Archive of SID

فصلنامــه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گــذاری
سال هشتم/ شماره سی‌ام/ تابستان ۱۳۹۸

انتخاب سبد سهام فازی با استفاده از الگوریتم هوشمند ترکیبی با در نظر گرفتن ریسک نامطلوب

حجت الله انصاری
استادیار دانشگاه الزهرا، تهران، ایران
hjtansari@gmail.com

عادل بهزادی
دانشجوی دکترای مهندسی مالی دانشگاه تهران، تهران، ایران(نویسنده مسئول)
adel_behzadi@ut.ac.ir

مصطفی امام دوست
دانشجوی دکترای مالی دانشگاه تهران
emamdoost@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۱/۰۹ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۱/۲۸

چکیده

مطالعات تجربی نشان می‌دهد بازده دارایی‌ها نرمال و متقارن نمی‌باشد، بنابراین واریانس نمی‌تواند به‌درستی به‌عنوان معیار ریسک مناسب مورداستفاده قرار گیرد. در این پژوهش بازده دارایی‌ها به‌عنوان یک عدد فازی در نظر گرفته‌شده است و از معیار ریسک نامطلوب، نیمه واریانس و نیمه قدر مطلق انحراف از میانگین به‌عنوان معیار ریسک استفاده‌شده است. در ادامه به‌منظور حل مدل‌های مذکور از دو روش هوشمند ترکیبی بر مبنای الگوریتم ژنتیک و الگوریتم تکامل دیفرانسیلی برای بهینه‌سازی پرتفوی استفاده‌شده و در انتها با استفاده از معیار عملکرد اقتصادی مورد مقایسه قرار گرفته‌شده است. به‌منظور نشان دادن کارایی مدل‌ها از داده‌های بورس اوراق بهادار تهران استفاده شد. یافته‌ها نشان دادند که فقط استفاده از معیار نیمه‌قدرمطلق انحراف از میانگین در حالت استفاده از الگوریتم تکامل دیفرانسیلی کارایی بیشتری دارد و همچنین استفاده از روش هوشمند ترکیبی بر مبنای الگوریتم تکامل دیفرانسیلی در دو مدل کارایی بالاتری نسبت به روش هوشمند ترکیبی بر مبنای الگوریتم ژنتیک دارد.

واژه‌های کلیدی: : بهینه‌سازی پرتفوی فازی، معیار ریسک نامطلوب ، نظریه اعتبار، الگوریتم‌های تکاملی ،شاخص عملکرد اقتصادی.

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

انتخاب سبد دارایی‌ها یکی از موضوعاتی است که سرمایه‌گذاران در دنیای واقعی با آن روبرو هستند. در نظریه پرتفوی مدرن، دارایی را به‌عنوان متغیر تصادفی در نظر گرفته می‌شود و از واریانس به‌عنوان معیار ریسک استفاده می‌شود. اما این فرضیات در نظر گرفته می‌تواند باعث به وجود آمدن فضای غیرواقعی بر مسئله می‌شود و نیاز به تعدیل فرضیات مذکور می‌باشد. بعد اول مسئله مربوط به در نظر گرفتن بازده سهم به‌عنوان یک متغیر تصادفی است که جای خالی نظرات کارشناسی و خبرگان حس شده و نیاز به این است که بازده سهام به شکل کاراتری مدل شود. یکی از رویکردهایی که در این زمینه می‌توان به کار برد استفاده از نظریه فازی می‌باشد.

می‌توان با استفاده از منطق فازی، این عدم اطمینان را به شکل ساده‌تر و کاراتری مدل کنیم. نظر کارشناسان و خبرگان با استفاده از منطق فازی به‌راحتی در مدل لحاظ می‌شود. پژوهشگران به این نتیجه رسیدند که نظریه احتمالات قابلیت پاسخگویی به این پیچیدگی‌ها را ندارد. در این تحقیق نیز از منطق فازی برای حل این مشکل استفاده‌شده است[۱].

از طرفی مطالعات تجربی نشان می‌دهد که بازده دارایی‌ها نرمال و متقارن نمی‌باشد. بنابراین معیار واریانس نمی‌تواند به‌خوبی نمایانگر ریسک پرتفوی سبد سهام باشد. بنابراین می‌بایست از معیارهای ریسک نامطلوب برای مدل کردن ریسک سبد سهام استفاده کرد. ازجمله معیارهای ریسک نامطلوبی که در این زمینه می‌توان به‌جای واریانس استفاده کرد از نیمه واریانس می‌توان استفاده کرد. معیار ریسک نامطلوب دیگری که می‌توان در این زمینه مورداستفاده قرار داد استفاده از نیمه‌قدر مطلق انحراف از میانگین است.

در پژوهش پیشرو قصد داریم که فرضیات مسئله بهینه‌سازی پرتفوی را به دنیای واقعی نزدیک کنیم. بنابراین اولاً مسئله بهینه‌سازی پرتفوی در محیط فازی بررسی‌شده و ثانیاً معیارهای ریسک نامطلوب ذکرشده(نیمه واریانس و نیمه قدر مطلق انحراف از میانگین) به‌جای واریانس مورداستفاده قرار گرفته‌شده است. سپس به‌منظور حل این مدل از روشی خلاقانه بر مبنای دو الگوریتم ترکیبی بر اساس الگوریتم‌های ژنتیک، تکامل دیفرانسیل، شبیه‌سازی فازی و شبکه عصبی استفاده‌شده است.

بخش‌های ارائه‌شده در این مقاله به این شرح است که در بخش دوم مقاله پیشینه تحقیق راجع به موضوع موردنظر ارائه‌شده است، در بخش سوم مبانی نظری در مورد منطق فازی، نظریه اعتبار و محاسبات فازی مربوط به پرتفوی ارائه‌شده است. در بخش بعدی مدل‌های موردنظر انتخاب ارائه‌شده است. در بخش چهارم الگوریتم حل ارائه‌شده است. سپس یافته‌های پژوهش از طریق داده‌های بورس اوراق بهادار تهران ارائه‌شده است و در انتها نتیجه‌گیری و جمع‌بندی ارائه‌شده است.

۲- مبانی نظری و مروری بر پیشینه پژوهش

مارکویتز مدل پرتفوی بهینه خود را مبتنی بر واریانس به‌عنوان شاخص ریسک ارائه داد[۲]. بعدازاین مدل محققان مدل‌های انتخاب سبد سهام را با استفاده از معیارهای ریسک مختلف توسعه دادند. ازجمله مارکویتز در مقاله دیگری نیمه‌واریانس را برای معیار ریسک بکار گرفت[۳]. کونو و یامازاکی قدر مطلق انحراف از میانگین را

www.SID.ir

Archive of SID

به‌عنوان معیار ریسک در نظر گرفتند و مدل میانگین- قدر مطلق انحراف از میانگین خود را ارائه دادند [۱]. جوریون مدل میانگین- ارزش در معرض خطر[۱] خود را در حوزه خدمات مالی ارائه کرد [۴] و روکافلر و یوراسر ریسک سرمایه‌گذاری را برای بازده از پیش تعیین‌شده ارائه کردند و مدل میانگین- ارزش در معرض خطر شرطی[۲] را ارائه کردند[۵].

در مقالات ذکرشده بازده دارایی‌ها به‌عنوان متغیر تصادفی در نظر گرفته‌شده است. اما درواقع مقدار بازده دارایی‌ها مبهم است. این ابهام می‌تواند ناشی از اطلاعات کیفی، ناقص و غیرقابل‌دسترس باشد. به همین جهت برای مدل کردن این ابهام از منطق فازی و تئوری امکان که توسط لطفی‌زاده ارائه گردید استفاده می‌شود [۱]. مجموعه‌های فازی و نظریه امکان ازجمله ابزارهای مفید برای مدل کردن ابهام و عدم‌قطعیت داده‌ها می‌باشند که دارای قدرت بالا و پیچیدگی پایین برای حل مسائل سرمایه‌گذاری هستند[۱]. با ارائه این رویکرد محققان زیادی بهینه‌سازی پرتفوی را در محیط فازی موردمطالعه قرار دادند که در ادامه به تعدادی از این تحقیقات اشاره‌شده است.

تاناکا و جیو از نظریه امکان برای مدل کردن عدم اطمینان بازده دارایی‌ها و شناسایی کمترین مقدار و بالاترین مقدار یک متغیر فازی با تابع توزیع امکان معلوم استفاده کردند[۶].

اینیگوچی و رامیک نحوه برنامه‌ریزی خطی ریاضی با رویکرد فازی را ارائه دادند مزایا و معایب این رویکرد را با ارائه کاربرد در مسئله انتخاب پرتفوی مطرح کردند[۷].

آرناس و همکاران مدلی در قالب برنامه‌ریزی آرمانی را با توجه به سه معیار بازده، ریسک و نقد شوندگی برای سرمایه‌گذاران خرد ارائه دادند. در مدل ارائه‌شده توسط آن‌ها محدودیت‌ها نیز فازی در نظر گرفته شد و در مرحله بعد با استفاده از الگوریتم ژنتیک این مسئله حل شد[۸].هوانگ در مقاله دیگری به‌جای واریانس از آنتروپی[۳] به‌عنوان معیار ریسک- که نسبت به تقارن تابع درجه اطمینان بی‌تفاوت است- در مسئله پرتفوی فازی استفاده کرد و در آخر آن را به‌وسیله الگوریتم ترکیبی هوشمند آن را حل کرد[۹].

باتاچاریا و همکاران با استفاده از اندازه اعتبار مدل خود را مبتنی بر میانگین، آنتروپی و چولگی ارائه دادند و بازده دارایی‌ها را عدد فازی مثلثی در نظر گرفتند و در انتها به‌وسیله شبیه‌سازی فازی و الگوریتم ژنتیک مسئله را حل کردند[۱۹]. ژانگ و همکاران مسئله تعدیل پرتفوی برای پرتفوی موجود را موردبحث قرار دادند که در آن بازده دارایی‌ها متغیر فازی و مدل به‌صورت میانگین بازده با در نظر گرفتن هزینه تراکنش بر اساس اندازه امکان ارائه گردید[۱۰].

لی و همکاران به دلیل عدم تقارن و غیرنرمال بودن توزیع بازده دارایی‌ها، علاوه بر میانگین و واریانس، چولگی را نیز در نظر گرفتند و مسئله را با در نظر گرفتن بازده به‌عنوان یک عدد فازی مثلثی مدل کردند و با استفاده از الگوریتم ژنتیک و شبیه‌سازی فازی مدل خود را حل کردند[۱۱]. دستخوان و همکاران سعی کردند مدل بهینه‌سازی پرتفوی را به واقعیت نزدیک کنند. به همین دلیل آن‌ها ترجیحات سرمایه‌گذاران را که از طریق متغیرهای زبانی[۴] بیان می‌شود و هزینه‌های تراکنش را در مدل خود لحاظ کردند. در این مدل معیار ریسک را قدر مطلق انحراف از میانگین در نظر گرفته شد و در انتها مدل ارائه‌شده را به‌وسیله الگوریتم ژنتیک حل

www.SID.ir

Archive of SID

کردند[۱۲].کوین و همکاران اندازه اعتبار قدر مطلق انحراف از میانگین را به‌عنوان معیار ریسک بکار بردند و مدل میانگین– قدر مطلق انحراف از میانگین را ارائه دادند و به‌وسیله الگوریتم ترکیبی مبتنی بر شبیه‌سازی فازی و الگوریتم ژنتیک مدل را حل کردند[۱۳].

