دوفصلنامهٔ علمی ـ پژوهشی
جستارهای اقتصادی
س۷، ش۱۴، پاییز و زمستان ۱۳۸۹
صفحات ۱۷۱ ـ ۲۰۴

Biquarterly Journal
of
Economic Essays
Vol.7, No.14, Autumn & Winter 2010

بررسی کاربرد الگوریتم ابتکاری ـ ترکیبی ژنتیک و نِلدر ـ مید در بهینه‌سازی پورتفوی

محمدعلی مولایی *
آرش طالبی **

چکیده

همچنان مدل پورتفوی مارکویتز در حرفه و مباحث علمی سرمایه‌گذاری، رویکرد غالب است. در قیاس با رشد روزافزون استفاده از پورتفوی‌ها و با وجود ادبیات غنی آن، همچنان مشکل‌ها و سؤال‌های بی‌پاسخ فراوانی در این‌باره وجود دارد. چگونگی انتخاب پورتفوی، از جمله مسائل بحث‌برانگیز است. انتخاب روش بهینه‌سازی پورتفوی نیز، یکی از مهم‌ترین زیرشاخه‌های این مقوله است. هدف این پژوهش، ارائهٔ ابزاری مفید و کارآمد برای کمک به متخصصان حوزهٔ مالی در عمل و همچنین محققان مالی در تئوری انتخاب پورتفوی است. این پژوهش، علاوه بر بررسی روش‌های کلاسیک و ابتکاری در بهینه‌سازی، الگوریتم‌های ابتکاری را با یکدیگر ترکیب کرده و آن را بر مسئلهٔ بهینه‌سازی پورتفوی در بورس اوراق بهادار تهران بین سی و پنج شرکت از پنجاه شرکت برتر بازار، اعمال می‌کند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که ترکیب الگوریتم‌های ژنتیک و نلدر ـ مید با مسئلهٔ بهینه‌سازی پورتفوی به‌خوبی سازگاری دارد و در مقایسه با کاربرد جداگانهٔ الگوریتم ژنتیک، ترکیب با سرعت همگرایی بهتر به پاسخ بهینه و ریسک ـ بازدهی مناسب‌تر، عملکرد بهتری را دارد. همچنین نتایجِ مقایسه پورتفوی‌های روش ترکیبی نشان می‌دهد که اگرچه سرعت همگرایی و تنوع‌بخشی پورتفوی اطلاعات ماهانه، بیشتر از پورتفوی سالانه است؛ اما عملکرد ریسک ـ بازدهی پورتفوی اطلاعات سالانه، بهتر از پورتفوی ماهانه است.

واژه‌های کلیدی: مدیریت سبد سهام، تئوری مدرن پورتفوی، مدل مارکویتز، الگوریتم ژنتیک، الگوریتم نلدر ـ مید، روش‌های ابتکاری بهینه‌سازی
طبقه‌بندی JEL: C61, G11

---

* استادیار دانشکدهٔ مهندسی صنایع و مدیریت، دانشگاه صنعتی شاهرود
** دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت اجرایی (MBA)، دانشگاه صنعتی شاهرود
Email: atalebi@mang.tus.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۳/۵ تاریخ تأیید: ۱۳۸۹/۷/۱۴

مقدمه

پایه و منطق تنوع‌بخشی به سهام آن است که ریسک کلی نگه‌داشت تعداد زیادی سهام، به‌مراتب کمتر از ریسک نگه‌داشت تعداد کم سهام است (هاگین، ۱۹۷۹، ص۱۳۲). اثرهای تنوع‌بخشی و تشکیل پورتفوی بر کاهش ریسک به‌طور گسترده‌ای توسط متخصصان مالی بررسی شده است (ر.ک: گائومینتز، ۱۹۶۷؛ ایوانز و آرچر، ۱۹۶۸)؛ اما باید دقت داشت که اهمیت مدیریت پورتفوی در تعداد سهام نگهداری شده نیست، بلکه اهمیت آن، به ماهیت و درجهٔ ریسک مرکّب سهام پورتفوی بستگی دارد (هاگین، ۱۹۷۹، ص۱۳۳). در تحقیق‌های گستردهٔ بریلی (۱۹۶۹)، پورتفوی مرکّب از ۱۱ سهم، که با توجه به ویژگی‌های ریسک و تنوع‌بخشی انتخاب شده باشد، به‌مراتب ریسک کمتری نسبت به پورتفوی ۲۰۰۰ سهمی منتخب بدون توجه به معیار ریسک دارد!

در محیط پیچیدهٔ دنیای امروز نمی‌توان از سرمایه‌گذاران انتظار داشت که صرفاً با شهود و یا اتکای به بخت و اقبال بتوانند سرمایه‌گذاری‌های موفقی را انجام دهند. تشکیل و بهینه‌سازی پورتفوی در بازارهای مالی باعث کاهش ریسک غیر سیستماتیک سرمایه‌گذاری است و عملکرد سرمایه‌گذاری را به‌شدت افزایش می‌دهد.

در این تحقیق، در بخش اول و دوم، به بیان مسئله، شرح اهمیت پژوهش و نیز سؤال‌های پژوهش می‌پردازیم. سپس در بخش‌های سوم و چهارم، پیشینهٔ تحقیق، ادبیات موضوع و بهینه‌سازی توضیح داده می‌شود. روش تحقیق، الگوریتم‌های به‌کاررفته در این پژوهش، جامعه و نمونهٔ آماری و داده‌های خام مورد استفاده، در بخش‌های پنجم تا هفتم ارائه می‌شود. بخش هشتم، مسئلهٔ انتخاب و بهینه‌سازی پورتفوی را حل کرده، نتایج را مورد بحث، بررسی و مقایسه قرار می‌دهد. درنهایت، در بخش نهم، به نتیجه‌گیری از مباحث صورت می‌گیرد.

۱. بیان مسئله و شرح اهمیت پژوهش

یکی از مهم‌ترین شاخص‌ها و عوامل مؤثر بر رونق و رشد اقتصادی هر کشوری، پویایی بازارهای سرمایهٔ آن کشور است. کشور ما ایران نیز از این قاعده مستثنا نیست. با توجه به اینکه ایران، کشوری در حال توسعه است و رشد اقتصادی حداقل ۸درصدی، یکی از اهداف و پیش‌بینی‌های برنامهٔ چهارم توسعهٔ اقتصادی کشور بوده است،[۱] اهمیت بازارهای سرمایه بیش از

۱. منبع: وب‌سایت وزارت امور اقتصادی و دارایی (http://www.mefa.gov.ir/laws/dbpindex.asp?DN=4).

پیش نمود پیدا می‌کند؛ به عبارت دیگر، اهمیتِ (و البته جذابیتِ) امروزِ بورس، که نماد مهم بازارهای سرمایه است، به‌مراتب بیشتر از اولین روزهای بازگشاییِ بورس در سال ۱۳۶۹ است.

قابل توجه است که پیشرفت و رشد علمی اخیر کشور نیز، سهم عمده‌ای در اعتلای نقش بازار سرمایه داشته است؛ به‌طوری که به نظر می‌رسد تعداد افرادی که با رویکرد علمی و سیستماتیک به این حیطه از تجارت و کسب و کار وارد می‌شوند، رو به افزایش است (آمار کارگزاری‌های فعال، گسترش نرم‌افزارهای مدیریت پورتفوی، رشد پژوهش‌های مربوطه و مانند اینها، گواهی بر این مدعاست). همچنین اجرایی شدن سیاست‌های اصل ۴۴ قانون اساسی که در راستای خصوصی‌سازی شرکت‌های دولتی و ورود این شرکت‌های بزرگ به بورس است، دلیل دیگری بر اهمیت روزافزون بورس بوده، به نوبهٔ خود سهم عمده‌ای در جذب سرمایه‌گذاران به بورس دارد.

اجرا و پیاده‌سازی شیوه‌های علمی و سیستماتیک در این‌چنین بازارِ رو به گسترشی، اهمیت بالایی دارد. تنوع‌بخشی و تشکیل پورتفوی سهام و نیز بهینه‌سازی آن، یکی از اساسی‌ترین شروط برای موفقیت در بازارهای کارآمد است.

چگونگی این تنوع‌بخشی، بهینه‌سازی آن و برگزیدن استراتژی‌های مناسب، مورد بحث است. یکی از رویکردهای موفق در پاسخ به این بحث، استفاده از بهینه‌سازهای ابتکاری است. روش‌های ابتکاری که با هدف برطرف کردن کاستی‌های کلاسیک‌های بهینه‌سازی معرفی شدند، با جستجویی جامع و تصادفی، احتمال دستیابی به نتایج بهتر را تا حد زیادی تضمین می‌کنند. پژوهش حاضر، با به‌کارگیری ترکیبی[1] از این روش‌ها که ترکیبی نو در حوزهٔ ادبیات مالی است، درصدد یافتن پاسخی جدید و ابتکاری برای این مسئله است.

۲. سؤال‌های پژوهش

۲ـ۱. با چه رویکرد و روشی باید پورتفوی را بهینه‌سازی نمود؟

۲ـ۲. چه گام و فاصلهٔ زمانی‌ای، بهترین گام گزارشگری اطلاعات بازار، برای دستیابی به بهینه‌ترین پورتفوی است؟

۳. پیشینهٔ تحقیق و مروری بر ادبیات موضوع

۳ـ۱. مدل مارکویتز

نگرش خاص مارکویتز، اولین‌بار در سال ۱۹۵۲ در مقالهٔ وی با عنوان «انتخاب پورتفوی»

1. hybrid

منتشر شد (مارکویتز، ۱۹۵۲). سپس وی این نگرش را در کتابی با عنوان **انتخاب پورتفوی: تنوع‌بخشی کارآی سرمایه‌گذاری** (مارکویتز، ۱۹۵۹) شرح و بسط داد. قطعاً بدون مزایای نگرش مارکویتز، هنوز هم باورهای خطرناکی، همچون «همهٔ تخم‌مرغ‌ها را در یک سبد بگذار و مراقب آن سبد باش!»، دیدگاه غالب مدیریت سرمایه‌گذاری بود (هاگین، ۲۰۰۴، ص۱۰۳-۱۰۴). مارکویتز بیان داشت که هدف مدیریت پورتفوی فقط بیشینه کردن بازده مورد انتظار نیست؛ بلکه به جای آن، هدف، بیشینه کردن «مطلوبیت مورد انتظار» است. مارکویتز با این پیش‌فرض، کار خود را شروع کرد که همهٔ سرمایه‌گذاران خواهان ترکیبی از بازده بالا و ریسک پایین هستند؛ به بیان دیگر، سرمایه‌گذاران عقلایی به دنبال بیشینه کردن مطلوبیت با جستجوی یکی از دو مطلب زیر هستند:

الف) بالاترین نرخ بازدهی ممکن برای سطح معینی از ریسک؛ یا ب) پایین‌ترین سطح ممکن ریسک برای مقدار ثابتی بازده (همو، ۱۹۷۹، ص۱۵۳).

یکی از مهم‌ترین نوآوری‌ها و ابتکارهای مارکویتز، استفاده از واریانس (و یا انحراف معیار) یک توزیع - توزیع بازده محتمَل - به عنوان معیار ریسک بود؛ به عبارت دیگر، وی فرض کرد که هرچه واریانس یک سرمایه‌گذاری بالاتر باشد، احتمال تفاوت بازده واقعی از بازده انتظاری نیز بالاتر است. مارکویتز با این نگرش، توانست مسئلهٔ بغرنج، پیچیده و چندبعدی پورتفوی، متشکل از دارایی‌های متعدد با ویژگی‌های مختلف را به تجزیه و تحلیل مسئله‌ای دو بعدی با نام رویکرد «میانگین - واریانس» تبدیل کند (همو، ۲۰۰۴، ص۱۰۳). براساس فرمول‌بندی مارکویتز، انتخاب یک پورتفوی کارآمد با تجزیه و تحلیل تخمین‌های سه‌گانهٔ زیر شروع می‌شود:

الف) بازده مورد انتظار برای هر کدام از اوراق بهادار؛

ب) واریانس بازده مورد انتظار برای هر کدام از اوراق بهادار؛

ج) تعامل‌های بین بازده اوراق بهادار، که با معیار کوواریانس یا هم‌پراکنش بین بازده هر سهم با دیگر سهام سنجیده می‌شود (همو، ۱۹۷۹، ص۱۵۸).

