زمانبندی وظایف در توازن منابع برای مکان‌یابی ماشین مجازی در مراکز داده ابر با استفاده از الگوریتم ژنتیک بهبود یافته

محسن آزاده [۱]، احمد براتیان [۲]، دکتر حمید طباطبایی [۳]
دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد

چکیده:

یکی از مهم‌ترین چالش‌های موجود در مراکز داده ابری مساله زمان بندی کارها یا اختصاص منابع به درخواست‌های کاربران است. دلایل متعددی ارائه شده است که این موضوع به عنوان یک مساله NP-Complete نمود پیدا کند. در محیط محاسبات ابری هر کاربر ممکن است برای اجرای هر کار، با صدها منابع مجازی روبه‌رو شود. در این حال، تخصیص کارها به منابع مجازی توسط خود کاربر غیرممکن می‌باشد. روش‌های ابر اکتشافی به صورت جستجوی اکتشافی است گزینه مناسبی برای این مسائل است. از جمله این روش‌ها الگوریتم ژنتیک می‌باشد. الگوریتم ژنتیک یکی از بهترین روش‌های ممکن برای حل مسئله زمانبندی وظایف در ابر می باشد که کارایی خوب برای حل مسئله زمانبندی و تعادل بار پویا در سیستم‌های موازی دارد. در این پژوهش به بررسی مفاهیم و روش‌های ارائه شده در این زمینه می پردازیم.

کلیدواژه‌ها:

مکان‌یابی ماشین مجازی. مراکز داده ابری، زمان بندی وظایف

[۱] محسن آزاده (نویسنده مسئول) ایمیل : Mohsen.azade۷۵@gmail.com
[۲] احمد براتیان (همکار) ایمیل : baratian.ahmad.۲۲@gmail.com
[۳] دکتر حمید طباطبایی (عهده دار مکاتبات) ایمیل : Hamid.tabatabaee@gmail.com

۱) مقدمه

عملکرد سیستم‌های کامپیوتری به چندین عامل بستگی دارد. یکی از این عوامل متوازن سازی درخواست‌ها است. این عامل به میزان کاری که در یک بازه‌ی زمانی خاص به سیستم محول شده، وابسته است. از این رو، کامپیوترها باید بر اساس اصول اولویت کارها مدیریت شوند (میشرا و همکاران[۴]، ۲۰۲۰). زمانبندی وظایف روشی در سیستم‌های ابری است که توزیع وظایف محاسباتی در میان منابع مجازی را بر عهده دارد. زمانبندی وظایف موضوع مهمی است که پژوهش‌های بسیاری در این زمینه انجام شده است. با وجود اینکه ارائه دهندگان سرویس ابر و سرویس گیرنده‌ها اهداف و نیازمندی‌های متفاوتی دارند ولی هدف تکنیک‌های زمانبندی، بهینه سازی یک هدف می‌باشد (دابلی و همکاران[۵]، ۲۰۱۸).

مراکز داده ابری[۶]، اطلاعاتی را براساس نیاز کاربران، صرف نظر از موقعیت جغرافیایی آنها ارائه می‌دهد (ورقس و بایا[۷]، ۲۰۱۸). مراکز داده ابری بر روی تحویل به موقع خدمات، قابلیت اطمینان، تأمین امنیت در ارسال و دریافت داده‌ها، تحمل پذیری خطا در ارائه سرویس، پایداری و ایجاد زیرساخت‌های مقیاس‌پذیر برای میزبانی خدمات کاربردی مبتنی بر اینترنت متمرکز شده است (لی و همکاران[۸]، ۲۰۲۱). عملکرد این فناوری به این صورت است که هر گونه خدماتی را با استفاده از مجازی سازی و اشتراک گذاری انجام می دهد. به طور کلی محاسبات ابری، مدلی است که دسترسی کاربران را بر اساس نوع تقاضاهایی که از منابع اطلاعاتی و محاسباتی دارند امکان پذیر می سازد (ثین و همکاران[۹]، ۲۰۲۰؛ عزیزی و همکاران[۱۰]، ۲۰۲۰). در این مدل استفاده از منابع انسانی و هزینه کاهش می یابد و در عین سرعت دسترسی به خدمات افزایش می یابد.

