مدیریت صنعتی
Journal of Industrial Management
دانشکدهٔ مدیریت دانشگاه تهران
دورهٔ ۷، شمارهٔ ۳
پاییز ۱۳۹۴
ص. ۵۱۰- ۴۸۹

برنامه‌ریزی تصادفی چندهدفه برای انتخاب سبد سهام

علیرضا شریفی سلیم[۱]، منصور مؤمنی[۲]، محمد مدرس یزدی[۳]، رضا راعی[۴]

چکیده: در رویکردهای سنتی مقادیر مرتبط با اهداف یک مدل تصمیم‌گیری اغلب معین و قطعی فرض می‌شود، درحالی‌که در دنیای واقعی این مقادیر احتمالی است و تصمیم‌گیرنده نمی‌تواند آنها را به‌طور قطعی تعیین کند. بهینه‌سازی مالی یکی از حوزه‌های جذاب در تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان است. در مسئلهٔ انتخاب سبد سرمایه‌گذاری، تصمیم‌گیرنده همزمان با اهداف مختلف و گاه متعارض مانند نرخ بازده، نقدینگی، سود تقسیمی و ریسک مواجه است. تاکنون روش های مختلف برنامه‌ریزی چندهدفه از جمله برنامه‌ریزی آرمانی و برنامه‌ریزی توافقی که بیشترین میزان ترجیحات و آرمان های تصمیم گیرنده را ارضا کند و روش های مختلف برنامه‌ریزی چندمعیاره برای مواجهه با مسئلهٔ انتخاب سبد سهام استفاده شده‌اند. در این پژوهش با تشکیل برنامه‌ریزی تصادفی چندهدفه که شاخص‌های مرتبط با اهداف، تصادفی و مبتنی بر توزیع نرمال هستند، از مدل برنامه‌ریزی توافقی با محدودیت تصادفی به منظور انتخاب سبد استفاده شد. پس از توسعه و حل مدل، در نهایت نتایج مدل برنامه‌ریزی برای انتخاب سبد سهام در بازار بورس تهران ارائه شده است.

واژه های کلیدی: برنامه‌ریزی تصادفی محدود، برنامه‌ریزی توافقی، سبد سهام، مدل برنامه‌ریزی توافقی با محدودیت تصادفی.

۱. دانشجوی دکتری، مدیریت صنعتی، دانشکدهٔ مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۲. استاد مدیریت صنعتی، دانشکدهٔ مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران
۳. استاد مهندسی صنایع، دانشکدهٔ مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران
۴. استاد مدیریت مالی، دانشکدهٔ مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۰۸/۲۸
تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹٤/۰۳/۲۷
نویسندهٔ مسئول مقاله: علیرضا شریفی سلیم
E-mail: Sharifisalim@ut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

مهم‌ترین موضوع سرمایه‌گذاران، انتخاب سهام مناسب به‌منظور کسب عایدی بیشتر است. تنوع و پیچیدگی روش‌های تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاری در دهه‌های اخیر تا حد بسیار زیادی گسترش یافته است. در این شرایط ارائهٔ مدلی به‌منظور کمک به سرمایه‌گذاران در زمینهٔ تصمیم‌گیری، ضروری است.

نظریهٔ بنیادی انتخاب سبد سرمایه‌گذاری را ابتدا هری مارکوویتز (۱۹۵۲)، اقتصاددان آمریکایی مطرح کرد. مدل وی نحوهٔ تفکر افراد در مورد پرتفوی دارایی‌ها را متحول کرد و آغازگر تئوری پرتفوی مالی نوین شد. مسئلهٔ انتخاب سبد سرمایه‌گذاری بر مبنای یک مدل تک‌دوره‌ای سرمایه‌گذاری است. تصمیم‌گیرنده برای سرمایه‌گذاری دارایی خود، از بین اوراق بهادار مختلف انتخاب می‌شود و به میزان مشخص به خرید آنها تخصیص می‌یابد. در این مدل‌ها سهم‌های مختلف به نسبتی با یکدیگر ترکیب می‌شوند که سبد سهام به ازای بازده معین با کمترین ریسک همراه باشد یا به ازای ریسک معین بیشترین بازده را کسب کند. به‌طور معمول در این مدل‌ها چندین محدودیت سیستمی در نظر گرفته می‌شود، برای مثال نسبت سرمایه‌گذاری‌شده در هر ورقهٔ بهادار غیرمنفی باشد (اگریزاک،۲۰۰۰).

پیشینهٔ پژوهش

در این قسمت تحقیقات انجام‌گرفته در دو بخش مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی و تحقیقات تصمیم‌گیری چندمعیاره شامل عوامل مؤثر بر تصمیمات سرمایه‌گذاران ارائه می‌شود.

مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی

سرمایه‌گذاران اهداف و خواسته‌های سرمایه‌گذاری خود را در چارچوب مدل‌های ریاضی چندهدفه‌ای که تطابق بیشتری با واقعیات تصمیم‌گیری در انتخاب سبد مالی بهینه دارند، بیان می‌کنند. تا به امروز روش‌های مختلفی برای بهینه‌سازی این مسائل معرفی شده است.

پیش از مقالهٔ مارکویتز (۱۹۵۲)، تصمیم گیری در مورد اوراق بهادار، کاملاً مستقل صورت می‌گرفت و اصولاً رابطهٔ بین این اوراق مدنظر نبود. بنابراین وقتی هدف افزایش بازده مورد انتظار باشد و ریسک هم به تنهایی در نظر گرفته شود، طبیعی است که به انتخاب یک ورقهٔ بهادار منجر خواهد شد. نظریهٔ مارکوویتز در حقیقت ورود مسئلهٔ هم‌افزایی به حوزهٔ اوراق بهادار بود. روش میانگین- واریانس مارکوویتز در مسئلهٔ انتخاب سبد سرمایه‌گذاری محور فعالیت‌های تحقیقاتی و مبنایی برای توسعهٔ تئوری مالی مدرن بوده است. وی اولین بار مسئلهٔ پرتفوی را در

Archive of SID

www.SID.ir

قالب الگوهای برنامه ریزی ریاضی مطرح کرد و آغازگر ورود اندیشمندان حوزهٔ تحقیق در عملیات به مباحث مربوط به پرتفوی شد (مارکوویتز، ۱۹۵۲ و ۱۹۵۹).

در پی معرفی مدل میانگین–واریانس مارکوویتز، مسئلهٔ انتخاب سبد مالی بهینهٔ چندهدفه مورد توجه بسیاری از تصمیم‌گیران و برنامه ریزان مالی قرار گرفت. چندین الگوریتم از جمله مدل شارپ (۱۹۶۳) که در آن بخشی از بازده هر سهم ناشی از حاصل‌ضرب بازده بازار و ضریبی به نام بتا و بخشی مستقل از بازار است، مطرح شد. مدل شارپ (۱۹۶۷) و التون، گروبر و پادبرگ (۱۹۷۶) برای خطی کردن و بهبود کارایی محاسبات مدل کوواریانس مارکوویتز ایجاد شدند (نروکی و کارتر، ۱۹۹۸؛ شینگ و ناگاساوا، ۱۹۹۹). مدل مارکوویتز به‌دلیل عدم کارایی با مدل های متعارف ترجیحات انتخاب تحت ریسک مورد انتقاد قرار گرفت (بل و ریفا و تورسکی، ۱۹۸۸). لوی (۱۹۹۲) تأکید کرد که مدل های منطبق با ترجیحات، مبتنی بر رابطهٔ تسلط تصادفی یا تئوری مطلوبیت مورد انتظارند. به همین دلیل، بالسترو و رومرو (۱۹۹۶) برای مثال ماکزیمم کردن مطلوبیت بازده‌های مورد انتظار سرمایه‌گذار را روی مرز کارا پیشنهاد کردند.

از آنجا که بازده آتی تصادفی است، بازده مورد انتظار یک سبد به‌صورت تقریبی به‌دست می‌آید که این امر تشکیل سبدی با لحاظ کردن تمام بازده‌های محتمل را برای سرمایه‌گذار به‌سختی امکان‌پذیر می‌سازد (لیو، ۱۹۹۹).

