فصلنامه‌ی اقتصاد مقداری (بررسی‌های اقتصادی سابق)

صفحه ی اصلی وب سایت مجله: www.jqe.scu.ac.ir
شاپا الکترونیکی: ۴۲۷۱-۲۷۱۷
شاپا چاپی: ۵۸۵۰-۲۰۰۸

تشکیل پرتفویی از صندوق‌های قابل معامله با رویکرد ترکیبی خوشه‌بندی و تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر

فاطمه رحمانی اصل*، حسنعلی سینایی **و عبدالحسین نیسی ***

* فارغ التحصیل کارشناسی ارشد مدیریت مالی، دانشکده ی اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
** استاد مدیریت، دانشکده ی اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. (نویسنده مسئول)
*** استادیار مدیریت، دانشکده ی اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۳۰ دی ۱۳۹۸
تاریخ بازنگری: ۱۱ خرداد ۱۳۹۹
تاریخ پذیرش: ۲۲ شهریور ۱۳۹۹
انتشار آنلاین از تاریخ ۲۲ شهریور ۱۳۹۹

طبقه‌بندی JEL: C38, C52, G11,G2

واژگان کلیدی:
تصمیم‌گیری چند شاخصه، تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر(UTADIS)، شاخص‌های تئوری مدرن و پست مدرن پرتفوی، صندوق‌های قابل معامله (ETFs)

ارتباط با نویسنده (گان) مسئول:
ایمیل: ha_sinaei@yahoo.com
0000-0002-0205-0322
آدرس پستی: خوزستان، اهواز، بلوار گلستان، دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی، گروه مدیریت، کد پستی: ۶۱۳۵۷۴۳۳۳۷

چکیده

ضمن توجه به نقش مطلوبیت در امر تصمیم‌گیری و در نظر گرفتن ریسک‌پذیری سرمایه‌گذار هدف پژوهش حاضر بکارگیری یک مدل ترکیبی متشکل از روش خوشه‌بندی و تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر به منظور رتبه‌بندی و تشکیل پرتفویی از صندوق‌های قابل معامله است. این پژوهش از نظر هدف کاربردی و از نظر شیوه گردآوری داده‌ها توصیفی است. در این پژوهش جهت تحلیل داده‌ها و محاسبه متغیرها نرم‌افزار Excell، جهت تحلیل خوشه‌ای k میانگین نرم‌افزار MATLAB و جهت محاسبات روش تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر نرم‌افزارهای Excell و GAMS مورد استفاده قرار گرفتند. در این پژوهش طی فرآیندی پنج مرحله‌ای، ابتدا صندوق‌های سرمایه‌گذاری قابل معامله جهت رتبه‌بندی به عنوان مطالعه موردی انتخاب و از بین ۳۲ صندوق قابل معامله (جامعه)، ۲۶ صندوق به عنوان نمونه در دوره زمانی فروردین ۱۳۹۲ تا آذر ۱۳۹۷ در بازار سرمایه ایران در نظر گرفته شد، در مرحله دوم ۳ گروه معیار شامل معیارهای عمومی ارزیابی عملکرد (بازده، ریسک و بتای پرتفوی)، معیارهای مدرن (نسبت‌های شارپ، ترینر، جنسن و مودیلیانی-میلر) و معیارهای پست مدرن (نسبت‌های امگا، سورتینو، کاپا و پتانسیل مطلوب) تئوری پرتفوی بکار رفته در پژوهش‌های پیشین برای صندوق‌های نمونه محاسبه شدند و با استفاده از شاخص‌های مذکور به روش k میانگین، خوشه‌بندی انجام گرفت، سپس با توجه به معیارهای تفکیک، بهترین تعداد خوشه‌ها تعیین شد. نتایج روش خوشه‌بندی، اطلاعات ورودی روش تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر بوده و رتبه‌بندی صندوق‌ها صورت گرفت. پس از حل مدل اولیه، به منظور بهبود نتایج، تحلیل پس‌بهینگی انجام شد، پس از انجام تحلیل پس‌بهینگی، وزن شاخص‌ها و مطلوبیت گزینه‌ها تعیین شد. سپس به منظور اعتبارسنجی نتایج، آزمون صحت نتایج طبقه‌بندی و آزمون خطای طبقه‌بندی اجرا گردید. نتایج پژوهش حاکی از آن است که چارچوب ترکیبی استفاده شده مناسب بوده و شاخص بازده با وزن ۰/۱۵۳، بیشترین نقش و شاخص نسبت ترینر با وزن ۰/۰۳۹، کمترین نقش را در سبد سرمایه‌گذاری داشته است، همچنین با توجه به نتایج بدست آمده از صحت طبقه‌بندی و آزمودن نمونه‌های آزمون، مشخص شد که دقت مدل ۱۰۰ درصد است و در نهایت سه صندوق قابل معامله آرمان آتی کوثر، قابل معامله با درآمد ثابت کیان و پارند پایدار سپهر که طبق خوشه‌بندی k میانگین در خوشه اول قرار گرفته و بر اساس روش تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر بیشترین مطلوبیت را داشته‌اند، جهت تشکیل پرتفوی انتخاب شدند.

اطلاعات تکمیلی:

مقاله حاضر مستخرج از رساله کارشناسی ارشد، فاطمه رحمانی اصل تحت راهنمایی دکتر حسنعلی سینایی در دانشگاه شهید چمران اهواز است.

ارجاع به مقاله:

رحمانی اصل، فاطمه، سینایی، حسنعلی و نیسی، عبدالحسین. (۱۴۰۰). تشکیل پرتفویی از صندوق‌های قابل معامله با رویکرد ترکیبی خوشه‌بندی و تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر. *فصلنامه‌ی اقتصاد مقداری (بررسی های اقتصادی سابق)*، ۱۸(۱)، ۷۹-۹۶.

10.22055/jqe.2020.32330.2204

© 2021 Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

۱- مقدمه

صندوق‌های قابل معامله[1]صندوق‌های سرمایه‌گذاری هستند که به راحتی قابل خرید و فروش بوده و برای هر دو گروه سرمایه‌گذاران نهادی و خرده فروشی جذاب می‌باشند. به طور کلی ویژگی‌های کلیدی که باعث انتخاب این نوع صندوق‌ها می‌شوند، عبارتندز: نقدینگی و تنوع ریسک (Gad & Andrikopolos, 2019)، چنانکه موجب تقلیل ریسک سرمایه‌گذاری می‌گردند. در چنین شرایطی به نظر می‌رسد بتوان با تبعیت از نظریه مدرن پرتفوی، پیرامون تشکیل پرتفویی از صندوق‌های سرمایه‌گذاری، بر مزایای تنوع‌بخشی حاصل از این قبیل واسطه‌های مالی افزود (Sinaei, Mehrabi, Basirzade, & Samandar, 2016).

در بهترین شرایط سرمایه‌گذاران چه بزرگ و چه کوچک برای بررسی اجمالی، علاوه بر عملکرد صندوق، ریسک تعدیل شده با بازده را نیز در نظر می‌گیرند. از سوی دیگر، مدیران صندوق علاقمند به دانستن این خواهند بود که به طور کلی چرا/ چگونه عملکرد خوب یا ضعیف دارند، همچنین در جنبه‌های مختلف، مدیریت صندوق را با همتایان خود مقایسه می‌کنند. با این حال انتخاب این صندوق‌ها، به عنوان یک انتخاب گسترده از بین تعداد زیادی از گزینه‌های پیشنهادی، یک کار آسان نیست (Galagedera, Roshdi, Fukuyama, & Zhu, 2018). بنابراین مهم است که به درستی عملکرد گذشته صندوق را با مقایسه آن با عملکرد صندوق‌های دیگر تجزیه و تحلیل کنیم (Grau-Carles, Doncel, & Sainz, 2019).

علاوه بر این اغلب روش‌های تصمیم‌گیري چند شاخصه، تصمیم‌گیرنده را با ریسك خنثي در نظر مي‌گیرند؛ حال آنکه در دنیاي واقعي ریسك‌پذیري افراد متفاوت است و در نظر نگرفتن این موضوع می‌تواند به جواب‌هایي منجر شود که با ترجیحات تصمیم‌گیرنده منطبق نیست. همچنین روش تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر[2] نسبت به سایر روش‌ها به اطلاعات کمتري احتیاج دارد و وزن‌دهی به شاخص‌ها و ارزیابی گزینه‌ها نیز بدون نیاز به روش دیگري، طي این فرآیند انجام مي‌گیرد (Mehrgan, Sadeghi- Moghadam, & Emamat, 2018). بنابراین مسئله‌ای که در این پژوهش با آن مواجه می‌شویم این است که عملکرد صندوق‌های سرمایه‌گذاری قابل معامله در بورس اوراق بهادار تهران را ضمن در نظر گرفتن ریسک‌پذیری سرمایه‌گذار، توجه به مطلوبیت در امر تصمیم‌گیری و شاخص‌های چندگانه از تئوری‌های مدرن و پست مدرن پرتفوی ارزیابی کنیم، از این رو یك رویکرد ترکیبي شامل روش‌های خوشه‌بندی و تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر جهت مشخص نمودن تابع مطلوبیت نهایی، کل و حد آستانه مطلوبیت کل در روش تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر به منظور رتبه‌بندی و تشکیل پرتفویی از این صندوق‌ها که تاکنون در ایران در این زمینه پژوهشی انجام نگرفته، بکار گرفته شده است.

ساختار مقاله بدین شرح است که در بخش دوم ادبیات موضوع و در بخش سوم پیشینه پژوهش پیرامون ارزیابی عملکرد صندوق‌های سرمایه‌گذاری و روش تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر بیان می‌شود. در بخش روش‌شناسی، چارچوب پژوهش و روش‌های k میانگین و تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر شرح داده می‌شوند. در بخش یافته‌ها، مدل‌سازی و آزمون‌های انجام شده، آورده شده و نهایتاً نتیجه پژوهش و پیشنهادها بیان می‌گردد.