هوانگ دو مدل بیشینه کمینه[۵] بازدهی و کمینه بیشینه[۶] واریانس را با استفاده از اندازه اعتبار ارائه داد که در یک مدل با در نظر گرفتن بیشینه مقدار واریانس در محدودیت، بازدهی در بدترین شرایط بیشینه و در مدل دیگر با در نظر گرفتن حداقل بازدهی در محدودیت واریانس در بدترین شرایط مینیمم می‌شود و در انتها مدل ارائه‌شده را به‌وسیله الگوریتم ژنتیک حل کردند[۱۴].

گوبتا و همکاران با استفاده از اندازه اعتبار و در نظر گرفتن بازد کوتاه‌مدت، بازده بلندمدت، نیمه‌واریانس و نقدینگی در تابع هدف مسئله پرتفوی بهینه را مدل کردند و برای حل این مدل از برنامه‌ریزی آرمانی و ترکیبی از شبیه‌سازی فازی و الگوریتم ژنتیک استفاده کردند[۱۵].

شمس و دستخوان، مدل تعیین سبد بهینه‌ی سهام با سه هدف بازده کلی، ریسک سبد و نقد شوندگی سبد موردمطالعه قرار دادند و کارایی مدل را با استفاده از داده‌های بورس اوراق بهادار تهران نشان دادند[۱۶].یحیی-زاده و همکاران با استفاده از عدد فازی تصادفی مدل انتخاب سبد سهام را ارائه دادند. در این مدل‌ها خوش‌بینی و بدبینی سرمایه‌گذار و نظر خبرگان در نظر گرفته شد و در انتها به این نتیجه رسیدند که در حالت خوش‌بینی کامل، مرز کارای به‌دست‌آمده بالاتر از مرز کارای مدل مارکویتز است ولی در حالت بدبینی کامل مرز کارا پایین-تر از مرز کارای مدل مارکویتز است[۱۷]. صباغیان طوسی و مسعودی‌مقدم در شرایط فازی مدلی بر مبنای میاگین-واریانس – چولگی ارائه دادند و به‌منظور حل مدل از الگوریتم شبیه‌سازی فازی استفاده کردند[۱۸].همتی و همکاران با استفاده از برنامه‌ریزی خطی فازی مسئله تنظیم مجدد پرتفوی را با در نظر گرفتن سه هدف حداکثر کردن سود، حداکثر کردن نقد شوندگی و حداقل کردن ریسک حل کردند[۱۹].

۲-۱- مبانی نظری

- **مروری بر مفاهیم فازی و نظریه اعتبار**

تئوری فازی توسط پرفسور لطفی زاده در سال ۱۹۶۵ در مقاله‌ای بنام مجموعه‌های فازی معرفی گردید. یکی از مهم‌ترین بخش‌های نظریه فازی که برای مواجهه شدن با اکثر پدیده‌های جهان واقع که در آن‌ها عدم قطعیت وجود دارد مورداستفاده قرار می‌گیرد، تئوری امکان[۷] می‌باشد[۲۰]. این نظریه تا حدودی مشابه نظریه احتمال می‌باشد، با این تفاوت که در تئوری احتمال وقوع یک پیشامد بر اساس تعداد وقوع آن درگذشته می‌باشد درحالی که در نظریه امکان، امکان وقوع یک حادثه علاوه بر مطالعات آماری درباره آن، به امکان وقوع آن واقعه ازلحاظ منطقی نیز وابسته می‌باشد. بااینکه میزان امکان یک رویداد فازی، بسیار مهم و پرکاربرد است اما به‌هرحال این فاکتور فاقد خاصیت خود -دوگانگی[۸] است.

عدم داشتن این خاصیت منجر به این خواهد شد که حداکثر امکان یک رویداد فازی(یعنی یک) نتواند وقوع قطعی این رویداد را تضمین نماید و درنتیجه نمی‌توان به این مقدار اعتماد نمود. در سال۲۰۰۲، لیو و لیو تئوری اعتبار را

www.SID.ir

Archive of SID

به‌عنوان یک گزینه رقیب برای امکان مجموعه فازی، ارائه کردند[۲۱]. امتیاز این معیار داشتن خاصیت خود-دوگانگی است. لذا نظریه اعتبار پس از ارائه بر اساس مفاهیم پایه‌ای مطرح‌شده به‌سرعت گسترش یافت[۲۲]. توجه شود که در این مقاله هرگاه نامی از اعتبار یک رویداد فازی برده شد، منظور میزان شانس وقوع یک رویداد فازی است.

برای فهم هر چه بیشتر مطالب مطرح‌شده در این مقاله، در ادامه مروری اجمالی بر دانستنی‌های موردنیاز مرتبط با متغیرهای فازی و تئوری اعتبار خواهد شد.

تعریف۱: فرض کنید ξ یک متغیر فازی با تابع عضویت μ، و u و r اعداد حقیقی باشند، میزان امکان یک رویداد فازی با مشخصه $\xi \geq r$ برابر است با:

$$pos\{\xi \geq r\} = \sup \mu(u) . \quad u \geq r \qquad (۱)$$

تعریف ۲: فرض کنید ξ یک متغیر فازی با تابع عضویت μ، و u و r اعداد حقیقی باشند، میزان الزام[۹] یک رویداد فازی با مشخصه $\xi \geq r$ برابر است با:

$$Nec\{\xi \geq r\} = 1 - pos\{\xi < r\} = 1 - sup_{u<r}\mu(u) . \quad u \geq r \qquad (۲)$$

تعریف ۳: فرض کنید ξ یک متغیر فازی با تابع عضویت μ، و u و r اعداد حقیقی باشند، میزان اعتبار یک رویداد فازی با مشخصه $\xi \geq r$ برابر است با میانگین حسابی مقدار امکان و الزام آن رویداد فازی. یعنی:

$$cr\{\xi \geq r\} = \frac{1}{2}(Pos\{\xi \geq r\}+\mathrm{Nec}\{\xi \geq r\}) \qquad (۳)$$

- **محاسبه پارامترهای موردنیاز**

در این بخش نحوه محاسبه پارامترهایی که در مدل مورداستفاده قرار می‌گیرد توضیح داده‌شده است. برای این کار در

جدول ۱ تعاریف پارامترهای موردنیاز با استفاده از نظریه اعتبار ارائه‌شده است. در این جدول ξ یک متغیر فازی مثلثی در نظر گرفته‌شده است و امید ریاضی، واریانس، نیمه واریانس و نیمه قدر مطلق انحراف از میانگین ارائه‌شده است.

ازآنجاکه در این پژوهش از عدد فازی مثلثی استفاده می‌شود بنابراین باید پارامترهای موردنظر برای عدد فازی مثلثی محاسبه شود. به این منظور در جدول محاسبات لازم برای عدد فازی مثلثی با پارامترهای $(a.b.c)$ با میانگین e ارائه‌شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱-تعاریف پارامترها برای متغیر فازی ξ

پارامتر	پژوهش	تعریف
امید ریاضی	[۲۱]	$E[\xi]=\int_0^{+\infty} Cr\{\xi \geq r\}dr-\int_{-\infty}^{0} Cr\{\xi \leq r\}dr$
واریانس	[۲۱]	$V[\xi]=\int_0^{+\infty} Cr\{(\xi-E[\xi])^2\} \geq r\}dr$
چولگی	[۲۱]	$Sk[\xi]=\int_0^{+\infty} Cr\{(\xi-E[\xi])^3\} \geq r\}dr$
کشیدگی	[۲۳]	$K[\xi]=\int_0^{+\infty} Cr\{(\xi-E[\xi])^4\} \geq r\}dr$
قدر مطلق انحراف از میانگین	[۲۱]	$Sabs[\xi]=\int_0^{+\infty} Cr\{(\xi-E[\xi])^-\} \geq r\}dr$
نیمه واریانس	[۲۱]	$SV[\xi]=\int_0^{+\infty} Cr\{((\xi-E[\xi])^-)^2\} \geq r\}dr$

جدول ۲- محاسبات مربوط به عدد فازی مثلثی با پارامترهای $(a.b.c)$ با میانگین e

پارامتر	پژوهش	مقدار
امید ریاضی	[۲۱]	$E[\xi]=(a+2b+c)/4$
واریانس	[۲۱]	$V[\xi]=\frac{33\alpha^3+21\alpha^2\gamma+11\alpha\gamma^2-\gamma^3}{384\alpha}$ $\alpha=max\{b-a,c-b\},\gamma=min\{b-a,c-b\}$
چولگی	[۲۴]	$Sk(\xi)=\frac{(c-a)^2}{32}[(c-b)-(b-a)]$
کشیدگی	[۲۳]	$K[\xi]=\frac{253\alpha^5+395\alpha^4\gamma+17\alpha\gamma^4+290\alpha^3\gamma^2+70\alpha^3\gamma^3-\gamma^5}{10.240\alpha}$ $\alpha=max\{b-a,c-b\},\gamma=min\{b-a,c-b\}$
قدر مطلق انحراف از میانگین	[۲۳]	$\rho_{\bar{EAD}}(\xi)=(3\max(b-a,c-b)+\min(b-a,c-b))^2/64R$

www.SID.ir

Archive of SID

- **محاسبات پارامترها برای مسئله پرتفوی**

حال اگر ξ_i متغیر فازی نشان‌دهنده بازده داراییi ام باشد آنگاه بازده پرتفوی برای n سهم با بردار وزنی $x_1.x_2.x_3.\dots.x_n$ پرتفوی موردنظر بر اساس اصل گسترش لطفی‌زاده عبارت $\tilde{\xi} = \sum_{j=1}^{n} x_j\xi_j$، نیز یک متغیر فازی است. پس برای به دست آوردن امید ریاضی، واریانس، نیمه واریانس و نیمه قدر مطلق انحراف از میانگین مشابه با یک متغیر فازی برخورد می‌کنیم. حال اگر فرض کنید اگر $\xi_j = (a_j.b_j.c_j)$ متغیر فازی مثلثی باشد. آنگاه پرتفوی موردنظر یعنی $\tilde{\xi} = \sum_{j=1}^{n} x_j\xi_j$، متغیر فازی مثلثی با پارامترهای $(\sum_{j=1}^{n} x_j a_j.\sum_{j=1}^{n} x_j b_j.\sum_{j=1}^{n} x_j c_j)$ می‌باشد.

