Journal of Decisions and Operational Research

نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات

دوره ۳، شماره (۲)، تابستان ۱۳۹۷

www.journal-dmor.ir

نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۳، شماره (۲)، تابستان ۱۳۹۷، صفحه: ۱۷۷-۱۶۴

کاربرد تکنیک‌های تحقیق در عملیات در تحقیقات مالی

میثم کاویانی[۱]*، سید فخرالدین فخرحسینی[۲]

[۱]گروه مدیریت مالی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علی آباد کتول، ایران.

[۲]گروه مدیریت بازرگانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تنکابن، ایران.

چکیده

این مقاله نشان می‌دهد که تکنیک‌های تحقیق در عملیات، نقش مهمی در توسعه تحقیقات مالی و سرمایه‌گذاری دارد. در سال‌های اخیر با بهبودهای چشمگیر درزمینه‌ی در دسترس بودن زمان واقعی داده‌ها و افزایش سرعت رایانه، این نقش بیشتر شده و در راستای آن با ایجاد فرصتی بیشتر برای این تکنیک‌ها، اهمیت بیشتری در تحقیقات و خروجی‌ها به آن‌ها داده‌شده است. با توجه به اهمیت موضوع، امروزه رابطه دوسویه بین مفاهیم مالی و سرمایه‌گذاری با تکنیک‌های تحقیق در عملیات وجود دارد؛ یعنی همان‌طور که تکنیک‌های مختلف تحقیق در عملیات برای مسائل مالی بکار گرفته‌شده‌اند، نظریه‌های مالی نیز نیازمند توسعه و بهبود تکنیک‌های راه‌حل تحقیق در عملیات بوده هستند. مقاله حاضر نشان می‌دهد که بسته به نوع تصمیم‌گیری در حوزه مالی و سرمایه‌گذاری، از طریق نتایج تحقیقات، این تکنیک‌ها علاوه بر بالا بردن دقت نتایج تحقیقات مالی می‌تواند باعث تنوع بیشتر این تحقیقات خصوصاً برای رشته‌های مهندسی مالی گردد.

واژه‌های کلیدی: تحقیق در عملیات، تحقیقات مالی، پرتفوی.

دریافت: ۱۳۹۷/۱/۸ اصلاح: ۱۳۹۷/۴/۲۳ پذیرش: ۱۳۹۷/۵/۲۴

۱- مقدمه

بـا گسترش فناوری و دسترسی راحت و سریع به اطلاعات از طریق رایانه‌ها و شبکه‌های انـتقال اطلاعـات، موضوع استفاده از اطلاعات در تصمیم‌گیری، ابعاد تازه‌ای به خود گرفته است. ازیک‌طرف، شرکت‌ها و افراد به شیوه‌ای راحت‌تر به تبادل اطلاعات می‌پردازند و از طرف دیگر دست‌اندرکاران بازار سرمایه سریع‌تر به نیازهای اطلاعاتی افراد پاسخ می‌دهند. در ایـن میان، نقش محققین و جامعه دانشگاهی در پیشرفت هرچه بهتر و بیشتر امور، غیرقابل‌انکار اسـت. آن‌ها تلاش می‌کنند تا با مشاهده پدیده‌های بازار و ارائه نظرها و پیشنهادهای خود به پویایی و بهینه‌سازی بازار کمك کنند و با به‌کارگیری تکنیک‌های سایر علوم، کمک دوچندانی در کیفیت نتایج و تصمیمات مالی نمایند (نمازی و ناظمی، ۱۳۸٤). یکی از علومی که توانسته در این حوزه و همچنین سایر علوم نقش مهمی ایفا کند، علم تحقیق در عملیات است که با علم تصمیم در ارتباط است. علم مدیریت را می‌توان به‌عنوان شاخه‌ای از حوزه مدیریت قلمداد کرد که رویه عقلایی، منطقی، سیستماتیك و علمی را در تحلیل فرآیند مدیریت و مسائل مدیریتی بکار می‌گیرد. همچنین، تحقیق عملیات را می‌توان "مجموعه‌ای از مدل‌ها و تکنیک‌های کمی که از طریق روش‌های علمی، مدیران را در امر تصمیم‌گیری یاری می‌دهد " تعریف کرد. در اروپا و بریتانیا از واژه " تحقیق عملیات (*Operational Research*)" استفاده می‌شودِ؛ درحالی‌که در آمریکا از واژه "تحقیق در عملیات (*Research Operations*)" استفاده می‌شود که به هر دو همان *OR* گفته می‌شوند. *OR* را می‌توان چارچوبی نظام‌یافته دانست که روی کاربرد فن‌آوری اطلاعات برای تصمیم‌گیری آگاهانه متمرکز است. به دیگر سخن *OR* علم اختصاص بهینه منابع است. هدف *OR* 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. با توجه به اهمیت تکنیک‌های تحقیق در عملیات در سایر علوم، در حوزه مدیریت مالی و سرمایه‌گذاری، حداقل دو تن از برندگان جایزه نوبل به کاربرد این تکنیک‌ها در این حوزه پرداختند. اثر مارکوویتز (*m*) در مورد ماتریس‌های اسپارس از طریق *ORSA/ TIMS* و ابداع زبان شبیه‌سازی رایانه‌ای *SIMSCRIPT* مورد قدردانی قرار گرفت؛ درحالی‌که او و شارپ، الگوریتم‌های کامپیوتری را برای حل مسائل مربوط به پرتفوی معرفی کرده

*عهده‌دار مکاتبات: meysamkaviani@gmail.com

بودند. برنامه‌ریزی‌های ریاضیاتی از روش‌های خطی، درجه دوم[1]، غیرخطی، عدد صحیح، آرمانی، قیدهای تصادفی، جزءبه‌جزء، تحلیل پوششی داده‌ها و پویا را بکار گرفته‌اند. برنامه‌ریزی ریاضیاتی برای حل طیف قابل‌توجهی از مسائل بازارهای مالی از قبیل تشکیل پرتفوی سهام، اوراق قرضه، وام و ارز، پوشش ریسک[2]، ایمن‌سازی[3]، حقوق صاحبان سهام و ردیابی شاخص اوراق قرضه؛ تخمین ضمنی احتمالات بی‌تفاوتی به ریسک[4] برای اختیار معاملات، فراهم کردن فهرستی از کوپن‌ها برای مناقصه یا مزایده اوراق قرضه شهرداری[5]، شناسایی اوراق قرضه زیر قیمت، تعیین نسبت بدهی به حقوق صاحبان سهام شرکت، تصمیم‌گیری برای تأمین مالی اوراق قرضه‌ی پرداخت‌نشده، تخمین هزینه‌ی سرمایه، تعیین حداقل حاشیه اوراق اختیار معامله‌ای موردنیاز، تشکیل اوراق بهادار با پشتوانه رهنی و تعهدات رهنی وثیقه گذاری شده قابل‌تبدیل؛ ایجاد یک استراتژی تجاری برای اجرای تجارت متحد[6]، طراحی اجاره اهرمی[7]، محاسبه حداکثر زیان سهامداران، یافتن بانک‌های ورشکسته و درک نیروهایی که منجر به نوآوری مالی می‌شوند استفاده‌شده است. علاوه بر نقش سنتی تحقیق در عملیات در بهبود کیفیت تصمیم‌گیری، این علم می‌تواند در درک نیروهای اقتصادی شکل‌دهنده بخش مالی کمک کند. نوآوری مالی ممکن است زمانی رخ می‌دهد که یک تغییر برونزا[8] در محدودیت‌ها و یا هزینه‌های مواجه‌شدن با محدودیت‌های موجود، ایجادشده باشد. با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی یک بانک، بن هوریم و سیلبر[9] (۱۹۷۷) داده‌های سالانه را برای محاسبه تغییر در قیمت‌های سایه[10] محدودیت‌های مختلف بکار بردند. آن‌ها پیشنهاد کردند که افزایش در قیمت سایه محدودیت سپرده‌ها، منجر به نوآوری مالی در گواهی سپرده قابل‌تبدیل می‌شود. تئوری قیمت‌گذاری آربیتراژ که می‌تواند کلیتی از مدل قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای[11] (CAMP) معرفی شود، به دنبال شناسایی عوامل مؤثر بر بازده دارایی است. بیشتر آزمون‌های تئوری قیمت‌گذاری آربیتراژ از تحلیل‌های عاملی استفاده می‌کند و در تعیین تعداد و تعریف عواملی مؤثر بر بازده دارایی دچار مشکل می باشد. برای غلبه بر این مشکلات، احمدی (۱۹۹۳) شبکه عصبی را برای آزمون تئوری قیمت‌گذاری آربیتراژ پیشنهاد داده است و دارای مزیت فاقد توزیع[12] نتایج به‌دست‌آمده می‌باشد. با توجه به موارد فوق، مقاله حاضر به‌طور خلاصه به برخی از حوزه‌هایی که این علم توانسته کمک شایانی در علوم و تحقیقات مالی ایفا نماید پرداخته است.