مدل مارکوویتز گسترش مدل کلاسیک با گنجاندن یک هدف دیگری است که برای توصیف خطر از واریانس استفاده می کند. اردیتی (۱۹۶۷) و ساموئلسون (۱۹۷۰) استدلال می‌کنند که گشتاورهای بالاتر را نمی توان نادیده گرفت. لای (۱۹۹۱) و پراکش و چانگ و پاکتوا (۲۰۰۳) گشتاورهای بالاتر به‌ویژه چولگی را در برنامه‌ریزی آرمانی چندجمله‌ای وارد کردند. پس از آن مسئلهٔ انتخاب سبد سرمایه‌گذاری به‌عنوان یک برنامهٔ ریاضی چندهدفه در نظر گرفته شد.

اشتویر و نا (۲۰۰۳) در مقاله ای با موضوع طبقه بندی مکتوبات منتشره در زمینهٔ کاربرد تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره بیان می‌دارند که ۶۹ درصد مقالات چاپ‌شده از برنامه‌ریزی آرمانی و برنامه ریزی چندهدفه استفاده کرده‌اند. در همین حال، ۲۹ درصد به مسئلهٔ انتخاب سبد پرداخته‌اند. زوپونیدیس و دومپوس (۲۰۰۲) ادعا می کنند که چارچوب روش‌شناختی تصمیم‌گیری چندمعیاره به‌خوبی با طبیعت پیچیدهٔ مسائل تصمیم‌گیری مالی منطبق است.

برنامه ریزی آرمانی (GP) و برنامه ریزی توافقی (CP) کاربردهای متعددی در زمینه‌های مختلف دارند، مانند مسئلهٔ انتخاب سبد که به‌طور معمول شامل اهداف متعارض‌اند. در GP و CP، تصمیم‌گیرنده به‌راحتی و با دقت قادر به ایجاد مقادیر آرمان برای اهداف در نظر گرفته‌شده

Archive of SID

www.SID.ir

است. لـی و چسـر (۱۹۸۰)، لـواری و اوری (۱۹۸۴) و کومـار، فیلیپـاتوس و ازل (۱۹۷۸) کـاربرد برنامه‌ریزی آرمانی و زلنی (۱۹۸۲) برنامه‌ریزی توافقی را در مسئلهٔ انتخاب سبد پیشنهاد کرده‌اند.

در بسیاری از مسائل تصمیم‌گیری، تصمیم‌گیرنده به‌راحتی و بـه‌طـور دقیـق قـادر بـه ایجـاد مقادیر برخی پارامترهاست. با این حال، در مسئلهٔ انتخاب پرتفوی این مقادیر تصادفی‌انـد (اونـی، بن عبدالعزیز و مارتل، ۲۰۰۵). حسین‌زاده، منهاج و کاظمی (۱۳۹۳) از تئوری امکان با متغیرهـای فازی بر ای مواجهه با مسائل برنامه‌ریزی چندهدفه با ضرایب و منابع غیرقطعی استفاده کردند. از برنامه‌ریزی تصادفی[1] (SP) و به‌ویژه مدل‌های برنامه‌ریزی تصـادفی چندهدفـه مـی‌تـوان بـرای مقابله با این گونه مشکلات استفاده کرد (بن‌عبدالعزیز، لانگ و نادئو، ۱۹۹۵، ۱۹۹۹؛ بن‌عبدالعزیز و مجری، ۲۰۰۱؛ زیمبا و مولیوی ۱۹۹۸). برای حل مدل‌های برنامه‌ریزی تصادفی چارنز و کـوپر (۱۹۵۹، ۱۹۶۳) رویکردهای متعددی همچون رویکرد برنامه‌ریزی تصادفی دومرحله‌ای و رویکـرد CCP توسعه‌یافته را پیشنهاد کرده‌اند.

در مسئلهٔ انتخاب پرتفوی، در مقالات متعدد از برنامه‌ریزی تصادفی چندهدفـه اسـتفاده شـده است، از جمله اوگریژاک (۲۰۰۰) مدل مارکوویتز را از طریق برنامه‌ریزی آرمانی خطی چنـدمعیاره توسعه داد. شینگ و ناگاساوا (۱۹۹۹) مدلی را ارائه دادند که در آن میانگین و واریانس بازده اوراق بهادار دارای چندین سناریو با احتمال‌هـای شـناخته‌شـده اسـت. بالسـترو (۲۰۰۱) براسـاس تـابع مطلوبیت و میانگین – واریـانس بـه تـدوین برنامـه ریـزی آرمـانی تصـادفی[2] (SGP) پرداخـت. موهلمان، لوکت و گیر (۱۹۷۸) یک مدل برنامه‌ریزی خطی تصـادفی چندهدفـهٔ مسـئلهٔ انتخـاب پرتفوی در شرایط عدم قطعیت را توسعه دادند. تامیز، هشام جونز، هنسی و فـارگر (۱۹۹۶) مـدل برنامه‌ریزی آرمانی دومرحله‌ای را برای انتخاب پرتفوی پیشنهاد دادند. آونی و همکـاران (۲۰۰۵) به‌روشنی ترجیحات تصمیم‌گیرندگان را بیان داشته و از مـدل CCP بـرای مـدل SGP اقتبـاس کرده‌اند. در مدل ایشان که نمونهٔ یک انتخاب پرتفوی است، مقادیر آرمان مـرتبط بـا هـر هـدف توزیع نرمال دارد.

مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره و عوامل مؤثر بر تصمیمات سرمایه‌گذاران

در زمینهٔ تصمیم‌گیری انتخاب سهام و حوزهٔ مطالعات مالی، پاتر (۱۹۷۱) شش معیار سـود سـهام، رشد سریع قیمـت و سـود، هـدف سـرمایه گـذاری ماننـد پـس انـداز، سـود معـاملات، مـدیریت سرمایه‌گذاری و رشد بلندمدت در انتخاب سهام مؤثر است.

---

1. Stochastic Programming
2. Stochastic goal programming

Archive of SID

www.SID.ir

بیکر و هاسلم (۱۹۷۴) در تحقیقی به بررسی عوامل بااهمیت برای سهامداران پرداختند. ویلیام اونیل (۱۹۹۱) در بررسی خود معیارهای درآمد سه ماههٔ جاری و درآمد سالیانهٔ هر سهم، مدیریت سیستم، عرضه و تقاضا، رهبران سهام، تعداد سهام تحت تملک نهادهای مالی و سرمایه‌گذاری و جهت کلی بازار را به سهامداران توصیه کرد.

لانگ چن (۲۰۰۷) به بررسی عواملی که موجب تغییر قیمت سهام می شوند، پرداخت و به این نتیجه رسید که بیشترین تأثیر را جریان‌های نقدی بر قیمت سهام دارند و بین آنها ارتباط معناداری وجود دارد.

لی، تزنگ، گوان، چی ین و هوانگ (۲۰۰۹) مدلی را برای تصمیمات سرمایه گذاری با استفاده از معیارهای مدل گوردن(سود تقسیمی، نرخ تنزیل و نرخ رشد سود تقسیمی) از طریق تکنیک ANP ارائه کردند. نتایج بررسی آنها نشان داد، سود تقسیمی پیش‌بینی‌شده تحت تأثیر چشم‌انداز صنعت، سود خالص، جریان‌های نقدی عملیاتی و نسبت پرداخت سود تقسیمی؛ نرخ تنزیل تحت تأثیر بتا و نرخ بازده بدون ریسک؛ و نرخ رشد سود تقسیمی نیز تحت تأثیر نرخ رشد عایدات و نرخ رشد پرداخت سود تقسیمی قرار دارد. نتایج نشان می دهد که از نظر کارشناسان خبره از بین هشت معیار بررسی‌شده، به‌ترتیب بتای بازار، نرخ رشد سود تقسیمی و نرخ بازده بدون ریسک، مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر تصمیمات سرمایه‌گذاری هستند.

