فصلنامه علمی پژوهشی دانش سرمایه‌گذاری
دوره ۱۶ / شماره ۲ (پیاپی ۶۲) / تابستان ۱۴۰۶
صفحه ۱۵۱ تا ۱۶۹

مدیریت ریسک نوسانات ارز خارجی با استفاده از روش بهینه‌سازی چند هدفه کلونی زنبورعسل مصنوعی مبتنی بر ارزش در معرض ریسک شرطی

مهدی کریمی موحد
دانشجوی دکتری رشته مهندسی مالی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رودهن، گروه مدیریت و حسابداری، رودهن، ایران
mkm.mahdikarimi11527@gmail.com
نرگس یزدانیان
استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن، گروه مدیریت و حسابداری، رودهن، ایران (نویسنده مسئول)
Nargesyazdanian@gmail.com
سید علیرضا میر عرب بایگی
استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن، گروه مدیریت و حسابداری، رودهن، ایران
Mirarab_alireza@yahoo.com
هدی همتی
استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن، گروه مدیریت و حسابداری، رودهن، ایران
Hemmati.hoda@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۲۳

چکیده

امروزه نوسانات نرخ ارز، بر کسب و کارها تاثیر بسزایی دارد که مدیریت ریسک آن حائز اهمیت است. از این رو، هدف این پژوهش، بررسی ریسک نوسانات ارز خارجی با استفاده از روش بهینه‌سازی چند هدفه کلونی زنبورعسل مصنوعی مبتنی بر ارزش در معرض ریسک شرطی است. این پژوهش، از نظر هدف کاربردی و از نظر شیوه گردآوری اطلاعات، توصیفی و پس رویدادی است. ارزهای مورد مطالعه در این پژوهش شامل دلار آمریکا، پوند انگلیس، درهم امارات، لیر ترکیه، یوان چین و یورو در بازار ایران در بازه زمانی ۱۳۹۵ الی ۱۴۰۰ بوده است. طبق یافته‌های پژوهش، در بهینه‌سازی سبد مربوط به ارزها، سبدهای ارز انتخابی با کمینه ریسک تشکیل شده است. مجموعه جواب بدست آمده از اجرای مدل این پژوهش با توجه به تعداد دفعات مربوط به چرخش الگوریتم، متفاوت بوده و در بهترین جواب، کمترین مقدار CVaR مربوط به ارز درهم امارات بوده است. طبق یافته‌های پژوهش پیشنهاد می‌شود در ترکیب پرتفوی، بیشترین درصد ارزی مربوط به درهم امارات باشد.

واژه‌های کلیدی: نوسانات ارز خارجی، ارزش در معرض ریسک شرطی، روش‌های بهینه‌سازی، کلونی زنبورعسل مصنوعی.

۱- مقدمه

نرخ ارز نقش مهمی در تجارت و کسب و کار کشورها بازی کرده که غالباً پیامدهای مهمی بر تجارت بین‌المللی و نیز عملکرد اقتصادی دارد (نیکیتا[1]، ۲۰۱۳). بازار ارز به عنوان یکی از بخش‌های حساس بازار مالی همواره مورد توجه سرمایه‌گذاران بوده که به سرعت از نوسانات و چرخه‌های تجاری در اقتصاد تأثیر می‌پذیرد (بذرائی و همکاران، ۱۴۰۰) و از طرف دیگر، نوسانات ارزی می‌تواند بر هزینه تولید و سودآوری شرکت‌های تولیدی (دبیری و جمالی، ۱۳۹۷) و عملکرد شرکت و بازده سهام (دولو و داوری، ۱۳۹۷) اثر بگذارد. همچنین ریسک نرخ ارز به عنوان اصلی ترین منبع ایجاد ریسک در بازار ارز تلقی می شود (گونزالس[2]، ۲۰۱۶) و این ریسک در اثر نوسانات در ارزش دارائی‌ها، بدهی‌ها، درآمدها و هزینه ها زمانی که تغییرات غیر منتظره در نرخ‌های ارز اتفاق می‌افتد، افزایش می‌یابد (علیزاده و لاریجانی، ۱۳۹۸). با توجه به آن‌که طی چند دهه گذشته، تغییر در نرخ ارز یکی از ریسک‌های عمده شرکت‌های سراسر جهان بوده است، مدیریت ریسک نرخ ارز، به عنوان یک هدف و فعالیت مهم در شرکت می‌تواند محسوب شود (آلایانیس[3] و همکاران، ۲۰۰۱؛ کوناک[4] و همکاران، ۲۰۰۶؛ پاپایونو[5]، ۲۰۰۶). ریسک به دنبال عدم قطعیت در بازار سهام و یا به طور خاص در ارتباط با موضوع این پژوهش، به دنبال عدم قطعیت نرخ ارز در کشور بوجود می‌آید (شیری قهی و همکاران، ۱۳۹۶). ریسک با روش‌های مختلفی مانند واریانس، کوواریانس، ارزش در معرض ریسک (VaR[6]) و ارزش در معرض ریسک شرطی (CVaR[7]) سنجیده می‌شود. امروزه پژوهشگران بر ارزش در معرض ریسک و نیز ارزش در معرض ریسک شرطی، به عنوان اقدامات پر مخاطره بازار تمرکز کرده‌اند. ارزش در معرض ریسک یک نمونه کار با کمترین مبلغی است که احتمال ضرر آن از $\alpha - 1$ ، بیشتر نخواهد شد. ارزش در معرض ریسک شرطی هم انتظار شرطی ضررهای بالاتر از ارزش در معرض ریسک است (برگ و کلمنت[8]، ۲۰۱۸). سرمایه‌گذاران و صاحبان سهام اغلب با یک مسئله بهینه‌سازی چند هدفه شناخته شده مواجه می‌شوند که از حوزه‌های اقتصاد و امور مالی ناشی می‌شود که به نام بهینه‌سازی پورتفوی شناخته می‌شود. مسئله بهینه سازی پورتفوی در زمان حاضر تنها به میانگین و واریانس (روش‌های کلاسیک) محدود نمی‌شود (کومار و میشرا، ۲۰۱۷) و در کنار آن، روش‌های هوشمند و فراابتکاری مانند کلونی مورچگان، کوچ پرندگان، کلونی زنبورعسل و غیره وجود دارد. امروزه قدرت الگوریتم‌های تکاملی در حل مسائل بهینه‌سازی چندهدفه به خوبی ثابت شده است (هو و لیو[9]، ۲۰۱۷؛ شیانگ، ژو و لیو[10]، ۲۰۱۵). با توجه به پژوهش‌های پیشین، روش‌های فرابتکاری نسبت به روش‌های کلاسیک برای انتخاب پرتفوی مناسب‌تر هستند (رهنمای رودپشتی و همکاران،۱۳۹۳؛ بیات و شکری، ۱۳۹۶). کلونی زنبورعسل مصنوعی، یکی از تکنیک‌های بهینه‌سازی موثر و پرکاربرد بر اساس هوش ازدحامی است

[1] Nicita
[2] González
[3] Allayannis et al.
[4] Konak et al.
[5] Papaioannou et al.
[6] Value at Risk
[7] Conditional Value at Risk
[8] Berg & Clement
[9] Hu & Liu
[10] Xiang, Zhou & Liu

(جیانگ[1] و همکاران، ۲۰۲۳) که بر اساس رفتار پیش‌یابی هوشمند ازدحام زنبورهای عسل است (سیه[2] و همکاران،۲۰۱۱؛ کارباگو و آکای[3]، ۲۰۰۹). این الگوریتم کارایی ثابتی دارد و اثربخشی آن نیز به خوبی ثابت شده است (کارباگو و بستورک[4]، ۲۰۰۸؛ چو[5] و همکاران، ۲۰۲۰؛ وانگ[6] و همکاران، ۲۰۲۳). در پژوهش‌های اخیر، مطالعات زیادی با استفاده از الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی برای حل مسائل چندهدفه انجام شده است (وانگ و همکاران، ۲۰۲۳؛ جیانگ و همکاران، ۲۰۲۳؛ بای، ژانگ و بای[7]، ۲۰۲۳). مطالعات ادبیات اخیر نشان می‌دهد که الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی در زمینه‌های مختلف محبوبیت پیدا کرده است و برای حل مسائل تک هدفه و چند هدفه مورد استفاده قرار می‌گیرد (چو و همکاران، ۲۰۲۰). بهینه‌سازی چند هدفه حوزه‌ای از تصمیم‌گیری معیارهای چندگانه است که اغلب اهداف متعددی برای بهینه‌سازی همزمان دارند که متناقض هستند. نتایج تجربی نشان می‌دهد که در مقایسه با الگوریتم‌های چند هدفه سنتی، این گونه‌های کلونی زنبورعسل مصنوعی چند هدفه می‌توانند راه‌حل‌هایی با هم‌گرایی و تنوع رقابتی در مدت زمان کوتاه‌تری پیدا کنند. به طور خلاصه، اگرچه چندین نوع کلونی زنبورعسل مصنوعی چند هدفه وجود دارد، اما پژوهش در مورد الگوریتم‌های کلونی زنبورهای مصنوعی برای چند هدفه نسبتاً جدید است (هو و لیو، ۲۰۱۷). از طرف دیگر، در پژوهش‌هایی مانند کومار و میشرا (۲۰۱۷) و تسلیم پور (۱۳۹۸) به بررسی بهینه‌سازی پرتفوی مربوط به سهام پرداخته‌اند، ولی در هیچ پژوهشی به بررسی سبد دارایی مربوط به ارزهای خارجی با روش کلونی زنبورعسل مصنوعی پرداخته نشده است؛ لذا این پژوهش درصدد است تا این خلأ را برطرف نموده و پژوهش‌های بیشتری در این حوزه انجام دهد؛ بنابراین هدف اصلی این پژوهش، ارائه یک الگوریتم جدید کلونی زنبورهای عسل مصنوعی مبتنی بر ارزش در معرض ریسک شرطی برای بهینه‌سازی سبد دارایی ارزی است؟

۲. ادبیات پژوهش

۲.۱ بهینه سازی پرتفوی

بهینه‌سازی، فرایندی است که سبب بهبود یک مفهوم می‌شود. این فرایند، از یک نقطه شروع و به سمت نقطه بهتر با اطلاعات به‌دست آمده، حرکت می‌کند. در بهینه‌سازی، ممکن است بیش از یک جواب برای مسئله «بهترین جواب» وجود داشته باشد که ارزش این جواب‌ها هم با هم متفاوت باشد. پژوهشگر با توجه به عواملی مانند نوع مسئله و روش بهینه‌سازی، بهترین جواب را انتخاب می‌کند (بهنیا، ۱۳۹۸). راه حل ابتدایی برای مسئله انتخاب پورتفوی توسط مارکوویتز در مدل معروف میانگین واریانس خود ارائه شد (کومار و میشرا، ۲۰۱۷). مارکوویتز ادعا کرد که مردم خطر و بازده را به صورت توامان در نظر می‌گیرند و فرصت‌های سرمایه‌گذاری خود را با تعامل بین

[1] Jiang et al.
[2] Hsieh et al.
[3] Karaboga & Akay
[4] Karaboga & Basturk
[5] Chu et al.
[6] Wang et al.
[7] Bai, Zhang & Bai

این دو تخصیص می‌دهند (بیات و اسدی، ۱۳۹۶). به عبارت دیگر، بهینه سازی پرتفوی، یک رویکرد ریاضی برای تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاری در مجموعه‌ای از ابزارها یا دارایی‌های مالی است (طالبی، ۱۳۸۹)، از سوی دیگر، ارزش در معرض ریسک شرطی، معیار ریسک توسعه یافته ارزش در معرض ریسک است که میانگین زیان را در یک دوره زمانی مشخص از سناریوها فراتر از سطح اطمینان کمینه می‌کند (مهرانی و همکاران، ۱۴۰۰). برای بهینه‌سازی پرتفوی با روش ارزش در معرض ریسک شرطی، نیازی به توزیع نرمال بازده نیست (کومار و میشرا، ۲۰۱۷).

۲.۲ ریسک نرخ ارز و اندازه‌گیری ریسک با ارزش در معرض ریسک شرطی

عدم اطمینان از میزان نوسانات نرخ ارز برای هر شرکت و سازمانی و در وسعت بزرگ تر برای هر جامعه، به منزله نوعی نااطمینانی (ریسک) قلمداد می‌شود که می تواند فعالیت بنگاه‌ها را تحت شعاع قرار دهد (کامائو[1] و همکاران، ۲۰۱۵). در خصوص اهمیت مدیریت ریسک نرخ ارز، شرکت‌های آسیای شرقی و اقیانوسیه اهمیت زیادی برای مدیریت ریسک نرخ ارز قائل هستند که یکی از مهم ترین دلایل آن، تجربیات به دست آمده از بحران دهه ۱۹۹۰ در این منطقه (و ترس از ایجاد بحران جدید) است. شرکت‌های اروپای شمالی نیز اهمیت زیادی برای مدیریت ریسک ارز قائل هستند که دلیل آن را نیز می‌توان در نسبت شدت تجارت خارجی بالای این کشورها و اهمیت مولفه‌هایی نظیر رقابت و خلق ارزش برای صاحبان سهام دانست، در حالی که شرکت های امریکایی اهمیت کمتری برای مدیریت ریسک ارز قائل هستند که دلیل آن هم یکسان بودن پول داخلی با پول بین المللی آن‌ها است (علیزاده و لاریجانی، ۱۳۹۸).

معیارهای ریسک کلاسیک با تمرکز بر واریانس پورتفولیوی خاص در زمان‌های اخیر به طور فزاینده‌ای (در عمل) با معیارهای ریسک مدرن‌تر جایگزین شده‌اند. مانند VaR و CVaR. طبق نظر ساریکالین[2] و همکاران (۲۰۰۸)، X نشان دهنده یک متغیر تصادفی با تابع توزیع تجمعی $F\#(z) = P\{X \leq z\}$ و α نشان دهنده سطح اطمینان است که بین ۰ و ۱ تنظیم شده است، VaR و CVaR را می توان به صورت زیر تعریف کرد:

$$\text{VaR}_\alpha \quad (X) \quad = \quad \min \quad \{z \mid F_X(z) \geq \alpha\},$$

فرمول (۱)

$$\text{CVAR}_\alpha \quad (X) \quad = \quad \int_{-\infty}^{0} z\, F_X^a(z),$$

فرمول (۲)

فرمول (۳)

$$\text{where } F_X^\alpha(z) = \begin{cases} 0, & when\ z < VaR_\alpha(X), \\ \frac{F_X(z)-\alpha}{1-\alpha}, & when\ z \geq VaR_\alpha(X). \end{cases}$$

[1] Kamau et al.
[2] Sarykalin et al.

در عمل، VaR نشان‌دهنده بزرگ‌ترین ضرری است که ما می‌توانیم انتظار داشته باشیم که با مقداری احتمال (سطح اطمینان) در یک دوره نگهداری معین متحمل شویم، بنابراین، VaR را می‌توان در عمل به‌عنوان چگونگی زیان‌های بد درک کرد، در حالی که CVaR میزان زیان‌های مورد انتظار را در صورتی که زیان‌ها به این بدی برسد، می‌باشد (هال[1]، ۲۰۱۵).

۲.۳ الگوریتم‌های تکاملی / فراابتکاری

امروزه، الگوریتم‌های تکاملی برای حل مجموعه بزرگی از مسائل بهینه‌سازی نه تنها مربوط به مهندسی علوم کامپیوتر، بلکه برای محیط زیست، زیست شناسی و درمان پزشکی نیز به کار گرفته می‌شوند. استفاده از الگوریتم‌های تکاملی در اقتصاد و امور مالی به هیچ وجه یک حوزه پژوهشی نوظهور نیست، آن برای بهینه سازی مرتبط با اقتصاد و امور مالی از اواخر دهه ۱۹۸۰ به کار گرفته شده است (کومار و میشرا، ۲۰۱۷). الگوریتم‌های فراابتکاری، در واقع الگوریتم‌های جستجومحوری هستند که در هر دوره چرخش الگوریتم، کمی به جواب بهینه نزدیک می‌شوند (محمدی و همکاران، ۱۴۰۱). روش های فراابتکاری یا فرااکتشافی برای برای حل مسائل بزرگتر و با توابع بدرفتار مناسب ترند. اگرچه این روش ها نمی‌توانند رسیدن به جواب بهینه را تضمین کنند (رحیمی و اکبری، ۱۴۰۲).

این نکته حائز اهمیت است که الگوریتم‌های کلونی زنبورعسل مصنوعی برای انواع مختلفی از مسائل بهینه‌سازی، از جمله بهینه‌سازی پیوسته، بهینه‌سازی چند هدفه، بهینه‌سازی ترکیبی، خوشه‌بندی داده‌ها و مسائل مختلف حوزه دنیای واقعی اعمال شده‌اند (چن، تایانفیلد و لی[2]، ۲۰۱۹).

الگوریتم زنبورعسل مصنوعی، یک الگوریتم گروهی مبتنی بر جستجو است که در سال ۲۰۰۵ میلادی توسط کارابوگا ابداع شده است (بای، ژانگ و بای، ۲۰۲۳). این الگوریتم شبیه‌سازی رفتار جستجوی غذای گروه‌های زنبور عسل است. یکی از کاربردهای الگوریتم بهینه سازی زنبور عسل در علوم مهندسی، بهینه‌سازی چندهدفه است. در این نوع از مسائل ما به دنبال پیدا کردن یک نقطه بهینه در مسئله هستیم که اصطلاحاً به آن نقطه، نقطه بهینه می گوییم. نقطه بهینه زمانی بدست می‌آید که ما کمترین خطا در مسئله را داشته باشیم. این الگوریتم نیز مانند سایر الگوریتم های هوش ازدحامی از دو روش اکتشاف و استخراج استفاده می‌کند. زنبورهای کارگر وظیفه استخراج و زنبورهای ناظر وظیفه اکتشاف را به عهده دارند. زنبورهای کارگر در اطراف یک منطقه (گل‌های پیدا شده یا منطقه‌ای که شامل جواب مسئله است) به دنبال جواب بهینه می‌گردند و زنبورهای ناظر با رفتار تصادفی به دنبال پیدا کردن مناطق جدید هستند. در این الگوریتم زنبورها به سه دسته کلی تقسیم می‌شوند: زنبورهای کارگر؛ زنبورهای جستجوگر؛ زنبورهای پیشاهنگ (چن، تایانفیلد و لی، ۲۰۱۹؛ چو و همکاران، ۲۰۲۰). روند کلی این الگوریتم به صورت زیر است:

[1] Hull
[2] Chen, Tianfield & Li

۱-ایجاد جمعیت اولیه (n) یا زنبورهای پیش آهنگ به صورت اعداد رندوم یکنواخت (تولید پاسخ‌های تصادفی اولیه و ارزیابی آن‌ها)؛ ۲- حرکت زنبورهای استخدام شده؛ ۳- ارسال زنبورهای جستجوگر (Onlooker)؛ ۴) اگر سایتی (منبع غذایی) وجود دارد که مقدار دفعات عدم پیشرفت آن به L (پارامتر حد) رسیده باشد، آن سایت را با یک پاسخ تصادفی جایگزین می‌کنیم و شمارنده مربوط به آن را برابر با صفر قرار می‌دهیم.؛ ۵) در صورتی که شرایط خاتمه برآورده نشود، به مرحله (۲) برمی‌گردیم، در غیراین‌صورت، پایان (رادمهر، ۱۳۹۹؛ هو و لیو، ۲۰۱۷). هر زنبور منفرد در الگوریتم به عنوان عاملی در نظر گرفته شد که می‌تواند با تقسیم کار و شرکت بین افراد مختلف، تبدیل نقش‌ها و رقصیدن، هوش ازدحامی تولید کند. در الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی، کلونی زنبورهای مصنوعی از سه گروه زنبور تشکیل شده است. برای هر منبع غذایی فقط یک زنبور شاغل وجود دارد. هر موقعیت منبع شهد، یک راه‌حل ممکن برای مسئله بهینه‌سازی را نشان می‌دهد. مقدار شهد منبع شهد با کیفیت مربوطه مطابقت دارد. الگوریتم های کلونی زنبورعسل مصنوعی، از طریق جستجوی تصادفی یا انتخاب هدفمند افراد مناسب کلونی زنبور عسل به تدریج روی راه حل های بهینه یا نزدیک به بهینه همگرا می شوند. تکرارهای تکاملی در بیشتر موارد به طور مشترک توسط این سه نوع زنبور انجام می شد. (۱) زنبورهای شاغل یک جستجوی تصادفی محلی را در مناطق ضمیمه منبع غذایی خود انجام می دهند. (۲) تماشاگران می‌توانند منابع غذایی بهینه را بر اساس مکانیسمی به دست آورند. (۳) پیشاهنگان منبع غذایی راکد را به روز می کنند. به طور کلی، زنبورهای شاغل و تماشاچیان باعث می‌شوند که منابع غذایی بهتر، تکامل تصادفی و عینی را با هم انجام دهند. هنگامی که یک راه حل در وضعیت توقف است، پیشاهنگان یک کار اکتشافی تصادفی جدید را شروع می کنند. از طریق همکاری این سه زنبور، الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی به تدریج همگرا می شود (هو و لیو، ۲۰۱۷؛ بای، ژانگ و بای، ۲۰۲۳).

۲.۴ پیشینه تحقیق

محمدی و همکاران (۱۴۰۱) در پژوهشی با عنوان «بهینه‌سازی پرتفوی در فضای حباب بازار سرمایه، کاربردی از الگوریتم کلونی زنبورعسل»، تلاش کردند تا با بیشینه کردن بازده و کمینه سازی ریسک سرمایه‌گذاری، پرتفوی بهینه در شرایطی که بازار سرمایه دارای حباب قیمتی باشد، تشکیل شود. نتایج حاکی از شناسایی چهارده دوره دارای حباب قیمتی در بازه زمانی مورد بررسی بود.

تقوی و همکاران (۱۴۰۱) در پژوهشی «اثرات نامتقارن سیاست پولی و نوسانات ارز با لحاظ ارزش افزوده اقتصادی بر بازده سهام بورس اوراق بهادار تهران را مورد مطالعه» قرار دادند. نتایج نشانگر غیرخطی بودن مدل برآوردی است. به طوری که اثر شوک‌های نرخ ارز، حجم نقدینگی و ارزش افزوده بر بازده سهام در کوتاه مدت و بلندمدت نامتقارن است. تاثیر نامتقارن ارزش افزوده اقتصادی نیز به عنوان معیار حساب ملی بر بازده سهام مستقیم و معنادار است.

موسوی و همکاران (۱۴۰۰) در پژوهشی با عنوان «بهینه‌سازی سبد چند نوع دارایی براساس ارزش در معرض ریسک شرطی با استفاده از الگوریتم کلونی مصنوعی زنبورعسل مصنوعی»، دارایی‌هایی از انواع مختلف شامل سکه

امامی، دلار آمریکا و ۱۱ شاخص سهام بخش‌های مختلف صنعت را در ترکیب سبد در نظرگرفتند. نتایج نشان داد که مدل میانگین-ارزش در معرض ریسک شرطی از میانگین-واریانس عملکرد بهتری دارد. از طرفی براساس نسبت‌های شارپ، شارپ شرطی و بازده به ریسک، سبدهای بهینه شده با الگوریتم کلونی مصنوعی زنبورعسل بهتر از الگوریتم رقابت استعماری هستند.

بهنیا (۱۳۹۸) در پژوهشی با عنوان «پوشش ریسک متقاطع ارز بوسیله سبد ارزی با استفاده از الگوریتم ژنتیک» به منظور پوشش ریسک ارز از سبد ارزی شامل یورو و پوند و برای محاسبه ریسک از VAR استفاده نمود. همچنین نسبت بهینه پوشش ریسک با استفاده از الگوریتم ژنتیک چندهدفه بدست آمد. پژوهشگر مدل تحقیق را در چهار حالت بررسی کرده که هر دو حالت با هم مقایسه شدند. سبد ارزی بهینه در برابر سبد ارزی که برای پوشش ریسک مورد استفاده قرار گرفت، در ازای افزایش درصدی از ریسک، بازده مقدار کمتری افزایش می‌یابد. همچنین در مورد مقایسه پوشش ریسک تک ارزی، در سطح یک ریسک، پوند دارای بازده بیشتری در برابر یورو است.

در پژوهش صرافی زنجانی و مهرگان (۱۳۹۷) با عنوان «اثر نامتقارن ریسک نرخ ارز بر شاخص سهام صنایع صادرات محور با استفاده از مدل NARDL» نشان دادند که افزایش نرخ دلار بر شاخص صنایع شیمیایی و فلزات اساسی در کوتاه‌مدت و نیز بلندمدت اثرگذار است، در صورتی‌که کاهش این نرخ اثر معنی‌داری بر شاخص‌ها ندارد.

ناصری‌نژاد (۱۳۹۵) در پایان‌نامه خود با عنوان «اندازه‌گیری ریسک سبد ارزی بانک و مدیریت آن بوسیله بهینه‌سازی سبد- مطالعه موردی بانک تجارت»، به منظور بهینه سازی سبد ارزی بانک از مدل ارزش در معرض ریسک شرطی و برای حل مدل از الگوریتم ژنتیک چند هدفه استفاده نمود. او دریافت که روش‌های کلاسیک بر مبنای مدل مارکویتز سرعت بسیار زیادی در حل مساله دارند ولی دقت زیادی ندارند، اما روش فراابتکاری الگوریتم ژنتیک چندهدفه برای ارائه جواب با دقت بالا، زمان زیادی صرف می‌کند.

در پژوهشی ذوالفقاری و سحابی (۱۳۹۵) به «بررسی تاثیر نوسانات نرخ ارز بر ریسک بازدهی سهام صنایع خودرو، معدن و سیمان برپایه انتقالات رژیمی مارکوف» پرداختند. آن ها در این پژوهش، با استفاده از مدل های پارامتریک مبتنی بر رهیافت سوئیچینگ مارکوف اقدام به استخراج ریسک بازدهی شاخص صنایع منتخب (خودرو، معدن، سیمان) در دو رژیم مختلف کردند. سپس به تاثیرات کوتاه مدت و بلندمدت نوسانات نرخ ارز بر ARDL سری زمانی ریسک با استفاده از مدل ریسک بازدهی شاخص صنایع بر حسب رژیم های مختلف بررسی شد. آن‌ها دریافتند که بازدهی شاخص صنایع از انتقالات رژیمی تبعیت نموده و واکنش‌های نامتقارنی به شوک‌های بیرونی می دهند. همچنین ریسک بازدهی شاخص صنایع تاثیرات معنی دار و متفاوتی از نوسانات نرخ ارز در کوتاه مدت و بلندمدت می‌پذیرند.

دیموسکی[1] و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهشی با عنوان «پوشش ریسک پویا برای مدیریت گزینه واقعی تولید برق آبی با خطرات نرخ ارز»، سه نوع ریسک را در نظر گرفتند: ریسک عملیاتی ناشی از عدم قطعیت عرضه، ریسک سود ناشی از تغییر قیمت نیرو، و ریسک نرخ ارز زمانی که عملیات و معاملات با ارزهای مختلف انجام می‌شود. آن

[1] Dimoski et al.

ها دریافتند که پوشش پویا منجر به کاهش قابل توجه ریسک می‌شود و نسبت به نسبت های پوشش ایستا که اغلب در عمل استفاده می‌شوند، بهتر عمل می‌کند.

در پژوهشی دیگر، هادی موهی[1] و همکاران (۲۰۲۳)، «ریسک های شدید و تاثیر آن بر نرخ ارز و بازتاب آن بر ارزش شرکت (یک مطالعه کاربردی)»، مورد بررسی قرار دادند. نمونه تحقیق، بانک‌های عراقی پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار عراق برای دوره (۲۰۱۱-۲۰۲۰) می باشد. این تحقیق به مجموعه ای از نتایج دست یافت که مهمترین آن‌ها این بود که مجموعه ای از عوامل و دلایل موثر بر نرخ ارز وجود دارد، زیرا موقعیت تراز پرداخت ها عامل مهم در تعیین نرخ تبدیل دینار عراق است و نرخ ارز توسط عوامل اقتصادی تعیین می‌شود که شکاف‌های اقتصادی ساختاری در اقتصاد عراق را منعکس می‌کند، جایی که ریسک‌های شدید بر نرخ‌های ارز در طول دوره مورد مطالعه و همچنین تداوم وجود شکاف تقاضای کل در اقتصاد محلی تأثیر گذاشته است. این امر ادامه افزایش نرخ ارز عراق را در این مدت توضیح می دهد.

کورا[2] (۲۰۲۱) در پژوهشی با عنوان «پوشش دهی الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی به سرعت همگرا شده برای بهینه‌سازی پرتفوی» با رویکرد اکتشافی به مسئله بهینه‌سازی پورتفوی با استفاده از تکنیک کلونی زنبور عسل پرداخت. به عنوان مجموعه داده آزمایشی، از قیمت های هفتگی از مارس ۱۹۹۲ تا سپتامبر ۱۹۹۷ از شاخص های Hang Seng در هنگ کنگ، DAX 100 در آلمان، FTSE 100 در انگلستان، S&P 100 در ایالات متحده آمریکا و Nikkei در ژاپن استفاده شد. این مجموعه داده آزمایشی همچنین شامل قیمت های روزانه از ماه می ۲۰۱۳ تا آوریل ۲۰۱۶ از شاخص های XU030 و XU100 در ترکیه است. نتایج این مطالعه با نتایج الگوریتم‌های ژنتیک، جستجوی تابو، بازپخت شبیه‌سازی شده، بهینه‌سازی ازدحام ذرات، یک الگوریتم ارزیابی افتراقی، یک روش جستجوی تصادفی تطبیقی حریصانه، یک کلونی زنبور مصنوعی، بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها و یک الگوریتم جستجوی همسایگی متغیر مقایسه شده است. هدف از این مقاله ارائه یک روش اکتشافی نسبتاً کارآمد و موثر برای مسئله بهینه‌سازی پورتفوی است. نتایج نشان می‌دهد که رویکرد کلونی زنبور عسل مصنوعی پیشنهادی به این اهداف دست می‌یابد (کورا، ۲۰۲۱).

موناتا و کیم[3] (۲۰۲۱)، در پژوهشی با عنوان «حق بیمه بلندمدت ریسک ارز و ریسک تورم»، یک مدل ساختاریافته همبسته را برای ۹ ارز اصلی در برابر دلار آمریکا برازش دادند و دو مؤلفه از این کوواریانس را تخمین زدند: مؤلفه حق بیمه ریسک واقعی و مؤلفه دیفرانسیل حق بیمه ریسک تورم. همچنین آن‌ها برای بررسی بیشتر اینکه چگونه ریسک تورم در بازارهای ارز خارجی مرتبط می شود، یک مدل مالی کلان بر اساس اقتصاد کلان نیوکینزی را مطالعه کردند. آن‌ها دریافتند که اگر بانک مرکزی به شدت به فشار تورمی واکنش نشان ندهد، شوک تورم کوواریانس منفی بین حق بیمه ریسک واقعی و مؤلفه دیفرانسیل حق بیمه ریسک تورم کوتاه‌مدت ایجاد می‌کند. عدم تمایل به واکنش تهاجمی به فشار تورمی، نرخ های بهره واقعی را با افزایش حق بیمه ریسک تورمی

[1] Hadi Muhi et al.
[2] Cura
[3] Moneta & Kim

پایین نگه می دارد. همچنین آنان دریافتند که مؤلفه دیفرانسیل حق بیمه ریسک تورم برای همه جفت ارزهای نمونه به طور قابل توجهی منفی است.

کومار و میشرا (۲۰۱۷) پژوهشی با عنوان «بهینه سازی پرتفوی با استفاده از الگوریتم جدید کلونی زنبور عسل مصنوعی مبتنی بر کوواریانس» انجام دادند. از آنجایی که بهینه سازی پورتفوی شامل بهینه سازی همزمان چندین هدف متضاد است، این الگوریتم به عنوان ABC مبتنی بر کوواریانس چند هدفه (M-CABC) نامگذاری شده است. نتایج، عملکرد ماهرانه الگوریتم پیشنهادی را در یافتن راه‌حل‌های مختلف مبادله بهینه که همزمان با محدودیت‌های واقع‌بینانه مدیریت می‌کنند، تایید می‌کند. مقاله با تجزیه و تحلیل جامع پس از نتیجه و اظهارات به پایان می رسد تا برخی از ویژگی های مهم پورتفوی بهینه را نشان دهد.

۳. روش شناسی

روش: این پژوهش از نظر هدف، کاربردی است و از نظر شیوه گردآوری اطلاعات، از نوع پس رویدادی (با استفاده از اطلاعات تاریخی) است. جامعه این پژوهش، داده‌های روزانه نرخ ارز مربوط به ارزهای پوند انگلیس، درهم امارات، لیر ترکیه، یوآن چین، دلار امریکا و یورو در روزهای کاری مربوط به دوره ۱۳۹۵ الی ۱۴۰۰ بوده که در نهایت برای ۱۴۵۶روز در نظر گرفته شده است. داده ها از نرم افزار رهاورد ۳۶۵ تهیه شده است. برای تحلیل داده‌های این پژوهش، از برنامه Excel و نرم افزار MATLAB استفاده شده است.

در این پژوهش، با بررسی ریسک ارزهای مختلف که در کنار ارز دلار می‌توانند در معاملات شرکت‌ها قرار بگیرند، از مدل بهینه‌سازی استفاده شده است و روش پژوهش ما، مشابه پژوهش‌های مرتبط با انتخاب سبد دارایی بهینه و مدل کارا می‌باشد. ما در ابتدا بازده مربوط به هر یک از ارزها را بدست آورده و مقدار ارزش در معرض ریسک هر یک از ارزها را محاسبه کرده‌ایم. سپس به کمک الگوریتم در محیط نرم افزار متلب، مقدار ارزش در معرض ریسک شرطی هر یک از ارزها را سنجیده و بدست آورده‌ایم. در روش تصمیم‌گیری چند هدفه از دو معیار ریسک و بازده استفاده شده است که ریسک به حداقل و بازده به حداکثر مقدار خود برسد و با این فرض تابع تعریف شده است. الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی مبتنی بر ارزش در معرض ریسک شرطی در محیط متلب کدنویسی شده است. مزیت استفاده از این ابزار، این است که می‌توان برنامه را خارج از قلمرو زمانی پژوهش انجام داد و نتایج دلخواه را تعیین نمود. برنامه در کمترین زمان و با بالاترین دقت، نتایج را ارائه می‌دهد. همچنین از مزایای دیگر روش الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی، دقت زیاد و سرعت همگرایی رضایت بخش آن بوده که آن را برای مسائل بهینه‌سازی چند هدفه مناسب می‌کند.

۴. یافته‌ها

با در دست داشتن نرخ شش ارز در دوره پنج ساله، در اولین مرحله، بازده روزانه هر یک از ارزها بدست آمده و با ضرب در منفی یک، می‌توان زیان روزانه را نیز بدست آورد. پس از محاسبه زیان روزانه برای هر یک از ارزها، توزیع

مربوطه آنها در نرم‌افزار EVeiws مورد بررسی قرار گرفت. نتایج در جدول (۱) آورده شده است. نتایج در مورد توزیع غیر نرمال برای هر ارز مربوطه، از طریق رد آزمون Jarque-Bera به نتیجه رسید.

جدول (۱). آمار توزیع زیان

ارزها	چولگی	کشیدگی	آماره جارکو برا	احتمال آماره
دلار امریکا	۰/۰۹۲	۱۹/۳۸۷	۱۶۲۹۴/۵۰	۰/۰۰۰
پوند انگلیس	۰/۳۵۳	۱۹/۶۳۱	۱۶۸۱۰/۲۳	۰/۰۰۰
درهم امارات	۰/۲۸۱	۱۹/۹۰۳	۱۷۳۵۳/۵۸	۰/۰۰۰
لیر ترکیه	۲/۲۹۰	۴۱/۸۲۷	۹۲۷۳۰/۷۲	۰/۰۰۰
یوان چین	۰/۸۸۵	۳۱/۷۷۱	۵۰۴۱۱/۳۷	۰/۰۰۰
یورو	۱/۹۸۸	۴۱/۴۵۳	۹۰۶۶۵/۹۳	۰/۰۰۰

همانطور که در جدول (۱) مشاهده می‌شود، چولگی و کشیدگی توزیع های زیان مربوطه به طور گسترده ای بین ارزها متفاوت است و ویژگی‌های توزیع نامتقارن را نشان می‌دهد. این انتخاب ما از یک معیار ریسک نامتقارن بر اساس رویکرد شبیه‌سازی تاریخی را تقویت کرد. به طور مشابه، نتیجه‌گیری از توزیع‌های غیرعادی زیان، انتخاب ما از CVaR را به عنوان معیار ریسک نامتقارن مناسب برای استفاده در روش بهینه‌سازی تقویت کرد.

با داشتن زیان هر ارز، VaR مربوطه آنها در یک دوره نگهداری یک روزه با سطح اطمینان ۹۵ درصد محاسبه شد. VaR به عنوان صدک ۹۵ ام زیان برای هر ارز بوده که مقدار اولیه آن، قبل از بهینه سازی پرتفوی در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول (۲). مقادیر ارزش در معرض ریسک اولیه

ارزها	$VaR_{0.95}$
دلار امریکا	-۲/۴۱۳۴
پوند انگلیس	-۲/۵۷۳۱
درهم امارات	-۲/۵۹۷۷
لیر ترکیه	-۳/۲۷۲۶
یوان چین	-۲/۶۵۲۹
یورو	-۲/۵۷۷۵

ترکیب ارزها در یک سبد دو و شش ارزی پوشش داده شده انجام شد. مستقل از اندازه پرتفوی پوشش‌دهی شده، اولین ارز موجود در پرتفوی همیشه همان ارزی بود که ما قصد داریم آن را پوشش دهیم (دلار)، در حالی که ارزهای باقیمانده برای پوشش ریسک استفاده می‌شوند. در یک سبد دارای پوشش دو ارزی، پرتفوی پوشش داده

شده از دو ارز تشکیل شده است. این بدان معناست که تنها از یک ارز برای پوشش ریسک استفاده شده است. در پرتفوی های پوششی با شش ارز، بیش از یک ارز برای پوشش ریسک استفاده شد. از آنجایی که پژوهش‌های قبلی (مانند: الوارز-دیز و همکاران، ۲۰۱۵) ادعا می‌کنند که افزودن ارزهای بیشتر باعث کاهش CVaR می‌شود، محاسبه پرتفوی پوشش‌دار با شش ارز علاوه بر پرتفوی پوشش‌دهی شده با دو ارز، مربوط به آزمون در نظر گرفته شد.

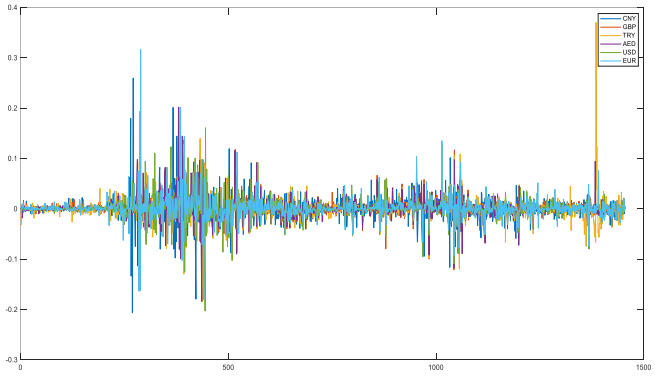
از آنجایی که بخش طبیعی پوشش متقابل چند ارزی مبتنی بر همبستگی غیر صفر بین ارزها است، ابتدا، قبل از هر ترکیب سبد، باید این همبستگی ها را محاسبه کنیم تا بررسی کنیم که آیا می‌توان همه ارزها را در این سبد گنجاند یا خیر. نتایج آزمون همبستگی در جدول (۳) آورده شده است.

جدول (۳). آزمون همبستگی بین ارزها

	CNY	GBP	TRY	AED	USD	EUR
CNY	۱					
GBP	-۰.۰۴۴	۱				
TRY	-۰.۰۴۹	۰.۶۳۲	۱			
AED	-۰.۰۱۸	۰.۳۸۱	۰.۱۶۴	۱		
USD	-۰.۰۲۷	۰.۱۴۲	۰.۱۰۵	۰.۲۱۳	۱	
EUR	-۰.۰۰۸	۰.۰۶۹	۰.۰۸۳	۰.۱۱۹	۰.۲۲۰	۱

نتایج نشان داد که متغیرها با یکدیگر همبستگی غیر صفر دارند و بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که همه ارزها می‌توانند در پرتفوی گنجانده شوند.

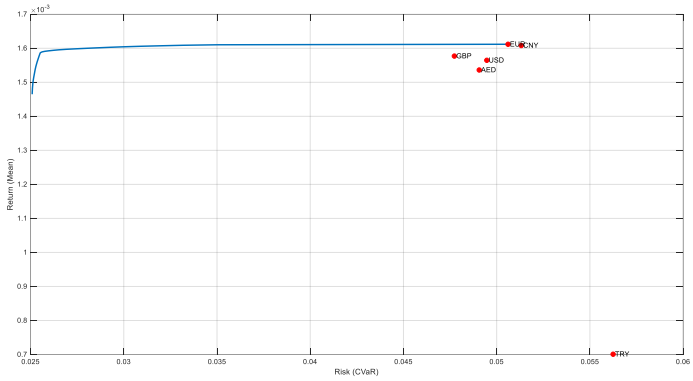
نمودار مربوط به بازده ارزها در سبدی متشکل از ۶ ارز در نمودار (۱) نشان داده شده است.



نمودار ۱- بازده ارزها در بازه زمانی ۵ ساله

در این نمودار بازده مربوط به شش ارز طی دوره زمانی ۵ ساله، نشان داده شده است که شاهد تغییرات ناگهانی و زیاد ارزهای یوان و دلار و لیر در تاریخ های خاصی هستیم.

در ابتدای پژوهش، بهینه سازی پرتفوی کارا به صورت کلاسیک و با روش CVaR انجام شده است که با لحاظ کردن سطح اطمینان ۹۵درصد، بازده پرتفوی برابر ۰.۰۰۱۵ و ریسک آن برابر ۰.۰۲۸ لحاظ شده است که حالتی از سرمایه گذار که ریسک‌گریز است، ترجیح داده شده است. نمودار کارای پرتفوی به صورت زیر ترسیم شده است.



نمودار ۲- نمودار کارای پرتفوی- کلاسیک

در بهینه‌سازی با روش کلاسیک، مشاهده می‌شود که ارز لیر ترکیه در محدوده نمودار قرار نگرفته و قابل قبول نمی‌باشد و سایر ارزها در زیر نمودار بوده و همچنین ارزهای یورو و یوان چین دارای بالاترین بازده هستند.

وزن مربوط به هر یک از ارزها در حالت های مختلف در جدول (۴) نشان داده شده است.

جدول (۴)- وزن مربوط به ارزها

ارزها	۱	۲	۳	۴	۵
CNY	۰.۲۹۲	۰.۲۸۶	۰.۲۸۸	۰.۲۹۵	۰.۲۹۶
GBP	۰.۰۵۴	۰.۰۵۵	۰.۰۶۲	۰.۰۹۹	۰.۱۰۱
TRY	۰.۱۳۵	۰.۱۳۳	۰.۱۲۶	۰.۰۸۹	۰.۰۸۷
AED	۰.۱۸۴	۰.۱۸۹	۰.۱۸۸	۰.۱۶۲	۰.۱۵۹
USD	۰.۱۵۰	۰.۱۴۷	۰.۱۴۷	۰.۱۶۳	۰.۱۶۴
EUR	۰.۱۸۵	۰.۱۹۰	۰.۱۸۹	۰.۱۹۱	۰.۱۹۳

در این قسمت ۱۰۰ سناریو لحاظ شده است که ۵ نمونه از آن در جدول آورده شد. طبق روش کلاسیک، پیشنهاد می شود ترکیبی در نظر گرفته شود که ارز یوان و سپس یورو در آن بیشترین ترکیب را دارا باشند.

بهترین جواب در روش کلاسیک برای پرتفوی ۶ ارزی به صورت ذیل می باشد:
ریسک پرتفوی (CVaR): ۰.۰۲۸۳ بازده پرتفوی: ۰.۰۰۱۵
بنابراین، پرتفویی متشکل از ۶ ارز، با کمترین ریسک، کمترین بازده را هم خواهد داشت که غالباً سرمایه‌گذار ریسک گریز، چنین پرتفویی را انتخاب می‌کند.

یافته‌های حاصل از الگوریتم ABC

الگوریتم زنبور عسل مصنوعی از نظر برنامه‌نویسی دارای ۵ بخش اساسی می‌باشد:
بخش ۱: تعریف مساله بهینه‌سازی: در این بخش، تابع هدف، تعداد متغیرها و بازه جواب تعریف می‌شود. به عبارت دیگر این بخش مربوط به تعریف مساله است. در اینجا هدف، کمترین میزان ریسک با روش ارزش در معرض ریسک شرطی است. تعداد متغیرها، ۶ ارز خارجی است.
بخش ۲: تعریف پارامترها و تنظیمات الگوریتم: در این بخش، تعداد تکرار، تعداد زنبورها و حدود تابع مشخص می‌شود. در این قسمت، تعداد تکرارها، ۵۰۰ درنظر گرفته شده و تعداد زنبورها برابر ۱۴۵۸ لحاظ شده است.
بخش ۳: این بخش شامل فاز آماده‌سازی است و جمعیت اولیه تولید می‌شود. ابتدا یک ماتریس خالی برای موقعیت زنبور و جواب ایجاد شده و سپس تکثیر می شود.
بخش ۴: این بخش، حلقه اصلی الگوریتم است که مراحل چرخش هر یک از زنبورها نشان داده می‌شود.
بخش ۵: در نهایت در این بخش، دستور مربوط به نمایش جواب‌ها داده می‌شود.
علاوه بر الگوریتم زنبورعسل، برای حل مساله پژوهش، ما نیاز به الگوریتم مربوط به بهینه‌سازی پرتفوی با روش CVaR و نیز تعریف تابع هدف داریم. که تابع: CalculatePortfolioObjectives(w, R, method, alpha) تعریف شده که مقدار آلفا ۰.۹۵ در نظر گرفته شده است. همچنین تابع هدف عبارت است از: fitness(x, model).
علاوه بر تابع fitness که تابع اصلی پژوهش است، برای حل الگوریتم کلونی زنبورعسل، نیاز به توابع دیگر، شامل RouletteWheelSelection(P) و f= calculated_Pfit (f) است.
پاسخ‌های مربوط به الگوریتم ABC نشان می‌دهد که بهترین پاسخ‌ها مربوط به CVaR به شرح زیر می‌باشند:

جدول (۵)- پاسخ‌های ABC

ارزها	w	بهترین جواب(CVaR)
CNY	۰.۱۵۶	۰/۰۸۸۹
GBP	۰.۰۱۸	-۰/۰۵۰۲
TRY	۰.۰۶۷	-۰/۰۰۷۴
AED	۰.۲۴۶	-۰/۱۵۴۱
USD	۰.۲۴۱	۰/۰۷۰۰
EUR	۰.۲۶۸	۰/۰۳۹۵

خروجی مدل در برنامه متلب، یک جواب بهینه منحصر به فرد نیست، زیرا در مسائل چندهدفه بهینگی، خروجی به صورت جبهه پارتو خواهد بود. جواب بهینه پارتو، جوابی است که هیچ حواب دیگری بر آن غلبه نکند. در نتیجه خروجی مدل، مجموعه ای از جواب ها است که سرمایه گذار بر اساس ترجیحات ذهنی خود (میزان ریسک‌پذیری) یکی یا مجموعه ای از آن‌ها را به عنوان استراتژی مناسب انتخاب می کند.
با توجه به جدول (۵)، کمترین میزان ریسک مربوط به ارز درهم امارات است. همچنین نتایج نشان داد که بهترین زمان برابر ۲۸/۰۰۴۳ می باشد.

۵. نتیجه‌گیری و بحث

یکپارچگی اقتصاد جهانی در سرتاسر جهان در حال گسترش است و میزان نوسانات نرخ ارز هر کشور با تغییر سیاست‌های ملی قابل توجه‌تر خواهد شد. بنگاه‌های بازرگانی خارجی در نتیجه اشتغال به واردات و صادرات، حجم زیادی از معاملات و دارایی‌های ارزی را در اختیار دارند، بنابراین آن ها باید آگاهی خود را از مدیریت ریسک نرخ ارز افزایش دهند. بنگاه‌های صادراتی و وارداتی باید از ریسک‌های نرخ ارز به روش های مختلف اجتناب کنند تا حداقل ضرر و حداکثر سود را تضمین کنند. اگر شرکتی دارای مزیت رقابتی بوده و توانائی های بالا داشته باشد، به طور بالقوه ریسک نرخ ارز خود را متنوع کرده است، بنابراین، شرکت‌های بازرگانی خارجی می‌توانند از ترکیب‌های مختلفی برای کاهش ریسک نرخ ارز استفاده کنند و همزمان در تلاش برای بهبود کیفیت و عملکرد خود شرکت باشند. شرکت‌های تجاری خارجی می‌توانند برای کاهش ریسک نرخ ارز ناشی از یک بحران اقتصادی احتمالی، تنوع بخشیده و با کشورهای بیشتری تجارت کنند. همچنین، با توجه به آن که مسئله ریسک- بازده، جزء محوری ترین موضوعات در سرمایه‌گذاری است، یافتن مناسب‌ترین راهبرد برای مدیریت ریسک و نیز پرتفویی با کمترین ریسک و بیشترین بازدهی، از اهمیت بالایی برخوردار است. در ایران، با توجه به آن که نرخ ارز دارای نوسان بالایی بوده که بر صنایع و نیز زندگی مردم تاثیرگذار است.

هدف این پژوهش، بررسی ریسک نوسانات ارز خارجی با استفاده از روش بهینه‌سازی چند هدفه کلونی زنبورعسل مصنوعی مبتنی بر ارزش در معرض ریسک شرطی است. در این پژوهش، به‌منظور مدیریت ریسک نوسانات ارز دلار، موقعیتی (سناریویی) را در نظر گرفته که در آن پرتفویی متشکل از شش ارز پوند انگلیس، درهم امارات، لیر ترکیه، یوان چین و یورو در بازه زمانی ۱۳۹۵ الی ۱۴۰۰بوده و به منظور بهینه‌سازی پرتفوی از روش الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی استفاده شده است که هدف کمینه کردن ریسک با روش ارزش در معرض ریسک شرطی و بیشینه کردن بازده می باشد که بدین منظور از بازده روزانه استفاده شده است. کدنویسی ABC در محیط برنامه‌نویسی متلب انجام شده است. در این پژوهش، در اجرای مدل ABC چند محدودیت لحاظ شده، از جمله آن که حد بالا و پایین برای میزان بازده تعیین شده است. در حل با الگوریتم ABC هدف پیدا کردن بهترین موقعیت و بهترین منبع غذایی است که به عنوان بهترین جواب‌ها شناخته می‌شوند. طبق یافته‌های پژوهش، در بهینه‌سازی سبد مربوط به ارزها، سبدهای ارز انتخابی با کمینه ریسک تشکیل شده است. مجموعه جواب بدست آمده از اجرای مدل این پژوهش با توجه به تعداد دفعات مربوط به چرخش الگوریتم، متفاوت بوده و در

بهترین جواب، کمترین مقدار CVaR مربوط به ارز درهم امارات بوده است. طبق یافته‌های پژوهش پیشنهاد می‌شود در ترکیب پرتفوی، بیشترین درصد ارزی مربوط به درهم امارات باشد.

در مقایسه این مقاله با پژوهش‌های پیشین دریافته شد که در برخی از مطالعات مشابه مانند هادی موهی و همکاران (۲۰۲۳)، ناصری نژاد (۱۳۹۵) و بهنیا (۱۳۹۸) از روش‌ها فراابتکاری مانند الگوریتم ژنتیک برای اندازه‌گیری ریسک استفاده شده، همچنین نتایج پژوهش بهنیا (۱۳۹۸) نشان داد که پوند دارای بازده بالاتری نسبت به یورو است که با نتایج این پژوهش همسو نیست.

در نهایت، به مدیران شرکت‌ها توصیه می شود برای مبادلات خارجی خود از ترکیب چند ارز استفاده کنند تا با توجه به نوسانات ارزی در کشور، بتوانند ریسک حاصل از ارزها را مدیریت کنند. همچنین به پژوهشگران پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی، مدیریت ریسک نوسانات ارزی برای ارزهای دیگر و با روش های بهینه سازی چند هدفه دیگری مانند الگوریتم ژنتیک انجام داده و با نتایج این پژوهش مقایسه گردد. در انجام هر پژوهشی، پژوهشگر با تعدادی محدودیت روبه رو است، از نظر محدودیت دسترسی به داده، با توجه به غیر دسترس بودن نرخ برخی از ارزها در دوره زمانی در نظر گرفته شده، تنها روی پنج ارز اشاره شده در پژوهش، بررسی انجام شد.

فهرست منابع

بذرائی، مریم؛ قویدل، صالح؛ امام وردی، قدرت‌اله؛ محمودزاده، محمود، (۱۴۰۰). پوشش ریسک قیمت سهام صنایع بورسی با نرخ ارز (چند رشته‌ای صنعتی، بانک و سرمایه‌گذاری). *فصلنامه اقتصاد مالی*، ۱۵ (۵۴)، ۸۳-۱۰۵.

بهنیا، المیرا، (۱۳۹۸). پوشش ریسک متقاطع ارز بوسیله سبد ارزی با استفاده از الگوریتم ژنتیک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها.

بیات، علی؛ اسدی، لیدا، (۱۳۹۶). بهینه‌سازی پرتفوی سهام: سودمندی الگوریتم پرندگان و مدل مارکویتز. *مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار*، ۸ (۳۲)، ۶۳-۸۵.

تسلیم‌پور، علی، (۱۳۹۸). بهینه‌سازی پرتفوی در بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از الگوریتم چندهدفه کلونی زنبورعسل مصنوعی مبتنی بر کوواریانس. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده مدیریت و حسابداری.

تقوی، امیر؛ پهلوانی، مصیب؛ زمانیان، غلامرضا؛ بشیری، سحر، (۱۴۰۱). اثرات نامتقارن سیاست پولی و نوسانات ارز با لحاظ ارزش افزوده اقتصادی بر بازده سهام بورس اوراق بهادار تهران. *نشریه مطالعات و سیاست های اقتصادی*، ۱۸، ۱۷۲-۲۹۶.

دبیری، سیده مریم؛ جمالی، امیرحسین، (۱۳۹۷). بررسی تاثیر نوسانات نرخ ارز بر بازده غیرعادی سهام در صنعت مواد و محصولات دارویی در بورس اوراق بهادار تهران. *همایش پژوهش‌های مدیریت و علوم انسانی در ایران*، دوره ۴، ۲۳ اسفندماه ۱۳۹۷.

دولو، مریم؛ داوری، مهدی، (۱۳۹۷). تغییر پایدار نرخ ارز، متغیر حالت و ریسک درماندگی. *فصلنامه مدیریت دارایی و تامین مالی*، ۶ (۴)، ۱۰۳-۱۲۰.

ذوالفقاری، مهدی؛ سحابی، بهرام، (۱۳۹۵). بررسی تاثیر نوسانات نرخ ارز بر ریسک بازدهی سهام صنایع خودرو، معدن و سیمان برپایه انتقالات رژیمی مارکوف. *مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار*، ۷ (۲۹)، ۸۵-۱۰۶.

رادمهر، المیرا، (۱۳۹۹). بهبود الگوریتم چندهدفه کلونی زنبورعسل مصنوعی برای شناسایی بازیگران کلیدی در شبکه‌های اجتماعی پویا. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده مهندسی صنایع.

رحیمی، رحمان؛ اکبری، آیدا، (۱۴۰۲). بهینه‌سازی سبد سهام با الگوریتم‌های مختلف. *نشریه چشم‌انداز حسابداری و مدیریت*، ۶ (۷۹)، ۴۸-۵۵.

رهنمای رودپشتی، فریدون؛ چاوشی، کاظم؛ صابر، ابراهیم، (۱۳۹۳). بهینه‌سازی پرتفوی متشکل از سهام صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک بورس اوراق تهران با رویکرد الگوریتم ژنتیک. *فصلنامه دانش سرمایه‌گذاری*، ۳ (۱۲)، ۲۱۷-۲۳۲.

شیری قهی، امیر؛ دیده خانی، حسین؛ خلیلی دامغانی، کاوه؛ سعیدی، پرویز، (۱۳۹۶). مطالعه تطبیقی مدل بهینه‌سازی پرتفوی چنددوره‌ای چند هدفه در محیط اعتبار فازی با معیارهای متفاوت ریسک. *مجله راهبرد مدیریت ریسک*، ۵ (۱۸)، ۱-۲۶.

صرافی زنجانی، محمد؛ مهرگان، نادر، (۱۳۹۷). اثر نامتقارن ریسک نرخ ارز بر شاخص سهام صنایع صادرات محور با استفاده از مدل NARDL. *فصلنامه تحقیقات مدل‌سازی اقتصادی*، ۹ (۳۳)، ۸۹-۱۱۶.

طالبی، آرش، (۱۳۸۹). انتخاب و بهینه سازی سبد سهام با استفاده از روش‌های فراابتکاری و مقایسه آن با سبدهای تشکیلی خبرگان و تازه کارها در بازار بورس اوراق بهادار تهران. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*، دانشکده مدیریت، دانشگاه صنعتی شاهرود.

علیزاده، حمید؛ لاریجانی، معصومه، (۱۳۹۸). بررسی تاثیر ریسک ارزی بر عملکرد بانک ملت از طریق نقش میانجی هوش مالی. *نشریه رویکردهای پژوهشی نوین در مدیریت و حسابداری*، ۳ (۱۲)، ۳۴-۴۹.

محمدی، ایمان؛ محمدی خشوئی، حمزه؛ آقائی چادگانی، آرزو، (۱۴۰۱). بهینه‌سازی پرتفوی در فضای حباب بازار سرمایه، کاربردی از الگوریتم کلونی زنبورعسل. *فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار*، ۱۳ (۵۳)، ۱۵۳-۱۷۲.

موسوی، سمیه السادات؛ جعفری ندوشن، عباسعلی؛ کاظمی راشنانی، مرضیه؛ محمدطاهری، مهسا، (۱۴۰۰). بهینه‌سازی سبد چند نوع دارایی براساس ارزش در معرض ریسک شرطی با استفاده از الگوریتم کلونی مصنوعی زنبورعسل مصنوعی. *فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار*، ۴۹، ۴۶۱-۴۸۳.

مهرانی، آزاده؛ نجفی مقدم، علی؛ باغانی، علی، (۱۴۰۰). برآورد ارزش در معرض ریسک (VaR) و ارزش در معرض ریسک شرطی (CoVaR) بورس اوراق بهادار تهران با رویکرد استفاده از توزیع فریشه (FD). *فصلنامه مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار*، ۱۲ (۴۶)، ۴۴۹-۴۷۵.

ناصری‌نژاد، مرتضی، (۱۳۹۵). اندازه‌گیری ریسک سبد ارزی بانک و مدیریت آن بوسیله بهینه‌سازی سبد- مطالعه موردی بانک تجارت. *پایان نامه کارشناسی ارشد*، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده مهندسی صنایع و سیستم‌ها.

Allayannis, G., J. Ihrig, & Weston, J. (2001). Exchange-Rate Hedging: Financial vs. Operational Strategies. *American Economic Review Papers and Proceedings*, 91 (2), 391–395.

Berg, L., & Clement, L. (2018). The Natural effect of multi-currency cross-hedging, an alternative hedging strategy for small- and medium-sized enterprises? Master's thesis of Science in Finance. Lund University, School of Economics and Management.

Bai, Y., Zhang, Ch., & Bai, W. (2023). A two-level parallel decomposition-based artificial bee colony method for dynamic multi-objective optimization problems. *Applied soft computing*, 147, 110741. Doi: https://doi.org/10.1016/j.asoc.2023.110741.

Chen, X., Tianfield, H., & Li, K. (2019). Self-adaptive differential artificial bee colony algorithm for global optimization problems. *Swarm and Evolutinary Computation*. 45, 70-91. Doi: https://doi.org/10.1016/j.swevo.2019.01.003.

Chu, X., Cai, F., Gao, D., Li, L., Cui, J., Xu, S.X., & Qin, Q. (2020). An artificial bee colony algorithm with adaptive heterogeneous competition for global optimization problems. *Applied soft computing*, 93, 106391. https://doi.org/10.1016/j.asoc.2020.106391.

Cura, T. (2021). A rapidly converging artificial bee colony algorithm for portfolio optimization. *Knowledge-Based Systems*, 233, 107505, https://doi.org/10.1016/j.knosys.2021.107505.

Dimoski, J., Fleten, S.E., Lohndorf, N., & Nersten, S. (2023). Dynamic hedging for the real option management of hydropower production with exchange rate risks. OR Spectrum, 45, 525-554. DOI: 10.1007/s00291-023-00709-z.

González, F. (2016). Bank regulation and risk-taking incentives: An international comparison of bank risk. *Journal of Banking and Finance*, 29, 1153- 1184.

Hadi Muhi, S., Sabah Khilkhal, N., & Khodhair Abbas, Y. (2023). Extreme risks and its impact on exchange rates and its reflex on the value of the company (an applied study). *Scientific Research Journal of Economics and Business Management*, 3 (3), 80-87.

Hou, J., & Liu, L. (2017). An Improved Multi-Objective Artificial Bee Colony Optimization Algorithm with Regulation Operators. *Information*, 8 (1), 18. Doi: https://doi.org/10.3390/info8010018.

Hsieh, T.J., Hsiao, H.F., & Yeh, W.C. (2011). Forecasting stock markets using wavelet transforms and recurrent neural networks: an integrated system based on artificial bee colony algorithm. *Appl. Soft Comput*, 11 (2), 2510–2525.

Hull, J. (2015). Risk Management and Financial Institutions. 4th ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Jiang, Ch., Yung, Sh., Nie, P., & Xiang, X. (2023). Multi-objective structural profile optimization of ships based on improved Artificial Bee Colony Algorithm and structural component library. Ocean Engineering, 283, 115124. Doi: https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.115124.

Kamau, Ph., Inanga, E.L., & Rwegasira, K. (2015). Currency risk impact on the financial performance of multilateral banks. *Journal of Financial Reporting and Accounting*, 13 (1), 91– 118.

Karaboga, D., & Akay, B. A. (2009). Comparative study of artificial bee colony algorithm, *Appl. Math. Comput*, 214 (1), 108–132.

Karaboga, D., & Basturk, B. (2008). On the performance of artificial bee colony (ABC) algorithm, *Appl. Soft Comput*. 8 (1), 687–697.

Konak, A., Coit, D.W., & Smith, A.E. (2006). Multi-objective optimization using genetic algorithms: a tutorial, Reliab. *Eng. Syst. Saf*. 91 (9), 992–1007.

Kumar, D., & Mishra, K.K. (2017). Portfolio optimization using novel co-variance guided Artificial Bee Colony algorithm. *Swarm and Evolutionary Computation*, 33, 119-130. http://dx.doi.org/10.1016/j.swevo.2016.11.003.

Moneta, F., & Kim, D. (2021). Long-Term Foreign Exchange Risk Premia and Inflation Risk. *International Review of Financial Analysis*, Vol. 78, Available at: http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3677302

Nicita, A. (2013). Exchange Rates, International Trade and Trade Policies. UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT.

Papaioannou, M. (2006). Exchange Rate Risk Measurement and Management: Issues and Approaches for Firms. *International Monetary Fund*, IMF working paper.

Sarykalin, S., Serraino, G. & Uryasev, S. (2008). Value-at-Risk vs. Conditional Value-at-Risk in Risk Management and Optimization. *INFORMS Tutorial in Operations Research*, 270-294. Doi: https://doi.org/10.1287/educ.1080.0052.

Wang, J., Liu, Y., Rao, Sh., Zhou, X., & Hu, J. (2023). A novel self-adaptive multi-strategy artificial bee colony algorithm for coverage optimization in wireless sensor networks. Ad Hoc Networks, 150, 103284. Doi: https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2023.103284.

Xiang, Y., Zhou, Y., & Liu, H. (2015). An elitism based multi-objective artificial bee colony algorithm. *European Journal of Operational Research*, 245 (1), 168-193. Doi: 10.1016/j.ejor.2015.03.005.

Financial Economics
Vol. (16) Issue (62) Summer 2027

Risk management of foreign currency fluctuations using the multi-objective optimization method of Artificial Bee Colony based on the CVaR

Mahdi Karimi Movahed
Ph.D Candidate of Financial engineering, Department of Management and Accounting, Rudehen Branch, Islamic Azad University, Rudehen, Iran
mkm.mahdikarimi11527@gmail.com

Narges Yazdanian
Assistant Professor, Department of Management and Accounting, Rudehen Branch, Islamic Azad University, Rudehen, Iran (Corresponding author)
Nargesyazdanian@gmail.com

Seyed Alireza Mirarab Baygi
Assistant Professor, Department of Management and Accounting, Rudehen Branch, Islamic Azad University, Rudehen, Iran
Mirarab_alireza@yahoo.com

Hoda Hemmati
Assistant Professor, Department of Management and Accounting, Rudehen Branch, Islamic Azad University, Rudehen, Iran
Hemmati.hoda@gmail.com

Abstract
Today, exchange rate fluctuations have a significant impact on businesses, and risk management is important. Therefore, the purpose of this research is to investigate the risk of foreign exchange fluctuations using the multi-objective optimization method of the artificial bee colony based on the conditional risk value. This research is practical in terms of purpose and descriptive and post-event in terms of data collection method. In terms of post-event analysis method. The currencies studied in this research included the USD, GBP, AED, TRY, CNY and EUR in the Iranian market in the period 2016 to 2022. According to the findings of the research, in the optimization of the portfolio related to currencies, selected currency portfolios with minimum risk are formed. The set of answers obtained from the implementation of the model of this research was different according to the number of rotations of the algorithm, and in the best answer, the lowest value of CVaR was related to the AED currency. According to the findings of the research, it is suggested that in the composition of the portfolio, the highest currency percentage should be related to the AED.
Keywords: Foreign currency fluctuations, Conditional Value at Risk, Optimization methods, Artificial Bee Colony.