مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال یازدهم، شماره دوم (پیاپی ۴۱)، تابستان ۹۳، ص ص ۹۳-۷۵
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱

یک مدل فازی برای به‌روز رسانی پورتفوی با در نظرگرفتن هزینه‌های معاملات: پیاده‌سازی 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
مدل‌های بهینه‌سازی پورتفوی پس از شناسایی پورتفویِ بهینه آن را تا پایان دوره سرمایه‌گذاری رها می‌کنند. حال آنکه موقعیت‌های اقتصادی همواره در حال تغییر است. با توجه به این موضوع، مقاله پیش‌رو مدلی برای بازنگری در ترکیب پورتفوی پیشنهاد می‌کند. استراتژی پیشنهاد شده افق سرمایه‌گذاری را به زیردوره‌های کوتاه‌تر تقسیم و در ابتدای هر زیردوره ترکیب پورتفوی را با شرایط بازار هماهنگ می‌نماید. این تحقیق یک مدل چندهدفه غیرخطی فازی ارایه می‌کند که پورتفوی را با توجه به هزینه‌های معاملات، خصوصیات سرمایه‌گذار و نرخ بازده بدون ریسک به‌روز می‌نماید. سرانجام در غالب یک مطالعه موردی، مدل پیشنهادی با داده‌های واقعی جمع‌آوری شده از بازار بورس تهران برای سه سرمایه‌گذار با خصوصیات مختلف اجرا شده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که مدل ارایه شده قادر است عملکردی بهتر از شاخص بازار ارایه کند.

کلمات کلیدی: بهینه‌سازی سبد سهام، انتخاب پورتفوی، برنامه‌ریزی فازی، هزینه معاملات، به‌روز رسانی پورتفوی.

۱ مقدمه
بورس اوراق بهادار مهمترین جایگاه تخصیص منابع مالی به فعالیت‌های اقتصادی است. از این رو، توسعه ساز و کارهای مناسب برای مدیریت بهینه سرمایه‌گذاری در این بازار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. سرمایه‌گذاری در بازارهای مالی در غالب پورتفوی (Portfolio) یا سبد دارایی‌ها صورت می‌گیرد. در حقیقت، پورتفوی مجموعه‌ای از دارایی‌های مالی مثل سهام، اوراق قرضه و پول نقد است که توسط سرمایه‌گذار نگهداری می‌شود. ترکیبِ پورتفوی بیان‌گر چگونگی تخصیص سرمایه به هر یک از دارایی‌های مالی است. از این رو، بهینه‌سازی پورتفوی یکی از مسایل اساسی در مدیریت مالی به‌شمار می‌رود.

* عهده دار مکاتبات
آدرس الکترونیکی: arash.khayamim@gmail.com

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

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 بیشترِ سرمایه‌گذاران، هم‌گام با تغییر شرایط بازار در ترکیبِ 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 کارمزدِ شرکت‌های کارگزاری است. مرور ادبیات نشان می‌دهد که مدل‌های بهینه‌سازی پورتفوی غالبا این هزینه‌ها را نادیده می‌گیرند. باتوجه 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 خاصِ هر سرمایه‌گذار تناسب دارد. بر این اساس، تحقیق پیش‌رو یک مدل برنامه‌ریزی فازی برای به‌روز-رسانی پورتفوی (Portfolio rebalancing) با درنظرگرفتن 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 شده‌است. او برای نخستین بار بازده و ریسک دارایی‌های مالی را با استفاده از مقیاس‌های آماری آن‌ها، یعنی بازدهِ مورد انتظار و انحراف معیارِ بازده، کمّی‌سازی کرد. او پیشنهاد می‌کند سرمایه‌گذار بازده و ریسک را به‌طور موازی درنظر 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