۳- فرموله کردن مدل و الگوریتم حل

- **ارائه مدل**

جهت ارائه مدلی برای انتخاب پرتفوی، با در نظر گرفتن $\tilde{\xi}_i$ به‌عنوان عدد فازی برای بازده هر یک از سهام و x_i متغیر تصمیم مرتبط با وزن (نسبت سرمایه‌گذاری) هر یک از سهام پرتفوی در نظر گرفته و عموماً بازده ($\tilde{\xi}_i$) هر سهم به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\tilde{\xi}_i = \frac{P_i' + d_i - P_i}{p_i} \qquad (۴)$$

p_i، P_i' و d_i به ترتیب برابر با قیمت سهم i در زمان حال، قیمت تخمینی در طول دوره موردنظر هستند. ازآنجایی‌که P_i' و d_i در زمان حال برای سرمایه‌گذار نامشخص هستند، اگر آن‌ها به‌صورت متغیرهای فازی تخمین زده شوند، $\tilde{\xi}_i$ نیز یک متغیر فازی است. بنابراین بازده یک پرتفلیو با n سهم با بردار وزنی $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ یعنی $\tilde{\xi} = \sum_{i=1}^{n} x_i\tilde{\xi}_i$، نیز یک متغیر فازی است.

حال مدل موردنظر بر مبنای نیمه واریانس عبارت است از:

$$\min\ SV\left[\sum_{i=1}^{n} x_i\xi_i\right] \qquad (۵)$$

St:

مدل(۱)

$$E[\sum_{i=1}^{n} x_i\tilde{\xi}_i] \geq \alpha \qquad (۶)$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_i = 1, x_i \geq 0 \quad i = 1,2,\dots,n \qquad (۷)$$

در مدل(۱)، رابطه (۵) نشان‌دهنده تابع هدف مربوط به کمینه کردن نیمه‌واریانس است. رابطه (۶) نشان‌دهنده حداقل مقدار بازده مورد انتظار سرمایه‌گذار است و رابطه (۷) نشان‌دهنده عدم وجود فروش استقراضی است.

حال اگر بخواهیم مدلی پیشنهاد دهیم که معیار ریسک نامطلوب را در نظر بگیرید، می‌توانیم از تابع هدف به‌جای واریانس از نیمه واریانس استفاده کنیم:

www.SID.ir

Archive of SID

مدل(۲)

$$\min\ Sabs\left[\sum_{i=1}^{n} x_i\xi_i\right] \qquad (۸)$$

St:

$$E[\sum_{i=1}^{n} x_i\xi_i] \geq \alpha \qquad (۹)$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_i = 1, x_i \geq 0 \quad i = 1,2,\dots,n \qquad (۱۰)$$

در ساختار مدل (۳) همه ضوابط مانند مدل(۲) در نظر گرفته‌شده است به‌استثنای رابطه(۱۱) که از نیمه قدر مطلق انحراف از میانگین به‌عنوان معیار ریسک استفاده‌شده است.

- **الگوریتم حل**

برای حل مدل‌های ارائه‌شده از دو روش ترکیبی هوشمند استفاده می‌شود. روش اول از ترکیب شبیه‌سازی فازی، شبکه عصبی و الگوریتم ژنتیک است. روش دوم مشابه به روش قبل است با این تفاوت که از الگوریتم تکامل دیفرانسیلی به‌عنوان الگوریتم جستجو به‌جای الگوریتم ژنتیک استفاده می‌شود. در ادامه درباره کدام از مفاهیم ذکرشده توضیحاتی ارائه‌شده است.

۳-۱- شبیه‌سازی فازی

شبیه‌سازی فازی ابتدا توسط لیو در سال ۲۰۰۴ به‌طور مفصل موردبحث قرار گرفت. در الگوریتم پیشنهادی، شبیه‌سازی فازی برای محاسبه مقدار گشتاورهای مختلف متغیر فازی بکار برده می‌شود. در ادامه نحوه محاسبه مقادیر گشتاورهای فازی از طریق این روش توضیح داده‌شده است.

فرض کنید $x = (x_1.x_2.\dots.x_n)$ یک بردار تصمیم، $\xi = (\xi_1.\xi_2.\dots.\xi_n)$ بردار فازی و $\mu = (\mu_1.\mu_2.\dots.\mu_n)$تابع درجه عضویت بردار فازی ξ است. $F(x.\xi)$ یک عبارت فازی است که قصد محاسبه گشتاور اول یا امید ریاضی آن (در اینجا $\sum_{i=1}^{n} \xi_i x_i$) را داریم. مقدار ورودی الگوریتم بردار x است و مقدار خروجی آن $E(F(x.\xi))$ است. حال برای محاسبه مقدار امید ریاضی گام‌های زیر طی می‌شود:

گام اول: $e = 0$ در نظر گرفته می‌شود.

گام دوم: مقدار u_{ij} به‌صورت تصادفی به‌طوری تولید می‌شود که برای متغیر فازی $\xi_i (i = 1.2.3.\dots.n)$ ، عبارت $\mu_j(w_{ji}) \geq \varepsilon$ برقرار باشد. در اینجا j نشان‌دهنده شمارنده عدد تصادفی تولیدشده است که مقادیر $j = 1.2.3\dots.N$ را در برمی‌گیرد توجه داشته باشید که N یک مقدار بسیار بزرگ، $u_j = (u_{1j}.u_{2j}.\dots.u_{nj})$ و $\mu(u_j) = \mu_{1j}(u_{1j}) \wedge \mu_{2j}(u_{2j}) \dots \wedge \mu_{nj}(u_{1j})$ است.

گام سوم: اعداد a و b به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$a = F(x.u_1) \wedge F(x.u_2) \wedge \dots \wedge F(x.u_N) = min_{1\leq j\leq N} F(x.u_j)$$
$$b = F(x.u_1) \vee F(x.u_2) \vee \dots \vee F(x.u_N) = max_{1\leq j\leq N} F(x.u_j)$$

www.SID.ir

Archive of SID

گام چهارم: عدد تصادفی y را در بازه $[a.b]$ تولید می‌شود.

گام پنجم: اگر $y \geq 0$ باشد آنگاه $\{Cr\{F(x.\xi) \geq y\}$ $e \leftarrow e + Cr\{F(x.\xi) \geq y\}$ که:

$$Cr\{F(x.\xi) \geq r\} = \frac{1}{2}\left(max_{1\leq j\leq N}\{\mu(u_j)|F(x.u_j) \geq y\} + 1 - max_{1\leq j\leq N}\{\mu(u_j)|F(x.u_j) < y\}\right)$$

گام گام ششم: اگر $y \leq 0$ باشد آنگاه $\{Cr\{F(x.\xi) \leq y\}$ $e \leftarrow e - Cr\{F(x.\xi) \leq y\}$ که:

$$Cr\{F(x.\xi) \leq y\} = \frac{1}{2}\left(max_{1\leq j\leq N}\{\mu(u_j)|F(x.u_j) \leq y\} + 1 - max_{1\leq j\leq N}\{\mu(u_j)|F(x.u_j) > y\}\right)$$

گام هفتم: گام‌های ششم تا هفتم را N بار تکرار کن.

گام هشتم: $$E\big(F(x.\xi)\big) = \max(0.a) + \min(0.b) + e.(b-a)/N$$

حال برای به دست آوردن واریانس، کافی است که در الگوریتم بالا در گام سوم به‌جای مقادیر a و b، مقادیر زیر جایگزین شود:

$$a = min_{1\leq j\leq N}\left(F(x.u_j) - E(F(x.\xi))\right)^2$$
$$b = max_{1\leq j\leq N}\left(F(x.u_j) - E(F(x.\xi))\right)^2$$

همچنین برای به دست آوردن نیمه واریانس، کافی است که در الگوریتم بالا در گام سوم به‌جای مقادیر a و b، مقادیر زیر جایگزین شود:

$$a = min_{1\leq j\leq N}\left(F(x.u_j) - E(F(x.\xi))\right)^2$$
$$b = max_{1\leq j\leq N}\left(F(x.u_j) - E(F(x.\xi))\right)^2$$

همچنین برای به دست آوردن نیمه قدر مطلق انحراف از میانگین، کافی است که در الگوریتم بالا در گام سوم به‌جای مقادیر a و b، مقادیر زیر جایگزین شود:

$$a = min_{1\leq j\leq N}\left(F(x.u_j) - E(F(x.\xi))\right)^-$$
$$b = max_{1\leq j\leq N}\left(F(x.u_j) - E(F(x.\xi))\right)^-$$

۳-۲- الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک که روش بهینه‌سازی الهام گرفته از طبیعت جاندار(موجودات زنده) است که می‌توان در طبقه‌بندی‌ها، از آن به‌عنوان یک روش عددی، جستجوی مستقیم و تصادفی یادکرد. این الگوریتم، الگوریتمی مبتنی بر تکرار است با تقلید از تعدادی از فرآیندهای مشاهده‌شده در تکامل طبیعی اختراع‌شده است و به‌طور مؤثری از خصوصیت قدیمی موجود در یک جمعیت استفاده می‌کند، تا حل‌های جدید و بهبودیافته را ایجاد کند.

www.SID.ir

Archive of SID

این الگوریتم در مسائل متنوعی نظیر بهینه‌سازی، شناسایی و کنترل سیستم، پردازش تصویر و مسائل ترکیبی، تعین توپولوژی و آموزش شبکه‌های عصبی مصنوعی و سیستم‌های مبتنی بر تصمیم و قاعده به کار می‌رود. این الگوریتم برای بهینه‌سازی، جستجو و یادگیری ماشین مورداستفاده قرار می‌گیرد. اساس این الگوریتم قانون تکامل داروین (بقا بهترین) است که می‌گوید: موجودات ضعیف‌تر از بین می‌روند و موجودات قوی‌تر باقی می‌مانند. درواقع تکامل فرآیندی است که روی رشته‌ها صورت می‌گیرد، نه روی موجودات زنده‌ای که معرف موجودات رشته است. درواقع، قانون انتخاب طبیعی برای بقا می‌گوید که هر چه امکان تطبیق موجود بیشتر باشد بقای موجود امکان‌پذیرتر است و احتمال تولیدمثل بیشتری، برایش وجود دارد. این قانون بر اساس پیوند بین رشته‌ها و عملکرد ساختمان‌های رمزگشایی‌شده آن‌ها می‌باشد. برای دریافت جزئیات بیشتر در مورد این الگوریتم پیشنهاد می‌شود که به [۲۵]مراجعه شود.

۳-۳- الگوریتم تکامل دیفرانسیلی

الگوریتم تکاملی دیفرانسیلی (*DE*) اولین بار توسط استورن و پرایس در سال ۱۹۹۵ میلادی معرفی گردید[۲۶, ۲۷]. زمینه‌های استفاده از آن در حل مسائل مختلف، باعث رشد فزاینده‌ای در پذیرش آن از سوی جوامع تحقیقاتی گردیده است که این نکته گواهی بر سادگی و توانایی آن می‌باشد[۲۶]. از سال ۱۹۹۸، DE کاربردهای علمی بسیاری در حل مسائل علوم و زمینه‌های تحقیقاتی مختلف نظیر برازش منحنی[۱۰]، مثلا برازش یک تابع غیرخطی به داده‌های انتشارنور[۱۱]، و ... داشته است. محققین مختلف، به‌منظور افزایش کارایی الگوریتم، گل‌ها آن را با سایر رویکردهای حل بهینه‌سازی نیز ترکیب کرده‌اند.

الگوریتم تکاملی دیفرانسیلی از قابلیت بسیار زیادی برای حل مسائل بهینه‌سازی محدودیت دار برخوردار است و توانایی حل مسائل با توابع هدف غیرخطی و مشتق‌ناپذیر را داراست. از سوی دیگر متغیرهای این الگوریتم اعداد حقیقی هستند، مطالعات کاربردهای مختلف الگوریتم تکاملی دیفرانسیلی در حل مسائل گوناگون و مقایسه نتایج این مطالعات نشان داده است DE در مسائلی که متغیرهای آن از نوع چه مقدار و چه تعداد می‌باشد عملکرد بهتری از خود نشان می‌دهد. مقایسه نتایج با سایر الگوریتم‌های تکاملی و حتی سایر الگوریتم‌های فرا ابتکاری نشان داده است DE ازلحاظ سرعت در رسیدن به جواب خوب با سایر الگوریتم‌ها قابل‌مقایسه است[۲۶]. توصیه می‌شود برای دریافت بیشتر جزئیات به [۲۵]مراجعه شود.

۳-۴- الگوریتم هوشمند ترکیبی

ترکیبی از روش‌های فوق برای بهینه‌سازی پرتفوی مورداستفاده قرار می‌گیرد که گام‌های زیر را طی می‌کند:

گام اول: تولید داده‌های ورودی و خروجی برای استفاده در شبکه عصبی

گام دوم: طراحی شبکه عصبی برای استفاده در الگوریتم بهینه‌سازی

گام سوم: بهینه‌سازی توسط الگوریتم ژنتیک یا الگوریتم تکامل دیفرانسیلی با استفاده از شبکه عصبی به‌عنوان تابع برازش

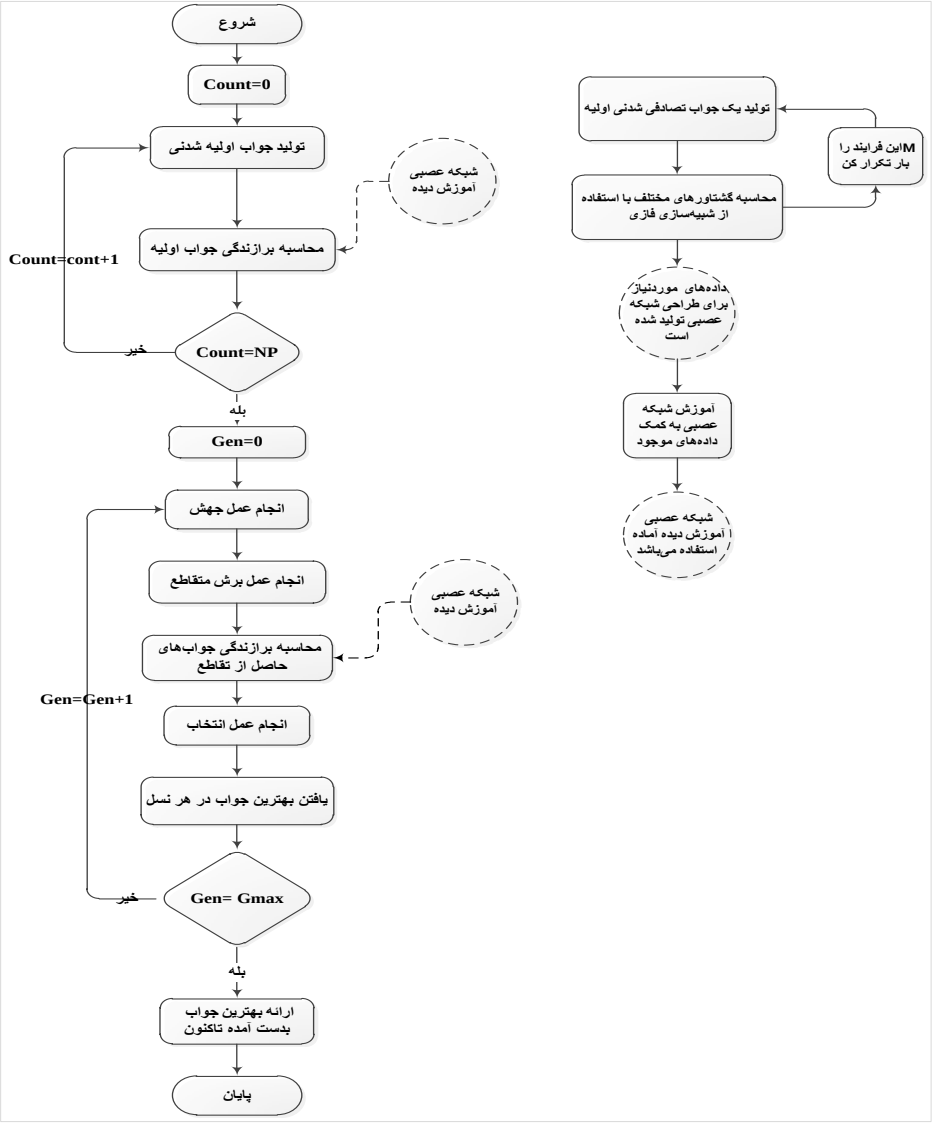
www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۱روش هوشمند ترکیبی بر اساس الگوریتم تکامل دیفرانسیلی را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌کنید ابتدا شبکه عصبی به‌وسیله داده‌های تولیدشده توسط شبیه‌سازی فازی آموزش داده می‌شود و سپس شبکه عصبی تولیدشده، برای محاسبه میزان برازش جواب‌های تولیدشده در الگوریتم تکامل دیفرانسیلی استفاده می‌شود. شکل ۲روش هوشمند ترکیبی را بر مبنای الگوریتم ژنتیک نشان می‌دهد. روش حل مانند روش قبل است با این تفاوت که از الگوریتم ژنتیک برای بهینه‌سازی استفاده می‌شود.

www.SID.ir

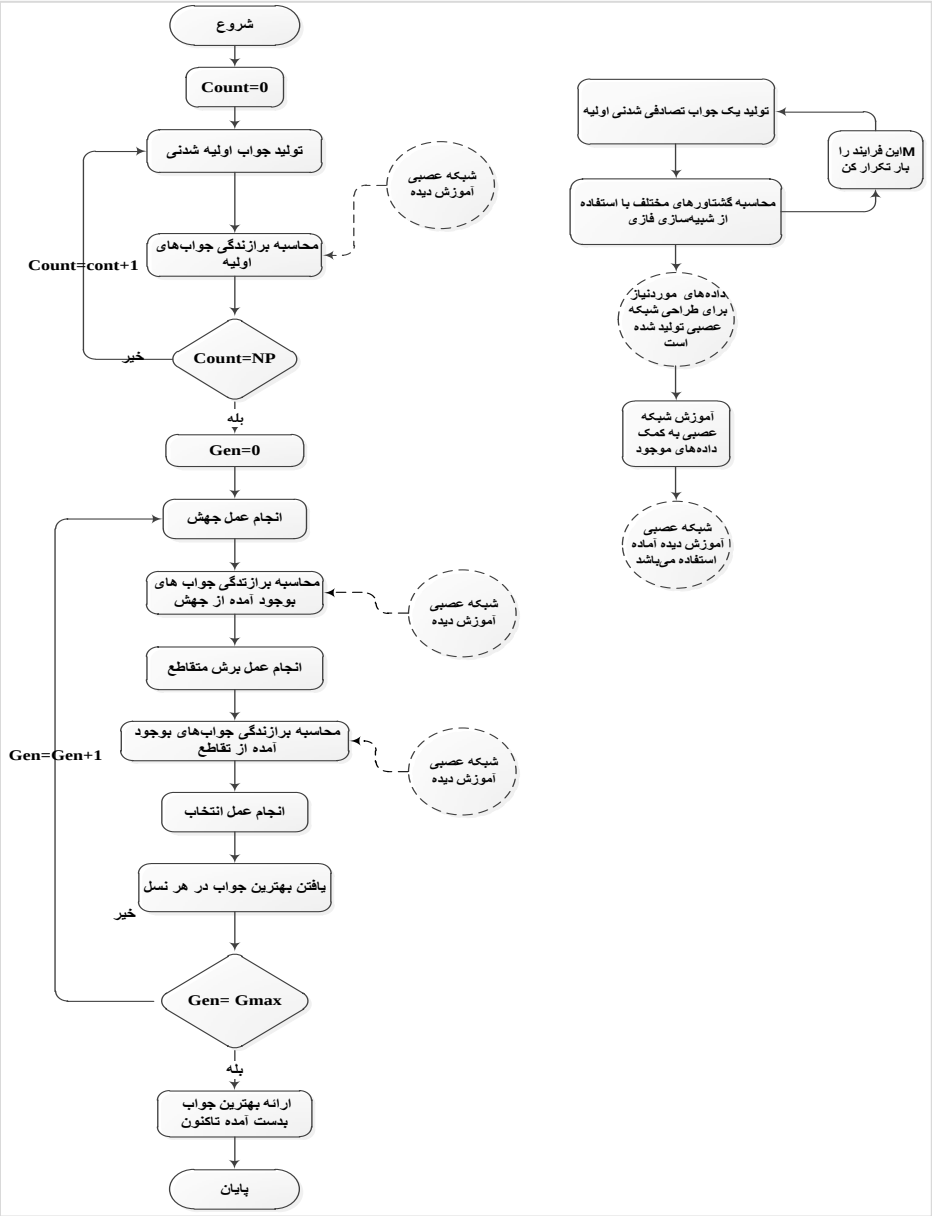
Archive of SID



شکل ۱. فلوچارت الگوریتم بر مبنای شبیه‌سازی فازی، شبکه عصبی و الگوریتم تکامل دیفرانسیلی

www.SID.ir

Archive of SID



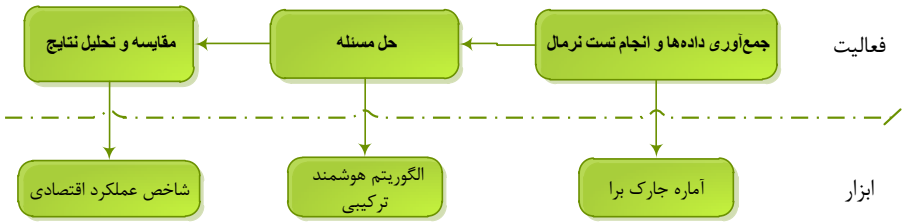
شکل ۲. فلوچارت الگوریتم بر مبنای شبیه‌سازی فازی، شبکه عصبی و الگوریتم ژنتیک

www.SID.ir

Archive of SID

۴- یافته‌های پژوهش (مطالعه موردی)

در این بخش قصد داریم مدل‌های ارائه‌شده در بخش قبل را بر روی داده‌های بورس اوراق بهادار تهران اجرا کنیم. در
شکل ۳ چارچوب انجام این کار توضیح داده‌شده است.



شکل ۳- چارچوب انجام پژوهش

- **جمع‌آوری داده‌ها و انجام تست نرمال**

در این مقاله سعی شده است که از داده‌های پنجاه سهم برتر در بورس استفاده شود. بازه زمانی به‌صورت ماهانه از شهریورماه ۱۳۸۸ تا شهریورماه ۱۳۹۳ به‌صورت بازدهی ماهانه بکار گرفته‌شده است. به علت عدم وجود کامل داده‌های همه این شرکت‌ها در این بازه زمانی در انتها ۵۰ شرکت انتخاب شد.

در این پژوهش از عدد فازی مثلثی برای تخمین بازده دارایی‌ها استفاده‌شده است. همان‌طور که می‌دانیم عدد فازی مثلثی دارای سه پارامتر *(a,b,c)* است که برای برآورد این پارامترها از مینیمم، میانه و ماکزیمم این بازده در طول این دوره زمانی استفاده‌شده است. در جدول فهرست شرکت‌ها و بازده‌های فازی متناسب با هرکدام از شرکت‌ها ارائه‌شده است.

برای اینکه نشان دهیم توزیع داده‌ها نرمال و متقارن نیست از آزمون جارک برا[۱۲] استفاده‌شده است. آماره این آزمون به‌صورت زیر است[۲۸]:

$$JB = \frac{n}{6}(s^2 + \frac{(k-3)^2}{4}) \qquad (۱۱)$$

در این رابطه n تعداد نمونه، s چولگی و k کشیدگی داده‌ها را نشان می‌دهد. توجه داشته باشید که این آماره از توزیع مربع کای با دو درجه آزادی پیروی می‌کند. نتایج آزمون برای شرکت‌های موردنظر در جدول ۴- ارائه‌شده است.در جدول ٤- ، فرض صفر به معنی پذیرش نرمال بودن دارایی‌ها و فرض یک به معنی عدم پذیرش فرض نرمال بودن بازده دارایی‌ها است. همان‌طور که مشاهده می‌کنید بازده دارایی‌ها همواره نرمال نیست. بنابراین برای کامل‌تر شدن مدل می‌بایست از معیارهای ریسک نامطلوب استفاده کرد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۳- شرکت‌های موردبررسی و مقادیر بازده به‌صورت عدد فازی مثلثی

ردیف	نماد	چارک اول	میانه	چارک سوم	ردیف	نماد	چارک اول	میانه	چارک سوم
۱	وبانک	-۳.۶٪	۲.۲٪	۱۲.۹٪	۲۶	شبهرن	-۶.۰٪	۱.۶٪	۱۲.۷٪
۲	ثشاهد	-۴.۴٪	۲.۱٪	۶.۶٪	۲۷	ونوین	-۳.۶٪	۱.۷٪	۹.۱٪
۳	خبهمن	-۵.۳٪	۰.۹٪	۹.۷٪	۲۸	وامید	-۱.۹٪	۳.۱٪	۱۱.۳٪
۴	وبملت	-۲.۷٪	۱.۴٪	۸.۰٪	۲۹	شاراک	-۴.۶٪	۲.۷٪	۱۳.۶٪
۵	وپارس	-۲.۴٪	۴.۱٪	۸.۷٪	۳۰	وپخش	-۰.۵٪	۰.۵٪	۵.۱٪
۶	خگستر	-۱۰.۲٪	-۱.۸٪	۱۸.۳٪	۳۱	شفن	-۲.۴٪	۴.۷٪	۱۵.۲٪
۷	ورنا	-۷.۴٪	-۰.۳٪	۷.۸٪	۳۲	شخارک	-۲.۲٪	۵.۳٪	۱۱.۴٪
۸	سهرمز	-۰.۳٪	۰.۱٪	۵.۳٪	۳۳	ثمسکن	-۶.۳٪	-۰.۸٪	۵.۲٪
۹	کچاد	-۵.۱٪	۰.۹٪	۱۰.۸٪	۳۴	وبهمن	-۴.۸٪	-۰.۲٪	۷.۱٪
۱۰	فخاس	-۳.۹٪	۰.۷٪	۸.۰٪	۳۵	شیراز	-۲.۱٪	۴.۶٪	۱۴.۹٪
۱۱	فخوز	-۳.۷٪	۳.۹٪	۱۴.۱٪	۳۶	سفارس	-۷.۰٪	۰.۵٪	۵.۷٪
۱۲	فولاد	-۳.۷٪	۲.۹٪	۱۳.۰٪	۳۷	ولساپا	-۶.۱٪	۰.۹٪	۱۰.۶٪
۱۳	وغدیر	-۴.۴٪	۱.۳٪	۱۱.۶٪	۳۸	وصندوق	-۴.۰٪	۱.۸٪	۱۱.۹٪
۱۴	کگل	-۳.۱٪	۲.۲٪	۹.۹٪	۳۹	غبشهر	-۲.۰٪	۲.۹٪	۱۱.۹٪
۱۵	فایرا	-۱۲.۰٪	-۰.۳٪	۶.۱٪	۴۰	خساپا	-۶.۵٪	۰.۳٪	۱۲.۴٪
۱۶	خودرو	-۷.۹٪	۰.۸٪	۱۰.۶٪	۴۱	وساپا	-۶.۴٪	۱.۱٪	۱۲.۳٪
۱۷	ثاخت	-۳.۷٪	-۱.۴٪	۳.۳٪	۴۲	تایرا	-۶.۱٪	-۲.۴٪	۶.۹٪
۱۸	رانفور	-۰.۸٪	۴.۵٪	۱۵.۵٪	۴۳	بترانس	-۱۰.۴٪	۴.۲٪	۱۱.۶٪
۱۹	وکار	-۱.۲٪	۳.۲٪	۶.۸٪	۴۴	وبشهر	-۶.۴٪	۱.۶٪	۱۰.۴٪
۲۰	حکشتی	-۴.۴٪	-۰.۶٪	۵.۴٪	۴۵	وسینا	-۱.۹٪	۳.۲٪	۹.۱٪
۲۱	ومعادن	-۱.۹٪	۴.۳٪	۱۳.۵٪	۴۶	سمازن	-۱.۴٪	۰.۶٪	۷.۰٪
۲۲	رمپنا	-۲.۹٪	۱.۷٪	۱۶.۲٪	۴۷	ستران	-۳.۵٪	۱.۷٪	۸.۱٪
۲۳	اخابر	-۲.۹٪	۱.۱٪	۱۰.۵٪	۴۸	حتاید	-۹.۰٪	-۰.۵٪	۲.۳٪
۲۴	فملی	-۴.۷٪	۴.۴٪	۱۲.۴٪	۴۹	وتوسم	-۲.۹٪	-۰.۲٪	۵.۵٪
۲۵	ونفت	-۴.۶٪	-۰.۱٪	۷.۵٪	۵۰	وسپه	-۲.۹٪	۱.۵٪	۷.۱٪

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- شرکت‌های موردبررسی و بررسی نرمال بودن با استفاده از آماره جارک برا

ردیف	نماد	مقدار بحرانی	p-value	فرض مورد قبول	ردیف	نماد	مقدار بحرانی	p-value	فرض مورد قبول
۱	وبانک	۳.۱۷۵۱۳۳۵۴۷	۰.۰۸۸۷۷	۰	۲۶	شبهرن	۱۳.۲۰۳۱۸۵۵۵	۰.۰۰۸۰۹	۱
۲	ثشاهد	۶.۲۳۹۳۰۰۸۷۱	۰.۰۳۱۶۴	۱	۲۷	ونوین	۳.۳۴۵۳۱۰۷۶۸	۰.۰۸۲۴۸	۰
۳	خبهمن	۱.۳۹۲۸۸۴۰۴۱	۰.۳۳۷۵۲	۰	۲۸	وامید	۱۸.۳۵۴۰۴۸۷	۰.۰۰۴۰۱	۱
۴	وبملت	۳۵.۸۴۱۸۹۳۰۵	۰.۰۰۱	۱	۲۹	شاراک	۱.۳۴۲۱۶۸۷۹۸	۰.۳۵۲۷۶	۰
۵	وپارس	۱.۵۶۰۹۶۷۷۹۵	۰.۲۹۰۱۲	۰	۳۰	وپخش	۲۱.۲۳۸۳۴۰۸۷	۰.۰۰۲۸۸	۱
۶	خگستر	۸.۹۹۵۷۸۰۲۹۴	۰.۰۱۷۰۲	۱	۳۱	شفن	۲.۷۲۳۶۱۱۷۵۳	۰.۱۱۲۶۳	۰
۷	ورنا	۶.۶۵۸۱۰۱۲۲	۰.۰۲۸۴۹	۱	۳۲	شخارک	۲۷.۲۴۳۱۳۳۶۱	۰.۰۰۱۵۶	۱
۸	سهرمز	۱۳۹.۶۹۵۳۴۳۴	۰.۰۰۱	۱	۳۳	ثمسکن	۴.۸۲۰۱۹۸۸۰۹	۰.۰۴۷۵۵	۱
۹	کچاد	۴۶.۴۱۷۳۹۰۱۵	۰.۰۰۱	۱	۳۴	وبهمن	۱۶.۱۲۳۵۱۱۸۷	۰.۰۰۵۳۶	۱
۱۰	فخاس	۲۰.۹۳۶۰۷۵۰۵	۰.۰۰۲۹۸	۱	۳۵	شیراز	۲۲۱.۵۴۲۵۰۲۹	۰.۰۰۱	۱
۱۱	فخوز	۳.۷۸۶۱۱۰۴۶۱	۰.۰۶۸۹۶	۰	۳۶	سفارس	۵۶.۷۹۵۳۳۹۲	۰.۰۰۱	۱
۱۲	فولاد	۰.۲۴۵۲۱۶۸۰۷	۰.۵	۰	۳۷	ولساپا	۹.۰۴۲۶۲۴۵۰۷	۰.۰۱۶۸۶	۱
۱۳	وغدیر	۴.۴۴۳۵۵۶۰۹۶	۰.۰۵۳۶۵	۰	۳۸	وصندوق	۷۷.۶۳۱۴۸۸۳۲	۰.۰۰۱	۱
۱۴	کگل	۸.۴۹۲۶۴۴۵۴۲	۰.۰۱۸۸۲	۱	۳۹	غبشهر	۳۹.۰۷۲۹۳۲۶۲	۰.۰۰۱	۱
۱۵	فایرا	۱۲.۳۶۳۵۵۳۸۳	۰.۰۰۹۲۳	۱	۴۰	خساپا	۶.۱۲۳۵۱۴۴۷۷	۰.۰۳۲۶	۱
۱۶	خودرو	۱۷.۸۴۳۷۲۱۲۴	۰.۰۰۴۲۷	۱	۴۱	وساپا	۳۵.۵۶۶۲۳۰۳۶	۰.۰۰۱	۱
۱۷	ثاخت	۸۴.۷۷۰۱۸۲۳۶	۰.۰۰۱	۱	۴۲	تایرا	۱۳.۱۲۷۱۱۰۷۳	۰.۰۰۸۱۸	۱
۱۸	رانفور	۰.۶۸۱۱۷۱۲۱۷	۰.۵	۰	۴۳	بترانس	۳.۴۱۱۶۹۷۱۴۲	۰.۰۸۰۲۳	۰
۱۹	وکار	۲۹.۸۹۶۲۰۴۰۷	۰.۰۰۱۲۵	۱	۴۴	وبشهر	۱.۶۳۶۷۵۷۶۶	۰.۲۶۹۷۷	۰
۲۰	حکشتی	۱۴.۹۹۱۸۵۳۱۱	۰.۰۰۶۲۵	۱	۴۵	وسینا	۰.۵۰۱۸۹۶۲۲۹	۰.۵	۰
۲۱	ومعادن	۱.۷۵۹۸۱۰۴۹۶	۰.۲۳۸۱۷	۰	۴۶	سمازن	۶.۶۸۳۷۲۰۰۰۸	۰.۰۲۸۳۱	۱
۲۲	رمپنا	۳.۰۱۸۴۱۱۹۸	۰.۰۹۵۵۶	۰	۴۷	ستران	۷.۲۵۰۸۹۱۷۰۵	۰.۰۲۴۵۷	۱
۲۳	اخابر	۰.۹۳۵۹۲۴۳۵۶	۰.۵	۰	۴۸	حتاید	۴.۶۵۲۴۲۶۸۵۱	۰.۰۵۰۱۵	۰
۲۴	فملی	۸.۰۲۲۲۱۶۳۳۶	۰.۰۲۰۷۱	۱	۴۹	وتوسم	۴۴.۶۷۱۲۷۲	۰.۰۰۱	۱
۲۵	ونفت	۴.۲۵۵۶۳۸۲۴۴	۰.۰۵۷۲	۰	۵۰	وسپه	۰.۴۶۵۳۷۱۴۵۱	۰.۵	۰

www.SID.ir

Archive of SID

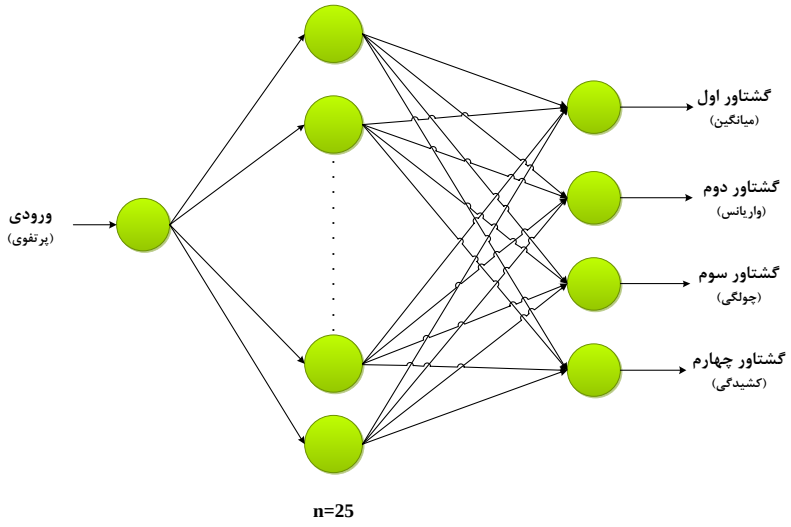
- **اجرای الگوریتم**

برای کد کردن الگوریتم حل مطرح‌شده در این پژوهش، از نرم‌افزار MATLAB نسخه a۲۰۱۳ استفاده شد و از کامپیوتر شخصی با مشخصات پردازنده Duo۲Intel Core با سرعت GHZ۲,۵۳ و حافظه کوتاه‌مدت GH۴ برای اجرای این برنامه استفاده شد. در ادامه یافته‌های موردنظر از اجرای الگوریتم نشان داده‌شده است.

ابتدا توسط شبیه‌سازی فازی ۱۰۰۰ خروجی و ورودی برای شبکه عصبی تولید شد. در ادامه با استفاده از شبکه عصبی تابع برازش برای تولید گشتاورها طراحی شد. برای طراحی شبکه عصبی ابتدا یک لایه‌های پنهان در نظر گرفته شد، سپس برای بدست آوردن تعداد نرون مناسب از معیار عملکرد میانگین مجذورات مربعات خطا استفاده شد و از تعداد ۵ تا ۴۰ نرون مورد آزمایش قرار گرفت و برای هر حالت ۱۰ بار شبکه عصبی اجرا گردید و سپس میانگین معیار عملکرد ۱۰ بار به‌عنوان مبنای مقایسه استفاده شد. در انتها حالت تعداد ۲۵ نرون به‌عنوان حالت بهینه مورداستفاده قرار گرفت که در شکل ۴ نمایش داده‌شده است. جدول ۵- مشخصات شبکه عصبی مورداستفاده نشان داده‌شده است و در

جدول ارزیابی عملکرد شبکه عصبی نشان داده‌شده است.

در ادامه از الگوریتم ژنتیک و شبیه‌سازی فازی برای بهینه کردن مسئله با استفاده از شبکه عصبی موردنظر اجرا گردید. مشخصات الگوریتم ژنتیک و الگوریتم تکامل دیفرانسیلی مورداستفاده در جداول زیر ارائه شده است.



شکل ۴- شبکه عصبی پیش‌خور مورداستفاده برای تخمین تابع برازش

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- مشخصات شبکه عصبی مورداستفاده

ردیف	مورد	مشخصات
۱	تعداد لایه‌های پنهان	۱ لایه
۲	تعداد نرون‌های بهینه در لایه‌های پنهان	۲۵ نرون
۳	توابع انتقال در لایه پنهان و لایه خروجی	برای هر دو تابع خطی (purelin)
۴	الگوریتم بهینه‌سازی	الگوریتم لونبرگ - مارکوارت
۵	تعداد حداکثر دوره‌های یادگیری(epoch)	۱۰۰۰ دور
۶	معیار ارزیابی	میانگین مجذورات مربعات خطا(MSE)
۷	نحوه جداسازی داده‌ها	۷۰درصد داده آموزش[۱۳] ۱۵ درصد داده اعتبار سنجی[۱۴] ۱۵ درصد داده آزمایش[۱۵]

جدول ۶- ارزیابی عملکرد شبکه عصبی مورداستفاده

پارامتر	MSE	R^2
شبکه پرسپترون چندلایه	۰,۰۱۳۶	۰,۹۸

جدول۷- پارامترهای ورودی موردنیاز برای اجرای الگوریتم هوشمند ترکیبی بر مبنای الگوریتم ژنتیک

ردیف	پارامتر	مقدار
۱	حداکثر تکرار[۱۶] مجاز	۱۰۰۰
۲	اندازه جمعیت[۱۷]	۴۰۰
۳	نرخ تولیدمثل[۱۸]	۰,۸
۴	نرخ جهش[۱۹]	۰,۸

جدول۸- پارامترهای ورودی موردنیاز برای اجرای الگوریتم هوشمند ترکیبی بر مبنای الگوریتم تکامل دیفرانسیلی

ردیف	پارامتر	مقدار
۱	حداکثر تکرار مجاز	۱۰۰۰
۲	اندازه جمعیت	۳۰۰
۳	نرخ تولیدمثل	۰,۶
۴	نرخ جهش	۰,۹

www.SID.ir

Archive of SID

در مرحله بعد همان‌طور که مطرح شد الگوریتم هوشمند ترکیبی الگوریتم بر مبنای الگوریتم تکامل دیفرانسیلی با استفاده از نرم‌افزار متلب برای حداقل میزان بازده مورد انتظار از دو درصد تا نه‌ونیم درصد به فاصله ۰,۲۵ اجرا گردید که نتایج مربوطه در ادامه ارائه‌شده است.

- **مقایسه و تحلیل نتایج**

برای مقایسه مدل‌ها ازلحاظ کارایی به معیار عملکرد متفاوتی نسبت به شاخص شارپ نیازمندیم زیرا معیارهای انتخاب پرتفوی متفاوت بوده و فرض نرمال بودن و تقارن برقرار نیست. یکی از رویکردهای مورداستفاده برای به دست آوردن معیار عملکرد پرتفوی، استفاده از معیار ریسک عمومی‌تری نسبت به واریانس هستیم یعنی بنا به معادله زیر داریم:

$$ppm = \frac{r - r_f}{risk} \qquad (۱۲)$$

r_f مقدار بازدهی بدون ریسک می‌باشد. در اینجا به برای $risk$ باید معیار کاراتری نسبت به واریانس در نظر گرفته شود. در این مقاله از معیار ریسک آموان-سارامون (AS) استفاده‌شده است[۲۹]. این شاخص را معیار عملکرد اقتصادی می‌نامیم که به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$ppm = \frac{E(r) - r_f}{AS(r - r_f)} \qquad (۱۳)$$

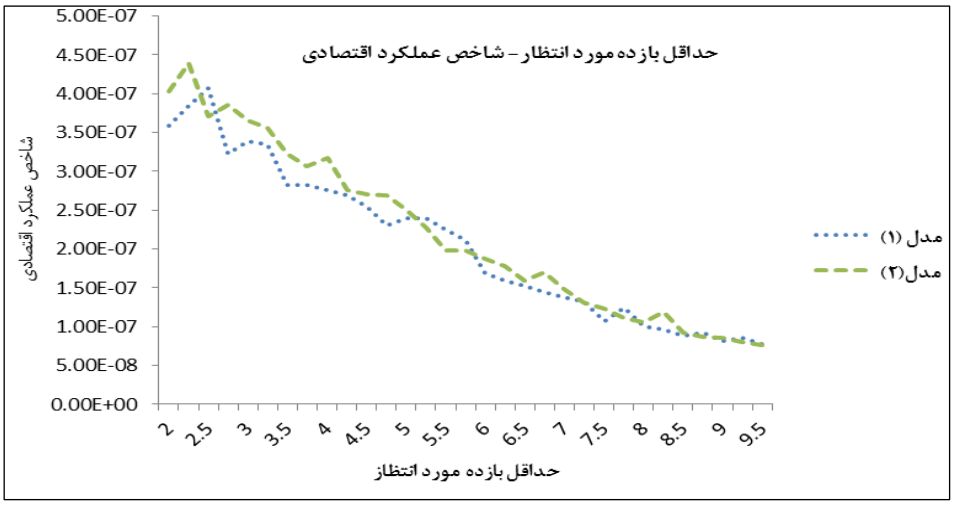
حال اگر بخواهیم برحسب گشتاورهای توزیع ابن مقدار را به دست آوریم. شاخص عملکرد اقتصادی EPM شاخص عملکرد اقتصادی به‌صورت زیر به دست می‌آید[۳۰]:

$$EPM^{NIG}(\mu.\sigma^2.\chi.\kappa) = \frac{18\mu}{(3\kappa\mu - 4\mu\chi^2 - 6\chi\sigma + 9\sigma^2/\mu)} \qquad (۱۴)$$

