فصلنامه رویکردهای پژوهشی نوین در
مدیریت و حسابداری
سال هفتم، شماره ۸۹، تابستان ۱۴۰۲، ص ۱۶۰۹-۱۵۹۶

Journal of New Research Approaches
in Management and Accounting
ISSN: 2588-4573
http://www.majournal.ir

الگوریتم فراابتکاری اجتماع ذرات در بهینه سازی پورتفوی

رزا منتظری پرچیکلائی [۱]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۲۷ تاریخ چاپ: ۱۴۰۲/۰۶/۲۶

چکیده

سبد سهام به ترکیبی از سهام های مختلف گفته می شود که برای سرمایه گذاری تشکیل می گردد. مساله انتخاب سبد سهام بهینه یکی از پیچیده ترین مسائل حوزه مالی و سرمایه گذاری می باشد، این مساله را می توان به طور ساده به این صورت بیان کرد: یک مجموعه n تایی از سهم ها برای انتخاب وجود دارند، هر یک از این n سهم باید چند درصد از کل مبلغ سرمایه گذاری را به خود اختصاص دهند تا بازده کل سبد تشکیل شده حداکثر و ریسک کل ان حداقل شود. مساله انتخاب سبد سهام بهینه یک مسئله ان پی سخت است و در حالت کلی هیچ روش قطعی در زمان چند جمله ای برای یافتن جواب دقیق برای این مسئله وجود ندارد، بنابراین بایستی برای حل این مسئله استفاده از روش های هوشمند و فراابتکاری مورد توجه قرار گیرد. در این مقاله برای حل مساله انتخاب سبد سهام بهینه از روش فراابتکاری حرکت تجعی ذرات استفاده می گردد.

واژگان کلیدی

بهینه سازی، سبد سهام (پرتفوی)، الگوریتم حرکت تجمعی ذرات، بورس اوراق بهادار تهران، ریسک، بازده

۱. دانشجوی دکتری، مدیریت صنعتی، واحد فیروزکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروزکوه، ایران.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مقدمه

در اغلب مسائل بهینه سازی پرتفوی سهام و تعیین مرز کارای سرمایه گذاری، زمانی که تعداد دارایی های قابل سرمایه گذاری و محدودیت های موجود در بازار کم باشد توسط مدل ریاضی حل شدنی است اما هنگامی که شرایط و محدودیت های دنیای واقعی در نظر گرفته شود، مسئله بهینه سازی پرتفوی به راحتی حل نمی شود به همین دلیل استفاده از شیوه های فراابتکاری همچون شبکه های عصبی و سایر الگوریتم های تکاملی در بهینه سازی پرتفوی یکی از موضوعات مهم مورد بحث در دوران اخیر بوده است اما در این پژوهش ما به دنبال رویکرد دیگری برای بهینه کردن پرتفوی سرمایه گذاریها در شرکت های سرمایه گذاری هستیم که مشکلات شرح داده شده را می تواند برطرف سازد، به ان روش بهینه سازی چندهدفه پرتفوی سرمایه گذاری با رویکرد حرکت تجمعی ذرات گویند که با توجه به محدودیت های بازار نسبت به سایر روش ها موفق بوده است؛ بنابراین تعداد پژوهش ها و مطالعاتی که در زمینه بهینه سازی پرتفوی با استفاده از تکنیک حرکت تجمعی ذرات انجام شده است به نسبت سایر روش های ترکیبی بسیار کمتر بوده و یکی از جدیدترین روش های تکاملی بهینه سازی است. الگوریتم اجتماع ذرات pso یک الگوریتم بهینه سازی فرااکتشافی است که از حرکت گروهی پرندگان الگو گرفته است، در این الگوریتم هر پاسخ مسئله به صورت یک ذره که دارای یک مقدار و همچنین میزان تناسب است مدل می شود، همچنین در این پژوهش با هدف تشکیل پرتفوی بهینهو شناسایی مرز کارای سرمایه گذاری به بررسی امکان شناسایی و تشکیل پرتفوی بهینه توسط مدل فراابتکاری حرکت تجمعی ذرات پرداخته می شود.

