مطالعات اقتصاد، مدیریت مالی و حسابداری

دوره ۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶

صفحات ۲۱۷- ۲۰۵

Online ISSN: ٢٤٧٦-٤٤٣٤

Print ISSN: ٢٥٣٨-٢٠٨X

www.irijournals.com

بررسی توانایی مدل های تحلیل پوششی داده ها، الگوریتم ژنتیک و بهینه سازی حرکت تجمعی ذرات در تشکیل پرتفوی بهینه در شرکتهای پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران

مختار باصری[۱]، سیده مریم رضایی[۲]

[۱] دانشکده حسابداری، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

[۲] گروه حسابداری، دانشکده حسابداری، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

چکیده

در این پژوهش توانایی مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها، الگوریتم ژنتیک و تکنیک بهینه‌سازی حرکت تجمعی ذرات در انتخاب پرتفوی کارا در بورس اوراق بهادار تهران مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور نمونه ای متشکل از ۶۹ شرکت از شرکتهای پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران در طی سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۱ انتخاب گردید. برای تجزیه و تحلیل اطلاعات از تکنیک‌های آماری چون آماره آزمون یو مَن- ویتنی، کروسکال- والیس و هم‌چنین آزمون کولموگروف- اسمیرنوف استفاده شده است، نتایج حاصل از پژوهش نشان‌دهنده آن است که هر سه رویکرد توانایی تشکیل پرتفوی بهینه را در بورس اوراق بهادار تهران دارد ولی مدل تحلیل پوششی داده‌ها بالاترین رتبه را کسب کرد و از لحاظ کارایی بالاترین عملکرد را دارا است

واژه‌های کلیدی: بهینه سازی پرتفوی، مدل تحلیل پوششی داده ها، مدل الگوریتم ژنتیک، تکنیک بهینه سازی حرکت تجمعی ذرات.

مقدمه

در دنیای امروز سرمایه‌گذاری پایه و اساس پیشرفت هر کشور است. انتخاب صحیح دارایی‌هایی که سرمایه گذار در آن سرمایه-گذاری می‌کند نیاز به داشتن اطلاعات، مهارت، قدرت و تجزیه و تحلیل و ... دارد تا سرمایه‌گذار بتواند به هدف خود که کسب حداکثر بازدهی در سطح قابل قبولی از ریسک است دست یابد. از این رو ریسک سرمایه‌گذاری باید کنترل شده و در صورت امکان کاهش یابد. یکی از راه‌های کنترل و کاهش ریسک سرمایه‌گذاری، تشکیل پرتفوی و تنوع بخشیدن به انواع دارایی‌ها است. پرتفوی در یک عبارت ساده به ترکیبی از دارایی‌ها گفته می‌شود که توسط سرمایه‌گذار برای سرمایه‌گذاری تشکیل می-شود. (فضل‌زاده و همکاران، ۱۳۹۱).

بنابراین سرمایه گذاران برای کاهش ریسک باید اقدام به سرمایه گذاری در دارایی های متنوع نمایند، یا به عبارت دیگر پرتفوی متنوع تشکیل دهند، مجموعه دارایی هر سرمایه‌گذار با توجه به شرایط، افق زمانی، خطرپذیری و میزان جریان نقدینگی مورد نظر متفاوت است. هدف از مدیریت مجموعه دارایی، تعیین این متغیرها به گونه‌ای است که خطرپذیری حداقل و بازده حداکثر شود. تصمیم‌گیری در زمینه خرید سهم، امری پیچیده است، زیرا چندین متغیر چون نرخ بازده سرمایه، سود هر سهم، نسبت قیمت به سود هر سهم، خطرپذیری و سایر عوامل را باید در این مورد در نظر گرفت. تشکیل پرتفوی کارا به معنای ترکیب مطلوب اوراق بهادار به نحوی است که ریسک آن پرتفوی در ازای نرخ بازده معین به حداقل رسیده باشد. سرمایه‌گذاران منطقی به دنبال پرتفوی کارا هستند. چرا که این‌گونه پرتفوها باعث حداکثر شدن بازده مورد انتظار برای سطح معینی از ریسک می‌شوند.

با توجه به محدودیت در منابع و سهمیه‌بندی سرمایه، اگر سرمایه‌گذاران تمام سرمایه خود را در یک دارایی خاص سرمایه-گذاری کنند، ممکن است با ریسک زیادی رو به رو شوند و نه تنها بهره سرمایه بلکه اصل آن را هم از دست بدهند که این موضوع از نظر آن‌ها ناخوشایند است؛ بنابراین، مسئله اصلی پژوهش این است که آیا با در نظر گرفتن دو معیار ریسک و بازده، می‌توان به پرتفوی بهینه شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران دست یافت یا خیر؟ نظر به این‌که انتخاب پرتفوی با توجه به معیارها و اهداف مختلف کار مشکلی است، هدف این پژوهش این است که با استفاده از تکنیک‌های تحلیل پوششی داده‌ها، الگوریتم ژنتیک[1] و یکی از شیوه‌های ابتکاری مانند روش بهینه‌سازی حرکت تجمعی ذرات[2]، راه حلی برای این مشکل ارائه شده و سودمندی تکنیک‌های مذکور در انتخاب بهترین پرتفوی با توجه به چندین معیار مختلف مورد آزمون قرار گیرند. هدف دیگر این پژوهش مقایسه این سه تکنیک و معرفی و انتخاب بهترین و کارآترین روش در تشکیل پرتفوی بهینه است.