۲- مبانی نظری

۲-۱- تئوری مدرن و پست مدرن پرتفوی

مارکویتز (۱۹۵۲) مدلی برای تخصیص بهینه ثروت یک فرد بین دارایی‌های ریسکی ابداع نمود. این مدل، تنها بر دو عامل بازده مورد انتظار و واریانس تمرکز داشت و بر پایه این فرض بود که سرمایه‌گذاران ریسک‌گریز هستند. نظریه فرا مدرن پرتفوی براساس رابطه بازدهی و ریسک نامطلوب به تبیین رفتار سرمایه‌گذار و معیار انتخاب پرتفوی بهینه می‌پردازد (Niknia, 2013). نظریه مدرن پرتفوی۳ بر این فرض استوار

[1] Exchange Traded Fund (ETF)

[2] Utililes Additves Discrimintes (Utadis)

[3] Modern Portfplio Theory (MPT)

است که توزیع بازده‌ها نرمال است. اما امروزه تحقیقات صورت گرفته در بازارهای نو ظهور حاکی از غیر نرمال بودن توزیع بازده‌هاست. بر این اساس، نظریه فرا مدرن پرتفوی[4] مطرح شد. این نظریه بین نوسان‌های مطلوب و نامطلوب حول میانگین یا هدف مورد نظر تمایز قائل می‌شود. این نظریه، نوسان‌های پایین‌تر از نرخ بازده هدف را مشمول ریسک می‌داند و نوسان‌های بالاتر از این نرخ را فرصت سرمایه‌گذاری تلقی می‌کند (Sadegi-Mogadam, Alibakhshi, & Khalili, 2015).

۲-۲- تئوری قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای[5]

نظریه بازار سرمایه با بسط و تعمیم نظریه پرتفوی، مدلی را برای قیمت‌گذاری دارایی‌های ریسک‌دار استخراج می‌کند. خروجی نهایی این نظریه، به نام تئوری قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای، این امکان را فراهم می‌سازد تا نرخ بازده هر دارایی ریسک‌دار تعیین شود. عامل اصلی که منجر به بسط نظریه بازار سرمایه می‌شود، مفهوم دارایی بدون ریسک است (Raei & Puyanfar, 2004). تئوری قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای بر این فرض استوار است که سرمایه‌گذاران با علم به نظریه پرتفوي و کاهش ریسك غیر سیستماتیک از طریق تنوع‌بخشي، از آن در جهت ایجاد پرتفوي کارا بهره مي‌جویند و هریك بسته به درجه ریسک‌گریزی، پرتفوي متفاوتي را ایجاد می‌کنند (Hoseini & Hamidi, 2016).

۲-۳- تئوری مطلوبیت[6]

فرض نیومن و مورگن اشترن این است که هر تصمیم مستلزم میزان معینی ریسک است و تصمیم‌گیرنده از میان گزینه‌های مختلف تصمیم، گزینه‌ای را برمی‌گزیند که مطلوبیت مورد انتظارش را حداکثر کند. از آنجا که ریسک‌پذیری افراد متفاوت است، انتخاب مناسب سرمایه‌گذاری از یک فرد یا شرکت نسبت به فرد یا شرکت دیگر متفاوت خواهد بود. سنجش ریسک افراد با توجه به تئوری مطلوبیت انجام می‌شود. آنچه استفاده از تئوری مطلوبیت را از دیگر تکنیک‌های تصمیم‌گیری گفته شده متفاوت می‌کند، در نظرگرفتن روحیات و میزان ریسک‌پذیری افراد در تصمیم‌گیری است (Mehrgan & Mehrgan, 2017).

با توجه به مطالب فوق، این مطالعه به دنبال پاسخ به سوالات زیر است:

۱) رتبه‌بندی، ارزیابی عملکرد و تشکیل پرتفویی از صندوق‌های سرمایه‌گذاری قابل معامله در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل ترکیبی متشکل از روش خوشه‌بندی و روش تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر چگونه است؟

۲) شاخص‌های ارزیابی عملکرد مورد استفاده برای تفکیک صندوق‌های سرمایه‌گذاری قابل معامله در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از روش تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگرکدام است؟

۳) تابع مطلوبیت نهایی و کل در روش تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر برای رتبه‌بندی صندوق‌های سرمایه‌گذاری قابل معامله در بورس اوراق بهادار تهران به چه صورت است؟

٤) حد آستانه مطلوبیت کل در روش تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر برای تفکیک صندوق‌های سرمایه‌گذاری قابل معامله کدام است؟

۳- پیشینه پژوهش

سینایی و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهش خود با به کار بردن تحلیل خوشه‌ای به ارزیابی عملکرد و رتبه‌بندی صندوق‌های سرمایه‌گذاری پرداختند. ۱۵ صندوق سرمایه‌گذاری در قالب دو خوشه با عنوان صندوق‌های با عملکرد خوب و صندوق‌های تهاجمی، به عنوان صندوق‌های سرمایه‌گذاری برتر تعیین شد، به نحوی که صندوق سرمایه‌گذاری کارگزاری بانک صادرات در اولین رتبه و صندوق سرمایه‌گذاری آتیه نوین در آخرین رتبه قرار می‌گیرند (Sinaei, Basirzad, & Samandar, 2014). منشادی و همکاران در پژوهش خود (۱۳۹۳) به طبقه‌بندی تأمین‌کنندگان شرکت ساپکو براساس شاخص‌های عملکرد با استفاده از روش تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر پرداخته‌اند. در این پژوهش از دو سناریو جهت مدل‌سازی

[4] Post Modern Portfolio Theory (PMPT)

[5] Capital Asset Pricing Model (CAPM)

[6] Utility Theory

استفاده شده است. پس از حل مدل و انجام آزمون مدل، دقت مدل در دو سناریو باهم مقایسه گردید. مطلوبیت نهایی و حد آستانه‌های مطلوبیت به دست آمده از حل مدل، در سناریویی که دقت بالاتری داشت، مبنای محاسبه مطلوبیت کل تأمین‌کنندگان و طبقه‌بندی آن‌ها قرار گرفت (Manshadi, Mehregan, & Safari, 2015). مهرگان و همکاران (۱۳۹۷) رویکرد ترکیبی خوشه‌بندی و تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر را در تشکیل سبد سرمایه‌گذاری بکار بردند. نتایج نشان داد، چارچوب ترکیبی استفاده شده نتایج مناسبی ارائه می‌کند و شاخص بازده، نقش شایان توجهی در سبد سرمایه‌گذاری داشته است (Mehrgan et al., 2018).

پنداراکی و همکاران (۲۰۰۵) به ارزیابی صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک با استفاده از روش تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر پرداختند. در این مطالعه، صندوق‌های مشترک شناسایی شده در گروه اول (صندوق‌های با عملکرد بالا) به عنوان مناسب‌ترین انتخاب سرمایه‌گذاری در نظر گرفته می‌شوند (Pendaraki, Zopounidis, & Doumpos, 2005). گریکو و همکاران (۲۰۱۲) رگرسیون ترتیبی قوی، برای تصمیم‌گیری چند معیاره با بکارگیری گروه یوتا و گروه یوتادیس را ارائه کردند. آن‌ها دو سطح قطعی برای نتایج در نظر گرفتند که سطح اول مربوط به نتایج ضروری که توسط تصمیم‌گیرنده فراهم می‌شود و سطح دیگر به توافق تصمیم‌گیرنده‌ها برای یک عایدی مشخص اشاره دارد. از همین رو، توافق و عدم توافق بین تصمیم‌گیرنده‌ها بررسی شده است (Greco, Kadziński, Mousseau, & Słowiński, 2012). اسماعیلیان و همکاران (۲۰۱٦) یک رویکرد ترکیبی مبتنی بر توسعه یوتادیس چند جمله‌ای و الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات-ژنتیک را به کار گرفتند. نتایج حاصل از اجرای این مدل بر روی مجموعه داده‌های مختلف و مقایسه عملکرد آن با سایر روش‌های پیشین نشان‌دهنده کارایی بالای روش پیشنهادی است (Esmaeilian, Shahmoradi, & Vali, 2016). شریل و استارک (۲۰۱۸) عوامل تعیین‌کننده انحلال شرکت‌های صندوق‌های سرمایه-گذاری قابل معامله را بررسی کردند. آن‌ها نتیجه گرفتند در حالی که صندوق‌های سرمایه‌گذاری قابل معامله وابستگی نسبتاً بیشتری به هدف سرمایه‌گذاری خوب، نشان می‌دهند، صندوق‌های مشترک، وابستگی بیشتری به عملکرد خاص صندوق خود نشان می‌دهند (Sherriell & Stark, 2018).

۴- روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش از نظر هدف کاربردی و از نظر شیوه گردآوری داده‌ها، توصیفی بوده و به کلیه سرمایه‌گذاران حقیقی و حقوقی، مشاوران سرمایه-گذاری و کارگزاری‌ها در تشخیص بهتر صندوق‌های سرمایه‌گذاری با در نظر گرفتن میزان ریسک‌گریزی سرمایه‌گذاران مختلف و مطلوبیت در امر تصمیم‌گیری کمک می‌کند.

جامعه آماری در این پژوهش، متشکل از تمامی صندوق‌های سرمایه‌گذاری قابل معامله پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران است. بر این اساس تمام صندوق‌های سرمایه‌گذاری قابل معامله که حائز شرایط زیر باشند انتخاب شده و مورد بررسی قرار خواهند گرفت:

- صندوق‌های سرمایه‌گذاری قابل معامله‌ای که اطلاعات مالی آن‌ها از تاریخ تأسیس تا ۱۳۹۷/۰۹/۳۰ به طور کامل در دسترس باشند.
- صندوق‌هایی که از زمان تأسیس تا تاریخ ۱۳۹۷/۰۹/۳۰ در بورس اوراق بهادار تهران بر روی آن‌ها معامله انجام گیرد.

بر این اساس و با در نظر گرفتن محدودیت‌های فوق، به دلیل در دسترس نبودن اطلاعات، از بین ۳۲ صندوق سرمایه‌گذاری قابل معامله‌ای که در ایران از فروردین سال ۹۲ تا پایان آذرماه سال ۹۷ در ایران تاسیس شده، ۲٦ صندوق قابل معامله انتخاب شده و مورد بررسی قرار گرفت. از آنجایی‌که هرقدر حجم جامعه کوچک‌تر باشد نسبت بیشتری از جامعه باید در نمونه وجود داشته باشد و هرقدر حجم جامعه بزرگ‌تر باشد نسبت کمتری از جامعه باید در نمونه وجود داشته باشد، اگر حجم جامعه کوچک باشد تقریباً باید کل جامعه را به عنوان نمونه انتخاب کرد، یعنی باید از روش سرشماری استفاده کرد (Amidi, 2009). لذا در این پژوهش به دلیل اینکه حجم جامعه مورد نظر کوچک است (۳۲ صندوق) با استفاده از روش سرشماری، کل جامعه به عنوان نمونه انتخاب شد. پس از تعیین نمونه، فرآیند حل مدل چندین بار تکرار گردید اما به دلیل مساوی بودن تعداد گزینه‌های مجموعه مرجع، نمونه‌های آزمون و تعداد کل گزینه‌ها در هر دامنه در طبقه‌بندی دامنه‌های فرعی، با این تعداد صندوق به عنوان نمونه انتخاب شده، فرآیند حل مدل با مشکل مواجه شده و به نتیجه مطلوبی نرسید که نهایتا موجب گردید یک صندوق از نمونه انتخاب شده حذف گردیده و ۲۵ صندوقی که در جدول ۸ آورده شده به عنوان نمونه این پژوهش انتخاب گردد که برای نمونه انتخاب شده، خوشه‌بندی انجام گرفت به طوری که ۳ صندوق در طبقه اول و ۲۲ صندوق در طبقه دوم قرار دارند. در

مرحله دوم ۳ گروه معیار شامل معیارهای عمومی ارزیابی عملکرد (بازده، ریسک و بتای پرتفوی)، معیارهای مدرن (نسبت‌های شارپ، ترینر، جنسن و مودیلیانی-میلر) و معیارهای پست مدرن (نسبت‌های امگا، سورتینو، کاپا و پتانسیل مطلوب) تئوری پرتفوی به کار رفته در پژوهش‌های پیشین برای صندوق‌های نمونه محاسبه شدند و با استفاده از شاخص‌های مذکور، به روش k میانگین، خوشه‌بندی انجام گرفت، سپس تعداد بهینه گروه‌ها با استفاده از معیار میانگین ضریب نیم‌رخ و همچنین معیار دیویس-بولدین تعیین شد و با استفاده از روش k میانگین[7]خوشه‌بندی گزینه‌ها به عنوان رویکردی پیرامون ارزیابی عملکرد صندوق‌های سرمایه‌گذاری قابل معامله انجام گرفت. از آنجا که در حوزه سرمایه‌گذاری به طور عمده فرض می‌شود که افراد ریسک‌گریز هستند از تابع مطلوبیت مقعر استفاده شده است. در مرحله سوم این پژوهش، پس از انجام محاسبات روش تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر و حل مدل اولیه، به منظور دستیابی به جواب‌های بهتر، تحلیل پس‌بهینگی انجام گرفت. پس از انجام تحلیل پس‌بهینگی وزن شاخص‌ها و مطلوبیت گزینه‌ها تعیین شد. در این مرحله به منظور اعتبارسنجی نتایج آزمون صحت، نتایج طبقه‌بندی و آزمون خطای طبقه‌بندی انجام شد. با توجه به نتایج، طبقه‌بندی به دست آمده دارای اعتبار بوده و قابل قبول است. در پایان با در نظر گرفتن گروه اول، سبد سرمایه‌گذاری تشکیل شد.

نرم‌افزارهای به کار رفته در این پژوهش عبارت‌اند از: نرم‌افزار (MATLAB) برای خوشه‌بندی به روش k میانگین و محاسبه معیارهای تفکیک ضریب نیم‌رخ و معیار دیویس-بولدین و نرم‌افزار (GAMS) و (Excel) برای انجام محاسبات تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر.

۴-۱- روش k میانگین

در این روش، ابتدا گزینه‌ها به صورت تصادفی به k خوشه تقسیم می‌شوند. در گام بعد، فاصله هریک از گزینه‌ها از مرکز خوشه خود محاسبه می‌شود. در صورتی که فاصله گزینه مورد نظر از میانگین خوشه خود زیاد و به خوشه دیگری نزدیک‌تر باشد، این گزینه به خوشه‌ای که نزدیک‌تر است اختصاص می‌یابد. این کار آن قدر تکرار می‌شود تا تابع خطا حداقل شود، و یا اعضای خوشه‌ها تغییر نیابد. اگر D مجموعه داده‌ها با n گزینه باشد، و C_1، C_2، ... و C_k بیانگر k خوشه مجزای D باشند، در این صورت تابع خطا (EF) مجموع فواصل هر گزینه از مرکز خوشه خودش تعریف می‌شود:

$$EF = \sum_{i=1}^{k} \sum_{x \in ci} d(X, \mu(C_i)) \quad (۱)$$

که در آن μ نشان‌دهنده مرکز (میانگین) خوشه و $d(X, \mu(C_i))$ فاصله هر گزینه از مرکز خود است. فاصله هر گزینه از خوشه خود می‌تواند بر پایه روش اقلیدسی یا روش‌های دیگر محاسبه شود (Momeni, 2011).

۴-۲- روش تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر

هدف روش تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر، ماکزیمم‌سازی ثبات بین طبقه‌بندی برآورد شده و از پیش تعیین شده C است که توسط برخی از تکنیک‌های برنامه-نویسی ریاضی انجام می‌شود (Esmaeilian et al., 2016). این مدل تابع مطلوبیت کلی را با استفاده از معیارهای مختلف شکل می‌دهد و طبقه‌بندی را بر اساس تابع مطلوبیت کلی و آستانه مطلوبیت به دست آمده از مدل انجام می‌دهد، خلاصه‌ای از روش تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر در زیر آورده شده است (Doumpos & Zopounidis, 2002).

فرض کنیم X مجموعه‌ای شامل m گزینه $X = [x_1, \dots, x_m]$ باشد که یک گروه ثابت از شاخص‌های ارزیابی شامل $g = (g_1, g_2, \dots, g_n)$ را توصیف می‌کند. گزینه‌های در نظر گرفته شده توسط تصمیم‌گیرنده در q گروه $(C_1, \dots, C_q)$ طبقه‌بندی می‌شوند. که گزینه‌های موجود در گروه C_1 دارای بالاترین امتیاز و گزینه‌های موجود در گروه C_q دارای پایین‌ترین امتیاز می‌باشند. تابع مطلوبیت، تابعی یکنواخت در محدوده (۰،۱) است، که یک تابع مطلوبیت نهایی $u_i(g_{ji})$ برای هر گزینه x_j در ارزیابی g_i شاخص، تشکیل می‌دهد. تابع مطلوبیت تجمیعی هر گزینه، که عملکرد کلی آن گزینه را در ارتباط با تمامی شاخص‌ها $U(g_j)$ نشان می‌دهد طبق رابطه(۲) محاسبه می‌شود:

[7] k-means

$$U(g)=\sum_{i=1}^{n}P_i u_i(g_i) \quad (۲)$$

که P_i بیانگر وزن شاخص است که در محدوده (۰,۱) بوده و $g_i(p_1 + p_2 + \square + p_n = 1)$ و $u_i(g_i)$ تابع مطلوبیت نهایی شاخص g_i است.

با توجه به تابع مطلوبیت کل و مقادیر حد آستانه، گزینه‌ها در گروه‌های ۱ تا q طبقه‌بندی می‌شوند. σ_j نشان‌دهنده سطح خطای طبقه‌بندی برای گزینه‌های j^{th} است. اگر طبقه‌بندی صحیح باشد $\sigma_j = 0$ در غیر این صورت یک مقدار بزرگ‌تر از صفر در نظر گرفته می‌شود. مقدار کلی خطاها با رابطه(۳) محاسبه می‌شود:

$$\sigma=\sum_{k=1}^{q}\left[\frac{\sum \forall x_j \in C_k \sigma_j}{m_k}\right] \quad (۳)$$

که q تعداد طبقه‌ها و m_k تعداد عناصر موجود در طبقه k^{th} است. سطح بالاتر از حد پایین طبقه با σ^+ و سطح بالاتر از حد بالای طبقه با σ^- نشان داده می‌شود. این دو خطای طبقه‌بندی طبق رابطه (٤) نشان داده می‌شوند:

$$\sigma_j^+ = \max\{0, u_k - U(x_j)\}, \forall x_j \in C_k, k=1,2,\ldots,q-1$$
$$\sigma_j^- = \max\{0, U(x_j) - u_{k-1}\}, \forall x_j \in C_k, k=1,2,\ldots,q \quad (٤)$$

همچنین خطای کل برای هر گزینه $\sigma_j = \sigma_j^+ + \sigma_j^-$ است. تابع هدف مدل ریاضی یوتادیس به دنبال حداقل کردن خطای طبقه‌بندی است، که به عنوان مدل ریاضی به وسیله برنامه‌ریزی خطی طبق رابطه(۵) تعریف می‌شود:

$$\min Z=\sum_{k=1}^{q}\left[\frac{\sum \forall x_j \in C_k (\sigma_j^+ + \sigma_j^-)}{m_k}\right] \quad (۵)$$

$$s.t$$
$$U(x_j)-u_1+\sigma_j^+ \geq \delta_1 \forall x_j \in C_1$$
$$U(x_j)-u_{k-1}+\sigma_j^+ \geq \delta_1 \forall x_j \in C_k (k=2,3,\ldots,q-1)$$
$$U(x_j)-u_{k-1}+\sigma_j^- \leq -\delta_2 \forall x_j \in C_k (k=2,3,\ldots,q-1)$$
$$U(x_j)-u_{q-1}+\sigma_j^- \leq -\delta_2 \forall x_j \in C_1$$
$$U(g^*)=1$$
$$U(g_*)=0$$
$$u_k - u_{k-1} \geq s \forall k=1,2,\ldots,q-2$$

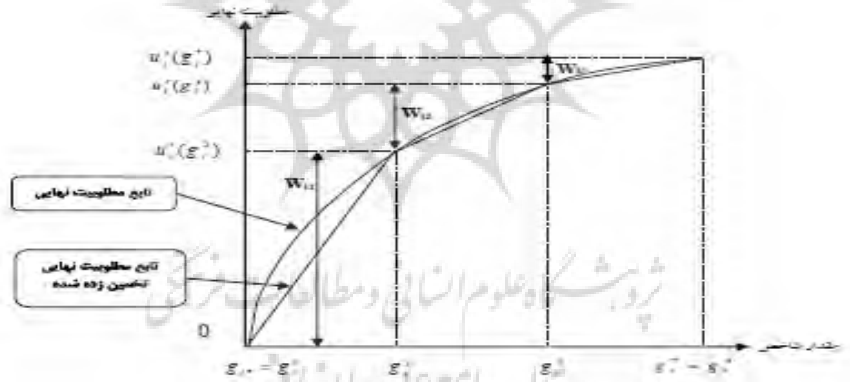
δ_1 و δ_2 مقادیر ثابت و مثبتی هستند که به منظور اجتناب از قرار گرفتن روی آستانه در حالتی که $u(g_j) = u_k$ است، در سمت راست محدودیت اضافه شده‌اند. g_* و g^* به ترتیب معرف حداقل و حداکثر مقدار شاخص g_i است و با توجه به مجموعه گزینه‌های تحت بررسی مشخص می‌شود. همچنین s یک مقدار ثابت مثبت است به طوری‌که $s > \delta_1, \delta_2$، در واقع این محدودیت ترتیب طبقات را از بهترین (C_1) به بدترین (C_q) تضمین می‌کند و در نهایت، گزینه‌های با مطلوبیت بیشتر به بهترین طبقات تخصیص می‌یابند.

