مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار
شماره هجدهم / بهار ۱۳۹۳

تخصیص دارایی به کمک تکنیک یکپارچه‌ای از روش‌های اقتصادسنجی (ARMA و GARCH) و فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP)

سیدمحمدامیر هاشمی[۱]
رضا راعی[۲]

تاریخ دریافت: ۹۲/۶/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۱/۳۰

چکیده

تخصیص دارایی فرایند توزیع سرمایه در میان گونه‌های مختلفی از دارایی‌ها مانند نقد، اوراق قرضه، سهام، کالاها و ... است که به منظور بهینه نمودن موازنه‌ی ریسک-بازده بر اساس موقعیت و اهداف مشخص سرمایه‌گذار نهادی/فردی صورت می‌گیرد. تخصیص دارایی نخستین گام در تشکیل سبد سرمایه‌گذاری و یک مفهوم کلیدی در مدیریت پول و برنامه‌ریزی مالی است. با نگاهی به ادبیات این موضوع، با پژوهش‌هایی روبرو می‌شویم که اکثر آنها با نگاهی کمّی، تمرکز خود را به دو معیار اصلی سرمایه‌گذاری یعنی بازده و ریسک معطوف نموده‌اند. بنابراین می‌توان انتظار داشت با در نظر گرفتن یکپارچه‌ی معیارهای کمّی و کیفی موثر بر تخصیص دارایی، نتایج بهتری را در این زمینه ایجاد نمود.

در این پژوهش با استفاده از یک مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره (ANP) در کنار روش‌های اقتصادسنجی و سری‌های زمانی، معیارهای کمّی و کیفی موثر بر مسئله تخصیص دارایی را به صورت یکپارچه مورد بررسی قرار می‌دهیم. ابتدا به کمک مدل‌های ARMA و GARCH، بازده و ریسک دارایی‌ها را پیش‌بینی نموده، سپس وزن‌های بهینه‌ی هر یک از گروه‌های دارایی را با در نظر گرفتن معیارهای کمّی و کیفی گوناگونی که بر مسئله‌ی تخصیص دارایی اثرگذارند و روابط موجود بین آنها، به کمک فرایند تحلیل شبکه‌ای تعیین می‌نماییم. با مقایسه‌ی زوجی معیار شارپِ سرمایه‌گذاری بر اساس وزن‌های فرایند تحلیل شبکه‌ای و مدل مارکویتز، برتری رویکرد یکپارچه‌ی مسئله‌ی تخصیص دارایی که در این مقاله ارائه شده است، نسبت به مدل مارکویتز تایید می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تخصیص دارایی- فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP)- مدل‌های ARMA و GARCH- مدل مارکویتز.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مالی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران Amirhashemi251@gmail.com
۲- دانشیار دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران

۱- مقدمه

یکی از مهمترین مسائلی که هر سرمایه‌گذار نهادی و یا فردی در تشکیل پرتفوی با آن مواجه خواهد بود، توزیع مناسب سرمایه در بین گروه‌های مختلف دارایی است. یکی از بهترین تعاریفی که توسط کارشناسان درباره‌ی تخصیص دارایی‌ها مطرح شده، این است که تخصیص دارایی تکنیکی برای تشکیل سبد دارایی است که هدف از آن متوازن کردن ریسک سبد دارایی و پرگونه‌سازی دارایی‌های آن از طریق توزیع سرمایه بین گروه‌های مختلف دارایی است به گونه‌ای که این توزیع مناسب به طور همزمان شرایط بازار و اهداف سرمایه‌گذار را در نظر بگیرد. بنابراین تخصیص دارایی یک مفهوم کلیدی در مدیریت پول و برنامه‌ریزی مالی است. به عبارت دیگر فرایند تقسیم سرمایه با توجه به اهداف شخصی سرمایه‌گذار، ریسک‌پذیری و افق سرمایه‌گذاری وی، با برقراری تعادل بین ریسک و بازده در گروه‌های مختلف دارایی را تخصیص دارایی می‌نامند. در هر سرمایه‌گذاری با توجه به اهداف و سلیقه‌های سرمایه‌گذار و نیز شرایط بازار بایستی معیارهای گوناگونی را مورد بررسی قرار داد تا سبد سرمایه‌گذاری انتخاب شده متناسب با این معیارها برگزیده شود بنابراین مسئله‌ی تخصیص دارایی یک فرایند تصمیم‌گیری چندمعیاره است که فراتر از بررسی دو معیار میانگین و واریانس بازده پرتفوی و روش‌های بهینه‌سازی که به طور معمول در ادبیات مالی رایج شده‌است، کار می‌کند.

مدل قدیمیِ میانگین-واریانس مارکویتز (۱۹۵۲)، صرفا به تعیین پرتفوی بهینه با بازده بیشینه در سطح انحراف معیار مشخص می‌پردازد و نمی‌تواند به طور مستقیم معیارهای گوناگونی که برای سرمایه‌گذار اهمیت دارد را با در نظر داشتن کلیه روابط موجود میان آنها، لحاظ نماید و کلیه‌ی این معیارها را صرفا با ضریب ریسک‌گریزی سرمایه‌گذار منظور می‌کند. بنابراین از فرایند تحلیل شبکه-ای (ANP) به منظور بهینه‌سازِ سبد سرمایه‌گذاری استفاده می‌شود تا بتواند معیارهای کمّی و کیفی مختلف سرمایه‌گذار و شرایط بازار را به همراه کلیه روابطی که میان آنها برقرار است، در تعیین پرتفوی بهینه دارایی‌ها منظور نماید. همچنین در این پژوهش، به کمک روش‌های اقتصادسنجی ARMA و GARCH به ترتیب به پیش‌بینی بازده و واریانس دارایی‌ها در دوره‌های آتی می‌پردازیم. نتایج به دست آمده از روش‌های اقتصادسنجی به همراه معیارهای مختلف سرمایه‌گذاری که از ادبیات موضوع به دست می‌آید، به کمک فرایند تحلیل شبکه‌ای اولویت‌بندی و رتبه‌بندی می‌شود و در نهایت وزن‌های بهینه گروه‌های مختلف دارایی به کمک رویکرد یکپارچه‌ی پیشنهادی به دست می‌آید.

تخصیص دارایی با دو هدف اصلی انجام می‌شود؛ نخست، مدیریت ریسک سرمایه‌گذار و دوم، بیشینه نمودن بازده سبد سرمایه‌گذاری با توجه به اهداف گوناگون سرمایه‌گذار. بی‌شک مهمترین

ویژگی بازارهای پول و سرمایه، عدم اطمینانی که در هر سرمایه‌گذاری وجود دارد سرمایه‌گذار را وادار می‌سازد تا جستجوگر روش‌هایی باشد که ریسک ناشی از سرمایه‌گذاری‌ها را کاهش دهد. تخصیص دارایی یکی از مهمترین فعالیت‌هایی است که بر عملکرد سبد سرمایه‌گذاری و کاهش ریسک سرمایه‌گذار تاثیر می‌گذارد. همانطور که به صورت تجربی نیز دیده می‌شود، اکثر افراد حرفه‌ای بازار، تخصیص سرمایه را مهمترین بخش تشکیل یک سبد سرمایه‌گذاری می‌دانند.

رویکرد یکپارچه‌ی این پژوهش تلاش می‌کند به اندازه کافی کاربرپسند باشد تا بتواند علاوه بر مدیران سبدهای سرمایه‌گذاری بزرگ، سرمایه‌گذاران فردی را نیز در راستای تشکیل سبدهای سرمایه‌گذاری بهینه و تخصیص دارایی یاری رساند. ویژگی‌های دیگر این رویکرد سادگی و انعطاف پذیری آن است که کارایی آن را افزایش می‌دهد.

۲- مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

در اوایل دهه ۱۹۶۰، واژه تخصیص دارایی وجود نداشت. تفکر سنتی پرگونه سازی به شکل ساده "تمام تخم مرغ‌های خود را در یک سبد قرار ندهید" وجود داشت. مدل‌های تخصیص دارایی حدود نیم قرن است که به صورت کاربردی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. شناخته شده‌ترین مدل تخصیص دارایی، استراتژی میانگین-واریانس (نظریه پرتفوی مدرن) است که اولین بار توسط مارکویتز (۱۹۵۲) توسعه داده شد تا فرایند تخصیص بهینه سرمایه را با فرض مجموعه فرصت سرمایه‌گذاری ثابت، بین گروه‌های مختلف دارایی طی یک دوره زمانی انجام دهد. تخصیص سرمایه بین تعدادی از دارایی‌های موجود، به منظور بیشینه سازی بازده سرمایه‌گذاری، زمانی که شاخص مشخصی از ریسکِ سرمایه‌گذاری (که معمولا توسط واریانس پرتفو کمّی می‌شود) در سطح مورد قبول سرمایه‌گذار ثابت در نظر گرفته می‌شود، انجام می‌شود. کار مارکویتز منجر به درک اهمیت روابط بین گروه‌های دارایی و اوراق بهادار موجود در پرتفو گردید. مارکویتز در مقاله‌ای با عنوان "انتخاب پرتفو"، اولین مدل ریاضی کاهنده نوسان حاصل از تشکیل پرتفو را توسعه داد. نظریه پرتفوی مدرن یک بعد سوم به مدیریت پرتفو اضافه نمود که تاثیر پرگونه‌سازی سرمایه‌گذاری بر پرتفو را بررسی می‌نماید. بنابراین نظریه پرتفوی مدرن تمرکز سرمایه‌گذار بر اوراق بهادار منفرد را به در نظر گرفتن کل پرتفو انتقال داد. پرگونه سازی بهینه از این ایده‌ی ساده منتج می‌گردد که از تعدادی سبد برای حمل تخم مرغ‌های خود استفاده کنید.(R. Gibson, 2008, 7-18)

در میانه دهه ۱۹۵۰، جیمز توبین (۱۹۵۸) کار مارکویتز را از طریق اضافه کردن یک دارایی بدون ریسک به تحلیل‌ها توسعه داد. کار توبین تنها بر نگهداری دو گونه از دارایی، یعنی دارایی‌های ریسکی و دارایی‌های بدون ریسک، تمرکز داشت که فرض وام دهی یا وام گیری را نیز در نظر

گرفته‌بود تا به کمک این ابزارها دامنه وسیع‌تری از ترجیحات ریسک و بازده سرمایه‌گذار را فراهم آورد (T. Schneeweis,G. B. Crowder and H. Kazemi, 2010, 1-18). در اوایل دهه ۱۹۶۰، پژوهش‌های مستقل جک ترینر (۱۹۶۱ و ۱۹۶۲)، ویلیام شارپ (۱۹۶۴)، جان لینتنر (۱۹۶۵ الف و ب) و جان موسین (۱۹۶۶)، منجر به توسعه مدل قیمت گذاری دارایی سرمایه‌ای (CAPM) بر اساس پژوهش اولیه مارکویتز در زمینه پرگونه‌سازی و نظریه پرتفوی مدرن گردیدند. شارپ ارتباطی تئوریک بین بازده مورد انتظار و ریسک بر اساس مجموعه‌ای از مفروضات رفتار فردی و شرایط بازار ارائه داد. این نویسندگان نشان دادند که اگر سرمایه‌گذاران در پرتفوی کارای میانگین-واریانس بازار، سرمایه‌گذاری کنند، آن وقت نرخ بازده مورد انتظار یک اوراق بهادار منفرد، مستقیما به نقش آن ورقه بهادار در واریانس پرتفوی کارای میانگین-واریانس بازار ارتباط پیدا می‌کند. تحت این شرایط، تمام سرمایه‌گذاران دارایی‌های ریسکی را با نسبتهای یکسانی نگه می‌دارند. در این صورت برای دستیابی به تعادل مطلوبی از ریسک و بازده، سرمایه‌گذاران به سادگی کسری از پرتفوهایشان که از دارایی‌های بدون ریسک تشکیل شده‌است، تغییر می‌دهند (N. Canner, N. G. Mankiw and D. N. Well, 1994, 5-11).