مارکویتز در مسائل انتخاب پرتفوی، مدل میانگین- واریانس را پیشنهاد کرد که یکی از مهم ترین موضوعات تحقیق در تئوری مدرن مالی می باشد و رفتار سرمایه گذار را در محیط تصادفی با ترکیب نظریه احتمال و با روش های بهینه سازی مورد مطالعه قرار می دهد. (مارکویتز، ۱۹۵۲). بکارت بازده بازار را در ۱۹ بازار سهام نوظهور اندازه گیری و برآورد کرد. سپس ارتباط بین این برآورد را با مشخصات و عوامل دیگر بازده در کنار هم قرار داد و موانع سرمایه گذاری را به طور وسیعی بررسی کرد، اگرچه این تحلیل، مقدماتی و آزمایشی است اما برخی از نتایج را به روشنی به دست می آورد. (بکارت، ۱۹۹۵). سلیکورت و اوزیسکی به مسئله بهینه سازی چندهدفه سبد سهام پرداختند. آن ها عوامل مختلفی مانند عوامل اقتصادی، اجتماعی و سیاسی را در بهینه سازی سبد سهام در نظر گرفته اند و بازار تصادفی مورد مطالعه را با توجه به این عوامل و با استفاده از رویکرد زنجیره مارکوف مدل سازی کرده اند. (سلیکورت و اوزیسکی، ۲۰۰۷). چن و همکارانش از یک الگوی چند مرحله ای برای انتخاب پرتفوی بهینه با کمک الگوریتم ژنتیک استفاده کرده اند، بدین صورت علاوه بر انتخاب اوراق بهادار با کیفیت و بهینه سازی از بین این اوراق، همواره سعی در ثابت نگه داشتن ثروت پایان دوره سرمایه گذار دارند. (چن و دیگران، ۲۰۰۷). یان، میانو و لی در پژوهشی، با استفاده ترکیبی از روش های PSO و GA به انتخاب چندهدفه پرتفوی با استفاده از عامل ریسک نیم واریانس پرداخته اند. آن ها نشان دادند، استفاده ترکیبی از PSO و GA از

کاربرد هریک از آن ها به تنهایی به مراتب کاراتر است. (یان و دیگران، ۲۰۰۷). جوی و آنجلین به بررسی رابطه نقدشوندگی و انتخاب پرتفوی بهینه پرداخته اند. آن ها دریافتند که بهینه سازی پرتفوی بدون درنظر گرفتن سطح نقدشوندگی اوراق بهادار، منجر به ترکیب دارائی هایی با قدرت نقدشوندگی پایین در فرآیند تصمیم گیری پرتفوی، می شود. در حالی که از نکات کلیدی مدنظر سرمایه گذاران هنگام تشکیل پرتفوی، سطح نقدشوندگی اوراق بهادار است. (جوی و آنجلین، ۲۰۰۸). فرایتاس و همکاران شبکه های عصبی را برای پیش بینی پرتفوی بهینه انتخاب نمودند. در مطالعه اخیر با بهره گیری از مدل میانگین-واریانس و با بررسی فرصت های سرمایه گذاری در دوره های کوتاه مدت، خطای ناشی از پیش بینی پرتفوی حداقل گردید. (فرایتاس و همکاران، ۲۰۰۹). ژو وفن تئوری پرتفوی را جهت انتخاب پرتفوی بهینه در کشور چین جهت گسترش تکنولوژی ایجاد پرتفوی، با استفاده از بهینه پاره تو بررسی کرده اند. در این تحقیق محدودیت بر حداکثر ریسک اعمال می گردد، بررسی ها نشان می دهد که نوسازی سیاست تشکیل پرتفوی همواره امری ضروری می باشد. (ژو و فن، ۲۰۱۰). چن و ژانگ به بهینه سازی پرتفوی با در نظر گرفتن هزینه های معاملاتی با استفاده از الگوریتم حرکت تجمعی ذرات پرداختند. آن ها یافتند که الگوریتم های سنتی عملکرد مناسبی نداشته و الگوریتم های جدید کارایی موثرتری در مسئله انتخاب پرتفوی خواهند داشت. (چن و ژانگ، ۲۰۱۰). ژانگ و همکارانش موضوع تشکیل پرتفوی با ترکیب دارایی های بدون ریسک را بررسی نموده و در این راه از مدل میانگین- واریانس و الگوریتم فازی بهره جستند؛ و در نهایت با ارائه مسائل عددی، کارایی رویکرد فوق را بررسی و اثبات کرده اند (ژانگ و دیگران، ۲۰۱۱)

-روش تحقیق

تحقیق حاضر که در زمینه شناخت و تحلیل یک روش حل مساله بهینه‌سازی سبد سهام می‌باشد، از بعد هدف از نوع تحقیقات توصیفی- همبستگی[1] است. در این نوع تحقیقات بدون اینکه در متغیرها دخالتی صورت گیرد، جمع‌آوری می‌شوند. از بعد نحوه جمع‌آوری اطلاعات، تحقیق حاضر یک تحقیق اسنادی[2]- کتابخانه‌ای است. بدین معنی که تمامی اطلاعات لازم را از منابعی که در کتب، نوشته‌ها و تحقیقات قبلی موجود در کتابخانه‌ها یا بایگانی سازمان‌ها مکتوب است بدست می‌آورد و لزومی به مراجعه به افراد و انجام پرسش یا مشاهده یا مصاحبه وجود ندارد. از بعد نتیجه این تحقیق یک تحقیق کاربردی[3] است، زیرا در پی حل یکی از مسائل جاری مدیریت سرمایه‌گذاری در شرکت‌ها و موسسات سرمایه‌گذاری می‌باشد.