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

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

۲-۱-۱ ریسک و بازده مورد انتظار پورتفوی

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

$$E\left(R_P\right)=\sum_{i\in S}x_i r_i \qquad (۱)$$

در این رابطه، $E\left(R_P\right)$ بازده مورد انتظار پورتفوی و x_i نیز نسبتی از کل بودجه است که روی دارایی iاُم سرمایه‌گذاری می‌شود ($0\le x_i\le 1$). هم‌چنین، r_i میزان بازده مورد انتظاردارایی iاُم را نشان می‌دهد. اگر R_i را به عنوان یک متغیر تصادفی درنظر بگیریم که بیان‌گر بازده دارایی iاُم است، r_i بر اساس داده‌های تاریخیِ T دوره‌ی قبل و با استفاده از رابطه (۲) تخمین زده می‌شود. در این رابطه r_{it}بازده واقعی دارایی iاُم در دوره t است.

$$r_i=E\left(R_i\right)=\frac{\sum_{t=1}^{T}r_{it}}{T} \qquad (۲)$$

مطابق تئوری پورتفوی، 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 پورتفوی از رابطه (۳) محاسبه می‌شود.

$$\sigma_p^2=\sum_{i\in S}\sum_{j\in S}x_i x_j\sigma_{ij} \qquad (۳)$$

در این رابطه، σ_p^2واریانس پورتفوی و σ_{ij} نیز کوواریانسِ 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 معیارِ دارایی iاُم است.

$$\sigma_{ij}=\rho_{ij}\sigma_i\sigma_j \qquad (۴)$$

همان‌طور که رابطه (۴) نشان می‌دهد ایده اساسی در اینجا متنوع‌سازی پورتفوی است. چرا که میزان ریسک پورتفوی نه‌تنها 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

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

یکدیگر وابسته باشند زیرا در این صورت ممکن است هم‌زمان همه آن‌ها عمل‌کرد 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 ریسکِ آن برای سطح مطلوبی از بازده کمینه شود. برنامه‌ریزی ریاضی مدل میانگین- واریانس به صورت زیر است.

$$Min \quad \sigma_p^2 = \sum_{i\in S}\sum_{j\in S} x_i x_j \sigma_{ij} \tag{۵}$$

$$s.t.$$

$$E\left(R_P\right) = \sum_{i\in S} x_i r_i \geq R_0 \tag{۶}$$

$$\sum_{i\in S} x_i = 1 \tag{۷}$$

$$x_i \geq 0, \quad i = 1,\ldots,n \tag{۸}$$

در اینجا R_0 حداقل بازده مورد انتظارپورتفوی است. این مدل ریسک پورتفوی را مطابق با تابع هدف (۵) کمینه می‌کند و محدودیت (۶) نیز بازده مورد انتظارِ 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 وزنِ 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 به‌دست 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 واریانسِ بازده مورد انتظار، اندازه‌گیری می‌کند. در سوی دیگر، دارایی بدون ریسک قرار دارد که بازده آینده آن قطعی و ازپیش‌تعیین‌شده است. بنابراین، واریانس آن برابرِ 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 تاثیری بر محاسباتِ واریانس پورتفوی ندارد و تنها بازده مورد انتظار آن را تغییر می‌دهد.

۲-۲ پیشینه مدل‌های بهینه‌سازی پورتفوی با در نظرگرفتن هزینه‌های معاملات

به خاطر پیچیدگی محاسباتیِ 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

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

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

موسین [۹] اولین نمونه از مدل‌های چنددوره‌ای بهینه‌سازی پورتفوی را ارایه 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 به‌کار می‌گیرد. اما توسعه مدل‌های حرفه‌ای‌تر با تحقیق چن و همکاران [۱۰] آغاز شد که مدلی برای درنظر گرفتن هزینه‌های معاملات در چهارچوب مدل مارکوویتز ارایه کردند. در مطالعات تازه‌تر نیز جانا و همکاران [۱۱] یک مدل فازی برای انتخاب پورتفوی با درنظر گرفتن هزینه‌های معاملات ارایه می‌کنند.