مرتون در سال ۱۹۷۱، نظریه CAPM را در ساختاری زمان-پیوسته، به همراه مجموعه فرصت‌های سرمایه‌گذاری ثابت، مستقل از زمان یا حتی تصادفی با توجه صریح به افق سرمایه‌گذاری، در روندی بهینه توسعه داد. در پژوهش‌های مرتون (۱۹۷۱ و ۱۹۷۳)، معمای نسبت سهام به اوراق قرضه با مدل‌های تخصیص دارایی پویا مورد تحلیل قرار گرفتند که به نگرش ریسک سرمایه‌گذار بستگی دارد (G. Lenoir and N. S. Tuchschmid, 2001, 1-5). متاسفانه غیاب راه حل‌های تحلیلی و کمبود قدرت محاسباتی، این مدل را در حل مسائل واقعی ناتوان کرد به گونه‌ای که اخیرا تنها تعداد انگشت شماری از پژوهش‌ها (برنان و همکاران ۱۹۹۷ و بریتلر و همکاران ۱۹۹۸)، مسئله بهینه‌سازی مشهور مرتون را پیاده سازی نمودند.

برینسون، هود و بیباور (۱۹۸۶) و برینسون، ساینر و بیباور (۱۹۹۱) در مطالعات اولیه شان نقش مهم و کلیدی تخصیص دارایی را بر عملکرد بازده نمونه‌ای از صندوق‌های بازنشستگی، مورد بررسی قرار دادند و بیان داشتند که تخصیص دارایی یکی از مهمترین تصمیم‌هایی است که بر عملکرد پرتفو تاثیر می‌گذارد. آنها بازده‌های کلی را به سه بخش تفکیک نمودند: الف) خط مشی تخصیص دارایی: معمولا شامل تعیین وزن‌های غیرفعال یا طبیعی گروه دارایی می‌شود ب) موقعیت سنجی بازار: فرایند مدیریت وزن‌های گروه‌های دارایی با توجه به وزن‌های غیرفعال در طول دوره‌های زمانی کوتاه مدت است ج) انتخاب اوراق بهادار: اشاره دارد به این تصمیم که چگونه سبد یک گروه دارایی باید در هر یک از اوراق بهاداری که آن گروه دارایی را تشکیل می‌دهد، تخصیص

داده شود. برینسون، ساینر و بیباور (۱۹۹۱) نشان دادند که خط مشی سرمایه‌گذاری به طور میانگین ۹۳٫۶٪ از نوسانات بازده کلی فصلی صندوق را توضیح می‌دهد، در حالیکه بهگزینی و موقعیت سنجی بازار فقط درصد ناچیزی را توضیح می‌دهد. به عبارت دیگر آنها نتیجه گرفتند که بازده کل سبد به صورت اساسی از سطح مدیریت فعال مستقل است. پژوهش‌های برینسون و همکاران، سرمایه‌گذاران را متقاعد نمود که تخصیص دادن صندوق‌های سرمایه‌گذاری به گروه‌های دارایی (انتخاب گروه‌های اصلی دارایی)، بسیار مهمتر از تخصیص اوراق بهادار منفرد در هر گروه از دارایی‌هاست(K. V. Smith, 1998, 2-6).

شارپ در سال ۱۹۸۷یک رویکرد تخصیص دارایی یکپارچه ارائه داده است که هم شرایط بازار و هم اهداف و ثروت سرمایه‌گذار را در نظر می‌گیرد. هر چند ممکن است بین رویکردهای یکپارچه‌ی تخصیص دارایی شباهت‌ها و وجوه اشتراکی وجود داشته باشد اما روند استاندارد و از پیش تعریف شده‌ای برای پیاده سازی و اجرای آن وجود ندارد. به عنوان مثال شرایط بازار چگونه در مدل منظور می‌گردد؟ از چه مدلی برای بازده دارایی‌ها استفاده می‌شود؟ چگونه می‌توان یک سبد بر اساس بازده و ریسک مورد نظر سرمایه‌گذار تشکیل داد؟ تمامی این سوالات و تصمیم‌ها برای هر سرمایه‌گذار و مدیر باقی خواهد ماند. ایبوتسون و کاپلن (۲۰۰۰) به طرح سه سوال در خصوص اهمیت تخصیص دارایی و پاسخ به آن پرداختند: الف) چه مقدار از تغییرپذیری بازده در طول زمان توسط خط مشی تخصیص دارایی توضیح داده می‌شود؟ ب) چه مقدار از تغییرپذیری بازده میان صندوق‌ها توسط اختلاف در خط مشی‌ها توضیح داده می‌شود؟ سوال این است که آیا تمایلی برای خط مشی وجود دارد که بین عملکرد صندوق‌ها تفاوت قائل شود؟ ج) چه بخشی از سطح بازده توسط بازده خط مشی توضیح داده می‌شود؟ این سوال با توجه به نسبت بازده الگوی خط مشی به بازده واقعی صندوق پاسخ داده می‌شود. آنها مشاهده کردند که تخصیص دارایی، ۹۰٪ از تغییرپذیری صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک، ۴۰٪ نوسانات بین صندوق‌ها و ۱۰۰٪ از بازده صندوق‌ها را در طول زمان توضیح می‌دهد (K. Sedzro, A. Marouane and T. Assogbavi, 2012, 1-9).

توکات و همکاران (۲۰۰۳) در پژوهشی مسئله‌ی تخصیص دارایی چندمرحله‌ای را تحت سناریوهای بازده‌های نرمال و باثبات تحلیل نمودند. آنها برای حل این مسئله از برنامه‌ریزی تصادفی و قوانین تصمیم‌گیری استفاده نمودند. آنها با استفاده از مدل‌های اقتصادسنجی همچون ARMA و GARCH، مدل‌های استخراجی خود از بازده و نوسان دارایی‌ها را به آینده تعمیم داده و مقادیر بازده و نوسان آتی را پیش‌بینی نمودند. تحلیل‌های آنها به این نتیجه رسید که مدلسازی توزیع

بازده‌های دنباله پهن می‌تواند نقش بسیار موثری در تخصیص دارایی داشته باشد و نیز اینکه به واسطه کاربرد مدل‌های باثبات، بازده هم ارز قطعیت می‌تواند تا ۰٫۷٪ بهبود یابد.

گوپتا و همکاران در سال ۲۰۱۰ در پژوهشی با ترکیب گزارش‌های رفتاری، تحلیل خوشه‌ای، فرایند تحلیل سلسله مراتبی و برنامه ریزی فازی، مدل‌های ریاضی را در مسئله انتخاب پرتفوی توسعه دادند. آنها با استفاده از گزارش‌های رفتاری مبتنی بر مشخصه‌های اجتماعی-فرهنگی، روانشناسی، اقتصادی و جمعیت-شناختی، سرمایه‌گذاران را به سه دسته جویندگان بازده، ایمنی و نقدینگی تقسیم نمودند و سپس دارایی‌های مناسب برای هر دسته از سرمایه‌گذاران به کمک تحلیل خوشه‌ای تعیین گردید سپس با AHP تناسب هر گروه از دارایی را برای هر گروه از سرمایه‌گذاران مشخص نمودند. در آخرین گام، آنها مدل انتخاب پرتفوی نیم انحراف معیار را با استفاده از تابع عضویت فازی S شکل غیرخطی به مدل فازی منتقل نمودند و تخصیص دارایی را تکمیل نمودند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که مدل‌های انتخاب پرتفوی ارائه شده، در سوددهی مناسب و بهینه به هر دسته از سرمایه‌گذاران تواناست.

در پژوهشی که سال ۲۰۱۲ توسط سدزرو و همکاران انجام گردید، روندی پیشنهاد شده‌است که تخصیص دارایی یکپارچه را بر اساس فرایند تحلیل سلسله مراتبی، مدل میانگین-واریانس و برنامه ریزی آرمانی ممکن می‌سازد. آنها سناریوهای شرایط اقتصادی آتی و مشخصه ریسک سرمایه‌گذار را به عنوان عوامل موثر بر تخصیص دارایی در نظر گرفتند. در این رویکرد از روش AHP به منظور در نظر گرفتن شرایط بازار و ریسک سرمایه‌گذار و وزن‌دهی آنها از نظر اهمیت در فرایند تخصیص دارایی استفاده شده‌است، سپس بهینه‌سازی میانگین-واریانس به منظور تعیین بازده بیشینه به ازای سطوح مختلف واریانس-بازده صورت گرفته است که به علت منحصر به فرد نبودن این مرز کارا، در نهایت برنامه ریزی آرمانی به عنوان یکپارچه‌ساز تمام فاکتورهای به هم وابسته در تصمیم‌گیری تخصیص دارایی استفاده شده‌است تا هرگونه انحراف پایینی و بالایی از مقادیر نسبت‌های آرمانی که برای سه دارایی سهام، اوراق قرضه و دارایی‌های نقد که از مدل AHP به دست آمده‌است، کمینه نماید. در نهایت مقایسه نتایج حاصل از بازده و واریانس این پرتفو با شاخص S&P/TSX60 (به عنوان پرتفوی مرجع برای بازار کانادا) نشان داد که نسبت بازده به انحراف معیار برای پرتفوی مذکور ۵٫۵۹۷٪ است در حالی که این مقدار برای پرتفوی بازار کانادا ۱٫۰۷۰٪ می‌باشد.

۳- روش‌شناسی پژوهش

یکی از مهمترین اجزای فرایند تخصیص دارایی، انتخاب گروه‌های دارایی است جهت سرمایه-گذاری در آنها است. گروه‌های مختلف دارایی شامل دارایی‌های نقد و شبه نقد مانند حساب‌های سپرده و ابزارهای بازار پول، اوراق بهادار با درآمد ثابت مانند اوراق قرضه مانند اوراق قرضه پربازده، دولتی، شرکتی، کوتاه مدت، میان مدت، بلندمدت، داخلی، خارجی و ...، سهام، کالا مانند فلزات گرانبها، محصولات کشاورزی، انرژی و ...، املاک و مستغلات، کلکسیون‌ها مانند آثار هنری، سکه و تمبر، محصولات بیمه‌ای مانند محصولات بیمه عمر، بیمه‌های اموال و حوادث، اوراق مشتقه مانند قراردادهای آتی و اختیارات معامله و ارزهای خارجی است. فرسون و همکاران (۱۹۹۳) در زمینه انتخاب گروه‌های دارایی به این نکات اشاره کردند که گروه‌های دارایی باید ۱- از یکدیگر متمایز (منحصر به فرد) باشند ۲- کامل باشند و ۳- بازده‌های مختلف داشته باشند (W. Drobetz and F. Köhler, 2002, 2-5). دارایی‌هایی که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته‌اند، سه ویژگی فوق را دارا هستند و عبارتند از اوراق قرضه، سهام، سکه طلا و دلار آمریکا. اطلاعات مربوط به نرخ بازده اوراق مشارکت از سایت بانک مرکزی ایران، شاخص کل قیمت سهام از سایت بورس و اوراق بهادار تهران، قیمت سکه و دلار نیز از آرشیو روزنامه خراسان گردآوری شده است. این سری‌های زمانی مربوط به بازه‌های زمانی ۱ دی ۱۳۷۸ تا ۱ تیر ۱۳۹۲ است.

۳-۱- رویکرد تخصیص دارایی

در این پژوهش جهت توزیع سرمایه در بین گروه‌های دارایی، اطلاعات مورد نیاز (سری‌های زمانی مربوط به شاخص کل قیمت سهام، نرخ بازده اوراق مشارکت، قیمت سکه طلا (طرح قدیم) و قیمت دلار در بازار آزاد) جمع‌آوری شده‌است سپس به کمک مفاهیم و مدل‌های اقتصادسنجی، این سری‌های زمانی با هدف پیش‌بینی بازده و انحراف معیار و کواریانس‌های دوره‌های آتی مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند. در گام بعد مقادیر پیش‌بینی شده‌ی بازده‌ها و ماتریس‌های کواریانس-واریانس، در کنار سایر معیارهای کمّی و کیفی مورد نظر سرمایه‌گذار که از ادبیات موضوع به دست می‌آید، به کمک فرایند تحلیل شبکه‌ای مقایسه‌ی زوجی شده و با محاسبات ریاضی مربوط به این مدل، مسئله‌ی تصمیم‌گیری چندمعیاره‌ی تخصیص دارایی حل می‌شود. در نهایت به منظور اطمینان از کارایی و عملکرد بهتر سرمایه‌گذاری با این رویکرد، نتایج به دست آمده از رویکرد یکپارچه تخصیص دارایی با نتایج حاصل از مدل مارکویتز مقایسه می‌شود.