۲- کاربرد برای معامله‌گران بازار

معامله‌گر سهام[13] شخص یا شرکتی است که سهام معامله می‌کند و ممکن است کارگزار، پوشش‌دهنده ریسک، آربیتراژگر، سفته‌باز، یا سرمایه‌گذار باشد. سرمایه‌گذار سهام، پول خود را برای خرید اوراق مالکیت و به دست آوردن بازده بالقوه به‌عنوان بهره، درآمد، یا سود سرمایه‌ای سرمایه‌گذاری می‌کند. استراتژی بلندمدت خرید و نگهداری سهام ماهیتاً یک استراتژی منفعل است و مخالف سفته‌بازی (استراتژی فعال) می‌باشد. بسیاری از سفته‌بازان سهام، اوراق قرضه (و احتمالاً دیگر دارایی‌های مالی) را نیز معامله می‌کنند. سفته‌بازی سهام، حرفه پر ریسک و پیچیده ایست؛ زیرا مسیر حرکت بازار عموماً غیرقابل‌پیش‌بینی است[14]. در سال‌های اخیر، برخی از تصمیمات که معامله‌گران در بازارهای مالی با آن روبه‌رو هستند با استفاده از نظریه بازی‌ها[15]، مورد تجزیه‌وتحلیل قرارگرفته است (داتا و

---

۱ Quadratic
۲ Hedging
۳ Immunization
٤ Risk Neutral Probabilities
٥ Municipal Bond Bids
٦ Block Trade
۷ Leveraged Leases
۸ Exogenous Change
۹ Ben-Horim and Silber
۱۰ Shadow Prices
۱۱ Capital Asset Pricing Model
۱۲ Distribution Free
۱۳ Stock Trader
١٤ https://fa.wikipedia.org
١٥ Game Theory

نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۳، شماره (۲)، تابستان ۱۳۹۷، صفحه: ۱۷۷-۱۶۴

ماداوان[۱]،۱۹۹۷). این مدل‌ها، به‌طورمعمول شامل یک یا چند معامله‌گر و یا معامله‌گر می‌باشند که ممکن است مطلع، بی‌اطلاع، محافظه‌کار و یا جسور باشند. معامله‌گران در بازار سهام به دنبال معامله با قیمت‌های بسیار مناسب هستند و معاملات بزرگ اغلب به مجموعه‌ای از معاملات کوچک‌تر تبدیل می‌شود تا تأثیرات قیمتی را به حداقل برسانند که این را می‌توان به‌عنوان یک مسئله استراتژیک باهدف ابداع یک استراتژی برای معاملات گروهی از سهام در نظر گرفت. معاملات اولیه، قیمت‌های معاملات بعدی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و به همین دلیل، اجرای معاملات تجاری بزرگ با حداقل هزینه، مسئله‌ی پویاست. برتیماس و لو[۲] (۱۹۹۸) از برنامه‌ریزی تصادفی پویا[۳] برای تعریف "بهترین اجرای معامله[۴]" استفاده و استراتژی تجاری مطلوب را محاسبه کردند. پاورز[۵] (۱۹۸۷) نظریه بازی (تئوری گیم) را در موقعیتی که در آن، یک شرکت دارای دو سهام‌دار عمده و تعداد زیادی سهام‌داران اقلیت است بکار گرفت. این را می‌توان یک بازی اقیانوسی[۶] معرفی کرد که در آن، دو سهام‌دار عمده، استراتژیکی رفتار می‌کنند؛ درحالی‌که سهامداران اقلیت این‌گونه نیستند. این رویکرد را می‌توان برای استخراج بالاترین هزینه پرداختی توسط سهام‌دار عمده برای کنترل شرکت در بازار مورداستفاده قرارداد. همچنین، در برخی موارد استفاده از تکنیک‌های تحقیق در عملیات، نحوه‌ی عملکرد بازارهای مالی را تحت تأثیر قرار داده است؛ زیرا معامله‌گران را قادر می‌سازد تا در مدت‌زمان کوتاه، تصمیمات بهتری اتخاذ کنند. به‌عنوان‌مثال، اختیار معامله خاص درصورتی‌که بدون محاسبه‌ی قیمت دقیق توسط مدل شبیه‌سازی مونت‌کارلو مورد دادوستد قرار گیرد، با شکاف قیمت پیشنهادی خریدوفروش[۷] بسیار بیشتری معامله می‌شود.

۳- کاربرد در کارایی بازار و فرصت آربیتراژی

هنگامی‌که پولی وارد بازار مالی می‌شود، هدف، کسب سود از سرمایه‌گذاری است. بسیاری از سرمایه‌گذاران نه‌تنها مایل‌اند سودی در حد دیگر سرمایه‌گذارها کسب کنند، بلکه تلاش می‌کنند متوسط سود سرمایه‌گذاری‌شان بالاتر از حد متوسط سود بازار سرمایه باشد؛ بااین‌حال طبق نظریه "کارایی بازار "که از سوی اویگنه فاما در سال ۱۹۷۰ مطرح شد، قیمت‌ها در هرلحظه از زمان، تحت تأثیر اطلاعات موجود سهام و بازار است. طبق این نظریه، هیچ سرمایه‌گذاری ازلحاظ پیش‌بینی سود سهام نسبت به سرمایه‌گذار دیگر مزیتی ندارد؛ زیرا هیچ سرمایه‌گذاری به اطلاعاتی بیشتر از سرمایه‌گذاران دیگر دسترسی ندارد. طبق نظریه کارایی بازار، سهام، همواره بر مبنای ارزش منصفانه و ارزش واقعی آن‌ها دادوستد می‌شود و غیرممکن است یک سرمایه‌گذار بتواند سهامی را با قیمت پایین‌تر از ارزش واقعی‌اش بخرد یا با قیمتی بالاتر از ارزش واقعی‌اش بفروشد. بدین ترتیب، کسب سودی بالاتر از سود متوسط بازار غیرممکن و تنها راه کسب سود بالاتر، خرید سهامی با ریسک بیشتر است (کاویانی و همکاران، ۱۳۹۵). همچنین، آربیتراژ در علم اقتصاد و مالیه به معنای بهره گرفتن از تفاوت قیمت بین دو یا چند بازار برای کسب سود است؛ به عبارتی سود آربیتراژی زمانی ایجاد می‌شود که یک کالای مشابه در دو بازار مختلف یا در مواردی خاص در دو قالب متفاوت عرضه می‌شود، اما قیمت‌های یکسانی ندارد. وجود آربیتراژ، نتیجه ناکارایی بازار است و مکانیزمی ایجاد می‌کند که موجب می‌شود قیمت‌ها به طرز قابل‌توجهی از ارزش منصفانه و واقعی‌شان در درازمدت منحرف نشوند[۸]؛ ازاین‌رو همان‌طور که اوراق بهادار مالی به‌دقت قیمت‌گذاری می‌شوند، معامله‌گران به دنبال یافتن نواقص بازارهای مالی هستند تا بتوانند با در نظر گرفتن آن‌ها به سود بیشتری دست یابند (کیم و زیمبا[۹]، ۱۹۹۹). یکی از جنبه‌های این بررسی نشان دادن درجه ضعیفی از ناکارایی است (به‌عنوان‌مثال، قیمت قدیمی اوراق بهادار می‌تواند به‌عنوان اساس قانون معامله سودآور استفاده شود). ازجمله تلاش‌های اولیه برای یافتن چنین قواعدی در قیمت سهام، می‌توان استفاده درایدن[۱۰] (۱۹۶۸، ۱۹۶۹) از زنجیره مارکوف را نام برد. یکی از ویژگی‌های اساسی بازارهای مالی، وجود روابط بدون آربیتراژ در بین قیمت‌ها است؛ اختلاف قیمت‌های کم می‌تواند از معاملات

---

۱ Dutta and Madhavan
۲ Bertsimas and Lo
۳ Stochastic Dynamic
۴ Best Execution
۵ Powers
۶ Oceanic Game
۷ Bid-Ask Spreads
۸ https://fa.wikipedia.org
۹ Keim and Ziemba
۱۰ Dryden