با افزایش نرخ استفاده از این فناوری در سراسر جهان، اختصاص یک ماشین فیزیکی به هر کاربر درخواست کننده هم از نظر هزینه و هم از نظر مصرف انرژی و تولید گرما غیر ممکن است. از این رو، با گسترش محاسبات ابری، مجازی‌سازی به عنوان بهترین راه حل در این حوزه مورد استفاده قرار می گیرد. با استفاده از تکنولوژی مجازی‌سازی می توان به جای خرید چندین سرور جهت ذخیره سازی داده، داده‌های خود را بر روی مراکز داده ابری ذخیره نماییم و تنها به میزان استفاده خود هزینه پرداخت کنیم و در صورت نیاز، منابع بیشتری را در خدمت بگیریم (ستپاسی و همکاران[۱۱]، ۲۰۱۸).

---

[۴] Mishra & et al
[۵] Dubey & et al
[۶] cloud data centers
[۷] Varghese & Buyya
[۸] Li & et al
[۹] Thein & et al
[۱۰] Azizi & et al
[۱۱] Satpathy & et al

کارکرد مجازی سازی به این صورت است که هر ماشین مجازی برای اجرا نیازمند یک ماشین فیزیکی است تا از طریق آن نیازهای سخت‌افزاری خود را (نظیر حافظه و CPU) تأمین کند. فرآیند یافتن ماشین فیزیکی با قابلیت تأمین منابع مورد نیاز برای اجرای یک ماشین مجازی را، فرآیند مکان‌یابی آن ماشین مجازی[۱۲] می‌نامیم. در محاسبات ابری، یک استخر بزرگ از منابع وجود دارد که شامل ماشین‌های مجازی فراوان است. استراتژی زمانبندی ، توزیع وظایف محاسباتی به استخر منابع مجازی برای به دست آوردن قدرت محاسباتی، ذخیره‌سازی و انواع خدمات نرم‌افزار با توجه به نیازهای کاربر میباشد.

مکان‌یابی ماشین‌های مجازی یکی از چالش‌های بزرگ در مراکز داده ابری است. علیرغم پیشرفت‌های صورت گرفته در زمینه مکان‌یابی ماشین‌های مجازی، هنوز مکان‌یابی ماشین‌های مجازی با مشکلات متعددی مواجه می‌باشد. تاکنون الگوریتم‌های مختلفی برای حل این مسئله پیشنهاد شده است (الحربی و همکاران[۱۳]، ۲۰۱۹). در این پژوهش برای حل مسئله زمان‌بندی وظایف در توازن منابع برای مکان‌یابی ماشین مجازی در مراکز داده ابر از الگوریتم ژنتیک بهبود یافته را بررسی می‌نماییم. هدف اصلی این الگوریتم‌ها برقراری یک موازنه بین هزینه انجام وظایف و زمان لازم برای انجام وظایف می‌باشد.

۲) اهمیت و ضرورت تحقیق

یکی از مشکلات مهم و اساسی در محیط ابری، زمانبندی وظایف می‌باشد. برای این منظور هر درخواست کننده برا ساس نیاز خود درخواست استفاده از منابع را در محیط ابر می‌نماید تا بتواند جریان‌کاری خود را توسط این منابع به انجام رساند و مشکل زمانی پیش می‌آید که تعداد کارها و منابع زیاد باشد در این زمان درخواست کننده نمی‌تواند به راحتی منابع مناسب را انتخاب کند و این به دلیل پیچیدگی محاسباتی بالا می‌باشد (جانا و همکاران[۱۴]، ۲۰۱۹). از سوی دیگر، مراکز داده ابری جهت ارائه خدمات ابری استفاده می شوند. این مراکز برای ارائه خدمات مقادیر زیادی انرژی مصرف می‌کنند. علاوه بر این، مصرف سالانه انرژی را در این مراکز حدود ۹۱ میلیارد کیلووات ساعت تقریب زده اند که انتظار می‌رود این مقدار تا ۱۴۰ میلیارد کیلو وات ساعت افزایش یابد. همچنین، میزان مصرف انرژی مراکز داده ابری در سطح حدود ۱,۱ الی ۱.۳درصد از کل مصرف انرژی جهان را به خود اختصاص داده است که این روند در حال افزایش است. در سال‌های اخیر، مصرف انرژی نه تنها هزینه برق مراکز داده را افزایش می دهد، بلکه موجب افزایش تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلودگی محیط زیست شده است.

