

## بررسی الگوریتم های فرا ابتکاری در بهینه سازی تخصیص منابع ابری (مقاله مروری)

فاطمه اکبری<sup>۱</sup> و علیرضا شیرمرز<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه آل طه، تهران، ایران

<sup>۲</sup> گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه آل طه، تهران، ایران

### چکیده

با پیدایش محاسبات ابری و ایجاد خدمات گسترده از طریق بستر اینترنت در اختیار کاربران، تخصیص بهینه و مناسب منابع ابری مورد اهمیت قرار گرفته است. الگوریتم های تخصیص منابع باید به گونه ای اعمال شوند که رضایت کاربران را بر اساس قرارداد SLA در بر بگیرد. الگوریتم های تخصیص منابع دارای دسته بندی مختلف می باشد که ما در این مقاله مروری به بررسی انواع الگوریتم های فرا ابتکاری در تخصیص منابع ابری و تاثیرات آنها در فاکتورهای تخصیص منابع از قبیل مصرف انرژی و تعادل بار و انتخاب بهینه منابع و بهبود زمان پاسخ و نرخ موفقیت و رضایت کاربران و افزایش توان عملیاتی و بهبود زمان پردازش و کاهش هزینه و کاهش تاخیر ... می پردازیم. بدین منظور ما مقالات مربوط به سالهای ۲۰۲۱-۲۰۲۳ در زمینه بهینه سازی تخصیص منابع ابری با الگوریتم های فرا ابتکاری موجود در ژورنال های معتبر Elsevier, Wiley, Springer, IEEE, ACM را مورد بررسی قرار داده ایم تا نقش الگوریتم های فرا ابتکاری و تاثیرات آن در تخصیص منابع برای محققان قابل استنباط و دستیابی باشد.

**واژگان کلیدی:** الگوریتم فرا ابتکاری، تخصیص منابع ابری، بهینه سازی

## ۱. مقدمه

رایانش ابری، یک الگوی تولید سرویس محور بر روی مدل کسب و کار بر اساس تقاضا و پرداخت به موقع از طریق اینترنت است. به طور خاص، چالش های جدیدی برای برنامه ریزی تولید و فرآیند تصمیم گیری در آن زمان بندی منابع پدید آمده و بیشترین توجه را به خود جلب کرده است و نیاز مبرمی به تعیین وضعیت فعلی و شناسایی مسائل و مواردی که در آینده باید مورد توجه قرار گیرد وجود دارد.

در رایانش ابری، روش های اکتشافی و فراابتکاری به طور گسترده ای برای دستیابی به تعادل بار استفاده می شود. فراابتکاری استراتژی هایی هستند که فرآیند جستجو را هدایت می کنند. هدف کاوش کارآمد فضای جستجو برای یافتن راه حل های تقریباً بهینه است. تکنیک هایی که الگوریتم های فراابتکاری را تشکیل می دهند، از روش های جستجوی محلی ساده تا فرآیندهای یادگیری پیچیده را شامل می شوند.

اکتشافی تکنیکی است که هدف آن حل سریعتر مشکل در زمانی که تکنیک های سنتی بسیار کند هستند. فراابتکاری یک تکنیک سطح بالاتر یا اکتشافی است که به دنبال، تولید یا انتخاب اکتشافی است که ممکن است راه حل کافی برای یک مسئله بهینه سازی ارائه دهد.

### ۱-۱. دسته بندی الگوریتم فراابتکاری

روش های مختلفی، برای طراحی الگوریتم های فراابتکاری، با توجه به نوع رویکرد حل مسئله، ایجاد شده است. بر اساس این رویکردها می توان این الگوریتم ها را دسته بندی کرد. البته یک الگوریتم فراابتکاری می تواند دارای ویژگی های مشترکی در دسته های مختلف باشد. در ادامه می توانید برخی از این دسته بندی ها را مشاهده نمایید:

- الگوریتم های مبتنی بر جمعیت و الگوریتم های مبتنی بر یک جواب
- الگوریتم هایی که از طبیعت الهام گرفته شده اند.
- الگوریتم های دارای حافظه و الگوریتم های بدون حافظه

#### ۱-۱-۱ الگوریتم های مبتنی بر جمعیت و الگوریتم های مبتنی بر یک جواب

در الگوریتم های فراابتکاری مبتنی بر یک جواب، در حین اجرای الگوریتم، برای رسیدن به جواب بهینه، تنها یک جواب تغییر می کند. از این نوع الگوریتم ها می توان به الگوریتم های تبرید شبیه سازی شده و جستجوی ممنوعه اشاره کرد. در حالی که، الگوریتم های مبتنی بر جمعیت، مجموعه ای از جواب ها برای رسیدن به جواب بهینه تغییر می کنند. مثلاً الگوریتم های ژنتیک، کلونی مورچگان، PSO، زنبور عسل و کرم شب تاب از الگوریتم های مبتنی بر جمعیت هستند.

#### ۱-۱-۲ الگوریتم هایی که از طبیعت الهام گرفته شده اند

بسیاری از الگوریتم های فراابتکاری، با الهام از فیزیک، یا رفتار موجودات زنده و جانوران، بوجود آمده اند. نام هایی که برای انواع الگوریتم های فراابتکاری گذاشته شده اند، با توجه به الگویی است که یک الگوریتم، از آن پدیده گرفته است. به عنوان مثال، الگوریتم های ژنتیک، وال ها و گرگ خاکستری از الگوریتم هایی هستند که از طبیعت الهام گرفته شده اند. الگوریتم یوزپلنگ نمونه ای از الهام گرفته از طبیعت می باشد.

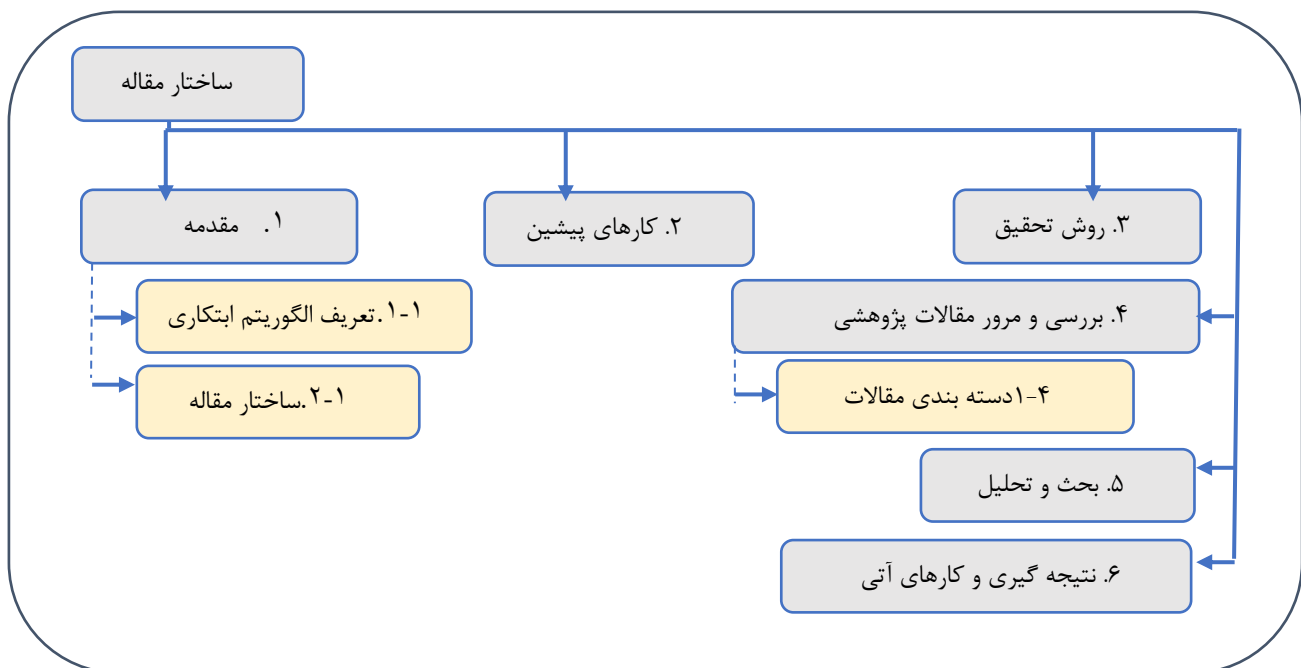
#### ۱-۱-۳ الگوریتم های دارای حافظه و الگوریتم های بدون حافظه

یک سری از الگوریتم های فراابتکاری، از اطلاعات بدست آمده حین جستجو استفاده می کنند، مانند الگوریتم جستجوی ممنوعه. برخی دیگر از این اطلاعات استفاده نمی کنند و آن را ذخیره نمی کنند، مانند الگوریتم شبیه سازی تبرید.

این مقاله مروری با هدف بحث در مورد جنبه‌های مختلف بررسی نقش الگوریتم‌های فرا ابتکاری تخصیص منابع ابری از طریق بررسی ادبیات تا به امروز برای شناسایی شکاف‌های موجود و توصیه مسیرهای موجود رو به جلو برای محققان در این زمینه است.

## ۲-۱ ساختار مقاله

به منظور آگاهی خوانندگان مقاله در این بخش گام‌های نوشتار مقاله را در یک نمودار شرح می‌دهیم. سرفصل‌های مقاله مروری در نمودار ۱ نمایش داده شده است.



نمودار ۱. ساختار مقاله

## ۲. کارهای مرتبط

برخی مطالعات مرتبط در زمینه رایانش ابری وجود دارد که سعی در ارائه گزارشی از مقالات موجود در زمینه مختلف رایانش لبه و اینترنت اشیا و رایانش مه، دارند که شماری از آنها به بررسی زمانبندی منابع از طریق الگوریتم‌های فرا اکتشافی در رایانش ابری پرداخته است.

در مقاله مروری [1] با بررسی مدل‌های ریاضی در زمانبندی منابع، توانستند یک تحلیل جامع از جنبه‌های اصلی زمانبندی منابع شامل توابع هدف، محدودیت‌ها و الگوریتم‌های بهینه‌سازی ارائه دهند. بحث در مورد یافته‌های مقاله مروری نشان داد که زمان و هزینه در بین تمام توابع هدف توجه بیشتری را به خود جلب می‌کنند (تقریباً ۸۰٪)، و الگوریتم‌های فرا ابتکاری بیشترین استفاده را در مقالات تحقیقاتی اخیر دارند.

در مقاله مروری [2] مروری دقیق از الگوریتم‌های ابتکاری و فراابتکاری برای بهینه‌سازی منابع در محیط‌های محاسباتی مه ارائه می‌کند. هر دسته از الگوریتم‌ها را بر اساس معیارهای عملکرد، ابزارهای استفاده شده، مزایا و معایب مقایسه می‌کند تا تصمیمات آگاهانه‌ای در مورد اینکه کدام الگوریتم برای هر مشکل فرمول بندی شده بهتر کار می‌کند، اتخاذ کند. این الگوریتم‌ها قادر به دستیابی به عملکردی بیشتر از پیشرفته‌ترین عملکرد قبلی با هزینه کمتر، و همچنین استفاده بهتر از منابع و افزایش بهره‌وری انرژی هستند.

در مقاله مروری [3] هدف نظرسنجی پنجگانه است. ابتدا، پارادایم‌های محاسبات مه و  $IoE^1$  را بررسی می‌کنند. سپس، معیار بهینه‌سازی درگیر با محاسبات مه و محیط  $IoE$  را ترسیم می‌کنند. و الگوریتم‌های زمان‌بندی موجود را که با پارادایم‌های محاسبات مه و محیط  $IoE$  سروکار دارند، با استفاده از چند مثال بررسی، طبقه‌بندی و مقایسه می‌کنند. چهارم، الگوریتم‌های زمان‌بندی را منطقی می‌کنند و به درس آموخته‌شده از نظرسنجی اشاره می‌کنند. پنجم، آنان در مورد مسائل باز و مسیرهای تحقیقاتی آینده برای بهبود زمان‌بندی در محاسبات مه و محیط  $IoE$  بحث می‌کنند.

در مقاله مروری [4] با بررسی مجموعه‌ای از کارهای مرتبط  $GBO^2$  را که در آن توزیع شده است، انواع  $GBO$ ، برنامه‌های کاربردی  $GBO$  و ارزیابی کارایی  $GBO$  در مقایسه با سایر الگوریتم‌های فراابتکاری. در نهایت، نتیجه‌گیری بر روی کار موجود در  $GBO$  تمرکز می‌کند، معایب آن را نشان می‌دهد و کارهای آینده را پیشنهاد می‌کند. به این ترتیب سایر مقالات در جدول ۱ مورد تحلیل قرار می‌گیرند.

جدول ۱. بررسی مقالات مروری گذشته

شماره مقاله	موضوع	راهکار	سال انتشار
[5]	مدیریت منابع <sup>۲</sup>	طبقه بندی راهکارهای دینامیک و استاتیک مدیریت منابع	۲۰۲۱
[6]	تکنیک زمانبندی کار <sup>۴</sup>	بررسی تکنیک برنامه‌ریزی مبتنی بر اولویت را برای تضمین برنامه‌ریزی شغلی	۲۰۲۲
[7]	مدیریت منابع	مروری جامع از مسائل و چالش‌های مدیریت منابع در پارادایم Fog/Edge با دسته‌بندی آنها در تهیه منابع محاسباتی، بارگذاری وظایف، زمان‌بندی منابع، قرار دادن خدمات، و متعادل‌سازی بار	۲۰۲۳
[8]	جلوگیری از تولید کربن ناشی از مصرف زیاد برق	یک طبقه‌بندی برای یکپارچه‌سازی ماشین مجازی	۲۰۲۲

### ۳. روش تحقیق

این مطالعه شامل تحلیل و بررسی ۳۰ مقاله با موضوع موضوع بررسی الگوریتم‌های فراابتکاری در بهینه‌سازی تخصیص منابع ابری و بیان نکات اصلی و همچنین کارهای انجام شده در هر کدام از این مقالات است. مقالات مورد بررسی و پژوهش در

<sup>1</sup> Internet of Everything (IoE)

<sup>2</sup> Gradient-Based Optimizer (GBO)

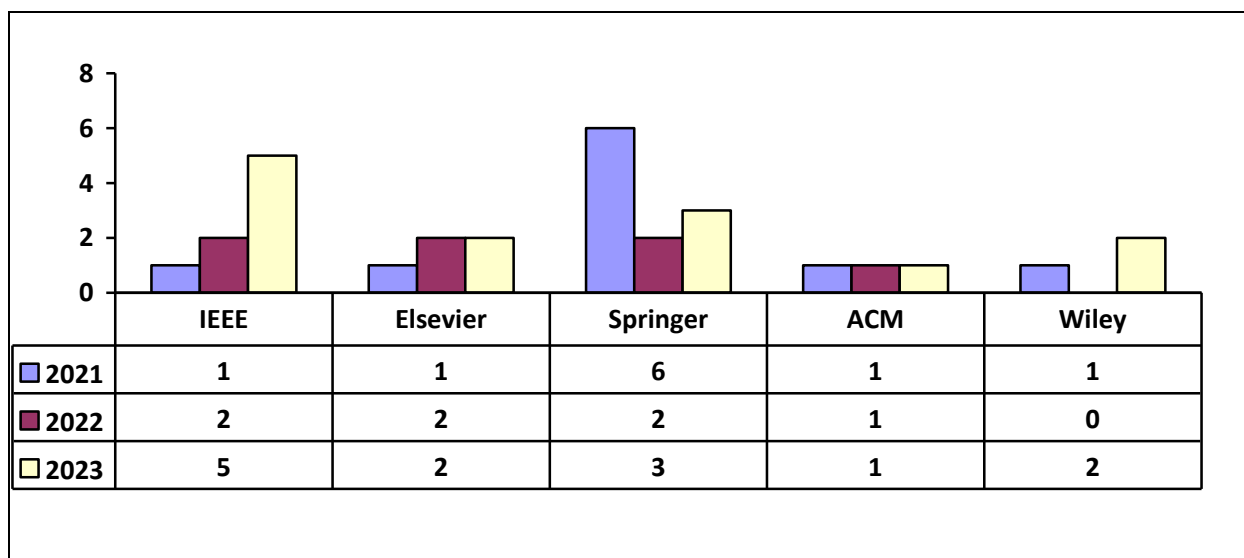
<sup>3</sup> Resource Management (RM)

<sup>4</sup> Job Scheduling Techniques (JST)

این تحقیق بر اساس کلمات کلیدی از جمله "metaheuristic algorithms" و "cloud resource allocation" و "optimization" با تمرکز بر بهینه سازی از تخصیص منابع ابری ناشران معتبری مانند Acme, Springer, IEEE, Elsevier, Wiley, در بازه زمانی ۲۰۲۱-۲۰۲۳ انتخاب شده اند.

**معیارهای انتخاب مقالات:** ۱- مقالات منتشر شده در مجلات علمی-پژوهشی و ISI؛ ۲- پژوهش‌های مرتبط با بهینه سازی تخصیص منابع ابری با الگوریتم فراابتکاری؛ ۳- انتشار مقاله به زبان انگلیسی؛ ۴- تمام متن بودن مقالات و ۵- بازه زمانی انتشار مقالات از ۲۰۲۱-۲۰۲۳ است.

**معیارهای عدم انتخاب مقالات:** ۱- عدم دسترسی به تمام متن مقاله؛ ۲- انجام پژوهش در محیط‌های غیر از ابر؛ ۳- غیر انگلیسی بودن مقاله؛ ۵- مروری بودن مقاله. روش شناسی مطالعه به صورت مرور ادبیات و استفاده از فرم استخراج داده هاست که بر اساس هدف مطالعه طراحی شد. این فرم شامل بخش هایی از جمله مشخصات روش شناسی مطالعه (هدف، داخلی یا خارجی بودن، توزیع زمانی و مکانی پژوهش، ناشر، نوع مطالعه) می باشد پس از حذف مقالاتی که معیارهای انتخاب مطالعه را نداشتند، متن کامل تمام مقالاتی که واجد معیارهای انتخاب مطالعه بودند، تهیه و مورد بررسی قرار گرفتند. پاسخگویی به سوالات زیر، محور بررسی مقالات این پژوهش است. نمودار ۲ نحوه توزیع مقالات انتخابی در مقاله مروری را نشان می دهد.



نمودار ۲. توزیع مقالات پژوهشی

#### ۴. بررسی، مرور و دسته بندی مطالعات پژوهشی انتخاب شده

محققان در [9] یک چارچوب تخصیص منابع ایمن و خودسازگار برای انتخاب مناسب ترین منابع به برنامه های کاربران را معرفی می کنند که می تواند محدودیت های زمانی را در نظر بگیرد. این، چارچوب پیشنهادی با یک الگوریتم فراابتکاری به نام الگوریتم بهینه سازی میمون عنکبوتی بهبود یافته ادغام می شود که بر اساس رفتار جستجوی هوشمند میمون های عنکبوتی است. الگوریتم پیشنهادی یک منبع بهینه برای کاربرد کاربر با استفاده از رویکرد شکافت-همجوشی پیدا می کند و پارامترهای تاثیرگذار متعددی مانند زمان، هزینه، درجه تعادل بار، مصرف انرژی، نسبت رد کار و غیره را بهبود می بخشد. نتایج آزمایشی مبتنی بر CloudSim تأیید کرد که چارچوب پیشنهادی نسبت به رویکردهای هنری مانند ABC، GSA، PSO و IMMLB برتری دارد.

قرار دادن ناکارآمد ماشین مجازی منجر به هدر رفتن منابع و مصرف بیش از حد انرژی می شود و هزینه عملیاتی کلی مرکز داده را افزایش می دهد. در [10] یک چارچوب قرار دادن ماشین مجازی فراابتکاری به سمت رویکرد بهره وری انرژی محیط ابر پایدار برای رسیدگی به مسائل ذکر شده در بالا پیشنهاد شده است. یک الگوریتم بهینه سازی گرده افشانی گسترده پیشنهاد شده است که مفهوم الگوریتم برازش تصادفی و الگوریتم بهینه سازی گرده افشانی گل را ترکیب می کند. عملکرد کار پیشنهادی با استفاده از ردیابی حجم کار واقعی مجموعه داده های خوشه Google معیار ارزیابی می شود. نتایج به دست آمده با پیشرفته های مختلف مقایسه شده و کاهش قابل توجهی در مصرف برق، تعداد ماشین های فیزیکی فعال و زمان اجرا به ترتیب تا ۶۴/۸۹ درصد، ۳۵ درصد و ۲۱/۱۲ درصد نشان می دهد.

محققان در [11] شبیه سازی بهینه سازی منابع ابری را برای گردش های کاری کلان داده مدل سازی شده با نماد مدل سازی فرآیند کسب و کار (BPMN<sup>5</sup>) بررسی می کنند. برای این منظور، یک چارچوب ارزیابی عملکرد BPMN توسعه داده شد. قابلیت های چارچوب با استفاده از گردش کار علم داده در دنیای واقعی ارائه شد و بعداً بر روی گردش های کاری متشکل از ۱۳، ۵۲ و ۱۰۴ کار ارزیابی شد. نتایج نشان می دهد که چارچوب توسعه یافته برای تخمین توزیع کلی زمان اجرا و بهینه سازی استقرار منابع ابری کافی است و BPMN را می توان برای گردش های کاری پردازش داده های بزرگ مورد استفاده قرار داد. برای پر کردن شکاف بین نیاز مشتری در حال تغییر و زیرساخت موجود برای خدمات، محققان در [12] یک استراتژی تخصیص منابع پویا با استفاده از الگوریتم بهینه سازی مبتنی بر آموزش-یادگیری چندهدفه تطبیقی<sup>۶</sup> (AMO-TLBO) در رایانش ابری پیشنهاد می کنیم. برای بهبود ظرفیت های اکتشاف و بهره برداری، AMO-TLBO مفهوم تعداد معلم، عامل تدریس تطبیقی، آموزش آموزشی و یادگیری خودانگیخته را معرفی می کند. علاوه بر این، یک رویکرد مبتنی بر شبکه برای ارزیابی تطبیقی راه حل های غیرمسلط نگهداری شده در یک آرشیو خارجی استفاده می شود. اهداف AMO-TLBO شامل به حداقل رساندن زمان ساخت، هزینه و به حداکثر رساندن استفاده با استفاده از بار متعادل در ماشین های مجازی است. نتایج ارزیابی نشان می دهد که الگوریتم پیشنهادی از نظر معیارهای عملکرد متفاوت از الگوریتم های TLBO، MOPSO و NSGA-II بهتر عمل می کند.

محققان در [13] یک قرار دادن ماشین مجازی VMP<sup>7</sup> چند هدفه پویا در دیتاسنتر ابری<sup>۸</sup> بر اساس تخصیص منابع بیش از حد برای تاثیرگذاری بر نقشه برداری VMPM ارائه می کنند. آنان روش خود را برای انجام یک مطالعه ارزیابی عملکرد با استفاده از ابزار CloudSim تأیید کردند. یافته های تجربی نشان می دهند که مطالعه پیشنهادی مصرف انرژی، زمان ساخت، نقض SLA و بارگذاری بیش از حد ماشین فیزیکی را کاهش می دهد در حالی که استفاده از منابع را افزایش می دهد.

<sup>5</sup> Business Process Modeling Notatio

<sup>6</sup> Adaptive Multi-Objective Teaching-Learning Based Optimization

<sup>7</sup> Virtual Machine Placement

<sup>8</sup> Cloud Data Center (CDC)

برای بهبود استفاده از منابع، خدمات، قابلیت اطمینان و توان عملیاتی با حفظ تعادل بین ماشین‌های مجازی با حداقل زمان ساخت ضروری است. در [14]، مکانیسم متعادل‌سازی بار مبتنی بر الگوریتم بهینه‌سازی دینگو هیبریدی و نهنگ<sup>۹</sup> (HDWOA-LBM) برای متعادل‌سازی بار موثر این موارد به حداکثر توان، قابلیت اطمینان و استفاده از منابع در ابرها کمک می‌کند. این مکانیسم با تقلید از ویژگی‌های شکار دینگو (معادل وظایف) و ماشین‌های مجازی به عنوان طعمه آنها برای شکار پیشنهاد شده است.

محققان در [15] مشکل انتخاب منبع بهینه را با استفاده از یک کارگزار منبع چند ابری، یعنی OnTimeURB که از مهندسی دانش نیازهای کاربر و قابلیت‌های خدمات در چندین ارائه دهنده‌گان سرویس ابری<sup>۱۰</sup> CSP استفاده می‌کند، حل می‌کنند. OnTimeURB توسط برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح و طبقه‌بندی Naive Bayes قدرت می‌گیرد تا راه‌حل‌های بهینه الگوی ابری را با وزن دادن به عوامل عملکرد، چابکی، هزینه و امنیت (PACS) توصیه کند.

محققان در [16] مشکل انتخاب بهینه منابع در زمان تخصیص منابع ابری را با ارائه یک چارچوب که تلفیق الگوریتم‌های ژنتیک<sup>۱۱</sup> (GA)، بهینه‌سازی ازدحام ذرات<sup>۱۲</sup> (PSO) و برنامه‌ریزی خطی سهلتر کردند. در برخی موارد، ما شاهد افزایش تقریباً ۶۰ درصدی عملکرد در مقایسه با خط پایه بودند. علاوه بر این، هنگام تلاش برای تعادل حافظه و مصرف CPU در خوشه، رویکرد خطی بهترین عملکرد را داشت، در حالی که بهترین نتیجه را در تخصیص پروفایل‌های کاربر مختلف در سراسر خوشه به دست آورد.

#### ۱-۴ دسته بندی مقالات از جنبه نوآوری و معیارمورد بررسی

در این بخش مقالات پژوهشی در این مقاله مروری بر اساس ایده و نوآوری و خروجی و یا متغیرهای خروجی تغییر یافته در جدول ۱-۴ شرح می‌دهیم.

جدول ۱-۴ دسته بندی مطالعات و پژوهش‌های بررسی شده از جنبه های مختلف

شماره مقاله	نوآوری	معیارهای مورد بررسی
[9]	چارچوب پیشنهادی با یک الگوریتم میمون عنکبوتی	زمان، هزینه، درجه تعادل بار، مصرف انرژی، نرخ موفقیت
[10]	یک چارچوب برای قرار دادن ماشین مجازی	مصرف برق، تعداد ماشین های فیزیکی فعال و زمان اجرا
[11]	یک چارچوب ارزیابی عملکرد BPMN	زمان اجرا و بهینه‌سازی استقرار منابع ابری
[12]	یک استراتژی تخصیص منابع پویا با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی مبتنی بر آموزش-یادگیری چندهدفه تطبیقی	زمان ساخت، هزینه و به حداکثر رساندن استفاده منابع، تعادل بار
[13]	الگوریتم چندهدفه VMP (MOM-VMP) الگوریتم بهینه‌سازی فراابتکاری	مصرف انرژی، زمان ساخت، نقض SLA و بارگذاری بیش از حد ماشین فیزیکی <sup>۱۳</sup>

<sup>9</sup> Hybrid Dingo Whale Optimization Algorithm-Based Load Balancing Mechanism (HDWOA-LBM)

<sup>10</sup> Cloud Service Provider (CSP)

<sup>11</sup> Genetic Algorithms (GA)

<sup>12</sup> Particle Swarm Optimization (PSO)

<sup>13</sup> Physical Machine (PM)

[14]	مکانیسم متعادل سازی بار مبتنی بر الگوریتم بهینه سازی دینگو هیبریدی و نهنگ	توان عملیاتی و قابلیت اطمینان و حداقل ساخت و تخصیص منابع بهبود یافته
[15]	یک کارگزار منبع چند ابری	نرخ موفقیت در زمان های اجرای گردش کار
[16]	چارچوبی بر الگوریتم های ژنتیک ، بهینه سازی ازدحام ذرات و برنامه ریزی خطی، علاوه بر رویکرد اکتشافی	استفاده بهینه از حافظه و CPU
[17]	استراتژی <sup>۱۴</sup> از MGVMC الگوریتم ژنتیک برای مهاجرت ماشین های مجازی به PM مناسب	مصرف انرژی، نقض SLA و تعداد مهاجرت های VM
[18]	بهینه سازی کلنی مورچه ها <sup>۱۵</sup> و الگوریتم ژنتیک برای کشف و بهره برداری از فضای جستجو	مصرف بهینه منابع ، کاهش تاخیر
[19]	یک طرح مبتنی بر فراابتکاری، طبقه بندی قالب داده با استفاده از ماشین بردار پشتیبان <sup>۱۶</sup> برای مقابله با مشکل تعادل بار	مصرف انرژی ، نقض SLA و بهبود زمان پاسخ
[20]	یک روش تخصیص منابع فعال را بر اساس پیش بینی تطبیقی درخواست های منابع	استفاده از حافظه و کاهش زمان تخصیص منابع
[21]	یک کارگزار منبع چند ابری، OnTimeURB	نرخ موفقیت
[22]	یک رویکرد امنیتی به نام استاندارد رمزگذاری پیشرفته چند شکلی <sup>۱۷</sup>	منابع، هزینه، زمان پاسخ، توان عملیاتی، تأخیر، زمان اجرا، سرعت و استفاده از پهنای باند
[23]	تکنیک تخصیص منابع بر اساس رتبه بندی منابع و تقسیم بندی منابع	زمان پاسخ و QoS
[24]	مکانیسم الهام گرفته از خفاش برای تخصیص منابع	ذخیره سازی، حافظه، زمان اجرا و پردازش
[25]	روش جدید توزیع محتوای ابری چند رسانه ای بر اساس ابزار یکپارچه کاربر و کشف علاقه	زمان پاسخ ، QoS و تعادل بار
[26]	الگوریتم ژنتیک	مصرف انرژی و زمان پردازش
[27]	تکنیک بهینه سازی ازدحام ذرات	حداقل هزینه را با رضایت کاربر
[28]	الگوریتم انتخاب کلونال اصلاح شده <sup>۱۸</sup>	مصرف انرژی

<sup>14</sup> Modified Genetic-Based VM Consolidation

<sup>15</sup> Ant Colony Optimization (ACO)

<sup>16</sup> Data Format Classification using Support Vector Machine

<sup>17</sup> Polymorphic Advanced Encryption Standard (P-AES)

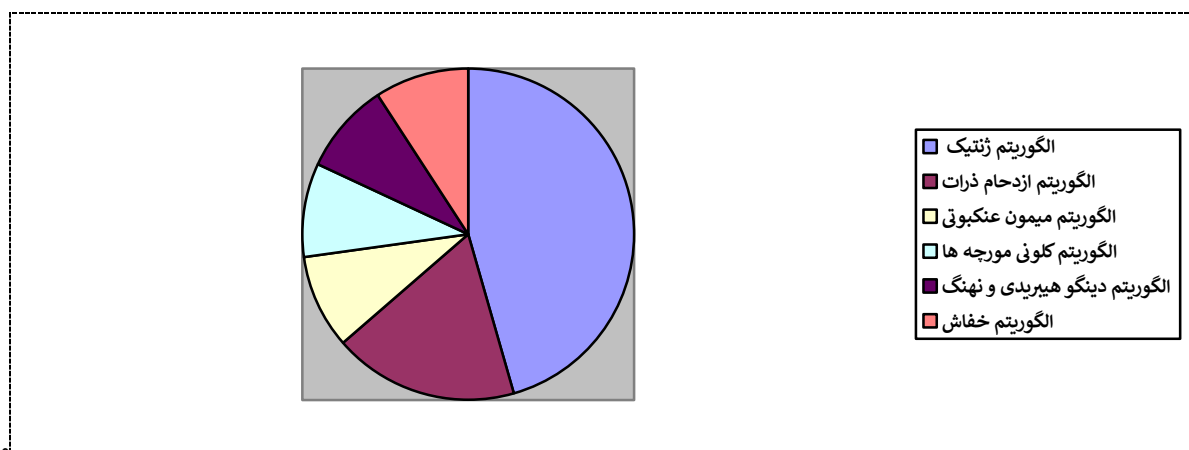
<sup>18</sup> Virtual Machine Scheduling using Modified Clonal Selection Algorithm



هزینه کمتر و تأخیر شبکه	الگوریتم ژنتیک	[29]
مصرف انرژی و استفاده بهینه از منابع	الگوریتم محبوب بهینه‌سازی گله فیل جهش عضو فازی <sup>۱۹</sup>	[30]

## ۵. بحث و تحلیل مقالات پژوهشی

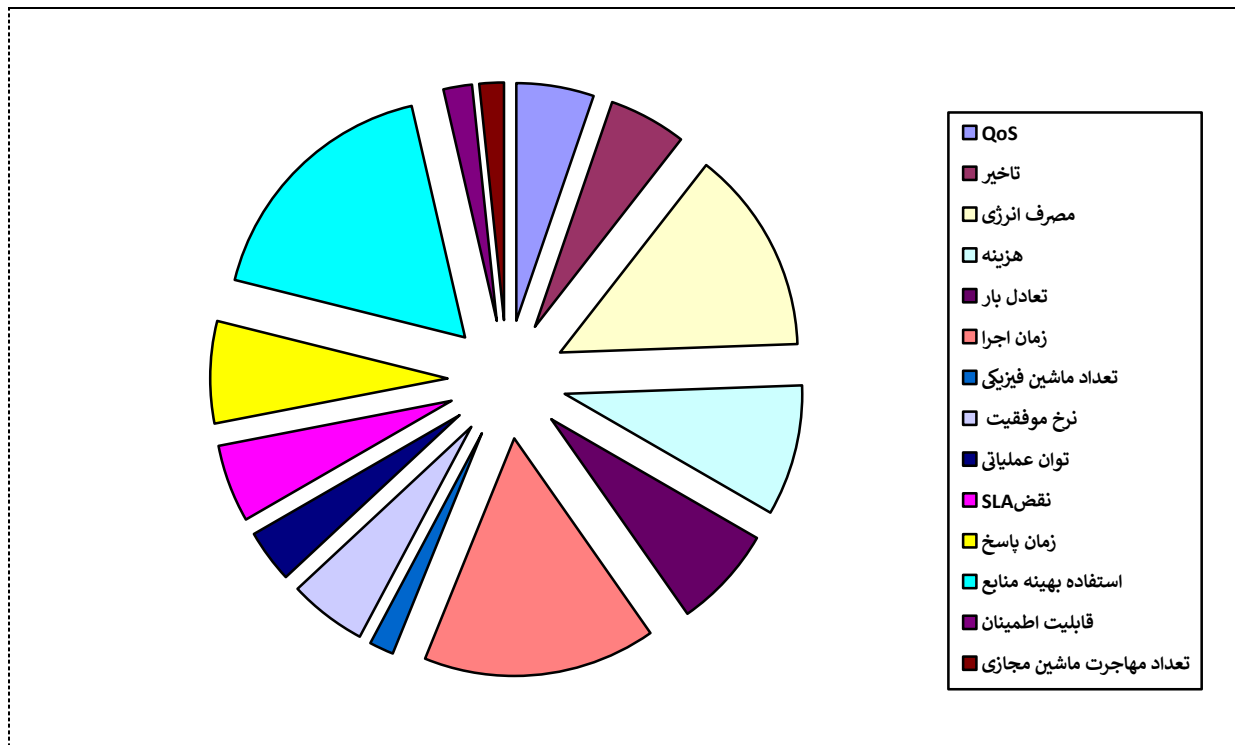
در این بخش به بررسی نتایج حاصل شده از بخش ۴ و جدول ۴-۱ می پردازیم و تاثیرات الگوریتم فرا ابتکاری در تخصیص منابع ابری را مورد نقد و بررسی قرار می دهیم. اولین موضوعی که مورد توجه ما قرار گرفته است مربوط به رایج ترین الگوریتم فرا ابتکاری در تخصیص منابع ابری می باشد. با توجه به ستون نوآوری در جدول قبل الگوریتم های فراابتکاری استفاده شده به صورت درصد نمایش داده می شود.



### نمودار ۳. رایج ترین الگوریتم فرا ابتکاری

با توجه به نتیجه حاصل الگوریتم ژنتیک بیشترین نقش و استفاده در تخصیص منابع ابری را دارد و رایج ترین الگوریتم فراابتکاری در زمینه محاسبات ابری می باشد.

<sup>19</sup> Fuzzy Membership Mutation Elephant Herding Optimization (FMMEHO)



نمودار ۴. متغیرهای مورد بررسی الگوریتم های فراابتکاری

همانطور که مشاهده می کنید الگوریتم های فراابتکاری در دیتاست ها و وضعیت های گوناگون موجب تغییرات زیادی در تخصیص منابع ابری می شود. در این ۳۰ مقاله پژوهشی ۱۴ متغیر، خروجی اعمال الگوریتم های فرا ابتکاری می باشند. که به ترتیب کیفیت رضایت و بهبود تاخیر و میزان مصرف انرژی و کاهش هزینه و ایجاد تعادل بار و بهبود زمان پردازش یا اجرا و کاهش ماشین فیزیکی و افزایش نرخ موفقیت و توان عملیاتی و کاهش نقض قرارداد SLA و بهبود زمان پاسخ و استفاده بهینه منابع و قابلیت اطمینان و کاهش تعداد مهاجرت های ماشین مجازی می باشند. با توجه به نمودار ۴ در می یابیم که الگوریتم فرا ابتکاری در مصرف برق و زمان اجرا و استفاده بهینه از منابع نقش بسزایی دارند.

## ۶. نتیجه گیری و کارهای آتی

این مقاله یک مطالعه گسترده در رابطه با استفاده از تکنیک های بهینه سازی فراابتکاری برای حل تخصیص منابع ابری به منظور حفظ رضایت مشتری و انتخاب بهینه منابع در محیط محاسبات ابری ارائه کرد. همانطور که ساختار شبکه و تعداد ماشین های فیزیکی و تعداد کاربران در حال گسترش و تغییر می باشد، نگرانی ناشی از مدیریت منابع در تخصیص منابع ابری افزایش یافته است. در این مقاله، مقالات موجود در ژورنال های معتبر همچون IEEE, SPRINGER, ACM, WILEY, ELSEVIER در بازه زمانی ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۳ مورد بررسی قرار گرفته شدند که نقش الگوریتم های فراابتکاری و رایج ترین آنها مورد بحث قرار گرفته شد. الگوریتم های فراابتکاری نقش بسزایی در ایجاد تعادل بار و انتخاب مناسب منابع و کاهش مصرف برق و زمان پردازش دارد. همچنین با بررسی مقالات دریافتیم که متناسب به مشکلات تخصیص منابع از قبیل (وجود تاخیر و مصرف زیاد برق و افزایش زمان پاسخ به کاربران و...) از الگوریتم های فراابتکاری مشخصی استفاده می شود. الگوریتم ژنتیک و ازدحام ذرات به دلایل سادگی در طراحی، رایج ترین نوع الگوریتم فراابتکاری در زمینه بهینه سازی منابع ابری می باشند.

با افزایش چشمگیر هوش مصنوعی در ماه های گذشته، امید می باشد که به عنوان کارهای آتی با ادغام الگوریتم های فرا



ابتکاری با هوش مصنوعی در عملکرد آنها، پیشبرد عالی داشته باشیم. همچنین با افزایش تعداد کاربران و انواع بسترهای خدمات به کاربران، الگوریتم های فراابتکاری در مقابل محیط ها پویا و در حال تغییر بهترین عملکرد را داشته باشند و یا قابلیت مقیاس پذیری در برابر گسترش تعداد خدمات و یا قابلیت موازی اعمال شدن در بسترهای محاسباتی گوناگون داشته باشد. این مقاله برای محققانی که علاقه مند در زمینه محاسبات ابری و تخصیص بهینه منابع می باشند مفید می باشد.

## منابع

- [1] R. Rashidifar, H. Bouzary, and F. F. Chen, "Resource scheduling in cloud-based manufacturing system: a comprehensive survey," *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 122, no. 11, pp. 4201–4219, 2022, doi: 10.1007/s00170-022-09873-y.
- [2] S. Gupta and N. Singh, "Heuristics and Meta-Heuristics based Algorithms for Resource Optimization in Fog Computing Environment: A Comparative Study," in *2023 International Conference on Intelligent Data Communication Technologies and Internet of Things (IDCIoT)*, 2023, pp. 271–276. doi: 10.1109/IDCIoT56793.2023.10053388.
- [3] B. Jamil, H. Ijaz, M. Shojafar, K. Munir, and R. Buyya, "Resource Allocation and Task Scheduling in Fog Computing and Internet of Everything Environments: A Taxonomy, Review, and Future Directions," *ACM Comput. Surv.*, vol. 54, no. 11s, Sep. 2022, doi: 10.1145/3513002.
- [4] M. S. Daoud, M. Shehab, H. M. Al-Mimi, L. Abualigah, R. A. Zitar, and M. K. Y. Shambour, "Gradient-Based Optimizer (GBO): A Review, Theory, Variants, and Applications," *Arch. Comput. Methods Eng.*, vol. 30, no. 4, pp. 2431–2449, 2023, doi: 10.1007/s11831-022-09872-y.
- [5] M. A. N. Saif, S. K. Niranjana, and H. D. E. Al-ariqi, "Efficient autonomous and elastic resource management techniques in cloud environment: taxonomy and analysis," vol. 27, no. 4. Springer US, 2021. doi: 10.1007/s11276-021-02614-1.
- [6] S. A. Murad, A. J. M. Muzahid, Z. R. M. Azmi, M. I. Hoque, and M. Kowsheer, "A review on job scheduling technique in cloud computing and priority rule based intelligent framework," *J. King Saud Univ. - Comput. Inf. Sci.*, vol. 34, no. 6, pp. 2309–2331, 2022, doi: 10.1016/j.jksuci.2022.03.027.
- [7] G. K. Walia, M. Kumar, and S. S. Gill, "AI-Empowered Fog/Edge Resource Management for IoT Applications: A Comprehensive Review, Research Challenges and Future Perspectives," *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, vol. PP, no. November, pp. 1–1, 2023, doi: 10.1109/comst.2023.3338015.
- [8] B. Magotra, D. Malhotra, and A. K. Dogra, "Adaptive Computational Solutions to Energy Efficiency in Cloud Computing Environment Using VM Consolidation," *Arch. Comput. Methods Eng.*, vol. 30, no. 3, pp. 1789–1818, 2023, doi: 10.1007/s11831-022-09852-2.
- [9] M. Kumar, K. Dubey, S. Singh, J. Kumar Samriya, and S. S. Gill, "Experimental performance analysis of cloud resource allocation framework using spider monkey optimization algorithm," *Concurr. Comput. Pract. Exp.*, vol. 35, no. 2, 2023, doi: 10.1002/cpe.7469.
- [10] G. B. H. Bindu et al., "INTELLIGENT SYSTEMS AND APPLICATIONS IN ENGINEERING An Optimized Resource Allocation Model for Cloud Computing Using Ant Colony-based Auction Method," pp. 0–3, 2023.
- [11] S. D. Simić, N. Tanković, and D. Etinger, "Big data BPMN workflow resource optimization in the cloud," *Parallel Comput.*, vol. 117, p. 103025, 2023, doi: https://doi.org/10.1016/j.parco.2023.103025.
- [12] A. Moazeni, R. Khorsand, and M. Ramezani, "Dynamic Resource Allocation Using an Adaptive Multi-Objective Teaching-Learning Based Optimization Algorithm in Cloud," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 23407–23419, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3247639.
- [13] S. Durairaj and R. Sridhar, "MOM-VMP: multi-objective mayfly optimization algorithm for VM placement supported by principal component analysis (PCA) in cloud data center," *Cluster Comput.*, pp. 0–31, 2023, doi: 10.1007/s10586-023-04040-8.
- [14] K. Ramya and S. Ayothi, "Hybrid dingo and whale optimization algorithm-based optimal load balancing for cloud computing environment," *Trans. Emerg. Telecommun. Technol.*, vol. 34, no. 5, 2023, doi: 10.1002/ett.4760.
- [15] A. Pandey, P. Calyam, Z. Lyu, S. Wang, D. Chemodanov, and T. Joshi, "Knowledge-Engineered Multi-Cloud Resource Brokering for Application Workflow Optimization," *IEEE Trans. Netw. Serv. Manag.*, p. 1, 2022, doi: 10.1109/TNSM.2022.3227767.
- [16] M. de S. Oliveira et al., "FastAiAlloc: A real-time multi-resources allocation framework proposal

- based on predictive model and multiple optimization strategies,” *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 149, pp. 622–636, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.future.2023.08.014>.
- [17] M. Radi, A. A. Alwan, and Y. Gulzar, “Genetic-Based Virtual Machines Consolidation Strategy With Efficient Energy Consumption in Cloud Environment,” *IEEE Access*, vol. 11, no. April, pp. 48022–48032, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3276292.
- [18] W. Xia and L. Shen, *Joint Resource Allocation at Edge Cloud Based on Ant Colony Optimization and Genetic Algorithm*, vol. 117, no. 2. Springer US, 2021. doi: 10.1007/s11277-020-07873-3.
- [19] M. Junaid, A. Sohail, F. Al Turjman, and R. Ali, “Agile Support Vector Machine for Energy-efficient Resource Allocation in IoT-oriented Cloud using PSO,” *ACM Trans. Internet Technol.*, vol. 22, no. 1, pp. 1–35, Nov. 2021, doi: 10.1145/3433541.
- [20] J. Chen, Y. Wang, and T. Liu, “A proactive resource allocation method based on adaptive prediction of resource requests in cloud computing,” *Eurasip J. Wirel. Commun. Netw.*, vol. 2021, no. 1, 2021, doi: 10.1186/s13638-021-01912-8.
- [21] A. Pandey, P. Calyam, Z. Lyu, S. Wang, D. Chemodanov, and T. Joshi, “Knowledge-Engineered Multi-Cloud Resource Brokering for Application Workflow Optimization,” *IEEE Trans. Netw. Serv. Manag.*, vol. 20, no. 3, pp. 3072–3088, Sep. 2023, doi: 10.1109/TNSM.2022.3227767.
- [22] S. V. A. Kumer, N. Prabakaran, E. Mohan, B. Natarajan, G. Sambasivam, and V. B. Tyagi, “Enhancing Cloud Task Scheduling With a Robust Security Approach and Optimized Hybrid POA,” *IEEE Access*, vol. 11, pp. 122426–122445, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3329052.
- [23] I. Z. Yakubu, M. Aliyu, and Z. Aliyu, “Enhancing cloud performance using task scheduling strategy based on resource ranking and resource partitioning,” *Int. J. Inf. Technol.*, vol. 13, no. 2, pp. 759–766, 2021, doi: 10.1007/s41870-020-00594-7.
- [24] M. S. Quessada, D. D. Lieira, R. S. Pereira, R. E. De Grande, and R. I. Meneguette, “A Bat Bio-inspired Mechanism for Resource Allocation in Vehicular Clouds,” in *2021 17th International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems (DCOSS)*, 2021, pp. 197–204. doi: 10.1109/DCOSS52077.2021.00042.
- [25] V. Sundararaj and M. Selvi, “Opposition grasshopper optimizer based multimedia data distribution using user evaluation strategy,” *Multimed. Tools Appl.*, vol. 80, no. 19, pp. 29875–29891, 2021, doi: 10.1007/s11042-021-11123-4.
- [26] E. Hormozi et al., “Energy-efficient virtual machine placement in data centres via an accelerated Genetic Algorithm with improved fitness computation,” *Energy*, vol. 252, no. April, 2022, doi: 10.1016/j.energy.2022.123884.
- [27] B. Aygun, B. Gunel Kilic, N. Arici, A. Cosar, and B. Tuncsiper, “Application of binary PSO for public cloud resources allocation system of video on demand (VoD) services,” *Appl. Soft Comput.*, vol. 99, no. xxxx, p. 106870, 2021, doi: 10.1016/j.asoc.2020.106870.
- [28] K. Ajmera and T. K. Tewari, “VMS-MCSA: virtual machine scheduling using modified clonal selection algorithm,” *Cluster Comput.*, vol. 24, no. 4, pp. 3531–3549, 2021, doi: 10.1007/s10586-021-03320-5.
- [29] M. Zhao, J. Zheng, and E. S. Liu, “Server Allocation for Massively Multiplayer Online Cloud Games Using Evolutionary Optimization,” *ACM Trans. Multimed. Comput. Commun. Appl.*, vol. 17, no. 2, 2021, doi: 10.1145/3433027.
- [30] B. Bhasker and S. Murali, “FMMEHO Based Workflow Scheduling in Virtualized Cloud Environment for Smart Irrigation System,” *ACM Trans. Sens. Networks*, 2023, doi: 10.1145/3582010.