[1] Correlation Research
[2] Archival
[3] Applied

-جامعه ی آماری

شرکت های استفاده شده از تمامی گروه های سازمان بورس می باشد و اطلاعات آن هم از یکی از کارگزاری های بورس دریافت شده و مورد تایید می باشد، در این اطلاعات میانگین بازدهی و نیز انحراف معیار یا همان ریسک آن معرفی شده است. همچنین دوره زمانی که در این تحقیق به کار گرفته خواهد شد ۳ ساله است که دلایل انتخاب این دوره زمانی این است که اولا با توجه به نزدیکی محدوده زمانی پژوهش و تاریخ انجام آن، نتیجه حاصل از آن می تواند به میزان بیشتری در آینده تعمیم داده شود. ثانیا تنوع سهام در بازار بورس در سال های اخیر رونق بیشتری گرفته و شرکت های زیادی مورد پذیرش بورس قرار گرفته اند و توجه سرمایه گذاران نیز به سرمایه گذاری در سهام بیشتر شده است

-مدل های ریاضی

- ✓ **مدل شارپ (تک شاخصی)**

$$E_p = \sum_{i=1}^{N} x_i . E_i \qquad \max imumz = (1-\lambda).E_p - \lambda b_p$$
$$S.T: \qquad b_p = \sum_{i=1}^{N} x_i . b_i \qquad \sum_{i=1}^{N} x_i = 1$$
$$b_i = \frac{\mathrm{cov}(R_i . R_m)}{\mathrm{var}(R_m)} \qquad 0 \le \lambda \le 1 \qquad (۱)$$

اندیس ها و نمادهای بکار رفته در مدل:

i سهام مورد نیاز بخش **i**ام.

پارامترهای مدل:

E_p. بازدهی مورد انتظار پرتفوی.

E_i. بازدهی مورد انتظار طرح **i**ام.

b_i. نسبت کوواریانس عایدی ورقه **i**ام با بازار به واریانس بازار.

b_p ریسک پرتفوی.

متغیرهای تصمیم مدل:

x_i. بخشی از بودجه کل که در طرح **i**ام سرمایه گذاری می گردد.

λ. درجه ریسک گریزی سرمایه گذار.

تابع هدف:

بیشینه کردن نسبتی از بازدهی و ریسک پرتفوی.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

محدودیت های مدل:

محدودیت اول: درجه ریسک گریزی سرمایه گذار بین ۰ و ۱ می باشد.

محدودیت دوم: تمام بودجه باید صرف سرمایه گذاری گردد.

✓ **مساله بهینه سازی سبد سرمایهبا قید کاردینالی: (مارکویتز)**

$$\min \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} w_i . w_j . \sigma_{ij}$$

$$S.T:$$

$$\sum_{i=1}^{N} w_i . \mu_i = R^*$$

$$\sum_{i=1}^{N} w_i = 1$$

$$\sum_{i=1}^{N} z_i = k$$

$$z_i \in \{0,1\} ، i \in N = 1,2,3,\ldots$$

$$\varepsilon_i . z_i \le w_i \le \delta_i . z_i$$

$$i = 1,2,3\ldots N$$

اندیس ها و نمادهای بکار رفته در مدل:

ij. سهام مورد نیاز برای بخش های iام و jام.

پارامترهای مدل:

σ_{ij}. کوواریانس سهام i و j.

k. تنوع تعداد سهام.

R^*. بازده مطلوب سرمایه گذار.

متغیرهای تصمیم مدل:

w_i. وزن سهام i.

μ_i. میانگین بازده سهام i.

تابع هدف:

کمینه کردن کوواریانس سهام بخش های iام و jام.

محدودیت های مدل:

محدودیت اول: مجموع سرمایه گذاری سهام i برابر بازده ی مطلوب سرمایه گذار باشد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

محدودیت دوم: مجموع وزن سهام برابر ۱ باشد.

محدودیت سوم: این محدودیت تضمین می کند که k نوع سهم مختلف در پرتفوی موجود باشد.

-نحوه پیاده‌سازی

✓ هر سبد سهام به صورت یک آرایه در نظر گرفته شده است که طول این آرایه الزاماً باید برابر با یکی از دو حالت سی یا شصت سلولی باشد. در کل این آرایه که همان سبد سهام است در الگوریتم حرکت دسته پرندگان با عنوان مجموعه پرندگان شناخته می‌شود. از آنجا که الگوریتم مذکور، جمعیت‌محور[۴] است لذا با تکرار هر بار این آرایه یک جمعیت به جمعیت قبلی اضافه می‌شود و الگوریتم را قادر می‌سازد تا به حرکت خود با بررسی تعداد حالت‌های بیشتری بپردازد. در این الگوریتم تعداد جمعیت برابر با[۵] ۱۰۰ در نظر گرفته شده است.