در تحقیقی مشابه، ونرانگ جری (۲۰۱۱) به تبیین مدلی برای تصمیمات سرمایه گذاری با استفاده از عناصر مدل قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌ای CAPM از طریق روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ دیمتل، فرایند تحلیل شبکه‌ای و ویکور پرداخت. معیارهای مورد بررسی در این تحقیق کسر بودجهٔ دولت، نرخ تنزیل و نرخ تسعیر ارز (زیرمعیارهای نرخ بازده بدون ریسک)؛ ریسک کشور، ساختار صنعتی و عوامل کلان اقتصادی (زیرمعیارهای بازده مورد انتظار بازار)؛ ریسک شرکت و ریسک مالی (زیرمعیارهای بتا) هستند. نتایج نشان می دهد که از نظر کارشناسان عوامل کلان اقتصادی، نرخ تسعیر ارز و ریسک شرکت به‌ترتیب مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر تصمیم سرمایه‌گذاری هستند.

هیبتی (۱۳۷۸) با استفاده از سیزده معیار، به ارزیابی عملکرد مدیریت شرکت‌های سرمایه گذاری پرداخت. نتایج نشان داد که بازده حقوق صاحبان سهام، نسبت بدهی، تغییرات ارزش بازار در فاصلهٔ دو مجمع، تغییرات سود هر سهم و نسبت سهام معامله‌شده طی سال به تعداد کل سهام، معیارهای اصلی ارزیابی عملکرد این شرکت‌ها هستند.

Archive of SID

www.SID.ir

حامدیان (۱۳۷۹) معیارهای درآمد هر سهم، سود نقدی هر سهم، افزایش سرمایهٔ انجام‌گرفته در شرکت‌ها، نوع مالکیت، محصولات انحصاری، توصیه و مشاورهٔ کارگزاران را بررسی کرد. نتایج تأثیر تمام عوامل به‌جز توصیه و مشاورهٔ کارگزاران را در زمینهٔ تصمیم‌گیری نشان داد.

دلبری (۱۳۸۰) بیان کرد خبرگان، سود تقسیمی سهم را مهم ترین عامل انتخاب سهام می‌دانند. اکبرپور شیرازی و احمدپور (۱۳۸۸) شرکت های دارویی بورس اوراق بهادار تهران را بررسی و معیارهای مؤثر بر انتخاب سهام را نسبت قیمت به درآمد (P/E)، عایدی هر سهم (EPS)، سود تقسیمی هر سهم(DPS) ، نسبت ارزش بازار به ارزش دفتری سهام (MV/BV)، نسبت قیمت به فروش (P/S)، نسبت بدهی به سرمایه (L/E)، نرخ بازده دارایی ها (ROA)، نرخ بازده حقوق صاحبان سهام (ROE)، مقدار سرمایه گذاری بازار (MC)، روند سود تقسیمی (DT)، حجم معاملات (VOL)، افشا و شفافیت اطلاعاتی شرکت شناسایی کرد. نتایج نشان داد حجم معاملات و مقدار سرمایه‌گذاری بازار دارای بیشترین وزن و اهمیت‌اند.

هادوی‌نژاد (۱۳۸۸) با بررسی عوامل مؤثر بر انتخاب سهام در شرکت‌های سیمان بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، سیاست‌ها و مقررات اقتصادی را مهم‌ترین معیار انتخاب سهام در این شرکت‌ها معرفی کرد.

انواری رستمی، حسینیان و رضایی (۱۳۹۱) سیزده شاخص مالی را که اطلاعات آنها در دسترس بوده، از جمله رشد سود خالص، سود خالص به فروش، سرمایهٔ در گردش به فروش، سود قبل از بهره و مالیات به هزینه، سود عملیاتی به درآمد، سرمایهٔ در گردش به کل دارایی ها، وجه نقد عملیاتی به جمع دارایی ها، سود قبل از مالیات به کل دارایی ها، اندازهٔ شرکت، گردش مجموع دارایی ها، بهای تمام‌شده به درآمد، هزینه‌های مالی به درآمد و ارزش بازاری سهام شرکت لحاظ کرده‌اند.

مؤتمنی و شریفی سلیم (۱۳۹۱) هشت شاخص رونق و رکود اقتصادی، مزیت رقابتی صنعت، نوسانات قیمت فلزات پایه، نرخ ارز، رشد فروش، متوسط بازدهی، رشد سود قابل تخصیص و رشد حاشیهٔ سود را شاخص‌های اصلی تصمیم‌گیری در مورد صنایع معرفی کرد.

روش‌شناسی پژوهش

در این تحقیق مدلی برای انتخاب پرتفوی ارائه می‌شود که در آن برخی از پارامترها تصادفی و دارای توزیع نرمال‌اند. به این منظور از مدل برنامه‌ریزی توافقی تصادفی محدود (CCCP) که ترکیب مدل CP و رویکرد CCP است، استفاده می‌شود. مدل CCCP به تصمیم‌گیرنده اجازه می‌دهد تا چندین هدف متعارض و تصادفی را در نظر بگیرد. برای تعیین میزان سرمایه گذاری در

Archive of SID

www.SID.ir

صنایع ابتدا با مرور تحقیقات معیارهای موجود جمع‌آوری و با روش رتبه‌بندی نظر خبرگان کسب و معیارهای اصلی شناسایی می‌شود. سپس با استفاده از تکنیک تاپسیس و مقایسهٔ زوجی اوزان صنایع تعیین و به‌عنوان محدودیت در مدل ریاضی لحاظ می‌شود. در ادامه ابتدا مدل‌های چندهدفه مانند GP و CP ارائه و برنامه‌ریزی چندهدفه CCP معرفی می‌شود. پس از آن، مدل CCCP که مدل برنامه‌ریزی تصادفی چندهدفه است، ارائه می‌شود. نتایج به‌دست‌آمده سازگاری بیشتری با خواسته‌های تصمیم‌گیرنده نشان می‌دهند.

مدل برنامه‌ریزی آرمانی

مدل برنامه ریزی آرمانی را چارنز و همکاران (۱۹۵۵) و چارنز و کوپر (۱۹۶۱) تحت مدل ۱ پیشنهاد کردند:

مدل ۱)

$$\min \sum_{i=1}^{m} (d_i^- + d_i^+)$$
$$st:$$
$$f_i(x) + d_i^- - d_i^+ = f_i$$
$$g_k(x) \le b_k$$
$$x \in X$$
$$x, d_i^-, d_i^+ \ge 0 \quad i = 1,2,\ldots,m \quad k = 1,2,\ldots,k$$

که در آن: d_i^- انحراف منفی از آرمان، d_i^+ انحراف مثبت از آرمان، f_i میزان آرمان مربوط به هدف i ام، $f_i(x) = \sum_{j=1}^{n} C_{ij}x_j$ میزان دستیابی به هدف iام، $g_k(x) = \sum_{j=1}^{n} A_{kj}x_j \le b_k$ محدودیت سیستمی kام، b_k مقدار منابع یا اعداد سمت راست، X مجموعه جواب‌های موجه.

مدل برنامه‌ریزی توافقی

مدل برنامه ریزی توافقی را زلنی (۱۹۷۴) ارائه کرد. مبنای مدل به حداقل رساندن فاصلهٔ ارزش ایده‌آل هر هدف f_i^* و مقادیر قابل اکتساب هر هدف $f_i(x)$ است. ارزش ایده‌آل هر هدف برای مواردی که بیشینهٔ تابع هدف مطلوب است، با استفاده از حل مدل ۲ بدون در نظر گرفتن سایر اهداف به‌دست می‌آید.

مدل ۲)

$$f_i^* = \max f_i(x)$$
$$st: \quad g_k(x) \le b_k$$
$$x \in X$$
$$x \ge 0$$

Archive of SID

www.SID.ir

پس از تعیین مقادیر ایده‌آل هر هدف مدل برنامه‌ریزی توافقی از طریق مدل ۳ نوشته می‌شود:

مدل ۳)

$$\min \sum_{i=1}^{m} {d_i}^-$$

$$st:$$

$$f_i(x)+{d_i}^- = f_i^*$$
$$g_k(x) \le b_k$$
$$x \in X$$
$$x, {d_i}^- \ge 0$$

درصورتی که کمینه تابع هدف مطلوب باشد، ارزش ایده‌آل هر تابع هدف f_{i_*} با استفاده از حل مدل ۴ به‌دست می‌آید:

مدل ۴)

$$f_{i_*} = min\ f_i(x)$$
$$st:$$
$$g_k(x) \le b_k$$
$$x \in X$$
$$x \ge 0$$

و مدل برنامه‌ریزی توافقی آن به‌وسیلهٔ مدل ۵ مدل‌سازی می‌شود:

مدل ۵)

$$min \sum_{i=1}^{m} {d_i}^+$$

$$st:$$

$$f_i(x)-{d_i}^+ = f_{i_*}$$
$$g_k(x) \le b_k$$
$$x \in X$$
$$x, {d_i}^+ \ge 0$$

مدل برنامه‌ریزی توافقی بر مبنای انتخاب راه‌حل‌های نزدیک‌تر به ایده‌آل (f_{i_*} و f_i^*) است (زلنی، ۱۹۷۲ و ۱۹۸۲).

برنامه‌ریزی تصادفی

برخلاف مدل‌های سنتی که در آن داده‌های ورودی به مدل شامل ضرایب تابع هدف، ضرایب فنی و اعداد سمت راست قطعی‌اند، داده‌های ورودی به یک مدل تصادفی در زمان ایجاد مدل با اطمینان کامل شناخته شده نیستند. برنامهٔ تصادفی یک مدل بهینه‌سازی ریاضی است که همهٔ پارامترهای ورودی آن قطعی نیست و پارامترهای غیرقطعی با توزیع‌های احتمالی تعیین می‌شوند.

Archive of SID

www.SID.ir

برنامه‌ریزی تصادفی در زمینه‌های متعددی از جمله برنامه‌ریزی تولید، برنامه‌ریزی اکتشاف نفت، نیروگاه‌های تولید برق، سرمایه‌گذاری انرژی، ترکیب فلزات در ریخته‌گری، مدیریت آب، مدیریت درآمد در صنعت هتلداری و گردشگری، مدیریت رسانه و تبلیغات، مدیریت نیروی انسانی، حمل ونقل، اورژانس، هوانوردی و مسائل مالی کاربرد دارد. پورزند و زیبایی (۱۳۹۰) در تحقیقی از برنامه‌ریزی آرمانی تصادفی در مدیریت مصرف منابع آب استفاده کرد.

مدل‌های اصلی برنامه‌ریزی تصادفی

مدل‌های پیش‌بین و تطبیقی مبانی اصلی برنامه‌های تصادفی‌اند. با ترکیب آنها مدل ارجاعی تشکیل می‌شود که در زمینهٔ مالی کاربرد بسیاری دارد.

مدل‌های پیش‌بین

مدل پیش‌بین[1] از جمله مدل‌های ایستاست، بدین معنا که تصمیمات به‌هیچ‌وجه به مشاهدات آینده از محیط بستگی ندارد. برنامه‌ریز باید با احتیاط تمام شرایط محتمل پیش‌رو را از قبل محاسبه کند، زیرا پس از برنامه ریزی فرصتی برای انطباق تصمیمات وجود نخواهد داشت. این مسئله ممکن است به تصمیم‌گیری‌های بیش از حد محافظه‌کارانه بینجامد. در مدل پیش‌بین امکان‌پذیری از طریق محدودیت احتمالی بیان می‌شود. این مدل سیاستی را اتخاذ می‌کند که محدودیت‌ها و تابع هدف را برآورده کند.

مدل‌های تطبیقی

در مدل تطبیقی[2]، اطلاعات در زمینهٔ عدم اطمینان تا حدودی پیش از تصمیم‌گیری در دسترس است، بنابراین بهینه‌سازی در محیط یادگیری صورت می‌گیرد. اگر مجموعه فضای نمونه تمام اطلاعات مرتبط از مشاهدات در دسترس باشد، متغیر تصمیم به‌صورت احتمال شرطی وقوع یکی از حالات ممکن بررسی شده و مدل به ازای تمام شرایط حل می‌شود.

مدل‌های ارجاعی

این مدل، ترکیبی از مدل‌های پیش‌بین و تطبیقی در چارچوب ریاضی مشترک است، به‌طوری‌که به‌دنبال سیاستی است که علاوه‌بر پیش‌بینی مشاهدات آینده، اطلاعات در دسترس را به‌طور

1. Anticipative models
2. Adaptive models

Archive of SID

www.SID.ir

موقتی محاسبه می کند تا تصمیم گیری کند. برای مثال یک مدیر سبد سهام تغییرات آیندهٔ قیمت سهام (پیش‌بین) و تعادل مجدد سبد پس از تغییر قیمت (تطبیقی) را مدنظر قرار می‌دهد.

برنامه‌ریزی تصادفی محدود

در مدل‌های تک‌هدفه از دو رویکرد اصلی مدل‌های ارجاعی و برنامه‌ریزی تصادفی محدود برای حل برنامه ریزی تصادفی استفاده می شود. رویکرد برنامه‌ریزی تصادفی محدود از طریق بیشینه کردن مقدار مورد انتظار اهداف با در نظر گرفتن درجهٔ معینی از امکان‌پذیری برای محدودیت‌های تصادفی این کار را انجام می‌دهد. برنامه‌ریزی تصادفی چندهدفه به‌صورت مدل ۶ بیان می‌شود:

مدل ۶)

$$\max \sum_{j=1}^{n} \tilde{C}_{ij} x_j$$

$$st:$$

$$\sum_{j=1}^{n} \tilde{A}_{kj} x_j \le \tilde{b}_k$$

$$x \in X$$

$$x \ge 0$$

که در آن $\tilde{C}_{ij}$ و $\tilde{A}_{kj}$ ماتریس‌های تصادفی $\tilde{b}_K$ یک بردار تصادفی است.

در رویکرد CCP مدل برنامه‌ریزی تصادفی چندهدفه به مدل برنامه‌ریزی قطعی تبدیل می‌شود (پریکوپا، ۱۹۹۵) که در مدل ۷ آمده است.

مدل ۷)

$$\max\ E\left(\sum_{j=1}^{n} \tilde{C}_{ij} x_j\right)$$

$$st:$$

$$\text{Prob}\left(\sum_{j=1}^{n} \tilde{A}_{kj} x_j \le \tilde{b}_k\right) \ge 1\text{-}\alpha_k$$

$$x \in X$$

$$x \ge 0$$

که در آن $E\left(\sum_{j=1}^{n} \tilde{C}_{ij} x_j\right)$ بردار مقادیر مورد انتظار توابع هدف با توجه به شرایط تصادفی، و α_k مقادیر حد آستانهٔ خطای قابل پذیرش است که به برنامهٔ در دست، هزینهٔ تعدی از محدودیت، و دیگر ملاحظات مشابه بستگی دارد و از جانب تصمیم‌گیرندگان تعیین می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

برنامه‌ریزی توافقی تصادفی محدود

در ادامه چگونگی تبدیل اهداف و محدودیت‌های تصادفی به قطعی و برنامه‌ریزی معادلات قطعی برای برنامه ریزی تصادفی چندهدفه بر مبنای رویکرد CCP و مدل CP ارائه شده است که برنامه‌ریزی توافقی تصادفی محدود[1] نامیده می‌شود.

محدودیت‌های تصادفی

همانند رویکرد CCP که محدودیت های تصادفی آن دارای پارامترهای تصادفی $\tilde{b}_k$ و $\tilde{A}_{kj}$ با توزیع نرمال است، برای محدودیت $\sum_{j=1}^{n} \tilde{A}_j x_j \le \tilde{b}$ داریم:

$$\text{Prob}\left(\sum_{j=1}^{n} \tilde{A}_j x_j \le \tilde{b}\right) \ge 1-\alpha \qquad \text{رابطهٔ ۱)}$$

برای جلوگیری از تکرار فرض کنید $\tilde{l}(x) = \sum_{j=1}^{n} \tilde{A}_j x_j - \tilde{b}$ و $\tilde{l}(x)$ دارای توزیع نرمال با میانگین $E\left(\tilde{l}(x)\right)$، واریانس $Var\left(\tilde{l}(x)\right)$ و انحراف معیار $\delta\left(\tilde{l}(x)\right) = \sqrt{Var\left(\tilde{l}(x)\right)}$ است. مطابق رابطهٔ ۲ خواهیم داشت:

$$\text{Prob}\left(\tilde{l}(x) \le 0\right) \ge 1-\alpha \qquad \text{رابطهٔ ۲)}$$

اگر از طرفین میانگین کسر و بر انحراف معیار تقسیم شود، توزیع نرمال $\tilde{l}(x)$ به توزیع نرمال استاندارد تبدیل می‌شود.

$$\text{Prob}\left(\frac{\tilde{l}(x) - E\left(\tilde{l}(x)\right)}{\delta\left(\tilde{l}(x)\right)} \le \frac{0 - E\left(\tilde{l}(x)\right)}{\delta\left(\tilde{l}(x)\right)}\right) \ge 1-\alpha \qquad \text{رابطهٔ ۳)}$$

$\varphi(y) = \text{Prob}\left(N(0,0) \le y\right)$ بیانگر مقدار تابع توزیع احتمال متغیر y خواهد بود.

$$\frac{0 - E\left(\tilde{l}(x)\right)}{\delta\left(\tilde{l}(x)\right)} \ge \varphi^{-1}(1-\alpha) \qquad \text{رابطهٔ ۴)}$$

$$E\left(\tilde{l}(x)\right) + \varphi^{-1}(1-\alpha)\delta\left(\tilde{l}(x)\right) \le 0 \qquad \text{رابطهٔ ۵)}$$

1. Chance Constrained Compromise Programming

Archive of SID

www.SID.ir

$$E\left(\sum_{j=1}^{n}\tilde{A}_j x_j-\tilde{b}\right)+\varphi^{-1}(1\text{-}\alpha)\delta\left(\sum_{j=1}^{n}\tilde{A}_j x_j-\tilde{b}\right)\le 0$$ رابطهٔ ۶)

اهداف تصادفی

اگر $\tilde{C}_{ij}$ پارامتری تصادفی با توزیع نرمال، و $C^*_{ij}=max_\omega \tilde{C}_{ij}$ بیشترین مقدار کسب شده برای هدف iام و متغیر j برای تمام حالات ممکن ω باشد، f_i^*جواب بهینهٔ تابع هدف $\sum_{j=1}^{n} C^*_{ij}x_j$ با لحاظ کردن محدودیت‌های سیستمی است و هدف iام باید بیشینه شود.

مدل ۸)

$$f_i^*=\max\sum_{j=1}^{n}C^*_{ij}x_j$$
$$st:$$
$$x\in X$$
$$x\ge 0$$
$$i=1,2,\ldots,m$$

در حالت کلی $\sum_{j=1}^{n}\tilde{C}_j x_j\le f^*$ است. محدودیت توافقی تصادفی مرتبط با هدف iام کمینه کردن $\sum_{i=1}^{m}\epsilon_i$ با توجه به $\text{Prob}\left(\sum_{j=1}^{n}\tilde{C}_j x_j\ge f^*-\epsilon\right)\ge 1\text{-}\alpha$ که در آن α حد آستانهٔ هدف است.

$$\text{Prob}\left(\sum_{j=1}^{n}\tilde{C}_j x_j\ge f^*-\epsilon\right)\ge 1\text{-}\alpha$$ رابطهٔ ۷)

$$\text{Prob}\left(f^*-\sum_{j=1}^{n}\tilde{C}_j x_j\le\epsilon\right)\ge 1\text{-}\alpha$$ رابطهٔ ۸)

فرض کنید $\tilde{h}(x)=f^*-\sum_{j=1}^{n}\tilde{C}_j x_j$ و $\tilde{h}(x)$ دارای توزیع نرمال با میانگین $E\left(\tilde{h}(x)\right)$، واریانس $Var\left(\tilde{h}(x)\right)$ و انحراف معیار $\delta\left(\tilde{h}(x)\right)=\sqrt{Var\left(\tilde{h}(x)\right)}$ است. مطابق رابطهٔ ۹ خواهیم داشت:

$$\text{Prob}\left(\tilde{h}(x)\le\epsilon\right)\ge 1\text{-}\alpha$$ رابطهٔ ۹)

حال از طرفین نامساوی میانگین را کسر و بر انحراف معیار تقسیم می‌کنیم، توزیع نرمال $\tilde{h}(x)$ به توزیع نرمال استاندارد تبدیل می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

رابطهٔ ۱۰)
$$\text{Prob}\left(\frac{\tilde{h}(x)-E\left(\tilde{h}(x)\right)}{\delta\left(\tilde{h}(x)\right)}\leq\frac{\epsilon-E\left(\tilde{h}(x)\right)}{\delta\left(\tilde{h}(x)\right)}\right)\geq 1\text{-}\alpha$$

رابطهٔ ۱۱)
$$\frac{\epsilon-E\left(\tilde{h}(x)\right)}{\delta\left(\tilde{h}(x)\right)}\geq \varphi^{-1}(1\text{-}\alpha)$$

رابطهٔ ۱۲)
$$\epsilon-E\left(\tilde{h}(x)\right)\geq \varphi^{-1}(1\text{-}\alpha)\delta\left(\tilde{h}(x)\right)$$

رابطهٔ ۱۳)
$$E\left(\tilde{h}(x)\right)+\varphi^{-1}(1\text{-}\alpha)\delta\left(\tilde{h}(x)\right)-\epsilon\leq 0$$

رابطهٔ ۱۴)
$$E\left(f^*-\sum_{j=1}^{n}\tilde{C}_j x_j\right)+\varphi^{-1}(1\text{-}\alpha)\delta\left(f^*-\sum_{j=1}^{n}\tilde{C}_j x_j\right)-\epsilon\leq 0$$

با توجه به محدودیت و اهداف تصادفی داریم:

مدل ۹)
$$\min\sum_{i=1}^{m}(\epsilon_i+\mathrm{d_i}^-)+\sum_{k=1}^{k}(\mathrm{d}_k{}^-)$$

st:

$$E\left(f_i^*-\sum_{j=1}^{n}\tilde{C}_{ij}x_j\right)+\varphi^{-1}(1\text{-}\alpha_i)\delta\left(f_i^*-\sum_{j=1}^{n}\tilde{C}_{ij}x_j\right)-\epsilon_i+\mathrm{d_i}^-=0$$

$$E\left(\sum_{j=1}^{n}\tilde{A}_{kj}x_j\leq\tilde{b}_k\right)+\varphi^{-1}(1\text{-}\alpha_i)\delta\left(\sum_{j=1}^{n}\tilde{A}_{kj}x_j\leq\tilde{b}_k\right)+\mathrm{d}_k{}^-=0$$

$$\mathrm{x}\in\mathrm{X}$$

$$\mathrm{x},\mathrm{d_i}^-,\mathrm{d}_k{}^-\geq 0$$

مدل ۹ این امکان را برای تصمیم‌گیرنده فراهم می‌آورد تا اهداف متعارض و پارامترهای تصادفی را همزمان در نظر بگیرد.

یافته‌های پژوهش

در ادامه کاربرد مدل معرفی‌شده در مسئلهٔ انتخاب سبد سهام که دربرگیرندهٔ اهداف متعارض است، نشان داده شده و در مورد جواب به‌دست‌آمده بحث می‌شود. فرایند مدل‌سازی شامل چهار

Archive of SID

www.SID.ir

گام زیر است: ۱. تعریف اهداف؛ ۲. تعریف محدودیت ها؛ ۳. محاسبهٔ مقادیر ایده آل برای هر هدف؛ ۴. تدوین مدل در قالب تعریف‌شده و حل آن.

هدف ۱: به حداکثر رساندن بازده سبد که در آن بازده هر سهم در زمان t تصادفی و دارای توزیع نرمال با میانگین و انحراف معیار مشخص است از رابطهٔ $\tilde{R}_j = \frac{\tilde{P}_{j,t} - P_{j,t-1} + \tilde{D}_{j,t}}{P_{j,t-1}}$ که در آن $\tilde{P}_{j,t}$ قیمت تصادفی و $\tilde{D}_{j,t}$ سود تقسیمی تصادفی سهم jدر زمان t است، به‌دست می‌آید.

رابطهٔ ۱۵) $$Max\ Z_1 = \sum_{j=1}^{50} \tilde{R}_j X_j$$

هدف ۲: پذیرش ریسک حداکثر در سطح ریسک بازار که با در نظر گرفتن ضریب بتا به عنوان معیار ریسک با به کارگیری رابطهٔ $\beta_j = \frac{Cov(\tilde{R}_j, \tilde{R}_m)}{Var(\tilde{R}_m)}$ که وابستگی بازده سهم به بازار را نشان می‌دهد و در آن $\tilde{R}_j$ بازده هر سهم و $\tilde{R}_m$ بازده بازار است، به‌دست می‌آید. همبستگی پایین نشان می‌دهد که عملکرد سهم مستقل از تغییرات بازار و متکی به خود است. به‌منظور انتخاب پرتفوی با ریسکی در سطح بازار عدد ۱ برای این هدف تعیین می‌شود.

رابطهٔ ۱۶) $$Opt Z_2 = \sum_{j=1}^{50} \beta_j X_j$$

هدف ۳: به حداکثر رساندن نقدینگی که به‌وسیلهٔ رابطه $L_j = \frac{N_j}{N_m}$ محاسبه می‌شود و در آن N_j تعداد روزهای معاملاتی سهم jو N_m تعداد روزهای معاملاتی بازار است.

رابطهٔ ۱۷) $$Max\ Z_3 = \sum_{j=1}^{50} L_j X_j$$

محدودیت ۱: مجموع نسبت سرمایه‌گذاری کلیهٔ سهم‌ها برابر با ۱ است.

رابطهٔ ۱۸) $$\sum_{j=1}^{50} X_j = 1$$

محدودیت ۲: به‌منظور تنوع‌بخشی به سبد برای هر سهم سقفی برابر با ۱۰ درصد کل سرمایه‌گذاری در نظر گرفته شود.

رابطهٔ ۱۹) $$0 \le X_j \le 0/1$$

Archive of SID

www.SID.ir

محدودیت ۳: نسبت سرمایه گذاری در صنایع برتر پس از حل مدل چندشاخصهٔ تاپسیس با در نظر گرفتن معیارهای کمی رشد حاشیهٔ سود عملیاتی، متوسط بازدهی سرمایه گذاری، متوسط بازدهی حقوق صاحبان سهام و معیارهای کیفی نرخ سود بانکی، نرخ تورم، نرخ ارز، نوسانات قیمت فلزات پایه و رونق و رکود اقتصادی لحاظ می‌شود.

مقادیر ایده‌آل: مقادیر ایده‌آل هر هدف از حل مدل تک‌هدفه با در نظر گرفتن محدودیت‌های سیستمی به‌دست می‌آید.

در اهداف مدنظر هدف اول به‌صورت تصادفی است، به‌طوری که $\tilde{R}_j$ دارای توزیع تصادفی نرمال با میانگین و انحراف معیار مشخص است. حد آستانهٔ α با توجه به میزان تصادفی بودن مدل در سه مقدار $\alpha = ۰/۰۰۱$، $\alpha = ۰/۰۲۵$ و $\alpha = ۰/۰۵$ و اوزان توابع هدف با توجه به سه سناریوی سرمایه گذاری ریسک پذیر ($\omega_۱ = ۰/۵۴, \omega_۲ = ۰/۱۳ , \omega_۳ = ۰/۳۴$)، ریسک‌خنثی ($\omega_۱ = ۰/۳۳, \omega_۲ = ۰/۳۳ , \omega_۳ = ۰/۳۴$) و ریسک‌گریز ($\omega_۱ = ۰/۱۳, \omega_۲ = ۰/۵۴ , \omega_۳ = ۰/۳۴$) انتخاب می‌شوند. مدل کلی قطعی‌شدهٔ مسئلهٔ اصلی به شرح مدل ۱۰ است.

مدل ۱۰)

$$Min\ Y = \omega_1(\epsilon + {d_1}^-) + \omega_2({d_2}^- + {d_2}^+) + \omega_3{d_3}^-$$

St:

$$E\left(R^* - \sum_{j=1}^{50} \tilde{R}_j x_j\right) + \varphi^{-1}(1-\alpha)\delta\left(R^* - \sum_{j=1}^{50} \tilde{R}_j x_j\right) - \epsilon + {d_1}^- = 0$$

$$\sum_{j=1}^{50} \beta_j X_j + {d_2}^- - {d_2}^+ = 1$$

$$\sum_{j=1}^{50} L_j X_j + {d_3}^- = L^*$$

$$\sum_{j=1}^{50} X_j = 1$$

$$X_1 + X_2 + X_3 \leq 0/00401$$

$$X_4 \leq 0/05754$$

$$X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{13} \leq 0/08678$$

$$X_{14} \leq 0/09176$$

$$X_{15} \leq 0/07840$$

Archive of SID

www.SID.ir

$$X_{16} + X_{17} + X_{18} \leq 0/09290$$
$$X_{19} \leq 0/04491$$
$$X_{20} + X_{21} + X_{22} + X_{23} \leq 0/05825$$
$$X_{24} \leq 0/03480$$
$$X_{25} + X_{26} + X_{27} + X_{28} \leq 0/04667$$
$$X_{29} + X_{30} + X_{31} + X_{32} \leq 0/06404$$
$$X_{33} + X_{34} + X_{35} + X_{36} \leq 0/06048$$
$$X_{37} \leq 0/07407$$
$$X_{38} + X_{39} + X_{40} + X_{41} + X_{42} + X_{43} + X_{44} + X_{45} +$$
$$X_{46} \leq 0/03672$$
$$X_{47} \leq 0/06987$$
$$X_{48} + x_{49} \leq 0/03641$$
$$X_{50} \leq 0/06239$$
$$\epsilon, d_i^-, d_k^- \geq 0$$

داده‌های ماهانهٔ ۵۰ شرکت برتر سه‌ماههٔ اول ۱۳۹۲، معرفی‌شده توسط سازمان بورس در دورهٔ فروردین ۱۳۸۸ تا اسفند ۱۳۹۲ از نرم‌افزار TseClient استخراج و با استفاده از نرم‌افزار متلب مقادیر متوسط بازدهی، ریسک، ضریب بتا و تعداد روزهای معاملاتی محاسبه شد. مدل ۱۰ به‌وسیلهٔ نرم‌افزار لینگو حل و نتایج ناشی از حل سناریوهای مختلف در جدول ۱ آورده شده است. تحلیل نتایج بیان می‌دارد که از بین ۵۰ شرکت، ۲۵ شرکت در هیچ یک از شرایط تصمیم انتخاب نشده و به‌طور کامل از مجموع گزینه‌های تصمیم حذف شده‌اند. از ۲۵ شرکت باقیمانده، ۱۲ شرکت در تمام سناریوهای تصمیم، مقادیر یکسانی را کسب کرده‌اند و بی‌شک در همهٔ شرایط انتخاب می‌شوند. بنابراین درصورتی‌که تصمیم در مورد انتخاب سهام توسط گروهی از خبرگان صورت پذیرد، می توان با در نظر گرفتن سایر شاخص‌های مالی در مورد ۱۳ سهم باقیمانده بحث و تصمیم‌گیری کرد.