مدل برنامه‌نویسی ریاضی یوتادیس یک فرم غیرخطی دارد. این به دلیل تعریف تابع مطلوبیت تجمیعی با دو پارامتر مجهول است که عبارتند: وزن معیارها و آستانه مطلوبیت. همچنین این منجر به محدودیت‌هایی می‌شود که شکل غیرخطی می‌گیرند. می‌دانیم که فرآیند حل مسئله برنامه‌ریزی غیرخطی می‌تواند دست و پاگیر باشد. برای غلبه بر این مشکل، دامپوس و زوپونیدیس یک مدل را پیشنهاد کردند، آن‌ها تابع مطلوبیت تجمعی را بازنویسی کردند و به سادگی ui (gi) را با piui (gi) جایگزین کردند و سپس مطلوبیت‌های نهایی را به عنوان تابع خطی تکه‌ای، مدل‌سازی کردند. این رویکرد، تخمینی از توابع مطلوبیت نهایی را ارائه می‌دهد. بنابراین مسئله می‌تواند به شکل خطی حل شود(Doumpos & Zopounidis, 2002). البته این تقریب با دقت کم‌تر است. تابع منفعت صعودی به شکل رابطه(٦) تعریف می‌شود:

$$\begin{cases} U'(x_j)=\sum_{i=1}^{n} u_i'(g_{ji}) \\ u_i'(g_{ji)}=\rho_i u_i(g_{ji}) \\ u_i'(g_{i*})=0 \\ u_i'(g_i^*)=\rho_i \end{cases} \quad (٦)$$

به منظور مطالعه دیگر جزئیات محاسباتی و ایجاد تابع مطلوبیت نهایی خطی و تبدیل مدل ریاضی یوتادیس به مدل برنامه‌نویسی خطی، مقاله (دامپوس و زوپونیدیس (۲۰۰۲) و زوپونیدیس و دامپوس۸ (۲۰۰۱)) ارجاع داده می‌شود.

سه متغیر روش تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر توسط دامپوس و زوپونیدیس پیشنهاد شده است. برای دستیابی به تفکیک‌پذیری بالا و توانایی پیش‌بینی، روش تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر دارای سه نوع معیار مختلف تمایز است: متغیر اول فواصل بین گزینه‌های با طبقه‌بندی صحیح و آستانه‌های مطلوبیت که باید برای رسیدن به حداکثر تمایز ممکن، ماکزیمم شود را در بر می‌گیرد. متغیر دوم مطابق با فرمول برنامه‌نویسی عدد صحیح مختلط برای به حداقل رساندن تعداد دسته‌بندی نادرست به جای اندازه آن‌ها است. در نظر گرفتن اندازه انحراف از آستانه مطلوبیت به عنوان معیار تمایز ممکن است منجر به نتایج بهینه تمایز شود. در نهایت، متغیر سوم با هدف به حداقل رساندن تعداد طبقه‌بندی نادرست و به حداکثر رساندن فواصل گزینه‌های با طبقه‌بندی صحیح از آستانه مطلوبیت، متغیر اول و دوم را ترکیب می‌کند و هدف آن به حداقل رساندن تعداد دسته‌بندی نادرست و به حداکثر رساندن فواصل بین گزینه‌های طبقه‌بندی صحیح از آستانه مطلوبیت است (Pendaraki et al., 2005).



نمودار ۱. تابع مطلوبیت نهایی
مأخذ: (مهرگان و مهرگان، ۲۰۱۷)

Figure 1 .Final utility function
Source: Mehrgan & Mehrgan, 2017

۵- یافته‌های پژوهش

۵-۱- روش k میانگین

گام نخست در خوشه‌بندی به روش k میانگین، تعیین تعداد بهینه گروه‌هاست. برای این منظور می‌توان از معیارهایی نظیر میانگین ضریب نیم‌رخ و دیویس-بولدین استفاده کرد (Momeni, 2011). در ادامه به توضیح هریک از این معیارها پرداخته می‌شود.

[8] Zopounidis & Doumpos

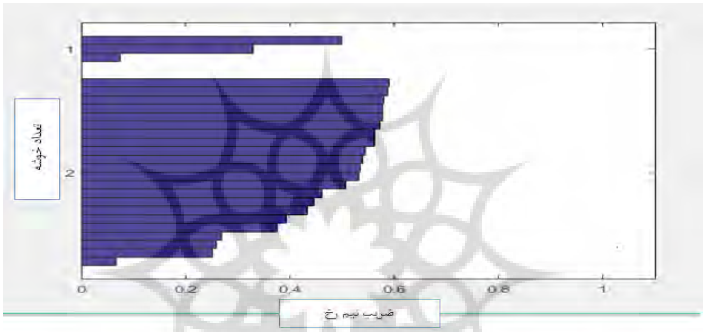
۵-۱-۱- معیار میانگین ضریب نیم‌رخ

از آنجا که هرچه مقدار میانگین ضریب نیم‌رخ بیشتر باشد، بهتر است؛ تعداد بهینه گروه‌ها ۲ در نظر گرفته می‌شود. مقدار ۰/٤٤۳۸ برای میانگین ضریب نیم‌رخ، نشان‌دهنده ساختار نسبتاً قوی خوشه‌بندی است.

جدول ۱. میانگین ضریب نیم‌رخ خوشه‌های مختلف
مأخذ: محاسبات تحقیق

Table 1 .The Average Profile Coefficient of Different Clusters
Source: Research calculations

تعداد خوشه	۲	۳	۴	۵
میانگین ضریب نیم‌رخ	۰/۴۴۳۸	۰/۲۰۲۲	۰/۲۷۱۱	۰/۳۴۹۲



نمودار ۲. مودار نیم‌رخ در حالت دو خوشه
مأخذ: محاسبات تحقیق
Figure 2 .Semicircular Diagram in Two Cluster Mode
Source: Research calculations

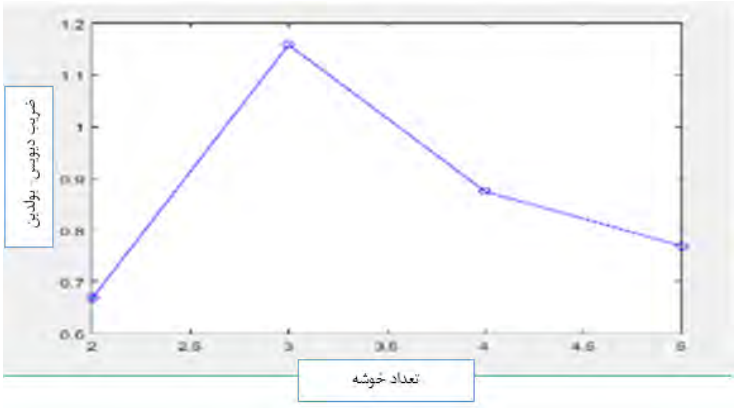
۵-۱-۲- معیار اعتبار دیویس-بولدین

از آنجایی که هرچه معیار دیویس-بولدین کمتر باشد، بهتر است؛ تعداد خوشه بهینه، براساس این شاخص نیز، زمانی است که ۲ خوشه داشته و مقدار این معیار برای حالت ۲ خوشه ۰/٦٦۸۸ بوده و نتیجه به دست آمده از معیار میانگین ضریب نیم‌رخ را تائید می‌کند.

جدول ۲. معیار دیویس- بولدین خوشه‌های مختلف
مأخذ: محاسبات تحقیق

Table 2 .Davis – Bolden Criterion Different Clusters
Source: Research calculations

تعداد خوشه	۲	۳	۴	۵
معیار دیویس- بولدین	۰/۶۶۸۸	۱/۱۳۵۲	۰/۸۷۴۸	۰/۷۵۱۳



نمودار ۳. نمودار دیویس- بولدین خوشه‌های مختلف
مأخذ: محاسبات تحقیق

Figure 3 .Davis-Boldin Diagram of Different Clusters
Source: Research calculations

۲-۵- مدل‌سازی تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر

نخستین گام در مدل‌سازی روش تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر، تعیین مجموعه مرجع است. بدین منظور، با استفاده از نتایج به دست آمده از روش تحلیل خوشه‌ای k میانگین، مجموعه مرجع مدل تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر مشخص شد. از آنجا که معیارهای ضریب نیم‌رخ و دیویس-بولدین، مقادیر بسیار خوبی را برای تعداد دو گروه نشان دادند، مدل‌سازی بر اساس دو گروه انجام شد.

برای مدل‌سازی، ابتدا ۲۰ صندوق به طور تصادفی انتخاب شدند و ۵ صندوق دیگر برای آزمون مدل مد نظر قرار گرفتند. به منظور محاسبه مطلوبیت‌های نهایی در هر شاخص، ابتدا بایستی حداکثر و حداقل مقدار هر شاخص تعیین شده و حداکثر و حداقل مطلوبیت متناظر با این مقادیر، محاسبه شوند. این مقادیر برای شاخص ریسک که یک شاخص کاهشی (با جنبه منفی) است، طبق روابط زیر است:

$$g_{i^*} = \max_{\forall x_j \in A}[g_{ji}] = 5 \qquad g_i^* = \min_{\forall x_j \in A}[g_{ji}] = 0.129 \quad (۷)$$

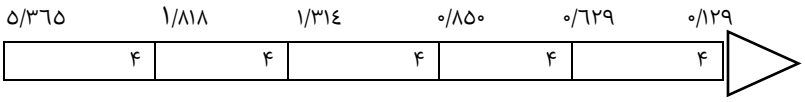
$$\begin{cases} u_i(g_{i^*} = 5.365) = 0 \\ u_i(g_i^* = 0.129) = 1 \end{cases} \quad (۸)$$

سپس باید دامنه‌های فرعی تعیین شوند. برای تعیین دامنه‌های فرعی دو راه وجود دارد:

۱) تعیین دامنه‌های فرعی با فواصل مساوی

۲) تعیین دامنه‌های فرعی با فواصل نامساوی و تعداد گزینه‌های مساوی در هر دامنه؛

که در این پژوهش برای تقسیم‌بندی دامنه‌های فرعی از روش دوم استفاده شده است، چرا که با استفاده از روش اول، تعداد صندوق‌ها در برخی از بازه‌های فرعی صفر می‌شد. همچنین در این مرحله، از پنج دامنه فرعی استفاده شده است. نمودار ٤ دامنه‌های فرعی تعیین شده برای شاخص ریسک (شاخص با جنبه منفی) را نشان می‌دهد. برای سایر شاخص‌ها نیز تقسیم‌بندی طبق همین روال انجام شده است.



نمودار ٤. دامنه‌های فرعی و تعداد صندوق‌های هر دامنه در مجموعه مرجع (شاخص ریسک)
مأخذ: محاسبات تحقیق

Figure 4 .Sub-Domains and the Number of Boxes in Each Domain in the Reference Collection (Risk Index)
Source: Research calculations

حال با تعیین دامنه‌های فرعی و با در نظر گرفتن تابع مطلوبیت تصمیم‌گیرنده، می‌توان فرم خطی تابع مطلوبیت نهایی را برای هر شاخص، تخمین زد. از آنجا که در ادبیات رشته مالی، فرض بر آن است که سرمایه‌گذار، ریسک‌گریز است، در این پژوهش، از توابع مطلوبیت ریسک‌گریز استفاده شده است. و برای حل مدل از نرم‌افزار (GAMS) استفاده شده است.

$$Min\,Z=(\sigma_1^-+\sigma_2^-+\sigma_3^-+\sigma_6^-+\sigma_7^-+\sigma_8^-+\sigma_9^-+\sigma_{10}^-+\sigma_{13}^-+\sigma_{14}^-+\sigma_{15}^-+\sigma_{16}^-+\sigma_{17}^-+\sigma_{19}^-+\sigma_{22}^-+\sigma_{23}^-+\sigma_{24}^-+\sigma_{25}^-)/18+(\sigma_{18}^++\sigma_{20}^+)/2 \quad (۹)$$

$$s.t.$$

$$w11+0.925*w12+w21+w22+w23+w24+0.198*w25+w31+w32+0.265*w33+w41+w42+0.702*w43+w51+w52+0.247*w53+w61+w62+0.207*w63+w71+w72+0.160*w73+w81+ww82+0.185*w83+w91+w92+0.349*w93+w101+w102+0.668*w103+w111+w112+w113+0.573*w114-u-\sigma_1^-\le -0.001 \quad (۱۰)$$

$$w11+w12+w13+w14+w15+w21+w22+w23+w24+w25+w31+w32+w33+w34+w35+w41+w42+w43+w44+w45+w51+w52+w53+w54+w55+w61+w62+w63+w64+w65+w71+w72+w73+w74+w75+w81+ww82+w83+w84+w85+w91+w92+w93+w94+w95+w101+w102+w103+w104+w105+w111+w112+w113+w114+w115=1 \quad (۱۱)$$

$$\sigma_j^+\ge 0 \quad , \quad \sigma_j^-\ge 0 \quad \forall j=1,2,\ldots,m$$

$$w_{ip}\ge 0 \quad , \quad \forall i\ge 1,2,\ldots,a_i-1 \quad \forall p=1,2,\ldots,m \quad (۱۲)$$

۳-۵- تحلیل پس‌بهینگی

پس از ارائه مدل یوتادیس، نوبت به حل آن توسط نرم‌افزار (GAMS) می‌رسد که پس از حل مدل توسط نرم‌افزار، تمام متغیرهای خطا (σ_j^-,σ_j^+) مقدار صفر گرفتند و حالت جواب بهینه چندگانه ایجاد گردید (Doumpos & Zopounidis, 2002). بنابراین با توجه به صفر شدن مقدار بهینه (z^*) و همچنین صفر شدن وزن برخی شاخص‌ها، مراحل پس‌بهینگی انجام شد. هدف از تحلیل پس‌بهینگی، شناسایی جواب‌های نزدیک به بهینه است. یا به عبارتی جهت به دست آوردن مقادیر دقیق‌تر w_{it} و مقادیر حد آستانه، نیازمند انجام تحلیل حساسیت برای هرکدام از آن‌ها است یعنی به ازای تعداد شاخص‌ها و تعداد حد آستانه‌ها، آزمون تحلیل حساسیت وجود خواهد داشت. آزمون تحلیل حساسیت بدین صورت است که در تابع هدف، متغیرهای مربوط به شاخص مورد نظر که آزمون برای آن انجام شد، ضریب یک خواهند گرفت و سایر متغیرها در تابع هدف، مقدار صفر خواهند داشت.

۱-۳-۵- تحلیل پس‌بهینگی برای حد آستانه مطلوبیت

تحلیل پس‌بهینگی حد آستانه مطلوبیت، در پی حداکثر کردن حد آستانه مطلوبیت با در نظر گرفتن محدودیت‌های قبلی و همراه با یک محدودیت جدید است. در این تحلیل، تابع هدف مدل اصلی تبدیل به محدودیتی شد که کوچک‌تر مساوی مقدار بهینه‌اش به علاوه یک مقدار کوچک باشد (در اینجا مقدار ۰/۰۰۲ در نظر گرفته شده است) که در واقع به مجموع خطاها اجازه اضافه شدن حداکثر تا مقدار ۰/۰۰۲ داده شد. مدل تحلیل پس‌بهینگی برای حد آستانه مطلوبیت به صورت زیر است:

$$MaxZ=U \quad (۱۳)$$

$$S.t$$

$$All\ Constriants \quad (۱٤)$$

$$((\sigma_1^- +\sigma_2^- +\sigma_3^- +\sigma_6^- +\sigma_7^- +\sigma_8^- +\sigma_9^- +\sigma_{10}^- +\sigma_{13}^- +\sigma_{14}^- +\sigma_{15}^- +\sigma_{16}^- +\sigma_{17}^-$$
$$+\sigma_{19}^- +\sigma_{22}^- +\sigma_{23}^- +\sigma_{24}^- +\sigma_{25}^-)/18+(\sigma_{18}^+ +\sigma_{20}^+)/2) \le 0.001+0.001$$

۵-۳-۲- تحلیل پس‌بهینگی شاخص‌ها

در پس‌بهینگی وزن شاخص‌ها، برای هر شاخص، مدلی با تابع هدف حداکثرسازی وزن آن شاخص، خواهد بود. همچنین در این مدل محدودیت جدیدی که از تبدیل تابع هدف مدل اصلی به دست آمده، اضافه می‌شود. از آنجا که برای این پژوهش ۱۱ شاخص در نظر گرفته شده است، در این گام، ۱۱ مدل با توابع هدف مختلف وجود خواهد داشت.

۵-۳-۲-۱- تحلیل پس‌بهینگی برای شاخص اول (بازده پرتفوی)

$$MaxZ = w11+w12+w13+w14+w15 \quad (۱۵)$$

$$S.t.$$

$$All\ Constriant \quad (۱۶)$$

$$((\sigma_1^- +\sigma_2^- +\sigma_3^- +\sigma_6^- +\sigma_7^- +\sigma_8^- +\sigma_9^- +\sigma_{10}^- +\sigma_{13}^- +\sigma_{14}^- +\sigma_{15}^- +\sigma_{16}^- +\sigma_{17}^-$$
$$+\sigma_{19}^- +\sigma_{22}^- +\sigma_{23}^- +\sigma_{24}^- +\sigma_{25}^-)/18+(\sigma_{18}^+ +\sigma_{20}^+)/2) \le 0.001+0.001$$

۵-۳-۳- مقادیر تابع بهینه و حد آستانه مطلوبیت

جدول ۳ مقادیر توابع بهینه و مقادیر حد آستانه مطلوبیت در این ۱۳ مدل را نشان می‌دهد.

جدول ۳. مقادیر تابع بهینه و آستانه مطلوبیت در مدل اصلی و مدل‌های پس‌بهینگی
مأخذ: محاسبات تحقیق

Table 3 .Amounts Optimum Function and Desirability Thresholds in the Original Model and Post-Optimization Models
Source: Research calculations

مدل‌ها	تابع بهینه	حد آستانه مطلوبیت
مدل اصلی	۰/۰۰۰	۰/۰۳۱
تحلیل پس‌بهینگی آستانه مطلوبیت	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹
تحلیل پس‌بهینگی شاخص ۱	۱/۰۰۰	۰/۹۹۶
تحلیل پس‌بهینگی شاخص ۲	۱/۰۰۰	۰/۷۵۹
تحلیل پس‌بهینگی شاخص ۳	۱/۰۰۰	۰/۹۷۱
تحلیل پس‌بهینگی شاخص ۴	۱/۰۰۰	۰/۱۱۹
تحلیل پس‌بهینگی شاخص ۵	۰/۵۱۶	۰/۴۸۳
تحلیل پس‌بهینگی شاخص ۶	۱/۰۰۰	۰/۹۹۲
تحلیل پس‌بهینگی شاخص ۷	۱/۰۰۰	۰/۹۷۰
تحلیل پس‌بهینگی شاخص ۸	۱/۰۰۰	۰/۰۱۰
تحلیل پس‌بهینگی شاخص ۹	۱/۰۰۰	۰/۹۶۵
تحلیل پس‌بهینگی شاخص ۱۰	۱/۰۰۰	۰/۹۷۰
تحلیل پس‌بهینگی شاخص ۱۱	۱/۰۰۰	۰/۹۹۸
میانگین		۰/۷۱۲۵۳۸

با توجه به این جدول از این به بعد مقدار ۰/۷۱۲۵۳۸ به عنوان حد آستانه مطلوبیت در نظر گرفته می‌شود. برای نمونه، نتایج حل مدل اصلی و مدل‌های ساخته شده در گام پس‌بهینگی برای شاخص ریسک در جدول ٤ آورده شده است. با محاسبه میانگین نتایج به دست آمده و جمع نتایج هر ستون، وزن نهایی شاخص در سطر آخر جدول نمایش داده شده است.

جدول ٤. مقادیر wit برای شاخص ریسک پرتفوی در مدل اصلی و مدل‌های پس‌بهینگی

Table 4 .The value of w_{it} for the Portfolio Risk Index in the Original Model and the Post-Optimization Models

Source: Research calculations

مدل‌ها	تفاوت میان دو مطلوبیت نهایی برای دامنه فرعی اول (w21)	تفاوت میان دو مطلوبیت نهایی برای دامنه فرعی دوم (w22)	تفاوت میان دو مطلوبیت نهایی برای دامنه فرعی سوم (w23)	تفاوت میان دو مطلوبیت نهایی برای دامنه فرعی چهارم (w24)	تفاوت میان دو مطلوبیت نهایی برای دامنه فرعی پنجم (w25)
مدل اصلی	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
پس‌بهینگی آستانه مطلوبیت	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
پس‌بهینگی شاخص ۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
پس‌بهینگی شاخص ۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
پس‌بهینگی شاخص ۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
پس‌بهینگی شاخص ۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
پس‌بهینگی شاخص ۵	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۳۷۵	۰/۰۰۰
پس‌بهینگی شاخص ۶	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
پس‌بهینگی شاخص ۷	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
پس‌بهینگی شاخص ۸	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
پس‌بهینگی شاخص ۹	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
پس‌بهینگی شاخص ۱۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
پس‌بهینگی شاخص ۱۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
میانگین	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۲۸۸۴۶	۰/۰۷۶۹۲۳
وزن شاخص ریسک پرتفوی			۰/۱۰۵۷۶۹		

برای سایر شاخص‌های به کار رفته در این پژوهش نیز مانند شاخص ریسک، مقادیر وزن در مدل اصلی و مدل‌های پس‌بهینگی را محاسبه می‌کنیم.

یکی از نتایجی که از حل این مدل‌ها در روش تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر به دست آمد، وزن شاخص‌ها بود که در جدول ۵ مشاهده می‌شود.

جدول ۵. وزن شاخص‌ها در روش تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر

مأخذ: محاسبات تحقیق

Table 5 .The Weight of the Indicators in the Method of Aggregating the Distinguishing Features

Source: Research calculations

شماره	شاخص	وزن	شماره	شاخص	وزن
۱	بازده پرتفوی	۰/۱۵۳۸۴۵	۷	نسبت مودیلیانی-میلر	۰/۰۷۹۲۳۰
۲	ریسک پرتفوی	۰/۱۰۵۷۶۹	۸	نسبت امگا	۰/۱۴۷۹۲۳
۳	بتای پرتفوی	۰/۰۷۶۹۲۲	۹	نسبت سورتینو	۰/۰۷۶۹۲۲
۴	نسبت شارپ	۰/۰۸۵۳۰۷	۱۰	نسبت کاپا	۰/۰۷۶۹۲۲
۵	نسبت ترینر	۰/۰۳۹۶۹۲	۱۱	نسبت پتانسیل مطلوب	۰/۰۷۸۹۹۹
۶	نسبت جنسن	۰/۰۷۸۴۶۰			

۵-۴- تعیین مطلوبیت گزینه‌ها

با معین شدن مقادیر w_{it} و حد آستانه‌های مطلوبیت، نوبت به بررسی صحت طبقه‌بندی مدل می‌رسد، که جهت بررسی صحت طبقه‌بندی، به محاسبه مطلوبیت کل صندوق‌های قابل معامله‌ای که از آن‌ها به عنوان مجموعه مرجع استفاده شده بود، پرداخته می‌شود و سپس مطلوبیت کل هریک از صندوق‌ها با مقدار حد آستانه (۰/۷۱۲۵۳۸) مقایسه می‌گردد، اگر مطلوبیت کل نمونه از مقدار حد آستانه (U) بزرگ‌تر بود در طبقه اول و اگر مطلوبیت کل از مقدار حد آستانه کوچک‌تر شد، نمونه در طبقه دوم قرار می‌گیرد. در نهایت به مقایسه طبقه‌بندی صورت گرفته و طبقاتی که از قبل نمونه‌ها در آن قرار گرفته بودند پرداخته می‌شود و دقت مدل محاسبه می‌شود. به طور مثال، مطلوبیت صندوق اول به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$w11+0.925*w12+w21+w22+w23+w24+0.198*w25+w31+w32+0.265*w33+w41+w42+0.702*w43+w51+w52+0.247*w53+w61+w62+0.207*w63+w71+w72+0.160*w73+w81+ww82+0.185*w83+w91+w92+0.349*w93+w101+w102+0.668*w103+w111+w112+w113+0.573*w114=0.290871 \quad (۱۷)$$

جدول ٦. بررسی صحت طبقه‌بندی در روش تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر
مأخذ: محاسبات تحقیق

Table 6 .Investigating the Accuracy of Classification in the Method of Aggregating Distinctive Utilities
Source: Research calculations

نام صندوق	مطلوبیت کل	نتیجه طبقه‌بندی	نام صندوق	مطلوبیت کل	نتیجه طبقه‌بندی
آرمان سپهر آیندگان	۰/۲۹۰۸۷۱	درست	صندوق سرمایه‌گذاری تجارت شاخصی کاردان	۰/۲۴۶۴۱۸	درست
با درآمد ثابت فیروزه آسیا	۰/۳۷۳۹۱۳	درست	صندوق س در اوراق بهادار مبتنی بر سکه طلای مفید	۰/۰۷۷۹۶۵	درست
با درآمد ثابت کمند	۰/۶۲۳۸۵۹	درست	قابل معامله آتیه درخشان مس	۰/۲۸۹۴۴۵	درست
پشتوانه طلای لوتوس	۰/۵۰۰۹۶۶	درست	قابل معامله آرمان آتی کوثر	۰/۹۴۷۴۸۵	درست
توسعه اندوخته آینده	۰/۲۷۴۷۰۲	درست	قابل معامله امین تدبیرگران فردا	۰/۲۳۹۸۲۶	درست
ثروت آفرین پارسیان	۰/۳۱۶۳۷۰	درست	قابل معامله با درآمد ثابت کیان	۰/۷۸۸۶۱۷	درست
در اوراق بهادار مبتنی بر سکه طلای کیان	۰/۲۵۰۳۰۱	درست	قابل معامله سپهر خبرگان نفت	۰/۱۳۵۳۳۴	درست
صندوق سرمایه‌گذاری آسمان آرمانی سهام	۰/۱۹۹۳۰۶	درست	قابل معامله سپهر کاریزما	۰/۲۳۲۸۴۵	درست
صندوق سرمایه‌گذاری افق ملت	۰/۴۷۲۴۰۹	درست	قابل معامله گنجینه آینده روشن	۰/۰۳۱۰۴۶	درست
صندوق سرمایه‌گذاری امین یکم فردا	۰/۵۷۹۶۲۳	درست	قابل معامله هستی‌بخش آگاه	۰/۳۱۹۷۲۱	درست

همانطور که در جدول ٦ ملاحظه می‌شود تمام گزینه‌های مجموعه مرجع درست پیش‌بینی شده‌اند و دقت مدل که از تقسیم تعداد گزینه‌های درست پیش‌بینی شده به تعداد کل گزینه‌های پیش‌بینی شده در مجموعه مرجع به دست می‌آید ۱۰۰ درصد است.

۵-۵- اعتبارسنجی

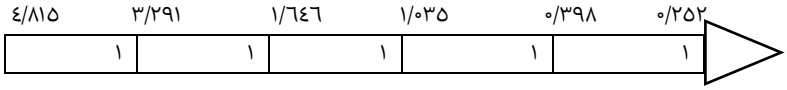
۵-۵-۱- بررسی صحت طبقه‌بندی (آزمون اول)

همانطور که ملاحظه می‌گردد از بین ۲۰ صندوق قابل معامله‌ای که در این پژوهش به عنوان مجموعه مرجع انتخاب شده بود، مدل یوتادیس همه آن‌ها را به درستی طبقه‌بندی نموده که بیانگر دقت ۱۰۰ درصد مدل‌سازی انجام شده است.

۵-۵-۲- آزمون خطای طبقه‌بندی (آزمون دوم)

با معین شدن مقادیر w_{it} و حد آستانه‌های مطلوبیت، نوبت به آزمودن مدل می‌رسد، که جهت آزمودن مدل به محاسبه مطلوبیت کل صندوق‌هایی (۵ صندوق) که از قبل به صورت تصادفی به عنوان نمونه‌های آزمون انتخاب شده بودند، پرداخته می‌شود و سپس مطلوبیت کل هریک از نمونه‌های آزمون با مقدار حد آستانه مقایسه شده و طبقه‌بندی انجام می‌گردد.

در این مرحله نیز، از پنج دامنه فرعی که در هر دامنه، یک گزینه قرار می‌گیرد، استفاده شده است. نمودار ۵ دامنه‌های فرعی تعیین شده برای شاخص ریسک که شاخص کاهشی (با جنبه منفی) است، نشان می‌دهد. برای سایر شاخص‌ها نیز به همین روال تقسیم‌بندی انجام شده است.



نمودار ۵. دامنه‌های فرعی و تعداد صندوق‌های هر دامنه در گزینه‌های نمونه (شاخص ریسک)
مأخذ: محاسبات تحقیق

Figure 5 .Sub-Domains and the Number of Boxes in Each Domain in Sample Options (Risk Index)
Source: Research calculations

با تعیین دامنه‌های فرعی و با در نظر گرفتن تابع مطلوبیت تصمیم‌گیرنده، می‌توان فرم خطی تابع مطلوبیت نهایی را برای هر شاخص، تخمین زد.

حال جهت آزمودن مدل، با جایگذاری مقادیر w_{it} به دست آمده از مدل مجموعه مرجع در این توابع مطلوبیت گزینه‌های نمونه، مطلوبیت کل نمونه‌های آزمون محاسبه و با مقدار حد آستانه مطلوبیت (۰/۷۱۲۵۳۸) مقایسه شده و طبقه‌بندی انجام می‌شود. در نهایت به مقایسه طبقه‌بندی صورت گرفته و طبقاتی که از قبل نمونه‌ها در آن قرار گرفته بودند پرداخته می‌شود و خطای آزمون محاسبه می‌شود.

جدول ۷. نتایج آزمون خطای مدل تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر
مأخذ: محاسبات تحقیق

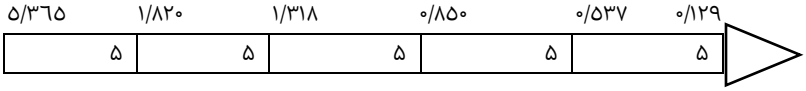
Table 7 .The Results of the Aggregate Utility Model Aggregation Error Test
Source: Research calculations

نام صندوق	مطلوبیت کل	طبقه‌بندی اصلی	طبقه‌بندی مدل
پارند پایدار سپهر	۰/۷۱۵۹۶۸	۱	۱
پشتوانه سکه طلای زرافشان امید ایرانیان	۰/۴۶۴۸۵۲	۲	۲
صندوق سرمایه‌گذاری اختصاصی بازار گردانی آرمان اندیش	۰/۲۳۱۲۹۶	۲	۲
صندوق سرمایه‌گذاری اختصاصی بازار گردانی ارزش‌آفرین	۰/۴۲۹۳۸۰	۲	۲
قابل معامله سپهر اندیشه نوین	۰/۰۹۹۱۶۳	۲	۲

همانطور که در جدول (۷) ملاحظه می‌گردد تمام گزینه‌های نمونه آزمون نیز به درستی پیش‌بینی شده و در طبقات مربوط به خود قرار گرفته‌اند. به عبارت دیگر دقت مدل ۱۰۰ درصد و خطا ۰/۰۰۰ است.

۵-۵-۳- بررسی کل گزینه‌ها

با معین شدن مقادیر w_{it} و حد آستانه‌های مطلوبیت، در نهایت به محاسبه مطلوبیت کل تمام صندوق‌های قابل معامله‌ای که به عنوان نمونه این پژوهش انتخاب شده بودند، پرداخته می‌شود و سپس مطلوبیت کل هریک از صندوق‌ها با مقادیر حد آستانه مقایسه شده و طبقه‌بندی انجام می‌گردد. نهایتاً به مقایسه طبقه‌بندی صورت گرفته توسط مدل یوتادیس و طبقه‌بندی به روش k میانگین پرداخته می‌شود.



نمودار ۶. دامنه‌های فرعی و تعداد صندوق‌های هر دامنه در کل گزینه‌ها برای شاخص ریسک
مأخذ: محاسبات تحقیق

Figure 6 .Sub-Domains and the Number of Boxes in Each Domain in Total Options for the Risk Index
Source: Research calculations

حال با تعیین دامنه‌های فرعی و با در نظر گرفتن تابع مطلوبیت تصمیم‌گیرنده، می‌توان فرم خطی تابع مطلوبیت نهایی را برای هر شاخص، تخمین زد.

حال با جایگذاری مقادیر w_{it} به دست آمده از مدل مجموعه مرجع در توابع مطلوبیت کل گزینه‌ها، مطلوبیت کل صندوق‌های قابل معامله استفاده شده در این پژوهش محاسبه و با مقدار حد آستانه مطلوبیت مقایسه شده و طبقه‌بندی انجام می‌گردد. در نهایت به مقایسه طبقه‌بندی صورت گرفته و طبقاتی که از قبل نمونه‌ها در آن قرار گرفته بودند پرداخته می‌شود و خطای نوع اول و دوم محاسبه می‌شود.

جدول ۸. نتایج طبقه‌بندی به روش تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر
مأخذ: محاسبات تحقیق

Table 8 .Classification Results by Aggregating Descriptive Utilities
Source: Research calculations

نام صندوق	مطلوبیت کل	رتبه صندوق	طبقه‌بندی اصلی	طبقه‌بندی مدل
قابل معامله آرمان آتی کوثر	۰/۹۴۶۶۸۷	۱	۱	۱
قابل معامله با درآمد ثابت کیان	۰/۷۸۵۷۲۱	۲	۱	۱
پارند پایدار سپهر	۰/۶۳۹۰۱۳	۳	۱	۲
با درآمد ثابت کمند	۰/۵۷۵۲۷۶	۴	۲	۲
صندوق سرمایه‌گذاری امین یکم فردا	۰/۵۶۸۸۶۵	۵	۲	۲
پشتوانه طلای لوتوس	۰/۵۰۶۳۱۷	۶	۲	۲
در اوراق بهادار مبتنی بر سکه طلای کیان	۰/۴۷۵۹۵۷	۷	۲	۲
صندوق سرمایه‌گذاری افق ملت	۰/۴۶۶۶۸۴	۸	۲	۲
صندوق سرمایه‌گذاری اختصاصی بازار گردانی ارزش‌آفرین	۰/۴۶۳۷۰۴	۹	۲	۲
پشتوانه سکه طلای زرافشان امید ایرانیان	۰/۳۸۳۱۷۶	۱۰	۲	۲
با درآمد ثابت فیروزه آسیا	۰/۳۶۹۰۳۸	۱۱	۲	۲
ثروت آفرین پارسیان	۰/۳۰۵۰۰۹	۱۲	۲	۲
قابل معامله هستی‌بخش آگاه	۰/۲۸۲۰۲۰	۱۳	۲	۲
صندوق سرمایه‌گذاری اختصاصی بازار گردانی آرمان اندیش	۰/۲۷۴۸۲۱	۱۴	۲	۲
قابل معامله آتیه درخشان مس	۰/۲۶۱۴۷۷	۱۵	۲	۲
آرمان سپهر آیندگان	۰/۲۶۰۸۸۸	۱۶	۲	۲
قابل معامله سپهر اندیشه نوین	۰/۲۵۸۷۹۹	۱۷	۲	۲
توسعه اندوخته آینده	۰/۲۴۷۰۸۵	۱۸	۲	۲

صندوق سرمایه‌گذاری تجارت شاخصی کاردان	۰/۲۴۱۷۰۱	۱۹	۲	۲
قابل معامله امین تدبیرگران فردا	۰/۲۳۷۰۸۶	۲۰	۲	۲
قابل معامله سپهر کاریزما	۰/۲۳۲۳۸۴	۲۱	۲	۲
صندوق سرمایه‌گذاری آسمان آرمانی سهام	۰/۱۷۸۰۲۱	۲۲	۲	۲
قابل معامله سپهر خبرگان نفت	۰/۱۲۲۸۹۱	۲۳	۲	۲
صندوق س در اوراق بهادار مبتنی بر سکه طلای مفید	۰/۰۷۷۹۶۵	۲۴	۲	۲
قابل معامله گنجینه آینده روشن	۰/۰۲۸۸۹۵	۲۵	۲	۲

همانطور که در جدول ۸ مشاهده می‌شود، هیچ گزینه‌ای از طبقه دوم به اشتباه در طبقه اول قرار نگرفته است و به عبارتی، خطای نوع دوم صفر است. اما یک گزینه (پارند پایدار سپهر)، متعلق به طبقه اول بوده و به اشتباه در طبقه دوم قرار گرفته است و به بیان دیگر، خطای نوع اول وجود دارد. با توجه به اینکه خطا برابر است با تعداد صندوق‌های درست پیش‌بینی نشده تقسیم بر تعداد کل پیش‌بینی، لذا می‌توان گفت در این پژوهش مقدار خطای نوع اول ۰/۰٤ است.

نکته قابل‌توجه این است که معمولاً برای سرمایه‌گذار، خطا نداشتن مدل در حالت اول مهم‌تر است. در واقع، برای سرمایه‌گذار این موضوع که گزینه‌ای به اشتباه از طبقه دوم در طبقه اول قرار نگیرد، مهم‌تر است؛ زیرا اگر شرکتی که متعلق به طبقه دوم است در طبقه اول قرار گیرد، هزینه بیشتری به سرمایه‌گذار وارد می‌کند تا هزینه فرصت از دست رفته برای شرکتی که به طبقه اول تعلق دارد و در طبقه دوم قرار گرفته است (Mehrgan et al., 2018).

۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این پژوهش یک مدل ترکیبی متشکل از روش خوشه‌بندی و تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر به منظور رتبه‌بندی و تشکیل پرتفویی از صندوق-های قابل معامله، طی دوره زمانی فروردین ۱۳۹۲ تا آذر ۱۳۹۷ با استفاده از روش‌های k میانگین و تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر به کار گرفته شد. نتیجه بکارگیری این رویکرد ترکیبی حصول وزن شاخص‌ها، مطلوبیت گزینه‌ها، طبقه‌بندی گزینه‌ها و در نهایت تشکیل پرتفویی از آن-هاست؛ بدین منظور اقدامات زیر صورت پذیرفته است:

در این پژوهش طی فرآیندی پنج مرحله‌ای، ابتدا ٢٦ صندوق به عنوان نمونه در بازار سرمایه ایران انتخاب شد، در مرحله دوم ۳ گروه معیار شامل معیارهای عمومی ارزیابی عملکرد (بازده، ریسک و بتای پرتفوی)، معیارهای مدرن (نسبت‌های شارپ، ترینر، جنسن و مودیلیانی-میلر) و معیارهای پست مدرن (نسبت‌های امگا، سورتینو، کاپا و پتانسیل مطلوب) تئوری پرتفوی محاسبه شدند و با استفاده از شاخص‌های مذکور، به روش k میانگین، خوشه‌بندی انجام گرفت، سپس با توجه به معیارهای تفکیک، بهترین تعداد خوشه‌ها تعیین شد. نتایج روش خوشه‌بندی، اطلاعات ورودی روش تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر بوده و رتبه‌بندی صندوق‌ها صورت گرفت. پس از حل مدل اولیه، به منظور بهبود نتایج، تحلیل پس‌بهینگی انجام شد. سپس آزمون‌های صحت طبقه‌بندی و خطای طبقه‌بندی اجرا گردید.