در الگوریتم، برای تولید جمعیت اولیه که در نخستین تکرار[۶] از تولید جواب‌های غیرممکن جلوگیری شده است. به این معنا که:

- در مدل اول که محدودیت برای هر نوع سهام وجود دارد و می‌بایست بین حداقل و حداکثر انتخاب شود، می-بایست بین دو این دو حوزه به مدد فرمول زیر، یک عدد تصادفی ایجاد شود:

معادله ۱: معادله ایجاد جواب اولیه در این الگوریتم در مدلهای اولو دوم که با ممحدودیت کف و سقف انتخاب هر سهم مواجه است (۲- ۴)

$$x_i = min_i + (max_i - min_i) * rand()$$

بر این اساس، حتماً عدد ایجاد شده نیز شدنی است.

- همچنین در مدل دوم علاوه بر محدودیت کف و سقف، محدودیت تعداد سهام انتخاب شده نیز وجود دارد که برای این موضوع می‌بایست به تعداد مشخصی مانند K، تعداد سهام امکان انتخاب داشته باشند و در صورتی که هر سهم انتخاب شد، حال می‌بایست بین کف و سقف خود از آن انتخاب صورت گیرد. لذا ابتدا لازم است از بین سلول های مختلف تعداد K پرنده ابتدا برگزیده شود که این عمل در زبان متلب به صورت زیر خواهد بود:

[4] Population-based algorithms

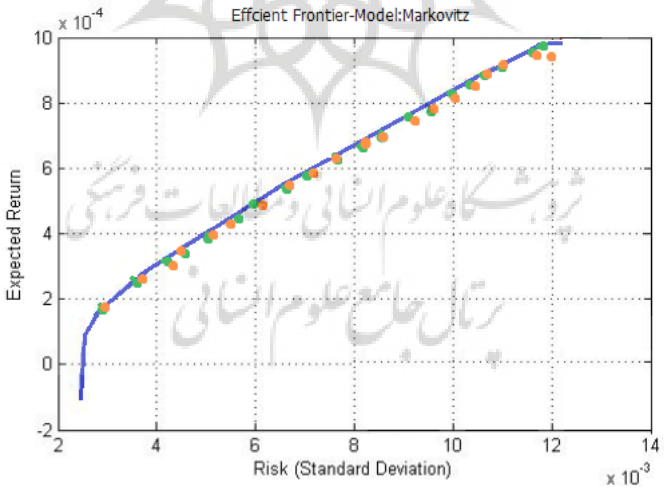
[5] Npop=100

۶. Iteration: هر الگوریتم از تعداد متناهی تکرار تشکیل شده است که به محض رسیدن به شرط توقف می‌تواند این تعداد تکرار متوقف شود.

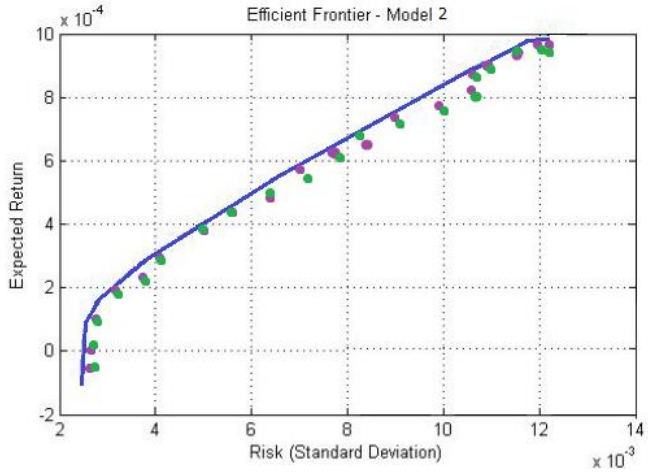
```
flag=0;
candidates=zeros(1,K);
while flag==0
candidates=randi([1,K],1,K);
if size(unique(candidates),2)==K
flag=1;
end
end
```

