فصلنامه علمی پژوهشی
دانش مالی تحلیل اوراق بهادار
سال یازدهم، شماره سی‌وهشتم
تابستان ۱۳۹۷

انتخاب پرتفوی با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چندشاخصه مبتنی بر تحلیل رابطه خاکستری و برنامه‌ریزی خطی

علی‌اصغر انواری رستمی[۱]
مهدیس تقوی[۲]
محمد ابراهیم آقابابائی[۳]

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۶/۰۶ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۰/۰۱

چکیده

انتخاب پرتفوی، یکی از مهم‌ترین چالش‌های سرمایه‌گذاران در بازار بورس اوراق بهادار است. پژوهش حاضر با در نظر گرفتن نسبت‌های مالی به عنوان شاخص‌های ارزیابی به دنبال تعیین مدل مناسب تصمیم‌گیری برای سرمایه‌گذاری در سهام است. در این پژوهش به ترتیب از ترکیب مدل‌های رگرسیون خطی، تصمیم‌گیری چندشاخصه و برنامه‌ریزی خطی برای پیش‌بینی روند آتی نسبت‌های مالی، رتبه‌بندی شرکت‌ها و تخصیص سرمایه استفاده شده است. در مرحله اول پس از انتخاب ۱۷ نسبت و شاخص مالی به عنوان متغیرهای مدل ترکیبی، مقادیر آن‌ها از سه ماهه اول سال ۱۳۸۶ تا سه ماهه اول سال ۱۳۹۴ برای شرکت‌های موجود در نمونه محاسبه شد، سپس با استفاده از مدل‌های میانگین متحرک با ورودی‌های برون‌زا و خودرگرسیونی میانگین متحرک با ورودی‌های برون‌زا مقادیر این متغیرها برای دوره مورد بررسی پژوهش(سه ماهه دوم سال ۱۳۹۴) پیش‌بینی شد. در مرحله بعد از آنتروپی شانون برای تعیین وزن اهمیت شاخص‌ها و از تحلیل رابطه خاکستری برای رتبه‌بندی شرکت‌ها استفاده شد. در نهایت، با استفاده از یک مدل برنامه‌ریزی خطی، مدلی جهت انتخاب پرتفوی بهینه ارائه گردید. بر اساس این مدل، پرتفویی از سهام تشکیل و عملکرد آن با استفاده از معیار شارپ با شاخص کل و شاخص ۵۰ شرکت فعال‌تر مورد مقایسه قرار گرفت که نتایج نشان داد مدل ترکیبی پژوهش در دوره مورد بررسی عملکرد کاراتری نسبت به شاخص‌کل و شاخص ۵۰ شرکت فعال‌تر داشته است.

واژه‌های کلیدی: انتخاب پرتفوی، تصمیم‌گیری چند شاخصه، آنتروپی شانون، تئوری سیستم خاکستری، مدل برنامه‌ریزی خطی.

۱- استاد و مدیر گروه برنامه‌ریزی و مدیریت دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران anvary@modares.ac.ir
۲- کارشناسی ارشد گروه مدیریت مالی، دانشکده علوم مالی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران (نویسنده مسئول) mahdis.taghavi@khu.ac.ir
۳- استادیار گروه مدیریت مالی و مهندسی مالی، دانشکده علوم مالی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران m.aghababaei@khu.ac.ir

۱- مقدمه

سرمایه‌گذاری مولد، برای رشد و توسعه اقتصادی کشورها ضروری است. راهنمایی سرمایه‌گذاران خرد و نهادی از طریق توسعه و آزمون تئوری‌های مالی می‌تواند یک استراتژی مناسب در توسعه فرهنگ سرمایه‌گذاری و کمک به گسترش بازارسرمایه و رشد و توسعه اقتصادی باشد(مؤتمنی و شریفی سلیم،۱۳۹۱).

مباحث مطرح در حوزه سرمایه‌گذاری طی چند دهه اخیر، از لحاظ تئوری و عمل به سرعت رشد یافته است. این رشد، جوامع را با مسائل پیچیده تصمیم‌گیری مواجه نموده است که مشخصه اساسی این‌گونه مسائل وجود معیارها و یا اهداف غیرهمگون و ناسازگار می‌باشد (ویسک[۱]و همکاران،۲۰۰۵). علاوه بر این، مطابق با تئوری‌های مالی، بسیاری از تصمیم‌گیری‌ها در محیط‌هایی اتخاذ می‌شوند که اهداف، محدودیت‌ها و نتایج حاصله کاملاً شناخته شده نیست و تصمیم‌گیری بر اساس اطلاعات حاصل از محیط‌های مالی- اقتصادی که همواره توأم با درجه‌ای از ابهام می‌باشد، انجام می‌پذیرد(آبراهام[۲] و همکاران،۲۰۰۱). پس سرمایه‌گذاران با اطلاعاتی ناکامل مواجه هستند و از این رو با داده‌های غیرقطعی و مبهم سروکار دارند. تصمیم‌گیری چند معیاره[۳] یکی از رویکردهایی است که می‌تواند در حل مسائل پیچیده تصمیم‌گیری، مورد استفاده قرار گیرد. از این رو، در این پژوهش از تئوری سیستم خاکستری[۴] استفاده شده است، که یکی از مدل‌های حل مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره است و می‌تواند به صورت کارا در شرایط عدم قطعیت، کثرت داده‌ها و شاخص‌های تصمیم‌گیری که از جمله مشکلات رتبه‌بندی و انتخاب پرتفوی در فضای واقعی هستند، عمل کند.

پژوهش حاضر با استفاده از مدل‌های پیش‌بینی رگرسیون خطی، تئوری سیستم خاکستری و برنامه‌ریزی خطی، مکانیزمی را توسعه می‌دهد تا سرمایه‌گذاران بتوانند در پرتفوی بهینه سرمایه‌گذاری کنند. در ادامه ضمن توضیح این مدل‌ها، پیشینه پژوهش، روش پژوهش، روش تجزیه وتحلیل داده‌ها و نتایج تجزیه و تحلیل‌ها ارائه می‌شود.

۲- مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

- **مسأله انتخاب سبد سرمایه‌گذاری**

اولین مسأله‌ای که هر سرمایه‌گذار با آن مواجه است، تعیین اوراق‌بهادار ریسک‌داری است که مایل به سرمایه‌گذاری در آن‌هاست. از آن‌جا که هر سبد سرمایه‌گذاری مجموعه‌ای از اوراق بهادار است، این مسأله برای سرمایه‌گذاران مانند انتخاب یک سبد از میان تعدادی سبد سرمایه‌گذاری است. به همین دلیل اغلب به آن مسأله انتخاب سبد سرمایه‌گذاری[۵] اطلاق می‌شود(شارپ[۶]و همکاران،۱۹۹۹). برخلاف شیوه‌های مرسوم بهینه‌سازی که با در نظر گرفتن ریسک حداقل و بازده حداکثر، پرتفوی بهینه را تشکیل می‌دهند، در این پژوهش با استفاده از نسبت‌ها و شاخص‌های مالی که از صورت‌های مالی استخراج می‌شوند به انتخاب پرتفوی بهینه پرداخته می‌شود.

