فصلنامه بورس اوراق بهادار شمارهٔ ۴۹ بهار ۹۹ سال سیزدهم ـ تاریخ دریافت: ۹۸/۰۳/۰۸ ـ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۴/۱۰ ـ ص ۴۷-۷۲

تشکیل صندوق شاخصی بهبود یافته با استفاده از رویکرد بهینه سازی امکانی استوار

مقصود امیری[۱]
شیما شهسواری[۲]
سجاد لک چالسپاری[۳]

چکیده

یکی از مهمترین دغدغه‌های مدلسازی‌ها انطباق مدل ریاضی با واقعیت می‌باشد و در دنیای واقعی عدم قطعیت یکی از موارد قطعی است که در برنامه‌ریزی ریاضی کلاسیک این عدم قطعیت‌ها، نادیده گرفته می‌شود. بهینه سازی استوار یکی از متدهای مدیریت عدم قطعیت پارامترهاست. در این تحقیق تلاش شده است که رویکرد بهینه‌سازی امکانی استوار برای ایجاد صندوق شاخصی بهبود یافته مورد بررسی و مطالعه قرار گیرد. صندوق شاخصی بهبودیافته از یک سو تلاش می‌کند تا از شاخص کل انحراف کمتری داشته باشد واز سوی دیگر تلاش می‌کند تا بازدهی بیشتری نسبت به شاخص هدف داشته باشد. مدل این تحقیق توسط داده‌های واقعی در بورس اوراق بهادار برای ردیابی شاخص کل، حل شده است. مقایسه نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها و حل مدل با رویکرد بهینه‌سازی امکانی استوار، بر عملکرد مناسب و دقت ردیابی بالای صندوق شاخصی بهبود یافته دلالت دارد و صندوق، از همبستگی مثبت بالایی با شاخص بورس برخوردار است و همچنین بازده بیشتری نسبت به شاخص کل دارد.

واژگان کلیدی: عدم قطعیت، صندوق شاخصی بهبودیافته، رویکرد بهینه‌سازی امکانی استوار

طبقه‌بندی موضوعی: G11، C02، C60

۱. استاد عضو هیئت علمی دانشگاه علامه طباطبایی

۲ . کارشناس ارشد مهندسی مالی دانشگاه غیرانتفاعی رجاء (نویسنده مسئول) shima.shahsavari69@gmail.com

۳. کارشناس ارشد مهندسی مالی دانشگاه غیرانتفاعی رجاء

۱- مقدمه

سیاست گذاران کلان بازار سرمایه به موازات توسعه‌ی کمّی و کیفی این بازار، به طراحی و ارائهٔ ابزارهای مالی نوین برای تأمین علایق متفاوت در انتخاب سرمایه گذاری ها، بیش از پیش توجه کرده اند .در همین راستا قانون توسعهٔ ابزارها و نهادهای مالی جدید وبه تبع آن راه‌اندازی صندوق‌های سرمایه گذاری[۴]، امکان جدیدی را برای فعالان بازارسرمایه فراهم کرد تا ازمزایای حاصل از تنوع‌بخشی و افزایش نقدشوندگی بهره مند شوند(بحرالعلوم و همکاران، ۱۳۹۴). بدیهی است وجود تنوع در صندوقهای سرمایه‌گذاری به عنوان یکی از اقسام نهادهای مالی، از جمله عوامل موثر در ایجاد انگیزه برای مشارکت سرمایه‌گذاری در بازار سرمایه است .به همین دلیل است که ابداعات و نوآوری‌های بسیاری در چند دهه گذشته در صندوق های سرمایه‌گذاری صورت گرفته و صندوق های سرمایه‌گذاری مختلفی از قبیل صندوق های سرمایه‌گذاری شاخصی[۵]، صندوق های سرمایه‌گذاری شاخصی بهبود یافته[۶] و صندوق‌های سرمایه‌گذاری پوششی[۷] به وجود آمده است.(حجازی و همکاران، ۱۳۹۰). صندوق‌های شاخصی بهبود یافته یکی از نهادهای سرمایه‌گذاری است که امروزه بسیاری از سرمایه‌گذاران و مدیران در بازارهای توسعه یافته و نوظهور به آن گرایش یافته اند، اما هنوز این نهاد مالی در بازار ایران به خوبی شناخته شده نیست. هدف صندوق سرمایه‌گذاری مبتنی بر شاخص انطباق پرتفوی سرمایه‌گذاری با شاخص بازار سهام است. یک صندوق سرمایه‌گذاری مبتنی بر شاخص، الزاماً منابع خود را براساس الگوی تعیین شده برای یکی از شاخص‌های موجود در بازار، سرمایه‌گذاری می‌کند. شاخص مذکور می‌تواند شاخص کل یا یکی دیگر از شاخص‌های بازار سهام باشد.

با توجه به وجود هزینه‌های صندوق شاخصی لذا انتظار می‌رود تخصیص سرمایه به نحوی انجام شود که بازدهی بالاتر از شاخص کسب شود تا هزینه‌های صندوق جبران گردد، لذا مسئله ردیابی شاخص با بازدهی بالاتر مورد توجه محققین قرار گرفته است .در این راستا هدف طراحی مدل به نحوی که قادر باشد بازدهی بالاتر از شاخص کسب کند و احتمال ضعیفتر از شاخص عمل کردن را کمینه سازد مورد بررسی می‌باشد. بدون شک یکی از مهمترین دغدغه‌های مدل-سازی ها انطباق مدل ریاضی با واقعیت می‌باشد و در دنیای واقعی عدم قطعیت یکی از موارد قطعی

4 Investment funds
5 Index fund
6 Enhanced Index Funds
7 Hedge Funds

است. از این رو، می‌توان به اهمیت دخالت دادن داده‌های با عدم قطعیت در مدل‌های ریاضی پی برد(علی‌رضا قهطرانی، ۱۳۹۱). با توجه به لزوم تشکیل صندوق ردیابی کننده شاخص به منظور پوشش ریسک و سرمایه گذاری و با توجه به وجود محدودیت در دنیای واقعی برای سرمایه-گذاری(وجود عدم قطعیت داده‌ها) و لزوم توجه به این محدودیت‌ها به منظور مدیریت منطقی و مناسب صندوق‌های شاخصی ارایه یک روش با قابلیت مناسب در این زمینه از اهمیت بالایی برخوردار است. این تحقیق به تشکیل صندوق شاخصی بهبود بافته با استفاده از یک مدل مکان‌یابی حمل و نقل و در نظر گرفتن عدم قطعیت داده‌ها و حل آن به وسیله رویکرد بهینه سازی امکانی استوار می‌پردازد. در ادامه، ابتدا مبانی نظری و پیشینهٔ پژوهش را بیان کرده و سپس به روش تجزیه و تحلیل دادهها و نتایج تجربی خواهیم پرداخت. در پایان نیز از مباحث مطرح شده و یافته‌های پژوهش نتیجه‌گیری و پیشنهاداتی برای تحقیقات آتی ارائه خواهیم کرد.

۲-مبانی نظری و پیشینه تحقیق

منطق زیربنایی برای توسعه یک شاخص، پایش عملکرد بخشهایی از بازار مالی مانند بازار سهام، مشتقات مالی یا اوراق بهادار با درآمد ثابت است(رافائلی و همکاران،۲۰۰۶). به طور مثال شاخص کل بورس تهران، یک شاخص وزنی از ارزش بازار سهام شرکتهای پذیرش شده در بورس است. سرمایه‌گذاران اغلب به دنبال ردیابی و دستیابی به عملکردی مشابه یک شاخص خاص هستند. دلیل این موضوع پتانسیل نسبتاً بالا برای کسب بازده با حداقل ریسک و هزینه‌های معاملاتی و مدیریتی است. درمقابل، دسته‌ای از سرمایه گذاران فعال قرار دارند که با بهره‌گیری از تجربه و دانش خود در انتخاب اوراق بهادار و یا زمانبندی مناسب تصمیمهای خرید و فروش بدنبال دستیابی به بازده فراتر از شاخص هستند. به طورمیانگین، سرمایه‌گذاران بازده بازار منهای هزینه‌های معاملاتی را کسب می‌کنند و هرچه فعالتر باشند، با هزینه‌های معاملاتی، تأثیرات بازار و هزینه‌های مالیاتی بیشتر مواجه می‌شوند (حنیفی، 2009). بنابراین سرمایه‌گذاران فعال نه تنها باید بر هزینه‌های معاملاتی غلبه کنند، بلکه فرضیه بازار کارا امکان حدس زدن صحیح نوسان‌های بازار یا یک سهم خاص در یک بازهٔ زمانی بلندمدت را تقریباً غیرممکن می‌داند. ازاین رو ردیابی شاخص بازار با سرمایه‌گذاری در تعداد محدودی از سهام تشکیل دهندهٔ آن یا به عبارتی تشکیل صندوق شاخصی، یک استراتژی جذاب سرمایه‌گذاری به شمار می‌آید. در پژوهش‌های مختلف ، روش‌های گوناگونی برای ردیابی شاخص

پیشنهاد شده است: برخی از پژوهشگران تلاش کردند پیچیدگی الگوی ریاضی را با الگوریتم های ابتکاری و برآورد جوابهای خوب و نه لزوماً بهینه مدیریت کنند، بطور مثال بیزلی و همکاران (Beasley, et al., 2003) از یک الگوریتم ابتکاری تکاملی استفاده کردند که علاوه بر حل مسأله کمینه سازی خطای ردیابی غیرخطی، محدودیت هزینه‌های معاملاتی و تعدیل ترکیب صندوق را نیز دربرمی‌گرفت. گیلی و کلزی(Gençay et al, 2001) از یک الگوریتم ابتکاری پذیرش تا حد آستانه برای کمینه‌سازی خطای ردیابی با درنظر گرفتن هزینه‌های معاملاتی استفاده کردند. کولمن و همکاران(Colman, et al., 2006) کمینه‌سازی خطای ردیابی از درجه دو را با محدودیت عدد صحیح و با بهره‌گیری از یک الگوریتم غیرمحدب تدریجی مطالعه کردند. الکساندر و دیمیترو(Alexander & Dimitro, 2005)یک روش برای تعیین وزن های هم انباشتگی بهینه برای مجموعه از سهام در یک پرتفوی ردیاب شاخص انتخاب کردند. کاناکگوز و بیزلی (Kanakgoz & Beazley, 2008) از رویکرد دیگری مبنی بر فرموله کردن یک الگوریتم MIP با یک تابع هدف مبتنی بر رگرسیون خطی استفاده کردند. در زمینه‌ی بهینه‌سازی استوار برای کاربردهای مالی، توتونکو و کونیگ(Tutunko & Koenig, 2004) یک مدل استوار برای تخصیص دارایی ایجاد کردند که با استفاده از مجموعه های عدم قطعیت به جای استفاده از برآورد نقطه ای برای بازده و کواریانس استفاده می کند. برتسیماس و پاچامانووا (Bertsimas & Pachamanova, 2008) فرمول استوار را برای پرتفوی چند دوره ای ارائه کردند که می توان با برنامه ریزی خطی آن را حل کرد. کاوواس و تیل(Kavus & Til, 2008) یک مدریت پرتفوی لگاریتم استوار ارائه کردند که از نرخ بازده مرکب پیوسته به عنوان محرک عدم قطعیت به جای بازده فعال حمایت میکند. پینار و توتونکو(Pinar & Tu¨ tu¨ ncu, 2005) مفهوم قوی از فرصت سود استوار که به معاملات وابسته است. آنها همچنین مدل تکی و چند دوره ای را برای حداکثر سازی فرصت سود استوار ارائه کردند. بسیاری از این ایده ها در کورنوجلوس و توتونکو(Cornuejols & Tu¨ tu¨ ncu, 2007) کشف شد.

حجازی و همکاران(۱۳۹۰) مدلی را جهت تشکیل صندوق شاخصی بهبودیافته مبتنی بر الگوریتم ژنتیک ارائه نمودند. مسئله تحقیق بگونه‌ای مدل‌سازی شد که هدف دستیابی به بازده‌ای فراتر از شاخص همزمان با کاهش انحراف از آن مورد توجه قرار گرفت.نتایج حاصل از این پژوهش حاکی از عملکرد برتر سبد پیشنهادی در مقایسه با شاخص قیمت و بازده نقدی بورس تهران بود.. رزاقی و همکاران(۱۳۹۱) مساله انتخاب سبد سهام ردیابی کننده شاخص را با استفاده از شبکه‌های

عصبی هاپفیلد مورد مطالعه قرار دادند. سید جعفر سجادی و همکاران(2012)در زمینه چارچوب بهینه سازی استوار برای مسئله پرتفولیوی محدود کاردینالیتی فعالیت کردند که همه پارامتر ها با عدم قطعیت مواجه بودند که یک الگوریتم ژنتیک برای یافتن جواب نزدیک به بهینه استفاده کردند. علیرضا قهطرانی و امیر عباس نجفی(2013) مقاله ای راجع به برنامه نویسی هدف استوار برای مساله انتخاب پرتفوی چند هدفه ارائه کردند که نشان می دهد که هنگامی که هزینه استواری افزایش پیدا کند محافظه کاری در جواب افزایش می یابد که با استفاده از برنامه ریزی آرمانی ورویکرد استوار انجام شده است. محمدمهدی بحرالعلوم (2014) مقاله ای در زمینه تشکیل صندوق شاخصی با استفاده از رویکرد استوار و محدودیت عدد صحیح ارائه کرد. در این راستا یک مدل برنامه ریزی خطی بصورت کمینه‌سازی انحراف میان بازدهی مورد انتظار صندوق و شاخص بورس به منظور حل مسئله ردیابی شاخص معرفی گردید که از الگوریتم ژنتیک برای حل آن استفاده شد. پیشوایی و همکاران (2014) مقاله ای در زمینه مسائل حمل و طراحی شبکه زنجیره‌ی تامین ارائه کردند که با توجه به تئوری امکان و رویکرد استوار مدلی جامع و کامل به نام برنامه ریزی امکانی استوار برای حل مساله ارائه کردند. سیفی و همکاران (۱۳۸۳) مدل یکپارچه استوار در مسأله انتخاب سهام تک دوره‌ای را توسعه دادند. در این پژوهش بر چگونگی انطباق مدل استوار بر تابع مطلوبیت سرمایه-گذار و عدم قطعیت نرخ بازده سهام تأکید شد. مدرس و همکاران (۱۳۸۹) به بهینه‌سازی استوار سبد مالی دارای اختیار معامله پرداختند.

۳-روش‌شناسی تحقیق

با توجه به اینکه در این تحقیق از رویکرد بهینه‌سازی امکانی استوار در تشکیل صندوق شاخصی بهبودیافته استفاده شده است و به گونه‌ای یک توسعه در مدل های قبلی در این شاخه از دانش می‌باشد و برای بهبود روشهای قبلی طراحی شده است، در زمره‌ی تحقیقات توسعه ای و کاربردی قرار خواهد گرفت. مدل و روش حل این تحقیق با توجه به بررسی روابط بین چند متغییر و تاثیر آنها روی متغیرهای وابسته از نظر روش‌شناسی این تحقیق در زمره تحقیقات همبستگی قرار می‌گیرد. در مدل این تحقیق از یک مدل حمل‌ونقل که برای جایگذاری دارایی‌ها می‌باشد استفاده شده است. جامعه آماری تحقیق کل شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران می‌باشد و قلمرو زمانی آن بازه بین سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۸۹ را در برمی‌گیرد. روش تحلیل داده‌ها

منمرکز بر برنامه‌ریزی ریزی بوده و به منظور تهیه‌ی داده‌های خام ورودی از نرم افزارTseclient2 ، برای محاسبه بازده وهمبستگی بازده سهام از نرم افزارهای EXCEL و VBEو برای حل مدل از نرم‌افزار GAMS24 استفاده شده است.

۳-۱- سوالات تحقیق

۱- آیا استفاده از رویکرد استوار در مقابل عدم استفاده ازاین رویکرد در برنامه ریزی محدودیت شانسی نتایج به مراتب بهتری در اختیار ما قرار می‌دهد؟

۲- آیا عملکرد صندوق شاخصی بهبودیافته از عملکرد بازار بهتر خواهد بود؟

۳- آیا میان صندق شاخصی بهبود یافته و شاخص کل همبستگی وجود دارد؟

۳-۲- روش نمونه‌گیری و داده‌های مورد استفاده

نمونه آماری در این تحقیق، متشکل از شرکت‌های پذیرفته شده در بورس است که بیشترین تاثیرگذاری بر شاخص یا نوساناتی مشابه آن را در بازه زمانی پژوهش داشته‌اند. به منظور دستیابی به این نمونه روش نمونه‌گیری غربالگری و مقطع عرضی مورد استفاده قرار گرفت. داده های استفاده شده در این تحقیق در فاصله زمانی ۸۹/۰۱/۰۷ تا ۹۲/۰۱/۰۵ استخراج شده است. تعداد سهام انتخاب شده بعد از فیلترینگ به ۲۰۶ سهم رسید. به منظور محاسبه بازدهی موردانتظار و ضریب همبستگی میان سهام از ۲۰۶ سهم منتخب در فرایند تشکیل صندوق شاخصی استوار، از میانگین بازدهی ماهانه و سری زمانی متناظر آن بهره گرفته شد.

مسئله اصلی این تحقیق تخصیص بهینه دارایی‌ها در یک صندوق شاخصی است. در تخصیص بهینه دارایی‌ها در یک صندوق شاخصی، به دنبال جستجوی K سهم مناسب از مجموعه‌ی سهام موجود در شاخص کل بورس تهران در زمان T هستیم که بتواند عملکردی مشابه شاخص را در بازه زمانی $(T,T+\varepsilon)$ را ایجاد کند.(بحرالعلوم و همکاران،۱۳۸۹)

مدلسازی مسئله: مدل قطعی به شرح زیر است

$$1)\ Max\ Z_1 = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \rho_{ij}\, x_{ij}$$

$$2)\ Max\ Z_2 = \sum_{j=1}^{n} \mu_j w_j$$

Subject to:

$$3)\ \sum_{j=1}^{n} y_j \le k$$

$$4)\ \sum_{j=1}^{n} w_j = 1$$

$$5)\ Ly_j \le w_j \le Uy_j$$

$$6)\ \sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1 \quad for\ \ i = 1, \dots, n$$

$$7)\ x_{ij} \le y_j \quad for\ \ i = 1, \dots, n;\ \&\ j = 1, \dots, n$$

$$8) x_{ij}, y_j \in \{0,1\}$$

$$9) w_j \ge 0$$

x_{ij} : نشان دهنده تشابه بین دارایی i و دارایی j می‌باشد. y_j : اگر دارایی j انتخاب شود عدد ۱ و در غیر اینصورت عدد ۰ می‌باشد. ρ_{ij} : میزان تشابه بین دارایی i و دارایی j(ضریب همبستگی بین دو دارایی). w_j : میزان وزن سرمایه گذاری در سهم jام. L : حداقل وزن نگهداری از هر سهم در پرتفوی. U : حداکثر وزن نگهداری از هر سهم در پرتفوی. k : اندازه پرتفولیو. μ_j: بازده مورد انتظار سهم jام.

تابع هدف اول میزان همبستگی هر سهم را با دیگر سهم ها مشخص می‌کند. تابع هدف دوم درصدد می‌باشد تا میزان بازده کل صندوق را با توجه به بازده هر سهم و وزن آن سهم در صندوق حداکثر کند. محدودیت اول حداکثر تعداد سهام موجود در صندوق(k) را نشان می‌دهد. محدودیت دوم مجموع وزن سهم های موجود در سبد را به ما نشان می‌دهد. محدودیت سوم حداکثر و حداقل میزان وزن هر سهمی که در سبد قرار میگیرد را مشخص میکند که با L و U نشان داده شده اند. محدودیت چهارم نشان میدهد که هر سهم موجود در صندوق نماینده تعدادی سهم از کل سهم‌ها می‌باشد. محدودیت پنجم نشان میدهد که در صورتی یک سهم می‌تواند نماینده

دیگر سهم‌ها در صندوق باشد که خود سهم در صندوق واقع باشد. محدودیت ششم نشان دهنده‌ی صفرویک بودن x , y می‌باشد.

۳-٤- بهینه‌سازی استوار

برنامه‌ریزی بهینه‌سازی استوار رویکردی ریسک گریز جهت رویارویی با عدم قطعیت در مسائل بهینه‌سازی ارائه می‌دهد. طبق پیشوایی و همکاران زمانی می‌توان به یک راه حل مسأله‌ی بهینه سازی، استوار گفت که بطور هم‌زمان شامل موجه بودن و بهینه بودن پایدار باشد. موجه بودن پایدار بدان معنی است که راه حل ارائه شده باید برای (تقریباً) تمام مقادیر ممکن پارامترهای غیرقطعی موجه باقی بماند، و بهینگی پایدار یعنی مقدار تابع هدف برای (تقریباً) تمام مقادیر ممکن پارامترهای غیرقطعی، نزدیک به مقدار بهینه بماند یا حداقل انحراف را از مقدار بهینه داشته باشد.

میزان عدم قطعیت موجود در پارامترهای مسأله، به دلیل سختی کنترل و تخمین میزان افزایش می‌یابد. برای مثال تعداد سهم‌های موجود در صندوق به عنوان یک پارامتر، از عوامل زیادی تأثیر می‌پذیرد که کمبود دانش درباره رفتار هر یک از آنان موجب عدم قطعیت برآورد شده می‌باشد. سایر پارامترهای مسأله مانند بازده و همبستگی نیز کم و بیش شرایطی مشابه پارامتر تعداد سهم موجود درصندوق را دارند. بنابراین با توجه به ضعف دانش ما در شناخت عوامل تأثیرگذار و مکانیزم و میزان تأثیر آن بر پارامترهای مسأله مورد بررسی، اکثر این پارامترها می‌توانند از عدم قطعیت قابل توجهی برخوردار باشند. در این حالت برای برآورد پارامترهای دارای عدم قطعیت، معمولاً تا حد ممکن اطلاعات و داده‌های مرتبط با پارامترهای موردنظر جمع آوری شده و سپس با استفاده از نظرات میدانی خبرگان در مورد حدود و شکل تغییرات پارامترهای موردنظر مورد مطالعه، تصمیم‌گیری می‌شود . در این بخش برای پاسخ به این دغدغه و کنترل نوسانات پارامترها و به منظور بهره‌گیری از مزیت‌ها و قابلیت‌های توأم برنامه‌ریزی امکانی و برنامه‌ریزی استوار بطور همزمان، براساس تلاش‌های پیشوایی و همکاران که رویکرد جدیدی را با نام "برنامه‌ریزی امکانی استوار" توسعه دادند، استفاده شده است.

از برنامه‌ریزی امکانی (که خود زیر مجموعه‌ای از برنامه‌ریزی ریاضی فازی است) برای برخورد با عدم قطعیت لحاظ شده در پارامترهای مدل که ناشی از فقدان دانش کافی درباره مقادیر واقعی آن‌هاست، استفاده می‌شود که معمولا با توزیع‌های امکانی مدل می‌گردند. با استناد به تئوری امکان تعدادی روش برای برخورد با عدم قطعیت موجود در توابع هدف و محدودیت‌ها توسعه داده شده است که از بین آن‌ها ما برای توسعه مدل برنامه‌ریزی امکانی استوارمان از رویکرد

برنامه‌ریزی محدودیت شانسی[8] استفاده کرده‌ایم. با این حال مدل‌های برنامه‌ریزی امکانی استوار ساده‌تری نیز با بکارگیری دیگر روش‌های برنامه‌ریزی امکان می‌تواند توسعه داده شود.

برنامه‌ریزی محدودیت شانسی یک رویکرد برنامه‌ریزی امکانی قابل اطمینان است که بر مفاهیم عمیق ریاضی مثل مقدار انتظاری[9] یک عدد فازی و سنجه های امکان[10] و ضرورت[11]، متکی است و تصمیم گیرنده را قادر می‌سازد که سطح محافظه کاری ارضای محدودیت‌ها را کنترل نماید. همچنین این رویکرد به خوبی فرم های متنوعی از اعداد فازی مثل فرم های مثلثی و ذوزنقه ای را پشتیبانی کند.

از طرفی تئوری برنامه‌ریزی یا بهینه‌سازی استوار[12] یک رویکرد ریسک گریز برای برخورد با مسائل بهینه‌سازی در شرایط عدم قطعیت است. در این رویکرد تلاش می‌شود علاوه بر بهبود عملکرد سیستم مورد بهینه سازی، نو سان عملکرد پیش‌بینی شده برای سیستم نیز کمینه گردد. به عبارت دیگر، در این رویکرد تصمیم گیرنده ترجیح می‌دهد در کنار پرداختن به بهبود عملکرد متوسط سیستم، حالات حدی و حالاتی که سیستم عملکرد بسیار بدی دارد را نیز مدنظر قرار دهد. این رویکرد که در زمینه‌های تحقیقاتی مختلفی توسط محققان مورد توجه قرار گرفته است، در دهه اخیر به دلیل نیاز جامعه بشری به مدیریت و کنترل ریسک، بیشتر مورد توجه بوده است.

مدل پایه‌ای

Basic model (BM)

$$\text{Max } Z_1 = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \widetilde{\rho_{ij}}\, x_{ij} \qquad (۱)$$

$$\text{Max } Z_2 = \sum_{j=1}^{n} \widetilde{\mu_j} w_j \qquad (۲)$$

s.t.

$$\sum_{j=1}^{n} y_j \le \tilde{k}, \qquad (۳)$$

Constraints (4)-(9).

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[8] Chance Constrained Programming
[9] Expected Value
[10] Possibility
[11] Necessity
[12] Risk–averse Robust programming or optimization

۳-۵-مدل برنامه‌ریزی امکانی استوار ارائه شده

برای ساختن مدل پایه‌ای برنامه‌ریزی محدودیت شانسی امکانی از عملگر مقدار انتظاری برای مدل کردن پارامترهای غیردقیق تابع هدف و از سنجه ضرورت برای مدل کردن پارامترهای غیردقیق محدودیت‌های شانسی استفاده شده است. بنابراین مدل برنامه‌ریزی محدودیت شانسی امکانی می-تواند بصورت زیر فرموله شود.

Possibilistic chance-constrained programming model (PCCP)

$$\text{Max } E[Z_1] = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} E[\widetilde{\rho_{ij}}]\, x_{ij} \qquad (۱۰)$$

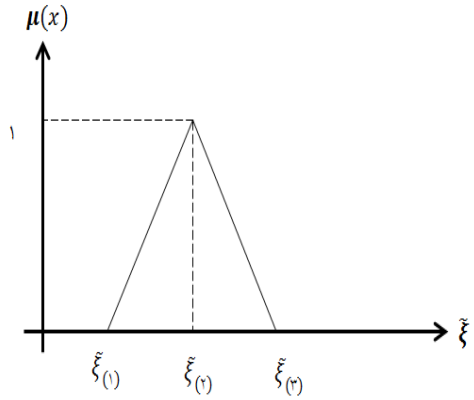
$$\text{Max } E[Z_2] = \sum_{j=1}^{n} E[\widetilde{\mu_j}] w_j \qquad (۱۱)$$

s.t.

$$Nec\left\{\sum_{j=1}^{n} y_j \le \tilde{k}\right\} \ge \alpha, \qquad (۱۲)$$

Constraints (4)-(9).

در اینجا ما برای مدل کردن پارامترهای غیر دقیق توابع هدف و محدودیت (۱۲) از توزیع امکانی مثلثی که می‌تواند با سه نقطه حساس (یعنی: $\tilde{\xi} = (\tilde{\xi}_{(1)}, \tilde{\xi}_{(2)}, \tilde{\xi}_{(3)})$) تعریف شوند، استفاده نموده-ایم. در این مدل پارامترهایی که دارای عدم قطعیت هستند ρ_{ij} ، μ_j و k می باشند که برای ضریب همبستگی و بازده سهم ما از یک انحراف استاندارد ($\pm 1\sigma$) برای حد بالا و پایین پارامترهای غیر قطعی استفاده کرده‌ایم. مثلا در شکل زیر $\tilde{\xi}_{(2)}$ مقدار اصلی بدست آمده برای ضریب همبستگی و $\tilde{\xi}_{(1)}, \tilde{\xi}_{(3)}$ مقادیر کران بالا و پایین برای پارامتر مورد نظر می‌باشند. در ضمن برای تعداد سهم(k) مقدار ۲۰ سهم برای آن و همچنین حد بالا و پایین ۲۵ و ۱۵ در نظر گرفته شده است.



شکل۱: توزیع امکانی مثلثی پارامتر فازی $\tilde{\xi}$

با در نظر گرفتن اینکه محدودیت شامل این سری از متغیرها، حداقل با درجه ارضای α باید برقرار شود، مدل قطعی شده‌ی این مدل بصورت زیر تعریف خواهد شد(مدل باز شده‌ی حالت PCCP):

Crisp counterpart of PCCP

$$Max\ E[Z_1] = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\left(\frac{\rho_{ij(1)} + \rho_{ij(2)} + \rho_{ij(3)}}{3}\right)x_{ij} \qquad (۱۳)$$

$$Max\ E[Z_2] = \sum_{j=1}^{n}\left(\frac{\mu_{j(1)} + \mu_{j(2)} + \mu_{j(3)}}{3}\right)w_j \qquad (۱۴)$$

s.t.

$$\sum_{j=1}^{n} y_j \le k_{(2)} - \alpha(k_{(2)} - k_{(1)}), \qquad (۱۵)$$

Constraints (4)-(9).

به طور معمول برای تعیین مقدار سطح اطمینان محدودیت‌ها، تصمیم‌گیر چند مقدار اولیه را به صورت قضاوتی[13] تعیین کرده و در یک آزمایش تعاملی از بین آن‌ها مقداری را که بیش از همه تصمیم‌گیر را ارضاء می‌کند، به عنوان مقدار نهایی برمی‌گزینند. پرواضح است که در این روش مقدار نهایی سطوح اطمینان با یک رویکرد قضاوتی که به هیچ وجه بهینه بودن مقدار سطوح اطمینان را تضمین نمی‌کند، انتخاب می‌شوند. این روش بسیار شبیه به رویکرد تحلیل حساسیت که در آن تصمیم‌گیر مقدار پارامترها با به منظور تحلیل تاثیر آن‌ها بر خروجی‌های مدل تغییر می‌دهد، می‌باشد. در نتیجه این روش در زمره روش‌های انفعالی[14] یا در بهترین حالت تعاملی[15] طبقه‌بندی می شود. همچنین باید در نظر داشت که وقتی تعداد محدودیت‌های شانسی افزایش می‌یابد، تعداد آزمایشات مورد نیاز برای تعیین مقداری مناسب برای سطوح اطمینان به شدت (به طور نمایی) افزایش می یابد. در نتیجه اجرا و ارزیابی این تعداد آزمایشات به طور دستی امکان‌پذیر نبوده و نیازمند انجام شبیه‌سازی‌های وقت‌گیر و پیچیده خواهد بود. در رابطه با تابع هدف نیز مدل به کمینه کردن امید ریاضی (مقدار متوسط) تابع هدف می‌پردازد. لذا مدل نسبت به انحراف تابع هدف نسبت به مقدار متوسط حساس نمی‌باشد. به عبارت دیگر، تصمیم حاصل از حل مدل ممکن است منجر به انحراف قابل توجه از مقدار برنامه‌ریزی شده (حاصل از کمینه کردن امید ریاضی) در برخی حالات واقعی شود که این خود می‌تواند ریسک قابل توجهی را به صاحب تصمیم تحمیل کند. در ادامه به منظور رفع اشکالات فوق‌الذکر مدل هایی تحت رویکردی با نام برنامه‌ریزی امکانی استوار ارائه خواهند شد.

$$\text{Min } \Theta_1 = E[Z_1] + \eta(E[Z_1] - Z_{1min}) + \delta\big(k_{(2)} - \alpha\big(k_{(2)} - k_{(1)}\big) - k_{(1)}\big) \qquad (۱۶)$$

$$\text{Min } \Theta_2 = E[Z_2] + \eta'(E[Z_2] - Z_{2min}) + \delta'\big(k_{(2)} - \alpha\big(k_{(2)} - k_{(1)}\big) - k_{(1)}\big) \qquad (۱۷)$$

s.t.

$$\sum_{j=1}^{n} y_j \le k_{(2)} - \alpha(k_{(2)} - k_{(1)}), \qquad (۱۸)$$

Constraints (4)-(9).

13 Subjectively
14 Reactive
15 Interactive

که در آن

$$E[Z_1] = -\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\left(\frac{\rho_{ij(1)} + \rho_{ij(2)} + \rho_{ij(3)}}{3}\right)x_{ij} \quad (۱۹)$$

$$E[Z_2] = -\sum_{j=1}^{n}\left(\frac{\mu_{j(1)} + \mu_{j(2)} + \mu_{j(3)}}{3}\right)w_j \quad (۲۰)$$

که در آن

$$Z_{1min} = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\rho_{ij(1)}x_{ij} \quad (۲۱)$$

$$Z_{2min} = \sum_{j=1}^{n}\mu_{j(1)}w_j \quad (۲۲)$$

۳-۶-تحلیل و توضیح رویکرد برنامه‌ریزی امکانی استوار ارائه شده برای مدل:

در بخش اول این تابع همانند مدل پایه‌ای برنامه‌ریزی محدودیت شانسی امکانی، به مینیمم سازی مقدار انتظاری تابع هدف پرداخته می‌شود. در قسمت دوم، به حداقل‌سازی اختلاف میان بدترین حالت تابع هدف و حالت انتظاری آن پرداخته می‌شود. (η') η وزن (اهمیت) این عبارت را در مقابل دیگر عبارات تابع هدف را نشان می‌دهد. در واقع این عبارت استواری بهینگی بردار حل را کنترل می‌نماید؛ و قسمت سوم، سطح محافظه‌کاری هر یک از محدودیت‌های شانسی را تعیین می‌نماید که در آن δ (δ') واحد جریمه برای تخطی احتمالی از هر محدودیت شانسی شامل پارامتر(های) غیر دقیق ا ست و $\left(k_{(2)} - \alpha\left(k_{(2)} - k_{(1)}\right) - k_{(1)}\right)$ اختلاف بین بدبینانه‌ترین مقدار پارامتر غیردقیق و مقداری که در محدودیت استفاده شده است را نشان می‌دهد. در واقع این عبارت استواری شدنی بردار حل را کنترل می‌کند.

بر خلاف مدل پیشین، در این مدل سطح اطمینان محدودیت‌های شانسی یک متغیر بوده و مقادیر آن با توجه به تابع هدف و محدودیت‌ها به طور بهینه انتخاب می‌شود(خود مدل به صورت خودکار بهترین مقدار را برای α پیدا می‌کند). در نتیجه، این مدل از انتخاب قضاوتی مقادیر سطوح اطمینان جلوگیری کرده و بهینه بودن مقدار آن‌ها را تضمین می‌کند. به علاوه اینکه این

مدل برای تعیین مقدار بهینه سطوح اطمینان احتیاجی به آزمایش های پیچیده و زمان‌بر مانند آزمایش‌های شبیه‌سازی ندارد.

با توجه به مطالب فوق‌الذکر می‌توان بیان کرد که مدل ارائه شده جواب بهینه را با ایجاد یک توازن منطقی بین سه عبارت تابع هدف یا به عبارت دیگر (۱) عملکرد متوسط، (۲) استواری بهینگی و (۳) استواری شدنی بودن، تعیین می‌کند.

سوال۱: تحلیل عملکرد مدل برنامه ریزی امکانی استوار در مقایسه با مدل به صورت محدودیت شانسی

حل مدل در این بخش به منظور نمایش کارایی و تحلیل عملکرد مدل‌های برنامه‌ریزی امکانی استوار توسعه داده شده به پیاده‌سازی این مدل‌ها روی مسأله مورد مطالعه می‌پردازیم. از آن‌جا که مدل PCCP قدرت تنظیم مقادیر سطح اطمینان محدودیت‌های شانسی را ندارد، نتایج برای این مدل در سه سطح اطمینان متفاوت یعنی(۰/۴، ۰/۶ و ۰/۸) گزارش شده است. سپس برای سنجش مطلوبیت جواب‌های بدست آمده از حل مدل‌ها با استفاده از داده‌های اسمی، ده سری داده واقع‌نما[16] به صورت تصادفی و یکنواخت تولید شده و جواب‌های به دست آمده در مرحله قبلی با استفاده از این ده سری داده مورد آزمایش قرار گرفته است. داده های واقع نما به این گونه تولید می‌شوند که داده‌های اصلی برای پارامترهای مدل (k, μ, ρ) را در یک عدد ثابت ضرب میکنیم تا اعتبار مدل را نسبت به مدل محدودیت شانسی با داده های مختلف و متفاوت بسنجیم تا از خوبی عملکرد آن مطمئن شویم. برای مثال اگر $\tilde{\xi} = (\tilde{\xi}_{(۱)}, \tilde{\xi}_{(۲)}, \tilde{\xi}_{(۳)})$ یک پارامتر غیردقیق با توزیع مثلثی باشد، داده واقع‌نمای مرتبط با استفاده از توزیع تصادفی یکنواخت بین دو نقطه حدی آن (یعنی $\xi_{real} \sim [\xi_{(1)}, \xi_{(3)}]$) تولید می‌شود. سپس جواب‌های بدست آمده تحت داده‌های اسمی (x*,y*) در مدل جای‌گذاری می‌شوند. در این مدل R که میزان تجاوز از محدودیت‌ها را نمایش می‌دهند، تنها متغیر تصمیم مدل می‌باشند. اندیس real هم برای پارامترهایی که به جای آن‌ها از داده‌های واقع‌نمایی شده استفاده شده است، به کار رفته است.

16 Realization

Realization model

$$\text{Max}\,\Psi_1 = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \rho_{ij(real)}\, x_{ij}^{*} - \delta R \qquad (۲۳)$$

$$\text{Max}\,\Psi_2 = \sum_{j=1}^{n} \mu_{j(real)} w_j^{*} - \delta' R \qquad (۲۴)$$

s.t.

$$\sum_{j=1}^{n} y_j^{*} \le k_{(real)} + R, \qquad (۲۵)$$

$$\sum_{j=1}^{n} w_j^{*} = 1, \qquad (۲۶)$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij}^{*} = 1, \qquad \forall i, \qquad (۲۷)$$

$$L y_j^{*} \le w_j^{*} \le U y_j^{*}, \qquad \forall j, \qquad (۲۸)$$

$$x_{ij}^{*} \le y_j^{*}, \qquad \forall i, j, \qquad (۲۹)$$

$$R \ge 0. \qquad (۳۰)$$

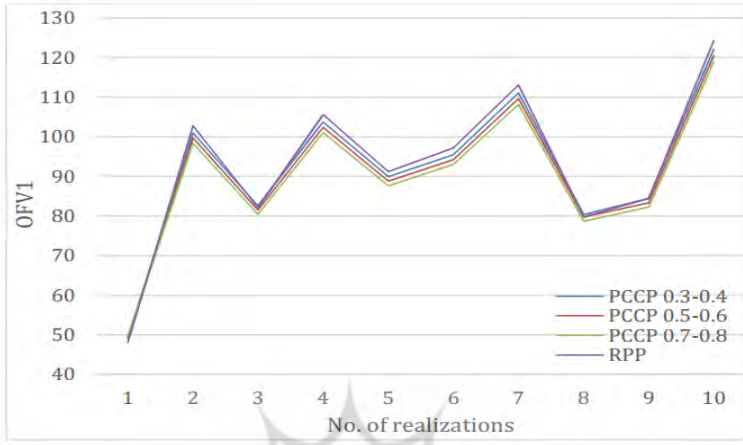
مقدار متوسط عملکرد و انحراف از معیار جواب‌های بدست آمده از مدل‌های توسعه داده شده تحت ده سری داده واقع‌نمایی شده به عنوان معیار ارزیابی عملکرد مدل‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج آزمایشات در جدول ۱نمایش داده شده است. با توجه به نتایج نمایش داده شده در جدول ۱ از آن‌جایی که برای هر دو توابع هدف، شاخص‌های ارائه شده برای مدل «**RPP**» مقدار بهتری را

در میان سه مدل دیگر نشان می‌دهد، مزیت استفاده از این مدل روشن می گردد.نحوه‌ی عملکرد این سه مدل بصورت شماتیک به تفکیک توابع هدف در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است.

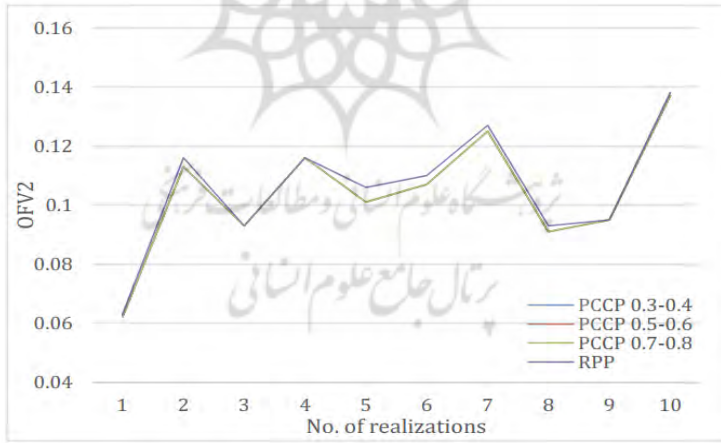
جدول۱: نتایج حاصل از اجرای مدل‌ها با استفاده از داده‌های واقع نمایی شده

No. of Realization	PCCP 0.4		PCCP 0.6		PCCP 0.8		RPP	
	تابع هدف اول	تابع هدف دوم	تابع هدف اول	تابع هدف دوم	تابع هدف اول	تابع عدف دوم	تابع هدف اول	تابع عدف دوم
۱	۴۹.۰۷۸	۰.۰۶۲	۴۹.۳۶۷	۰.۰۶۲	۴۹.۶۵۴	۰.۰۶۲	۴۸.۰۷۷	۰.۰۶۳
۲	۱۰۰.۹۷۶	۰.۱۱۳	۹۹.۶۷۳	۰.۱۱۳	۹۸.۳۶۶	۰.۱۱۳	۱۰۲.۸۰۸	۰.۱۱۶
۳	۸۲.۶۱۷	۰.۰۹۳	۸۱.۵۵۱	۰.۰۹۳	۸۰.۴۸۱	۰.۰۹۳	۸۲.۱۱۵	۰.۰۹۳
۴	۱۰۳.۷۳	۰.۱۱۶	۱۰۲.۳۹۲	۰.۱۱۶	۱۰۱.۰۴۹	۰.۱۱۶	۱۰۵.۶۱۲	۰.۱۱۶
۵	۸۹.۹۶۱	۰.۱۰۱	۸۸.۸	۰.۱۰۱	۸۷.۶۳۵	۰.۱۰۱	۹۱.۱۹۲	۰.۱۰۶
۶	۹۵.۴۶۹	۰.۱۰۷	۹۴.۲۳۶	۰.۱۰۷	۹۳.۰۰۱	۰.۱۰۷	۹۷.۲	۰.۱۱
۷	۱۱۱.۰۷۴	۰.۱۲۵	۱۰۹.۶۴	۰.۱۲۵	۱۰۸.۲۰۳	۰.۱۲۵	۱۱۳.۰۸۸	۰.۱۲۷
۸	۸۰.۳۸۱	۰.۰۹۱	۷۹.۷۳۹	۰.۰۹۱	۷۸.۶۹۳	۰.۰۹۱	۷۹.۸۴۶	۰.۰۹۳
۹	۸۴.۴۵۳	۰.۰۹۵	۸۳.۳۶۳	۰.۰۹۵	۸۲.۲۷	۰.۰۹۵	۸۴.۳۸۵	۰.۰۹۵
۱۰	۱۲۲.۰۹	۰.۱۳۷	۱۲۰.۵۱۴	۰.۱۳۷	۱۱۸.۹۳۳	۰.۱۳۷	۱۲۴.۳۰۴	۰.۱۳۸
Avr.	۹۱.۹۸۲	۰.۱۰۴	۹۰.۹۲۷	۰.۱۰۴	۸۹.۸۲۸	۰.۱۰۴	۹۲.۸۶۲	۰.۱۰۶
St.D.	۲۰.۰۷۱	۰.۰۲۱	۱۹.۵۶۸	۰.۰۲۱	۱۹.۰۹۲	۰.۰۲۱	۲۱.۱۹۵	۰.۰۲۱۰

شکل ۲ و۳ ، نحوه عملکرد RPP(حل با استفاده از رویکرد استوار)را نسبت به PCCP (حل بدون اعمال رویکرد استوار) در دو تابع هدف مدل ما نشان میدهند که نمایانگر بهتر بودن استفاده از الگوریتم استوار نسبت به عدم استفاده از آن برای حل مدل می‌باشد.



شکل۲: نتایج حاصل از اجرای مدل‌ها تحت تابع هدف اول با استفاده از داده‌های واقع نمایی شده



شکل ۳: نتایج حاصل از اجرای مدل‌ها تحت تابع هدف دوم با استفاده از داده‌های واقع نمایی شده

سوال‌های دوم وسوم : آیا میان صندوق شاخصی بهبودیافته و شاخص‌کل همبستگی وجود دارد و عملکرد صندوق شاخصی بهبودیافته از عملکرد بازار بهتر خواهد بود.

هدف از انجام این تحقیق بررسی اثر بخشی رویکرد برنامه‌ریزی امکانی استوار در تشکیل یک صندوق ردیابی کننده شاخص است به گونه‌ای که پرتفوی حاصل علاوه بر پیروی از شاخص کل احتمال عملکرد بهتر از شاخص وجود داشته باشد.

در ادامه مدل ارائه شده را با استفاده از نرم‌افزار GAMS ۲٤ حل کرده و جواب حاصل از آن را با شاخص کل مقایسه می‌کنیم.

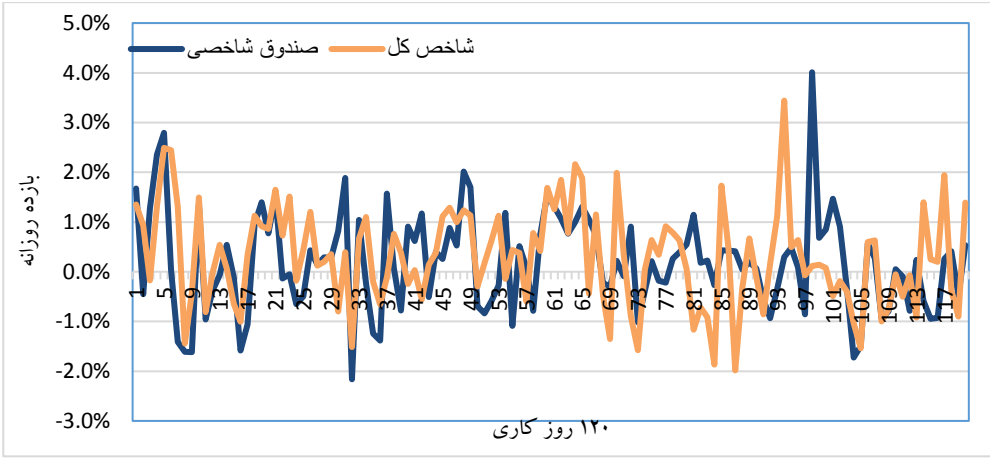
در این روش اندازه صندوق شاخصی را کمترمساوی مقدار K(دلخواه مثلا ۲۰)نشان می‌دهیم تا مدل چندهدفه‌ی ما جواب با تعداد مشخصی از سهام را برای ما به نمایش بگذارد. جواب بدست آمده را با توجه به نمودار ها با شاخص کل مقایسه نموده ایم تا نسبت عملکرد صندوق شاخصی را در مقایسه با شاخص کل از لحاظ بازده و ضریب همبستگی نمایش دهیم.

در این مرحله ما ابتدا مدل قطعی را حل می‌کنیم سپس این نقطه و جواب آن را با استفاده از برنامه ریزی امکانی استوار حل خواهیم کرد تا ببینیم که نسبت بهبود در ضریب همبستگی و همچنین میزان بازده به چه اندازه خواهد بود.

حل مدل قطعی

این سهم ها بر اساس دو معیار ضریب همبستگی و بازده برای صندوق شاخصی انتخاب شده اند. نمودار زیر درصد بازده روزانه و میزان همبستگی صندوق شاخصی بهبودیافته در مقایسه با شاخص کل را نشان میدهد. محور عمودی این نمودار درصد بازده و محور افقی آن ۱۲۰ روز نشان میدهد:

پرتال جامع علوم انسانی



شکل۴: نمودار بازده روزانه صندوق شاخصی در مقایسه با شاخص کل در حل مدل قطعی

در شکل۴، به خوبی مشخص است که صندوق شاخصی که از حل مدل قطعی به دست آمده است از فرم تغییرات شاخص کل به خوبی پیروی نمی‌کند و همبستگی کمی بین شاخص کل و صندوق شاخصی موجود است که میزان این همبستگی برابر با ((۳۹,۱٪)) می‌باشد که نشانه عملکرد نامطلوب حل مدل قطعی دارد.

برای محاسبه بازدهی کل با توجه به فرمول زیر اقدام نموده ایم که d نشان دهنده تعداد روز های تست می‌باشد(در اینجا ۱۲۰ روز):

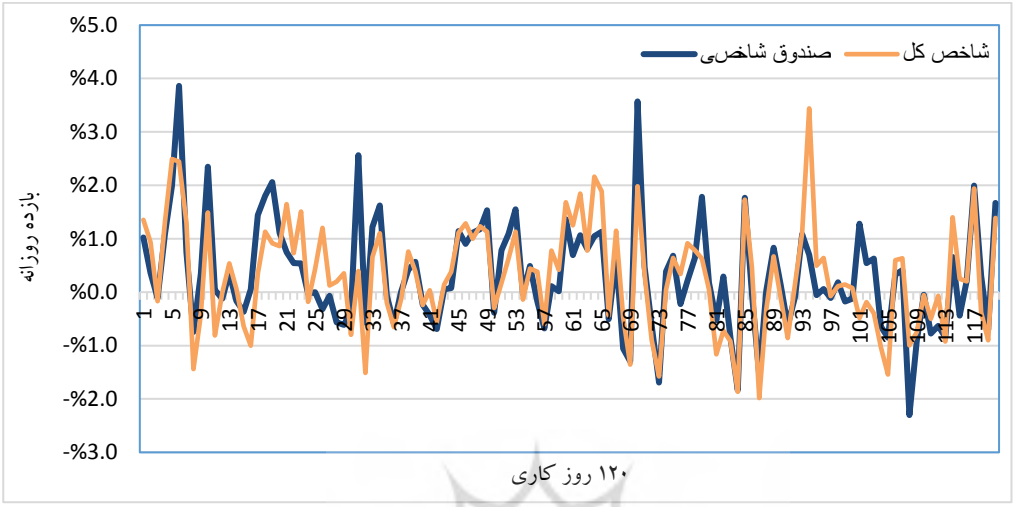
$$\text{متوسط بازده کل} = \frac{\sum_{t=1}^{d}\left(\mu_{\text{صندوق}} - \mu_{\text{کل شاخص}}\right)}{d} \qquad (۳۱)$$

با توجه به فرمول (۳۱)، بازدهی کل بدست آمده برای صندوق شاخصی بهبود یافته ما ((۰,۱۲٪-)) در حالت حل قطعی می‌باشد نشان از پایین تر بودن بازدهی صندوق نسبت به شاخص کل می‌باشد.

حل مدل با روش برنامه‌ریزی امکانی استوار

برای تست کردن کارایی مدل ما از ۳ سال داده مورد مطالعه ۲/۵ آن را برای حل مدل و ۶ ماه باقیمانده را برای تست مدل پیشنهادی انتخاب کرده ایم که با توجه به ۲۰ روز کاری در ماه برابر ۱۲۰ روز می‌باشد. شکل ۵، درصد بازده روزانه و میزان همبستگی صندوق شاخصی بهبودیافته در

مقایسه با شاخص کل را نشان می‌دهد. محور عمودی این نمودار درصد بازده و محور افقی آن ۱۲۰ روز نشان میدهد:



شکل ۵: نمودار بازده روزانه صندوق شاخصی در مقایسه با شاخص کل در حل مدل استوار

در شکل ۵، به خوبی مشخص است که صندوق شاخصی که از حل مدل به روش برنامه ریزی امکانی استوار به دست آمده است از فرم تغییرات شاخص کل به خوبی پیروی میکند و همبستگی بالایی بین شاخص کل و صندوق شاخصی موجود است که میزان این همبستگی برابر با ((۷۷,۳۲٪)) می‌باشد و در مقایسه با حل مدل قطعی همبستگی به مراتب بالاتر می‌باشد و نشان از عملکرد خوب برنامه ریزی امکانی استوار دارد.

بازدهی کل بدست آمده برای صندوق شاخصی بهبود یافته ما ((۰,۰۱۴۸٪)) در حالت حل با روش برنامه ریزی امکانی استوار می‌باشد نشان از برتری بسیار نسبی بازدهی صندوق نسبت به شاخص کل را دارد. نکته اینکه هزینه های دیگری نیز کاهش یافته است که در مدل ذکر نشده است مثل کاهش در هزینه‌ی معاملاتی سهم‌های صندوق نسبت به اینکه همه سهم ها را در صندوق داشته باشیم و همچنین در زمان پیگیری و انجام معاملات صندوق شاخصی صرفه جویی می‌شود.

٤-نتیجه‌گیری

در گذشته مدل‌های سبد مالی که جهت توسعه ارائه می گردید خالی از هرگونه عدم قطعیت بود و تمام ورودی‌های می‌باشد مسائل به صورت قطعی فرض می‌شد، که این فرض یک فرض ناقص می‌باشد. رویکردهایی کلاسیک جهت ورود این عدم قطعیت به مدل‌های ریاضی بسیار سخت و ناکارآمد هستند. این رویکردها مانند آنالیز حساسیت و یا برنامه‌ریزی تصادفی دارای مشکلات فراوانی هستند. بهینه‌سازی استوار بهترین رویکرد جهت در نظر گرفتن عدم قطعیت در مدل‌های ریاضی می‌باشد. در این تحقیق تلاش شد که تلفیق بهینه‌سازی استوار و برنامه‌ریزی امکانی را برای حل مدل صندوق شاخصی معرفی شده به کار ببریم. در بخش مرور ادبیات این تحقیق تمرکز بیشتر بر روی رویکرد بهینه سازی استواری بود که توسط پیشوایی و همکاران ایجاد شد، زیرا این رویکرد علاوه بر حل به صورت استوار مدل را به صورت فازی در نظر می‌گیرد و با تلفیق برنامه‌ریزی امکانی و بهینه‌سازی استوار یک مدل برنامه ریزی امکانی‌استوار به وجود می‌آورد که کارایی بالایی را در حل مدل‌ها از خود نشان می‌دهد. برای قسمت فازی این روش از محدودیت شانسی ضرورت در روش امکان استفاده شد که مدل را به حالت سختگیرانه حل می‌کند.

برای حل مدل داده‌هایی از بورس تهران برای مدت ۳ سال از ابتدای سال ۸۹ تا ابتدای سال ۹۲ و تعداد ۲۰۶ سهم مختلف انتخاب گردید.داده هایی که عدم قطعیت داشتند ضریب‌همبستگی، تعداد سهم موجود در صندوق و بازده ماهانه هر سهم بودند. مدل پیشنهادی این تحقیق نیز یک مدل مکان‌یابی حمل‌ونقل بود که با تغییراتی کاربردی که در هر دو مورد مطالعه کاربرد دارد به یک مدل کارا برای صندوق شاخصی بهبود یافته تبدیل شد و در نهایت نیز جواب‌های قابل قبول و با اعتباری ازآن به دست آمد.برتری این مدل به مدل‌های قبل از خود برقراری همزمان همبستگی و افزایش بازده در یک صندوق شاخصی می‌باشد که باعث ایجاد صندوق شاخصی بهبود یافته می‌شود و نسبت به تحقیقات مشابه صندوقی با حداکثر ضریب همبستگی با شاخص کل ایجاد می‌کند و از رویکرد جدیدی در بهینه‌سازی استوار استفاده شده است. نظر به نتایج حاصل از این پژوهش و محدودیت-های آن پیشنهادهای زیر برای پژوهش‌های آتی ارائه می‌شود:

۱- پیاده سازی هزینه‌ی معامات بر روی مدل فوق که باعث می‌شود تحلیل‌ها از نتایج واقع‌بینانه‌تر از مدل این پایان‌نامه بدست آورد ودر بازارهایی که هنوز کارا نیستند کاربرد زیادی دارد.