برخی از مفروضات مهم در خصوص مدلسازی و حل مسئله‌ی تخصیص دارایی مذکور به شرح زیر است: ۱- افق سرمایه‌گذاری سه‌ماهه است بنابراین سری زمانی هر یک از دارایی‌ها سه‌ماهه

گردآوری شده‌است ۲- پیش‌بینی‌های بازده و واریانس به صورت یک دوره‌ای صورت می‌گیرد ۳- امکان وام‌گیری برای سرمایه‌گذار وجود ندارد و وزن‌هایی که در نهایت برای این مسئله به دست می‌آید، بین صفر و یک خواهند بود ۴- اوراق قرضه و دلار، معاف از مالیات هستند و از طرف دیگر مالیاتی که بر سکه‌ی طلا تعلق می‌گیرد، در قیمت آن یک بار منظور گردیده است بنابراین به طور مجدد در ماتریس وزن‌دهی ANP منظور نمی‌گردد. بنابراین تنها سهام مشمول مالیات خواهد بود ۵- هزینه‌های معاملاتی سهام ۰.۲٪، سکه‌ی طلا به صورت تقریبی ۴٪ و اوراق مشارکت و دلار به صورت تقریبی ۰.۱٪ است ۶- تمامی گزینه‌های سرمایه‌گذاری، تا بی نهایت بار قابلیت تقسیم پذیری دارد ۷- در این مسئله‌ی تخصیص دارایی، سرمایه‌گذار حقیقی یا فردی به عنوان تصمیم‌گیرنده لحاظ شده‌است.

۳-۲- مدل‌های سری زمانی

در حال حاضر پیش‌بینی به کمک مفاهیم سری‌های زمانی یکی از مهمترین روش‌های پیش‌بینی است که در آن از مشاهدات گذشته یک متغیر به منظور توسعه مدل و پیش‌بینی متغیر در آینده استفاده می‌گردد. طی حدود ۸۰ سال که از تولد رسمی علم اقتصادسنجی می‌گذرد، شاهد گسترش بکارگیری روش‌های اقتصادسنجی در حوزه‌های مختلف علوم هستیم (J. Johnston and J. DiNardo, 2010). امروزه از اقتصادسنجی به عنوان یک ابزار اساسی در پژوهش‌های کاربردی در زمینه‌های مختلف اقتصادی، مالی و غیره استفاده می‌گردد و هر روز بر دامنه کاربرد آن افزوده می‌شود. مدل‌های سری زمانی به سادگی ساخته شده و در استفاده از آنها نیازی به اطلاعات قبلی در خصوص روابط علّی میان متغیرها وجود ندارد. همچنین، توضیح یا پیش‌بینی رفتار یک سری زمانی با استفاده از مدل‌های ساختاری غیرممکن یا دشوار است. ممکن است در برخی مواقع داده‌هایی در مورد متغیرهای توضیحی که بر متغیر مورد نظر تاثیر می‌گذارند، وجود نداشته باشد. در برخی موارد نیز، به هنگام برآورد مدل‌های ساختاری، خطاهای معیار آنقدر بزرگ هستند که اکثر ضرایب برآورد شده را به لحاظ آماری بی معنی کرده و در نتیجه خطای معیار پیش‌بینی را نیز افزایش می‌دهند. پس پیش‌بینی‌های حاصل غیرقابل اعتماد خواهند بود. مدل‌های رگرسیون حتی با ضرایب معنی دار همواره برای پیش‌بینی مفید نیستند. زیرا برای پیش‌بینی یک متغیر به روش رگرسیون، ابتدا می‌بایست متغیرهای توضیحی پیش‌بینی شوند که این امر در برخی موارد دشوارتر از پیش‌بینی خود متغیر مورد نظر هست و از طرف دیگر ممکن است خطای پیش‌بینی متغیرهای توضیحی آنقدر بزرگ باشد که خطای پیش‌بینی کل متغیر مورد نظر را به طور غیرقابل قبولی افزایش دهد(ح. ابریشمی، ۱۳۸۸، ۸۱-۱۶۵).

هدف از تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی، مطالعه ساختار پویای داده‌هاست. رویکرد اساسی در تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی بررسی الگوی حاکم بر گذشته یک متغیر و استفاده از اطلاعات مذکور برای پیش‌بینی رفتار آینده آن است. در تحلیل‌های سری زمانی فرض می‌شود عواملی که رفتار گذشته یک سری را تعیین می‌کنند در رفتار آتی آن نیز موثرند. در این مدل‌ها دیگر پیش‌بینی رفتار یک متغیر بر اساس یک رابطه علّی صورت نمی‌گیرد بلکه پیش‌بینی صرفا بر اساس رفتار همان متغیر در گذشته انجام می‌شود(ح. ابریشمی، ۱۳۸۸، ۸۱-۱۶۵). به طور کلی هدف از تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی، معمولا درک یا مدلسازی مکانیسم تصادفی مشاهدات سری زمانی و پیش‌بینی مقادیر آینده سری مبتنی بر رفتار گذشته آن است. در تجزیه و تحلیل یک سری زمانی اهداف دیگری نیز دنبال می‌شود که این اهداف را به صورت توصیف، تشریح، پیش‌بینی و کنترل رده‌بندی کنیم. در ادامه به مهمترین مفاهیم سری‌های زمانی اشاره می‌شود.

مانایی

اگر تابع توزیع یک سری زمانی مانند $X(t)$ از مرتبه‌ی nام نسبت به تغییر مبدا زمانی ناوردا باشد، آن گاه سری زمانی $X(t)$ را یک سری مانای قوی می‌نامیم.

$$F(x_1, x_2, \ldots x_n; t_1, t_2, \ldots t_n) = F(x_1, x_2, \ldots x_n; t_1 + S, t_2 + S, \ldots t_n + S) \qquad \text{رابطه ۲-۱}$$

تشخیص مانایی قوی یک سری زمانی به جز در توزیع نرمال کار دشواری است، بنابراین به جای در نظر گرفتن تابع توزیع مشترک n مرتبه‌ای، تابع توزیع یک یا دو مرتبه‌ای را لحاظ می‌کنیم. اگر تابع توزیع یک سری مانند $X(t)$ از مرتبه‌ی اول و یا دوم نسبت به تغییر مبدأ زمانی ناوردا باشد، داریم:

$$F(x;t) = F(x;t+S) \quad \forall t,S$$
$$F(x_1, x_2; t_1, t_2) = F(x_1, x_2; t_1 + S, t_2 + S) \quad \forall t_1, t_2, S \qquad \text{رابطه ۲-۲}$$

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت میانگین سری زمانی $X(t)$ در طول زمان ثابت و کوواریانس بین $X(t)$ و $X(t+S)$ تنها به فاصله‌ی زمانی یعنی S وابسته است(S. Tsay, 2010, 29-175).

فرایند نوفه‌ی سفید

فرآیند X(t)، زمانی نوفه‌ی سفید نامیده می‌شود که ترتیبی از متغیرهای تصادفی با توزیع یکسان و مستقل باشد که میانگین و واریانس سری زمانی در طول زمان ثابت و متناهی باشد .S) Tsay, 2010, 29-175). از این رو خواهیم داشت:

$$E(X_t) = \mu < \infty$$
$$Var(X_t) = \sigma^2 < \infty \qquad \text{رابطه ۲-۳}$$
$$Cov(X_t, X_S) = 0 \quad \forall t,S$$

مدل ARMA

در برخی موارد از کاربردهای تحلیل سری زمانی، مدل‌های خودهمبسته (AR) و میانگین متحرک (MA) سنگین و غیرکارا می‌شوند زیرا ممکن است به مدل با درجات بالا به همراه پارامترهای زیاد نیاز داشته باشد تا بتوانند ساختار پویای داده‌ها را به صورت کافی توصیف کنند. برای غلبه بر این مشکل، مدل‌های میانگین متحرک خودهمبسته (ARMA) توسط باکس، جنکینس و رینسل (۱۹۹۴) معرفی شدند. در ابتدا مدل ARMA مفاهیم مدل‌های AR و MA را در یک شکل فشرده ترکیب کرده‌بود بنابراین تعداد پارامترهای مورد نیاز کوچک نگه داشته می‌شود و منجر به صرفه جویی در پارامتربندی می‌شود(S. Tsay, 2010, 29-175).

با ترکیب خودرگرسیو مرتبه p و میانگین متحرک مرتبه q، مدل ARMA(p,q) حاصل می شود. همانطور که انتظار می‌رود در این مدل ارزش جاری سری زمانی X_t به صورت خطی به ارزش-های گذشته‌ی خودش و ارزش‌های جاری و گذشته‌ی اجزاء اخلال، وابسته است. مدل‌ها خودرگرسیو میانگین متحرک را به صورت زیر می‌توان نمایش داد:

$$X_t = \mu + Q_1 x_{t-1} + Q_2 x_{t-2} + .. + Q_p x_{t-p} + \theta_1 U_{t-1} + ... + \theta_q U_{t-q} + U_t \qquad \text{رابطه ۲-۴}$$

که در آن؛ $\{u_t\}$ یک سری نوفه سفید است و p و q اعداد صحیح غیرمنفی هستند.

معیار اطلاعاتی

همیشه تشخیص مرتبه فرایندهای ARMA(p, q) به سادگی تشخیص مرتبه فرایند AR(p) و MA(q) نیست زیرا در داده‌های واقعی به ندرت می‌توان الگوهای ساده‌ای یافت که بتوان مراتب آنها

را به کمک توابع خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی تشخیص داد. بنابراین چندین معیار اطلاعاتی ارائه شده‌است که می‌توان به کمک آنها مرتبه فرایند ARMA(p, q) را تعیین نمود که از جمله این معیارهای اطلاعاتی می‌توان به معیار آکائیک، شوارتز و هنان کوئین اشاره نمود. تمام معیارهای اطلاعاتی مبتنی بر احتمال هستند. این معیارهای اطلاعاتی، با در نظر گرفتن مربعات خط و جریمه‌ی از دست دادن درجه‌ی آزادی، منجر به یافتن تعداد پارامترهای بهینه می‌گردند.

مدل GARCH

مدل ناهمسانی واریانس شرطی تعمیم یافته در سال ۱۹۸۶، توسط بولرسلیو به منظور رفع مشکل مدل ناهمسانی واریانس شرطی (ARCH) که برای توضیح کافی فرایند به پارامترهای زیادی نیاز داشت، ارائه گردید. طبق این مدل، واریانس شرطی نه تنها با خطاهای پیش‌بینی یا مقادیر شوک‌های گذشته بلکه با وقفه‌های خود نیز همبستگی نشان می‌دهد.

رابطه ۲-۵

$$r_t = \mu + a_t$$
$$a_t = \sigma_t \cdot \epsilon_t$$
$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{m} \alpha_i a_t^2 + \sum_{j=1}^{s} \beta_j \sigma_{t-j}^2$$

m و s به ترتیب مرتبه‌های فرایند GARCH هستند. r_t بازده دارایی و a_t جزء اخلال است. در این مدل فرض شده‌است که اجزای اخلال دارای توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس σ_t^2 هستند. همچنین این پارامترها همگی مثبت بوده‌اند و شرط $\sum_{i=1}^{\max(m,s)}(\alpha_i + \beta_i)$ برقرار است (S. Tsay, 2010, 29-175).