براساس نتایج این تحقیق در مجموع با پذیرش ریسک بیشتر در اغلب حالات عدم قطعیت، بازده اکتسابی افزایش می‌یابد و نسبت عکس ریسک و بازده در نتایج به‌خوبی نمایان است. از سوی دیگر، در شرایط ریسک‌پذیری با افزایش عدم قطعیت مقدار بازده بهینه روند نزولی را نشان می‌دهد و در شرایط ریسک خنثی و ریسک‌گریزی با افزایش عدم قطعیت، مقدار بازده بهینه روند صعودی را نشان می‌دهد. همچنین با افزایش ریسک‌پذیری نقدینگی نیز افزایش یافته است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱. نتایج سرمایه‌گذاری در شرایط مختلف

نام سهام		α=۰/۰۵		α=۰/۰۲۵		α=۰/۰۰۱		
		ریسک گریز	ریسک خنثی	ریسک گریز	ریسک پذیر	ریسک گریز	ریسک خنثی	ریسک پذیر
معدنی و صنعتی چادرملو	x_2	۰/۰۰۴۰۱	۰/۰۰۴۰۱	۰/۰۰۴۰۱	۰/۰۰۴۰۱	۰/۰۰۴۰۱	۰/۰۰۴۰۱	۰/۰۰۴۰۱
حفاری شمال	x_4	۰/۰۵۷۵۴	۰/۰۵۷۵۴	۰/۰۵۷۵۴	۰/۰۵۷۵۴	۰/۰۵۷۵۴	۰/۰۵۷۵۴	۰/۰۵۷۵۴
بانک انصار	x_6			۰		۰/۰۰۸۱۱	۰	۰
بانک پاسارگاد	x_8							۰/۰۰۹۲۸
بانک تجارت	x_9	۰	۰/۲۳۲۸	۰	۰	۰/۲۳۲۸	۰	۰
بانک کارآفرین	x_{11}	۰	۰	۰	۰/۰۳۰۸	۰	۰/۰۱۰۲۲	۰/۰۱۰۱۳
مالی و اعتباری سینا	x_{12}	۰/۰۸۶۷۸	۰/۶۴۳۰	۰/۰۸۶۷۸	۰/۸۳۶۹	۰/۰۷۶۵۵	۰/۰۵۸۹۹	۰/۰۷۶۵۶
کشتیرانی جمهوری اسلامی	x_{14}	۰/۰۹۱۷۶	۰/۰۹۱۷۶	۰/۰۹۱۷۶	۰/۰۹۱۷۶	۰/۰۹۱۷۶	۰/۰۹۱۷۶	۰/۰۹۱۷۶
گروه صنا	x_{15}	۰/۰۷۸۴۰	۰/۰۷۸۴۰	۰/۰۷۸۴۰	۰/۰۷۸۴۰	۰/۰۷۸۴۰	۰/۰۷۸۴۰	۰/۰۷۸۴۰
سایپا	x_{17}	۰/۰۹۲۹۰	۰/۰۹۰۷۶	۰/۰۹۲۹۰	۰/۰۹۲۹۰	۰/۸۳۴۸	۰/۰۹۲۹۰	۰/۶۹۹۹
گروه بهمن	x_{18}	۰	۰/۰۰۲۱۳	۰	۰	۰/۰۹۴۰	۰	۰/۰۲۲۹۱
صنایع آذرآب	x_{19}	۰/۰۴۴۹۱	۰/۰۴۴۹۱	۰/۰۴۴۹۱	۰/۰۴۴۹۱	۰/۰۴۴۹۱	۰/۰۴۴۹۱	۰/۰۴۴۹۱
سرمایه‌گذاری خوارزمی	x_{22}					۰/۰۱۱۴۷	۰	
سرمایه‌گذاری سپه	x_{23}	۰/۰۵۸۲۵	۰/۰۵۸۲۵	۰/۰۵۸۲۵	۰/۰۵۸۲۵	۰/۴۶۷۹	۰/۰۵۸۲۵	۰/۰۵۸۲۵
سیمان فارس و خوزستان	x_{24}	۰/۰۳۳۸۰	۰/۰۳۳۸۰	۰/۰۳۳۸۰	۰/۰۳۳۸۰	۰/۰۳۳۸۰	۰/۰۳۳۸۰	۰/۰۳۳۸۰
سرمایه‌گذاری غدیر	x_{28}	۰/۰۴۶۶۷	۰/۰۴۶۶۷	۰/۰۴۶۶۷	۰/۰۴۶۶۷	۰/۰۴۶۶۷	۰/۰۴۶۶۷	۰/۰۴۶۶۷
نفت بهران	x_{32}	۰/۰۶۴۰۴	۰/۰۶۴۰۴	۰/۰۶۴۰۴	۰/۰۶۴۰۴	۰/۰۶۴۰۴	۰/۰۶۴۰۴	۰/۰۶۴۰۴
فولاد خراسان	x_{33}	۰/۰۶۰۴۸	۰	۰/۰۶۰۴۸	۰	۰	۰	۰/۰۶۰۴۸
ملی صنایع مس ایران	x_{46}	۰	۰/۰۶۰۴۸	۰	۰/۰۶۰۴۸	۰/۰۶۰۴۸	۰/۰۶۰۴۸	۰/۰۶۰۴۸
ایران ترانسفو	x_{47}	۰/۰۷۴۰۷	۰/۰۷۴۰۷	۰/۰۷۴۰۷	۰/۰۷۴۰۷	۰/۰۷۴۰۷	۰/۰۷۴۰۷	۰/۰۷۴۰۷
پتروشیمی خارک	x_{49}	۰/۰۳۶۷۲	۰	۰/۰۳۶۷۲	۰/۰۳۶۷۲	۰	۰/۰۳۶۷۲	۰/۰۳۶۷۲
صنایع پتروشیمی خلیج‌فارس	x_{44}	۰	۰/۰۳۶۷۲	۰	۰	۰/۴۶۷۲	۰	۰
توسعهٔ صنایع بهشهر	x_{47}	۰/۰۶۹۸۷	۰/۰۶۹۸۷	۰/۰۶۹۸۷	۰/۰۶۹۸۷	۰/۰۶۹۸۷	۰/۰۶۹۸۷	۰/۰۶۹۸۷
شرکت ارتباطات سیار ایران	x_{48}	۰/۰۳۶۴۱	۰/۰۳۶۴۱	۰/۰۳۶۴۱	۰/۰۳۶۴۱	۰/۰۳۶۴۱	۰/۰۳۶۴۱	۰/۰۳۶۴۱
داروی تأمین	x_{50}	۰/۰۶۲۳۹	۰/۰۶۲۳۹	۰/۰۶۲۳۹	۰/۰۶۲۳۹	۰/۰۶۲۳۹	۰/۰۶۲۳۹	۰/۰۶۲۳۹
R*		۰/۰۷۰۵۳	۰/۰۷۰۵۴	۰/۰۷۰۴۷	۰/۰۷۲۷۰	۰/۰۷۷۲۷	۰/۰۷۰۴۷	۰/۰۷۰۲۷
Beta		۰/۰۹۷۲۵	۰/۰۹۳۳۴	۰/۰۹۷۲۵	۰/۰۸۳۸۳	۰/۰۸۳۸۲	۰/۰۹۳۳۴	۰/۰۹۷۳۳
نقدینگی		۰/۸۹۰۷۰	۰/۸۹۵۷۲	۰/۸۹۰۷۰	۰/۸۹۶۵۱	۰/۸۹۵۶۰	۰/۸۹۵۶۹	۰/۸۹۰۶۷

www.SID.ir

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

برنامه‌ریزی تصادفی چندهدفه روشی مناسب برای تصمیم‌گیرنده در مواجهه با مسئلهٔ انتخاب پرتفوی با چندین هدف متعارض و با پارامترهای گاه تصادفی است. در مقالهٔ حاضر، روشی برای قطعی‌سازی برنامه‌ریزی چندهدفهٔ تصادفی با ادغام نتایج تکنیک تاپسیس در آن، معرفی شد. در این تبدیل ابتدا مقادیر آرمانی هر یک از اهداف از بهینه سازی مسئله بدون در نظر گرفتن سایر اهداف به‌دست می آید. سپس از ادغام برنامه‌ریزی توافقی و برنامه ریزی تصادفی محدود برای تبدیل برنامه‌ریزی چندهدفهٔ تصادفی به مدلی قطعی استفاده می‌شود. مدل ارائه‌شده در بورس اوراق بهادار تهران با یک نمونه شامل ۵۰ سهم توضیح داده شد. نتایج حاصل از برنامه ریزی تصادفی سازگاری بیشتری با خواسته های تصمیم گیرنده دارد. همچنین نشان داده شد که فرایند حل مدل بسیار ساده و کاربردی است و می‌تواند در حل سایر مسائل تصادفی نیز به‌طور گسترده به کار رود. طراحی و حل مدل تصادفی چندمرحله‌ای در تشکیل سبد سهام و استفاده از مدل در حل سایر مسائل با ضرایب غیرقطعی به پژوهشگران پیشنهاد می‌شود.

References

Akbarpour Shirazi, M. & Ahmadpor, A. (2010). The Use of Multiple Attribute Decision making in selecting stock. *Quarterly Journal of Securities Exchange*, 5, 5–38. (*in Persian*)

Anvary Rostamy, A., Hoseinian, S. & Rezaei Asl, M. (2013). Financial Ranking of Firms Listed in Tehran Stock Exchange Corporations Using MADM and Mixed Methods. Financial Research, 14: 31–54. (*in Persian*)

Aouni, B., Ben Abdelaziz, F. & Martel, J. M. (2005). Decision-maker's preferences modeling in the stochastic goal programming. European Journal of Operational Research, 162(3): 610-618.

Arditti, F. D. (1967). Risk and the required return on equity. *The Journal of Finance*, 22(1): 19-36.

Baker, H. K., & Haslem, J. A. (1974). The impact of investor socioeconomic characteristics on risk and return preferences. *Journal of Business Research*, 2(4): 469-476.

Archive of SID

www.SID.ir

Ballestero, E. (2001). Stochastic goal programming: a mean–variance approach. *European Journal of Operational Research*, 131(3): 476-481.

Ballestero, E., & Romero, C. (1996). Portfolio selection: A compromise programming solution. *Journal of the Operational Research Society*, 47: 1377-1386.

Bell, D. E., Raiffa, H., & Tversky, A. (Eds.). (1988). *Decision making: Descriptive, normative, and prescriptive interactions*. Cambridge University Press, 99–112.

Ben Abdelaziz, F. B., Lang, P., & Nadeau, R. (1995). Distributional efficiency in multiobjective stochastic linear programming. *European Journal of Operational Research*, 85(2): 399-415.

Ben Abdelaziz, F., Lang, P., Nadeau, R. (1999). Efficiency in multiple criteria under uncertainty. *Theory and Decision*, 47: 191–211.

Ben Abdelaziz, F., Mejri, S. (2001). Application of goal programming in a multi-objective reservoir operation model in Tunisia, *European Journal of Operational Research*, 133(2): 352-361.

Charnes, A., & Cooper, W. W. (1959). Chance-constrained programming. *Management science*, 6(1): 73-79.

Charnes, A., Cooper, W.W. (1963). *Deterministic equivalents for optimizing and satisfying under chance constraints*. Operations Research, 11: 18–39.

Chen, L. (2007). *What drives stock price movement?, the Eli Broad College of business*, Michigan state university.

Delbari, M. (2001). *Evaluation criteria for effective stock selection in Tehran Stock Exchange, based on the analytic hierarchy process*. M.A. Theses, Isfahan University. (*in Persian*)

Elton, E.J., Gruber, M.J., Padberg, M. (1976). Simple rules for optimal portfolio selection. *Journal of Finance*, 31: 1341–1357.

Hadavinejad, M. (2009). *Factors affecting stock selection in Tehran Stock Exchange by Using of MADM*. M.A. Theses, Emam Sadegh University. (*in Persian*)

Archive of SID

www.SID.ir

Hamediyan, M. (2000). *Factors affecting share prices and investors' decisions in Tehran Stock Exchange*. M.A. Theses, Shahid Beheshti University. (*in Persian*)

Heybati, F. (1999). *Evaluation of maternal investment firms based on AHP*. Financial Research, 13, 32–49. (*in Persian*)

Hosainzadeh, M., Menhaj, M., Kazemi, A. (2014). A method for solving possibilistic multi-objective linear programming problems with fuzzy decision variables. *Jornal of Industrial Management*, 6(4): 709-724. (*in Persian*)

Jerry, W.R. (2011). *Combined DEMATEL technique with a novel MCDM model for exploring portfolio selection based on CAPM*, Expert Systems with Applications, 38:16-25.

Kumar, P.C., Philippatos, G.C., Ezzell, J.R. (1978). Goal programming and the selection of portfolios by dual-purpose funds. *The Journal of Finance*, 33: 303–310.

Lai, T.Y. (1991). *Portfolio selection with skewness: A multiple-objective approach*. Review of Quantitative Finance and Accounting, 293–305.

Lee, S.M., Chesser, D.L. (1980). Goal Programming for Portfolio Selection, the *Journal of Portfolio Management* (Spring), 22–26.

Lee, W.Sh., Tzeng, G.H., Guan, J.L., Chien, K.T., Huang, J.M. (2009). Combined MCDM techniques for exploring stock selection based on Gordon model, Expert Systems with Applications.

Levary, R.R., Avery, M.L. (1984). *On practical application of weighting equities in a portfolio via goal programming*. Operation Research, 21: 246–261.

Levy, H. (1992). Stochastic dominance and expected utility: Survey and analysis. *Management Science*, 38: 555–593.

Liu, L. (1999). Approximate portfolio analysis. *European Journal of Operational Research*, 119: 35–49.

Markowitz, H. M. (1952). Portfolio selection. *The Journal of Finance*, 7: 77-91.

Markowitz, H. M. (1959). *Portfolio selection: efficient diversification of investment*s. New York, Wiley.

Archive of SID

www.SID.ir

Moutameni, A. Sharifi Salim, A. (2013). Propounding a Model for Portfolio Selection in Stock Exchange by Using of MCDM (Case Study: 50 Better Companies*). Journal of Industrial Management Perspective*, 5, 73-89. (*in Persian*)

Muhlemann, A.P., Lockett, A.G., Gear, A.E. (1978). *Portfolio modeling in multiple-criteria situations under uncertainty*. Decision Sciences, 9: 612–626.

Nawrocki, D.N., Carter, W.L. (1998). Earnings announcements and portfolio selection. Do they add value? International Review of Financial Analysis, 7: 37–50.

Ogryczak, W., (2000). *Multiple criteria linear programming model for portfolio selection*. Annals of Operations Research, 97: 143–162.

Onil; W. J, (1991). *How to make money in stocks*, New York: McGrow-Hill.

Potter; R. E, (1971). An empirical study of motivations of common stock investors, *Southern Journal of Business*, 6: 41–48.

Pourzand, F. Zibaei, M. (2012). Application of Stochastic Goal Programming in Water Resources Use Management: A Case Study of Firozabad Plain. Agricultural *Economics & Development*, 25: 420–427. (*in Persian*)

Prakash, A. J., Chang, C. H., & Pactwa, T. E. (2003). Selecting a portfolio with skewness: Recent evidence from US, European, and Latin American equity markets. *Journal of Banking & Finance*, 27(7): 1375-1390.

Samuelson, P. (1970). The fundamental approximation of theorem of portfolio analysis in terms of means, variances and higher moments. *Review of Economic Studies*, 37: 537–542.

Sharpe, W.F. (1967). A linear programming algorithm for mutual fund portfolio selection. *Management Science*, 13: 499–510.

Shing, C., & Nagasawa, H. (1999). Interactive decision system in stochastic multiobjective portfolio selection. *International Journal of Production Economics*, 60: 187-193.

Steuer, R.E., Na, P. (2003). Multiple criteria decision making combined with finance: A categorized bibliographic study. *European Journal of Operational Research*, 150: 496–515.

Archive of SID

www.SID.ir

Tamiz, M., Hasham, R., Jones, D.F., Hesni, B., Fargher, E.K. (1996). A two staged goal programming model for portfolio selection. In:Tamiz, M., (Ed.), Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, 432: 286–299.

Zeleny, M. (1982). *Multiple Criteria Decision Making*. McGraw-Hill, New York.

Zopounidis, C., & Doumpos, M. (2002). Multi-criteria decision aid in financial decision making: methodologies and literature review. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 11(4-5): 167-186.

Archive of SID

www.SID.ir