

## کاربرد الگوریتم ژنتیک چندهدفه (NSGA II) در انتخاب پرتفوی بهینه

### در بورس اوراق بهادار

سید احمد شیبیت الحمیدی، محمد همتی، مهدی اسفندیار

دانشگاه آزاد اسلامی، گروه مدیریت صنعتی، فیروزکوه، ایران

#### چکیده

در موضوعات مالی سبد سهام را می‌توان به معنی یک ترکیب و یا مجموعه‌ای از سرمایه گذاری‌ها دانست که بوسیله یک موسسه و یا یک فرد نگهداری می‌شود. بهینه سازی سبد سهام به منظور حداکثر سازی سود یکی از اصلی ترین دغدغه‌های سرمایه گذاران در بازارهای مالی است. تشکیل سبد سهام به عنوان یک تصمیم گیری حساس و حیاتی برای شرکتها شناخته شده است. در واقع مسأله انتخاب سبد سهام مسأله تخصیص سرمایه بین گزینه‌های مختلف سهام می باشد. به همین دلیل انتخاب یک سبد سهام با نرخ بازدهی بالا و ریسک کنترل شده یکی از موضوعاتی است که مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است. روش‌های فعلی در بهینه سازی سبد سهام از کارایی لازم برخوردار نبوده و لذا برای حل این مشکل الگوریتم‌های ابتکاری مورد توجه قرار گرفته اند. الگوریتم ژنتیک یکی از الگوریتم‌های ابتکاری است که می‌تواند مسائل بهینه سازی سبد سهام را با کارایی بالا انجام دهد. هدف تحقیق حاضر توضیح کامل الگوریتم ژنتیک و استفاده از این الگوریتم در مسائل بهینه‌سازی سبد سهام می‌باشد. مسأله انتخاب سبدهای سهام آن قدر پیچیده هستند که روشهای حل فعلی در برابر آن ناتوان بوده، از این رو استفاده از الگوریتم‌های ابتکاری برای حل آنها مورد توجه قرار گرفته و توسعه یافته است. در این پژوهش روشی بر مبنای الگوریتم ژنتیک چند هدفه NSGA-II برای تشکیل سبد سهام ارائه می شود. همچنین ما داده‌های ۳۰ شرکت برتر را از شرکتهای بورس اوراق بهادار تهران به عنوان نمونه آماری انتخاب نموده و اطلاعات سهام آنها را از ابتدای سال ۱۳۸۶ تا پایان سال ۱۳۹۰ مورد استفاده قرار داده ایم. نتایج نشان می دهد که الگوریتم ژنتیک چند هدفه NSGA-II طراحی شده برای انتخاب سبد سهام ابزاری مناسب و کارا برای کمک به سرمایه گذاران در انتخاب سبد سهام می‌باشد.

واژگان کلیدی: الگوریتم ژنتیک، بورس اوراق بهادار، بهینه سازی، ژنتیک چند هدفه

## ۱- مقدمه

ابزاری کارا برای بهینه سازی سبز سهام به کار گرفته شده است (گایرونسکی و فاما، ۲۰۰۵).

در سالیان سال اخیر تحقیقات متعددی در زمینه تشکیل سبد سهام در بورس اوراق بهادار انجام گرفته و در بیشتر مدل‌های ارائه شده معیار بازده و ریسک از مباحث مالی و روش‌های اندازه‌گیری و معیارهای بهینه سازی از مباحث برنامه‌ریزی برگرفته شده‌اند. تئوری پرتفوی مارکوویتز تنها راه‌حلی جهت تخصیص سرمایه ارائه می‌کند اما در بازارهای سرمایه که صدها نوع سرمایه مختلف با کیفیت‌های متفاوت موجود می‌باشد سرمایه‌گذاران با انبوهی از اطلاعات روبرو بوده و در نتیجه انتخاب برای آنها دشوار می‌باشد. در این بین وقتی محدودیت‌هایی مثل تعداد زیاد سرمایه، محدودیت‌ها مقادیر وزنی سهام و غیره مطرح می‌شوند فضای جستجو آنقدر گسترده می‌گردد که عملاً استفاده از مدل‌های ریاضی ناممکن گشته، از این رو الگوریتم‌های ابتکاری ژنتیک، شبکه‌های عصبی، مورچگان و... جایگاه ویژه‌ای می‌یابند (آرنها و ایبا، ۲۰۰۹).

نتایج تحقیقات مربوط نشان می‌دهند که از طریق برنامه‌ریزی آرمانی می‌توان فاصله آرمانی سرمایه‌گذاری و مقدرات واقعی را به صورت متغیرهای انحرافی شناسائی کرد و سپس با کاستن و افزودن مقادیر آرمانی به راه‌حل کارا دست یافت.

قبل از اقدام به هرگونه خرید و فروش اوراق بهادار، باید سیاست سرمایه‌گذاری محدودیت‌های مربوط به سطح بازده مورد انتظار، میزان تحمل ریسک و سایر محدودیت‌هایی که تحت آن شرایط بایستی پرتفوی تشکیل شود را تعیین نمود تعیین ملاک‌های فوق توسط سرمایه‌گذار، قبل از انتخاب سهام و یا تعیین ترکیب سبد سهام بهینه ضروری است. متخصصین در یک نگرش کلی معمولاً یک رویه سه

بورس اوراق بهادار از سوئی مرکز جمع‌آوری پس‌اندازها و نقدینگی‌های بخش خصوصی به منظور تأمین مالی پروژه‌های سرمایه‌گذاری بلند مدت است و از سوئی دیگر مکانی رسمی و مطمئنی است که دارندگان پس‌اندازهای راکد می‌توانند در آن محل مناسب و ایمن، وجوه مازاد خود را برای سرمایه‌گذاری در شرکتها به کار بیندازند. در سالیان اخیر تلاش‌های بسیاری در راستای هدایت سرمایه‌گذاران جهت سرمایه‌گذاری مناسب صورت گرفته است و در این بین مدل‌های متعددی ارائه شده است و مفاهیم بهینه سازی سبد سهام و تنوع بخشی به مثابه ابزاری در راستای توسعه و فهم بازارهای مالی و همچنین تصمیم‌گیری در آمده است. تئوری مدرن پرتفوی که توسط مارکوویتز<sup>۱</sup> ارائه و بعدها توسط شاگردان وی شارپ و لینتر<sup>۲</sup> توسعه داده شد و همچنین فرضیه بازار کارای سرمایه که اولین بار توسط فاما<sup>۳</sup> عنوان شد از ابتدای دهه ۵۰ به بعد به عنوان ایده‌های قابل قبول و اثر گذار به عنوان شالوده تحقیقات بعدی دانشمندان و پژوهشگران مالی مطرح شدند. اصول این تئوریها در بازارهای مالی نیز راهنمای عمل مدیران سرمایه‌گذارها و سایر فعالان بازار قرار گرفت. اما پیچیدگی‌های بازارهای مالی و مطالعاتی که در پی تناقض نتایج ناشی از تحقیقات اجرائی انجام شده در بازارهای مالی پیش آمد، دانشمندان را بر آن داشت که با توجه به مفروضات این تئوریها ایده‌های جدید را ارائه داده و تحقیقات جدیدی انجام دهند. در واقع از زمانی که مارکوویتز مدل خود را ارائه کرده است این مدل تغییرات و بهبودهای متعددی را در شیوه نگرش مردم به سرمایه‌گذاری در سبد سهام ایجاد کرده است و به عنوان

<sup>۱</sup> Makowite

<sup>۲</sup> Shrp Y linter

<sup>۳</sup> Fama

<sup>۴</sup> Gaivoronski A& Fama

<sup>۵</sup> Aranha, C. ,& H. Iba

مرحله‌ای را برای فرآیند مدیریت سبد سهام پیشنهاد می‌کند.

۱- یادگیری اصول اساسی مالی

۲- ایجاد پرتفوی

۳- مدیریت و حفاظت پرتفوی

در واقع بدون یادگیری اصول اساسی مالی نمی‌توان سبد سهام مؤثری ایجاد نمود. بعد از یادگیری اصول اساسی مالی به منظور ایجاد سبد سهام باید عناصر و مفاهیم، نظریه بازار سرمایه، روابط ریاضی به کار رفته در نظریه پرتفوی و همچنین، مفاهیم ریسک و بازده و تنوع بخشی آشنا شد و در مرحله آخر باید یک طرح بازی به منظور بروز نمائی سبد سهام طراحی کرد و همیشه اهداف موردنظر سبد سهام را اصلاح کرد. اوراق بهادار دارای ریسک می‌باشند. در بین این مسئله اصلی هر سرمایه‌گذار تعیین مجموعه‌ای از اوراق بهادار است که مطلوبیت آن حداکثر باشد. این مسأله معادل انتخاب سبد سهام بهینه از مجموعه پرتفویهای ممکن است که تحت عنوان مسأله انتخاب پرتفوی ۱ نامیده می‌شود. مدل این مسأله در سال ۱۹۵۲ توسط مارکوویتز ارائه گردید. مقاله منتشره وی معمولاً به عنوان منشأ تئوری نوین پرتفوی ۲ شناخته می‌شود (لینگ چانگ و لین وای<sup>۳</sup>، ۲۰۰۹)

محدوده این تحقیق بورس اوراق بهادار تهران و شرکت‌های برگزیده در بورس مورد نظر محقق بوده و این پژوهش به دنبال یافتن ترکیب بهینه مقادیر سبد سهام به منظور حداکثر سازی مطلوبیت سرمایه‌گذاران می‌باشیم. در دستیابی به این ترکیب بهینه از یک روش فرا ابتکاری مانند الگوریتم ژنتیک استفاده شده است.

## ۲- ادبیات موضوع:

- مدل مارکوویتز: اکثر اوراق بهادار ریسک دار می‌باشند، مسأله اصلی هر سرمایه‌گذار تعیین مجموعه اوراق بهاداری است که مطلوبیت آن حداکثر است. این مسأله معادل انتخاب پرتفوی بهینه از مجموعه پرتفویهای ممکن می‌باشد، که تحت عنوان مسأله انتخاب پرتفوی ۱ نامیده می‌شود مدل این مسأله در سال ۱۹۵۳ توسط، مارکوویتز ارائه گردید. مقاله منتشره وی به عنوان منشأ تئوری نوین پرتفوی ۲ شناخته می‌شود. رویکرد مارکوویتز برای انتخاب پرتفوی با این فرض شروع می‌شد که شخص مقدار مشخصی پول برای سرمایه‌گذاری در اختیار دارد وی این مبلغ را برای مدت معینی که دوره نگهداری اوراق نامیده می‌شود سرمایه‌گذاری خواهد کرد. در انتهای دوره نگهداری، اوراق بهاداری که ابتدای دوره خریداری کرده است را می‌فروشد. پس مبلغ موردنظر را مصرف یا سرمایه‌گذاری مجدد خواهد کرد. بنابراین رویکرد مارکوویتز یک رویکرد «تک دوره‌ای» است که در آن آغاز دوره با  $t=0$  و انتهای دوره با  $t=1$  نمایش داده می‌شود. در  $t=0$  سرمایه‌گذار باید تصمیم بگیرد، کدام ورقه را خریداری و تا  $t=1$  نگهداری کند. در رویکرد سنتی سرمایه‌گذار باید بازده موردانتظار اوراق را در زمان  $t=0$  تخمین بزند و سپس در اوراقی که بیشترین بازده موردانتظار سرمایه‌گذاری می‌کند. مارکوویتز می‌گوید این تصمیم غیرعقلانی است زیرا سرمایه‌گذار علاوه بر حداکثر سازی بازده موردانتظار تا حد ممکن خواستار مطمئن بودن بازدهی نیز می‌باشد بنابراین سرمایه‌گذار باید در پی متعادل کردن این هدف متضاد (حداکثر سازی بازده مورد انتظار و کاهش عدم اطمینان سرمایه‌گذاری) باشد (شارپ<sup>۳</sup>، ۲۰۰۶)

۱ Portfolio selection problem

۲ Modern portfolio theory

۳. sharp

۱ Portfolio selection problem

۲ Modern portfolio theory

۳. Lin, Chang, , Lin, Yi

## - کوواریانس

کوواریانس به میزان همگرایی یا واگرایی توأم ۲ متغیر نسبت به میانگین تلقی می‌شود و عبارت است:

$$\text{COV}_{ij} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [r_i - \bar{r}_i][r_j - \bar{r}_j]$$

- ضریب همبستگی  $P_{ij}$ 

استاندارد سازی کوواریانس با هر یک انحراف معیارها، ضریب همبستگی را به وجود می‌آورد بطوریکه  $[-1 < P_{ij} < 1]$  تغییر می‌کند ارزش (+۱) به معنی رابطه خطی و مثبت کامل  $R_i$  و  $R_j$  و ارزش (-۱) به خطی رابطه منفی کامل بین مجموعه بازده می‌باشد.