۵-نتایج اجرا

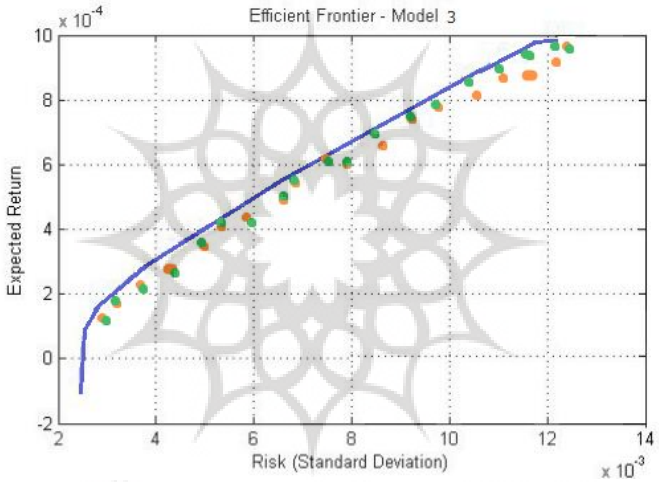
نتایج به دست آمده از الگوریتم فوق به همراه مرز کارای مدل میانگین-واریانس استاندارد مارکویتز و شارپ در چهار شکل جداگانه برای هر مدل رسم شده است. همان طور که در منحنی رنگ مرز کارای به دست آمده از شکل های زیر مشخص است، تکنیک مذکور توانسته است با دقت بسیار خوبی مسئله الگوریتم بهینه سازی پرتفوی را حل کند. نکته مهم دیگر آن است که گرچه صحبت از انتخاب سبدهای سی سهام و شصت سهامی به میان آمده است. انتخاب سبد سی سهامی به این معنی است که تعداد سهام انتخاب شده برابر ۳۰ سهام خواهد بود. همین تعریف برای سبد ۶۰ سهامی مطرح است. مشخص است که پس از حل مدل با الگوریتم پیشنهادی سهام هایی در سبد قرار می گیرند که اولا بازدهی بالایی داشته باشند ثانیا ریسک سبد انتخاب شده را حداقل کنند. در نمودار های زیر مرز کارای حاصل از پیاده سازی الگوریتم تحت مدل های شارپ و کاردینالی به ازای سبد های ۳۰ سهامی و ۶۰ سهامی ارائه شده است.



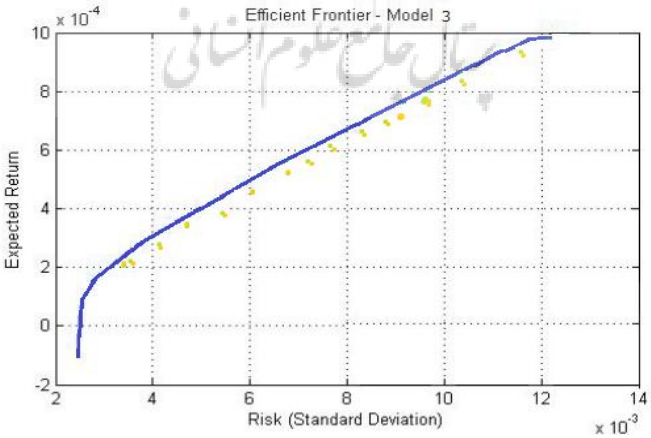
(نمودار ۱): مرز کارا و عملکرد الگوریتم‌پیشنهادی برای مدل شارپ روی سبد ۳۰ سهامی



(نمودار ۲): مرز کارا و عملکرد الگوریتم‌پیشنهادی برای مدل شارپ روی سبد ۶۰ سهامی



(نمودار ۳): مرز کارا و عملکرد الگوریتم‌پیشنهادی برای مدل مارکویتز روی سبد ۳۰ سهامی



(نمودار ۴): مرز کارا و عملکرد الگوریتم‌پیشنهادی برای مدل مارکویتز روی سبد ۶۰ سهامی

با مقایسه بازدهی و ریسک جواب ها در حال ۳۰ سهامی و ۶۰ سهامی روی مدل مارکویتز و شارپ متوجه می شویم که مدل مارکویئز بازدهی بالاتری را به دست آورده است اما در سبد های انتخابی آن، ریسک بازدهی بالاتر است. این در حالی است که مدل شارپ بازدهی کمتری کسب کرده اما ریسک کمتری را هم در سبد انتخابی لحاظ کرده است. چنانچه بتوان تبادلی بین این دو عامل مهم و اثر گذار تعیین کرد می توان یکی از این دو مدل را به عنوان مدل برتر انتخاب کرد.

(جدول ۲): بررسی عملکرد الگوریتم در دو حالت ۳۰ سهامی و ۶۰ سهامی در دو مدل مورد بررسی

تعداد فعالیت	مارکویتز		شارپ	
	تابع هدف	اختلاف با دوره آخر	تابع هدف	اختلاف با دوره آخر
سبدهای سی سهامی	214	0.044	324	0.028
	203	0.086	215	0.016
	200	0.077	211	0.042
	279	0.017	283	0.018
	213	0.087	213	0.013
	290	0.096	325	0.042
	204	0.032	207	0.049
	226	0.018	247	0.013
	202	0.015	202	0.091
	203	0.037	203	0.065
	222	0.095	237	0.066
	232	0.053	263	0.08
	308	0.002	310	0.008
	202	0.055	214	0.02
	249	0.095	287	0.037
سبدهای ۶۰ سهامی	223	0.075	322	0.066
	277	0.01	280	0.071
	223	0.097	223	0.041
	345	0.037	346	0.027
	322	0.016	322	0.032
	213	0.089	218	0.075
	201	0.081	234	0.072
	291	0.087	296	0.01
	380	0.072	392	0.035
	331	0.047	333	0.005
	224	0.031	227	0.04