چشم‌پوشی از هزینه معاملات در فرآیند بهینه‌سازی پورتفوی می‌تواند موجب انتخاب پورتفوی غیربهینه شود [۱۲]. لحاظ کردن هزینه‌های معاملات تاثیر قابل توجهی بر مرزکارا 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 درنظر می‌گیرند (مثل [۱۱ و۱۴]). طبیعی است که بازده، در پایانِ مدت سرمایه‌گذاری به‌دست سرمایه‌گذار می‌رسد. از این رو، با محاسبه هزینه معاملات به عنوان جریمه بازده به‌طور ضمنی فرض‌شده 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 به‌جای 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 تجربیِ جانسون و شنون [۱۵] نشان می‌دهد پورتفویی که هر سه ماه یک‌بار به‌روزرسانی شود عملکرد بهتری، نسبت به پورتفویی که مورد بازنگری قرار نگرفته است؛ دارد. در این زمینه، فنگ و همکاران [۱۴] با استفاده از نیمه قدرمطلق انحراف‌ها (Semi-Absolute Deviation: SAD) به عنوان معیار اندازه‌گیری ریسک، یک مدل خطی برای به‌روز رسانی پورتفوی با درنظر گرفتن هزینه‌های معاملات توسعه می‌دهند. یو و لی [۱۶] نیز یک مدل غیرخطی فازی برای به‌روز رسانی پورتفوی با لحاظ کردن هزینه‌های معاملات ارایه کرده‌اند و با مطالعه‌ای تجربی در بازار بورس تایوان نشان می‌دهند که مدل پیشنهادی می‌تواند بهتر از شاخص بازار عمل کند.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

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 آماریِ 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 قطعیتِ 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 [۱۸و۱۹]) 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 نمی‌توانند عدم قطعیت موجود در بازار را به‌طور کامل پوشش دهد [۱۴]. از طرف دیگر، روش‌های فازی اجازه می‌دهد مواردی مثل تحلیل‌های کیفی، نظرات کارشناس وسلایق سرمایه‌گذار به‌آسانی وارد مساله بهینه‌سازی شود. از این رو، در سال‌های اخیر پژوهش‌های گسترده‌ای پیرامون مدل‌های فازی بهینه‌سازی پورتفوی صورت گرفته است (مثل [۲۱و۲۲]). اینوگوچی و رامیک [۲۳] مقایسه جامعی بین برنامه‌ریزی احتمالی (Stochastic programming) و برنامه‌ریزی فازی در مساله انتخاب پورتفوی انجام می‌دهند.

۲-٤ جمع‌بندی ادبیات تحقیق

همان‌طور که جدول ۱ نشان می‌دهد؛ تاکنون مدل‌های مختلفی برای بهینه‌سازی پورتفوی با درنظر 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.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

جدول ۱. مطالعات مرتبط

تحقیق	مساله	روش حل	بورس	مقیاس ریسک	ه.م.	خ.س.	د.ر.
[۲۵]	انتخاب پورتفوی	تئوری امکان	شانگهای	VAR , σ_p^2			*
[۲۴]	انتخاب پورتفوی	برنامه‌ریزی فازی	نیویورک	MAD		*	
[۱۱]	انتخاب پورتفوی	برنامه‌ریزی فازی	-	σ_p^2	*	*	
[۱۳]	به‌روز رسانی پورتفوی	برنامه‌ریزی احتمالی	نیویورک	CVAR , σ_p^2	*		*
[۱۴]	به‌روز رسانی پورتفوی	برنامه‌ریزی فازی	شانگهای	SAD	*	*	
[۱۶]	به‌روز رسانی پورتفوی	برنامه‌ریزی فازی	تایوان	σ_p^2	*	*	
این تحقیق	به‌روز رسانی پورتفوی	برنامه‌ریزی فازی	تهران	σ_p^2	*	*	*

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

۳ تعریف و مدل‌سازی مساله

همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد شرایط و موقعیت‌های اقتصادی مدام در حال تغییر است و تغییرِ ترکیبِ پورتفوی به موازات این تغییرات می‌تواند موجب افزایش مطلوبیت مورد انتظار سرمایه‌گذار شود. از این رو، استراتژی پیشنهادی افق سرمایه‌گذاری را به زیردوره‌های کوتاه‌تری تقسیم و پورتفوی را در ابتدای هر زیردوره به‌روزرسانی می‌کند. به این منظور، این بخش یک مدل برنامه‌ریزی چندهدفه ارایه و سپس یک روش برنامه‌ریزی فازی برای حل آن معرفی می‌نماید.

۳-۱ مدل برنامه‌ریزی چندهدفه غیرخطی برای به‌روز رسانی پورتفوی

مطابق با مدل میانگین- واریانس، سرمایه‌گذار بر اساس بده بستان میان ریسک و بازدهِ مورد انتظار، سرمایه خود را بین دارایی‌های مختلف تخصیص می‌کند. این بخش یک مدل برنامه‌ریزی چندهدفه‌ی غیرخطی جهت به‌روز رسانی پورتفوی در چهارچوب میانگین- واریانس ارایه می‌نماید. مدل پیشنهادی هزینه‌های معاملات را در نظر گرفته؛ یک دارایی بدون ریسک را نیز در فرآیند به‌روز رسانی پورتفوی شرکت می‌دهد. برنامه‌ریزی ریاضی این مدل به صورت زیر است.

مدل (۱)

$$Max \quad M(x) = \sum_{i \in S} x_i r_i + x_f r_f \tag{۹}$$

$$Min \quad V(x) = \sum_{i \in S} \sum_{j \in S} x_i x_j \sigma_{ij} \tag{۱۰}$$

$$Min \quad C(x) = \sum_{i \in S} (x_i^b C_i^b + x_i^s C_i^s) \tag{۱۱}$$

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

$s.t.$

$$\sum_{i\in S} x_i + \sum_{i\in S}(x_i^b C_i^b + x_i^s C_i^s) \le ۱ \quad (۱۲)$$

$$x_f = ۱ - \sum_{i\in S} x_i - \sum_{i\in S}(x_i^b C_i^b + x_i^s C_i^s) \quad (۱۳)$$

$$m \le \sum_{i\in S} z_i \le M \quad (۱۴)$$

$$z_i l_i \le x_i \le z_i u_i, \qquad i \in S \quad (۱۵)$$

$$x_i = x_i^\circ + x_i^b - x_i^s, \qquad i \in S \quad (۱۶)$$

$$x_i^b, x_i^s \ge ۰,\ x_i^s \le x_i^\circ,\ z_i \in \{۰,۱\}, \quad i \in S \quad (۱۷)$$

در اینجا، x_i° وزن داراییِ iاُم در پورتفویِ فعلی است که میزان آن با خرید x_i^b یا فروش x_i^s به‌روزرسانی می‌شود. هم‌چنین، x_f وزن دارایی بدون ریسک در پورتفوی و r_f بازده این دارایی را نشان می‌دهد. علاوه بر این، نرخ هزینه خرید داراییِ iاُم با C_i^b و نرخ هزینه فروش آن نیز با C_i^s نمایش داده می‌شود. u_i و l_i به ترتیب حداقل و حداکثر وزن داراییِ iاُم در پورتفوی و m و M نیز به ترتیب حداقل و حداکثر تعداد دارایی‌های داخل پورتفوی است. سرانجام، z_i متغیری صفر و یک است که در صورت انتخاب داراییِ iاُم، یک و در غیر این صورت صفر خواهد بود.

در این مدل سه تابع هدف با یکدیگر رقابت می‌کنند: بیشینه‌سازی بازده مورد انتظار پورتفوی $M(x)$، کمینه‌سازی ریسک $V(x)$ و هزینه‌های معاملات $C(x)$. مطابق با محدودیت (۱۲)، هزینه‌های معاملات از کل بودجه کسر و باقیمانده بودجه یا روی دارایی‌های ریسکی سرمایه‌گذاری می‌شود یا مطابق با محدودیت (۱۳) به دارایی بدون ریسک اختصاص می‌یابد. محدودیت‌های (۱۴) و (۱۵) نیز محدودیت‌های کاربردی است که در جهت کنترل بهتر ترکیب پورتفوی طراحی شده‌اند. این مدل فرض می‌کند معامله‌ی دارایی بدون ریسک مستلزم پرداخت هزینه نیست.