که: $\mu.\sigma^2.\chi$ وκ به ترتیب میانگین، واریانس، چولگی و کشیدگی بازده اضافی دارایی‌ها $(r - r_f)$ است که نحوه به دست آوردن هر یک از این از این پارامترها در بخش‌های قبل ارائه‌شده است. در این تحقیق بازدهی بدون ریسک ماهانه ۱,۷ درصد[۲۰] در نظر گرفته‌شده است. به‌منظور محاسبه مرز کارا در دو مدل ذکرشده، مقدار حداقل بازده مورد انتظار α در بازه ۲ درصد تا ۹,۵ درصد برای ۳۱ نقطه در نظر گرفته‌شده است. برای نشان دادن نتایج، ابتدا شاخص عملکرد اقتصادی برای دو مدل در دو روش حل باهم مقایسه شده و در مرحله بعد روش‌های حل موردبررسی و بحث قرار گرفته‌شده است. در نمودار ۱، دو مدل ۱ و ۲ باهم مقایسه شده است. همان‌طور که ذکر شد از شاخص عملکرد اقتصادی برای مقایسه دو مدل استفاده‌شده است. برای مقایسه معیار عملکرد دو مدل در این حالت از آزمون t زوجی بهره برده می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار ۱- مقایسه مدل‌ها در حالت استفاده از روش هوشمند ترکیبی بر مبنای الگوریتم ژنتیک

جدول۹- آزمون t زوجی برای مقایسه مدل‌های حاصل از الگوریتم هوشمند ترکیبی بر مبنای الگوریتم ژنتیک

مقدار آماره	*Pvalue*	فرض موردقبول
۳,۲۳۲۴	۰,۰۰۳۰	۱

جدول ۹ نتیجه آزمون t زوجی را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌کنید نتیجه تست از بالاتر بودن عملکرد اقتصادی مدل ۱ از مدل ۲ می‌باشد.

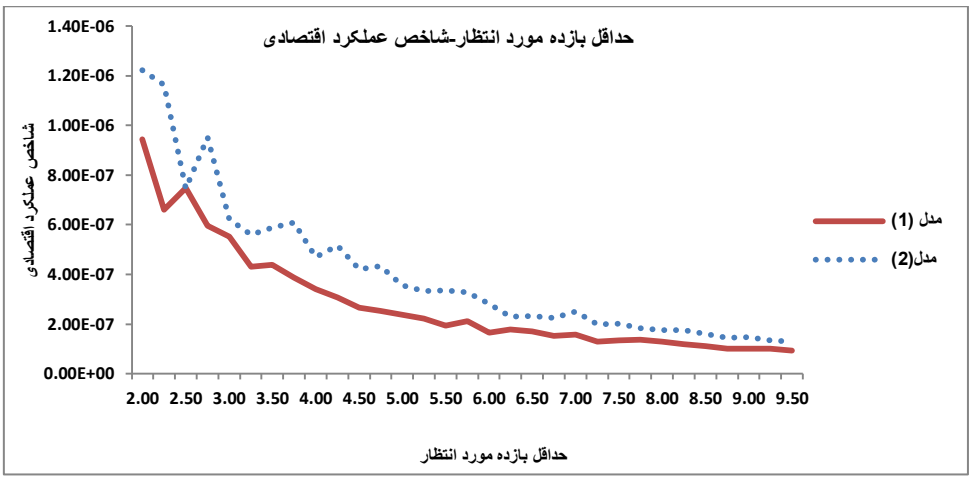
حال با استفاده از نتایج به‌دست‌آمده از روش هوشمند ترکیبی بر مبنای الگوریتم تکامل دیفرانسیلی باهم مورد مقایسه قرار می‌گیرد. نمودار ۲ نتیجه مقایسه دو مدل را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌کنید مقدار شاخص عملکرد اقتصادی در مدل ۲ همواره بالاتر از مدل ۱ می‌باشد.

بنابراین تا این مرحله نتایج نشان دادند استفاده از گشتاورهای مرتبه بالاتر موجب کاراتر شدن جواب‌های به‌دست‌آمده از دو روش مدنظر می‌شود. در ادامه کارایی روش‌های مورداستفاده برای به دست آوردن جواب موردبررسی قرار می‌گیرد.

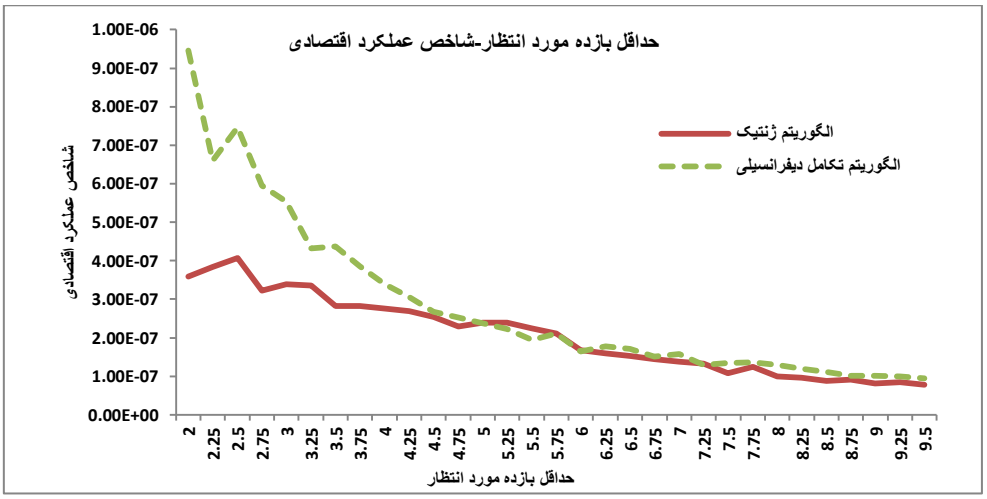
در نمودار ۳ مقایسه روش‌های هوشمند ترکیبی(الگوریتم تکامل دیفرانسیلی و الگوریتم ژنتیک) برای مدل ۱ ارائه‌شده مورد مقایسه قرار گرفته‌شده است. همان‌طور که مشاهده می‌کنید استفاده از الگوریتم تکامل دیفرانسیلی به‌ویژه زمانی که حداقل بازده مورد انتظار کمتر می‌باشد دارای شاخص عملکرد اقتصادی تقریباً بالاتر نسبت به استفاده از الگوریتم ژنتیک می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار ۲- مقایسه مدل‌ها در حالت استفاده از روش هوشمند ترکیبی بر مبنای الگوریتم تکامل دیفرانسیلی

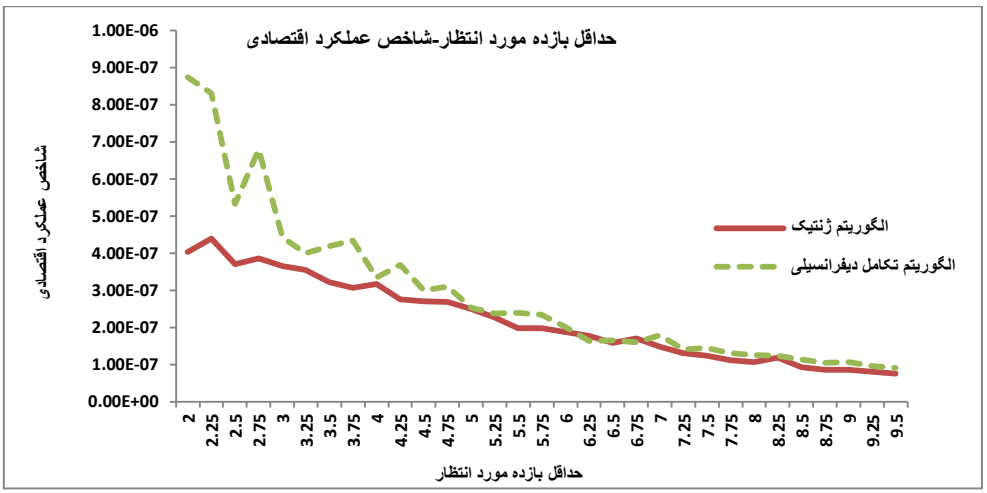


نمودار ۳- مقایسه روش هوشمند ترکیبی بر مبنای الگوریتم ژنتیک و الگوریتم تکامل دیفرانسیلی برای مدل(۱)

در نمودار ۴ مقایسه روش‌های هوشمند ترکیبی(الگوریتم تکامل دیفرانسیلی و الگوریتم ژنتیک) برای مدل۲ مورد مقایسه قرار گرفته‌شده است. همان‌طور که مشاهده می‌کنید استفاده از الگوریتم تکامل دیفرانسیلی به‌ویژه زمانی که حداقل بازده مورد انتظار کمتر می‌باشد دارای شاخص عملکرد اقتصادی تقریباً بالاتر نسبت به استفاده از الگوریتم ژنتیک می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار ۴- مقایسه روش هوشمند ترکیبی بر مبنای الگوریتم ژنتیک و الگوریتم تکامل دیفرانسیلی برای مدل(۲)

بنابراین در دو مدل ارائه‌شده، روش هوشمند ترکیبی بر مبنای الگوریتم تکامل دیفرانسیلی دارای کارایی بالاتری می‌باشد.

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

دو عنصر مهم در مقوله سرمایه‌گذاری، ریسک و بازده می‌باشد. سرمایه‌گذاران همواره تمایل دارند 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 درزمینه سبد سهام نشان داد که با تشکیل سبد دارایی‌های مالی این امکان به وجود می‌آید که در سطح معینی از بازده ریسک را کاهش داد. لذا سرمایه‌گذاران تمایل دارند تا با شناخت و انتخاب ترکیب بهینه دارایی‌های مالی در سبد سهام خود، بازده مورد انتظار خود را حداکثر و ریسک را حداقل نمایند. اما سرمایه‌گذاران با دو مسئله اساسی مواجه هستند. اولین مسئله مربوط به فروض زیربنایی مدل مارکویتز یعنی اینکه بازده دارایی‌ها به‌صورت عدد تصادفی در نظر گرفته می‌شود که در دنیای امروزی به دلیل عدم اطمینان و ابهام در اطلاعات موجود و شرایط آینده به دور از واقعیت است و مسئله دوم متقارن بودن تابع توزیع دارایی‌ها و بی‌تفاوت بودن سرمایه‌گذار نسبت به گشتاورهای مراتب بالاتر است.