[۱۲] virtual machine placement
[۱۳] Alharbi & et al
[۱۴] Jana & et al

از این رو، می‌توان با استفاده از نرم افزارهای کامپیوتری مکان‌یابی و تخصیص منابع را به خوبی مدیریت نمود. که برای این منظور در این پژوهش ما به بررسی زمانبندی وظایف در توازن منابع برای مکان‌یابی ماشین مجازی در مراکز داده ابر با استفاده از الگوریتم ژنتیک بهبود یافته می‌پردازیم.

۳) مفاهیم پایه

الف) زمانبندی وظایف:

زمان‌بندی از چالش‌های مهم در محاسبات ابری و سیستم‌های ناهمگن می‌باشد و به همین دلیل مطالعات و تحقیقات زیادی روی آن انجام‌گرفته است. در محاسبات ابری موضوع زمان‌بندی به عنوان یک مسئله Hard-NP مطرح می گردد (دومانال و همکاران[۱۵]، ۲۰۱۸). با استفاده از زمانبندی وظایف یک نوع موازنه بین درخواست‌های ورودی از سیستم برقرار می شود که سبب می شود، سیستم در شرایط پایدار و مطلوبی قرار بگیرد. در مراکز داده ابری، زمان‌بندی وظایف و در نتیجه تخصیص منابع، از طریق فناوری مجازی مدیریت و ارائه می‌شود. در محیط ابر، عملیات زمان‌بندی وظایف برای انتخاب و تخصیص وظایف به منابع مناسب جهت ارتقای کیفیت سرویس انجام می‌شود. زمان‌بندی وظایف به دلیل شفافیت و انعطاف‌پذیری سیستم ابری و نیازهای مختلف برای منابع، پیچیده‌تر نیز می‌شوند (آرانآرانی و همکاران[۱۶]، ۲۰۱۹).

ب) مکان‌یابی ماشین مجازی

مکان‌یابی ما شین مجازی به عنوان یکی از مو ضوعات مهم در مراکز داده ابری مطرح ا ست و از این تکنولوژی برای مدیریت بهتر مرکز داده استفاده می‌نمایند. با استفاده از این تکنولوژی، ماشین‌های فیزیکی به چندین ماشین مجازی همراه با ا شتراک گذاری منابع تبدیل می شوند در واقع مکان‌یابی ما شین‌های مجازی شامل عملیاتی برای نگا شت ما شین‌های مجازی بر روی ما شین‌های فیزیکی می‌با شد (لیانگ و همکاران[۱۷]، ۲۰۲۰). در محا سبات ابری، مکان‌یابی ماشین‌های مجازی فرآیند تصمیم‌گیری انتخاب یک سرور برای یک ماشین مجازی، مطابق با نیاز ماشین مجازی و منابع ماشین‌های فیزیکی می‌باشد (رحمانی و همکاران، ۲۰۲۰).

مکان‌یابی ما شین‌های مجازی این امکان را در سیستم ابری فراهم می‌آورد که چندین ما شین مجازی بر روی یک میزبان فیزیکی قرار بگیرد. با توجه به افزایش روزافزون نیاز به سیستم ابری و از آنجایی که سرعت رشد داده‌ها

