

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

آرش خیامیم^{۱*}، ابوالفضل میرزازاده^۲، بهمن نادری^۳

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 زیر دوره های کوتاه تر تقسیم و در ابتدای هر زیر دوره ترکیب پورتفوی را با شرایط بازار هماهنگ می نماید. این تحقیق یک مدل چند هدفه غیر خطی 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.

* عهده دار مکاتبات

آدرس الکترونیکی: arash.khayamim@gmail.com

مدل های فعلی معمولاً پورتفوی بهینه را انتخاب کرده؛ آن را تا پایان دوره سرمایه گذاری رها می کنند. اما موقعیت های اقتصادی همواره در حال دگرگونی است و اصلاح ترکیب پورتفوی به موازات تغییر وضعیت بازار ضروری به نظر می رسد. در عمل نیز بیشتر سرمایه گذاران، هم گام با تغییر شرایط بازار در ترکیب پورتفوی خود بازنگری می نمایند. از این رو، مدلی مورد نیاز است که بتواند پورتفوی را با اطلاعات تازه به دست آمده از بازار هماهنگ کند.

چنین فرآیندی فروش برخی از دارایی های مالی و جایگزین کردن دارایی های دیگر را شامل خواهد شد. اما خرید و فروش این دارایی ها مستلزم پرداخت هزینه های مختلف مثل مالیات و کارمزد شرکت های کارگزاری است. مرور ادبیات نشان می دهد که مدل های بهینه سازی پورتفوی غالباً این هزینه ها را نادیده می گیرند. با توجه به تحقیقاتی که در سال های اخیر انجام شده است؛ چشم پوشی از این هزینه ها می تواند منجر به انتخاب سبدهای غیر بهینه شود. علاوه بر این، از آنجا که سرمایه گذاران ویژگی ها و خواسته های گوناگونی دارند ترکیب پورتفوی بهینه نیز برای هر یک از آن ها متفاوت خواهد بود. به بیان دیگر، پورتفوی موضوعی شخصی است که با شرایط و وضعیت خاص هر سرمایه گذار تناسب دارد. بر این اساس، تحقیق پیش رو یک مدل برنامه ریزی فازی برای به روز - رسانی پورتفوی (Portfolio rebalancing) با در نظر گرفتن هزینه های معاملات، خصوصیات سرمایه گذار و نرخ بازده بدون ریسک (نرخ بهره بانکی) ارایه می کند. در پایان، کارایی مدل در مطالعه ای تجربی با داده های واقعی به دست آمده از بورس تهران مورد سنجش قرار می گیرد.

ساختار تحقیق پیش رو به این صورت است که بخش بعدی به مبانی نظری و مرور ادبیات مربوط به تئوری پورتفوی، مدل های بهینه سازی پورتفوی و روش برنامه ریزی فازی می پردازد. بخش سوم یک مدل چند هدفه غیر خطی برای مساله به روز رسانی پورتفوی ارایه می کند. هم چنین، این بخش یک شیوه برنامه ریزی فازی نیز برای حل مدل در تناسب با خصوصیات سرمایه گذار معرفی می نماید. بخش چهارم اعتبار مدل پیشنهادی را با داده های واقعی بورس اوراق بهادار تهران مورد بررسی قرار می دهد. نتیجه گیری و پیشنهاد برای پژوهش های آینده نیز پیکره تحقیق حاضر را در بخش پنجم کامل می کند.