۳-۳- روش ANP

فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP)، یک تکنیک تصمیم‌گیری چندمعیاره‌ی مناسب برای اتخاذ تصمیم در مسئله‌ای با معیارهای کمّی و کیفی است و قادر است مسائلی را که دارای روابط وابستگی درونی و بیرونی و اثرگذاری درون خوشه‌ای (بازخور) و برون خوشه‌ای میان معیارها و گزینه‌ها می‌باشد، حل کند. ANP کاربرد بسیار گسترده‌ای در تصمیم‌گیری‌های مختلف مانند پیش‌بینی بحران‌های مالی، پیش‌بینی وضعیت اقتصاد کلان، مسئله برون سپاری فعالیت‌های تولیدی، جانمایی تجهیزات، انتخاب پروژه، انتخاب ماشین آلات و انتخاب تامین‌کننده دارد(س. هاشمی و ف. دهقانیان، ۱۳۹۰، ۶-۱۲). روش ANP در تحلیل مسائل پیچیده، شبکه‌ای از معیارها و عناصر را در نظر می‌گیرد سپس بر اساس الگوهای ریاضی مبتنی بر عملیات ماتریس‌ها، ارجحیت

و اهمیت هر عنصر در تحقق هدف، به وسیله مقایسه زوجی مشخص شده و با ترکیب و سنتز قضاوت‌ها، تحلیل نهایی مساله، حاصل و امکان پیش‌بینی نتایج بر اساس تغییر اولویت عناصر میسر می‌گردد. این تکنیک، ترکیب همزمان معیارهای کیفی با معیارهای کمّی را ممکن ساخته و به وسیله مقایسه‌های زوجی، به محقق این امکان را می‌دهد که فارغ از هر گونه نفوذ و مزاحمت عوامل خارجی، تمرکز خود را فقط بر مقایسه‌ی دو معیار یا دو گزینه معطوف نماید و بر اساس رهیافت نظری خود، ارجحیت یا اهمیت هر یک از دو عنصر را نسبت به یک معیار یا گزینه واحد مشخص نماید(ع. محمدی لرد، ۱۳۸۸، ۵۳-۱۴۵). فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) در سال ۱۹۹۶ توسط پروفسور ساعتی ابداع شده‌است. او پس از ارائه فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) به دنبال ساختن مدلی بود که از طریق آن بتوان مسائل پیچیده تصمیم‌گیری چندمعیاره را به صورت اجزای کوچکتر تجزیه نموده و به واسطه مقداردهی معقولانه به اجزای ساده‌تر و سپس ادغام این مقادیر، تصمیم‌گیری نهایی را انجام دهد. از آنجا که ابعاد مختلف مسئله‌ی تخصیص دارایی، دارای وابستگی‌های درونی و بیرونی و نیز اثرگذاری‌های درون خوشه‌ای هستند، بنابراین استفاده از ANP برای ارزیابی گروه‌های مختلف دارایی از منظرهای مهم و موثر بر سرمایه‌گذاری و تعیین وزن‌های بهینه برای هر یک از این گروه‌ها مناسب به نظر می‌رسد.

ساعتی بنیان تئوریک ANP را بر اساس ابزار قدرتمندی به نام ابرماتریس، برای سیستم‌هایی با وابستگی متقابل و بازخورد بنا نهاد. مفهوم ابرماتریس شبیه فرایند زنجیره مارکوف می‌باشد. ابرماتریس، قادر به محدود کردن ضرایب برای محاسبه تمامی اولویت‌ها، در نتیجه اثر تجمیعی (تجمعی) هر عنصر بر سایر عناصرِ در تعامل می‌باشد. ابرماتریس، ماتریس بخش‌بندی شده‌ای است که در آن هر زیرماتریس از مجموعه‌ای از روابط میان دو خوشه تشکیل می‌شود. ابرماتریس یک ماتریس عناصر در عناصر است. لذا برای هر عنصر، یک ماتریس تشکیل می‌شود که بردارهای حق تقدم که از مقایسه زوجی حاصل شده‌اند، در ستون مناسبی به عنوان زیرستون ظاهر می‌شوند.

جهت مدلسازی و اجرای تحلیل شبکه‌ای در یک مسئله تصمیم‌گیری انجام گام‌های زیر ضروری است(ع. محمدی لرد، ۱۳۸۸، ۵۳-۱۴۵): ۱- تعیین معیارهای موثر بر فرایند تصمیم‌گیری: لازم است محقق به کمک مدیران ارشد و یا کادر متخصص معیارهایی را که بر تصمیم نهایی موثرند، تعیین نماید. ۲- تشکیل شبکه: با تعیین معیارهای موثر بر تصمیم‌گیری، می‌توان این معیارها را در خوشه‌های مرتبط دسته‌بندی نمود. همچنین بایستی روابط اثرگذاری/اثرپذیری معیارها و خوشه‌ها را بر/از یکدیگر تعیین نماییم. این مرحله مهمترین قسمت یک تصمیم‌گیری تحلیل شبکه‌ای است. ۳- انجام مقایسه‌های زوجی و به دست آوردن بردار اولویت‌ها: مقایساتی که در این گام انجام می‌شود، بر اساس همان قالب تصمیم‌گیری ۹ واحدی ساعتی است. در این روش برای ارزش‌های

اهمیت یکسان، نسبتا مرجح، اهمیت شدید و اهمیت فوق العاده زیاد مقادیر عددی ۱ تا ۹ نسبت داده می‌شود. این مقایسات شامل مقایسه‌ی خوشه‌ها و عناصر خوشه‌ها است. مقایسه‌ی خوشه‌ها برای به دست آوردن اثرات متقابل خوشه‌ها یا اولویت آنها نسبت به هم انجام می‌پذیرد. در یک ماتریس مقایسه زوجی، ارزش طرف مقابل برعکس می‌باشد؛ یعنی $a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}$، در حالی که $a_{ij}(a_{ji})$ نشان دهنده اهمیت نسبی iامین (jامین) عنصر در مقایسه با jامین (iامین) عنصر است. پس از مقایسه زوجی خوشه‌ها، لازم است ماتریس مقایسه آنها نرمال شود. برای این کار اگر $A = [a_{ij}]$ ماتریس مقایسه زوجی خوشه‌ها باشد، آنگاه ماتریس نرمال شده به صورت رابطه ۲-۶ خواهد بود:

$$A = [\frac{a_{ij}}{\sum_j a_{ij}}]$$ رابطه ۲-۶

همچنین مقایسات زوجی در خصوص هر یک از عناصر داخل خوشه‌ها، بر حسب تاثیر آن بر روی هر عنصر در خوشه‌ی دیگر و یا عناصری در خوشه‌ی خودش انجام می‌گیرد. ۴- محاسبات ماتریس-های ویژه: در روش تحلیل شبکه‌ای مقایسات زوجی در قالب یک ماتریس صورت می‌گیرد و بردار اولویت محلی با تخمینی از اهمیت نسبی مرتبط با عناصر یا خوشه‌ها به دست می‌آید که به وسیله حل رابطه ۲-۷ حاصل می‌شود که در آن A ماتریس مقایسات زوجی، w بردار ویژه و l_{max} بزرگترین بردار مقدار A است:

رابطه ۲-۷

$$(A - l_{max} * I) * w = 0$$

برای محاسبه بردار ویژه ابتدا ماتریس مقایسات نرمال می‌شود و بعد از آن، مقدار میانگین هر سطر ماتریس به عنوان وزن معیار مورد نظر در بردار ویژه منظور می‌گردد.

$$\begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} a_{11}/\sum_{i=1}^{n} a_{i1} & \cdots & a_{1n}/\sum_{i=1}^{n} a_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1}/\sum_{i=1}^{n} a_{i1} & \cdots & a_{nn}/\sum_{i=1}^{n} a_{in} \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} \frac{\sum_{j=1}^{n}(a_{1j}/\sum_{1}^{n} a_{ij})}{n} \\ \frac{\sum_{j=1}^{n}(a_{2j}/\sum_{1}^{n} a_{ij})}{n} \\ \vdots \\ \frac{\sum_{j=1}^{n}(a_{nj}/\sum_{1}^{n} a_{ij})}{n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix}$$

رابطه ۲-۸

ابرماتریس ویژه ناموزون: با گردهم‌آیی بردارهای ویژه به دست آمده از مقایسات زوجی عناصر در یک ماتریس، ابرماتریس ویژه ناموزون n*n حاصل می‌شود. ابرماتریس ویژه شامل بلوک‌های افقی تمامی خوشه‌ها بر حسب ملاک‌ها یا معیارهای کنترلی یا غیرکنترلی است. در این ابرماتریس، هر ستون متشکل از اعضای چند خوشه می‌باشد که در هر یک عناصر خوشه نشان دهنده بردار ویژه مقایسات زوجی آن دسته، نسبت به ملاک کنترلی بالایی آن ستون می‌باشد.

ابرماتریس ویژه موزون: بعد از به دست آمدن ابرماتریس ویژه ناموزون، ممکن است بعضی از ستون‌ها به صورت ستون‌های احتمالی که جمع درایه‌های آنها برابر یک است، نباشد. در این مرحله، با ضرب مقادیر نرمال شده متناظر با هر خوشه (که از مقایسه جفتی خوشه‌ها و نرمال سازی آنها به دست آمده‌است) در مقادیر متناظر با زیرمعیارهای آن خوشه در ابرماتریس ناموزون و سپس نرمال سازی نهایی ستون‌ها، ابرماتریس ویژه موزون به دست می‌آید.

ابرماتریس محدود: به هنگام رسم شبکه‌ای از عناصر و خوشه‌ها برخی از تاثیرات به صورت مستقیم و مشهود و بسیاری از این تاثیرات پنهان، در شبکه‌ای از وابستگی‌ها وجود دارد که به خاطر عدم وجود ارتباط مستقیم رسم نمی‌گردند. بنابراین برای در نظر گرفتن اثرات غیرمستقیم، لازم است بر روی ماتریس ویژه موزون تغییراتی داد. زمانی که یک ارتباط مستقیم بین دو معیار به نسبت یک معیار کنترلی وجود دارد آنگاه این تاثیر مستقیما در ماتریس ویژه موزون ارائه می‌شود. ولی در حالتی که معیار a مستقیما b را تحت تاثیر قرار می‌دهد و b نیز به نوبه خود ملاک c را تحت تاثیر قرار می‌دهد، تاثیر a به c در ماتریس ویژه موزون موجود نیست. برای به دست آوردن یک چنین تاثیر غیرمستقیمی با واسطه‌گری یک معیار کافی است ماتریس ویژه موزون را به توان ۲ برسانیم و به همین ترتیب برای مراتب بالاتر ارتباطات غیرمستقیم، توان‌های بالاتری از ماتریس ویژه موزون لازم می‌باشد. مسلم است که هر چه ماتریس ویژه موزون را به توان بزرگتری برسانیم، اختلاف بین عناصر ستون‌ها کمتر می‌شود. در این قسمت تصمیم‌گیرنده است که تعیین می‌کند چه توانی کفایت می‌کند(ج. رزمی, م. صادق عمل نیک و م. هاشمی، ۱۳۸۷، ۱-۱۲). ۵- انتخاب یا وزن‌دهی بهینه بین گزینه‌های تصمیم: پس از آن که ابرماتریس محدود (W) بر اساس فرایند مارکوف به صورت رابطه ۲-۹ به دست آمد، پاسخ‌های بهینه برای مسئله تصمیم‌گیری بر اساس وزن‌های به دست آمده برای هر یک از گزینه‌های تصمیم حاصل می‌شود.

$$W = \lim_{k\to\infty} W^{2k+1}$$ رابطه ۲-۹

برای استفاده از تکنیک ANP و کاربرد آن در مسائل مختلف، می‌توان از نرم افزارهایی مانند Ecnet، Superdecision و یا برنامه‌های ریاضی مانند Excel، Maple و Mathematica استفاده نمود(C. Gencer and D. Gurpinar, 2007, 50)، ممکن است مدیران و سرمایه‌گذاران ترجیح دهند از روش‌های ساده‌تری برای تصمیم‌گیری‌های خود استفاده کنند بنابراین اگر برای استفاده از تکنیک ANP از نرم افزار کاربرپسندی مانند Superdecision که توسط خود ساعتی بسط و توسعه داده شده‌است، استفاده شود، کار به مراتب ساده‌تر می‌شود ضمن اینکه نتایج قابل قبولی را در تصمیم‌گیری‌ها ارائه می‌دهد. در این پژوهش از نرم افزار Superdecision برای حل مسئله‌ی تخصیص دارایی استفاده شده‌است.