محاسبهٔ بازده مورد انتظار برای مجموعه‌ای از اوراق بهادار که تشکیل پورتفوی می‌دهد، به‌نسبت آسان است. بازده پورتفوی با میانگین وزنی بازده مورد انتظار همه اوراق بهادارِ تشکیل‌دهندهٔ پورتفوی برابر است:

$$E(R_{portfolio}) = \sum_{i=1}^{n} E(R_i).W_i \qquad (1)$$

در این معادله داریم:

$E(R_{portfolio})$ = نرخ بازده مورد انتظار پورتفوی

$E(R_i) = i$ نرخ بازده مورد انتظار ورقهٔ بهادارِ

W_i = نسبتی از ارزش پورتفوی که در هر ورقهٔ بهادار سرمایه‌گذاری شده است (مارکویتز، ۱۹۵۲، ص۲).

برآورد واریانس ترکیبی پورتفوی، به‌مراتب پیچیده‌تر از محاسبهٔ بازده آن است. نکتهٔ مهمی که باید به آن توجه کرد، این است که ریسک پورتفوی، برخلاف بازده‌اش، به‌طور معمول، با میانگین وزنی ریسک اوراق بهادار تشکیل‌دهنده‌اش برابر نیست. ریسک پورتفوی، نه‌تنها به ریسک اوراق بهادار تشکیل‌دهنده‌اش به صورت جداگانه مربوط است؛ بلکه به درجه و میزانی که این اوراق از رویدادهای بنیادین، همانند رویدادهای کلان اقتصادی، به‌طور مشابه تأثیر می‌پذیرند، نیز بستگی دارد (شارپ، ۱۹۷۸، ص۷۷). با توجه به مفاهیم بالا می‌توان رابطهٔ بین ریسک پورتفویی متشکل از n سهم و متغیرهای مربوط را با معادله‌های زیر بیان نمود:

$$VAR(R_{portfolio}) = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} W_i.W_j.COV(R_i,R_j) \qquad (۲)$$

و یا داریم:

$$VAR(R_{portfolio}) = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} W_i.W_j.S_{Ri}.S_{Rj}.r_{ij} \qquad (۳)$$

بنابراین، می‌توان گفت:

$$Risk(R_{portfolio}) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} Wi.Wj.SRi.SRj.rij} \qquad (۴)$$

در این معادله‌ها داریم:

$VAR(R_{portfolio})$ = واریانس نرخ بازده پورتفوی

$VAR(R_i)$ = واریانس نرخ بازده ورقهٔ بهادار

$COV(R_i,R_j)$ = کوواریانس بین نرخ بازده اوراق بهادار

n = تعداد اوراق بهادار پورتفوی

W_i یا W_j = نسبتی از ارزش پورتفوی که در ورقهٔ بهادار سرمایه‌گذاری شده است

r_{ij} = ضریب همبستگی بین متغیرها

S_i یا S_j = انحراف معیار استاندارد متغیر

(مارکویتز، ۱۹۵۲، ص۶).

مدل مارکویتز در تحقیق‌های متخصصان در چند بُعد مهم، گسترش یافته است که در ادامه، به مهم‌ترین آنها اشاره می‌نماییم: در مدل مارکویتز، گزینه‌های قرض دادن و قرض

گرفتن سرمایه که از راهکارهای بسیار معمول بازار سرمایه هستند، نادیده گرفته شده است. ویلیام شارپ، مدل مارکویتز را در دو بعد مهم گسترش داد؛ به گونه‌ای که این مدل بتواند دارایی‌های بدون ریسک (مانند اوراق قرضهٔ دولتی) و امکان قرض دادن و قرض گرفتن سرمایه را نیز دربر بگیرد (هاگین، ۱۹۷۹، ص۱۶۱). این رویکرد شارپ، به خط تخصیص سرمایه معروف است که جزئی از مدل کلی‌تر قیمت‌گذاری دارایی‌های سرمایه‌گذاری (CAPM)[1] است. وی نشان داد که «هنگامی که یک ورقهٔ بهادار یا پورتفوی ریسکی را با یک ورقهٔ بهادار یا پورتفویی بدون ریسک ترکیب کنیم، ریسکِ مرکّب، متناسب با نسبتی از سرمایه است که در دارایی ریسکی سرمایه‌گذاری شده است» (شارپ، ۱۹۶۷). تئوری آربیتراژ[2] که توسط راس و رال (راس، ۱۹۷۶؛ رال و راس، ۱۹۸۴) در ۱۹۸۰ ارائه شد، مشابه CAPM و درواقع، جایگزینی برای این مدل است. تئوری آربیتراژ بر این فرض استوار است که ریسک غیر سیستماتیک با تنوع‌بخشی، قابل حذف است؛ بنابراین، این ریسک در بازاری با آربیتراژ صفر، هیچ قیمتی ندارد.

دور از انتظار نیست که با تغییر تخمین‌های مورد نیاز مدل مارکویتز، مجموعهٔ پورتفوی‌های کارآمد نیز تغییر کند (هاگین، ۱۹۷۹، ص۱۶۷). تغییر در برآوردها به منزلهٔ بهینه‌سازی دوبارهٔ مدل برای دستیابی به اوزان جدید است. هنگامی مشکل حل دوباره خود را بیشتر آشکار می‌کند که به حجم فوق‌العاده بالای منابع انسانی و محاسبه‌های مورد نیاز آن توجه کنیم. علاوه بر حجم بالای اطلاعات، مشکلات عملی و پیچیدگی‌هایی نیز گریبانگیر متخصصانِ تخمین کوواریانس‌های بین سهام صنایع مختلف می‌شود (همان، ص۱۶۸). مارکویتز خود بر این مشکل اذعان داشت و درصدد چاره‌جویی برآمده بود (مارکویتز، ۱۹۵۹، ص۹۶ و ۹۷)، وی پیشنهاد کرد که به جای تخمین کوواریانس، رابطهٔ بین نرخ بازده هر سهم با نرخ بازده شاخص ثابتی از بازار را جایگزین کنند. شارپ (۱۹۶۴) این رویکرد مارکویتز را دنبال کرد و مدل معروف به تک ـ شاخصی را ابداع نمود. مدل وی بار حجیم جمع‌آوری اطلاعات و محاسبه‌های پیچیده را خیلی سبک می‌کند (هاگین، ۱۹۷۹، ص۱۶۱). این دومین بعدی بود که شارپ مدل مارکویتز را در آن گسترش داد. مدل تک ـ شاخصی با سه برآورد زیر قابل استفاده است: مقدار بازده ویژه یا غیر مربوط به بازار (آلفا)؛ معیاری از حساسیت پاسخ سهام به تغییرهای بازار (بتا)؛ واریانسِ جزء بازده غیر مربوط به بازار (واریانسِ آلفا). به دلیل برخی فرضیه‌های نگران‌کنندهٔ مدلِ شارپ، رویکرد

1. Capital Asset Pricing Model
2. arbitrage theory

چند ـ شاخصی معرفی شد. در این رویکرد، سعی شده است تا مزایای هـر دو مـدل قبلـی حفظ شود. این روش با حفظ حجم محاسبه‌ای به‌نسبت پایین و معقول، مزایـایی همچـون دقت و تنظیم درست کوواریانس‌ها را دارد.

اگر ویژگی‌های بیشتری، مانند هزینه‌های ثابت و کمینگی مجموعه مبادلـه‌هـا در مـسئلهٔ انتخاب پورتفوی مؤثر باشد ـ همان‌طوری که در بسیاری موارد مؤثر است ـ در عمل، مـدل تجویزی مارکویتز، کارکردهای خود را از دست مـی‌دهـد. کلـرر و همکـارانش (۲۰۰۰) در پژوهشی به معرفی چند نوع برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط[1] پرداختنـد کـه توانـایی رویارویی با هزینه‌های ثابت و کمینگی مجموعه مبادله‌ها را دارد. از پژوهش کلرر، سه نتیجهٔ مهم گرفته می‌شود: هزینه‌های ثابت باعث افزایش ریسک پورتفوی مـی‌شـود؛ هزینـه‌هـای ثابت بیش از مقداری که خود افزایش می‌یابند، سبب کاهش در تنـوع پورتفـوی مـی‌شـود؛ اثرهای کمینگی مجموعه مبادله‌ها، نامطلوبیت‌های قبلی را تقویت می‌کند (کلرر و دیگـران، ۲۰۰۰، ص۱۶). همچنین باید توجه داشت که ترکیب تعداد زیادی سـهام و تعـداد زیـادی مبادله باعث افزایش هزینهٔ مبادله است (برتسیماس و دیگران، ۱۹۹۹، ص۲). برخی قیود و پیش‌شرط‌های اعمالی بر مدل مارکویتز، سبب می‌شود تا ترکیب سهام و تعداد مبادله‌ها بـالا رفته، به تبع آن، هزینه افزایش یابد. برای حل این مشکل، برتیماس و همکـارانش (۱۹۹۹) روشی را ارائه کردند که با آن می‌توان از راه برنامه‌ریزی غیر خطـی عـدد صـحیح مخـتلط،[2] پورتفوی تشکیل داد. پورتفوی تشکیلی این روش، به یک پورتفوی هدف که با اسـتفاده از حـل درجـه دوم[3] معادلـه‌هـای مـارکویتز سـاخته شـده، بـسیار نزدیـک اسـت. همچنـین نقدشوندگی[4] یکسانی با آن دارد، و نرخ بازده مورد انتظار و گردشش[5] نیز با پورتفوی هـدف همسان است. به علاوه، این پورتفوی شامل مزایایی، همچون کنترل هزینه‌های اصـطکاکی[6] به واسطهٔ انتخاب تعداد کمتر سهام تا حد ممکن است.

نمی‌توان انتظار داشت که بازده آتی سهام توسط اطلاعات تاریخی بازده، به‌خـوبی و بـا دقت بالا منعکس شود. در عمل، حرفه‌ای‌های بازار سهام صرفاً به اطلاعات تاریخی بـازده برای پیش‌بینی بازده آتی بسنده نمی‌کنند. آنها برای پیش‌بینی هرچه بهتر به تلفیـق تجربـه و قضاوت شخصی خود با تکنیک‌های آماری و احتمال‌هایی می‌پردازند؛ امـا مـدل مـارکویتز قادر به پذیرش اطلاعات احتمالی نیست. لی و ژو (۲۰۰۹) برای بالا بردن دقت اطلاعات و

1. mixed-integer linear programming
2. nonlinear mixed-integer programming
3. quadratic programming
4. liquidity
5. turnover
6. frictional costs

نیز برای ترکیب علم و تجربه به روشی سیستماتیک، متغیرهـای ورودی مـدل را متغیرهـای فازی ـ تصادفی[1] فرض کردند و با این رویکرد، تغییرهای لازم را بر مـدل مـارکویتز اعمـال کردند. این مدل انعطاف‌پذیری بالایی داشته و می‌تواند خود را با درجهٔ خوش‌بینی ـ بدبینی سرمایه‌گذار تطبیق دهد و مرز کارآی[2] مدل مارکویتز را با توجه به این موضوع تعدیل کنـد. درواقع، این مدل بسط مدل میانگین ـ واریـانس مـارکویتز از دو بعـد اسـت: اول، در نظـر گرفتن عوامل تصادفی و اطلاعات فازی به صورت همزمـان و دوم، کنـار گذاشـتنِ فرضـیهٔ سرمایه‌گذاران با انتظارهای یکسان و متجانس. تلنگـی (۱۳۷۷) نیـز در پژوهـشی، رویکـرد مشابهی به مدل مارکویتز را دنبال کرده است. وی متغیرها را فازی[3] در نظر گرفته و به مدلی انعطاف‌پذیرتر از مارکویتز دست یافته است.