شایان ذکر است که علاوه بر محدودیت‌های لحاظ شده، $x_i^b . x_i^s = ۰$ نیز به‌طور طبیعی باید مورد توجه قرار گیرد. زیرا خرید و فروش هم‌زمان یک دارایی مالی باعث بالا رفتن بی‌دلیلِ هزینه‌های معاملات می‌شود. از این رو، چنین حالتی هیچ‌گاه بهینه نخواهد بود. با این وجود، میشل و براون [۲۶] اثبات می‌کنند که در حضور یک دارایی بدون ریسک این محدودیت قابل حذف است.

۳-۲ برنامه‌ریزی فازی به‌روز رسانی پورتفوی

معمولاً سرمایه‌گذاران نسبت به اهداف مالی خود تمایلات مختلفی دارند. ممکن است سرمایه‌گذاری بخواهد بازده بالایی کسب کند و برای دست‌یابی به آن، ریسک بالایی را نیز می‌پذیرد. در سوی دیگر، سرمایه‌گذاری به دنبال کسب بازدهی پایدار است اگرچه میزانِ آن چندان زیاد نباشد. با توجه به این موضوع، هر مدل بهینه‌سازی پورتفوی باید بتواند پورتفوی بهینه را متناسب با خواسته‌ها و نیازهای سرمایه‌گذار ارایه نماید.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

غالباً در مسایل تصمیم‌گیری وقتی سخن از خواسته‌ها و نیازهای تصمیم‌گیرنده به میان می‌آید شیوه‌های برنامه‌ریزی آرمانی (Goal programming) به عنوان یک راه حلِ 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. معمولا اگر از سرمایه‌گذاران در مورد سطح تمایلاتشان پرسش شود پاسخ‌های مبهمی خواهند داد. عبارت‌هایی مثل: هرچه بیشتر بهتر، حتی‌المقدور کم و مواردی از این دست. بنابراین سطح مطلوبِ بازده و سطح قابل قبولِ 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 ضدّ ایده‌آل (Anti-ideal solutions) در یک مساله بهینه‌سازی چندهدفه ضروری است. این جواب‌ها برای یک مساله بهینه‌سازیِ kهدفه با تابع هدف‌های $Z_1(X), Z_2(X), ..., Z_K(X)$ 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 درنظر گرفتن $Z_r(X)$ محاسبه می‌شود.

تعریف ۲. جواب ضدّ 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 ضدّ ایده‌آل، ابتدا جواب‌های ایده‌آل $X_1, X_2, ..., X_K$ به ترتیب برای اهداف $Z_1(X), Z_2(X), ..., Z_K(X)$ محاسبه و جدول بهره‌وری (Pay-off table) مطابق جدول ۲ تشکیل می‌شود. اگر $Z_r(X)$در مساله کمینه گردد، جواب ضدّ ایده‌آل آن از رابطه (۱۸) و اگر بیشینه‌سازی باشد؛ جواب ضدّ 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	$Z_1(X_K)$	$Z_2(X_K)$	.....	$Z_K^*(X_K)$

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

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

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

تعریف ۳. مجموعه فازی و تابع عضویت مرتبط با آن به این صورت تعریف می‌گردد. اگر X مجموعه‌ای از عناصر باشد که با x نشان داده می‌شود؛ آن‌گاه مجموعه فازی $\tilde{A}$ در X مجموعه زوج‌های 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 [۰,۱] مقدار می‌گیرد.

۳-۲-۲ برنامه‌ریزی فازی به‌روزرسانی پورتفوی

تکنیک برنامه‌ریزی فازی به خوبی می‌تواند مسایل بهینه‌سازی چندهدفه را حل کند [۱۹]. پیش از فازی‌سازیِ توابع هدف، مطابق با تعاریف ارایه شده در بخش قبل، جواب‌های ایده‌آل و ضدّ ایده‌آلِ مدل (۱) محاسبه می‌شود. به این صورت، M_u، V_u و C_u که به ترتیب برابر است با مقادیر ایده‌آل بازده، ریسک و هزینه معاملات به دست می‌آید. همین‌طور، مقادیر ضدّ ایده‌آل این اهداف، به ترتیب M_l، V_l و C_l نیز تعیین می‌گردد. پس از آن، توابع عضویت $\mu_M(x)$، $\mu_V(x)$ و $\mu_C(x)$ مطابق با روابط ۲۴-۲۲ تعریف و سرانجام مدل (۱) به حالت تک‌هدفه وزن‌دار تبدیل می‌شود. به این ترتیب، مدل به‌روزرسانی پورتفوی به صورت زیر قابل بازنویسی خواهد بود (برای مطالعه دقیق‌تر پیرامون برنامه‌ریزی فازی رجوع شود به [۶ و ۱۱]).

مدل (۲)

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

$$s.t.$$

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

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

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

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

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

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

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

$$w_M + w_V + w_C = ۱ \qquad (۲۸)$$

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 برابرِ ۱ باشد. مقادیر w_V و w_C به ترتیب بر اساس میزان ریسک‌گریزی و هزینه‌گریزیِ 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.

٤ 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) قابل بازیابی است. جدول ۳ جزییات مربوط به شرکت-های انتخاب شده را نمایش می‌دهد.

تحقیق حاضر از داده‌های تاریخی مربوط به "قیمت پایانیِ 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. جمع‌آوریِ 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 تاریخِ به‌روزرسانی پورتفوی، در محیط نرم‌افزار *Excel* محاسبه شده است؛ یعنی در رابطه (۲) داریم: $T = ۱۰$.

مدل ارایه شده در بازه زمانی ۲۰ ماهه بین دی ماه سال ۱۳۹۰ تا شهریور۱۳۹۲ که بازار هر دو حالت صعودی و نزولی را تجربه کرده است؛ اجرا می‌شود. مطابق با استراتژی ارایه شده، دوره سرمایه‌گذاری به ۲۰ زیردوره‌ی 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 سرمایه-گذارِ 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.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

مطابق با قوانین سازمان بورس، هزینه معاملات سهام به صورت۰/۴۸۶ ٪ برای خرید و ۱/۰۲۹ ٪ برای فروش سهام در نظر گرفته می‌شود ($C_i^b = ۰/۰۰۴۸۶, C_i^s = ۰/۰۱۰۲۹$). هم‌چنین مطابق با قوانین بانک مرکزی ایران، نرخ بهره ماهانه که به پول سرمایه‌گذار تعلق می‌گیرد برابر ۰/۵۸۳ ٪ است ($r_f = ۰/۰۰۵۸۳$).در محدودیت (۱۴)، حداقل و حداکثر تعداد سهام در پورتفوی به ترتیب ۶ و ۱۴ تعیین شده ($m = ۶, M = ۱۴$). علاوه بر این، در محدودیت (۱۵) حدّ پایین و حدّ بالای وزن هر داراییِ ریسکی در پورتفوی، به ترتیب برابر ۰/۰۵ و ۰/۲ است ($l_i = ۰/۰۵, u_i = ۰/۲$).

تحقیق حاضر، عملکرد مدل ارایه شده را با معیارهای: ارزش پورتفوی در آخر دوره (End of Period 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	ولساپا
مواد و محصولات دارویی	داروسازی جابربن‌حیان	دجابر
	داروسازی رازک	درازک
محصولات غذایی و آشامیدنی	کشت و صنعت پیاذر	غاذر
	توسعه صنایع بهشهر	وبشهر
محصولات شیمیایی	نیروکلر	شکلر
ماشین آلات و دستگاه های برقی	ایران ترانسفو	بترانس
خدمات فنی مهندسی	کنترل خوردگی تکین‌کو	رتکو
انبوه‌سازی، املاک و مستغلات	سرمایه‌گذاری شاهد	ثشاهد
	سرمایه‌گذاری ساختمان ایران	وساخت
بانک ها و موسسات اعتباری	بانک پارسیان	وپارس
	بانک تجارت	وتجارت
	بانک کارآفرین	وکار
خودرو و ساخت قطعات	سایپا	خساپا
	سایپا آذین	خاذین
سرمایه‌گذاری‌ها	سرمایه‌گذاری بهمن	وبهمن
	سرمایه‌گذاری ملت	وملت
	سرمایه‌گذاری سپه	وسپه

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

گروه صنعت	شرکت	نماد
	سرمایه‌گذاری پردیس	پردیس
	سرمایه‌گذاری صنعت و معدن	وصنعت
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
شرکت‌های چندرشته‌ای	سرمایه‌گذاری غدیر	وغدیر
کاشی و سرامیک	تولید گرانیت بهسرام	کهرام
استخراج کانه های فلزی	معدنی و صنعتی چادرملو	کچاد

جدول ٤. وزن تابع‌های هدف در تناسب با خصوصیات سرمایه‌گذار

	محافظه‌کار	میانه‌رو	ریسک‌پذیر
w_M	۰/۳۵	۰/۴۵	۰/۶۰
w_V	۰/۶۰	۰/۵	۰/۳۵
w_C	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵

٤-١ ارزیابی عمل‌کرد مدل و بحث پیرامون یافته‌ها

این بخش پیرامون نتایج حاصل از پیاده‌سازی مدل در بورس اوراق بهادار تهران بحث می‌کند. جدول‌های ۵، ۶ و ۷ به ترتیب روند به‌روز رسانیِ ترکیب پورتفویِ سرمایه‌گذار محتاط، میانه‌رو و ریسک‌پذیر را در یک سال اول (۱۲ زیردوره) گزارش می‌کند (ارایه جزییات مربوط به ۲۰ زیردوره از حوصله تحقیق حاضر خارج است).

جدول ۸ نیز نتایج حاصل را از ارزیابی عملکرد پورتفوی سه سرمایه‌گذار مختلف نشان می‌دهد. مطابق با جدول ۸، رابطه‌ای معنی‌دار بین میانگین وزن داراییِ بدون ریسک در پورتفوی از یک طرف و خصوصیات سرمایه‌گذار از طرف دیگر، وجود دارد. به این ترتیب که وزن این دارایی در پورتفوی با میزان ریسک‌پذیریِ سرمایه‌گذار دارای ارتباط معکوس است. به‌طور کلی این نتایج نشان می‌دهد که مدل فازی ارایه شده خصوصیات سرمایه‌گذار را به خوبی در ترکیب پورتفویِ وی منعکس می‌کند.

شکل ۱ بازده ماهانه حاصل از سه پورتفوی را با شاخص ۵۰ شرکت فعال‌تر بورس تهران (TSE50) مقایسه می‌نماید. شکل ۲ نیز بازده انباشته پورتفوی‌های تولید شده را در مقایسه با شاخص بازار نمایش می‌دهد. ناگفته نماند که مقدار بازده انباشته در هر زمان، بیان‌گر بازده واقعی به‌دست آمده از ابتدای دوره سرمایه‌گذاری تا آن زمان است. با توجه به این شکل، پورتفوی سرمایه‌گذار محتاط نسبت به سایر پورتفوی‌ها در پایانِ دوره سرمایه-گذاری از ارزش بالاتری برخوردار است. بر اساس فرضیه بازار کارا، کسب بازده بالاتر از بازده بازار امکان‌پذیر نیست [۳۰]. حال آنکه مطابق با نتایج گزارش شده در جدول ۸، سرمایه‌گذار محتاط توانسته است با استفاده از

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

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 معیارِ 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 هرچیز 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 به‌روز رسانی ترکیب پورتفوی سرمایه‌گذار محافظه‌کار در ۱۲ زیردوره نخست

زیردوره:	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
اخابر	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	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
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
خساپا	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	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	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	۰/۰۵	۰	۰	۰	۰	۰
سفارس	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۲	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	۰/۰۹۹	۰/۰۶۷
غاذر	۰/۰۹۵	۰/۰۹۵	۰/۰۷۸	۰/۰۵۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
فباهنر	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
فملی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۵	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	۰/۰۵	۰	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	۰/۰۵	۰/۱۰۹	۰/۲	۰/۲	۰/۰۶۵	۰/۰۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