۳-۴- معیارهای موثر بر مسئله تخصیص دارایی

پژوهش‌های گذشته‌ی مسئله‌ی تخصیص دارایی یا انتخاب پرتفو، بازده و ریسک را به عنوان دو معیار اساسی در نظر گرفته‌اند که تصمیم‌گیری سرمایه‌گذار را جهت می‌دهند. این در حالی است که می‌دانیم تمام ملاحظات و معیارهای موثر بر سرمایه‌گذاری فقط در چارچوب بازده و ریسک، لحاظ نمی‌گردند. سایر ملاحظات یا معیارها ممکن است اهمیتی یکسان و نه بیشتر بر تخصیص دارایی داشته باشند(P. Gupta, M. Kumar Mehlawat and A. Saxena, 2010, 1-22). با در نظر گرفتن این معیارها در مسئله‌ی تخصیص دارایی، حتی در صورت تشکیل پرتفوهایی که بازده و ریسک نسبتا پایین‌تری ارائه می‌دهند، میزان رضایت سرمایه‌گذار به دلیل منظور نمودن سایر معیارهای کیفی وی، بهینه نبودن پرتفوی تشکیل شده را جبران می‌سازد. در این بخش به معرفی و تشریح معیارهایی که با توجه به مطالعات پیشین، استخراج و در مدل سازی مسئله‌ی تخصیص دارایی از آنها استفاده شده‌است، می‌پردازیم.

معیارهای اقتصادی

در خوشه‌ای که برای ملاحظه معیارهای اقتصادی در مدل ANP در نظر گرفته شده‌است، معیارهای بازده، ریسک، نقدشوندگی، مالیات، هزینه‌های معاملاتی و وضعیت اقتصادی کشور حضور دارند.

وضعیت اقتصادی کشور: یکی از معیارهایی که از دید سرمایه‌گذار در مسئله‌ی تخصیص دارایی اهمیت پیدا می‌کند، وضعیت اقتصادی کشور است. سرمایه‌گذار با آگاهی از وقوع دوره‌ی بحران در اقتصاد کشور، اولویت‌های خود نسبت به انتخاب گروه‌های دارایی را به گونه‌ای متناسب با وضع مورد انتظار تعیین می‌کند که بی شک این اولویت‌بندی‌ها با دوره‌ای مانند توسعه یا اوج، تفاوت

خواهد داشت. نمی‌توان از اهمیت وضعیت اقتصادی و تاثیر آن بر مسئله‌ی تخصیص دارایی چشم-پوشی کرد زیرا چنانچه سرمایه‌گذار بتواند عوامل مربوط به وضعیت اقتصادی کشور را در سرمایه-گذاری خود منظور نماید، می‌تواند انتظار نتایج بهتری در سرمایه‌گذاری خود داشته باشد. بنابراین در جدول ۲-۱ شرایط اقتصادی کشور و اتفاقات و رویدادهای حاصل از آن در هر دوره زمانی به طور خلاصه بیان شده‌است.

جدول ۲- ۱- وضعیت اقتصادی کشور طی ۵ دوره گذشته

دوره زمانی	وضعیت اقتصادی کشور
۱۳۹۱/۰۱/۰۵ الی ۱۳۹۱/۰۴/۰۳	در این دوره، نقدینگی کشور در حدود ۴۰۰ میلیارد تومان بوده است که این امر با توجه به جدی نشدن تحریم‌ها و فروش نفت کشور، باعث ورود پول به چرخه‌ی صنعت می‌شد و باعث بهبود نسبی در بازار سرمایه می‌گردید و شاخص را تا مرز ۲۷۰۰۰ بالا برد. از طرف دیگر روند صعودی اونس طلا و گران شدن دلار، بازار سکه و طلا را گرمتر از پیش می‌نمود و سرمایه‌گذاران زیادی را به این بازار جذب نمود. رشد نقدینگی، گرانی کالاها و تورم ۲۶,۴ درصدی را به وجود آورده بود و سرمایه‌گذار را از نگهداری وجه نقد یا اوراق مشارکت تا حد زیادی برحذر می‌داشت. شاید بتوان یک پرتفوی مناسب سرمایه‌گذاری را در این دوره پرتفویی دانست که بیشترین سهم را به طلا و دلار تخصیص داده است و پس از آن به ترتیب سهام و اوراق مشارکت را با وزن‌هایی کمتر در سبد خود قرار می‌دهد.
۱۳۹۱/۰۴/۰۳ الی ۱۳۹۱/۰۷/۰۱	با شروع تابستان و تشدید تحریم‌های ایران و سخت شدن راه‌های نقل و انتقال وجه با خارج از کشور، زیان‌های انباشته شرکت‌ها بیشتر شده و صنعت تا حد زیادی به خاموشی می‌گراید و باعث کاهش شاخص بازار سرمایه تا مرز ۲۴۰۰۰ واحد می‌شود. از طرفی با رشد ۳۰ درصدی نقدینگی که کانال‌های مناسب سرمایه‌گذاری برای هدایت این مقدار رشد وجود ندارد، تورم را بیش از پیش افزایش می‌دهد. با این شرایط افزایش روند جهانی طلا و گرانی دلار، فرصت سرمایه‌گذاری خوبی را در طلا و دلار فراهم می‌آورد. بنابراین باز هم پرتفو با سهم بیشتر طلا و دلار و خرید محدود سهام شرکت‌های پتروشیمی و عرضه‌های اولیه و وزن کمتر به اوراق مشارکت می‌تواند گزینه‌ی مناسب سرمایه‌گذاری برای این دوره باشد.
۱۳۹۱/۰۷/۰۱ الی ۱۳۹۱/۱۰/۰۲	در ابتدای پاییز ۹۱، با تشدید بیش از پیش مبادلات با ایران و انتقال پول به کشور، تنها بخش-هایی که صادرات سهل الوصول‌تری دارند مثل شرکت‌های پتروشیمی و فلزات رشد خوبی می-کنند. کم کم خرید طلا جای خود را به خرید دلاری می‌دهد که در آستانه‌ی ۴۰۰۰ تومان است. بازار سرمایه‌ی کشور با پایان یافتن تابستان و گران شدن سهام شرکت‌هایی که صادراتشان همچنان ادامه دارد و یا از گرانی دلار بهره‌مند می‌شوند، رشد یافته است و شاخص به مرز ۳۵۰۰۰ واحد می‌رسد. باز هم نقدینگی بالا، تورم بالا را منجر می‌شود و هزینه‌ی نگهداری پول نقد و اوراق مشارکت بالا می‌رود. بنابراین پرتفوی متشکل از سهم بیشتر سهام و دلار و در مرحله‌ی بعد طلا و اوراق مشارکتِ کمتر، می‌تواند گزینه‌ای مناسب برای سرمایه‌گذاری باشد.

دوره زمانی	وضعیت اقتصادی کشور
۱۳۹۱/۱۰/۰۲ الی ۱۳۹۲/۰۱/۰۵	در زمستان ۹۱، روند طلا کاهش اونس را نشان می‌دهد، دلار تقریبا روند ثابت به خود گرفته است و بنابراین جذابیت طلا و دلار کم می‌شود. سهامی که رشد خود را از فصل پیش شروع کرده است، به گزینه‌ی جدی سرمایه‌گذاری تبدیل می‌شود. اما سردرگمی در بخش‌های مختلف، منجر به نگهداری بیشتر وجه نقد و اوراق مشارکت تا زمانی می‌شود که گزینه‌ی بهتر سرمایه‌گذاری مشخص شود. نقدینگی کشور به مرز ۴۶۰ میلیارد تومان رسیده و تورم زیاد شده است. شاید گزینه مناسب سرمایه‌گذاری سهم بیشتر در سهام و بعد نقد و اوراق مشارکت و در نهایت طلا و دلار باشد.
۱۳۹۲/۰۱/۰۵ الی ۱۳۹۲/۰۴/۰۱	طلا دیگر به طور مشهود روند نزولی دارد، دلار تقریبا ثابت شده است. سیاست‌های عرضه‌ی اولیه در بازار سرمایه به اوج خود رسیده است و منجر به رکوردزنی‌های پیاپی بازار سرمایه می‌شود. نقدینگی بالای کشور بیش از پیش به تورم دامن می‌زند و هزینه‌ی نگهداری دارایی‌های نقد را افزایش می‌دهد. افرادی که با بازار سرمایه کشور آشنایی ندارند، ناچار دارایی‌های خود را به اوراق مشارکت بدل نموده‌اند. طلا و دلار به آخرین گزینه‌ی سرمایه‌گذاری تبدیل شده‌است.

معیارهای فردی

در خوشه‌ی مربوط به معیارهای فردی، معیارهای اصلی مربوط به مشخصات سرمایه‌گذار در ابعاد جمعیت‌شناختی و فرهنگی-اجتماعی که ارتباطی با مسئله‌ی تخصیص دارایی یا سایر معیارهای موثر بر آن دارند، آورده شده‌است. معیارهای فردی عبارتند از سن، جنسیت سرمایه‌گذار، مرحله‌ی زندگی سرمایه‌گذار، شغل و تحصیلات او.

سن: به طور عمومی پذیرفته شده‌است که سرمایه‌گذاران جوان، در پیش‌بینی بازده‌های بالاتر و سرمایه‌گذاری‌های خود، ریسک بیشتری را تحمل می‌کنند. با افزایش سن، فرد پرتفوی مطلوب خود را به گونه‌ای متوازن می‌سازد که ایمن‌تر باشد و بنابراین ریسک‌پذیری وی کاهش می‌یابد. بنابراین سرمایه‌گذاران را می‌توان به دسته‌های زیر دسته‌بندی نمود: جوان (دارای سن ۲۰-۴۰ سال)، میانسال (۴۰ تا ۵۵ سال) و مسن (بالای ۵۵ سال).

جنسیت: سرمایه‌گذار را می‌توان بر اساس جنسیت به مرد و زن دسته‌بندی نمود زیرا در ادبیات مالی این مسئله پذیرفته شده‌است که زنان با روحیه‌ی محافظه‌کاری بیشتری نسبت به مردان سرمایه‌گذاری می‌کنند. آنها اغلب افق زمانی بلندمدت‌تری دارند و از استراتژی خرید و نگهداری بهره می‌برند.

مرحله‌ی زندگی: تحلیل مرحله‌ی زندگی سرمایه‌گذار در تخصیص دارایی، اهمیت زیادی می‌تواند داشته باشد زیرا مشخص می‌شود که سرمایه‌گذار به لحاظ مصرف، پس‌انداز و سرمایه‌گذاری در چه دوره‌ای از رفتار اقتصادی خود است. رفتار اقتصادی سرمایه‌گذار را می‌توان به

صورت زیر تفکیک نمود: مجرد، متاهل بدون وابستگی (بدون فرزند یا مسئولیت نگهداری از بزرگسال)، متاهل، مجرد با وابستگی (دارای مسئولیت نگهداری از بزرگسال) و بازنشسته.

حرفه یا شغل: افرادی که در زمینه‌هایی فعالیت شغلی دارند که با مباحث سرمایه‌گذاری از طرق مختلف آشنایی دارند، قاعدتا به دلیل آشنایی بیشتر با محیط سرمایه‌گذاری، دارایی‌های مختلف را بهتر از سایرین می‌شناسند و از ویژگی‌های ریسک و بازده دارایی با خبر و نسبت به وضعیت اقتصادی کشور آگاهی دارند. حرفه‌ی افراد را می‌توان در دسته‌های زیر تقسیم‌بندی نمود: حرفه‌ی مرتبط با محیط سرمایه‌گذاری، حرفه‌ی بی‌ارتباط با محیط سرمایه‌گذاری و سرمایه‌گذار بازار.

تحصیلات: آگاهی سرمایه‌گذار از موقعیت‌های مختلف سرمایه‌گذاری و توانایی اتخاذ یک تصمیم‌گیری آگاهانه مسئله اصلی در خصوص ارتباط تحصیلات با سرمایه‌گذاری است. افراد با تحصیلات بالاتر به احتمال زیاد از میان گزینه‌های مختلف سرمایه‌گذاری، تشخیص‌های بهتر و تصمیم‌های آگاهانه‌تری اتخاذ می‌نمایند. آنها خود را در معرض ریسک مشخص و محاسبه شده‌ای قرار می‌دهند. دسته‌بندی سرمایه‌گذاران از منظر تحصیلات به شکل زیر صورت می‌گیرد: زیر دیپلم، دیپلم تا لیسانس و فوق‌لیسانس به بالا.

معیارهای وضعیت مالی سرمایه‌گذار

معیارهای مالی موثر بر فرایند تخصیص دارایی در یک خوشه در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند. این معیارها عبارتند از پس‌انداز/ثروت اندوخته، تجربه سرمایه‌گذاری و گروه‌بندی درآمدی (وضعیت درآمد) او.

پس‌انداز/ثروت اندوخته: اندازه پس‌انداز یا وضعیت ثروت سرمایه‌گذار تاثیر زیادی بر رفتار وی در سرمایه‌گذاری‌هایش دارد. سرمایه‌گذار ثروتمند از عهده‌ی پذیرش ریسک‌های بالای سرمایه‌گذاری بر می‌آید. البته ارتباط بین ثروت سرمایه‌گذار و توقعات ریسک/بازده وی به این سادگی مشخص نمی‌شود زیرا این امکان هم وجود دارد که سرمایه‌گذار ثروتمند به دنبال ایمن ساختن و حفاظت از ثروت خود باشد و حاضر به پذیرش ریسک‌های بالا نباشد. بنابراین می‌توان سرمایه‌گذار را به گروه‌های ثروتمند (دارای پس‌انداز زیاد)، ثروت/پس‌انداز متوسط و ثروت/پس‌انداز کم تقسیم‌بندی نمود.

تجربه سرمایه‌گذاری: تجربه‌های گذشته در بازارهای سرمایه‌گذاری، بر انتظارات سرمایه‌گذار اثرات نسبی می‌گذارد. سرمایه‌گذاران باتجربه و خبره، توقعات و انتظارات معقول‌تری از سرمایه‌گذاری‌های خود دارند. این در حالی است که تازه‌واردان به بازارهای سرمایه‌گذاری، از آنجا که انتظارات زیادی از کسب بازده در بازار دارند، در نوسان‌ها و چرخش‌های بازار، زودتر کنترل خود

را در تصمیم‌گیری‌ها از دست می‌دهند. تجربه سرمایه‌گذاری در گذشته به دسته‌های زیر تقسیم‌بندی می‌شود: کمتر از یک سال، ۱ تا ۵ سال، ۶ تا ۱۰ سال و بالاتر از ۱۰ سال.

وضعیت درآمدی: می‌دانیم که پس‌انداز و مصرف فرد، به وضعیت درآمدی وی وابسته‌است. با افزایش درآمد و ثابت ماندن سایر شرایط، پس‌انداز به احتمال زیاد با نرخ بیشتری نسبت به مصرف افزایش می‌یابد. بنابراین افراد با گروه درآمدی متوسط یا بالای متوسط، به سرمایه‌گذاری در بازارها جذب می‌شوند و حتی مبلغ درآمد آنها، بر سرمایه‌گذاری آنها موثر است. سرمایه‌گذاران به گروه‌های درآمدی زیر تقسیم‌بندی می‌شوند: درآمد پایین یا زیر متوسط (درآمدی کمتر از مبلغ ۸۰۰ هزارتومان)، درآمد متوسط (درآمدی در حدود ۸۰۰ هزارتومان تا ۲ میلیون تومان) و درآمد بالای متوسط یا درآمد بالا (درآمدی بیشتر از ۲ میلیون تومان).

۳-۵- مشخصات سرمایه‌گذار

جهت آگاهی از وضعیت سرمایه‌گذار مورد نظر و مطلوبیت‌های وی، به بیان ویژگی‌های وی می‌پردازیم زیرا آگاهی از این ویژگی‌ها منجر به رتبه‌بندی‌های درست‌تر و منطقی‌تر در مدل ANP می‌شود.

مرد سرمایه‌گذار ۲۵ ساله‌ای را تصور کنید که متاهل (بدون وابستگی) بوده و دارای تحصیلات کارشناسی ارشد در رشته‌ی مرتبط با سرمایه‌گذاری در بازارهای کشور است؛ بنابراین شناخت نسبتا خوبی در خصوص بازارهای پول و سرمایه کشور دارد. همچنین وی به سبب تحصیلات خود، سرمایه‌گذاری در بازارهای کشور را از حدود ۳ سال پیش، به عنوان حرفه فرعی خود برگزیده‌است که این امر آگاهی وی از انواع دارایی‌های موجود را به مراتب بیشتر و تصمیم‌هایش را منطقی‌تر و آگاهانه‌تر می‌سازد. درآمد وی از شغل اصلی اش حدود ۱,۲ میلیون تومان است که وی را در دسته درآمدی متوسط قرار می‌دهد. وضعیت تاهل فرد با توجه به اینکه سرپرست خانواده محسوب می‌شود وی را از سرمایه‌گذاری‌های احساسی و ریسک‌پذیری‌های غیرعقلانی باز می‌دارد اما از طرف دیگر نگاه او به آینده، که افزایش هزینه‌های زندگی و از طرف دیگر بزرگتر شدن خانواده را احتمال می‌دهد، او را به پذیرش ریسک‌های بالای محاسبه شده و مشخص و به فراخور آن کسب بازده‌های بالا بر روی پس‌انداز متوسطی که تا به امروز جمع آوری نموده‌است، سوق می‌دهد. به طور کلی می‌توان سطح سرمایه‌گذار در ریسک‌گریزی را متوسط، با ضریب تقریبی ۲ دانست (Wik, et al., 2004, 33).

۴- نتایج پژوهش

۴-۱- پیش‌بینی‌ها

به منظور پیش‌بینی بازده، انحراف معیار و کواریانس دارایی‌ها، سری‌های زمانی مربوط به دارایی‌ها را به کمک مدل‌ها و مفاهیم سری زمانی تجزیه و تحلیل نموده تا مدل‌هایی را که این داده‌ها از آنها تبعیت می‌کنند، تعیین نموده و سپس بر مبنای این مدل‌ها به پیش‌بینی اطلاعات مورد نیاز خود بپردازیم. با توجه به بسته سیاستی-نظارتی شبکه بانکی کشور که سالانه اعلام می‌گردد، نیازی به پیش‌بینی نرخ بازده اوراق مشارکت وجود ندارد.

سری‌های زمانی شاخص قیمت سهام، قیمت سکه‌ی طلا و نیز قیمت دلار از تاریخ ۱ دی ۱۳۷۸ تا تاریخ ۱ تیر ۱۳۹۲ به صورت فصلی گردآوری شده، سپس به کمک نرم افزار متلب بازده‌های آنها محاسبه شده‌است. به منظور تخمین و تعیین مدل‌هایی که هر یک از این سری‌های زمانی از آن تبعیت می‌کنند، به کمک کدنویسی متلب، مدل‌های ARMA و GARCH به صورت توأم مورد بررسی قرار گرفته‌اند که با استفاده از معیار اطلاعاتی آکائیک، بهترین مدل‌های توأمی که سری‌های زمانی مذکور را به خوبی برازش می‌کنند، به دست می‌آید. پس از تعیین مدل سری‌های زمانی، می‌توان بازده و ماتریس کواریانس-واریانس یک دوره بعد را پیش‌بینی نماییم. گام‌هایی لازم برای پیش‌بینی‌های مورد نیاز به شرح زیر است:

۱) آزمون مانایی داده‌ها: برای مطمئن شدن از مانا بودن سری‌های زمانی مذکور، آزمون ریشه واحد دیکی-فولر افزوده (۱۹۷۹) را در نرم افزار متلب مورد استفاده قرار می‌دهیم. این آزمون بررسی می‌کند که آیا یک سری زمانی دارای ریشه‌ی واحد هست یا خیر. سری‌های مربوط به سهام و طلا، در کلیه شکل‌های آزمون دیکی فولر و با سطوح اطمینان (۱٪، ۵٪ و ۱۰٪) تا لگ سوم و سری زمانی دلار تا لگ اول مانا بوده و ریشه‌ی واحد نداشته‌اند.

۲) مدلسازی معادله‌ی میانگین داده‌ها: ابتدا یک معادله‌ی میانگین به کمک مدل اقتصادسنجی ARMA، برای سری زمانی بازده‌ها تعیین می‌شود تا وابستگی‌های خطی موجود را خارج نماید که این مهم به کمک تابع garchset، garchfit و بر اساس معیار اطلاعاتی آکائیک، در قالب کدنویسی متلب محقق شده‌است. این مرحله شامل تخمین ضرایب بهینه‌ای برای مدل است که به بهترین شکل ممکن داده‌ها را برازش می‌کند. مشخصات معادله میانگین ARMA برای این سری‌های زمانی در جدول ۳-۱ دیده می‌شود.

۳) آزمون اثر ARCH: توان دوم باقیمانده‌های معادله‌ی میانگین، برای شناسایی ناهمسانی شرطی (اثرات ARCH) بایستی مورد بررسی قرار گیرند که این آزمون، به کمک تابع lbqtest در متلب انجام شده‌است. در صورتی که نتیجه این آزمون برابر یک باشد به معنی

پذیرش فرض مقابل، یعنی وجود اثر آرچ است که در این صورت بایستی از مدلسازی توام ARMA-GARCH استفاده شود. همانطور که در جدول ۳-۱ می‌بینیم در خصوص سری‌های زمانی مربوط به بازده سکه‌ی طلا و سری زمانی دوره‌ی پنجم دلار، اثر آرچ وجود دارد و برای سری زمانی‌های مربوط به بازده شاخص کل قیمت سهام و چهار سری زمانی دوره‌ی اول تا چهارم دلار، وجود اثر آرچ تایید نمی‌شود. بنابراین برای سری‌های زمانی بازده سکه‌ی طلا و دوره‌ی پنجم دلار از مدلسازی توام استفاده می‌شود و مدل سایر سری‌های زمانی، به همان صورت مورد تایید و استفاده قرار می‌گیرد.

جدول ۳- ۱- تعیین مدل میانگین برای تمامی سری‌های زمانی

نماد متغیر	مدل ARMA بهینه	مقدار معیار آکائیک	مقدار ثابت مدل	ضرایب قسمت AR	ضرایب قسمت MA	آزمون اثر آرچ
۱goldret	ARMA(2,3)	-117.1023	0.0782	[-1.1231 -0.5700]	[1.5874 1.3844 0.2982]	1
۲goldret	ARMA(5,2)	-116.4971	0.1259	[-1.2540 -0.4816 -0.0390 -0.0680 0.2055]	[1.5742 1.0000]	1
۳goldret	ARMA(2,2)	-116.1169	0.1481	[-1.3941 -0.5214]	[1.5555 1.0000]	1
۴goldret	ARMA(5,3)	-109.8206	0.0092	[-0.5307 0.4869 0.3776 0.1478 0.5184]	[0.8062 -0.2146 -0.7550]	1
۵goldret	ARMA(5,3)	-111.1055	0.0083	[-0.5844 0.4123 0.4450 0.2090 0.5181]	[0.7939 -0.2573 -0.7926]	1
۱equityret	ARMA(3,4)	-74.8911	0.0679	[0.4835 -0.3674 -0.2500]	[-0.2598 0.3896 0.2036 0.6296]	0
۲equityret	ARMA(1,4)	-77.4503	0.0289	0.4216	[-0.1749 0.0847 -0.0704 0.5286]	0
۳equityret	ARMA(1,4)	-80.1661	0.0303	0.4104	[-0.1665 0.0845 -0.0659 0.5236]	0
۴equityret	ARMA(1,4)	-74.6128	0.04	0.3694	[-0.1147 0.0836 -0.0636 0.5418]	0
۵equityret	ARMA(1,4)	-77.1689	0.0401	0.3507	[-0.1176 0.0851 -0.0596 0.5466]	0
۱dollarret	ARMA(4,5)	-194.6192	0.0135	[-0.0421 -0.1993 0.8937 0.3477]	[0.9490 1.3151 0.4654 0.3110 -0.4816]	0
۲dollarret	ARMA(3,4)	-184.7668	0.0612	[-1.6029 -0.7114 -0.0217]	[1.9921 1.9843 1.9921 1.0000]	0
۳dollarret	ARMA(4,4)	-184.0947	0.0325	[-1.6977 -0.2674 1.1037 0.6035]	[1.9542 1.4690 1.0754 0.5606]	0
۴dollarret	ARMA(3,5)	-182.1529	0.0082	[0.3102 0.3114 0.3784]	[-0.1888 0.3102 0.2130 -0.4287 0.7583]	0
۵dollarret	ARMA(3,5)	-184.8999	0.0086	[0.2049 0.2661 0.4501]	[-0.1025 0.3483 0.2517 -0.4044 0.7219]	1

۴) در صورتی که اثر آرچ به صورت آماری، معنادار و وجود داشته باشد، یک مدل نوسان تعیین می‌کنیم که این مدل از طریق فرایند GARCH تخمین زده می‌شود. برای انجام این کار معادله میانگین و نوسان را به صورت توأم تخمین خواهیم زد و معیار اطلاعاتی آکائیک بهترین مدل تخمینی توأم را مشخص می‌سازد. این مرحله به کمک کدنویسی متلب و با استفاده از توابع garchset و garchfit انجام شده‌است. برای سری‌های زمانی بازده سکه‌ی طلا و سری زمانی دوره‌ی پنجم بازده دلار مدل ARMA-GARCH بهینه را به کمک کدنویسی در متلب تخمین زده‌ایم (جدول ۳-۲). سپس با استفاده از مدلسازی‌های مربوط

به هر یک از سری‌های زمانی مذکور، پیش‌بینی‌های مربوط به بازده و انحراف معیار هر سری زمانی محاسبه شده است که در جدول ۳-۳ ارائه شده است.

