



فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری  
دوره ۱۵ / شماره ۴ (پیاپی ۶۰) / زمستان ۱۴۰۵  
صفحه ۲۶۵ تا ۲۹۰

## تحلیل رفتار احساسی سرمایه‌گذار ریسک‌پذیر و ریسک‌گریز در پرتفوی سهام

سید حسام وقفی

دانشیار گروه حسابداری، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران، (نویسنده مسئول)،  
vaghfi@pnu.ac.ir

کاوه پرن‌دین

استادیار گروه حسابداری، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران،  
kparandin@pnu.ac.ir

امیر غفوریان شاگردی

دانشیار گروه حسابداری، دانشکده علوم اداری، دانشگاه بین‌المللی امام رضا (ع)، مشهد، ایران،  
ghafourian@amamreza.ac.ir

فاطمه هندآبادی

کارشناس ارشد گروه حسابداری، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران،  
f.hend2020@gmail.com

زینب نوربخش حسینی

گروه مدیریت و حسابداری، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران،  
znoorbakhsh@tvu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۲۲

### چکیده

رشد بلندمدت و مداوم اقتصادی در پرتوی تجهیز و تخصیص بهینه منابع در سطح اقتصاد ملی به ثمر می‌رسد و برای دستیابی به آن بدون کمک بازارهای مالی به ویژه بازار سرمایه گسترده و کارآمد به سهولت امکان‌پذیر نیست. یکی از مباحث مهمی که در بازارهای سرمایه مطرح است و باید مورد توجه سرمایه‌گذاران اعم از اشخاص حقیقی یا حقوقی قرار گیرد، بحث انتخاب سبد سرمایه‌گذاری بهینه می‌باشد در این راستا بررسی و تحلیل رفتار احساسی سرمایه‌گذاران در پرتفوی مختلف سهام می‌تواند جهت تصمیم‌گیری‌های سرمایه‌گذاری حائز اهمیت باشد بدین منظور در این پژوهش از اطلاعات مالی ۱۰۱ شرکت تولیدی بین سال‌های ۱۳۹۱ الی ۱۴۰۰ و با استفاده از الگوریتم جهش قورباغه و نرم افزار متلب جهت تشکیل پرتفوی سهام برای سرمایه‌گذار ریسک‌پذیر و ریسک‌گریز استفاده شد و سپس رفتار احساسی سرمایه‌گذاران با روش آنالیز واریانس در سبد سهام سرمایه‌گذار ریسک‌پذیر و ریسک‌گریز مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج بررسی در این پژوهش کاربردی و پس‌رویدادی نشان داد که سرمایه‌گذاران ریسک‌پذیر و ریسک‌گریز از شرکت‌های متفاوت در سبد سهام خود استفاده می‌کنند و تفاوت معناداری در رفتار احساسی سرمایه‌گذاران ریسک‌پذیر و ریسک‌گریز مشاهده نشد. در تحلیل این نتایج می‌توان بیان کرد در بازار سرمایه ایران بخش عمده‌ای از سرمایه‌گذاران سطح مشخصی و بالایی از رفتار احساسی را دارا می‌باشند و این رفتار احساسی به شخصیت ریسک‌پذیر و ریسک‌گریز افراد سرمایه‌گذار ارتباط ندارد. **واژه‌های کلیدی:** پرتفوی سهام؛ رفتار احساسی سرمایه‌گذاران؛ الگوریتم هوش مصنوعی.

## ۱- مقدمه

برای توضیح برخی از رفتارهای افراد و سرمایه‌گذاران، دانش مالی رفتاری ظهور پیدا کرده است که تنها به توجیه منطقی حوادث و رفتارها نمی‌پردازد، بلکه رفتار سرمایه‌گذاران را از دیدگاه احساسات بررسی کرده و آن را توضیح می‌دهد. اینکه آیا احساسات سرمایه‌گذاران بازده سهام را تحت تأثیر قرار می‌دهد یکی از موضوعات مهم در ادبیات دانشگاهی اخیر بوده است. بررسی مطالعات قبلی نشان می‌دهد که احساسات سرمایه‌گذار می‌تواند عاملی مؤثر بر بازده سهام باشد مفهوم بهینه‌سازی و بهبود بخشیدن سبد سهام و تنوع‌بخشی همانند ابزاری در راستای توسعه و بسط و فهم بازارهای مالی و تصمیم‌گیری هستند (بحری فروش و همکاران، ۱۳۹۷). یکی از تعاریف گرایش‌های احساسی سرمایه‌گذاران، حاشیه میزان خوش‌بینی و بدبینی سهامداران نسبت به یک سهام است و از آنجا که تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران در بردارنده ریسک و عدم اطمینان می‌باشد، تاثیر احساسات بر تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران منطقی است. احساسات و عواطفی که در زمان تصمیم‌گیری وجود دارد، اغلب منجر به بروز رفتاری می‌شوند که متفاوت از رفتارهایی است که با سنجش هزینه و منافع بلندمدت فعالیت‌ها تعیین می‌شود یعنی افراد در عمل رفتاری متفاوت از آنچه که تئوری‌های مدرن مالی از انسان عقلایی ترسیم می‌کنند از خود بروز می‌دهند. یکی از ویژگی‌های بازارهای مالی، غیرقابل پیش‌بینی بودن ریسک‌داری‌های مالی است (رستمی و حقیقی، ۱۳۹۲). پورتفولیوی سهام نوعی سرمایه‌گذاری است که از چندین سهام تشکیل شده است. هدف از یک پورتفولیوی سهام به حداقل رساندن ریسک سرمایه‌گذاری و به حداکثر رساندن بازده سرمایه‌گذاری است. برای ساخت پورتفولیوی بهینه سهام، فرد به یک استراتژی انتخاب سهام نیاز دارد و باید درصد سرمایه‌گذاری را در هر سهام انتخاب کند (واسیانی<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۲۰). تحلیل روانشناسی بازار می‌تواند اطلاعات مفیدی در راستای، پیش‌بینی عملکرد داری‌ها فراهم کند (کیم و آجین<sup>۲</sup>، ۲۰۱۰). هدف نهایی تحقیق حاضر را می‌توان در ارائه یک استراتژی مؤثر برای مدیریت پورتفوی خلاصه کرد. منظور از استراتژی مؤثر، شیوه‌ای کارا و کاربردی‌پذیر است که متناسب با ویژگی‌های سرمایه‌گذار بتواند وی را در رسیدن به اهداف مالی‌اش در هر شرایط سیاسی، اجتماعی و اقتصادی همراهی کند. نتایج این تحقیق توسط کلیه مدیران و ذینفعان بورس اوراق بهادار تهران، کارشناسان بازار سرمایه، سهامداران، فعالان بورس، سرمایه‌گذاران، محققان و جوامع علمی که به دنبال تحقیقات آینده مرتبط با موضوع هستند، قابل استفاده است. در این مطالعه مدل‌سازی مالی از تلفیق رویکرد مالی و برنامه ریزی ریاضی در پاسخ به نیازتصمیم‌گیری بهینه سرمایه‌گذاری و مالی می‌باشد و در بهینه‌سازی پورتفوی سوال اصلی این است که از میان اوراق بهادار یا سهام که هر کدام از این اوراق بهادار دارای سود و بازده سرمایه‌گذاری مشخصی هستند، کدام اوراق بهادار را انتخاب کنیم که ضمن حصول بازده مناسب از سرمایه‌گذاری، ریسک این سرمایه‌گذاری کمینه شود. به عبارتی هدف کمک به سرمایه‌گذار در انتخاب پورتفوی بهینه می‌باشد. هدف ویژه و کاربردی در این مطالعه طراحی مدل برای بهینه‌سازی سبد داری‌ها جهت استفاده سرمایه‌گذاران حقیقی و حقوقی می‌باشد. آیا پورتفوی توسط الگوریتم جهش قورباغه قابل پیش‌بینی هست و آیا رفتار احساسی سرمایه‌گذاران متفاوت است؟ تاثیر رفتار

<sup>1</sup> Vasiani<sup>2</sup> Kim, & Aejin

احساسی سرمایه گذاران در تشکیل پرتفوی بهینه سهام چگونه است؟ در ادامه ساختار پژوهش ابتدا مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش سپس روش‌شناسی و نحوه برآورد و آزمون فرضیه ارائه می‌شود و در نهایت یافته‌های تجربی و پس از آن نتیجه گیری و پیشنهاد تحقیق بیان می‌شود.

## ۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

### ۲-۱- ریسک و بازده پورتفوی

فعالیت صحیح در بازار سرمایه و تصمیم‌گیری مناسب بازیگران این صحنه، می‌تواند نقش موثری در تخصیص بهینه منابع داشته باشد. واضح است که تصمیم‌گیری در چنین ساختاری نیازمند اطلاعات و گزارش‌های قابل اتکا است. در این راستا، پیش‌بینی سود یکی از متغیرهای مالی با اهمیتی است که مورد توجه سرمایه‌گذاران و تحلیلگران مالی قرار دارد. از این پیش‌بینی‌ها اغلب برای ارزیابی سودآوری و ریسک شرکت‌ها و نیز قضاوت در خصوص قیمت سهام استفاده می‌شود. شواهد حاکی از این است که پیش‌بینی بهتر سود منجر به افزایش ثروت سرمایه‌گذاران می‌شود. به طور عمومی، برای تحلیل و پیش‌بینی سهم در بازار بورس سهام، دو شیوه کلی روش تحلیل بنیادی و روش تحلیل تکنیکی وجود دارد. همان‌طور که در بخش‌های پیشین اشاره شد، تئوری پورتفوی در حقیقت یک مسئله بهینه‌سازی جهت انتخاب پورتفوی معرفی می‌کند (ریلی و براون<sup>۱</sup>، ۲۰۱۱)؛ اما پیش از معرفی مدل بهینه‌سازی پورتفوی، بهتر است با ریسک و بازده پورتفوی آشنا شوید. سرمایه‌گذاران اصولاً با هدف کسب بازده سرمایه‌گذاری می‌کنند. بنابراین بازده در حقیقت پاداشی است که سرمایه‌گذار به ازای پذیرش ریسک، می‌تواند دریافت کند. بازده مورد انتظار پورتفوی به صورت میانگین وزن دار بازده مورد انتظار تکنیک دارایی‌های درون آن، تعریف می‌شود و ریسک عدم اطمینان نسبت به نتیجه یک عمل می‌باشد. بنابراین به طور طبیعی تلاش سرمایه‌گذاران در جهت کاهش عدم اطمینان می‌باشد. بنابراین یکی از ابزارهای کاهش عدم اطمینان بهینه سازی سبد سرمایه‌گذاری می‌باشد. بهینه سازی پورتفوی (فرایند تخصیص ثروت بین چند دارایی) یک هدف اصلی در مدیریت ریسک محسوب می‌شود. همچنین بازده‌های مورد انتظار و ریسک مهمترین متغیرها در مساله بهینه سازی پورتفوی می‌باشند. عموماً سرمایه‌گذاران ترجیح می‌دهند که بازده را بیشینه و ریسک را کمینه نمایند. با این وجود بازده‌های بالا معمولاً ریسک بالایی هم دارند (هوانگ<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۸)

### ۲-۲- رفتار سرمایه گذاران

#### ۲-۲-۱- ریسک پذیری و ریسک گریزی سرمایه گذار

ریسک، به عنوان انتظارات ذهنی مصرف کننده از زیان تعریف شده است (وینال و همکاران، ۲۰۱۲). مسلماً سرمایه گذاری دارای ریسک است و افراد با توجه به سطح اطلاعات خود و همچنین عدم اطمینان تصمیم‌گیری می‌کنند. ادراک جنبه روانی و عاطفی دارد که قضاوت و تصمیم‌گیری را تحت تاثیر قرار می‌دهد نتایج بررسی حسن زاده