آربیتراژ برای دستیابی به سوددهی بالا و بدون ریسک استخراج شود. از مدل‌های شبکه‌ای برای یافتن فرصت‌های آربیتراژی بین مجموعه‌های ارزی استفاده‌شده است (مالوی و ولادمیر[1]، ۱۹۹۲). این مسئله می‌تواند به‌عنوان یک شبکه جریان بیشینه[2]، زمانی که هدف، به حداکثر رساندن جریان خروجی وجوه شبکه است، یا به‌عنوان کوتاه‌ترین مسیر شبکه شناخته شود. با توجه به این‌که برخی از فرمولاسیون‌های شبکه، خطی هستند و می‌تواند با مدل‌های برنامه‌ریزی خطی فرموله و حل شوند، تفسیر مسئله به‌عنوان یک شبکه، استفاده از الگوریتم‌های محاسباتی سریع را مقدور می‌سازد. چاندی و خارابه[3] (۱۹۸۶) مدلی را برای شناسایی اوراق قرضه، زیر قیمت معرفی کردند. آن‌ها یک مدل برنامه‌ریزی خطی برای تشکیل پرتفوی اوراق قرضه با حداکثر کارایی پیشنهاد دادند. هاجز و شافر[4] (۱۹۷۷) مدل برنامه‌ریزی خطی‌ای را ابداع کردند که هزینه الگوی جریان‌های نقدی را به حداقل رساند و اوراق قرضه زیر قیمت را وارد بازار معامله کرد. علاقه روزافزونی به استفاده از تکنیک‌های مبتنی بر هوش مصنوعی[5]، سیستم‌های حرفه‌ای، شبکه‌های عصبی[6]، الگوریتم‌های ژنتیکی[7]، منطق فازی[8] و یادگیری استقرایی[9] به‌منظور توسعه استراتژی‌های معاملاتی در بازارهای مالی مشاهده می‌شود (تریپی و تربن[10]، ۱۹۹۲؛ رفنز[11]، ۱۹۹۴؛ گوناتیاک و ترلون[12]، ۱۹۹۵؛ وانگ و سلوی[13]، ۱۹۹۸). این رویکردها دارای مزیت‌هایی است که می‌توانند به‌عنوان محرک‌های غیرخطی انتخاب شود و نیازمند تشخیص اولیه اندک در روابط خود هست.

۴- کاربرد در بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری (پرتفوی)

یکی از مباحث مهمی که در بازارهای سرمایه مطرح است و باید موردتوجه 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 ریسك و بازده آن انجام می‌شود. معمولاً فرض بر این است كه سرمایه‌گذاران ریسك را دوست ندارند و از آن گریزان‌اند و همواره در پی آن هستند تا در اقلامی از دارایی‌ها سرمایه‌گذاری كنند كه بیشترین بازده و كمترین ریسك را داشته باشد؛ به‌عبارت‌دیگر، سرمایه‌گذاران به بازده سرمایه‌گذاری به‌عنوان یك عامل مطلوب می‌نگرند و به واریانس بازده‌ها (ریسك) به‌عنوان یك عنصر نامطلوب نظر دارند. مدل‌هایی مثل برنامه‌ریزی خطی، برنامه‌ریزی عدد صحیح، برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط و برنامه‌ریزی (صفر -یك)، در برنامه‌ریزی‌های ریاضی وجود دارد كه می‌توانند با در نظر گرفتن هدف و شرایط حاكم بر مسئله، تركیبی بهینه با مقدار بهینه مشخص از عناصر تشكیل‌دهنده سبد را ارائه دهد. درنتیجه، می‌توان برای رسیدن به چنین هدفی، اطلاعات مالی را با در نظر گرفتن تمام شرایط حاكم بر سرمایه‌گذاری در دنیای واقعی وارد برنامه‌ریزی ریاضی كرد (ابزری و همکاران، ۱۳۸۴). سپرانزا[14] (۱۹۹۵) مدلی از برنامه‌ریزی مختلط را با خصوصیات واقعی مثل هزینه‌های معاملات و حداقل واحدهای معاملات ارائه داد. لوین و همکاران[15] (۲۰۱۷) به بهینه‌سازی پرتفوی بر اساس مدل میانگین- ارزش در معرض ریسک با رویکرد ناپارمتریک پرداختند که نشان داد این مدل در حل مسئله سرمایه‌گذاری پرتفوی دارای کیفیت بالایی در پیش‌بینی است. جیمنز[16] و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از مدلی به حل برنامه‌ریزی 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 مارکوویتز " 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. ابزری و همکاران (۱۳۸۴) با استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی خطی و ارائه یك مدل كاربردی

---

[1] Mulvey and Vladimirou
[2] Maximal Flow Network
[3] Chandy and Kharabe
[4] Hodges and Schaefer
[5] Artificial Intelligence
[6] Neural Networks
[7] Genetic Algorithms
[8] Fuzzy Logic
[9] Inductive Learning
[10] Trippi and Turban
[11] Refenes
[12] Goonatilake and Treleaven
[13] Wong and Selvi
[14] Speranza
[15] Lwin
[16] Jiménez

نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۳، شماره (۲)، تابستان ۱۳۹۷، صفحه: ۱۶۴-۱۷۷

به بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری پرداختند. نبوی چاشمی و یوسفی کرچنگی (۱۳۹۰) به تعیین پرتفوی بهینه با استفاده از تکنیک برنامه‌ریزی آرمانی فازی *FGP* پرداختند که نتایج نشان داد کاربرد مدل می‌تواند جایگاه ویژه‌ای در شناخت بهتر و دقیق‌تری از پرتفوی شرکت‌های سرمایه‌گذاری جهت تصمیم‌گیری آسان‌تر سرمایه‌گذاران فراهم آورد. صافی و همکاران (۱۳۹۱) در مقاله‌ای به استفاده از برنامه‌ریزی کسری- خطی برای حل مسئله‌ی پرتفوی پرداختند؛ آن‌ها، مدل مارکوئیتز را به یک مسئله برنامه‌ریزی 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. امیرحسنی و قبادی (۱۳۹۳) در تحقیق تئوری تصمیم‌گیری فازی برای انتخاب پرتفوی بدین نتیجه دست یافتند که انتخاب پرتفوی بر اساس تئوری تصمیم‌گیری فازی می‌تواند راهبردی مطلوب برای پرتفوی بر طبق درجه رضایت سرمایه‌گذار ایجاد نماید. امیری و محبوب قدسی (۱۳۹۴) در مقاله‌ای به مدل برنامه‌ریزی خطی فازی برای مسئله انتخاب سبد سهام بهینه با استفاده از اطلاعات قیمت ۹ سهم پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران از سال ۱۳۷۴ تا سال ۱۳۹۲ پرداختند و به مدل خطی فازی توسط روش پیشنهادی حل‌شده، وزن هر سهم و مقدار ریسک نامطلوب سبد بهینه رسیدند. همایی فر و روغنیان (۱۳۹۵) در به‌کارگیری الگوهای بهینه‌سازی پایدار و برنامه‌ریزی آرمانی در مسئله انتخاب سبد سرمایه‌گذاری چند دوره‌ای بدین نتیجه دست یافتند که در نظر گرفتن فرض عدم قطعیت داده‌ها در کنار سایر فروض عنوان‌شده، مقدار تابع هدف نهایی را بدتر می‌کند که نشان‌دهنده منطقی بودن جواب‌های حاصل از مدل است؛ به‌عبارت‌دیگر ما از حل این مدل به پاسخ‌های کاراتر و کاربردی‌تری دست می‌یابیم. نجفی و خراسانی (۱۳۹۶) توسعه یک مدل چندهدفه برای بهینه‌سازی سبد ردیاب شاخص با در نظرگیری بتا، ریسک غیر سیستماتیک و خطای ردیابی بدین نتیجه رسیدند که مدل پیشنهادی، عملکرد بهتری نسبت به مدل‌های کلاسیک داشته است. کاظمی میان کسگری و همکاران (۱۳۹۶) با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها، مسئله بهینه‌سازی سبد سهام را با در نظر گرفتن ارزش در معرض خطر بر روی کارایی متقاطع به کار گرفته‌اند. نتایج نشان داد معیار شارپ، عملکرد بهتری برای روش پیشنهادی نسبت به روش‌های دیگر دارد. مسئله زیر موضوع بهینه‌سازی 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 اندازه‌گیری می‌شود. نرخ بازده یک پرتفوی، متشکل از دارایی‌های مختلف، از میانگین موزون بازده دارایی‌های منفرد تشکیل‌دهنده آن پرتفوی حاصل می‌شود:

$$r_p = \sum_{i=1}^{N} x_i r_i \qquad (۱)$$

در رابطه بالا، r_p نرخ بازده پرتفوی، r_i نرخ بازده دارایی i ، x_i وزن دارایی i در پرتفوی (نسبت ارزش روز دارایی i به ارزش روز کل پرتفوی) و N تعداد دارایی‌های موجود در پرتفوی است. ریسک پرتفوی موردنظر نیز از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\delta_p^2 = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} x_i x_j \rho_{ij} \delta_i \delta_j = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} x_i x_j Cov_{ij} \qquad (۲)$$

در رابطه بالا، δ_p^2 واریانس پرتفوی، δ_i و δ_j به ترتیب انحراف معیار دارایی‌های i و j، ρ_{ij} ضریب همبستگی میان دارایی‌های i و j؛ x_i و x_j به ترتیب وزن دارایی‌های i و j در پرتفوی و i و N تعداد دارایی‌های موجود در پرتفوی می‌باشد.

برای بهینه‌سازی پورتفوی بر مبنای الگوی مدیریت ریسک مارکویتز از الگوی برنامه‌ریزی غیرخطی زیر استفاده می‌گردد:

$$\begin{aligned} & Min\ Z = \delta_p^2 \\ & s.t. \quad \bar{r}_p = \sum_{j=1}^{M} x_j \bar{r}_j \\ & \sum_{j=1}^{M} x_j = 1 \qquad x_j \geq 0 \end{aligned} \qquad (۳)$$

ازجمله مزایای الگوی مارکویتز که موجب استفاده زیاد آن شده است، همانا دو پارامتری بودن و نسبت‌های متنوعی است که برای محاسبه کارایی آن معرفی‌شده است. همچنین، این الگو دارای کاستی‌هایی ازجمله، پیچیدگی زیاد در حل الگوی غیرخطی آن، مشکل منطقی افزایش ریسک ناشی از رشد کمّی 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 قابل‌اندازه‌گیری است:

$$VaR = M.Z_{\alpha}.\delta\sqrt{T} - \mu.x_i = M.Z_{\alpha}.\delta\sqrt{T} - r_p \quad (٤)$$

این رابطه برای دوره‌های بلندمدت می‌باشد. برای دوره‌های کوتاه‌مدت با فرض میانگین صفر= r_p ، از فرمول زیر استفاده می‌کنیم :

$$VaR = M.Z_{\alpha}.\delta\sqrt{T} \quad (٥)$$

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

$$\delta_p^2 = x' * vc * x \quad (٦)$$

که در آن x'، ماتریس سطری ضرایب پرتفوی، vc ، ماتریس مربعی واریانس-کوواریانس و x، ماتریس ستونی ضرایب پرتفوی می‌باشد. نهایتاً، از الگوی زیر برای بهینه‌سازی ارزش در معرض ریسک (*VaR*) می‌توان استفاده کرد:

$$Min\ Z = Z_{\alpha}.\delta_p - \bar{r}_p$$

$$s.t. \quad \bar{r}_p = \sum_{j=1}^{M} x_j\, \bar{r}_j \quad (٧)$$

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

در این قسمت، برای تبیین کاربرد این تکنیک‌ها در بهینه‌سازی پرتفوی، به بررسی مثالی می‌پردازیم که با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی حل‌شده است و ریسک از طریق متوسط ارزش در معرض ریسک (AVaR) موردمحاسبه قرارگرفته است. AVaR به‌عنوان معیار ریسکی محسوب می‌شود که به‌عنوان جایگزین VaR دارای اولویت بیشتری است. این امر به دلیل عدم وجود یک سری نواقص در VaR می‌باشد و می‌تواند یک سری تعاریف مشهودی را ارائه دهد. یک سری روش‌های مناسبی برای محاسبه و ارزیابی AVaR وجود دارد که امکان استفاده از آن را در مسائل پرتفوی بهینه فراهم می‌آورد. همچنین، تمامی ویژگی‌های معیار ریسک منسجم را دارا می‌باشد و با روابط اولویتی سرمایه‌گذاران ریسک گریز سازگار است. همچنین، یکی از معایب VaR این است که در مورد شدت زیان بالاتر از سطح VaR، هیچ‌گونه اطلاعاتی را ارائه نمی‌دهد (فخرحسینی و کاویانی، ١٣٩٧).

فرض کنید یک نمونه‌ی مشاهده‌شده از بازده‌های پرتفوی را دارا می‌باشیم که نسبت به توزیع آن‌ها شناختی نداریم. هیچ مدل توزیعی را ارائه نمی‌دهیم؛ AVaR بازده پرتفوی می‌تواند با توجه به نمونه‌های بازده مشاهده‌شده‌ی پرتفوی تخمین زده شود. بازده‌ی مشاهده‌شده پرتفوی در زمان ثابت $t_1, t_2, \ldots t_n$ می‌تواند از طریق $r_1, r_2, \ldots, r_n$ نشان داده شود. اعداد موجود در نمونه‌ها به ترتیب مشاهدات ارائه داده می‌شود. نمونه‌های طبقه‌بندی‌شده به‌وسیله‌ی $r_{(1)} \leq r_{(2)} \leq, \ldots \leq r_{(n)}$ نشان داده می‌شود؛ ازاین‌رو $r_{(1)}$ با کوچک‌ترین بازده مشاهده‌ی پرتفوی و $r_{(n)}$ با بزرگ‌ترین مقدار برابر می‌باشد. AVaR بازده پرتفوی در احتمال دُمیϵ می‌تواند بر اساس فرمول زیر تخمین

نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ٣، شماره (٢)، تابستان ١٣٩٧، صفحه: ١٦٤-١٧٧

زده شود[۱] (فخرحسینی و کاویانی، ۱۳۹۷):

$$\widehat{AVaR}_{\epsilon}(r) = -\frac{۱}{\epsilon}\left(\frac{۱}{n}\sum_{k=۱}^{\lceil n\epsilon \rceil - ۱} r_{(k)} + \left(\epsilon - \frac{\lceil n\epsilon \rceil - ۱}{n}\right) r_{(\lceil n\epsilon \rceil)}\right) \quad (۸)$$

که $\lceil x \rceil$ در این فرمول نشان‌دهنده‌ی کوچک‌ترین عدد صحیحی است که از x[۲] بزرگ‌تر می‌باشد." کلاهک " موجود در بالای AVaR نشان‌دهنده‌ی اعدادی است که از این طریق محاسبه‌شده و بدین دلیل به‌عنوان تخمین ارزش واقعی محسوب می‌شود که بر مبنای نمونه می‌باشد. این امر به‌عنوان یک مفهوم استاندارد موجود در آمار محسوب می‌شود. نشان می‌دهیم که معادله‌ی (۷) در مثال زیر می‌تواند به کار گرفته شود. فرض کنید که نمونه طبقه‌بندی‌شده بازده پرتفوی به‌صورت % ۱/۳۷ -، % ۰/۹۸ -، % ۰/۳۸ -، % ۰/۲۶ -، % ۰/۱۹ ،% ۰/۳۱، % ۱/۹۱ می‌باشد و هدف ما برآورد پرتفویی است که در احتمال دمی%۳۰ قرارگرفته است. نمونه‌های مربوط به این موارد دارای هفت مشاهده و ۳ =(۷× ۰/۳) = $\lceil n_{\epsilon} \rceil$ است. بر اساس معادله‌ی (۷) می‌توانیم به محاسبه‌ی

$$\widehat{AVaR}_{\epsilon}(r) = -\frac{۱}{۰.۳}\left(\frac{۱}{۷}\left(-\%۰٫۹۸ - ۱.\%۳۷\right) + \left(۰.۳ - ۲/۷\right)\left(-\%۰٫۳۸\right)\right) = ۱.\%۱۳۷$$

بپردازیم. فرمول (۸) فقط برای نمونه‌های مربوط به مشاهدات تجربی به کار گرفته می‌شود. ممکن است بخواهیم برای AVaR از یک مدل آماری استفاده کنیم که هیچ‌گونه عبارت بافرم بسته را دارا نمی‌باشد، سپس به‌راحتی می‌توانیم از توزیع، نمونه‌گیری کنیم و فرمول (۸) را برای شبیه‌سازی به کار ببریم. علاوه بر فرمول (۸)، روش یادگیری برای برآورد AVaR وجود دارد. این روش بر مبنای کمینه‌سازی است که امید ریاضی را با درصد متوسط جایگزین می‌کنیم.

$$\widehat{AVaR}_{\epsilon}(r) = \min_{\theta \epsilon R}\left(\theta + \frac{۱}{n\epsilon}\sum_{i=۱}^{n} max\left(-r_i - \theta, ۰\right)\right). \quad (۹)$$

معادله‌های (۸) و (۹) با یکدیگر برابر می‌باشند اما این برابری مشهود نیست.

کمینه‌سازی در فرمول (۹) بدین‌جهت دارای اهمیت می‌باشد که می‌تواند از طریق روش برنامه‌ریزی خطی مورد برآورد قرار گیرد. از طریق معرفی متغیرهای کمکی $d_۱, \ldots, d_n$ می‌توان برنامه‌ریزی خطی را یک‌بار دیگر بیان نمود.

---

[۱] این فرمول به‌عنوان یک نتیجه‌ی ثابت مربوط به تعریف AVaR برای توزیعات گسترده می‌باشد؛ به ضمایم این فصل مراجعه کنید. جزئیات مربوط به انحرافات از طریق روچاک فلر و یوریاسف (۲۰۰۰) فراهم آمده است.

[۲] برای مثال ۴ = $\lceil ۳٫۸ \rceil = \lceil ۳٫۱ \rceil$

$$\min_{\theta \epsilon R} \quad \theta + \frac{۱}{n\epsilon}\sum_{k=۱}^{n} d_k$$

$$subject\ to \quad -r_k - \theta \leq d_k, k = ۱,n \qquad (۱۰)$$

$$d_k \geq ۰, k=۱,n$$

$$\theta \epsilon \mathbb{R}$$

مسئله‌ی خطی (۱۰) به‌واسطه‌ی روش‌های استاندارد موجود در برنامه‌ریزی ریاضی می‌تواند از معادله‌ی (۷) به دست آید. برابری بین آن‌ها را به‌صورت خلاصه بیان می‌کنیم. ارزش θ تا θ^* را مورد ثابت سازی قرار می‌دهیم، سپس انتخاب متغیرهای کمکی باعث ایجادکیمنه در فرمول (۱۰) می‌شود. اگر $-r_k - \theta^*$ باشد؛ ازاین‌رو $d_k = ۰$ می‌شود. همچنین اگر $-r_k - \theta^* \geq ۰$ باشد؛ ازاین‌رو $d_k = -r_k - \theta^*$ می‌شود. در این هنگام مجموع موجود در تابع هدف با مجموع بیشینه در معادله‌ی (۹) برابر می‌باشد. به‌کارگیری فرمول (۱۰) در مثال بالا باعث می‌شود تا به مسائل بهینه‌سازی دست‌یابیم.

$$\min_{\theta . d} \quad \theta + \frac{۱}{۰\times ۷.۳}\sum_{k=۱}^{۷} d_k \qquad (۱۱)$$

$$subject\ to \quad \%۰/۹۸ - \theta \leq d_۱$$

$$-\%۰/۳۱ - \theta \leq d_۲$$

$$-\%۱/۹۱ - \theta \leq d_۳$$

$$\%۱/۳۷ - \theta \leq d_۴$$

$$\%۰/۳۸ - \theta \leq d_۵$$

$$\%۰/۲۶ - \theta \leq d_۶$$

$$-\%۰/۱۹ - \theta \leq d_۷$$

$$d_k \geq ۰,\ k \leq ۱/۷$$

$$\theta \epsilon \mathbb{R}$$

نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۳، شماره (۲)، تابستان ۱۳۹۷، صفحه: ۱۷۷-۱۶۴

عدد ۱/۱۳۷% به‌عنوان راه‌حل مربوط به این مسئله‌ی بهینه‌سازی محسوب می‌شود که برای ۳۸% = θ به‌دست‌آمده است. درواقع ارزش θ با VaR موجود در احتمال دُمی‌۳۰% سازگار می‌باشد که این امر به‌صورت تصادفی رخ نمی‌دهد بلکه به‌عنوان ویژگی مربوط به مسائل محسوب می‌شود.

۵- کاربرد در اوراق قرضه

بر اساس ماده ۵۲ ق .ت.، اوراق قرضه عبارت است از یک برگه قابل معامله که مطابق با آن مبلغی وام با بهره مشخص معرفی می‌نماید که تمامی آن یا بخشی از آن باید در موعد یا مواعد معینی استرداد شود. بر اساس ماده ۲ قانون تأسیس بورس اوراق بهادار مصوب سال ۱۳۴۵، علاوه بر شرکت‌های سهامی عام، ارگان‌های دیگری از قبیل مؤسسات وابسته به دولت، شهرداری‌ها و خزانه‌داری کل می‌توانند مطابق با قوانین و تشکیلات خود اقدام به صدور اوراق قرضه کنند. بر اساس قسمت اخیر ماده ۵۲ قانون تجارت، برای ورقه قرضه ممکن است علاوه بر بهره، حقوق دیگری نیز در نظر گرفته می‌شود.

در بازار مالی، اوراق قرضه، یک وثیقه بدهی است که ناشر ذی‌صلاح آن، متعهد به پرداخت اصل و بهره یا کوپن (بهره پرداختی به مدت‌زمانی اوراق قرضه بستگی دارد) اوراق قرضه به دارنده آن می‌باشد؛ ناشر متعهد می‌شود که در فواصل معین زمانی، بهره اوراق و در سررسید، اصل پول اوراق قرضه را پرداخت کند (معافی، ۱۳۸۸). یکی از موارد مهم در اوراق قرضه که در ارزش‌گذاری آن نقش مهمی دارد نرخ کوپن (نرخ سود) و نرخ بازده تا سررسید اوراق است که ناوس و کیلر[۱] (۱۹۸۱) با پیشنهاد فرمول برنامه‌ریزی عدد صحیح، محدودیت‌هایی را اضافه نمودند که نرخ کوپن را با اعداد صحیح در مضرب مشخص نشان دادند. همچنین، شهرداری‌ها می‌توانند هزینه بهره واقعی (که نرخ بازده داخلی[۲] (IRR) اوراق قرضه است) را به‌جای هزینه بهره خالص مشخص و از آن به‌عنوان معیار انتخاب استفاده نمایند. به‌عنوان یک هدف، کمینه کردن نرخ بازده داخلی باعث بروز مسئله غیرخطی می‌شود. بیرواگ[۳] (۱۹۷۶) برای حل این مسئله، یک الگوریتم برنامه‌ریزی خطی را پیشنهاد داد. ناوس[٤] (۱۹۸۶) برخی محدودیت‌ها را اضافه نمود که به ایجاد مسئله عدد صحیح انجامید و یک راه‌حل تقریبی با استفاده از برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح پیشنهاد داد. همچنین، برای پرتفوی اوراق قرضه، یک بازار ثانویه فعال وجود دارد که ممکن است ریسک نکول قابل‌توجهی را دارا باشد. دل انجل و همکاران[٥] (۱۹۹۸) با استفاده از تجزیه‌وتحلیل زنجیره مارکوف[٦] در مورد عملکرد اوراق قرضه ۱۴ ایالت و شبیه‌سازی مونت‌کارلو، به توزیع احتمال ارزش فعلی پرتفوی اوراق قرضه پرداختند. . ژو[۷] و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از مدل چندمنظوره و با رویکرد برنامه‌ریزی نیمه معین به بررسی تحدب ترکیبی در پوشش ریسک پرتفوی اوراق قرضه پرداختند که نتایج بیانگر آن است که تجزیه‌وتحلیل شبیه‌سازی و مطالعات تجربی بیانگر آن است که استراتژی‌های پوشش ریسک مرتبه دوم، تخمین دقیق‌تری را به تغییر ارزش اوراق قرضه نشان می‌دهد و درنتیجه، عملکرد پوشش ریسک بهتر می‌شود. ایکسیدوناس[۸] و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از یکپارچگی مدل سازگاری-ایمن‌سازی برای بهینه‌سازی پرتفوی اوراق قرضه، اثربخشی مدل و قابلیت استفاده آن را نشان می‌دهند.

