فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری
دوره ۱۳ / شماره ۲ (پیاپی ۵۰) / تابستان ۱۴۰۳
صفحه ۱۵۹ تا ۱۸۶

بررسی سودمندی الگوریتمهای فراابتکاری در بهینه سازی ریسک یکپارچه نظام بانکی

اسکندر وزیری
نویسنده مسئول،دانشجوی دکتری، گروه حسابداری،واحد شاهرود، دانشگاه آزاد اسلامی، شاهرود، ایران.
svaziri2010@hotmail.com

فرهاد دهدار
استادیار، گروه حسابداری،واحد شاهرود،دانشگاه آزاد اسلامی،شاهرود، ایران.
f.dehdar1970@yahoo.com

محمدرضا عبدلی
دانشیار،گروه حسابداری،واحد شاهرود،دانشگاه آزاد اسلامی،شاهرود، ایران
mra830@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۲

چکیده

این پژوهش با هدف ارزیابی ریسک یکپارچهٔ نظام بانکی از طریق الگوریتم های فراابتکاری گرگ خاکستری، ژنتیک و ازدحام ذرات به رشتهٔ تحریر در آمده است. این پژوهش از لحاظ هدف از نوع تحقیقات کاربردی و بر اساس ماهیت و روش از نوع همبستگی است. گردآوری داده‌ها، از راه مطالعات کتابخانه‌ای، مقالات و سایت‌ها در قالب قیاسی و گردآوری اطلاعات برای رد و تأیید فرضیات از راه استقرایی انجام گردیده است. جامعه آماری این تحقیق،نظام بانکی و نمونه مورد مطالعه شامل بانکهای پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران طی سالهای مالی۱۳۹۲ تا ۱۳۹۷ می‌باشد. به منظور گردآوری داده‌های موردنیاز، از بانک داده های مالی وزارت امور اقتصادی و دارایی ،سایت کدال و... استفاده شده است. پس از استخراج اطلاعات، و تنظیم آنها در قالب مدل ریسک یکپارچه، تابع هدف و محدودیت‌ها در نرم‌افزار MATLAB وارد شده و متغیرهای ریسک و بازده با استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری ازدحام ذرات، ژنتیک و گرگ خاکستری به دست آمدند و به مقایسه نتایج آنها از طریق نرم‌افزار SPSS 16 پرداختیم. پس از آن نخست آمار توصیفی مورد تجزیه و تحلیل و سپس آمار استنباطی انجام گرفت. نتایج حاصل از آمار توصیفی نشان داد که میانگین کل دارایی ها در سال ۱۳۹۷، ۶۷۰۷۴۴۵۰۵ میلیون ریال و میانگین کل بدهی ها در طی سالهای ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۷، ۱۸۲۳۷۲۵۶۴ میلیون ریال است، ۸۱.۷۹ ٪ دارایی ها دارای اوزان ریسک بوده که میانگین ریسک نقدینگی، اعتباری و عملیاتی نظام بانکی در طی سالهای مورد بررسی، به ترتیب ۰.۱۲، ۰.۱۶ و ۰.۰۰۵۱ می باشد. در بخش آمار استنباطی، پس از بررسی نتایج حاصل از مقایسهٔ شاخصهای ارزیابی الگوریتم‌ها مشخص گردید که الگوریتم گرگ خاکستری کارامدی بهتری را در بهینه‌سازی تابع هدف (حداکثرسازی بازده و حداقل‌سازی ریسک) ارائه می‌دهد. همچنین با بررسی فرضیات تحقیق مشخص گردید که الگوریتم های ازدحام ذرات و ژنتیک از کارآمدی همسانی برای ارزیابی ریسک یکپارچهٔ نظام بانکی برخوردار هستند و الگوریتم گرگ خاکستری نسبت به الگوریتم های توده ذرات و ژنتیک، ثبات و همگرایی بهتر و زمان اجرای کمتری داشته و شاخصهای ارزیابی بهتری را در حل مسئله ارائه می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: ریسک، ارزیابی ریسک، الگوریتم گرگ خاکستری، الگوریتم ژنتیک، الگوریتم ازدحام ذرّات.

۱- مقدمه

با توجه به تغییرات مداوم در عوامل محیطی و سیستمهای اقتصادی هر روز ریسکهای متفاوتی بر ساختار مالی بانکها تاثیر گذار است. در این میان نظام بانکداری با عنایت به ویژگیهای خاص خود با ریسکهایی روبروست که شناسایی و مدیریت انواع آن بسیار مهم است بطوریکه میتواند به طراحی روشها ، استانداردها ، آموزشها و سیستمهایی برای کنترل، کاهش و پیشگیری از رخدادهای نامطلوبی که اثر تخریبی بر حیات بانکها دارد منجر شود.از اینرو پژوهش حاضر سعی بر آن دارد تا با توجّه به فنون نوینی که ناشی از بکارگیری الگوریتمهای فراابتکاری در حوزه های مالی می باشد، به بررسی تطبیقی و نهایتا نتیجه گیری در خصوص سودمندی هر کدام از این الگوریتمها در مقایسه با یکدیگر در بهینه سازی ریسک بانکی بپردازد.

۲. ادبیات و مبانی نظری تحقیق

مفهوم ریسک

ریسک[1] یک حادثه پیش‌بینی نشده با پیامدهای مالی است که باعث زیان یا کاهش سودآوری می‌شود. به عبارت ساده‌تر، ریسک یعنی احتمال زیان. بیشتر صاحب نظران اقتصادی ریسک را نتیجه نبود اطلاعات کامل می‌دانند. اقتصاددانان متعددی، ریسک سرمایه‌گذاری را معادل پراکندگی بازده دانسته‌اند. کینز، ریسک سرمایه‌گذاری را احتمال انحراف از میانگین بازده تعریف می‌کند. هیکس همچون کینز، ریسک را واریانس بازده تعریف می‌کند، دومار ریسک سرمایه‌گذاری را احتمال تحمل زیان تعریف کرده است..(راعی،رضا، ۱۳۸۸،ص۲۵)

ریسک بازار[2]

یکی از ریسکهایی که بانکها با آن مواجه هستند مربوط به زیانهایی است که در اقلام بالا و پایین خط ترازنامه بوجود آمده و ناشی از ایجاد نوسانات در قیمتهای بازار است. بانکها به وسیله ارائه نرخ به مشتریان خود و یا از طریق افتتاح حسابهای ارزی، به عنوان «بازارسازان» ارزی عمل می نمایند. در خلال دوره هایی که نرخ ارز، از ثبات کافی برخوردار نمی باشد ریسکهایی که بخش تفکیک ناپذیر تجارت ارزی را تشکیل می دهند افزایش می‌یابند. (خوش سیما،ر،۱۳۹۱،۴۳)

ریسک عملیاتی[3]

مهمترین انواع ریسک عملیاتی مشتمل بر وجود نقص در کنترلهای داخلی و حاکمیت سهامی است. اختلالاتی از این دست ممکن است از طریق خطا، تقلب یا قصور در اجرای به موقع تعهدات به زیانهای مالی انجامیده یا موجب شود منافع بانک به هر نحو دیگری، آسیب ببیند. ریسک عملیاتی دربرگیرندۀ ریسک‌های منابع انسانی سازمان، فرایندهای تجاری، فناوری اطلاعات، تداوم کسب و کار، مجراهای توزیع اثربخش، رضایت مشتری، امنیت و سلامت

[1] . Risk
[2] .Market Risk
[3]. Operational Risk

کارکنان و محیط کار، فرهنگ سازمانی، شکست در تولید یا ارائه خدمت، میزان کارایی، ظرفیت تولید و ریسک بازار است. (خوش سیما،ر،۱۳۹۱،۴۴)

ریسک نقدینگی[1]

ریسک نقدینگی از عدم توانایی یک بانک در کاهش بدهی ها یا تأمین وجوه برای افزایش دارایی ها ناشی می شود. در مواقعی که یک بانک، نقدینگی کافی ندارد قادر نیست که به سرعت و با هزینه ای معقول، به کسب وجوه مکفی از طریق افزایش بدهی ها یا تبدیل دارائیها بپردازد و این امر بر سودآوری تاثیر خواهد گذاشت. در شرایط حاد، عدم نقدینگی کافی ممکن است به ورشکستگی یک بانک بیانجامد.

ریسک اعتباری[2]

اعطای وام، فعالیت اصلی اکثر بانکها را تشکیل می دهد. وام دهی مستلزم آن است که بانکها، راجع به توان بازپرداخت متقاضیان وام، اظهارنظر نمایند. این پیش بینی ها همیشه درست نیست و یا گاهی ممکن است وضعیت اعتباری یک گیرنده وام به مرور زمان و در اثر عوامل مختلف، ضعیف شود. در نتیجه یکی از ریسکهای عمده ای که بانکها با آن مواجهند ریسک اعتباری یا ناتوانی طرف مقابل برای اجرای مفاد قرارداد است. (خوش سیما،ر،۱۳۹۱،۴۴)

مدیریت ریسک[3]

مدیریت ریسک، فرایندی است که توسط هیات مدیره و سایر کارکنان شرکت اجرا می‌شود و در تدوین راهبرد و همه فعالیت‌های شرکت کاربرد دارد. فرایند یاد شده به نحوی طراحی می‌شود که آن دسته از وقایع احتمالی را که می‌تواند بر اهداف شرکت اثر گذارد، شناسایی و ریسک‌ها را در محدوده میزان ریسک پذیری شرکت کنترل کند تا اطمینان معقولی از دستیابی به اهداف آن به دست آید.(سعیدی،علی، ۱۳۸۸،۱۳) گام‌های اصلی در این فرایند عبارت است از: شناسایی ریسک، تحلیل و ارزیابی ریسک، واکنش به ریسک، بر این اساس اهداف مدیریت ریسک یکپارچه[4] (ERM) عبارتند از: ایجاد آمادگی مناسب در برابر تهدیدهای آتی و استفاده موثر از فرصت های پیش رو؛ ارتقای سطح اطمینان معقول درباره تحقق اهداف شرکت؛ ارتقای ثبات تصمیم‌ها و تسهیل در تصمیم سازی و تصمیم‌گیری در سطوح مختلف شرکت و ایجاد ثبات در رشد حقوق صاحبان سهام و سایر ذینفعان شرکت.

ارزیابی ریسک:

ارزیابی ریسک تمامی جنبه‌های مالی و غیرمالی کسب و کار، جزء جدایی‌ناپذیر راهبری موفق سازمان در محیط‌های تجاری سرشار از نبود اطمینان است. با ارزیابی ریسک، واحدهای تجاری پیش‌بینی می‌کنند که در مسیر دستیابی به اهداف خود با چه تهدیدهایی روبه‌رو هستند تا خود را برای واکنش فعالانه به آنها آماده کنند. هر سازمان با توجه به نیازها و اهدافش می‌تواند از میان راهکارهای موجود، بهترین چارچوب را برای مدیریت ریسکهایی که در معرض آن قرار دارد، برگزینند.

[1]. liquidity Risk
[2] .credit Risk
[3]. Risk Management
[4]. Enterprise Risk Management

ارزیابی یکپارچه ریسک

شناسایی ریسک باید به صورت جامع انجام شود. این ارزیابی باید تمامی تعاملهای میان کالا، خدمات و اطلاعات داخلی در یک سازمان و میان سازمان و دیگر نهادها و اشخاص برون سازمانی مرتبط را در برگیرد. به علاوه، سازمان باید ریسکهای ناشی از عوامل خارجی مانند تدوین قوانین جدید توسط مراجع، مسائل زیست محیطی، حوادث طبیعی بالقوه و غیره را مدنظر قرار دهد. شناسایی ریسک فرایندی تعاملی است و اغلب ارتباط تنگانگی با فرایند برنامه‌ریزی دارد.

الگوریتم ژنتیک [1](GA)

الگوریتم ژنتیک(GA) الگوریتمی برای بهینه سازی و جست و جوست که بر اساس اصول علم ژنتیک و انتخاب طبیعی پایه ریزی شده است. در الگوریتم ژنتیک گروهی از اشخاص به وجود می آیند و در شرایطی رشد و نمو می کنند که هدف کلی بیشینه کردن شایستگی کل جمعیت یا کمینه کردن یک هزینه مرتبط با جمعیت است. در این الگوریتم اطلاعات گذشته با توجه به موروثی بودن، استخراج شده و در فرایند جست و جو استفاده می شوند، به عبارت دیگر الگوریتم های ژنتیک، تکنیک های جست و جوی تصادفی هستند که بر اساس انتخاب طبیعی و نسل شناسی طبیعی عمل می کنند.(افشار و همکاران،۲۰۰۸، ۶۵)

الگوریتم (PSO)

الگوریتم ازدحام ذرات، یک الگوریتم محاسباتی تکاملی الهام گرفته از طبیعت و براساس تکرار می‌باشد. منبع الهام این الگوریتم، رفتار اجتماعی حیوانات، همانند حرکت دسته جمعی پرندگان و ماهی‌ها بود. از این جهت که الگوریتم ازدحام ذرات نیز با یک ماتریس جمعیت تصادفی اولیه، شروع می‌شود، شبیه بسیاری دیگر از الگوریتم های تکاملی همچون الگوریتم ژنتیک پیوسته و الگوریتم رقابت استعماری است.(میر جلیلی،سیدعلی ،۲۰۱۰، ۹) برخلاف الگوریتم ژنتیک، الگوریتم ازدحام ذرات هیچ عملگر تکاملی همانند جهش و تزویج ندارد. از این جهت میتوان گفت که الگوریتم رقابت استعماری شباهت بیشتری به ازدحام ذرات دارد. هر عنصر جمعیت، یک ذره نامیده می‌شود است. در واقع الگوریتم ازدحام ذرات تعداد مشخّصی از ذرات تشکیل میشود که به طور تصادفی، مقدار اولیه میگیرند. برای هر ذره دو مقدار وضعیت و سرعت، تعریف می‌شود که به ترتیب با یک بردار مکان و یک بردار سرعت، مدل می‌شوند. این ذرات، بصورت تکرارشونده ای در فضایn بعدی مسئله حرکت می کنند تا با محاسبهٔ مقدار بهینگی به عنوان یک ملاک سنجش، گزینه‌های ممکن جدید را جستجو کنند. بُعد فضای مسئله، برابر تعداد پارامترهای موجود در تابع مورد نظر برای بهینه سازی می باشد. یک حافظه به ذخیرهٔ بهترین موقعیت هر ذره در گذشته و یک حافظه به ذخیرهٔ بهترین موقعیت پیش آمده در میان همهٔ ذرات، اختصاص می‌یابد.(جیم،توماس،۲۰۰۹، ۶۹) با تجربهٔ حاصل از این حافظه ها، ذرّات تصمیم می گیرند که در نوبت بعدی، چگونه حرکت کنند. در هر بار تکرار، همهٔ ذرات در فضای n ـ بعدی مسئله حرکت می‌کنند تا بالاخره نقطهٔ بهینهٔ عام، پیدا شود.

[1]. Genetic Algorithm

الگوریتم گرگ خاکستری [1](GWO)

این الگوریتم یکی از بهترین الگوریتمهای فرامکاشفه ای و هوش ازدحامی است که با ایده گرفتن از نحوه شکار گرگهای خاکستری بخوبی فضای مساله را جستجو میکند و بسرعت به نقطه بهینه نزدیک میشود.الگوریتم فوق بر پایه شکار گرگها و سلسله مراتب حاکمیت آنها استوار می باشد.در این الگوریتم بر اساس مکان سه نقطه آلفا،بتا و دلتا (بهترین نقاط در هر تکرار) مکان نقطه بهینه محاسبه میشود.این الگوریتم یک نمونه از الگوریتمهای فراابتکاری مبتنی بر جمعیت است که به شبیه سازی زندگی اجتماعی گرگها در گروههای سلسله مراتبی می پردازد.(زارع،احسان، ۱۳۹۴،۲۲)

ساختار اجتماعی و سلسله مراتبی گرگهای خاکستری:

گرگهای خاکستری جزء بهترین شکارچیان طبیعت بحساب می آیند. این حیوانات در گروههایی زندگی میکنند که هر گروه بطور متوسط شامل۵ الی ۱۲ گرگ خاکستری میشود و تمام اعضاء به یک دیکتاتوری سلسله مراتبی پایبند هستند. هر گروه شامل گرگهای آلفا، بتا، دلتا و گاما هستند. گرگهای سطح اول، آلفا هستند که می توانند مذکر یا مونث باشند و رهبر تیم بحساب می آیند. گرگهای سطح دوم، گرگهای بتا هستند که بعنوان معاونین آلفا عمل می کنند و به آنها در تصمیمات کمک میکنند.این گرگها نیز می توانند مذکر یا مونث باشند. گرگهای سطح سوم، گرگهای دلتا گرگهایی هستند که در سطح گرگهای الفا و بتا نیستند و معمولا بعنوان زیر دستان به شمار می آیند. گرگهای سطح چهارم، گرگهای سطح امگا نامیده می شوند که کارایی خاصی برای تیم ندارند و بیشتر بعنوان طعمه استفاده می شوند.(میر جلیلی، ۱۱،۲۰۱۰) در الگوریتم گرگهای خاکستری تابع هدف را بترتیب بر اساس رفتار گرگهای آلفا، بتا و دلتا در نظر میگیریم و بقیه راه حلها را گرگهای امگا در نظر میگیریم.در این الگوریتم حمله توسط گرگهای آلفا، بتا و دلتا مدیریت می شود و گرگهای امگا از رفتار سه سطح بالادستی تبعیت می کنند. در مدلسازی رفتار اجتماعی گرگها برای طراحی الگوریتم مد نظر فرض می شود که بهترین رفتار را در شکار گرگ آلفا و سپس بتا و دلتا دارند و دیگر گرگها آنرا دنبال می کنند. الگوریتم طراحی شده از نوع الگوریتمهای مبتنی بر جمعیت است و فرآیند ساده ای را در تنظیمات دارد و براحتی قابلیت تعمیم به مسائل با ابعاد بزرگ را داراست.

شاخصهای ارزیابی الگوریتم‌های فراابتکاری MOPSO، GWA و GA :

با توجه به اینکه روش‌های فراابتکاری، الگوریتم‌های تخمینی برای حل مسائل بهینه‌سازی محسوب شده و ماهیتی تصادفی دارند؛ حل یک مسئله از طریق روش‌های مختلف ممکن است به پاسخ‌های مختلف منجر شود، لذا ارزیابی الگوریتم‌ها و انتخاب الگوریتم مناسب با کمک شاخصهای متنوع مورد توجه محققان علوم مختلف قرار گرفته است؛ اما همگرایی در پاسخ‌های پارتو و فراهم‌نمودن چگالی و تنوع در میان مجموعه پاسخ‌ها، دو هدف مجزا و تا حدودی متضاد در الگوریتم‌های تکاملی چندهدفه محسوب می‌شوند، لذا معیار مطلقی که بتواند در مورد عملکرد الگوریتم‌ها تصمیم بگیرد، وجود ندارد. در نهایت پس از بررسی ادبیات موضوع، شش شاخص زیر به عنوان شاخصهای ارزیابی عملکرد الگوریتم‌ها در این تحقیق شناسایی و معرفی شده‌اند.

[1]. Gray wolf algorithm

شاخص تعداد جواب‌های پارتو[1] (NPS)

این شاخص نشانگر تعداد پاسخ‌های پارتو یافت‌شده از طریق الگوریتم می‌باشد و هرچه این تعداد بیشتر باشد، نشان‌دهنده کارایی بهتر الگوریتم موردنظر است (اردانه، ۱۳۹۴).

شاخص کیفیت[2] (QM)

این شاخص نشان‌دهنده سهم الگوریتم در مجموعه پاسخ‌های پارتو حاصل از ترکیب پاسخ‌های پارتو ارائه شده از طریق کلیه الگوریتم‌های مورد مقایسه است. (محمدی و همکاران، ۲۰۱۱) هرچه مقدار این شاخص بیشتر باشد، نشانه کارایی بهتر الگوریتم است.

شاخص متوسط فاصله از نقطه ایده‌آل[3] (MID)

این شاخص نشان‌دهنده میانگین فاصله نقاط پارتو از جواب ایده‌آل است. مقدار ایده‌آل برابر با بهترین مقدار ممکن برای هر یک از توابع هدف در تمامی الگوریتم‌های به کار رفته است (زایزاگ و جاسکیویگ، ۱۹۹۸). کمتر بودن مقدار این شاخص به معنای بهتر بودن کارایی الگوریتم می‌باشد.

شاخص فاصله[4] (SM)

این شاخص نشان‌دهنده انحراف معیار فاصله پاسخ‌های نامغلوب می‌باشد. به عبارت دیگر میزان فاصله نسبی پاسخ‌های متوالی پارتو را محاسبه می‌نماید. (چمبری و همکاران، ۲۰۱۲) هرچه مقدار این شاخص بیشتر باشد، نشان کارایی بهتر الگوریتم است.

شاخص گوناگونی[5] (DM)

این شاخص فاصله اقلیدسی بین جواب ابتدایی و انتهایی مجموعه پاسخ پارتو را نشان می‌دهد (زیتلر و سیله، ۱۹۹۸) این شاخص طول قطر مکعب فضایی را که به‌وسیله مقادیر انتهایی اهداف برای مجموعه پاسخ‌های نامغلول به کار می‌رود، اندازه می‌گیرد. هرچه مقدار این شاخص مقادیر بزرگتری را اختیار کند، الگوریتم مربوطه کارایی بالاتری خواهد داشت.

شاخص زمان اجرای الگوریتم[6] (Time)

این شاخص بر زمان اجرای الگوریتم تأکید کرده و از مهمترین شاخصها در مقایسه الگوریتم‌های مختلف است و هر چه مقدار آن کمتر باشد (در صورت برابر بودن سایر شاخصها)، الگوریتم موردنظر کاراتر خواهد بود(اردانه، ۱۳۹۴).

[1].Number of Pareto Solution (NPS)
[2]. Quality Metric (QM)
[3]. Mean Ideal Distance (MID)
[4].Spacing Metric (SM)
[5]. Diversification Metric (DM)
[6]. CPU Time

۳- متدولوژی تحقیق

متغیرهای پژوهش

متغیر های تحقیق شامل ریسک یکپارچه است که بدنبال حداقل کردن آن هستیم(تابع هدف) و متغیر دیگر نیز بازدهی است که در پی حداکثر سازی آن هستیم. جهت انجام آزمونهای مد نظر از مدل برنامه ریزی خطی چندگانه استفاده می شود. در این پژوهش با در نظر گرفتن این مطلب که بانکها همیشه در پی ریسک پایین و سود بالا هستند با استفاده از منابع داده و روش برنامه نویسی چندگانه برای حمایت از تصمیم گیریها سطح مطلوب پاره تویی ارائه خواهد شد که باعث حل بسیاری از مسائل میگردد. همچنین هدف از این پژوهش ایجاد یک مدل خطی یکپارچه از ریسک است که ریسک کلی داراییها را در مقابل سطح مشخصی از ریسک به حداقل برساند اگرچه در مجموع تفاوتهای ساده ای بین آنها در واریانس و کوواریانس وجود دارد. بنابراین افزودن مدل ساده خطی، تغییرات ریسک را منعکس خواهد ساخت. لذا مدل زیر را برای بیان ریسک یکپارچه در نظر میگیریم:

$$\mathrm{Risk}(x) = \Sigma R_i(x)$$

که $x=(x1,x2,\ldots,xn)$ پرتفوی داراییها و بدهیها و $R_i(x)$ریسک i ام را بیان می کند. برای ریسک مشخص$R_i(x)$ رابطه خطی زیر را جهت بیان پرتفوی در نظر می گیریم:

$$R_i(x) = \sum_{rij} x_{ij}$$

که در آن r_{ij} ریسک i ام دارایی j و در اینجا به طور خاص به var اطلاق می شود که ما برای ریسک هر واحد دارایی در نظر می گیریم و x_{aj} اندازه دارایی j ام را بیان می کند. بنابراین ریسک کلی را بوسیله ناخالص واریانس کل داراییها اندازه می گیریم. بعلاوه تابع سود بصورت تفاوت بین سود و زیان داراییها و بدهیها بیان می شود:

$$ret(x) = \sum x_{aj}.p_{aj} - \sum x_{dj}.p_{dj}$$

که p_{aj} و p_{dj} سود و زیان دارایی یا بدهی jام است.

محدودیتهای پژوهش

۱) محدودیت نرخ کفایت سرمایه(CBRC): این محدودیت نیازمند این است که هر بانک یا گروه بانکها باید نرخ سرمایه قانونی به ریسک موزون داراییها را بیش از۱۲٪ نگهدارند.بنابراین معادله زیر را خواهیم داشت:

$$\frac{\mathrm{CaRital}}{\mathrm{RWA}} \geq 12\%$$

که RWA ریسک موزون داراییهاست.

۲) محدودیت نرخ سپرده قانونی : طبق قوانین بانک مرکزی بانکها باید درصد مشخصی از سپرده های نزد خود را نزد بانک مرکزی سپرده گذاری نمایند این مبلغ تحت عنوان نرخ ذخیره سپرده شناسایی می شود طبق قوانین کشور ما نرخ ذخیره سپرده کمتر از ۱۳٪ است بنابراین داریم:

$$x_C \geq 13\% \times \sum xd_j$$

که x_C ذخیره قانونی بانک مرکزی ، $\sum xd_j$ مجموع سپرده بانکها (بدهیها) است.

۳) محدودیت سپرده مشتریان: بیشترین بخش از منابع بانکها سپرده های جذب شده توسط آنهاست. بانکها با جذب سپرده بیشتر، تسهیلات بیشتری می دهند. در تطابق با شرایط واقعی اینها حد بالا هستند.

بنابراین: $a \leq \sum d_j \leq b$

که b,a مرز سپرده ها را نشان می دهند.

۴) محدودیت تسهیلات: بر اساس قوانین مربوطه بانکها اجازه اعطای تسهیلات بیش از ۷۵٪ سپرده ها را ندارند. این محدودیت به این معناست که محدودیت سپرده منجر به محدودیت و اعطای تسهیلات می شود بنابراین

$$C \leq \sum x_{ij} \leq d$$

که d,c مرز تسهیلات را نشان می دهند.

۵) محدودیت مقیاس پول: به منظور تطابق با نیازهای ضروری مشتریان و برداشت های ایشان معادله زیر در نظر گرفته می شود.

$$a_1 \leq \sum x_{aj} \leq x_{casL} \leq a_2 \leq x_{ij}$$

که x_{casL} مقدار وجه نقد، $\sum x_{aj}$ بیانگر مجموع داراییها a_1 و a_2 بیانگر نرخ متناظر هستند.

باید گفت محدودیت های فوق تنها بخشی از واقعیات عملیات بانکی است و محدودیتهای بیشتری نیز می توان به آن اضافه کرد.

مدل برنامه ریزی چندگانه

$$\textbf{Max}: \begin{cases} ret(x) = \sum x_{aj} \cdot p_{aj} - \sum x_{dj} \cdot p_{dj} \\ -Risk(x) = -\sum\sum r_{ij} x_{aj} \end{cases}$$

$$\textbf{S.T.} \begin{cases} \frac{\text{CaRital}}{\text{RWA}} \geq 12\% \\ x_C \geq 13\% \times \sum xd_j \\ C \leq \sum x_{ij} \leq d \\ a \leq \sum d_j \leq b \\ a_1 \leq \sum x_{aj} \leq x_{casL} \leq a_2 \leq x_{ij} \end{cases}$$

فرضیات پژوهش

فرضیه شماره یک: الگوریتم بهینه سازی فراابتکاری توده ذرات در مقایسه با الگوریتم گرگ خاکستری برای ارزیابی ریسک یکپارچه نظام بانکی از کارآمدی همسانی برخوردار نیستند.

$H_0 = EH(MPSO) = EH(GWO)$

$H_1 \neq EH(MPSO) \neq EH(GWO)$

فرضیه شماره دو: الگوریتم بهینه سازی فراابتکاری توده ذرات در مقایسه با الگوریتم ژنتیک برای ارزیابی ریسک یکپارچه نظام بانکی از کارآمدی همسانی برخوردار نیستند.

$H_0 = EH(MPSO) = EH(GA)$
$H_2 \neq EH(MPSO) \neq EH(GA)$

فرضیه شماره سه: الگوریتم بهینه سازی فرابتکاری گرگ خاکستری در مقایسه با الگوریتم ژنتیک برای ارزیابی ریسک یکپارچه نظام بانکی از کارآمدی همسانی برخوردار نیستد.

$H_0 = EH(GWO) = EH(GA)$
$H_3 \neq EH(GWO) \neq EH(GA)$

فرضیه چهارم: الگوریتم بهینه سازی توده ذرات، گرگ خاکستری و ژنتیک برای ارزیابی ریسک یکپارچه نظام بانکی از کارآمدی همسانی برخوردار نیستند.

$H_0 = EH(MPSO) = EH(GWO) = EH(GA)$
$H_1 \neq EH(MPSO) \neq EH(GWO) \neq EH(GA)$

اهداف تحقیق

فرایند شناسایی ،ارزیابی، مدیریت و کنترل رویدادها یا موقعیتهای بالقوه برای حصول اطمینان معقول از تحقق اهداف سازمان را مدیریت ریسک یکپارچه می نامند.بانکها برای برنامه ریزی فعالیتهای آتی با شرایط غیر قطعی مختلفی مواجه هستند. این شرایط بالقوه تحقق برنامه ها و اهداف مدیریت را تحت تاثیر قرار می دهد و امروزه چالش تصمیم گیرندگان تعیین میزان عدم قطعیت قابل پذیرشی است که بتوان بر مبنای آن ارزش بنگاه را برای ذینفعان حفظ و سعی در افزایش آن نمود. برای مواجه مناسب، باقاعده و روشمند با این چالش اجرای فرایند مدیریت ریسک یکپارچه بسیار لازم و حیاتی است. مدیریت ریسک سازمان را قادر می سازد تا به شناسایی و مدیریت طیف وسیعی از ریسکها پرداخته و تمامی مدیران را در سطوح مختلف در درک بهتر و مدیریت ریسک یاری می رساند . این امر از طریق پذیرش مسئولیت ریسک، حمایت از سوی هیات مدیره و مدیران اجرایی، بهبود نتایج، افزایش ظرفیت پاسخگویی و مباشرت و ... حاصل می شود. همچنین نتایج حاصل از تحقیق حاضر می تواند توسط فعالان بازار پول و سرمایه و کلیه ذینفعان در بازارهای مالی و کلیه افراد جامعه بطور عام را بدلیل روابط روزانه با بانکها و موسسات مالی منتفع سازد.

جامعه آماری

جامعه آماری پژوهش حاضر نظام بانکی کل کشور شامل کلیه بانک‌های دولتی، نیمه دولتی و خصوصی می‌باشد که با توجه به گستردگی و حجم اطلاعات آنها، بانکهای پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران بعنوان نمونه انتخابی مورد بررسی قرار گرفته است. بازه زمانی پژوهش حاضر نیز شامل صورت‌های مالی سالهای ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۷ می‌باشد.

روش تحقیق

الف) نوع روش تحقیق

پژوهش از نوع هدف کاربردی و از نظر ماهیت و روش از نوع همبستگی است. برای آزمون فرضیات و اثبات مدل تحقیق از الگوریتمهای فراابتکاری استفاده شده است. انجام پژوهش بصورت استدلال قیاسی و استقرایی صورت می پذیرد؛ به این معنی که مبانی نظری و پیشینه پژوهش از راه مطالعات کتابخانه ای مقالات و سایتها در قالب قیاسی و گردآوری اطلاعات برای رد یا تایید فرضیات از راه استقرایی انجام میگردد. جهت آزمون فرضیات پژوهش از روشهای آماری ذیل استفاده شده است:

فرضیات اول تا سوم:

جهت آزمون فرضیات یک تا سه که به بررسی کارایی هر کدام از الگوریتمهای مدنظر بصورت مقایسه ای و دو به دو میپردازد از آزمون آماری ویلکاکسون استفاده میگردد. زمانیکه در یک تحقیق هدف مقایسه دو متغیر باشد و در صورت عدم برقراری فرض نرمال بودن نمونه میتوان از آزمونهای ناپارامتری مانند آزمون فوق برای مقایسه دو گروه استفاده کرد

فرضیه چهارم:

جهت آزمون فرضیه چهارم از آزمون آماری کروسکال والیس که یک آزمون غیر پارامتری و از سری آزمونهای آنالیز واریانس محسوب میشود، استفاده شده است. این روش، این فرضیه که kگروه نمونه از یک جامعه اماری مشترک یا جامعه آماری شبیه به هم که با توجه به میانگین ها استخراج شده اند را جهت تعیین کارایی هر کدام از الگوریتمها آزمون میکند.

ب) روش گردآوری اطلاعات (میدانی، کتابخانه‌ای و غیره):

استفاده از اطلاعات حاصل از صورتهای مالی منتشره، سایت بانک مرکزی ج.ا.ا ، مرکز آمار ایران، تارنمای بورس اوراق بهادار و سایتهای وابسته وزارت امور اقتصادی و دارایی همچون بانک داده های مالی و اقتصادی.

پ) ابزار گردآوری اطلاعات (پرسشنامه، مصاحبه، مشاهده، آزمون، جدول، نمونه‌برداری، تجهیزات آزمایشگاهی و بانک‌های اطلاعاتی و شبکه‌های کامپیوتری و ماهواره‌ای و غیره):

جهت تهیه اطلاعات مورد نظر از سایت بانک مرکزی ج.ا.ا و بانک داده های اقتصادی و مالی وزارت امور اقتصادی و دارایی و سایت کدال استفاده شده است.

ت) روش تجزیه و تحلیل اطلاعات:

استفاده از الگوریتمهای بهینه سازی چند منظوره و تکنیکهای فراابتکاری شامل MOPSO،GWO و GA.

فرآیند آزمون مدل تحقیق فرایندی سه مرحله ای شامل اطلاعات اولیه و ورودی مدل جهت بهینه سازی ریسک یکپارچه(مرحله اول)،پردازش اطلاعات ورودی براساس الگوریتمهای نام برده شده فوق(مرحله دوم) و تجزیه و تحلیل و دستیابی به خروجیهای مدل تحقیق براساس اهداف تعیین شده می باشد(مرحله سوم).

همچنین جهت انجام عملیات مربوط به تجزیه و تحلیل اطلاعات و بدست آوردن خروجی مدل که کارایی هر کدام از الگوریتمها می باشد، از نرم افزار MATLAB استفاده شده است.

مدل بهینه سازی چندهدفه پژوهش:

$$min: \begin{cases} -ret(x) = -(\%0.207x_2 + \%0.0789x_3 + \%0.0217x_4 \\ +\%2.33x_5 + \%0.049x_6 + \%0.13x_7 + \%0.077x_8 \\ +\%0.445x_9 + \%0.112x_{10} - \%0.108y_1 - \%0.284y_2 \\ -\%0.256y_3 - \%0.006y_4 - \%0.001y_5 - \%0.003y_6) \\ Risk(X) = 0.00122x_2 + (0.000251+0.00511 + 0.12)x_3 \\ +(0.000148 + 0.00511 + 0.12)x_4 \\ +(0.01087 + 0.00511 + 012 + 0.1609)x_5 \\ +(0.0000282 + 0.00511 + 0.12)x_6 \\ +(0.000343 + 0.00511 + 0.12)x_7 \\ +(0.000057 + 0.00511 + 0.12)x_8 \\ +(0.000343 + 0.00511 + 0.12)x_9 \\ +(0.000924 + 0.00511 + 0.12)x_{10} \\ = 0.000122x_2 + 0.125697x_3 + 0.125593x_4 + 0.297223x_5 \\ +0.125473x_6 + 0.125789x_7 + 0.125502x_8 + 0.125789x_9 + 0.126369x_{10} \end{cases}$$

$$s.t. \begin{cases} 44.2 \times \dfrac{0.8179}{0.2x_9 + 0.5x_5 + 0.5x_6 + x_3 + x_4 + x_7 + x_8 + x_{10}} \geq 12\% \\ x_2 \geq 13\%(y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6) \\ 17.95 \leq (y_1 + y_2 + y_3) \leq 4.42 \times 17.95 = 79.339 \\ 44.67 \leq x_5 \leq 197.46 \\ x_1 \leq 0.15(x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10}) \\ x_1 \geq 0.05(x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10}) \end{cases}$$

۴. تحلیل یافته ها

شاخص توصیفی متغیرهای پژوهش

میانگین مقادیر اولیه دارایی، بدهی، نرخ بازده و نرخ بهره بانکهای عضو نمونه مورد بررسی در سالهای ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۷ به شرح جدول زیر می‌باشد:

جدول ۱. مقدار اولیه دارایی و بدهی، نرخ بازده و نرخ بهره بانکهای نمونه

دارایی‌ها	نماد	ارزش اولیه	نرخ بازده
موجودی نقد	x_1	۶۶۴۹۰۹۲۳	
سپرده قانونی	x_2	۵۸۰۳۷۴۱۴	٪ ۰.۲۰۷
دارایی ثابت مشهود	x_3	۱۰۷۳۳۳۹۸	٪ ۰.۰۷۸۹
دارایی ثابت نامشهود	x_4	۶۷۲۵۷۶۱	٪ ۰.۰۲۱۷
تسهیلات اعطایی و مطالبات از اشخاص غیردولتی	x_5	۴۴۶۷۴۴۲۵۹	٪ ۲.۳۳
مطالبات از شرکت‌های فرعی و وابسته	x_6	۶۵۷۱۲۵۳	٪ ۰.۰۴۹
سرمایه‌گذاری در سهام و سایر اوراق بهادار	x_7	۱۶۴۸۵۷۸۳	٪ ۰.۱۳
سایر حسابهای دریافتی	x_8	۵۶۹۴۹۸۳	٪ ۰.۰۷۷
مطالبات از بانک‌ها و سایر مؤسسات	x_9	۳۰۷۳۱۰۰۱	٪ ۰.۴۴۵
سایر دارایی‌ها	x_{10}	۳۵۵۱۴۰۱۱	٪ ۰.۱۱۲
بدهی‌ها	نماد	ارزش اولیه	نرخ بهره
بدهی به بانک‌ها و سایر مؤسسات اعتباری	y_1	۲۹۸۴۵۳۰۵	٪ ۰.۱۰۸
سپرده‌های مشتریان	y_2	۷۸۸۱۰۰۹۰	٪ ۰.۲۸۴
ذخیره و سایر بدهی‌ها	y_3	۷۰۹۰۳۹۴۰	٪ ۰.۲۵۶
ذخیره مالیات عملکرد	y_4	۱۶۸۷۹۲۵	٪ ۰.۰۰۶
سود سهام پرداختی	y_5	۳۲۴۱۰۲	٪ ۰.۰۰۱
ذخیره مزایای پایان خدمت و تعهدات بازنشستگی کارکنان	y_6	۸۰۱۲۰۲	٪ ۰.۰۰۳

مقدار کل دارایی‌ها ۶۷۰۷۴۴۵۰۵ میلیون و مقدار کل بدهی‌ها ۱۸۲۳۷۲۵۶۴میلیون است.

تنظیم پارامترهای پژوهش

در این پژوهش ۴ نوع ریسک برای بانک‌ها در نظر گرفته می‌شود که شامل: ریسک بازار، ریسک عملیاتی، ریسک نقدینگی و ریسک اعتباری است. ریسک بازار به تفکیک دارایی‌ها در جدول شماره دو ارائه شده است:

جدول ۲. ریسک بازار هر دارایی مجموعه بانکها

دارایی‌ها	نماد	ریسک بازار
موجودی نقد	x_1	
سپرده قانونی	x_2	٪ ۰.۱۲۲
دارایی ثابت مشهود	x_3	٪ ۰.۰۲۵۱
دارایی ثابت نامشهود	x_4	٪ ۰.۰۱۴۷
تسهیلات اعطایی و مطالبات از اشخاص غیردولتی	x_5	٪ ۱.۰۸۷

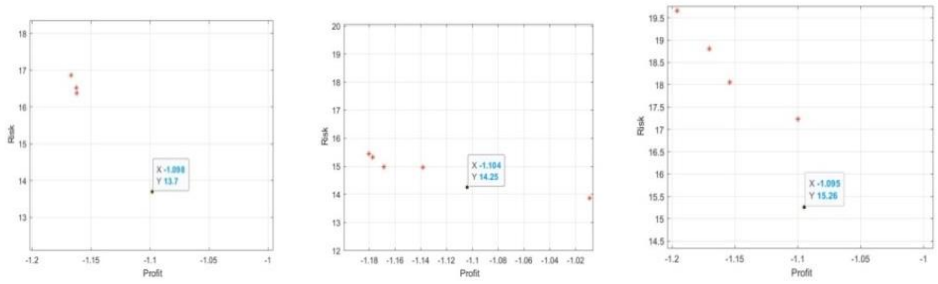
دارایی‌ها	نماد	ریسک بازار
مطالبات از شرکت‌های فرعی و وابسته	x_6	٪ ۰.۰۰۲۸۲
سرمایه‌گذاری در سهام و سایر اوراق بهادار	x_7	٪ ۰.۰۳۴۳
سایر حسابهای دریافتی	x_8	٪ ۰.۰۰۵۷
مطالبات از بانک‌ها و سایر مؤسسات	x_9	٪ ۰.۰۳۴۳
سایر دارایی‌ها	x_{10}	٪ ۰.۰۹۲۴

نتایج بهینه‌سازی الگوریتم‌های MOPSO، GWO و GA

در این بخش نتایج بهینه‌سازی برای هر یک از الگوریتم‌های PSO، GWO و GA آورده شده که بهترین جواب هر الگوریتم از طریق ۵ بار تکرار اجرای برنامه به دست آمده است.

نتایج الگوریتم MOPSO

در الگوریتم MOPSO مفهومی به نام آرشیو یا مخزن[1] نسبت به الگوریتم PSO مزید گردیده که به تالار مشاهیر[2] نیز معروف است. (چانگ،۲۰۰۸،۱۱)انتخاب بهترین جواب کلی و بهترین خاطره شخصی برای هر ذره گام مهم و اساسی در این الگوریتم محسوب می‌شود. (میر جلیلی ۲۰۱۰) هنگامی که ذرات می‌خواهند حرکتی انجام دهند، یک عضو از مخزن را به عنوان لیدر یا رهبر انتخاب می‌کنند. این لیدر حتما باید عضو مخزن و نامغلوب باشد. شکل زیر نحوه عملکرد الگوریتم را نشان می‌دهد. نتایج حل مدل مسئله با کمک الگوریتم MOPSO در ذیل نشان داده شده است:



شکل۲. تغییرات تابع هدف در بدترین، متوسط و بهترین اجرا در روش MOPSO

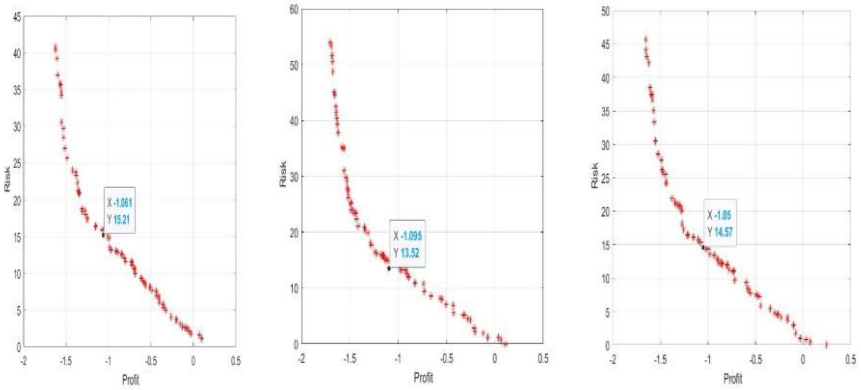
[1]. Repository
[2]. Hall of fame

جدول ۳. نتایج حاصل از اجری الگوریتم MOPSO در حل مسئله تحقیق

تکرار	تعداد اجرا									
	۱		۲		۳		۴		۵	
	Ret	Risk	Ret	Risk	Ret	Risk	Ret	Risk	Ret	Risk
۱۰۰	۱.۱۰۳	۱۴.۸۷	۱.۰۱۶	۱۲.۳۲	۱.۰۷۲	۱۴.۳۵	۱.۰۲۷	۱۴.۳۵	۱.۰۲۷	۱۴.۳۹
۲۰۰	۱.۰۸	۱۴.۷۲	۱.۰۹۳	۱۳.۵۷	۰.۹۹۹	۱۳.۳۴	۱.۲۳۴	۱۴.۸۷	۱.۱۰۹	۱۴.۹
۳۰۰	۱.۰۱۹	۱۳.۰۳	۱.۰۰۴	۱۲.۰۹	۱.۰۸۲	۱۴.۳۲	۱.۰۳۷	۱۳.۶۲	۱.۰۳	۱۴.۸۳
۴۰۰	۱.۰۶۱	۱۵.۲۱	۱.۰۳۹	۱۳.۹۷	۱.۰۹۸	۱۳.۷۰	۱.۰۵	۱۴.۵۷	۱.۰۵۹	۱۴.۳
۵۰۰	۱.۰۸۴	۱۳.۵۴	۱.۰۸	۱۴.۰۷	۱.۰۷	۱۳.۷۵	۱.۰۸۸	۱۳.۹۱	۱.۰۴۷	۱۳.۷۴

جدول ۴. پارامترهای آماری تابع هدف در روش MOPSO

پارامتر	بیشینه	کمینه	متوسط	انحراف معیار	ضریب تغییرات
Ret	۱.۱۶۶۹	۱.۰۹۸	۱.۱۴۷۴	۰.۰۳۲۹	۰.۰۲۸۷
Risk	۱۶.۹۹۲	۱۳.۱۴۷۳	۱۵.۲۹۸۸	۱.۷۵۰۹	۰.۱۱۴۴



شکل۳. تغییرات تابع هدف در بدترین، متوسط و بهترین اجرا در روش MOPSO

نتایج الگوریتم GA

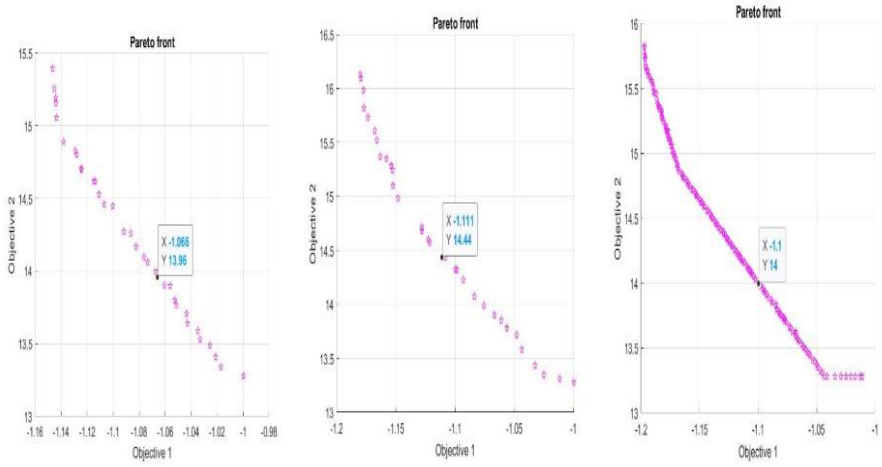
مقادیر تابع هدف برای پارامترهای مختلف الگوریتم ژنتیک در ۵ بار اجرای برنامه در جدول ذیل آورده شده است. طبق نتایج به‌دست آمده کمترین مقدار برای تابع هدف بازده و ریسک به ترتیب ۱.۰۱۱ و ۱۶.۸۲۳ به دست آمده است که این مقدار برای ۵۰۰ نسل و جابجایی دو نقطه‌ای محاسبه گردیده است. پارامترهای آماری بهترین حل و همچنین منحنی تغییرات بدترین، متوسط و بهترین اجرا به ترتیب در جدول و شکل ذیل ارائه گردیده است.

جدول ۵. مقادیر تابع هدف در ۵ بار اجرای برنامه برای روش GA

تعداد نسل		تعداد اجرا									
		۱		۲		۳		۴		۵	
		Ret	Risk	Ret	Risk	Ret	Risk	Ret	Risk	Ret	Risk
۱۰۰	تک نقطه	۱.۰۸	۱۴.۱۹	۱.۰۷۷	۱۴.۱۸	۱.۰۶۶	۱۳.۹۶	۱.۱۱۵	۱۴.۴۴	۱.۱۱۱	۱۴.۴۴
	دو نقطه	۱.۰۸	۱۳.۹۸	۱.۰۷۴	۱۴.۱۱	۱.۰۹	۱۴.۲۵	۱.۰۹۷	۱۴.۲۲	۱.۰۸۷	۱۴.۱۵
۲۰۰	تک نقطه	۱.۰۹۸	۱۴.۲۴	۱.۰۷۹	۱۴.۰۲	۱.۰۷۹	۱۴.۰۲	۱.۰۷۵	۱۴.۱	۱.۰۹۶	۱۳.۹
	دو نقطه	۱.۰۸۹	۱۴.۰۸	۱.۰۶۸	۱۴.۰۲	۱.۱۰۲	۱۴.۲۷	۱.۱۰۸	۱۴.۳۴	۱.۰۹	۱۴.۱۸
۵۰۰	تک نقطه	۱.۰۶۸	۱۴.۲۱	۱.۰۹	۱۴.۰۸	۱.۰۶۸	۱۴.۳۱	۱.۰۶۳	۱۴.۰۲۹	۱.۰۸	۱۴.۰۲
	دو نقطه	۱.۰۷۴	۱۴.۰۵	۱.۱۰۸	۱۴.۰۶	۱.۰۹	۱۴.۱	۱.۰۹۴	۱۴.۲۵	۱.۱	۱۴

جدول ۶. پارامترهای آماری تابع هدف در روش GA

پارامتر	بیشینه	کمینه	متوسط	انحراف معیار	ضریب تغییرات
Ret	۱.۲۰۱	۰.۹۹۹۷	۱.۱۱۴	۰.۰۵۵۵	۰.۰۴۹۸
Risk	۱۶.۲۳	۱۳.۲۸	۱۴.۳۶	۰.۸۰۹	۰.۰۵۶۳



شکل ۴. تغییرات تابع هدف در بدترین، متوسط و بهترین اجرا در روش GA

نتایج الگوریتم GWO

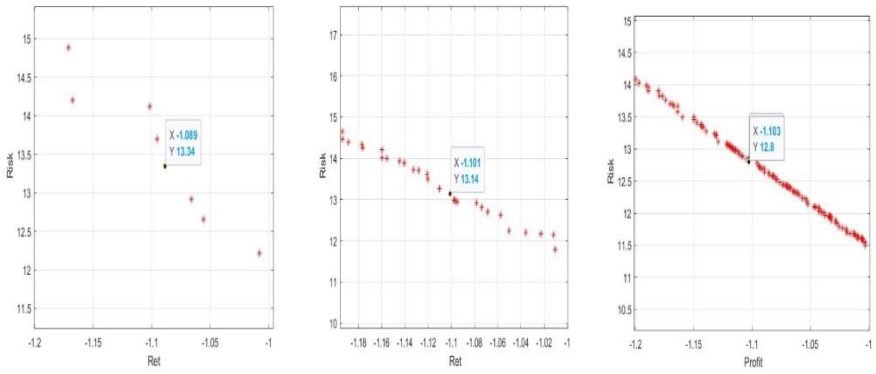
الگوریتم GWO، ۵ بار روی هر تابع معیار اجرا شده است. نتایج حاصل از اجرای الگوریتم گرگ خاکستری و نتایج آماری (میانگین و انحراف معیار) در جداول و اشکال ذیل نمایش داده شده است:

جدول ۷. نتایج حاصل از اجرای الگوریتم GWO در حل مسئله تحقیق

تکرار	تعداد اجرا									
	۱		۲		۳		۴		۵	
	Ret	Risk	Ret	Risk	Ret	Risk	Ret	Risk	Ret	Risk
۱۰۰	۱.۰۶	۱۲.۵۵	۱.۱۵۴	۱۳.۷۶	۱.۰۸۹	۱۳.۳۴	۱.۰۸	۱۲.۹۹	۱.۰۸	۱۳.۱۲
۲۰۰	۱.۰۸۹	۱۳.۴۳	۱.۱	۱۳.۷۷	۱.۱۲۹	۱۳.۸۲	۱.۰۵۹	۱۲.۶۲	۱.۱۰۸	۱۳.۵۷
۳۰۰	۱.۰۸۷	۱۲.۵۶	۱.۰۴۹	۱۲.۶۱	۱.۱۰۷	۱۳.۷۶	۱.۰۵۸	۱۲.۴۶	۱.۱۱۶	۱۳.۲
۴۰۰	۱.۰۹۳	۱۳.۸۵	۱.۱۱۷	۱۳.۸۸	۱.۱۲	۱۳.۳۴	۱.۰۵۷	۱۲.۲۹	۱.۱۰۹	۱۳.۴۴
۵۰۰	۱.۱۰۳	۱۲.۸	۱.۰۵۳	۱۲.۴۱	۱.۱۰۴	۱۳.۶۷	۱.۰۸۱	۱۲.۸۷	۱.۰۹۲	۱۳.۷۱

جدول ۸. پارامترهای آماری تابع هدف در روش GWO

پارامتر	بیشینه	کمینه	متوسط	انحراف معیار	ضریب تغییرات
Ret	۱.۱۹۶۸	۱.۰۰۲۶	۱.۰۹۹۲	۰.۰۵۲۸	۰.۰۴۸
Risk	۱۴.۰۵۴۶	۱۱.۷۱	۱۲.۸۶۰۸	۰.۷۱۹	۰.۰۵۵۹



شکل۷. تغییرات تابع هدف در بدترین، متوسط و بهترین اجرا در روش GWO

جدول ۹. نتایج ارزیابی الگوریتم‌ها در شش شاخص شناسایی شده

			C_1 NPS	C_2 QM	C_3 MID	C_4 SM	C_5 DM	C_6 TIME
A_1	MOPSO	Ret	۴	۰.۷	۱.۱۴۷۴	۰.۰۳۲۹	۰.۰۶۸۹	۰.۱۴
		Risk			۱۵.۲۹۸۸	۱.۷۵۰۹	۳.۸۴۴۷	
A_2	GA	Ret	۲۲۰	۰.۷	۱.۱۱۴	۰.۰۵۵۵	۰.۲۰۱۳	۱۵.۴۶

			C_1 NPS	C_2 QM	C_3 MID	C_4 SM	C_5 DM	C_6 TIME
		Risk			۱۴.۳۶	۰.۸۰۹	۲.۹۵	
A_3	GWO	Ret	۱۱۵	۰.۸	۱.۰۹۹۲	۰.۰۵۲۸	۰.۱۹۴۲	۱۲.۳۹
		Risk			۱۲.۸۶۰	۰.۷۱۹	۲.۳۴۴۶	

تجـزیه و تحلیل استنباطی (آزمون فرضیه‌های تحقیق)

آزمون آماری ویلکاکسون جهت مقایسه داده‌ها در دو گروه وابسته به یکدیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد. لذا در جدول ذیل مقایسه‌ای بین الگوریتم‌های MOPSO، GWO و GA از لحاظ مقدار تابع هدف صورت گرفته است:

جدول ۱۰. جواب تابع هدف الگوریتم‌های MOPSO، GWA و GA در تکرارهای متوالی

تکرار	MOPSO		GA		GWO	
	RET	RISK	RET	RISK	RET	RISK
۱	۱.۱۰۳	۱۴.۸۷	۱.۰۸	۱۳.۹۸	۱.۰۶	۱۲.۵۵
۲	۱.۰۸	۱۴.۷۲	۱.۰۹۸	۱۴.۲۴	۱.۰۸۹	۱۳.۴۳
۳	۱.۰۱۹	۱۳.۰۳	۱.۰۸۹	۱۴.۰۸	۱.۰۸۷	۱۲.۵۶
۴	۱.۰۶۱	۱۵.۲۱	۱.۰۷۹	۱۴.۲۱	۱.۰۹۳	۱۳.۸۵
۵	۱.۰۸۴	۱۳.۵۴	۱.۰۷۴	۱۴.۰۵	۱.۰۹۶	۱۲.۸۲
۶	۱.۰۱۶	۱۲.۳۲	۱.۰۷۴	۱۴.۱۱	۱.۱۵۴	۱۳.۷۶
۷	۱.۰۹۳	۱۳.۵۷	۱.۰۷۹	۱۴.۰۲	۱.۱	۱۳.۷۷
۸	۱.۰۰۴	۱۲.۰۹	۱.۰۶۸	۱۴.۰۲	۱.۰۴۹	۱۲.۶۱
۹	۱.۰۳۹	۱۳.۹۷	۱.۱۱۹	۱۴.۰۶	۱.۱۱۷	۱۳.۸۸
۱۰	۱.۰۸	۱۴.۰۷	۱.۱۰۸	۱۴.۰۶	۱.۰۵۳	۱۲.۴۱
۱۱	۱.۰۷۲	۱۴.۳۵	۱.۰۹	۱۴.۲۵	۱.۰۹۱	۱۳.۵۲
۱۲	۰.۹۹۹	۱۳.۳۴	۱.۰۷۹	۱۴.۰۲	۱.۱۲۹	۱۳.۸۲
۱۳	۱.۰۸۲	۱۴.۳۲	۱.۱۰۲	۱۴.۲۷	۱.۱۰۷	۱۳.۷۶
۱۴	۱.۰۹۵	۱۳.۵۲	۱.۰۶۸	۱۳.۸۷	۱.۱۲	۱۳.۳۴
۱۵	۱.۰۷	۱۳.۷۵	۱.۰۹	۱۴.۱	۱.۱۰۴	۱۳.۶۷
۱۶	۱.۰۲۷	۱۴.۳۵	۱.۰۹۷	۱۴.۲۲	۱.۰۸	۱۲.۹۹
۱۷	۱.۲۳۴	۱۴.۸۷	۱.۰۷۵	۱۴.۱	۱.۰۵۹	۱۲.۶۲
۱۸	۱.۰۳۷	۱۳.۶۲	۱.۰۹۸	۱۳.۷۰	۱.۰۵۸	۱۲.۴۶
۱۹	۱.۰۵	۱۴.۵۷	۱.۰۶۳	۱۴.۰۲	۱.۰۵۷	۱۲.۲۹
۲۰	۱.۰۸۸	۱۳.۹۱	۱.۰۹۴	۱۴.۲۵	۱.۰۸۱	۱۲.۸۷

تکرار	MOPSO		GA		GWO	
	RET	RISK	RET	RISK	RET	RISK
۲۱	۱.۰۲۷	۱۴.۳۹	۱.۰۸۷	۱۴.۱۵	۱.۰۸	۱۳.۱۲
۲۲	۱.۱۰۹	۱۴.۹	۱.۰۹۶	۱۳.۹	۱.۱۰۸	۱۳.۵۷
۲۳	۱.۰۳	۱۴.۸۳	۱.۰۹	۱۴.۱۸	۱.۱۱۶	۱۳.۲
۲۴	۱.۰۵۹	۱۴.۳	۱.۱۷	۱۳.۸۹	۱.۱۰۹	۱۳.۴۴
۲۵	۱.۰۴۷	۱۳.۷۴	۱.۱	۱۴	۱.۱۰۳	۱۲.۸

فرضیه صفر در این آزمون بیانگر عدم تفاوت و فرضیه مقابل آن نشان‌دهنده وجود تفاوت می‌باشد. بنابراین در این بخش، مقایسه کارایی پرتفوهای حاصل از الگوریتم‌های ژنتیک، تجمعی ذرات و گرگ خاکستری در بهینه‌سازی مدل ریسک ارائه می‌گردد.

فرضیه شماره یک:

H_0: الگوریتم بهینه‌سازی فراابتکاری توده ذرات در مقایسه با الگوریتم گرگ خاکستری برای ارزیابی ریسک یکپارچه نظام بانکی از کارآمدی همسانی برخوردار هستند.

H_1: الگوریتم بهینه‌سازی فراابتکاری توده ذرات در مقایسه با الگوریتم گرگ خاکستری برای ارزیابی ریسک یکپارچه نظام بانکی از کارآمدی همسانی برخوردار نیستند.

Ranks		N	Mean Rank	Sum of Ranks
GWO.Risk MPSO.RISK	Negative Ranks	21a	13.57	285.00
	Positive Ranks	4b	10.00	40.00
	Ties	0c		
	Total	25		

a. GWO.Risk < MPSO.RISK

b. GWO.Risk > MPSO.RISK

c. GWO.Risk = MPSO.RISK

Test Statistics[b]

Ranks		N	Mean Rank	Sum of Ranks
GWO.Risk MPSO.RISK	Negative Ranks	21a	13.57	285.00
	Positive Ranks	4b	10.00	40.00
	Ties	0c		
	Total	25		

a. GWO.Risk < MPSO.RISK

	GWO.Risk - MPSO.RISK
Z	-3.296a
Asymp. Sig. (2-tailed)	.001

a. Based on positive rank

b.Wilcoxon Signed Rank Test

جدول نتایج آزمون ویلکاکسون برای فرضیه اول

همان‌طور که از نتایج آزمون ویلکاکسون مشاهده می‌شود، مقدار عدد معنی‌داری (Sig) کوچکتر از ۰.۰۵ است، بنابراین در سطح اطمینان ۹۵ درصد می‌توانیم ادعا کنیم که فرض صفر رد شده و فرض یک مبنی بر ناهمسانی کارآمدی روش توده ذرات در مقایسه با الگوریتم خاکستری، تأیید می‌گردد.

فرضیه شماره دو:

H_0: الگوریتم بهینه‌سازی فراابتکاری توده ذرات در مقایسه با الگوریتم ژنتیک برای ارزیابی ریسک یکپارچه نظام بانکی از کارآمدی همسانی برخوردار هستند.

H_1: الگوریتم بهینه‌سازی فراابتکاری توده ذرات در مقایسه با الگوریتم ژنتیک برای ارزیابی ریسک یکپارچه نظام بانکی از کارآمدی همسانی برخوردار نیستند.

Ranks		N	Mean Rank	Sum of Ranks
MGA.RISK - MPSO.RISK	Negative Ranks	13a	11.23	146.00
	Positive Ranks	12b	14.92	179.00
	Ties	0c		
	Total	25		

a. MGA.RISK < MPSO.RISK

b. MGA.RISK > MPSO.RISK

c. MGA.RISK = MPSO.RISK

Test Statistics[b]

	MGA.RISK - MPSO.RISK
Z	-.444a
Asymp. Sig. (2-tailed)	.657

a. Based on negative ranks.

b. Wilcoxon Signed Rank Test

جدول نتایج آزمون ویلکاکسون برای فرضیه دوم

همانطور که از نتایج آزمون ویلکاکسون مشاهده می‌شود، مقدار عدد معنی‌داری (Sig) بزرگتر از ۰.۰۵ است، بنابراین در سطح اطمینان ۹۵ درصد می‌توانیم ادعا کنیم که فرض صفر تأیید و فرض یک مبنی بر ناهمسانی کارآمدی روش توده ذرات در مقایسه با الگوریتم خاکستری، رد می‌گردد. بنابراین روش بهینه سازی توده ذرات و روش ژنتیک در ارزیابی ریسک یکپارچه نظام بانکی از کارآمدی همسانی برخوردار هستند.

فرضیه شماره سه:

H_0: الگوریتم بهینه‌سازی فراابتکاری گرگ خاکستری در مقایسه با الگوریتم ژنتیک برای ارزیابی ریسک یکپارچه نظام بانکی از کارآمدی همسانی برخوردار هستند.

H_1: الگوریتم بهینه‌سازی فراابتکاری گرگ خاکستری در مقایسه با الگوریتم ژنتیک برای ارزیابی ریسک یکپارچه نظام بانکی از کارآمدی همسانی برخوردار نیستند.

Ranks

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
GWO.Risk - MGA.RISK	Negative Ranks	25a	13.00	325.00
	Positive Ranks	0b	.00	.00
	Ties	0c		
	Total	25		

a. GWO.Risk < MGA.RISK
b. GWO.Risk > MGA.RISK
c. GWO.Risk = MGA.RISK

Test Statistics[b]

	GWO.Risk - MGA.RISK
Z	-4.373a
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000

a. Based on positive ranks.
b. Wilcoxon Signed Ranks Test

نتایج آزمون ویلکاکسون برای فرضیه سوم

همانطور که از نتایج آزمون ویلکاکسون مشاهده می‌شود، مقدار عدد معنی‌داری (Sig) کوچکتر از ۰.۰۵ است، بنابراین در سطح اطمینان ۹۵ درصد می‌توانیم ادعا کنیم که فرض صفر رد و فرض یک مبنی بر تفاوت معنادار بین ارزیابی ریسک توسط روش بهینه‌سازی الگوریتم گرگ خاکستری در مقایسه با روش ژنتیک وجود دارد.

فرضیه شماره چهارم:

H_0: الگوریتم بهینه‌سازی فراابتکاری توده ذرات، گرگ خاکستری و ژنتیک برای ارزیابی ریسک یکپارچه نظام بانکی از کارآمدی همسانی برخوردار هستند.

H_1: الگوریتم بهینه‌سازی فراابتکاری توده ذرات، گرگ خاکستری و ژنتیک برای ارزیابی ریسک یکپارچه نظام بانکی از کارآمدی همسانی برخوردار نیستند.

جهت آزمون فرضیه چهارم از آزمون کروسکال والیس که یک آزمون غیرپارامتری و از سری آزمون‌های آنالیز واریانس محسوب می‌شود استفاده شده است. این فرضیه k گروه نمونه از یک جامعه آماری مشترک یا جامعه آماری شبیه به هم که با توجه به میانگین‌ها استخراج شده‌اند را جهت تعیین کارایی هر کدام از الگوریتم‌ها آزمون می‌کند.

Ranks

		N	Mean Rank
Risk	1	25	45.34
	2	25	50.68
	3	25	17.98
	Total	75	

Test Statistics[a,b]

	Risk
Chi-Square	32.402
Df	2
.Asymp. Sig	0.000

a. Kruskal Wallis Test
b. Grouping Variable Method

جدول نتایج آزمون کروسکال والیس برای فرضیه چهارم

همانطور که از نتایج آزمون کروسکال والیس در جدول فوق مشاهده می‌شود، مقدار عدد معنی‌داری (Sig) کمتر از ۰.۰۵ است، بنابراین در سطح اطمینان ۹۵ درصد فرض صفر رد شده و فرض یک مبنی بر ناهمسانی کارآمدی سه روش MOPSO، GA و GWO در ارزیابی ریسک یکپارچه بانک‌ها تأیید می‌گردد.

۵. نتیجه گیری

نتایج آمار توصیفی متغیرهای پژوهش

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش میانگین داده‌های بانک‌های مذکور از ابتدای سال ۱۳۹۲ تا انتهای سال ۱۳۹۷ می باشد. در در این پژوهش ۴ نوع ریسک برای بانک‌ها در نظر گرفته شده است که شامل: ریسک بازار، ریسک عملیاتی، ریسک نقدینگی و ریسک اعتباری است. میانگین کلی ریسک بازار به تفکیک دارایی‌ها در جدول شماره دو ارائه شده است، میانگین ریسک نقدینگی، اعتباری و عملیاتی بانک‌ها در طی سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۷ برای ۹ بانک، به ترتیب ۰.۱۲، ۰.۱۶ و ۰.۰۰۵۱ می باشد. ۸۱.۷۹٪ دارایی‌ها دارای وزن ریسک هستند که انتخاب می‌شوند و نهایتاً بر اساس داده‌های جمع‌آوری شده مدل بهینه‌سازی چندهدفه با دو تابع هدف شامل حداکثرسازی بازده و حداقل‌سازی بازده تنظیم و ۶ محدودیت تنظیم می‌گردد. محدودیت اول نرخ کفایت سرمایه، محدودیت دوم محدودیت نرخ سپرده قانونی، محدودیت سوم محدودیت سپرده مشتریان، محدودیت چهارم محدودیت تسهیلات، محدودیت پنجم و ششم محدودیت مقیاس پول هستند که بر اساس واقعیات عملیات بانک‌ها تنظیم شده‌اند.

نتایج حاصل از مقایسه شاخص‌های ارزیابی الگوریتم‌ها

پس از بررسی ادبیات موضوع، شش شاخص تعداد جواب‌های پارتو، شاخص کیفیت، شاخص متوسط فاصله از شاخص نقطه ایده‌آل، شاخص فاصله، شاخص گوناگونی و شاخص زمان اجرای الگوریتم به عنوان شاخص‌های ارزیابی عملکرد الگوریتم‌ها در این تحقیق شناسایی و معرفی شده‌اند. پس از شناسایی شاخص‌ها، می‌بایست مقادیر هر شاخص در الگوریتم‌ها محاسبه و ارائه گردد.

از نظر شاخص تعداد جواب‌های پارتو، الگوریتم ژنتیک نسبت به روش الگوریتم خاکستری و توده ذرات نقاط پارتوی بیشتری را ارائه می‌دهد، اما الگوریتم گرگ خاکستری از دقت بالاتری نسبت به انتخاب نقاط برخوردار است. از نظر شاخص کیفیت الگوریتم گرگ خاکستری مقدار بیشتری را ارائه می‌دهد، یعنی سهم این الگوریتم در مجموعه پاسخ‌های پارتو بیشتر است که نشانه کارایی بهتر این الگوریتم است. از نظر شاخص متوسط فاصله از نقطه ایده‌آل، کمتر بودن میانگین فاصله‌ی نقاط پارتو از جواب ایده‌آل، نشانگر کارایی بهتر الگوریتم موردنظر است که در این مورد الگوریتم گرگ خاکستری مقدار کمتری را ارائه می‌دهد بنابراین کاراتر است. از نظر شاخص گوناگونی، فاصله اقلیدسی بیشتر بین جواب ابتدایی و انتهایی مجموعه‌ی پارتو نشانگر کارایی بیشتر الگوریتم است که در این مورد نیز الگوریتم گرگ خاکستری کاراتر است. از نظر شاخص زمان اجرای الگوریتم کمتربودن زمان اجرا نشانگر کارایی بیشتر الگوریتم است که در صورت برابربودن سایر شاخص‌ها، کمتربودن این شاخص ملاک کارایی بیشتر خواهد بود. با توجه به شرایط مسئله (تعداد نقاط پارتوی هر الگوریتم) می‌توان اذعان داشت که الگوریتم خاکستری از نظر زمان اجرا نیز کاراتر می‌باشد.

بنابراین طبق جدول روش GWO کارامدی بهتری در بهینه‌سازی تابع هدف (حداکثرسازی بازده در مقابل سطح مشخصی از ریسک) ارائه می‌دهد. با توجه به سرعت بالای همگرایی الگوریتم گرگ خاکستری، در این مسئله این روش گزینه مناسبی جهت بهینه‌سازی نسبت به دو الگوریتم ژنتیک و توده ذرات می‌باشد. همچنین در مسائل مختلف بهینه‌سازی اثبات شده است که الگوریتم گرگ خاکستری نسبت به الگوریتم ژنتیک و الگوریتم بهینه‌سازی توده ذرات، قدرت جستجو و دقت بالاتری دارد.

نتایج حاصل از تجـزیه و تحلیل استنباطی (آزمون فرضیه‌های تحقیق)

در این پژوهش برای ارزیابی ریسک یکپارچه نظام بانکی به بررسی کارایی سه روش الگوریتم توده ذرات، ژنتیک و گرگ خاکستری پرداختیم تا مزایای احتمالی روش کاراتر را برمی‌شمریم. با توجه به نتایج به دست‌آمده کارایی الگوریتم گرگ خاکستری نسبت به دو روش دیگر بالاتر است.

الگوریتم‌ها از لحاظ شش شاخص تعداد جواب‌های پارتو، شاخص کیفیت، شاخص متوسط فاصله از شاخص نقطه ایده‌آل، شاخص فاصله، شاخص گوناگونی و شاخص زمان اجرای الگوریتم مورد سنجش قرار گرفتند که نتیجه حاصل نشانگر شاخص‌های بهتر الگوریتم GWO در حل این مسأله است.

همچنین پاسخ‌های حاصل از حل مسأله توسط سه الگوریتم شامل نقاط پارتوی به‌دست آمده را در نرم‌افزار SPSS16 وارد کرده و تست آماری ویلکاکسون جهت بررسی فرضیات مسأله بر روی این نقاط انجام شد که نشان از عملکرد بهتر روش GWO نسبت به دو روش دیگر دارد. در ادامه به بررسی فرضیات پژوهش می‌پردازیم:

فرضیه شماره یک: الگوریتم بهینه‌سازی فراابتکاری توده‌ذرات در مقایسه با الگوریتم گرگ خاکستری برای ارزیابی ریسک یکپارچه نظام بانکی از کارآمدی همسانی برخوردار نیستند.

نتایج حاصل از عدد معنی‌داری آزمون ویلکاکسون نشان‌دهنده آن است که فرض صفر مبنی بر همسانی کارآمدی الگوریتم توده ذرات و الگوریتم گرگ خاکستری رد شده و فرض یک مبنی بر ناهمسانی کارآمدی روش توده ذرات و الگوریتم گرگ خاکستری برای ارزیابی ریسک یکپارچه نظام بانکی تأیید می‌گردد. بنابراین طبق مقایسات شاخص‌های الگوریتم‌ها در بخش قبل الگوریتم گرگ خاکستری نسبت به الگوریتم توده ذرات شاخص‌های ارزیابی بهتری را در حل مسئله ارائه می‌دهد و در سطح مشخصی از ریسک، بازدهی بیشتری برای مسئله ارائه می‌دهد.

با بررسی تحقیقات مشابه صورت گرفته می‌توان به تحقیقات تقوی‌فرد (۱۳۸۶)، رئوف‌پناه (۱۳۹۲)، رنجبر و همکاران (۱۳۹۴)، داودی و صدری (۱۳۹۷)، موسوی و همکاران (۱۳۹۴)، محمدی و ظهیری (۱۳۹۵)، ژانگ (۲۰۰۹)، سان و همکاران (۲۰۱۱)، لیو و همکاران (۲۰۱۲)، بوید (۲۰۰۹)، کورا (۲۰۰۹) اشاره نمود.

فرضیه شماره دو: الگوریتم بهینه‌سازی فراابتکاری توده ذرات در مقایسه با الگوریتم ژنتیک برای ارزیابی ریسک یکپارچه نظام بانکی از کارآمدی همسانی برخوردار نیستند.

نتایج حاصل از آزمون ویلکاکسون نشان‌دهنده آن است که فرض صفر مبنی بر همسانی کارآمدی الگوریتم توده ذرات و الگوریتم ژنتیک تأیید شده و فرض یک مبنی بر ناهمسانی کارآمدی روش توده ذرات و الگوریتم ژنتیک برای ارزیابی ریسک یکپارچه نظام بانکی رد می‌گردد. بنابراین الگوریتم ژنتیک و الگوریتم توده ذرات شاخص‌های ارزیابی همسانی را در حل مسئله ارائه می‌دهند و در سطح مشخصی از ریسک بازدهی هر دو الگوریتم برای مسئله یکسان است.

با بررسی تحقیقات مشابه صورت گرفته می‌توان به تحقیقات تقوی‌فرد (۱۳۸۶)، رئوف‌پناه (۱۳۹۲)، رنجبر و همکاران (۱۳۹۴)، داودی و صدری (۱۳۹۷)، موسوی و همکاران (۱۳۹۴)، محمدی و ظهیری (۱۳۹۵)، ژانگ (۲۰۰۹)، سان و همکاران (۲۰۱۱)، لیو و همکاران (۲۰۱۲)، بوید (۲۰۰۹)، کورا (۲۰۰۹) اشاره نمود.

فرضیه شماره سه: الگوریتم بهینه‌سازی فراابتکاری گرگ خاکستری در مقایسه با الگوریتم ژنتیک برای ارزیابی ریسک یکپارچه نظام بانکی از کارآمدی همسانی برخوردار نیستند.

نتایج حاصل از آزمون ویلکاکسون در جدول نشان‌دهنده آن است که فرض صفر مبنی بر همسانی کارآمدی الگوریتم گرگ خاکستری و الگوریتم ژنتیک رد شده و فرض یک مبنی بر ناهمسانی کارآمدی روش گرگ خاکستری و الگوریتم ژنتیک برای ارزیابی ریسک یکپارچه نظام بانکی تأیید می‌گردد. بنابراین طبق مقایسات شاخص‌های

الگوریتم‌ها در بخش قبل الگوریتم گرگ خاکستری نسبت به الگوریتم توده ذرات شاخص‌های ارزیابی بهتری را در حل مسئله ارائه می‌دهد و در سطح مشخصی از ریسک بازدهی بیشتری برای مسئله ارائه می‌دهد.
با بررسی تحقیقات مشابه صورت گرفته می‌توان به تحقیقات تقوی‌فرد (۱۳۸۶)، رئوف‌پناه (۱۳۹۲)، رنجبر و همکاران (۱۳۹۴)، داودی و صدری (۱۳۹۷)، موسوی و همکاران (۱۳۹۴)، محمدی و ظهیری (۱۳۹۵)، ژانگ (۲۰۰۹)، سان و همکاران (۲۰۱۱)، لیو و همکاران (۲۰۱۲)، بوید (۲۰۰۹)، کورا (۲۰۰۹) اشاره نمود.

فرضیه شماره چهارم: الگوریتم بهینه‌سازی فراابتکاری توده ذرات، گرگ خاکستری و ژنتیک برای ارزیابی ریسک یکپارچه نظام بانکی از کارآمدی همسانی برخوردار نیستند.
نتایج حاصل از آزمون کروسکال والیس نشان‌دهنده آن است که فرض صفر مبنی بر همسانی کارآمدی الگوریتم گرگ خاکستری، الگوریتم ژنتیک و الگوریتم توده ذرات رد شده و فرض یک مبنی بر ناهمسانی کارآمدی این سه الگوریتم برای ارزیابی ریسک یکپارچه نظام بانکی تأیید می‌گردد. بنابراین طبق مقایسات شاخص‌های الگوریتم‌ها در بخش قبل الگوریتم گرگ خاکستری نسبت به الگوریتم توده ذرات و ژنتیک ثبات و همگرایی بهتری و زمان اجرای کم، شاخص‌های ارزیابی بهتری را در حل مسئله ارائه می‌دهد. یعنی در سطح مشخصی از ریسک بازدهی بیشتری برای مسئله ارائه می‌دهد.

یکی از مهمترین خصوصیات الگوریتم‌های فراابتکاری، عدم به تله افتادن در کمینه محلی است. در این مسئله (بهینه‌سازی)، الگوریتم گرگ خاکستری نسبت به دو الگوریتم ژنتیک و الگوریتم توده ذرات، احتمال کمتری در به تله افتادن دارد و الگوریتم مطرح شده دقت بهتری را نسبت به الگوریتم‌های دیگر ارائه می‌کند.

با بررسی تحقیقات مشابه صورت گرفته می‌توان به تحقیقات تقوی‌فرد (۱۳۸۶)، رئوف‌پناه (۱۳۹۲)، رنجبر و همکاران (۱۳۹۴)، داودی و صدری (۱۳۹۷)، موسوی و همکاران (۱۳۹۴)، محمدی و ظهیری (۱۳۹۵)، ژانگ (۲۰۰۹)، سان و همکاران (۲۰۱۱)، لیو و همکاران (۲۰۱۲)، بوید (۲۰۰۹)، کورا (۲۰۰۹) اشاره نمود.

پیشنهادهای کاربردی در راستای نتایج پژوهش

پژوهش حاضر به‌عنوان یک پژوهش در حوزه نظری و کاربردی به‌دنبال ارائه جواب‌های بهینه و زیر جواب‌های بهینه برای حداقل‌سازی ریسک حاصل از دارایی و بدهی و حداکثرسازی بازده دارایی با محدودیت‌های مورد نظر می‌باشد. برای این منظور از الگوریتم‌های بهینه‌سازی ژنتیک، گرگ خاکستری و توده ذرات استفاده شد و سودمندی این روش‌ها در حداکثرکردن میزان بازدهی در مقابل سطح مشخصی از ریسک بررسی گردید.
این پژوهش در حوزه نظری پژوهش حاضر به علاقه‌مندان مباحث بهینه‌سازی پورتفوی، امکان استفاده از روش‌های هوشمند در به‌دست‌آوردن جواب‌های بهینه و زیرجواب بهینه را خاطر نشان می‌کند.
در حوزه کاربردی نیز پژوهش حاضر با ارزیابی مثبت کیفیت زیرجواب‌های بهینه مدل ریسک و بازده، روش الگوریتم گرگ خاکستری را برای محاسبه سیاست بهینه ریسک و بازده به بانک‌ها پیشنهاد می‌دهد.

پیشنهــاداتی برای محققان آتی

به محققان آتی توصیه می‌شود:

۱) مدل را ضمن افزودن قیود دیگر مدل را حل کرده و نتایج را مقایسه کنند.

۲) با بررسی همزمان بانک‌های ایرانی و خارجی، به مقایسه ریسک و بازده ایرانی و خارجی بپردازد.

۳) مسآله مطرح در این پژوهش را با دیگر روش‌های بهینه‌سازی الگوریتم‌های فراابتکاری حل کنند و به مقایسه آنها بپردازند.

محدودیت‌های پژوهش

با توجه به انتخاب بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۷ به دلیل در دسترس‌بودن اطلاعات مورد نیاز بانک‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار، در این زمینه محدودیتی وجود نداشت.

فهرست منابع

* اردانه، علی (۱۳۹۴) .بهینه‌سازی دسترس‌پذیری سیستم‌های سری- موازی با اجزای سه‌حالته تعمیرپذیر . پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مؤسسه آموزش عالی رجا، دانشکده فنی و مهندسی.
* خوش سیما ر، شهیکی تاش م.(۱۳۹۱). تاثیر ریسک های اعتباری، عملیاتی و نقدینگی بر کارایی نظام بانکی ایران، فصلنامه برنامه ریزی و بودجه، ۴: ۱۶-۱۱.
* راعی .رضا، سعیدی، علی.، (۱۳۸۸)مبانی مهندسی مالی و مدیریت ریسک"، انتشارات سمت.، ص. ۹ ۵ -۵۸ ،
* زارع، احسان و حمیدی، فرهاد و راحتی، امین،۱۳۹۴،الگوریتم گرگ خاکستری بهبودیافته،چهارمین کنگره مشترک سیستم های فازی و هوشمند ایران (پانزدهمین کنفرانس سیستم های فازی و سیزدهمین کنفرانس سیستم های هوشمند)
* سرمد ز، بازرگان ع، حجازی ا. ۱۳۸۰. روش‌های تحقیق در علوم رفتاری. چاپ پنجم. تهران: انتشارات آگاه.
* سعیدی ع، آقایی آ. ۱۳۸۸. پیش بینی درماندگی مالی شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از شبکه های بیز بررسی‌های حسابداری و حسابرسی،۵۶: ۷۸-۵۹.
* Afshar, M. H. and R. Moeini. 2008. Partially and fully constrained ant algorithms for the optimal solution of large scale reservoir operation problems. Water Resources Management, 22(12): 1835–1857.
* Afshar, M. H. and M. Shahidi. 2009. Optimal solution of large-scale reservoir-operation problems: Cellular-automata versus heuristic-search methods. Engineering Optimization, 41(3):275-293.
* Angeline, P. J. 1998. Evolutionary optimization versus particle swarm optimization: Philosophy and performance differences. Evolutionary Programming VII, Lecture Notes in Computer Science, 1447: 601-611.
* Fama E. F., (1970), “Efficient capital markets: A review of theory and empirical work”, Journal of finance, 25:2, pp. 283-417 [10] Goldberg, D., (1989), “Genetic Algorithm in search, Optimization and machine Learning”, Addison-Wesely

* Huang, X., (2008), "Portfolio selection with new definition of risk", European journal of Operational research, 186, PP. 351-357
* Keller, R. E., Banzhaf, W., Nordin, P., Francone, F.D., (1998), "Genetic Programming–An Introduction; On the Automatic Evolution of Computer Programs and its Applications" Morgan Kaufmann, dpunkt.verlag
* Geem Z.W., Kim J-H, Loganathan GV. "Harmony search optimization: Application to pipe network design". Int J Modell Simulat;22(2):125 33, 2002.
* Lin, Chang., Lin, Yi, Ting., (2008), "Genetic algorithm for portfolio selection problem with transaction lost", European journal of operational research., Vol. 185, ISSUE, 1, 16, PP. 393-401
* Lin, Chi., Ming, Mitsuo, Gon., (2007), "An effective decision-based genetic algorithm approach to multi objective portfolio optimization problem", Applied mathematical science, Vol. 1, S, E, PP.1-21
* Markowitz, H., M., (1952), "Portfolio Selection", The Journal of Finance, Vol. 7, 1, PP. 77-91
* S. Mirjalili and S. Z. M Hashim, "A New Hybrid PSOGSA Algorithm for Function Optimization," International Conference on Computer and Information Application, pp.374-377, 2010
* Muro. C r. R and Spector. L, Escobedo. R from emerge strategies hunting) lupus canis (pack-wolf Behavioural, simulations computational in rules simple .197-192(2011) 3(88)
* S. Mirjalili and S. Z. M Hashim, "A New Hybrid PSOGSA Algorithm for Function Optimization," International Conference on Computer and Information Application, pp.374-377, 2010

Financial Economics
Vol. (13) Issue (50) Summer 2024

usefulness of meta-heuristic algorithms on optimizing of the integrated risk in banking system

Eskandar vaziri
correspondence، students of phd، accounting، Islamic azad university of shahroud
svaziri2010@hotmail.com

Farhad dehdar
Assistance Professor of accounting، islamic azad university of shahroud
f.dehdar1970@yahoo.com

Mohamad reza abdoli
Associate Professor of accounting، islamic azad university of shahroud
mra830@yahoo.com

Abstract
aim of this study was to evaluate the integrated risk of the banking system through the metaphysical algorithms of gray wolf, genetics and particle swarming. This research is applied research in terms of purpose and correlational in nature and method. Data collection has been done through library studies, articles and sites in deductive form and data collection to refute and confirm hypotheses inductively. The statistical population of this research is the banking system and the sample includes banks listed on the Tehran Stock Exchange during the fiscal years 1392 to 1397. In order to collect the required data, the financial database of the Ministry of Economic Affairs and Finance, codal site, etc. have been used. After extracting the information, and setting them in the form of an integrated risk model, the objective function and constraints are entered in MATLAB software and the variables of risk (market risk, operational risk, liquidity risk and credit risk) and return (profit and loss on assets and Debts) were obtained using particle swarm algorithms, genetics and gray wolves and we compared their results using SPSS 16 software. After that, first the descriptive statistics were analyzed and then inferential statistics were performed. The results of descriptive statistics showed that the average total assets in 1397, 670744505 million rials and the average total liabilities during the years 1392 to 1397, 182372564 million rials, 81.79% of assets have risk weights that the average liquidity risk, credit And the operation of the banking system during the years under review are 0.12, 0.16 and 0.0051, respectively. In the inferential statistics section, after reviewing the results of comparing the evaluation indicators of algorithms (Pareto number response index, quality index, mean distance index from ideal point index, distance index, diversity index and algorithm execution time index), it was determined that the gray wolf algorithm is efficient. Provides better goal function optimization (maximizing returns and minimizing risk). Also, by examining the research hypotheses, it was found that particle swarm algorithms and genetics have the same efficiency for assessing the integrated risk of the banking system. Provides better problem solving.

Key words: risk،risk assessment، grey wolf algorithm، genetic algorithm، particle swarm algorithm.