- **مدل‌های ARX و ARMAX**

مدل‌های خودرگرسیون با ورودی‌های برون‌زا (ARX)[۷] و خودرگرسیونی میانگین متحرک با ورودی‌های برون‌زا(ARMAX)[۸]، نوعی مدل رگرسیون خطی[۹] هستند که برای پیش‌بینی داده‌های مالی، از نوع سری‌زمانی استفاده می‌شوند. هدف استفاده از این نوع مدل‌های پیش‌بینی حداقل کردن تابع مثبت[۱۰] خطاهای پیش‌بینی است. پیش‌بینی مدل‌های ARX و ARMAX مبتنی بر این فرض می‌باشند که تغییرات سیستم در طول زمان به تدریج اتفاق می‌افتد و این تغییرات می‌تواند با مجموعه‌ای از پارامترها توضیح داده شوند(هوآنگ و جین[۱۱]،۲۰۰۹). مدل‌های ARX و ARMAX پایه، به ترتیب به صورت زیر تعریف می‌شوند:

رابطه (۱): مدل ARX

$$X_t = \varepsilon_t + \sum_{i=1}^{p} \mathrm{p}_i X_{t-i} + \sum_{i=1}^{b} \eta_i d_{t-i}$$

رابطه (۲): مدل ARMAX

$$X_t = \varepsilon_t + \sum_{i=1}^{p} \mathrm{p}_i X_{t-i} + \sum_{i=1}^{q} \Theta_i \varepsilon_{t-i} + \sum_{i=1}^{b} \eta_i d_{t-i}$$

که در این روابط X_t متغیر وابسته، d_t متغیرهای برون‌زا و ε_t جمله خطا می‌باشد.

- **تصمیم‌گیری چندمعیاره**

مسأله تصمیم‌گیری همیشه پیچیده و دشوار است، به خصوص زمانی که بیش از یک معیار(اعم از کمی یا کیفی) برای تصمیم‌گیری وجود داشته باشد. در اکثر موارد تصمیم‌گیری‌ها وقتی مطلوب و مورد رضایت تصمیم‌گیرنده است که تصمیم‌گیری براساس چندین معیار، مورد بررسی قرار گرفته باشد. در مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره، چنانچه تصمیم‌گیری بر اساس چند شاخص صورت گیرد آن را تصمیم‌گیری چند شاخصه[۱۲] می‌گویند(اصغرپور،۱۳۸۵). در این پژوهش چون معیارهای ما برای تصمیم‌گیری شاخص‌های مالی هستند پس با مدل تصمیم‌گیری چند شاخصه مواجه هستیم.

- **آنتروپی شانون**

یکی از روش‌های استخراج وزن شاخص‌ها در تصمیم‌گیری چند شاخصه آنتروپی شانون است. آنتروپی نخستین بار توسط شانون[۱۳] در سال ۱۹۴۸ بیان شد. مفهوم اساسی آنتروپی شانون در نظریه اطلاعات در ارتباط با این مطلب است که یک سیگنال یا یک رخداد اتفاقی تا چه حد تصادفی است، در واقع میزان تصادفی بودن را به صورت یک سنجه ریاضی گزارش می‌کند. ایده اصلی این روش در تصمیم‌گیری چند شاخصه براین پایه استوار است که هرچه پراکندگی در مقادیر یک شاخص بیشتر باشد آن شاخص از اهمیت بیشتری برخوردار است(لسنه[۱۴]،۲۰۱۱).

- **تئوری سیستم خاکستری**

اولین تحقیقات مربوط به سیستم‌های خاکستری توسط دنگ[۱۵] در سال ۱۹۸۲ انجام شد. تئوری سیستم خاکستری، یک مدل ریاضی اثربخش است که برای حل مسائل دارای عدم قطعیت و مسائلی که داده‌های اندک و اطلاعات ناقص دارند به کار می‌رود(رویایی و بشکوه،۱۳۹۲). این تئوری در زمینه‌های بسیاری از جمله حل مسائل تصمیم‌گیری چند شاخصه تحت عنوان تحلیل رابطه خاکستری به کارگرفته شده است. این روش همبستگی اجزای یک سیستم و سری‌های مرجع را مورد کنکاش قرار می‌دهد(هاشیا و وو[۱۶]،۱۹۹۷). یکی از مزایای تحلیل رابطه خاکستری در مقایسه با سایر روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه این است که محدودیتی در مورد حجم نمونه و نرمال بودن توزیع داده‌ها وجود ندارد و علاوه بر آن شیوه محاسباتی آن نیز آسان است(محمدی و مرادی،۱۳۹۱).

۲-۱- پیشینه پژوهش

چانگ[۱۷](۱۹۹۹)در پژوهش خود برای رتبه‌بندی بانک‌های تجاری در کشور تایوان از رویکرد سیستم خاکستری استفاده کرده است. در این پژوهش با استفاده از نسبت‌های مالی به عنوان شاخص‌های ارزیابی، رتبه بانک‌های مورد مطالعه تعیین شده است. نتایج این پژوهش بیانگر آن است که رویکرد سیستم خاکستری بهتر از روش‌های آماری رایج نظیر تحلیل رگرسیون، تحلیل عاملی و سایر روش‌های آماری چند متغیره می‌تواند، عملکرد بانک‌های مورد مطالعه را ارزیابی کند، زیرا فاقد محدودیت‌های این روش‌ها یعنی موجود بودن حجم زیادی از داده‌ها است. فانگ و تیزنگ[۱۸](۲۰۰۴) در پژوهش خود برای انتخاب کارکنان به منظور اعزام به مأموریت‌های خارج از کشور از رویکرد تحلیل رابطه‌ای خاکستری و TOPSIS استفاده کرده‌اند. در این پژوهش خاطر نشان شده چون مسأله انتخاب کارکنان همراه با در نظر گرفتن

معیارهای متعدد و بعضاً متضاد است، بنابراین باید بتوان با منظور کردن این معیارهای متعدد بهترین تصمیم را گرفت و افرادی را برای اعزام انتخاب نمود که بیشترین مطلوبیت را داشته باشند. نتایج این پژوهش نشان داده که رویکرد تحلیل رابطه‌ای خاکستری از توانمندی بیشتری برای تحقق این هدف برخوردار بوده است. همزاسبی و پکایا[19](۲۰۱۱) به انتخاب سهام مناسب برای سرمایه‌گذاری با بررسی شاخص‌های مالی و با استفاده از رویکرد سیستم خاکستری پرداختند. آن‌ها به این موضوع اشاره کردند که چون از بیش از یک شاخص برای تصمیم‌گیری استفاده می‌کنند، پس با یک مسأله تصمیم‌گیری چند معیاره مواجه هستند، که برای حل آن از تئوری سیستم خاکستری استفاده کردند. آن‌ها با استفاده از این تئوری و ترکیب آن با سه روش اکتشافی، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و یادگیری به وزن‌دهی معیارها و رتبه‌بندی شرکت‌ها متناسب با وزن شاخص‌ها پرداختند. این تحقیق در بازار بورس استانبول انجام شد. ژانگ[20](۲۰۱۲) نیز در پژوهش خود با استفاده از تجزیه و تحلیل خاکستری اقدام به رتبه‌بندی پروژه‌های سرمایه‌گذاری خطرپذیر[21] بر اساس سنجش ریسک و نرخ بازگشت سرمایه‌گذاری آن‌ها کرد. ریسک و بازده یک پروژه سرمایه‌گذاری به صورت عمده به قابلیت‌های مدیریتی، عملکردی، بازاریابی، هزینه سرمایه‌گذاری و زمان خروج مناسب بستگی دارد، که با ۱۵ زیر شاخه می‌توان این پنج شاخه را ارزیابی کرد. که در این تحقیق ژانگ با استفاده از این ۱۵ معیار و تجزیه و تحلیل خاکستری به رتبه‌بندی پروژه‌های خطر پذیر پرداخته است.