در این پژوهش وزن‌های به دست آمده به ترتیب عبارت بودند از بازده (۰/۱۵۳۸٤)، ریسک (۰/۱۰۵۷٦)، بتا (۰/۰۷٦۹۲)، نسبت شارپ (۰/۰۸۵۳۰)، نسبت ترینر (۰/۰۳۹٦۹)، نسبت جنسن (۰/۰۷۸٤٦)، نسبت مودیلیانی-میلر (۰/۰۷۹۲۳)، نسبت امگا (۰/۱٤۷۹۲)، نسبت سورتینو (۰/۰۷٦۹۲)، نسبت کاپا (۰/۰۷٦۹۲) و نسبت پتانسیل مطلوب (۰/۰۷۸۹۹). همانطور که ملاحظه می‌شود شاخص بازده بیشترین و شاخص نسبت ترینر کمترین اهمیت را میان شاخص‌ها داشته و شاخص بازده مهم‌ترین شاخص است. نتایج به دست آمده در این پژوهش، با نتایج حاصل از مطالعه سینایی و همکاران (۱۳۹۳) مطابقت دارد، به طوری که در مطالعه وی نیز شاخص بازده بیشترین وزن (۰/۳۰۸٦) و شاخص ترینر کمترین وزن (۰/۱٤۷۵) را داشت. همچنین در پژوهش پنداراکی و همکاران (۲۰۰۵) نیز در هر دو سناریوی بررسی شده برای گروه معیارهای بکار برده شده، شاخص بازده به ترتیب با وزن‌های ۱۳٤٦/۱۸۲ و ۱۲۳٤/۲۲۷ بیشترین وزن را در بین شاخص‌ها داشته و حاکی از اهمیت زیاد این شاخص در پژوهش‌های مختلف است.

همچنین با توجه به نتایج به دست آمده از صحت طبقه‌بندی و آزمودن نمونه‌های آزمون، مشخص شد که دقت مدل ۱۰۰ درصد، خطای نوع اول ۰/۰٤ و خطای نوع دوم ۰/۰۰۰ است. نتایج به دست آمده در این پژوهش، با نتایج حاصل از مطالعه مهرگان و همکاران (۱۳۹۷) مطابقت دارد، به طوری که در مطالعه وی نیز دقت مدل ۱۰۰ درصد، خطای نوع اول ۰/۳ و خطای نوع دوم ۰/۰۰۰ است. همچنین در پژوهش دهقان-منشادی (۱۳۹۳) که در دو سناریو صورت گرفته، در سناریو اول دقت مدل ۰/۹۷۷ و هردو نوع خطا ۰/۱ بوده و در سناریو دوم دقت مدل ۰/۸۸ و خطای نوع اول و دوم به ترتیب ۰/٤ و ۰/۱ است.

همانگونه که مشاهده می‌شود سه صندوق قابل معامله آرمان آتی کوثر، قابل معامله با درآمد ثابت کیان و پارند پایدار سپهر که طبق خوشه‌بندی k میانگین در خوشه اول قرار گرفته و بر اساس روش یوتادیس بیشترین مطلوبیت را داشته‌اند، جهت تشکیل پرتفوی طبق جدول ۹ در مرحله نهایی انتخاب شده‌اند.

جدول ۹. سبد سرمایه‌گذاری تشکیل شده
مأخذ: محاسبات تحقیق

Table 9 .The Investment Portfolio Is Formed
Source: Research calculations

نام صندوق	مطلوبیت کل
قابل معامله آرمان آتی کوثر	۰/۹۴۶۶۸۷
قابل معامله با درآمد ثابت کیان	۰/۷۸۵۷۲۱
پارند پایدار سپهر	۰/۶۳۹۰۱۳

در پژوهش مهرگان و همکاران (۱۳۹۷) نیز ۸ شرکتی که در خوشه‌بندی در خوشه اول قرار گرفته و بر اساس روش یوتادیس بیشترین مطلوبیت را داشته و در طبقه اول قرار گرفته بودند، جهت تشکیل پرتفوی انتخاب شدند. همچنین در پژوهش پنداراکی و همکاران (۲۰۰۵) نیز صندوق‌های مشترک شناسایی شده در گروه اول (صندوق‌های با عملکرد بالا) به عنوان مناسب‌ترین انتخاب سرمایه‌گذاری در نظر گرفته می‌شوند.

از محدودیت‌های پژوهش می‌توان به کم بودن تعداد صندوق‌های قابل معامله در ایران، به علت نوپا بودن و تأسیس از سال ۹۲ اشاره کرد که اگر تعداد این صندوق‌ها بیشتر باشد شاید بتوان گفت نتایج بهتر و واقعی‌تری به دست آید. همچنین در روش تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر برای خطاهای طبقه‌بندی اهمیت یکسانی در نظر گرفته می‌شود، اما در دنیای واقعی خطاهای نوع اول و نوع دوم وزن یکسانی ندارند.

با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش، پیشنهادهایی برای سرمایه‌گذاران و پژوهشگران بیان می‌گردد: از آنجایی که در روش تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر ضمن توجه به مطلوبیت در امر تصمیم‌گیری و شاخص‌های چندگانه، ریسك‌پذیري تصمیم‌گیرنده در نظر گرفته می‌شود، و از طرفی طبق نتایج به دست آمده خطاهای نوع اول و دوم ناچیز و دقت مدل بالا است، پیشنهاد می‌گردد روش تجمیع مطلوبیت‌های تمایزگر در ارزیابی عملکرد و تشکیل پرتفویی از گزینه‌های مختلف اعم از صندوق‌های سرمایه‌گذاری، شرکت‌های سرمایه‌های گذاری و ... به کار گرفته شود. همچنین از آنجایی که سه صندوق قابل معامله آرمان آتی کوثر، قابل معامله با درآمد ثابت کیان و پارند پایدار سپهر که طبق خوشه‌بندی k میانگین در خوشه اول قرار گرفته و بر اساس روش یوتادیس بیشترین مطلوبیت را داشته‌اند، پیشنهاد می‌شود سرمایه‌گذاران حقیقی و حقوقی، مشاوران سرمایه‌گذاری و کارگزاری‌ها با سرمایه‌گذاری در این صندوق‌ها، از بازده و مطلوبیت بالایی در پرتفوی خود بهره‌مند شوند. از طرف دیگر با توجه به نتایج این پژوهش که نشان از اهمیت شاخص بازده داشت، پیشنهاد می‌شود در انتخاب پرتفویی از صندوق‌های سرمایه‌گذاری قابل معامله، این شاخص در نظر گرفته شود.

قدردانی: از تمامی افراد و موسساتی که در انجام این تحقیق مؤلف را مساعدت نمودند، قدردانی می‌شود.

Acknowledgments: Acknowledgments may be made to individuals or institutions that have made an important contribution.

تضاد منافع: نویسندگان هیچ تضاد منافع را اعلام نمی‌کنند.

Conflict of Interest: The authors declare no conflict of interest.

منابع مالی: نویسنده (ها) هیچگونه حمایت مالی برای تحقیق، تألیف و انتشار این مقاله دریافت نکرده اند.

Funding: The author(s) received no financial support for the research, authorship, and publication of this article.

Reference

Amidi, A. (2009). *Sampling theory and its application* (1). University Publishing Center. (in Persion)

Doumpos, M., & Zopounidis, C. (2002). Multi–criteria classification methods in financial and banking decisions. *International Transactions in Operational Research*, *9*(5), 567-581.

Esmaelian, M., Shahmoradi, H., & Vali, M. (2016). A novel classification method: A hybrid approach based on extension of the UTADIS with polynomial and PSO-GA algorithm. *Applied Soft Computing*, *49*, 56-70.

Gad, S., & Andrikopoulos, P. (2019). Diversification benefits of Shari'ah compliant equity ETFs in emerging markets. *Pacific-Basin Finance Journal*, *53*, 133-144.

Galagedera, D. U., Roshdi, I., Fukuyama, H., & Zhu, J. (2018). A new network DEA model for mutual fund performance appraisal: An application to US equity mutual funds. *Omega*, *77*, 168-179.

Grau-Carles, P., Doncel, L. M., & Sainz, J. (2019). Stability in mutual fund performance rankings: A new proposal. *International Review of Economics & Finance*, *61*, 337-346.

Greco, S., Kadziński, M., Mousseau, V., & Słowiński, R. (2012). Robust ordinal regression for multiple criteria group decision: UTAGMS-GROUP and UTADISGMS-GROUP. *Decision Support Systems*, *52*(3), 549-561.

Hosseini, S., & Hamidi, N. (2016). Common funds investment portfolio optimization with fuzzy approach. *Procedia Economics and Finance*, *36*, 96-107.

Manshadi, E. D., Mehregan, M. R., & Safari, H. (2015). Supplier classification using UTADIS method based on performance criteria. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, *5*(2), 31.

Mehrgan, M. R., & Mehrgan, M. J. (2017). *Operational research with financial approach:* Academic Book Publishing, Tehran. (in Persion)

Mehregan, M. R., Sadeghi Moghadam, M. R., & Emamat, M. S. M. M. (2018). Applying the Clustering and UTADIS Models to form an Investment Portfolio. *Financial Research Journal*, *20*(1), 53-74.

Momeni, M. (2011). *Data clustering (cluster analysis):* Author Publications, Tehran. (in Persion)

Niknia, N. (2013). *Review the impact of portfolio diversification on adverse risk in tehran stock exchange* (Master dissertation). Available from Irandoc. Ac.ir. (in Persion)

Pendaraki, K., Zopounidis, C., & Doumpos, M. (2005). On the construction of mutual fund portfolios: A multicriteria methodology and an application to the Greek market of equity mutual funds. *European Journal of Operational Research*, *163*(2), 462-481.

Raei, R., & Puyanfar, A. (2004). *Advanced investment management:* Samt Publications, Tehran. (in Persion)

Sadeghi Moghadam, M. R., Alibakhshi, R., & Khalili, E. (2015). An Assessment of Selected Mutual Funds in Iran Stock Market Using a Combined Method of TOPSIS, VIKOR and Similarity-Based Approach. *Financial Research Journal*, *17*(2), 259-282.

Sherrill, D. E., & Stark, J. R. (2018). ETF liquidation determinants. *Journal of Empirical Finance*, *48*, 357-373.

Sinaei, H., Basirzad, H., & Samandar, M. (2014). Application of Clustering Analysis in Assessing the Performance of Mutual Funds. *Financial Management Strategy*, *2*(1), 1-20.

Sinaei, H. A., Mehrabi, A., Basirzade, H., & Samandar, M. (2016). Appling an expected regret minimization in constructing portfolio of mutual funds. *Quarterly Journal of Quantitave Economics, 13*(1), 119-140. (in Persion)

Zopounidis, C., & Doumpos, M. (2001). A preference disaggregation decision support system for financial classification problems. *European Journal of Operational Research*, *130*(2), 402-413.