[۱۵] Domanal & et al
[۱۶] Arunarani & et al
[۱۷] Liang & et al

و برنامه‌های کاربردی محاسبات ابری تا حدی زیاد است که بیش از قبل لزوم وجود سرورها و دیسک‌ها مشخص می شود تا این داده‌ها و برنامه‌های کاربردی را با سرعت کافی و در بازه زمانی مورد نیاز پردازش کنند از این رو از این رو بهینه کردن مکان‌یابی ماشین‌های مجازی همیشه یک چالش مهم محسوب می‌شود (پونراج[۱۸]، ۲۰۱۹؛ قره پاشا و همکاران[۱۹]، ۲۰۱۹) و موجب بهبود مصرف انرژی و مدیریت صحیح تخصیص منابع می‌شود. از این رو می‌تواند نقش موثری در کاهش مصرف انرژی، جلوگیری از آلودگی محیط زیست، افزایش بهره‌وری داشته باشد.

ج) مراکز داده ابر:

محاسبات ابری یکی از روش‌ها محاسباتی است. ابرها منابع محاسباتی، براساس تقاضای مشتری و نیاز کاربر و بر حسب تقاضا، با دریافت هزینه از مشتری ارائه می‌دهد. ارائه دهنده خدمات ابری باید این ابر مشترک را به مشتریان خود اجاره دهد. این ابر از یک مرکز داده تشکیل شده است. به طور کلی می توان این گونه بیان کرد که ارائه دهنده خدمات ابری قسمتی از مرکز داده خود را به مشتریان اجاره می‌دهد. مرکز داده ابری شامل چندین سرویس دهنده هستند که این سرویس دهنده‌ها قدرت و منابع ابر را تشکیل می‌دهند. هر سرویس دهنده نمایانگر میزانی از منابع در مرکز داده ابری است و مجموعه‌ی سرویس دهنده‌ها باهم توانایی کلی مرکز داده را مشخص می‌کند (حاسیه و همکاران[۲۰]، ۲۰۲۰).

د) الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک نخستین بار در سال ۱۹۶۲ میلادی توسط جان هلند ارائه شد. این الگوریتم بر اساس انتخاب طبیعی و با الهام از ژنتیک طبیعی بدن انسان رفتار می‌کند. جمعیت جدید یک جامعه از طریق زادوولد تولید می‌شوند. شانس بقای یک فرد در نسل جدید به ترکیب خاص کروموزومی وابسته است. در مراحل تولید مثل نسل جدید ممکن است جهش‌هایی در خصوصیات یک فرد نسل جدید رخ دهد که در نتیجه فردی با ژنتیک عالی و سازگاری بالا تولید می‌شود. در روند زادوولد به گونه‌های برتر در هر نسل اجازه تولید مثل داده می‌شود و گونه‌های نامطلوب به تدریج از بین خواهند رفت و افراد نسل‌های جدید با گذشت زمان تکامل می‌یابند. مراحل الگوریتم ژنتیک به شرح زیر است (آسیما و عباس زاده اصل، ۲۰۱۹):

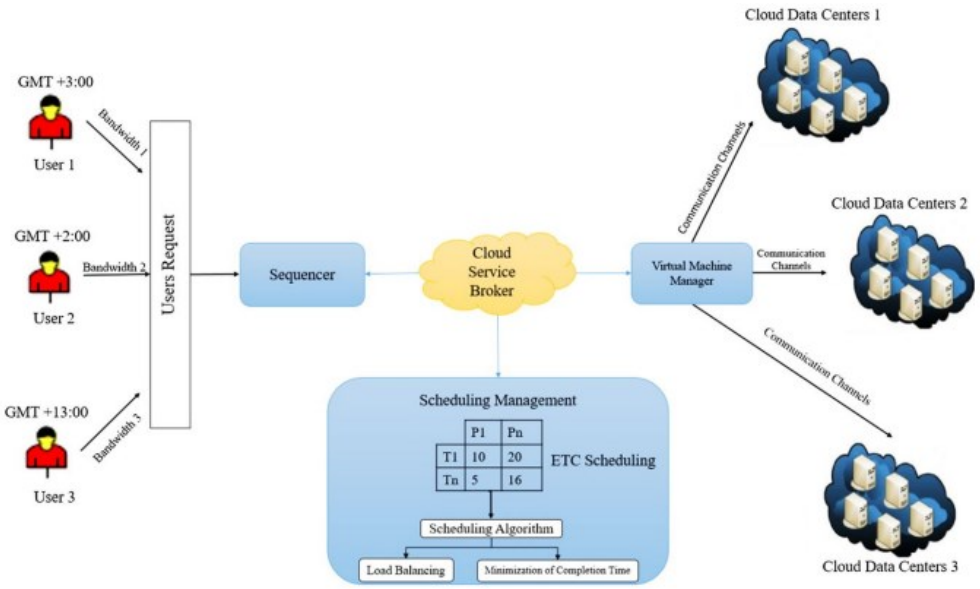
- ایجاد جمعیت اولیه؛
- انتخاب کروموزوم‌های از جمعیت قبلی برای نسل بعدی با توجه به صحت و درستی آن و بر اساس تابع هدف برازندگی در الگوریتم؛
- تولید مثل و انجام زاد و ولد و ایجاد یک نسل جدید؛

[۱۸] Ponraj
[۱۹] Gharehpasha & et al
[۲۰] Hsieh & et al

- جهش و مشخص شدن مکان فرزند تولید شده در کروموزوم؛
- پذیرش و جا دادن فرزند جدید در داخل جمعیت؛
- جایگزینی جمعیت جدید به جای جمعیت قبلی و استفاده از جمعیت جدید در مراحل بعدی الگوریتم؛
- امتحان و در صورت دستیابی به نتایج مناسب برگشت به مرحله دوم

۴) زمانبندی وظایف در توازن منابع برای مکان‌یابی ماشین مجازی در مراکز داده ابر

مکان یابی ماشین‌های مجازی به دلیل افزایش پیچیدگی سیستم‌های ابری اهمیت ویژه‌ای دارد. با توجه به اهمیت بالایی که فرآیند زمانبندی در محا سبات ابری دارد، روش‌ها و الگوریتم‌های مختلفی به منظور ر سیدن به زمانبندی قابل قبول در محاسبات ابری ارائه شده است. در تمامی این الگوریتم‌ها سعی شده است راه‌حل بهینه‌ای جهت به د ست آوردن یک زمانبندی منا سب به د ست آورده شود که هر کدام از روش‌های پیاده سازی شده دارای معایب و مزایایی نیز بوده‌اند و یک راه حل کلی که تمام پارامترهای موجود در ابر را بهبود ببخشد پیشنهاد نشده است. شکل ۱ نمای کلی زمانبندی وظایف برای مکان یابی ماشین مجازی در محیط های رایانش ابری را نشان می‌دهد.



شکل ۱: نمای کلی زمانبندی وظایف در محیط های رایانش ابری

آجمال و همکاران[۲۱] (۲۰۲۱) الگوریتمی ترکیبی بر پایه الگوریتم زنتیک و الگوریتم کلونی مورچگان را ارائه دادند. الگوریتم پیشنهادی از ویژگی‌های الگوریتم ژنتیک و الگوریتم کلونی مورچه‌ها استفاده می‌کند و وظایف و

[۲۱] Ajmal & et al

ماشین های مجازی را به گروه های کوچک تر تقسیم می کند.الگوریتم پیشنهادی به طور موثر فضای راه حل را با تقسیم وظایف به گروه ها و با شناسایی ماشین های مجازی بارگذاری شده کاهش می دهد. در این الگوریتم با توجه به حداقل فضا، همگرایی و زمان پاسخ به طور قابل توجهی کاهش می یابد. این روش راه حل زمانبندی عملی برای به حداقل رساندن زمان اجرای گردش کار و وظایف ارائه می‌دهد، به طوری که ۶۴ درصد کاهش در زمان اجرا و ۱۱ درصد کاهش در هزینه های کلی مرکز داده را به همراه دارد.

منصوری و همکاران (۲۰۲۱) الگوریتم زمانبندی کار مبتنی بر امنیت با استفاده از تکنیک بهینه سازی ازدحام ذرات و یادگیری انطباقی چندگانه را ارائه دادند. در این مقاله، الگوریتم زمانبندی برای بهبود امنیت با استفاده الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات بهبودیافته ارائه شده است. الگوریتم بهبودیافته با استفاده از یادگیری انطباقی منجر به تنوع در جمعیت می‌شود و لذا تعادلی بین عملیات اکتشاف و بهره‌برداری به دست می‌آید. الگوریتم زمانبندی پیشنهادی همزمان پنج پارامتر (زمان بازگشت، بار، مصرف انرژی، هزینه و امنیت) را در حین توزیع کارها در نظر می‌گیرد تا در نهایت منجر به توزیع بار و کاهش مصرف انرژی می‌گردد. الگوریتم پیشنهادی با استفاده از شبیه ساز کلود سیم پیاده سازی و با روش‌های مربوطه (CJS, OTSS, GTSA, JSSS) مقایسه می شود. نتایج حاصل از شبیه سازی نشان می‌دهد که الگوریتم پیشنهادی با در نظر گرفتن ویژگی‌های کارها و منابع، کارایی و اثربخشی قابل‌توجهی در محیط رایانش ابری خصوصاً در بار کاری بالا دارد.

راسیم و همکاران[۲۲] (۲۰۲۰)، روش توازن بار بر مبنای الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات در رایانش ابری را پیشنهاد داده‌اند. در این مقاله، روشی جهت انتقال بهینه وظایفی که منجر به اضافه بار می‌شوند، را در انتقال ماشین‌های مجازی بارگذاری شده به ماشین‌های مجازی در محیط رایانش ابری پیشنهاد کرده است. توابع هدف در این روش، شامل بهینه سازی اجرای وظایف و زمان انتقال در مدل بهینه سازی پیشنهادی است. آزمایش رویکرد ارائه شده در ابزارهای نرم‌افزار کلود سیم انجام شده است. مزیت روش ارائه شده، ارائه راه‌حل بهینه برای زمانبندی وظایف و توزیع برابر وظایف برای ماشین‌های مجازی و همچنین کاهش زمان برای فرایند تخصیص وظایف به ماشین‌های مجازی است.

کاشی کولایی و حسین آبادی (۲۰۲۰)، روشی جهت ارتقاء زمانبندی وظایف در رایانش ابری بر مبنای الگوریتم رقابت استعماری و الگوریتم کرم شب تاب معرفی نموده‌اند. در روش ارائه شده، استفاده از الگوریتم هوش جمعی برای پردازش درخواستهای کاربرها و زمانبندی وظایف برای توازن بار پیشنهاد شده است. هدف الگوریتم ارائه شده، بهبود زمانبندی و توازن بار در رایانش ابری با الگوریتم‌های جستجوی محلی و سراسری است. استفاده از الگوریتم رقابت استعماری، جهت بررسی فضای راه حل و الگوریتم کرم شب تاب، به منظور جستجوی محلی است.

[۲۲] Rajagopalan & et al

خضر و جعفری (۲۰۱۹) بیان نمودند که روش های رایج در زمان بندی دارای معایبی از قبیل پیچیدگی زمانی بالا، هم زمان اجرا نشـــدن کارهای ورودی و افزایش زمان اجرای برنامه اســـت. الگوریتم های زمان بندی بر پایه اکتشاف جهت اولویت دهی به وظایف از سیاست های متفاوتی استفاده می کنند که باعث به وجود آمدن زمان‌های اجرای بالا بر روی سیستم های رایانش توزیع شده ناهمگن می شود. بنابراین، روشی برای زمانبندی وظایف مناسب اســـت که اولویت دهی آن باعث تولید زمان اجرای کل کمینه گردد. الگوریتم ژنتیک به عنوان یکی از روش‌های تکاملی به منظور بهینه کردن مســـایل NP-Complete اســـت. از این رو، الگوریتم ژنتیک موازی با اســـتفاده از چارچوب نگاشت-کاهش برای زمان بندی وظایف بر روی رایانش ابری با استفاده از صف های اولویت چندگانه ارایه شده است. ایده اصلی این مقاله، استفاده از چارچوب نگاشت-کاهش برای کاهش زمان اجرای کل برنامه می باشد. بر اساس نتایج بر روی مجموعه ای از گراف های جهت دار بدون دور تصادفی حاکی از آن است که روش پیشنهادی زمان اجرای کل دو روش موجود را با سرعت همگرایی بالا بهبود داده است.

