

تشکیل پرتفوی بهینه در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک

حمیدرضا نویدی

استادیار گروه ریاضی، دانشگاه شاهد، navidi@shahed.ac.ir

احمد نجومی مرکید

کارشناس ارشد ریاضی کاربردی، دانشگاه شاهد، nejoomi@shahed.ac.ir

حجت میرزازاده

کارشناس ارشد مدیریت مالی، دانشگاه شاهد، شرکت گاز استان آذربایجان غربی، واحد امور قراردادهای

mirzazade@shahed.ac.ir

تاریخ دریافت: ۸۷/۳/۶ تاریخ پذیرش: ۸۸/۷/۷

چکیده

تشکیل پرتفوی به عنوان یک تصمیم‌گیری حساس و حیاتی برای شرکت‌ها شناخته شده است. به همین دلیل انتخاب یک پرتفوی با نرخ بازدهی بالا و ریسک کنترل شده یکی از موضوعاتی است که مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است. در تعریف جدید ریسک، به جای یک عدد ویژه، از یک منحنی به عنوان ریسک استفاده می‌شود. در این مقاله روشی بر مبنای الگوریتم ژنتیک برای تشکیل پرتفوی ارائه می‌شود، که در آن ریسک با تعریف جدید در نظر گرفته شده است. در نهایت به عنوان یک مطالعه‌ی موردی، این الگوریتم برای تشکیل پرتفوی در بورس اوراق بهادار تهران مورد استفاده قرار گرفته است.

طبقه‌بندی JEL: G11, G1.

کلید واژه: ریسک، بهینه‌سازی پرتفوی، الگوریتم ژنتیک.

۱- مقدمه

بورس اوراق بهادار، از سویی مرکز جمع‌آوری پس‌اندازها و نقدینگی بخش خصوصی به منظور تأمین مالی پروژه‌های سرمایه‌گذاری بلندمدت است و از سویی دیگر، مکان رسمی و مطمئنی است که دارندگان پس‌اندازهای راكد می‌توانند در آن محل مناسب و ایمن، وجوه مازاد خود را برای سرمایه‌گذاری در شرکت‌ها به کار بیندازند.

تئوری مدرن پرتفوی که توسط مارکوویتز [۸] و بعدها توسط شاگردان وی مانند شارپ و لینتنر، توسعه داده شد و فرضیه‌ی بازار کارای سرمایه که اولین بار توسط فاما [۱] عنوان شد، از ابتدای دهه‌ی ۵۰ به بعد به عنوان ایده‌های قابل قبول و اثرگذار و شالوده‌ی تحقیقات دانشمندان و پژوهش‌گران مالی مطرح شد و اصول این تئوری‌ها در بازارهای مالی نیز راهنمای عمل مدیران سرمایه‌گذاری و سایر فعالان بازار قرار گرفت. اما پیچیدگی بازارهای مالی و مطالعاتی که در پی تناقض نتایج ناشی از تحقیقات اجرایی انجام شده در بازارهای مالی پیش آمد، دانشمندان مالی را برآن داشت تا با توجه به مفروضات این تئوری‌ها ایده‌های جدیدی ارائه داده و تحقیقات جدیدی انجام دهند.

در سال‌های اخیر تحقیقات متعددی در زمینه‌ی تشکیل سبد بهینه‌ی سهام در بازار بورس تهران انجام گرفته است. در بیش‌تر مدل‌های ارائه شده، معیارهای بازده و ریسک از مباحث مالی و روش‌های اندازه‌گیری و معیار بهینه‌سازی از مباحث برنامه‌ریزی برگرفته شده‌اند. از جمله‌ی این مطالعات می‌توان به مدلی اشاره کرد که در آن از برنامه‌ریزی آرمانی با محوریت افق زمانی سرمایه‌گذاری، بی‌قاعدگی بازار و نسبت مالی به عنوان معیارهای جدید برای بهینه‌سازی پرتفوی استفاده شده است [۱۷]. نتایج این تحقیق نشان داد که از طریق برنامه‌ریزی آرمانی می‌توان فاصله‌ی آرمان‌های سرمایه‌گذاری و مقدورات واقعی را به صورت مقادیر متغیرهای انحرافی شناسایی کرد و سپس با کاستن و افزودن مقادیر آرمانی به راه حل کارا دست یافت.

راعی [۱۲] (۲۰۰۷)، در تحقیقی که در بازار بورس تهران با توجه به رفتار غیرخطی سرمایه‌گذاران صورت گرفته، از مدل مارکوویتز در تئوری پورتفوی به عنوان مدل مقایسه‌ای استفاده کرده و یک مدل شبکه‌ی عصبی با الگوی یادگیری «پس انتشار خطا»^۱ را با آن مقایسه کرده است. هدف این تحقیق، تشکیل سبد بهینه‌ی سهام با بیشینه کردن بازده، کمینه کردن میزان ریسک و هزینه‌ی معاملات^۲ و پیش‌بینی روند سهام و نوسانات آن جهت نیل به اهداف سرمایه‌گذاری است [۱۲، ۱۸]. در تحقیق

1- Back propagation.

2- Transactions cost.

دیگری که در بازار بورس تهران انجام گرفته است، براساس روش MADM^۱، سهام‌ها را براساس سه حالت کم ریسک، پریسک و ریسک متوسط رتبه‌بندی کرده و آن‌گاه در دو وضعیت بدون محدودیت سرمایه‌گذاری و با محدودیت سرمایه‌گذاری از میان شرکت‌های در اولویت بالاتر، پرتفویی براساس حداقل ریسک متناسب با بازده انتظاری انتخاب شده است [۱۹].

هدف از تشکیل پورتفوی، به حداکثر رساندن بازده از طریق ترکیب اوراق بهادار متفاوت است. مارکویتز در اوایل دهه‌ی ۱۹۵۰ [۷]، پرتفوی را با تعریف بازدهی انتظاری به‌عنوان میانگین متغیر بازده و ریسک را به‌عنوان واریانس آن کمی کرد. در مدل توسعه داده شده توسط وی، سرمایه‌گذاران می‌توانند برای یک بازده معین ریسک سهام خود را کاهش داده و سبدهی با کم‌ترین ریسک سهام را گزینش کنند و یا سطح ریسک مورد علاقه‌ی خود را مشخص کرده و بازدهی انتظاری را بیشینه کنند. به این ترتیب مجموعه‌ای از سبدهای کارا ایجاد می‌شوند که اصطلاحاً آن را مرز کارا می‌نامند. بازدهی را که انتظار می‌رود در مدت یک سال از پورتفوی عاید صاحب یک آن شود، بازده مورد انتظار آن سبد می‌گویند.

زمانی که توزیع بازدهی سهام نامتقارن باشد، تشکیل پرتفوی بر مبنای واریانس ممکن است سبب از دست دادن بازدهی مورد انتظار در هر دو کران بالا و پایین شود، بدین منظور در بسیاری از مدل‌ها، الگوی نیمه واریانس مطرح شده است و محققان سعی کرده‌اند که مقدار نیمه‌ی واریانس را حداقل کنند [۸].

رئی^۲ [۱۱]، سطح ریسک سرمایه‌گذاری را به صورت سنجش احتمال سقوط ارزش سرمایه‌گذاری به پایین‌تر از سطح فاجعه^۳ تعریف می‌کند. به عبارت دیگر، احتمال این‌که سرمایه‌گذار ضرر کند و زیان وی برابر و یا بیش‌تر از میزان زیان مورد پذیرش او باشد. معیار مورد نظر رئی، حداقل کردن احتمال زیان است. این معیار به‌عنوان مشهورترین اندازه‌ی ریسک نامطلوب^۴ در منابع مالی شناخته شده است [۳].

معیار ارزش در معرض ریسک^۵ (VaR) [۶، ۱۱]، در حقیقت بیان دیگری از تعریف رئی است. مدل VaR، اجزای مختلف ریسک قیمت را در یک معیار کمی جمع می‌کند. مهم‌ترین دلیل توجه به این معیار ریسک این است که VaR ریسک کل سبد سهام را

1- Multiple attribute decision making.

2- Roy.

3- Disaster level.

4- Downside risk.

5- Value at Risk.

تنها با یک عدد بیان می‌کند. مهم‌ترین روش‌های محاسبه‌ی VaR عبارتند از: روش واریانس-کوواریانس، روش شبیه‌سازی داده‌های تاریخی^۱ و روش مونت کارلو^۲، البته تکنیک‌های دیگری مثل VAR خطی و VAR دلتا-گاما نیز به کار می‌روند [۱۴]. در ایران خالوزاده و امیری [۱۴]، نشان دادند که مدل سازی ریسک بازار بر مبنای ارزش در معرض ریسک با وجود پیچیدگی‌های محاسباتی، روش کارایی برای انتخاب سبد سهام در بازار بورس به شمار می‌رود.

به تازگی هوانگ [۵] (۲۰۰۸)، تعمیمی از تعریف مطرح شده توسط رُی را ارائه کرده است، که در آن به جای محاسبه‌ی احتمال سقوط ارزش سرمایه‌گذاری به پایین‌تر از یک سطح فاجعه، برای هر سطح فاجعه‌ی ممکن، یک احتمال در نظر گرفته می‌شود. در حقیقت در این تعریف، ریسک، دیگر یک عدد نبوده و به صورت یک نمودار تعریف می‌شود.

در این مقاله از الگوریتم ژنتیک برای انتخاب پرتفوی در بازار بورس اوراق بهادار تهران بر اساس تعریف ریسک هوانگ مورد استفاده می‌شود. به علاوه یک تابع برای اندازه‌گیری مقدار ایمن نبودن یک پرتفوی معرفی شده است. تابع مذکور برای محاسبه‌ی تابع برازندگی جواب در الگوریتم ژنتیک معرفی شده استفاده می‌شود. ثابت نبودن اندازه‌ی پرتفوی، از مهم‌ترین ویژگی‌های این تحقیق است. در روش‌های متداول برای انتخاب پرتفوی [۱۷، ۱۵، ۱۰]، ابتدا تعداد از پیش تعیین شده‌ای از سهام‌ها انتخاب و سپس وزن دهی می‌شوند. که این کار سبب می‌شود از کلیت مسأله کاسته شده و ناحیه‌ی جواب کوچک‌تر شود. در روش این مقاله تمام سهام‌های قابل انتخاب در پرتفوی، وزن دهی می‌شوند و انتخاب سهام پرتفوی به صورت غیرمستقیم انجام می‌گیرد. به این صورت که سهام با وزن صفر خود به خود از پرتفوی حذف خواهد شد.

۱-۱- تعریف ریسک

برخی اوقات سرمایه‌گذار در ارزیابی ریسک همه‌ی سطوح شدت زیان بالقوه را ارزیابی کرده و احتمال رخداد این زیان را نیز محاسبه می‌کند. بنابراین تعریفی از ریسک که هم شدت زیان و هم احتمال رخداد متناظر آن را تلفیق کند، مفید به نظر

1- Historical simulation.

2- Monte Carlo.

می‌رسد. تعریف زیر که اولین بار توسط هوانگ [۵] (۲۰۰۸)، مطرح شده، چنین ویژگی را داراست:

تعریف: فرض کنید ξ نمایش دهنده‌ی بازدهی تصادفی یک پرتفوی و b نشان دهنده‌ی بازدهی هدف سرمایه‌گذار باشد، در این صورت منحنی

$$f(r) = \Pr\{b - \xi \geq r\} \quad \forall r \geq 0$$

ریسک سرمایه‌گذاری روی آن پرتفوی نامیده می‌شود، که در آن r شناسه‌ی شدت زیان و $\Pr(0)$ تابع احتمال است.

در این تعریف $\{b - \xi\}$ زیان بالقوه‌ی پرتفوی و r نشان دهنده‌ی سطح شدت این زیان است. می‌توان مشاهده کرد که هر قدر r بزرگ‌تر باشد، شدت زیان $\{b - \xi\}$ نیز همان اندازه بیش‌تر خواهد بود. مقدار $f(r)$ احتمال این است که بازدهی سهام ξ به اندازه‌ی r از بازدهی هدف b کم‌تر باشد، برای مثال $f(b)$ احتمال بازدهی منفی و $f(0)$ احتمال بازدهی کم‌تر از بازده هدف است.

تفاوت این تعریف با تعریف ری در این است که در این تعریف، ریسک به جای یک عدد خاص یک منحنی است. از نقطه نظر ری، سرمایه‌گذارها فقط روی یک حالت از قبل مشخص متمرکز می‌شوند، در حالی که در این دیدگاه سرمایه‌گذار به همه‌ی حالات بد ممکن توجه دارد.

در این تعریف جدید می‌گوییم سهام A ایمن است، اگر

$$\Pr\{b - \xi \geq r\} \leq 0 \quad \forall r \geq 0$$

که در آن b بازده هدف از قبل تعیین شده توسط سرمایه‌گذار و r هر سطح ممکن زیان است و $a(r)$ منحنی اطمینانی است که توسط سرمایه‌گذار داده می‌شود.

۲-۱- مدل انتخاب پرتفوی

فرض کنید ξ_i بازدهی تصادفی سهم i ام باشد، بازدهی سهم در خلال یک سال (دوره) به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\xi_i = \frac{(P_i + d_i - p_i)}{p_i}$$

که در آن بر $i=1,2,\dots,n$ ، p_i^1 و d_i به ترتیب نشان دهنده‌ی قیمت بسته شده^۱ و سود سهم i برای آن سال (دوره) و p_i قیمت بسته شده‌ی آن برای سال (دوره) قبلی است.

اگر b نشان دهنده‌ی بازدهی هدف سرمایه‌گذار باشد و X_i را نسبت سرمایه‌گذاری در سهم i ، $i=1,2,\dots,n$ در نظر بگیریم، در این صورت زیان سرمایه‌گذاری به صورت زیر بیان می‌شود:

$$b - (\xi_1 X_1 + \xi_2 X_2 + \dots + \xi_n X_n)$$

فرض کنید r شناسه‌ی شدت زیان ممکن و $a(r)$ منحنی اطمینان سرمایه‌گذار باشد، برای به دست آوردن بیش‌ترین نرخ سرمایه‌گذاری و اجتناب از ریسک، باید پیشینه‌سازی بازده مورد انتظار یک پورتفوی را هدف قرار داد و لازم است که منحنی ریسک در هیچ نقطه‌ای بالاتر از منحنی اطمینان نباشد. برای بیان ریاضی مسئله، مدل زیر را خواهیم داشت:

$$\text{maximize } E[(\xi_1 X_1 + \xi_2 X_2 + \dots + \xi_n X_n)]$$

s.t.

$$\text{pr}\{b - (\xi_1 X_1 + \xi_2 X_2 + \dots + \xi_n X_n) \geq r\} \leq a(r), \forall r \geq 0$$

(محدودیت ایمن بودن سهام)

$$X_1 + X_2 + \dots + X_n = 1$$

$$X_i \geq 0, \quad i=1,2,\dots,n \quad (\text{محدودیت نرمال بودن بردار وزن } X)$$

که در آن E عملگر امید ریاضی و $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ بردار وزن سبد انتخابی است.

۲- الگوریتم ژنتیک برای انتخاب سبد سهام

الگوریتم ژنتیک (GA)، یک تکنیک تصادفی جهت دهی شده است که اولین بار جان هلند^۲ [۴] آن را معرفی کرد. الگوریتم‌های ژنتیک از روند تکامل تدریجی داروین نشأت گرفته‌اند. طبق نظریه‌ی تکامل تدریجی داروین، تنها افراد با ژن‌های مرغوب می‌توانند زنده بمانند و فرزند جدید تولید کنند و افراد با ژن‌های نامرغوب حذف خواهند شد. GA، این رفتار را با نگهداری جمعیتی از جواب‌ها با یک مقدار ارزیابی برای

1- Closed price (قیمت پایانی روز معاملاتی قبلی)

2- Holland.

هر جواب شبیه سازی می‌کند. هر جواب، با یک کروموزوم شامل چندین ژن متناظر می‌شود. ابتدا یک جمعیت اولیه از جواب‌ها (معمولاً به صورت تصادفی) تولید شده و GA وارد چرخه اصلی الگوریتم می‌شود، به وسیله‌ی برخی تکنیک‌های انتخاب، تعدادی از جواب‌ها از بین جمعیت قبلی به عنوان والد انتخاب می‌شوند. با اعمال عملگرهای توالد روی این جواب‌ها، جمعیت فرزندان تولید می‌شود. سپس بر اساس برخی تکنیک‌های انتخاب، جمعیت جدید از بین جمعیت فرزندان و جمعیت والدین انتخاب می‌شود. این چرخه تا زمانی که شرط توقف (فرضاً تعداد تکرارها) برآورده شود ادامه می‌یابد.

برای حل مدل مطرح شده، هر جواب با یک کروموزوم شامل n ژن نمایش داده می‌شود، که هر ژن می‌تواند مقادیری بین $[0, 1]$ را اختیار کند. برای از دست ندادن جواب‌های ساخته شده، با جواب‌های نشدنی^۱ نیز سر و کار داریم. جواب‌های اولیه جواب‌هایی شدند هستند، ولی جواب‌های میانی لزوماً شدنی^۲ نیستند. این جواب‌ها در محدودیت نرمال بودن بردار وزن صدق می‌کنند، ولی لزوماً محدودیت ایمن بودن سهام را رعایت نمی‌کنند.

۲-۱- تابع برازندگی^۳

تکنیک‌های مختلفی برای تعریف تابع برازندگی می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. در صورتی که تولید جواب‌های نشدنی در الگوریتم مجاز شمرده شود، باید تابع برازندگی طوری انتخاب شود که شدنی بودن جواب نهایی تضمین شود. برای مثال در مرجع [۹]، از جمع مقدار تابع هدف (هزینه کل سرویس دهی) با یک تابع از مقدار نشدنی بودن جواب، به عنوان تابع برازندگی استفاده شده است. در این مقاله، تابع برازندگی هر جواب به وسیله‌ی حاصل تقسیم بازدهی مورد انتظار سهام متناظر بر تابع مقدار ایمن نبودن سهام تعریف می‌شود. در این تحقیق تابع مقدار ایمن نبودن جواب به صورت یک به علاوه‌ی مساحت قسمتی از سطح بین منحنی ریسک و منحنی اطمینان که در آن منحنی ریسک بالاتر از منحنی اطمینان قرار گیرد، محاسبه می‌شود:

$$1 + \int_0^{1+b} \max\{0, pr\{b - \xi x \geq r\} - a(r)\} dr$$

1- Infeasible Solution.

2- Feasible.

3- Fitness function.

که ما این مقدار را با شبیه‌سازی محاسبه می‌کنیم. با این تعریف یک سهام ایمن است اگر و فقط اگر این مقدار برابر یک باشد. دلیل اضافه شدن مقدار یک، اجتناب از صفر شدن مخرج در تابع برازندگی است. در محاسبه‌ی تقریبی انتگرال، بازه‌ی [۰ و ۱] به ۱۰۰۰۰ قسمت مساوی تقسیم و در هر بازه یک عدد تصادفی برای r تولید و به ازای آن مقدار داخل انتگرال با شبیه‌سازی محاسبه می‌شود. توجه کنید که با توجه مسئله، مقدار داخل انتگرال برای $r > 1$ ، صفر است.

۲-۲- جمعیت اولیه

جمعیت اولیه و اندازه‌ی آن، در روند الگوریتم‌های ژنتیک نقش اساسی را بازی می‌کنند. در این تحقیق از یک روند ابتکاری برای تولید جمعیت اولیه استفاده می‌شود. چون تعداد سهام بازار نسبتاً زیاد است و اندازه‌ی پرتفوی در این تحقیق از قبل مشخص نمی‌شود و متغیری است که الگوریتم آن را مشخص می‌کند، برای راهنمایی الگوریتم متغیرهای متناظر سهم‌هایی که بازده‌ی تصادفی آن‌ها بیش‌تر از β (پارامتر الگوریتم) است، مقدار یک و بقیه مقدار صفر می‌گیرند. سپس برای وارد کردن عامل تصادفی و همین‌طور تنوع بخشی به جمعیت، یکی از سهم‌ها انتخاب و متغیر متناظر آن یک مقدار تصادفی حقیقی بین ۰ و ۱ می‌گیرد. چارچوب کلی الگوریتمی که برای تولید جمعیت اولیه استفاده می‌شود، به صورت زیر است:

الگوریتم تولید جمعیت اولیه

۱. برای هر سهم اگر بازده تصادفی سهم از مقدار β (پارامتر الگوریتم) بیش‌تر باشد متغیر متناظر آن را ۱ و در غیر این‌صورت ۰ قرار بده
۲. یکی از سهم‌ها را به صورت تصادفی انتخاب و مقدار متغیر متناظر آن را یک مقدار تصادفی بین ۰ و ۱ قرار بده
۳. بردار بدست آمده را یک‌ه کن
۴. اگر سهام به دست آمده ایمن نبود، مراحل بالا را تکرار کن
۵. مراحل ۱ تا ۴ را تا تکمیل جمعیت اولیه تکرار کن
۶. جمعیت به دست آمده را ارزیابی کن

اندازه‌ی جمعیت اولیه پارامتری از الگوریتم است که باید بر اساس مسئله مشخص شود. جمعیت بزرگ‌تر سبب جستجوی وسیع‌تر ناحیه‌ی جواب و در عین حال افزایش هزینه‌ی اجرای الگوریتم می‌شود. اندازه‌ی جمعیت اولیه معمولاً به وسیله‌ی سعی و خطا و یا بررسی تحلیلی نتایج مشخص می‌شود.

۲-۳- عملگرهای انتخاب

در این مقاله دو عملگر انتخاب به کار گرفته شده‌اند، یکی از این عملگرها مشخص می‌کند که کدام یک از اعضای جمعیت برای تولید مثل انتخاب شوند. در این جا برای این کار از روش چرخ رولت استفاده شده است. در این روش هر عضوی که برازندگی بیشتری دارد، از شانس بالاتری برای انتخاب برخوردار است. به این ترتیب که یک صفحه دایره‌ای شکل که می‌تواند حول محورش بچرخد، در نظر گرفته می‌شود. سپس روی این صفحه دایره‌ای شکل به تعداد افراد جمعیت، قطاع ایجاد می‌کنیم، به طوری که مساحت هر قطاع با مقدار تابع برازندگی جواب متناظر متناسب باشد. در کنار این صفحه‌ی مدور یک نشانگر قرار داده می‌شود. با چرخاندن این صفحه و بعد از توقف آن نشانگر در مقابل یکی از قطاع قرار می‌گیرد. کروموزوم متناظر این قطاع به عنوان یکی از والدین انتخاب می‌شود و این کار تا تکمیل جمعیت والدین تکرار خواهد شد.

عملگر دوم بعد از تولید جمعیت فرزندان برای تشکیل جمعیت جدید با انتخاب از بین مجموعه‌ی متشکل از جمعیت والدین و جمعیت فرزندان انجام می‌گیرد. در روش این مقاله همانند مرجع [۹] برای به دست آوردن جمعیت جدید، ۲۰٪ از جواب‌های ضعیف فرزندان، با ۲۰٪ از بهترین جواب‌های والدین جایگزین می‌شوند.

۲-۴- عملگرهای تقاطع^۱ و جهش^۲

در این تحقیق از جابه‌جایی دو نقطه‌ای برای عمل تقاطع استفاده می‌شود. در این نوع جابه‌جایی دو کروموزوم والد در کنار هم قرار داده شده و از دو نقطه‌ی شکست برش داده می‌شوند. سپس قسمت‌های برش یافته به طور یک در میان بین دو کروموزوم

1- Crossover.

2- Mutation .

جابه‌جا می‌شوند. برای تنوع بخشی به جمعیت، بعد از تولید فرزندان، یک عملگر جهش با توزیع یکنواخت روی جمعیت فرزندان اعمال می‌شود.

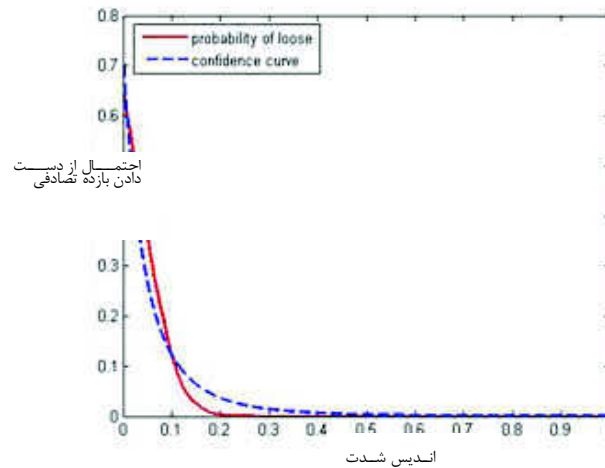
۳- مطالعه‌ی موردی

داده‌های تحقیق، شامل تمامی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران از ۱۳۷۴/۶/۲۲ تا ۱۳۸۶/۷/۲۴ است. داده‌ها از بانک‌های اطلاعاتی موجود در بورس اوراق بهادار استخراج شده‌اند. بازدهی سهام شرکت‌ها به صورت میانگین دوماهه در بانک اطلاعاتی وجود دارند. نوسان شدید در میزان بازدهی سهام شرکت‌ها از جمله معایب اصلی بازار است، به طوری که در بعضی مواقع بازدهی سهام شرکت از میزان صفر به میزان بیش از ۱۴۰ درصد تغییر یافته است. مورد دیگر، وجود شرکت‌هایی (تعداد ۱۰ شرکت) با بازدهی متوسط منفی در طول دوره است.

در این مطالعه‌ی موردی، از بین همه‌ی شرکت‌های موجود در بازار، آن‌هایی که تعداد داده‌هایشان بیش‌تر از ۳۰ داده بود انتخاب شده‌اند، تا بتوان جامعه‌ای با توزیعی تقریباً نرمال به دست آورد. سپس یک جامعه‌ی نرمال برای داده‌های هر شرکت برآزش شد، یعنی میانگین و انحراف معیار جامعه‌های تقریبی مورد نظر به دست آمد. از بین ۲۷۰ شرکت انتخاب شده، شرکت‌های دارای نرخ بازده با میانگین دوماهه زیر ۳٪ (۱۹٪/ سالانه) حذف شدند. چون دور از انتظار است یک سرمایه‌گذار در شرکتی با نرخ بازده زیر ۳٪ سرمایه‌گذاری کند در حالی که بانک‌ها یک سود نزدیک به این مقدار را به صورت تضمینی پرداخت می‌کنند. بعد از حذف این شرکت، سهام ۲۰۵ شرکت باقی مانده برای وزن‌دهی انتخاب شد (جدول ۱).

معمولاً در این موارد تعدادی از این سهام به عنوان سبد سهام انتخاب و سپس وزن‌دهی می‌شوند [۱۰، ۱۵، ۱۷]. انتخاب سهام به طور مستقل از وزن آن‌ها فضای شدنی را محدود کرده و از کلیت مسئله خواهد کاست. برای روبرو نشدن با چنین مشکلی، تمام سهام ۲۰۵ شرکت برای وزن‌دهی انتخاب شده‌اند. بدیهی است که با این کار سهام با وزن صفر خود به خود حذف می‌شوند.

برای استفاده از الگوریتم مطرح شده در بخش قبل، علاوه بر توزیع نرخ بازده هر سهم که به صورت یک توزیع نرمال محاسبه شد، لازم بود منحنی اطمینان و بازده هدف نیز مشخص شوند. بازدهی هدف، ۶٪ و منحنی اطمینان بر اساس منحنی ریسک بازار در نظر گرفته شد. برای به دست آوردن معادله‌ی منحنی اطمینان، ابتدا با استفاده از شبیه‌سازی، منحنی ریسک یک سهم با میانگین و انحراف معیار بازار را (که به ترتیب



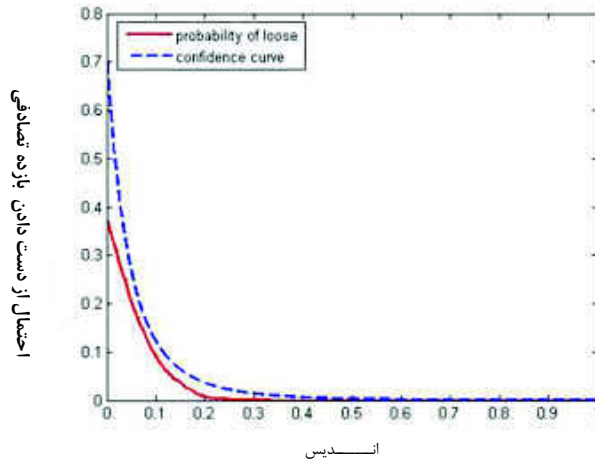
نمودار ۱- برازش منحنی ریسک بازار برای به دست آوردن منحنی اطمینان. منحنی ممتد نشان دهنده‌ی منحنی ریسک بازار و منحنی خط چین نشان دهنده‌ی منحنی اطمینان است که با رابطه‌ی زیر داده می‌شود.

به بیان دقیق‌تر، $\alpha(r)$ را برازشی از منحنی ریسک بازار به صورت

$$\alpha(r) = \frac{1}{(\beta r + \gamma)^2}$$

$$\alpha(r) = \frac{1}{(6r + 1/0.9)^4}$$

سپس با این داده الگوریتم مطرح شده پیاده‌سازی شد. این الگوریتم را با اندازه‌ی جمعیت اولیه $\text{popsize}=40$ و 235 تکرار اجرا کردیم، که سهامی ایمن با توجه به $\alpha(r)$ با نرخ بازده 9.55% در دو ماه و 73% سالانه به دست آمد، که در آن تعداد سهام‌های با وزن‌های غیرصفر 78 سهم بود. نمودار ۲ شدنی بودن جواب به دست آمده را نمایش می‌دهد. با توجه به این نمودار، دیده می‌شود که منحنی ریسک در هر نقطه پایین‌تر از منحنی اطمینان قرار می‌گیرد، یعنی جواب متناظر در محدودیت ایمن بودن سهام صدق می‌کند.



نمودار ۲- شدنی بودن جواب به دست آمده توسط الگوریتم. منحنی ممتد، منحنی ریسک بازار و منحنی خط چین، منحنی اطمینان را نشان می‌دهد.

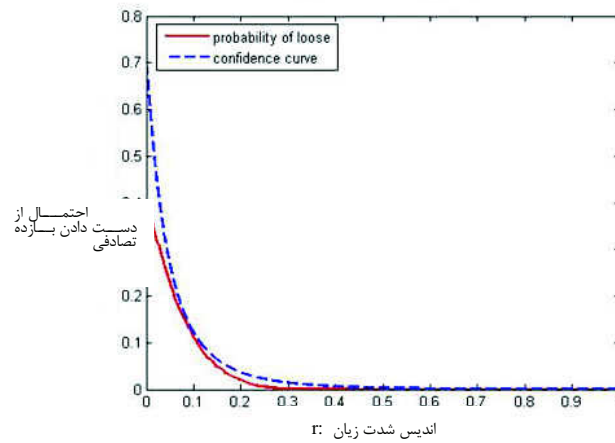
برای کاهش این تعداد، وزن‌های زیر ۰.۰۰۰۰۱ (و سپس ۰.۰۰۰۱) را صفر در نظر گرفته و سهم‌های متناظر حذف شدند و به این ترتیب تعداد سهم‌های باقی مانده به ۴۸ (و سپس ۱۳) سهم کاهش یافت. با این که این وزن‌ها ناچیز است، با این وجود باید ایمن بودن پرتفوی‌های جدید بررسی شود. با توجه به تغییرات انجام شده، ایمن بودن پرتفوی‌ها به هم نخورد. نرخ بازده‌های به دست آمده با صفر کردن وزن‌های زیر ۰.۰۰۰۰۱ و ۰.۰۰۰۱، به ترتیب ۹.۵۶٪ و ۹.۶۰٪ شد. جدول‌های ۱ و ۲ وزن‌های غیرصفر این جواب‌ها و نمودارهای ۳ و ۴ شدنی بودن آن‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۲- وزن‌های غیرصفر برای سهمی که با صفر کردن وزن‌های زیر ۰.۰۰۰۰۱ و نرمال کردن بردار وزن جدید به دست آمده است.

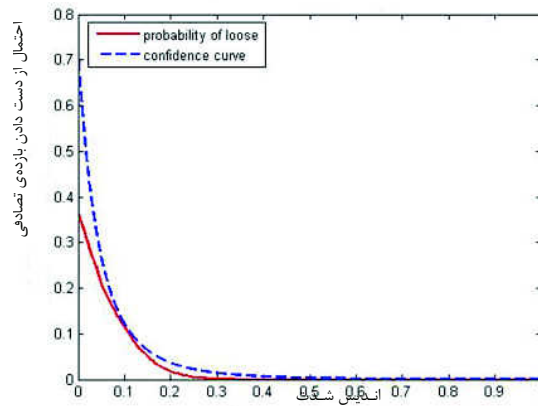
| | | | | | | | | | | | | |
|----------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|
| شماره | ۲۲ | ۲۴ | ۲۹ | ۳۶ | ۴۰ | ۴۲ | ۴۳ | ۴۴ | ۴۵ | ۴۶ | ۵۰ | ۵۱ |
| درصد وزن | ۰.۱۶۶۴ | ۰.۱۶۶۴ | ۰.۰۹۳۵ | ۰.۰۱۱۷ | ۰.۱۱۰۸ | ۰.۰۳۱۶ | ۲.۱۴۷۷ | ۰.۰۳۱۶ | ۰.۰۱۲۰ | ۰.۰۶۵۲ | ۰.۰۴۵۰ | ۸.۶۱۵۱ |
| شماره | ۵۲ | ۵۵ | ۶۷ | ۶۸ | ۷۰ | ۷۷ | ۸۱ | ۸۴ | ۸۶ | ۸۷ | ۸۸ | ۹۰ |
| درصد وزن | ۰.۰۳۴۴ | ۰.۰۵۰۹ | ۰.۰۲۸۱ | ۰.۰۱۰۳ | ۰.۰۵۹۱ | ۰.۰۲۰۸ | ۰.۰۳۰۶ | ۰.۰۴۱۵ | ۰.۰۸۳۵ | ۱۸.۵۷۷۵ | ۰.۰۴۷۴ | ۰.۰۲۴۵ |
| شماره | ۹۳ | ۹۴ | ۱۰۶ | ۱۰۷ | ۱۱۳ | ۱۱۷ | ۱۲۵ | ۱۲۸ | ۱۳۳ | ۱۳۴ | ۱۳۶ | ۱۳۷ |
| درصد وزن | ۰.۰۱۶۹ | ۳۳.۰۹۰۰ | ۰.۰۱۰۷ | ۰.۰۱۰۷ | ۰.۰۲۵۱ | ۰.۰۲۵۱ | ۲۳.۶۱۸۲ | ۰.۱۶۷۶ | ۵.۷۳۰۶ | ۰.۰۹۳۸ | ۰.۰۳۸۰ | ۲.۵۹۳۳ |
| شماره | ۱۳۹ | ۱۴۰ | ۱۴۱ | ۱۴۴ | ۱۴۵ | ۱۴۹ | ۱۵۱ | ۱۵۲ | ۱۶۸ | ۱۷۰ | ۱۷۳ | ۱۸۶ |
| درصد وزن | ۰.۰۳۸۰ | ۰.۰۳۸۰ | ۰.۰۳۸۰ | ۰.۰۱۸۶ | ۰.۰۱۶۵ | ۰.۰۵۷۱ | ۰.۰۱۱۶ | ۰.۰۱۲۸ | ۰.۰۱۱۹ | ۰.۰۱۴۳ | ۰.۰۵۱۱ | ۳.۶۷۲۲ |

جدول ۳- وزن‌های غیر صفر برای سهامی که با صفر کردن وزن‌های زیر ۰.۰۰۱ و نرمال کردن بردار وزن جدید به دست آمده است.

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| شماره | ۲۲ | ۲۴ | ۴۰ | ۴۳ | ۵۱ | ۸۷ | ۹۴ | ۱۲۵ | ۱۲۸ | ۱۳۳ | ۱۳۷ | ۱۴۵ | ۱۸۶ |
| درصد | ۰.۱۶۸۴ | ۰.۱۶۸۴ | ۰.۱۱۲۲ | ۲.۱۷۴۶ | ۸.۷۲۲۲ | ۱۸.۸۰۹۶ | ۳۳.۵۰۳۴ | ۲۳.۹۱۳۲ | ۰.۱۶۹۷ | ۵.۸۰۲۲ | ۲.۶۲۵۷ | ۰.۱۰۷۹ | ۳.۷۲۲۲ |
| وزن | | | | | | | | | | | | | |



نمودار ۲- نمودار ایمن بودن سهام متناظر با جدول ۲.



نمودار ۳- نمودار ایمن بودن سهام متناظر با جدول ۳.

با توجه به نتایج به دست آمده، در نهایت تعداد ۱۳ شرکت از ۱۰ گروه انتخاب شدند، که عبارتند از:

۱. طیف سایپا از گروه خودرو و ساخت قطعات
۲. تهران شیمی، از گروه مواد و محصولات دارویی
۳. درخشان، از صنایع لاستیک و پلاستیک
۴. سینا دارو، از گروه مواد و محصولات دارویی
۵. شرکت فراوری مواد معدنی ایران، از فلزات اساسی
۶. شرکت شهید، از قند و شکر
۷. ترانسفورماتور، از ماشین آلات دستگاهی برقی
۸. خارک، از محصولات شیمیایی
۹. کیمیا دارو، از گروه مواد و محصولات دارویی
۱۰. کوثر، از گروه مواد و محصولات دارویی
۱۱. سرمایه گذاری ساختمان ایران

معادن بافق از استخراج کانی های فلزی

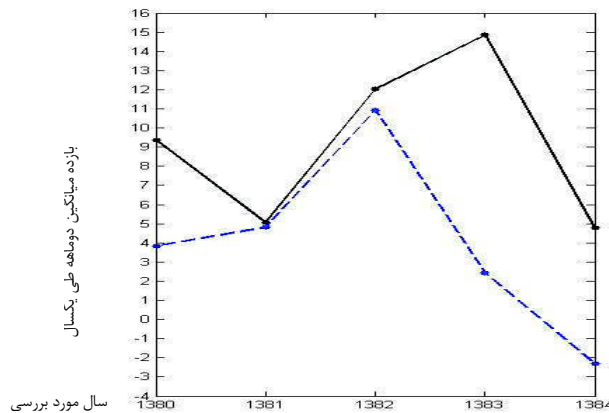
کارخانجات صنعتی پیام از ساخت رادیو و تلویزیون و دستگاهها و وسایل ارتباطی با توجه به نتایج ارائه شده، می توان به وضعیت صنعت مواد و محصولات دارویی اشاره کرد. تعداد ۴ شرکت در پرتفوی حاصل از صنعت دارویی است، از عوامل مؤثر در این انتخاب، می توان به حاشیه ای امنیت و سودآوری این شرکتها که به واسطه ی تکنولوژی و پیشرفت سریع علم به دست می آید، اشاره کرد. این صنعت در مقایسه با دیگر صنایع، از ثبات بیش تری برخوردار است، زیرا قیمت تولیدات دارویی توسط وزارت بهداشت کنترل شده و افزایش نمی یابد. این نکته حائز اهمیت است که بازار دارویی کشور به شدت رقابتی است.

۳-۱- ارزیابی عملکرد پرتفوی

با توجه به جدید بودن تعریف ریسک مورد استفاده و معرفی نشدن مدلها و روشهای دیگر مطابق با این تعریف ریسک، مقایسه ی نتایج به دست آمده تنها با پرتفوی بازار ممکن بود. با توجه به این که منحنی اطمینان برازشی از منحنی ریسک بازار انتخاب شده است، این مقایسه منطقی به نظر می رسد. برای مقایسه، بازده مورد

انتظار پرتفوی انتخابی با بازار در سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۴ مورد استفاده قرار گرفت (نمودار ۵). دلیل انتخاب این سال‌ها برای مقایسه، کامل بودن داده‌های موجود برای همه‌ی شرکت‌های پرتفوی در این سال‌هاست. نتایج نشان می‌دهد که بازدهی پرتفوی حاصل در این سال‌ها به میزان قابل توجهی از بازده بازار بهتر است، با این حال اگر بخواهیم در ارزیابی عملکرد پرتفوی حاصل دقیق باشیم، باید عملکرد آن را بر اساس ریسک تعدیل شده^۱ ارزیابی کنیم [۱۶].

در این مقاله، معیار نسبت پاداش به نوسان‌پذیری بازده^۲ ترینر^۳، برای ارزیابی عملکرد پرتفوی مورد استفاده قرار می‌گیرد. به این معیار و معیارهای نسبت پاداش به تغییرپذیری^۴ شارپ^۵ و معیار تفاوت بازدهی جنسن^۶ معیارهای ترکیبی^۷ (ریسک تعدیل شده) عملکرد پرتفوی گفته می‌شود و اغلب از آن‌ها برای ارزیابی عملکرد پرتفوی استفاده می‌شود. در ادامه توضیح مختصری از معیار نسبت پاداش به نوسان‌پذیری بازده ارائه می‌شود. خواننده‌ی علاقه‌مند به توضیحات بیش‌تر در مورد معیارهای ارزیابی عملکرد پرتفوی، می‌تواند به کتاب [۱۶] مراجعه کند.



نمودار ۵ - مقایسه‌ی بازدهی سبد به دست آمده با بازدهی بازار. منحنی ممتد، منحنی بازدهی پرتفوی انتخابی و منحنی خط چین، منحنی بازدهی بازار را نشان می‌دهد.

- 1- Risk-adjusted.
- 2- Reward-to-Volatility Ratio (RVOL).
- 3- Jack Treynor.
- 4- Reward-to-Variability Ratio (RVAR).
- 5- William Sharpe.
- 6- Jensen's Differential Return Measure.
- 7- Composite measures.

یکی از کسانی که در صدد ایجاد ارتباط میان ریسک پرتفوی و بازده آن برآمد، ترینر بود. ترینر برای این کار معیاری با نام نسبت پاداش به نوسان پذیری بازده ارائه کرد. معیار ترینر، متوسط بازده مازاد پرتفوی در طول دوره‌ی خاص را با ریسک سیستماتیک آن (که به صورت بتای پرتفوی اندازه‌گیری می‌شود) مرتبط می‌کند. نسبت پاداش به نوسان پذیری بازده به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$RVOL = \frac{\overline{TR}_p - \overline{RF}}{b_p}$$

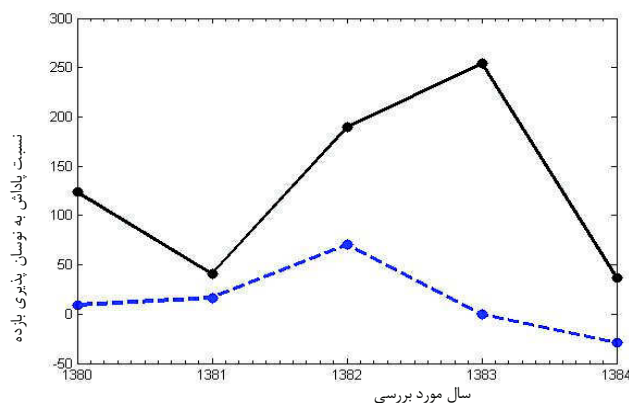
که در این معادله داریم:

$$\overline{TR} = \text{متوسط بازدهی کل پرتفوی } P \text{ در طول دوره}$$

\overline{RF} = متوسط نرخ بازدهی بدون ریسک (برای مثال نرخ بهره اوراق مشارکت) در طول دوره

b_p = ریسک سیستماتیک یا بتای پرتفوی P ، معمولاً بتا را می‌توان از طریق داده‌های تاریخی و به وسیله‌ی رگرسیون بازدهی کل برای اوراق بهادار، در مقابل بازدهی کل برای شاخص بازار به دست آورد.

مقایسه‌ی عملکرد پرتفوی انتخابی با پرتفوی بازار نیز با استفاده از داده‌های سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۴ انجام گرفت. نتایج این مقایسه (نمودار ۶) نشان می‌دهد که براساس نسبت پاداش به نوسان پذیری بازده، عملکرد پرتفوی به دست آمده به مراتب از عملکرد بازار بهتر است.



نمودار ۶ - مقایسه عملکرد سبد به دست آمده با عملکرد بازار بر اساس معیار ترینر. منحنی ممتد، منحنی عملکرد پرتفوی انتخابی و منحنی خط چین، عملکرد بازار را نشان می‌دهد.

۴- نتیجه‌گیری

در این مقاله، براساس جدیدترین تعریف مطرح شده از ریسک، یک روش انتخاب و وزن‌دهی سبد سهام بر پایه‌ی الگوریتم ژنتیک مطرح شد. به علاوه از ویژگی‌های جدید این الگوریتم نسبت به سایر الگوریتم‌های GA مورد استفاده برای انتخاب پرتفوی بهینه، می‌توان به متغیر بودن اندازه‌ی پرتفوی، نحوه‌ی تولید جمعیت اولیه و تابع برازندگی تعریف شده اشاره کرد. این روش برای به دست آوردن یک پرتفوی با نرخ بازدهی بالا و ریسک کنترل شده مناسب به نظر می‌رسد. با توجه به این‌که این تعریف از ریسک تعمیمی از تعریف رُی است، می‌تواند جایگزین خوبی برای تعریف قبلی از ریسک باشد. همچنین در این تحقیق یک مطالعه‌ی موردی روی کل بازار بورس اوراق بهادار تهران انجام گرفت. الگوریتم مطرح شده در محیط MATLAB 7.0.4 برنامه نویسی شد. با توجه به این‌که میزان ریسک‌پذیری خیلی کم انتخاب شده (در حد ریسک بازار) و حداکثر میزان نرخ بازده ممکن، پایین است، و همچنین بازده‌های بالای ۱۰٪ در بین داده‌ها دارای واریانس بالایی بوده و به دست آوردن سبد سهامی با بازده بیش از ۱۰٪ (که در محدودیت ایمن بودن سهام صدق کند) دور از انتظار است. به نظر می‌رسد با وجود کم بودن تعداد تکرارهای الگوریتم نتایج به دست آمده بسیار مناسب می‌باشد. در کارهای آتی می‌توان روی استفاده از مدل‌های جدید یا روش‌های دیگر متمرکز شد. به علاوه انتظار می‌رود با تغییراتی در روش و مدل، از جمله نحوه‌ی ساختن جواب‌های اولیه، نحوه برخورد با جواب‌های نشدنی و همین‌طور کنترل هم‌زمان این نوع ریسک با نیمه واریانس سهام نتایج بهتر و مطمئن‌تری به دست آید.

تشکر و قدردانی

در این جا لازم می‌دانیم از تمام کسانی که به طور مستقیم یا غیرمستقیم ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند، به خصوص از آقای عنایت باقرزاده به دلیل کمک به رفع برخی از ابهامات تحقیق تشکر و قدردانی نماییم.

فهرست منابع

- ۱- دکتر خالوزاده حمید، امیری نسیمه، (۱۳۸۵) تعیین سبد سهام بهینه در بازار بورس ایران بر اساس نظریه ارزش در معرض ریسک. مجله‌ی تحقیقات اقتصادی، شماره‌ی ۷۳، صفحات ۲۳۱-۲۱۱.

- ۲- چارلز پی جونز، (۱۳۸۶)، مدیریت سرمایه‌گذاری. ترجمه و اقتباس: دکتر رضا تهرانی، عسگر نوربخش، انتشارات نگاه دانش، چاپ سوم.
- ۳- دکتر سوقی سید کمال، البدوی امیر، اصفهانی پور اکبر (۱۳۸۵)، انتخاب سبد سهام در بورس با رتبه‌بندی صنایع و شرکت‌ها، نشریه امیرکبیر، ۱۷(ب-۶۵)، صفحات ۲۹-۲۱.
- ۴- دکتر شاه عزیزاده محمد و دکتر معماریانی عزیز الله (۱۳۸۲)، چارچوب ریاضی‌گزینش سهام با اهداف چندگانه، فصل‌نامه‌ی بررسی‌های حسابداری و حسابرسی، سال دهم، شماره‌ی ۳۲، صفحات ۱۰۲-۸۳.
- ۵- دکتر راعی رضا (۱۳۷۷)، طراحی مدل سرمایه‌گذاری مناسب در سبد سهام با استفاده از هوش مصنوعی (شبکه‌های عصبی)، به راهنمایی کارو لوکس. / پایان‌نامه (دکتر) - دانشگاه تهران.
- ۶- ناهید غلامرضا (۱۳۸۷)، ارائه مدل‌گزینش سبد سهام با استفاده از تصمیم‌گیری چند معیاره، به راهنمایی علی محمد کیمیاگری. پایان‌نامه (کارشناسی ارشد) - دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
- 7- Fama E.F. (1970), Efficient capital markets: A review of theory and empirical work. *Journal of finance*, 25:2, pp. 283-417.
- 8- Gaivoronski A., Pflug, G., (2005), "Value at Risk in portfolio optimization: properties and computational approach", *Journal of Risk*, Vol. 7, No. 2, pp. 1-31.
- 9- Grootveld H., Hallerbach W., (1999), Variance vs. downside risk: Is there really that much difference? *European Journal of Operational Research* 114 304-319.
- 10- Holland J. H. (1975), *Adaptation in Natural and Artificial Systems*, University of Michigan Press, Ann Arbor, 1975.
- 11- Huang X. (2008), Portfolio selection with a new definition of risk, *European Journal of Operational Research*, 186, pp.351-357.
- 12- Kam K. (2006), *Portfolio Selection Methods: An Empirical Investigation*, Master of Science thesis University of California.
- 13- Markowitz H. M., (1952). Portfolio selection, the *journal of finance*, volume 7, issue 1 pp. 77-91.
- 14- Markowitz H. M. (1959), *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments*, Wiley, New York.
- 15- Nejoomi- Markid A., Hatami N. (2008) Assignment of Applicants to the Service Stations: Problem Definition, Solving with a Genetic

- Algorithm. 4th GIS Conference along with ISPRS Workshop on Geo-information and Decision Support Systems, Tehran, Iran, 'www.ncc.org.ir/_DouranPortal/Documents/main_56.pdf'.
- 16- Oh K. J., Kim T.Y., Min S. (2005), Using genetic algorithm to support portfolio optimization for index fund management, *Expert Systems with Applications*, vol 28, pp. 371-379.
- 17- Philippe J. (1996), *Value at Risk: The New Benchmark for Controlling Market Risk*, Irwin Professional Publishing, Chicago.
- 18- Raei, R. (2007), Risky Portfolio Selection Through Neural Networks, *The Iranian Accounting and Auditing Review Winter*, 13(46), pp. 70-83.
- 19- Roy A. D. (1952), Safety first and the holding of assets, *Econometrics*, 20, pp. 431-449.