درنهایت، باید گفت که تئـوری مـدرن پورتفـوی بـر فرضـیه‌هـای بازارهـای کارآمـد و سرمایه‌گذاران منطقی استوار است. با این وجود، بازارهای بسیاری پیدا می‌شوند که خـلاف این قواعد بوده، فرضیه‌های MPT[4] را زیر سؤال می‌برند. این بازارها به‌اصطلاح نابهنجارنـد. حوزه‌های رفتاری در مقولهٔ مالی،[5] برای این نابهنجاری‌ها توضیح‌های متعددی می‌دهد. این شاخه، تئوری‌هایی برای توضیح ناکـارآیی‌هـای بـازار و رفتارهـای بـه ظـاهر غیـر منطقـی سرمایه‌گذاران ارائه می‌کند. فرینجز و همکارانش (۲۰۰۸) نشان دادند کـه بـر پایـهٔ مفـاهیم رفتـاری مـی‌تـوان مـدل میـانگین ـ واریـانس را بـه گونـه‌ای گـسترش داد کـه متغیرهـای جمعیت‌شناسی ـ اجتماعی[6] را نیز دربر بگیرد. نتایج این نوع گسترش نـشان مـی‌دهـد کـه علاوه بر ریسک و بازده، سطح نرخ بازده بدون ریسک، ریسک‌گریزی فردی، باورهای بازار، ارزیابی هـر فـرد از مهـارت و تخـصص شخـصی‌اش، سـن و جنـسیت، از دیگـر عوامـل تعیین‌کننده در انتخاب پورتفوی است.

دربارهٔ پژوهش‌های داخلی در حوزهٔ بهینه‌سازی و انتخاب پورتفـوی، راعـی (۱۳۷۷) در زمینهٔ کاربرد شبکه‌های عصبی[7] برای انتخاب سرمایه‌گذاری به پـژوهش مـی‌پـردازد. وی در این پژوهش به ابداع مدلی برای انتخاب پورتفوی با رویکرد شـبکه‌هـای هوشـمند عـصبی پرداخته و نتایج مدل خود را با رویکرد مارکویتزی مقایسه می‌کند. درمجمـوع، ایـن مـدل، عملکرد بهتری نسبت به مدل مارکویتز (البتـه در جامعـهٔ آمـاری کـوچکی) دارد. محمـدی استخری (۱۳۸۵) به انتخاب پورتفوی در بورس تهران با الگوریتم ژنتیک[8] می‌پردازد. نتـایج

1. Fuzzy random variables
2. efficient frontier
3. Fuzzy logic
4. Modern Portfolio Theory
5. behavioral finance
6. socio-demographic variables
7. neural networks
8. genetic algorithm

پژوهش وی نیز نشان می‌دهد که بهینه‌سازی پورتفوی با استفاده از ژنتیک کارآمدتر از حل آن با مدل‌های کلاسیک است و می‌توان با این رویکرد ابتکاری به مرزهای کارآی بهتری نسبت به حل سنّتی مدل مارکویتز دست یافت. پس از معرفی معادله‌های مارکویتز، معیارهای دیگری همچون نیم ـ واریانس و ارزش در معرض ریسک[1] نیز برای سنجش ریسک پیشنهاد شدند که هر کدام خوبی‌ها، عیب‌هایی دارند. رحمتی (۱۳۸۷) با رویکرد مبتنی بر ارزش در معرض ریسک، به عنوان معیار ریسک و با استفاده از الگوریتم ژنتیک، به انتخاب پورتفوی در بازار ارز ایران می‌پردازد. این مدل که در بازاری کوچک و محدود اعمال شده، بیانگر آن است که معیار ارزش در معرض ریسک در بازار ارز کارآمدتر از معیار واریانس است؛ اما قابلیت تعمیم این نتیجه‌گیری به بازار بورس سهام نیازمند پژوهش‌های آتی است. پژوهش حاضر، رویکرد پایهٔ مارکویتزی و واریانس به عنوان معیار ریسک را برای حل مسئله دنبال می‌کند. تعریف مفهومی این متغیرها با جزئیات کامل و معادله‌های مربوط به آن، در بخش مرور ادبیات موضوع ارائه شد.

۴. بهینه‌سازی

بهینه‌سازی توابع، به معنای یافتن پاسخ بهینهٔ تابع هدف یک مسئله است. این مسائل به دو گروه بیشینه‌سازی[2] و کمینه‌سازی[3] تقسیم می‌شود. همچنین می‌توان روش‌های بهینه‌سازی را نیز در دو حوزهٔ بهینه‌سازهای کلاسیک، یعنی روش‌های مبتنی بر مشتق ریاضیاتی و بهینه‌سازهای ابتکاری یا تکاملی طبقه‌بندی کرد.

۴ـ۱. انواع روش‌های بهینه‌سازی

۴ـ۱ـ۱. کلاسیک‌ها

روش‌های کلاسیک که کم و بیش همگان با آنها آشنایی دارند، همان روش‌های مبتنی بر مشتق ریاضی است. یکی از نقایص روش‌های کلاسیک این است که در مسائل پیچیده و چندبُعدی و یا مسائلی که ویژگی‌های گسستگی، مشتق‌ناپذیری، نویز و اغتشاش اطلاعات، فضای حالت ناپیوسته و معادله‌های غیر خطی پیچیده دارند (بانبئو و همکاران، ۱۹۹۹؛ کندی و ابرهارت، ۲۰۰۱)، همانند مسئلهٔ انتخاب و بهینه‌سازی پورتفوی، فقط تا حد یافتن

1. value-at-risk
2. maximization task
3. minimization task

بهینه‌های محلی[1] پیش می‌روند و از یافتن بهینهٔ جامع و کلی[2] مسئله ناتوان هستند. در این روش‌ها، برای برون‌رفت از جواب‌های محلی فکری نکرده‌اند و همین که به پاسخی به‌نسبت بهینه می‌رسند، اگرچه ممکن است محلی باشد، حل را متوقف کرده و پاسخ را به عنوان بهینهٔ جامع و کلی اعلام می‌کنند.

۴ـ۱ـ۲. روش‌های ابتکاری[3]

روش‌های ابتکاری (فراابتکاری یا تکاملی[4] نیز نامیده می‌شود)، برای حل مشکلات بیان‌شده که غالباً مسائل بهینه‌سازی با آنها روبه‌روست، به وجود آمده است. اگرچه نمی‌توان هیچ تضمینی قائل شد؛ اما آزمون این روش‌ها در مسائل مختلف فنی و مهندسی، اقتصاد، مالی و غیره نشان داده است که در صورت اجرای درست و انتخاب مناسب پارامترهای داخلی و متناسب با نوع مسئله، با استفاده از این روش‌ها می‌توان به پاسخ‌های مناسب‌تری از پاسخ‌های همتاهای کلاسیکشان دست یافت.

عملکرد بهتر این روش‌ها به ماهیت طراحی آنها بازمی‌گردد؛ به عبارت دیگر، اصولاً این روش‌ها ایجاد شد تا کاستی‌های روش‌های کلاسیک را جبران کند. آنها به گونه‌ای برنامه‌ریزی شده‌اند که تا در صورت امکان، از بهینه‌های محلی، به‌اصطلاح «بیرون بپرند»، در آنها «گیر نیفتند» و به بهینهٔ جامع برسند. به بیان دیگر، از آنجا که روش‌های ابتکاری به یک جستجوی جامع تصادفی دست می‌زنند، احتمال به تله افتادن آنها در بهینه‌های محلی به‌شدت کاهش می‌یابد. شکل شماره ۱، مفهوم بهینه‌های محلی و بهینهٔ جامع را نشان می‌دهد (مثالی از تابع راستریجین که فقط یک بهینهٔ جامع در نقطهٔ (۰ و ۰) دارد و نقاط دیگر، بهینه‌های محلی است).[5] شکل شماره ۲ نیز مثال‌هایی از توابع به‌نسبت پیچیدهٔ بهینه‌سازی را به تصویر می‌کشد.

۴ـ۲. بهینه‌سازی پورتفوی

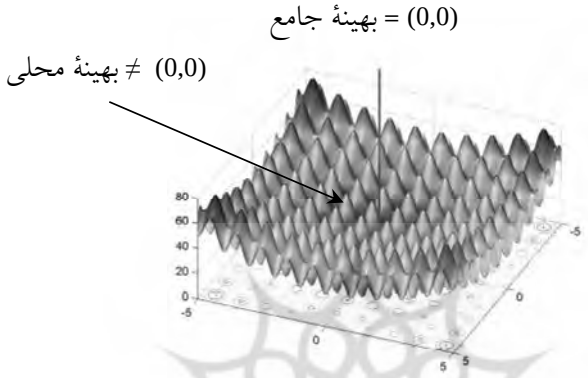
مارکویتز نشان داد که وقتی اطلاعات لازم برای مدل وی فراهم شود، می‌توان با استفاده از برنامه‌های بهینه‌سازی پورتفوی به دستکاری و تغییر در اوزان سهام پورتفوی پرداخت و به

1. local optimums
2. global optimum
3. heuristic methods
4. metaheuristic or evolutionary
5. rastrigin's function

واسطهٔ این تغییرها، به تعریف دقیقی از پورتفوی‌های کارآمد رسید. یکی از اولین روش‌هایی که برای بهینه‌سازی این مدل توسط خود مارکویتز به کار رفت، «برنامه‌ریزی درجه دوم»[1] نام دارد. به‌طور کلی، استفاده از بهینه‌سازها دو مورد زیر را مشخص می‌نماید:

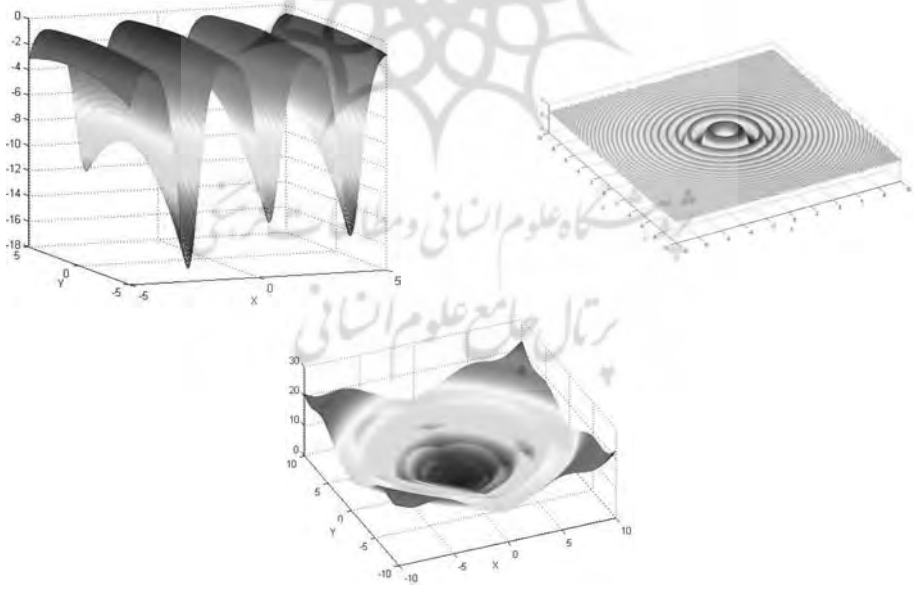
الف) سهامی که باید در پورتفوی نگهداری شود.

ب) نسبت بودجهٔ تخصیصی بین سهام تعیین‌شده (هاگین، ۱۹۷۹، ص۱۵۹).



شکل ۱: مفهوم بهینه‌های محلی و بهینهٔ جامع

(منبع: مثالی از تابع راستریجین از مجموعه توابع نرم‌افزار MATLAB2007a)



شکل ۲: مثال‌هایی از توابع به‌نسبت پیچیده برای بهینه‌سازی

1. quadratic programming

۵. روش تحقیق

این پژوهش، علاوه بر ترکیب دو روش ابتکاری بر مسئلهٔ انتخاب و بهینه‌سازی پورتفوی، با به‌کارگیری اطلاعات بازده و ریسک، سعی در یافتن بهترین ترکیب و نسبت سهام در پورتفوی‌ها دارد تا پورتفوی به‌طور همزمان بالاترین بازده و کمترین ریسک را داشته باشد. در ادامه، علاوه بر تشریح روش‌های ابتکاری به‌کار گرفته‌شده، دلایل برگزیدن این روش‌ها بررسی می‌شود. برنامه‌نویسی و اجرای این روش‌ها در محیط نرم‌افزار MATLAB2007a[1] توسط مؤلف‌ها صورت گرفته است.

۵ـ۱. الگوریتم ژنتیک

اصول الگوریتم ژنتیک، اولین‌بار توسط جی. اچ. هالند[2] (۱۹۷۵) ارائه شد. الگوریتم ژنتیک، الگوریتم جستجوی بهینهٔ آب با کاربردی عمومی است که از اصول تکامل زیستی بشر و اصول تکاملی ژن‌های زیستی الهام گرفته است (گومز، ۱۹۹۹). این روش، به تکامل راه‌حل تا دستیابی به بهینهٔ نهایی می‌پردازد. از جمله مزایای این الگوریتم، فهم آسان، مجزا بودن، پشتیبانی از بهینه‌سازی چندتابعی، قیدپذیری، دارا بودن یک جواب که با گذشت زمان بهتر می‌شود، امکان استفاده به صورت موازی، بهره‌برداری آسان از جواب قبلی، انعطاف‌پذیری برای کاربردهای ترکیبی، و وجود روش‌های مختلف برای افزایش سرعت و پیشرفت الگوریتم است.

