق به یکی از والدین خواهند بود.

پس از عملگر تقاطعی، در فرآیند جهش، بخش‌هایی از ژن‌ها به صورت تصادفی تغییر داده می‌شوند. به کارگیری این عملگر برای اطمینان از این است که بدون توجه به وضعیت پراکندگی جمعیت اولیه، احتمال جستجوی هر نقطه از فضای مسئله، هیچ‌گاه صفر نشود. به همین دلیل، الگوریتم ژنتیک نسبت به سایر الگوریتم‌های جستجوی تصادفی، از حساسیت کمتری نسبت به چگونگی انتخاب جمعیت اولیه برخوردار است. همچنین، به کمک این عملگر می‌توان امید داشت که کروموزوم‌های خوبی که در مراحل انتخاب یا تولید مثل حذف شده‌اند، دوباره احیا شوند.

پس از ایجاد نسل جدید کروموزوم‌ها، برازندگی نسل جدید کروموزوم‌ها به وسیله تابع برازندگی محاسبه می‌شود. برای جایگزینی کروموزوم‌های جدید با نسل قدیم کروموزوم‌ها دو روش کلی وجود دارد. در روش اول، به تعداد کروموزوم‌های نسل قبل کروموزوم جدید تولید شده و کروموزوم‌های نسل جدید جایگزین کلیه کروموزوم‌های نسل قبل می‌شوند. در روش دوم، تعداد کمتری کروموزوم جدید نسبت به تعداد کروموزوم‌های نسل قبلی ایجاد می‌شود و کروموزوم‌های نسل جدید تنها

4. Tournament

5. Crossover

6. Mutation

جایگزین کروموزوم‌هایی از نسل قبل می‌شوند که برازندگی پایین‌تری دارند. پس از تشکیل نسل جدید مجدداً مرحله انتخاب، عملگرهای تقاطعی و جهش اعمال می‌شوند و نسل‌های جدید به وجود می‌آیند. کروموزومی که بیشترین برازندگی در بین کروموزوم‌های همه نسل‌ها را دارد، بهترین جواب مسئله است.

### ۳-۴- مدل تحقیق

در مدل‌های ارائه شده برای تشکیل صندوق‌های شاخصی و صندوق‌های شاخصی بهبود یافته، بازده روزانه شاخص و بازده روزانه صندوق به وسیله روابط زیر محاسبه شده است. در این روابط منظور از روز، روزهای معامله است. در این تحقیق نیز بازده روزانه شاخص قیمت و بازده نقدی و بازده روزانه صندوق به وسیله همین روابط محاسبه شده است.

$$r_t = \ln \left( \frac{\left[ \sum_{i=1}^N V_{it} X_i \right]}{\left[ \sum_{i=1}^N V_{it-1} X_i \right]} \right) \quad (1)$$

$$r_t = \ln \left( \frac{I_t}{I_{t-1}} \right) \quad (2)$$

در روابط بالا داریم:

$T_t$ : بازده روزانه صندوق شاخصی بهبود یافته

$V_{it}$ : ارزش یک واحد از سهام  $i$  ( $i = 1, \dots, N$ ) در زمان  $t$  ( $t = 0, \dots, T$ )

$X_i$ : تعداد واحد از سهام  $i$  ( $i = 1, \dots, N$ ) در صندوق شاخصی بهبود یافته

$R_t$ : بازده روزانه شاخص و

$I_t$ : مقدار شاخص در زمان  $t$  ( $t = 0, \dots, T$ ) می‌باشد.

صندوق شاخصی بهبود یافته در جستجوی دستیابی به دو هدف اساسی است. این صندوق از یک سو در تلاش برای دستیابی به بازده بیشتر نسبت به شاخص است و از سوی دیگر، برای کاهش انحراف بازده صندوق از بازده شاخص تلاش می‌کند. انحراف بازده صندوق از بازده شاخص را

اصطلاحاً خطای ردیابی<sup>۱</sup> شاخص می‌نامند. در واقع، میزان خطای ردیابی شاخص، معیار ریسک عملکرد صندوق شاخصی بهبود یافته محسوب می‌شود (Qianli, et al., 2011). همانطور که اشاره شد بسلی و همکاران (Beasley, et al., 2003) جذر میانگین مجذورات خطای اختلاف بین بازده صندوق و بازده شاخص را به عنوان معیاری جهت اندازه‌گیری میزان خطای ردیابی شاخص معرفی نمودند و خطای ردیابی شاخص را از رابطه زیر محاسبه نمودند:

$$TE = \frac{1}{T} \sqrt{\left( \sum_{t=1}^T (r_t - R_t)^2 \right)} \quad (3)$$

در این معیار اندازه‌گیری خطای ردیابی شاخص، هم انحراف مثبت از شاخص، یعنی هنگامی که بازده بیشتر از شاخص کسب می‌شود و هم انحراف منفی از آن، یعنی هنگامی که بازده کمتر از شاخص کسب می‌شود نامطلوب شمرده شده است. درحالی‌که به زعم بسیاری از صاحب‌نظران، تنها انحراف منفی از شاخص نامطلوب است و انحراف مثبت از شاخص نامطلوب نیست. کیانلی و همکاران (Qianli, et al., 2011) تعریف دیگری از خطای ردیابی شاخص را ارائه دادند که در آن، تنها انحراف منفی از شاخص، در نظر گرفته شده است و در الگوی ارائه شده در این تحقیق نیز از این تعریف خطای ردیابی شاخص به صورت رابطه زیر استفاده شده است:

$$TE = \frac{1}{T} \sqrt{\left( \sum_{t=1}^T (r_t - R_t)^2 \right)_{r_t < R_t}} \quad (4)$$

همانطور که مطرح شد در صندوق‌های شاخصی بهبود یافته در پی کسب بازده بیشتر نسبت به شاخص هستیم. بازده اضافی نسبت به شاخص را می‌توان به صورت فزونی بازده کل صندوق شاخصی بهبود یافته نسبت به بازده کل شاخص در طول دوره فعالیت و یا به صورت میانگین فزونی بازده صندوق شاخصی بهبود یافته نسبت به بازده شاخص در طول دوره فعالیت اندازه‌گیری نمود. در روش اول، تنها ثروت صندوق شاخصی بهبود یافته و اندازه شاخص در ابتدا و انتهای دوره اندازه‌گیری می‌شود و این روش اطلاعی از چگونگی تغییرات بازده صندوق شاخصی بهبود یافته و بازده شاخص را نسبت به هم ارائه نمی‌دهد (Qianli et al., 2011). به همین دلیل، در مدل‌های ارائه شده توسط محققان، بجای روش اول از روش دوم استفاده شده و بازده اضافی نسبت به بازده شاخص به صورت زیر تعریف شده است:

$$ER = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (r_t - R_t) \quad (5)$$

برای دستیابی به اهداف یک صندوق شاخصی بهبود یافته باید خطای ردیابی شاخص حداقل شود و بازده اضافی صندوق شاخصی بهبود یافته نسبت به بازده شاخص حداکثر گردد. با کمینه کردن تابع هدف زیر می‌توان به این دو هدف دست یافت:

$$\min \lambda TE - (1 - \lambda) ER \quad (6)$$

ضریب  $\lambda$  ( $0 \leq \lambda \leq 1$ ) ضریبی است که مقدار انتخاب شده برای آن، مصالحه بین دو هدف خطای ردیابی شاخص و بازده اضافی نسبت به بازده شاخص را تعیین می‌کند. برای مثال، اگر  $\lambda = 0$  انتخاب شود، فقط بازده اضافی نسبت به بازده شاخص بیشینه خواهد شد. در صورتی که  $\lambda = 1$  انتخاب شود، تنها خطای ردیابی شاخص کمینه خواهد شد.

فرض کنیم متغیر فرضی  $z_i$  نشان‌دهنده انتخاب یا عدم انتخاب سهم  $i$  برای صندوق شاخصی بهینه باشد، در صورتی که سهم  $i$  انتخاب شده باشد  $z_i = 1$  و در صورتی که سهم  $i$  انتخاب نشده باشد،  $z_i = 0$  خواهد بود.

$$z_i \in [0, 1], i = 1, \dots, N \quad (7)$$

برای صندوق شاخصی بهبود یافته می‌توان در عمل محدودیت‌های زیر را در نظر گرفت و تابع هدف صندوق شاخصی بهبود یافته را مقید به این محدودیت‌ها بهینه نمود:

$$\sum_{i=1}^N z_i = k \quad (8)$$

$$\epsilon_i z_i \leq V_{iT} x_i \leq \delta_i z_i \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^N V_{iT} x_i = C \quad (10)$$

$$x_i \geq 0, i = 1, \dots, N \quad (11)$$

محدودیت (۸) که در ادبیات بهینه‌سازی، به اصطلاح، محدودیت عدد اصلی خوانده می‌شود، برای محدود کردن تعداد سهم‌های مختلفی است که می‌توان در پرتفوی صندوق نگهداری کرد. این محدودیت می‌تواند به خاطر تمایلات مدیریت صندوق یا به وسیله قوانین و مقررات بر مدیریت صندوق تحمیل شده باشد.

محدودیت (۹) در ادبیات بهینه‌سازی پرتفوی به محدودیت‌های سقف<sup>۱</sup> و کف<sup>۲</sup> شهرت دارد. در صورتی که سهم  $i$  انتخاب نشده باشد،  $z_i = 0$  خواهد بود و با توجه به رابطه (۹) به آن هیچ وزنی از پرتفوی صندوق اختصاص داده نخواهد شد. اگر سهم  $i$  انتخاب شده باشد،  $z_i = 1$  خواهد بود و وزن تخصیص داده شده به سهم  $i$  باید بین دو عدد انتخابی  $\delta_i$  و  $\varepsilon_i$  باشد. یک پرتفوی کاملاً تنوع داده شده، در یک یا چند سهم خاص متمرکز نمی‌شود. همچنین در بسیاری از صندوق‌ها، قوانین و مقررات به مدیریت صندوق‌ها اجازه نمی‌دهد که بیش از میزان مشخصی از ثروت پرتفوی خود را به یک یا گروهی مشخصی از سهام تخصیص دهند. بنابراین، محدودیت سقف یا همان  $\delta_i$  برای این منظور در مدل اعمال می‌شود تا از این که یک یا چند سهم خاص بخش زیادی از پرتفوی صندوق را اشغال کند، جلوگیری شود. بسیاری از مدیران صندوق‌ها تمایلی به نگهداری سهام با اندازه‌های بسیار کوچک ندارند. به همین دلیل، برای جلوگیری از این که وزن هیچ سهمی از مقدار مشخصی کمتر نشود، محدودیت کف یا همان  $\varepsilon_i$  در مدل اعمال می‌گردد.

محدودیت (۱۰) در ادبیات بهینه‌سازی پرتفوی اغلب با عنوان محدودیت بودجه<sup>۳</sup> مورد اشاره قرار می‌گیرد.  $C$  بودجه یا ثروت اول دوره صندوق شاخصی بهبود یافته است که به همان اندازه می‌توان سهام خریداری نمود.

محدودیت (۱۱) به معنی آن است که فروش استقراضی مجاز نمی‌باشد و در نتیجه تعداد هر سهم و نیز وزن آن در پرتفوی صندوق شاخصی بهبود یافته عددی مثبت است.

در این تحقیق برای سهولت در کد نمودن پاسخ‌های مسئله و به کارگیری الگوریتم ژنتیک از متغیرهای کمکی  $y_i$  ( $i = 1, \dots, N$ ) استفاده شد. متغیر کمکی  $y_i$  در واقع وزن هر سهم در پرتفوی صندوق است که به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$y_i = \frac{V_{iT} X_i}{C} \quad (12)$$

با جایگذاری متغیر  $y_i$  در تابع هدف (۶) و محدودیت‌های (۸)، (۹)، (۱۰) و (۱۱) متغیرهای  $x_i$  و  $C$  حذف شده، در نتیجه می‌توان مسئله را مستقل از بودجه صندوق شاخصی بهبود یافته، حل نمود.

1. Ceiling Constraints

2. Floor Constraints

1. Budget Constraint

همچنین می‌توان، تابع هدف مسئله را که می‌خواهیم کمینه کنیم به صورت عبارت ریاضی (۱۳) و محدودیت‌های مسئله را به صورت روابط (۱۴)، (۱۵)، (۱۶) و (۱۷) نوشت.

(۱۳)

$$\lambda \frac{1}{T} \sqrt{\sum_{t=1}^T \left( \ln \left[ \frac{\sum_{i=1}^N V_{it} y_i / V_{iT}}{\sum_{i=1}^N V_{i,t-1} y_i / V_{i,T}} \right] - R_t \right)^2} - (1-\lambda) \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left[ \ln \left[ \frac{\sum_{i=1}^N V_{it} y_i / V_{iT}}{\sum_{i=1}^N V_{i,t-1} y_i / V_{i,T}} \right] - R_t \right]$$

$$\ln \left[ \frac{\sum_{i=1}^N V_{it} y_i / V_{iT}}{\sum_{i=1}^N V_{i,t-1} y_i / V_{i,T}} \right] \leq R_t$$

$$\sum_{i=1}^N z_i = k \tag{14}$$

$$\varepsilon_i z_i \leq y_i \leq \delta_i z_i \tag{15}$$

$$\sum_{i=1}^N y_i = 1 \tag{16}$$

$$y_i \geq 0 \tag{17}$$

در مدل ارائه شده در این تحقیق هم سهم‌هایی که باید در صندوق شاخصی بهبود یافته نگهداری شوند و هم وزن این سهم‌ها با اجرای الگوریتم ژنتیک تعیین می‌شود. به همین دلیل، هر کروموزوم به تعداد سهم‌های مختلفی که قصد داریم در پرتفوی صندوق نگهداری کنیم، ژن دارد. یعنی تعداد ژن‌های هر کروموزوم برابر با  $K$  است و هر ژن در کروموزوم نمایانگر یک سهم است و از دو رشته عددی تشکیل شده است. یک رشته عددی نمایانگر شناسه سهم در پایگاه داده<sup>۱</sup> برنامه است. رشته عددی دیگر اندازه متغیر  $S_i$  را برای سهمی که شناسه آن توسط ژن مشخص شده تعیین می‌کند. به وسیله متغیر  $S_i$ ، می‌توان متغیر  $y_i$  را به گونه‌ای محاسبه کرد که محدودیت‌های سقف، کف و بودجه رعایت شود. یکی از روش‌های اعمال محدودیت در الگوریتم‌های ژنتیک، روش ترمیمی<sup>۲</sup> است که در آن طی فرآیندی پاسخ‌های غیرمجاز به پاسخ‌های مجاز تبدیل می‌شوند. چگونگی اعمال روش ترمیمی در حل این مسئله برای هر کروموزوم در شبه‌کد زیر نمایش داده شده است. در این شبه‌کد  $R$  مجموعه‌ای متشکل از سهم‌هایی است که توسط هر کروموزوم انتخاب شده است و تعداد اعضای آن برابر  $K$  عضو است. مجموعه  $R$  و متغیرهای  $L$  و  $F$  به صورتی که در شبه‌کد تعریف شده‌اند، در

1. Data Base  
2. Repair



فرآیند تعیین  $y_i$  برای سهم‌هایی که توسط ژن‌ها در کروموزوم تعیین شده‌اند، استفاده می‌شود. پس از اجرای این شبه‌کد،  $y_i$  هر سهم، یعنی در واقع وزن هر سهم تعیین می‌گردد.

```

begin
if  $\sum_{i \in Q} \varepsilon_i > 1$  or  $\sum_{i \in Q} \delta_i < 1$  then return
 $L = \sum_{i \in Q} S_i$ 
 $F = 1 - \sum_{i \in Q} \varepsilon_i$ 
 $y_i = \varepsilon_i + S_i F / L \quad \forall i \in Q$ 
 $R = \phi$ 
while there exists an  $i \in Q - R$  with  $w_i > \delta_i$  do
for all  $i \in Q - R$  if  $w_i > \delta_i$  then  $R = R \cup [i]$ 
 $L = \sum_{i \in Q-R} S_i$ 
 $F = 1 - (\sum_{i \in Q-R} \varepsilon_i + \sum_{i \in R} \delta_i)$ 
 $y_i = \varepsilon_i + \frac{S_i F}{L} \quad \forall i \in Q - R$ 
 $y_i = \delta_i \quad \forall i \in R$ 
end while

```

#### ۴- آزمون مدل

پس از آماده شدن داده‌های مسئله، با کمک روش سعی و خطا پارامترهای مدل به صورت زیر انتخاب و تنظیم شدند. اندازه جمعیت اولیه برابر با ۱۰۰ کروموزوم قرار داده شد، برای انتخاب کروموزوم‌های والد از روش رقابتی استفاده شد. عملگر تقاطعی به صورت یکنواخت و با نرخ ۰/۲ انتخاب گردید که در آن از هر دو کروموزوم والد یک کروموزوم فرزند متولد شد. نرخ عملگر جهش برابر با ۰/۰۵ و پارامتر  $\lambda = 0.5$  در نظر گرفته شد.