مبانی نظری پژوهش

ریسک و بازده دو عنصر اصلی مؤثر در تصمیمات سرمایه‌گذاری در سهام است. هر سرمایه‌گذار به دنبال افزایش بازده از یک سو و کاهش ریسک از سوی دیگر است. از اواسط قرن نوزده میلادی نظریه‌پردازها و مدل پردازهای کلاسیک به دنبال روشی بودند که بتوان با استفاده از یک سری معیارها و روش‌های از پیش تعیین شده، نسبت به انتخاب سبد سهام و تشکیل سبد سهامی اقدام نمایند که بیش‌ترین بازده را در مقابل تحمل کم‌ترین مقدار ممکن ریسک به دست آورد. تلاش به منظور بهبود روش‌های تجزیه و تحلیل سهام (به ویژه در بازارهایی که گوناگونی سهام در آن‌ها بسیار زیاد است) به پدید آمدن روش‌های نوینی منجر شده است که در کنار روش‌های گذشته درصدد یافتن پاسخی برای حداکثرسازی سود در بازارهای مالی است. الگوریتم ژنتیک، الگوریتم شبیه‌ساز سرد کردن فلزات[3]، جستجوی ممنوعه[4]، بهینه‌سازی گروه مورچگان[1]، بهینه‌سازی حرکت تجمعی ذرات و ... همگی از مصداق‌های این روش‌های نوین است.

[1] Genetic Algorithm
[2] Particle Swarm Optimization (PSO)
[3] Simulated Annealing Algorithm (SA)
[4] Tabu Search (TS)

بهینه‌سازی پرتفوی عبارت است از انتخاب بهترین ترکیب از دارایی‌های مالی به نحوی که باعث شود تا حد ممکن بازده پرتفوی سرمایه‌گذاری حداکثر و ریسک پرتفوی حداقل شود. ایده اساسی نظریه مدرن پرتفوی این است که اگر در دارایی‌هایی که به طور کامل با هم همبستگی ندارند سرمایه‌گذاری شود، ریسک آن دارایی‌ها یکدیگر را خنثی کرده؛ بنابراین می‌توان یک بازده ثابت را با ریسک کم‌تر به دست آورد (مارکویتز، ۱۹۵۲).

از آن جایی که برای تصمیم‌گیری، مجموعه‌ای از متغیرها مورد توجه قرار می‌گیرند، باید از یک روش تصمیم‌گیری چند معیاره[۲] استفاده کرد. روش تحلیل پوششی داده‌ها[۳] که یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است انجام این کار را ممکن می‌کند. بر اساس این روش می‌توان بهترین گزینه را مشخص کرد (آذر و همکاران، ۱۳۹۲).

الگوریتم ژنتیک یک روش آرمانی برای بهینه‌سازی و جستجو است. الگوریتم ژنتیک جزیی از محاسبات تکاملی[۴] است که خود جزئی از هوش مصنوعی می‌باشد. ویژگی‌های خاص این الگوریتم باعث می‌شود که نتوانیم آن را یک جستجوگر تصادفی ساده قلمداد کنیم. در واقع ایده اولیه این روش از نظریه تکاملی داروین[۵] الهام گرفته شده است و کارکرد آن بر اساس ژنتیک طبیعی و قوانین وراثت استوار است. (رضایی و رنجبران، ۱۳۸۶).

یکی دیگر از الگوریتم‌های بهینه‌سازی موفق، الگوریتم بهینه‌سازی حرکت تجمعی ذرات است که از هوش ازدحامی الهام گرفته است. الگوریتم‌های الهام گرفته از رفتارهای جمعی گونه‌های مختلف مانند مورچگان، زنبورها، ماهی‌ها و پرندگان را الگوریتم-های هوش ازدحامی می‌نامند. ایده اصلی بهینه‌سازی حرکت تجمعی ذرات توسط یک روانشناس اجتماعی به نام کندی[۶] و یک مهندس برق به نام ابرهارت[۷] شکل گرفت.

هدف اصلی این پژوهش این است که با طراحی یک الگو برای سرمایه‌گذاران زمینه لازم برای کسب بازده بیش‌تر برای حداکثر کردن ثروت آنان را فراهم نماید. برای این منظور از روش تحلیل پوششی داده‌ها، روش بهینه‌سازی حرکت تجمعی ذرات و الگوریتم ژنتیک برای تعیین پرتفویی بهینه، استفاده شده است.

پیشینه پژوهش

کامیلی و رافی (۲۰۱۶) در مطالعه ای به بررسی الگوریتم خفاش در حل مسئله بهینه سازی پرتفوی با محدودیت کاردینال می پردازند، آنها از شاخص بازار ۴ کشور مختلف استفاده نمودند، نتایج نشان داد که الگوریتم خفاش در حل مسئله می تواند کارایی خوبی داشته باشد. چن (۲۰۱۵) در تحقیق دیگری به بررسی الگوریتم کلونی زنبورها در بهینه سازی پرتفوی می پردازد، نتایج نشان می دهد که این الگوریتم توانسته عملکرد بسیار مطلوبی را به دست بیاورد. توبا و بکانین (۲۰۱۴) در مطالعه ای به بررسی و مقایسه الگوریتم ارتقا یافته کرم شب تاب و روشهای فرا ابتکاری هوش جمعی می پردازند، نتایج نشان می دهد که اگرچه الگوریتم کرم شب تاب اصلی نتایج خوبی نشان نمی دهد اما با تعدیل این روش و مقایسه روش جدید با ۵ روش هوش جمعی، روش تعدیل شده نتایج بهتری نسبت به بقیه روشها نشان می دهد. دنگ و همکاران[۸] (۲۰۱۲) به بررسی و مقایسه عملکرد دو الگوریتم بهینه‌سازی حرکت تجمعی ذرات و الگوریتم ژنتیک در انتخاب یک پرتفوی کارا بر اساس مدل انتخاب پرتفوی مارکویتز پرداختند. یافته‌های پژوهش بیانگر این بود که در تمامی موارد، الگوریتم بهینه‌سازی حرکت تجمعی ذرات از کارایی بیش‌تری برخوردار است.

---

[1] Ant Colony Optimization (ACO)
[2] Multiple Criteria Decision Making
[3] Data Envelopment Analysis
[4] Evohutionart
[5] Darwin
[6] Kennedy
[7] Eberhart
[8] Deng et al.

دالاگونال و همکاران[1] (۲۰۰۹) برای مدیریت پرتفوی با استفاده از ارزش در معرض ریسک از الگوریتم‌های ژنتیک و پرواز پرندگان استفاده کردند. در این تحقیق مشکل بهینه‌سازی، محدودیت‌هایی بود که فروش کوتاه مدت سهام‌ها را مجاز می‌دانست. تابع هدف، مینیمم‌سازی برای ارزش در معرض ریسک و محدودیت‌ها شامل چندین مشکل بود. نتایج پژوهش نشان داد که الگوریتم‌ها کاملاً قادر به یافتن جواب منطقی نزدیک به جواب بهینه هست؛ اما الگوریتم پرواز پرندگان بازده زودتری نسبت به ژنتیک به دست داد.

چیام و همکاران[2] (۲۰۰۸) با ترکیب الگوریتم ژنتیک و تکنیک بهینه‌سازی حرکت تجمعی ذرات، در قالب الگوریتم ممتیک که در آن تکنیک بهینه‌سازی حرکت تجمعی ذرات فقط بر روی جواب‌های به دست آمده توسط الگوریتم ژنتیک اعمال می‌شد به تشکیل پرتفوی پرداختند، یافته‌های پژوهش نشان داد که با استفاده از این الگوریتم پرتفویی به مراتب کاراتر از زمانی که این الگوریتم‌ها به صورت جداگانه اعمال شوند، به دست خواهد آمد.

لین[3] و ژن[4] (۲۰۰۷) در پژوهشی یک الگوریتم ژنتیک دو مرحله‌ای را برای حل مسئله بهینه‌سازی سبد سهام چند منظوره به کار بردند. آن ها با در نظر گرفتن مدل مارکویتز به عنوان مدل ریاضی پایه، به دنبال حداکثر نمودن بازده و حداقل نمودن ریسک سرمایه‌گذاری بودند. آن‌ها در تحقیق خود پس از حداکثرسازی ریسک و حداقل‌سازی بازده، به دنبال وزن‌دهی به سهام مورد نظر برآمدند تا از این طریق اهمیت نسبی اهداف گوناگون را در سبد سهام مورد نظر قرار دهند. نتایج تحقیق نشان دهنده اعتبار و کارایی الگوریتم مربوطه در بهینه‌سازی سبد سهام بوده است.

نقدی و عرب مازار (۱۳۹۶)، با استفاده از مدل‌های مختلف شبکه عصبی مصنوعی و مدل‌های سری زمانی، سود هر سهم میان‌دوره‌ای ۱۲۶ شرکت پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران طی سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۵ بررسی نمودند، نتایج نشان می‌دهد روش پیشنهادی قادر است تا متغیرهای ورودی مؤثر بر سود هر سهم را از میان تمام متغیرهای ورودی استخراج و توانایی و قدرت تعمیم شبکه عصبی مصنوعی را افزایش دهد.

فشاری و مظاهری (۱۳۹۵) با استفاده از دو الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی و شبکه فازی- عصبی به عنوان دو الگوریتم پیش-بینی قیمت اوراق بهادار و از دو الگوریتم ممتیک حرکت تجمعی ذرات، الگوریتم ژنتیک و روش کوادراتیک برای حل مساله بهینه‌سازی پرتفوی استفاده نمودند، نتایج نشان می‌دهد که شبکه‌های عصبی توانسته عملکرد بهتری را در پیش‌بینی بازده اوراق بهادار نسبت به سیستم فازی عصبی نشان دهد و الگوریتم جهش ترکیبی قورباغه توانسته عملکرد و نتیجه بهتری را در مقایسه با الگوریتم ژنتیک نسبت به الگوریتم کوادراتیک نشان دهد.

فروغی و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی به مدل‌بندی پیش‌بینی سود هر سهم شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از ترکیب شبکه‌های عصبی مصنوعی و الگوریتم بهینه‌سازی حرکت تجمعی ذرات بر مبنای مدل‌های تک متغیره و چند متغیره پرداختند. محققان بدین منظور از اطلاعات مربوط به ۱۱۴ شرکت از شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران، طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۹ استفاده کردند. نتیجه پژوهش بیانگر آن بود که مدل تک متغیره با دقت ۷۸/۵ درصد و مدل چند متغیره با دقت ۹۱/۷ درصد سود هر سهم را پیش‌بینی می‌کند.

راعی و فلاح‌پور (۱۳۹۰) در پژوهشی به طراحی مدلی برای مدیریت فعال پرتفوی با استفاده از روش ارزش در معرض ریسک و الگوریتم ژنتیک پرداختند. آن‌ها در این پژوهش، به عنوان یک نقطه شروع برای انتخاب پرتفوی معیار، ۵۰ شرکت فعال بورس را مورد بررسی قرار دادند. سپس میانگین بازدهی ۳۶ ماهه این ۵۰ شرکت را محاسبه کردند و از بین ۵۰ شرکت، ۲۶ شرکت که میانگین بازدهی آن‌ها مثبت بود، به عنوان پرتفوی معیار در نظر گرفتند. برای ارزیابی و مقایسه عملکرد مدل‌ها، از دو معیار شارپ و نسبت بازده به ارزش در معرض ریسک استفاده کردند. نتایج این پژوهش نشان داد، مدل جدید در مقایسه با مدل مدیریت فعال بدون محدودیت در ارزش معرض ریسک، به طور معناداری از عملکرد بهتری برخوردار است.

---

[1] Dallagno et al

[2] Chiam et al(2008)

[3] Lin

[4] Gen

فرضیه های پژوهش

بر اساس مبانی نظری و پیشینه پژوهش مطرح شده، فرضیه‌های پژوهش به شرح زیر طراحی و تدوین شده است:

فرضیه اول: مدل تحلیل پوششی داده‌ها توانایی تشکیل پرتفوی بهینه را در بورس اوراق بهادار تهران دارد.

فرضیه دوم: مدل الگوریتم ژنتیک توانایی تشکیل پرتفوی بهینه را در بورس اوراق بهادار تهران دارد.

فرضیه سوم: بین بازده واقعی پرتفوی انتخاب شده با روش تحلیل پوششی داده‌ها و بازده واقعی پرتفوی انتخاب شده بر اساس روش الگوریتم ژنتیک تفاوت معناداری وجود دارد.

روش شناسی تحقیق

پژوهش حاضر از لحاظ هدف، تحقیقی کاربردی است، با توجه به اینکه داده‌های مورد استفاده در پژوهش حاضر اطلاعات واقعی و تاریخی هستند، این پژوهش را می‌توان از نوع پس‌رویدادی طبقه‌بندی کرد. از نظر روش پژوهش، این پژوهش از نوع پژوهش‌های توصیفی- همبستگی است.

جامعه و نمونه آماری

جامعه آماری تحقیق شامل کلیه شرکتهای پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران طی سالهای۱۳۸۹ تا ۱۳۹۱ می باشد . برای نمونه گیری از روش حذف سیستماتیک استفاده شده و بر این اساس نمونه انتخابی تحقیق شامل شرکتهایی می باشد که مجموعه شرایط زیر را دارا می باشند:

۱. تمامی اطلاعات مالی شرکت شامل ترازنامه و صورتحساب سود و زیان و سایر اطلاعات موردنیاز برای محاسبه متغییرها در دسترس باشد.

۲. جزء بانک‌ها و مؤسسات مالی (شرکت‌های سرمایه‌گذاری، واسطه‌گری مالی، شرکت‌های هلدینگ و لیزینگ‌ها) نباشد.

۳. سال مالی شرکت‌ها منتهی به ۲۹ اسفند ماه باشد و شرکتها بین سالهای ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۱ عضوبورس اوراق بهادار باشند.

۴. شرکتها نباید وقفه معاملاتی بیش‌تر از سه ماه داشته باشند.

۵. شرکت‌ها طی دوره مورد مطالعه، تغییر سال مالی نداشته باشند.

۶. شرکت‌هایی که در دوره مورد بررسی دارای زیان می‌باشند، بررسی نمی‌شوند.

پس از اعمال محدودیتهای فوق، تعداد ۶۹ شرکت به عنوان نمونه آماری تحقیق انتخاب شد .داده های تحقیق حاضر از صورتهای مالی، یادداشتهای توضیحی، گزارشهای هیئت مدیره، لوح های فشرده آرشیو آماری و تصویری سازمان بورس اوراق بهادار تهران، پایگا ه اینترنتی بورس اوراق بهادار تهران و نیز از نرم افزارهای تدبیر پرداز و رهاورد نوین استخراج گردید.

نحوه سنجش متغیرهای تحقیق

مدل الگوریتم ژنتیک و متغیرهای مورد نیاز آن

مدل پیشنهادی پژوهش حاضر جهت حل مسئله بهینه‌سازی پرتفوی سهام، استفاده از یک الگوریتم ژنتیک خاص است. جهت حل مسئله بهینه‌سازی پرتفوی سهام، از الگوی CCMV یا «میانگین – واریانس با مؤلفه‌های مقید» استفاده می‌شود.

$$Minimize\ \lambda\left[\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} z_i x_i z_j x_j \sigma_{ij}\right] - (1-\lambda)\left[\sum_{i=1}^{N} z_i x_i \mu_i\right] \quad (۱)$$

$$subject\ to \quad \sum_{i=1}^{N} x_i = 1 \quad (۲)$$

$$\sum_{i=1}^{N} z_i = K \quad (۳)$$

$$\varepsilon_i z_i \le x_i \le \delta_i z_i \quad (i=1,...,n) \quad (۴)$$

$$z_i \in [1 \text{ و } 0] \quad (i=1,...,n) \quad (۵)$$

$$x_i \ge 0 \quad (i=1,...,n) \quad (۶)$$

N تعداد کل دارایی‌ها (سهام) است که تعداد آن برابر ۶۹ است. $i=1,...,N$ شماره سهم را در الگوریتم نشان می‌دهد. σ_{ij} کوواریانس بین بازده دارایی‌های (سهام‌های) i و j است. x_i نسبت سهام i در پرتفوی است. λ یک پارامتر ریسک‌گریزی است که مقدار آن در فاصله [۱ و ۰] تغییر می‌کند. k مجموع تعداد سهامی است که در سبد خواهند بود که مقدار آن ۱۰ در نظر گرفته شده است. z_i متغیر تصمیم در مورد سرمایه‌گذاری در هر سهم است. μ_i میانگین بازده مورد انتظار سهام i است. ε_i و δ_i به ترتیب حد پایین و بالای متغیر iام (نسبت سهم i در سبد سرمایه‌گذاری) است؛ که در آن εi و δi به ترتیب حد پایین و بالای متغیر i ام (نسبت سهم i در سبد سرمایه‌گذاری) است.

Z_i متغیر تصمیم در مورد سرمایه‌گذاری در هر سهم است. اگر Z_i برابر ۱ باشد؛ یعنی سهم i در سبد قرار خواهد گرفت. مجموع تعداد سهامی که در سبد خواهند بود، بنا به محدودیت سوم مسئله k تا خواهد بود و εi و δi به ترتیب حد پایین و بالای متغیر i ام (نسبت سهم i در سبد سرمایه‌گذاری) هستند.

کوواریانس بین سهم i و j: کوواریانس هر زوج از سهام موجود در پرتفوی‌های ایجاد شده می‌باشد که نمایانگر رابطه بین آن زوج از سهام و در فرمول محاسبه ریسک پرتفوی به کار می‌رود.

$$COV_{ij} = E\{[R_i - E(R_i)][R_j - E(R_j)]\} \quad (۷)$$

ضریب بتا معیار نسبت ریاضی برای اندازه‌گیری ریسک سیستماتیک پرتفوی.

$$\beta = \frac{\text{cov}\,\mu,1}{\sigma} \quad (۸)$$

مدل بهینه‌سازی حرکت تجمعی ذرات و متغیرهای مورد نیاز آن

جهت حل مسئله بهینه‌سازی پرتفوی سهام، از الگوی CCMV یا «میانگین – واریانس با مؤلفه‌های مقید» فرناندز و گومز (۲۰۰۷) استفاده می‌شود.

$$Minimize\ \lambda\left[\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} z_i x_i z_j x_j \sigma_{ij}\right] - (1-\lambda)\left[\sum_{i=1}^{N} z_i x_i \mu_i\right] \quad (۹)$$

$$subject\ to \quad \sum_{i=1}^{N} x_i = 1 \quad (۱۰)$$

$$\sum_{i=1}^{N} z_i = K \quad (۱۱)$$

$$\varepsilon_i z_i \le x_i \le \delta_i z_i \quad (i=1,...,n) \quad (۱۲)$$

$$z_i \in [1 \text{ و } 0] \quad (i=1,...,n) \quad (۱۳)$$

$$x_i \geq 0 \qquad (i=1,...,n) \quad (۱۴)$$

N تعداد کل سهام است. N بعد اول مربوط به متغیرهای نسبت سرمایه‌گذاری در هر سهم (x_{pi}) است؛ و N بعد دوم متغیرهای تصمیم سرمایه‌گذاری (z_{pi}) را در بر می‌گیرد. $p=1,...,P$ شماره ذره را در پرتفوی نشان می‌دهد. P تعداد کل ذرات موجود در ازدحام است. $i=1,...,N$ شماره سهم را در ذره نشان می‌دهد. σ_{ij} کوواریانس بین بازده سهام‌های i و j است. x_i نسبت سهام i در پرتفوی است. λ یک پارامتر ریسک‌گریزی است که مقدار آن در فاصله [۱ و ۰] تغییر می‌کند. k مجموع تعداد سهامی که در سبد خواهند بود. z_i متغیر تصمیم در مورد سرمایه‌گذاری در هر سهم است. μ_i بازده مورد انتظار سهام i است. ε_i و δ_i به ترتیب حد پایین و بالای متغیر iام (نسبت سهم i در سبد سرمایه‌گذاری) است.

روش آزمون فرضیه‌ها

در این پژوهش از آزمون‌های یومَن ویتنی[1] و کروسکال والیس[2] برای تحلیل و رتبه‌بندی پرتفوی‌ها و از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف[3] برای بررسی نرمال بودن متغیرها استفاده می‌شود.

یافته‌های پژوهش

جدول شماره ۱ آمار توصیفی متغیرهای مورد مطالعه در این پژوهش و نام اختصاری مربوط به هر یک را ارائه می‌دهد.

جدول ۱- آمار توصیفی متغیرهای پژوهش

	تعداد	مجموع	میانگین	انحراف معیار	واریانس
بازده DEA	۱۰	۵۳۰.۹۰	۵۳.۰۹۰۳	۰.۱۲۵۴۷	۰.۰۱۵۷
بازده PSO	۱۰	۴۳۳.۴۵	۴۳.۳۴۵۴	۰.۲۴۱۵۷	۰.۰۵۸۴
بازده GA	۱۰	۵۷۷.۵۹	۵۷.۷۵۸۷	۰.۰۲۴۵۸	۰.۰۰۰۶
بازده بازار	۱۰	۳۷۷.۱۰	۳۷.۷۱۰۰	۰.۳۶۵۸۷	۰.۱۳۳۹

نتایج حاصل از آزمون فرضیه‌های پژوهش

نتایج حاصل از آزمون فرضیه اول

فرضیه اول: مدل تحلیل پوششی داده‌ها توانایی تشکیل پرتفوی بهینه را در بورس اوراق بهادار تهران دارد.

H_0: میانگین رتبه تحلیل پوششی داده‌ها و بهینه‌سازی حرکت تجمعی ذرات برابر هستند.

H_1: میانگین رتبه تحلیل پوششی داده‌ها و بهینه‌سازی حرکت تجمعی ذرات برابر نیستند.

در جدول شماره ۲ میانگین رتبه‌های تحلیل پوششی داده‌ها و الگوریتم بهینه‌سازی حرکت تجمعی ذرات مشخص شده است. مشاهده می‌شود میانگین رتبه روش تحلیل پوششی داده‌ها بیش‌تر از روش بهینه‌سازی حرکت تجمعی ذرات است. برای اثبات این موضوع از آزمون من- ویتنی استفاده می‌شود.

[1] U Mann- Whitney Test
[2] Kruskal- Wallis Test
[3] Kolmogorov- Smirnov Test

جدول ۲- نتایج آزمون u من- ویتنی برای مدل‌های DEA و PSO

	مدل	تعداد	میانگین رتبه‌ها	مجموع رتبه‌ها	مقدار sig آزمون	مقدار آماره آزمون
ارزش (value)	تحلیل پوششی داده‌ها	۱۰	۱۴	۱۴۰	۰.۰۰۷	۱۵.۰۰
	الگوریتم pso	۱۰	۷	۷۰		
	جمع کل	۲۰	-	-		

جدول ۲ مشخص کننده آماره آزمون من- ویتنی و سطح معنی‌داری این آزمون است. مقدار آماره آزمون برابر ۱۵ و سطح معنی‌داری آن برابر ۰/۰۰۷ می‌باشد که از میزان سطح خطای آزمون یعنی عدد ۰/۰۵ کم‌تر می‌باشد. لذا فرض صفر رد شده و میانگین رتبه تحلیل پوششی داده‌ها بیش‌تر از روش بهینه‌سازی حرکت تجمعی ذرات می‌باشد. پس مدل تحلیل پوششی داده-ها تفاوت معناداری با الگوریتم PSO دارد و مدل تحلیل پوششی داده‌ها توانایی تشکیل پرتفوی بهینه را در بورس اوراق بهادار تهران دارد.

نتایج حاصل از آزمون فرضیه دوم

فرضیه دوم: مدل الگوریتم ژنتیک توانایی تشکیل پرتفوی بهینه را در بورس اوراق بهادار تهران دارد.

H_0 : میانگین رتبه مدل الگوریتم ژنتیک و مدل بهینه‌سازی حرکت تجمعی ذرات برابر هستند.

H_1 : میانگین رتبه مدل الگوریتم ژنتیک و مدل بهینه‌سازی حرکت تجمعی ذرات برابر نیستند.

در جدول ۳ میانگین رتبه‌های روش الگوریتم ژنتیک و روش بهینه‌سازی حرکت تجمعی ذرات مشخص شده است. مشاهده می‌شود میانگین رتبه روش تحلیل پوششی داده‌ها بیش‌تر از روش بهینه‌سازی حرکت تجمعی ذرات است. برای اثبات این موضوع آزمون من- ویتنی انجام می‌شود.

جدول۳-نتایج آزمون u من- ویتنی برای مدل‌های GA و PSO

	مدل	تعداد	میانگین رتبه‌ها	مجموع رتبه‌ها	مقدار sig آزمون	مقدار آماره آزمون
ارزش (value)	الگوریتم ژنتیک	۱۰	۱۳.۴	۱۳۴	۰.۰۲۹	۲۱.۰۰
	الگوریتم pso	۱۰	۷.۶	۷۶		
	جمع کل	۲۰	-	-		

جدول ۳ مشخص کننده آماره آزمون من- ویتنی و سطح معنی‌داری این آزمون است مقدار آماره آزمون برابر ۲۱ و سطح معنی‌داری آن برابر ۰/۰۲۹ می‌باشد که از میزان سطح خطای آزمون یعنی عدد ۰/۰۵ کم‌تر می‌باشد.

لذا فرض صفر رد شده و میانگین رتبه الگوریتم ژنتیک بیش‌تر از روش بهینه‌سازی حرکت تجمعی ذرات است. پس مدل الگوریتم ژنتیک تفاوت معناداری با الگوریتم pso دارد و همچنین مدل الگوریتم ژنتیک توانایی تشکیل پرتفوی بهینه را در بورس اوراق بهادار تهران را دارد.

نتایج حاصل از آزمون فرضیه سوم

فرضیه سوم: بین بازده واقعی پرتفوی انتخاب شده با روش تحلیل پوششی داده‌ها و بازده واقعی پرتفوی انتخاب شده بر اساس روش ژنتیک تفاوت معناداری وجود دارد.

H_0 : میانگین رتبه روش تحلیل پوششی داده‌ها و الگوریتم ژنتیک برابر هستند.

H_1 : میانگین رتبه روش تحلیل پوششی داده‌ها و الگوریتم ژنتیک برابر نیستند.

در جدول ۴ میانگین رتبه‌های تحلیل پوششی داده‌ها و الگوریتم ژنتیک مشخص شده است. مشاهده می‌شود میانگین رتبه الگوریتم ژنتیک بیش‌تر از تحلیل پوششی داده‌ها است. برای اثبات این موضوع از آزمون من- ویتنی استفاده می‌شود.

جدول۴- نتایج آزمون u من- ویتنی برای مدل‌های GA و DEA

	مدل	تعداد	میانگین رتبه‌ها	مجموع رتبه‌ها	مقدار sig آزمون	مقدار آماره آزمون
ارزش (value)	الگوریتم ژنتیک	۱۰	۱۲.۶	۱۲۶	۰.۰۱۲۳	۲۹.۰۰
	تحلیل پوششی داده‌ها	۱۰	۸.۴	۸۴		
	جمع کل	۲۰	-	-		

جدول ۴ مشخص‌کننده آماره آزمون من- ویتنی و سطح معنی داری این آزمون است. مقدار آماره آزمون برابر ۲۹ و سطح معنی داری آن برابر ۰/۰۱۲۳ است که از میزان سطح خطای آزمون یعنی عدد ۰/۰۵ کم‌تر است. لذا فرض صفر رد شده و میانگین رتبه الگوریتم ژنتیک بیش‌تر از روش تحلیل پوششی داده‌ها است؛ بنابراین مدل الگوریتم ژنتیک تفاوت معنی داری با تحلیل پوششی داده‌ها دارد.

نتایج آزمون کروسکال والیس

جهت اطمینان و اتکاپذیری نتایج تحقیق از آزمون کروسکال والیس استفاده شد و سه مدل با توجه به پرتفوی انتخابی‌شان رتبه‌بندی گردیدند.

H_0 : میانگین رتبه گروه‌ها برابر هستند.

H_1 : حداقل یکی از میانگین‌ها مخالف بقیه است.

در جدول ۵ میانگین رتبه سه گروه مشخص شده است.

جدول۵- نتایج آزمون کروسکال- والیس

	مدل	تعداد	میانگین رتبه‌ها	مقدار sig آزمون	مقدار آماره آزمون
ارزش (value)	تحلیل پوششی داده‌ها	۱۰	۱۹.۲	۰.۰۲۳	۷.۵۳۳
	الگوریتم pso	۱۰	۹.۳		
	الگوریتم ژنتیک	۱۰	۱۸		
	جمع کل	۳۰	-		

در جدول ۵ مقدار آماره آزمون برابر ۷/۵۳۳ است و سطح معنی داری آزمون برابر ۰/۰۲۳ است که کم‌تر از میزان خطا یعنی ۰/۰۵ بوده پس بین میانگین رتبه سه گروه تفاوت معنی داری وجود دارد. با توجه به جدول۵ روش تحلیل پوششی داده‌ها بیش‌ترین میانگین را دارد پس از آن روش الگوریتم ژنتیک و در آخر الگوریتم بهینه‌سازی حرکت تجمعی ذرات است.