تعداد فعالیت	مارکویتز		شارپ	
	تابع هدف	اختلاف با دوره آخر	تابع هدف	اختلاف با دوره آخر
	345	0.081	364	0.06
	275	0.099	365	0.021
	264	0.059	291	0.085
	227	0.072	252	0.072

از آنجا که این جدول دربردارنده تمامی نتایج اجرای الگوریتم است لذا به عنوان مرجعی برای تمامی نمودارهای این فصل تلقی می‌گردد. همانطور که از ستون‌های این جدول نیز مشخص است، ابتدا عملکرد الگوریتم حرکت دسته پرندگان مد نظر است. سپس بر مبنای مدلهای اجرا شده، عملکرد الگوریتم در قالب دو شاخص "تابع هدف" و "اختلاف با دوره آخر" در نظر گرفته شده است؛ به عبارت دیگر، معیار اصلی سنجش الگوریتم بر این مبنا واقع شده است که تا چه میزان توانسته است با توجه به دوره-های قبلی، سبدی را به طور مناسب تعیین نماید که در دوره نهایی، بیشترین سود را عاید نموده باشد. برای این منظور، محقق از مجموعه داده‌های دوره آخر برای سبد انتخاب شده (که به صورت داده‌های آزمایشی در هنگام آزمایش انتخاب شده بود)، سبد مورد نظر را استخراج و مشخص نموده بود که می‌بایست درصد هر سهم در سبد چه میزان باشد تا بیشترین سود را حاصل نماید. از سوی دیگر هر الگوریتم جوابی مبتنی بر این واقعیت ارائه داده است (که با توجه به دوره‌های قبلی، چه ترکیبی از هر سبد مناسب است و سود کل چه میزان است) که چه میزان سود عاید می‌گردد و در نهایت میزان اختلاف سود واقعی عاید شده با سود حاصل از ترکیب دوره آخر به عنوان "میزان اختلاف با دوره آخر" مطرح شده است.

نتیجه گیری

با توجه به خروجی های الگوریتم پیشنهادی و بررسی آن ها در میابیم که ریسک سبد سهام با مجموع ریسک پرتفوی یکسان نیست زیرا در حالتی که یک سبد سهام انتخاب می شود ریسک آن بر اساس اثر متقابل سهام های انتخاب شده روی هم محاسبه می شود و به عبارتی بر اساس کواریانس آن ها ریسک سبد انتخاب می شود.

دو عنصر مهم در مقوله سرمایه‌گذاری، ریسک و بازده می باشد. سرمایه گذاران همواره تمایل دارند تا در سطح معینی از ریسک، بازدهی خود را افزایش داده یا در سطح معینی از بازده، ریسک خود را کاهش دهند. مارکویتز با ارائه مدل خود در زمینه بهینه‌سازی سبد سهام نشان داد که با تشکیل سبدی از دارایی های مالی این امکان به وجود می آید که در سطح معینی از بازده ریسک را کاهش داد. این امکان به دلیل نبود همبستگی کامل بین بازده دارایی های مالی مختلف به وجود می آید، لذا سرمایه گذاران تمایل دارند تا با شناخت و انتخاب ترکیب بهینه دارایی‌های مالی در سبد سهام خود، بازده مورد انتظار خود را حداکثر و ریسک خود را حداقل نمایند.

منطقه موجه مساله بهینه‌سازی سبد سهام هنگامی‌که متغیرهای عدد صحیح در این مدل مورد استفاده قرار گیرد یک فضای گسسته را تشکیل می‌دهد که نمی‌توان با استفاده از تکنیک‌های قطعی اقدام به یافتن جواب بهینه کلی برای این مساله نمود. با توجه به موارد ذکر شده، در این تحقیق با استفاده از الگوهای فرا ابتکاری سعی در بهینه‌سازی مساله مقید بهینه‌سازی سبد سهامبر اساس معیارهای متفاوت ریسک شد.

مهمترین ویژگی مدل حرکت تجمعی ذرات این است که قابلیت تطبیق آن با مسائل پرتفوی وجود دارد و نیز به راحتی می توان آن را با مکانیزم های چند هدفه تلفیق و جواب های بهینه برای مدل های چند هدفه از آن استخراج کرد. لذا در این تحقیق روی بهینه سازی از طریق این الگوریتم تمرکز شد.

روش‌های قطعی[۷] هم چون برنامه‌ریزی درجه‌دوم[۸] در حل مساله مقید بهینه سازی سبد سهم بر اساس محدودیت‌های عدد صحیح از کارایی بالایی برخوردار نمی‌باشند. با توجه با اینکه الگوریتم‌های قطعی عموماً بر اساس مشتق تابع هدف به سمت نقطه بهینه حرکت می‌نمایند، در موقعیت‌هایی که منطقه موجه دارای گسستگی بوده و یا اینکه فضای جستجو دارای نقاط بهینه موضعی[۹] فراوانی باشد، نمی‌توانند به خوبی جواب بهینه کلی[۱۰] را شناسایی نمایند. به همین دلیل از آنجایی که الگوریتم PSO یک الگوریتم فراابتکاری است لذا نسبت به روش های حل دقیق زمان حل بسیار کوتاهتری را دارا می باشد اما کیفیت جواب آن با حل دقیق اختلاف ۲ الی ۵ درصدی دارد.