محدودیت‌های سقف و کف نیز برای همه سهم‌ها به صورت دلخواه برابر با  $\delta = 0/2$  و  $\varepsilon = 0/01$  انتخاب شدند. تابع برازندگی الگوریتم همان تابع هدف مسئله بود که در هر بار تشکیل یک صندوق شاخصی بهبود یافته، برای یک دوره یک‌ساله مورد محاسبه قرار گرفت. در ضمن،

الگوریتم ژنتیک در محیط برنامه‌نویسی Visual Studio 2010 و با استفاده از زبان برنامه‌نویسی C# 4 پیاده شد. با توجه به حجم بالای داده‌های مورد نیاز برای اجرای مدل، یک پایگاه داده با استفاده از SQL Server 2008 طراحی گردید که برنامه نوشته شده در محیط Visual Studio 2010 داده‌های مورد نیاز خود را از این پایگاه داده به صورت خودکار استخراج می‌نمود.

پس از انتخاب پارامترهای مدل، با استفاده از مدل ارائه شده، صندوق‌های شاخصی بهبود یافته که سبدهای ۲۵، ۳۵ و ۴۵ سهمی داشتند، تشکیل شدند. همان‌طور که پیش از این شرح داده شد، به کمک بازده شاخص قیمت و بازده نقدی، بازده پرتفوی شاخصی را محاسبه نمودیم. برای آزمون فرضیه تحقیق، میانگین بازده صندوق‌های شاخصی بهبود یافته با میانگین بازده پرتفوی شاخص مقایسه شد. به منظور انجام این مقایسه، آزمون  $t$  با نمونه‌های زوجی و برای اجرای آزمون آماری، نرم‌افزار SPSS 17 استفاده شد.

در سطح پرتفوی ۲۵ سهمی برای صندوق شاخصی بهبود یافته، نتایج توصیفی در جدول شماره ۱ و نتایج آزمون آماری  $t$  در جدول شماره ۲ ارائه شده است.

جدول (۱): آمار توصیفی صندوق‌های شاخصی بهبود یافته ۲۵ سهمی و پرتفوی شاخصی

تعداد	میانگین بازده	انحراف معیار	میانگین خطای استاندارد
۶۰	۰,۱۱۶۰۴۵	۰,۱۶۸۴۷۸۷	۰,۰۲۱۷۵۰۵
۶۰	۰,۰۵۲۰۳۰	۰,۰۹۹۲۷۴۶	۰,۰۱۲۸۱۶۳

جدول (۲): نتایج مقایسه برابری میانگین بازده صندوق‌های شاخصی بهبود یافته ۲۵ سهمی و پرتفوی شاخصی

معنی‌داری دو دامنه	درجه آزادی	آماره $t$	فاصله اطمینان ۹۵٪		میانگین خطای استاندارد	انحراف معیار	میانگین
			حد پایین	حد بالا			
۰,۰۰۴	۵۹	۲,۹۶۱	۰,۰۲۰۷۴۷۹	۰,۱۰۷۲۸۰۶	۰,۰۲۱۶۲۲۴	۰,۱۶۷۴۸	۰,۰۶۴۰۱۴۲

با توجه به نتایج جدول‌های ۱ و ۲ می‌توان بیان کرد که با اطمینان ۹۵٪ فرض  $H_0$  رد می‌شود و اختلاف معنی‌داری بین میانگین صندوق‌های شاخصی بهبود یافته ۲۵ سهمی تشکیل شده به وسیله

الگوریتم ژنتیک و پرتفوی شاخصی وجود دارد و صندوق شاخصی بهبود یافته ۲۵ سهمی تشکیل شده به وسیله الگوریتم ژنتیک بازده بالاتری از پرتفوی شاخصی دارد.

در سطح پرتفوی ۳۵ سهمی برای صندوق شاخصی بهبود یافته، نتایج توصیفی در جدول شماره ۳ و نتایج آزمون آماری t در جدول شماره ۴ ارائه شده است.

جدول (۳): آمار توصیفی صندوق‌های شاخصی بهبود یافته ۳۵ سهمی و پرتفوی شاخصی

میانگین خطای استاندارد	انحراف معیار	میانگین بازده	تعداد	
۰,۰۲۳۸۹۲۳	۰,۱۸۵۰۶۹۱	۰,۱۲۰۲۵۲	۶۰	صندوق‌های شاخصی بهبود یافته
۰,۰۱۲۸۱۶۳	۰,۰۹۹۲۷۴۶	۰,۰۵۲۰۳۰	۶۰	پرتفوی شاخصی

جدول (۴): نتایج مقایسه برابری میانگین بازده صندوق‌های شاخصی بهبود یافته ۳۵ سهمی و پرتفوی شاخصی

معنی داری دو دامنه	درجه آزادی	آماره t	فاصله اطمینان ۹۵٪		میانگین خطای استاندارد	انحراف معیار	میانگین
			حد پایین	حد بالا			
۰,۰۰۳	۵۹	۳,۱۶۳	۰,۰۲۴۶۹۰۷	۰,۱۱۱۷۵	۰,۰۲۱۷۵۴۶	۰,۱۶۸۵۱	۰,۰۶۸۲۲۱۶

نتایج جدول ۳ و ۴ حاکی از آن است که با اطمینان ۹۵٪ فرض صفر رد می‌شود و اختلاف معنی‌داری بین میانگین صندوق‌های شاخصی بهبود یافته ۳۵ سهمی تشکیل شده به وسیله الگوریتم ژنتیک و پرتفوی شاخصی وجود دارد و صندوق شاخصی بهبود یافته ۳۵ سهمی تشکیل شده به وسیله الگوریتم ژنتیک بازده بالاتری از پرتفوی شاخصی دارد.

در سطح پرتفوی ۴۵ سهمی برای صندوق شاخصی بهبود یافته، نتایج توصیفی در جدول شماره ۵ و نتایج آزمون آماری t در جدول شماره ۶ ارائه شده است.

جدول (۵): آمار توصیفی صندوق‌های شاخصی بهبود یافته ۴۵ سهمی و پرتفویهای شاخصی

میانگین خطای استاندارد	انحراف معیار	میانگین بازده	تعداد	
۰,۰۱۸۳۹۳۵	۰,۱۴۲۴۷۵۵	۰,۱۲۱۰۵۸	۶۰	صندوق‌های شاخصی بهبود یافته
۰,۰۱۲۸۱۶۳	۰,۰۹۹۲۷۴۶	۰,۰۵۲۰۳۰	۶۰	پرتفویهای شاخصی

جدول (۶): نتایج مقایسه برابری میانگین بازده صندوق‌های شاخصی بهبود یافته ۴۵ سهمی و پرتفویهای شاخصی

معنی داری دو دامنه	درجه آزادی	آماره t	فاصله اطمینان ۹۵٪		میانگین خطای استاندارد	انحراف معیار	میانگین
			حد بالا	حد پایین			
۰,۰۰۱	۵۹	۳,۶۴۲	۰,۱۰۶۹۵	۰,۰۳۱۰۹۷	۰,۰۱۸۹۵۵۵	۰,۱۴۶۸۲	۰,۰۶۹۰۲۷۶

با توجه به نتایج جدول‌های ۵ و ۶ می‌توان بیان کرد که با اطمینان ۹۵٪ فرض صفر رد می‌شود و اختلاف معنی‌داری بین میانگین صندوق‌های شاخصی بهبود یافته ۴۵ سهمی تشکیل شده به وسیله الگوریتم ژنتیک و پرتفوی شاخصی وجود دارد. و صندوق شاخصی بهبود یافته ۴۵ سهمی تشکیل شده به وسیله الگوریتم ژنتیک بازده بالاتری از پرتفوی شاخصی دارد.

### نتیجه‌گیری

هدف کلی این تحقیق، ایجاد الگویی مناسب برای تشکیل صندوق شاخصی بهبود یافته است. یک صندوق شاخصی بهبود یافته به دنبال کسب بازده بیشتر از بازده شاخص بازار و در عین حال محدود بودن میزان انحراف از شاخص می‌باشد. بر همین اساس، در پژوهش حاضر دو هدف کلی شامل کسب بازده بیشتر از بازده بازار و حداقل کردن خطای ردیابی شاخص، مبنای اصلی ارائه الگویی برای تشکیل صندوق شاخصی بهبود یافته قرار گرفت. در مدل پیشنهادی، بازده نقدی و قیمت به عنوان شاخص مبنا مورد استفاده قرار گرفت و برای محاسبه خطای ردیابی شاخص، تنها انحرافات نامطلوب بازده صندوق شاخصی بهبود یافته از بازده شاخص لحاظ گردید. همچنین، محدودیت‌های عدد اصلی و محدودیت‌های سقف و کف به عنوان محدودیت‌های عملی در مدیریت پرتفوی یک صندوق شاخصی بهبود یافته در مدل پیشنهادی در نظر گرفته شد. مدل پیشنهادی در سه سطح سبدهای ۲۵، ۳۵ و ۴۵ سهمی با شاخص بازده نقدی و قیمت مقایسه شد. در پژوهش‌های آتی می‌توان محدودیت

نقدشوندگی را به مجموعه محدودیت‌های مدل اضافه نمود و به این وسیله بر کارایی مدل افزود. به علاوه، می‌توان از سایر روش‌های بهینه‌سازی به جای الگوریتم ژنتیک بهره گرفت.



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی

## منابع و مأخذ:

۱. جونز، چارلز پی. (۱۳۸۷). مدیریت سرمایه گذاری، ترجمه: تهرانی، رضا، نوریخس، عسگر، چاپ هفتم، تهران، انتشارات نگاه دانش.
۲. حنیفی، فرهاد و بحرالعلوم، محمد مهدی و جوادی، بابک. (۱۳۸۸). «طراحی و تحلیل مقایسه‌ای الگوریتم های فرا ابتکاری جهت پیاده‌سازی سرمایه‌گذاری شاخص محور در بورس تهران»، فصلنامه چشم انداز مدیریت، شماره ۳۲، تهران.
۳. خالوزاده، حمید و امیری، نسیم. (۱۳۸۵). «تعیین سبد سهام بهینه در بازار بورس ایران بر اساس نظریه ارزش در معرض ریسک»، مجله تحقیقات اقتصادی، شماره ۷۳، تهران.
۴. عبدالعلی زاده شهیر، سیمین و عشقی، کوروش. (۱۳۸۲). «کاربرد الگوریتم ژنتیک در انتخاب یک مجموعه دارایی از سهام بورس اوراق بهادار»، فصلنامه پژوهش های اقتصادی ایران، شماره ۱۷، تهران.
۵. گرکز، منصور و عباسی، ابراهیم و مقدسی، مطهره. (۱۳۸۹). «انتخاب و بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از الگوریتم ژنتیک بر اساس تعاریف متفاوتی از ریسک»، فصلنامه مدیریت صنعتی دانشکده علوم انسانی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج، سال پنجم، شماره ۱۱، سنندج.
۶. نویدی، حمیدرضا و نجومی مرکید، احمد و میرزازاده، حجت. (۱۳۸۸). «تشکیل پرتفوی بهینه در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از الگوریتم های ژنتیک»، مجله تحقیقات اقتصادی، شماره ۸۹، تهران.
7. Alexander, A. Dimitriou, (2005), Indexing, "cointegration and equity market regimes", Journal of Finance and Economics, vol (10), 213-231.
8. Beasley, N, Meade & Chang, (2003), "An evolutionary heuristic for the index tracking problem", European Journal of Operational Research, vol 148(3), 621-243.
9. Canakgoz, N. A. & Beasley, J. E., (2008), "Mixed-integer programming approaches for index tracking and enhanced indexation", European Journal of Operational Research, vol 196(1), 348-399.
10. Damodaran, Aswath, (2003), Investment Philosophies: Successful Investment Philosophies and the Greatest Investors Who Made Them Work, John Wiley & Sons.
11. Dose, C. & Cincotti, S., (2005) "Clustering of financial time series with application to index and enhanced index tracking portfolio", Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, vol 355(1), 145-151.

12. Elton EJ., Gruber MJ. & Blake CR., (1996), "The persistence of risk-adjusted mutual fund performance", The Journal of Business, vol 69(2), 133-157.
13. Focardi, Sergio M. & Fabozzi, Frank J. "A methodology for index tracking based on time-series clustering" Quantitative Finance, vol 4(4), 417-425.
14. Haupt, Randy L. & Haupt, Sue Ellen , (2004), Practical genetic algorithms. John Wiley & Sons."
15. Wu, L.C., Chou, S., Yang & Ong, S., (2007), "Enhanced index investing based on goal programming", Journal of Portfolio Management, vol 33(3), 49-56.
16. Qian Li, Linyan Sun. & Liang Bao.,(2011), "Enhanced index tracking based on multi-objective immune algorithm" , Expert Systems with Applications, vol (38), 6101-6106.

