

## بررسی ترکیب بهینه‌ی پرتفوی اعتبارات با استفاده از الگوریتم کرم شب‌تاب (مطالعه‌ی موردی بانک کشاورزی)

ابوذر نحوی<sup>۱</sup>

محمد قربانی<sup>\*۲</sup>

محمود صبوحي<sup>۳</sup>

آرش دوراندیش<sup>۴</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۱۳

### چکیده

از جمله فعالیت‌های اصلی بانک‌ها، تخصیص منابع است که یکی از جنبه‌های اساسی آن، تعیین ترکیب بهینه‌ی اعتبارات به بخش‌های مختلف اقتصادی است. عدم توجه به تخصیص بهینه‌ی منابع مالی در دسترس بانک، می‌تواند آسیب‌های جدی را به کل سیستم اقتصادی کشور وارد کند. با توجه به ضرورت بررسی این موضوع، در این مقاله به منظور تعیین پرتفوی بهینه‌ی اعتبارات بانک کشاورزی از مدل برنامه‌ریزی غیرخطی چندهدفه بازه‌ای با استفاده از الگوریتم کرم شب‌تاب استفاده شده است. از ویژگی‌های اصلی این تحقیق در نظر گرفتن سه استراتژی خوش‌بینانه، بدبینانه و ترکیبی تحت شرایط اقتصادی مختلف است. نتایج نشان داد که الگوی بهینه‌ی به دست آمده از الگوریتم کرم شب‌تاب متفاوت از الگوی فعلی توزیع اعتبارات بانک است. در الگوی بهینه‌ی طراحی شده در این تحقیق، بخش‌های زراعت، خدمات کشاورزی، دامداری، مرغداری و گلخانه بیشترین سهم را در ترکیب پرتفوی بهینه‌ی اعتبارات به خود اختصاص داده‌اند. به‌کارگیری استراتژی‌های ارائه شده در این تحقیق، سبب بهبود نگرش مدیران بانک و ترجیحات آن‌ها نسبت به انواع سرمایه‌گذاری تحت شرایط خاص شده تا بتوانند با توجه به اهمیت و نقش بازده و ریسک، استراتژی بهینه‌ی خود را انتخاب نمایند.

**کلید واژه‌ها:** بهینه‌سازی، بازده، برنامه‌ریزی بازه‌ای، استراتژی، بانک کشاورزی.

**طبقه‌بندی JEL:** C02, G11, G15

**Email:** Abouzar.nahvi@mail.um.ac.ir

۱. دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران

**Email:** Ghorbani@um.ac.ir

۲. استاد گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران (\*نویسنده مسئول)

**Email:** Sabouhi@um.ac.ir

۳. استاد گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران

**Email:** Dourandish@um.ac.ir

۴. دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران

## ۱. مقدمه

در بسیاری از کشورهای در حال توسعه بخش کشاورزی به عنوان بخش مسلط بر اقتصاد شناخته شده است و شاید بتوان توسعه بخش کشاورزی را پیش شرط توسعه اقتصادی دانست. سرمایه همواره به عنوان یکی از عوامل مؤثر بر رشد اقتصادی به حساب می‌آید (هوشمند و همکاران، ۱۳۹۳: ۲۳۹). یکی از روش‌های عمده تأمین سرمایه‌ی بخش‌های تولیدی از جمله بخش کشاورزی اعطای اعتبارات است. در اکثر کشورها، دولت‌ها یا مؤسسات تأمین مالی، وظیفه‌ی ارائه اعتبار به فعالان کشاورزی را بر عهده دارند. در ایران نیز بانک کشاورزی به عنوان تنها بانک تخصصی بخش کشاورزی نقش عمده‌ای در تأمین نیازهای اعتباری تولیدکنندگان بخش کشاورزی، صنایع غذایی و تبدیلی وابسته به کشاورزی و بخش بازرگانی و خدمات وابسته به کشاورزی را بر عهده دارد (منصف و طباطبایی، ۲۰۱۳: ۳۲۳). از آنجا که دریافت‌کنندگان اعتبارات در بخش کشاورزی در مقایسه با فعالان و تولیدکنندگان سایر بخش‌ها همانند صنعت و خدمات به میزان بیشتری با خطر و ناطمینانی ناشی از عوامل طبیعی و نوسانات قیمت فروش محصولات کشاورزی روبه‌رو هستند؛ از این‌رو، اغلب با مشکل ناتوانی مالی برای بازپرداخت اقساط سررسیده خود در موعد مقرر روبه‌رو می‌شوند. به همین علت بانک کشاورزی به عنوان عمده‌ترین مؤسسه‌ی تأمین‌کننده‌ی تسهیلات اعتباری بخش کشاورزی همه‌ساله قادر به وصول کامل اقساط سررسیده خود نیست (اشراقی‌سامانی و همکاران، ۱۳۹۴: ۷۹). در سناریو بدبینانه، سطح بالای وام‌های نکول شده، سبب ایجاد ریسک برای سیستم بانکداری، ایجاد نگرانی برای سپرده‌گذاران خواهد شد که منجر به محدودیت در واسطه‌گری مالی می‌شود و به دنبال خود سرمایه‌گذاری و رشد را کاهش می‌دهد (محرابیان و سیفی‌پور، ۱۳۹۵: ۷۴).

بانک‌ها در کنار وظایف اصلی خود که واسطه‌گری وجوه است، باید طوری سرمایه‌گذاری کنند که حداکثر سود را عاید سهامداران و سپرده‌گذاران نمایند. بانک‌ها برای افزایش ثروت سهامداران، باید به نحوی سرمایه‌گذاری کنند که بیشترین بازده را داشته باشند، ولی از آنجایی که بازده با ریسک رابطه مستقیم دارد؛ لذا برای به دست آوردن بازده بیشتر باید ریسک آن را نیز بپذیرند (مشهدیان‌ملکی و همکاران، ۱۳۹۹: ۱۵۶).

با توجه به این‌که ریسک‌های متعددی در بانک‌ها وجود دارد، بانک باید با استفاده از پرتفوی مناسب، ریسک سرمایه‌گذاری خود را کاهش دهد؛ زیرا یکی از مهم‌ترین دلایل ضعف در عملکرد بانک، به مسأله‌ی مدیریت پرتفوی وام مربوط می‌شود. توجه به این موضوع که بانک‌ها به چه صورت پرتفوی اعتباری خود را مدیریت نمایند تا به بهترین حالت بتوانند به اهداف بانک دسترسی پیدا کنند، جزو مسائل لاینفک نظام بانکداری محسوب می‌شود (محقق‌نیا و شیرغلامی، ۲۰۱۳: ۱۰۰).

بنابراین، یکی از سؤالات اساسی، این است که سهم هر یک از بخش‌های اقتصادی در ترکیب پرتفوی بهینه‌ی بانک کشاورزی به چه میزان باید باشد؟ به عبارت دیگر، عملکرد فعلی بانک چه تفاوتی با عملکرد بهینه خواهد داشت؟ پاسخ به این قبیل سؤالات از اهداف این تحقیق است.

## ۲. ادبیات نظری و پیشینه‌ی تحقیق

### ۲-۱. ادبیات نظری

توجه به مسأله ریسک و عدم قطعیت در توزیع اعتبارات بانکی، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. ریسک در بانکداری بنا به دلایلی مانند: تنوع عملیات بانکی، وضعیت سرمایه بانک و محدودیت میزان آن، وضعیت منابع سپرده‌گذاران و متفاوت بودن وضعیت مالی هر یک از وام‌گیرندگان، ماهیتی متفاوت از ریسک در دیگر بخش‌های اقتصادی دارد؛ به عبارتی، مدیریت ریسک در بانک‌ها حساس‌تر و پیچیده‌تر از مدیریت ریسک در دیگر بخش‌های اقتصادی است. شناخت ریسک هر یک از بخش‌های اقتصادی برای بانک‌ها و مؤسسات مالی از اهمیت ویژه‌ای در فرایند سرمایه‌گذاری برخوردار است. در حقیقت با شناخت ریسک هر یک از بخش‌های اقتصادی، بانک‌ها می‌توانند مجموعه‌ای از بخش‌های اقتصادی را انتخاب کنند که در نهایت ریسک اعتباری پرتفوی را کاهش دهند (کورونو<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۲: ۳۶۷؛ وو و لیو<sup>۲</sup>، ۲۰۱۲: ۴۱۲). با این وجود، تغییر ساختار دارایی بانک ضروری به نظر می‌رسد. بانک‌ها باید با استفاده از پرتفوی مناسب، ترتیبی اتخاذ کنند که بتوانند با توجه به افزایش تقاضا برای دریافت وام، شرایطی را ایجاد کنند که به بهترین صورت اعتبارات خود را تخصیص دهند (التر<sup>۳</sup>، ۲۰۱۰: ۲۷).

مدیریت پرتفوی اعتبارات در بانک‌ها، فرایند مستمر ارزیابی و بهره‌گیری از انواع فرصت‌های وام‌دهی در جهت کسب حداکثر بازدهی در چارچوب اهداف کلان مدیریت، همراه با پذیرش حداقل ریسک است. مهم‌ترین اجزای یک مدل مدیریت پرتفوی اعتبارات نیز همان بازدهی و ریسک انواع فرصت‌های وام‌دهی در فعالیت‌های مختلف اقتصادی است. در صورتی که مدلی برای این موضوع طراحی نشود و از آن استفاده نگردد و به عبارتی در پرتفوی اعتباری بانک‌ها، تخصیص به‌درستی صورت نگیرد، در بلندمدت با ورشکستگی مواجه خواهند شد؛ زیرا ممکن است بودجه و سرمایه‌ی زیادی را به بعضی از فعالیت‌های اعتباری خود اختصاص دهند که باعث افزایش ریسک اعتباری مؤسسه‌ی مالی خواهد شد. در نتیجه احتمال عدم‌وصول آن‌ها افزایش خواهد یافت؛ لذا نقش طراحی

1. Kuwornu
2. Wu and Liu
3. Eletter

مدل برای تعیین مجموعه پرتفوی اعتباری بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری بسیار حساس و کلیدی است (عسگرزاده، ۱۳۸۵: ۱۰۹).

در سال ۱۹۵۰، هری مارکوویتز<sup>۱</sup> مدل اساسی پرتفوی را ارائه کرد که مبنایی برای تئوری‌های مدرن پرتفوی قرار گرفت. وی نشان داد از آنجا که سرمایه‌گذاران نسبت به آینده مطمئن نیستند، باید برای کاهش ریسک دست به ایجاد تنوع در سرمایه‌گذاری خود بزنند (مارکوویتز، ۱۹۵۲: ۷۷). مدل مارکوویتز از دو معیار بازده و ریسک در قالب برنامه‌ریزی درجه‌دوم استفاده می‌نماید که به صورت زیر است (لای<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۶: ۹۳۲):

$$\text{Min} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \sigma_{ij} x_i x_j \quad (1)$$

$$\text{Subject to} \sum_{i=1}^N R_i x_i = A$$

به طوری که  $R_i$  نرخ بازده مورد انتظار،  $A$  بازده بهینه،  $N$  تعداد دارایی‌ها،  $\sigma_{ij}$  کوواریانس بین دارایی‌ها و  $i, j = 1, \dots, n$  می‌باشند.

در سال‌های اخیر روش‌های مدیریت پرتفوی بانک‌ها به مقدار زیادی توسعه پیدا کرده است. بانک باید با توجه به وضعیت بازار رقابتی، نیاز جامعه و نهایتاً ظرفیت و توان خود در رابطه با مسائل مربوط به پرتفوی اعتباری تصمیم‌گیری کند (محقق‌نیا و شیرغلامی، ۲۰۱۳: ۹۸).

## ۲-۲. پیشینه پژوهش

با توجه به اهمیت مسأله انتخاب و بهینه‌سازی پرتفوی، تاکنون تحقیقات زیادی در این حوزه صورت گرفته است. در این بخش به نتایج مطالعه‌های انجام شده در داخل و خارج کشور اشاره می‌کنیم.

سلامی و بهمنی (۱۳۸۲) به بررسی ترکیب بهینه سرمایه‌گذاری‌های بانک کشاورزی و تعیین پرتفوی آن با استفاده از روش درآمد مورد انتظار واریانس پرداختند. نتایج مطالعه‌ی آن‌ها نشان داد که رفتار بانک در تخصیص منابع مالی خود از آن‌چه به وسیله‌ی پرتفوی بهینه‌ی سرمایه‌گذاری پیشنهاد می‌گردد، فاصله دارد.

مهرآرا و صادقیان (۱۳۸۷) در مطالعه‌ای، ترکیب بهینه‌ی پرتفوی اعتباری بانک سامان را در قالب بخش‌های اقتصادی مبتنی بر مدل بهینه‌سازی مارکوویتز<sup>۳</sup> مورد بررسی قرار دادند. یافته‌های این تحقیق نشان داد که به ترتیب بخش‌های خدمات، صنعت و معدن، مسکن، ساختمان و کشاورزی از بیشترین سهم در پرتفوی بهینه‌ی وام بانک برخوردارند؛ هم‌چنین مقایسه‌ی روند اعطای تسهیلات بانک سامان

1. Harry Markowitz  
2. Lai  
3. Markowitz

از سال ۱۳۸۱-۱۳۸۵ که با پرتفوی بهینه به دست آمده، نشان داد که پرتفوی بهینه وام تا حد رضایت بخشی با الگوی تخصیص اعتبارات در این دوره سازگار است.

خدادادکاشی و همکاران (۱۳۹۰) در پژوهشی با استفاده از مدل میانگین واریانس مارکوویتز به بررسی ترکیب بهینه دارایی های بانک مسکن پرداختند. براساس این مدل، هدف حداقل کردن ریسک سبد دارایی با لحاظ بازدهی مناسب است. نتایج تحقیق نشان داد که الگوی ارائه شده آن ها کاربردی بوده و به مدیران بانک مسکن این امکان را می دهد تا نسبت به انتخاب صحیح دارایی ها اقدام نمایند.

صالحی و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی به تخصیص بهینه تسهیلات اعطایی بانک تجارت با استفاده از برنامه ریزی ریاضی و الگوریتم ژنتیک پرداختند. نتایج آن ها نشان داد که مدل برآوردی، دارای کارایی بوده و سود بانک را حداکثر می کند و بهترین تسهیلات ممکن را برای بانک فراهم می نماید.