منابع و مآخذ

منابع فارسی

۱. پارکر جونز ج، (۱۳۸۰). " مدیریت سبد سرمایه گذاری"، ترجمه محمد شاه علیزاده، چاپ اول، انتشارات جامعه ی دانشگاهی، تهران.

۲. تقی فرد محمدتقی، منصوری طاها، خوش طینت محسن، (۱۳۸۶) "ارائه یک الگوریتم فراابتکاری جهت انتخاب سبد سهام با در نظر گرفتن محدودیت های عدد صحیح" فصلنامه پژوهش های اقتصادی،۴: ۴۹- ۶۹.

۳. تقی فرد، محمدتق، منصوری، طاها و خوش طینت، محسن (۱۳۸۶) "ارائه یک الگوریتم فراابتکاری جهت انتخاب سبد سهام با در نظر گرفتن محدودیت های عدد صحیح" فصلنامه پژوهش های اقتصادی، ۴، ۶۹- ۴۹.

۴. تلنگی ا، (۱۳۷۷) "طراحی مدل ریاضی برای انتخاب پرتفولیوی بهینه با استفاده از منطق برنامه ریزی فازی" دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد.

[7] Deterministic
[8] Quadratic Programming
[9] Local Optimum
[10] Global Optimum

۵. تهرانی، رضا و نوربخش، عسگر، (۱۳۸۷) "مدیریت سرمایه گذاری" انتشارات نگاه دانش.

۶. جونز، پ، مدیریت سرمایه گذاری. چاپ پنجم، انتشارات نگاه دانش، ترجمه و اقتباس رضا تهرانی و عسگر نوربخش، تهران. ص ۱۲- ۱۵ ۱۹۴۳

۷. جهانخانی ع، و پارسانیان ع، (آبان ۱۳۷۵). " بورس اوراق بهادار تهران"، چاپ دوم، انتشارات دانشکده مدیریت دانشگاه تهران.

۸. جهانخانی، علی و پارسیان، علی، (۱۳۸۰) "مدیریت سرمایه گذاری و ارزیابی اوراق بهادار" چاپ اول، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

۹. حسینی س. ع، کرمی غ. ر، شفیع پور. س، م. (۱۳۸۹) "بررسی ارتباط عملکرد شرکت ها و نقد شوندگی بازار سهام" فصلنامه بورس اوراق بهادار، شماره ۱۱، ص ۴۲- ۲۵.

۱۰. دموری د، فرید د. (۱۳۹۰) "پیش بینی شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از الگوریتم پرواز پرنده گان و مقایسه آن با الگوهای سنتی" مجله دانش حسابداری، شماره ۵، ص ۳۰- ۷

۱۱. راعی د، و پویان فرا، (۱۳۸۹). " مدیریت سرمایه گذاری پیشرفته "، چاپ چهارم انتشارات سمت.

۱۲. راعی، (۱۳۷۷) "طراحی مدل سرمایه گذاری مناسب در سبد سهام با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی" دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، رساله ی دکترا.

۱۳. راعی، رضا و تلنگی، احمد، (۱۳۸۷) "مدیریت سرمایه گذاری پیشرفته" انتشارات سمت.

۱۴. راعی، رضا و سعیدی، علی. مبانی مهندسی مالی و مدیریت، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، انتشارات سمت، ۱۳۸۳، ص ۱۳۲

۱۵. راعی، رضا و سعیدی، علی، (۱۳۸۷) "مبانی مهندسی مالی و مدیریت ریسک" سازمان مطالعه و تدوین علوم انسانی دانشگاه ها (سمت)، چاپ دوم.

۱۶. رحمتی م، (شهریور ۱۳۸۷) "انتخاب سبد سهام بهینه مبتنی برارزش در معرض ریسک به عنوان معیار ریسک و با استفاده از الگوریتم های فراابتکاری" دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد.

۱۷. رضایی پنداری ع، (۱۳۸۷) "ارائه ی یک مدل ریاضی برای انتخاب پرتفوی سهام با استفاده از برنامه ریزی آرمانی" دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه تربیت مدرس، پایان نامه کارشناسی ارشد.

۱۸. ستایش م. ح، کاظم نژاد م، شفیعی م. ج (۱۳۸۸) "کاربرد الگوریتم ژنتیک در تعیین ساختار بهینه سرمایه شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران" بررسی های حسابداری و حسابرسی، دوره ۱۶، شماره ۵۶، ص ۵۸- ۳۹.

۱۹. شهرآبادی ا، و بشیری ن، (۱۳۸۹). "مدیریت سرمایه گذاری در بورس اوراق بهادار"، چاپ اول، انتشارات شرکت اطلاع رسانی و خدمات بورس.