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
وغدیر	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
ولساپا	۰	۰	۰	۰	۰/۱۹۵	۰/۱۹۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰
ولغدر	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	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 ٦. روند به‌روز رسانی ترکیب پورتفوی سرمایه‌گذار میانه‌رو در ۱۲ زیردوره نخست

زیردوره:	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
اخابر	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
خساپا	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	۰/۱۲	۰	۰	۰	۰	۰
سفارس	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۲	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	۰/۱۲۱
غاذر	۰/۱۲۴	۰/۱۲۵	۰/۱۲۵	۰/۱۰۶	۰	۰	۰	۰	۰/۰۵	۰/۰۵	۰	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	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

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

زیردوره:	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
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
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 به‌روز رسانی ترکیب پورتفوی سرمایه‌گذار ریسک‌پذیر در ۱۲ زیردوره نخست

زیردوره:	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
اخابر	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
ثشاهد	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۵۸	۰/۱۲۷	۰	۰	۰	۰
خاذین	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
خساپا	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
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	۰/۱۵۵	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

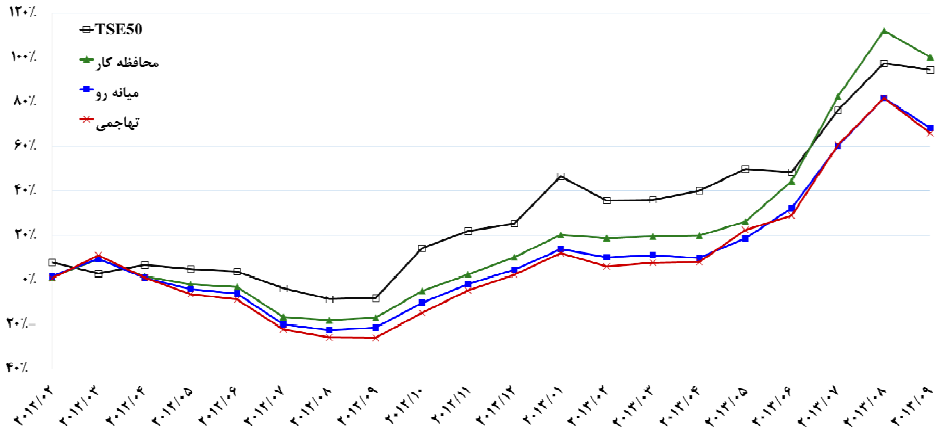
[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

زیردوره:	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
وصنعت	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
وغدیر	۰/۱۸۵	۰/۲	۰/۱۶۹	۰/۱۵۵	۰/۰۵	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	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
ولغدر	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۵۲	۰/۱۲۴
وملت	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 عمل‌کرد مدل

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

شکل ۱. بازده ماهانه



شکل ۲. بازده انباشته

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

۵ نتیجه‌گیری و پیشنهاد برای پژوهش‌های آتی

وضعیت بازارهای مالی همواره در حال دگرگونی است. از این رو، به‌روزرسانی پورتفوی می‌تواند موجب افزایش مطلوبیت سرمایه‌گذار شود. با این وجود، ادبیات موضوع با کمبود مدل‌هایی مواجه است که بتواند پورتفوی را با در نظرگرفتن شرایط موجود در دنیای واقعی سرمایه‌گذاری مثل هزینه معاملات، خصوصیات سرمایه‌گذاران و نرخ بازده بدون ریسک به‌روز 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 می‌دهد. این تحقیق با نتایج امیدوارکننده‌ای برای سرمایه‌گذاران همراه است چرا که نشان می‌دهد سرمایه‌گذاران می‌توانند 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 شیوه‌های پیشرفته‌تر برای کنترل ریسک پورتفوی و درنظر گرفتن زیردوره‌ها با بازه زمانی غیرقطعی، برای پژوهش‌های آتی باقی می‌ماند.

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 approximationsto 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.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]

[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 withVAR 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., Mahdavikhou, 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.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-05-14]