نتایج آزمون کولموگروف- اسمیرنوف

با توجه به اهمیت نرمال بودن داده‌ی متغیر وابسته از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف استفاده می‌شود.

H_0 : داده‌ها نرمال هستند.

H_1 : داده‌ها نرمال نیستند.

جدول ۶- نتایج آزمون نرمال بودن متغیرها

متغیر بازده مورد انتظار پرتفوی DEA		متغیر بازده مورد انتظار پرتفوی pso		متغیر بازده مورد انتظار پرتفوی GA	
تعداد	۱۰	تعداد	۱۰	تعداد	۱۰
میانگین	۵.۳۰	میانگین	۴.۳	میانگین	۵.۷
انحراف معیار	۳.۴۶	انحراف معیار	۳.۷۶	انحراف معیار	۴.۷۶
آماره آزمون کولموگروف -اسمیرنوف	۰.۶۴۵	آماره آزمون کولموگروف -اسمیرنوف	۰/۸۹۴	آماره آزمون کولموگروف -اسمیرنوف	۰/۶۱۴
سطح معنی داری	۰.۷۷۹	سطح معنی داری	۰/۴۰۱	سطح معنی داری	۰/۸۴۵

با توجه به جدول ۶ سطح معنی داری آزمون برای متغیر بازده مورد انتظار پرتفوی DEA برابر ۰/۷۹۹ است که بیش‌تر ازمیزان سطح خطای آزمون یعنی عدد ۰/۰۵ است. در نتیجه فرض صفر رد نشده و داده‌ها نرمال هستند، سطح معنی‌داری آزمون برای متغیر بازده مورد انتظار پرتفوی pso نیز برابر ۰/۴۰۱ است که بیش‌تر از میزان سطح خطای آزمون یعنی عدد ۰/۰۵ است، پس فرض صفر رد نشده و داده‌ها نرمال هستند و در نهایت سطح معنی‌داری آزمون برای متغیر بازده مورد انتظار پرتفوی GA برابر ۰/۸۴۵ است که بیش‌تر از میزان سطح خطای آزمون یعنی عدد ۰/۰۵ است؛ بنابراین فرض صفر رد نشده و داده‌ها نرمال هستند.

یافته های پژوهش

هدف اصلی از انجام پژوهش حاضر که در قالب فرضیه‌های پژوهش مطرح شده، بررسی مقایسه ای توانایی مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها، الگوریتم ژنتیک و بهینه سازی حرکت تجمعی ذرات در تشکیل پرتفوی بهینه در شرکتهای پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران است. در خصوص دستیابی به هدف‌های پژوهش سه فرضیه مطرح و مورد آزمون قرار گرفته‌اند. نتایج آزمون مدلها در این پژوهش به شرح زیر می‌باشند:

به دلیل آن‌که کاراترین ابزار برای انتخاب پرتفوی بهینه مدل (میانگین- واریانس) مارکویتز است این مدل با استفاده از روش فرا ابتکاری بهینه‌سازی حرکت تجمعی ذرات با اضافه کردن محدودیت‌های جدیدی به مدل میانگین- واریانس انجام شد. از آن جایی که در ریسک‌های پایین تکنیک بهینه‌سازی حرکت تجمعی ذرات از دقت بیش‌تری برخوردار است، این مدل به عنوان مدل پایه انتخاب گردید و توانایی مدل‌های الگوریتم ژنتیک و تحلیل پوششی داده‌ها نسبت به مدل بهینه‌سازی حرکت تجمعی ذرات مورد آزمون قرار گرفت، نتایج حاصل از آزمون فرضیه ها به شرح زیر است.

فرضیه اول: از نتایج به دست آمده از آزمون فرضیه اول چنین استنباط می‌شود که تحلیل پوششی داده‌ها توانایی تشکیل پرتفوی بهینه را در بورس اوراق بهادار تهران را دارد. نتایج این فرضیه مؤید پژوهش‌های انجام شده توسط خواجوی و همکاران (۱۳۸۴)، آذر و همکاران (۱۳۹۱)، فضل‌زاده و همکاران (۱۳۹۱)، سینایی و گشتاسبی‌مهارلویی (۱۳۹۱) و پاتاری و همکاران (۲۰۱۰) که در ارتباط با تشکیل پرتفوی بهینه توسط مدل تحلیل پوششی داده‌ها می‌باشد.

فرضیه دوم: از نتایج به دست آمده چنین استنباط می‌شود که الگوریتم ژنتیک توانایی تشکیل پرتفوی بهینه را دارد. نتایج این فرضیه مؤید پژوهش‌های انجام شده توسط محمدی‌استخری (۱۳۸۵)، نویدی و همکاران (۱۳۸۸)، راعی و فلاح‌پور (۱۳۹۰)،

یانگ (۲۰۰۶)، لین و ژن (۲۰۰۷)، لین و لیو (۲۰۰۸) و چانگ و همکاران (۲۰۰۹) که در ارتباط با تشکیل پرتفوی بهینه توسط مدل الگوریتم ژنتیک می‌باشد.

فرضیه سوم: نتایج حاصل از آزمون فرضیه سوم نشان می دهد که بین بازده واقعی پرتفوی انتخاب شده با روش تحلیل پوششی داده‌ها و بازده واقعی پرتفوی انتخاب شده بر اساس مدل الگوریتم ژنتیک تفاوت معناداری وجود دارد؛ بنابراین هر چه سرمایه‌گذار محافظه‌کار یا ریسک گریزتر باشد λ را بزرگ‌تر و نزدیک به یک در نظر گرفته می شود و بر عکس هر چه افراد ریسک‌پذیرتر باشند ضریب وزنی λ کوچک‌تر و نزدیک به صفر در نظر گرفته می شود تا پرتفوی بهینه با هدف افزایش بازده برای سرمایه‌گذار حاصل شود. همچنین با توجه به رتبه‌بندی آزمون کروسکال والیس مشخص می‌شود که در دوره زمانی پژوهش مدل تحلیل پوششی داده‌ها بالاترین رتبه، مدل الگوریتم ژنتیک رتبه دوم و مدل بهینه‌سازی حرکت تجمعی ذرات رتبه سوم را دارا است.