با توجه به دو مشکل مطرح‌شده، تحقیق حاضر سعی نمود تا اثر در نظر گرفتن گشتاورهای بالاتر را در محیط مبهم و فازی نشان دهد. بنابراین در این مقاله از داده‌های بورس اوراق بهادار تهران برای مطالعات تجربی استفاده شد ابتدا به‌وسیله آماره جارک برا به این نتیجه رسیدیم که بازده دارایی‌ها نرمال و متقارن نمی‌باشد. به این منظور دو مدل ارائه گردید مدل اول که بر مبنای میانگین و واریانس بنانهاده شد و مدل دوم علاوه بر

www.SID.ir

Archive of SID

میانگین و واریانس، چولگی و کشیدگی نیز در نظر گرفته شد. اما برای حل مسئله در این شرایط دو روش هوشمند ترکیبی در بکار برده شد. روش اول برمبنای الگوریتم ژنتیک و روش دوم بر مبنای الگوریتم تکامل دیفرانسیلی است.

برای نشان دادن کارایی دو مدل، از داده‌های ۵۰ شرکت بورس اوراق بهادار تهران شهریورماه ۱۳۸۸ تا شهریورماه ۱۳۹۲ استفاده شد. به‌منظور ایجاد مرز کارا برای هر مدل، ۳۱ پرتفوی تشکیل شد. در گام بعد برای مقایسه و تحلیل نتایج دو بعد مسئله در نظر گرفته شد. سپس در نظر گرفتن گشتاورهای مراتب بالاتر و بعد دوم روش مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. برای مقایسه مدل‌ها از شاخص عملکرد اقتصادی استفاده شد و در انتها نتایج نشان داده شد.

یافته‌ها نشانگر این امر بود که هنگامی‌که از روش هوشمند ترکیبی بر مبنای الگوریتم تکامل دیفرانسیلی برای بهینه‌سازی پرتفوی استفاده می‌شود، استفاده از معیار ریسک نیمه قدر مطلق انحراف از میانگین نسبت به نیمه واریانس کارایی بیشتری ایجاد می‌کند. ولی هنگامی‌که از روش هوشمند ترکیبی بر مبنای الگوریتم ژنتیک برای بهینه‌سازی پرتفوی استفاده می‌شود، استفاده از معیار ریسک نیمه واریانس نسبت به نیمه قدر مطلق از میانگین کارایی بیشتری ایجاد می‌کند. همچنین در حالت استفاده از نیمه واریانس به‌عنوان معیار ریسک، روش هوشمند ترکیبی بر مبنای الگوریتم تکامل دیفرانسیلی از روش هوشمند ترکیبی بر مبنای الگوریتم ژنتیک کارایی بیشتری ایجاد می‌کند. در حالت استفاده از نیمه قدر مطلق انحراف از میانگین به‌عنوان معیار ریسک نیز روش هوشمند ترکیبی بر مبنای الگوریتم تکامل دیفرانسیلی از روش هوشمند ترکیبی بر مبنای الگوریتم ژنتیک کارایی بیشتری ایجاد می‌کند.

در انتها برای مطالعات آتی پیشنهاد می‌گردد که با بکار بردن محدودیت‌های مانند حداقل میزان سرمایه-گذاری در هر سهم، محدودیت حداکثر تعداد سهام موجود در سبد اوراق بهادار و... مدل به فضای واقعی نزدیک‌تر گردد و در مرحله بعد پیشنهاد می‌شود که معیارهای دیگری مانند کمینه کردن هزینه‌های تراکنش، حداکثر کردن معیار نقد شوندگی و ...به مدل پیشنهادی اضافه گردد تا کارایی مدل در این شرایط نیز نشان داده شود.

فهرست منابع

[۱] H. Konno and H. Yamazaki, "Mean-absolute deviation portfolio optimization model and its applications to Tokyo stock market," Management science, vol. ۳۷, pp. ۵۳۱-۵۱۹, .۱۹۹۱

[۲] H. Markowitz, "Portfolio selection*," The journal of finance, vol. ۷, pp.۱۹۵۲ ,۹۱-۷۷ .

[۳] H. Markowitz, Portfolio selection: efficient diversification of investments: Yale university press, .۱۹۵۹

[۴] P. Jorion, Value at risk: the new benchmark for controlling market risk vol. ۲: McGraw-Hill New York, .۱۹۹۷

www.SID.ir

Archive of SID

[۵] R. T. Rockafellar and S. Uryasev, "Optimization of conditional value-at-risk," Journal of risk, vol. ۲, pp. ۴۲-۲۱, .۲۰۰۰

[۶] H. Tanaka and P. Guo, "Portfolio selection based on upper and lower exponential possibility distributions," European Journal of Operational Research, vol. ۱۱۴, pp. ۱۲۶-۱۱۵, .۱۹۹۹

[۷] M. Inuiguchi and J. Ramík, "Possibilistic linear programming: a brief review of fuzzy mathematical programming and a comparison with stochastic programming in portfolio selection problem," Fuzzy sets and systems, vol ,۱۱۱ .pp. ۲۸-۳, .۲۰۰۰

[۸] M. Arenas Parra, A. Bilbao Terol, and M. Rodrıguez Urıa, "A fuzzy goal programming approach to portfolio selection," European Journal of Operational Research, vol. ۱۳۳, pp. -۲۸۷ ۲۹۷, .۲۰۰۱

[۹] X. Huang, "Mean-entropy models for fuzzy portfolio selection," Fuzzy Systems, IEEE Transactions on, vol. ۱۶, pp. ۱۱۰۱-۱۰۹۶, .۲۰۰۸

[۱۰] X. Zhang, W.-G. Zhang, and R. Cai, "Portfolio adjusting optimization under credibility measures," Journal of computational and applied mathematics, vol. ,۲۳۴pp. ۱۴۶۵-۱۴۵۸, .۲۰۱۰

[۱۱] X. Li, Z. Qin, and S. Kar, "Mean-variance-skewness model for portfolio selection with fuzzy returns," European Journal of Operational Research, vol. ۲۰۲, pp. ۲۴۷-۲۳۹, .۲۰۱۰

[۱۲] H. Dastkhan, N. S. Gharneh, and H. Golmakani, "A linguistic-based portfolio selection model using weighted max–min operator and hybrid genetic algorithm," Expert Systems with Applications, vol. ۳۸, pp. ۱۱۷۴۳-۱۱۷۳۵, .۲۰۱۱

[۱۳] Z. Qin, M. Wen, and C. Gu, "Mean-absolute deviation portfolio selection model with fuzzy returns," Iranian Journal of Fuzzy Systems, vol. ۸, pp. ۷۵-۶۱, .۲۰۱۱

[۱۴] X. Huang, "Minimax mean-variance models for fuzzy portfolio selection," Soft Computing, vol. ۱۵, pp. ۲۶۰-۲۵۱, .۲۰۱۱

[۱۵] P. Gupta, M. Inuiguchi, M. K. Mehlawat, and G. Mittal, "Multiobjective credibilistic portfolio selection model with fuzzy chance-constraints," Information Sciences, .۲۰۱۲

[۱۶] شمس و دستخوان، "به‌کارگیری برنامه‌ریزی ریاضی فازی در مسئله‌ی تعیین سبد بهینه سهام," ششمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع, ۱۳۹۰.

[۱۷] یحیی‌زاده و همکاران، "مقایسه مدل‌های سبد سهام در حالت تصادفی و تصادفی فازی بودن بازده مورد انتظار," پیشرفت‌های حسابداری, شماره اول, صفحه ۱۹۶-۱۷۱, ۱۳۹۰.

[۱۸] صباغیان طوسی و مسعودی‌مقدم،"مدل میانگین – واریانس – چولگی برای انتخاب سبد سهام به‌وسیله‌ی منطق فازی " اولین همایش بین‌المللی اقتصادسنجی، روش‌ها و کاربردها ۱۳۹۱.

www.SID.ir

Archive of SID

[۱۹] همتی و همکاران، "کاربرد برنامه‌ریزی خطی فازی در تنظیم مجدد سبد سهام با پارامترهای فازی،" چهارمین کنفرانس بین‌المللی تحقیق در عملیات ایران ۱۳۹۰.

[۲۰] L. A. Zadeh "Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility," Fuzzy sets and systems, vol. ۱۰۰, pp. ۳۴-۹, .۱۹۹۹

[۲۱] B. Liu and Y.-K. Liu, "Expected value of fuzzy variable and fuzzy expected value models," Fuzzy Systems, IEEE Transactions on, vol. ۱۰, pp. ۴۵۰-۴۴۵, .۲۰۰۲

[۲۲] B. Liu, Uncertainty theory: an introduction to its axiomatic foundations vol. ۱۵۴: Springer, .۲۰۰۴

[۲۳] L. A. Fono, J. S. Kamdem, and C. Tassak, "Moments and Semi-Moments for fuzzy portfolios selection," .۲۰۱۱

[۲۴] L. A. Fono, J. S. Kamdem ,and C. D. Tassak, "Kurtosis and Semi-kurtosis for Portfolios Selection with Fuzzy Returns," .۲۰۱۱

[۲۵] بهزادی ، عادل . (۱۳۹۳) . بهینه‌سازی پرتفوی فازی با در نظر گرفتن گشتاور مراتب بالاتر . پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

[۲۶] P. K. Bergey and C. Ragsdale, "Modified differential evolution: a greedy random strategy for genetic recombination," Omega, vol. ۳۳, pp. ۲۶۵-۲۵۵, .۲۰۰۵

[۲۷] R. Storn and K. Price, "Differential evolution–a simple and efficient heuristic for global optimization over continuous spaces," Journal of global optimization, vol. ۱۱, pp. ۳۵۹-۳۴۱, .۱۹۹۷

[۲۸] C. M. Jarque and A. K. Bera, "A test for normality of observations and regression residuals," International Statistical Review/Revue Internationale de Statistique, pp. ۱۷۲-۱۶۳, .۱۹۸۷

[۲۹] R. J. Aumann and R. Serrano, "An economic index of riskiness," Journal of Political Economy, vol. ۱۱۶, pp. ۸۳۶-۸۱۰, .۲۰۰۸

[۳۰] U. Homm and C. Pigorsch, "Beyond the Sharpe ratio: An application of the Aumann–Serrano index to performance measurement," Journal of Banking & Finance, vol. ۳۶, pp. ۲۲۸۴-۲۲۷۴, .۲۰۱۲

یادداشت‌ها

[1] Value-at-Risk (VaR)
[2] Conditional Value-at-Risk (CVaR)
[3] Entropy
[4] Verbal variable
[5] Max_min
[6] Min_max

www.SID.ir

Archive of SID

[7] Possibility theory
[8] Self-Duality
[9] Necessity
[10] Curve fitting
[11] Photoemission
[12] Jarque and Bera
[13] Train
[14] validation
[15] test
[16] Iteration
[17] Population size
[18] Crossover
[19] Mutation

[۲۰] معادل ۲۲ درصد نرخ بهره سالیانه

www.SID.ir