ابونوری و همکاران (۱۳۹۷) پرتفوی بهینه بانک کشاورزی را با استفاده از روش برنامه ریزی آرمانی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که بانک کشاورزی با توجه به شرایط کلان اقتصاد کشور باید با احتیاط اقدام به اعطای تسهیلات نماید. برای این منظور ارتقای ضوابط نظارتی و معیارهای اعتبارسنجی مشتریان می تواند راهکار مناسبی باشد؛ همچنین در وضع موجود بازار بانکی، بانک کشاورزی باید با احتیاط با دیگر بانک ها تبادل مالی داشته باشد و از اعطای اعتبار به بانک های با سبد دارایی پرریسک یا مؤسسات مالی غیرمجاز پرهیز کند؛ از سوی دیگر، مدل پیشنهادی تنوع بخشی بیشتری به سبد دارایی بانک کشاورزی می دهد.

جاوو<sup>۱</sup> (۲۰۰۱) در پژوهشی به کمک مدل برنامه ریزی خطی سعی در ارائه الگوی تخصیص اعتبارات بانک های کشور هنگ کنگ نموده است. در این مطالعه تابع هدف، دستیابی به بالاترین نرخ بازگشت سرمایه برای بانک های هنگ کنگ با توجه به قیود و محدودیت هایی از قبیل: محدودیت اعتبارات بانکی، محدودیت های قانونی و غیره است. نتایج حاکی از آن بود که الگوی بهینه حاصل با الگوی فعلی توزیع اعتبارات بانکی به بخش های مختلف اقتصادی کشور هنگ کنگ متفاوت بوده است.

لین و ژن<sup>۲</sup> (۲۰۰۷) در تحقیقی یک الگوریتم ژنتیک چندمرحله ای را برای حل مسأله بهینه سازی سبد سهام به کار بردند. آن ها با در نظر گرفتن مدل مارکوویتز به عنوان مدل ریاضی پایه، به دنبال حداکثر نمودن بازده و حداقل نمودن ریسک سرمایه گذاری بودند. نتایج تحقیق آن ها نشان داد که الگوریتم مربوطه در بهینه سازی سبد سهام اعتبار و کارایی لازم را دارد.

1. Jao  
2. Lin and Gen

هاو و لیو<sup>۱</sup> (۲۰۰۹) در مطالعه‌ای با عنوان مدل‌های میانگین واریانس برای انتخاب سبد سهام با بازده‌های تصادفی از روش الگوریتم ژنتیک برای حل مدل‌های خود استفاده کردند. آن‌ها براساس نظریه‌ی مارکوویتز، نمونه‌های جدیدی از مدل‌های میانگین واریانس برای مسائل انتخاب سبد سهام با بازده‌های سرمایه‌گذاری تصادفی فازی ارائه دادند و از الگوریتم ژنتیک برای حل مدل‌ها استفاده نمودند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که استفاده از این مدل در برآورد بازده و ریسک مفید است.

آریان‌نژاد و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی روش چندهدفه‌ی تصادفی فازی را برای مسائل مربوط به انتخاب پرتفوی ارائه نمودند. مزیت این مدل این است که می‌توان الگوریتم پیشنهادی را به‌منظور ارتقاء معیارهای دیگر مدل‌های تصمیم‌گیری چند هدفه، تغییر داد. نتایج این تحقیق نشان داد که مدل پیشنهادی، مدلی جامع و عملی بوده و قادر است به آسانی بر روی اطلاعاتی که محققین به‌دست می‌آورند، انجام پذیرد.

خلیفه و زیندین<sup>۲</sup> (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای با استفاده از روش برنامه‌ریزی فازی به بررسی مسائل مربوط به انتخاب پرتفوی در بازار بورس پرداختند. هدف آن‌ها از این تحقیق، یافتن مجموعه بهینه‌ای از دارایی‌ها برای سرمایه‌گذاری در بورس بوده است. در این تحقیق یک مسأله انتخاب پرتفوی با ضرایب تابع هدف فازی مورد بررسی قرار گرفت. بررسی آن‌ها نشان داد که الگوی موردنظر کارایی لازم را در برآورد مدل دارد.

دوبینسکاس<sup>۳</sup> و اوربسین<sup>۴</sup> (۲۰۱۷) پرتفوی بهینه‌ی ۴ شرکت منتخب در کشور لیتوانی را با استفاده از الگوریتم ژنتیک مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که پرتفوی بهینه‌ی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک، از نسبت بازده به ریسک بهتری، نسبت به پرتفوی بهینه به‌دست‌آمده از روش‌های برنامه‌ریزی قطعی و تصادفی برخوردار است.

لستر<sup>۵</sup> (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای به مقایسه‌ی مدل‌های تک‌هدفه و چندهدفه در تعیین پرتفوی بهینه پرداخت. نتایج نشان داد که پرتفوی چندهدفه در مقایسه با تک‌هدفه با دقت بیشتری بازده و ریسک را در دوره‌های بعدی سرمایه‌گذاری پیش‌بینی می‌کند.

آن‌چه در مطالعات گذشته به چشم می‌خورد الگوسازی‌های قطعی و در مرحله‌ی بعد، الگوسازی‌های ریسکی بدون در نظر گرفتن شرایط مختلف اقتصادی است؛ از این‌رو تحقیق حاضر به دنبال این است که با توجه به محدودیت‌های پیش‌روی نظام بانکی، با ارائه الگوی مناسب، مدیران و مسئولان بانک را برای دستیابی و رسیدن به بهترین نحوه‌ی تخصیص اعتبارات به متقاضیان در بخش‌های مختلف با

- 
1. Hao and Liu
  2. Khalifa and ZeinEldin
  3. Dubinskas
  4. Urbsiene
  5. Lester

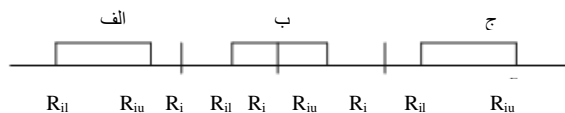
در نظر گرفتن شرایط اقتصادی یاری نماید. بدین منظور از مدل برنامه‌ریزی غیرخطی چندهدفه بازه‌ای با استفاده از الگوریتم فراابتکاری کرم شب‌تاب استفاده شده است.

### ۳. روش‌شناسی پژوهش

در این پژوهش به منظور تعیین پرتفوی بهینه‌ی بانک کشاورزی، هر یک از فعالیت‌ها یا بخش‌های مختلف دریافت‌کننده‌ی اعتبارات به‌عنوان یک دارایی یا پروژه‌ی سرمایه‌گذاری در نظر گرفته شدند. داده‌های پژوهش نیز طی سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۸۸ جمع‌آوری شده است.

از آنجاکه منبع اصلی نوسان درآمدهای مورد انتظار بانک، نوسان در نسبت وصولی‌های اعتبارات اعطایی است؛ بر همین اساس، میزان وصولی‌های اعتبارات اعطایی به هر یک از بخش‌های اقتصادی، به آن چه باید وصول شود، به‌عنوان معیار بازده و واریانس آن به‌عنوان ریسک در نظر گرفته شده است. در این تحقیق به منظور تعیین محدوده بازه‌ای بازده مورد انتظار دارایی، از گزارش‌های مالی، اطلاعات تاریخی دارایی و نظرات کارشناسان استفاده شده است. بدین صورت که ابتدا میانگین بازده تاریخی (i) هر دارایی محاسبه و سپس سه حالت زیر در نظر گرفته شد:

(۱) تمام بازه‌های نرخ بازده دارایی‌های ریسکی در سمت چپ مقادیر میانگین تاریخی بازده دارایی که به‌عنوان نقاط مرجع می‌باشند، واقع شده‌اند؛ به طوری که،  $\pi_{iu} < \pi_i$  برای تمام آنها است. این شرایط در بخش (الف) شکل ۱ نشان داده شده و مطابق با شرایط بد اقتصادی (ناشی از شیوع آفات، خشک‌سالی و ...) است، که در آن بازده مورد انتظار انواع دارایی‌ها کاهش می‌یابد.



شکل ۱: ارتباط بین نرخ میانگین بازده تاریخی و بازده‌های بازه‌ای مورد انتظار، مطابق با شرایط اقتصادی

(۲) تمام بازه‌های نرخ بازده دارایی‌های ریسکی به صورتی انتخاب می‌شوند که میانگین بازده‌های تاریخی هر دارایی که به عنوان نقاط مرجع در نظر گرفته شده‌اند، بین آن‌ها قرار گیرد؛ به طوری که  $R_i \in R_{Ai} = [R_{il}, R_{iu}]$  برای همه‌ی  $I$ ها است. این شرایط در بخش (ب) شکل ۱ نشان داده شده و مطابق با یک شرایط اقتصادی باثبات است که در آن فواصل بازده مورد انتظار همه‌ی انواع دارایی‌ها میانگین بازده تاریخی خود را دربر گرفته‌اند.

(۳) تمام بازه‌های نرخ بازده دارایی‌های ریسکی به صورتی انتخاب می‌شوند که در سمت راست میانگین بازده‌های تاریخی هر دارایی که به عنوان نقاط مرجع در نظر گرفته شده‌اند، قرار می‌گیرند؛ به طوری که  $R_i > R_{il}$  برای همه‌ی  $I$ ها است. این شرایط در بخش (ج) شکل ۱ نشان داده شده است و مطابق با شرایط خوب اقتصادی است و انتظار می‌رود که در این شرایط بازده مورد انتظار انواع دارایی‌ها افزایش یابد.

برای تعیین محدوده بازده در سه حالت مورد بررسی، ابتدا میانگین بازده‌ها محاسبه و سپس معادل یک انحراف معیار آن از هر طرف به عنوان محدوده بازده در نظر گرفته شد  $(R_i \pm \sigma)$  و در نهایت با استفاده از دانش و تجربه‌ی کارشناسان خبره بانک کشاورزی، بازه‌ها با حداکثر ۳٪ نوسان به دست آمدند؛ بنابراین در این تحقیق بازده مورد انتظار و واریانس برای آامین دارایی به صورت اعداد بازه‌ای زیر نشان داده می‌شوند.

$$\begin{aligned} \bar{R}(x) &= \sum_{i=1}^N \bar{R}_i x_i \\ \tilde{\sigma}^2(x) &= \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \tilde{\sigma}_{ij} x_i x_j \end{aligned} \quad (۲)$$

به طوری که

$$\begin{aligned} \bar{R}(x) &= [R_{il}, R_{iu}] \\ \tilde{\sigma}^2(x) &= [\sigma_{ijl}^2, \sigma_{iju}^2] \end{aligned}$$

بنابراین

$$\begin{aligned} \sigma_{2ijl} &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (R_{it} - R_{il}) \times (R_{jt} - R_{jl}) \\ \sigma_{2iju} &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (R_{it} - R_{iu}) \times (R_{jt} - R_{ju}) \end{aligned}$$



که در آن بازده مورد انتظار فازی،  $\sigma^2(x)$  ریسک فازی،  $R_{ii}$  حد پایین بازده،  $R_{iu}$  حد بالا بازده،  $R_{it}$  بازده مورد انتظار فعالیت  $i$ ام در دوره  $t$ ،  $R_{jt}$  بازده مورد انتظار فعالیت  $j$ ام در دوره  $t$ ،  $\delta_{ij}^2$  حد پایین ریسک،  $\delta_{iju}^2$  حد بالا ریسک است. اهداف مسأله انتخاب پرتفوی بهینه‌ی ما به صورت زیر است:

$$\begin{aligned} & \text{Minimize } \sigma^2(x) \\ & \text{Maximize } \bar{R}(x) \end{aligned} \quad (3)$$

مسأله فوق یک مدل برنامه‌ریزی چندهدفه‌ی غیرخطی بازه‌ای است که در آن از روش جمع وزنی، که این روش یکی از روش‌های موجود برای حل مسائل بهینه‌سازی چندهدفه است، جهت تبدیل مدل چندهدفه به مسأله بهینه‌سازی تک‌هدفه‌ی استفاده شده است که به صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$\text{Min}[\alpha \cdot \sigma^2(x) - \beta \cdot \bar{R}(x)] \quad (4)$$

$\alpha$  و  $\beta$  وزن‌های ریسک و بازده می‌باشند که در مقیاس ۰ تا ۱ قرار دارند که به تناسب با دادن مقادیر مختلف به آن‌ها (بین صفر و یک) مدل حل می‌شود و سرمایه‌گذار براساس برآوردهای مختلف بازده و ریسک، یک مدل متفاوت را انتخاب می‌کند.

### ۳-۱. محدودیت‌های مدل

مهم‌ترین قیود و محدودیت‌های بانک کشاورزی در ارائه اعتبارات به مشتریان در بخش‌های اقتصادی عبارتند از:

- محدودیت بودجه: مهم‌ترین منبع بانک‌ها و مؤسسات مالی و اعتباری، بودجه و سرمایه آن‌ها است.

$$\sum_{i=1}^N X_i \leq B \quad (5)$$

که در آن  $B$  مجموع حجم ریالی اعتباراتی که بانک در نظر گرفته و حداکثر برابر  $B$  ریال است.

- محدودیت نسبت تسهیلات به سپرده‌ها: از جمله محدودیت‌هایی است که از سوی هیأت مدیره بانک اعمال می‌شود. این نسبت حدی را که بانک قادر است برای حمایت از عملیات وام‌دهی، سپرده‌ها را تجهیز نماید، نشان می‌دهد.

$$\frac{\sum_{i=1}^N X_i}{\sum C} \leq \%80 \quad (6)$$

که در آن  $C$  مجموع سپرده‌ها است.

- محدودیت‌های قانونی از سوی بانک مرکزی: براساس دستورالعمل بانک مرکزی، بانک‌های تخصصی مکلف شدند تا حداقل ۹۰ درصد از تسهیلات خود را در راستای رسالت اصلی خویش اعطا

نمایند، در نتیجه حداکثر ۱۰٪ از کل تسهیلات خود را می‌توانند به بخش‌های متقاضی خارج از تخصص خویش ارائه دهند که فرم جبری این محدودیت به صورت زیر است:

$$\frac{X_{10}}{B} \leq \%10 \quad (7)$$

- محدودیت نسبت کفایت سرمایه: این نسبت برای ارزشیابی مدیریت ریسک بانک‌ها و مؤسسات اعتباری از طرف شورای پول و اعتبار تعیین شده است که به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\frac{H}{\sum_{i=1}^N X_i + G} \geq \%8 \quad (8)$$

که در آن H، حقوق صاحبان سهام (سرمایه‌ی پایه) و G سایر دارایی‌های موزون شده به ریسک است.

- محدودیت حداقل و حداکثر سهم هر بخش: که شامل حداقل و حداکثر سهم تسهیلات اعطایی به هر بخش است.

$$X_i \leq D \quad (9)$$

$$X_i \geq F \quad (10)$$

که در آن D، حداکثر سهم هر بخش و F، حداقل سهم هر بخش است.

از آنجا که محدودیت‌های بودجه و نسبت تسهیلات به سپرده‌ها در طی سال‌های مورد بررسی مقدار ریالی بیشتری نسبت به محدودیت کفایت سرمایه داشتند، بر روی مدل بی‌اثر شده‌اند.

## ۲-۳. انتخاب پرتفوی بهینه

با توجه به آنچه بیان شد، مسأله بهینه‌سازی چندهدفه بازه‌ای با استفاده از روش وزنی به صورت ۳ استراتژی زیر حل می‌گردد:

۱. استراتژی خوش‌بینانه: در این استراتژی، سرمایه‌گذار، بازده و ریسک خوش‌بینانه دارایی‌ها را محاسبه می‌کند.

$$\text{Min Fl} = \alpha \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N [\sigma_{2ij}] - \beta \sum_{j=1}^N [R_{iu}] \quad (11)$$

Subject to

$$\sum_{i=1}^{17} X_i \leq 189336089818750$$

$$X_{10} \leq 18933608981875$$

$$X_i \leq 0.21$$

$$X_i \geq 0.001$$

۲. استراتژی بدینانه: در این استراتژی، بازده و ریسک بدینانه دارایی‌ها توسط سرمایه‌گذار محاسبه می‌گردد.

$$\text{Min Fr} = \alpha \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N [\sigma 2ij] - \beta \sum_{j=1}^N [\text{Ril}] \quad (12)$$

Subject to

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{17} Xi &\leq 189336089818750 \\ X_{10} &\leq 18933608981875 \\ Xi &\leq 0.21 \\ Xi &\geq 0.001 \end{aligned}$$

۳. استراتژی ترکیبی: این استراتژی ترکیبی از دو استراتژی خوش‌بینانه و بدبینانه است.

سرمایه‌گذار در این مدل سعی در ایجاد تعادل در عملکرد بازده و ریسک دارایی‌ها دارد.

$$\text{Min } F(x) = \lambda Fr(x) + (1 - \lambda) Fl(x) \quad (13)$$

به طوری که

$$\begin{aligned} \text{Min } F(x) = & \lambda \left[ \alpha \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N [\sigma 2ij] - \beta \sum_{j=1}^N [\text{Ril}] \right] + (1 - \lambda) \left[ \alpha \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N [\sigma 2ij] \right. \\ & \left. - \beta \sum_{j=1}^N [\text{Riu}] \right] \end{aligned}$$

Subject to

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{17} Xi &\leq 189336089818750 \\ X_{10} &\leq 18933608981875 \\ Xi &\leq 0.21 \\ Xi &\geq 0.001 \end{aligned}$$

که در آن  $\alpha$  و  $\beta$  وزن‌های ریسک و بازده و  $\lambda$  یک شاخص بدبینی است که در مقیاس ۰ تا ۱ قرار دارند که به تناسب با دادن مقادیر مختلف به آن‌ها (بین صفر و یک) مدل حل می‌شود و سرمایه‌گذار براساس برآوردهای مختلف بازده و ریسک، یک مدل متفاوت را انتخاب می‌کند. برای حل این نوع مسائل، الگوریتم‌های مؤثر و کارایی در برنامه‌ریزی ریاضی وجود ندارد. وقتی تعداد زیادی از محدودیت‌های جهان واقعی وارد مدل می‌شود فضای جست‌وجوی آن بسیار بزرگ و ناپیوسته می‌گردد که عملاً استفاده از مدل‌های ریاضی را ناممکن می‌سازد. امروزه با بزرگ‌تر شدن مسائل و اهمیت یافتن سرعت رسیدن به پاسخ، دیگر روش‌های کلاسیک جواب‌گوی حل بسیاری از مسائل نیست. به همین دلیل در سال‌های اخیر استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری از جمله الگوریتم ژنتیک، کرم شبتاب و... برای حل مسائل بهینه‌سازی در علوم مختلف رشد چشمگیری داشته است. این الگوریتم‌ها از بهترین روش‌های بهینه‌سازی مسائل هستند و به همین جهت می‌توان از آن‌ها در برآورد

توابع غیرخطی و پیش‌بینی روند آتی متغیر موردنظر استفاده کرد (میرانی و اسدزاده، ۱۳۹۷: ۱۵). نتایج مطالعات و بررسی‌ها نشان داده که استفاده از روش‌های فراابتکاری الهام گرفته از طبیعت در سیستم‌های اطلاعاتی به‌خصوص بخش‌های مالی روز به روز در حال افزایش است. همچنین نتایج مطالعات در زمینه مقایسه این الگوریتم‌ها با روش‌های کلاسیک در پیش‌بینی‌های مالی، نشان‌دهنده توان بالاتر این الگوریتم‌ها است (قاسمی و فرزاد، ۱۳۹۸: ۷۴)؛ از این‌رو، در این پژوهش با هدف تعیین پرتفوی بهینه از الگوریتم کرم شب‌تاب جهت حل مدل‌ها استفاده شده است.

### ۳-۳. الگوریتم کرم شب‌تاب<sup>۱</sup>

الگوریتم کرم شب‌تاب یک الگوریتم فراابتکاری است که نخستین بار در سال ۲۰۰۷ توسط یانگ<sup>۲</sup> معرفی شد. این الگوریتم از کرم‌های شب‌تابی که از نورهای کوتاه و ریتمیک جهت شکار، سیستم محافظتی و یا جذب جفت استفاده می‌کنند، الهام گرفته شده است. در الگوریتم کرم شب‌تاب، دو موضوع مهم وجود دارد؛ تغییرات شدت نور و فرموله کردن جذابیت. برای سادگی، ما همیشه می‌توانیم فرض کنیم که جذابیت کرم شب‌تاب توسط نور آن تعیین می‌شود که نور آن نیز به نوبه‌ی خود با تابع هدف مرتبط می‌شود. جاذبه‌ی متناسب با درخشش بوده و کرم شب‌تاب کم‌نورتر به کرم شب‌تاب پرنورتر جذب می‌شود و اگر هیچ نوری نباشد کرم شب‌تاب به‌صورت تصادفی حرکت می‌نماید. فاصله کاهش نور توسط هوا، کرم شب‌تاب را تنها برای فاصله‌ی محدودی قابل مشاهده می‌کند. یک کرم شب‌تاب را می‌توان به‌صورت یک منبع نور نقطه‌ای در نظر گرفت. می‌دانیم که شدت نور در فاصله‌ی خاص  $r$  از منبع نور، از قانون مربع معکوس پیروی می‌کند. این قانون بیان می‌کند که شدت نور  $I$  با افزایش فاصله‌ی  $r$  کاهش می‌یابد (یانگ، ۲۰۱۰: ۸۱).

$$I = \frac{1}{r^2} \quad (14)$$

همان‌طور که گفته شد هوا نیز نور را کاهش می‌دهد تا با افزایش فاصله ضعیف‌تر و ضعیف‌تر شود. در ساده‌ترین حالت می‌توان شدت نور یک منبع نقطه‌ای با ضریب تحلیل  $\gamma$ ، در فاصله‌ی  $r$  را به‌صورت رابطه‌ی زیر در نظر گرفت ( $I_0$  شدت نور در  $r=0$  است)

$$I = I_0 - e^{-\gamma r^2} \quad (15)$$

و از آنجا که جذابیت کرم شب‌تاب متناسب با شدت نور دیده شده توسط کرم شب‌تاب مجاور است، جذابیت کرم‌های شب‌تاب به‌صورت رابطه‌ی زیر تعریف می‌شود ( $\beta_0$  جذابیت در  $r=0$  است).

$$\beta(r) = \beta_0 e^{-\gamma r^2} \quad (16)$$

1. Firefly Algorithm  
2. Yang

فاصله‌ی هر دو شب‌تاب  $i$  و  $j$  برابر با فاصله‌ی دکارتی آن‌ها است.

$$rij = \sqrt{(xi - xj)^2 + (yi - yj)^2} \quad (17)$$

همچنین روشنایی با تابع هدف متناسب است؛ بنابراین به‌روزرسانی مکان برای هر جفت از کرم‌های شب‌تاب  $xi$  و  $xj$  به‌صورت رابطه‌ی زیر است:

$$xi = xi + \beta 0e^{-\gamma r^{2ij}}(xj - xi) + \alpha \epsilon i \quad (18)$$

در این پژوهش به‌منظور حل مسأله پرتفو، تعداد ۱۰ کرم شب‌تاب در نظر گرفته شد که هر کرم، یک ماتریس  $17 \times 17$  است که شامل ۱۷ فعالیت یا بخش اقتصادی است. تابعی که به‌دنبال بهینه‌کردن آن هستیم همان تابع هدف مسأله است. متغیرهای ورودی در الگوریتم پیشنهادی، ریسک و بازده طی دوره‌ی مورد بررسی می‌باشند. با توجه به مراحل اجرای الگوریتم و بازده و ریسک مربوط به هر بخش، میزان جذابیت و فاصله‌ی هر کرم با کرم دیگر طبق فرمول‌های شماره‌ی ۱۷-۱۵ محاسبه شده و کرم  $i$  به‌سمت بهترین (جذاب‌ترین) کرم  $j$ ، که دارای ریسک کمتر و بازده بیشتر است، حرکت می‌کند و در هر بار فرایند تکرار برنامه، که در این پژوهش ۱۰۰۰ تکرار در نظر گرفته شده، به وزن‌های بهینه‌ی پرتفوی بانک نزدیک می‌شویم و در نهایت کرم شب‌تابی که دارای بهترین مقدار تابع هدف که شامل کمترین ریسک و بیشترین بازده است، انتخاب می‌شود. از مهم‌ترین نکات استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری چون کرم شب‌تاب، تنظیم صحیح پارامترهای مربوط به آن‌ها است؛ به‌همین دلیل، در این تحقیق از روش طراحی آزمایش تاگوچی برای تنظیم پارامتر استفاده و نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: تنظیم پارامتر الگوریتم کرم شب‌تاب

ردیف	متغیر	سطح ۱	سطح ۲	سطح ۳	سطح ۴	سطح ۵	مقدار بهینه
۱	حداکثر تکرار	۱۰۰۰	۱۲۰۰	۱۵۰۰	۲۰۰۰	۲۵۰۰	۱۰۰۰
۲	جمعیت	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۱۰
۳	ضریب جذب نور	۲	۳	۴	۵	۶	۲
۴	جذابیت اولیه	۰.۵	۱	۱.۵	۲	۲.۵	۱
۵	ضریب جهش	۰.۲۵	۰.۵	۰.۷۵	۰.۹	۱	۰.۹

مأخذ: یافته‌های تحقیق

#### ۴. یافته‌های پژوهش و بحث

در این بخش با توجه به هدف اصلی مقاله که بررسی پرتفوی بهینه اعتبارات بانک کشاورزی است، ابتدا میزان تسهیلات پرداختی به هریک از بخش‌های اقتصادی طی سال‌های موردبررسی و سپس داده‌ها و نتایج حاصل از اجرای الگوریتم پیشنهادی در این تحقیق ارائه می‌گردد.

میزان تسهیلات پرداختی به هریک از بخش‌های اقتصادی طی سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۹۳، در جدول ۱ نشان داده شده است؛ همان‌طور که مشاهده می‌شود میزان تسهیلات پرداختی در سال ۱۳۸۸، ۶۷۷۴۹ میلیارد ریال بوده که این مبلغ در سال ۱۳۹۳ به ۲۵۳۶۵۱ میلیارد ریال افزایش یافته است.

جدول ۲: میزان تسهیلات پرداختی به بخش‌های اقتصادی مختلف

بخش اقتصادی	مبلغ تسهیلات پرداختی در سال ۱۳۸۸	سهام (درصد)	مبلغ تسهیلات پرداختی در سال ۱۳۸۹	سهام (درصد)	مبلغ تسهیلات پرداختی در سال ۱۳۹۰	سهام (درصد)	مبلغ تسهیلات پرداختی در سال ۱۳۹۱	سهام (درصد)	مبلغ تسهیلات پرداختی در سال ۱۳۹۲	سهام (درصد)	مبلغ تسهیلات پرداختی در سال ۱۳۹۳	سهام (درصد)
منابع طبیعی (X <sub>1</sub> )	۱۴۰	۰/۲	۱۹۲	۰/۲	۱۴۳	۰/۱	۱۷۵	۰/۱	۴۰۸	۰/۲	۲۲۰	۰/۱
باغداری (X <sub>2</sub> )	۴۳۴۸	۶/۴	۶۰۹۳	۶/۵	۷۹۶۶	۵/۵	۱۱۱۸۲	۶/۸	۱۴۷۰۹	۷	۱۷۳۸۹	۷
قالی‌بافی و صنایع دستی (X <sub>3</sub> )	۴۴۱	۰/۷	۶۸۹	۰/۷	۱۱۸۳	۰/۸	۱۱۲۸	۱	۱۴۸۵	۰/۷	۱۷۴۸	۱
شیلات و آبزیان (X <sub>4</sub> )	۱۱۳۷	۱/۷	۱۵۹۹	۱/۷	۳۷۶۴	۱/۹	۳۵۱۵	۲	۳۷۷۳	۱/۸	۴۵۷۸	۱/۹
هتل‌داری (X <sub>5</sub> )	۳۹۱	۰/۶	۶۱۸	۰/۷	۵۵۳	۰/۴	۲۳۸	۰/۱	۲۸۸	۰/۲	۴۶۵	۰/۲
زراعت (X <sub>6</sub> )	۱۴۱۱۵	۲۰/۸	۲۲۱۷۱	۲۳/۵	۳۷۹۰۷	۱۹/۴	۲۹۳۶۵	۱۷/۸	۴۳۶۰۴	۲۰/۷	۵۳۳۱۷	۲۱
مرغ‌داری (X <sub>7</sub> )	۴۳۳۸	۶/۴	۵۹۹۰	۶/۴	۱۰۶۰۳	۷/۴	۱۴۹۲۵	۹	۱۷۵۴۹	۸/۳	۲۰۸۶۰	۸
ماشین‌آلات و ادوات کشاورزی (X <sub>8</sub> )	۲۸۷	۰/۴	۴۰۷۱	۴/۳	۵۷۷۱	۴	۵۹۴۱	۳/۶	۹۲۰۶	۴/۵	۱۴۲۲۰	۵/۷
صنایع مرتبط با بخش کشاورزی (X <sub>9</sub> )	۶۶۰۱	۹/۷	۳۹۵۷	۳/۱	۱۱۶۳۸	۸/۱	۱۳۴۴۰	۸	۱۶۸۴۸	۸	۲۳۲۶۲	۹
صنایع خارج از بخش کشاورزی (X <sub>10</sub> )	۱۸۷۱	۲/۸	۲۴۳۴	۲/۶	۴۱۷۲	۲/۹	۳۵۵۴	۲	۱۰۵۴۳	۵	۱۱۳۱۶	۴/۴
آب‌و‌خاک (X <sub>11</sub> )	۱۷۰۱	۲/۵	۳۱۳۵	۳/۳	۴۷۰۹	۳/۳	۵۸۱۸	۳/۶	۵۵۰۵	۲/۶	۵۴۹۴	۲
گلخانه (X <sub>12</sub> )	۹۲۹	۱/۴	۲۰۷۶	۲/۲	۴۲۶۳	۳	۵۲۰۹	۳	۵۷۲۰	۲/۷	۶۷۸۴	۲/۷
پرورش زنبور عسل و کرم ابریشم (X <sub>13</sub> )	۹۶	۰/۱	۲۵۸	۰/۳	۳۵۲	۰/۲	۱۳۰۹	۱	۶۹۰	۰/۳	۳۸۴	۰/۲

۶	۱۵۰۵۳	۶/۶	۱۳۶۹۸	۷	۱۱۴۶۷	۲/۷	۳۸۵۶	۱۳/۳	۱۲۵۱۹	۱۱	۷۴۴۴	خدمات بازرگانی (X <sub>14</sub> )
۱۴	۳۵۶۹۸	۱۵/۲	۳۲۰۰۰	۱۶	۲۶۸۷۳	۱۵/۴	۲۲۲۰۱	۱۴/۳	۱۳۴۴۱	۱۳/۴	۹۰۴۵	دامداری (X <sub>15</sub> )
۱۴/۴	۳۶۶۸۷	۱۴/۷	۳۰۹۲۱	۱۸	۲۹۶۸۵	۲۴	۳۴۵۳۸	۱۴/۱	۱۳۳۳۰	۲۰/۱	۱۳۶۵۷	خدمات کشاورزی (X <sub>16</sub> )
۲/۴	۶۲۷۶	۱/۵	۳۱۸۳	۱	۱۷۳۴	-/۹	۱۳۴۳	۲/۸	۲۶۶۶	۱/۸	۱۲۲۰	بازرگانی کشاورزی (X <sub>17</sub> )
۱۰۰	۲۵۳۶۵۱	۱۰۰	۲۱۰۲۳۰	۱۰۰	۱۶۵۵۵۶	۱۰۰	۱۴۳۸۶۲	۱۰۰	۹۴۲۳۸	۱۰۰	۶۷۷۴۹	جمع کل

مأخذ: بانک کشاورزی، \* مبلغ تسهیلات پرداختی به میلیارد ریال است.

مقادیر بازده ۳ حالت موردبررسی، در جدول ۳ نشان داده شده است.



جدول ۳: حد پایین و بالا بازده در حالت‌های مختلف

بخش	حالت ۱		حالت ۲		حد بالا بازده
	حد پایین بازده	حد بالا بازده	حد پایین بازده	حد بالا بازده	
منابع طبیعی	۰/۸۳۰	۰/۸۵۰	۰/۸۴۰	۰/۸۷۵	۰/۹۱۰
باغداری	۰/۸۷۵	۰/۹۱۰	۰/۸۹۰	۰/۹۴۰	۰/۹۷۰
قالی‌بافی و صنایع دستی	۰/۸۹۵	۰/۹۱۰	۰/۹۰۰	۰/۹۳۰	۰/۹۴۵
شیلات و آبزیان	۰/۹۰۵	۰/۹۲۰	۰/۹۱۲	۰/۹۳۰	۰/۹۴۲
هتل‌داری	۰/۸۲۰	۰/۸۵۵	۰/۸۳۰	۰/۸۷۵	۰/۹۰۵
زراعت	۰/۹۰۰	۰/۹۱۰	۰/۹۰۵	۰/۹۱۷	۰/۹۲۵
مرغداری	۰/۹۴۷	۰/۹۵۵	۰/۹۵۰	۰/۹۶۵	۰/۹۷۲
ماشین‌آلات و ادوات کشاورزی	۰/۹۶۰	۰/۹۶۸	۰/۹۶۲	۰/۹۷۷	۰/۹۸۵
صنایع مرتبط با بخش کشاورزی	۰/۸۹۲	۰/۹۱۰	۰/۹۰۰	۰/۹۲۰	۰/۹۳۰
صنایع خارج از بخش کشاورزی	۰/۸۵۰	۰/۸۷۰	۰/۸۶۰	۰/۸۹۵	۰/۹۱۵
آب‌و‌خاک	۰/۸۷۵	۰/۸۹۰	۰/۸۸۰	۰/۹۱۵	۰/۹۳۵
گلخانه	۰/۹۳۷	۰/۹۴۵	۰/۹۴۰	۰/۹۵۲	۰/۹۶۰
پرورش زنبورعسل و کرم ابریشم	۰/۹۲۵	۰/۹۳۵	۰/۹۳۰	۰/۹۴۵	۰/۹۵۵
خدمات بازرگانی	۰/۸۷۰	۰/۸۹۵	۰/۸۷۵	۰/۹۰۵	۰/۹۲۵
دامداری	۰/۸۹۰	۰/۹۰۵	۰/۸۹۵	۰/۹۱۲	۰/۹۲۲
خدمات کشاورزی	۰/۹۴۲	۰/۹۵۰	۰/۹۴۵	۰/۹۶۰	۰/۹۶۵
بازرگانی کشاورزی	۰/۸۸۰	۰/۹۱۵	۰/۸۹۰	۰/۹۴۰	۰/۹۶۵

مأخذ: یافته‌های پژوهش.

براساس اطلاعات این جدول، در حالت ۱ تمام بازده‌های نرخ بازده دارایی‌ها در سمت چپ مقدار میانگین بازده هر دارایی واقع شده‌اند و مطابق با شرایط بد اقتصادی هستند. در حالت ۲، میانگین بازده هر دارایی بین بازده‌های نرخ بازده دارایی‌ها قرار گرفته است و مطابق با شرایط اقتصادی باثبات است و نهایتاً در حالت ۳ تمام بازده‌های نرخ بازده دارایی‌ها در سمت راست میانگین بازده هر دارایی قرار گرفته‌اند و مطابق با شرایط خوب اقتصادی می‌باشند.

#### ۱-۴. آزمون نرمال بودن بازده

پیش‌فرض اصلی برای به‌کارگیری واریانس به‌عنوان معیار ریسک براساس روش مارکویتز بر نرمال بودن توزیع بازده استوار است. نرمال بودن بازده‌ها به کمک آزمون کولموگروف اسمیرنوف در نرم‌افزار spss v16 مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در تمامی موارد مورد بررسی همگی  $p$ -value

بزرگتر از ۰/۰۵ به دست آمده‌اند که این موضوع بیانگر آن است که توزیع بازده‌ها در تمامی حالت‌ها نرمال است.

جدول ۴: نتایج مربوط به آزمون نرمال بودن بازده در حالت‌های مختلف

نتیجه آزمون	سطح معنی‌داری	Z کولموگروف اسمیرنوف	انحراف معیار	میانگین	
نرمال	۰/۹۶۷	۰/۴۹۵	۰/۰۳۶	۰/۹۰۲	حالت ۱
نرمال	۰/۹۴۳	۰/۵۲۹	۰/۰۳۲	۰/۹۱۳	حالت ۲
نرمال	۰/۹۵۲	۰/۵۱۸	۰/۰۲۶	۰/۹۳۷	حالت ۳

مأخذ: یافته‌های تحقیق، \* معنی‌دار در سطح ۵٪

## ۲-۴. نتایج بهینه‌سازی پرتفوی

مقادیر بهینه‌ی حاصل از اجرای الگوریتم کرم شب‌تاب در حالت‌های مختلف با استفاده از نرم‌افزار متلب در جدول‌های ۱۶-۵ پیوست ۱ نشان داده شده است. نتایج محاسباتی ارائه شده در توابع هدف ۱ و ۲ برپایه ی سه مجموعه متفاوت از مقادیر  $\alpha$ ،  $\beta$  می‌باشند که نشان‌دهنده‌ی اولویت سرمایه‌گذار از لحاظ ریسک و بازده است؛ این درحالی است که در تابع هدف ۳ در تمامی حالت‌ها؛  $\alpha$  و  $\beta$  مساوی ۰/۵ و به  $\lambda$  مقادیر ۰/۹، ۰/۵ و ۰/۱ اختصاص داده شد. نتایج مطالعه نشان‌داد که الگوی بهینه‌ی طراحی شده با استفاده از الگوریتم کرم شب‌تاب متفاوت از توزیع اعتبارات بانک کشاورزی در شرایط کنونی است و از این جهت مشابه مطالعات گذشته انجام شده در این زمینه است (سلامی و بهمنی، ۱۳۸۲؛ جاو، ۲۰۰۱). در شرایط فعلی بیشترین سهم از اعتبارات پرداختی، به بخش‌های زراعت، دامداری و خدمات کشاورزی و کمترین سهم به بخش‌های منابع طبیعی، هتل‌داری و پرورش زنبور-عسل و کرم ابریشم تعلق می‌گیرد. در صورتی که در الگوی بهینه‌ی طراحی شده در این تحقیق، مطابق شرایط بد اقتصادی، بیشترین سهم متعلق به بخش‌های گلخانه، زراعت، خدمات کشاورزی، مرغداری، دامداری و بخش‌های باغداری، منابع طبیعی، هتل‌داری و بازرگانی کشاورزی کمترین سهم را به خود اختصاص داده‌اند؛ همچنین در شرایط ثبات اقتصادی، بیشترین سهم متعلق به بخش‌های گلخانه، خدمات کشاورزی، زراعت، دامداری و کمترین سهم متعلق به بخش‌های بازرگانی کشاورزی، هتل-داری، منابع طبیعی، قالی‌بافی و صنایع دستی است. در نهایت، در شرایط خوب اقتصادی، بیشترین سهم به بخش‌های خدمات کشاورزی، گلخانه، ماشین‌آلات و ادوات کشاورزی، مرغداری و دامداری تعلق دارد و بخش‌های منابع طبیعی، باغداری، بازرگانی کشاورزی و هتل‌داری کمترین سهم را به خود اختصاص داده‌اند.

## ۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

به‌طور کلی در الگوی بهینه‌ی طراحی شده در این تحقیق، بخش‌های زراعت، خدمات کشاورزی، دامداری، مرغداری و گلخانه بیشترین سهم را در ترکیب پرتفوی بهینه اعتبارات به خود اختصاص داده‌اند؛ همان‌طور که مشاهده می‌شود، یکی از تفاوت‌های عمده در پرتفوی بهینه‌ی برآورد شده در مقایسه با الگوی فعلی، قرارگرفتن بخش گلخانه در بین بخش‌هایی است که می‌بایست سهم بیشتری از اعتبارات به آن اختصاص یابد. از آنجا که توسعه محصولات گلخانه‌ای سهم ویژه‌ای در افزایش کمی و کیفی تولیدات کشاورزی، افزایش بهره‌وری در استفاده از اراضی و نهاده‌های تولید، ارتقاء امنیت غذایی، ایجاد اشتغال مولد و ارزآوری ایفا می‌کند، اختصاص اعتبارات بیشتر به این بخش ضروری به‌نظر می‌رسد. به‌کارگیری استراتژی‌های ارائه‌شده در این تحقیق، سبب بهبود نگرش مدیران بانک و ترجیحات آن‌ها نسبت به انواع سرمایه‌گذاری تحت شرایط خاص شده تا بتوانند با توجه به اهمیت و نقش بازده و ریسک، استراتژی بهینه خود را انتخاب نمایند. با توجه به نتایج به‌دست آمده از این تحقیق مطالب زیر پیشنهاد می‌شود:

۱. از آنجا که اعتبارات پرداختی از جمله دارایی‌های ریسکی برای نظام بانکی محسوب می‌شوند، به مدیران بانک کشاورزی توصیه می‌گردد که ریسک را در پرتفوی بهینه‌ی اعتبارات بانک لحاظ نمایند.
۲. با توجه به این که مدل قطعی قادر به نشان‌دادن تغییر واقعی بازده کل سرمایه‌گذاری و ریسک ناشی از تغییر در انتظارات شرایط اقتصادی آینده نیست و ممکن است به تصمیمات سرمایه‌گذاری نامناسب منجر شود؛ از این‌رو نیاز به استفاده از مدل دیگر، امری ضروری به‌نظر می‌رسد. مدل بازه‌ای می‌تواند این مشکل را برطرف نماید. این مدل علاوه بر استفاده از اطلاعات تاریخی نرخ بازده دارایی‌ها، به‌طور غیرمستقیم تأثیر شرایط اقتصادی مختلف را بر تصمیم‌گیری‌های سرمایه‌گذاری با تغییر پیش‌بینی‌های مربوط به بازده آینده دارایی نشان می‌دهد؛ بنابراین، مدل بازه‌ای می‌تواند اهمیت تجربه و دانش سرمایه‌گذاران را نشان‌دهد و انعطاف‌پذیری بیشتری نسبت به مدل قطعی خواهد داشت.

## منابع

- ابونوری، ع، میرزایی، ح. و هامونی، پ. (۱۳۹۷). «تعیین پرتفوی بهینه بانک کشاورزی با استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی»، *مجله مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار*، ۳۵: ۱۸-۱.
- اشراقی سامانی، ر، شیخ محمدی، ف. و پورسعید، ع. (۱۳۹۴). «عوامل مؤثر بر عدم بازپرداخت تسهیلات بانک کشاورزی از سوی کشاورزان مورد: شهرستان ایلام»، *فصلنامه اقتصاد فضا و توسعه روستایی*، ۴(۲): ۹۱-۷۷.
- خدادادکاشی، ف، مانی، ک. و نجاریانپور، م. (۱۳۹۰). «تعیین ترکیب بهینه دارایی‌ها در بانک مسکن با هدف حداکثر سازی سود»، تهران، دانشگاه پیام نور، پایان‌نامه کارشناسی ارشد.
- سلامی، ح. و بهمنی، ع. (۱۳۸۲). «بهینه‌یابی ترکیب فعالیت‌های سرمایه‌گذاری در بانک کشاورزی»، *مجله علوم کشاورزی ایران*، ۳۴(۲): ۴۰۸-۴۰۱.
- صالحی، ف، جعفری اسکندری، م. و صالحی، م. (۱۳۹۳). «بهینه‌سازی سبد تسهیلات اعطایی مؤسسات مالی با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی و الگوریتم ژنتیک (مطالعه موردی بانک تجارت)»، *فصلنامه‌ی توسعه‌ی مدیریت پولی و بانکی*، سال دوم، شماره ۱، ۲۲-۵.
- عسگرزاده، غ. ۱۳۸۵. مدل‌سازی ریاضی تعیین ترکیب بهینه پرتفوی تسهیلات اعطایی در مؤسسات مالی و اعتباری، *فصلنامه اندیشه صادق*، ۲۳: ۱۳۰-۱۰۷.
- قاسمی، ج. و فرزاد، س. (۱۳۹۸). «مروری بر کاربرد الگوریتم‌های فراابتکاری در مباحث مالی»، *بررسی‌های بازرگانی*، ۹۶: ۷۷-۵۶.
- محرابیان، آ. و سیفی پور، ر. (۱۳۹۵). «آسیب‌شناسی مطالبات جاری در نظام بانکی ایران»، *فصلنامه اقتصاد مالی*، ۱۰(۳۶): ۷۳-۸۵.
- مشهدیان ملکی، م، سوری، ع، ابراهیمی، م، مهرآرا، م. و ماجد، و. (۱۳۹۹). «ترکیب بهینه سبد دارایی بانک‌ها در واکنش به شرایط اقتصادی (مطالعه موردی بانک تجارت)»، *فصلنامه علمی مطالعات اقتصادی کاربردی ایران*، ۹(۳۵): ۱۷۳-۱۵۵.
- مهرآرا، م. و صادقیان، ص. (۱۳۸۷). «تعیین ترکیب بهینه وام در بخش‌های اقتصادی: (مطالعه موردی بانک سامان)»، *فصلنامه اقتصاد مالی*، ۲(۵): ۱۳۴-۱۱۶.
- میرانی، ن. و اسدزاده، ا. (۱۳۹۷). «بررسی نقش کیفیت نهادی بر توسعه صنعت گردشگری پزشکی در ایران: رویکرد الگوریتم جستجوی گرانشی و الگوریتم کرم شبتاب»، *فصلنامه نظریه‌های کاربردی اقتصاد*، ۵(۴): ۳۰-۱.
- هوشمند، م، دانش نیا، م، عبدلهی، ز. و اسکندری پور، ز. (۱۳۹۳). «عوامل مؤثر بر سرمایه‌گذاری خصوصی در بخش کشاورزی ایران»، *فصلنامه علمی مطالعات اقتصادی کاربردی ایران*، ۳(۱۱): ۲۵۵-۲۳۹.

Abu Nouri A. A., Mirzaei, H., Hamoni, P. (2018). "Determining the Optimal Portfolio of Agricultural Bank Using Armani Planning". *Financial Engineering and Securities Management*, 35:1-18. (in persian)

Aryanezhad M. B., Malekly H., Karimi-nasab M. (2011). "A fuzzy random multi-objective approach for portfolio selection". *Journal of Industrial Engineering International*, 7: 12-21

- Asgarzadeh Gh. (2006). "Mathematical Modeling to Determine the Optimal Composition of Credit Facility Portfolios in Financial and Credit Institutions". *Andisheh Sadegh Quarterly*, Vol. 23, pp. 107-130. (in persian)
- Dubinskas P., Urbšienė L. (2017). "Investment portfolio optimization by applying a genetic algorithm-based approach". *Ekonomika*, 96(2):66-78.
- Eletter S.F., Elrefae G.A., Yaseen S.G. (2010). "Neuro-based artificial intelligence model for loan decisions". *American Journal of Economics and Business Administration*, 2: 27-34.
- Eshraghi Samani R., SheikhMohammadi F., Poursaeed A. (2015). "Factors affecting the lack of repayment of agricultural bank facilities by farmers case: Ilam". *Journal of Space Economics and Rural Development*, 4(2):77-91. (in persian)
- Hao F.F., Liu Y.K. (2009). "Mean-variance models for portfolio selection with fuzzy random returns". *Journal of Applied Mathematics and Computing*, 30: 9-38.
- Hooshmand M., Hashemnia M., Abdollahi email Z., Eskandaripour Z. (2015). "Factors Affecting Private Investment in Iran's Agricultural Sector". *Iranian Journal of Applied Economic Studies*, 3(11):239-255. (in persian)
- Jao Y.C. (2001). "Linear programming and banking in hong kong". *Journal of Business Finance and Accounting* 7: 489-500.
- Khalifa H.A., ZeinEldin R.A. (2014). "Fuzzy programming approach for portfolio selection problems with fuzzy coefficients". *International Journal of Scientific Knowledge* 4: 40-47.
- Khodadadkashi F., mani K., Najarianpour M. (2011). "Determining the optimal composition of assets in the Maskan bank with the aim of maximizing profits". Tehran, Payame Noor University, M.Sc. Thesis. (in persian)
- Kuwornu J.K.M., Ohene-Ntow I.D., Asuming-Brempong S. (2012) "Agricultural credit allocation and constraint analyses of selected maize farmers in Ghana". *British Journal of Economics, Management & Trade*, 2: 353-374
- Lai k.k., Yu l., Wang Sh., Zhou Ch. (2006). "A Double-Stage Genetic Optimization". *Proceedings of the 13th international conference on Neural information processing*, 928-937.
- Lester, A. (2019). *On the Theory and Practice of Multifactor Portfolio*. *The Journal of Portfolio Management Quantitative*, 45 (3): 87-100.
- Lin Ch., and Gen M.M. (2007). "An Effective Decision-Based Genetic Algorithm Approach to Multiobjective Portfolio Optimization Problem". *Applied Mathematical Sciences*, 1(5): 201-210.
- Markowitz H. M. 1952. Portfolio selection. *The Journal of Finance*, 7:77-91.
- Mashhadyanmaleki M., Souri A., Ebrahimi M., Mehrara M., Majed V. (2020). "Optimal Asset Allocation of Portfolio of Banking System in Different Conditions of Iranian Economy (Case Study of Tejarat Bank)". *Applied Economics studies*, 9(35): 155-173. (in persian)
- Mehrabian A., Seifipour R. (2016). "Pathology of current demands in Iran's banking system". *Financial Economics Quarterly*, 10(36): 85-73. (in persian)

- Mehrara M., and Sadeghian S. (2008). "Determining the optimal composition of loans in economic sectors (Case Study of Saman Bank)". *Financial Economics*, 5: 116-134. (in persian)
- Mirani N., Asadzadeh A. (2019). "The Role of Institutional Quality on The Development of Medical Tourism Industry in Iran: Gravitational Search Algorithm and Firefly Algorithm". *Journal of Applied Economic Theories*, 5(4):1-30. (in persian)
- Mohagheghnia M.J., Shirgholami M. (2013). "Optimal bank loan portfolio in iranians banks (based linear programming modelling)". *Research Journal of Finance and Accounting*, 4: 98-107.
- Monsef A., Tabatabay S.M. (2013). "Optimum allocation of the bank resources and consumptions using linear planning technique: evidence from qavamin bank in Iran". *Asian Journal of Research in Business Economics and Management*, 3: 322- 334.
- Qasemi j., Farzad s. (2019). "An Overview of the Application of Meta Heuristic Algorithms in Financial Field". *Business Reviews*, 96: 56-77. (in persian)
- Salami H., Bahmani A. (2003). "Optimality of Agricultural Bank's Investment Portfolio". *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 34(2):401-408. (in persian)
- Salehi F., Jafari Eskandari M., Salehi M. (2014). "Optimization of the portfolio of facilities granted by financial institutions using mathematical programming and genetic algorithms (Tejarat Bank case study)". *Journal of Development in Monetary & Banking Management*, 2(1):5-22. (in persian)
- Yang X.SH. (2010). "Nature-Inspired Metaheuristic Algorithms". 2nd ed. Luniver Press. United Kingdom.
- Wu X.L., Liu Y.K. (2012). "Optimizing fuzzy portfolio selection problems by parametric quadratic programming". *Fuzzy Optimization and Decision Making* 11: 411-449.

## پیوست ۱

جدول ۵: سهم هر بخش در تابع هدف ۱ الگوریتم کرم شب‌تاب در حالت ۱

صنایع مرتبط با بخش کشاورزی	ماشین‌آلات و ادوات کشاورزی	مرغداری	زراعت	هتل‌داری	شیلات و آبزیان	قالیافی و صنایع دستی	باغداری	منابع طبیعی		$\beta$	$\alpha$	پرتفوی ۱
۱۴۹۰/۶۲۸	۲۱۶۷۲/۴۸۹	۲۷۶۰۷/۷۴۷	۲۹۵۹۳/۴۲۵	۱۸۹/۳۳۶	۲۲۸۵/۱۹۸	۱۸۹/۳۳۶	۲۸۴/۲۹۳	۱۸۹/۳۳۶	ریال	0/5	0/5	
0/79	11/45	14/58	15/63	0/10	1/21	0/10	0/15	0/10	سهم هر بخش (درصد)			
	بازرگانی کشاورزی	خدمات کشاورزی	دامداری	خدمات بازرگانی	پرورش زنبور عسل و کرم ابریشم	گلخانه	آب‌و خاک	صنایع خارج از بخش کشاورزی				
	۱۸۹/۳۳۶	۳۰۵۴۴/۰۷۹	۳۱۹۴۹/۳۷۲	۴۲۰/۷۴۴	۱۱۱۳۵/۹۲۵	۳۱۲۱۶/۱۷۲	۱۸۹/۳۳۷	۱۸۹/۳۳۶	ریال			
	0/10	16/13	16/87	0/22	5/88	16/49	0/10	0/10	سهم هر بخش (درصد)			
صنایع مرتبط با بخش کشاورزی	ماشین‌آلات و ادوات کشاورزی	مرغداری	زراعت	هتل‌داری	شیلات و آبزیان	قالیافی و صنایع دستی	باغداری	منابع طبیعی		$\beta$	$\alpha$	پرتفوی ۲
۶۰۱۲/۵۲۳	۳۰۲۷۸/۴۲۳	۶۷۰۵/۷۱۴	۳۴۲۹۵/۲۶۳	۱۸۹/۳۳۶	۲۹۴۰۴/۸۷۱	۲۲۸/۴۷۷	۱۸۹/۳۳۶	۲۳۱/۶۰۲	ریال	0/75	0/25	
3/18	15/99	3/54	18/11	0/10	15/53	0/12	0/10	0/12	سهم هر			

									بخش(درصد)			
	بازرگانی کشاورزی	خدمات کشاورزی	دامداری	خدمات بازرگانی	پرویش زنبورعسل و کرم ابریشم	گلخانه	آب و خاک	صنایع خارج از بخش کشاورزی	ریال			
	۴۳۳/۸۵۵	۳۸۰۷۴/۳۰۶	۹۰۳/۸۸۱	۱۸۹/۳۳۶	۲۴۲/۲۶۶	۳۹۴۰۴/۵۷۶	۲۳۲۷۷۹۶۰۰	۲۲۴/۵۲۸				
	0/23	20/11	0/48	0/10	0/13	20/81	1/23	0/12	سهم هر بخش(درصد)			
	صنایع مرتبط با بخش کشاورزی	ماشین آلات و ادوات کشاورزی	مرغداری	زراعت	هتل داری	شیلات و آبزیان	قالیبافی و صنایع دستی	باغداری	منابع طبیعی	0/25	0/75	پرتفوی ۳
	۴۲۵۳/۵۵۱	۶۱۲۳/۵۹۲	۳۴۸۰۵/۳۲۸	۲۶۶۵۵/۶۴۵	۱۸۹/۳۳۶	۳۱۵۵/۴۳۵	۱۸۹/۳۳۶	۳۸۲/۵۳۴	ریال			
	2/25	3/23	18/38	14/08	0/10	1/67	0/10	0/20	سهم هر بخش(درصد)			
	بازرگانی کشاورزی	خدمات کشاورزی	دامداری	خدمات بازرگانی	پرویش زنبورعسل و کرم ابریشم	گلخانه	آب و خاک	صنایع خارج از بخش کشاورزی	ریال			
	۱۸۹/۳۳۶	۳۵۳۹۸/۹۳۳	۹۵۳۲/۰۰۳	۱۸۹/۳۳۶	۳۶۷۲۷/۵۰۹	۳۰۱۳۳/۷۵۱	۱۸۹۳۳۶۰۰	۱۰۳۱/۷۹۲				
	0/10	18/70	5/03	0/10	19/40	15/92	0/10	0/54	سهم هر بخش(درصد)			

مأخذ: یافته‌های تحقیق،\* اعداد به میلیارد ریال می‌باشند.



جدول ۶: سهم هر بخش در تابع هدف ۲ الگوریتم کرم شب‌تاب در حالت ۱

صنایع مرتبط با بخش کشاورزی	ماشین‌آلات و ادوات کشاورزی	مرغداری	زراعت	هتل‌داری	شیلات و آبزیان	قالیبافی و صنایع دستی	باغداری	منابع طبیعی		$\beta$	$\alpha$	
۱۸۴۳۸/۳۵۴	۱۸۹/۳۳۶	۲۱۰۸۶/۱۶۸	۱۷۴۰۵/۵۴۴	۲۵۰/۷۹۱	۱۶۱۵/۶۸۹	۴۸۵/۳۰۱	۱۸۹/۳۳۶	۱۸۹/۳۳۶	ریال	0/5	0/5	پرتفوی ۱
9/74	0/10	11/14	9/19	0/13	0/85	0/26	0/10	0/10	سهم هر بخش (درصد)			
	بازرگانی کشاورزی	خدمات کشاورزی	دامداری	خدمات بازرگانی	پرورش زنبرعسل و کرم ابریشم	گلخانه	آب‌و خاک	صنایع خارج از بخش کشاورزی				
	۳۰۶/۳۱۸	۳۴۶۸۴/۴۰۳	۳۷۹۱۰/۷۷۲	۸۲۱۶/۲۱۳	۱۳۲۸۱/۰۴۱	۳۴۶۹۴/۱۲۷	۲۰۴/۰۲۴	۱۸۹/۳۳۶	ریال			
	0/1۷	18/32	20/02	4/34	7/01	18/32	0/11	0/10	سهم هر بخش (درصد)			
صنایع مرتبط با بخش کشاورزی	ماشین‌آلات و ادوات کشاورزی	مرغداری	زراعت	هتل‌داری	شیلات و آبزیان	قالیبافی و صنایع دستی	باغداری	منابع طبیعی		0/75	0/25	پرتفوی ۲
۳۱۹۰۰/۸۴۵	۱۴۱۹/۷۶۱	۱۴۰۲/۵۵۶	۱۸۲۲۲/۱۱۴	۲۳۹/۹۶۶	۱۳۳۲۲/۸۶۹	۱۸۹/۳۳۶	۳۱۴/۴۶۲	۲۲۰/۳۶۵	ریال			
16/85	0/75	0/74	9/62	0/13	7/04	0/10	0/17	0/12	سهم هر بخش (درصد)			

	بازرگانی کشاورزی	خدمات کشاورزی	دامداری	خدمات بازرگانی	پرورش زنبورعسل و کرم ابریشم	گلخانه	آب و خاک	صنایع خارج از بخش کشاورزی				
	۱۸۹/۳۳۵	۳۶۰۱۲/۹۸۴	۳۳۱۰۵/۵۶۱	۱۸۴۰/۱۰۴	۱۱۴۸۷/۲۶۱	۳۸۸۹۸/۴۴۶	۳۷۹/۷۸۸	۱۸۹/۳۳۶	ریال			
	0/10	19/02	17/4۸	0/97	6/07	20/54	0/20	0/10	سهام هر بخش(درصد)			
	صنایع مرتبط با بخش کشاورزی	ماشین آلات و ادوات کشاورزی	مرغداری	زراعت	تهل داری	قالیبافی و صنایع دستی	باغداری	منابع طبیعی		0/25	0/75	پرتفوی ۳
	۶۶۵۱/۸۱۷	۷۵۱۶/۷۵۴	۲۱۴/۱۷۲	۲۳۴۶۶/۸۱۷	۱۷۳۷/۲۳۷	۳۲۲۰۴/۸۸۵	۴۵۳/۷۱۵	۱۸۹/۳۳۶	ریال			
	3/51	3/97	0/11	12/39	0/92	17/01	0/24	0/10	سهام هر بخش(درصد)			
	بازرگانی کشاورزی	خدمات کشاورزی	دامداری	خدمات بازرگانی	پرورش زنبورعسل و کرم ابریشم	گلخانه	آب و خاک	صنایع خارج از بخش کشاورزی				
	۱۸۹/۳۳۶	۳۹۴۳۴/۵۹۲	۳۳۷۹۷/۵۶۷	۱۴۴۵/۵۸۲	۸۱۶۴/۵۳۴	۳۳۴۳۰/۴۶۹	۱۸۹/۳۳۶	۱۰۴۹/۹۷۴	ریال			
	0/10	20/83	17/32	0/7۷	4/31	17/66	0/10	0/55	سهام هر بخش(درصد)			

مأخذ: یافته‌های تحقیق،\* اعداد به میلیارد ریال می‌باشند.

جدول ۷: سهم هر بخش در تابع هدف ۳ الگوریتم کرم شب تاب در حالت ۱

صنایع مرتبط با بخش کشاورزی	ماشین آلات و ادوات کشاورزی	مرغداری	زراعت	هتل داری	شیلات و آبزیان	قالیبافی و صنایع دستی	باغداری	منابع طبیعی		$\lambda$	$\beta$	$\alpha$	پرتفوی ۱
۲۹۳۲/۳۲۳	۲۶۱۵/۵۵۳	۳۹۷۲۵/۳۳۲	۲۷۶۰۷/۱۲۶	۱۸۹/۳۳۶	۴۵۵/۲۵۲	۲۵۷۸/۸۷۲	۱۸۹/۳۳۶	۲۸۶/۳۱۸	ریال	-/۱	۰/۵	۰/۵	
۱/۵۵	۱/۳۸	۲۰/۹۸	۱۴/۵۸	۰/۱۰	۰/۲۴	۱/۳۶	۰/۱۰	۰/۲۰	سهم هر بخش (درصد)				
	بازرگانی کشاورزی	خدمات کشاورزی	دامداری	خدمات بازرگانی	پرورش زنبور عسل و کرم ابریشم	گلخانه	آب و خاک	صنایع خارج از بخش کشاورزی					
	۱۸۹۳۳۶۰۰	۳۰۹۲۶/۷۵۷	۳۲۶۷۱/۹۸۹	۴۰۸/۱۶۱	۸۷۱۸/۲۲۴	۳۹۲۵۱/۳۶۲	۱۸۹/۳۳۷	۳۰۰/۴۷۵	ریال				
	۰/۱۰	۱۶/۳۴	۱۷/۲۶	۰/۲۲	۴/۶۰	۲۰/۷۳	۰/۱۰	۰/۱۶	سهم هر بخش (درصد)				
صنایع مرتبط با بخش کشاورزی	ماشین آلات و ادوات کشاورزی	مرغداری	زراعت	هتل داری	شیلات و آبزیان	قالیبافی و صنایع دستی	باغداری	منابع طبیعی		$\lambda$	$\beta$	$\alpha$	پرتفوی ۲
۸۷۱۲/۱۵۳	۱۸۷۹۹/۸۲۸	۱۷۰۹۷/۳۹۶	۳۱۱۵۶/۰۷۶	۱۸۹/۳۳۶	۹۳۵/۲۴۶	۲۴۰/۱۳۶	۴۰۷/۰۴۱	۳۰۶/۵۹۵	ریال	-/۵	-/۵	-/۵	
۴/۶۰	۹/۹۳	۹/۰۳	۱۶/۴۶	۰/۱۰	۰/۴۹	۰/۱۳	۰/۲۱	۰/۱۶	سهم هر				

									بخش(درصد)				
	بازرگانی کشاورزی	خدمات کشاورزی	دامداری	خدمات بازرگانی	پرورش زنبور عسل و کرم ابریشم	گلخانه	آب و خاک	صنایع خارج از بخش کشاورزی	ریال				
	۱۸۹۳۳۶۰۰	۳۷۷۷۰/۶۳۹	۲۰۰۶۲/۶۵۸	۱۸۹/۳۳۷	۱۷۴۸۲/۹۰۴	۳۴۵۱۹/۴۷۲	۸۴۱/۵۷۱	۴۳۶/۳۶۵					
	0/10	19/95	10/6۱	0/10	9/23	18/23	0/44	0/23	سهم هر بخش(درصد)				
	صنایع مرتبط با بخش کشاورزی	ماشین آلات و ادوات کشاورزی	مرغداری	زراعت	هتل داری	تشیلات و آبزیان	قالیبافی و صنایع دستی	باغداری	منابع طبیعی	۰/۹	۰/۵	۰/۵	پرتفوی ۳
	۷۵۱۹/۴۷۸	۸۹۴۵۱/۸۰۸	۱۹۴۵۱/۳۵۸	۳۶۴۹۲/۷۰۹	۱۸۹/۳۳۶	۲۹۹۳۱/۹۴۳	۲۳۷/۸۱۳	۱۸۹/۳۳۶	۲۸۷/۸۳۳	ریال			
	3/9۰	4/72	10/2۱	19/2	0/10	15/8۰	0/12	0/10	0/1۳	سهم هر بخش(درصد)			
	بازرگانی کشاورزی	خدمات کشاورزی	دامداری	خدمات بازرگانی	پرورش زنبور عسل و کرم ابریشم	گلخانه	آب و خاک	صنایع خارج از بخش کشاورزی	ریال				
	۱۸۹۳۳۶۰۰	۲۳۶۸۳/۳۳۷	۲۹۱۵۶/۳۲۹	۴۰۹/۳۳۵	۲۲۴۶/۳۰۳	۲۸۷۲۰/۱۵۶	۱۸۹/۳۳۶	۱۵۰۶/۴۵۳					
	0/10	12/۳۲	15/40	0/2۰	1/1۰	15/7۰	0/10	0/80	سهم هر بخش(درصد)				

جدول ۸: خلاصه‌ی نتایج پرتفوی بهینه‌ی الگوریتم کرم شب‌تاب در حالت ۱

مقدار تابع هدف*	بازده*	ریسک*	$\lambda$	$\beta$	$\alpha$		
۳۵۳۲۸۱۳۳۶۶۹۰۴۹۰	۸۶۰۶	۳۵۳۲۸۱۳۳۶۷۹۰۹۰	-	۰/۵	۰/۵	پرتفوی ۱	تابع هدف ۱
۱۷۴۴۱۳۱۲۸۹۵۱۹۳۸۰	۱۳۳۱۰۳	۱۷۴۴۱۳۱۲۸۹۶۵۲۴۹۰	-	۰/۷۵	۰/۲۵	پرتفوی ۲	
۵۲۸۱۰۱۴۲۱۹۴۶۴۵۲۰	۴۴۳۷۷	۵۲۸۱۰۱۴۲۱۹۵۰۸۸۹۰	-	۰/۲۵	۰/۷۵	پرتفوی ۳	
۲۹۷۳۶۸۵۳۹۲۰۴۳۴۳	۸۶۸۲۵	۲۹۷۳۶۸۵۳۹۲۹۱۱۶۹	-	۰/۵	۰/۵	پرتفوی ۱	تابع هدف ۲
۱۲۷۱۱۳۶۰۷۲۱۸۱۷۹۷	۱۲۹۸۶۳	۱۲۷۱۱۳۶۰۷۳۴۸۶۶۰	-	۰/۷۵	۰/۲۵	پرتفوی ۲	
۴۱۷۴۳۶۳۳۲۸۱۴۱۰۹	۴۳۳۶۹	۴۱۷۴۳۶۳۳۲۹۲۷۴۷۸	-	۰/۲۵	۰/۷۵	پرتفوی ۳	
۳۱۸۳۰۰۵۵۳۴۰۰۳۰۰۰	[87476, 88425]	[360902548404832, 3496572532500940]	۰/۱	۰/۵	۰/۵	پرتفوی ۱	تابع هدف ۳
۱۹۲۵۷۷۶۴۳۴۱۸۱۷۹۱۰	[87634, 88577]	[345806790952120, 3505746077599910]	۰/۵	۰/۵	۰/۵	پرتفوی ۲	
۷۰۴۷۸۲۸۰۳۶۰۸۳۹۴	[86813, 87877]	[358798793918713, 3818638891684730]	۰/۹	۰/۵	۰/۵	پرتفوی ۳	

مأخذ: یافته‌های تحقیق،\* اعداد به میلیارد ریال می‌باشند.

جدول ۹: سهم هر بخش در تابع هدف ۱ الگوریتم کرم شب‌تاب در حالت ۲

صنایع مرتبط با بخش کشاورزی	ماشین آلات و ادوات کشاورزی	مرغداری	زراعت	هتل‌داری	شیلات و آبزیان	قالیبافی و صنایع دستی	باغداری	منابع طبیعی		$\beta$	$\alpha$	
۱۱۳۳۷/۸۰۸	۱۱۶۷۱/۲۸۷	۳۵۹۷۸/۷۳۴	۳۸۵۰۹/۵۷۳	۱۸۹/۳۳۶	۳۴۷۱/۶۵۸	۸۳۸/۵۲۱	۲۸۵/۱۴۱	۱۸۹/۳۳۶	ریال	0/5	0/5	پرتفوی ۱
5/99	6/16	19	20/34	0/10	1/83	0/44	0/15	0/10	سهم هر بخش (درصد)			
	بازرگانی کشاورزی	خدمات کشاورزی	دامداری	خدمات بازرگانی	پرورش زنبور عسل و کرم ابریشم	گلخانه	آب‌و خاک	صنایع خارج از بخش کشاورزی				
	۵۱۸/۳۵۷	۳۹۴۹۸/۱۲۲	۹۸۴۰/۸۳۲	۱۸۹/۳۳۷	۱۵۵۴/۳۹۳	۳۳۸۳۰/۳۰۷	۱۲۴۴/۰۱۱	۱۸۹/۳۳۶	ریال			
	0/2۸	20/86	5/20	0/10	0/82	17/87	0/66	0/10	سهم هر بخش (درصد)			
صنایع مرتبط با بخش کشاورزی	ماشین آلات و ادوات کشاورزی	مرغداری	زراعت	هتل‌داری	شیلات و آبزیان	قالیبافی و صنایع دستی	باغداری	منابع طبیعی		0/75	0/25	پرتفوی ۲
۲۱۱۶/۶۷۴	۲۷۲۴۶/۵۲۲	۱۳۵۸۳/۲۴۱	۳۳۲۷۲/۴۷۶	۱۸۹/۳۳۶	۲۲۷۷۱/۱۶۱	۹۶۷/۱۲۹	۱۸۹/۳۳۶	۳۵۹/۴۵۵	ریال			
1/12	14/39	7/17	17/57	0/10	12/03	0/51	0/10	0/14	سهم هر بخش (درصد)			
	بازرگانی	خدمات	دامداری	خدمات	پرورش	گلخانه	آب‌و خاک	صنایع خارج				

	کشاورزی	کشاورزی		بازرگانی	زنبور عسل و کرم ابریشم			از بخش کشاورزی				
	۴۵۵/۳۴۳	۱۱۰۸۳/۷۱۷	۳۳۹۷۴/۴۶۲	۱۸۹/۳۳۷	۱۱۲۶۴/۱۵۴	۳۱۲۷۳/۹۶۵	۲۰۰/۴۶۲	۲۹۹/۵۱۹	ریال			
	0/24	5/85	17/94	0/10	5/95	16/52	0/11	0/16	سهم هر بخش (درصد)			
صنایع مرتبط با بخش کشاورزی	ماشین آلات و ادوات کشاورزی	مرغداری	زراعت	هتل داری	شیلات و آبزیان	قالیبافی و صنایع دستی	باغداری	منابع طبیعی		0/25	0/75	پرتفوی ۳
۱۰۱۲۲/۴۴۹	۸۵۰۶/۱۶۹	۱۶۰۰۴/۵۹۵	۳۸۳۴۸/۶۰۶	۱۸۹/۳۳۶	۵۰۴۷/۳۵۳	۴۵۳/۳۷۱	۱۸۹/۳۳۶	۱۸۹/۳۳۶	ریال			
5/35	4/49	8/45	20/25	0/10	2/67	0/24	0/10	0/10	سهم هر بخش (درصد)			
	بازرگانی کشاورزی	خدمات کشاورزی	دامداری	خدمات بازرگانی	پرورش زنبور عسل و کرم ابریشم	گلخانه	آب و خاک	صنایع خارج از بخش کشاورزی				
	۱۸۹/۳۳۶	۳۷۷۰۲/۶۸۸	۱۰۹۸/۰۷۳	۱۲۸۱/۳۳۱	۳۸۱۵۳/۲۱۹	۳۱۲۹۶/۲۳۶	۳۷۵/۳۱۹	۱۸۹/۳۳۶	ریال			
	0/10	19/91	0/58	0/68	20/15	16/53	0/20	0/10	سهم هر بخش (درصد)			

مأخذ: یافته‌های تحقیق،\* اعداد به میلیارد ریال می‌باشند.

جدول ۱۰: سهم هر بخش در تابع هدف ۲ الگوریتم کرم شب تاب در حالت ۲

صنایع مرتبط با بخش کشاورزی	ماشین آلات و ادوات کشاورزی	مرغداری	زراعت	هتل داری	شیلات و آبزیان	قالیبافی و صنایع دستی	باغداری	منابع طبیعی		$\beta$	$\alpha$	
۱۱۸۶/۶۳۴	۳۹۰۷۸/۲۳۵	۶۱۳۶/۳۵۴	۲۲۸۹۵/۹۹۱	۱۲۱۴/۹۰۳	۲۵۲/۳۷۱	۵۸۱/۲۰۸	۱۸۹/۳۳۶	۱۰۳۹/۶۰۱	ریال	0/5	0/5	پرتفوی ۱
0/63	20/64	3/24	12/09	0/64	0/13	0/31	0/10	0/55	سهم هر بخش (درصد)			
	بازرگانی کشاورزی	خدمات کشاورزی	دامداری	خدمات بازرگانی	پرورش زنبور عسل و کرم ابریشم	گلخانه	آب و خاک	صنایع خارج از بخش کشاورزی				
	۳۳۱/۰۴۱	۳۳۰۰۵/۶۸۸	۲۷۵۹۰/۰۴۳	۱۸۹/۳۳۶	۲۵۵۹۵/۹۱۳	۲۹۷۶۹/۷۶۳	۱۸۹/۳۳۶	۱۸۹/۳۳۶	ریال			
	0/1۳	17/43	14/57	0/10	13/52	15/72	0/10	0/10	سهم هر بخش (درصد)			
صنایع مرتبط با بخش کشاورزی	ماشین آلات و ادوات کشاورزی	مرغداری	زراعت	هتل داری	شیلات و آبزیان	قالیبافی و صنایع دستی	باغداری	منابع طبیعی		$\beta$	$\alpha$	پرتفوی ۲
۱۴۵۳/۹۷۱	۳۰۶۰۳/۳۹۶	۱۸۷۶۲/۹۵۸	۱۶۸۹۱/۸۶۹	۱۸۹/۳۳۶	۲۳۹۴/۰۴۲	۱۸۹/۳۳۶	۱۸۹/۳۳۶	۶۸۶/۱۱۸	ریال	0/75	0/25	
0/7۸	16/16	9/91	8/92	0/10	1/26	0/10	0/10	0/36	سهم هر بخش (درصد)			
	بازرگانی	خدمات	دامداری	خدمات	پرورش	گلخانه	آب و خاک	صنایع خارج				



	کشاورزی	کشاورزی		بازرگانی	زنبور عسل و کرم ابریشم			از بخش کشاورزی				
	۱۸۹/۳۳۶	۳۹۲۴۱/۸۱۸	۲۲۸۳۲/۶۹۸	۱۶۸۱/۳۳۸	۲۷۰۰۰/۹۸۷	۲۶۵۸۷/۹۱۵	۲۵۲/۲۹۹	۱۸۹/۳۳۶	ریال			
	0/10	20/73	12/06	0/89	14/26	14/04	0/13	0/10	سهم هر بخش (درصد)			
صنایع مرتبط با بخش کشاورزی	ماشین آلات و ادوات کشاورزی	مرغداری	زراعت	هتل داری	شیلات و آبزیان	قالیبافی و صنایع دستی	باغداری	منابع طبیعی		0/25	0/75	پرتفوی ۳
۱۸۶۷/۵۵۶	۲۴۳۴۰/۸۶۷	۱۷۰۳۶/۶۴۵	۸۴۶۶/۷۹۸	۱۸۹/۳۳۶	۲۰۸/۳۴۱	۲۳۶/۳۱۱	۳۰۸/۲۴۱	۱۰۱۸/۷۸۸	ریال			
0/99	12/86	9	4/47	0/10	0/11	0/12	0/16	0/54	سهم هر بخش (درصد)			
	بازرگانی کشاورزی	خدمات کشاورزی	دامداری	خدمات بازرگانی	پرورش زنبور عسل و کرم ابریشم	گلخانه	آب و خاک	صنایع خارج از بخش کشاورزی				
	۱۸۹/۳۳۶	۳۲۵۸۵/۵۰۳	۳۹۱۶۲/۴۸۶	۴۱۶۱/۳۹۹	۲۸۰۷۰/۳۴۲	۳۱۱۱۵/۴۶۸	۱۸۹/۳۳۶	۱۸۹/۳۳۶	ریال			
	0/10	17/21	20/68	2/20	14/83	16/43	0/10	0/10	سهم هر بخش (درصد)			

مأخذ: یافته‌های تحقیق،\* اعداد به میلیارد ریال می‌باشند.

جدول ۱۱: سهم هر بخش در تابع هدف ۳ الگوریتم کرم شب تاب در حالت ۲

صنایع مرتبط با بخش کشاورزی	ماشین آلات و ادوات کشاورزی	مرغداری	زراعت	هتل داری	شبيلات و آبزيان	قالیبايی و صنایع دستی	باغداری	منابع طبیعی		$\lambda$	$\beta$	$\alpha$	
۱۶۲۵/۳۱۲	۱۸۱۶۰/۸۴۴	۱۲۴۹۱۴۵۸	۲۰۳۳۳/۷۳۹	۱۸۹/۳۳۶	۲۴۸۵۴/۷۵۲	۱۸۹/۳۳۶	۲۳۸/۴۳۶	۶۶۴/۶۶۶	ریال	۰/۱	۰/۵	۰/۵	پرتفوی ۱
0/86	9/59	6/60	10/74	0/10	13/13	0/10	0/13	0/35	سهم هر بخش (درصد)				
	بازرگانی کشاورزی	خدمات کشاورزی	دامداری	خدمات بازرگانی	پرورش زنبور عسل و کرم ابریشم	گلخانه	آب و خاک	صنایع خارج از بخش کشاورزی					
	۱۸۹/۳۳۶	۳۲۳۸۴/۰۵۶	۲۶۰۵۷/۲۸۷	۱۸۹/۳۳۶	۱۸۵۳۷/۱۷۵	۳۲۳۳۸/۸۹۲	۷۶۱/۷۱۶	۲۳۰/۴۱۲	ریال				
	0/10	17/10	13/76	0/10	9/79	17/03	0/40	0/12	سهم هر بخش (درصد)				
صنایع مرتبط با بخش	ماشین آلات و ادوات	مرغداری	زراعت	هتل داری	شبيلات و آبزيان	قالیبايی و صنایع	باغداری	منابع طبیعی		۰/۵	۰/۵	۰/۵	پرتفوی ۲

کشاورزی	کشاورزی					دستی								
۲۲۸۷۹/۳۴۶	۴۹۱۵/۷۶۲	۲۹۷۴/۲۰۹	۳۸۵۶۳/۱۲۳	۱۸۹/۳۳۶	۱۳۳۵۲/۲۲۶	۱۸۹/۳۳۶	۱۸۹/۳۳۶	۱۸۹/۳۳۶	۱۸۹/۳۳۶	ریال				
12/08	2/60	1/57	20/37	0/10	7/05	0/10	0/10	0/10	0/10	سهام هر بخش(درصد)				
	بازرگانی کشاورزی	خدمات کشاورزی	دامداری	خدمات بازرگانی	پرورش زنبورعسل و کرم ابریشم	گلخانه	آب و خاک	صنایع خارج از بخش کشاورزی						
	۳۴۸/۳۷۱	۳۹۷۳۱/۱۰۷	۲۷۱۷۹/۵۹۲	۱۸۹/۳۳۷	۸۶۷/۷۲۹	۳۷۱۰۳/۷۸۲	۱۸۹/۳۳۶	۲۸۴/۸۲۵	ریال					
	0/18	20/98	14/36	0/10	0/46	19/60	0/10	0/15	سهام هر بخش(درصد)					
صنایع مرتبط با بخش کشاورزی	ماشین آلات و ادوات کشاورزی	مرغداری	زراعت	هتل داری	شیلات و آبزیان	قالیبافی و صنایع دستی	باغداری	منابع طبیعی		۰/۹	۰/۵	۰/۵	پرتفوی ۳	
۲۴۴۰۴/۳۹۹	۳۴۱۵۴/۶۳۳	۳۳۰۲۴/۶۶۷	۱۷۷۰/۵۶۱	۱۸۹/۳۳۶	۸۴۵/۲۶۹	۱۸۹/۳۳۶	۱۸۹/۳۳۶	۱۸۹/۳۳۶	ریال					
12/89	18/04	17/44	0/94	0/10	0/45	0/10	0/10	0/10	سهام هر بخش(درصد)					
	بازرگانی کشاورزی	خدمات کشاورزی	دامداری	خدمات بازرگانی	پرورش زنبورعسل و کرم	گلخانه	آب و خاک	صنایع خارج از بخش						

نحوی و همکاران: بررسی ترکیب بهینه پرتفوی اعتبارات با استفاده از الگوریتم ...

					ابریشم			کشاوری				
	۱۸۹/۳۳۷	۲۹۴۹۲/۰۵۱	۲۳۸۱۶/۵۱۶	۵۲۵/۷۶۸	۶۸۷۷/۸۵۶	۳۳۰۲۸/۴۳۱	۲۵۹/۹۲۱	۱۸۹/۳۳۶	ریال			
	0/10	15/5۷	12/58	0/28	3/63	17/44	0/14	0/10	سهام هر بخش (درصد)			

مأخذ: یافته‌های تحقیق، \*اعداد به میلیارد ریال می‌باشند.

جدول ۱۲: خلاصه‌ی نتایج پرتفوی بهینه‌ی الگوریتم کرم شب تاب در حالت ۲

مقدار تابع هدف*	بازده*	ریسک*	$\lambda$	$\beta$	$\alpha$		
۱۷۳۹۰۲۰۰۴۶۴۱۴۸۵۰	۸۹۵۰۴	۱۷۳۹۰۲۰۰۴۶۵۰۴۳۵۰	-	۰/۵	۰/۵	پرتفوی ۱	هدف ۱
۱۰۰۷۲۶۳۴۹۱۵۲۲۴۷۰	۱۳۳۴۴۴	۱۰۰۷۲۶۳۴۹۱۶۵۵۹۱۰	-	۰/۷۵	۰/۲۵	پرتفوی ۲	
۲۶۲۸۳۴۰۹۸۶۳۶۸۷۰۰	۴۴۶۸۸	۲۶۲۸۳۴۰۹۸۶۴۱۳۳۹۰	-	۰/۲۵	۰/۷۵	پرتفوی ۳	
۴۰۶۵۶۵۰۶۸۷۶۷۸۶۱	۸۸۱۹۳	۴۰۶۵۶۵۰۶۸۸۵۶۰۵۵	-	۰/۵	۰/۵	پرتفوی ۱	هدف ۲
۲۱۰۹۵۰۱۴۵۱۶۵۶۱۶	۱۳۲۵۷۲	۲۱۰۹۵۰۱۴۵۲۹۸۱۸۹	-	۰/۷۵	۰/۲۵	پرتفوی ۲	
۵۹۲۹۹۸۶۹۱۷۷۶۳۲۰	۴۳۹۹۲	۵۹۲۹۹۸۶۹۱۸۲۰۳۱۲	-	۰/۲۵	۰/۷۵	پرتفوی ۳	
1791471264699100	[87819,89257]	[589143960726488, 1925063187461740]	۰/۱	۰/۵	۰/۵	پرتفوی ۱	هدف ۳
1196607167805080	[87160,88593]	[674032542529410, 1719181793256510]	۰/۵	۰/۵	۰/۵	پرتفوی ۲	
654794405285197	[88435,89910]	[470335452651735, 2314924979872190]	۰/۹	۰/۵	۰/۵	پرتفوی ۳	

مأخذ: یافته‌های تحقیق، \* اعداد به میلیارد ریال می‌باشند.

جدول ۱۳: سهم هر بخش در تابع هدف ۱ الگوریتم کرم شب تاب در حالت ۳

صنایع مرتبط با بخش کشاورزی	ماشین آلات و ادوات کشاورزی	مرغداری	زراعت	هتل داری	شیلات و آبزیان	قالیبافی و صنایع دستی	باغداری	منابع طبیعی		$\beta$	$\alpha$	پرتفوی
۴۶۹/۰۶۱	۲۹۵۰۴/۳۳۷	۳۹۶۷۰/۱۴۷	۱۵۶۱/۱۲۸	۵۵۳/۵۵۵	۴۶۴/۷۲۱	۱۸۹/۳۳۶	۱۸۹/۳۳۶	۵۰۱/۰۷۹	ریال	0/5	0/5	۱
0/2۶	15/58	20/95	0/82	0/29	0/25	0/10	0/10	0/26	سهم هر بخش(درصد)			
	بازرگانی کشاورزی	خدمات کشاورزی	دامداری	خدمات بازرگانی	پرورش زنبورعسل و کرم ابریشم	گلخانه	آب و خاک	صنایع خارج از بخش کشاورزی				
	۱۸۹/۳۳۶	۳۹۵۱۸/۸۲۱	۳۵۷۳۰/۱۳۷	۹۸۳/۸۳۶	۱۲۶۲۷/۱۷۷	۲۶۳۷۱/۴۸۱	۱۸۹/۳۳۷	۶۲۳/۲۷۴	ریال			
	0/10	20/87	18/87	0/52	6/67	13/93	0/10	0/33	سهم هر بخش(درصد)			
صنایع مرتبط با بخش کشاورزی	ماشین آلات و ادوات کشاورزی	مرغداری	زراعت	هتل داری	شیلات و آبزیان	قالیبافی و صنایع دستی	باغداری	منابع طبیعی		0/75	0/25	پرتفوی ۲
۹۶۸/۶۷۸	۱۲۶۱۸/۰۷۸	۲۰۱۰۵/۵۶۸	۱۷۴۶۱/۹۹۶	۱۸۹/۳۳۶	۱۸۳۷/۵۸۱	۴۲۱/۹۹۸	۱۸۹/۳۳۶	۱۸۹/۳۳۶	ریال			
0/51	6/6۷	10/62	9/22	0/10	0/97	0/22	0/10	0/10	سهم هر بخش(درصد)			

	بازرگانی کشاورزی	خدمات کشاورزی	دامداری	خدمات بازرگانی	پرورش زنبور عسل و کرم ابریشم	گلخانه	آب و خاک	صنایع خارج از بخش کشاورزی				
	۱۸۹/۳۳۶	۳۹۱۹۹/۸۸۲	۳۰۲۹۳/۰۰۱	۸۴۲۸/۱۴۷	۱۸۲۶۳/۳۶۱	۳۸۶۰۹/۶۶۶	۱۸۹/۳۳۶	۱۹۱/۴۵۳	ریال			
	0/10	20/70	16	4/45	9/65	20/39	0/10	0/10	سهام هر بخش (درصد)			
صنایع مرتبط با بخش کشاورزی	ماشین آلات و ادوات کشاورزی	مرغداری	زراعت	هتل داری	تسیلات و آبزیان	قالیبافی و صنایع دستی	باغداری	منابع طبیعی		0/25	0/75	پرتفوی ۳
۴۹۰۵/۵۷۵	۲۰۵۲۱/۴۷۱	۵۶۸۰/۰۵۷	۹۱۲۴/۷۴۷	۱۸۹/۳۳۶	۸۲۷۲/۲۸۹	۱۸۹/۳۳۶	۱۸۹/۳۳۶	۸۱۹/۵۷۳	ریال			
2/59	10/84	3	4/82	0/10	4/37	0/10	0/10	0/43	سهام هر بخش (درصد)			
	بازرگانی کشاورزی	خدمات کشاورزی	دامداری	خدمات بازرگانی	پرورش زنبور عسل و کرم ابریشم	گلخانه	آب و خاک	صنایع خارج از بخش کشاورزی				
	۱۸۹/۳۳۶	۳۷۰۲۸/۲۱۹	۳۳۱۱۶/۷۲۲	۶۱۹۷/۵۱۲	۲۳۱۱۶/۱۴۷	۳۹۴۱۷/۷۶۱	۱۸۹/۳۳۶	۱۸۹/۳۳۶	ریال			
	0/10	19/56	17/49	3/27	12/21	20/82	0/10	0/10	سهام هر بخش (درصد)			

مأخذ: یافته‌های تحقیق، \* اعداد به میلیارد ریال می‌باشند.

جدول ۱۴: سهم هر بخش در تابع هدف ۲ الگوریتم کرم شب‌تاب در حالت ۳

صنایع مرتبط با بخش کشاورزی	ماشین آلات و ادوات کشاورزی	مرغداری	زراعت	هتل‌داری	شیلات و آبزیان	قالیبافی و صنایع دستی	باغداری	منابع طبیعی		$\beta$	$\alpha$	
۴۱۵۹/۹۸۴	۲۷۱۲۸/۰۷۴	۲۳۷۱۶/۸۱۱	۳۱۲۰۷/۴۴۴	۱۸۹/۳۳۶	۴۶۴/۸۴۱	۲۲۲/۶۶۵	۱۸۹/۳۳۶	۱۸۹/۳۳۶	ریال	0/5	0/5	پرتفوی ۱
2/20	14/33	12/53	16/48	0/10	0/25	0/12	0/10	0/10	سهم هر بخش (درصد)			
	بازرگانی کشاورزی	خدمات کشاورزی	دامداری	خدمات بازرگانی	پرورش زنبور عسل و کرم ابریشم	گلخانه	آب و خاک	صنایع خارج از بخش کشاورزی				
	۳۰۶۸۴۶/۰۰	۳۷۹۲۷/۳۰۶	۲۰۸۹۳/۶۵۳	۱۸۹/۳۳۶	۱۱۵۹۲/۰۳۶	۳۰۵۲۷/۰۱۷	۱۸۹/۳۳۶	۲۴۲/۷۳۲	ریال			
	0/1۵	20/03	11/04	0/10	6/12	16/12	0/10	0/13	سهم هر بخش (درصد)			
صنایع مرتبط با بخش کشاورزی	ماشین آلات و ادوات کشاورزی	مرغداری	زراعت	هتل‌داری	شیلات و آبزیان	قالیبافی و صنایع دستی	باغداری	منابع طبیعی		0/75	0/25	پرتفوی ۲
۸۹۶۶/۴۱۵	۲۹۰۳۹/۱۷۷	۳۰۳۷۹/۹۶۵	۱۰۶۴۳/۲۸۱	۱۸۹/۳۳۶	۱۱۸۴/۵۵۷	۷۱۵/۵۶۹	۱۸۹/۳۳۶	۱۸۹/۳۳۶	ریال			
4/7۲	15/34	16/05	5/62	0/10	0/63	0/38	0/10	0/10	سهم هر			



									بخش (درصد)			
	بازرگانی کشاورزی	خدمات کشاورزی	دامداری	خدمات بازرگانی	پرورش زنبور عسل و کرم ابریشم	گلخانه	آب و خاک	صنایع خارج از بخش کشاورزی	ریال			
	۱۸۹۳۳۶.۰۰	۳۲۸۸۰/۱۹۱	۱۸۹۹۸/۹۱۴	۲۴۳۳/۳۶۶	۲۸۳۱۵/۴۷۳	۲۴۴۷۸/۵۴۱	۱۹۶/۷۱۱	۳۴۶/۵۸۵				
	0/10	17/37	10/03	1/29	14/96	12/93	0/10	0/18	سهم هر بخش (درصد)			
صنایع مرتبط با بخش کشاورزی	ماشین آلات و ادوات کشاورزی	مرغداری	زراعت	هتل داری	شیلات و آبزیان	قالیبافی و صنایع دستی	باغداری	منابع طبیعی		0/25	0/75	پر تفوی ۳
	۱۲۹۴۲/۹۰۶	۳۷۳۱۶/۴۰۷	۱۷۲۷۵/۱۰۳	۱۹۷/۶۱۵	۱۰۰۹۵/۲۲۶	۱۸۹/۳۳۶	۴۰۵/۲۹۴	۱۸۹/۳۳۶	ریال			
	6/8۵	20/35	19/71	9/12	0/10	5/33	0/10	0/10	سهم هر بخش (درصد)			
	بازرگانی کشاورزی	خدمات کشاورزی	دامداری	خدمات بازرگانی	پرورش زنبور عسل و کرم ابریشم	گلخانه	آب و خاک	صنایع خارج از بخش کشاورزی	ریال			
	۱۸۹۳۳۶.۰۰	۹۱۷۵/۲۳۶	۳۸۲۱۹/۳۷۶	۱۸۹/۳۳۶	۱۷۰۰۹/۹۳۹	۷۰۰۳/۴۹۲	۲۱۷/۳۱۱	۱۸۹/۳۳۷				
	0/10	4/85	20/19	0/10	8/98	3/70	0/11	0/10	سهم هر بخش (درصد)			

مأخذ: یافته‌های تحقیق، \* اعداد به میلیارد ریال می‌باشند.

جدول ۱۵: سهم هر بخش در تابع هدف ۳ الگوریتم کرم شب تاب در حالت ۳

صنایع مرتبط با بخش کشاورزی	ماشین آلات و ادوات کشاورزی	مرغداری	زراعت	هتل داری	شیلات و آبزیان	قالیبافی و صنایع دستی	باغداری	منابع طبیعی		$\lambda$	$\beta$	$\alpha$	
۷۳۳/۱۳۱	۱۰۲۱۴/۹۴۸	۳۷۴۸۳/۲۱۶	۲۸۱۳۸/۱۳۴	۱۸۹/۳۳۶	۱۴۶۴/۷۲۴	۴۱۱/۲۵۱	۱۸۹/۳۳۶	۲۸۰/۶۹۴	ریال	۰/۱	۰/۵	۰/۵	پرتفوی ۱
0/3۸	5/40	19/80	14/86	0/10	0/77	0/22	0/10	0/15	سهم هر بخش (درصد)				
	بازرگانی کشاورزی	خدمات کشاورزی	دامداری	خدمات بازرگانی	پرورش زنبور عسل و کرم ابریشم	گلخانه	آب و خاک	صنایع خارج از بخش کشاورزی					
	۱۸۹/۳۳۶	۱۵۵۸۴/۰۲۹	۲۲۹۵۱/۲۹۸	۱۸۹/۳۳۶	۳۸۸۴۶/۶۷۱	۳۱۹۹۵/۳۸۶	۲۸۵/۹۴۷	۱۸۹/۳۳۶	ریال				
	0/10	8/23	12/12	0/10	20/52	16/90	0/15	0/10	سهم هر بخش (درصد)				
صنایع مرتبط با بخش کشاورزی	ماشین آلات و ادوات کشاورزی	مرغداری	زراعت	هتل داری	شیلات و آبزیان	قالیبافی و صنایع دستی	باغداری	منابع طبیعی		۰/۵	۰/۵	۰/۵	پرتفوی ۲
۱۸۹/۳۳۶	۳۹۷۵۰/۳۱۷	۳۵۷۵۰/۷۱۴	۱۱۶۷۳/۳۵۲	۲۸۱/۲۶۶	۸۰۴/۸۷۲	۲۱۸۳/۶۷۷	۱۸۹/۳۳۶	۱۸۹/۳۳۶	ریال				
0/10	20/99	18/88	6/17	0/15	0/43	1/15	0/10	0/10	سهم هر بخش (درصد)				
	بازرگانی	خدمات	دامداری	خدمات	پرورش	گلخانه	آب و خاک	صنایع خارج					

	کشاورزی	کشاورزی		بازرگانی	زنبور عسل و کرم ابریشم			از بخش کشاورزی					
	۱۸۹/۳۳۶	۶۱۱۲/۵۰۳	۳۶۸۹۶/۵۰۲	۱۲۴۹/۶۳۸	۱۴۴۵۴/۹۶۸	۳۹۰۴۲/۲۶۳	۱۸۹/۳۳۷	۱۸۹/۳۳۶	ریال				
	0/10	3/23	19/49	0/66	7/63	20/62	0/10	0/10	سهم هر بخش (درصد)				
صنایع مرتبط با بخش کشاورزی	ماشین آلات و ادوات کشاورزی	مرغداری	زراعت	هتل داری	شیلات و آبزیان	قالیبافی و صنایع دستی	باغداری	منابع طبیعی		۰/۹	۰/۵	۰/۵	پرتفوی ۳
۸۱۴۲/۷۴۸	۲۵۴۵۸/۶۲۱	۱۰۵۱/۵۶۶	۲۸۷۱۵/۹۸۳	۱۸۹/۳۳۶	۳۲۸/۷۸۷	۱۰۶۸/۹۷۲	۱۸۹/۳۳۶	۱۸۹/۳۳۶	ریال				
۴/۲۹	13/45	0/56	15/17	0/10	0/17	0/56	0/10	0/10	سهم هر بخش (درصد)				
	بازرگانی کشاورزی	خدمات کشاورزی	دامداری	خدمات بازرگانی	پرورش زنبور عسل و کرم ابریشم	گلخانه	آب و خاک	صنایع خارج از بخش کشاورزی					
	۱۸۹/۳۳۶	۳۶۶۶۵/۴۷۴	۳۱۵۳۸/۲۶۵	۷۲۰/۹۱۴	۳۶۸۹۵/۹۴۲	۱۷۶۱۲/۸۰۱	۱۸۹/۳۳۶	۱۸۹/۳۳۶	ریال				
	0/10	19/37	16/66	0/38	19/49	9/30	0/10	0/10	سهم هر بخش (درصد)				

مأخذ: یافته‌های تحقیق، \* اعداد به میلیارد ریال می‌باشند.

جدول ۱۶: خلاصه نتایج پرتفوی بهینه‌ی الگوریتم کرم شب‌تاب در حالت ۳

مقدار تابع هدف*	بازده*	ریسک*	$\lambda$	$\beta$	$\alpha$		
۶۴۴۴۲۴۵۵۳۸۴۹۹۴۴	۹۰.۷۷۶	۶۴۴۴۲۴۵۵۳۹۴۰۷۲۱	-	۰/۵	۰/۵	پرتفوی ۱	تابع هدف ۱
۳۹۳۹۷۷۱۸۶۰۱۸۴۹۴	۱۳۵۲۰.۱	۳۹۳۹۷۷۱۸۶۱۵۳۶۹۵	-	۰/۷۵	۰/۲۵	پرتفوی ۲	
۱۲۳۵۲۹۵۸۶۹۲۹۳۹۵۰	۴۵۰۶۴	۱۲۳۵۲۹۵۸۶۹۳۳۹۰۲۰	-	۰/۲۵	۰/۷۵	پرتفوی ۳	
۲۸۶۶۲۲۹۸۶۸۵۸۲۷۷۰	۸۹۸۲۰	۲۸۶۶۲۲۹۸۶۸۶۷۲۵۹۰	-	۰/۵	۰/۵	پرتفوی ۱	تابع هدف ۲
۱۴۹۸۰۷۸۲۱۹۱۷۰۷۶۰	۱۳۵۰۹۵	۱۴۹۸۰۷۸۲۱۹۳۰۵۸۶۰	-	۰/۷۵	۰/۲۵	پرتفوی ۲	
۵۰۳۵۸۳۴۹۹۵۸۶۶۳۵۰	۴۴۸۰.۸	۵۰۳۵۸۳۴۹۹۵۹۱۱۱۵۰	-	۰/۲۵	۰/۷۵	پرتفوی ۳	
1110257946225200	[89559, 90198]	[875484139048937, 3223222211712940]	۰/۱	۰/۵	۰/۵	پرتفوی ۱	تابع هدف ۳
1867963268412790	[89971, 90600]	[766532520712343, 2969394016293820]	۰/۵	۰/۵	۰/۵	پرتفوی ۲	
2935425400205280	[89349, 89942]	[923624971648072, 3158958781255430]	۰/۹	۰/۵	۰/۵	پرتفوی ۳	

مأخذ: یافته‌های تحقیق،\* اعداد به میلیارد ریال می‌باشند.

**Investigate the Optimal Combination of Bank Credit Portfolios by Using Firefly Algorithm (Case Study of agricultural bank)**Nahvi, A.<sup>1</sup>, Ghorbani, M.<sup>\*2</sup>, Sabouhi, M.<sup>3</sup>, Dourandish, A.<sup>4</sup>**Abstract**

One of the main activities of banks is the allocation of resources, one of the main aspects of which is determining the optimal combination of credits to various economic sectors. Lack of attention to the allocation of financial resources available to the bank, can cause serious damage to the entire economic system. In this study with the purpose of determining the optimal portfolio of the bank, each of the different activities of the creditor was considered as an asset. Given that the fluctuations in the ratio of lending credits collection are the main source of expected bank earnings fluctuations, so the amount of lending credits of each economic activity, which need to be collected are considered as return standard of, and its variance is consider as a risk. Also, in order to determine the range of expected return on assets, the historical average on each asset is calculated. Considering the necessity of reviewing this issue, in this paper, a multi-objective non-linear programming model using the firefly algorithm has been used to determine the optimal portfolio of agricultural bank credits. The main features of this research are the consideration of three optimistic pessimistic and hybrid strategies under different economic conditions. The results showed that the optimal pattern obtained from the firefly algorithm differs from the current model of distribution of bank credits. The present findings can provide managers with a roadmap for choosing the optimal portfolio consistent with the bank's preferences according to different estimates of return and risk, thus leading to the proper management of loans

**Keywords:** Optimization, Return, Interval Programming, Strategy, Agricultural Bank

**JEL:** Classification: C02, G11, G15

---

1. PhD student in Agricultural Economics, Ferdowsi University, Mashhad, Iran

**Email:** Abouzar.nahvi@mail.um.ac.ir

2. Professor, Department of Agricultural Economics, Ferdowsi University, Mashhad, Iran

**Email:** Ghorbani@um.ac.ir

3. Professor, Department of Agricultural Economics, Ferdowsi University, Mashhad, Iran

**Email:** Sabouhi@um.ac.ir

4. Associate Professor, Department of Agricultural Economics, Ferdowsi University, Mashhad, Iran

**Email:** Dourandish@um.ac.ir