۲ مبانی و ادبیات تحقیق

۲-۱ تئوری نوین پورتفوی

تئوری نوین پورتفوی با مقاله مشهور مارکوویتز [۱] پایه ریزی شده است. او برای نخستین بار بازده و ریسک دارایی های مالی را با استفاده از مقیاس های آماری آن ها، یعنی بازده مورد انتظار و انحراف معیار بازده، کمی سازی کرد. او پیشنهاد می کند سرمایه گذار بازده و ریسک را به طور موازی در نظر بگیرد و بر مبنای بده بستان میان آن ها، برای تخصیص سرمایه خود تصمیم گیری کند. او این فرآیند را به صورت یک مساله بهینه سازی درمی آورد که بازده مورد انتظار پورتفوی را بیشینه و ریسک آن را کمینه می کند. پیرامون این مدل که به مدل میانگین - واریانس شهرت دارد؛ تاکنون تحقیقات فراوانی صورت گرفته است. هم چنین، منابع پرشماری برای

آشنایی با روند تکامل این تئوری وجود دارد [۴-۲]. 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، σ_p^2 واریانس پورتنفوی و σ_{ij} نیز کوواریانس دارایی‌های i و j است که مقدار آن از رابطه (۴) قابل محاسبه می‌باشد. ρ_{ij} ضریب وابستگی بازده دارایی‌های i و j ، و σ_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 هم‌زمان 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 گونه‌ای انتخاب می‌کند که ریسک آن برای سطح مطلوبی از بازده کمینه شود. برنامه‌ریزی 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 می‌کند و محدودیت (۶) نیز بازده مورد انتظار پورتفوی را بالاتر از سطح مطلوب آن نگه می‌دارد. مطابق با محدودیت (۷) کل بودجه سرمایه‌گذاری می‌شود و در نهایت محدودیت (۸) نیز بیان‌گر غیرمنفی بودن وزن هر دارایی در پورتفوی است. این مدل نوعی برنامه‌ریزی درجه دوم (Quadratic programming) است که با حل آن کمترین واریانس متناظر با مقادیر مختلف R_0 به دست می‌آید. به این ترتیب، مرز کارا (مرز پارتو) مشخص و پورتفوی بهینه شناسایی می‌شود (برای آشنایی دقیق‌تر 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. تئوری پورتفوی این عدم قطعیت (یا ریسک) را با واریانس بازده مورد انتظار، اندازه‌گیری می‌کند. در سوی دیگر، دارایی بدون ریسک قرار دارد که بازده آینده آن قطعی و ازپیش تعیین شده است. بنابراین، واریانس آن برابر صفر است و به آسانی اثبات می‌شود 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 تأثیری بر محاسبات واریانس پورتفوی ندارد و تنها بازده مورد انتظار آن را تغییر می‌دهد.

۲-۲ پیشنهاد مدل‌های بهینه‌سازی پورتفوی با در نظر گرفتن هزینه‌های معاملات

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

افزایش توان محاسباتی، پژوهشگران 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 مارکویتز 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 مارکویتز 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 قدر مطلق 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.

۳-۲ 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.

۴-۲ 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, σ_p^r	*		*
[۲۴]	انتخاب پورتفوی	برنامه ریزی فازی	نیویورک	MAD	*		
[۱۱]	انتخاب پورتفوی	برنامه ریزی فازی	-	σ_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	σ_p^r	*	*	
این تحقیق	به روز رسانی پورتفوی	برنامه ریزی فازی	تهران	σ_p^r	*	*	*