۲۰. عبدالعلی زاده شهیر سیمین و عشقی، کوروش (۱۳۸۲) "کاربرد الگوریتم ژنتیک در انتخاب یک مجموعه دارایی از سهام بورس اوراق بهادار" فصلنامه پژوهش های اقتصادی، ۱۷، ۱۹۲- ۱۷۵.

۲۱. عبدی قیداری م، (بهمن ۱۳۸۳) "بررسی بهینه سازی سرمایه گذاری با مرور مدل های سرمایه گذاری در پرتفوی اوراق بهادار" دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه شهید بهشتی، پایان نامه کارشناسی ارشد.

۲۲. محمدی استخری ن، (مهر ۱۳۸۵) "انتخاب یک سبد سهام از بین سهام شرکت های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از مدل بهینه سازی الگوریتم ژنتیک" دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد.

۲۳. نویدی ح. ر، نجومی مرکیدا، میرزا زاده، ح، (۱۳۸۸) "تشکیل پرتفوی بهینه در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از الگوریتم ژنتیک" مجله ی تحقیقات اقتصادی، شماره ی ۸۹، صفحات ۲۶۲- ۲۴۳.

منابع لاتین

1. Anglin.P.M, Gau.Y. (2008) "IntegratingIlliquid Assets into the portfolio decision process" University of auelph.
2. Bekaert, G. (1995) "Market integration and investment barriers in emerging equity markets" Word Bank Economic Review 9, 75-107.
3. Chen, M.ch, wong, ch.ch, cheung, B.K.S, tang, G.Y.N. (2007) "Genetic Algorithms in Multi-Stage portfolio optimization system" LNCS 4234 springer-verlag Berlin Heidelberg.
4. Chen, N.F, Zhang. F. (1997) "Correlations, trades and stock returns of the pacific Rim markets" Pacific Basin Finance Journal 5, 559-577.
5. Chen, W, Zhang, W.G. (2010) "The admissible portfolio selection problem with transaction costs and an improved pso algorithm" Physica A, No 389, 2070-2076.
6. Chiam, S.C.KC. (2008) "A memetic model of evolutionary pso for computational finance applications" Expert systems with Applications. 36, 3695-3711.
7. Cura Tunchan. (2009) "Particle swarm optimization approach to portfolio optimization" Nonliner Analysis, Real word Applications. 10, 2396-2406.
8. Fraitas, F.D, Souza, A.F.D, Almeida, A.R.D. (2009) "Prediction-based portfolio optimization model using nearal networks" Neuro computing, No 72, 2155-2170.
9. Gaumnitz, Jack E. (1967) "InvestmentDiversification underuncertainty: AnExamination of the Numberof securities in a Diversified portfolio" unpublished Ph.D. dissertation, Stanford university.
10. Jensen, M. (1968) The Performance of Mutual Find in the period 1945-1964. Journal of Finance, V.1, 5, No, 2, PP, 389-416.
11. Kennedy, J. Eberhart. R. (1995) "Particle Swarm Optimization" proceedings of IEEE International conference on Neural Networks, IV. pp. 1942-1948.

12. Kozlov, M.K: S.P.Tarasovand leonid G.khachiyan. (1979) "Polynomial solvability of convex quadratic programming" Doklady Akademii Nauk SSS R 248: 1049-1051.
13. Maringer, D. (2001) "Optimizing portfolios with Aut systems" International ICSC congress on computational Intelligence.
14. Markowitz H.M. (1952) "portfolio selection" the journal of finance, volume 7, Issue 1 pp. 77-91.
15. Sahni, S. (1974) "computationally related problems" SLAM Jornal on computing, 3, 279-362.
16. Sharp, W.F. (1966) Mutual Fund performance, Journal of Business. PP. 119-138, 1966.
17. S.M. seyed hosseini, S.J. sadjadi. (2010) "Nulti-period portfolio selection with Different of Transaction cost's" International Jornal of Industrial Engineering&Production Research, 2010, P. 45-51.
18. Treynor, J. (1965) How to Rate Management of Investment Fund, Harvard Business Review, PP. 63-75, 1965.
19. U celikyurt, Sozekici. (2007) "Multi period portfolio optimization models in stochastic markets using the mean-variance approach" European journal of operational research 179, 186-202.
20. Yan. Wei, Rang. Miao, shurang. Li. (2007) " Multi-period semi-variance portfolio selection models and numerical solution" Applied mathematics and computation 194, 128-134.
21. Zhang, W.G, Zang, X, Chen, Y. (2011) "Portfolio adjusting optimization with added assets and transaction costs hased on credibility measure" Insurance: Mathematics and Economics, No 49, 353-360.
22. Zhu, L, Fan, Y. (2010) "Optimization of china's generating portfolio and policy implications based on portfolio theory" Energy, No 35, 1391-1402.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی