

## کاربرد پژوهش عملیاتی در بورس

سید کامران یگانگی<sup>۱</sup>، فاطمه انبارلو<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> استادیار، گروه مهندسی صنایع، واحد زنجان؛ دانشگاه آزاد اسلامی، زنجان، ایران (نویسنده مسئول)

<sup>۲</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مدیریت مالی، واحد زنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، زنجان، ایران

### چکیده

این مقاله، کاربرد تکنیک های پژوهش عملیاتی در بازار بورس و اوراق بهادار را مورد مطالعه قرار می دهد. امروزه بورس اوراق بهادار یکی از ارکان تأمین منابع مالی در بازار سرمایه کشورها می باشد. فعالیت و سابقه این بازار در ایران به ۵۵ سال قبل باز می گردد. در یک تقسیم بندی ابتدایی و ساده اقتصادی، میتوان مردم را به دو دسته تقسیم کرد. دسته اول کسانی هستند که پول و سرمایه و پس انداز دارند، اما نمی توانند فعالیت اقتصادی انجام دهند. دسته دوم نیز افرادی هستند که توانایی انجام کار اقتصادی دارند، اما به سرمایه برای انجام آن نیازمندند. بورس، بازاری است که نیاز به یادگیری دارد و شما نیز برای فعالیت در بورس فقط به اینترنت و حداقل سرمایه نیاز دارید. برای موفقیت در بازار بورس لازم است بتوانیم این بازار را به کمک روش هایی تحلیل کنیم (یگانگی، کریمیان، ۱۴۰۰). با توجه به اهمیت موضوع، امروزه رابطه دوسویه بین مفاهیم مالی و سرمایه گذاری با تکنیک های پژوهش عملیاتی وجود دارد؛ یعنی همانطور که تکنیک های مختلف پژوهش عملیاتی برای مسائل مالی بکار گرفته شده اند، نظریه های مالی نیز نیازمند توسعه و بهبود تکنیک های پژوهش عملیاتی بوده هستند. تکنیک های مختلف پژوهش عملیاتی مانند برنامه ریزی خطی، الگوی مارکوفیتز و LPP سیمپلکس و سایر مدل ها همگی برای رسیدگی به بخش زیادی از چالش های بازار سهام استفاده شده اند. از این رو مقاله حاضر به صورت مروری و به طور خلاصه به برخی از کاربرد تکنیک های پژوهش های عملیاتی در بازار بورس و اوراق بهادار می پردازد.

**واژه های کلیدی:** پژوهش عملیاتی، بازار بورس، سرمایه گذاری

<sup>۱</sup>markowitz model

<sup>۲</sup> linear programming pattern

## ۱-مقدمه

امروزه با توجه به افزایش سطح سواد جامعه و آگاهی مردم از روشهای سرمایه‌گذاری به‌ویژه در بورس بیش از گذشته نمایان می‌باشد. از طرفی اهمیت و فواید بازار بورس نیز بر همگان روشن می‌باشد. اگر بتوان سرمایه‌های خرد افراد را به‌طور صحیح به سمت بازار سرمایه هدایت کرد، می‌تواند سرمنشأ رونق اقتصادی باشد. (یگانگی، خلیلی، ۱۴۰۰). بازار سرمایه از زیرساخت‌های مهم نظام‌های اقتصادی کنونی در تجهیز منابع و تخصیص بهینه آن از طریق تأمین مالی واحدهای فعال در اقتصاد به شمار می‌رود. این در حالی است که اقتصاد ایران بانک پایه بوده، بطوری که بانک‌ها وظیفه عمده تأمین مالی بنگاه‌های اقتصادی را علی‌رغم عدم تعادل در منابع و مصارف بر عهده دارند. از این رو طراحی ابزارها و نهادهای مالی نوین تأمین مالی و سرمایه‌گذاری به منظور تأمین علایق مختلف بازیگران بازار سرمایه و در نتیجه ارتقا نقش‌آفرینی این بازار در توسعه اقتصادی، بیش از پیش مورد توجه سیاست‌گذاران قرار گرفته است. در این راستا راه اندازی صندوق‌های سرمایه‌گذاری به عنوان نمونه‌ای موفق از اقدامات توسعه‌ای توانسته است حجم قابل توجهی از نقدینگی را جذب و با ارائه مزایای متعدد از جمله تنوع بخشی به سرمایه‌گذاری‌ها و افزایش نقدشوندگی نقشی موثر را در جهت رشد بازار سرمایه بردارد. در بازار سرمایه نوسانات سرمایه موجب ورود و خروج انبوهی از سرمایه می‌گردد. تحمل این حرکت سرمایه حتی در اقتصادهای توسعه یافته که در آنها روابط ساختاری به نسبت منظمی برقرار است دشوار بنظر می‌رسد.