محمدی و مولایی(۱۳۸۹) به منظور حل مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره در شرایط نامعین، یک مدل بر مبنای نظریه سیستم خاکستری شامل تحلیل نسبی و اعداد خاکستری پیشنهاد نمودند و همچنین از آنتروپی شانون به منظور وزن دهی معیارها استفاده کردند. در نهایت از مدل پیشنهادی به منظور رتبه‌بندی شرکت‌های سرمایه‌گذاری و مادر تخصصی در بازار بورس ایران استفاده کردند و توانمندی و قابلیت استفاده آن را مورد ارزیابی قرار دادند که با توجه به مزایای آن، نتایج نشان داد که مدلی مناسب برای حل مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره است. هیبتی و همکاران(۱۳۹۰) با استفاده از یک روش ترکیبی به انتخاب پرتفوی بهینه سهام از میان شرکت‌های پذیرفته در بورس اوراق بهادار پرداختند. آن‌ها پس از محاسبه اطلاعات مورد نیاز هر سهم و با استفاده از روش تحلیل رابطه‌ای خاکستری، شرکت‌ها را اولویت‌بندی کردند و در نهایت با توجه به اولویت‌ها و آرمان‌های سرمایه‌گذار، از برنامه‌ریزی آرمانی استفاده کردند و مدلی جهت انتخاب پرتفوی بهینه ارائه کردند. بر اساس این مدل، پرتفویی از سهام تشکیل و عملکرد آن را با استفاده از آزمون آماری با پرتفوی بازار و پرتفوی ۵۰ شرکت برتر مقایسه کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که در دوره مورد بررسی میانگین عملکرد پرتفوی بدست آمده از مدل تحقیق به مراتب بیشتر از پرتفوی بازار و پرتفوی ۵۰ شرکت برتر بوده است. جباری و همکاران(۱۳۹۱) در تحقیق خود ابتدا معیارهای مؤثر جهت ارزیابی عملکرد صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک را استخراج کردند، سپس اهمیت هریک از معیارها را با استفاده از روش آنتروپی شانون مورد سنجش قرار دادند و برای رتبه‌بندی صندوق‌های مورد مطالعه از مفهوم تئوری سیستم های خاکستری و درجه رابطه خاکستری استفاده کردند و در نهایت نسبت سرمایه‌گذاری در هر صندوق را با ارائه مدل برنامه ریزی خطی خاکستری و برنامه ریزی عدد صحیح تعیین کردند. سینائی مهر(۱۳۹۲) نیز با ترکیب روش تصمیم‌گیری چند معیاره و تئوری خاکستری یک مدل جامع جهت انتخاب پرتفوی بهینه برای سرمایه‌گذاران در صنعت بیمه معرفی کرد. در این تحقیق با استفاده از آزمون T یک طرفه هر یک از مولفه‌ها سنجیده شدند. سپس برای رتبه‌بندی از تحلیل فرآیند سلسله مراتبی و تئوری خاکستری استفاده شد. مهرگان و دباغی(۱۳۹۳) در پژوهش خود با استفاده از تصمیم‌گیری چندشاخصه و از طریق به‌کارگیری اعداد خاکستری در کنار اعداد قطعی در

ماتریس تصمیم‌گیری، امکان درنظرگرفتن همزمان شاخص‌های کیفی و کمی را فراهم ساختند و از سوی دیگر با ارائه بهبودهایی در روش‌های نرمال‌سازی موجود، بی‌بعدسازی شاخص‌های بهینه دارای مقدار مطلوب از پیش تعیین شده را در کنار شاخص‌های مثبت و منفی را امکان‌پذیر ساختند. بنابراین در این پژوهش، روشی جامع برای تصمیم‌گیری چندشاخصه را ارائه کردند که امکان در نظر گرفتن شاخص‌های کمی و کیفی و نیز شاخص‌های بهینه، مثبت و منفی را به طور همزمان دارا است.

۳- روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نظر طبقه‌بندی بر مبنای هدف کاربردی است، بر مبنای روش، توصیفی و بر مبنای ماهیت داده، از آن‌جا که متغیرهای تحقیق نسبت‌های مالی شرکت‌ها می‌باشد، کمی بوده و مقیاس اندازه‌گیری رایج برای آن‌ها وجود دارد. این پژوهش همچنین از لحاظ طرح تحقیق، پس رویدادی محسوب می‌شود، به علاوه از آن‌جایی که اطلاعات مورد نیاز از سایت‌های وابسته به سازمان بورس و اوراق بهادار، سایت بانک مرکزی[۲۲]، سایت اپک[۲۳] و نرم افزار تی‌اس‌ای کلاینت استخراج شده است، پس این پژوهش بر مبنای معیار روش گردآوری داده‌ها اسنادی می‌باشد.

دوره زمانی مورد مطالعه در این پژوهش، سه ماهه اول سال ۱۳۸۶ تا سه ماهه دوم سال ۱۳۹۴ است، که شامل ۹ سال و ۳۴ فصل می‌باشد.

جامعه آماری این پژوهش، کلیه شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران می‌باشد. نمونه مورد استفاده در این مطالعه، ۵۰ شرکت فعال‌تر بورسی می‌باشند. در این پژوهش با توجه به این‌که برخی نسبت‌های مالی مورد استفاده تنها به شرکت‌های تولیدی اختصاص دارند شرکتی‌هایی که ماهیت تولیدی نداشته باشد، از این فهرست حذف شده‌اند. علاوه بر این با توجه به دوره زمانی در نظر گرفته شده برای جمع‌آوری داده‌ها که از سال ۱۳۸۶ است باید صورت‌های مالی شرکت‌های مورد نظر از سال مذکور در بورس منتشر شده باشد. با در نظر گرفتن این دو محدودیت، نمونه این پژوهش شامل ۱۰ شرکت بورسی است و روش نمونه‌گیری، حذف سیستماتیک است.

جزئیات گام‌های تجزیه و تحلیل داده‌ها در مدل ترکیبی پیش‌بینی و بهینه‌سازی پرتفوی این پژوهش در شکل(۱) نشان داده شده است.

۴- متغیرهای پژوهش

متغیرهای این پژوهش، ۱۷ نسبت و شاخص مالی هستند که به عنوان شاخص‌های تصمیم‌گیری در نظر گرفته شده‌اند. این شاخص‌ها کیفیت مالی شرکت‌ها را منعکس می‌کنند و با مطالعه ادبیات موجود، از طبقات پنج گانه نسبت‌های مالی، مهم‌ترین نسبت‌های هر طبقه انتخاب شده‌اند.

در بخش پیش‌بینی، این شاخص‌ها به عنوان متغیرهای وابسته و متغیرهای کلان اقتصادی که عوامل برون‌زای مدل‌های پیش‌بینی هستند، به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته می‌شوند و در بخش سیستم خاکستری، شاخص‌ها به عنوان متغیرهای ورودی مدل در نظر گرفته شده‌اند.

۵- فرضیه‌های پژوهش

۱) تشکیل پرتفوی با استفاده از روش ترکیبی رگرسیون خطی، سیستم خاکستری و مدل برنامه‌ریزی خطی منجر به عملکردی کاراتر نسبت به شاخص کل در دوره مورد بررسی پژوهش می‌شود.

۲) تشکیل پرتفوی با استفاده از روش ترکیبی رگرسیون خطی، سیستم خاکستری و مدل برنامه‌ریزی خطی منجر به عملکردی کاراتر نسبت به شاخص پنجاه شرکت فعال‌تر در دوره مورد بررسی پژوهش می‌شود.

شکل ۱- الگوریتم مدل ترکیبی پژوهش

۶- روش‌های تجزیه و تحلیل داده‌ها

۶-۱- پیش‌بینی با استفاده از مدل‌هایARX و ARMAX

در این پژوهش از مدل‌های ARX و ARMAX برای پیش‌بینی شاخص‌ها و نسبت‌های مالی استفاده می‌شود. در این مدل‌ها پنج متغیرکلان اقتصادی شامل شاخص بهای کالا و خدمات مصرفی، نرخ بهره، نرخ ارز در بازار آزاد، تراز تجاری و قیمت نفت به عنوان عوامل برون‌زا در نظر گرفته می‌شوند. شایان ذکر است مقادیر پیش‌بینی شده با هر یک از مدل‌های ARX و ARMAX با مقدار واقعی آن‌ها در سه ماهه دوم سال ۱۳۹۴ مقایسه می‌شوند و پیش‌بینی دقیق‌تر انتخاب می‌شود. برای محاسبات این مرحله از نرم‌افزار ایویوز استفاده می‌شود.

۶-۲- رتبه‌بندی شرکت‌ها با استفاده از تئوری خاکستری

در این پژوهش از تئوری سیستم خاکستری به عنوان یک مدل تصمیم‌گیری چند شاخصه جهت رتبه‌بندی شرکت‌ها استفاده می‌شود. برای این منظور، ابتدا ماتریس تصمیم‌گیری که ردیف‌های آن را شرکت‌ها و ستون‌های آن را شاخص‌ها و نسبت‌های مالی(پیش‌بینی شده در مرحله قبل) تشکیل می‌دهند، ساخته می‌شود. سپس با توجه به اینکه ماتریس تصمیم‌گیری شامل شاخص‌هایی با ماهیت متفاوت(از نظر هزینه و درآمد) و مقادیر منفی در برخی درایه‌ها می‌باشد، باید نرمال شود. در این پژوهش از روش فازی طبق روابط (۳) و (۴) برای نرمال کردن درایه‌های ماتریس تصمیم استفاده می‌شود. محاسبات این مرحله با استفاده از نرم‌افزارهای اکسل و متلب انجام می‌شود.

رابطه(۳): نرمال کردن شاخص‌های با جنبه مثبت

$$x_{ij} = \frac{x_{ij} - Min\, x_j}{Max\, x_j - Min\, x_j}$$

رابطه(۴): نرمال کردن شاخص‌های با جنبه منفی

$$x_{ij} = \frac{Max\, x_j - x_{ij}}{Max\, x_j - Min\, x_j}$$

در حالت کلی فرض می‌شود، ماتریس تصمیم‌گیری نرمال به شکل زیر موجود است، که در آن:

$A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$، مجموعه گسسته از گزینه‌ها (در این پژوهش شرکت‌ها) و $Q = \{Q_1, Q_2, \dots, Q_n\}$ مجموعه n تایی از شاخص‌های مستقل(در این پژوهش شاخص‌های مالی) و x_{ij} مقادیر نرمال شده ماتریس هستند.

$$D = \begin{array}{c} \begin{matrix} Q_1 & Q_2 & \cdots & Q_n \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \end{array} \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix}$$

شکل ۲- ماتریس تصمیم‌گیری

پس از ساخت ماتریس تصمیم‌گیری نرمال، در این مرحله با استفاده از آنتروپی شانون، وزن هر شاخص یا به عبارتی اهمیت هر شاخص(W_j) به صورت زیر محاسبه می‌شود.

رابطه(۵): احتمال متغیر x_{ij} در ماتریس تصمیم‌گیری

$$P_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}}$$

رابطه(۶): مقدار ثابت K

$$k = \frac{1}{Ln(m)}$$

k مقدار ثابت برای تعدیل آنتروپی است که بین صفر و یک است(m تعداد گزینه‌ها می‌باشد).

رابطه(۷): آنتروپی شانون شاخص j ام در ماتریس تصمیم گیری

$$E_j = -k \sum_{i=1}^{m} P_{ij} \,.\, Ln\left(P_{ij}\right)$$

رابطه(۸): انحراف شاخص یا درجه انحراف شاخص j ام

$$d_j = 1 - E_j$$

رابطه(۹): وزن شاخص

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^{n} d_j}, \qquad \left(\sum_{j=1}^{n} W_j = 1, W_j > 0\right)$$

با استفاده از ماتریس تصمیم‌گیری نرمال شده و اوزان به دست آمده برای شاخص‌ها توسط روش‌های فازی و آنتروپی شانون در مراحل قبل، ضریب رابطه خاکستری هر شاخص متناسب با هر شرکت و درجه رتبه خاکستری هر شرکت به دست می‌آید. برای محاسبه ضریب رابطه خاکستری و درجه رتبه خاکستری، ابتدا یک دنباله مرجع که در حقیقت گزینه ایده‌آل مفروض است به صورت دنباله زیر تعریف می‌شود، تا مبنایی برای ارزیابی و مقایسه دنباله متناظر با هریک از گزینه‌ها فراهم آورد.

رابطه(۱۰): دنباله مرجع

$$A_0 = \{Max\, X_{i1}, Max\, X_{i2}, \dots, Max\, X_{in}\}$$

سپس، فاصله یا اختلاف گزینه A_i با گزینه مرجع(A_0) با در نظر گرفتن شاخص j ام محاسبه می‌گردد.

رابطه(۱۱): ماتریس فاصله گزینه‌ها(H)

$$\Delta_{ij} = \left(X_{0j} - X_{ij}\right),\ i = 1,2,\dots,m\ ,j = 1,2,\dots,n$$

$$H = \left[\Delta_{ij}\right]_{m\times n}$$

پس از ساخت ماتریس فاصله، ضریب رابطه خاکستری که با $\gamma_{0i(j)}$ نمایش داده می‌شود، بین هرگزینه و دنباله مرجع A_0 با در نظر گرفتن شاخص jام از رابطه(۱۲) محاسبه می‌شود. در این رابطه $\xi[.,1]$ ضریب تفکیک است که معمولاً ۰،۵ در نظر گرفته می‌شود.

رابطه(۱۲): ضریب رابطه خاکستری

$$\gamma\left(X_{0j}, X_{ij}\right) = \gamma_{0i(j)} = \frac{\mathrm{Min_i}\,\mathrm{Min_j}\Delta_{ij} + \xi\,\mathrm{Max_i}\,\mathrm{Max_j}\Delta_{ij}}{\Delta_{ij} + \xi\,\mathrm{Max_i}\,\mathrm{Max_j}\Delta_{ij}}$$

درجه رتبه خاکستری در حقیقت بیانگر تشابه میان هریک از گزینه‌ها با گزینه مرجع(ایده‌آل) است. بدیهی است هرچه درجه رتبه خاکستری مقدار بیش‌تری داشته باشد، آن گزینه(شرکت) مطلوب‌تر است. از مقادیر درجه رتبه خاکستری برای رتبه‌بندی شرکت‌ها استفاده می‌شود. درجه رتبه خاکستری بین گزینه A_i و مرجع از رابطه(۱۳) به دست می‌آید.

رابطه(۱۳): درجه رتبه خاکستری

$$\Gamma_{0i} = \sum_{j=1}^{n} W_j \cdot \gamma_{0i(j)}$$

۶-۳- تخصیص سرمایه با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی

در آخرین قسمت از این پژوهش، لازم است وزن مناسب سهام انتخاب شده برای ساخت پرتفوی مشخص شود، که از یک مدل برنامه‌ریزی خطی استفاده می‌شود. در شرایط تصمیم‌گیری سرمایه گذاران ممکن است با محدودیت‌هایی همچون بودجه در دسترس برای سرمایه‌گذاری و یا محدودیت در خرید یک سهم خاص به دلیل عدم عرضه و یا وجود صف‌های خرید طولانی و .. مواجه گردند. لذا برای حل چنین مسئله‌ای، یک مدل ریاضی جهت تخصیص سرمایه پیشنهاد شده است. که با هدف تعیین اوزان هر یک از سهام در سبد، با استفاده از ضرائب به دست آمده از درجه رتبه خاکستری به عنوان ضرائب تابع هدف و تعریف محدودیت های احتمالی، به حل مسئله

می‌پردازد. در رابطه(۱۴)، سه محدودیت احتمالی در نظر گرفته شده است. اول اینکه جمع اوزان سهام برابر با یک شود(محدودیت بودجه)، دوم وجود محدودیت در خرید سهام و سوم وزن هر یک از سهام بزرگ‌تر از یک باشد، به این معنی که فروش استقراضی وجود ندارد. محاسبات این مرحله در نرم‌افزار اکسل انجام می‌شود.

رابطه(۱۴): مدل برنامه‌ریزی خطی

$$Max\ Z = \sum_{i=1}^{m} \gamma_{0i} W_i$$

$$\sum_{i=1}^{m} W_i = 1$$

$$W_i \le Q_i$$

$$W_i \ge 0$$

۷- یافته‌های پژوهش

- **مراحل مربوط به تشکیل پرتفوی**

پس از تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری نرمالیزه شده متناسب با مقادیر پیش‌بینی شده شاخص‌ها، وزن اهمیت شاخص‌ها محاسبه شد، که این شاخص‌ها و وزن آن‌ها در جدول(۱)گزارش شده‌اند.

پس از محاسبه وزن شاخص‌ها، ضریب رابطه خاکستری هر یک از گزینه‌ها (شرکت‌ها) با گزینه ایده‌آل متناسب با هر شاخص محاسبه شد. نتایج این کار در جدول(۲) خلاصه شده‌است.

پس از محاسبه ضریب رابطه خاکستری شرکت‌ها، متناسب با هر شاخص، با ضرب وزن اهمیت هر شاخص در ستون مربوط به همان شاخص و جمع سطری مقادیر به دست آمده برای هر شرکت، درجه رتبه خاکستری آن شرکت به دست می‌آید، که مبنای رتبه‌بندی قرار می‌گیرد. جدول(۳) درجه رتبه خاکستری هر شرکت و رتبه آن را گزارش می‌کند.

در آخرین بخش از این پژوهش، مدل برنامه‌ریزی خطی جهت تصمیم‌گیری در مورد میزان تخصیص سرمایه به هر سهم و تشکیل پرتفوی بهینه ارائه شده است. هر سرمایه‌گذار می‌تواند با در نظر گرفتن محدودیت سقف وزن هر سهم در پرتفوی از طریق انتخاب Q_i با توجه به شرایط بازار، مدل را حل کند و وزن سهام را مشخص کند و پرتفوی بهینه را تشکیل دهد.

$$Max\ Z = 0.399\ W_1 + 0.374\ W_2 + 0.392 W_3 + 0.387 W_4 + 0.414 W_5 + 0.435 W_6 + 0.496\ W_7 + 0.618 W_8 + 0.520\ W_9 + 0.522 W_{10}$$

$$\sum_{i=1}^{10} W_i = 1$$

$$W_i \le Q_i$$

$$W_i \ge 0 \quad i = 1,2,\dots,10$$

جدول ۱- وزن اهمیت شاخص‌ها

شاخص	نماد	وزن شاخص	شاخص	نماد	وزن شاخص
سود ناخالص	X_1	0.019	نسبت جاری	X_{10}	0.067
بازده دارایی‌ها	X_2	0.035	سرمایه در گردش	X_{11}	0.049
بازده‌حقوق‌صاحبان‌سهام	X_3	0.038	گردش‌حساب‌های‌دریافتنی	X_{12}	۰0.12
نسبت آنی	X_4	0.046	نسبت بدهی	X_{13}	0.016
گردش موجودی کالا	X_5	0.061	نسبت بدهی‌به ح.ص.س	X_{14}	0.121
سود هر سهم	X_6	0.091	بازدهی	X_{15}	0.041
رشد حقوق‌صاحبان‌سهام	X_7	0.123	رشد فروش خالص	X_{16}	0.092
نسبت سود عملیاتی	X_8	0.028	اهرم عملیاتی	X_{17}	0.015
نسبت سود خالص	X_9	0.037			

منبع: محاسبات تحقیق

جدول ۲- ضرائب خاکستری شاخص‌ها

نام شرکت		X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{16}	X_{17}
ایران ترانسفو	A_1	0.476	0.335	0.387	0.392	0.333	0.349	0.333	0.409	0.392	0.333	0.349	0.333	0.409	0.378	0.351	0.371	0.335	0.844	0.354	1.000	0.416	0.556
معدنی‌وصنعتی گل‌گهر	A_2	0.516	0.412	0.368	0.383	0.365	0.340	0.346	0.548	0.383	0.365	0.340	0.346	0.548	0.555	0.341	0.362	0.333	0.547	0.343	0.380	0.350	0.526
پتروشیمی شازند	A_3	0.450	0.494	0.547	0.345	0.392	0.369	0.345	0.399	0.345	0.392	0.369	0.345	0.399	0.377	0.333	0.340	0.346	1.000	0.359	0.593	0.354	0.475
تراکتورسازی ایران	A_4	0.420	0.333	0.348	0.493	0.421	0.340	0.335	0.365	0.493	0.421	0.340	0.335	0.365	0.354	0.410	0.443	0.391	0.594	0.344	0.492	0.355	0.636
معدنی و صنعتی چادرملو	A_5	0.801	0.638	0.503	0.333	0.343	0.361	0.344	1.000	0.333	0.343	0.361	0.344	1.000	1.000	0.335	0.333	0.342	0.444	0.338	0.334	0.336	0.555
پتروشیمی خارک	A_6	1.000	0.798	0.725	0.347	0.347	0.371	0.340	0.731	0.347	0.347	0.371	0.340	0.731	0.946	0.358	0.373	0.342	0.689	0.348	0.395	0.333	0.575
پتروشیمی فناوران	A_7	0.491	1.000	1.000	0.466	0.428	1.000	0.333	0.461	0.466	0.428	1.000	0.333	0.461	0.604	0.381	0.384	0.346	0.749	0.351	0.490	0.338	0.473
ماشین‌سازی اراک	A_8	0.519	0.438	0.514	0.460	0.340	0.333	1.000	0.467	0.460	0.340	0.333	1.000	0.467	0.419	0.455	0.546	0.344	0.570	1.000	0.333	1.000	1.000
صنایع شیمیایی ایران	A_9	0.514	0.542	0.333	1.000	0.459	0.484	0.377	0.524	1.000	0.459	0.484	0.377	0.524	0.684	1.000	1.000	0.347	0.333	0.333	0.749	0.343	0.521
پالایش نفت اصفهان	A_{10}	0.333	0.407	0.391	0.382	1.000	0.335	0.376	0.333	0.382	1.000	0.335	0.376	0.333	0.333	0.541	0.459	1.000	0.481	0.337	0.405	0.652	0.333

منبع: محاسبات تحقیق

جدول۳- درجه رابطه خاکستری و رتبه شرکت‌ها

شرکت	درجه رتبه خاکستری	رتبه	شرکت	درجه‌رتبه خاکستری	رتبه
$\mathbf{A_8}$	0.618	۱	A_5	0.414	۶
$\mathbf{A_{10}}$	0.522	۲	A_1	0.399	۷
$\mathbf{A_9}$	0.520	۳	A_3	0.392	۸
$\mathbf{A_7}$	0.496	۴	A_4	0.387	۹
$\mathbf{A_6}$	0.435	۵	A_2	0.374	۱۰

منبع: محاسبات تحقیق

لازم به توضیح است برای حل مدل فوق جهت تجزیه و تحلیل فرضیه‌ها، با لحاظ کردن محدودیت دوم، پژوهش را محدود به Q_iهای خاصی می‌کنیم و از طرفی بدون در نظر گرفتن آن، نرم‌افزار متلب تمامی وزن‌ها به جز W_8 که بیش‌ترین درجه رتبه خاکستری(پارامتر) را دارد برابر صفر قرار می‌دهد و تمامی سرمایه را به فاراک با بیش‌ترین درجه رتبه خاکستری تخصیص می‌دهد. اما از آنجایی که در دنیای واقعی سرمایه‌گذاران با محدودیت‌های بسیاری مواجه هستند که با اضافه کردن آن‌ها به این مدل صفر شدن وزن‌ها عملاً اتفاق نمی‌افتد. پس در این پژوهش برای حل این مشکل و تخصیص وزن مناسب به تمامی سهام بر مبنای درجه رتبه خاکستری آن‌ها، از فرمول $W_i = \frac{n-m+1}{\sum_{m=1}^{n} m}$ که از مقاله هوآنگ و جین(۲۰۰۹) استخراج شده، برای وزن‌دهی استفاده می‌شود. که در این فرمول، n تعداد سهام و m رتبه شرکت iام بر مبنای درجه رتبه خاکستری است. در جدول(۴) وزن سهام محاسبه شده با استفاده از این فرمول برای ساخت پرتفوی گزارش شده‌است.

جدول۴- وزن سهام پرتفوی

نماد شرکت		وزن	نام شرکت		وزن
A_1	بترانس	0.073	شخارک	A_6	0.109
A_2	کگل	0.018	شفن	A_7	0.127
A_3	شاراک	0.055	فاراک	A_8	0.182
A_4	تایرا	0.036	شیران	A_9	0.145
A_5	کچاد	0.091	شپنا	A_{10}	0.164

منبع: محاسبات تحقیق

- **مراحل مربوط به تجزیه و تحلیل فرضیه‌ها**

در این پژوهش برای مقایسه کارایی عملکرد پرتفوی مدل ترکیبی پژوهش با عملکرد شاخص کل و شاخص ۵۰ شرکت فعال‌تر، از معیار شارپ استفاده شده است. دوره مورد بررسی پژوهش برای این مقایسه سه ماهه دوم سال ۱۳۹۴ است. در ادامه نتایج محاسبه معیار شارپ برای این سه پرتفوی ارائه شده است.

✓ محاسبه معیار شارپ برای مدل ترکیبی پژوهش

پس از مشخص شدن وزن سهام در پرتفوی مدل ترکیبی پژوهش با در نظر گرفتن بازده واقعی سهام پرتفوی در سه ماهه دوم سال ۱۳۹۴، به محاسبه بازده و ریسک پرتفوی و در نهایت معیار شارپ می‌پردازیم.

$$RVAR = \frac{R_P - R_f}{\sigma_P} = \frac{0.003 - 0.046}{0.191} = -0.227$$

✓ محاسبه معیار شارپ برای شاخص کل و شاخص ۵۰ شرکت فعال‌تر

در این پژوهش از قیمت‌های تعدیل شده روزانه شاخص کل و شاخص ۵۰ شرکت فعال‌تر از سال ۱۳۸۶ تا سه ماهه دوم سال ۱۳۹۴ استفاده شده است. همانند نحوه محاسبه بازده برای سهام این پژوهش، ابتدا بازده پیوسته روزانه شاخص‌ها محاسبه گردید، سپس با تجمیع بازده‌های پیوسته در هر سه ماه، بازده شاخص‌ها به صورت سه ماهه از سه ماهه اول سال ۱۳۸۶ تا سه ماهه دوم سال ۱۳۹۴ محاسبه شد. سپس از بازده سه ماهه دوم سال ۱۳۹۴ به عنوان بازده پرتفوی و از انحراف معیار بازده‌ها از سال ۱۳۸۶ تا سه ماهه دوم سال ۱۳۹۴ به عنوان ریسک پرتفوی استفاده شد و در نهایت معیار شارپ برای سه ماهه دوم سال ۱۳۹۴ این دو شاخص به دست آورده شد.

➢ معیار شارپ شاخص کل

$$RVAR = \frac{R_P - R_f}{\sigma_P} = \frac{-0.036 - 0.046}{0.134} = -0.612$$

➢ معیار شارپ شاخص ۵۰ شرکت

$$RVAR = \frac{R_P - R_f}{\sigma_P} = \frac{-0.014 - 0.046}{0.156} = -0.389$$

با مقایسه معیارهای شارپ، این نتیجه حاصل می‌شود که عملکرد پرتفوی ساخته شده با استفاده از مدل ترکیبی در مقایسه با عملکرد شاخص کل و شاخص ۵۰ شرکت فعال‌تر، برای دوره مورد بررسی پژوهش کاراتر بوده است.

۸- نتیجه‌گیری و بحث

سرمایه‌گذاران در تحلیل‌های مالی خود برای سرمایه‌گذاری در سهام، عموماً به یک یا دو شاخص عمده به عنوان ملاک و مبنای تصمیم‌گیری توجه می‌کنند. حال آن که نسبت‌ها و شاخص‌های مالی گوناگونی مانند انواع معیارهای نقدینگی، بدهی، فعالیت، بازدهی و ارزش بازار وجود دارند، که برای تصمیم‌گیری کاراتر جهت انتخاب پرتفوی باید توسط سرمایه‌گذاران مد نظر قرار بگیرند. بنابراین پژوهش حاضر متدولوژی جدیدی را به منظور انتخاب پرتفوی سهام با در نظر گرفتن ۱۷ نسبت و شاخص مالی به عنوان معیارهای تصمیم‌گیری و تحت یک ساختار ترکیبی ارائه می‌کند. با در نظر گرفتن چند معیار برای تصمیم‌گیری، این معیارها علاوه بر داشتن تضاد ذاتی، برای گروه‌های مختلف نیز از سطوح مطلوبیت متفاوتی برخوردارند، به علاوه بازار سرمایه، بازاری پر نوسان است که طبعاً تغییر، کمبود، ابهام و عدم قطعیت اطلاعات در آن وجود داشته و تأثیر مهمی را نیز بر جای می‌گذارد. با وجود این محدودیت‌ها در این پژوهش از تئوری سیستم خاکستری استفاده شد. استفاده از روش تحلیل رابطه خاکستری برای حل مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره با توجه به نتایج بررسی‌های انجام شده در خصوص تحقیق‌های پیشین که از تحلیل رابطه خاکستری برای ارزیابی و رتبه‌بندی در زمینه‌های مختلف استفاده کرده‌اند، مبین آن است که رویکرد سیستم خاکستری از سه مزیت اساسی

نسبت به سایر روش‌ها برخوردار است. مزیت اول این روش، نیاز به داده‌های کم است در حالی که استفاده از بسیاری از روش‌های آماری چند متغیره مستلزم وجود حجم انبوهی از داده‌ها است. مزیت اساسی دیگر این سیستم علاوه بر بررسی روابط بین عوامل و گزینه‌های مختلف، عدم اطمینان موجود در ساختار سیستم را هم در نظر می‌گیرد و توانایی مواجهه با ابهام در داده‌ها را دارا می‌باشد، زیرا در شرایط واقعی مقدار دقیق پارامترها معلوم نیست. مزیت سوم در رابطه با بررسی معیارها است که در این روش معیارهای متعدد به طور همزمان لحاظ می‌شوند و روابط بین آن‌ها نیز در مدل اعمال می‌شود، به عبارت دیگر اطلاعات مربوط به سال‌های متوالی یک شرکت در کنار اطلاعات مالی سایر شرکت ها در یک مدل و بایکدیگر مقایسه می‌شوند تا رتبه‌بندی دقیق‌تری انجام شود. بنابراین به دلیل توانمندی‌های این روش و بستر جدیدی که این رویکرد فراهم کرده است در مطالعه حاضر از رویکرد سیستم خاکستری برای ارزیابی عملکرد شرکت‌ها استفاده شد.

به طور خلاصه در این پژوهش مهم‌ترین نسبت‌های مالی از طبقات پنجگانه نسبت‌های مالی با مطالعه ادبیات موجود انتخاب شدند و مقادیر آن‌ها از سه ماهه اول سال ۱۳۸۶ تا سه ماهه اول سال ۱۳۹۴ جمع‌آوری شد و با استفاده از مدل‌های ARX و ARMAX برای سه ماهه دوم سال ۱۳۹۴ پیش‌بینی شدند. سپس وزن اهمیت شاخص‌ها با استفاده از آنتروپی شانون محاسبه شد و شرکت‌ها با توجه به شاخص‌های ارزیابی و وزن آن‌ها با روش تحلیل رابطه خاکستری رتبه‌بندی شدند. با توجه به نتایج جدول(۱)، که وزن شاخص‌ها را نشان می‌دهد. پنج شاخص اول به ترتیب عبارت است از: رشد حقوق صاحبان سهام، نسبت بدهی به حقوق صاحبان سهام، نسبت گردش حساب‌های دریافتنی، رشد فروش خالص و نسبت سود هر سهم. همچنین با توجه به نتایج جدول(۳)، که درجه رتبه خاکستری شرکت‌ها را نشان می‌دهد پنج شرکت برتر به ترتیب عبارت اند از ماشین‌سازی اراک، پالایش نفت اصفهان، صنایع شیمیایی ایران، پتروشیمی فناوران و پتروشیمی خارک. پس از مشخص شدن درجه رتبه خاکستری شرکت‌ها، با وجود یکسری محدودیت‌ها از قبیل بودجه در دسترسی برای سرمایه‌گذاری و محدودیت در خرید تعداد سهام، یک مدل ریاضی برای حل این مشکل ارائه گردید، تا سرمایه‌گذاران با در نظر گرفتن بودجه در دسترس و شرایط بازار بتوانند بهترین پرتفوی را برای سهام مورد نظرشان تشکیل دهند. در نهایت عملکرد پرتفوی حاصل از مدل ترکیبی پژوهش با شاخص کل و شاخص ۵۰ شرکت فعال‌تر برای دوره مورد بررسی پژوهش مورد مقایسه قرار گرفت که محاسبات نشان داد معیار شارپ پرتفوی حاصل از پژوهش نسبت به شاخص کل و شاخص ۵۰ شرکت فعال‌تر بیش‌تر بوده که نشان‌دهنده عمکرد کاراتر مدل ترکیبی پژوهش نسبت به آن‌ها می‌باشد.

با توجه به اهمیت مدل مارکویتز در بحث بهینه‌سازی پرتفوی، در مقایسه این مدل با مدل ترکیبی این پژوهش لازم به ذکر است که در مدل مارکویتز تنها عامل بازده و انحرافات آن با عنوان ریسک برای انتخاب پرتفوی در نظر گرفته شده است اما در مدل ترکیبی این پژوهش آنچه که به عنوان درجه رتبه خاکستری از آن یاد شد در واقع شالوده‌ای از ۱۷ شاخص و نسبت مالی بود(که عامل بازدهی یکی از این موارد بود) و پراکندگی این شاخص‌ها که در مفهوم آنتروپی شانون کاربرد پیدا کرد، مفهومی نوین از ریسک را نمایان کرد و به جای در نظر گرفتن صرف انحرافات بازدهی، شاخص‌ها و نسبت مالی متفاوتی در نظر گرفته شده است که این موضوع می‌تواند نقطه قدرتی برای مدل ترکیبی پژوهش در مقایسه با مدل مارکویتز باشد.

با مرور پیشینه پژوهش مشخص می‌شود پژوهش‌هایی که برای ساخت پرتفوی با مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره مواجه بوده‌اند با توجه به مزایای تئوری سیستم خاکستری، از این تئوری برای حل مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده کرده و

شرکت‌ها را رتبه‌بندی نمودند و نیز از مدل‌های متفاوتی همچون مدل برنامه‌ریزی آرمانی در پژوهش هیبتی و همکاران(۱۳۹۰)، مدل‌های برنامه‌ریزی خطی خاکستری و برنامه‌ریزی عدد صحیح در پژوهش جباری و همکاران(۱۳۹۱) و .. برای تخصیص سرمایه استفاده کردند. با در نظر گرفتن نتایج پژوهش‌های پیشین و پژوهش حاضر و عملکرد مناسب پرتفوی آن‌ها نسبت به پرتفوی بازار و ۵۰ شرکت فعال‌تر به سرمایه‌گذاران و شرکت‌های سرمایه‌گذاری پیشنهاد می‌شود، ضمن در نظر گرفتن شاخص‌ها و نسبت‌های مالی از طبقات پنجگانه نسبت‌های مالی، پیش‌بینی این نسبت‌ها را در کنار انتخاب پرتفوی لحاظ کنند و تنها به داده‌های تاریخی اکتفا نکنند و از تئوری سیستم خاکستری با توجه به مزایای آن برای تجزیه و تحلیل معیارهای تصمیم‌گیری استفاده کنند تا با ساخت پرتفوی بهینه، سود مورد نظر خود را از سرمایه‌گذاری در سهام کسب نمایند.

فهرست منابع

* اصغرپور، محمدجواد (۱۳۸۵)؛ تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
* سینائی مهر، حمید (۱۳۹۲)؛ "الگوی بهینه سازی ترکیب پرتفوی سرمایه گذاری بیمه با رویکرد تئوری خاکستری و الگوریتم ژنتیک"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز، دانشکده مدیریت، گروه مدیریت بازرگانی
* جباری، رامین؛ صالحی صدقیانی، جمشید؛ امیری، مقصود (۱۳۹۱)؛ "ارزیابی عملکرد و انتخاب پرتفوی از صندوق‌های سرمایه گذاری سهام"، مجله تحقیق در عملیات و کاربردهای آن، سال نهم، شماره اول.
* رویایی، رمضانعلی؛ بشکوه، مهدی (۱۳۹۲)؛ "انتخاب سبد سهام بهینه با استفاده از رویکرد ترکیبی تئوری روابط خاکستری(GRA) و مدل برنامه ریزی خطی(مطالعه موردی: شرکت های سرمایه گذاری)"، نشریه تحقیقات حسابداری وحسابرسی، سال چهارم، شماره ۱۹.
* محمدی، علی؛ مرادی، لیلا (۱۳۹۱)؛ "کاربرد تئوری سیستم خاکستری در پیش بینی حوادث ترافیکی جاده ای در استان فارس". نشریه دانش انتظامی فارس، سال اول، شماره دوم و سوم.
* محمدی، علی و مولایی، نبی (۱۳۸۹)؛ کاربرد تصمیم گیری چند معیاره خاکستری در ارزیابی عملکرد شرکت ها. فصلنامه مطالعات مدیریت صنعتی، دوره۲، شماره۴، ۱۲۵-۱۴۲
* مؤتمنی، علیرضا؛ شریفی سلیم، علیرضا (۱۳۹۱)؛ "ارائه مدلی به منظور انتخاب سبد سهام در بورس اوراق بهادار تهران به وسیله تصمیم گیری چند معیاره (مطالعه موردی ۵۰ شرکت برتر)"، مجله چشم‌انداز مدیریت صنعتی، ۵ ، ۷۳-۸۹.
* مهرگان، محمدرضا؛ دباغی، آزاده (۱۳۹۳)؛ توسعه روشی جامع برای تصمیم‌گیری چندشاخصه غیر قطعی مبتنی بر تحلیل رابطه‌ای خاکستری، مجله پژوهش‌های مدیریت عمومی، سال هفتم، شماره ۲۳، ۲۵-۵
* هیبتی، فرشاد؛ راهنمای رودپشتی، فریدون؛ افشارکاظمی، محمدعلی؛ عبیری، امیرحسین (۱۳۹۰)؛ "ارزیابی مدل گزینش سبد سهام با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی(AHP)، آنالیز رابطه‌ای خاکستری(GRA) و برنامه ریزی آرمانی(GP)"، مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار دانشگاه آزاد، شماره ششم.
* Abraham, A., Nath, B., & Mohanthi, P. K. (2001). Hybrid intelligent systems for stock market analysis. In Vassil N. Alexandrov et al. (Eds.), Computational Science (pp. 337–345). USA: Springer-Verlag.
* Chang, T.C., and Lin, S.J. (1999); Grey Relation Analysis of Carbon Dioxide Emissions from Industrial Production and Energy Uses in Taiwan, Journal of Environmental Management 56:247–257.
* Chen Mei-Fang., Tzeng, Gwo Hshning (2004); combining grey relation and TOPSIS concepts for selecting an expatriate host

یادداشت‌ها

[1] Wiecek
[2] Abraham
[3] Multi Criteria Decision Making
[4] Grey system theory
[5] Portfolio Selection problem
[6] Sharp
[7] Autoregressive model with exogenous inputs(ARX
[8] Autoregressive–moving-average model with exogenous inputs(ARMAX)
[9] Linear Regression
[10] Positive Function
[11] Huang& Jane
[12] Multi Attribute Decision Making
[13] Shanon
[14] Lesne
[15] Deng
[16] Hasia&Wu
[17] Chang
[18] Fang & Tzeng
[19] Hamzacebi & Pekkaya
[20] Zhang
[21] Venture Capital
[22] www.cbi.ir
[23] www.opec.org

country, Mathematical and Computer Modeling, 40, 1473-1490

* Hsia, K.H., Wu, J.H. (1997); A study on the data preprocessing in Grey relational analysis, Journal of Chinese Grey System, 1, 47–53.
* Hamzaçebi, Coşkun., Pekkaya, Mehmet (2011); Determining of stock investments with grey relational analysis, An International Journal of Expert Systems with Applications, Volume 38 Issue 8, Pages 9186-9195.
* Huang, K.-Y., Jane, C.-J. (2009); A hybrid model for stock market forecasting and portfolio selection based on ARX, grey system and RS theories, Expert Systems with Applications, 36, 5387–5392.
* Lesne, Annick (2011); Shannon entropy: a rigorous mathematical notion at the crossroads between probability, information theory, dynamical systems and statistical physics, mathematical Structures in Computer Science, Volume 24 , Special Issue 03 , (63 pages), Paris
* Sharp, William F., Gordon J. Alexander., Jeffery V. Bailey (1999); Investments, 6th Ed. , Prentice-Hall
* Wiecek M., Ehrgott M., Fadel G. and J. R. Figueira (2005). Multiple criteria decision making for engineering Omega,36,PP.337-339
* Zhang, Xubo (2012); International Conference on Medical Physics and Biomedical Engineering, Physics Procedia,Volume 33, pp. 1825-1832.