



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



دانشگاه علم و فرهنگ

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی صنایع – گرایش مهندسی مالی

**بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از الگوریتم**

**Big-Bang Big-Crunch**

نگارش

مریم باقر آذری

استاد راهنما

دکتر علیرضا علی نژاد

استاد مشاور

دکتر هاشم نیکومرام

اسفندماه ۱۳۹۱

تقدیم بہ پدر و مادر عزیزم بہ خاطر زحمات بی دریغشان

## تشکر و قدردانی؛

سپاس بی کران پروردگار یکتا را که هستی مان بخشید و به طریق علم و دانش رهنمونمان شد. با تقدیر و تشکر شایسته از استاد فرهیخته جناب آقای دکتر علی نژاد که همواره راهنما و راه‌گشای نگارنده در اتمام واکمال پایان نامه بوده‌اند و با کمال تشکر و سپاس از جناب آقای دکتر حنفی زاده، مدیر گروه محترم مهندسی مالی که در طول دوران تحصیل از راهنمایی‌ها و حمایت‌های بی دریغشان بهره‌مند بوده‌ام. همچنین از پدر و مادر عزیز، و همسر مهربانم که آرامش روحی و آسایش فکری فراهم نمودند تا با حمایت‌های همه‌جانبه در محیطی مطلوب، مراتب تحصیلی و نیز پایان نامه درسی را به اتمام برسانم سپاسگزاری می‌نمایم.

## چکیده

سرمایه‌گذاری نقش تعیین‌کننده‌ای در رشد اقتصادی دارد. یکی از اهداف اساسی کشورها، دستیابی به رشد اقتصادی و توسعه‌ی پایدار می‌باشد. در ادبیات اقتصادی، سرمایه به منزله‌ی رگ حیات یک نظام اقتصادی تلقی شده، و بر تشکیل آن به عنوان مهمترین عامل تعیین‌کننده‌ی رشد و توسعه اقتصادی تأکید فراوان شده است. امروزه حجم قابل توجهی از کار مدیران سرمایه‌گذاری و همچنین به طور عموم برای سرمایه‌گذاران، ساختن پورترفوی کارآمدی از دارایی‌هاست که اهداف تقاضا را برآورده سازد. از زمانیکه مدل بهینه‌سازی میانگین-واریانس مارکوویتز (۱۹۵۲) معرفی شده است، فعالیت‌های مالی هر سال افزایش می‌یابد. مدیران پورترفوی، پول زیادی را برای سهام مختلف در بازار جهانی سرمایه‌گذاری می‌کنند، اما یافتن ترکیبی از سهام با بالاترین بازده، یک چالش قطعی پیش روی این مدیران است.

در این تحقیق از مدل میانگین-واریانس مارکوویتز به همراه محدودیت‌های عدد صحیح و همچنین یک رویکرد فرا ابتکاری جدید به نام الگوریتم Big Bang-Big Crunch (BB-BC) برای تشکیل سبد سهام بهره گرفته شده است. الگوریتم مورد استفاده در این تحقیق با سایر الگوریتم‌های فراابتکاری نظیر الگوریتم شبیه‌سازی تبریدی، ژنتیک و... با استفاده از داده‌های سهام شاخص‌های بورس هنگ کنگ، ایران و ژاپن مقایسه شده است و نتایج، حاکی از رقابتی بودن این الگوریتم برای حل مسأله بهینه‌سازی سبد سهام دارند.

**کلمات کلیدی:** مدل میانگین-واریانس مارکوویتز، الگوریتم BB-BC، مسأله بهینه‌سازی سبد سهام،

محدودیت‌های عدد صحیح

## فهرست مطالب

| عنوان                                   | صفحه     |
|---|----------|
| <b>۱- فصل اول</b>                       | <b>۳</b> |
| ۱-۱- مقدمه                              | ۳        |
| ۲-۱- معرفی تحقیق و اهداف آن             | ۳        |
| ۳-۱- سوالات تحقیق                       | ۶        |
| ۴-۱- ضرورت‌های انجام تحقیق              | ۷        |
| ۵-۱- فرض‌های تحقیق                      | ۷        |
| ۶-۱- قلمرو تحقیق                        | ۸        |
| ۷-۱- روش تحقیق                          | ۸        |
| ۸-۱- ساختار تحقیق                       | ۸        |
| <b>۲- فصل دوم</b>                       | <b>۹</b> |
| ۱-۲- مقدمه                              | ۹        |
| ۲-۲- سرمایه‌گذاری                       | ۱۰       |
| ۱-۲-۲- بازده سرمایه‌گذاری               | ۱۰       |
| ۲-۲-۲- ریسک سرمایه‌گذاری                | ۱۲       |
| ۱-۲-۲-۲- انواع ریسک                     | ۱۳       |
| ۱-۱-۲-۲-۲- ریسک نقدینگی                 | ۱۶       |
| ۲-۱-۲-۲-۲- ریسک تجاری                   | ۱۶       |
| ۳-۱-۲-۲-۲- ریسک عملیاتی                 | ۱۷       |
| ۴-۱-۲-۲-۲- ریسک مالی                    | ۱۷       |
| ۵-۱-۲-۲-۲- ریسک ناتوانی در پرداخت       | ۱۷       |
| ۶-۱-۲-۲-۲- ریسک نرخ سود                 | ۱۸       |
| ۷-۱-۲-۲-۲- ریسک قدرت خرید               | ۱۸       |
| ۸-۱-۲-۲-۲- ریسک انواع پول (ارز)         | ۱۹       |
| ۳-۲- واریانس و انحراف معیار (استاندارد) | ۱۹       |

- ۲-۴- کوواریانس ..... ۲۰
- ۲-۵- شیوه های ارزیابی و انتخاب سهام ..... ۲۰
- ۲-۵-۱- تجزیه و تحلیل بنیادی ..... ۲۰
- ۲-۵-۲- تجزیه و تحلیل فنی ..... ۲۱
- ۲-۶- مفهوم پورتنفوی ..... ۲۳
- ۲-۶-۱- بازده پورتنفوی ..... ۲۳
- ۲-۶-۲- ریسک پورتنفوی ..... ۲۴
- ۲-۷- مسأله انتخاب سبد سهام (پورتنفوی) ..... ۲۵
- ۲-۸- نظریه نوین پورتنفوی اوراق بهادار ..... ۲۶
- ۲-۹- فرضیه بازار کارا ..... ۲۶
- ۲-۱۰- نظریه بازار کارای سرمایه ..... ۲۷
- ۲-۱۰-۱- کارایی اطلاعاتی ..... ۲۸
- ۲-۱۰-۲- کارایی تخصیصی ..... ۲۹
- ۲-۱۰-۳- کارایی عملیاتی ..... ۲۹
- ۲-۱۱- گونه های سه گانه کارایی اطلاعاتی بازار سرمایه ..... ۳۰
- ۲-۱۲- تئوریهای بازار سرمایه ..... ۳۱
- ۲-۱۳- سرمایه گذار ریسک گریز و ریسک پذیر ..... ۳۱
- ۲-۱۴- اصل تنوع سرمایه گذاری ..... ۳۲
- ۲-۱۵- مدل مارکوویتز ..... ۳۳
- ۲-۱۵-۱- شرح مدل ..... ۳۳
- ۲-۱۵-۲- محدودیت عدد صحیح ..... ۳۵
- ۲-۱۵-۳- محدودیت های کف و سقف ..... ۳۵
- ۲-۱۶- تحقیق در عملیات ..... ۳۵
- ۲-۱۶-۱- تئوری بهینه سازی ..... ۳۶
- ۲-۱۶-۲- برنامه ریزی کوادراتیک ..... ۳۸
- ۲-۱۶-۳- الگوریتم ژنتیک ..... ۳۸
- ۲-۱۶-۳-۱- تاریخچه بیولوژیکی ..... ۳۹

|    |  |            |
|----|--|------------|
| ۳۹ | ..... ساختار الگوریتم‌های ژنتیکی                       | ۲-۳-۱۶-۲   |
| ۴۱ | ..... عملگر انتخاب                                     | ۳-۳-۱۶-۲   |
| ۴۱ | ..... انتخاب نخبگان                                    | ۱-۳-۳-۱۶-۲ |
| ۴۱ | ..... نمونه‌برداری به روش چرخ رولت                     | ۲-۳-۳-۱۶-۲ |
| ۴۲ | ..... انتخاب تورنمنت                                   | ۳-۳-۳-۱۶-۲ |
| ۴۲ | ..... عملگر آمیزش                                      | ۴-۳-۱۶-۲   |
| ۴۳ | ..... تلفیق تک نقطه‌ای                                 | ۱-۴-۳-۱۶-۲ |
| ۴۳ | ..... روش ادغام دو نقطه‌ای                             | ۲-۴-۳-۱۶-۲ |
| ۴۴ | ..... تلفیق نقطه‌ای                                    | ۳-۴-۳-۱۶-۲ |
| ۴۴ | ..... تلفیق جامع                                       | ۴-۴-۳-۱۶-۲ |
| ۴۴ | ..... عملگر جهش  | ۵-۳-۱۶-۲   |
| ۴۵ | ..... روند کلی الگوریتم‌های ژنتیکی                     | ۴-۱۶-۲     |
| ۴۷ | ..... روند کلی بهینه‌سازی و حل مسائل در الگوریتم ژنتیک | ۵-۱۶-۲     |
| ۴۸ | ..... الگوریتم BB-BC (BB-BC)                           | ۱۷-۲       |
| ۵۲ | ..... فصل سوم  |            |
| ۵۲ | ..... مقدمه  | ۱-۳        |
| ۵۲ | ..... مرور ادبیات مدل‌سازی PO                          | ۲-۳        |
| ۵۴ | ..... متغیرها  | ۱-۲-۳      |
| ۵۴ | ..... توابع هدف  | ۲-۲-۳      |
| ۵۵ | ..... اهداف تک ضابطه‌ای                                | ۱-۲-۲-۳    |
| ۵۸ | ..... اهداف چند ضابطه‌ای                               | ۲-۲-۲-۳    |
| ۶۰ | ..... محدودیت‌ها                                       | ۳-۲-۳      |
| ۶۰ | ..... محدودیت‌های تئوری (بودجه و بازده)                | ۱-۳-۲-۳    |
| ۶۱ | ..... محدودیت‌های عملی                                 | ۲-۳-۲-۳    |
| ۶۱ | ..... محدودیت‌های عدد صحیح                             | ۳-۳-۲-۳    |
| ۶۲ | ..... محدودیت‌های کف و سقف                             | ۴-۳-۲-۳    |
| ۶۲ | ..... فروش استقرایی                                    | ۵-۳-۲-۳    |



|    |   |
|----|---|
| ۶۲ | ..... محدودیت گرد کردن ۶-۳-۲-۳                      |
| ۶۳ | ..... محدودیت‌های کلاس ۷-۳-۲-۳                      |
| ۶۴ | ..... پیش تخصیص ۸-۳-۲-۳                             |
| ۶۴ | ..... هزینه‌های معامله ۹-۳-۲-۳                      |
| ۶۵ | ..... محدودیت‌های بازگشت سرمایه و بازرگانی ۱۰-۳-۲-۳ |
| ۶۶ | ..... مرور ادبیات روش‌های حل PO ۳-۳                 |
| ۶۸ | ..... ویژگی‌های متد فرا ابتکاری ۱-۳-۳               |
| ۶۸ | ..... فضای جستجو ۱-۱-۳-۳                            |
| ۷۰ | ..... تابع هزینه ۲-۱-۳-۳                            |
| ۷۱ | ..... ارتباط همسایگی ۳-۱-۳-۳                        |
| ۷۴ | ..... مؤلفه‌های جستجوی فرا ابتکاری ۲-۳-۳            |
| ۷۴ | ..... جواب اولیه ۱-۲-۳-۳                            |
| ۷۵ | ..... بهبود تکرار شونده ۲-۲-۳-۳                     |
| ۷۵ | ..... شبیه سازی تبریدی ۳-۳-۳                        |
| ۷۶ | ..... آستانه پذیرش ۴-۳-۳                            |
| ۷۷ | ..... جستجوی ممنوعه ۵-۳-۳                           |
| ۷۸ | ..... جستجوی همسایگی متغیر ۶-۳-۳                    |
| ۷۹ | ..... الگوریتم‌های تکاملی ۷-۳-۳                     |
| ۸۱ | ..... بهینه سازی دسته ذرات ۱-۷-۳-۳                  |
| ۸۲ | ..... بهینه سازی کلونی مورچگان ۲-۷-۳-۳              |
| ۸۳ | ..... مطالعات مقایسه‌ای ۴-۳                         |
| ۸۶ | ..... مرور ادبیات الگوریتم BB-BC ۵-۳                |
| ۸۸ | ..... فصل چهارم                                     |
| ۸۸ | ..... مقدمه ۱-۴                                     |
| ۹۰ | ..... الگوریتم BB-BC برای حل PO ۲-۴                 |
| ۹۰ | ..... تولید جواب اولیه ۱-۲-۴                        |
| ۹۱ | ..... محاسبه تابع تناسب ۲-۲-۴                       |

|     |  |
|-----|--|
| ۹۲  | ۳-۲-۴- پیدا کردن مرکز چگال             |
| ۹۴  | ۴-۲-۴- محاسبه جواب‌های جدید            |
| ۹۶  | ۳-۴- تنظیم پارامترهای الگوریتم         |
| ۹۹  | ۴-۴- الگوریتم ژنتیک                    |
| ۱۰۳ | ۵-۴- نتایج محاسباتی                    |
| ۱۰۷ | ۱-۵-۴- زمان رسیدن به حل نزدیک به بهینه |
| ۱۰۷ | ۲-۵-۴- درصد مشارکت                     |
| ۱۰۹ | ۶-۴- مقایسه عملکرد مالی الگوریتم‌ها    |
| ۱۱۰ | ۱-۶-۴- پاداش به تغییر پذیری            |
| ۱۱۰ | ۲-۶-۴- پاداش به نوسان پذیری بازده      |
| ۱۱۱ | ۳-۶-۴- تنوع سبد سهام                   |
| ۱۱۱ | ۴-۶-۴- خطای رد گیری                    |
| ۱۱۲ | ۵-۶-۴- بتا                             |
| ۱۱۲ | ۶-۶-۴- نسبت اطلاعات                    |
| ۱۱۲ | ۷-۶-۴- نسبت بازار                      |
| ۱۱۴ | ۷-۴- نتیجه گیری                        |
| ۱۱۶ | ۸-۴- پیشنهادات                         |
| ۱۱۷ | ۵- فصل پنجم                            |

## فهرست جداول

| عنوان   | صفحه |
|---|------|
| جدول ۱-۴ - نتایج حاصل از اجرای الگوریتم bb-bc برای سناریوهای مختلف نحوه تعیین مرکز چگال               | ۹۷   |
| جدول ۲-۴ - نتایج حاصل از اجرای الگوریتم bb-bc برای توابع احتمال مختلف تعداد دارایی مشترک با مرکز چگال | ۹۷   |
| جدول ۳-۴ - سطوح پارامترهای الگوریتم BB-BC   | ۹۹   |
| جدول ۴-۴ - مقایسه نتایج الگوریتم‌های فرا ابتکاری از منظر شاخص های محاسباتی                            | ۱۰۵  |
| جدول ۵-۴ - مقایسه زمان حل الگوریتم BB-BC و GA   | ۱۰۷  |
| جدول ۶-۴ - نتایج محاسبه شاخص های مالی برای الگوریتم BB-BC و GA  | ۱۱۳  |

## فهرست نمودارها

| عنوان   | صفحه |
|---|------|
| نمودار ۱-۴ - نمودار تغییرات دارایی های مشترک با مرکز چگال در صورت انتخاب تابع احتمال نوع یک | ۹۸   |
| نمودار ۲-۴ - نمودار تغییرات دارایی های مشترک با مرکز چگال در صورت انتخاب تابع احتمال نوع دو | ۹۸   |
| نمودار ۳-۴ - مقایسه مرز کارای الگوریتم BB-BC و GA   | ۱۰۶  |
| نمودار ۴-۴ - مقایسه درصد مشارکت الگوریتم BB-BC و GA   | ۱۰۸  |

## فهرست شکل‌ها

| صفحه | عنوان  |
|------|--|
| ۱۵   | شکل ۱-۲- اثر اندازه پورتنفوی بر ریسک آن  |
| ۳۴   | شکل ۲-۲- مرز کارای غیر محدود مربوط به شاخص Nikkei (بردار افقی نشان دهنده واریانس و بردار عمودی نشان دهنده بازده می‌باشد) |
| ۴۲   | شکل ۳-۲- نحوه ارزیابی شایستگی در چرخ رولت  |
| ۴۳   | شکل ۴-۲- یک نمونه تلفیق (آمیزش)  |
| ۴۴   | شکل ۵-۲- یک نمونه ادغام دو نقطه‌ای   |
| ۴۴   | شکل ۶-۲- یک نمونه تلفیق جامع   |
| ۴۵   | شکل ۷-۲- یک کروموزوم قبل و بعد از اعمال عملگر جهش  |
| ۴۶   | شکل ۸-۲- کد برنامه مجازی الگوریتم ژنتیک ساده و فلوچارت آن  |
| ۴۷   | شکل ۹-۲- نحوه ارزیابی تابع شایستگی در چرخ رولت   |
| ۶۶   | شکل ۱-۳- طبقه بندی انواع PO بر اساس مدل‌سازی   |
| ۸۹   | شکل ۱-۴- مثالی از مرز کارای محدود با $k=2$ و $N=4$   |
| ۱۰۲  | شکل ۲-۴- کد الگوریتم ژنتیک مورد استفاده برای مقایسه با bb-bc   |

مدیریت سرمایه گذاری دو مبحث اصلی « تجزیه و تحلیل اوراق بهادار » و « مدیریت پرتفوی » را شامل می شود. تجزیه و تحلیل اوراق بهادار، دربرگیرنده تخمین مزایای تک تک سرمایه گذاری ها است. در حالی که مدیریت پرتفوی، شامل تجزیه و تحلیل ترکیب سرمایه گذاری ها و مدیریت و نگهداری مجموعه ای از سرمایه گذاریها است. در دهه اخیر، روند مباحث سرمایه گذاری از شیوه های انتخاب سهام (تجزیه و تحلیل اوراق بهادار) به سمت مدیریت پرتفوی تغییر جهت داده است. مسأله بهینه سازی سبد سهام<sup>1</sup> (PO) جزئی از مهم ترین مسائل در حوزه علوم مالی بوده و تاکنون مطالعات زیادی روی آن انجام گرفته است. فرمول بندی اولیه این مسأله عبارتست از انتخاب یک سبد سهام از دارایی ها که ریسک را با در نظر گرفتن محدودیت هایی برای رسیدن به سطح معینی از بازده کمینه می نماید. به طور کلی سرمایه گذاران ترجیح می دهند به جای سرمایه گذاری در یک دارایی (یا سهام) در سبد سهامی از آن ها سرمایه گذاری نموده تا بدین به وسیله با تنوع بخشیدن به سرمایه گذاری ها، ریسک را بدون اثر منفی روی بازده مورد انتظار محدودتر نمایند. این مسأله برای اولین بار توسط مارکوویتز<sup>2</sup> فرمول بندی شد. PO در شکل اولیه خود بسیاری از جنبه های غیر قابل اغماض دنیای واقعی را در حل مسأله نظر نمی گیرد (مانند حداکثر اندازه سبد سهام، حداقل دارایی قابل معامله<sup>3</sup>، هزینه معاملات<sup>4</sup>، اولویت دارایی ها<sup>5</sup>، هزینه مدیریت<sup>6</sup> و...) و استفاده از آن در عمل بسیار ساده و پیش پا افتاده به نظر می آید. با این وجود می توان با افزودن محدودیت هایی به مسأله اولیه برخی از جنبه های مطرح شده را مدل نمود که در این صورت مسأله به سمت PO محدود<sup>7</sup> سوق پیدا کرده که یک مسأله NP-Complete می باشد.

---

<sup>1</sup> Portfolio optimization (PO)

<sup>2</sup> Markowitz

<sup>3</sup> Minimum lots

<sup>4</sup> Transaction cost

<sup>5</sup> Preferences over assets

<sup>6</sup> Management cost

<sup>7</sup> Constrained PO

در برخی موارد ویژگی‌های مسأله از جمله اندازه آن یا نیازمندی‌های دنیای واقعی مانند محدودیت در زمان محاسبات یا دقت تخمین پارامترها موجب می‌شوند تا روش‌های دقیق برای حل مسائل بزرگ PO قابل استفاده نباشند، بنابراین در این‌گونه موارد محققین تمایل دارند از الگوریتم‌های تقریبی و سریع به خصوص روش‌های فرا ابتکاری و ترکیبی<sup>۱</sup> بهره جویند. از الگوریتم‌های فرا ابتکاری استفاده شده برای حل این مسأله می‌توان به شبیه سازی تبریدی<sup>۲</sup>، آستانه پذیرش<sup>۳</sup>، جستجوی ممنوعه<sup>۴</sup>، الگوریتم ژنتیک<sup>۵</sup>، الگوریتم بهینه سازی دسته پرندهگان<sup>۶</sup> و شبکه‌های عصبی<sup>۷</sup> اشاره نمود.

هدف از این رساله استفاده از الگوریتم Big Bang-Big Crunch به عنوان یک رویکرد فرا ابتکاری جدید برای حل مسأله PO با محدودیت‌های عدد صحیح<sup>۸</sup> و مقایسه کارایی این روش در برابر سایر روش‌ها از منظر شاخص‌های محاسباتی و مالی با استفاده از سه مسأله معیار مربوط به شاخص‌های بورس بازارهای هنگ کنگ، ایران و ژاپن می‌باشد.

---

<sup>1</sup> Metaheuristic and hybrid techniques

<sup>2</sup> Simulated Annealing (SA)

<sup>3</sup> Threshold Accepting

<sup>4</sup> Tabu Search (TA)

<sup>5</sup> Genetic Algorithm (GA)

<sup>6</sup> Particle Swarm Optimization (PSO)

<sup>7</sup> Neural Networks (NN)

<sup>8</sup> Cardinality constraints

## فصل اول

### کلیات تحقیق

#### ۱-۱- مقدمه

در این فصل به تشریح اطلاعات موضوع تحقیق (معرفی تحقیق و اهداف آن، سوالات تحقیق، ضرورت‌های انجام، فرض‌های تحقیق، قلمرو تحقیق، روش تحقیق و ساختار تحقیق) پرداخته می‌شود. منابع مورد استفاده در این تحقیق شامل مقالات علمی-پژوهشی، کتاب‌های معتبر در زمینه مدیریت سرمایه گذاری و تارنماهای مرتبط می‌باشد.

#### ۱-۲- معرفی تحقیق و اهداف آن

طی صد ساله‌ی اخیر تلاش‌های بسیاری در راستای هدایت سرمایه گذاران به نحوه سرمایه گذاری مناسب صورت گرفته و مدل‌های بی شماری عرضه شده است. مفاهیم بهینه‌سازی سبد سهام و تنوع بخشی به مثابه ابزاری در راستای توسعه و فهم بازارهای مالی و تصمیم‌گیری مالی در آمده‌اند. انتشار نظریه انتخاب سبد سهام هری مارکوویتز اصلی‌ترین و مهم‌ترین موفقیت در این راستا بود. از آن زمان این مدل تغییرات و بهبودهای فراوانی را در شیوه نگرش سرمایه‌گذاران به

سرمایه‌گذاری و سبد سهام ایجاد کرد که سرمایه‌گذاران ریسک و بازده را به صورت توأمان در نظر بگیرند و میزان تخصیص سرمایه بین فرصت‌های سرمایه‌گذاری گوناگون را بر اساس تعامل بین این دو انتخاب نمایند.

روش‌های بسیاری برای تشکیل سبد سهام وجود دارد که یکی از اولین و پرکاربردترین روش‌ها در این حوزه مدل میانگین- واریانس<sup>۱</sup> مارکوویتز می‌باشد. با توجه به اینکه این مدل در شکل اولیه خود بسیاری از جنبه‌های غیر قابل اغماض دنیای واقعی را در نظر نمی‌گیرد در عمل استفاده از آن برای تشکیل سبد سهام مناسب به نظر نمی‌رسد. برای حل این مشکل محققین با افزودن محدودیت‌هایی نظیر محدودیت عدد صحیح، محدودیت رندز<sup>۲</sup> و... به مدل اصلی توانستند به بسیاری از نیازهای سرمایه‌گذاران پاسخ گویند. افزودن چنین محدودیت‌هایی به مدل اصلی از یک سو به واقعی‌تر شدن مدل کمک کرده و از دگر سو موجب دشوار شدن حل مدل می‌گردد چنانکه با افزودن برخی از محدودیت‌ها نظیر محدودیت‌های عدد صحیح به مسأله اصلی، روش‌های کلاسیک دیگر قادر به حل مدل نبوده و محققین تمایل به استفاده از روش‌های فرا ابتکاری و تقریبی دارند. این‌گونه روش‌ها لزوماً به جواب بهینه نمی‌رسند اما قادر به پیدا کردن جواب‌هایی نزدیک به جواب بهینه هستند. تاکنون روش‌های فرا ابتکاری بسیاری نظیر جستجوی ممنوعه، شبیه‌سازی تبریدی، الگوریتم ژنتیک، شبکه عصبی، کلونی مورچگان و... برای حل این مسأله بکار رفته است و طبق مرور ادبیات صورت گرفته هیچ یک از این روش‌ها برتری مطلق نسبت یکدیگر نداشته‌اند.

بر اساس مدل مارکوویتز سرمایه‌گذاران معمولاً برای فرار از خطر نوسانات قیمت و بازده سهام به خرید سبدهای از انواع مختلف سهام و یا دارایی‌ها اقدام می‌کنند تا هنگامی که یک سهم با افت قیمت مواجه شد، مجموعه سرمایه فرد آسیب کمتری ببیند و بازده به نسبت کمتری کاهش یابد. داشتن یک سبد مناسب یکی از مسائل ضروری برای هر سرمایه‌گذار محسوب می‌شود. هر فرد به عنوان یک سرمایه‌گذار باید به این نکته واقف باشد که چگونه با توجه به اهداف و استراتژی‌های سرمایه‌گذاری

---

<sup>۱</sup>Mean-Variance model

<sup>۲</sup>Rounds constraints



خود ترکیب دارایی‌هایش را تعیین کند. به عبارت دیگر پرتفولیوی یک سرمایه گذار باید پاسخگوی نیازهای آتی بوده و آرامش ذهنی وی را فراهم آورد. این مهم از طریق داشتن یک روش نظام‌مند و منسجم امکان پذیر است.

الگوریتم BB-BC از الگوریتم‌های فرا ابتکاری جدید بوده که به تازگی توسط ایرول و اکسین پیشنهاد شده است. مطالعات انجام شده نشان می‌دهند این الگوریتم کارا بوده و عملکرد بهتری نسبت به سایر الگوریتم‌های فرا ابتکاری نظیر الگوریتم ژنتیک تقویت شده<sup>۱</sup> دارد. هدف از این تحقیق استفاده از این الگوریتم برای حل مسأله میانگین- واریانس مارکویتز با محدودیت‌های عدد صحیح و مقایسه آن با سایر الگوریتم‌های مطرح شده با استفاده از معیارهای خطای موجود در ادبیات این مسأله می‌باشد. به منظور تست الگوریتم و مقایسه نتایج آن با الگوریتم‌های GA، TS، PSO و SA از مجموعه داده‌های قیمت هفتگی سهام از مارس ۱۹۹۲ تا سپتامبر ۱۹۹۷ مربوط به شاخص‌های Hang Seng (هنگ کنگ) و Nikkei 225 (ژاپن) بهره می‌گیریم که تعداد سهام برای هر شاخص به ترتیب ۳۱ و ۲۲۵ سهم می‌باشد. در نهایت با توجه به مقایسه مرز کارای بدست آمده از این روش با سایر الگوریتم‌های مطرح شده و آنالیز نتایج با استفاده از آزمون‌های آماری در مورد کاربرد این الگوریتم در حل مسأله PO نتیجه‌گیری خواهد شد. همچنین با استفاده از این الگوریتم، GA و SA داده‌های مربوط به قیمت روزانه سهام سال‌های ۸۹ و ۹۰ شرکت‌های موجود در بورس تهران، به تشکیل سبد سهام اقدام شده و شاخص‌های کارایی سبد سهام از دیدگاه محاسباتی و دیدگاه مالی محاسبه گردیده‌اند.

---

<sup>1</sup> Combat Genetic Algorithm (C-GA)

## ۱-۳- سوالات تحقیق

### سوال اصلی

- آیا الگوریتم BB-BC در مقایسه با سایر روش‌ها نظیر GA می‌تواند روشی رقابتی باشد یا خیر؟

### سوالات فرعی

- آیا استفاده از الگوریتم BB-BC برای حل PO مناسب است؟
- آیا استفاده از الگوریتم BB-BC برای سرمایه‌گذاری در بورس تهران مناسب است؟
- مزیت استفاده از این الگوریتم نسبت به سایر الگوریتم‌ها چیست؟

## ۱-۴- ضرورت‌های انجام تحقیق

با توجه به NP-Complete بودن مسأله PO و عدم وجود جواب دقیق برای این مسأله چنانچه الگوریتمی بتواند جواب بهتری نسبت به سایر روش‌ها تولید کند و خطای کمتری داشته باشد، از آنجائیکه مسأله از جنس سرمایه گذاری بوده می‌تواند جذابیت بالایی برای سرمایه گذاران داشته باشد.

## ۱-۵- فرض‌های تحقیق

کلیه فرض‌های این رساله همان فرض‌های موجود در ادبیات موضوع بوده و فرض جدیدی به آن اضافه نشده است. برخی از این فرض‌ها بدین قرارند:

- سرمایه گذاران بازده را مطلوب دانسته و از ریسک گریزان هستند.
- سرمایه گذاران در تصمیم‌گیری منطقی عمل می‌کنند.
- سرمایه گذاران تصمیم‌هایی را اتخاذ می‌کنند که موجب حداکثر نمودن بازده خواسته‌های آنان شود. بنابراین مطلوبیت سرمایه گذاران تابعی از بازده مورد انتظار و ریسک است، که این دو عامل، پارامترهای اساسی تصمیمات مربوط به سرمایه گذاری هستند.
- میانگین بازده دوره‌های گذشته یک سهم را می‌توان به عنوان بازده مورد انتظار آن در نظر گرفت.
- با افزایش تنوع سرمایه‌گذاری‌ها ریسک سرمایه‌گذاری کاهش پیدا می‌کند.
- بازده هر سبد سهام تابعی از سهام موجود در سبد سهام و وزن آن‌ها در سبد سهام می‌باشد.

## ۱-۶- قلمرو تحقیق

با توجه به موضوع تحقیق، سازمان بورس و اوراق بهادار تهران به عنوان قلمرو مکانی تحقیق جهت پیاده سازی الگوریتم BB-BC برای تشکیل سبد سهام در نظر گرفته شده است. قلمرو زمانی این تحقیق نیز از ابتدای فروردین ۱۳۸۹ تا پایان اسفند ۱۳۹۰ می باشد.

## ۱-۷- روش تحقیق

این تحقیق، از منظر هدف یک تحقیق کاربردی، از منظر نحوه گردآوری داده ها یک تحقیق تاریخی و از منظر چيستی پژوهش در زمره پژوهش های کمی قرار می گیرد، همچنین این تحقیق از نوع کتابخانه ای (در آن نظریه ها، اصطلاحات و ادبیات موضوع این مطلب مورد بررسی قرار گرفته است) می باشد.

## ۱-۸- ساختار تحقیق

در ادامه این تحقیق در فصل دوم به شرح مفاهیم و اصطلاحات مورد استفاده در این تحقیق خواهیم پرداخت. در فصل سوم مفاهیم مربوط به بهینه سازی آورده شده که شامل مرور مختصری بر انواع روش های بهینه سازی قطعی، ابتکاری و فرا ابتکاری می باشد و همچنین به مرور ادبیات PO از دیدگاه مدل سازی و روش های حل پرداخته شده است. در فصل چهارم نتایج محاسباتی و مقایسه الگوریتم ها با یکدیگر با استفاده از معیارهای مختلف آورده شده و در پایان در خصوص عملکرد الگوریتم BB-BC نتیجه گیری شده است.