<sup>1</sup> Reilly & Brown

<sup>2</sup> Hwang

و همکاران (۱۳۹۸) حاکی از آن است که ذهنیات فردی، اطلاعات حسابداری، اطلاعات اقتصادی و نیازهای مالی شخصی بر تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران تأثیرگذار می‌باشد. همچنین نتایج عبدالمنافی و سلیمانی (۱۴۰۱) نشان می‌دهد که ارزش درک شده لذت گرا بر تمایل به تجارت اجتماعی تأثیر مثبت و بر ریسک درک شده تأثیر منفی می‌گذارد. در نتیجه درک نگرش جامعه نسبت به ریسک با پیش‌بینی رفتار اقتصادی ارتباط مستقیمی دارد (دومن<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۵). ترجیحات افراد نسبت به ریسک عامل تعیین‌کننده‌ای در مدلسازی رفتار آن‌ها محسوب می‌شود (پیساریدس<sup>۲</sup>، ۱۹۷۴). پنبرگ (۲۰۱۰) نشان می‌دهد، ریسک‌گریزی با دستمزد افراد رابطه منفی دارد؛ بنابراین برآورد شاخص ریسک‌گریزی دلالت مهمی برای بازار کار دارد. شاخص ترجیحات ریسکی در تعیین قیمت‌های دارایی‌ها نیز نقش آفرین است. نگرش و ریسک‌گریزی سرمایه‌گذاران بخش مهمی از تغییرات قیمت‌های دارایی‌ها را توضیح می‌دهد. همچنین سطح ریسک‌گریزی، یک متغیر جانشین مناسب جهت الگوسازی نگرش کلی افراد جامعه نسبت به چشم‌انداز آتی اقتصاد است. اگر این شاخص طی زمان در حال افزایش باشد به این معنی است که سرمایه‌گذاران و کارآفرینان برای قبول یک پروژه سرمایه‌گذاری با مشخصات مشابه طی زمان، خواستار بازدهی و پاداش ریسک بیشتری هستند و در صورتی که بازار توانایی و امکان فراهم کردن چنین بازدهی را برای این افراد نداشته باشد، آنها ممکن است وارد فعالیت‌های غیرتولیدی شده و منجر به کاهش اشتغال و رشد اقتصادی در آینده شوند (پاننبرگ<sup>۳</sup>، ۲۰۱۰). سرمایه‌گذاران را می‌توان از نظر پذیرش ریسک و شکل منحنی مطلوبیت به سه دسته تقسیم نمود:

الف) افراد ریسک‌گریز: این افراد استراتژی محافظه‌کارانه دارند. مطلوبیت نهایی افراد ریسک‌گریز با افزایش ثروتشان کاهش می‌یابد بنابراین هر فردی که منحنی مطلوبیت ثروت او مقعر باشد ریسک‌گریز است. یک شخص ریسک‌گریز ترجیح می‌دهد که یک بازده مطمئن به دست آورد و در حالی که شانس و اقبال مطرح باشد شرکت نخواهد کرد.

ب) افراد ریسک‌پذیر: این افراد استراتژی جسورانه دارند. طبق تعریف فرد ریسک‌پذیر کسی است که تابع مطلوبیت ثروت او به صورت محدب باشد، بنابراین برای این شخص مطلوبیت نهایی با افزایش ثروت افزایش می‌یابد و شخص همیشه در این حالت خواهان پذیرش ریسک است و دوست دارد شانس خود را آزمون کند.

ج) افراد خنثی نسبت به ریسک: سومین گروه افرادی هستند که به اصطلاح آن‌ها را ریسک‌خنثی می‌نامند. این افراد ارزش‌شپولی را مقدار ارزش اسمی آن می‌دانند. تابع مطلوبیت چنین افرادی به صورت یک خط مستقیم است. رفتار ریسک‌خنثی اغلب در افرادی دیده می‌شود که بیش از حد ثروتمند هستند (نسبت و راس<sup>۴</sup>، ۱۹۸۰).

<sup>1</sup> Dohmen

<sup>2</sup> Pissarides

<sup>3</sup> Pannenberg

<sup>4</sup> Nesbett & Ross

### ۳-۲- رفتار احساسی سرمایه گذاران

رفتار سرمایه گذاران یکی از مهم ترین و حتی تاثیر گذار ترین عوامل در حیات بازارهای مالی می باشد. حالات و احساسات سرمایه گذار بر ادراک او می تواند اثرگذار باشد و به همین علت می تواند بر تصمیمات سرمایه گذاری آنها نیز اثر بگذارد (وانکوترن<sup>۱</sup>، ۲۰۱۱). الگوی انتخاب و نوع واکنشی که شخص در هر موقعیت می تواند از خود نشان می دهد به عوامل مختلفی بستگی دارد. درک چگونگی تاثیر این عوامل بر واکنش رفتاری آنها دارای اهمیت ویژه ای است. نتایج بررسی زارعی و ناصری (۱۳۹۷) حاکی از آن است که موقعیت رفتار مصرف کننده بر ارزش ادراک شده بر واکنش رفتاری دارای تاثیر مثبت و معناداری می باشد. همچنین ارزش ادراک شده بر پاسخ های هیجانی دارای تاثیر مثبت و معنادار بوده و پاسخ های هیجانی نیز بر واکنش رفتاری مصرف کننده دارای تاثیر مثبت و معناداری است. واکنش رفتاری را تصمیمات فرد به هنگام خرید تعریف می شود و انتخاب محصول، برند، زمان و مبلغ خرید را می توان به عنوان مولفه های آن در نظر گرفت (کندی و ابرهارت<sup>۲</sup>، ۱۹۹۵). تصمیمات سرمایه گذاران تنها بر پایه ارزیابی شناختی و خروجی مورد انتظار نیست بلکه رفتار های هنجاری سایرین، تعاملات اجتماعی، رفتار های احساسی و احتمالات ذهنی جمعی نیز بر رفتار سرمایه گذاران موثر است (کیم و آجین<sup>۳</sup>، ۲۰۱۰). در این راستا مطالعات نیز بیانگر آن اند که رفتار احساسی سرمایه گذاران بر قیمت گذاری دارایی های سرمایه ای موثر اند. در واقع دیدگاه مالی رفتاری حاکی از آن است که برخی از تغییرات قیمتی در بازار، هیچ گونه دلیل بنیادینی نداشته است و گرایش احساسی سرمایه گذار نقش مهمی در نوسانات قیمت بازار دارد (یوسف<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۶)

### ۳-جامعه و نمونه آماری پژوهش

در پژوهش حاضر از روش حذف سیستماتیک برای نمونه استفاده می شود. شرکت های بورس اوراق بهادار تهران به عنوان جامعه آماری پژوهش انتخاب و نمونه آماری شرکت هایی که پایان سال مالی آنها پایان اسفند بوده و جزو شرکت های تولیدی هستند انتخاب خواهند شد. با توجه به معیار های تعیین شده برای نمونه آماری تعداد ۱۰۱ شرکت طی دوره زمانی تحقیق مورد بررسی قرار گرفت.

### ۳-۲- متغیر و مدل تحقیق

#### بازده سهام

بازده سهام از نسبت میان کل عایدی (زیان) حاصل از سرمایه گذاری و میزان سرمایه ای که به منظور کسب عایدی در یک دوره معین مصرف گردیده است؛ به دست می آید. بازده واقعی (کل) عبارت است از مجموع مزایایی که در طول سال به سهم تعلق می گیرد. این مزایا شامل:

(۱) سود نقدی ناخالص هر سهم طبق مصوبه مجموع عمومی صاحبان سهام

(۲) مزایای ناشی از حق تقدم خرید سهام

<sup>1</sup> Vancauteran

<sup>2</sup> Kennedy and Eberhart

<sup>3</sup> Eusuff

- ۳) مزایای ناشی از سود سهم یا سهام جایزه  
 ۴) افزایش قیمت سهام در انتهای دوره موردنظر نسبت به ابتدای دوره

$$\text{افزایش سرمایه از محل آورده نقدی و مطالبات} - \text{سود سهام مصوب} + \text{ارزش بازار شرکت در ابتدای سال} - \text{ارزش بازار شرکت در پایان سال} = \text{بازده عادی سهام}$$

$$\text{ارزش بازار شرکت در ابتدای سال}$$

قیمت سهام در ابتدای سال  $\times$  تعداد سهام در ابتدای سال = ارزش بازار شرکت در ابتدای سال  
 نسبت سهام در انتهای سال  $\times$  تعداد سهام در انتهای سال = ارزش بازار شرکت در انتهای سال  
 تعداد سهام در تاریخ مجمع  $\times$  سود نقدی هر سهم = سود سهام مصوب  
 درصد افزایش سرمایه از محل آورده نقدی  $\times$  (سرمایه اول دوره - سرمایه پایان دوره) = افزایش سرمایه از محل آورده نقدی و مطالبات

### رفتار احساسی سرمایه گذاران

به ترجیحات و تمایلات روانی شخص سرمایه گذار، که در شرایط و موقعیت‌های مختلف می‌تواند از خود نشان دهد رفتار احساسی سرمایه‌گذار می‌گویند. در این مطالعه برای اندازه‌گیری گرایش‌های احساسی سرمایه‌گذاران از شاخص گرایش‌های احساسی بازار سرمایه (EMSI) استفاده شده است. این شاخص توسط جونز (۲۰۰۵) و با تعدیل مدل ارائه شده توسط پرسادو (۱۹۹۶) بسط داده شده است.  
 گرایش‌های احساسی سرمایه‌گذاران با استفاده از رابطه زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$-100 \leq EMSI \leq 100 \text{SENT}_{pt} = \frac{\sum (R_{it} - \bar{R}_r)(R_{iv} - \bar{R}_v)}{[\sum (R_{it} - \bar{R}_r)^2 \sum (R_{iv} - \bar{R}_v)^2]^{\frac{1}{2}}} * 100$$

که در آن:

$R_{it}$  = رتبه بازده ماهانه سهام شرکت  $i$  در ماه  $t$

$R_{iv}$  = رتبه نوسان پذیری تاریخی شرکت  $i$  در ماه  $t$

برای محاسبه نوسان پذیری تاریخی از میانگین انحراف معیار بازده سهام ۵ ماه قبل استفاده شد.

$\bar{R}_r$  = میانگین رتبه بازده ماهانه سهام شرکت‌های پرتفوی

$\bar{R}_v$  = میانگین رتبه نوسان پذیری تاریخی سهام شرکت‌های پرتفوی

### ۲-۳-۲- الگوریتم و مدل پژوهش جهت تشکیل سبد بهینه سهام

#### ۲-۳-۱- الگوریتم جهش قورباغه

انتخاب و طراحی بهینه در بسیاری از مسائل علمی باعث تولید بهترین محصول با جواب ممکن در یک شرایط خاص می‌شود. نتیجه بهینه‌سازی بستگی به نوع تعریف مسئله و انتخاب روش مناسب برای حل آن، دارد. در

بیشتر مسائل برای پیاده‌سازی الگوریتم‌های بهینه‌سازی محققان به دنبال پیدا کردن یک تابع هدف حداقل یا حداکثر هستند. روش‌ها و الگوریتم‌های بهینه‌سازی به دو دسته الگوریتم‌های دقیق (قادر به یافتن جواب بهینه به کارایی صورت دقیق می‌باشند، اما در مورد کارایی در مورد مسائل بهینه‌سازی سخت و پیچیده و زمان حل آنها در این مسائل به صورت نمایی افزایش می‌یابد) و الگوریتم‌های تقریبی (قادر به یافتن جواب‌های خوب (نزدیک به بهینه) در زمان حل کوتاه برای این گونه مسائل هستند) تقسیم بندی می‌شوند. الگوریتم‌های تقریبی نیز به دو دسته الگوریتم‌های ابتکاری و الگوریتم‌های فرا ابتکاری تقسیم بندی می‌شوند. الگوریتم‌های مبتنی بر جمعیت خود به دو دسته الگوریتم‌های تکاملی شامل الگوریتم ژنتیک، برنامه ریزی ژنتیک، جهش قورباغه و الگوریتم هوش تجمعی شامل الگوریتم مورچگان، زنبور، ازدحام ذرات و تقسیم می‌شوند. از جمله روش‌های فرا ابتکاری که از هوش تجمعی استفاده می‌کنند، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

روش بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها یا ACO

الگوریتم پرندگان با روش بهینه‌سازی ازدحام ذرات PSO

الگوریتم ژنتیک یا GA

الگوریتم‌های جهش قورباغه یا SELA

از الگوریتم‌های مهم و پرکاربرد در مجموعه الگوریتم‌های فرا ابتکاری می‌توان به الگوریتم جهش قورباغه اشاره کرد که در بیشتر مقالات و پایان‌نامه‌ها استفاده می‌شود. الگوریتم جهش قورباغه مخلوط شده یکی از الگوریتم‌های بهینه‌سازی فرا ابتکاری است که از رفتار اجتماعی قورباغه‌ها الهام گرفته شده است، و از نظر طبقه بندی، در میان الگوریتم‌های رفتاری یا الگوریتم‌های ممتیک<sup>1</sup> قرار می‌گیرد. الگوریتم جهش ترکیبی قورباغه یک الگوریتم مبتنی بر هم‌تیک متأهپوریستیک است. الگوریتم ممتیک، یک الگوریتم مبتنی بر جمعیت است که برای مسائل بهینه‌سازی پیچیده و بزرگ مورد استفاده قرار می‌گیرد. ایده اصلی این الگوریتم، به کارگیری یک روش جستجوی محلی در درون ساختار الگوریتم ژنتیک برای بهبود کارایی فرآیند تشدید هنگام جستجو است. الگوریتم ممتیک در ابتدا مجموع جواب‌های اولیه را رمزگذاری می‌کند، آنگاه این الگوریتم میزان مطلوبیت هر یک از جواب‌ها را بر اساس یک تابع برازندگی را محاسبه کرده و جواب‌های جدیدی را تولید می‌کند. الگوریتم SFLA از نحوه جستجوی غذای گروه‌های قورباغه سرچشمه می‌گیرد. در این پژوهش برای تشکیل پرتفوی بهینه سهام از الگوریتم فرا ابتکاری قورباغه استفاده می‌گردد.

### ۲-۳-۳-مدل مارکوفیتز با محدودیت کاردینال

مدل میانگین-واریانس سرآغاز تئوری نوین پرتفوی به حساب می‌آید و در واقع بسیاری از تئوری‌های مهم اقتصاد مالی بر اساس همین مدل پایه‌ریزی شده است. این مدل، پرتفوی را به گونه‌ای انتخاب می‌کند که ریسک آن برای سطح مطلوبی از بازده، کمینه شود یا به طور مشابه برای میزان قابل قبولی از ریسک، بازده پرتفوی را بیشینه

<sup>1</sup> Memetic Algorithms

می‌کند. برای تشکیل پرتفوی (سبد بهینه سهام)، از مدل مارکوویتز با محدودیت کاردینال (MVCCPO) مدل برنامه‌ریزی غیرخطی آن به صورت زیر است:

$$\min \lambda \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_i w_j \sigma_{ij} - (1 - \lambda) \sum_{i=1}^N w_i \mu_i \quad (1)$$

$$\text{Subject to } \sum_{i=1}^N z_i = K \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^N w_i = 1 \quad (3)$$

$$\varepsilon_i z_i \leq w_i \leq \delta_i z_i, \quad i = 1, \dots, N \quad (4)$$

$$z_i \in \{0,1\} \quad i = 1, \dots, N \quad (5)$$

$$0 \leq \lambda \leq 1 \quad (6)$$

که در آن  $N$  تعداد دارایی‌های موردنظر برای سرمایه‌گذاری،  $w_i$  متغیر تصمیم در مورد سرمایه‌گذاری است که نشان‌دهنده درصد سرمایه‌گذاری برای دارایی  $i$ ام است. در رابطه (۳-۱) در حالتی که  $\lambda = 0$  باشد بیان‌کننده امید ریاضی بازده با صرف‌نظر از ریسک (کوواریانس  $\sigma_{ij}$ ) است و راه‌حل بهینه تنها دارایی‌هایی با حداکثر بازده است، درحالی‌که اگر  $\lambda = 1$  باشد، بیان‌کننده حداقل ریسک بدون در نظر گرفتن بازده است. مقدار  $\lambda$  می‌تواند  $0 \leq \lambda \leq 1$  باشد و در واقع  $\lambda$  یک پارامتر تنظیم سبد سرمایه‌گذاری سهام (پورتفوی سهام) است که یک معاوضه بین بازده و ریسک می‌باشد، بنابراین با تغییر مقدار  $\lambda$  می‌توان جواب‌های متفاوتی را بنا به سلیقه سرمایه‌گذار تولید نمود. در فاصله بین ۰ و ۱ سبدهایی در نظر گرفته می‌شود که هر دو فاکتور ریسک و بازده را بهینه می‌نماید. بعلاوه، مقدار  $\sigma_{ij}$  با استفاده از رابطه  $\sigma_{ij} = \rho_{ij} \delta_i \delta_j$  تعیین می‌گردد که در آن  $\rho_{ij}$  همبستگی ۲ بین دارایی  $i$ ام و دارایی  $j$ ام ( $-1 \leq \rho_{ij} \leq +1$ ) و  $\delta_i$  و  $\delta_j$  انحراف از معیار در بازده در دارایی  $i$ ام است. در رابطه (۳-۲)  $K$  تعداد دارایی‌های مجاز در پرتفوی می‌باشد و  $z_i \in \{0,1\}$  نشان‌دهنده حضور یا عدم حضور دارایی  $i$ ام در سبد سرمایه‌گذاری است و دقیقاً باید  $K$  دارایی در سبد سرمایه‌گذاری قرار گیرد. به رابطه (۳-۳) محدودیت بودجه می‌گویند و این محدودیت تضمین می‌کند که مجموع سرمایه‌گذاری روی دارایی‌های انتخاب‌شده سبد سهام، بیشتر از ۱۰۰٪ نگردد. رابطه (۳-۴) بیانگر این است که درصد سرمایه‌گذاری دارایی‌هایی که در سبد قرار گرفته‌اند ( $z_i = 1$ ) می‌تواند برای دارایی  $i$ ام حداقل  $\varepsilon_i$  و حداکثر  $\delta_i$  باشد. مقادیر  $\varepsilon_i$  و  $\delta_i$  توسط سرمایه‌گذار تعیین می‌گردد، مثلاً می‌تواند برای همه دارایی‌ها ثابت باشد یا برای هر دارایی جداگانه تعیین گردد. به زبان ساده‌تر هرکدام از قیود عمل‌های زیر را کنترل می‌کنند. محدودیت اول، دقیقاً  $k$  دارایی در سبد

1 Mean-Variance Cardinality Constrained Portfolio Optimization

2 Correlation

سرمایه گذاری قرار گرفته است. محدودیت دوم، مجموع وزن سرمایه گذاری برابر یک باشد. محدودیت سوم تا آخر، اگر دارایی در سبد قرار گرفته شده باشد  $Z_i = 1$  و وزن آن باید بین  $\varepsilon_i$  و  $\delta_i$  باشد و اگر دارایی در سبد قرار نگرفته باشد  $Z_i = 0$  خواهد بود و وزن آن صفر می باشد. مدل مارکوییز در این پژوهش بعد از انجام فیلتر مارکوف و تحلیل تکنیکال و استفاده از داده های پیش بینی بازده سهام توسط الگوریتم فراابتکاری فرهنگی جهت تشکیل سبد بهینه سهام برآزش می شود.

#### ۴. تحلیل داده ها و یافته ها

##### ۴-۱- آمار استنباطی

##### ۴-۴-۱- بخش پرتفوی

##### ۴-۱-۱-۴-۲- مدل میانگین-واریانس با محدودیت کاردینال (MVCCPO)

برای تشکیل پرتفو (سبد بهینه سهام)، از مدل میانگین-واریانس با محدودیت کاردینال (MVCCPO)<sup>1</sup> در این تحقیق استفاده می گردد مارکوییز (۱۹۵۹) که معادله آن به شکل زیر است:

$$\min \lambda \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_i w_j \sigma_{ij} - (1-\lambda) \sum_{i=1}^N w_i \mu_i \quad (1)$$

$$\text{Subject to} \quad \sum_{i=1}^N z_i = K \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^N w_i = 1 \quad (1)$$

$$\varepsilon_i z_i \leq w_i \leq \delta_i z_i, \quad i = 1, \dots, N \quad (2)$$

$$z_i \in \{0,1\} \quad i = 1, \dots, N \quad (5)$$

$$0 \leq \lambda \leq 1 \quad (3)$$

که در آن  $N$  تعداد دارایی های مورد نظر برای سرمایه گذاری،  $w_i$  متغیر تصمیم در مورد سرمایه گذاری است که نشان دهنده درصد سرمایه گذاری برای دارایی  $i$  ام است. در رابطه (۱) در حالتی که  $\lambda = 0$  باشد بیان کننده امید ریاضی بازده با صرف نظر از ریسک (کوواریانس  $\sigma_{ij}$ ) است و راه حل بهینه تنها دارایی هایی با حداکثر بازده

1 Mean-Variance Cardinality Constrained Portfolio Optimization

است، در حالی که اگر  $\lambda = 1$  باشد، بیان‌کننده حداقل ریسک بدون در نظر گرفتن بازده است. مقدار  $\lambda$  می‌تواند  $0 \leq \lambda \leq 1$  باشد و در واقع  $\lambda$  یک پارامتر تنظیم سبد سرمایه‌گذاری سهام (پرتفوی سهام) است که یک معاوضه بین بازده و ریسک می‌باشد، بنابراین با تغییر مقدار  $\lambda$  می‌توان جواب‌های متفاوتی را بنا به سلیقه سرمایه‌گذار تولید نمود. در فاصله بین ۰ و ۱ سبدهایی در نظر گرفته می‌شود که هر دو فاکتور ریسک و بازده را بهینه می‌نماید. بعلاوه، مقدار  $\sigma_{ij}$  با استفاده از رابطه  $\sigma_{ij} = \rho_{ij} s_i s_j$  تعیین می‌گردد که در آن  $\rho_{ij}$  همبستگی بین دارایی  $i$ ام و دارایی  $j$ ام ( $-1 \leq \rho_{ij} \leq +1$ ) و  $s_i$  و  $s_j$  انحراف از معیار در بازده در دارایی  $i$ ام است. در رابطه (۲) تعداد دارایی‌های مجاز در پرتفو می‌باشد و  $z_i \in \{0,1\}$  نشان دهنده حضور یا عدم حضور دارایی  $i$ ام در سبد سرمایه‌گذاری است و دقیقاً باید  $K$  دارایی در سبد سرمایه‌گذاری قرار گیرد. به رابطه (۱) محدودیت بودجه می‌گویند و این محدودیت تضمین می‌کند که مجموع سرمایه‌گذاری روی دارایی‌های انتخاب شده سبد سهام، بیشتر از ۱۰۰٪ نگردد. رابطه (۲) بیانگر این است که درصد سرمایه‌گذاری دارایی‌هایی که در سبد قرار گرفته‌اند ( $z_i = 1$ ) می‌تواند برای دارایی  $i$ ام حداقل  $\delta_i$  و حداکثر باشد. مقادیر  $\delta_i$  و  $\varepsilon_i$  توسط سرمایه‌گذار تعیین می‌گردد، مثلاً می‌تواند برای همه دارایی‌ها ثابت باشد یا برای هر دارایی جداگانه تعیین گردد. به زبان ساده‌تر هر کدام از قیود عمل‌های زیر را کنترل می‌کنند. محدودیت اول، دقیقاً  $k$  دارایی در سبد سرمایه‌گذاری قرار گرفته است. محدودیت دوم، مجموع وزن سرمایه‌گذاری برابر یک باشد. محدودیت سوم تا آخر، اگر دارایی در سبد قرار گرفته شده باشد  $z_i = 1$  و وزن آن باید بین  $\varepsilon_i$  و  $\delta_i$  باشد و اگر دارایی در سبد قرار نگرفته باشد  $z_i = 0$  خواهد بود و وزن آن صفر می‌باشد.

#### ۲-۴-۱-۲- جهش قورباغه به هم آمیخته، آگاه محلی

الگوریتم جستجوی جهش قورباغه به هم آمیخته<sup>۲</sup> (SFLA)، جستجوی پرتو فرا ابتکاری مبتنی بر جمعیت اولیه از خانواده الگوریتم‌های ممتیک است که از تکامل طبیعی گروهی از قورباغه‌های به دنبال محل با بیشترین ذخیره غذایی قابل دسترس، الهام گرفته است. این الگوریتم برای جستجوی محلی میان زیر گروه‌های قورباغه از روش نمو ممتیک استفاده می‌کند. ابتدا این الگوریتم SFLA برای مسائل بهینه‌سازی گسسته استفاده شد (دومن و همکاران، ۲۰۰۵). سپس، به عنوان روش بهینه‌سازی مسائل پیوسته معرفی شد (ژن آ و همکاران، ۲۰۰۹). SFLA از استراتژی ترکیب استفاده می‌کند و امکان مبادله پیام در جستجوی محلی را فراهم می‌سازد. این الگوریتم مزایای الگوریتم نمو ممتیک و بهینه‌سازی حرکت دسته جمعی ذرات هوانگ و همکاران (۲۰۱۸) (PSO) را ترکیب می‌کند. نسبت

1 Correlation

2 Shuffled Frog-Leaping Algorithm

3 Zhen

به الگوریتم PSO در SFLA نه تنها در جستجوی محلی بلکه در جستجوی سراسری نیز پیامها مبادله می‌شوند. جستجوی محلی امکان انتخاب مم را میان افراد ممکن می‌سازد و استراتژی ترکیب امکان انتقال مم را میان کل جمعیت فراهم می‌کند. مم یک بسته حاوی اطلاعات قابل انتقال می‌باشد که قابلیت جابجایی بین افراد مختلف را دارد. این بسته‌ها برخلاف ژن‌ها در روش‌هایی همچون الگوریتم ژنتیک می‌توانند در بین افراد هم نسل جا به جا شوند. هم چنین برخلاف ژن‌ها که تنها بین والد و فرزند دست به دست می‌شوند، مم‌ها بین هر دو فرد از جامعه قابلیت جابجایی دارند. قورباغه‌ها در اثر تکامل مم‌تیک تغییر شکل می‌یابند. در این الگوریتم، قورباغه‌ها به عنوان میزبانانی برای مم‌ها تلقی می‌شوند و مجموعه بردار مم به عنوان یک راه حل مسئله، مموتایپ<sup>۱</sup> نامیده می‌شود که در واقع مم همان ژن و مموتایپ همان کروموزوم است در روش‌های الگوریتم ژنتیک است. SFLA شامل سه عنصر اکتشاف محلی<sup>۲</sup>، اکتشاف سراسری<sup>۳</sup> و فرایند به هم آمیختن<sup>۴</sup> است. فرایند به هم آمیختن، به تبادل ایده‌ها میان جستجوگران محلی کمک می‌کند و آنها را به سوی بهینه سراسری هدایت می‌کند. در ادامه به توضیح الگوریتم SFLA می‌شود. پارامترهای الگوریتم عبارتند از ۱- کل تعداد ممپلکس‌ها<sup>۵</sup> ( $Mmpx$ )، ۲- تعداد قورباغه‌ها در هر ممپلکس ( $Fm$ ) و ۳- محدوده فضای جستجو. بنابراین تعداد کل جمعیت قورباغه‌ها برابر با  $N = Mmpx \times Fm$  است. هر قورباغه در واقع نشان دهنده مقدار بردار  $W_i$  است که در آن  $\vec{I}$  نشان دهنده وزن سرمایه گذاری شرکت شماره  $\vec{I}$ ام است

پس از آن، مقدار تابع هدف برای هر قورباغه محاسبه می‌شود که در اینجا منظور مقدار تابع هدف رابطه (۱) است. قورباغه‌ها بر اساس مقدار تابع هدف به صورت نزولی مرتب می‌شوند. حال  $N$  قورباغه به  $M$  ممپلکس تقسیم می‌شود به طوری که در هر ممپلکس  $F$  قورباغه وجود داشته باشد. برای این منظور، قورباغه اول به ممپلکس اول، قورباغه دوم به ممپلکس دوم و قورباغه  $M$  ام به ممپلکس  $M$  ام و قورباغه  $M + 1$  به ممپلکس اول و به همین ترتیب نسبت داده می‌شوند. این روند به صورت مشابه تا قورباغه آخر تکرار می‌شود. هر memplex را می‌توان به عنوان مجموعه‌ای متشکل از قورباغه‌هایی با فرهنگ مشابه تلقی کرد که در پی هدف یکسان هستند. قورباغه‌های موجود در memplex ها به صورت همزمان اطلاعاتشان را با یکدیگر مبادله می‌کنند و بدین ترتیب به سوی هدف مشترکشان پیش می‌روند. Submemplex با استفاده از انتخاب تصادفی  $q$  قورباغه در هر memplex ساخته می‌شود و یک وزن با استفاده از توزیع احتمال مثلثاتی (۷) به هر یک از قورباغه‌های انتخابی داده می‌شود.

$$prob_k = \frac{2(q+1-k)}{q(q+1)} \quad (7)$$

که  $q$  تعداد قورباغه‌های تصادفی انتخابی، و  $k = 1, 2, \dots, q$  رتبه هر قورباغه درون memplex است. قورباغه‌های با مقدار تابع هدف بالاتر، احتمال بیشتری برای انتخاب شدن را دارند. قورباغه‌های با مقدار تابع هدف

- 1 memotype
- 2 local exploration
- 3 global exploration
- 4 shuffling procedures
- 5 memplex

کمتر احتمال کمتری دارند. بدترین قورباغه موقعیت خود را با استفاده از سه مرحله به روز می‌کند: ۱- فاز به‌روزرسانی بهترین موقعیت محلی، ۲- فاز به‌روزرسانی بهترین موقعیت سراسری و ۳- فاز سانسور<sup>۱</sup>. فاز به‌روزرسانی بهترین موقعیت محلی: موقعیت بدترین قورباغه به صورت زیر به‌روزرسانی می‌شود.

$$U_{new} = P_W + R(0,1) * (P_{LB} - P_W) \quad (8)$$

که در آن  $P_{LB}$  و  $P_W$  به ترتیب بهترین و بدترین موقعیت محلی قورباغه‌ها و  $R(0,1)$  عدد تصادفی بین صفر و یک است.  $U_{new}$  موقعیت جدید قورباغه است. اگر موقعیت جدید از دیدگاه تابع هدف بهتر از موقعیت قبلی بود، موقعیت قورباغه تغییر می‌کند به مرحله بعد می‌رویم و در غیر این صورت الگوریتم جستجوی حریصانه محلی سعی در بهبود موقعیت انجام می‌دهد اگر باز موقعیت بهتر پیدا نشد به مرحله بعد می‌رویم. فاز به‌روزرسانی بهترین موقعیت سراسری: در این فاز بدترین قورباغه به کمک بهترین جواب شانس به‌روزرسانی موقعیت خود به صورت (۹) به دست می‌آورد.

$$U_{new} = P_W + R(0,1) * (P_{GB} - P_W) \quad (9)$$

که در آن  $P_{GB}$  بهترین موقعیت سراسری قورباغه‌ها است. مجدداً اگر موقعیت بهترین پیدا نشد از الگوریتم جستجوی حریصانه کمک گرفته می‌شود و اگر باز هم پیدا نشد به گام بعد می‌رویم و در غیر این صورت به مرحله به‌روزرسانی memplex انجام شده است و موقعیت بدترین قورباغه بروز می‌گردد. فاز سانسور: اگر موقعیت جدید در ناحیه شدنی نیست و یا بهتر از قبل نیست، آنگاه یک موقعیت تصادفی جدید جایگزین بدترین قورباغه می‌شود.

حال  $P_{GB}$  به‌روزرسانی می‌گردد و شرط توقف الگوریتم بررسی می‌گردد و در نهایت موقعیت بهترین قورباغه به‌عنوان پاسخ نهایی مسئله در نظر گرفته می‌شود. معمولاً معیار توقف الگوریتم می‌تواند بر مبنای ثابت ماندن تغییرات برانزنگی بهترین جواب یا تکرار الگوریتم تا یک تعداد مشخص انتخاب شود. در الگوریتم جهش قورباغه به هم‌آمیخته، آگاه محلی تمام مراحل بالا انجام می‌شود، فقط در فاز دوم رابطه به‌روزرسانی موقعیت به فرم زیر است:

$$U_{new} = P_W + R(0,1) * \left( \frac{P_{LB} + P_{KL}}{2} - P_W \right) \quad (10)$$

که در آن  $P_{KL}$  یک همسایه تصادفی بدترین قورباغه در memplex است. این به معنی این است که در جهت ما بین بهترین موقعیت محلی و موقعیت یک همسایه تصادفی، قورباغه جهش کند. فاز سوم نیز به صورت زیر تعریف می‌گردد.

1 Censorship

$$U_{new} = P_W + R(0,1) * \left( \frac{P_{GB} + P_{KL}}{2} - P_W \right) \quad (11)$$

که یعنی قورباغه در جهت ما بین بهترین موقعیت سراسری و موقعیت یک همسایه تصادفی، قورباغه جهش کند.

#### ۲-۴-۱-۳-کد کردن پرتفو برای حل توسط الگوریتم SFLA

به منظور استفاده از الگوریتم جهش قورباغه به هم آمیخته، آگاه محلی ابتدا باید مدل پرتفو میانگین-واریانس با محدودیت کاردینال (MVCCPO) را به صورت توصیفی از موقعیت قورباغه‌ها در آورده شود. به همین منظور، برداری با مقادیر واقعی<sup>۱</sup> که برای محاسبه سهم‌های بودجه سرمایه‌گذاری شده در دارایی‌ها استفاده می‌شود به صورت زیر تعریف می‌کنیم.

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}, 0 \leq x_i \leq 1, i = 1, 2, \dots, n \quad (12)$$

تعداد عناصر این مؤلفه‌ها برابر تعداد شرکت‌ها است و هر عنصر یک مم را در الگوریتم SFLA نشان می‌دهد. پس هر مم در واقع بیانگر یک شرکت است و در نتیجه این بردار یک مموتایپ است. این بردار مموتایپ نشان دهنده موقعیت یک قورباغه است و به عنوان یک جواب مسئله است ولی تضمینی وجود ندارد که این جواب بهینه باشد. این جوا باید توسط الگوریتم SFLA بهبود یابد. قبل از اینکه مقادیر تابع هدف در مدل رابطه (۱) در هر تکرار محاسبه شود، الگوریتم تعمیر زیر اجرا می‌گردد تا وزن  $w$  پرتفو که با کدبندی بالا در ارتباط است پیدا شود.  $W$  همان وزن‌هایی است که در رابطه (۱) معرفی گردید. ابتدا  $x_i$ هایی که از یک مقدار آستانه کمتر باشند، صفر در نظر گرفته خواهند شد و سپس برای اینکه قید مجموع وزن سرمایه‌گذاری برابر یک یعنی رابطه‌های (۱) برآورده شود، داریم:

$$w_i = \frac{x_i}{\sum_{i=1}^n x_i}, i = 1, 2, \dots, n \quad (13)$$

#### ۲-۴-۱-۴-نحوه محاسبه کوواریانس

طبیعی است که سرمایه گذاران با هدف کسب بازده سرمایه‌گذاری می‌کنند. بازده در حقیقت پاداشی است که سرمایه گذار به ازای پذیرش ریسک، دریافت می‌کند. بازده مورد انتظار پورتفوی به صورت میانگین وزن دار بازده مورد انتظار تک تک دارایی‌های درون آن، تعریف می‌شود. با در نظر گرفتن مجموعه کل دارایی‌های مالی در دسترس به صورت مجموعه  $S = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$  که رابطه زیر بازده مورد انتظار پورتفوی را محاسبه می‌کند.

$$E(R_p) = \sum_{i \in S} x_i r_i$$

1 Real value

در این رابطه،  $E(R_p)$  نشان دهنده بازده مورد انتظار پورتفوی است.  $x_i$  وزن دارایی،  $\lambda$  در پورتفوی یا به عبارت دیگر، نسبتی از کل بودجه است که روی دارایی  $i$  سرمایه‌گذاری می‌شود ( $0 \leq x_i \leq 1$ ). همچنین،  $r_i$  میزان بازده مورد انتظار دارایی  $i$   $\lambda$  را نشان می‌دهد.

اگر  $R_i$  را به عنوان یک متغیر تصادفی در نظر بگیریم که بیانگر بازده دارایی،  $\lambda$  است، روش‌های مختلفی جهت محاسبه  $r_i$  از روی  $R_i$  ارائه شده است. توزیع متغیر تصادفی  $R_i$  از طریق داده‌های پیش‌بینی شده با روش شبیه‌سازی مونت کارلو یا روش‌های دیگری از این دست قابل محاسبه است. با این وجود،  $r_i$  معمولاً بر اساس داده‌های تاریخی در دوره  $T$  قبل با استفاده از رابطه زیر تخمین زده می‌شود. در این رابطه  $r_{it}$  بازده دارایی،  $\lambda$  در دوره  $t$  است.

$$r_i = E(R_i) = \frac{\sum_{t=1}^T r_{it}}{T}$$

مطابق با تئوری پورتفوی، در کنار بازده، ریسک نیز موضوع دیگری است که باید مورد بررسی قرار گیرد. هر سرمایه‌گذار علاوه بر اینکه مایل است بیشترین بازده ممکن را از سرمایه خود کسب کند، به دنبال کاهش ریسک نیز هست. مارکوویتز معتقد است دو عامل اصلی که موجب نگرانی سرمایه‌گذار شده و باید در اندازه‌گیری ریسک لحاظ شود عبارت‌اند از اینکه نخست، سرمایه‌گذار می‌خواهد بازده پورتفوی تا جای ممکن به بازده مورد انتظار که از قبل پیش‌بینی شده نزدیک باشد و دوم اینکه نمی‌خواهد روی دارایی‌هایی سرمایه‌گذاری کند که به شدت به یکدیگر وابسته باشند؛ زیرا در این صورت ممکن است هم‌زمان همه آنها عملکرد بدی داشته و در مجموع زیان زیادی شامل حال پورتفوی شود. از این رو، استفاده از واریانس پورتفوی برای اندازه‌گیری ریسک آن توجیه‌پذیر خواهد بود؛ چرا که هر دو مورد را پوشش می‌دهد. به این ترتیب، واریانس پورتفوی به عنوان ریسک در نظر گرفته شده و از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$\sigma_p^2 = \sum_{i \in S} \sum_{j \in S} x_i x_j \sigma_{ij}$$

در رابطه بالا،  $\sigma_p^2$  نشان دهنده واریانس پورتفوی است. نمایه‌های  $i$  و  $j$  نشان‌گر دارایی‌های مختلف  $\sigma_{ij}$  نیز بیان‌گر کوواریانس دارایی‌های  $i$  و  $j$  است که مقدار آن از رابطه زیر قابل محاسبه است. در این رابطه،  $\rho_{ij}$  ضریب وابستگی بازده دارایی‌های  $i$  و  $j$ ، و  $\sigma_i$  انحراف معیار دارایی،  $\lambda$  است.

$$\sigma_{ij} = \rho_{ij} \sigma_i \sigma_j$$

رابطه  $\sigma_p^2 = \sum_{i \in S} \sum_{j \in S} x_i x_j \sigma_{ij}$  بیان می‌کند که ریسک پورتفوی تابعی از واریانس دارایی‌های درون پورتفوی و وزن هر یک از آنها در پورتفوی است. علاوه بر این، کوواریانس دارایی‌های درون پورتفوی نیز اهمیت فراوانی در ریسک

پرتفوی دارد. بنابراین، در فرآیند تشکیل پرتفوی تنها واریانس دارایی‌ها تاثیرگذار نیست؛ بلکه کوواریانس میان آنها نیز تعیین کننده است.

در ادامه به بررسی نتایج به دست آمده مدل میانگین-واریانس با محدودیت کاردینال (MVCCPO) پرداخته می‌شود. در شبیه سازی، بالاترین تعداد دارایی‌های مجاز در اسناد بهادار ۱۰ در نظر گرفته شد ( $K = 10$ ). برای وزن‌های سهام  $w_i$  حدهای بالا و پایین به ترتیب ۱ و ۱۰۰٪ بودند، یعنی  $\varepsilon_i = 0.01, \delta_i = 1, i = 1, \dots, k$ . این‌ها پارامترهای محدودیت معمولی استفاده شده در بیشتر مطالعات

می‌باشند. پس از تنظیم کردن پارامترهای الگوریتم‌ها، به منظور بکارگیری سلاقی مختلف مقدار پارامتر  $\lambda$  در سه حالت ۰.۲، ۰.۵، ۰.۸ مورد بررسی قرار گرفت. در حالتی که  $\lambda = 0$  باشد بیان کننده امید ریاضی بازده با صرف

نظر از ریسک (کوواریانس  $\sigma_{ij}$ ) است و راه حل بهینه تنها دارایی‌هایی با حداکثر بازده است، در حالی که اگر  $\lambda = 1$  باشد، بیان کننده حداقل ریسک بدون در نظر گرفتن بازده است. مقدار  $\lambda$  می‌تواند  $0 \leq \lambda \leq 1$  باشد و در واقع  $\lambda$  یک پارامتر تنظیم سید سرمایه‌گذاری سهام (پرتفوی سهام) است که یک معاوضه بین بازده و ریسک می‌باشد، بنابراین با تغییر مقدار  $\lambda$  می‌توان جواب‌های متفاوتی را بنا به سلیقه سرمایه‌گذار تولید نمود. به همین منظور سه نوع سرمایه‌گذار در این تحقیق مورد مطالعه قرار داده شده است.

الف) سرمایه‌گذار ریسک‌پذیر: در این حالت مقدار  $\alpha$  برابر ۰.۲ در نظر گرفته شده است و سرمایه‌گذار ۸۰٪ به بازده و ۲۰٪ به کاهش ریسک توجه می‌کند.

ب) سرمایه‌گذار متعادل: مقدار  $\alpha$  برابر ۰.۵ است و سرمایه‌گذار به ریسک و بازده توجه یکسانی دارد.

ج) سرمایه‌گذاری غیرریسک‌پذیر (ریسک گریز): مقدار  $\alpha$  در این حالت برابر ۰.۸ است و سرمایه‌گذار ۲۰٪ به بازده و ۸۰٪ به کاهش ریسک توجه می‌کند.

جدول ۱: پرتفو انتخابی الگوریتم SFLA برای مدل MVCCPO با  $\lambda$  برابر ۰.۲ برای سال ۱۴۰۰

| ردیف | ایندکس | نام                       | وزن سرمایه‌گذاری | ریسک  | بازده |
|------|--------|---------------------------|------------------|-------|-------|
| ۱    | ۲۳     | دارو زهراوی               | ۰.۰۹۴            | ۰.۰۰۳ | ۰.۰۲۳ |
| ۲    | ۲۴     | دارو فارابی               | ۰.۰۸۸            | ۰.۰۰۱ | ۰.۰۲۱ |
| ۳    | ۳۲     | سالمین                    | ۰.۱۱۴            | ۰.۰۰۱ | ۰.۰۳۳ |
| ۴    | ۳۶     | سیمان اصفهان              | ۰.۰۹۶            | ۰.۰۰۱ | ۰.۰۲۳ |
| ۵    | ۵۸     | لعابیران                  | ۰.۰۹۳            | ۰.۰۰۱ | ۰.۰۲۴ |
| ۶    | ۵۹     | لنت ترمز                  | ۰.۰۹۶            | ۰.۰۰۲ | ۰.۰۲۶ |
| ۷    | ۶۸     | مهندسی حمل و نقل پتروشیمی | ۰.۰۹۹            | ۰.۰۰۲ | ۰.۰۲۵ |
| ۸    | ۷۸     | پارس سوئیچ                | ۰.۱۱۴            | ۰.۰۰۲ | ۰.۰۳۵ |
| ۹    | ۷۹     | پارس مینو                 | ۰.۱۰۰            | ۰.۰۰۳ | ۰.۰۲۵ |

| ردیف | ایندکس | نام         | وزن سرمایه‌گذاری | ریسک  | بازده |
|------|--------|-------------|------------------|-------|-------|
| ۱۰   | ۸۵     | پگاه خراسان | ۰.۱۰۱            | ۰.۰۰۲ | ۰.۰۲۸ |
|      |        | مجموع       |                  | ۰.۰۲۳ | ۰.۲۶۸ |

جدول ۲: پرتفو انتخابی الگوریتم SFLA برای مدل MVCCPO با  $\lambda$  برابر ۰.۲ برای سال ۱۳۹۹

| ردیف | ایندکس | نام                    | وزن سرمایه‌گذاری | ریسک  | بازده |
|------|--------|------------------------|------------------|-------|-------|
| ۱    | ۲      | آبسال                  | ۰.۰۹۴            | ۰.۰۰۳ | ۰.۰۱۳ |
| ۲    | ۲۷     | درخشان تهران           | ۰.۱۱۶            | ۰.۰۰۱ | ۰.۰۱۹ |
| ۳    | ۳۱     | زاگرس فارمد پارس       | ۰.۱۱۹            | ۰.۰۰۴ | ۰.۰۲۲ |
| ۴    | ۴۷     | فرآورده های نسوز ایران | ۰.۰۹۷            | ۰.۰۰۱ | ۰.۰۱۱ |
| ۵    | ۵۰     | فنر سازی خاور          | ۰.۰۹۵            | ۰.۰۰۱ | ۰.۰۱۲ |
| ۶    | ۵۴     | فیبر ایران             | ۰.۰۹۲            | ۰.۰۰۲ | ۰.۰۱۰ |
| ۷    | ۸۴     | پگاه اصفهان            | ۰.۰۹۱            | ۰.۰۰۰ | ۰.۰۰۹ |
| ۸    | ۸۶     | چادرملو                | ۰.۰۹             | ۰.۰۰۰ | ۰.۰۰۹ |
| ۹    | ۸۷     | کارتن ایران            | ۰.۰۹۴            | ۰.۰۰۳ | ۰.۰۱۳ |
| ۱۰   | ۹۴     | کرین ایران             | ۰.۱۰۸            | ۰.۰۰۳ | ۰.۰۱۷ |
|      |        | مجموع                  |                  | ۰.۰۲۲ | ۰.۱۴۰ |

جدول ۳: پرتفو انتخابی الگوریتم SFLA برای مدل MVCCPO با  $\lambda$  برابر ۰.۵ برای سال ۱۴۰۰

| ردیف | ایندکس | نام                       | وزن سرمایه‌گذاری | ریسک  | بازده |
|------|--------|---------------------------|------------------|-------|-------|
| ۱    | ۲۴     | دارو فارابی               | ۰.۰۹۹            | ۰.۰۰۱ | ۰.۰۲۴ |
| ۲    | ۳۲     | سالمین                    | ۰.۱۱۴            | ۰.۰۰۱ | ۰.۰۳۳ |
| ۳    | ۳۶     | سیمان اصفهان              | ۰.۰۹۲            | ۰.۰۰۱ | ۰.۰۲۲ |
| ۴    | ۵۸     | لعابیران                  | ۰.۱۰۳            | ۰.۰۰۱ | ۰.۰۲۶ |
| ۵    | ۵۹     | لنت ترمز                  | ۰.۰۹۸            | ۰.۰۰۲ | ۰.۰۲۷ |
| ۶    | ۶۸     | مهندسی حمل و نقل پتروشیمی | ۰.۰۹۵            | ۰.۰۰۲ | ۰.۰۲۴ |
| ۷    | ۷۸     | پارس سوئیچ                | ۰.۱۱۴            | ۰.۰۰۲ | ۰.۰۳۵ |
| ۸    | ۷۹     | پارس مینو                 | ۰.۰۹۱            | ۰.۰۰۲ | ۰.۰۲۳ |
| ۹    | ۸۵     | پگاه خراسان               | ۰.۱۰۱            | ۰.۰۰۲ | ۰.۰۲۸ |
| ۱۰   | ۹۲     | کاغذ سازی کاوه            | ۰.۰۸۹            | ۰.۰۰۱ | ۰.۰۲۰ |
|      |        | مجموع                     |                  | ۰.۰۱۹ | ۰.۲۶۶ |

جدول ۴: پرتفو انتخابی الگوریتم SFLA برای مدل MVCCPO با  $\lambda$  برابر ۰.۵ برای سال ۱۳۹۹

| ردیف | ایندکس | نام                    | وزن سرمایه گذاری | ریسک  | بازده |
|------|--------|------------------------|------------------|-------|-------|
| ۱    | ۲۷     | درخشان تهران           | ۰.۱۱۵            | ۰.۰۰۰ | ۰.۰۱۹ |
| ۲    | ۳۱     | زاگرس فارمد پارس       | ۰.۱۱۳            | ۰.۰۰۳ | ۰.۰۲۱ |
| ۳    | ۴۷     | فرآورده های نسوز ایران | ۰.۰۹۲            | ۰.۰۰۱ | ۰.۰۱۰ |
| ۴    | ۵۰     | فنر سازی خاور          | ۰.۰۹۸            | ۰.۰۰۱ | ۰.۰۱۲ |
| ۵    | ۵۲     | فولاد خوزستان          | ۰.۰۹۵            | ۰.۰۰۰ | ۰.۰۰۸ |
| ۶    | ۵۴     | فیبر ایران             | ۰.۰۹۵            | ۰.۰۰۱ | ۰.۰۱۱ |
| ۷    | ۸۴     | پگاه اصفهان            | ۰.۰۹۴            | ۰.۰۰۰ | ۰.۰۱۰ |
| ۸    | ۸۶     | چادرملو                | ۰.۰۹۱            | ۰.۰۰۰ | ۰.۰۰۹ |
| ۹    | ۹۴     | کربن ایران             | ۰.۱۰۶            | ۰.۰۰۲ | ۰.۰۱۷ |
| ۱۰   | ۹۶     | گل گهر                 | ۰.۰۹۶            | ۰.۰۰۰ | ۰.۰۰۹ |
|      |        | مجموع                  |                  | ۰.۰۱۳ | ۰.۱۳۱ |

جدول ۵: پرتفو انتخابی الگوریتم SFLA برای مدل MVCCPO با  $\lambda$  برابر ۰.۸ برای سال ۱۴۰۰

| ردیف | ایندکس | نام               | وزن سرمایه گذاری | ریسک  | بازده |
|------|--------|-------------------|------------------|-------|-------|
| ۱    | ۱۲     | تکین کو           | ۰.۰۹۴            | ۰.۰۰۰ | ۰.۰۱۰ |
| ۲    | ۲۴     | دارو فارابی       | ۰.۱۰۷            | ۰.۰۰۰ | ۰.۰۲۶ |
| ۳    | ۲۸     | ریخته گری تراکتور | ۰.۰۹۳            | ۰.۰۰۰ | ۰.۰۲۱ |
| ۴    | ۳۲     | سالمین            | ۰.۱۰۹            | ۰.۰۰۱ | ۰.۰۳۱ |
| ۵    | ۵۸     | لعابیران          | ۰.۱۰۶            | ۰.۰۰۰ | ۰.۰۲۷ |
| ۶    | ۶۲     | مس باهنر          | ۰.۰۸۹            | ۰.۰۰۰ | ۰.۰۱۰ |
| ۷    | ۷۸     | پارس سوئیچ        | ۰.۱۰۶            | ۰.۰۰۱ | ۰.۰۳۳ |
| ۸    | ۸۴     | پگاه اصفهان       | ۰.۱۰۲            | ۰.۰۰۰ | ۰.۰۱۸ |
| ۹    | ۸۵     | پگاه خراسان       | ۰.۰۸۹            | ۰.۰۰۱ | ۰.۰۲۴ |
| ۱۰   | ۹۲     | کاغذ سازی کاوه    | ۰.۱۰۱            | ۰.۰۰۰ | ۰.۰۲۳ |
|      |        | مجموع             |                  | ۰.۰۰۵ | ۰.۲۲۶ |

جدول ۶: پرتفو انتخابی الگوریتم SFLA برای مدل MVCCPO با  $\lambda$  برابر ۰.۸ برای سال ۱۳۹۹

| ردیف | ایندکس | نام              | وزن سرمایه‌گذاری | ریسک  | بازده |
|------|--------|------------------|------------------|-------|-------|
| ۱    | ۱۵     | خدمات انفورماتیک | ۰.۰۹۲            | ۰.۰۰۰ | ۰.۰۰۳ |
| ۲    | ۲۷     | درخشان تهران     | ۰.۱۲۱            | ۰.۰۰۰ | ۰.۰۲۰ |
| ۳    | ۳۲     | سالمین           | ۰.۱۰۲            | ۰.۰۰۰ | ۰.۰۰۹ |
| ۴    | ۵۰     | فنرسازی خاور     | ۰.۰۹۱            | ۰.۰۰۰ | ۰.۰۱۱ |
| ۵    | ۵۲     | فولاد خوزستان    | ۰.۱۰۷            | ۰.۰۰۰ | ۰.۰۰۹ |
| ۶    | ۸۴     | پگاه اصفهان      | ۰.۰۹۹            | ۰.۰۰۰ | ۰.۰۱۰ |
| ۷    | ۸۶     | چادرملو          | ۰.۰۹۱            | ۰.۰۰۰ | ۰.۰۰۹ |
| ۸    | ۸۷     | کارتن ایران      | ۰.۰۹۰            | ۰.۰۰۱ | ۰.۰۱۲ |
| ۹    | ۹۴     | کربن ایران       | ۰.۱۰۱            | ۰.۰۰۱ | ۰.۰۱۶ |
| ۱۰   | ۹۶     | گل‌گهر           | ۰.۰۹۷            | ۰.۰۰۰ | ۰.۰۰۹ |
|      |        | مجموع            |                  | ۰.۰۰۶ | ۰.۱۱۴ |

قایل ذکر است که پرتفوی سهام برای تمام حالات، لاندای ۰.۲، ۰.۵ و ۰.۸ برای سال‌های ۱۳۹۱ الی ۱۴۰۰ انجام شده است که جدول ۴-۲ الی ۴-۸ نمونه‌ای از آن‌ها ذکر شده است.

### ۳-۴- جمع‌بندی پرتفوها

در جدول زیر میزان ریسک و بازده سهام سبد سهام انتخاب شده توسط الگوریتم SFLA نشان داده شده است. همان‌طور که انتظار می‌رفت با افزایش پارامتر  $\lambda$  ریسک و بازده هر دو در همه حالات کاهش پیدا می‌کنند و این اولین نشانه حل درست مسئله توسط الگوریتم جهش قورباغه است. با تغییر مقدار  $\lambda$  می‌توان بنا به سلیقه سرمایه‌گذار سبدهای پرتفو مختلفی تولید نمود. هر چقدر مقدار  $\lambda$  به سمت یک نزدیک‌تر باشد، بیان‌کننده حداقل شدن ریسک است و هر چه  $\lambda$  به سمت صفر نزدیک شود، نشان‌دهنده توجه بیشتر به بازده است.

جدول ۷: میزان ریسک و بازده سبد سهام انتخاب شده در سال‌های مختلف بنا به سلیقه کاربر

|      | $\lambda=0.2$ |       | $\lambda=0.5$ |       | $\lambda=0.8$ |       |
|------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|
|      | ریسک          | بازده | ریسک          | بازده | ریسک          | بازده |
| ۱۳۹۱ | ۰.۰۰۹۷        | ۰.۰۹۸ | ۰.۰۰۶         | ۰.۰۹۵ | ۰.۰۰۱         | ۰.۰۸۶ |
| ۱۳۹۲ | ۰.۰۰۹         | ۰.۰۸۸ | ۰.۰۰۷         | ۰.۰۸۷ | ۰.۰۰۲         | ۰.۰۷۶ |
| ۱۳۹۳ | ۰.۰۰۹         | ۰.۰۹۶ | ۰.۰۰۹         | ۰.۰۹۶ | ۰.۰۰۳         | ۰.۰۸۱ |
| ۱۳۹۴ | ۰.۰۵۱         | ۰.۲۲۲ | ۰.۰۲۱         | ۰.۲۰۷ | ۰.۰۰۵         | ۰.۱۷۷ |
| ۱۳۹۵ | ۰.۰۰۹         | ۰.۰۷۸ | ۰.۰۰۲         | ۰.۰۷۵ | ۰.۰۰۲         | ۰.۰۷۲ |
| ۱۳۹۶ | ۰.۰۲۹         | ۰.۰۹۴ | ۰.۰۱۱         | ۰.۰۸۴ | ۰.۰۰۲         | ۰.۰۶۳ |

|      | $\lambda=0.2$ |       | $\lambda=0.5$ |       | $\lambda=0.8$ |       |
|------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|
|      | ریسک          | بازده | ریسک          | بازده | ریسک          | بازده |
| ۱۳۹۷ | ۰.۰۰۶         | ۰.۰۸۷ | ۰.۰۰۴         | ۰.۰۸۶ | ۰.۰۰۲         | ۰.۰۸۱ |
| ۱۳۹۸ | ۰.۰۰۳         | ۰.۰۷۳ | ۰.۰۰۱         | ۰.۰۷۲ | ۰.۰۰۱         | ۰.۰۷۰ |
| ۱۳۹۹ | ۰.۰۲۲         | ۰.۱۴۰ | ۰.۰۱۳         | ۰.۱۳۱ | ۰.۰۰۶         | ۰.۱۱۴ |
| ۱۴۰۰ | ۰.۰۲۳         | ۰.۲۶۸ | ۰.۰۱۹         | ۰.۰۶۶ | ۰.۰۰۵         | ۰.۲۶۶ |

از آنجا که نرخ بازده تنها میزان سود را نشان می دهد و میزان ریسک پذیرفته شده برای کسب آن سود دیده نمی شود، نمی توان آن را معیار کاملی برای ارزیابی عملکرد پورتفوی دانست. همین عامل سبب معرفی شاخص شارپ توسط ویلیام شارپ شد (شارپ<sup>۱</sup>، ۱۹۶۵). نسبت شارپ یکی از متداول ترین شاخص های ارزیابی سرمایه گذاری است. این معیار در واقع مزاد بازده پورتفوی نسبت به بازده یک دارایی بدون ریسک را به ازای هر واحد ریسکی که سرمایه گذار پذیرفته است، نشان می دهد. این شاخص مشخص می کند که سرمایه گذار برای ریسک اضافی ناشی از نگهداری دارایی ریسکی، تا چه اندازه سود برده است. به عبارت دیگر، نسبت شارپ بیان می کند آیا سود به دست آمده ناشی از تصمیم هوشمندانه سرمایه گذاری است یا نتیجه پذیرش ریسک بیشتر. هرچه نرخ شارپ بیشتر باشد بهتر است؛ زیرا بازده تعدیل شده بیشتری برای هر واحد ریسک وجود دارد. اگر این شاخص منفی باشد به این معنی است که دارایی بدون ریسک، بازده بیشتری نسبت به پورتفوی مورد بررسی داشته است.

جدول ۸: معیار شارپ برای پرتفو به صورت سالیانه به ازای  $\lambda$  برابر ۰.۲

| $\lambda=0.2$ | Risk  | Return Rate | Returns-Risks (Excess Return) | Average Returns | Standard Deviation of the Excess Returns | Sharpe |
|---------------|-------|-------------|-------------------------------|-----------------|--|--------|
| ۱۳۹۱          | ۰.۰۰۹ | ۰.۰۹۷       | ۰.۰۸۷                         | ۰.۱۲۵           | ۰.۰۳۷                                    | ۳.۳۵۳  |
| ۱۳۹۲          | ۰.۰۰۹ | ۰.۰۸۸       | ۰.۰۷۸                         | ۰.۰۹۳           | ۰.۰۳۳                                    | ۲.۷۷۰  |
| ۱۳۹۳          | ۰.۰۰۹ | ۰.۰۹۶       | ۰.۰۸۶                         | ۰.۰۹۲           | ۰.۰۲۸                                    | ۳.۲۴۴  |
| ۱۳۹۴          | ۰.۰۵۱ | ۰.۲۲۲       | ۰.۱۷۱                         | ۰.۱۵۹           | ۰.۰۴۰                                    | ۳.۹۱۶  |
| ۱۳۹۵          | ۰.۰۰۹ | ۰.۰۷۸       | ۰.۰۶۹                         | ۰.۱۵۰           | ۰.۰۴۰                                    | ۳.۷۱۲  |
| ۱۳۹۶          | ۰.۰۲۹ | ۰.۰۹۴       | ۰.۰۶۵                         | ۰.۰۸۶           | ۰.۰۴۰                                    | ۲.۱۶۲  |
| ۱۳۹۷          | ۰.۰۰۶ | ۰.۰۸۷       | ۰.۰۸۰                         | ۰.۰۹۱           | ۰.۰۳۷                                    | ۲.۴۱۱  |
| ۱۳۹۸          | ۰.۰۰۳ | ۰.۰۷۳       | ۰.۰۷۰                         | ۰.۰۸۰           | ۰.۰۳۶                                    | ۲.۲۰۱  |
| ۱۳۹۹          | ۰.۰۲۲ | ۰.۱۴۰       | ۰.۱۱۷                         | ۰.۱۰۶           | ۰.۰۳۵                                    | ۳.۰۳۶  |
| ۱۴۰۰          | ۰.۰۲۳ | ۰.۲۶۷       | ۰.۱۴۴                         | ۰.۲۰۴           | ۰.۰۵۵                                    | ۳.۶۸۸  |
| میانگین       |       |             |                               |                 |  | ۳.۰۴۷  |

جدول ۹: معیار شارپ برای پرتفو به صورت سالیانه به ازای  $\lambda$  برابر ۰.۵

<sup>۱</sup> Sharpe

| $\lambda=0.5$ | Risk  | Return Rate | Returns-Risks (Excess Return) | Average Returns | Standard Deviation of the Excess Returns | Sharpe |
|---------------|-------|-------------|-------------------------------|-----------------|--|--------|
| ۱۳۹۱          | ۰.۰۰۶ | ۰.۰۹۵       | ۰.۰۸۹                         | ۰.۰۱۲           | ۰.۰۳۷                                    | ۳.۳۳۷  |
| ۱۳۹۲          | ۰.۰۰۷ | ۰.۰۸۷       | ۰.۰۸۰                         | ۰.۰۹۱           | ۰.۰۳۳                                    | ۲.۷۴۲  |
| ۱۳۹۳          | ۰.۰۰۹ | ۰.۰۹۶       | ۰.۰۸۶                         | ۰.۰۹۲           | ۰.۰۲۸                                    | ۳.۲۲۳  |
| ۱۳۹۴          | ۰.۰۲۱ | ۰.۲۰۷       | ۰.۱۸۴                         | ۰.۱۵۱           | ۰.۰۴۵                                    | ۳.۳۲۵  |
| ۱۳۹۵          | ۰.۰۰۲ | ۰.۰۷۵       | ۰.۰۷۲                         | ۰.۱۴۱           | ۰.۰۴۴                                    | ۳.۱۵۸  |
| ۱۳۹۶          | ۰.۰۱۱ | ۰.۰۸۴       | ۰.۰۷۲                         | ۰.۰۷۹           | ۰.۰۷۳                                    | ۱.۸۵۲  |
| ۱۳۹۷          | ۰.۰۰۴ | ۰.۰۸۶       | ۰.۰۸۲                         | ۰.۰۸۵           | ۰.۰۴۰                                    | ۲.۱۰۱  |
| ۱۳۹۸          | ۰.۰۰۱ | ۰.۰۷۲       | ۰.۰۷۰                         | ۰.۰۷۹           | ۰.۰۳۹                                    | ۲.۰۱۳  |
| ۱۳۹۹          | ۰.۰۱۳ | ۰.۱۳۱۳      | ۰.۱۱۷                         | ۰.۱۰۱           | ۰.۰۳۷                                    | ۲.۷۰۲  |
| ۱۴۰۰          | ۰.۰۱۹ | ۰.۲۶۶۴      | ۰.۲۴۶                         | ۰.۱۹۸           | ۰.۰۵۶                                    | ۳.۴۹۸  |
| میانگین       |       |             |                               |                 |  | ۲.۷۹۵  |

جدول ۱۰: معیار شارپ برای پرتفو به صورت سالیانه به ازای  $\lambda$  برابر ۰.۸

| $\lambda=0.8$ | Risk   | Return Rate | Returns-Risks (Excess Return) | Average Returns | Standard Deviation of the Excess Returns | Sharpe |
|---------------|--------|-------------|-------------------------------|-----------------|--|--------|
| ۱۳۹۱          | ۰.۰۰۱  | ۰.۰۸۶       | ۰.۰۸۴                         | ۰.۱۱۳           | ۰.۰۳۵                                    | ۳.۱۹۱  |
| ۱۳۹۲          | ۰.۰۰۲  | ۰.۰۷۶       | ۰.۰۷۳                         | ۰.۰۸۱           | ۰.۰۳۲                                    | ۲.۴۷۹  |
| ۱۳۹۳          | ۰.۰۰۳  | ۰.۰۸۱       | ۰.۰۷۸                         | ۰.۰۷۹           | ۰.۰۲۸                                    | ۲.۷۶۹  |
| ۱۳۹۴          | ۰.۰۰۵  | ۰.۱۷۷       | ۰.۱۷۱                         | ۰.۱۲۹           | ۰.۰۴۲                                    | ۳.۰۲۷  |
| ۱۳۹۵          | ۰.۰۰۲  | ۰.۰۷۲       | ۰.۰۷۰                         | ۰.۱۲۴           | ۰.۰۴۱                                    | ۳.۰۱۷  |
| ۱۳۹۶          | ۰.۰۰۲  | ۰.۰۶۳       | ۰.۰۶۰                         | ۰.۰۶۷           | ۰.۰۴۰                                    | ۱.۶۵۵  |
| ۱۳۹۷          | ۰.۰۰۲۲ | ۰.۰۸۱۰۱     | ۰.۰۷۸                         | ۰.۰۷۲           | ۰.۰۳۸                                    | ۱.۸۷۶  |
| ۱۳۹۸          | ۰.۰۰۱  | ۰.۰۷۰       | ۰.۰۶۹                         | ۰.۰۷۵           | ۰.۰۳۶                                    | ۲.۰۶۱  |
| ۱۳۹۹          | ۰.۰۰۶  | ۰.۱۱۴۲      | ۰.۱۰۷                         | ۰.۰۹۲           | ۰.۰۳۵                                    | ۲.۶۳۵  |
| ۱۴۰۰          | ۰.۰۰۵  | ۰.۲۲۶       | ۰.۲۲۱                         | ۰.۱۷۰           | ۰.۰۵۱                                    | ۳.۳۴۰  |
| میانگین       |        |             |                               |                 |  | ۲.۶۰۵  |

#### ۴-۴- رفتار احساسی سرمایه گذار

برای اجرای روش های آماری و محاسبه آماره آزمون مناسب واستنتاج منطقی درباره فرضیه های پژوهش مهمترین قدم قبل از هر اقدامی، انتخاب روش آماری مناسب برای پژوهش است. برای این منظور آگاهی از توزیع داده ها از اولویت اساسی برخوردار است. در پژوهش حاضر برای بررسی فرض نرمال بودن متغیرهای پژوهش از آزمون معتبر کولموگروف- اسمیرنوف استفاده شده است.

جدول ۱۱: نتایج آزمون کولموگوروف-اسمیرنوف

| متغیرها      | آماره آزمون | سطح معنی داری |
|--------------|-------------|---------------|
| رفتار احساسی | ۰.۸۵۳       | ۰.۴۶۱         |

با توجه به اینکه سطح معناداری آزمون مربوط به تمام متغیرها بالاتر از ۰/۰۵ می باشد، ادعای نرمال بودن متغیرهای پژوهش پذیرفته شده است. جهت مقایسه رفتار احساسی و نهایی با آلفاهای مختلف از آزمون تحلیل واریانس یک طرفه استفاده می شود که نتایج آن در جداول زیر آمده است

جدول ۱۲: نتایج آزمون آنالیز واریانس یک طرفه مربوط به رفتار احساسی

| سطح معنی داری | آماره F | آزمون لون<br>برای بررسی برابری<br>واریانس ها |         | بیشینه | کمینه   | انحراف<br>استاندارد | میانگین | گروه       |
|---------------|---------|--|---------|--------|---------|---------------------|---------|------------|
|               |         | سطح معنی داری                                | آماره F |        |         |                     |         |            |
| ۰.۷۷۲         | ۰.۲۵۹   | ۰.۹۴۰  | ۰.۰۶۲   | ۷۶.۷۷۱ | -۶۳.۲۸۴ | ۲۹.۲۳۴              | ۰.۸۹۵   | آلفا = ۰/۲ |
|               |         |  |         | ۷۶.۷۷۱ | -۶۳.۲۸۴ | ۳۰.۳۰۱              | ۱.۲۲۶   | آلفا = ۰/۵ |
|               |         |  |         | ۶۸.۵۷۷ | -۶۵.۳۱۱ | ۳۰.۱۳۴              | ۳.۶۸۲   | آلفا = ۰/۸ |

جدول فوق نشان می دهد که میانگین رفتار احساسی با آلفای ۰/۲ برابر با ۰/۸۹۵، با آلفای ۰/۵ برابر با ۱/۲۲۶ و با آلفای ۰/۸ برابر با ۳/۶۸۲ می باشد. همانگونه که مشاهده می شود با افزایش آلفا میانگین رفتار احساسی افزایش یافته است. برای بررسی معناداری این تفاوت ها از آزمون تحلیل واریانس یک طرفه استفاده شده است. یکی از پیش فرض های اساسی در این آزمون آماری بررسی برابری واریانس ها می باشد که بدین منظور از آزمون لون استفاده شده است. در آزمون لون سطح معنی داری بیشتر از ۰/۰۵ می باشد بنابراین فرض برابری واریانس ها پذیرفته می شود. براساس جدول فوق مقدار آماره F آزمون آنالیز واریانس برابر با ۰/۲۵۹ و مقدار سطح معنی داری بیشتر از ۰/۰۵ است، بنابراین با اطمینان ۹۵ درصد می توان گفت تفاوت معنی داری بین میانگین رفتار احساسی با آلفاهای مختلف وجود ندارد.

## ۵. بحث و نتیجه‌گیری

یکی از مهم‌ترین و پیچیده‌ترین موضوعات در حوزه سرمایه‌گذاری انتخاب پرتفوی سهام می‌باشد. سرمایه‌گذار در این حالت با گزینه‌های متعدد و گوناگونی مواجه می‌شود. تصمیم‌گیری در این خصوص که کدام سهم در مقایسه با سهام دیگر وضعیت بهتری دارد و شایستگی انتخاب شدن و قرار گرفتن در پرتفوی سرمایه‌گذاری را دارد و نحوه تخصیص سرمایه بین این اوراق مباحث پیچیده‌ای می‌باشد. در امر سرمایه‌گذاری سهام، انتخاب سبد بهینه سهام از جمله مهم‌ترین موارد قابل توجه است. در این رابطه ایجاد مدل‌هایی که بتواند به انتخاب بهترین سبد سهام منجر شود از اهمیت حائز توجه‌ای برخوردار است. مدل‌های مزبور می‌بایست در ایجاد سبد بهینه سهام توانایی لحاظ کردن شخصیت ریسک‌پذیری اشخاص را نیز داشته باشند. تلاش در جهت بهبود روش‌های تجزیه و تحلیل سبد سرمایه‌گذاری، به ویژه در بازارهایی که تعداد سهام در آنها بسیار بالاست، منجر به پدید آمدن روش‌های نوینی گردیده که در کنار روش‌های گذشته درصد یافتن پاسخی برای میل به بیشینه نمودن سود سرمایه‌گذار در بازارهای مالی می‌باشند. سرمایه‌گذاری در بازارهای مالی در غالب پورتفوی<sup>۱</sup>، یا سبد دارایی‌ها انجام می‌شود. پورتفوی، مجموعه‌ای از دارایی‌های مالی<sup>۲</sup> مثل سهام، اوراق قرضه و پول نقد است که توسط سرمایه‌گذار نگهداری می‌شود. در حقیقت، ترکیب پورتفوی بیانگر چگونگی تخصیص سرمایه به دارایی‌های مالی است. مدیریت پورتفوی، یا به اصطلاح سیدگردانی، یکی از مسائل اساسی در مدیریت مالی است. این موضوع جهت پیشرفت اقتصادی، به خصوص برای کشورهای در حال توسعه با بازارهای نوظهور مثل ایران، ضروری است. با توجه به اهمیت مبحث پیش‌بینی سبد بهینه سهام در بازارهای مالی از یک سو و همچنین بحث دیدگاه سرمایه‌گذاران از منظر ریسک سرمایه، تحقیق حاضر، به تحلیل رفتار احساسی سرمایه‌گذاران در پرتفوی بهینه سهام پرداخته است. در این پژوهش، با استفاده از اطلاعات مالی ۱۰۱ شرکت پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران و با دو هدف، استفاده از نرم افزار متلب و مدل مارکویز و الگوریتم هوش مصنوعی قورباغه جهت تشکیل سبدهای سهام و همچنین نرم افزار ایوبوز جهت تحلیل تفاوت معناداری رفتار احساسی سرمایه‌گذاران در هر یک از سبدهای سهام پیشنهادی با میزان ریسک پذیری متفاوت انجام شد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که الگوریتم قورباغه توانایی تشکیل سبد بهینه سهام را دارد و با استفاده از تفاوت معناداری و آزمون تحلیل واریانس یک طرفه مشخص شد که میانگین رفتار احساسی با افزایش لاند، یعنی با ریسک‌گریز شدن سهامداران افزایش پیدا می‌کند اما این تفاوت‌ها به شکل معناداری نمی‌باشد در حقیقت به همین منظور سه نوع سرمایه‌گذار در این تحقیق مورد مطالعه قرار داده شده است.

الف) سرمایه‌گذار ریسک‌پذیر: در این حالت مقدار  $\alpha$  برابر ۰.۲ در نظر گرفته شده است و سرمایه‌گذار ۸۰٪ به بازده و ۲۰٪ به کاهش ریسک توجه می‌کند.

ب) سرمایه‌گذار متعادل: مقدار  $\alpha$  برابر ۰.۵ است و سرمایه‌گذار به ریسک و بازده توجه یکسانی دارد.

ج) سرمایه‌گذاری غیر ریسک‌پذیر: مقدار  $\alpha$  در این حالت برابر ۰.۸ است و سرمایه‌گذار ۲۰٪ به بازده و ۸۰٪ به کاهش ریسک توجه می‌کند.

1 Portfolio  
2 Financial assets

و در نهایت می توان بیان کرد که جهت تشکیل سبد بهینه سهام الگوریتم قورباغه توانایی مطلوبی دارد و همچنین رفتار احساسی سرمایه گذاران در پرتفوی سبد ریسک پذیر و ریسک گریز تفاوت معناداری ندارند. همچنین با توجه به نتایج می توان بیان کرد همانطور که انتظار می رفت سبد بهینه سهام برای طیف افراد ریسک پذیر و ریسک گریز متفاوت می باشد که می توان بیان داشت، افراد با توجه به روحیه سرمایه گذاری از بعد میزان ریسک پذیری می توانند اقدام به تشکیل سبد بهینه سهام متفاوت نمایند و انتظار بازده مد نظر را داشته باشند. نتایج تحقیق حاضر با پژوهش رادیرم (۲۰۱۴)، مرتبط می باشد.

#### ۶. پیشنهادها و محدودیت ها

با توجه به نتایج تحقیق به سرمایه گذاران ریسک پذیر اعلام می گردد که نسبت به سایر سرمایه گذاران در انتخاب سبد سهام خود دچار رفتارهای احساسی و احتمالا توده وار خواهند شد که برای جلوگیری از تحمل زیان های احتمالی، نسبت به این مهم آگاهی داشته باشند.

در این پژوهش، محدودیت هایی که ممکن است بر نتایج اثرگذار باشد به شرح زیر است:

نخستین و مهم ترین محدودیت می تواند، ویژگی مربوط به هر پژوهش نیمه تجربی باشد که در حوزه حسابداری متداول است؛ به طوریکه اثر متغیرهایی که کنترل آن ها خارج از دسترس پژوهشگر است و نمیتواند بر نتایج اثرگذار باشند را شامل میشود. شرایط سیاسی نمونه ای از متغیرهایی است که میتواند اثرگذار باشد. محدودیت دیگر که در نمونه آماری پژوهش مطرح است، شرکت های نمونه تحقیق به دلیل وقفه معاملاتی اکثر شرکت های بورسی تعداد محدودتری انتخاب شده اند.

#### منابع

بحری فروش، جمال، پاکمرام، عسگر، ولی زاده، مصطفی (۱۳۹۷). انتخاب و بهینه سازی سبد سهام با استفاده از روش میانگین واریانس مارکوویتز با استفاده از الگوریتم های مختلف. دانش مالی تحلیل اوراق بهادار (مطالعات مالی). شماره ۳۷، صص ۴۳-۵۷.

حسن زاده، آتنا، دهقان، عبدالمجید، علیخانی، محسن (۱۳۹۸). تأثیر سواد مالی و ادراک ریسک بر انتخاب سرمایه گذاری در بورس اوراق بهادار تهران. فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، ۴۱، صص ۹۰-۱۰۸. رستمی، محمدرضا، حقیقی، فاطمه (۱۳۹۲). مقایسه عملکرد مدل های GARCH چند متغیره در تعیین ریسک پرتفوی. مجله علمی پژوهشی مالی، ۱۶، صص ۲۱۵-۲۲۸.

زارعی، عظیم، ناصری اشترانی، زهره (۱۳۹۷). بررسی تأثیر وضعیت رفتار مصرف کننده بر واکنش های رفتاری با میانجی گری ارزش ادراک شده و پاسخ های هیجانی. دو فصلنامه مطالعات رفتار مصرف کننده، ۲ (۱۳۹۶)

- عبدالمنافی، سعید سلیمانی، مریم (۱۴۰۱). عوامل مؤثر بر تمایل به تجارت اجتماعی از دیدگاه مصرف‌کننده، با تأکید بر نقش واسطه‌ای ریسک‌درک شده (مطالعه موردی: کاربران شبکه‌های اجتماعی در شهر اصفهان). مطالعات رفتار مصرف‌کننده، شماره ۹، صص ۱۵۸-۱۷۹.
- Dohmen, T. J., Falk, A., Huffman, D., Sunde, U., Schupp, J. & Wagner, G. G. (2005). Individual risk attitudes: New evidence from a large, representative, experimentally-validated survey, DIW Discussion Papers, No. 511. 1-56.
- Hwang, Inchang, Simon, Xu. Francis, in (2018), Naive versus optimal diversification: Tail risk and performance, *European Journal of Operational Research*, Volume 265, Issue 1, 16 February 2018, Pages 372-388.
- Eusuff, M., K. Lansey and F. Pasha (2006). Shuffled frog-leaping algorithm: a memetic meta-heuristic for discrete optimization. *Engineering Optimization* 28(2).
- Kennedy, J. and R. Eberhart (1995). Particle swarm optimization. *Neural Networks*, 1995. *Proceedings. IEEE International Conference on*.
- Kim, Taehyuk & Ha. Aejin, (2010). Investor Sentiment and Market Anomalies. *23rd Australasian Finance and Banking Conference 2010 Paper*, Available at [www.ssrn.com](http://www.ssrn.com)
- Kotler, P. (2013). *Marketing Management*, 10th Ed., (B. Forouzandeh, Trans). Tehran: Amoukhteh Publications.
- Nesbett, R.E Ross, I (1980). *Human inference: strategies and shortcoming of social judgment*, *Englewood cliffs*, NJ, Prentice Hall.
- Markowitz, H. (1959). *Portfolio selection: efficient diversification of investments*, New York: Wiley.
- Pannenberg, M. (2010), Risk attitudes and reservation wages of unemployed workers: evidence from panel data, *Economics Letters*, 106(3): 223-226.
- Pissarides, C. A. (1974), Risk, job search, and income distribution, *Journal of Political Economy*, 82(6): 1255-1267.
- Radeerom, M. (2014). Building a Trade System by Genetic Algorithm and Technical Analysis for Thai Stock Index. In *Intelligent Information and Database Systems* (pp. 414-423). Springer International Publishing
- Reilly, F., & Brown, K. (2000). *Investment analysis and portfolio management*. (6th Ed.). Orlando: Dryden Press.
- Sharpe, W. (1965). "Mutual Fund Performance." *The Journal of Business* 39.
- Vancauterem, M. (2011). Combining risk perception and risk attitude: A comprehensive individual risk behavior model.
- Vasiani, V D, Bevina D. Handari, G F Hertono (2020) Stock portfolio optimization using priority index and genetic algorithm, *Conference Series Journal of Physics Conference Series 1442:012031*
- Vinhal Nepomuceno, M., Laroche, M., Richard, M.-O., & Eggert, A. (2012). Relationship between intangibility and perceived risk: moderating effect of privacy, *system security and general security concerns. Journal of Consumer Marketing*, 29(3), 176- 189.
- Zhen, Z., D. Wang and Y. Liu (2009). Improved shuffled frog leaping algorithm for continuous optimization problem. *2009 IEEE Congress on Evolutionary Computation*.

## **Analysis of the emotional behavior of risk-taking and risk-averse investors in the stock portfolio**

### **Seyyed hesam vaghfi**

Associate Professor, Department of Accounting, Payame Noor University, Tehran, Iran,  
(Corresponding Author),  
[vaghfi@pnu.ac.ir](mailto:vaghfi@pnu.ac.ir)

### **Kaveh parandin**

Assistant Professor, Department of Accounting, Payame Noor University, Tehran, Iran,  
[kparandin@pnu.ac.ir](mailto:kparandin@pnu.ac.ir)

### **Amir Ghafourian Shagardi**

Associate Professor, Department, faculty of administrative science, Imam Reza International University, Mashhad, Iran,  
[ghafourian@amamreza.ac.ir](mailto:ghafourian@amamreza.ac.ir)

### **Fatemeh hendabadi**

Master student of accounting, Payame Noor University, Tehran, Iran ,  
[f.hend2020@gmail.com](mailto:f.hend2020@gmail.com)

### **Zeynab Nourbakhsh Hosseiny**

Department of management and accounting, technical and vocational university (TVU) , tehran, iran,  
[znourbakhsh@tvu.ac.ir](mailto:znourbakhsh@tvu.ac.ir)

### **Abstract**

Long-term and continuous economic growth is achieved in the light of equipping and optimal allocation of resources at the national economic level and it is not easily possible to achieve it without the help of financial markets, especially the extensive and efficient capital market. One of the important topics that is discussed in the capital markets and should be paid attention to by investors, whether natural or legal persons, is the topic of choosing the optimal investment portfolio. In this regard, examining and analyzing the emotional behavior of investors in different stock portfolios can be important for investment decisions. For this purpose, in this research, the financial information of 101 manufacturing companies between 2012 and 2021 was used to form stock portfolios for risk-taking and risk-averse investors using the frog's leap algorithm and MATLAB software and then, the emotional behavior of investors was analyzed with the method of variance analysis in the stock portfolio of risk-taking and risk-averse investors. The results of this applied and post-event research showed that risk-taking and risk-averse investors use different companies in their stock portfolios, and no significant difference was observed in the emotional behavior of risk-taking and risk-averse investors. In the analysis of these results, it can be said that in the capital market of Iran, most of the investors have a certain and high level of emotional behavior and this emotional behavior is not related to the risk-taking and risk-averse personality of the investors.

**Keywords:** stock portfolio; emotional behavior of investors; Artificial intelligence algorithm.