[۱] Nauss and Keeler
[۲] Internal Rate of Return (IRR)
[۳] Bierwag
[٤] Nauss
[٥] Del Angel et al.
[٦] Markov
[۷] Zhu
[۸] Xidonas

٦- کاربرد در اوراق بهادار با پشتوانه رهنی[1]

اوراق بهادار با پشتوانه رهنی توسط مؤسسات دولتی یا مؤسسات موردحمایت دولت منتشر می‌شوند. درواقع با این اقدام، وجوه لازم جهت پرداخت به متقاضیان وام مسکن فراهم می‌گردد[2]. این اوراق در ایران اختصاراً اوراق رهنی می‌نامند. بانک‌های خرده‌فروش اعطاکننده تسهیلات رهنی (وام‌های بلندمدت خرید مسکن) می‌توانند با فروش این تسهیلات به سرمایه‌گذاران بازار سرمایه، منابع جدید تجهیز و تسهیلات اضافی اعطا کنند. بانک‌های سرمایه‌گذاری واسطه این امر هستند؛ آن‌ها با طراحی ابزارهای مالی مناسب به پشتوانه تسهیلات رهنی، اوراق بهادار طراحی و عرضه می‌کنند که محل بازپرداخت اصل و سود آن‌ها، جریان نقدی دریافتی مربوط به اقساط تسهیلات رهنی اعطایی است. شرکت تامین سرمایه نوین (سهامی خاص) در سال‌های ۸۷ و ۸۸ با امضای قراردادهای جداگانه با بانك‌های مسکن، ملی، اقتصاد نوین و نیز لیزینگ اقتصاد نوین، به طراحی اوراق رهنی اقدام کرد. مجوزهای اصولی برای انتشار این اوراق توسط سازمان بورس و اوراق بهادار صادرشده است و اقدامات، جهت انتشار نهایی اوراق در دست انجام است[3]. به‌طور خلاصه، این اوراق بر اساس تبدیل مجموعه‌ای از رهن‌ها به اوراق بهادار ایجاد می‌شود. برای هر وام خاص، وام‌گیرنده این حق را دارد که بازپرداخت وام را زودتر انجام دهد (به‌عنوان پیش‌پرداخت) یا ممکن است در پرداخت سرمایه و بهره، کوتاهی کند. زیپکین[4] (۱۹۹۳) معتقد است این ریسک‌ها علاوه بر ریسک ناشی از نوسانات نرخ بهره وام‌های با نرخ بهره متغیر، بر مالکان اوراق بهادار با پشتوانه رهنی نیز اثر می‌گذارد؛ بنابراین اوراق بهادار با پشتوانه رهنی، اوراق بهادار دورگه[5] هست چراکه دارای نرخ بهره متغیر با اختیار معاملات[6] (خرید/فروش) می‌باشد. شبیه‌سازی مونت‌کارلو[7] می‌تواند جهت ایجاد مسیرهای نرخ بهره برای سال‌های آتی مورداستفاده قرار گیرد. پیش‌بینی نرخ پیش‌پرداخت وام، اجازه محاسبه هریک از جریانات هر مسیر نرخ بهره را داده و این توالی از جریانات نقدی برای ارزش‌گذاری اوراق بهادار با پشتوانه رهنی استفاده می‌شود (زنیوس[8]، ۱۹۹۳). این روش که می‌تواند نرخ نادرست اوراق بهادار با پشتوانه رهنی در زمان واقعی را شناسایی کند، محاسباتی سخت و موازی است که برای حل مسئله از آن استفاده‌شده است؛ علاوه بر این شبیه‌سازی برای قیمت‌گذاری تعهدات رهنی وثیقه گذاری شده[9] قابل‌استفاده است. دیگر اوراق بهادار دورگه مانند اوراق قابل‌خرید و فروش و اوراق قرضه قابل‌تبدیل، مشابه اوراق بهادار با پشتوانه رهنی با مسئله ارزش‌گذاری مواجه هست و نیازمند راه‌حل‌های ویژه مشابه می‌باشد.

٧- کاربرد در مسائل قانونی و تنظیمی

به‌طورکلی، در بازارهای مالی، نهادهای تنظیم‌گر مالی، ازجمله بانک مرکزی و سازمان بورس و اوراق بهادار، نقشی عمده در تنظیم روابط مالی در یک کشور دارند. آنچه بـه نهادهـای یادشـده در تنظـیم مـؤثر و کارآمـد شبکه‌ی عظیم روابط مالی در سطح ملی و بین‌المللی بیش از همه یاری می‌رساند، تأمین، حفظ و ارتقای استقلال آن‌ها است. بااین‌حال، نفـوذ سیاسـی در قالـب دخالـت در فرآینـدهای تصـمیم‌گیری، حذف خودسرانه‌ی مدیران ارشد و تصمیم‌گیرندگان در صورت مخالفت با سیاست‌های یک دولت، عدم استقلال بودجه‌ی این نهادها و اسـتفاده از آن‌ها به‌عنوان اهـرم فشـار در تحمیـل دیدگاه‌های جناحی ازجمله مشکلات بزرگی است که می‌تواند استقلال یک نهاد مالی تنظیم‌گر را به‌شدت تضعیف نموده، موج سوق دادن آن به تنظیم بازار مالی و پولی در راستای اهـدافی کوتاه‌مدت گردد (رهبر، ۱۳۹٦). تنظیم‌کننده‌های مالی به‌طور فزاینده‌ای نگران بازارهای مالی با جریان‌های مالی بین‌المللی بسیار بزرگ و سریع خود هستند. تکنیک‌های تحقیق در عملیات ثابت کرده است که در تنظیم ذخایر سرمایه‌گذاری شده توسط بانک‌ها و سایر مؤسسات مالی برای کاهش خطرات احتمالی مفید می‌باشد. تکنیک‌های تحقیق در عملیات برای اطمینان از انطباق با الزامات قانونی

---

[1] Mortgage Backed Securities (MBS)
[2] https://fa.wikipedia.org
[3] http://etemadnewspaper.ir
[4] Zipkin
[5] Hybrid
[6] Trade Options
[7] Monte Carlo
[8] Zenios
[9] Collateralised Mortgage Obligations (CMOs)

نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۳، شماره (۲)، تابستان ۱۳۹۷، صفحه: ۱٦۴-۱۷۷

مختلف توسط طراحی استراتژی‌های مناسب و همچنین جهت حل دیگر مسائل قانونی مربوط به بازارهای مالی، استفاده‌شده است. یک مسئله کلیدی نظارتی، تعیین سرمایه موردنیاز توسط مؤسسات مالی برای داشتن مبنایی در فعالیت‌های خود در بازارهای مالی است. یک رویکرد بسیار رایج برای این مسئله این است که ارزش در معرض ریسک[1] (VAR) تعیین شود. اگر دوره‌ی زمانی ۱ روز و احتمال ۱ % باشد؛ بنابراین ارزش در معرض ریسک، بیش‌ترین میزان زیان است. انتظار می‌رود بالاترین زیان مرتبط با ریسک بازار در احتمال ۹۹ درصد رخ دهد؛ بنابراین، ارزش در معرض ریسک شامل تعریف نیمه کمتر توزیع احتمال درآمد پرتفوی شرکت می‌باشد. مسئله خاصی که در اندازه‌گیری ریسک احتمالی وجود دارد این است که معمولاً سهام شامل اوراق اختیار معامله‌ای است (و یا اوراق بهادار مالی با ویژگی‌هایی شبه اختیاری) و این اوراق اختیار معامله‌ای دارای بازده‌هایی بسیار نامتقارن می‌باشد. برای چنین اوراق بهاداری، راه‌حل‌های تحلیلی برای یافتن احتمالات در نیمه کمتر توزیع بازده، غیرقابل‌اعتماد می‌باشد. سنجه ریسک از تقریب مبتنی بر "یونانیان " برای اختیارات معامله پولی و یا شبه پولی استفاده می‌کند و شبیه‌سازی مونت‌کارلو برای موقعیت اختیار معامله‌ای دیگر، قابل‌استفاده است (جی. پی. مورگان و روترز[2]، ۱۹۹۶). شبیه‌سازی مونت‌کارلو هم می‌تواند فرضیات توزیعی[3] را ابداع و هم از توزیع درک تاریخی[4] استفاده کند (برای مثال راه‌اندازی اولیه (پریسکر[5]، ۱۹۹۷))؛ درحالی‌که سنجه‌های ریسک، ریسک‌های بازار را شناسایی می‌کند، برخی از اوراق بهادار نیز تابع ریسک اعتباری[6] می‌باشد. اگرچه ریسک بازار اوراق بهادار مالی (به‌غیراز اوراق اختیار معاملات) تمایل به ایجاد بازده با یک توزیع حدوداً نرمال را دارد، ریسک اعتباری، بازده غیرعادی برای همه اوراق بهادار ایجاد می‌کند. معمولاً هیچ پیش فرضی وجود ندارد ولی گاهی یک پیش‌فرض مهم و یا کلی مشاهده می‌شود؛ بنابراین شبیه‌سازی مونت‌کارلو برای مدل‌سازی ریسک اعتباری سهام در اوراق بهادار مالی مناسب است (به‌عنوان‌مثال وام، اعتبار اسنادی[7]، اوراق قرضه، اعتبار تجاری[8]، معاوضه[9] و سلف[10]) که مشابه سنجه اعتبار[11] می‌باشد (گوپتن[12] و همکاران، ۱۹۹۷). از تحلیل پوششی داده‌ها[13] (DEA) برای کمک به مقررات بانکی با اندازه‌گیری کارایی بانک استفاده‌شده که پس‌ازآن برای پیش‌بینی ورشکستگی بانک مورداستفاده قرار گرفت (بار[14]، ۱۹۹۸). معامله‌گران هنگام معامله اختیارات معامله، باید حاشیه را در نظر بگیرند؛ همچنین قوانین پیچیده‌ای برای تعیین حاشیه کلی موردنیاز در پرتفوی اختیار معاملات وجود دارد. معامله‌گران مایل به حداقل کردن میزان حاشیه پرداختی[15] می‌باشند. راد[16] (۱۹۸۲) مدل برنامه‌ریزی خطی را توسعه دادند که در آن، مسئله به‌عنوان یک مسئله حمل‌ونقل[17] برای تعیین حداقل حاشیه موردنیاز نشان داده‌شده است. برخی از اوراق بهادار با پشتوانه رهنی بر اساس عنوان "اعلام شدنی[18]" بر اساس تحویل در آینده[19] معامله‌شده است. در این موارد، بنیان‌گذاران، سهامی دارند که هنوز ترکیب[20] نشده‌اند؛ درنتیجه انعطاف‌پذیری در اوراق بهادار قابل‌تبدیل ساختاریافته[21] به روشی سودمند برای خودشان را فراهم می‌آورند. مجموعه گسترده‌ای از قوانین، روشی که در آن اوراق بهادار با پشتوانه رهنی "اعلام شدنی " قابل تشکیل است را کنترل می‌کند که منجر به شکل‌گیری مسئله‌ای پیچیده در طراحی یک راه‌حل موجه[22] می‌شود. این می‌تواند با عنوان مسئله برنامه‌ریزی عدد صحیح پیچیده معرفی شود (باهدف به حداکثر رساندن سود مؤسس). همچنین، تعهدات رهنی وثیقه گذاری شده شامل تبدیل مجموعه رهن‌ها به اوراق بهادار است؛ اما در این مورد، ترکیب به شکل تعدادی اوراق بهادار (اقساط) با سررسید و ریسک مختلف به وجود آمده

---

[1] Value at Risk
[2] J. P. Morgan & Reuters
[3] Distributional Assumptions
[4] Distribution of Historical Realizations
[5] Pritsker
[6] Credit Risk
[7] Letters of Credit
[8] Trade Credit
[9] Swaps
[10] Forwards
[11] Creditmetrics
[12] Gupton
[13] Data Envelopment Analysis (DEA)
[14] Bauer
[15] Margin Payments
[16] Rudd
[17] Transportation
[18] To-be-Announced
[19] Forward Delivery
[20] Pool
[21] Structuring the Securitization
[22] Devising a Feasible Solution

است. در آمریکا محدودیت‌های قانونی مختلفی بر چگونگی شکل‌گیری تعهدات رهنی وثیقه گذاری شده اعمال می‌شود که ممکن است دستیابی به راه‌حلی موجه دشوار شود. دال[۱] و همکاران (۱۹۹۳) مدل برنامه‌ریزی صفر و یک را باهدف به حداکثر رساندن درآمد حاصل از این موضوع پیشنهاد دادند. شاردا[۲] (۱۹۸۷)، یک فرمول برنامه‌ریزی خطی برای مشخص کردن حداکثر زیان حاصل از معامله سهام یک شرکت که سرمایه‌گذاران متحمل می‌شوند را پیشنهاد داد. این رقم می‌تواند در طرح دعوی ادعای خسارت بابت اظهارات گمراه‌کننده شرکت در دادگاه، توسط وکیل شرکت مورداستفاده قرار گیرد. در آگوست ۱۹۸۲ بازار سهام کویت با ۹۴ میلیارد دلار بدهی سقوط کرد، این امر منجر به تفکر در ابداع یک روش عادلانه برای توزیع دارایی‌های توقیف‌شده از کارگزاران ورشکسته[۳] در بین کارگزاران و سرمایه‌گذاران خصوصی شد. این مسئله با استفاده از برنامه‌ریزی خطی حل شد که در آن، کل بدهی‌های تصفیه نشده به ۲۰ میلیارد دلار کاهش پیدا کرد و در حدود ۱۰/۳۴ میلیارد دلار در هزینه‌های وکیل صرفه‌جویی شد (الیما و همکاران[۴]، ۱۹۹۷،۱۹۹۶).

۸- نتیجه‌گیری

آنچه در این مقاله بدان پرداخته شد معرفی و کاربرد تکنیک‌های علم OR در تحقیقات مالی بود که امروزه نقش تعیین‌کننده‌ای در دقت نتایج و اتخاذ تصمیمات بهینه مالی و سرمایه‌گذاری دارد؛ به‌عنوان‌مثال شبیه‌سازی مونت‌کارلو نیز به‌طور گسترده در بازارهای مالی در ارزش‌گذاری اختیار معامله خاص و به‌منظور برآورد ارزش در معرض ریسک برای نهادهای مختلف مالی بکار گرفته‌شده است. کارایی بازار توسط شبکه‌های عصبی می‌تواند مورد آزمون گیرد. نظریه‌ی بازی برای کنترل شرکت‌های بزرگ، درخت‌های تصمیم‌گیری برای تجزیه‌وتحلیل انتخاب رهن، مدل‌های موجودی[۵] برای تعیین میزان و زمان‌بندی صدور اوراق قرضه شرکت‌ها و زنجیره مارکوف برای ارزش‌گذاری پرتفوی اوراق قرضه و آزمون کارایی بازار بکار گرفته‌شده است. درحالی‌که نظریه‌ی صف[۶] که یکی از تکنیک‌های مهم تحقیق در عملیات است، در تحقیقات مالی بسیار کم استفاده‌شده است. علی‌رغم بهره‌گیری فراوان این روش‌ها و تکنیک‌ها در مسائل مالی، متأسفانه تحقیقات مالی در کشورمان در رشته‌های مالی کمتر به این سمت سوق داده‌شده است و این شاید به جهت عدم آشنایی محققین به کاربرد این علوم و نبود حداقل دانش در این زمینه بوده است؛ ازاین‌رو با توجه به خلا موجود، این مقاله به بررسی کاربرد این تکنیک‌ها با رویکرد تحقیقات تجربی گام برداشت و نشان داد که تکنیک‌های پژوهش عملیاتی نقش مهمی در تحقیقات مالی دارد. همچنین، در سال‌های اخیر با بهبودهای چشمگیر درزمینه‌ی در دسترس بودن زمان واقعی داده‌ها و افزایش سرعت رایانه این نقش بیشتر شده است که خود منجر به ایجاد فرصتی برای به‌کارگیری تکنیک‌های پژوهش عملیاتی و نقش بیشتر آن در تحقیقات می‌گردد؛ بنابراین با استناد به موارد فوق پیشنهاد می‌گردد که گروه‌های آموزشی به مدرسان خود تأکید نمایند که در مباحث پیشرفته پژوهش‌های عملیاتی با رویکرد کاربردی و تجربی به دانشجویان خود در رشته‌های مالی تدریس نمایند تا این تکنیک‌ها به‌صورت کاربردی در تحقیقات مالی جهت دستیابی به تصمیمات بهینه مالی علی‌الخصوص، مفید واقع شود. نهایتاً، پیشنهاد می‌گردد از تکنیک تحقیق در عملیات در نهادهای تنظیم‌گر مالی و مؤسسات مالی برای تعیین استانداردهای کفایت سرمایه استفاده گردد.

منابع

ابزری، مهدی، کتابی، سعیده، عباسی، عباس. (۱۳۸۴). بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری با استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی خطی و ارائه یك مدل کاربردی. مجله علوم اجتماعی و انسانی دانشگاه شیراز، ۲۲(۲)، ۱-۱۷.

امیرحسینی، زهرا و قبادی، معصومه. (۱۳۹۳). ارائه مدل برنامه‌ریزی خطی بر مبنای تئوری تصمیم‌گیری فازی برای انتخاب پرتفوی. مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، ۵(۲۱)، ۱-۱۲.

راعی، رضا. (۱۳۸۱). تشکیل سبد سهام برای سرمایه‌گذار مخاطره‌پذیر: مقایسه شبکه‌های عصبی و مارکوویتز. چشم انداز مدیریت بازرگانی (چشم‌انداز مدیریت (پیام مدیریت))، ۲(۲)، ۹۶-۷۸.

رهبر، نوید. (۱۳۹۶). حفظ استقلال نظام بورس و اوراق بهادار جمهوری اسلامی ایران. مطالعات حقوق تطبیقی، ۸(۱)، ۱۷۹-۲۰۲.