۲- استفاده از روش‌های حل دیگر برای مدل مثل شبکه‌های عصبی و الگوریتم ژنتیک و....

۳- پیاده‌سازی مدل فوق با استفاده از داده‌های بورس‌های جهانی مثل نزدک، S&P ، داوجونز، یورو استاکس و ..

۴- در نظر گرفتن پارامتر ریسک در مدل پیشنهادی این پژوهش.

۵- تمرکز و یافتن مقالاتی در زمینه‌ی لجستیک و حمل ونقل که می‌توان از مفهوم آنها در زمینه‌ی صندوق شاخصی بهره گرفت، زیرا مفاهیم تقریبا یکسانی در این دو مورد مطالعه وجود دارد.

۶- امکان‌سنجی ردیابی شاخص با بهره‌گیری از سایر دارایی‌های مالی قابل معامله در بازار بورس

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع و مآخذ

۱. بحرالعلوم، محمد مهدی؛ تهرانی، رضا؛ حنیفی، فرهاد (۱۳۹۱)، «طراحی یک الگوریتم فراابتکاری جهت انتخاب پورتفوی بهینه ردیابی کننده شاخص بورس تهران» ، تحقیقا ت حسابداری،شماره ۱۳، ص ۴۳-۲۰.

۲. بحرالعلوم، محمد مهدی(۱۳۹۳)، «ارائه چهارچوبی جهت تشکیل صندوق شاخصی استوار در بورس تهران».رساله دکتری، دانشکده مدریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبایی

۳. بحرالعلوم،محمدمهدی؛ فلاح شمس لیالستانی، میرفیض؛ بولو،قاسم(۱۳۹۴). «ارائه یک مدل خطی استوار جهت تشکیل صندوق شاخصی»، مطالعات مدیریت صنعتی، شماره ۳۹، ص ۱۱۴-۹۱

۴. بحرالعلوم،محمدمهدی؛امیری،مقصود؛فلاح شمس لیالستانی،میرفیض(۱۳۹۶)،« ارائه یک الگوی استوار با درجه محافظه کاری تنظیم شدنی برای تشکیل صندوق شاخصی در بورس اوراق بهادار تهران »، مدیریت دارایی و تامین مالی،شماره ۲، ص ۱۱۳-۱۲۸

۵. حجازی،رضوان؛داود،جعفری سرشت؛ دلشادی، محمود(۱۳۹۰)،«تشکیل صندوق شاخصی بهبودیافته با استفاده از الگوریتم ژنتیک»، فصلنامه بورس اوراق بهادار شماره ۱۴، ص ۱۳۵-۱۵۷

۶. کلانتری،محدثه؛ پیشوایی،میرسامان(۱۳۹۵)، «یک مدل برنامه‌ریزی استوار امکانی برای برنامه-ریزی اصلی زنجیره تامین دارو» ، پژوهش‌های مهندسی صنایع در سیستم تولید،شماره ۷، ص ۶۷-۴۹

۷. قرخانی، محسن؛ سجادی، سید جعفر؛ صفری، احرام(۱۳۹۲)،«بهینه‌سازی استوار سبد مالی با رویکرد CAPM»، مدریت تولید و عملیات، دوره چهارم پیاپی ۶، شماره ۱،ص ۶۸-۶۱.

۸. شوندی، حسن، (۱۳۸۵).«نظریه مجموعه‌های فازی و کاربرد آن در مهندسی صنایع و مدریت»، انتشارات گسترش علوم پایه

۹. عباسی، ابراهیم؛ اکبری،صمد(۱۳۹۳). «کاربرد الگوریتمهای تبرید شبیه‌سازی شده و ژنتیک در تشکیل صندوق شاخصی»، مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، شماره ۲۰

۱۰. قهطرانی، علیرضا(۱۳۹۱)؛ «به کارگیری بهینه سازی استوار در مسئله انتخاب سبد سرمایه». رساله دکتری، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه خواجه نصیر طوسی

11. Meade N, Salkin GR(1990).«Developing and maintaining an equity index fund».Journal of the Operational Research Society 41(7):599–607.

12. Beasley JE, Meade N, Chang TJ(2003). «An evolutionary heuristic for the index tracking problem». European Journalof Operational Research; 148(3):621–643.
13. DeMiguel V, Nogales FJ(2008). «Portfolio selection with robust estimation". Opera- tions Research.
14. Erdogan E, Goldfarb D, Iyengar G(2004). «Robust portfolio management». CORC Technical Report TR-2004–11, Columbia University.
15. Ben-Tal A, Nemirovski A(1998). «Robust convex optimization». Mathematics of Operations Research ;23:769–805..
16. Bertsimas D, Pachamanova D(2008). «Robust multiperiod portfolio management in the presence of transaction costs». Computers and Operations Research 2008;35(1):3–17.
17. Pinar MC- ,Tu¨ tu¨ ncu¨ RH(2005). «Robust profit opportunities in risky financial portfolios». Operations Research Letters ;33(4):331–40.
18. Cornuejols G, Tu¨ tu¨ ncu¨(2007). «R Optimization methods in finance. Cambridge University Press».
19. Bertsimas D, Sim M(2003). «Robust discrete optimization and network flows». Mathematical Programming;98(1–3):49–71
20. Bertsimas, D,ThieleA(2006). «Robust and data-driven optimization:modern decision making under uncertainty». Tutorials in Operations Research;4: 95–122.
21. Chen Chen, Roy H. Kwon(2012). «Robust portfolio selection for index tracking». Computers & Operations Research 2012;39;829-837
22. M. Pishvaee, J. Razmi, and S. Torabi(2012), «Robust possibilistic programming for socially responsible supply chain network design: A new approach», Fuzzy Sets and Systems, vol. 206, pp. 1-20.
23. M. Pishvaee and S. Torabi(2010), «A possibilistic programming approach for closed-loop supply chain network design under uncertainty», Fuzzy Sets and Systems, vol. 161, pp. 2668-2683.
24. D. Dubois and H. Prade(1998), «Possibility theory»: Springer.
25. C. Negoita, L. Zadeh, and H. Zimmermann(1978), «Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility», Fuzzy Sets and Systems, vol. 1, pp. 3-28.

A. Ben-Tal, L. El Ghaoui, and A. Nemirovski(2009),« Robust optimization» Princeton University Press.

26. J. M. Mulvey, R. J. Vanderbei, and S. A. Zenios(1995), «Robust optimization of large-scale systems», Operations research, vol. 43, pp. 264-281.
27. M. Inuiguchi and J. Ramı k(2000), «Possibilistic linear programming: a brief review of fuzzy mathematical programming and a comparison with stochastic programming in portfolio selection problem»,Fuzzy Sets and Systems, vol. 111, pp. 3-28.
28. B. Liu and K. Iwamura(1998), «Chance constrained programming with fuzzy parameters», Fuzzy Sets and Systems, vol. 94, pp. 227-237.
29. S. Heilpern(1992), «The expected value of a fuzzy number», Fuzzy Sets and Systems, vol. 47, pp. 81-86, 1992.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Enhanced Index Fund Construction using Robust Possiblistic Programming

Maghsoud Amiri[17]
Shima Shahsavari[18]
Sajad lak Chalsepari [19]

Abstract:
One of the main concerns of modeling is the adaptation of the mathematical model to reality, and in the real world of uncertainty one of the decisive cases ignored in the classical mathematical programming of these uncertainties. Robust optimization is one of the methods for uncertainly parameter management. In this research, study trying that from robust possiblistic programming to create an enhanced index fund that tracking the index. Enhanced index funds on the one hand trying to have the smallest deviation from the index, On the other hand, will try to achieve target returns than the index. This research model is solved by the real data on the stock exchange. Comparing the results of data analysis and solving the model with a robust feasibility approach points to good performance and high traceability of the improved indicator fund and the fund has a high positive correlation with the stock index and return more than index.

Keywords: Uncertinity, Enhanced index Fund, Robust Possiblistic Programming

JEL Classification: G11 ،C02 ،C60

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

17. Professor, Allame Tabatabaei University,Management & Accounting Faculty, Industrial Management group
18. Master of Financial Engineering Raja University. (Corresponding Author)
Shima.shahsavari69@gmail.com
19. Master of Financial Engineering Raja University