جدول ۳- ۲- تعیین مدل میانگین و نوسان توأم برای سری‌های زمانی با اثر آرچ

نماد متغیر	مدل ARMA بهینه	مدل GARCH بهینه	مقدار معیار آکائیک	مقدار ثابت مدل	ضرایب قسمت AR	مقدار ثابت مدل	ضرایب قسمت MA	ضرایب قسمت GARCH	ضرایب قسمت ARCH
۱goldret	ARMA(3,3)	GARCH(1,2)	-124.4379	0.1230	[-1.3445 -0.9142 -0.2830]	0.0010	[1.8839 1.8040 0.6534]	0.1073	[0 0.8179]
۲goldret	ARMA(3,4)	GARCH(1,2)	-121.1995	0.1500	[-1.4928 -1.1662 -0.4070]	0.0009	[2.0500 2.2711 1.1492 0.2536]	0.1398	[0 0.8602]
۳goldret	ARMA(4,4)	GARCH(1,2)	-120.8131	0.0761	[-0.1222 -0.0310 -0.6271 -0.5728]	0.0009	[0.3753 0.1910 0.3753 1.0000]	0.0977	[0 0.8582]
۴goldret	ARMA(3,3)	GARCH(1,2)	-122.2122	0.1400	[-1.3336 -0.9096 -0.3072]	0.0009	[1.8527 1.7699 0.6294]	0.1555	[0 0.8445]
۵goldret	ARMA(3,3)	GARCH(1,2)	-122.462	0.1420	[-1.3372 -0.9185 -0.3110]	0.0009	[1.8497 1.7670 0.6276]	0.1577	[0 0.8423]
۵dollarret	ARMA(4,3)	GARCH(3,2)	-254.1921	0.0008	[0.6550 0.0147 -0.8071 0.5608]	0.0000	[-0.5537 0.5868 0.4231]	[3.6040e-022 0 0]	[0.1301 0.8699]

۵) پیش‌بینی کواریانس‌های بین بازده‌ها، به کمک تابع covar در نرم افزار اکسل و بر اساس سری‌های زمانی بازده دارایی‌ها محاسبه شده‌است. برای محاسبه کواریانس‌ها، مقادیر پیش‌بینی بازده‌ها که از گام قبلی به دست آمد، در دوره‌ی زمانی مربوط، در سری زمانی مرتبط قرار گرفته‌است.

جدول ۳- ۳- مقادیر پیش‌بینی شده بازده و انحراف معیار دارایی‌ها طی پنج دوره

تاریخ دوره	مقادیر پیش‌بینی شده سری زمانی بازده قیمت سکه‌ی طلا		مقادیر پیش‌بینی شده سری بازده شاخص کل قیمت سهام		مقادیر پیش‌بینی شده سری زمانی بازده قیمت دلار		اوراق مشارکت
	بازده	انحراف معیار	بازده	انحراف معیار	بازده	انحراف معیار	بازده علی‌الحساب
1391/04/03	0.0755	0.073	0.1178	0.0954	0.2556	0.0459	۰,۰۵
1391/07/01	0.0216	0.16	0.0011	0.0971	0.1385	0.0366	۰,۰۵
1391/10/02	-0.0147	0.0775	0.0004	0.1044	0.0246	0.0452	۰,۰۵
1392/01/05	0.2418	0.3049	0.1131	0.1034	0.1439	0.0357	۰,۰۵
1392/04/01	-0.1559	0.1749	0.0661	0.1048	0.0892	0.2563	۰,۰۵

۴-۲- مدل ANP

همانطور که در شرح معیارهای موثر بر فرایند تخصیص دارایی گذشت، خوشه‌های اصلی مدل فرایند تحلیل شبکه‌ای شامل خوشه‌ی دارایی‌ها، خوشه‌ی معیارهای اقتصادی، خوشه‌ی معیارهای مالی و خوشه‌ی معیارهای فردی است. عناصری که در ذیل هر یک از این خوشه‌ها وجود دارد نیز پیشتر مورد بررسی قرار گرفتند. پس از برقراری رابطه اثرگذاری‌ها و اثرپذیری‌ها، مقایسات زوجی در بین خوشه‌ها و عناصر خوشه‌ها صورت گرفته است. مقادیر پیش‌بینی شده‌ی بازده و ماتریس‌های کواریانس-واریانس نیز در این مقایسات منظور گردیده‌اند. برای نمونه در این قسمت به ماتریس مقایسه‌ی زوجی خوشه‌ها، جهت آگاهی از چگونگی تعیین ترجیحات سرمایه‌گذار با توجه به وضعیت و شرایط وی اشاره می‌شود و نحوه اولویت‌بندی‌ها در جدول ۳-۴ تشریح می‌گردد. مشاهده می‌شود که سرمایه‌گذار اثر معیارهای اقتصادی نسبت به اثر مشخصه‌های فردی را کاملا اثرگذارتر (مقدار ۹) قائل شده و از دید وی معیارهای اقتصادی نسبت به وضعیت مالی دارای اثری نسبتا قوی (مقدار ۴) بوده‌است. وی همچنین برای اثر وضعیت مالی نسبت به اثر مشخصه‌های فردی، اهمیت قوی (مقدار ۵) قائل شده‌است. بردار ویژه‌ی ترجیحات سرمایه‌گذار در ستون آخر این جدول نشان داده شده‌است. بردار ویژه‌ی اولویت‌ها بیان می‌کند که سرمایه‌گذار، در انتخاب دارایی‌ها ۷۰,۹٪ اهمیت را برای معیارهای اقتصادی که شامل عواملی از قبیل بازده، انحراف معیار، نقدشوندگی و ... است، حدود ۲۳٪ برای تاثیر وضعیت مالی شامل پس‌انداز، وضعیت درآمدی و تجربه‌های پیشین سرمایه‌گذاری و ۶٪ اهمیت را نیز برای مشخصه‌های فردی که شامل معیارهای سن، جنس، تحصیلات و دوره‌ی زندگی و ... است، قائل شده‌است.

جدول ۳- ۴- مقایسه اثرگذاری هر یک از خوشه‌های معیارها بر انتخاب دارایی‌ها (نرخ ناسازگاری ۰,۰۶۸۵)

	اقتصادی	وضعیت مالی	مشخصه‌های فردی	بردار ویژه اولویت‌ها
اقتصادی	1	4	9	0.709
وضعیت مالی	0.250	1	5	0.231
مشخصه‌های فردی	0.111	0.200	1	0.060

نتیجه‌ی تمامی مقایسات زوجی مدل ANP، به شکل بردارهای ویژه در ابرماتریس ویژه‌ی ناموزون درج می‌شود. سپس با انجام محاسبات ماتریسی بر روی ابرماتریس ویژه‌ی ناموزون، ابرماتریس ویژه موزون و سپس ابرماتریس محدود به دست می‌آید. این محاسبات برای هر یک از

پنج دوره‌ی مذکور انجام شده است و وزن‌های بهینه حاصل برای هر یک از دارایی‌ها در دوره‌های مذکور در جدول ۳-۵ گزارش شده‌است.

۳-۴- مدل مارکویتز

به منظور اطمینان از کارایی و عملکرد بهتر رویکرد یکپارچه‌ای که در این پژوهش ارائه شده است، وزن‌های بهینه‌ی حاصل از تخصیص دارایی مدل مارکویتز را محاسبه شده و با وزن‌های رویکرد پیشنهادی مقایسه شده است. مدل مارکویتز با داشتن بازده مورد انتظار، انحراف معیار و همبستگی بین دارایی‌های مختلف که مقادیر پیش‌بینی شده‌ی آنها پیشتر محاسبه شده است، مشخص می‌سازد که در هر یک از گروه‌های دارایی چه مقدار بایستی سرمایه‌گذاری شود. البته لازم به ذکر است که پیش از استفاده از مدل مارکویتز، فرض نرمال بودن بازده دارایی‌های طلا، دلار و سهام به عنوان دارایی‌های ریسکی بررسی و تایید شده‌است. مدل مارکویتز در رابطه ۳-۱ نشان داده شده‌است که در این رابطه α_i وزن دارایی iام در سبد دارایی بهینه، μ_i بازده دارایی iام، σ_i انحراف معیار بازده دارایی iام و n تعداد کل دارایی‌ها است.

$$\text{Max} \sum_{i=1}^{n} \alpha_i \cdot \mu_i$$

$$\text{s.t.} \qquad \text{Risk} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \alpha_i \alpha_j \sigma_i \sigma_j \rho_{ij}} = \hat{r} \qquad \text{رابطه ۳-۱}$$

$$\sum_{i=1}^{n} \alpha_i = 1$$

$$0 \ll \alpha_i \ll 1 \quad \forall i = 1, \dots, n$$

برای یافتن وزن‌های بهینه‌ی تخصیص دارایی از حل‌کننده‌ی اکسل (Solver) که یک بهینه ساز کاربرپسند و البته بسیار قوی است(بودی, کین و مارکوس، ۱۳۹۱، ۳۷۱-۴۶۳)، استفاده شده‌است. در این روش بهینه‌یابی، به دنبال یافتن وزن‌های بهینه سبد سرمایه‌گذاری ریسکی بهینه‌ای هستیم که بر مرز کارا مماس می‌شود. برای این کار در این حل‌کننده، نسبت شارپ به عنوان تابع هدفی که بیشینه می‌شود، در نظر گرفته شده‌است و سایر محدودیت‌های مدل مارکویتز به قوت خود باقی هستند. وزن‌های بهینه‌ی هر دارایی که بر مبنای مدل مارکویتز و به کمک حل‌کننده‌ی اکسل برای هر دوره به دست آمده، در جدول ۳-۵ ارائه شده‌است.

جدول ۳- ۵- وزن‌های به دست آمده از رویکرد ترکیبی و مدل مارکویتز

دوره	وزن‌های حاصل از رویکرد یکپارچه				وزن‌های حاصل از مدل مارکویتز			
	اوراق مشارکت	دلار	سهام	سکه طلا	اوراق مشارکت	دلار	سهام	سکه طلا
1391/04/03	0.2679	0.3710	0.1654	0.1956	0.0000	0.9078	0.0922	0.0000
1391/07/01	0.2029	0.4420	0.0781	0.2770	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
1391/10/02	0.2494	0.2646	0.3126	0.1734	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
1392/01/05	0.2132	0.2631	0.2551	0.2687	0.0000	0.9041	0.0893	0.0066
1392/04/01	0.2098	0.1578	0.5311	0.1014	0.0000	0.2893	0.7107	0.0000

۵- ارزیابی نتایج رویکرد پیشنهادی

به منظور ارزیابی وزن‌های بهینه‌ای که از رویکرد پیشنهادی این پژوهش به دست آمده‌است، با استفاده از رویکرد Back Testing بر اساس اطلاعات واقعی محقق شده، به مقایسه‌ی زوجی شاخص شارپ جهت ارزیابی نتایج این رویکرد و مدل مارکویتز می‌پردازیم. رویکرد Back Testing، به انجام معاملات بر مبنای داده‌های واقعی گذشته به منظور ارزیابی استراتژی معاملاتی ارائه شده، اطلاق می‌شود. در این روش از وزن‌های حاصل از هر مدل برای محاسبه‌ی بازده و انحراف معیار و شاخص شارپِ پرتفوی تشکیل شده، استفاده شده است (جدول ۴-۱). شارپ میانگین بازده‌های مازاد سبد سرمایه‌گذاری دوره‌ی مورد نظر را بر انحراف معیار بازده‌ها تقسیم می‌کند. این معیار، موازنه‌ی پاداش به نوسان‌پذیری سرمایه‌گذاری مورد نظر را اندازه‌گیری می‌نماید.

جدول ۴- ۱- بازده و انحراف معیار مخقق شده دو مدل

دوره‌های زمانی	نتایج مدل ANP بر اساس داده‌های محقق شده			نتایج مدل مارکویتز بر اساس داده‌های محقق شده		
	بازده	انحراف معیار	معیار شارپ	بازده	انحراف معیار	معیار شارپ
1391/04/03	-0.0131	0.0348	-1.8096	-0.0094	0.0534	-1.1111
1391/07/01	0.2231	0.0394	4.3950	0.2673	0.0604	3.5995
1391/10/02	0.2142	0.0417	3.9335	0.2504	0.0600	3.3406
1392/01/05	0.0720	0.0424	0.5189	0.0808	0.0569	0.5410
1392/04/01	0.1060	0.0618	0.9073	0.1418	0.0820	1.1199

برای ارزیابی کمّی و دقیق‌تر نتایج، از آزمون فرض مقایسه‌ی زوجی شاخص شارپ دو پرتفوی ANP و مارکویتز در پنج دوره‌ی متوالی استفاده می‌نماییم (در رابطه ۴-۱، D عبارتست از اختلاف شاخص شارپ پرتفوی رویکرد پیشنهادی و شاخص شارپ پرتفوی مارکویتز). هدف استفاده از این آزمون "بررسی فرضیه برتری عملکرد پرتفوی ANP نسبت به پرتفوی مارکویتز" است که در واقع

آنچه که به وسیله‌ی آزمون فرض مورد بررسی قرار می‌گیرد، عبارت است از "شاخص شارپ پرتفوی رویکرد پیشنهادی از شاخص شارپ پرتفوی مارکویتز بیشتر است".

$$\begin{cases} H_0: D \geq 0 \\ H_1: D < 0 \end{cases}$$ رابطه ۴-۱

مقایسه‌ی زوجی بر روی شاخص شارپ دو پرتفوی تشکیل شده طی ۵ دوره انجام شده است بنابراین آماره آزمون از توزیع تی با چهار درجه آزادی تبعیت می‌کند. برای آزمون مذکور ابتدا باید از شرط نرمال بودن توزیع احتمال شاخص‌های شارپ دو پرتفوی اطمینان حاصل شود که برای این کار از آماره جارک-برا (۱۹۸۷) استفاده شده است. این آماره به طور مجانبی به صورت متغیر تصادفی مربع کای با دو درجه آزادی توزیع شده است که جهت آزمون نرمال بودن یک سری به کار می‌رود. فرض H_0 یعنی فرض نرمال بودن سری مورد نظر در صورتی که مقدار P آماره‌ی JB کمتر از سطح اطمینان باشد، رد می‌شود. این آماره در رابطه‌ی ۴-۲ ارائه شده است که در آن S(r) و K(r) به ترتیب چولگی و کشیدگی متغیر مذکور و T تعداد مشاهدات است. مقدار P برای پرتفوی رویکرد پیشنهادی و پرتفوی مارکویتز ۰,۵۰ است که چون بیشتر از سطح اطمینان ۵ درصد است، بنابراین فرض نرمال بودن این مشاهدات پذیرفته می‌شود. لذا می‌توان آزمون مقایسه‌ی زوجی را در مورد شاخص‌های شارپ دو پرتفو به کار برد که محاسبات و اطلاعات در خصوص این آزمون در جدول ۴-۲ تشریح شده‌است.

$$JB = \frac{\hat{S}^2(r)}{6/T} + \frac{[\hat{K}(r) - 3]^2}{24/T}$$ رابطه ۴-۲

جدول ۴- ۲- آزمون مقایسه زوجی شاخص شارپ رویکرد ترکیبی و مدل مارکویتز

دوره (i)	شاخص شارپ حاصل از بهینه سازی مدل ANP (Xi)	شاخص شارپ حاصل از بهینه سازی مدل مارکویتز (Yi)	Di = Xi – Yi
1391/04/03	-1.8096	-1.1111	-0.6986
1391/07/01	4.3950	3.5995	0.7955
1391/10/02	3.9335	3.3406	0.5929
1392/01/05	0.5189	0.5410	-0.0220
1392/04/01	0.9073	1.1199	-0.2126
$t_0 = \frac{\bar{D}-0}{S_D/\sqrt{n}} = \frac{0.0910}{0.6076/\sqrt{5}} = 0.3350 \in [-4.604, +\infty) \rightarrow$ پذیرش فرض صفر			

برای اینکه در سطح اطمینان ۹۹,۵٪ بتوانیم شاخص شارپ حاصل از بهینه‌سازی مدل ANP را بیشتر از شاخص شارپ حاصل از بهینه‌سازی مدل مارکویتز بدانیم و نتیجه‌گیری نماییم که مدل ANP در تعیین وزن‌های بهینه بر مدل مارکویتز برتری دارد، باید مقدار آماره آزمون t_0 در ناحیه پذیرش فرض صفر که در جدول ۴-۲ مشاهده می‌شود، قرار بگیرد. با توجه به اینکه مقدار آماره‌ی آزمون در ناحیه پذیرش فرض صفر قرار می‌گیرد، این طور می‌شود اظهار داشت که دلیلی برای رد نمودن فرض H_0 در سطح اطمینان ۹۹,۵٪ درصد وجود ندارد. بنابراین شاخص شارپ پرتفوی رویکرد پیشنهادی به طور معناداری بزرگتر و یا مساوی شاخص شارپ مدل مارکویتز است.

۶- نتیجه‌گیری و بحث

این پژوهش به دنبال ارائه‌ی یک رویکرد یکپارچه در زمینه تخصیص دارایی است تا بتواند وزن-دهی بهینه سرمایه در بین گروه‌های دارایی را به منظور مدیریت ریسک سبد دارایی سرمایه‌گذار با در نظر گرفتن همزمان معیارهای کمّی و کیفی سرمایه‌گذار نهادی/فردی که در مدل‌های تخصیص دارایی پیشین وجود نداشته است، انجام بدهد. در ارزیابی شاخص شارپ دو پرتفوی رویکرد پیشنهادی و مدل مارکویتز به کمک مقایسه‌ی زوجی، به این نتیجه می‌رسیم که چنانچه سرمایه-گذاری بر اساس وزن‌های تخصیص دارایی که از رویکرد پیشنهادی این پژوهش به دست آمده است، انجام شود با سطح اطمینان ۹۹,۵٪ از نتیجه‌ی سرمایه‌گذاری بر اساس وزن‌های مدل مارکویتز بدتر نبوده و شاخص شارپ آن بیشتر یا مساوی شاخص شارپِ مدل مارکویتز خواهد بود.

رویکرد یکپارچه‌ی پیشنهادی علاوه بر شاخص شارپ بیشتر نسبت به مدل قدیمی مارکویتز، این امکان را برای سرمایه‌گذاران متعدد اعم از متخصص و غیرمتخصص فراهم می‌آورد که تخصیص دارایی را به گونه‌ای ساده، انعطاف پذیر و کاربرپسند انجام دهند. ویژگی کاربرپسندی و سادگی این رویکرد منجر به کاربرد وسیع‌تر آن در مسائل سرمایه‌گذاری چه در دنیای تئوری و چه در دنیای واقعی خواهد شد. از آنجا که تخصیص دارایی یک فرایند تصمیم‌گیری چندمعیاره است، همانطور که انتظار آن می‌رفت با ترکیب روش‌های اقتصادسنجی با مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره ANP، قدرت پاسخگویی به مسئله‌ی تخصیص دارایی افزایش می‌یابد و نتیجه‌ی بهتری را در تشکیل سبد دارایی رقم می‌زند.

فهرست منابع

* ابریشمی, حمید. *اقتصادسنجی کاربردی (رویکردهای نوین)*. تهران: موسسه انتشارات دانشگاه تهران, ۱۳۸۸.

* بودی, زوی, الکس کین, و آلان جی مارکوس. *مدیریت سرمایه گذاری (جلد اول)*. با ترجمه مجید شریعت پناهی, روح اله فرهادی و محمد ایمنی فر. تهران: انتشارات بورس, ۱۳۹۱.
* رزمی, جعفر, محسن صادق عمل نیک, و مهدی هاشمی. "انتخاب تامین کننده با استفاده از تکنیک فرایند تحلیل شبکه ای فازی." *نشریه دانشکده فین*, ۱۳۸۷: ۹۳۵-۹۴۶.
* محمدی‌لرد, عبدالمحمود. *فرایندهای تحلیل شبکه‌ای(ANP) و سلسله مراتبی (AHP)*. تهران: البرزفر دانش, ۱۳۸۸.
* هاشمی, سیدمحمدامیر, و فرزاد دهقانیان. "ارزیابی و انتخاب تامین کنندگان در محیط توسعه پایدار به کمک تکنیک فرایند تحلیل شبکه ای(ANP)." *کنفرانس بین المللی و ملی لجستیک و زنجیره تامین*. تهران: انجمن لجستیک ایران, ۱۳۹۰. ۳۵-۵۱.
* Canner, Niko, N. Gregory Mankiw, and David N Well. "An Asset Allocation Puzzle." NATIONAL BUREAU OF ECONOMIC RESEARCH, 1994: ???
* Drobetz, Wolfgang, and Friederike Köhler. "The Contribution of Asset Allocation Policy to Portfolio Performance." Financial Markets And Portfolio Management, 2002: 219-233.
* Gencer, Cevriye, and Didem Gurpinar. "Analytic network process in supplier selection: A case study in an electronic firm." Applied Mathematical Modelling 31 (2007): 2475-2486.
* Gibson, Roger C. Asset Allocation Balancing Financial Risk. New York: McGraw-Hill, 2008.
* Gupta, Pankaj, Mukesh Kumar Mehlawat, and Anand Saxena. "A hybrid approach to asset allocation with simultaneous consideration of suitability and optimality." Information Sciences, 2010: 2264-2285.
* Lenoir, Gregory, and Nils S Tuchschmid. "Investment Time Horizon and Asset Allocation Models." Financial Markets and Portfolio Management 15 (2001): 76-93.
* Schneeweis, Thomas, Garry B Crowder, and Hossein Kazemi. The New Science of Asset Allocation_ Risk Management in a Multi-Asset World. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2010.
* Sedzro, Komlan, Arif Marouane, and Tov Assogbavi. "Analytical Hierarchy Process and Goal Programming Approach for Asset Allocation." Journal of Mathematical Finance, 2012: 96-104.
* Smith, Keith V. "Asset Allocation and Investment Horizon." Financial Services Review, 1998: 201-219.
* Tsay, Ruey S. Analysis of Financial Time Series. Chicago: A John Wiley & Sons, Inc., 2010.
* Wik, Mette, Tewodros Aragie Kebede, Olvar Bergland, and Stein T Holden. On the Measurement of Risk Aversion from Experimental Data. Discussion Paper, Department of Economics and Resource Management, 2004.