یکی از سازه‌های اصلی و مهم زیست ژنتیکی، کروموزوم‌ها[3] است. کروموزوم‌ها با یکدیگر تلاقی[4] دارند، جهش[5] می‌کنند و مجموعهٔ جدیدی از کروموزوم‌ها را به وجود می‌آورند. براساس الزام و نیاز، برخی از کروموزوم‌ها بقا می‌یابند و برخی از بین می‌روند. از نظر علم، زیست ژنتیکی، این چرخهٔ زایش و نسل‌هاست. این روند در نسل‌های متعدد و زیادی به‌طور مرتب تکرار می‌شود تا اینکه درنهایت، بهترین مجموعهٔ کروموزوم‌ها با ویژگی‌های خاص ایجاد می‌شود. الگوریتم ریاضیاتی معادل روند بالا، با نام الگوریتم مصنوعی ژنتیک و یا به‌اختصار، الگوریتم ژنتیک شناخته شده و برای بهینه‌سازی به کار می‌رود (گوپی، ۲۰۰۷).

1. the mathworks, I., matrix laboratory (MATLAB). 1984-2009 ©the mathworks, Inc.
2. J. H. Holland
3. Chromosomes
4. crossover
5. mutate

نظر اصلی این الگوریتم، حفظ و نگهداری تعدادی از کروموزوم‌هایی است که در طول زمان از راه روند رقابت و تغییری کنترل‌شده، مرتباً تکامل می‌یابند. پیاده‌سازی الگوریتم ژنتیک با تولید جامعه‌ای تصادفی از کروموزوم‌ها کار خود را آغاز می‌کند. این جامعه به‌طور مرتب به سمت‌وسوی کروموزوم‌های بهتر پیشرفت می‌کند. ابزار این پیشرفت، عملگرهای ریاضیاتی طراحی‌شده برای الگوریتم است که این عملگرها براساس روند تکامل ژنتیکی و زیستی مدل شده است. متغیرهای هر طرح یا همان مجموعه ژن‌ها، به صورت یک رشتهٔ متغیر با مفهوم کروموزم در سیستم حیات طبیعی مطابقت دارد؛ یعنی ژن‌ها کوچک‌ترین عناصر تشکیل‌دهندهٔ کروموزم‌ها است و هر کروموزم نماینده یک فرد در جمعیت است (گریفنستته، ۱۹۸۶). حال در دنیای اعداد و محاسبه‌ها، هر عدد یک عضو از جمعیت است و کوچک‌ترین اعضایی که می‌تواند یک عدد را تشکیل دهد، دسته‌های ۰ و ۱ (بیت‌ها) است. در تکرارهای موفق الگوریتم که نسل نامیده می‌شود، کروموزوم‌های هر نسل براساس سازگاری‌شان، به عنوان پاسخ بهینه، رده‌بندی می‌شوند و براساس این ارزیابی و نیز با استفاده از عملگرهای الگوریتم، همانند عملگر ضربدری[1] یا عملگر تغییر ناگهانی[2] و مکانیزم‌های انتخابی الگوریتم، جامعهٔ جدیدی از کروموزوم‌ها تشکیل می‌شود (پورزینالی، ۲۰۰۶). برای حل مسئله با این الگوریتم، ابتدا باید یک تابع ارزیابی یا شایستگی[3] را متناسب با پارامترها و معادله‌های مسئله تعریف نماییم. با تعریف این تابع می‌توانیم شایستگی کروموزوم‌های تولیدشده را محاسبه کرده، آنها را برای انتقال به نسل‌های بعدی یا ترکیب با یکدیگر اولویت‌بندی نماییم.

هرچند انواع مختلفی از الگوریتم ژنتیک برای بهینه‌سازی‌های مختلف وجود دارد؛ اما سازوکار اصلی همهٔ آنها از سه عملیات تشکیل شده است: ۱. ارزیابی شایستگی هر کروموزوم منحصربه‌فرد؛ ۲. تشکیل مجموعه‌ای از ژن‌ها (جوامع واسطه) به وسیله سامانهٔ انتخابی مختص الگوریتم و ۳. بازترکیب کروموزوم‌ها به وسیله عملگرهای ضربدری و تغییر ناگهانی. در ادامه، توضیح مختصری دربارهٔ عملگرها و مؤلفه‌های ژنتیک ارائه می‌شود.

۵ـ۱ـ۱. عملگرهای ژنتیک

عملگرها در هنگام انجام تولید نسلی جدید از نسل‌های گذشته در هر رشته به کار می‌آید (بک، ۲۰۰۰).

1. crossover
2. mutate
3. evaluation or fitness function

۵ـ۱ـ۱ـ۱. عملگر تولید مثل

تولید مثل یک برنامهٔ تولید احتمالی است که برای زادوولد در رشته‌ها و مبتنی بر مقدار مناسب و برترشان انتخاب شده است. این روش تضمین می‌کند تا دفعه‌های مورد انتظار انتخاب هر رشته به‌طور نسبی، به مقادیر برتر رشته نسبت به سایر جمعیت وابسته باشد. رشته‌هایی با مقادیر برتر و یا اندازه بزرگ‌تر، سهم احتمال بیشتری در تکثیر دارند و به‌طور ساده در تولید بعدی سهیم هستند. به‌طور معمول، در الگوریتم ژنتیک، وظیفهٔ تولید مثل را سه عملگر زیر انجام می‌دهند: عملگر انتخاب، عملگر ضربدری، عملگر تغییر ناگهانی.

الف) عملگر انتخاب: در الگوریتم ژنتیک با مجموعه‌ای از رشته‌ها به جای یک رشته کار می‌شود. رشته‌هایی برای تولید مثل انتخاب می‌شود که نقش مؤثرتری در بهبود جمعیت تولیدشده و نهایی را داشته باشد. یکی از روش‌های مرسوم برای انتخاب، روش چرخِ گردان[1] است.

ب) عملگر ضربدری: این عملگر برای تولید دو فرزند از والدین منتخب به کار برده می‌شود. عملگر ضربدری برنامه انتخاب وضعیت اتفاقی در یک رشته است و تعدادی از بیت‌های چپ یا راست این رشته را از یک محل مشخص با رشته دیگر معاوضه می‌کند.

ج) عملگر تغییر ناگهانی: برنامه‌ای از اصلاحِ اتفاقی مقادیر هر رشته با احتمال حداقل است. این عملگر، به عنوان نخستین عملگر نیست؛ ولی احتمال تحقیق و جستجو در تمام فضای غیرِ صفر مسئله را تضمین می‌کند و به وسیله عملگر تولید مثل و ضربدری، به‌طور کامل از ضایعات مواد ژنتیک جلوگیری می‌کند (چمبرز، ۲۰۰۱).

۵ـ۱ـ۲. مؤلفه‌های ژنتیک

مؤلفه‌های ژنتیک، موجودیت‌هایی است که به تنظیم عملکرد الگوریتم و انجام مطلوب‌تر آن کمک می‌کنند. عمده‌ترین مؤلفه‌ها عبارت است از: تعداد جمعیت، نرخ عملگر ضربدری و نرخ عملگر جهش ناگهانی.

الف) جمعیت: ژنتیک با تولید جمعیتی تصادفی از کروموزوم‌ها شروع می‌شود. اندازهٔ جمعیت در کارآیی الگوریتم مؤثر است. اگر یک جمعیت کوچک داشته باشیم، در یک عملکرد ضعیف نمی‌توان تمام نتایج فضای ممکن یک مسئله را پوشش داد و بررسی کرد (دیویس، ۱۹۹۹). انتخاب یک جمعیت بزرگ باعث پوشش فضای بیشتری شده و از حل

1. roulette wheel

و همگرایی زودهنگام در نقاط محدود و محلی جلوگیری می‌کند. از طرفی، جمعیت بـزرگ به ارزیابی بیشتری در هر تولید نیاز دارد و بالطبع سرعت نرخ همگرایی را آهسته‌تر می‌کند.

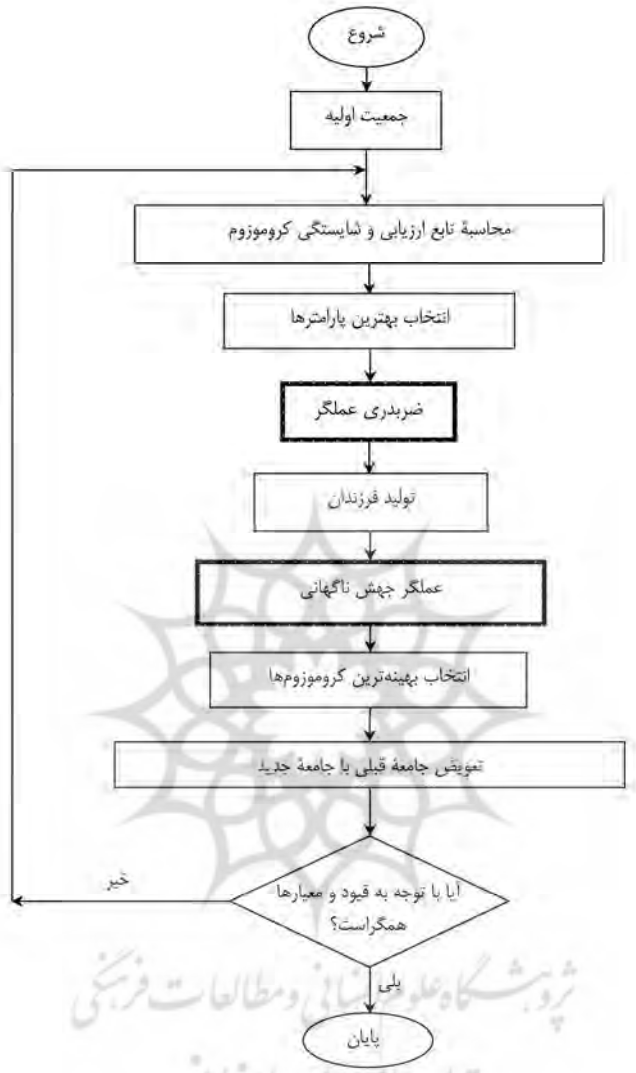
ب) نرخ عملگر ضـربدری: نـرخ عملگـر ضـربدری جـزء تعیـین‌کننـده‌ای در عملکـرد ضربدری است. نرخ بالاتر عملگر ضربدری به این معناسـت کـه رشـته‌هـای جدیـدی بـا سرعت بیشتر وارد جمعیت می‌شود. اگر نرخ عملگر ضربدری خیلـی زیـاد باشـد، حـذف رشته‌ها سریع‌تر از گزینش آنها برای بهبودی انجام می‌گیرد و برعکس، کم بودن ایـن مقـدار سبب یک حالت سکون می‌شود که آن هم، باعث کاهش نرخ شناسایی می‌شود.

ج) نرخ عملگر جهش ناگهانی: نرخ جهش ناگهانی عبـارت از احتمـال تغییـر اتفـاقی‌ای است که هر بیت از هر رشته در یک جمعیت جدید پس از انجام مراحـل انتخـاب ممکـن است به خود بگیرد. مقدار کم نرخ عملگر جهش ناگهانی کمک می‌کنـد کـه هـر وضـعیت بیت در مقدار مشخصی باقی بماند. افزایش آن نیز سبب جستجوی اتفاقی به‌طور مـؤثرتری خواهد شد (بک، ۱۹۹۶). شکل شمارهٔ ۳ فلوچارت الگوریتم ژنتیک را نشان می‌دهد.

۵ـ۲. الگوریتم نلدر ـ مید

این الگوریتم، کمینهٔ یک تابع بدون قید را محاسبه مـی‌کنـد. الگـوریتم نلـدر ـ میـد یـا روش سیمپلکس فراز و نشیب[1] و یا روش دگرگونی آمیبی،[2] اولین‌بار در سال ۱۹۶۵ توسط جان نلدر و راجر مید[3] معرفی شد. این روش یک تکنیک بهینه‌سازی غیر خطی و پرکاربرد است کـه بـه دلیل پایهٔ مفهومی آسان و روش استفادهٔ به‌نسبت ساده، به واسطهٔ تابع جـستجوی کمینـهٔ آب[4] در نرم‌افزارهایی همچون MATLAB، در علـوم و تکنولـوژی و بـه‌ویـژه در شـیمی و پزشـکی کاربرد فراوان دارد. این روش می‌تواند برای کمینه کردن توابع در فضای حالت با ابعـاد بـسیار بالا (همانند مسئلهٔ پورتفوی) به کار رود. همچنـین از آنجـایی کـه ایـن تـابع بـه هـیچ‌گونـه اطلاعات مشتق تابع هدف نیازی ندارد، بـرای کـاربرد در بهینـه‌سـازی توابـع غیـرِ همـوار و مشتق‌ناپذیر هم کارآیی بالایی دارد (کلدا و دیگران، ۲۰۰۳). به علاوه، ایـن الگـوریتم در حـل پارامتری مسائلی که تابع هدفشان در برابر شرایط عـدم اطمینـان و نـویز[5] قـرار دارد (هماننـد مسئلهٔ پورتفوی، به دلیل نویزپذیری زیاد پارامترهای بازده و کوواریـانس)، عملکـرد خـوبی از خود نشان داده است. این الگوریتم قابلیت اعمال به مسائل گسسته را نیز دارد.

1. downhill simplex method
2. Amoeba method
3. John Nelder & Roger Mead
4. fminsearch
5. Noise



شکل ۳: فلوچارت الگوریتم ژنتیک (منبع: اقتباس مؤلف‌ها از الگوریتم ژنتیک)

۵ـ۲ـ۱. مرور اجمالی بر روش عملکرد الگوریتم نلدر ـ مید

این روش از مفاهیم سیمپلکس برای پیشبرد و تکامل حل استفاده می‌کند. الگوریتم حاضر، ابتدا برآوردی از یکی از بهینه‌های محلی مسئله‌ای با N بُعد را به دست آورده، تابع هدف را به‌آرامی و به صورت هموار در این بخش تغییر می‌دهد. سپس الگوریتم با استفاده از برون‌یابی رفتار تابع هدف در هنگام اجرای روش سیمپلکس، به تولید نقاط آزمون جدید

می‌پردازد و آنگاه براساس عملگرهای درونی‌اش تصمیم می‌گیرد که یکی از نقاط مورد آزمون در سیمپلکس را با نقطهٔ آزمون تولیدی جدید جابه‌جا نماید و به همین شیوه الگوریتم را ادامه می‌دهد. این الگوریتم پس از هر مرحله شرط‌ها را آزمون می‌کند تا اگر برآورده شده باشد، پایان کار و پاسخ نهایی را اعلام کند. شرایط پایان شامل همگرایی تابع هدف در سیمپلکس، دقت پاسخ و یا تعداد تکرار ازپیش تعیین‌شده توسط کاربر است (یو، ۱۹۷۹).

به‌طور کلی، گام‌های این الگوریتم شامل تشکیل سیمپلکس اولیه، تبدیل و تکامل سیمپلکس و درنهایت، محاسبه و مقایسهٔ شرایط همگرایی و پایان الگوریتم است. شکل شماره ۴ فلوچارت الگوریتم نلدر ـ مید با جزئیات بیشتر را نشان می‌دهد.

۵ـ۳. ترکیب ژنتیک و نلدر ـ مید

مؤلف‌ها به نقطه‌ای دست یافتند که قبل از آن، بهبود پاسخ‌ها صرفاً با تکیه بر ژنتیک ممکن نبود. با توجه به سازگاری احتمالی نلدر ـ مید با مسئلهٔ پورتفوی، ترکیب آن با ژنتیک انجام شد تا از یک طرف، عدم قیدپذیری نلدر ـ مید جبران شود و از طرف دیگر، ضعف‌های ژنتیک ترمیم شود.

۶. جامعهٔ آماری

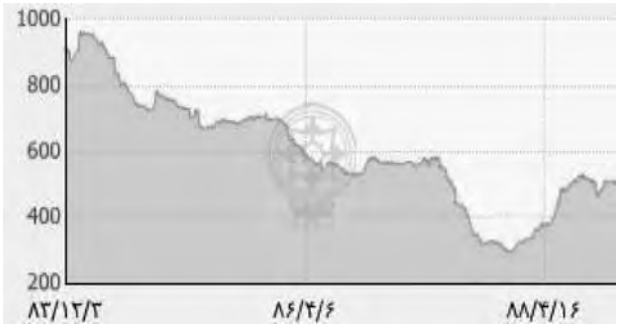
در این پژوهش، به انتخاب و بهینه‌سازی پورتفوی از میان پنجاه شرکت برتر بورس تهران براساس رده‌بندی سازمان بورس تهران در تاریخ یکم بهمن‌ماه سال ۱۳۸۸ پرداختیم. همان‌طور که می‌دانیم، تشکیل پورتفوی مناسب باعث کاهش ریسک غیر سیستماتیک می‌شود؛ بنابراین، با تشکیل پورتفوی در بازارهای محلی و درون‌مرزی نمی‌توان ریسک سیستماتیک را حذف کرد (درواقع تحقیق‌ها نشان داده است که عمده‌ترین راه کاهش ریسک سیستماتیک، گسترش مفهوم بازار است (سولنیک، ۱۹۷۴الف و ب)؛ به‌طوری که بازارها، نامتجانسِ با یکدیگر باشند. به‌طور معمول، بازارهای بین‌المللی و فرامرزی چنین شرایطی را تا حد خوبی ارضا می‌کنند). به همین دلیل است که برتری‌های پنجاه شرکت برتر از نظر کم بودن ریسک سیستماتیک (همانند رونق نسبی و همیشگی صنایع این شرکت‌ها و غیره که شاید سبب تأثیرپذیری کمترشان از عوامل رکودی بازار شود)، انگیزهٔ انتخاب آنها برای تشکیل پورتفوی بود. شکل‌های شماره ۵ و ۶، به‌ترتیب، نمودار شاخص کل بورس تهران برای پنج سال گذشته و شاخص پنجاه شرکت برتر، ظرف دورهٔ مشابه را نشان می‌دهد. در این شکل‌ها، رکود و رونق و چگونگی تغییرهای شاخص‌ها مشخص است (متأسفانه اطلاعات نموداری برای یازده سال موجود نبود و براساس دیگر پارامترهای

اقتصادی، همانند نرخ تورم، شاخص مصرف‌کننده، نـرخ بهـرهٔ بـانکی و غیـره، دورهٔ بلنـد مدت‌تر از پنج سال را انتخاب کردیم).

۶ـ۱. نمونهٔ آماری

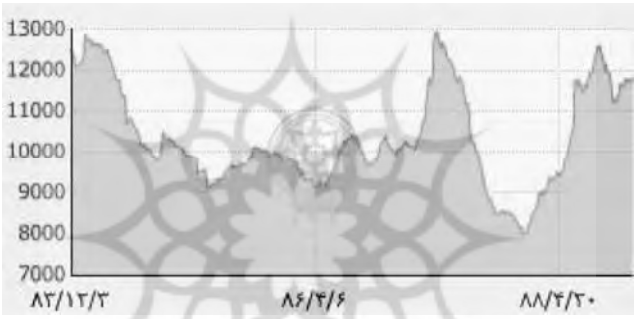
از آنجایی که روش‌های عددی و ریاضیاتی ممکن است با اطلاعات جامع‌تـر، بـه‌اصـطلاح بهتر «تربیت شود» و روابط درونی (همانند کوواریانس بازده که مورد نیـاز مـدل مـا اسـت) محتمل است که با این نوع از اطلاعات بهتر آشکار شوند.

شکل ۴: فلوچارت الگوریتم نلدر – مید (منبع: اقتباس مؤلف‌ها از الگوریتم نلدر – مید)



شکل ۵: نمودار شاخص کل بورس تهران برای پنج سال گذشته

(منبع: وب‌سایت سازمان بورس اوراق بهادار تهران)



شکل ۶: شاخص پنجاه شرکت برتر بورس تهران برای پنج سال گذشته (منبع: همان)

البته باید دقت کرد که همواره رابطهٔ مثبتی بین عملکرد مدل با بیشتر شدن اطلاعات وجود ندارد و گهگاه ممکن است ریز شدن زیاد در اطلاعات، به‌اصطلاح «تربیت زیاده از حد[1] مدل» را به دنبال داشته باشد و پاسخ‌ها بدتر شود، این حد آستانه براساس تجربهٔ کاربر و نیز آزمون و خطا قابل دستیابی است. همچنین با توجه به آمار شاخص بورس و برای دربر گرفتن دوره‌های کامل اقتصادی و شرایط رونق و بحران، مؤلف‌ها بر این باورند که انتخاب اطلاعات بازهٔ زمانی بلندمدت، مناسب‌تر از بازه‌های کوتاه‌مدت است. از طرفی، بررسی این نکته ضروری است که چه تعداد از این پنجاه شرکت برتر، پتانسیل ارائهٔ بازده در بازه‌های بلندمدت را دارد (به‌طور بلندمدت در بورس حضور داشته‌اند). به هر حال، با برقراری تعادلی بین بلندمدت بودن اطلاعات و شمول تعداد کافی از جامعهٔ آماری به عنوان نمونه، به این نتیجه رسیدیم که اطلاعات نرخ بازده سالانهٔ سی و پنج شرکت از پنجاه شرکت

1. overtrain

برتر، برای بازهٔ ده دوره‌ای را به عنوان ورودی در نظر بگیریم (سالانه و ماهانه). به عبارت دیگر، تنها سی و پنج شرکت از پنجاه شرکت برتر بازار، برای حداقل ده دوره در بورس حضور داشته‌اند و این دلیل انتخاب این نمونه بود. اگر همه پنجاه شرکت را در نظر می‌گرفتیم، اجباراً اطلاعات چهار دوره را از دست می‌دادیم. بنابراین، برای در نظر گرفتن کل ده دوره به نمونه‌گیری و انتخاب شرکت‌هایی مجبور بودیم که مدت بیشتری در بازار حضور داشته‌اند. اگرچه این رویکرد، اطلاعات پانزده شرکت را از دست می‌دهد؛ اما از بُعد اطلاعات ورودی، جامع است.

۷. داده‌ها و اطلاعات[1]

۷ـ۱. ابزار جمع‌آوری داده

کتابخانهٔ سازمان بورس اوراق بهادار تهران و پایگاه‌های اطلاعاتی این کتابخانه و نیز نرم‌افزارهای تدبیرپرداز و رهاورد نوین، منابع اصلی جمع‌آوری اطلاعات این پژوهش را شکل داده‌اند.

۷ـ۲. داده‌های خام

نرخ بازده سی و پنج شرکت برای ده سال، از تاریخ ۱۳۷۷/۱۲/۲۹ تا ۱۳۸۷/۱۲/۲۹، شامل یازده سال یا ۱۳۲ ماه، به عنوان ورودی به مدل ارائه می‌شود. همچنین در راستای سیاست شمول دقیق‌تر اطلاعات و برای درک هرچه بهتر روابط درونی بین سهام، اطلاعات بازده ماهانهٔ این شرکت‌ها برای دورهٔ مشابه، ۱۳۷۸/۳/۱ تا ۱۳۸۷/۱۲/۲۹، ۱۱۸ ماه (برخی از شرکت‌های نمونهٔ آماری در دوماههٔ اول سال ۷۸، هنوز به بازار بورس وارد نشده بودند)، به‌طور جداگانه به مدل ارائه می‌شود تا بتوان مقایسه‌ای بین دو حالت اطلاعات ورودی ماهانه و سالانه نیز داشت. در جدول شماره ۱ نام شرکت‌های مورد بررسی بیان شده است. در نمودار شکل شماره ۷ متوسط نرخ بازده این شرکت‌ها برای ده دوره ترسیم شده است.

از آنجا که از وقایع سپری‌شده به داده‌های تاریخی دسترسی داریم، آسان‌تر این است که از مقادیر تاریخی[2] به عنوان نمایندهٔ مقادیر آتی مورد نیاز در مدل پورتفوی استفاده کرد. اما درحقیقت، داده‌های تاریخی باید آزمون شود و به عنوان مبنا برای تخمین مقادیر آتی، مورد

1. data and information
2. historical data

استفاده قرار گیرد، بنابراین، مهم است به یاد داشته باشیم که مدل‌های پورتفوی بـه مقـادیر «پیش از واقعه»[1] نیاز دارد که احتمالاً و غالباً با داده‌های تاریخی متفاوت است. هنگامی کـه داده‌های تاریخی به عنوان نمایندهٔ مقادیر آتی مورد نیاز به کار می‌رود، تلویحـاً یـا تـصریحاً چنین فرض می‌شود که چنان روندی در آینده تکرار خواهد شد که ممکن است موافـق یـا مغایر با واقعیت آتی باشد (پارکر جونز، ۱۳۸۰، ص۸).

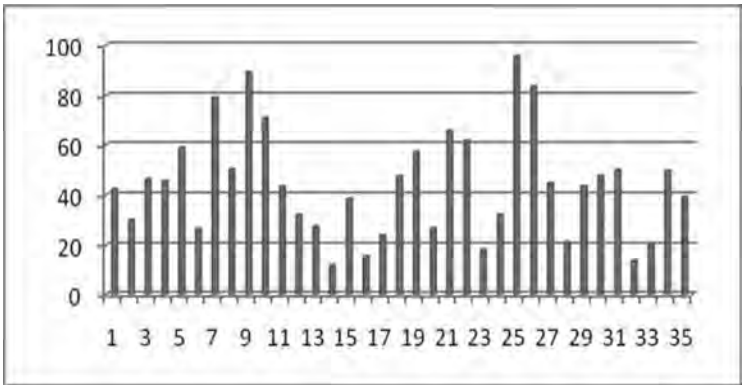
جدول ۱: سی و پنج شرکت برتر مورد بررسی برای انتخاب پورتفوی

(منبع: رده‌بندی مورخهٔ یکم بهمن‌ماه ۱۳۸۸، سازمان بورس اوراق بهادار تهران)

شماره ردیف	نام شرکت	شماره ردیف	نام شرکت	شماره ردیف	نام شرکت	شماره ردیف	نام شرکت
۱	ایران‌خودرو	۱۰	سایپا	۱۹	سر. معادن و فلزات	۲۸	کف
۲	ایران‌خودرودیزل	۱۱	سایپادیزل	۲۰	سر. ملی	۲۹	گروه بهمن
۳	پارس‌دارو	۱۲	سر. پارس‌توشه	۲۱	سیمان تهران	۳۰	گروه صنعتی سدید
۴	پتروشیمی آبادان	۱۳	سر. پتروشیمی	۲۲	سیمان فارس و خوزستان	۳۱	لوله و ماشین‌سازی
۵	پتروشیمی خارک	۱۴	سر. توسعه صنعتی	۲۳	شهد ایران	۳۲	محورسازان
۶	پتروشیمی فارابی	۱۵	سر. رنا	۲۴	صنعتی بهشهر	۳۳	موتوژن
۷	تراکتورسازی	۱۶	سر. صنعت بیمه	۲۵	صنعتی دریایی	۳۴	نفت بهران
۸	دارو جابر بن حیان	۱۷	سر. صنعت و معدن	۲۶	کالسیمین	۳۵	نفت پارس
۹	زامیاد	۱۸	سر. غدیر	۲۷	کربن ایران		

1. ex-ante

شکل ۷: متوسط نرخ بازده کل دورهٔ ده‌ساله، سی و پنج شرکت از پنجاه شرکت برتر برای انتخاب پورتفوی (منبع: سازمان بورس اوراق بهادار تهران)



۸. یافته‌ها، نتایج و بحث درباره آنها

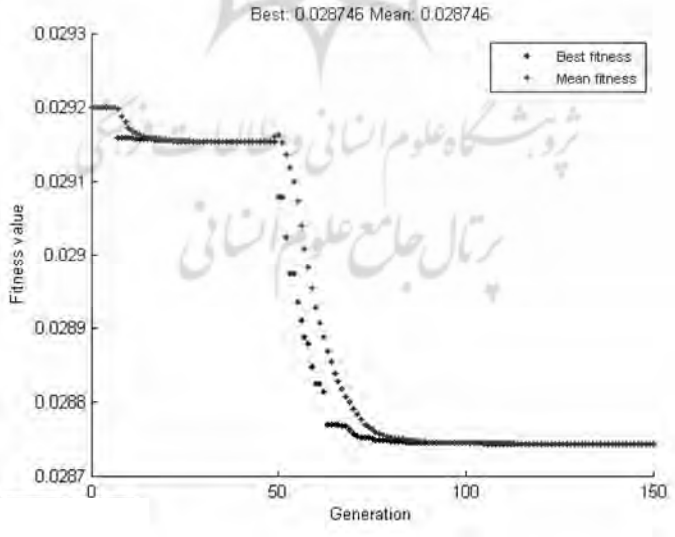
با اجرای الگوریتم‌های ژنتیک و ترکیبی با ورودی اطلاعات بازده سالانه، جدول شماره ۲ به دست می‌آید. این جدول بیانگر سهامی که باید در پورتفوی انتخاب شود و مقدار هر سهم در پورتفوی است.

جدول ۲: سهام و نسبت سهام در پورتفوی‌ها، براساس دو الگوریتم ژنتیک و ترکیبی با اطلاعات ورودی بازده سالانه

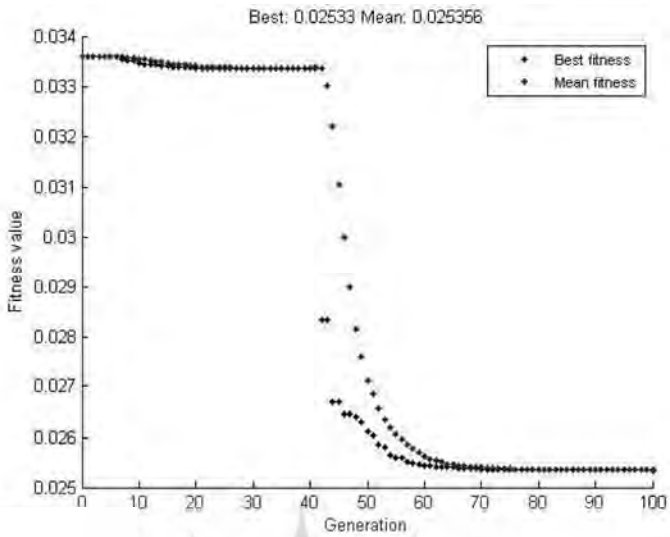
نام شرکت	پورتفوی ژنتیک (درصد)	پورتفوی ترکیبی (درصد)	نام شرکت	پورتفوی ژنتیک (درصد)	پورتفوی ترکیبی (درصد)	نام شرکت	پورتفوی ژنتیک (درصد)	پورتفوی ترکیبی (درصد)	نام شرکت	پورتفوی ژنتیک (درصد)	پورتفوی ترکیبی (درصد)
ایران‌خودرو	۴/۷۷	۰	سایپا	۲/۷۶	۰/۷۹	سر. معادن و فلزها	۲/۷۷	۰	کف	۲/۷۷	۵
ایران‌خودرودیزل	۲/۷۶	۰	سایپادیزل	۲/۷۶	۰	سر. ملی	۳/۲۲	۰	گروه بهمن	۲/۷۶	۰
پارس‌دارو	۲/۸	۵	سر. پارس‌توشه	۲/۸۵	۵	سیمان تهران	۲/۷۷	۲/۶۷	گروه صنعتی سدید	۲/۷۶	۵
پتروشیمی آبادان	۲/۷۶	۵	سر. پتروشیمی	۲/۷۶	۰	سیمان فارس و خوزستان	۲/۷۷	۰	لوله و ماشین‌سازی	۲/۸	۵

نام شرکت	پورتفوی ژنتیک (درصد)	پورتفوی ترکیبی (درصد)	نام شرکت	پورتفوی ژنتیک (درصد)	پورتفوی ترکیبی (درصد)	نام شرکت	پورتفوی ژنتیک (درصد)	پورتفوی ترکیبی (درصد)	نام شرکت	پورتفوی ژنتیک (درصد)	پورتفوی ترکیبی (درصد)
پتروشیمی خارک	۲/۷۶	۵	سر. توسعه صنعتی	۲/۷۹	۵	شهد ایران	۱/۸۲	۵	محورسازان	۲/۹۴	۱/۵۴
پتروشیمی فارابی	۲/۷۷	۵	سر. رنا	۲/۷۶	۵	صنعتی بهشهر	۳/۹۱	۵	موتوژن	۲/۷۸	۵
تراکتورسازی	۲/۷۶	۵	سر. صنعت بیمه	۲/۷۹	۰	صنعتی دریایی	۲/۷۶	۰	نفت بهران	۲/۷۹	۵
دارو جابر بن حیان	۲/۸	۵	سر. صنعت و معدن	۲/۷۷	۰	کالسیمین	۲/۷۸	۵	نفت پارس	۲/۷۹	۵
زامیاد	۲/۷۶	۵	سر. غدیر	۲/۷۷	۰	کربن ایران	۲/۷۶	۰			

شکل‌های شماره ۸ و ۹، نمودار مسیرهای پیموده‌شدهٔ توابع ارزیابی دو الگوریتم، با ورودی اطلاعات سالانه، برای رسیدن به نقطهٔ بهینه را نشان می‌دهند. در این نمودارها، مقدار لحظه‌ای تابع ارزیابی در هر نسل و مقدار متوسط هر نسل به‌طور جداگانه نشان داده شده است. همان‌طور که از شکل‌ها مشخص است، سرعت همگرایی هر دو الگوریتم در حالت استفاده از اطلاعات بازده سالانه، تقریباً شبیه به یکدیگر است و در ۷۰ نسل به پاسخ بهینه می‌رسد.



شکل ۸: نمودار مسیر تابع ارزیابی الگوریتم ترکیبی (اطلاعات سالانه) (منبع: محاسبه‌شده توسط مؤلف‌ها)



شکل ۹: نمودار مسیر تابع ارزیابی الگوریتم ژنتیک (اطلاعات سالانه) (منبع: محاسبه‌شده توسط مؤلف‌ها)

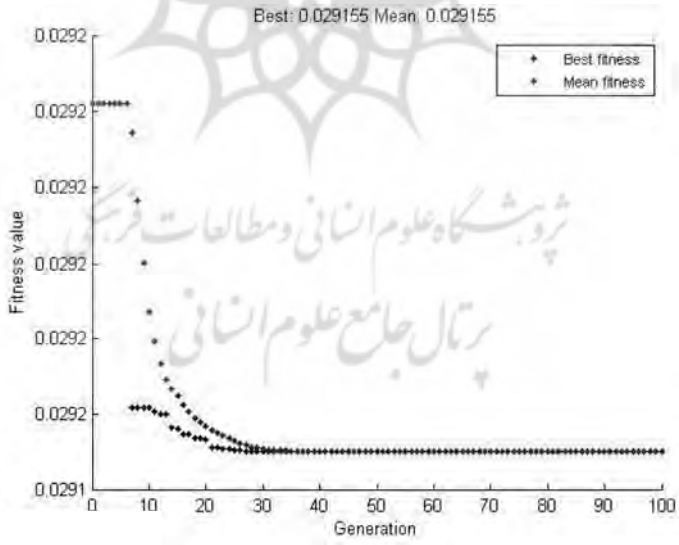
همچنین اجرای الگوریتم‌ها براساس اطلاعات ورودی بازده ماهانه، نسبت‌های جدول شماره ۳ را پیشنهاد می‌نماید.

جدول ۳: سهام و نسبت سهام در پورتفوی‌ها، براساس دو الگوریتم ژنتیک و ترکیبی با اطلاعات ورودی بازده ماهانه

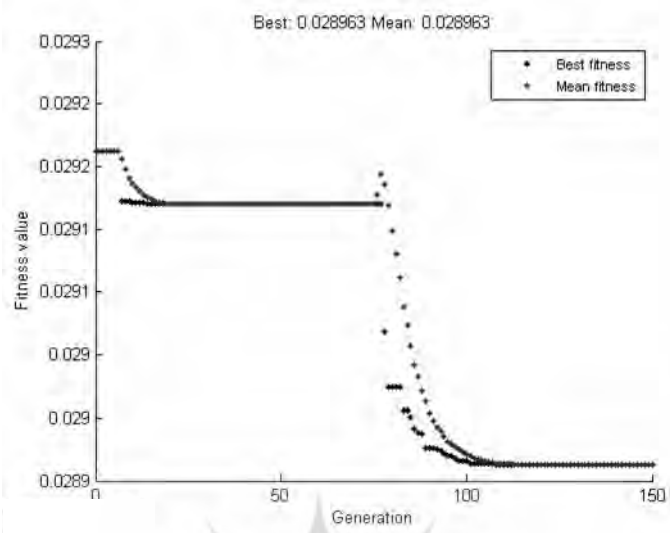
نام شرکت	پورتفوی ژنتیک (درصد)	پورتفوی ترکیبی (درصد)	نام شرکت	پورتفوی ژنتیک (درصد)	پورتفوی ترکیبی (درصد)	نام شرکت	پورتفوی ژنتیک (درصد)	پورتفوی ترکیبی (درصد)	نام شرکت	پورتفوی ژنتیک (درصد)	پورتفوی ترکیبی (درصد)
ایران‌خودرو	۴/۹	۴/۴۷	سایپا	۲/۷۹	۳/۲۱	سر. معادن و فلزها	۲/۸	۱/۲۵	کف	۲/۷۹	۵
ایران‌خودرودیزل	۲/۷۹	۰	سایپادیزل	۲/۸	۰	سر. ملی	۲/۷۷	۰	گروه بهمن	۲/۷۹	۰
پارس‌دارو	۲/۸	۵	سر. پارس‌توشه	۲/۸	۵	سیمان تهران	۲/۹۶	۰	گروه صنعتی سدید	۲/۸	۵
پتروشیمی آبادان	۲/۸	۵	سر. پتروشیمی	۲/۷۹	۰	سیمان فارس و خوزستان	۲/۸	۴/۴۳	لوله و ماشین‌سازی	۲/۸	۵
پتروشیمی خارک	۲/۸	۴/۰۳	سر. توسعه صنعتی	۲/۷۹	۰	شهد ایران	۲/۸	۳/۷	محورسازان	۲/۷۹	۳/۶۹
پتروشیمی فارابی	۲/۸	۵	سر. رنا	۲/۷۶	۰	صنعتی بهشهر	۲/۸	۵	موتوژن	۲/۸	۵
تراکتورسازی	۲/۶۹	۲/۲۱	سر. صنعت بیمه	۲/۸	۵	صنعتی دریایی	۲/۷۹	۰/۰۴	نفت بهران	۲/۸	۵
دارو جابر بن‌حیان	۲/۸	۵	سر. صنعت و معدن	۲/۷۹	۰	کالسیمین	۲/۸	۲/۹۷	نفت پارس	۲/۷۹	۵
زامیاد	۲/۶۸	۰	سر. غدیر	۲/۸	۵	کربن ایران	۲/۸	۰			

شکل‌های شماره ۱۰ و ۱۱ نیز نمودارهای مسیر پیموده‌شدهٔ توابع ارزیابی الگوریتم‌ها، با ورودی اطلاعات ماهانه، برای رسیدن به نقطهٔ بهینه را نشان می‌دهد. در این نمودار نیز مقدار لحظه‌ای تابع ارزیابی در هر نسل و مقدار متوسط هر نسل به‌طور جداگانه نشان داده شده است. همان‌طور که از شکل‌ها مشخص است؛ در این حالت، سرعت همگرایی الگوریتم ترکیبی، بهتر از ژنتیک است. روش ترکیبی سرعتِ مناسبی دارد، این روش تقریباً پس از ۳۰ نسل به پاسخ بهینه می‌رسد و پس از آن تغییری در تابع هدف ایجاد نمی‌شود؛ در حالی که، ژنتیک به حدود حداقل ۱۱۰ نسل برای رسیدن به پاسخ بهینه نیاز دارد.

جدول شماره ۴، نتایج محاسبه‌های ریسک و بازدهی مورد انتظار به کمک معادله‌های ۱ و ۴، برای چهار پورتفوی را خلاصه می‌نماید. همان‌طور که مشخص است، الگوریتم ترکیبی با هر دو نوع ورودی (سالانه و ماهانه) و از هر دو بعد ریسک و بازدهی، برتر از ژنتیک عمل کرده و به نتایج بهتری رسیده است. بنابراین، در ادامه، تنها بررسی روش ترکیبی با ورودی‌های مختلف سالانه و ماهانه را دنبال می‌نماییم و ژنتیک در برابر این روش، عملاً کارکرد خود را از دست می‌دهد.



شکل ۱۰: نمودار مسیر تابع ارزیابی الگوریتم ترکیبی (اطلاعات ماهانه) (منبع: محاسبه‌شده توسط مؤلف‌ها)



شکل ۱۱: نمودار مسیر تابع ارزیابی الگوریتم ژنتیک (اطلاعات ماهانه) (منبع: محاسبه‌شده توسط مؤلف‌ها)

جدول ۴: ریسک و بازدهی مورد انتظار پورتفوی‌های دو الگوریتم با اطلاعات ورودی مختلف

شماره ردیف	الگوریتم مورد استفاده	اطلاعات مورد استفاده	بازدهی مورد انتظار (درصد)	ریسک مورد انتظار (درصد)
۱	ترکیب ژنتیک و نلدر – مید	سالانه	۴۴/۶۹ (متوسط سالانه)	۳۳/۶۹
۲	ترکیب ژنتیک و نلدر – مید	ماهانه	۲/۷۴ (متوسط ماهانه)	۴/۰۰
۳	ژنتیک	سالانه	۴۴/۳۰ (متوسط سالانه)	۴۷/۸۰
۴	ژنتیک	ماهانه	۲/۶۱ (متوسط ماهانه)	۵/۷۵

البته باید توجه داشت که تابع هدف و قیود کاملاً یکسانی در ساخت هـر چهـار پورتفـوی مؤثر بود که به دلیل اهمیت، به بیان آنها در این بخش پرداخته می‌شود:

الف) تابع هدف: به گونه‌ای برنامه‌ریزی شده است که به‌طور همزمان ریسک را کمینه و بازده را بیشینه نماید.

ب) قید اول: اوزان انتخابی مثبت باشد $W_i>=\%0$؛ چرا کـه فـروش استقراضـی ممنـوع فرض شده است.

ج) قید دوم: هیچ سهمی بیش از ۵ درصد پورتفوی را به خود اختصاص ندهد $W_i<=\%5$. دلیل انتخاب این قید، تحقیق‌هایی است که در ادامه به آنها اشاره مـی‌کنـیم. در یـک بررسـی مشهود، ایوانز و آرچر (۱۹۶۸) دریافتند که ریسک یک پورتفوی متشکل از ۱۵، سـهم تقریبـاً با ریسک کل بازار برابر است. در بررسی آنها، اگرچه پرگونه‌سازی پورتفوی با بیش از ۱۵ الـی ۱۶ سهم، بار منفی‌ای نداشت؛ اما مزیتی هم به دنبال نداشت. از طرفی، تحقیق‌هـای گـائومنیتز (۱۹۶۷)، تعداد ۱۸ سهم برای پورتفوی را پیشنهاد مـی‌کنـد و البتـه بـیش از آن را در کـاهش ریسک چندان پرفایده نمی‌داند. درنهایت، معیارها و قوانین سرانگشتی[1] بسیاری در بازار و بـه حکم تجربه حاکم است که ۲۰ سهم را پیشنهاد می‌کند. برای مثال، هاگین (۱۹۷۹، ص ۱۶۰)، به نمونه‌ای تجربی در این‌باره اشاره کرده است. برای آنکه تا حد ممکن، محافظه‌کارانـه عمـل شده باشد و به نتیجهٔ تحقیق‌ها و تجربه، توجـه شـود، عـدد حـداقل ۲۰ سـهم در پورتفـوی انتخاب شد، که باعث می‌شود تا حداکثر میزان یک سهم در پورتفوی $\frac{100}{20} = 5\%$ باشد.

د) قید سوم: این قیـد، تـابع را ملـزم مـی‌دارد تـا مجمـوع اوزانـی کـه بـرای پورتفـوی برمی‌گزینند، برابر ۱ (۱۰۰٪) باشد، نـه بیـشتر و نـه کمتـر $\sum_{i=1}^{n} Wi = 1$؛ چـرا کـه خریـد استقراضی و یا هزینه کردن کمتر از بودجهٔ معلوم مجاز نیست.

جدول شماره ۵، مهم‌ترین پارامترهای روش ترکیبی را نشان می‌دهد که بـا دسـتکاری و تغییر در آنها به بهترین نتایج رسیده‌ایم.

جدول ۵: پارامترهای سازگار روش ترکیبی با مسئلهٔ پورتفوی

تابع گوسی	تابع عملگر جهش ناگهانی	بردار دوگانه	نوع جمعیت
۱	مقیاس عملگر جهش ناگهانی	۳۵۰	اندازهٔ جامعه
۱۰۰	تعداد نسل‌ها تا اولین شرط توقف	چرخ گردان رولت	تابع انتخاب
نامحدود	محدودیت و تأخیر زمانی (شرط توقف)	۰/۸	نرخ عملگر ضربدری
۵۰۰	محدودیت تعداد نسل (شرط توقف)	پراکنده۲	تابع عملگر ضربدری
۶ـ۱۰	محدودیت دقت تغییر در تابع هدف (شرط توقف)	۰/۲	نرخ نخبه‌گرایی و مهاجرت

1. rules of thumb
2. scattered

پورتفوی روش ترکیبی با اطلاعات ماهانه، متنوع‌تر از پورتفوی سالانهٔ این روش است. به‌طور دقیق‌تر، این پورتفوی، ۲۴ سهم در برابر ۲۲ سهم پورتفوی سالانه را در خود دارد. برای مقایسهٔ نرخ بازده و ریسک پورتفوی‌های این الگوریتم، از دو روش می‌توان استفاده کرد:

الف) یکی کردنِ واحد هر دو پورتفوی و مقایسه؛

ب) اعمال یکی از پورتفوی‌ها، به اطلاعات تاریخی دیگری.

الف: نرخ‌های ماهانه (ریسک و بازدهی) با ضرب در عدد ۱۲ به واحد سال برده می‌شود. بنابراین، برای مقایسه، پورتفوی ماهانه به واحد سال برده می‌شود. جدول شماره ۶ این نرخ‌ها را در کنار هم نشان داده، مقایسه را انجام می‌دهد.

جدول ۶: مقایسهٔ بازده و ریسک پورتفوی‌های منتخب روش ترکیبی، از روش هم‌واحدسازی (الف)

پورتفوی/ ویژگی‌های انتخابی	درصد بازدهی سالانه	درصد ریسک سالانه
پورتفوی اول (منتخب اطلاعات سالانه)	۴۴/۶۸	۳۳/۶۹
پورتفوی دوم (منتخب اطلاعات ماهانه)	۳۲/۷۶	۴۸/۰۰

در این روش، پورتفوی تشکیل‌شده براساس اطلاعات سالانه، در هر دو معیار بازدهی و ریسک، عملکرد بهتری دارد و به جواب بهینه‌تری رسیده است.

ب: پورتفوی منتخب اطلاعات ماهانه را به اطلاعات تاریخی سالانه اعمال می‌کنیم تا ببینیم عملکرد کدام پورتفوی بهتر است. جدول شماره ۷، نتایج روش (ب) را نشان می‌دهد.

جدول ۷: مقایسهٔ بازده و ریسک پورتفوی‌های منتخب روش ترکیبی، از روش محاسبه‌های عددی (ب)

پورتفوی/ ویژگی‌های انتخابی	درصد بازدهی سالانه	درصد ریسک سالانه
پورتفوی اول (منتخب اطلاعات سالانه)	۴۴/۶۸	۳۳/۶۹
پورتفوی دوم (منتخب اطلاعات ماهانه)	۴۱/۷۷	۳۵/۱۷

در این روش نیز، پورتفوی تشکیل‌شده براساس اطلاعات سالانه، در هر دو معیار بازدهی و ریسک، عملکرد بهتری دارد و به جواب بهینه‌تری رسیده است. جدول شماره ۸، خلاصهٔ مقایسهٔ دو پورتفوی را با بیان نام پورتفوی برتر در هر بُعد، نشان می‌دهد.