در کشورهای درحال توسعه، ضربه‌های وارد شده بر اقتصاد به دلیل ضربه‌های بازار بورس، در مقایسه با کشورهای توسعه یافته عمق بیشتری دارد. زیرا نگرانی از افت ارزش سرمایه با نگرورزی‌های ناشی از بی‌ثباتی‌های مشهود در اقتصاد همراه می‌شود. تغییر بازده ریسک سرمایه‌گذاری ناشی از نوسانات متغیرهای کلان اقتصادی، می‌تواند گزینه‌های سرمایه‌گذاری را تحت تاثیر قرار دهد. با گسترش فناوری و دسترسی راحت و سریع به اطلاعات از طریق رایانه‌ها و شبکه‌های انتقال اطلاعات، موضوع استفاده از اطلاعات در تصمیم‌گیری، ابعاد تازه‌ای به خود گرفته است. از یک طرف، شرکت‌ها و افراد به شیوه‌های راحت‌تر به تبادل اطلاعات می‌پردازند و از طرف دیگر دست اندرکاران بازار سرمایه سریع‌تر به نیازهای اطلاعاتی افراد پاسخ می‌دهند. در این میان، نقش محققین و جامعه دانشگاهی در پیشرفته هرچه بهتر و بیشتر امور، غیرقابل انکار است. آنها تلاش میکنند تا با مشاهده پدیده‌های بازار و ارائه نظرها و پیشنهادهای خود به پویایی و بهینه‌سازی بازار کمک کنند و با به کارگیری تکنیکهای سایر علوم، کمک دوچندانی در کیفیت نتایج و تصمیمات مالی نمایند (نمازی و ناظمی، ۱۳۸۴). یکی از علومی که توانسته در این حوزه و همچنین سایر علوم نقش مهمی ایفا کند، علم پژوهش عملیاتی است که با علم تصمیم در ارتباط است. علم مدیریت را میتوان به عنوان شاخه‌ای از حوزه مدیریت قلمداد کرد که رویه عقلانی، منطقی، سیستماتیک و علمی را در تحلیل فرآیند مدیریت و مسائل مدیریتی بکار می‌گیرد.

## ۲-مطالعه ادبیات

## ۱-۲-پژوهش عملیاتی

پژوهش عملیاتی علم مدیریت با علم تصمیم و کاربرد آن در ارتباط است. علم مدیریت را می‌توان به عنوان شاخه‌ای از حوزه مدیریت قلمداد کرد که رویه عقلایی، منطقی، سیستماتیک را در تحلیل فرایند مدیریت مسائل مدیریتی به کار می‌گیرد. پژوهش عملیاتی را میتوان «مجموعه‌ای از مدل‌ها و تکنیک‌های کمی که از طریق روش‌های علمی، مدیران را در تصمیم‌گیری یاری می‌دهد» تعریف کرد.

پژوهش عملیاتی را میتوان چارچوبی نظام یافته دانست که روی کاربرد فناوری اطلاعات برای تصمیم‌گیری متمرکز است. به دیگر سخن پژوهش عملیاتی علم اختصاص بهینه منابع است. هدف پژوهش عملیاتی فراهم آوردن مبانی منطقی برای تصمیم‌گیری از راه جستجو برای فهم و پی‌ریزی شرایط پیچیده و استفاده از این فهم برای پیش‌بینی رفتار سیستم و بهبود عملکرد سیستم است. بیشتر کار واقعی با استفاده از تکنیک‌های عددی و تحلیلی، برای ساخت و حل مدل‌های ریاضی سیستم‌های سازمانی مرکب از انسان، ماشین‌ها و راهکارها، انجام می‌پذیرد. پژوهش عملیاتی، شاخه‌ای از ریاضیات کاربردی و علم اداری

است که با رشته های مختلف علمی ارتباط دارد و از روش هایی مانند مدل سازی ریاضی، آمار و الگوریتم ها برای یافتن راه حلی بهینه یا نزدیک به بهینه برای مسائل پیچیده استفاده می کند. از نقطه نظر علمی، پژوهش عملیاتی را میتوان هنر بهینه سازی، یعنی هنر یافتن کمینه یا بیشینه توابع هدف تعریف نمود تا حدودی که میتوان آن را هنر تعریف توابع هدف دانست. نمونه توابع هدف سود، عملکرد خط تولید، محصول میوه، پهنای باند، زبان، زمان انتظار در صف و ریسک می باشد. از نقطه نظر سازمانی، پژوهش عملیاتی به مدیریت کمک میکند تا با استفاده از فرآیند علمی به اهدافش برسد. واژگان پژوهش عملیاتی و علم مدیریت، اغلب به یک معنا بکار میروند. اگر دنبال تمایز این دو باشیم، علم مدیریت رابطه نزدیکتری با مدیریت بازرگانی دارد درحالیکه پژوهش عملیاتی ارتباط نزدیکتری با مهندسی صنایع دارد. مهندسی صنایع، بیشتر از یک نقطه نظر مهندسی بهره میگیرد و مهندسان صنایع اغلب، تکنیک های پژوهش عملیاتی را به عنوان بخش عمده ای از مجموعه ابزارهای خود در نظر میگیرند. برخی ابزارهای عمده بکار گرفته شده در پژوهش عملیاتی شامل آمار، بهینه سازی، تئوری احتمال، تئوری صف، تئوری بازی، تئوری گراف، تحلیل های تصمیم و شبیه سازی می باشند. (خواجهمهر و دیگران، ۱۳۹۸) <sup>۳</sup>