[۱] Dahl
[۲] Sharda
[۳] Insolvent Brokers
[۴] Elimam et al.
[۵] Inventory Models
[۶] Queuing Theory

نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات، دوره ۳، شماره (۲)، تابستان ۱۳۹۷، صفحه: ۱۶۴-۱۷۷

شاه علیزاده، محمد و معماریانی، عزیزاله. (۱۳۸۲). چارچوب ریاضی گزینش سبد سهام با اهداف چندگانه، بررسی‌های حسابداری و حسابرسی. بررسیهای حسابداری و حسابرسی، ۱۰(۳۲)،۱۰۲-۸۳.
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.
فخرحسینی، سیدفخرالدین و کاویانی، میثم. (۱۳۹۷). مدل‌های تصادفی پیشرفته، ارزیابی ریسک و بهینه‌سازی پرتفوی، ترجمه کتاب راشف و همکاران، ۲۰۰۸، تهران، انتشارات کتاب مهربان.
کاظمی میان گسکری، مینا، یاکیده، کیخسرو و قلی زاده، محمدحسن. (۱۳۹۶). بهینه یابی سبد سهام (کاربرد مدل ارزش در معرض ریسك بر روی کارایی متقاطع). راهبرد مدیریت مالی، ۵(۲)، ۱۸۳-۱۵۹.
کاویانی، میثم، فخرحسینی، سیدفخرالدین، منتظری، امین و یزدانی، رضا. (۱۳۹۵). بررسی موارد خاص در مدیریت مالی: رویکرد تحقیقات تجربی. تهران، انتشارات آرون.
معافی، سیده فاطمه. (۱۳۸۸). آشنایی با اوراق قرضه ارزی. دینای اقتصاد. دریافت شده از
https://donya-e-eqtesad.com/ بخش-اندیشه-اقتصاد-۵۷۳۱۷۲/۲۳-آشنایی-با-اوراق-قرضه-ارزی
مقصود، امیری، محبوب قدسی، مهسا. (۱۳۹۴). مدل برنامه‌ریزی خطی فازی برای مسئله انتخاب سبد سهام بهینه. مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار (مدیریت پرتفوی)، ۶(۲۳)، ۱۰۵ - ۱۱۸.
نبوی چاشمی، علی، رحمان، یوسفی کرچنگی. (۱۳۹۰). تعیین پرتفوی بهینه با استفاده از تکنیک برنامه‌ریزی آرمانی فازیFGP . مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار. ۳(۹)، ۱۰۷-۱۳۱.
نجفی، امیرعباس و خراسانی، صبا. (۱۳۹۶). توسعه یک مدل چندهدفه برای بهینه‌سازی سبد ردیاب شاخص با در نظرگیری بتا، ریسک غیر سیستماتیک و خطای ردیابی. دانش سرمایه‌گذاری، ۶(۲۱)، ۱۲۸-۱۱۳.
نمازی، محمد و ناظمی، امین. (۱۳۸۴). بررسی تحلیلی تحقیقات انجام‌شده در بورس اوراق بهادار تهران. تحقیقات مالی، ۷(۱)، ۱۶۶ ـ ۱۳۵.
همائی‌فر، ساغر و روغنیان عماد. (۱۳۹۵). به‌کارگیری الگوهای بهینه‌سازی پایدار و برنامه‌ریزی آرمانی در مسئله انتخاب سبد سرمایه‌گذاری چند دوره‌ای. مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، ۵(۲۸)، ۱۵۳-۱۶۷.

Ahmadi, H. (1993) Testability of the Arbitrage Pricing Theory by Neural Networks. *Proceedings of the 1990 IJCNN international joint conference on neural networks*. San Diego, CA, USA: IEEE.
Bauer, P. W., Berger, A. N., Ferrier, G. D., & Humphrey, D. B. (1998). Consistency conditions for regulatory analysis of financial institutions: a comparison of frontier efficiency methods. *Journal of economics and business*, *50*(2), 85-114.
Ben-Horim, M., & Silber, W. L. (1977). Financial innovation: a linear programming approach. *Journal of banking & finance*, *1*(3), 277-296.
Bertsimas, D., & Lo, A. W. (1998). Optimal control of execution costs. *Journal of financial markets*, *1*(1), 1-50.
Bierwag, G. O. (1976). Optimal TIC bids on serial bond issues. *Management science*, *22*(11), 1175-1185.
Chandy, P. R., & Kharabe, P. (1986). Pricing in the government bond market. *Interfaces*, *16*(5), 65-71.
Co. Incorporated.
Dahl, H., Meeraus, A., & Zenios, S. A. (1993). Some financial optimization models: II. Financial engineering. *Financial optimization*, 37-71.
Del Angel, G. F., Diez-Canedo, J. M., & Gorbea, E. P. (1998). A discrete Markov chain model for valuing loan portfolios. The case of Mexican loan sales. *Journal of banking & finance*, *22*(10-11), 1457-1480.
Dryden, M. M. (1968). Short-term forecasting of share prices: An information theory approach. *Scottish journal of political economy*, *15*(1), 227-249.
Dryden, M. M. (1969). Share price movements: A Markovian approach. *The journal of finance*, *24*(1), 49-60.
Dutta, P. K., & Madhavan, A. (1997). Competition and collusion in dealer markets. *The journal of finance*, *52*(1), 245-276.
Elimam, A. A., Girgis, M., & Kotob, S. (1996). The use of linear programming in disentangling the bankruptcies of Al-Manakh stock market crash. *Operations research*, *44*(5), 665-676.
Elimam, A. A., Girgis, M., & Kotob, S. (1997). A solution to post crash debt entanglements in Kuwait's al-Manakh stock market. *Interfaces*, *27*(1), 89-106.
Goonatilake, S., & Treleaven, P. C. (1995). *Intelligent systems for finance and business*. John Wiley & Sons, Inc.
Gupton, G. M., Finger, C. C., & Bhatia, M. (1997).*CreditMetrics-TechnicalDocument*. NewYork: J.P.Morgan&
Hodges, S. D., & Schaefer, S. M. (1977). A model for bond portfolio improvement. *Journal of financial and quantitative analysis*, *12*(2), 243-260.
J.P. Morgan & Reuters (1996). *RiskMetricsTM--Technical Document*. *New York*: *Morgan Guaranty Trust Company*.
Companies.
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.
Keim, D. B., Ziemba, W. T., & Moffatt, H. K. (Eds). (2000). *Security market imperfections in worldwide equity markets*. Cambridge University Press.
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.
Mulvey, J. M., & Vladimirou, H. (1992). Stochastic network programming for financial planning problems. *Management science*, *38*(11), 1642-1664.

Nauss, R. M. (1986). True interest cost in municipal bond bidding: An integer programming approach. *Management science*, *32*(7), 870-877.

Nauss, R. M., & Keeler, B. R. (1981). Minimizing net interest cost in municipal bond bidding. *Management science*, *27*(4), 365-376.

Powers, I. Y. (1987). A game-theoretic model of corporate takeovers by major stockholders. *Management science*, *33*(4), 467-483.

Pritsker, M. (1997). Evaluating value at risk methodologies: accuracy versus computational time. *Journal of financial services research*, *12*(2-3), 201-242.

Refenes, A. P. (1994). *Neural networks in the capital markets*. John Wiley & Sons, Inc.

Rudd, A. (1980). Optimal selection of passive portfolios. *Financial management*, 57-66.

Sharda, R. (1987). A simple model to estimate bounds on total market gains and losses for a particular stock. *Interfaces*, *17*(5), 43-50.

Speranza, M. G. (1996). A heuristic algorithm for a portfolio optimization model applied to the Milan stock market. *Computers & operations research*, *23*(5), 433-441.

Trippi, R. R., & Turban, E. (1992). *Neural networks in finance and investing: Using artificial intelligence to improve real world performance*. McGraw-Hill, Inc.

Wong, B. K., & Selvi, Y. (1998). Neural network applications in finance: A review and analysis of literature (1990–1996). *Information & management*, *34*(3), 129-139.

Xidonas, P., Hassapis, C., Bouzianis, G., & Staikouras, C. (2018). An Integrated Matching-Immunization Model for Bond Portfolio Optimization. Computational Economics, 51(3), 595-605.

Zenios, S. A. (1993). A model for portfolio management with mortgage-backed securities. *Annals of operations research*, *43*(6), 337-356.

Zhu, W., Zhang, C. H., Liu, Q., & Zhu, S. S. (2018). Incorporating Convexity in Bond Portfolio Immunization Using Multifactor Model: A Semidefinite Programming Approach. *Journal of the operations research society of china*, *6*(1), 3-23.

Zipkin, P. (1993). Mortgages and Markov chains: a simplified evaluation model. *Management science*, *39*(6), 683-691.