منابع و مأخذ:

۷. اکرم میرزایی، علی. (۱۳۹۰). کاربرد الگوریتم ژنتیک در ترکیب پیش‌بینی‌های نرخ ارز. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه رازی، دانشکده علوم اجتماعی.

۸. آذر، عادل و خسروانی، فرزانه و جلالی، رضا. (۱۳۹۲). "کاربرد تحلیل پوششی داده‌ها در تعیین پرتفوی از کارآمدترین و ناکارآمدترین شرکت‌های حاضر در بورس اوراق بهادار تهران". پژوهش‌های مدیریت در ایران، دوره ۱۷، شماره ۱، صص ۱۹-۱.

۹. راعی، رضا و تلنگی، احمد. (۱۳۸۳). مدیریت سرمایه‌گذاری پیشرفته. سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت).

۱۰. راعی، رضا و فلاح‌پور، سعید. (۱۳۹۰). "طراحی مدلی برای مدیریت فعال پرتفوی با استفاده از VaR و الگوریتم ژنتیک". مجله بررسی‌های حسابداری و حسابرسی، شماره ۶۴، صص. ۳۴-۱۹.

۱۱. رضایی، علیرضا و رنجبران، سجاد. (۱۳۸۶). آموزش کاربردی الگوریتم ژنتیک در نرم‌افزار MATLAB، چاپ اول. نشر آذر.

۱۲. فروغی، داریوش و فروغ‌نژاد، حیدر و میرزایی، منوچهر. (۱۳۹۲). "پیش‌بینی سود هر سهم: ترکیب شبکه‌های عصبی مصنوعی و الگوریتم بهینه‌سازی حرکت تجمعی ذرات". فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری، سال دوم، شماره ۶، صص. ۸۲- ۶۳.

۱۳. فشاری، مجید، مظاهری فر، پوریا. مقایسه الگوریتمهای پیش بینی و بهینه سازی در بورس اوراق بهادار تهران .سیاست گذاری پیشرفت اقتصادی،.59-76 :4(11); 1395

۱۴. فضل‌زاده، علیرضا و رنجپور، رضا و توحیدی، رسول. (۱۳۹۱). "بررسی توانایی مدل‌های تک شاخص شارپ و تحلیل پوششی داده‌ها در انتخاب پرتفوی کارا در بورس اوراق بهادار تهران". فصلنامه بورس اوراق بهادار، شماره ۱۸، صص. ۳۹-۵۹.

۱۵. نقدی، سجاد، عرب مازار یزدی، محمد. ترکیب شبکه عصبی، الگوریتم ژنتیک و الگوریتم تجمع ذرات در پیش‌بینی سود هر سهم .مجله علمی-پژوهشی دانش حسابداری،34-7 :8(3); 1396

16. Chen, W. (2015). Artificial bee colony algorithm for constrained possibilistic portfolio optimization problem. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 429, 125-139.

17. Chiam, S. C., Kc Tan, A AL. (2008). "A memetic model of evolutionary PSO for computational finance application". Expert System with Applications, 36, pp 3695-3711.
18. Dallagnol, V., Vandenberg, F., and Mous, L. (2009). "Porfolio Management using value at risk: A comparsion between Genetic algorithm and particle swarm optimization". International of Intelligent system, 24, pp: 729- 766.
19. Deng, G.F., Lin, W. T., Lo, C. C. (2012). "Markowitz- based Portfolio Selection with Cardinality Constraints Using Improved Particle Swarm Optimization". Expert Systems with Application, 39, pp: 4558- 4566.
20. Kamili, H., & Raffi, M.E. (2016). Portfolio Optimization Using the Bat Algorithm. International Review on Computer and Software (IRECOS), 11(3), 277-283.
21. Lin, chang- chan, Liu, Yi- Ting. (2008). "Genetic algorithms for portfolio selection problems with minimum transaction lots". European Journal of operational Resaearch, 185, PP: 393- 404.
22. Markowitz, H. M. (1952). "Portfolio selection. Journal of finance". pp: 77- 91.
23. Patari, E. J., Leivo, T. H, and Samuli Honkapuro, J. V. (2010). "Enhanceement of value portfolio performance using data envelopment analysis". Studies in Economics and Finance, 7, No, 3, pp: 223- 246.
24. Tuba, M., & Bacanin, N. (2014). Artificial bee colony algorithm hybridized with firefly algorithm for cardinality constrained mean-variance portfolio selection problem. Appl. Math. Inf. Sci, 8(6), 2831-2844.

مطالعات اقتصاد، مدیریت مالی و حسابداری

دوره ۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶، صفحات ۲۱۷- ۲۰۵

Investigating the ability of data envelopment analysis models, genetic algorithm and optimization of cumulative movement of particles in optimal portfolio formation in companies accepted on the Tehran Stock Exchange

Mokhtar Baseri[1], Seyedeh Maryam Rezaei[2]

1- Faculty of Accounting, Payame Noor University, Tehran, Iran

2- Department of Accounting, Faculty of Accounting, Marvdasht Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Abstract

This research deals with the ability of data envelopment analysis models, genetic algorithm and optimization of cumulative movement of particles in optimal portfolio selection in the Tehran Stock Exchange. For this purpose, as many as 69 companies from the listed companies on the Tehran Stock Exchange in 2010-2011 were selected as the sample. Statistical techniques such as the Mann–Whitney U test, Kruskal Wallis test and Kolmogorov-Smirnov test were used for data analysis. The results of the research indicate that all three approaches have the ability to form optimal portfolios in the Tehran Stock Exchange, but the data envelopment analysis model has the highest rank and the highest rate of efficiency.

Keywords: portfolio optimization, data envelopment analysis model, genetic algorithm model, optimization of cumulative movement of particles.