با توجه به اهمیت تکنیک های پژوهش عملیاتی در سایر علوم، در حوزه مدیریت مالی و سرمایه گذاری، حداقل دو تن از برندگان جایزه نوبل به کاربرد این تکنیک ها در این حوزه پرداختند. اثر مارکوویتز (m) در مورد ماتریس های اسپارس و ابداع زبان شبیه سازی رایانه ای مورد قدردانی قرار گرفت؛ درحالیکه او و شارپ ، الگوریتم های کامپیوتری را برای حل مسائل مربوط به پرتفوی معرفی کرده بودند. برنامه ریزی های ریاضیاتی از روش های خطی درجه دوم ، غیرخطی، عدد صحیح، آرمانی، قیدهای تصادفی، جزء به جزء، تحلیل پوششی داده ها و پویا را بکار گرفته اند. برنامه ریزی ریاضیاتی برای حل طیف قابل توجهی از مسائل بازارهای مالی از قبیل تشکیل پرتفوی سهام، اوراق قرضه، وام و ارز، پوشش ریسک، ایمن سازی ، حقوق صاحبان سهام و ردیابی شاخص اوراق قرضه، تخمین ضمنی احتمالات بی تفاوتی به ریسک برای اختیار معاملات، فراهم کردن فهرستی از کوپن ها برای مناقصه یا مزایده اوراق قرضه شهرداری ، شناسایی اوراق قرضه زیر قیمت، تعیین نسبت بدهی به حقوق صاحبان سهام شرکت، تصمیم گیری برای تأمین مالی اوراق قرضه ی پرداخت نشده، تخمین هزینه ی سرمایه، تعیین حداقل حاشیه اوراق اختیار معامله ای مورد نیاز، تشکیل اوراق بهادار با پشتوانه رهنی و تعهدات رهنی وثیقه گذاری شده قابل تبدیل، ایجاد یک استراتژی تجاری برای اجرای معاملات بلوکی ، طراحی اجاره اهرمی ، محاسبه حداکثر زیان سهامداران، <sup>۱</sup> یافتن بانک های ورشکسته و درک نیروهایی که منجر به نوآوری مالی میشوند استفاده شده است. علاوه بر نقش سنتی پژوهش

<sup>۲</sup>Khajefard<sup>۴</sup>Sparse Matrix<sup>۵</sup>SIMSCRIPT<sup>۶</sup>Sharpe<sup>۷</sup>Quadratic<sup>۸</sup>Immunization<sup>۹</sup>Risk neutral probabilities<sup>۱۰</sup>Municipal bond bids<sup>۱۱</sup>Block trade<sup>۱۲</sup>Leveraged leases

عملیاتی در بهبود کیفیت تصمیم گیری، این علم میتواند در درک نیروهای اقتصادی شکل دهنده بخش مالی کمک کند. نوآوری مالی ممکن است زمانی رخ دهد که یک تغییر برونزا در محدودیتها و یا هزینه های مواجه شدن با محدودیت های موجود، ایجاد شده باشد. با استفاده از مدل برنامه ریزی خطی یک بانک، بن هوریم و سیلبر (۱۹۹۷) داده های<sup>۴</sup> سالانه را<sup>۵</sup> برای محاسبه تغییر در قیمت های سایه محدودیت های مختلف بکار بردند. آنها پیشنهاد کردند که افزایش در قیمت سایه محدودیت سپرده ها منجر به نوآوری مالی در گواهی سپرده قابل تبدیل میشود. تئوری قیمت گذاری آربیتراژ<sup>۶</sup> که میتواند کلیتی از مدل قیمت گذاری دارایی های سرمایه ای معرفی شود، به دنبال شناسایی عوامل مؤثر بر بازده دارایی است. بیشتر آزمون های تئوری قیمت گذاری آربیتراژ از تحلیل های عاملی استفاده میکند و در تعیین تعداد و تعریف عواملی مؤثر بر بازده دارایی و دچار مشکل می باشد. برای غلبه بر این مشکلات احمدی (۱۹۹۳) شبکه عصبی برای آزمون تئوری قیمت گذاری آربیتراژ، پیشنهاد داده است و دارای مزیت فاقد توزیع نتایج به دست آمده میباشد. (کاوینی و فخرحسینی، ۱۳۹۷)<sup>۹</sup>

## ۲-۲- بورس اوراق بهادار

بازار سرمایه نقش مهمی در توسعه یک کشور دارد. بازار سرمایه جایی است که تمام اطلاعات مربوطه به طور همزمان در دسترس همه شرکت کنندگان است و قیمت ها بلافاصله به اطلاعات موجود پاسخ میدهند. معاملات سهام یکی از ضروری ترین فعالیت ها در بخش مالی است. اقدام برای پیش بینی ارزش آتی یک سهام یا سایر ابزارهای مالی معامله شده در بورس به عنوان پیش بینی بازار سهام شناخته میشود (ردی، ۲۰۱۸)<sup>۱۰</sup>

بورس اوراق بهادار مهمترین جایگاه تخصیص منابع مالی به فعالیت های اقتصادی است. از این رو، توسعه سازوکارهای مناسب برای مدیریت بهینه سرمایه گذاری در این بازار از اهمیت ویژه ای برخوردار است. سرمایه گذاری در بازارهای مالی در غالب پورتنفوی یا سبد دارایی ها صورت میگیرد. در حقیقت، پورتنفوی یا مجموعه از دارایی های مالی مثل سهام، اوراق قرضه و پول نقد است که توسط سرمایه گذار نگهداری میشود. ترکیب پورتنفوی بیانگر چگونگی تخصیص سرمایه به هر از یک دارایی های مالی است. از این رو، بهینه سازی پورتنفوی یکی از مسائل اساسی در مدیریت مالی به شمار میرود. مدل های فعلی معمولاً پورتنفوی بهینه را انتخاب کرده، آن را تا پایان دوره سرمایه گذاری رها میکنند. اما موقعیت های اقتصادی همواره در حال دگرگونی است و اصلاح ترکیب پورتنفوی به موازات تغییر وضعیت بازار ضروری به نظر میرسد. در عمل نیز بیشتر سرمایه گذاران، همگام با تغییر شرایط بازار در ترکیب پورتنفوی خود بازنگری می نمایند. از این رو، مدلی مورد نیاز

<sup>۱</sup>Exogenous change

<sup>۲</sup>Benhouriem

<sup>۳</sup>Silber

<sup>۴</sup>Shadow prices

<sup>۵</sup>Arbitrage

<sup>۶</sup>CAMP

<sup>۷</sup>Kaviani

<sup>۸</sup>Fakhrhoseini

<sup>۹</sup>Reddy

است که بتواند پرتفوی را با اطلاعات تازه بدست آمده از بازار هماهنگ کند. (خیامیم و دیگران، ۱۳۹۳) اهمیت تشکیل پرتفوی به چگونگی انتخاب ترکیب مناسبی از مجموعه سهام با توجه به نوع ریسک پذیری سرمایه گذاران و بازده مورد انتظارشان و عوامل دیگر ارتباط دارد. یک پرتفوی مناسب برای شرکت های سرمایه گذاری و سرمایه گذاران در کاهش ریسک با توجه به بازده مشخص میتواند موثر باشد و زمینه جذب نقدینگی مزاد از بازار پول و ورود آن به بازار سرمایه را که از دغدغه های اصلی کشور میباشد فراهم آورد. آمار و ارقام بیانگر این است که در کشورهای پیشرفته اکثریت سرمایه گذاری ها از طریق بازارهای سرمایه به خصوص بورس انجام می پذیرد. از عمده ترین مشکلات کشور های جهان سوم و خصوصاً کشور ما، نبود مسیر ساختار مناسب برای سرمایه های افراد و سازمان ها می باشد. از طرفی اهمیت مشارکت فعال سرمایه گذاران در شرکت های سرمایه گذاری و بورس اوراق بهادار به حدی است که ماهیت وجودی بازار سرمایه بسته به میزان سرمایه گذاری افراد در این موسسات می باشد. از جمله دلایل عدم گرایش افراد به فعالیت های بورسی را میتوان در عوامل فرهنگی-اقتصادی، قوانین و مقررات دولتی و عدم اطمینان حاکم بر بورس اوراق بهادار عنوان کرد. اهمیت مشارکت فعال سرمایه گذاران در بورس اوراق بهادار تا حدی به ماهیت وجودی بورس بسته به سرمایه گذاری افراد می باشد. لذا تخصیص بهینه منابع مالی در بازار سرمایه، از جمله بازار سهام، یکی از مهمترین مسائل اقتصادی روز است. تخصیص درست منابع مالی نیازمند زمینه های مناسب سرمایه گذاری از یک طرف، ابزارها و تکنیک های تحلیل مناسب از سوی دیگر می باشد. یک تخصیص مناسب منابع میتواند اطمینان خاطر سرمایه گذاران را به دنبال داشته باشد و کارایی را در بازار سرمایه افزایش دهد. با توجه به مطالب فوق نیاز به سرمایه گذار در انتخاب پرتفوی بهینه مشخص میشود و این سوال که " چگونه می توان مدل پرتفوی برای کمک به بازار سرمایه طراحی نمود؟ " در ذهن تداعی میگردد. (چاشمی و کرچنگی ، ۱۳۹۰)

۲

۲

۴

۳

### ۳- یافته های پژوهش

پژوهش عملیاتی رشته ای است که با توسعه و کاربرد روش های تحلیلی پیشرفته برای بهبود فرآیند تصمیم گیری سروکار دارد. گاهی زیر شاخه ای از علوم ریاضی در نظر گرفته میشود. هنگامی که صحبت از بازار مالی میشود، پژوهش عملیاتی نقش حیاتی در تخصیص سرمایه گذاری و انتخاب پرتفوی ایفا میکند به طوری که با در نظر گرفتن تمام ریسک هایی که میتواند بر داده ها تأثیر بگذارد، حداکثر سود را به همراه دارد (سونساليا ، کوش و دیگران، ۲۰۲۱). مشکلات غیر پورتفو در بازارهای مالی، مانند بازارهای سهام، بدهی، و ارز خارجی و همچنین بازارهای مشتقه معادل ، با استفاده از رویکردهای پژوهش عملیاتی بررسی میشوند. هدف اصلی استفاده از پژوهش عملیاتی در بازارهای مالی دستیابی به راه حل های قابل اجرا برای مسائل بسیار محدود کننده با عوامل متعدد و یا برآورد مقادیر امکان پذیر است. یکی دیگر از کاربردهای پژوهش عملیاتی ارزیابی ریسک های مختلف بازار است (بورد ، ساتکلیف و زیмба ، ۲۰۲۰). ما همچنین درک میکنیم که مشکلات مالی مانند اوراق بهادار، طراحی،

<sup>۱</sup>Khiamim

<sup>۲</sup>Chashmi

<sup>۳</sup>Karchangi

<sup>۴</sup>Sonthalia

<sup>۵</sup>Khushi

<sup>۶</sup>Board

<sup>۷</sup>Sutcliffe

مقررات بازار، ارزیابی و کنترل ریسک، حقوق صاحبان سهام و غیره با استفاده از تکنیک‌هایی مانند برنامه‌ریزی خطی، پیش بینی، تجزیه و تحلیل آماری و شبیه‌سازی، تجزیه و تحلیل حل میشوند. علاوه بر این، تحقیقات بازار مالی بینش‌های زیادی را در مورد اینکه چه زمانی باید سرمایه‌گذاری انجام شود و چه زمانی باید فروخته شود، ارائه کرده است تا بتوانیم بیشترین سود را از آن کسب کنیم یا از آن بهره ببریم (گویا، جین و دیگران، ۲۰۱۹).<sup>۱</sup> <sup>۳</sup> <sup>۳</sup>

بازار مالی نسبت به هر تغییری کاملاً آسیب پذیر است. پژوهش عملیاتی به سرمایه‌گذاران در تصمیم‌گیری‌های تامین مالی کمک میکند به گونه ای که علیرغم آسیب پذیری بازار به بازده مثبت قابل توجهی از سرمایه‌گذاری دست یابند (سونسالیان، کوش و دیگران، ۲۰۲۱).

برنامه‌نویسی ریاضی تکنیک پژوهش عملیاتی است که بیشترین کاربرد را در بازارهای مالی داشته است. بیشتر انواع برنامه‌ریزی ریاضی به کار گرفته شده است - خطی، درجه دوم، غیر خطی، عدد صحیح، هدف، محدود شانس، تصادفی، کسری، تحلیل پوششی داده ها و پویا. برنامه‌ریزی ریاضی برای حل طیف قابل توجهی از مشکلات در بازارهای مالی تشکیل پرتفوی از سهام، اوراق قرضه، وام و ارز، پوشش ریسک عمومی، مصون سازی، ردیابی شاخص سهام و اوراق قرضه، تخمین احتمالات خنثی ریسک ضمنی برای گزینه‌ها، ابداع یک جدول زمانی استفاده شده است.

یکی از مباحث مهمی که در بازارهای سرمایه مطرح است و باید مورد توجه سرمایه‌گذاران اعم از اشخاص حقیقی یا حقوقی قرار گیرد، بحث انتخاب سبد سرمایه‌گذاری بهینه میباشد و در این رابطه، بررسی و مطالعه سرمایه‌گذاران در جهت انتخاب بهترین سبد سرمایه‌گذاری با توجه به میزان ریسک و بازده آن انجام میشود. معمولاً فرض بر این است که سرمایه‌گذاران ریسک را دوست ندارند و از آن گریزان‌اند و همواره در پی آن هستند تا در اقلامی از دارایی‌ها سرمایه‌گذاری کنند که بیشترین بازده و کمترین ریسک را داشته باشد؛ به عبارت دیگر، سرمایه‌گذاران به بازده سرمایه‌گذاری به عنوان یک عامل مطلوب مینگرند و به واریانس بازده‌ها (ریسک) به عنوان یک عنصر نامطلوب نظر دارند. اسپرانزا (۱۹۹۵) مدلی از برنامه ریزی<sup>۲</sup> مختلط را با خصوصیات واقعی مثل هزینه‌های معاملات و حداقل واحدهای معاملات ارائه داد. لوین و همکاران (۲۰۱۸) به بهینه‌سازی پرتفوی بر اساس مدل میانگین‌ارزش در معرض ریسک با رویکرد ناپارمتریک پرداختند که نشان داد این مدل در حل مسئله سرمایه‌گذاری پرتفوی دارای کیفیت بالایی در پیش‌بینی است. جیمenez و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از مدلی به حل برنامه ریزی آرمانی فازی ناسازگار جهت انتخاب پرتفوی بدین نتیجه رسیدند که روش انتخاب برای انتخاب پرتفوی مناسب است در ایران، راعی (۱۳۸۱) در مقاله‌ای تحت عنوان "تشکیل سبد سهام برای سرمایه‌گذار مخاطره پذیر: مقایسه شبکه عصبی و مارکوفیتز" به مسئله بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری پرداخته است. شاه‌علیزاده و معماریانی (۱۳۸۲) در مقاله‌ای تحت عنوان "چارچوب ریاضی گزینش سبد سهام با اهداف چندگانه" به بررسی تشکیل سبد سرمایه‌گذاری با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی پرداختند. صافی و همکاران (۱۳۹۱) در مقاله‌ای به استفاده از برنامه ریزی کسری خطی برای حل مساله ی پرتفوی پرداختند؛

<sup>۲</sup>Ziemba<sup>۳</sup>Goyal<sup>۳</sup>Jain<sup>۳</sup>Data Envelopment Analysis<sup>۳</sup>Speranza<sup>۳</sup>Lwin<sup>۳</sup>Jiménez

آنها، مدل مارکوویتز را به یک مسئله برنامه ریزی خطی کسری تبدیل کردند و با استفاده از روش چارنز و کوپر آن را به یک مسئله با تابع هدف خطی و قیود، غیرخطی نمودند و سپس جواب بهینه مسئله را با کمک روشهای مرسوم حل مسائل غیرخطی به دست آوردند. مسئله زیر موضوع بهینه سازی سبد سهام را با در نظر گرفتن الگوی مدل مارکوویتز و ارزش در معرض ریسک نشان میدهد. مطابق با الگو مارکوویتز، ریسک با نوسانهای بازده مرتبط است و نوسانها توسط واریانس بازده اندازه گیری میشود. نرخ بازده یک پرتفوی، متشکل از داراییهای مختلف، از میانگین موزون بازده دارایی های منفرد تشکیل دهنده آن پرتفوی حاصل میشود:

فرمول شماره ۱

$$r_p = \sum_{i=1}^N X_i r_i$$

در رابطه بالا،  $r_p$  نرخ بازده پرتفوی،  $r_i$  نرخ بازده دارایی  $i$ ،  $X$  وزن دارایی  $i$  در پرتفوی (نسبت ارزش روز دارایی  $i$  به ارزش روز کل پرتفوی) و  $N$  تعداد داراییهای موجود در پرتفوی است. ریسک مورد نظر نیز از رابطه زیر به دست می آید:

فرمول شماره ۲

$$\delta_p^2 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_i x_j \rho_{ij} \delta_i \delta_j = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_i x_j Cov_{ij}$$

در رابطه بالا، به ترتیب  $\delta_p^2$  واریانس پرتفوی،  $\delta_i$  و  $\delta_j$  به ترتیب انحراف معیار داراییهای  $i$  و  $j$ ،  $\rho_{ij}$  ضریب همبستگی میان داراییهای  $i$  و  $j$ ،  $x_i$  و  $x_j$  به ترتیب وزن داراییهای  $i$  و  $j$  در پرتفوی و  $N$  تعداد دارایی های موجود در پرتفوی میباشد .

برای بهینه سازی پورتفوی بر مبنای الگوی مدیریت ریسک مارکوویتز از الگوی برنامه ریزی غیرخطی زیر استفاده میگردد:

$$Min Z = \delta_p^2$$

فرمول شماره ۳

$$s.t. r_p = \sum_{i=1}^M X_i r_i$$

$$\sum_{j=1}^m X_j = 1, X_j \geq 0$$

ازجمله مزایای الگوی مارکوویتز که موجب استفاده زیاد آن شده است، همانا دو پارامتری بودن و نسبتهای متنوعی است که برای محاسبه کارایی آن معرفی شده است. همچنین، این الگو دارای کاستیهایی ازجمله، پیچیدگی زیاد در حل الگوی غیرخطی آن، مشکل منطقی افزایش ریسک ناشی از رشد کم اعداد و ارقام، عدم درک درست از واریانس در مقابل سایر معیارهای ریسک و نگاه یکسان واریانس به تغییرات مثبت و منفی را میتوان نام برد. علاوه بر این، روش پارامتریک (واریانس-کوواریانس) محاسبه ارزش در معرض ریسک برای مدلسازی در پرتفوی، دارای دو فرض اساسی توزیع نرمال بازده داراییها و

رابطه خطی بین عوامل بازار و ارزش دارایی است. با تفسیر فوق، احتمال اینکه ارزش پرتفوی با انحراف معیار بازدهی مشخص و با سطح اطمینان معین از ارزش مفروض کمتر باشد، از طریق معادله زیر قابل اندازه گیری است :

فرمول شماره ۴

$$VaR = M.Z_a.\delta\sqrt{T} - \mu.x_i = M.Z_a.\delta\sqrt{T} - r_p$$

این رابطه برای دوره های بلندمدت می باشد. برای دوره های کوتاه مدت با فرض میانگین صفر  $\mu = 0$ ، از فرمول زیر استفاده می کنیم :

فرمول شماره ۵

$$VaR = M.Z_a.\delta\sqrt{T}$$

در این معادله با دانستن انحراف معیار روزانه  $\delta$ ، انحراف معیار  $T$  روز از رابطه  $\delta\sqrt{T}$  قابل محاسبه است.  $M$ ، ارزش بازار دارایی،  $1-\alpha$ ، سطح اطمینان و  $T$ ، طول دوره زمانی محاسبه بازده می باشد. این مقدار بیان میدارد که احتمال اینکه زیان در یک دوره  $T$  روزه بیش از ارزش در معرض ریسک باشد،  $\alpha\%$  است. همچنین، برای محاسبه واریانس از رابطه زیر استفاده میشود:

فرمول شماره ۶

$$\delta_p^2 = x^r * VC * x$$

که در آن  $x'$  ماتریس سطری ضرایب پرتفوی،  $VC$ ، ماتریس مربعی واریانس-کوواریانس و  $X$ ، ماتریس ستونی ضرایب پرتفوی می باشد. نهایتاً، از الگوی زیر برای بهینه سازی ارزش در معرض ریسک ( $VaR$ ) میتوان استفاده کرد:

$$Min Z = Z_a \delta_p - \bar{r}_p$$

فرمول شماره ۷

$$s.t. \bar{r}_p = \sum_{j=1}^n x_j \bar{r}_j$$

$$\sum_{j=1}^n x_j = 1, x_j \geq 0$$

( کاویانی، میثم؛ فخرحسینی، سید فخرالدین، ۱۳۹۷)

تصمیمات مالی برای حداکثر سود با حداقل ریسک محاسبه میشود. تکنیک های پژوهش عملیاتی نقش حیاتی در تشریح مشکلات مالی، به عنوان مثال، ارزش، تعهد، بازارهای ارز خارجی، طراحی اوراق بهادار، جهت گیری های بازار، ارزیابی و کنترل فرصت، کنترل ذخایر سرمایه، ابداع شرایط برآورد و بررسی داده های بازار را بر عهده میگیرند. (احمد، مبین، ۲۰۱۷)

مدلهایی مثل برنامه ریزی خطی، برنامه ریزی عدد صحیح، برنامه ریزی عدد صحیح مختلط و برنامه ریزی (صفر-یک)، در برنامه ریزی های ریاضی وجود دارد که میتوانند با در نظر گرفتن هدف و شرایط حاکم بر مسئله، ترکیبی بهینه با مقدار بهینه



مشخص از عناصر تشکیل دهنده سبد را ارائه دهد. در نتیجه، میتوان برای رسیدن به چنین هدفی، اطلاعات مالی را با در نظر گرفتن تمام شرایط حاکم بر سرمایه گذاری در دنیای واقعی وارد برنامه ریزی ریاضی کرد. (ابزری و همکاران ۱۳۸۴) <sup>۶</sup>

مبین احمد طی مطالعه پیشنهادی، استفاده از طبقه بندی درخت انتخابی بر روی هزینه های مزمن سهام را ارائه میکند تا معامله گر خرید یا پیشنهاد را ارائه دهد. مدل پیشنهادی میتواند ابزار مفیدی برای معامله گران به منظور انتخاب صحیح در ارتباط با سهام خود بر اساس بررسی هزینه های متوالی سهام با هدف نهایی تفکیک داده های پیش بینی از تاریخچه داده ها را انجام دهند. (احمد، مبین، ۲۰۱۷) <sup>۷</sup>

برنامه ریزی خطی با کمک فرض اساسی نظریه مدرن پرتفوی به منظور تخصیص وجوه بین پرتفوی های مختلف بطوری که سود را به حداکثر و ریسک را به حداقل برساند، استفاده میشود. برای این منظور نرخ سود تقسیمی هر شرکت، ریسک و نقدینگی به کل برای هریک از پارامترها نیاز است. (آلاق و دیگران، ۲۰۱۹) <sup>۸</sup>

#### ۴- خلاصه و نتیجه گیری

کاربرد پژوهش عملیاتی در بازار بورس و اوراق بهادار، کاهش ریسک، افزایش دقت در تحلیل، استفاده بهتر از فرصت ها، یک سرمایه گذاری مطلوب را به دنبال دارد. برنامه ریزی خطی، مد هیلیر و هرتز و الگوی مارکویتز و LPP و سیمپلکس همگی برای رسیدگی به طیف گسترده های از چالش های بازار سهام استفاده شده اند. این مدل ها به بهینه سازی بازده سرمایه گذار با کمترین میزان ریسک در هر زمان خاص کمک میکنند. با استفاده تکنیک های پژوهش عملیاتی میتوان با در نظر گرفتن شرطها و در نظر گرفتن بیشینه کردن سود و یا کمینه کردن ضرر، به معامله گری در بازار سرمایه پرداخت و سبد مناسبی از سهام را که فایده آن از ریسکش بیشتر باشد را تشکیل داد. آنچه در این مقاله بدان پرداخته شد معرفی و کاربرد تکنیک های علم پژوهش عملیاتی در بازار بورس و اوراق بهادار بود که امروزه نقش تعیین کننده ای در دقت نتایج و اتخاذ تصمیمات بهینه مالی و سرمایه گذاری دارد.

#### منابع

- ابزری، مهدی، کتابی، سعیده و عباسی، عباس (۱۳۸۴). بهینه سازی سبد سرمایه گذاری با استفاده از روش های برنامه ریزی خطی و ارائه یک مدل کاربردی، نشریه علوم اجتماعی و انسانی دانشگاه شیراز، ۲۲(۲)-۱۷.
- کاویانی، میثم؛ فخر حسینی، سید فخرالدین (۷۳)، "کاربرد تکنیک های تحقیق در عملیات در تحقیقات مالی"، نشریه تصمیم گیری و تحقیق در عملیات، ۳(۲)، ۱۶۴-۱۷۷.
- نمازی، محمد و ناظمی، امین. (۱۳۸۴). بررسی تحلیلی تحقیقات انجام شده در بورس اوراق بهادار تهران. تحقیقات مالی. ۷(۱)، ۱۳۵-۱۶۶.
- خواجه فرد، ندا؛ کاویانی، مرتضی؛ سام دلیری، علی. (۱۳۹۸). دوره ۴، شماره ویژه (۱)، ص ۷۸-۸۶

<sup>۶</sup>Abzari

<sup>۷</sup>Mobin

<sup>۸</sup>Alagh

- راعی، رضا. (۱۳۸۱). تشکیل سبد سهام برای سرمایه‌گذار مخاطره‌پذیر: مقایسه شبکه‌های عصبی و مارکوفیتز. چشم‌انداز مدیریت بازرگانی (چشم‌انداز مدیریت (پیام مدیریت))، ۲۰(۲)، ۷۸-۹۶.
- شاه عزیزاده، محمد و معماربانی، عزیزاله. (۱۳۸۲). چارچوب ریاضی گزینش سبد سهام با اهداف چندگانه، بررسی‌های حسابداری و حسابرسی، ۱۰(۳۲)، ۸۳-۱۰۲.
- نبوی چاشمی، علی، رحمان، یوسفی کرچنگی. (۱۳۹۰). تعیین پرتفوی بهینه با استفاده از تکنیک برنامه‌ریزی آرمانی فازی. مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، ۳۰(۹)، ۱۳۱-۱۰۷.
- یگانگی، سید کامران؛ خلیلی، سید یعقوب، (۱۴۰۰). "کاربرد پژوهش عملیاتی برای معامله‌گران بازار بورس". مطالعات کاربردی در علوم مدیریت و توسعه، ۳۳(۵)، ص ۲-۸.
- صافی، محمدرضا، باقری، امین و فولادی، پردیس. (۱۳۹۱). استفاده از برنامه‌ریزی کسری - خطی برای حل مسئله‌ی پرتفوی، سومین کنفرانس ریاضیات مالی و کاربردها. سمنان، دانشگاه سمنان: سیویلیکا.
- خیامیم، آرش؛ میرزازاده، ابوالفضل؛ نادری، بهمن (۱۳۹۳)، "یک مدل فازی برای بروزرسانی پرتفوی با در نظر گرفتن هزینه‌های معاملات: پیاده‌سازی در بورس اوراق بهادار تهران"، مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، ۴۱(۲)، ۷۵-۹۳.
- یگانگی، سید کامران؛ کریمیان یوسفی، صبا، (۱۴۰۰). "کاربرد پژوهش عملیاتی در تحلیل بازارهای مالی". مطالعات مهندسی صنایع و مدیریت تولید، ۷(۳)، ص ۱-۷.
- Mobin, ahmad (2017), "Impact and implications of operation research in stock market", International Journal of Mathematics and Statistics Invention (IJMSI), Vol 5(6), No 6, Pp 1-5.
- Sehaj, alagh; Sanyam, Khurania; Samruddhi, Dalvi; Ruchika, Lalwani; Rohit Sakariya (2019), "The application and impacts of operation research methodologies on financial markets", International Journal of Inovative Science and Research Technology, Vol 4, No 10, Pp 354-359.
- Board, J. Sutcliffe, CH. Ziemba, W. (1999). The Application of Operations Research Techniques to Financial Markets .
- Sonthalia, k. Vadecha, k. Khushi, j. Arora, k. Sethia, k. (2021). Operations research in financial markets, International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science, Vol.3, (pp.129-138), India: SVKM's Anil Surendra Modi School Of Commerce, Mumbai, Maharashtra
- Lwin, K. T., Qu, R., & MacCarthy, B. L. (2017). Mean-VaR portfolio optimization: A nonparametric approach. European Journal of operational research, 260(2), 751-766.
- Jiménez, M., Bilbao-Terol, A., & Arenas-Parra, M. (2018). A model for solving incompatible fuzzy goal programming: an application to portfolio selection. International transactions in operational research, 25(3), 887-912.
- Reddy, V. (2018, October). Stock market prediction using machine learning. Retrieved from Analytics Vidhya: <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2018/10/predicting-stock-price-machine-learningnddeeplearning-techniques-python/>
- Board, J., Sutcliffe, C., & Ziemba, W. (2002). Applying Operations Research Techniques to Financial Markets
- Goyal, R., Jain, R., Dhariwal, R., Dhanak, S., & Prabhu, S. (2019). Operations Research in financial markets. International Journal of Advance Research and Development, 35-37.
- Speranza, M. G. (1996). A heuristic algorithm for a portfolio optimization model applied to the Milan stock market. Computers & operations research, 23(5), 433-44