«م.ه»: هزینه های 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 موقعیت های 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 زیر دوره های کوتاه تری تقسیم و پورتفوی را در ابتدای هر زیر 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 دارایی های مختلف تخصیص می کند. این بخش یک مدل برنامه ریزی چند هدفه ی غیر خطی جهت به روز رسانی پورتفوی در چهار چوب میانگین- واریانس ارایه می نماید. مدل پیشنهادی هزینه های 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 (12)، هزینه های معاملات از کل بودجه کسر و باقیمانده بودجه یا روی دارایی های ریسکی سرمایه گذاری می شود یا مطابق با محدودیت (13) به دارایی بدون ریسک اختصاص می یابد. محدودیت های (14) و (15) 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 [26] 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 بخواهد 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_u 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_l 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 و 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 و C_l نیز تعیین می گردد. پس از آن، توابع عضویت $\mu_M(x)$ ، $\mu_V(x)$ و $\mu_C(x)$ 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_V و w_C 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 فعال‌تر ملاک قرار می‌دهد. این گزارش‌ها از وب‌گاه رسمی سازمان بورس اوراق بهادار تهران (www.tse.ir) قابل‌بازایی 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). 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 پورتفوی، 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) پورتفوی خود را به‌روز کند. برای حذف اثرات احتمالی تقویم، این مطالعه فرض می‌کند سرمایه‌گذار پورتفوی 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 ($C_i^b = 0/0486, C_i^s = 0/01029$). 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)، ارزش پورتفوی (Portfolio Value: EPV)، حداقل 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 به‌دست 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 جابرین حیان	دجابر
	داروسازی رازک	درازک
محصولات غذایی و آشامیدنی	کشت و صنعت پیاذر	غاذر
	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
بانک ها 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
سیمان، آهک و گچ	سرمایه گذاری پردیس	پردیس
	سرمایه گذاری صنعت و معدن	و صنعت
	سیمان فارس و خوزستان	سفارس
فلزات اساسی	سیمان تهران	ستران
	فولاد مبارکه اصفهان	فولاد
	صنایع مس ملی ایران	فملی
شرکت های چندرشته ای	مس شهید باهنر	فباهنر
	سرمایه گذاری غدیر	وغدیر
	تولید گرانیت بهرام	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	۰/۴۵	۰/۶۰
W_V	۰/۵	۰/۳۵
W_C	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 زیر دوره) گزارش می کند (ارایه جزییات مربوط به ۲۰ زیر دوره 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 می دهند استراتژی به روز رسانی پورتفوی در بازار تایوان قادر است بازدهی بالاتر از بازده بازار کسب کند. در سوی دیگر، سرمایه گذار ریسک پذیر بیشترین انحراف معیار بازده را در طول افق سرمایه گذاری تحمل کرده است اما این موضوع با دریافت بازده بالاتر جبران نشده است. در حقیقت، بر اساس معیارهای SR و IR، پورتفوی سرمایه گذار ریسک پذیر ضعیف ترین عملکرد را در این بین داشته است. این مساله بیش از هر چیز عدم توانایی داده های تاریخی را در تخمین بازده آتی سهام شرکت ها نشان می دهد. در واقع، بازده انتظاری پورتفوی که بر اساس داده های بازده گذشته سهام تعیین می شود؛ نمی تواند تصویر درستی از وضعیت آینده دارایی های مالی ارایه دهد [۲۱]. بنابراین طبیعتاً پورتفوی سرمایه گذار ریسک پذیر که بیشتر به بازده انتظاری متکی است؛ نتایج مطلوبی کسب نکرده.

جدول ۵. روند به روز رسانی ترکیب پورتفوی سرمایه گذار محافظه کار در ۱۲ زیر دوره نخست

زیر دوره:	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
اخبار	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
بترانس	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
پردیس	.	.	.	.	.	.	.	.	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
ثشاهد	.	.	.	.	.	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	.	.	.	.
خاذین	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
خسپا	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
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	۰/۰۶۵	۰/۰۵	.	.	.	.	.	.

زیردوره:	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	۰/۰۵۴	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 زیردوره نخست

زیردوره:	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
خاذین	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	۰/۱۷۹	۰/۱۷۹	۰/۰۸۷	۰/۰۸۷	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	۰/۱۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰
سفارس	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰
شکله	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
فملی	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
کچاد	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۵	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲
کهرام	۰	۰	۰	۰	۰/۱۱۱	۰/۰۵	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	۰/۰۷۵	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	۰/۰۹۲	۰/۰۵	۰	۰	۰	۰

خیامیم و بهکاران، یک مدل فازی برای به روز رسانی پورتفوی با در نظر گرفتن هزینه های معاملات: پیاده سازی 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
وصنعت	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
وغذیر	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
ولساپا	۰	۰	۰	۰	۰/۰۶۲	۰/۰۹۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰
ولغدر	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	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

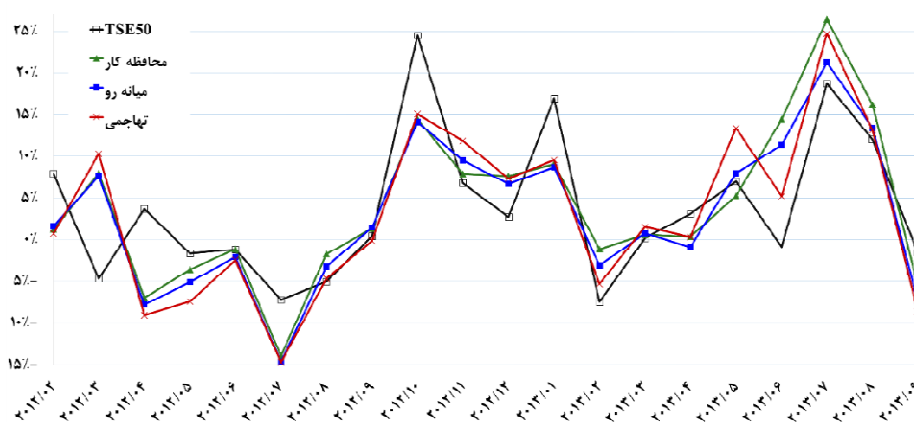
جدول ۷. روند به روز رسانی ترکیب پورتفوی سرمایه گذار ریسک پذیر در ۱۲ زیر دوره نخست

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
خسپا	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
غاذر	۰/۱۷۳	۰/۱۹۹	۰/۱۹۹	۰/۱۷۱	۰	۰	۰	۰	۰/۰۵	۰/۰۶۱	۰/۰۵	۰
فباهنر	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
وبپارس	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	۰/۱۵۵	۰/۰۵۴	۰	۰	۰	۰
وسپه	۰	۰	۰	۰	۰/۱۸۶	۰/۱۸۵	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲

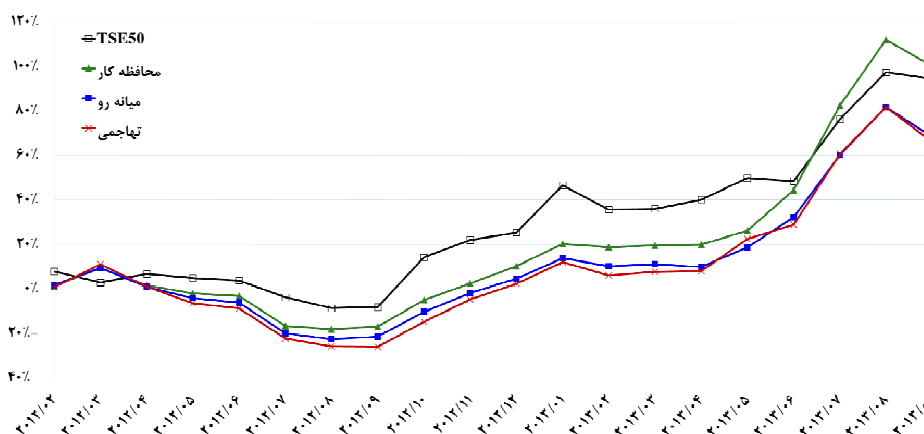
زیر دوره:	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
و صنعت	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
و غدیر	۰/۱۸۵	۰/۲	۰/۱۶۹	۰/۱۵۵	۰/۰۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
و کار	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
و لساپا	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
و لغدر	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۵۲	۰/۱۲۴
و ملت	۰	۰	۰	۰/۲	۰/۲	۰/۱۵۵	۰/۱۲۲	۰	۰/۱۱۶	۰/۰۹۷	۰/۱۰۶	۰/۱۰۶
نقدینگی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۵۸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

جدول ۸. نتایج ارزیابی عمل کرد مدل

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



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 روز رسانی 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., Mahdavi-khou, M., Etemad-furoghi, 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.