

کاربرد تکنیک‌های پژوهش عملیاتی در تصمیمات ساختار سرمایه

ندا خواجه‌فرد^۱، مرتضی کاویانی^۲، علی سام دلیری^۳

^۱گروه حسابداری، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران.

^۲گروه حسابداری، واحد تنکابن، دانشگاه آزاد اسلامی، تنکابن، ایران.

^۳گروه حسابداری، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران.

چکیده

یکی از مهم‌ترین مسائلی که مدیران مالی باید برای حداکثر کردن ثروت سهامداران در نظر بگیرند، تعیین بهترین ترکیب منابع شرکت یا همان ساختار سرمایه^۱ است، به‌گونه‌ای که در آن ترکیب، منابع مالی با خصوصیتی همچون هزینه سرمایه اندک، نرخ بازده بیشتری را تحصیل نماید و ادعا می‌شود ساختار سرمایه‌ای که ارزش شرکت را افزایش می‌دهد و یا هزینه سرمایه کل را به حداقل می‌رساند، ساختار سرمایه بهینه می‌باشد. امروزه توجه به تصمیمات مربوط به ساختار سرمایه به قدری است که پژوهشگران با استفاده از مدل‌ها و بکارگیری تکنیک‌های کمی سعی در ایجاد ترکیب بهینه دارند. از اینرو یکی از علومی که تاکنون در علم مالی بسیار مورد استفاده قرار گرفته و منشأ توسعه پژوهش‌های مالی شده، استفاده از مدل‌های پژوهش عملیاتی^۲ (OR) بوده است، به طوریکه نقش تعیین‌کننده در توسعه تئوری‌های مالی و سرمایه‌گذاری نیز داشته است و منجر به رابطه دوسویه بین امور مالی و تکنیک‌های پژوهش عملیاتی گردیده است. لازم به ذکر است که همان‌طور که تکنیک‌های مختلف پژوهش عملیاتی برای مسائل مالی بکار گرفته شده، نظریه‌های مالی نیز نیازمند توسعه و بهبود تکنیک‌های راه‌حل پژوهش عملیاتی بوده است. از این‌رو مقاله حاضر به صورت مروری و به‌طور خلاصه به برخی از کاربرد تکنیک‌های پژوهش‌های عملیاتی در ساختار سرمایه می‌پردازد.

واژه‌های کلیدی: ساختار سرمایه، هزینه سرمایه، پژوهش عملیاتی.

پذیرش: ۱۳۹۸/۵/۳

اصلاح: ۱۳۹۸/۲/۲۲

دریافت: ۱۳۹۸/۱/۲۴

۱- مقدمه

امروزه تصمیمات بودجه‌بندی سرمایه‌ای و تأمین مالی از اصلی‌ترین حوزه‌های تصمیم‌گیری مدیران مالی شرکت‌های سهامی عام به شمار می‌روند. این تصمیمات باید در راستای حداکثر کردن ارزش شرکت برای صاحبان سهام اتخاذ شوند. به‌عنوان مثال، آنچه در تصمیمات بودجه‌بندی سرمایه‌ای نقش کلیدی ایفا می‌کند، هزینه سرمایه شرکت است، زیرا هزینه سرمایه به‌عنوان نرخ تنزیل جریان‌های نقدی حاصل از پروژه‌ای سرمایه‌گذاری استفاده می‌شود (صلواتی و رسائیان، ۱۳۸۶). از طرفی دیگر بیشینه کردن ارزش شرکت منجر به بهبود ثروت سهامداران می‌گردد و از بهترین راهکارهای آن، گزینش یا ترکیب مناسب منابع مالی بلندمدت است. به‌گونه‌ای که در آن ترکیب، منابع مالی

^۱Capital structure

^۲Operational research



با خصوصیتی همچون هزینه سرمایه اندک بتواند نرخ بازده بیشتری را تحصیل کند. بنابراین، رد یا قبول پروژه‌های سرمایه‌گذاری پیشنهادی در گرو انتخاب بهترین نرخ تنزیل یا همان هزینه سرمایه است. درحالی‌که هزینه سرمایه شرکت، تابعی از ساختار سرمایه است. بنابراین انتظار می‌رود تغییر در ترکیب منابع تأمین مالی (ساختار سرمایه) بر هزینه سرمایه^۱ و متعاقباً ارزش شرکت (به واسطه رد یا قبول پروژه‌های سرمایه‌گذاری دارای ارزش فعلی مثبت یا منفی) تأثیرگذار باشد (ایزدی نیا و رسانیان، ۱۳۸۸). لذا با توجه به اینکه در بازار سرمایه ایران نیز سیاست‌گذاری روش‌های تأمین مالی از ثبات لازم برخوردار نیست و شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران به دلایل مختلف اقتصادی دارای محدودیت‌های منابع مالی هستند و تنها راه بقاء و تداوم فعالیت شرکت‌ها انجام سرمایه‌گذاری برای توسعه آنها می‌باشد و انجام سرمایه‌گذاری نیز مستلزم اصلاح یا تغییر ساختار سرمایه نیز می‌باشد، بنابراین ضرورت دارد که با توجه به محدودیت‌های مذکور، رفتارهای سرمایه‌گذاری شرکت‌ها و رفتار تأمین مالی آنها، مورد مطالعه قرار گیرد (کاویانی، ۱۳۹۰).

۲- تئوری‌های ساختار سرمایه

در ارتباط با ساختار سرمایه، نظریه‌ها و مدل‌های مختلفی ارائه گردیده که عبارتند از: نظریه سنتی^۲، نظریه درآمد خالص^۳ (NI)، نظریه درآمد خالص عملیاتی^۴ (NOI)، نظریه میلر و مودیلیانی^۵ (M.M)، تئوری موازنه^۶ (مبادله) و تئوری سلسله مراتبی^۷ (ترجیحی)؛ تئوری نمایندگی، فرضیه عدم تقارن اطلاعات و فرضیه جریان نقد آزاد. طبق نظریه سنتی، ساختار مطلوب سرمایه وجود دارد و می‌توان ارزش شرکت را از طریق استفاده فزاینده از اهرم مالی^۸ افزایش داد، در واقع پیشنهاد می‌کند که شرکت می‌تواند هزینه سرمایه خود را از طریق افزایش میزان بدهی کاهش دهد (کنعانی امیری، ۱۳۸۴). نظریه درآمد خالص که توسط دیوید دوراند^۹ پیشنهاد شده است بیان دارد که تصمیمات ساختار سرمایه با ارزش شرکت ارتباط دارد و نیز تغییر در ساختار سرمایه (اهرم مالی) منجر به تغییر در هزینه سرمایه کل و ارزش کل شرکت خواهد شد. نظریه دیگر ساختار سرمایه که توسط دیوید دوراند پیشنهاد شده است، تئوری درآمد خالص عملیاتی می‌باشد. براساس این نظریه درجه اهرم مالی در تصمیمات ساختار سرمایه شرکت تأثیری ندارد و بنابراین هر گونه تغییری در اهرم اثری در ارزش شرکت و قیمت بازار سهام ندارد و علاوه بر آن هزینه سرمایه شرکت مستقل از اهرم می‌باشد و ارزش کلی شرکت تحت تأثیر ساختار سرمایه نیست. نظریه مودیلیانی و میلر با مقاله مشهورشان در سال ۱۹۵۸، ضمن رد نظریه سنتی معتقدند که هزینه سرمایه شرکت در تمامی سطوح استفاده از اهرم ثابت و بدون تغییر است و هر گونه تغییر در درجه اهرم مالی، تأثیری بر هزینه سرمایه شرکت ندارد. آنها در نظریه اول خود که با فرض عدم وجود مالیات بوده، استدلال می‌کنند که با تغییر ساختار سرمایه نمی‌توان ارزش شرکت را بالا برد. آنها در نظریه دوم خود با فرض در نظر گرفتن مالیات ابراز داشتند که هزینه سرمایه شرکت دیگر ثابت نیست چون با افزایش نسبت بدهی و در نتیجه افزایش مزایای سپر مالیاتی ارزش کل شرکت افزایش می‌یابد. بنابراین هزینه سرمایه کل شرکت با افزایش نسبت بدهی کاهش می‌یابد. تئوری موازنه در پی واکنش تئوری میلر و مودیلیانی ایجاد شده و منافع حاصل از تأمین مالی از طریق بدهی بواسطه صرفه‌جویی مالیاتی می‌باشد. بدهی منجر به افزایش مخارج بهره‌ای می‌شود و به موجب اهرم بالاتر صرفه‌جویی مالیاتی افزایش می‌یابد. با این عمل ارزش شرکت افزایش می‌یابد (کاویانی، ۱۳۹۰). تئوری سلسله مراتبی که توسط دو نفر از استادان مالی به نامهای بریلی^{۱۰} و مایرز^{۱۱} پیشنهاد شده، چنین اظهار می‌کند که در سایه تصمیمات مدبرانه‌ای که در زمینه سرمایه‌گذاری اتخاذ می‌گردد (و نه در سایه تصمیمات مدبرانه‌ای که در زمینه تأمین مالی گرفته می‌شود) می‌توان به پول‌های زیادی دست یافت. تردیدی نیست که این نظریه نقش مهم "تأمین مالی" را انکار نمی‌کند بلکه اولویت و یا حق تقدم را به سرمایه‌گذاری می‌دهد تصمیمات مربوطه به تأمین مالی باید به گونه‌ای اتخاذ گردد که هماهنگ با استراتژی سرمایه‌گذاری شرکت باشد، نه برعکس (مختاری، ۱۳۸۰). مایرز و

^۱Cost of capital

^۲Traditional approach

^۳Net Income approach

^۴Net operating income approach

^۵Modigliani and Miller

^۶Trade off theory

^۷Peking order theory

^۸Financial leverage

^۹David Durand

^{۱۰}Brealey

^{۱۱}Myers

ماژلوف^۱ (۱۹۸۴) معتقدند که تئوری سلسله مراتبی به تبیین تصمیمات شرکت‌ها در اولویت بندی تأمین مالی بصورت سلسله مراتبی پرداخته است. بر اساس این تئوری شرکتها تمایل دارند که وجوه داخلی را ابتدا خارج نمایند، ثانیاً از بدهی بدون ریسک (مطمئن) و نهایتاً از حقوق صاحبان سهام پر مخاطره که بعنوان منبع تأمین مالی خارجی می‌باشند، استفاده نمایند. تأمین مالی سلسله مراتبی وانمود می‌نماید که شرکتهایی که در تأمین مالی با کسری مواجه می‌شوند بایستی در آینده بسوی تئوری سلسله مراتبی گام بردارند (ساندر و میرز^۲، ۱۹۹۹).

۳- پژوهش عملیاتی

پژوهش عملیاتی (تحقیق در عملیات) یا علم مدیریت، با علم تصمیم و کاربرد آن در ارتباط است. علم مدیریت را می‌توان به‌عنوان شاخه‌ای از حوزه مدیریت قلمداد کرد که رویه عقلایی، منطقی، سیستماتیک و علمی را در تحلیل فرآیند مدیریت و مسائل مدیریتی بکار می‌گیرد. پژوهش عملیاتی 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 "پژوهش عملیاتی (Operational research)" استفاده می‌شود، در حالی که در آمریکا از واژه "تحقیق در عملیات (Operations research)" استفاده می‌شود که هر دو همان OR گفته می‌شوند. OR را می‌توان چارچوبی نظام‌یافته دانست که روی کاربرد فن‌آوری اطلاعات برای تصمیم‌گیری آگاهانه متمرکز است. به‌دیگر سخن OR علم اختصاص بهینه منابع است. هدف OR فراهم آوردن مبانی منطقی برای تصمیم‌گیری است از راه جستجو برای فهم و پی‌ریزی شرایط پیچیده و استفاده از این فهم برای پیش‌بینی رفتار سیستم و بهبود عملکرد سیستم. 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 رشته‌های مختلف علمی ارتباط دارد و از روش‌هایی مانند مدل‌سازی ریاضی، آمار و الگوریتم‌هایی برای یافتن راه‌حلی بهینه یا نزدیک به بهینه برای مسائل پیچیده استفاده می‌کند. از نقطه‌نظر عملی، OR را می‌توان هنر بهینه‌سازی، یعنی هنر یافتن کمینه یا بیشینه توابع هدف تعریف نمود. تا حدودی هم می‌توان آن را هنر تعریف توابع هدف دانست. نمونه توابع هدف، سود، عملکرد خط تولید، محصول میوه، پهنای باند، زیان، زمان انتظار در صف و ریسک می‌باشد. از نقطه‌نظر سازمانی، OR به مدیریت کمک می‌کند تا با استفاده از فرآیند علمی به اهدافش برسد. واژگان OR و علم مدیریت، اغلب به یک معنا بکار می‌روند. اگر دنبال تمایز این دو باشیم، علم مدیریت رابطه نزدیک‌تری با مدیریت بازرگانی دارد در حالی که OR ارتباط نزدیک‌تری با مهندسی صنایع دارد. مهندسی صنایع، بیشتر از یک نقطه‌نظر مهندسی بهره می‌گیرد و مهندسان صنایع اغلب، تکنیک‌های OR را به‌عنوان بخش عمده‌ای از مجموعه ابزارهای خود در نظر می‌گیرند. برخی ابزارهای عمده بکار گرفته‌شده در OR شامل، آمار، بهینه‌سازی، تئوری احتمال، تئوری صف، تئوری بازی، تئوری گراف، تحلیل‌های تصمیم و شبیه‌سازی می‌باشد.

۴- پژوهش عملیاتی و تصمیمات مالی

حداقل دو تن از برندگان جایزه نوبل در امور مالی، به تکنیک‌های پژوهش عملیاتی کمک شایانی نمودند. مارکوویتز (۱۹۸۹) در مورد ماتریس‌های اسپارس از طریق ORSA/ TMS و ابداع زبان شبیه‌سازی کامپیوتری SIMSCRIPT مورد تقدیر قرار گرفت. در حالی که هم او و هم شارپ الگوریتم‌های کامپیوتری را برای حل مسائل مربوط به پرتفوی معرفی کرده بودند. از این‌رو تکنیک پژوهش عملیاتی، برنامه‌ریزی ریاضیاتی است که به‌طور گسترده در بازارهای مالی مورد استفاده قرار گرفته است. اکثر برنامه‌ریزی‌های ریاضیاتی از روش‌های خطی، درجه دوم^۳، غیرخطی، عدد صحیح، آرمانی، قیده‌های تصادفی، جزء به جزء، تحلیل پوششی داده‌ها، و پویا را بکار گرفته‌اند.

برنامه‌ریزی ریاضیاتی برای حل طیف قابل‌توجهی از مسائل بازارهای مالی - تشکیل پرتفوی سهام، اوراق قرضه، وام و ارز؛ مصون‌سازی کلی^۴؛ ایمن‌سازی^۵؛ حقوق صاحبان سهام و ردیابی شاخص اوراق قرضه؛ تخمین ضمنی احتمالات بی‌تفاوتی به ریسک^۶ برای اوراق

^۱ Majluf

^۲ Shyam-Sunder and Myers

^۳ Quadratic

^۴ Generalized hedging

^۵ Immunization

^۶ Risk neutral probabilities



اختیار معاملات، فراهم کردن فهرستی از کوپن‌های برای مناقصه/مزایده اوراق قرضه شهرداری^۱، شناسایی اوراق قرضه زیر قیمت، تعیین نسبت بدهی به حقوق صاحبان سهام شرکت، تصمیم‌گیری برای تأمین مالی اوراق قرضه‌ی پرداخت‌نشده، تخمین هزینه‌ی سرمایه‌ی تقسیمی، تعیین حداقل حاشیه اوراق اختیار معامله‌ای مورد نیاز، تشکیل اوراق بهادار با پشتوانه رهنی و تعهدات رهنی وثیقه‌گذاری شده قابل تبدیل، ایجاد یک استراتژی تجاری برای اجرای معاملات بلوکی^۲، طراحی اجاره اهرمی^۳، محاسبه حداکثر زیان سهامداران، یافتن بانک‌های ورشکسته و درک نیروهایی که منجر به نوآوری مالی می‌شوند، استفاده شده است. علاوه بر نقش سنتی پژوهش عملیاتی 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^۴ در محدودیت‌ها و یا هزینه‌های مواجه‌شدن با محدودیت‌های موجود، ایجاد شده باشد. با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی یک بانک، بن و سیلبر^۵ (۱۹۷۷) داده‌های سالانه را برای محاسبه تغییر در قیمت‌های سایه^۶ محدودیت‌های مختلف، بکار بردند. آن‌ها پیشنهاد کردند که افزایش در قیمت سایه محدودیت سپرده‌ها منجر به نوآوری مالی در گواهی سپرده قابل تبدیل، می‌شود. تئوری قیمت‌گذاری آربیتراژ، که می‌تواند به عنوان یک کلیت از مدل قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای^۷ (CAPM) معرفی شود، به دنبال شناسایی عوامل مؤثر بر بازده دارایی می‌باشند. بیشتر آزمون‌های تئوری قیمت‌گذاری آربیتراژ از تحلیل‌های عاملی استفاده می‌کنند و در تعیین تعداد و تعریف عوامل مؤثر بر بازده دارایی دچار مشکل هستند. برای غلبه بر این مشکلات احمدی (۱۹۹۳) شبکه عصبی برای آزمون تئوری قیمت‌گذاری آربیتراژ، پیشنهاد داده است و دارای مزیت فاقد توزیع^۸ نتایج به‌دست‌آمده می‌باشد.

۱-۴- کاربرد پژوهش عملیاتی در ساختار سرمایه

تکنیک‌های پژوهش عملیاتی برای کمک به شرکت‌ها در تعیین مناسب‌ترین روش افزایش سرمایه از بازارهای مالی و جهت تأمین مالی فعالیت‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در ادامه به برخی از تحقیقاتی که از تکنیک‌های پژوهش‌های عملیاتی در ساختار سرمایه استفاده نمودند می‌پردازیم.

۱-۴-۱- تصمیم‌گیری چند معیاره^۹ (MCDM) و ساختار سرمایه

در مسائل تصمیم‌گیری، مشکل یافتن بهترین گزینه در حضور چندین معیار سنجش است و نه یک معیار. به‌عنوان مثال در انتخاب یک گوشی همراه معیارهایی همچون برند گوشی، ابعاد، حافظه، ویژگی‌های دوربین و رنگ آن می‌تواند دخیل باشد که درگوشی‌های موجود این معیارها هرکدام از قوت و وضعی برخوردار می‌شوند و تصمیم‌گیری اینکه کدام گوشی جهت خرید انتخاب شود مشکل می‌گردد. مسائل تصمیم‌گیری در چنین مواردی پدید می‌آید که گزینه‌هایی جهت انتخاب با معیارهایی متفاوت وجود دارد. MCDM به دو دسته کلی مدل‌های تصمیم‌گیری چندهدفه^{۱۰} (MODM) و تصمیم‌گیری چند شاخصه (MADM) تقسیم می‌گردند. مدل‌های MODM بیشتر در حوزه‌های آکادمیک و حل مسائل بسیار پیچیده و به‌صورت مدل‌سازی ریاضی استفاده می‌شوند. این مدل‌ها به دنبال یافتن بهترین جواب‌ها در حضور اهداف متفاوت هستند. در مدل‌های MADM انتخاب یک گزینه از بین گزینه‌های موجود مورد توجه است. تصمیم‌گیری چند شاخصه در حضور معیارهای اغلب متضاد با هم ساخته می‌شود و تمامی گزینه‌ها در حضور آنها رتبه‌بندی می‌شود. تعداد گزینه‌های مورد نظر می‌تواند کم یا زیاد باشد. در پژوهش‌های مربوط به تصمیمات ساختار سرمایه اسکاتن و اسپرونک^{۱۱} (۲۰۰۷) در پژوهشی با عنوان "ساختار سرمایه بهینه" و با در نظر گرفتن ملاحظات و دیدگاه‌هایی متفاوت، روش جدیدی را برای تعیین ساختار سرمایه پیشنهاد دادند. بدین منظور، آنان نشان دادند مسئله تعیین ساختار سرمایه، مسئله‌ای با ماهیت

^۱Municipal bond bids

^۲Block trade

^۳Leveraged leases

^۴Exogenous change

^۵Ben-Horim and Silber

^۶Shadow prices

^۷Capital Asset Pricing Model

^۸Distribution free

^۹Multiple Criteria Decision Making

^{۱۰}Multiple Objective Decision Making

^{۱۱}Schauten & Spronk

چندمعیاره است که می‌توان برای تعیین آن سیستم‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری را ارائه نمود. تسای^۱ و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از روش‌های چندمعیاره و چندهدفه، مدلی را جهت حمایت از تصمیمات تأمین مالی برای شرکت‌ها ارائه نمودند. منابع مورد نظر آنان برای تأمین مالی عبارتند از: افزایش سرمایه از طریق سهام عادی، از طریق سهام ممتاز، استفاده از بدهی بانکی و انتشار اوراق قرضه بوده است. بدین منظور، آنان ابتدا با استفاده از روش دیمتل، روابط بین معیارهای مؤثر بر انتخاب روش تأمین مالی را شناسایی و سپس با به‌کارگیری روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP)، روش‌های تأمین مالی را اولویت‌بندی نمودند. در نهایت با استفاده از تکنیک برنامه‌ریزی آرمانی، میزان تأمین مالی از هر یک از منابع را استخراج کردند. شاه‌علیزاده و معماریان^۲ (۲۰۰۷) در پژوهشی با در نظر گرفتن نسبت‌های جدید تجزیه و تحلیل ساختار مالی شرکت‌های هلدینگ، مدل جدیدی را برای تعیین ساختار سرمایه این شرکت‌ها ارائه نمودند. آنان برای این منظور از برنامه‌ریزی چندهدفه بهره گرفتند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که مدل آنان از اعتبار خوبی برخوردار است.

۲-۱-۴- مسئله برنامه‌ریزی خطی، آرمانی و ساختار سرمایه

برنامه‌ریزی خطی، یا همان بهینه‌سازی خطی روشی در ریاضیات است که به منظور یافتن مقدار کمینه یا بیشینه یک تابع خطی بر یک چندضلعی محدب می‌پردازد. این چندضلعی محدب در حقیقت نمایش نموداری تعدادی محدودیت از نوع نامعادله بر متغیرهای تابع است. به بیان ساده‌تر به وسیله برنامه‌ریزی خطی می‌توان بهترین نتیجه (مثلاً بیشترین سود یا کمترین هزینه) را در شرایط خاص و با محدودیت‌های خاص به دست آورد. محل اصلی استفاده برنامه‌ریزی خطی در مدیریت و اقتصاد است. اصول مدل‌سازی در برنامه‌ریزی آرمانی خطی تفاوت معنی‌داری با رویه مدل‌سازی برنامه‌ریزی خطی ندارد. تفاوت اساسی در اینجا مربوط به توضیح و فرموله کردن "اهداف"، "آرمان‌ها"، "اولویت آرمان‌ها" و "محدودیت‌های آرمان‌ها" می‌باشد. برنامه‌ریزی آرمانی خطی از جمله تکنیک‌های اساسی برای مدل‌هایی است که تصمیم‌گیرنده هم‌زمان درصدد دستیابی به چندین هدف می‌باشد. مسائل برنامه‌ریزی آرمانی مانند سایر مسائل می‌توانند به صورت خطی، غیرخطی و یا اعداد صحیح فرموله شده و انواعی مختلفی از خانواده مدل‌های برنامه‌ریزی آرمانی ارائه نمایند. هدف برنامه‌ریزی عدد صحیح پیدا کردن مقدار کمینه یا بیشینه از یک تابع خطی بر روی فضایی با محدودیت‌هایی خطی است، اما به دلیل وجود متغیرهای گسسته این فضا پیوسته و محدب نیست بلکه فضایی گسسته (در نتیجه نامحدب) است. بریک و همکاران^۳ (۱۹۸۳)، یک مدل برنامه‌ریزی خطی با قیود تصادفی جهت محاسبه مقادیر نسبت بدهی به حقوق صاحبان سهام هر دوره که موجب به حداکثر رسیدن ارزش شرکت می‌شود را به وجود آورده‌اند. مطالعات دیگر انتخاب بین انواع مختلفی از تأمین مالی به عنوان مسئله برنامه‌ریزی آرمانی خطی^۴ را مشخص کرده‌اند (هنگ^۵، ۱۹۸۱؛ لی و اوم^۶، ۱۹۸۹). نس^۷ (۱۹۷۲) از برنامه‌ریزی خطی برای یافتن حداقل هزینه در تصمیمات مالی برای پروژه‌های سرمایه‌گذاری توسط شرکت‌های چندملیتی استفاده کرده است. کورنبلاد و وینسو^۸ (۱۹۸۲) تصمیمات مالی یک شرکت چندملیتی را با داشتن دو هدف معرفی کرده‌اند: به حداقل رساندن هزینه‌های سرمایه کل و دستیابی به نسبت بدهی به حقوق صاحبان سهام هدف در هر کشور. از آنجایی که نسبت بدهی به حقوق صاحبان سهام هدف، به عنوان نسبتی در متغیرهای تصمیم مدنظر است، مدل به مسئله برنامه‌ریزی آرمانی خطی جز به جز^۹، تبدیل می‌شود. یک سؤال مهم هنگام ارزیابی پروژه‌های سرمایه‌گذاری، تعیین هزینه سرمایه مناسب می‌باشد، برای مثال هزینه‌ای که باید در بازارهای مالی برای تأمین مالی پروژه پرداخت شود. بوکوئیست و مور^{۱۰} (۱۹۸۳)، استفاده از برنامه‌ریزی خطی آرمانی را برای تخمین هزینه سرمایه برای بخش‌های شرکت‌ها با باورهای قبلی در مورد بتا پیشنهاد دادند. لایر^{۱۱} و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهشی با عنوان

¹Tsai

²Shahalizadeh & Memariani

³Brick et al.

⁴Linear goal programming problem

⁵Hong

⁶Lee and Eom

⁷Ness

⁸Kornbluth and Vinso

⁹Fractional linear goal programming problem

¹⁰Boquist and Moore

¹¹Lyer



"مدلسازی ساختار سرمایه چندهدفه: رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی" با استفاده از اطلاعات ۵۰۰ شرکت هندی طی سال‌های ۱۹۹۸-۲۰۰۷، مدلی را برای تعیین ساختار سرمایه این شرکت‌ها ارائه نمودند. آنان برای این منظور از تکنیک برنامه‌ریزی آرمانی استفاده نمودند. نتایج این پژوهش حاکی از آن است که مدل ارائه شده از اعتبار خوبی برخوردار است. پریک و باییک^۱ (۲۰۱۲) با به‌کارگیری تکنیک برنامه‌ریزی آرمانی و فرمول تیلور، روش جدیدی را برای حل مسائل برنامه‌ریزی خطی جزئی چند هدفه و بهینه‌سازی ساختار مالی شرکت‌ها ارائه نمودند. روش پیشنهادی آنان، برای بهینه‌سازی ساختار مالی یک شرکت نمونه مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که روش پیشنهادی علاوه بر داشتن کارایی در بهینه‌سازی ساختار مالی، در حل مسائل برنامه‌ریزی جزئی چند هدفه نیز کاربرد دارد. کریمی و مؤیدفر (۱۳۹۵) پژوهشی با عنوان بهینه‌سازی روش‌های تأمین مالی شهرداری ایلام: رهیافت MCDM و برنامه‌ریزی خطی بدین نتیجه رسیدند که تکا بیش از ۴۰ درصدی درآمدهای شهرداری ایلام به منابع ناشی از ساخت‌وساز و اولویت معیارهای عدالت و شفافیت در اخذ عوارض است. همچنین نتایج نشان‌دهنده اهمیت بازنگری شهرداری در اصلاح نرخ عوارض به خصوص عوارض بر خودرو است. خدامرادیو راعی عزآبادی (۱۳۹۵) در پژوهشی با عنوان مدلسازی تأمین مالی شرکت‌های هلدینگ با رویکرد کاهش هزینه سرمایه از روش برنامه‌ریزی آرمانی خطی به منظور طراحی سازوکاری موثر برای تعیین کمیت استفاده بهینه از هر یک از آلترناتیوهای مزبور در کنار ملحوظ داشتن سیاست‌ها و محدودیت‌های عملیاتی هلدینگ در یکی از شرکت‌های چند بخشی فعال در بورس تهران استفاده کردند که مدل حاصله برای اولین بار به حل مساله برنامه‌ریزی تأمین مالی در شرکت‌های چند بخشی با رویکرد بازار سرمایه داخلی پرداخته و قابلیت گسترش دارد. پس از حل مدل با استفاده از نرم افزار لینگو، نتایج نشان دهنده تاثیر بالای آن در کاهش میانگین موزون هزینه سرمایه و افزایش استفاده از شبکه روابط داخلی در موضوع تأمین مالی است. همچنین خدامرادی و راعی عزآبادی (۱۳۹۳) در پژوهشی دیگری با عنوان طراحی مدل ریاضی تأمین مالی بهینه در شرکت‌های هلدینگ صنعتی از روش برنامه‌ریزی آرمانی خطی نشان دادند که تاثیر بالای آن در کاهش ریسک مالی و افزایش استفاده از شبکه روابط داخلی در موضوع تأمین مالی است. ستایش و غیوری مقدم (۱۳۸۸) در پژوهشی با عنوان تعیین ساختار بهینه سرمایه در سطح صنایع با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها بدین نتیجه رسیدند که اهرم مالی در بازده صنعت با متغیر سودآوری، در شش صنعت با متغیر اندازه و در سه صنعت با متغیر نسبت دارایی‌های ثابت رابطه معناداری دارد. علاوه بر آن، به استثنای صنعت کانی غیر فلزی در بقیه صنایع مورد بررسی، تئوری سلسله‌مراتبی تأیید گردید، در صورتی که تئوری توازن تنها در پنج صنعت مورد تأیید است. در مرحله دوم پژوهش حاضر با بهره‌گیری از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها، ساختار بهینه سرمایه برای هر یک از شرکت‌ها در سطح صنایع مختلف تعیین گردید. با توجه به نتایج حاصله، شرکت‌های مورد بررسی می‌توانند به اهرم مالی بهینه خود نزدیک شوند. انواری رستمی (۱۳۸۱) در تحقیقی، مدل ریاضی چند دوره‌ای مختلط اعداد صحیح برنامه‌ریزی آرمانی را برای بهینه‌سازی تأمین مالی شرکت‌ها ارائه نمود. او در این تحقیق، آرمان‌هایی نظیر تأمین هرچه دقیق‌تر نیازهای مالی شرکت در دوره‌های مختلف مالی با سیاست حفظ سطح حداقلی از سود سهام پرداختی، حداکثرسازی ارزش شرکت، حداقل سازی متوسط هزینه‌های تأمین مالی و کمینه‌سازی ریسک مالی را در نظر گرفت. علاوه بر این موارد، برای واقعی ساختن محیط تصمیم، فرصت‌های سرمایه‌گذاری و اثر متقابل آنها بر تأمین مالی شرکت‌ها را در مدل پیشنهادی ملحوظ کرد.

۳-۱-۴- برنامه‌ریزی غیرخطی^۲ (NLP) و ساختار سرمایه

در ریاضیات برنامه‌ریزی غیرخطی فرایند حل یک سیستم از برابری‌ها و نابرابری‌ها بر مجموعه‌ای از متغیرهای ناشناخته حقیقی، در یک تابع هدف که باید کمینه یا بیشینه شود و بخشی از محدودیت‌های آن غیرخطی است، می‌باشد. به عبارتی دیگر این مدل حوزه‌ای از ریاضیات کاربردی مربوط به یافتن مقادیر متغیرهائی که کوچک‌ترین و بزرگ‌ترین مقدار یک تابع مشخص را در دسته‌ای از تمام متغیرهای تأمین‌کننده شرایط معین ارائه می‌دهد. شرکت‌ها، سازمان‌های دولتی و برخی دیگر شرکت‌ها ممکن است به انتشار اوراق قرضه قابل بازخرید بپردازند که در آن ناشر دارای گزینه‌ای برای بازپرداخت اوراق قرضه در زمان انتخاب شده خود قبل از تاریخ سررسید اوراق قرضه می‌باشد. ناشر باید پارامترهای مختلفی از اوراق قرضه قابل بازخرید را انتخاب کند. کانسلو و زنیوس^۳ (۱۹۹۷ الف، ۱۹۹۷ ب) از

^۱Peric & Babic

^۲Nonlinear programming

^۳Consiglio and Zenios



برنامه‌ریزی غیرخطی برای طراحی چنین اوراق بهاداری که بیشترین منفعت را برای ناشر دارد استفاده کرده‌اند، درحالی‌که هلمر و همکاران^۱ (۱۹۹۸) از الگوریتم تبرید شبیه‌سازی شده^۲ استفاده کرده‌اند.

۴-۱-۴- مسئله برنامه‌ریزی پویا و ساختار سرمایه

در کامپیوتر و ریاضیات، برنامه‌ریزی پویا یا دینامیک روشی کارآمد برای حل مسائل جستجو و بهینه‌سازی با استفاده از دو خصیصه‌ی زیرمسئله‌های هم‌پوشان و زیرساخت‌های بهینه است. بر خلاف برنامه‌ریزی خطی، چارچوب استاندارد برای فرموله کردن مسائل برنامه‌ریزی پویا وجود ندارد. در واقع، آنچه برنامه‌ریزی پویا انجام می‌دهد ارائه روش برخورد کلی جهت حل این نوع مسائل است. در هر مورد، باید معادلات و روابط ریاضی مخصوصی که با شرایط آن مسئله تطبیق دارد نوشته شود. این روش در سال ۱۹۵۳ توسط ریاضیدانی به نام ریچارد بلمن معرفی شد. برنامه‌ریزی پویا در ریاضی و علوم رایانه روشی شناخته شده است که از آن در نوشتن الگوریتم‌های بهینه با استفاده از حذف اجرای چندباره یک زیر مسئله یکسان استفاده می‌شود. تعریف برنامه‌ریزی پویا در ریاضی و علوم رایانه متفاوت است. نشان داده شده است که روش علوم رایانه‌ای برای برنامه‌ریزی پویا کارایی بالاتری دارد زیرا محاسبات تکراری را حذف می‌کند در حالی که در روش ریاضی برنامه‌ریزی پویا امکان کاهش فضای حافظه بیشتر است. برنامه‌ریزی پویا شبیه روش تقسیم و حل مسائل را با استفاده از ترکیب کردن جواب زیر مسئله‌ها حل می‌کند. الگوریتم تقسیم و حل، مسئله را به زیر مسئله‌های مستقل تقسیم می‌کند و پس از حل زیرمسئله‌ها به صورت بازگشتی، نتایج را با هم ترکیب کرده و جواب مسئله اصلی را به دست می‌آورد. به عبارت دقیق‌تر، برنامه‌ریزی پویا در مواردی قابل استفاده است که زیر مسئله‌ها مستقل نیستند؛ یعنی زمانی که زیر مسئله‌ها دارای زیرمسئله‌های یکسان هستند. در این حالت روش تقسیم و حل با اجرای مکرر زیر مسئله‌های یکسان، بیشتر از میزان لازم محاسبات انجام می‌دهد. یک الگوریتم برنامه‌ریزی پویا زیر مسئله‌ها را یک بار حل و جواب آنها را در یک جدول ذخیره می‌کند و با این کار از تکرار اجرای زیر مسئله‌ها در زمانی که مجدداً به جواب آنها نیاز است جلوگیری می‌کند. شرکت‌هایی که وام‌های قابل بازخريد صادر کرده‌اند باید تصمیم بگیرند که چه موقع وام‌های موجود را بازپرداخت کنند و آن را با انتشار اوراق قرضه جدید و با هزینه کمتر تأمین مالی کنند و مسئله برنامه‌ریزی اوراق قرضه را حل کنند. این یک مسئله برنامه‌ریزی پویا است و توسط وینگارتنر^۳ (۱۹۶۷)، التون و گروبر^۴ (۱۹۷۱) و کراوس^۵ (۱۹۷۳) این‌گونه معرفی شده است. بیکر و وندروید^۶ (۱۹۸۲) این مدل را برای پوشش یک شرکت چند با وام‌های موردنیاز برای هر تابع، بسط دادند. دمستر و ایرلند^۷ (۱۹۹۸) مدلی را توسعه دادند که بخشی از تکنیک‌های پژوهش عملیاتی را برای مسئله زمان‌بندی اوراق قرضه بکار می‌برند. مدل با استفاده از برنامه‌ریزی خطی تصادفی^۸ با برنامه‌ریزی طرح چند دوره‌ای برای انتشار و بازخريد اوراق قرضه آغاز می‌شود. طرح استفاده از فن آوری هوشمند که احتمالاً منجر به برنامه‌های متعدد می‌شود، و توزیع احتمال این طرح‌های تجدیدنظر شده با استفاده از شبیه‌سازی مشتق شده‌اند. در نهایت از یک سیستم حرفه‌ای برای کمک در تصمیم‌گیری بین برنامه‌های جایگزین، استفاده شده است.

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

امروزه تأمین مالی شرکت‌ها با هدف ساختار سرمایه بهینه به منظور کاهش هزینه سرمایه، یکی از دغدغه‌های اصلی مدیران بوده است و در این حین مدیران سعی دارند که بهترین تصمیم را در این زمینه اتخاذ کنند. از آنجایی که ادبیات و متون مالی با استفاده از علوم کامپیوتری، پژوهش عملیاتی و اقتصادسنجی تکامل یافته است لذا آنچه در این مقاله بدان پرداخته شد مروری بر کاربرد تکنیک‌های پژوهش عملیاتی در تصمیمات ساختار سرمایه بوده که امروزه نقش تعیین‌کننده‌ای در اتخاذ تصمیمات بهینه مالی و سرمایه‌گذاری دارد. علی‌رغم بهره‌گیری فراوان این روش‌ها و تکنیک‌ها در مسائل سرمایه‌گذاری و بهینه‌سازی، در زمینه برنامه‌ریزی تأمین مالی شرکت‌ها، تحقیقات فراوانی با به‌کارگیری این روش‌ها انجام نشده است. از این‌رو با توجه به خلأ موجود، در این مقاله به بررسی کاربرد این تکنیک‌ها با رویکرد تحقیقات تجربی گام بر داشته و نتایج نشان داد که تکنیک‌های پژوهش عملیاتی نقش مهمی در تصمیمات مالی

^۱Holmer et al.

^۲Simulated annealing algorithm

^۳Weingartner

^۴Elton and Gruber

^۵Kraus

^۶Baker and Van Der Weide

^۷Dempster and Ireland

^۸Stochastic



خصوصاً ساختار سرمایه داشته است و در این زمینه پژوهش‌های مختلفی در کشورمان نیز انجام شده است. همچنین در سال‌های اخیر با بهبودهای چشمگیر در زمینه‌ی در دسترس بودن زمان واقعی داده‌ها و افزایش سرعت کامپیوتر، این نقش بیشتر خواهد شد، که خود منجر به ایجاد فرصتی برای به‌کارگیری تکنیک‌های پژوهش عملیاتی و نقش بیشتر آن در تصمیمات مالی می‌گردد. بنابراین مستند به موارد فوق پیشنهاد می‌گردد که گروه آموزشی به مدرسان خود تأکید نمایند که مباحث پیشرفته پژوهش‌های عملیاتی با رویکرد کاربردی و تجربی به دانشجویان خود در رشته‌های مالی تدریس شود تا این تکنیک‌ها به‌صورت کاربردی در تصمیمات بهینه مالی علی‌الخصوص در تعیین ساختار سرمایه بهینه مفید واقع شود.

منابع

- پناهی، ح؛ اسدزاده، ا؛ جلیلی مرند، ع. (۱۳۹۳). پیش بینی پنج‌ساله ورشکستگی مالی برای شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران. تحقیقات مالی، ۱۶(۱)، ۵۷-۷۶.
- حسینی، س. م؛ رشیدی، ز. (۱۳۹۲). پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از درخت تصمیم و رگرسیون لجستیک. مجله پژوهش‌های حسابداری مالی، ۵(۳)، ۱۰۵-۱۲۸.
- رهنمای رودپشتی، ف؛ علی‌خانی، ر؛ مران‌جویری، م. (۱۳۸۸). بررسی کاربرد مدل‌های پیش‌بینی ورشکستگی آلتمن و فالمر در شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران. بررسی‌های حسابداری و حسابرسی، ۱۶(۵۵)، ۳۴-۱۹.
- غضنفری، م؛ رحیمی کیا، ا؛ عسکری، ع. (۱۳۹۷). پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها مبتنی بر سیستم‌های هوشمند ترکیبی. فصلنامه پژوهش‌های حسابداری مالی و حسابرسی، ۱۰(۳۷)، ۱۵۹-۱۹۴.
- مقدم، عبدالکریم و مصطفی تقی ملایی. (۱۳۹۲). بررسی مدل‌های مالی فالمر و زمسکی در پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها، فصلنامه پژوهش‌های نوین در حسابداری، دوره ۱، شماره ۱، پاییز ۱۳۹۲، صفحه ۱۱-۲۵.
- نوبی چاشمی، س. ع؛ احمدی، م؛ مهدوی فرح آبادی، ص. (۱۳۸۹). پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌ها با استفاده از مدل لاجیت. مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار (مدیریت پرتفوی)، ۱(۵)، ۵۵-۸۱.
- وظیفه دوست، ح؛ زنگنه، ط. (۱۳۹۴). ارائه مدل پیش‌بینی ورشکستگی شرکت‌های بورس اوراق بهادار تهران مبتنی بر مدل ترکیبی شبکه عصبی گروهی دستکاری داده‌ها و الگوریتم ژنتیک. فصلنامه پژوهش‌های مدیریت راهبردی، ۲۱(۵۷)، ۸۳-۱۰۰.
- انواری رستمی، ع. ا. (۱۳۸۱). طراحی مدل ریاضی چند دوره ای مختلط اعداد صحیح برنامه‌ریزی آرمانی برای تأمین مالی بهینه شرکت‌ها. دو ماهنامه علمی پژوهشی دانشور رفتار، ۱۰(۴۲)، ۲۶-۱۷.
- ایزدی نیا، ن؛ رسائیان، ا. (۱۳۸۸). بررسی رابطه اهرم مالی و نقد شوندگی دارایی‌ها در بورس اوراق بهادار تهران. فصلنامه حسابداری مالی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مبارکه، ۲۱(۲)، ۴۱-۱۸.
- خدامرادی، س؛ راعی عزآبادی، م. ا. (۱۳۹۳). طراحی مدل ریاضی تأمین مالی بهینه در شرکت‌های هلدینگ صنعتی. مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، ۱۹(۵)، ۱۸-۱.
- خدامرادی، س؛ راعی عزآبادی، م. ا. (۱۳۹۵). مدل‌سازی تأمین مالی شرکت‌های هلدینگ با رویکرد کاهش هزینه سرمایه. دانش سرمایه گذاری، ۴(۱۳)، ۶۲-۴۳.
- صلواتی، ش؛ رسائیان، ا. (۱۳۸۶). بررسی رابطه بین ساختار سرمایه و نقد شوندگی سهام در ایران. نامه اقتصادی مفید، ۱۳(۶۳)، ۱۶۳-۱۴۳.
- گیوری مقدم، علی؛ ستایش، محمدحسین. (۱۳۸۸). تعیین ساختار بهینه سرمایه در سطح صنایع با استفاده از تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها (DEA). پژوهش‌های حسابداری مالی، دوره ۱، شماره ۱، صص ۵۲-۳۳.
- کاوایانی، م. (۱۳۹۰). بررسی و تبیین رابطه بین اهرم مالی و روش‌های ارزیابی عملکرد نوین (EVA, MVA, REVA, SVA, CVA) در صنعت خودرو بورس اوراق بهادار تهران (پایان نامه کارشناسی ارشد مدیریت مالی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران).
- کریمی، ن؛ مؤیدفر، ر. (۱۳۹۵). بهینه‌سازی روش‌های تأمین مالی شهرداری ایلام: رهیافت MCDM و برنامه‌ریزی خطی. اقتصاد شهری، ۱(۱)، ۷۷-۹۸.
- کنعانی امیری، م. (۱۳۸۴). تعیین رابطه بین مخارج سرمایه‌ای با ضریب Q و بازده آتی سهام در شرکت‌های پذیرفته شده در سازمان بورس اوراق بهادار با استفاده از اطلاعات حسابداری (رساله‌ی دوره دکتری حسابداری دانشگاه تربیت مدرس).
- مختاری، ب. (۱۳۸۰). نقش تئوری ترجیحی بر نحوه تأمین مالی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران (پایان نامه کارشناسی ارشد مدیریت (گرایش مدیریت مالی) دانشگاه امام صادق (ع)).

- Baker, K. R., & Vander Weide, J. H. (1982). The bond scheduling problem of the multi-subsidiary holding company. *Management science*, 28(7), 738-748.
- Ben-Horim, M., & Silber, W. L. (1977). Financial innovation: a linear programming approach. *Journal of banking & finance*, 1(3), 277-296.
- Boquist, J. A., & Moore, W. T. (1983). Estimating the systematic risk of an industry segment: a mathematical programming approach. *Financial management*, 11-18.
- Brick, I. E., Mellon, W. G., Surkis, J., & Mohl, M. (1983). Optimal capital structure: a multi-period programming model for use in financial planning. *Journal of banking & finance*, 7(1), 45-67.
- Consiglio, A., & Zenios, S. A. (1997). High-Performance computing for the computer aided design of financial products. *Advances in high performance computing* (pp. 273-301). Springer, Dordrecht.



- Dempster, M.A.H. and Hutton, J.P. (1996). *Pricing American stock options by linear programming*, Working Paper, Department of Mathematics, University of Essex.
- Elton, E. J., & Gruber, M. J. (1971). Dynamic programming applications in finance. *The journal of finance*, 26(2), 473-506.
- Hong, H.K. (1981) Finance mix and capital structure. *Journal of business finance and accounting*, 8(4), 485-491.
- Kornbluth, J. S., & Vinso, J. D. (1982). Capital structure and the financing of the multinational corporation: a fractional multiobjective approach. *Journal of financial and quantitative analysis*, 17(2), 147-178.
- Kraus, A. (1973). The bond refunding decision in an efficient market. *Journal of financial and quantitative analysis*, 8(5), 793-806.
- Lee, S. M., & Eom, H. B. (1989). A multi-criteria approach to formulating international project-financing strategies. *Journal of the operational research society*, 40(6), 519-528.
- Iyer, K. C., Yadav, S. S., & Agarwal, Y. (2010). *Multi objective capital structure modelling: a goal programming approach*. Retrieved from https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1572689
- Ness Jr, W. L. (1972). A linear programming approach to financing the multinational corporation. *Financial management (pre-1986)*, 1(3), 88.
- Schauten, M., & Spronk, J. (2006). *Optimal capital structure: reflections on economic and other values*. ERIM report series reference No. ERS-2006-074-F&A.
- Shahalzade, M., & Memariani, A. (2007). A portfolio management model for the holding companies. *International journal of computational science*, 1(3), 271-285.
- Shyam-Sunder, L., & Myers, S. C. (1999). Testing static tradeoff against pecking order models of capital structure. *Journal of financial economics*, 51(2), 219-244.
- Tsai, W. H., Yang, C. C., Leu, J. D., Lee, Y. F., & Yang, C. H. (2013). An integrated group decision making support model for corporate financing decisions. *Group decision and negotiation*, 22(6), 1103-1127.
- Weingartner, H. M. (1967). Optimal timing of bond refunding. *Management science*, 13(7), 511-524.
- Zenios, S. A., Holmer, M. R., McKendall, R., & Vassiadou-Zeniou, C. (1998). Dynamic models for fixed-income portfolio management under uncertainty. *Journal of economic dynamics and control*, 22(10), 1517-1541.