$$P_{ij} = \frac{\text{COV}_{ij}}{u_i u_j}$$

در نهایت برای یک پرتفوی  $\pi$  سهمی داریم که:

$$u_p^y = \sum_{i=1}^n u_i^y w_i^y + 2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \text{COV}_{ij}$$

## - فرضیات بنیادین مدل مارکوویتز

همانطور که مطرح شد مارکوویتز نشان داد که انحراف معیار نرخ بازده، معیاری مناسب برای ریسک سبب اوراق بهادار تحت مجموعه‌ای از مفروضات منطقی می‌باشد. بنابراین مفروضات به شرح زیر مطرح می‌گردند:

- سرمایه‌گذاران برای هر طرح سرمایه‌گذاری به توزیع احتمالی بازده‌های مورد انتظار در طول دوره نگهداری توجه می‌کنند.
- سرمایه‌گذاران مطلوبیت خود را طی دوره زمانی مورد انتظار حداکثر کرده و منحنی بی‌تفاوتی آنها شیب منفی دارد.

## - بازده مورد انتظار پرتفوی

بازده پرتفوی از دارائیهها، برابر متوسط موزون بازده تک تک دارائیهها است. وزن به کار گرفته شده برای هر بازده، نسبتی از سرمایه‌گذاری انجام شده در دارائی مذکور خواهد بود. چنانچه  $r_j$  بازده زامین دارائی و  $X_j$  نسبی از وجوه سرمایه‌گذاری شده در زامین دارائی باشد در این صورت بازده کل پرتفوی برابر است با: [۱۶]

$$r_p = x_1 r_1 + x_2 r_2 + \dots + X_n r_n$$

$$r_p = \sum_{i=1}^N x_i r_i$$

## - ریسک پرتفوی

محاسبه ریسک پرتفوی کمی مشکل‌تر از تعیین بازده مورد انتظار آن است. لازمه درک ریسک پرتفوی، آشنائی با مفاهیم انحراف معیار پرتفوی، کوواریانس و ضریب همبستگی می‌باشد.

## - انحراف معیار پرتفوی:

واریانس پرتفوی را با  $u_p^y$  نشان می‌دهیم و عبارت است «ارزش مورد انتظار مجذور انحرافات بازده پرتفوی از میانگین بازده مورد انتظار پرتفوی» یعنی:

$$u_p^y = E(rp - r\bar{p})^y$$

با جایگذاری بازده پرتفوی و متوسط بازده مورد انتظار پرتفوی در عبارت فوق خواهیم داشت که:

$$u_p = [X_A^y u_A^y + X_B^y u_B^y + 2 X_A X_B \text{COV}_{AB}]^{1/2}$$

(رابطه فوق بیانگر ریسک یک پرتفوی دو سهمی است)

۳. بهینه کردن ترکیب سهام (پرتفوی)

۴. ارزیابی پرتفوی و بازنگری در مجموعه سهام

تحلیل پرتفوی کاربرد زیادی در آنالیز ریسک و بازده و نیز تحلیل بازار دارد. در روش پرتفوی مدرن مجموعه تلاشها وقف این است که بازده فرد سرمایه‌گذار به بازده بازار نزدیک باشد و در وضعیت مطلوب بازدهی بیشتر از آن بدست آید. در این حالت پرتفوی کل بازار یک شاخص ارزیابی است که ریسک آن نیز با شاخص بنا (Beta) محاسبه می‌گردد. این تحلیل کاربرد زیادی در آنالیز ریسک و تحلیل بازار دارد و مبنای کار سرمایه‌گذاران حرفه‌ای می‌باشد.

- بهینه سازی پرتفوی

کارترین ابزار برای انتخاب پرتفوی بهینه، مدل برنامه‌ریزی ارائه شده توسط مارکوویتز می‌باشد. از برجسته‌ترین نکات مورد توجه در مدل مارکوویتز، توجه به ریسک سرمایه‌گذاری نه تنها براساس انحراف معیار یک سهم، بلکه براساس ریسک مجموعه سرمایه‌گذاری است. سرمایه‌گذار بازده مورد انتظار بالا را که مطلوب و عدم اطمینان را که نامطلوب است به مثابه دو عامل در تصمیم سرمایه‌گذاری خود در نظر دارد. وی  $n$  ورقه بهادار پیش رو دارد. لذا بازده ورقه  $I$  را با میانگین  $(\bar{r}_i)$  و واریانس  $(\sigma_i^2)$  را در نظر می‌گیرد. علاوه بر این فرض می‌شود که  $U_i$  ضریب همبستگی بین بازدهی هر دو سهم باشد. حال سؤال اینست که اگر سرمایه‌گذار مقداری پول برای سرمایه‌گذاری بین  $n$  سهم داشته باشد مبلغ سرمایه‌گذاری چگونه بین این  $n$  ورقه تخصیص یابد تا پرتفوی حاصله حداکثر مطلوبیت مورد انتظار را داشته باشد؟ مارکوویتز پیشنهاد می‌کند که پاسخ سؤال فوق در دو مرحله انجام می‌پذیرد:

- پایه و اساس تصمیمات سرمایه‌گذاران را ریسک و بازده مورد انتظار تشکیل می‌دهد.
- سرمایه‌گذاران در سطح معینی از ریسک بازدهی بالاتر را به بازدهی پائین‌تر ترجیح می‌دهند و همچنین در سطح معینی از بازده موردانتظار، ریسک کمتر را به ریسک بیشتر ترجیح می‌دهند.

- فرآیند انتخاب سرمایه‌گذاری از دیدگاه MPT ۱

روش تئوری مدرن پرتفوی (MPT) که ابتدا توسط مارکوویتز بصورت عملی بیان شد براساس یک سری مفروضات خاصی است که اهم آن گویای این است که بازار کارا است و انتشار اطلاعات بصورت یکپارچه در اختیار همگان است و شفافیت اطلاعات در معاملات حاکم است. بر مبنای این روش بر پایه این استدلال استوار است که احتمال خطر از دست دادن سرمایه یا سود یک نوع سهام در بازار بیشتر از مجموعه یا ترکیب سهام است، لذا قاعدتاً سرمایه‌گذار حرفه‌ای نباید تمامی سرمایه خود را در یک قلم دارایی سرمایه‌گذاری کند (منطق اقتصادی نیز این را تأیید می‌کند) بلکه بایستی آن را در تعدادی متشکل از سهام متعدد یا دارایی‌هایی سرمایه‌گذاری کند که این مجموعه به پرتفوی معروف است. پرتفوی یا سبد سهام مجموعه متشکل از سهام متعدد است که در شرایط عادی احتمال کاهش بازده همه داراییها تا حدودی به صفر نزدیک است و تلاشها بر این است که ریسک غیر سیستماتیک یا تنوع پذیر به حداقل تقلیل باشد به همین جهت ترکیب پرتفوی بهتر است به گونه‌ای باشد که نوسانات مشابهی نداشته باشند یعنی زمانیکه بازدهی یکی کاهش می‌یابد، بازده دیگری افزایش یابد. در این راستا مراحل زیر توسط سرمایه‌گذار در بازار رعایت می‌شود.

۱. تعیین بازده مورد انتظار سبد سهام و تک تک سهام
۲. ارزیابی وضعیت سهام مختلف و انتخابات آنها

کار برده‌اند. آنها با در نظر گرفتن مدل مارکوویتز به عنوان مدل ریاضی پایه‌ف به دنبال حداکثر نمودن بازده و حداقل نمودن ریسک سرمایه‌گذاری بوده‌اند. آنها در تحقیق خود پس از حداکثر سازی بازده و حداقل سازی ریسک، به دنبال وزن دهی به سهام موردنظر برآمدند. تا از این طریق اهمیت نسبی اهداف گوناگون را در سبد سهام در نظر قرار دهند. عملگرهای مورد استفاده در این تحقیق عملگر تقاطع یک نقطه برش، عملگر جهش الحاقی و عملگر انتخاب چرخ دولت بوده است. نتایج این تحقیق نشان از اعتبار و کارایی الگوریتم مربوطه در بهینه‌سازی سبد سازی سهام می‌باشد. در سال (۲۰۰۸) لین و لیو، مدل مارکوویتز را با محدودیت حداقل مقدار خرید به سه طریق مدل نمودند. الگوریتم ژنتیک که برای حل مسأله انتخاب سبد سهام پیشنهاد می‌شوند، به وسیله مدلها فرمول‌بندی شدند، نتایج مطالعات نهائی نشان داد که الگوریتمهای ژنتیک برای این مدلها می‌تواند نقطه نزدیک به بهینه را در حداقل زمان قابل قبول بدست آورند. راه‌حلهای بدست آمده نه تنها قابل اجرا در عمل می‌باشند بلکه بالاترین کارایی میانگین- واریانس را به نمایش می‌گذارند. مدلی شیوه تصمیم‌گیری چند هدفه فاری را معرفی می‌کند به خاطر تطبیق پذیری و سادگی آن پیشنهاد می‌شود. با این شیوه تصمیم‌گیرنده قادر خواهد بود ترجیحات خود درخصوص ریسک و بازده را با اختصاص وزنهایی به ریسک و بازده اعمال نماید. بررسی سرمایه‌ها و دارائی‌ها نه تنها در وقت محاسبه صرفه‌جویی می‌کند بلکه باعث کیفیت بهتر جواب نیز می‌شود (لین چانگ و لین وای<sup>۲</sup>، ۲۰۰۸).

آرانا و ایبا در سال ۲۰۰۹ در تحقیقی با عنوان «الگوریتم ژنتیک درختی ممتیک و کاربرد آن در بهینه‌سازی سبد سهام» از الگوریتم ژنتیک برای انتخاب و بهینه‌سازی سبد سهام بهره‌بردند. در این تحقیق یک الگوریتم ژنتیک درختی معرفی شد و سپس برای مسأله بهینه‌سازی سبد

۱- تعیین مجموعه پرتفوی کارا: یعنی پرتفویی با کمترین واریانس بازده در بین تمامی پرتفوی‌ها بازده مورد انتظار یکسان دارد.

۲- انتخاب از مجموعه کارا: یعنی انتخاب پرتفویی که مناسب‌ترین ترکیب ریسک و بازده را برای سرمایه‌گذار فراهم نماید.

### ۳- پیشینه تحقیق:

یانگ (۲۰۰۶) در تحقیقی با عنوان «بهبود کارایی سبدسهم با شیوه‌ای از الگوریتم ژنتیک»، الگوریتم ژنتیک را در کنار یک سیستم پویای بهینه‌سازی پرتفوی، جهت توسعه کارایی سبد سهام به کار برده است. در کنار مدل M. V و G. A محقق از روش سومی به نام رویکرد (Bayesian) نیز استفاده کرده است. که یکی از عمومی‌ترین مدل‌هایی است که بحث در نظر گرفتن ریسک برآوردی را در انتخاب پرتفوی مطرح کرده است. اطلاعات مورد استفاده این تحقیق داده‌هایی هستند که از MSCI گرفته شده است و شامل شاخص‌های بازده کل سرمایه شش بورس مختلف شامل بورسهای کانادا، فرانسه، آلمان، ژاپن، انگلستان و آمریکا می‌باشد. به منظور ارزیابی عملکرد مدل‌های گوناگون انتخاب سبد سهام، محقق جهت تعیین اوزان سهام، از اطلاعات ۶۰ ماه به عنوان داده‌های تاریخی استفاده کرده است. یافته‌های محقق نشان می‌دهد که نتایج مدل الگوریتم ژنتیک در مقایسه با مدل تک مرحله‌ای، دارای ریسک و بازده بهتری است. از سوی دیگر این بررسی نشان می‌دهد که سبدهای انتخابی براساس هر دو مدل GA در مقایسه با سبدهای انتخابی روش M. V و Bayesian در طول زمان دارای نوسانات کمتر می‌باشد (یانگ<sup>۱</sup>)

لین و ژن در تحقیقی یک الگوریتم ژنتیک دو مرحله‌ای برای حل مسأله بهینه‌سازی سبد سهام چند منظوره به

<sup>۲</sup> Lin, Chang. , Lin, Yi

<sup>۱</sup> Yang

ژنتیک سبدهای سهام مختلف که ریسک آنها به شیوه‌های متفاوتی محاسبه شده بود را به کار می‌گرفت.

هدف اصلی آنها بررسی کارایی الگوریتم ژنتیک برای حل مسأله بهینه‌سازی سبد سهام با مدل‌های متفاوت ریسک بود، آنها لاگوریتم ژنتیک را برای حل مسائل بهینه‌سازی سبد سهام در مدل‌های متفاوت میانگین - واریانس نیمه واریانس و واریانس با انحراف به عنوان مدل‌های محاسبه ریسک به کار بردند. مسائل بهینه‌سازی سبد سهام می‌توانند به راحتی، با الگوریتم ژنتیک حل شونده با مدل‌های مختلف محاسبه ریسک که در این روش الگوریتم ژنتیک مورد استفاده قرار گرفت، سرمایه‌گذاران قادر خواهند بود که مرز کارایی را برای مقدار ثابتی از سرمایه خود به دست آورند. آنها به این حقیقت دست یافته که سبد سهامی با اندازه کوچک‌تر کارایی بالاتری از اندازه بزرگ‌تر آن خواهد داشت (چانگ و یانگ<sup>۲</sup>، ۲۰۰۹)

#### ۴- تعریف مسئله:

##### ۴-۱ مقدمه

در این فصل به تشریح جزئیات چگونگی حل مسأله بهینه‌سازی پرتفوی با کمک الگوریتم ژنتیک NSGA-II می‌پردازیم؛ لازم به ذکر است که تشریح چگونگی حل مسأله فوق‌الذکر بر مبنای دو الگو می‌باشد؛ یکی بر مبنای الگوی دو هدفه که دو هدف "ریسک" و "بازده" را شامل شده و دیگری بر مبنای الگوی سه هدفه بوده که با اضافه شدن "ارزش بازار"<sup>۱</sup> به دو هدف قبلی ممکن گشته است.

سهام به کار رفت. در این تحقیق سبدهای سهام کوچک‌تر در سطح معینی از اجرا بدست آمد. به طور کلی این روش متدولوژی قدیمی را تحت مختلف ریسک - بازده بهینه می‌نماید (آرانها<sup>۱</sup>، ۲۰۰۹)

هاو ولیو (۲۰۰۹) در تحقیقی با عنوان مدل میانگین - واریانس برای انتخاب سبد سهام با بازده تصادفی فازی، الگوریتم ژنتیک را به عنوان ابزار حل مدل‌های خود به کار بردند. در این تحقیق براساس نظریه مارکوفیتز مدل میانگین - واریانس، نمونه‌های جدیدی از مدل‌های میانگین - واریانس برای مسائل انتخاب سبد سهام با بازده‌های سرمایه‌گذاری تصادفی فازی نمایش داده شدند. در مدل‌های ارائه شده، بازده مورد انتظار پرتفوی را به عنوان بازده سرمایه‌گذاری و واریانس بازده مورد انتظار را به عنوان ریسک سرمایه‌گذاری در نظر گرفته‌اند. برای حل مدل‌های انتخاب سبد سهام معرفی شده، این تحقیق در ابتدا فرمول‌های واریانس را به عنوان متغیرهای تصادفی فازی به نمایش گذاشتند. سپس این تحقیق فرمول‌های واریانس را برای مدل‌های معرفی شده به گونه‌ای مورد استفاده قرار داد که مسائل انتخاب سبد سهام به برنامه‌ریزی خطی هم‌ارز تبدیل شوند سپس الگوریتم‌های ژنتیک برای حل مدل‌ها به کار گرفته شدند. در نهایت نمونه عددی برای نشان دادن کارایی روش‌های معرفی شده به کار رفت (هو و لین<sup>۲</sup>، ۲۰۰۹).

از جمله تحقیقاتی که اخیراً انجام گرفته است، تحقیقی است که توسط چانگ و همکارانش (۲۰۰۹) انجام شد چانگ و همکارانش براین عقیده بودند که استفاده از برنامه‌ریزی‌های ریاضی برای حل مسأله سبد سهام بهترین گزینه می‌باشد. آنها یک روش فرا ابتکاری برای حل مسأله بهینه‌سازی سبد سهام ارائه کردند که در آن الگوریتم

<sup>۲</sup> Chang, T, G. , Yang

<sup>۱</sup> Market Value

<sup>۱</sup> Aranha

<sup>۲</sup> . Hoo, F, F. , Lin

جدول زیر، پارامترهای الگوریتم ژنتیک NSGA-II سازگار با مسأله پرتفوی را نشان می‌دهد. این پارامترها با اجرای متناوب الگوریتم توسط مؤلف و آزمون و خطا حاصل شده اند. برای نقاط شروع آزمون و خطا، قواعد سرانگشتی بین متخصصان بهینه سازی رایج است که از آن‌ها نیز بهره بردیم؛ همچنین مراجعه به پژوهش‌های مشابه راه دیگری برای تعیین برخی از پارامترهای مذکور بوده است.

#### پارامترهای الگوریتم ژنتیک NSGA-II

نوع جمعیت	بردار دوگانه	تابع عملگر جهش ناگهانی	تابع گوسی
اندازه جمعیت	۵۰۰	مقیاس عملگر جهش ناگهانی	۱
تابع انتخاب	چرخ گردان رولت	تعداد نسل‌ها	۱۵۰
نرخ عملگر ضربدری	۰/۸	محدودیت و تأخیر زمانی (شرط توقف)	نامحدود
تابع عملگر ضربدری	پراکنده ۱	محدودیت تعداد نسل (شرط توقف)	نامحدود
نرخ نخبه گرایی و مهاجرت	۰/۲	محدودیت دقت تغییر در تابع هدف (شرط توقف)	۱۰-۶

۴-۴- آیا می‌توان به کمک الگوریتم ژنتیک چند هدفه

NSGA-II به یک سبد سهام بهینه دست یافت؟ در ابتدای این بخش، نمودارها، جداول، ضرایب و همچنین نمودار پرتو حاصل از اجرای برنامه توسط نرم افزار

ابتدا به بررسی نرمال بودن داده‌ها می‌پردازیم. در شکل زیر نتایج آزمون کالموگروف اسمسرنف را برای ۳۰ شرکت مورد بررسی قرار دادیم:

۴-۲- آزمون نرمال بودن توزیع داده‌ها در الگوی ۲ هدفه

NPar Tests

#### One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

	WR
N	
Normal Parameters	
Mean	
Std. Deviation	
Most Extreme Differences	
Absolute	.
Positive	.
Negative	-.
Kolmogorov-Smirnov Z	.
Asymp. Sig. ( -tailed)	.

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

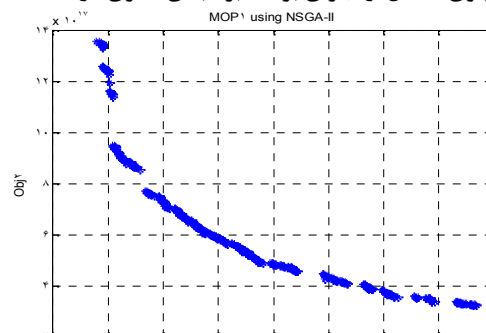
#### ۴-۳- پارامترهای الگوریتم ژنتیک NSGA-II

همانطور که در فصول قبل ذکر شد، الگوریتم‌ها باید مجهز به پارامترهای قابل تنظیم باشند تا کاربر بتواند با تغییر آن پارامترها، تعادل مطلوب بین جواب بدست آمده و میزان محاسبات را برقرار نماید. همچنین تغییر در این پارامترهاست که دستیابی به پاسخ‌های بهینه تر را ممکن می‌سازد. این پارامترها برای همه مسائل ثابت نمی باشند و باید پارامترهای سازگار با هر مسأله را برای الگوریتم‌ها یافت.



MATLAB گنجانده شده است. ابتدا نمودار پرتوی حاصل از اجرای برنامه مذکور ترسیم می‌گردد

پرتوی حاصل از اجرای برنامه بر مبنای الگوی دو هدفه



از تحلیل نمودار فوق؛ رتبه بندی پرتفوی‌ها بر مبنای دو هدف ذکر شده حاصل می‌گردد که این رتبه بندی به تفصیل در پیوست ذکر شده است. در ادامه نمودارهای همگرایی جمعیت بر مبنای هر یک از اهداف یعنی "ریسک" و "بازده" نشان داده شده است:

همگرایی جمعیت بر مبنای ریسک

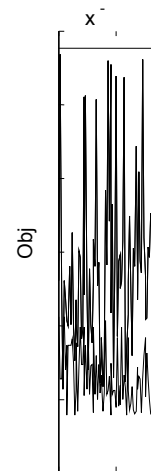
جدول ۴-۲- ضرایب پیشنهادی الگوریتم ژنتیک NSGA-II  
در پرتفوی بهینه

نام و ردیف شرکت	ضرایب سهام در پرتفوی منتخب	نام و ردیف شرکت	ضرایب سهام در پرتفوی منتخب
۱- دارو کوثر	۰/۰۲۶۸۲۹	۱۸- پ. شازند	۰/۰۲۴۷۷۴
۲- دارو سبحان	۰/۰۱۱۹۹۱	۱۹- پ. تهران	۰/۰۳۷۳۷۹
۳- فارسیت	۰/۰۳۸۶۵۸	۲۰- رینگ سازی	۰/۰۲۹۸۴
۴- ف. خراسان	۰/۰۲۸۲۴۲	۲۱- ص. روی	۰/۰۲۲۵
۵- ف. اصفهان	۰/۰۰۸۴۱۲	۲۲- س. البرز	۰/۰۱۵۹
۶- ف. اهواز	۰/۰۲۲۵۶۶	۲۳- بازنشستگی	۰/۰۲۵۰۱
۷- ذر آب	۰/۰۳۵۷۶۷	۲۴- س. بهشهر	۰/۰۲۹۸۱۱
۸- گل گهر	۰/۰۲۲۶۹۲	۲۵- س. بوعلی	۰/۰۰۴۷۵
۹- ایران ترانس	۰/۰۳۰۶۰۳	۲۶- س. مدیر	۰/۰۳۰۴۴۷
۱۰- جابر	۰/۰۳۶۴۰۲	۲۷- ص. معادن	۰/۰۳۲۹۴
۱۱- کنتورسازی	۰/۰۳۴۲۴۴	۲۸- س. ملی	۰/۰۳۰۳۱۴
۱۲- لیزینگ	۰/۰۰۵۳۲۳	۲۹- رنا	۰/۰۱۳۷۱۴
۱۳- مینا	۰/۰۰۷۶۹۴	۳۰- توکا	۰/۰۲۳۷۶۹
۱۴- مهرکام پارس	۰/۰۰۰۶۲۵		
۱۵- نیرو محرکه	۰/۰۰۱۱۷۶		
۱۶- پارس خودرو	۰/۰۰۰۳۷		
۱۷- پ. اصفهان	۰/۰۲۴۲۶۲		

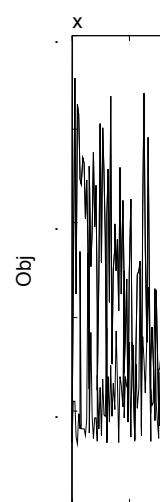
از تحلیل دو نمودار فوق نمایان است که بررسی جمعیت بر مبنای هر یک از اهداف ذکر شده، در یک دامنه مشخص، همگرا شده است.

دامنه نوسانات ضرایب پرتفوی‌های حاصله نیز در نمودار نشان داده شده است.

نوسانات ضرایب پرتفوی بر مبنای تعداد شرکت‌ها



در ادامه لازم به ذکر است که حصول ضرایب هر یک از سی شرکت برتر بورس اوراق بهادار جهت تشکیل پرتفوی بهینه، هدف اصلی در پژوهش حاصل بوده است. بنابراین شرکت‌ها و ضرایب هر یک به تفصیل در جدول زیر ذکر گردیده است؛ البته شایان ذکر است که چندین پرتفوی با اولویت‌های مشابه از تحلیل مسأله توسط الگوریتم ژنتیک NSGA-II و همچنین نمودار پرتو حاصل شده است؛ اولویت‌های مشابه، نسبت به یکدیگر نه غالب هستند و نه مغلوب؛ بنابراین انتخاب هر یک از این پرتفوی‌ها (با اولویت‌های مشابه) با صلاحدید مدیریت پرتفوی و میزان ریسک پذیری و یا ریسک‌گریزی آن‌ها امکان‌پذیر می‌باشد.



در ادامه لازم به ذکر است که حصول ضرایب هر یک از سی شرکت برتر بورس اوراق بهادار جهت تشکیل پرتفوی بهینه، هدف اصلی در پژوهش حاصل بوده است. بنابراین شرکت‌ها و ضرایب هر یک به تفصیل در جدول قبل ذکر گردیده است؛ البته شایان ذکر است که چندین پرتفوی با اولویت‌های مشابه از تحلیل مسأله توسط الگوریتم ژنتیک NSGA-II و همچنین نمودار پرتو حاصل شده است؛ اولویت‌های مشابه، نسبت به یکدیگر نه غالب هستند و نه مغلوب؛ بنابراین انتخاب هر یک از این پرتفوی‌ها (با اولویت‌های مشابه) با صلاحدید مدیریت پرتفوی و میزان ریسک پذیری و یا ریسک‌گریزی آن‌ها امکان پذیر می‌باشد.

#### نتیجه‌گیری:

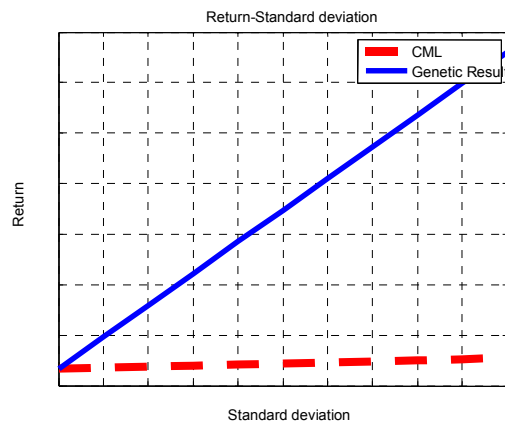
هدف اصلی در مدیریت پرتفوی، کمک به سرمایه‌گذار، در انتخاب پرتفوی بهینه می‌باشد. در این راستا، تجزیه و تحلیل وضعیت حال و گذشته‌ی شرکت‌ها و شناسایی کارآترین شرکت‌ها با توجه به برخی، از معیارها، کمک بسیارزایدی به سرمایه‌گذاران می‌کند. انتخاب پرتفوی مطلوب، یکی از مسایل مهم مورد بحث در گذشته و حال بوده و با پژوهش‌هایی که در این زمینه صورت گرفته، الگوهایی برای تعیین پرتفوی ارائه شده که به مرور زمان ایرادات هرکدام مشخص و الگویی دیگر، جایگزین آن گردیده است. یکی از مشکلات اساسی الگوهای ارائه شده، نادیده گرفتن شاخص‌ها و ابعاد چندگانه برای ارزیابی پرتفوی سهام می‌باشد که این کاستی، اعتبار نتایج ارزیابی را، زیر سؤال می‌برد. کاستی دیگری که به این الگوها وارد است، عدم شناسایی دلایل رد یا پذیرفته شدن یک شرکت در پرتفوی بهینه می‌باشد. در تحقیقاتی که تاکنون در زمینه شناسایی عوامل و شاخص‌های مؤثر بر تعیین پرتفوی بهینه صورت گرفته است، شاخص‌های زیادی هم چون نرخ برگشت سرمایه، سود هر سهم، نسبت قیمت به سود هر

همانطور که در فصول قبل ذکر شد، روش‌های متفاوتی برای تست بهینگی پرتفوی وجود دارد. در پژوهش حاضر از معیار شارپ برای این منظور استفاده شده است.

به منظور استفاده از معیار شارپ، بایستی CML را مشخص نمود. این خط در نموداری رسم می‌شود که متوسط بازده در محور عمودی و انحراف معیار در محور افقی اندازه‌گیری می‌شود.

نقطه اول در این نمودار، عرض از مبدأ است که با متوسط نرخ بازده بدون ریسک در طول دوره زمانی مورد بررسی مطابقت دارد؛ نقطه دوم محل پرتفوی بازار است که با متوسط بازده و انحراف معیار بازده بازار در دوره ارزیابی مشخص می‌شود.

حال اگر پرتفوی پیشنهادی توسط الگوریتم ژنتیک بر اساس دو معیار فوق در بالای خط مذکور قرار گیرد، نشان دهنده عملکرد مطلوب و در غیر این صورت عملکرد نامطلوب خواهد بود. نمودار زیر با نمایش موارد فوق، نمایانگر مطلوب بودن عملکرد پرتفوی پیشنهادی توسط الگوریتم ژنتیک NSGA-II می‌باشد.



شکل - بررسی عملکرد پرتفوی بر اساس معیار شارپ

## مراجع و منابع:

- ۱- راموز- نجمه، "انتخاب پرتفوی بهینه با استفاده از مدل برنامه ریزی توافقی"، پایان نامه کارشناسی ارشد، تهران، دانشگاه الزهرا، ۱۳۸۱
- ۲- دلاور-علی، "مبانی نظری و علمی پژوهش"، ص ۱۲۰
- ۳- علیخانزاده، امیر، "داده کاوی"، ص ۲۵۶
- ۴- راعی، رضا، "مبانی مهندسی مالی و مدیریت ریسک" ص. ۱۱۹-۴۵
- ۵- جهانخانی، علی، پارسائیان، علی، "مدیریت سرمایه گذاری و ارزیابی اوراق بهادار" ص ۳۲۰
- ۶- راعی، رضا، تلنگی، احمد، "مدیریت سرمایه گذاری پیشرفته"، ص. ۱۵۳-۱۵۲
- ۷- ناهید، غلامرضا، (۱۳۸۷)، "ارائه مدل گزینش سبد سهام با استفاده از تصمیم گیری چند هدفه به راهنمایی علی محمد کیمیاگری"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی امیرکبیر
- ۸- خالوزاده، مجید، امیری، نسیم، (۱۳۸۵)، "تعیین سبد سهام بهینه در بازار بورس ایران بر اساس نظریه ارزش در معرض ریسک"، مجله تحقیقات اقتصادی، شماره ۷۳، ص. ۲۳۱-۲۱۱
- ۹- عبدالعلی زاده شهیر، سیمین، کوروش، عشقی، " کاربرد الگوریتم ژنتیک در انتخاب یک مجموعه دارایی از سهام بورس اوراق بهادار"، فصلنامه پژوهش های اقتصادی ایران، زمستان ۱۳۸۲، شماره ۱۷، ص. ۱۹۲-۱۷۵
- ۱۰- آذر، عادل، مومنی، منصور، (۱۳۸۷)، "آمار و کاربرد آن در مدیریت"،
۱۱. Gaivoronski A. , Pflug, G. , (۲۰۰۵), "Value at Risk in portfolio optimization: properties and computational approach", Journal of Risk, Vol. ۷, No. ۲, pp. ۱-۳۱ .
- سهام و خطرپذیری، شناسایی و در الگوهای مختلف، برای ارزیابی پرتفوی سهام به کار گرفته شده اند. در این پژوهش، سعی شد، ضمن شناسایی عوامل مالی مؤثر بر تصمیم گیری، راجع به انتخاب پرتفوی بهینه و به منظور رفع کاستی های یاد شده از الگوریتم ژنتیک که یکی از روش های پیشرفته تحقیق در عملیات می باشد، برای ارزیابی و انتخاب پرتفوی بهینه سهام شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران استفاده کنیم. با توجه به هدف اصلی پژوهش که بر مسأله انتخاب و بهینه سازی پرتفوی با به کارگیری اطلاعات بازده و ریسک روزانه سی شرکت برتر بورس اوراق بهادار تهران تأکید داشت، می توان چنین نتیجه گرفت که سبدهای حاصله با کمک الگوریتم ژنتیک NSGA-II عملکردی مطلوب داشته، بطوریکه عملکرد آن ها مطلوب تر از عملکرد بازار بوده و در نتیجه بکارگیری این ابزار برای سرمایه گذاران و همچنین مدیران پرتفوی ها می تواند مطلوب باشد. چگونگی تخصیص منابع و انتخاب نوع سرمایه گذاری از اهمیت بالایی برخوردار است؛ این تخصیص بهینه بالاخص در بازارهای مالی که عامل رشد و توسعه کشورها می باشند بسیار مهم می باشد. در پژوهش حاضر، به نوعی از بهینه سازی تخصیص منابع با عنوان انتخاب و بهینه سازی پرتفوی سهام با کمک الگوریتم ژنتیک NSGA-II پرداخته شد. با توجه به یافته های پژوهش حاضر، کاربرد الگوریتم ژنتیک NSGA-II در انتخاب و بهینه سازی سبد سهام مورد تأیید بوده و توصیه می شود. عملکرد موفق این الگوریتم در برتری نسبت به پرتفوی بازار گواهی است بر ادعای فوق که غیر قابل چشم پوشی و انکار است. استفاده از الگوریتم ژنتیک NSGA-II به مدیران پرتفوی ها نیز توصیه می گردد تا عملکرد سرمایه گذاری خویش را افزایش بخشند.

۲۳. Huang, X. , (۲۰۰۸), "Portfolio selection with new definition of risk", European journal of Operational research, ۱۸۶, PP, ۳۵۱-۳۵۷
۲۴. Yang, X. , (۲۰۰۶), "Improving portfolio Efficiency a genetic algorithm approach", computational economics, ۲۸, ۱, ۱-۱۴
۲۵. Lin, Chi. , Ming, Mitsuo, Gon. , (۲۰۰۷), "An effective decision-based genetic algorithm approach to multi objective portfolio optimization problem", Applied mathematical science, Vol. ۱, S, E, ۱-۲۱
۲۶. Lin, Chang. , Lin, Yi, Ting. , (۲۰۰۸), "Genetic algorithm for portfolio selection problem with transaction lost", European journal of operational research. , Vol. ۱۸۵, ISSUE, ۱, ۱۶, PP, ۳۹۳-۴۰۱
۲۷. Hoo, F, F. , Lin, Y, K. , (۲۰۰۹), "Mean-variance models for portfolio selection with fuzzy random returns", Springer, GAPP, ۱, mass compute ۲۰۰۹, ۳۰, ۹-۳۸
۲۸. Chang, T, G. , Yang, S, C. , Chang, K. G. , (۲۰۰۹), "portfolio optimization problem different risk measure using genetic algorithm", Expert system with application, ۳۶, ۱۰۵۲۹-۱۰۵۳۷
۲۹. Melanie, M. , (۱۹۹۹), "An Introduction to Genetic Algorithms", A Bradford Book The MIT Press Cambridge, Massachusetts-London, England, Fifth Printing
۳۰. Eiben, A. E, Smith, J. E. , (۲۰۰۳), "Introduction to Evolutionary Computing", Springer .
۳۱. Goldberg, D. , (۱۹۸۹), "Genetic Algorithm in search, Optimization and machine Learning", Addison-Wesely .
۱۲. Fama E. F. (۱۹۷۰), Efficient capital markets: A review of theory and empirical work. Journal of finance ,۲۵: ۲, pp. ۲۸۳-۴۱۷ .
۱۳. Aranha, C. ,& H. Iba,(۲۰۰۹), "The Memetic Tree-based Genetic Algorithm and its application to Portfolio Optimization", springer: Memetic Comp. (۲۰۰۹) ۱: ۱۳۹-۱۵۱
۱۴. sharp, Alexander & bailey. PP. ۱۳۹-۱۵۱, ۸۳۵-۸۴۸
۱۵. Lin, Chang. , Lin, Yi, Ting. , (۲۰۰۸), "Genetic algorithm for portfolio selection problem with transaction lost", European journal of operational research. , Vol. ۱۸۵, ISSUE, ۱, ۱۶, PP, ۳۹۳-۴۰۱
۱۶. eltan & gruber, ۱۹۹۵, pss
۱۷. Jones, Parker. , (۲۰۰۱), p, ۷۵
۱۸. Kelerer. , et al. , (۲۰۰۰), p, ۱۱۶
۱۹. bodie, kane & marcus, ۱۹۹۶, P. ۷۸۳
۲۰. Markowitz, H. , M. , (۱۹۵۲), "Portfolio Selection", The Journal of Finance, Vol. ۷, ۱, PP, ۷۷-۹۱
۲۱. Phillip, J. , (۱۹۹۶), "Value at risk, new benchmark for controlling market risk", Irwin professional publishing, Chicago
۲۲. Roy, A. D. , (۱۹۵۲), "Safety first and the holding of asset", Econometrics, ۲۰, PP, ۴۳۱-۴۴۹

۳۲. Gen, M. , Cheng, R. , (۱۹۹۷), "Genetic Algorithm and Engineering Design", Wiley Series in Engineering design and Automation New York .
۳۳. Joines JA, Culbreth CT. (۱۹۹۶), "Manufacturing cell design: An integer programming model employing genetic", IIE Transactions, ۲۸(۱), ۶۹-۸۵ .
۳۴. Srinivas, N. , Deb, K. , (۱۹۹۴), "Multiobjective Optimization Using Nondominated Sorting in Genetic Algorithms. Evolutionary Computation", Wiley, New York .
۳۵. Deb K. , Pratap A. , Agarwal S. , Meyarivan T. , (۲۰۰۲), "A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II ", IEEE Trans Evol Comput .