جدول ۸: خلاصهٔ مقایسهٔ دو پورتفوی

برتر، در بازدهی	برتر، در ریسک	برتر، در تنوع‌بخشی	برتر، در سرعت همگرایی
پورتفوی اول (منتخب اطلاعات سالانه)	پورتفوی اول (منتخب اطلاعات سالانه)	پورتفوی دوم (منتخب اطلاعات ماهانه)	پورتفوی دوم (منتخب اطلاعات ماهانه)

درنهایت، اشاره به این نکته ضروری است که هدف پژوهش محقق شده کـه ارائـهٔ ابـزاری کارآمد برای بهینه‌سازی پورتفوی است و آن، ابزار ترکیب الگـوریتم ژنتیـک و نلـدر ـ میـد است. در پاسخ به سؤال‌های پژوهش:

رویکردهای ابتکاری، به‌ویژه الگوریتم ترکیبی ژنتیک و نلـدر ـ میـد بـرای بهینـه‌سـازی پورتفوی توصیه می‌شود.

در بازار بورس تهران، برای تشکیل پورتفوی، گزارش اطلاعات بـا فاصـله‌هـای زمـانی سالانه، بر گزارش با گام‌های ماهانه ترجیح دارد و به نتایج بهتری می‌رسد.

۹. نتیجه‌گیری

مارکویتز نشان داد که دو ویژگی مهم پورتفوی، بازده مورد انتظار و ریسک پورتفوی اسـت. ریسک پورتفوی، به صورت عملیاتی، به عنوان پراکندگی بازده مُحتَمَل، پیرامون بازده مـورد انتظار تعریف می‌شود. مهم‌ترین کاستی‌های مدل مارکویتز عبارت اسـت از: نادیـده گـرفتن امکان قرض دادن و قرض گرفتن، حجم بالای منابع انسانی و محاسبه‌های مورد نیاز مـدل، از دست دادن کارآیی‌های عملی در صورت وجود ویژگی‌های اضافی، همچون هزینـه‌هـای ثابت و کمینگی مجموعه مبادله‌ها، افزایش در هزینـهٔ مبادلـه‌هـا بـه واسـطهٔ انتخـاب‌هـای گستردهٔ مدل، عدم امکان پذیرش اطلاعات احتمالی در ورودی که انعطاف‌پـذیری مـدل را کاهش می‌دهد و درنهایت، استواری مدل بـر فرضـیه‌هـایی، همچـون بازارهـای کارآمـد و سرمایه‌گذاران منطقی که در بسیاری از بازارها درست نیست. راه‌حل‌های پیـشنهادی بـرای فائق آمدن بر کاستی‌ها و گسترش مدل به‌ترتیب عبارت است از: خـط تخـصیص سـرمایه، مدل تک ـ شاخصی و چند ـ شاخصی، تشکیل پورتفوی با استفاده از برنامـه‌ریـزی خطـی عدد صحیح مختلط، تشکیل پورتفوی از راه برنامه‌ریزی غیر خطی عـدد صـحیح مخـتلط،

تغییر در مدل برای پذیرش متغیرهای فازی ـ تصادفی و ورود به مباحث منطق فازی و درنهایت، رفتن به سمت مباحث مالی ـ رفتاری برای درک بهتر روابط به ظاهر غیر عقلایی بازار. سرمایه‌گذاران عقلایی، پورتفوی‌های کارآمد را نگه می‌دارند. شناسایی و تشکیل پورتفوی کارآمد مستلزم اطلاعات بازده مورد انتظار سهام، واریانس بازده مورد انتظار و کوواریانس بین آنها است.

درنهایت، پس از فراهم آوردن اطلاعات بیان‌شده، می‌توان برای بهینه‌سازی و انتخاب نهایی پورتفوی از برنامه‌های بهینه‌سازی استفاده کرد و اوزان پورتفوی را به واسطهٔ این برنامه‌ها تغییر داد. این پژوهش، با توجه به مزایای عمدهٔ روش‌های ابتکاری در حل مسائل بهینه‌سازی، الگوریتم‌های ژنتیک و نلدر ـ مید را ترکیب کرده است. همچنین پژوهش برای مقایسهٔ روش ترکیبی با ژنتیک، به اعمال ژنتیک به مسئله نیز می‌پردازد. این مدل‌ها، با استفاده از داده‌های سالانه و ماهانهٔ سی و پنج شرکت از پنجاه شرکت برتر بازار بورس تهران، به تشکیل و مقایسهٔ چهار پورتفوی مستقل از یکدیگر می‌پردازند.

نتایج تحقیق نشان می‌دهد که ترکیب الگوریتم‌های ابتکاری ژنتیک و نلدر ـ مید با مسئلهٔ بهینه‌سازی پورتفوی، به‌خوبی سازگاری دارد و در مقایسه با کاربرد جداگانهٔ الگوریتم ژنتیک، ترکیب با سرعت همگرایی بهتر و ریسک ـ بازده مناسب‌تر، عملکرد بهتری را دارد. درنهایت، نتایج پژوهش بیانگر آن است که در مقایسهٔ دو پورتفوی برتر روش ترکیبی، اگرچه سرعت همگرایی پورتفوی اطلاعات ماهانه به‌مراتب بیشتر از پورتفوی اطلاعات سالانه است و نیز پورتفوی ماهانه، تنوع‌بخشی به‌نسبت بالاتری دارد؛ اما عملکرد ریسک ـ بازدهی پورتفوی سالانه بهتر از پورتفوی ماهانه است. بنابراین، برای بهینه‌سازی پورتفوی، رویکردهای ابتکاری و به‌ویژه الگوریتم ترکیبی ژنتیک و نلدر ـ مید پیشنهاد می‌شود. همچنین در بازار بورس تهران، برای تشکیل پورتفوی، گزارش اطلاعات با فاصله‌های زمانی سالانه، بر گزارش با گام‌های ماهانه ترجیح دارد و به نتایج بهتری می‌رسد.

منابع

پارکر جونز، چارلز (۱۳۸۰)، مدیریت سبد سهام (مدیریت سبد سرمایه‌گذاری)، ترجمهٔ محمد شاه‌علیزاده، چ۱، تهران: انتشارات جامعهٔ دانشگاهی.

تلنگی، احمد (۱۳۷۷)، طراحی مدل ریاضی برای انتخاب پرتفولیوی بهینه با استفاده از منطق برنامه‌ریزی فازی، تهران: پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

راعی ، رضا (۱۳۷۷)، طراحی مدل سرمایه‌گذاری مناسب در سبد سهام با استفاده از هوش مصنوعی (شبکه‌های عصبی)، تهران: تز دکترا، دانشگاه تهران.

رحمتی، محسن (۱۳۸۷)، انتخاب سبد سهام بهینه مبتنی بر *Value-at-Risk* به عنوان معیار ریسک و با استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری، تهران: پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

محمدی استخری، نازنین (۱۳۸۵)، انتخاب یک سبد سهام از بین سهام شرکت‌های پذیرفته‌شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک، تهران: پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

وب‌سایت وزارت امور اقتصادی و دارایی:

http://www.mefa.gov.ir/laws/dbpindex.asp?DN=4.

وب‌سایت سازمان بورس اوراق بهادار تهران:

http://www.irbourse.com.

Back, T. (1996), Evolutionary Algorithms in Theory and Practice, Evolution Strategies, Evolutionary Programming, Genetic Algorithms, New York; Oxford: Oxford University Press.

----------; David B. Fogel & Zbigniew Michalewicz (2000), *Evolutionary Computation 1 Basic Algorithms and Operators*, *Bristol and Philadelphia*, Institute of Physics Publishing.

Bertsimas, Dimitris; Christopher Darnell & Robert Soucy (1999), "Portfolio Construction Through Mixed-Integer Programming at Grantham, Mayo, Van, Otterloo and Company", *ProQuest Science Journals*, Interfaces 29 (1 January/ February 1999), pp.49-66.

Bonabeau, E.; M. Dorigo & G. Th´eraulaz (1999), *From Natural to Artificial Swarm Intelligence*, New York: Oxford University Press.

Brealey, Richard A. (1969), *An Introduction to Risk and Return from Common Stock Prices*, Cambridge, Mass.: M. I. T. Press.

Chambers, L. (2001), *The Practical Handbook of Genetic Algorithms Applications*, New York: Washington, D. C., Chapman & Hall/CRC: Boca Raton London.

David Davis, L.; Kenneth De Jong; Michael D. Vose & L. Darrell Whitley (1999), *Evolutionary Algorithms*, Verlag New York, Springer.

Evans, John L. & Stephen H. Archer (1968), "Diversification and the Reduction of Dispersion: An Empirical Analysis", *Journal of Finance*, December, vol.23, no.12, pp.761-767.

Frijns, Bart; Esther Koellen & Thorsten Lehnert (2008), "On the Determinants of Portfolio Choice", *Journal of Economic Behavior & Organization*, vol.66, pp.373-386.

G´omez, S. F. & Jim´enez F. (1999), Fuzzy Modeling with Hybrid Systems, Fuzzy Sets and Systems, no.104, pp.199-208.

Gaumnitz, Jack E. (1967), Investment Diversification under Uncertainty: An Examination of the Number of Securities in a Diversified Portfolio, Stanford University, Unpublished Ph. D. Dissertation.

Gopi, E. S. (2007), Algorithm Collections for Digital Signal Processing Applications Using Matlab, Dordrecht: The Netherlands, Springer.

Grefenstette, John (1986), *Optimization of Control Parameters for Genetic Algorithms*, IEEE Transactions on Systems, MAN, and Cybernetics, January/ February, vol.SMC-16, no.1.

Hagin, Robert L. (2004), Investment Management-Portfolio Diversification, Risk, and Timing-Fact and Fiction, Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

---------- (1979), *The Dow Jones-Irwin Guide to Modern Portfolio Theory*, Homewood, Illinois, U. S. A., Dow Jones-Irwin, 1st ed.

Holland, J. (1975), *Adaptation in Natural and Artificial Systems*, Massachusetts: MIT Press.

Kellerer, Hans; Renata Mansini & M. Grazia Speranza (2000), "Selecting Portfolios with Fixed Costs and Minimum Transaction Lots", *Annals of Operations Research*, vol.99, pp.287-304.

Kennedy, J. & R. C. Eberhart (2001), *Swarm Intelligence*, Morgan Kaufman.

Kolda, Tamara G.; Robert Michael Lewis & Virginia Torczon (2003), *Optimization by Direct Search: New Perspectives on some Classical and Modern Methods*, SIAM Rev. 45, no.3, pp.385-482.

Li, Jun & Jiuping Xu (2009), "A Novel Portfolio Selection Model in a Hybrid Uncertain Environment", Omega the International *Journal of Management Science*, vol. 37, pp. 439-449.

Markowitz, Harry (1952), "Portfolio Selection", *Journal of finance*, March, vol.7, no.1, pp.77-91.

---------- (1959), Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments, New York: John Wiley & Sons.

Nelder, J. A. & Mead, R. (1965), "A Simplex Method for Function Minimization", *Computation Journal*, vol.7, pp.308-313.

Pourzeynali, S.; H. H. Lavasani & A. H. Modarayi (2006), "Active Control of High Rise Building Structures Using Fuzzy Logic and Genetic Algorithms", *Engineering Structures*, no.29, pp.346-357.

Roll, R. & S. Ross (1984), "The Arbitrage Pricing Theory Approach to Strategic Portfolio Planning", *Financial Analysts Journal*, vol.40, pp.14-26.

Ross, S. (1976), "The Arbitrage Theory of Capital Asset Pricing", *Journal of Economic Theory*, vol.13, pp.341-360.

Sharpe, William F. (1964), "Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk", *Journal of Finance*, September, vol.19, no.3, pp.425-442.

Reprinted in James Lorie & Richard Brealey (1978), *Modern Developments in Investment Management: a Book of Readings*, Hinsdale, III. Dryden Press, 2nd Edition, pp.366-383.

Sharpe, William F. (1967), "Linear Programming Algorithms for Mutual Fund Portfolio Selection", *Management Science Journal*, March, vol.13, no.7, pp.449-510.

---------- (1978), *Investments, Englewood Cliffs*, U. S. A.: Prentice-Hall, Inc.

Solnik, Bruno H. (1974a), "The International Pricing of Risk: An Empirical Investigation of the World Capital Market Structure", *Journal of Finance*, May, vol.29, no.2, pp.364-378.

---------- (1974b), "Why not Diversify Internationally Rather Than Domestically?", *Financial Analysis Journal*, July-August, vol.30, no.4, pp.45-54.

Yu, Wen Ci. (1979), *The Convergent Property of the Simplex Evolutionary Technique*, Scientia Sinica [Zhongguo Kexue], pp.69-77.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی