

## یک مدل فازی برای به روز رسانی پورتفوی با در نظر گرفتن هزینه های معاملات: پیاده سازی در بورس اوراق بهادار تهران

آرش خیامیم\*<sup>۱</sup>، ابوالفضل میرزازاده<sup>۲</sup>، بهمن نادری<sup>۳</sup>

۱- کارشناس ارشد، دانشگاه خوارزمی، گروه مهندسی صنایع، تهران، ایران

۲- دانشیار، دانشگاه خوارزمی، گروه مهندسی صنایع، تهران، ایران

۳- استادیار، دانشگاه خوارزمی، گروه مهندسی صنایع، تهران، ایران

رسید مقاله: ۵ آذر ۱۳۹۲

پذیرش مقاله: ۴ اردیبهشت ۱۳۹۳

### چکیده

مدل های بهینه سازی پورتفوی پس از شناسایی پورتفوی بهینه آن را تا پایان دوره سرمایه گذاری رها می کنند. حال آنکه موقعیت های اقتصادی همواره در حال تغییر است. با توجه به این موضوع، مقاله پیش رو مدلی برای بازنگری در ترکیب پورتفوی پیشنهاد می کند. استراتژی پیشنهاد شده افق سرمایه گذاری را به زير دوره های کوتاه تر تقسیم و در ابتدای هر زير دوره ترکیب پورتفوی را با شرایط بازار هماهنگ می نماید. این تحقیق یک مدل چندهدفه غیرخطی فازی ارائه می کند که پورتفوی را با توجه به هزینه های معاملات، خصوصیات سرمایه گذار و نرخ بازده بدون ریسک به روز می نماید. سرانجام در غالب یک مطالعه موردی، مدل پیشنهادی با داده های واقعی جمع آوری شده از بازار بورس تهران برای سه سرمایه گذار با خصوصیات مختلف اجرا شده است. نتایج این مطالعه نشان می دهد که مدل ارائه شده قادر است عملکردی بهتر از شاخص بازار ارائه کند.

**کلمات کلیدی:** بهینه سازی سبد سهام، انتخاب پورتفوی، برنامه ریزی فازی، هزینه معاملات، به روز رسانی پورتفوی.

### ۱ مقدمه

بورس اوراق بهادار مهمترین جایگاه تخصیص منابع مالی به فعالیت های اقتصادی است. از این رو، توسعه ساز و کارهای مناسب برای مدیریت بهینه سرمایه گذاری در این بازار از اهمیت ویژه ای برخوردار است. سرمایه گذاری در بازارهای مالی در غالب پورتفوی (Portfolio) یا سبد دارایی ها صورت می گیرد. در حقیقت، پورتفوی مجموعه ای از دارایی های مالی مثل سهام، اوراق قرضه و پول نقد است که توسط سرمایه گذار نگهداری می شود. ترکیب پورتفوی بیان گر چگونگی تخصیص سرمایه به هر یک از دارایی های مالی است. از این رو، بهینه سازی پورتفوی یکی از مسایل اساسی در مدیریت مالی به شمار می رود.

\*عده دار مکاتبات

آدرس الکترونیکی: arash.khayamim@gmail.com

مدل‌های فعلی معمولاً پورتفوی بهینه را انتخاب کرده؛ آن را تا پایان دوره سرمایه‌گذاری رها می‌کنند. اما موقعیت‌های اقتصادی همواره در حال دگرگونی است و اصلاح ترکیب پورتفوی به موازات تغییر وضعیت بازار ضروری به نظر می‌رسد. در عمل نیز بیشتر سرمایه‌گذاران، هم‌گام با تغییر شرایط بازار در ترکیب پورتفوی خود بازنگری می‌نمایند. از این رو، مدلی مورد نیاز است که بتواند پورتفوی را با اطلاعات تازه به‌دست آمده از بازار هماهنگ کند.

چنین فرآیندی فروش برخی از دارایی‌های مالی و جای‌گزین کردن دارایی‌های دیگر را شامل خواهد شد. اما خرید و فروش این دارایی‌ها مستلزم پرداخت هزینه‌های مختلف مثل مالیات و کارمزد شرکت‌های کارگزاری است. مرور ادبیات نشان می‌دهد که مدل‌های بهینه‌سازی پورتفوی غالباً این هزینه‌ها را نادیده می‌گیرند. با توجه به تحقیقاتی که در سال‌های اخیر انجام شده است؛ چشم‌پوشی از این هزینه‌ها می‌تواند منجر به انتخاب سبدهای غیربهینه شود. علاوه بر این، از آنجا که سرمایه‌گذاران ویژگی‌ها و خواسته‌های گوناگونی دارند ترکیب پورتفوی بهینه نیز برای هر یک از آن‌ها متفاوت خواهد بود. به بیان دیگر، پورتفوی موضوعی شخصی است که با شرایط و وضعیت خاص هر سرمایه‌گذار تناسب دارد. بر این اساس، تحقیق پیش‌رو یک مدل برنامه‌ریزی فازی برای به‌روز-رسانی پورتفوی (Portfolio rebalancing) با در نظر گرفتن هزینه‌های معاملات، خصوصیات سرمایه‌گذار و نرخ بازده بدون ریسک (نرخ بهره بانکی) ارایه می‌کند. در پایان، کارایی مدل در مطالعه‌ای تجربی با داده‌های واقعی به‌دست آمده از بورس تهران مورد سنجش قرار می‌گیرد.

ساختار تحقیق پیش‌رو به این صورت است که بخش بعدی به مبانی نظری و مرور ادبیات مربوط به تئوری پورتفوی، مدل‌های بهینه‌سازی پورتفوی و روش برنامه‌ریزی فازی می‌پردازد. بخش سوم یک مدل چندهدفه غیرخطی برای مساله به‌روز رسانی پورتفوی ارایه می‌کند. هم‌چنین، این بخش یک شیوه برنامه‌ریزی فازی نیز برای حل مدل در تناسب با خصوصیات سرمایه‌گذار معرفی می‌نماید. بخش چهارم اعتبار مدل پیشنهادی را با داده‌های واقعی بورس اوراق بهادار تهران مورد بررسی قرار می‌دهد. نتیجه‌گیری و پیشنهاد برای پژوهش‌های آینده نیز پیکره تحقیق حاضر را در بخش پنجم کامل می‌کند.

## ۲ مبانی و ادبیات تحقیق

### ۲-۱ تئوری نوین پورتفوی

تئوری نوین پورتفوی با مقاله مشهور مارکوویتز [۱] پایه‌ریزی شده است. او برای نخستین بار بازده و ریسک دارایی‌های مالی را با استفاده از مقیاس‌های آماری آن‌ها، یعنی بازده مورد انتظار و انحراف معیار بازده، کمی‌سازی کرد. او پیشنهاد می‌کند سرمایه‌گذار بازده و ریسک را به‌طور موازی در نظر بگیرد و بر مبنای بده بستان میان آن‌ها، برای تخصیص سرمایه خود تصمیم‌گیری کند. او این فرآیند را به صورت یک مساله بهینه‌سازی درمی‌آورد که بازده مورد انتظار پورتفوی را بیشینه و ریسک آن را کمینه می‌کند. پیرامون این مدل که به مدل میانگین-واریانس شهرت دارد؛ تاکنون تحقیقات فراوانی صورت گرفته است. هم‌چنین، منابع پرشماری برای

آشنایی با روند تکامل این تئوری وجود دارد [۲-۴]. این بخش پس از تعریف ریسک و بازده مورد انتظار پورتنفوی، به معرفی چهارچوب مدل میانگین-واریانس می‌پردازد.

## ۲-۱-۱ ریسک و بازده مورد انتظار پورتنفوی

بازده در حقیقت پاداشی است که سرمایه‌گذار به ازای پذیرش ریسک دریافت می‌کند. مارکوویتز، بازده مورد انتظار پورتنفوی را به صورت میانگین وزن‌دار بازده مورد انتظار تک‌تک دارایی‌ها تعریف می‌نماید. اگر فرض کنیم  $S = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$  مجموعه کل دارایی‌های مالی باشد؛ رابطه (۱) بازده مورد انتظار پورتنفوی را محاسبه می‌کند.

$$E(R_p) = \sum_{i \in S} x_i r_i \quad (1)$$

در این رابطه،  $E(R_p)$  بازده مورد انتظار پورتنفوی و  $x_i$  نیز نسبتی از کل بودجه است که روی دارایی  $i$ ام سرمایه‌گذاری می‌شود ( $0 \leq x_i \leq 1$ ). هم‌چنین،  $r_i$  میزان بازده مورد انتظار دارایی  $i$ ام را نشان می‌دهد. اگر  $R_i$  را به عنوان یک متغیر تصادفی در نظر بگیریم که بیان‌گر بازده دارایی  $i$ ام است،  $r_i$  بر اساس داده‌های تاریخی  $T$  دوره‌ی قبل و با استفاده از رابطه (۲) تخمین زده می‌شود. در این رابطه  $r_{it}$  بازده واقعی دارایی  $i$ ام در دوره  $t$  است.

$$r_i = E(R_i) = \frac{\sum_{t=1}^T r_{it}}{T} \quad (2)$$

مطابق تئوری پورتنفوی، ریسک نیز موضوع دیگری است که در کنار بازده مورد بررسی قرار می‌گیرد. مارکوویتز ریسک را به صورت پراکندگی بازده تعریف کرده است و از آنجا که واریانس، میزان پراکندگی را نشان می‌دهد. از این مقیاس برای اندازه‌گیری ریسک استفاده می‌کند. واریانس پورتنفوی از رابطه (۳) محاسبه می‌شود.

$$\sigma_p^2 = \sum_{i \in S} \sum_{j \in S} x_i x_j \sigma_{ij} \quad (3)$$

در این رابطه،  $\sigma_p^2$  واریانس پورتنفوی و  $\sigma_{ij}$  نیز کوواریانس دارایی‌های  $i$  و  $j$  است که مقدار آن از رابطه (۴) قابل محاسبه می‌باشد.  $\rho_{ij}$  ضریب وابستگی بازده دارایی‌های  $i$  و  $j$ ، و  $\sigma_i$  انحراف معیار دارایی  $i$ ام است.

$$\sigma_{ij} = \rho_{ij} \sigma_i \sigma_j \quad (4)$$

همان‌طور که رابطه (۴) نشان می‌دهد ایده اساسی در اینجا متنوع‌سازی پورتنفوی است. چرا که میزان ریسک پورتنفوی نه تنها با ریسک تک‌تک دارایی‌های درون آن بلکه با میزان وابستگی این دارایی‌ها به یکدیگر نیز ارتباط دارد. مارکوویتز معتقد است که سرمایه‌گذار نمی‌خواهد روی دارایی‌هایی سرمایه‌گذاری کند که به شدت به

یکدیگر وابسته باشند زیرا در این صورت ممکن است هم زمان همه آنها عمل کرد بدی داشته؛ در مجموع زیان زیادی حاصل شود [۵].

## ۲-۱-۲ مدل میانگین- واریانس

مدل میانگین- واریانس، پورتفوی را به گونه ای انتخاب می کند که ریسک آن برای سطح مطلوبی از بازده کمینه شود. برنامه ریزی ریاضی مدل میانگین- واریانس به صورت زیر است.

$$\text{Min } \sigma_p^2 = \sum_{i \in S} \sum_{j \in S} x_i x_j \sigma_{ij} \quad (5)$$

s.t.

$$E(R_p) = \sum_{i \in S} x_i r_i \geq R_0 \quad (6)$$

$$\sum_{i \in S} x_i = 1 \quad (7)$$

$$x_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, n \quad (8)$$

در اینجا  $R_0$  حداقل بازده مورد انتظار پورتفوی است. این مدل ریسک پورتفوی را مطابق با تابع هدف (۵) کمینه می کند و محدودیت (۶) نیز بازده مورد انتظار پورتفوی را بالاتر از سطح مطلوب آن نگه می دارد. مطابق با محدودیت (۷) کل بودجه سرمایه گذاری می شود و در نهایت محدودیت (۸) نیز بیان گر غیر منفی بودن وزن هر دارایی در پورتفوی است. این مدل نوعی برنامه ریزی درجه دوم (Quadratic programming) است که با حل آن کمترین واریانس متناظر با مقادیر مختلف  $R_0$  به دست می آید. به این ترتیب، مرز کارا (مرز پارتو) مشخص و پورتفوی بهینه شناسایی می شود (برای آشنایی دقیق تر با مفهوم جواب بهینه پارتو رجوع شود به [۶]).

## ۲-۱-۳ ترکیب یک پورتفوی با یک دارایی بدون ریسک

دارایی ریسکی، دارایی است که بازده آینده آن نامعین است. ثوری پورتفوی این عدم قطعیت (یا ریسک) را با واریانس بازده مورد انتظار، اندازه گیری می کند. در سوی دیگر، دارایی بدون ریسک قرار دارد که بازده آینده آن قطعی و از پیش تعیین شده است. بنابراین، واریانس آن برابر صفر است و به آسانی اثبات می شود که کوواریانس آن نیز با هر دارایی یا پورتفوی دیگر، برابر صفر خواهد بود [۷]. از این رو، ورود یک دارایی بدون ریسک به مساله تاثیری بر محاسبات واریانس پورتفوی ندارد و تنها بازده مورد انتظار آن را تغییر می دهد.

## ۲-۲ پیشینه مدل های بهینه سازی پورتفوی با در نظر گرفتن هزینه های معاملات

به خاطر پیچیدگی محاسباتی مدل میانگین- واریانس این مدل در سال های ابتدایی به آسانی قابل استفاده نبود؛ به ویژه از این جهت که معمولاً تعداد متغیرهای تصمیم در مسایل انتخاب پورتفوی زیاد است. در نتیجه پژوهش های اولیه بیشتر بر کاهش پیچیدگی محاسباتی این مدل تمرکز دارد (مثل [۸]). اما با توسعه رایانه و

افزایش توان محاسباتی، پژوهش گران در جهت بهبود قابلیت‌های این مدل گام برداشتند. حل مدل در حالت چنددوره‌ای (Multi-period) و در نظر گرفتن هزینه‌های معاملات نیز بخشی از این قابلیت‌هاست.

موسین [۹] اولین نمونه از مدل‌های چنددوره‌ای بهینه‌سازی پورتفوی را ارائه می‌کند. او افق سرمایه‌گذاری را به زیردوره‌های کوتاه‌تری تقسیم کرده؛ با استفاده از برنامه‌ریزی پویا (Dynamic programming) مدل تک‌دوره‌ای مارکوویتز را در ابتدای هر زیردوره به کار می‌گیرد. اما توسعه مدل‌های حرفه‌ای‌تر با تحقیق چن و همکاران [۱۰] آغاز شد که مدلی برای در نظر گرفتن هزینه‌های معاملات در چهارچوب مدل مارکوویتز ارائه کردند. در مطالعات تازه‌تر نیز جانا و همکاران [۱۱] یک مدل فازی برای انتخاب پورتفوی با در نظر گرفتن هزینه‌های معاملات ارائه می‌کنند.

چشم‌پوشی از هزینه معاملات در فرآیند بهینه‌سازی پورتفوی می‌تواند موجب انتخاب پورتفوی غیربهینه شود [۱۲]. لحاظ کردن هزینه‌های معاملات تاثیر قابل توجهی بر مرز کارا دارد و ممکن است سبب بهبود عملکرد پورتفوی شود [۱۳]. با این وجود، بسیاری از مدل‌های بهینه‌سازی پورتفوی هزینه معاملات را نادیده گرفته یا آن را به عنوان جریمه‌ای برای بازده پورتفوی در نظر می‌گیرند (مثل [۱۱ و ۱۴]). طبیعی است که بازده، در پایان مدت سرمایه‌گذاری به دست سرمایه‌گذار می‌رسد. از این رو، با محاسبه هزینه معاملات به عنوان جریمه بازده به‌طور ضمنی فرض شده که هزینه معاملات نیز در پایان دوره سرمایه‌گذاری پرداخت می‌شود. این در حالی است که سرمایه‌گذار در عمل باید این هزینه‌ها را در زمان انجام معاملات (یعنی در ابتدای دوره سرمایه‌گذاری) پرداخت کند. بنابراین کمینه کردن این هزینه‌ها به عنوان یک هدف جداگانه و نه به عنوان جریمه‌ای برای بازده، مدل را به شرایط واقعی بازار نزدیک‌تر می‌کند. از سوی دیگر، مدل‌های فعلی هزینه خرید و فروش دارایی‌های مالی را یکسان می‌گیرند. به عبارت دیگر، نرخ ثابتی برای هزینه‌های معاملات لحاظ می‌کنند؛ در حالی که هزینه خرید یک دارایی مالی با هزینه فروش آن به ندرت یکسان است.

سرمایه‌گذاران معمولاً به جای اینکه یک پورتفوی انتخاب کنند؛ پورتفوی قبلی خود را مورد بازنگری قرار می‌دهند. موقعیت‌ها و شرایط بازار مدام در حال تغییر است و سرمایه‌گذاران را وادار می‌کند در ترکیب پورتفوی خود تجدید نظر نمایند. از این رو، مساله انتخاب پورتفوی به مساله بازنگری یا به عبارت دیگر، به‌روز رسانی پورتفوی تبدیل می‌شود. بازنگری در ترکیب پورتفوی در طول دوره سرمایه‌گذاری باعث افزایش مطلوبیت مورد انتظار سرمایه‌گذار می‌شود [۱۳]. مطالعه تجربی جانسون و شنون [۱۵] نشان می‌دهد پورتفویی که هر سه ماه یک‌بار به‌روز رسانی شود عملکرد بهتری، نسبت به پورتفویی که مورد بازنگری قرار نگرفته است؛ دارد. در این زمینه، فنگ و همکاران [۱۴] با استفاده از نیمه قدر مطلق انحراف‌ها (Semi-Absolute Deviation: SAD) به عنوان معیار اندازه‌گیری ریسک، یک مدل خطی برای به‌روز رسانی پورتفوی با در نظر گرفتن هزینه‌های معاملات توسعه می‌دهند. یو و لی [۱۶] نیز یک مدل غیرخطی فازی برای به‌روز رسانی پورتفوی با لحاظ کردن هزینه‌های معاملات ارائه کرده‌اند و با مطالعه‌ای تجربی در بازار بورس تایوان نشان می‌دهند که مدل پیشنهادی می‌تواند بهتر از شاخص بازار عمل کند.

شایان ذکر است که به‌طور کلی استفاده از میانگین قدرمطلق انحراف‌ها (Mean-absolute Deviations: MAD) و SAD سبب خطی شدن مدل و کاهش پیچیدگی محاسباتی آن می‌شود. ارزش در معرض خطر (Value At Risk: VAR) و ارزش در معرض خطر شرطی (Value At Risk: CVAR Conditional) نیز از مقیاس‌های دیگری است که با هدف بهبود عملکرد پورتفوی، در کنار واریانس یا به تنهایی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

## ۲-۳ پیشینه برنامه‌ریزی فازی

در تصمیم‌گیری کلاسیک، تصمیم‌گیرنده آگاه است که در چه مرحله یا وضعیتی قرار دارد و به این ترتیب قادر است گزینه مطلوب را انتخاب کند. اما در شرایط ریسک تصمیم‌گیرنده دقیقاً نمی‌داند چه وضعیتی در آینده پیش خواهد آمد و تنها تابع احتمال وضعیت‌های آینده در دسترس است. چنانچه امکان برآورد توزیع آماری شرایط آینده وجود داشته باشد مساله با ساختار احتمالی تحلیل می‌شود. اما اگر اطلاعات و سوابق در دست نباشد یا به صورت نادقیق و تقریبی باشد؛ مساله ساختاری فازی پیدا می‌کند. به بیان دیگر، زمانی که یک مساله برنامه‌ریزی تحت شرایط عدم قطعیت غیراحتمالی باشد برنامه‌ریزی فازی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

موضوع برنامه‌ریزی فازی نخست توسط بلمن و زاده [۱۷] مطرح شد. این شیوه به سرعت مورد توجه قرار گرفت و در تحقیقات بعدی (مثل [۱۸ و ۱۹]) تکامل پیدا کرد. تا کنون تکنیک‌های گوناگونی در جهت حل مسایل بهینه‌سازی با استفاده از برنامه‌ریزی فازی توسعه پیدا کرده است. زیمرمن [۲۰] مجموعه‌ای از رایج‌ترین آن‌ها را مرور می‌کند.

وجود عدم قطعیت پیرامون وقایع و رخداد‌های آینده، فرآیند بهینه‌سازی پورتفوی را پیچیده می‌کند. بسیاری از مدل‌های انتخاب پورتفوی بر اساس روش‌های احتمالی طراحی شده‌اند اما چنین روش‌هایی نمی‌تواند عدم قطعیت موجود در بازار را به‌طور کامل پوشش دهد [۱۴]. از طرف دیگر، روش‌های فازی اجازه می‌دهد مواردی مثل تحلیل‌های کیفی، نظرات کارشناس و سلاقی سرمایه‌گذار به آسانی وارد مساله بهینه‌سازی شود. از این رو، در سال‌های اخیر پژوهش‌های گسترده‌ای پیرامون مدل‌های فازی بهینه‌سازی پورتفوی صورت گرفته است (مثل [۲۱ و ۲۲]). اینوگوچی و رامیک [۲۳] مقایسه جامعی بین برنامه‌ریزی احتمالی (Stochastic programming) و برنامه‌ریزی فازی در مساله انتخاب پورتفوی انجام می‌دهند.

## ۲-۴ جمع‌بندی ادبیات تحقیق

همان‌طور که جدول ۱ نشان می‌دهد؛ تاکنون مدل‌های مختلفی برای بهینه‌سازی پورتفوی با در نظر گرفتن هزینه‌های معاملات توسعه داده شده است. با این وجود، بیشتر آن‌ها هزینه معاملات را به‌طور تقریبی و به عنوان جریمه‌ی بازده در نظر می‌گیرند. از سوی دیگر، بررسی‌های نویسندگان در ادبیات موضوع حاکی از عدم وجود مدلی است که بتواند پورتفوی را بر اساس خصوصیات سرمایه‌گذار و در حضور یک دارایی بدون ریسک، به‌روزرسانی کند.

جدول ۱. مطالعات مرتبط

تحقیق	مساله	روش حل	بورس	مقیاس ریسک	م.ه	خ.س.	د.ر.
[۲۵]	انتخاب پورتفوی	تئوری امکان	شانگهای	$VAR, \sigma_p^r$	*		*
[۲۴]	انتخاب پورتفوی	برنامه ریزی فازی	نیویورک	MAD	*		*
[۱۱]	انتخاب پورتفوی	برنامه ریزی فازی	-	$\sigma_p^r$	*	*	*
[۱۳]	به روز رسانی پورتفوی	برنامه ریزی احتمالی	نیویورک	$CVAR, \sigma_p^r$	*		*
[۱۴]	به روز رسانی پورتفوی	برنامه ریزی فازی	شانگهای	SAD	*	*	*
[۱۶]	به روز رسانی پورتفوی	برنامه ریزی فازی	تایوان	$\sigma_p^r$	*	*	*
این تحقیق	به روز رسانی پورتفوی	برنامه ریزی فازی	تهران	$\sigma_p^r$	*	*	*

«م.ه»: هزینه‌های معاملات؛ «خ.س.»: خصوصیات سرمایه گذار؛ «د.ر.»: دارایی بدون ریسک

### ۳ تعریف و مدل سازی مساله

همان طور که پیش تر اشاره شد شرایط و موقعیت‌های اقتصادی مدام در حال تغییر است و تغییر ترکیب پورتفوی به موازات این تغییرات می تواند موجب افزایش مطلوبیت مورد انتظار سرمایه گذار شود. از این رو، استراتژی پیشنهادی افق سرمایه گذاری را به زير دوره های کوتاه تری تقسیم و پورتفوی را در ابتدای هر زير دوره به روز رسانی می کند. به این منظور، این بخش یک مدل برنامه ریزی چند هدفه ارایه و سپس یک روش برنامه ریزی فازی برای حل آن معرفی می نماید.

#### ۳-۱ مدل برنامه ریزی چند هدفه غیر خطی برای به روز رسانی پورتفوی

مطابق با مدل میانگین- واریانس، سرمایه گذار بر اساس بده بستان میان ریسک و بازده مورد انتظار، سرمایه خود را بین دارایی‌های مختلف تخصیص می کند. این بخش یک مدل برنامه ریزی چند هدفه‌ی غیر خطی جهت به روز رسانی پورتفوی در چهار چوب میانگین- واریانس ارایه می نماید. مدل پیشنهادی هزینه‌های معاملات را در نظر گرفته؛ یک دارایی بدون ریسک را نیز در فرآیند به روز رسانی پورتفوی شرکت می دهد. برنامه ریزی ریاضی این مدل به صورت زیر است.

#### مدل (۱)

$$\text{Max } M(x) = \sum_{i \in S} x_i r_i + x_f r_f \quad (9)$$

$$\text{Min } V(x) = \sum_{i \in S} \sum_{j \in S} x_i x_j \sigma_{ij} \quad (10)$$

$$\text{Min } C(x) = \sum_{i \in S} (x_i^b C_i^b + x_i^s C_i^s) \quad (11)$$

s.t.

$$\sum_{i \in S} x_i + \sum_{i \in S} (x_i^b C_i^b + x_i^s C_i^s) \leq 1 \quad (12)$$

$$x_f = 1 - \sum_{i \in S} x_i - \sum_{i \in S} (x_i^b C_i^b + x_i^s C_i^s) \quad (13)$$

$$m \leq \sum_{i \in S} z_i \leq M \quad (14)$$

$$z_i l_i \leq x_i \leq z_i u_i, \quad i \in S \quad (15)$$

$$x_i = x_i^o + x_i^b - x_i^s, \quad i \in S \quad (16)$$

$$x_i^b, x_i^s \geq 0, x_i^o \leq x_i^o, z_i \in \{0, 1\}, \quad i \in S \quad (17)$$

در اینجا،  $x_i^o$  وزن دارایی  $i$  ام در پورتفوی فعلی است که میزان آن با خرید  $x_i^b$  یا فروش  $x_i^s$  به روز رسانی می شود. همچنین،  $x_f$  وزن دارایی بدون ریسک در پورتفوی و  $r_f$  بازده این دارایی را نشان می دهد. علاوه بر این، نرخ هزینه خرید دارایی  $i$  ام با  $C_i^b$  و نرخ هزینه فروش آن نیز با  $C_i^s$  نمایش داده می شود.  $l_i$  و  $u_i$  به ترتیب حداقل و حداکثر وزن دارایی  $i$  ام در پورتفوی و  $m$  و  $M$  نیز به ترتیب حداقل و حداکثر تعداد دارایی های داخل پورتفوی است. سرانجام،  $z_i$  متغیری صفر و یک است که در صورت انتخاب دارایی  $i$  ام، یک و در غیر این صورت صفر خواهد بود.

در این مدل سه تابع هدف با یکدیگر رقابت می کنند: بیشینه سازی بازده مورد انتظار پورتفوی  $M(x)$ ، کمینه سازی ریسک  $V(x)$  و هزینه های معاملات  $C(x)$ . مطابق با محدودیت (۱۲)، هزینه های معاملات از کل بودجه کسر و باقیمانده بودجه یا روی دارایی های ریسکی سرمایه گذاری می شود یا مطابق با محدودیت (۱۳) به دارایی بدون ریسک اختصاص می یابد. محدودیت های (۱۴) و (۱۵) نیز محدودیت های کاربردی است که در جهت کنترل بهتر ترکیب پورتفوی طراحی شده اند. این مدل فرض می کند معامله ی دارایی بدون ریسک مستلزم پرداخت هزینه نیست.

شایان ذکر است که علاوه بر محدودیت های لحاظ شده،  $x_i^b, x_i^s = 0$  نیز به طور طبیعی باید مورد توجه قرار گیرد. زیرا خرید و فروش هم زمان یک دارایی مالی باعث بالا رفتن بی دلیل هزینه های معاملات می شود. از این رو، چنین حالتی هیچ گاه بهینه نخواهد بود. با این وجود، میشل و براون [۲۶] اثبات می کنند که در حضور یک دارایی بدون ریسک این محدودیت قابل حذف است.

### ۳-۲ برنامه ریزی فازی به روز رسانی پورتفوی

معمولاً سرمایه گذاران نسبت به اهداف مالی خود تمایلات مختلفی دارند. ممکن است سرمایه گذاری بخواد بازده بالایی کسب کند و برای دستیابی به آن، ریسک بالایی را نیز می پذیرد. در سوی دیگر، سرمایه گذاری به دنبال کسب بازدهی پایدار است اگرچه میزان آن چندان زیاد نباشد. با توجه به این موضوع، هر مدل بهینه سازی پورتفوی باید بتواند پورتفوی بهینه را متناسب با خواسته ها و نیازهای سرمایه گذار ارائه نماید.

غالباً در مسایل تصمیم‌گیری وقتی سخن از خواسته‌ها و نیازهای تصمیم‌گیرنده به میان می‌آید شیوه‌های برنامه‌ریزی آرمانی (Goal programming) به عنوان یک راه حل منطقی، به ذهن می‌رسد. سادگی و مؤثر بودن این شیوه‌ها سبب محبوبیت آن‌ها در مسایل تصمیم‌گیری شده است. با این وجود استفاده از این شیوه‌ها در مساله انتخاب پورتفوی با مشکل مواجه می‌شود؛ زیرا سرمایه‌گذاران اغلب نمی‌توانند سطح آرمانی (Aspiration level) اهداف خود را بیان کنند. در محیط متلاطم بازارهای مالی بسیار مشکل است اگر سرمایه‌گذاری بخواهد بگوید تا چه حد حاضر است ریسک کند و یا دقیقاً کسب چه میزان بازده برای او مطلوب خواهد بود. معمولاً اگر از سرمایه‌گذاران در مورد سطح تمایلاتشان پرسش شود پاسخ‌های مبهمی خواهند داد. عبارت‌هایی مثل: هرچه بیشتر بهتر، حتی المقدور کم و مواردی از این دست. بنابراین سطح مطلوب بازده و سطح قابل قبول ریسک و هزینه‌های معاملات دارای ابهام است. فازی کردن تابع‌های هدف سبب انعطاف‌پذیر شدن مقادیر مطلوب آن‌ها می‌شود و آن‌ها را از وضعیت قطعی خارج می‌کند. از این رو، بخش بعدی یک روش برنامه‌ریزی فازی برای حل مساله معرفی می‌نماید.

### ۳-۲-۱ پیش‌نیازهای برنامه‌ریزی فازی برای مساله بهینه‌سازی چند هدفه

پیش از معرفی تکنیک فازی پیشنهادی، آشنایی با تعاریف اولیه جواب‌های ایده‌آل (Ideal solutions) و جواب‌های ضد ایده‌آل (Anti-ideal solutions) در یک مساله بهینه‌سازی چندهدفه ضروری است. این جواب‌ها برای یک مساله بهینه‌سازی  $k$  هدفه با تابع هدف‌های  $Z_1(X), Z_2(X), \dots, Z_K(X)$  به صورت زیر تعریف می‌شود.

**تعریف ۱.** جواب ایده‌آل  $Z_{ii}$  برای تابع هدف  $Z_r(X)$  عبارت است از مطلوب‌ترین مقدار قابل دستیابی (Feasible) برای این هدف با توجه به محدودیت‌های مساله. این جواب با حذف سایر اهداف و حل مساله فقط با در نظر گرفتن  $Z_r(X)$  محاسبه می‌شود.

**تعریف ۲.** جواب ضد ایده‌آل  $Z_{Ii}$  برای تابع هدف  $Z_r(X)$  عبارت است از نامطلوب‌ترین مقدار برای هدف  $Z_r(X)$  با توجه به جواب‌های ایده‌آل سایر اهداف. برای محاسبه جواب‌های ضد ایده‌آل، ابتدا جواب‌های ایده‌آل  $X_1, X_2, \dots, X_K$  به ترتیب برای اهداف  $Z_1(X), Z_2(X), \dots, Z_K(X)$  محاسبه و جدول بهره‌وری (Pay-off table) مطابق جدول ۲ تشکیل می‌شود. اگر  $Z_r(X)$  در مساله کمینه گردد، جواب ضد ایده‌آل آن از رابطه (۱۸) و اگر بیشینه‌سازی باشد؛ جواب ضد ایده‌آل آن از رابطه (۱۹) قابل محاسبه است.

جدول ۲. جدول بهره‌وری

	$Z_1(x)$	$Z_2(x)$	.....	$Z_K(x)$
$X_1$	$Z_1^*(X_1)$	$Z_2(X_1)$	.....	$Z_K(X_1)$
$X_2$	$Z_1(X_2)$	$Z_2^*(X_2)$	.....	$Z_K(X_2)$
....	.....	.....	.....	.....
$X_K$	$Z_1(X_K)$	$Z_2(X_K)$	.....	$Z_K^*(X_K)$

$$Z_l = \max \{Z_r(X_1), Z_r(X_2), \dots, Z_r(X_k)\} \quad (18)$$

$$Z_l = \min \{Z_r(X_1), Z_r(X_2), \dots, Z_r(X_k)\} \quad (19)$$

**تعریف ۳.** مجموعه فازی و تابع عضویت مرتبط با آن به این صورت تعریف می گردد. اگر  $X$  مجموعه ای از عناصر باشد که با  $x$  نشان داده می شود؛ آن گاه مجموعه فازی  $\tilde{A}$  در  $X$  مجموعه زوج های مرتب به شرح زیر خواهد بود:

$$\tilde{A} = \{x, \mu_{\tilde{A}}(x) | x \in X\} \quad (20)$$

در این رابطه  $\mu_{\tilde{A}}(x)$  تابع عضویت  $x$  در  $\tilde{A}$  است که در بازه  $[0, 1]$  مقدار می گیرد.

### ۳-۲-۲ برنامه ریزی فازی به روزرسانی پورتفوی

تکنیک برنامه ریزی فازی به خوبی می تواند مسایل بهینه سازی چندهدفه را حل کند [۱۹]. پیش از فازی سازی توابع هدف، مطابق با تعاریف ارائه شده در بخش قبل، جواب های ایده آل و ضد ایده آل مدل (۱) محاسبه می شود. به این صورت،  $M_u, V_u, C_u$  که به ترتیب برابر است با مقادیر ایده آل بازده، ریسک و هزینه معاملات به دست می آید. همین طور، مقادیر ضد ایده آل این اهداف، به ترتیب  $M_l, V_l, C_l$  نیز تعیین می گردد. پس از آن، توابع عضویت  $\mu_M(x), \mu_V(x), \mu_C(x)$  مطابق با روابط ۲۲-۲۴ تعریف و سرانجام مدل (۱) به حالت تک هدفه وزن دار تبدیل می شود. به این ترتیب، مدل به روزرسانی پورتفوی به صورت زیر قابل بازنویسی خواهد بود (برای مطالعه دقیق تر پیرامون برنامه ریزی فازی رجوع شود به [۶ و ۱۱]).

### مدل (۲)

$$\text{Max } F = w_M \mu_M(x) + w_V \mu_V(x) + w_C \mu_C(x) \quad (21)$$

s.t.

$$\mu_M(x) = \left( \frac{M(x) - M_l}{M_u - M_l} \right) \quad (22)$$

$$\mu_V(x) = \left( \frac{V(x) - V_l}{V_u - V_l} \right) \quad (23)$$

$$\mu_C(x) = \left( \frac{C(x) - C_l}{C_u - C_l} \right) \quad (24)$$

$$M(x) = \sum_{i \in S} x_i r_i + x_f r_f \quad (25)$$

$$V(x) = \sum_{i \in S} \sum_{j \in S} x_i x_j \sigma_{ij} \quad (26)$$

$$C(x) = \sum_{i \in S} (x_i^b C_i^b + x_i^s C_i^s) \quad (27)$$

$$w_M + w_V + w_C = 1 \quad (28)$$

محدودیت‌های ۱۲~۱۷

در این مدل  $w_M$  وزن تابع هدف بازده،  $w_V$  وزن تابع هدف ریسک و  $w_C$  نیز وزن مربوط به تابع هدف هزینه‌های معاملات است. در پایان، محدودیت (۲۸) اطمینان حاصل می‌کند که مجموع وزن تابع‌های هدف برابر ۱ باشد. مقادیر  $w_C$  و  $w_V$  به ترتیب بر اساس میزان ریسک‌گریزی و هزینه‌گریزی سرمایه‌گذار تعیین می‌گردد. آشکار است که در صورت نادیده گرفتن هزینه‌های معاملات،  $w_C$  برابر صفر و مدل (۲) به مدل میانگین-واریانس تبدیل خواهد شد.

#### ۴ پیاده‌سازی مدل در بورس اوراق بهادار تهران

این بخش با یک مطالعه تجربی روی داده‌های واقعی مربوط به سهام ۳۰ شرکت فعال در بورس اوراق بهادار تهران، عملکرد مدل پیشنهادی را در بوته‌ی آزمایش قرار می‌دهد. این شرکت‌ها از گروه‌های مختلف صنعت و با توجه به میزان فعالیت‌شان در دوره مورد نظر انتخاب شده‌اند. این تحقیق گزارش‌های رسمی سازمان بورس را که هر سه ماه یک‌بار منتشر می‌شود؛ برای شناسایی شرکت‌های فعال تر ملاک قرار می‌دهد. این گزارش‌ها از وب‌گاه رسمی سازمان بورس اوراق بهادار تهران ([www.tse.ir](http://www.tse.ir)) قابل بازیابی است. جدول ۳ جزئیات مربوط به شرکت‌های انتخاب شده را نمایش می‌دهد.

تحقیق حاضر از داده‌های تاریخی مربوط به "قیمت پایانی تعدیل شده" برای محاسبه ریسک و بازده سهام شرکت‌ها استفاده می‌کند. منظور از قیمت تعدیل شده، قیمتی است که عواملی مثل "افزایش سرمایه" و "تقسیم سود نقدی" شرکت‌ها نیز در آن لحاظ شده است. جمع‌آوری این داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار مفیدتریدر ۵ انجام گرفته است ([www.emofid.com](http://www.emofid.com)). به این ترتیب، بازده مورد انتظار سهام شرکت‌ها، واریانس هر یک از آن‌ها و کوواریانس بین آن‌ها بر اساس داده‌های مربوط به دوره ۱۰ ماهه منتهی به تاریخ به‌روزرسانی پورترفوی، در محیط نرم‌افزار *Excel* محاسبه شده است؛ یعنی در رابطه (۲) داریم:  $T = 10$ .

مدل ارایه شده در بازه زمانی ۲۰ ماهه بین دی ماه سال ۱۳۹۰ تا شهریور ۱۳۹۲ که بازار هر دو حالت صعودی و نزولی را تجربه کرده است؛ اجرا می‌شود. مطابق با استراتژی ارایه شده، دوره سرمایه‌گذاری به ۲۰ زیردوره ۱ ماهه تقسیم شده؛ فرض می‌گردد که سرمایه‌گذار در ابتدای هر زیردوره با استفاده از مدل (۲) پورترفوی خود را به‌روز کند. برای حذف اثرات احتمالی تقویم، این مطالعه فرض می‌کند سرمایه‌گذار پورترفوی خود را در ابتدای هر ماه میلادی به‌روز رسانی نماید (برای اطلاعات بیشتر رجوع شود به [۲۷]). این تحقیق مدل را برای سه سرمایه‌گذار فرضی با خصوصیات مختلف پیاده می‌کند: سرمایه‌گذار محافظه‌کار، سرمایه‌گذار میانه‌رو و سرمایه‌گذار ریسک‌پذیر. با توجه به ویژگی‌های این سه سرمایه‌گذار، مطابق با جدول ۴، وزن تابع‌های هدف تعیین شده است.

مطابق با قوانین سازمان بورس، هزینه معاملات سهام به صورت  $0/486$ ٪ برای خرید و  $1/029$ ٪ برای فروش سهام در نظر گرفته می‌شود ( $C_i^b = 0/00486, C_i^s = 0/01029$ ). هم‌چنین مطابق با قوانین بانک مرکزی ایران، نرخ بهره ماهانه که به پول سرمایه‌گذار تعلق می‌گیرد برابر  $0/583$ ٪ است ( $r_f = 0/00583$ ). در محدودیت (۱۴)، حداقل و حداکثر تعداد سهام در پورتفوی به ترتیب ۶ و ۱۴ تعیین شده ( $m = 6, M = 14$ ). علاوه بر این، در محدودیت (۱۵) حد پایین و حد بالای وزن هر دارایی ریسکی در پورتفوی، به ترتیب برابر  $0/05$  و  $0/2$  است ( $l_i = 0/05, u_i = 0/2$ ).

تحقیق حاضر، عملکرد مدل ارائه شده را با معیارهای: ارزش پورتفوی در آخر دوره (End of Period)، حادقل و حداکثر بازده ماهانه (MR)، میانگین بازده ماهانه (AMR)، نرخ شارپ (Sharp ratio) و نرخ اطلاعات (Information ratio) اندازه‌گیری می‌کند. نرخ شارپ و نرخ اطلاعات معیارهای ارزیابی عملکرد پورتفوی است که بازده به دست آمده را نسبت به ریسک، تعدیل می‌کند (برای مطالعه بیشتر رجوع شود به [۲۸ و ۲۹]). در پایان باید اشاره شود که مدل با استفاده از نرم‌افزار *Lingo11* اجرا شده است.

### جدول ۳. شرکت‌های مورد مطالعه و گروه صنعت آن‌ها

گروه صنعت	شرکت	نماد
مخابرات	مخابرات ایران	اخابر
واسطه‌گری‌های مالی	لیزینگ خودرو غدیر	ولغدر
	لیزینگ رایان سایپا	ولسایپا
مواد و محصولات دارویی	داروسازی جابربن حیان	دجابر
	داروسازی رازک	درازک
محصولات غذایی و آشامیدنی	کشت و صنعت پیاذر	غازر
	توسعه صنایع بهشهر	وبشهر
محصولات شیمیایی	نیروکلر	شکلر
ماشین آلات و دستگاه‌های برقی	ایران ترانسفو	بترانس
خدمات فنی مهندسی	کنترل خوردگی تکین کو	رتکو
انپوه‌سازی، املاک و مستغلات	سرمایه‌گذاری شاهد	شاهد
	سرمایه‌گذاری ساختمان ایران	وساخت
بانک‌ها و موسسات اعتباری	بانک پارسیان	وپارس
	بانک تجارت	وتجارت
	بانک کارآفرین	وکار
خودرو و ساخت قطعات	سایپا	خسایپا
	سایپا آذین	خاذین
سرمایه‌گذاری‌ها	سرمایه‌گذاری بهمن	وبهمن
	سرمایه‌گذاری ملت	ومت
	سرمایه‌گذاری سپه	وسپه

گروه صنعت	شرکت	نماد
	سرمایه گذاری پردیس	پردیس
	سرمایه گذاری صنعت و معدن	صنعت
سیمان، آهک و گچ	سیمان فارس و خوزستان	سفارس
	سیمان تهران	ستران
فلزات اساسی	فولاد مبارکه اصفهان	فولاد
	صنایع مس ملی ایران	فملی
	مس شهید باهنر	فباهنر
شرکت های چندرشته ای	سرمایه گذاری غدیر	وغدیر
کاشی و سرامیک	تولید گرانیت بهسرام	کهرام
استخراج کانه های فلزی	معدنی و صنعتی چادرملو	کچاد

جدول ۴. وزن تابع های هدف در تناسب با خصوصیات سرمایه گذار

محافظة کار	میانہ رو	ریسک پذیر	
$W_M$	۰/۳۵	۰/۴۵	۰/۶۰
$W_V$	۰/۶۰	۰/۵	۰/۳۵
$W_C$	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵

#### ۴-۱ ارزیابی عمل کرد مدل و بحث پیرامون یافته ها

این بخش پیرامون نتایج حاصل از پیاده سازی مدل در بورس اوراق بهادار تهران بحث می کند. جدول های ۵، ۶ و ۷ به ترتیب روند به روز رسانی ترکیب پورتفوی سرمایه گذار محتاط، میانہ رو و ریسک پذیر را در یک سال اول (۱۲ زيردوره) گزارش می کند (ارایه جزییات مربوط به ۲۰ زيردوره از حوصله تحقیق حاضر خارج است).

جدول ۸ نیز نتایج حاصل را از ارزیابی عملکرد پورتفوی سه سرمایه گذار مختلف نشان می دهد. مطابق با جدول ۸، رابطه ای معنی دار بین میانگین وزن دارایی بدون ریسک در پورتفوی از یک طرف و خصوصیات سرمایه گذار از طرف دیگر، وجود دارد. به این ترتیب که وزن این دارایی در پورتفوی با میزان ریسک پذیری سرمایه گذار دارای ارتباط معکوس است. به طور کلی این نتایج نشان می دهد که مدل فازی ارایه شده خصوصیات سرمایه گذار را به خوبی در ترکیب پورتفوی وی منعکس می کند.

شکل ۱ بازده ماهانه حاصل از سه پورتفوی را با شاخص ۵۰ شرکت فعال تر بورس تهران (TSE50) مقایسه می نماید. شکل ۲ نیز بازده انباشته پورتفوی های تولید شده را در مقایسه با شاخص بازار نمایش می دهد. ناگفته نماند که مقدار بازده انباشته در هر زمان، بیان گر بازده واقعی به دست آمده از ابتدای دوره سرمایه گذاری تا آن زمان است. با توجه به این شکل، پورتفوی سرمایه گذار محتاط نسبت به سایر پورتفوی ها در پایان دوره سرمایه گذاری از ارزش بالاتری برخوردار است. بر اساس فرضیه بازار کارا، کسب بازده بالاتر از بازده بازار امکان پذیر نیست [۳۰]. حال آنکه مطابق با نتایج گزارش شده در جدول ۸، سرمایه گذار محتاط توانسته است با استفاده از

مدل پیشنهادی شاخص بازار را شکست دهد. این موضوع با نتایج تحقیق یو و لی [۱۶] نیز سازگار است. آن‌ها نشان می‌دهند استراتژی به‌روزرسانی پورتفوی در بازار تایوان قادر است بازدهی بالاتر از بازده بازار کسب کند. در سوی دیگر، سرمایه‌گذار ریسک‌پذیر بیشترین انحراف معیار بازده را در طول افق سرمایه‌گذاری تحمل کرده است اما این موضوع با دریافت بازده بالاتر جبران نشده است. در حقیقت، بر اساس معیارهای SR و IR، پورتفوی سرمایه‌گذار ریسک‌پذیر ضعیف‌ترین عملکرد را در این بین داشته است. این مساله بیش از هر چیز عدم توانایی داده‌های تاریخی را در تخمین بازده آتی سهام شرکت‌ها نشان می‌دهد. در واقع، بازده انتظاری پورتفوی که بر اساس داده‌های بازده گذشته سهام تعیین می‌شود؛ نمی‌تواند تصویر درستی از وضعیت آینده دارایی‌های مالی ارایه دهد [۲۱]. بنابراین طبیعتاً پورتفوی سرمایه‌گذار ریسک‌پذیر که بیشتر به بازده انتظاری متکی است؛ نتایج مطلوبی کسب نکرده.

**جدول ۵.** روند به‌روزرسانی ترکیب پورتفوی سرمایه‌گذار محافظه‌کار در ۱۲ زیردوره نخست

زیردوره:	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
اخابر	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
بترانس	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
پردیس	.	.	.	.	.	.	.	.	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
ثشاهد	.	.	.	.	.	.	۰/۰۵	۰/۰۵	.	.	.	.
خاذین	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
خساپا	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
دجابر	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
درازک	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	.	.	.	.	.	.	.	.
رتکو	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ستران	.	.	.	.	.	.	۰/۰۵	.	.	.	.	.
سفارس	.	.	.	.	.	۰/۲	.	.	.	.	.	.
شکلر	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۰۹۹	۰/۰۶۷
غاذر	۰/۰۹۵	۰/۰۹۵	۰/۰۷۸	۰/۰۵۵	.	.	.	.	.	.	.	.
فباهنر	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
فملی	.	.	.	.	.	.	.	.	۰/۰۵	.	.	.
فولاد	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
کچاد	.	.	.	.	.	.	.	۰/۰۵	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲
کهرام	.	.	.	.	.	۰/۰۵	.	.	.	.	.	.
وبشهر	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
وبهمن	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
وپارس	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
وتجارت	۰/۰۵	۰/۱۰۹	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۰۶۵	۰/۰۵	.	.	.	.	.

زیر دوره:	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
وساخت	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۰۵	۰	۰	۰	۰
وسپه	۰	۰	۰	۰	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۸۵	۰/۰۸۵	۰/۱۲۹	۰/۲	۰/۲	۰/۱۷
وصنعت	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
وغذیر	۰/۰۶	۰/۰۹۵	۰/۰۷۱	۰/۰۵۸	۰/۰۵۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
وکار	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
ولسایا	۰	۰	۰	۰	۰/۱۹۵	۰/۱۹۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰
ولغدر	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
وملت	۰	۰	۰	۰/۱۷۳	۰/۱۷۶	۰/۱۰۱	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
نقدینگی	۰/۲۸۳	۰/۱۹۹	۰/۱۴۹	۰/۰۱	۰	۰	۰/۵۰۳	۰/۵۱۳	۰/۳۱۸	۰/۲۴۸	۰/۳۴۹	۰/۴۱۱

**جدول ۶.** روند به روز رسانی ترکیب پورتفوی سرمایه گذار میانه رو در ۱۲ زیر دوره نخست

زیر دوره:	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
اخبار	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
بترانس	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
پردیس	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۲	۰/۰۹۹	۰/۰۹۹
ثشاهد	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۵	۰/۰۵	۰	۰	۰	۰
خاذهین	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
خسایا	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
دجابر	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
درازك	۰/۱۷۹	۰/۱۷۹	۰/۰۸۷	۰/۰۸۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
رتكو	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
ستران	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰
سفارس	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰
شكلكر	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۱۲۱
غاذر	۰/۱۲۴	۰/۱۲۵	۰/۱۲۵	۰/۱۰۶	۰	۰	۰	۰	۰/۰۵	۰/۰۵	۰	۰
فباهر	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
فملى	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
فولاد	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
كچاد	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۵	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲
كهرام	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۵	۰/۱۱۱	۰	۰	۰	۰	۰
وبشهر	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
وبهمن	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
وپارس	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
وتجارت	۰/۰۷۵	۰/۱۳۱	۰/۲	۰/۱۵۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
وساخت	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۰۵	۰/۰۹۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲

خیام و بهکاران، یک مدل فازی برای به روز رسانی پورتفوی با در نظر گرفتن هزینه های معاملات: پیاوسازی در بورس اوراق بهادار تهران

زیر دوره:	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
وسپه	۰	۰	۰	۰	۰/۱۶۸	۰/۱۲۳	۰/۱۷۸	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲
صنعت	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
وغدیر	۰/۱	۰/۱۶۲	۰/۱۲	۰/۰۵۱	۰/۰۵۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
وکار	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
ولسایا	۰	۰	۰	۰	۰/۰۶۲	۰/۰۹۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰
ولغدر	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۷۶	۰/۰۷۶	۰/۰۷۶	۰/۰۷۶
وملت	۰	۰	۰	۰/۲	۰/۲	۰/۱۲۵	۰/۰۷۸	۰	۰/۰۷۲	۰/۰۷۲	۰/۰۷۲	۰/۰۶۶
نقدینگی	۰/۱۱۱	۰	۰/۰۶۴	۰	۰	۰	۰/۲۷۳	۰/۳۹۶	۰/۲۲۵	۰	۰/۱۵۱	۰/۲۳۴

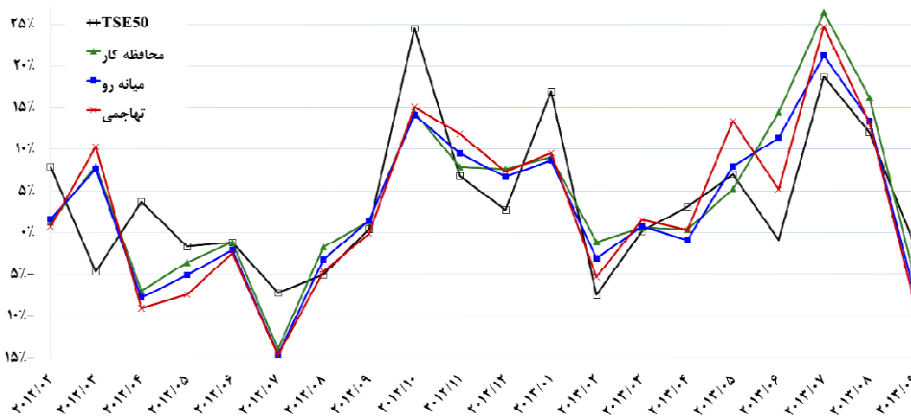
### جدول ۷. روند به روز رسانی ترکیب پورتفوی سرمایه گذار ریسک پذیر در ۱۲ زیر دوره نخست

زیر دوره:	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
اخبار	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
بترانس	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
پردیس	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۱۷۲	۰/۰۵	۰/۰۵
تشاهد	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۵۸	۰/۱۲۷	۰	۰	۰	۰
خازین	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
خسایا	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
دجابر	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
درازک	۰/۱۶۵	۰/۱۴۹	۰/۰۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
رتکو	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
ستران	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۲	۰	۰	۰	۰	۰/۱۰۸
سفارس	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۷۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰
شکلر	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۰۷
غادر	۰/۱۷۳	۰/۱۹۹	۰/۱۹۹	۰/۱۷۱	۰	۰	۰	۰	۰/۰۵	۰/۰۶۱	۰/۰۵	۰
فباهر	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
فملی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۶۸	۰/۱۳۸	۰/۰۸۲
فولاد	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
کچاد	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۵	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲
کهرام	۰/۰۶۷	۰	۰	۰/۰۶۹	۰/۱۵۹	۰/۰۸۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰
وبشهر	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
وبهمن	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
وپارس	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
وتجارت	۰	۰/۰۵	۰/۱۷۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
وساخت	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۱۵۵	۰/۰۵۴	۰	۰	۰
وسپه	۰	۰	۰	۰	۰/۱۸۶	۰/۱۸۵	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲

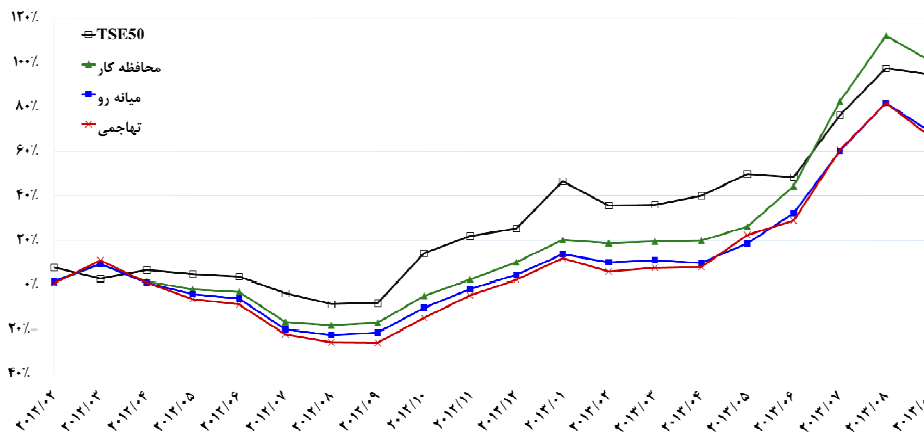
زیر دوره:	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
و صنعت	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
و غدیر	۰/۱۸۵	۰/۲	۰/۱۶۹	۰/۱۵۵	۰/۰۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
و کار	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
و لساپا	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
و لغدر	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۵۲	۰/۱۲۴
و ملت	۰	۰	۰	۰/۲	۰/۲	۰/۱۵۵	۰/۱۲۲	۰	۰/۱۱۶	۰/۰۹۷	۰/۱۰۶	۰/۱۰۶
و نقدینگی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۵۸	۰/۳۱۲	۰/۱۸	۰	۰	۰/۰۵۴

جدول ۸. نتایج ارزیابی عمل کرد مدل

$\bar{x}_f$	IR	SR	EPV	SD	Max MR	AMR	Min MR	
-	-	۰/۲۹۹	۱/۹۴۴	۸/۵۳	۲۴/۵۰	۳/۷۲	-۷/۴۶	شاخص بازار
۲۴/۱۰	۰/۰۳۰	۰/۳۰۳	۲/۰۰۱	۹/۱۰	۲۶/۴۲	۳/۹۲	-۱۳/۹۷	پورتفوی محافظه کار
۹/۱۸	-۰/۱۱۲	۰/۲۱۲	۱/۶۸۲	۸/۶۵	۲۱/۲۵	۳/۰۰	-۱۴/۶۶	پورتفوی میانه رو
۳/۰۳	-۰/۱۰۳	۰/۱۹۰	۱/۶۵۹	۹/۷۷	۲۴/۷۲	۳/۰۳	-۱۴/۷۳	پورتفوی ریسک پذیر



شکل ۱. بازده ماهانه



شکل ۲. بازده انباشته

## ۵ نتیجه گیری و پیشنهاد برای پژوهش های آتی

وضعیت بازارهای مالی همواره در حال دگرگونی است. از این رو، به روزرسانی پورتفوی می تواند موجب افزایش مطلوبیت سرمایه گذار شود. با این وجود، ادبیات موضوع با کمبود مدل هایی مواجه است که بتواند پورتفوی را با در نظر گرفتن شرایط موجود در دنیای واقعی سرمایه گذاری مثل هزینه معاملات، خصوصیات سرمایه گذاران و نرخ بازده بدون ریسک به روز کند. با توجه به این موضوع، تحقیق حاضر یک مدل فازی برای این منظور طراحی کرده؛ کارایی آن را در بازار بورس تهران مورد آزمایش قرار می دهد. این تحقیق با نتایج امیدوار کننده ای برای سرمایه گذاران همراه است چرا که نشان می دهد سرمایه گذاران می توانند با استفاده از این مدل به بازدهی بالاتر از شاخص بازار دست پیدا کنند. با این حال موضوعاتی از قبیل اضافه کردن گشتاورهای مرتبه بالاتر (چولگی و کشیدگی)، استفاده از شیوه های پیشرفته تر برای کنترل ریسک پورتفوی و در نظر گرفتن زیر دوره ها با بازه زمانی غیرقطعی، برای پژوهش های آتی باقی می ماند.

## منابع

[۶] بهمنش، ا.، ناصری، ه.، (۱۳۹۲). یک روش تعاملی مبتنی بر غیرفازی سازی پارامترها برای حل مساله حمل و نقل چندهدفه. مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، ۱۰ (۳)، ۳۹-۲۵.

- [1] Markowitz, H., (1952). portfolio selection. *Journal of Finance*, 7(1), 77-91.
- [2] Markowitz, H., (2014). Mean-variance approximation to expected utility. *European Journal of Operational Research*, 234, 346-355.
- [3] Kolm, P. N., Tütüncü, R., Fabozzi, F. J., (2014). 60 Years of Portfolio Optimization: Practical Challenges and Current Trends. *European Journal of Operational Research*, 234(2), 356-371.
- [4] Fabozzi, F., Kolm, P., Pachamanova, D., Focardi, S., (2007). *Robust portfolio optimization and management*. New York: Wiley.
- [5] Markowitz, H., (1959). *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- [7] Reilly, F., Brown, K., (2000). *Investment analysis and portfolio management*. (6th ed.). Orlando: Dryden Press.
- [8] Sharpe, W. F., (1963). A simplified model for portfolio analysis. *Management science*, 277-293.
- [9] Mossin, J., (1968). Optimal multiperiod portfolio policies. *Journal of Business*, 215-229.
- [10] Chen, A., Jen, F., Zionist, S., (1971). The optimal portfolio revision policy. *Journal of Business*, 51-61.
- [11] Jana, P., Roy, T., Mazumder, S., (2009). Multi-objective possibilistic model for portfolio selection with transaction cost. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 228, 188-196.
- [12] Arnott, R. D., Wagner, W. H., (1990). The measurement and control of trading costs. *Financial Analysis Journal*, 46(6), 73-80.
- [13] Chen, A. H., Fabozzi, F. J., Huang, D., (2012). Portfolio revision under mean-variance and mean-CVaR with transaction costs. *Review of Quantitative Finance and Accounting*, 39(4), 509-526.
- [14] Fang, Y., Lai, K. K., Wang, S., (2008). Fuzzy Semi-absolute Deviation Portfolio Rebalancing Model. In: *Fuzzy Portfolio Optimization Theory and Methods*. pp.63-77. Springer.
- [15] Johnson, K., Shannon, D., (1974). A note on diversification and the reduction of dispersion. *Journal of Financial Economics*, 365-372.
- [16] Yu, J. R., Lee, W. Y., (2011). Portfolio rebalancing model using multiple criteria. *European Journal of Operational Research*, 209, 166-175.
- [17] Bellman, R., Zadeh, L., (1970). Decision-making in a fuzzy environment. *Management Science*, 17(4), 141-164.
- [18] Tanaka, H., Okuda, T., Asai, K., (1974). On fuzzy mathematical programming. *Journal of Cybernetics*, 3(4), 37-46.

- [19] Zimmermann, H. J., (1978). Fuzzy programming and linear programming with several objective functions. *Fuzzy Sets and Systems*, 1, 45-55.
- [20] Zimmermann, H. J., (1985). Applications of fuzzy sets theory to mathematical programming. *Information Sciences*, 36(1-2), 29-58.
- [21] Tanaka, H., Guo, P., (1999). Portfolio selection based on upper and lower exponential possibility distributions. *European Journal of Operational Research*, 114(1), 115-126.
- [22] Ramaswamy, S., (1998). Portfolio selection using fuzzy decision theory. Working Paper of Bank for International Settlements, 59.
- [23] Inuiguchi, M., Ramik, J., (2000). Possibilistic linear programming: a brief review of fuzzy mathematical programming and a comparison with stochastic programming in portfolio selection problem . *Fuzzy Sets and Systems*, 111, 3-28.
- [24] Dastkhan, H., Gharneh, N. S., Golmakani, H., (2011). A linguistic-based portfolio selection model using weighted max-min operator and hybrid genetic algorithm. *Expert Systems with Applications*, 38(9), 11735-11743.
- [25] Li, T., Zhang, W., Xu, W., (2013). Fuzzy possibilistic portfolio selection model with VAR constraint and risk-free investment. *Economic Modeling*, 31, 12-17.
- [26] Mitchell, J. E., Braun, S., (2004). Rebalancing an Investment Portfolio in the Presence of Convex Transaction Costs. Working paper. Available at SSRN: <http://ssrn.com/abstract=2355087> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2355087>
- [27] Khotanlou, M., Mahdavihou, M., Etemadfuroghi, P., (2013). Stock Market Calendar Anomalies: Evidence from Tehran Stock Exchange (TSE). Working paper.
- [28] Sharpe, W., (1966). Mutual fund performance. *Journal of Business*, 39, 119-1382.
- [29] Goodwin, T. H., (1998). The Information ratio. *Financial Analysts Journal*, 54(4), 34-43.
- [30] Fama, E. F., (1970). Efficient capital markets: a review of empirical work. *Journal of Finance* (25), 383-417.