مناصراه و همکاران[۲۳] (۲۰۱۸) الگوریتم ترکیبی زمانبندی کار بررسی کردند. در این الگوریتم سعی بر این است که با کمک الگوریتم ژنتیک و با در نظر گرفتن تعادل بار ســیســتم، زمان اجرا و هزینه‌ی اجرا کاهش یابد. الگوریتم تلاش دارد با ایجاد تغییر در الگوریتم ژنتیک ا ستاندارد و کاهش تعداد ایجاد جمعیت، عملکرد بهتری دا شته با شد. هدف اصلی الگوریتم، تخصیص کارها به منابع با در نظر گرفتن طول کارها و تعداد دستورات قابل اجرای بوده است ماشـین مجازی الگوریتم، کارها را با در نظر گرفتن تعداد کار و توانایی‌های منابع، به منابع تخصـیص می‌دهد. نتایج به دســت آمده نشــان می‌دهد که الگوریتم به طور مؤثری زمان اجرا، هزینه‌ی اجرا و میانگین درجه عدم تعادل را بهبود بخ شیده ا ست. الگوریتم پیوندی زمانبندی کار با دو الگوریتم بهینه سازی مورد مقایسه قرار گرفته ا ست. در حالی که تعداد کارها افزایش پیدا میکند، مدت زمان اتمام کار نیز افزایش پیدا خواهد کرد، اما نرخ رشد در الگوریتم پی شنهادی ب سیار کمتر از سایر الگوریتم‌ها ا ست. دلیل این امر این ا ست که الگوریتم پی شنهادی، زمانبند بهینه را مبتنی بر جستجوی محلی و سراسری پیدا می‌کند. الگوریتم پیشنهادی کارها را با در نظر گرفتن طول کار و توانایی منبع، به منابع اختصاص می‌دهد. بنابراین کل زمان اجرای هر ماشین مجازی کاهش پیدا می‌کند.

ستاری و همکاران (۲۰۱۸) با بهره‌گیری از الگوریتم پرش ترکیبی قورباغه راهکاری جهت کاهش مصرف انرژی مراکز داده ابری از طریق بهینه‌سازی مدیریت زمان‌بندی کارها و ترکیب مؤثر ماشین‌های مجازی ارائه دادند. در این مقاله الگوریتمی جهت مدیریت زمان‌بندی کارها و توازن بار ارائه می‌شـود. این الگوریتم به نام پرش ترکیبی قورباغه با بهره‌مندی از حافظه، همکاری و اشتراک‌گذاری اطلاعات بین قورباغه‌ها، سرعت همگرایی مناسب و انعطاف‌پذیری بهتر در برابر مشـکل بهینه محلی، بهبود قابل‌توجهی نسـبت به روش‌های سـیسـتم تجمع مورچگان (ACO) و

[۲۳] Manasrah & et al

الگوریتم ژنتیک (GA) جهت مصرف انرژی و مهاجرت ماشین مجازی فراهم می‌آورد. در این مقاله، مدیریت پویای منابع بر اساس ترکیب مؤثر ماشین‌های مجازی انجام می‌شود و توسط الگوریتم پیشنهادی با توجه به قرارداد سطح سرویس پیاده سازی می شود. تفاوت این روش با روش‌های دیگر در این ا ست که بهبود پارامترهای زمان، سرعت و دقت همگرایی را نشان می‌دهد. نتایج تجربی نشان می‌دهد که، روش ارائه شده موجود، از نظر مصرف انرژی، تعداد مهاجرت‌های ماشین مجازی و نقض قرارداد سطح سرویس عملکرد بهتری دارد.

۵) تحلیل و ارزیابی

در محاسبات ابری موضوع زمان‌بندی به عنوان یک مسئله Hard-NP مطرح می‌گردد (دومانال و همکاران[۲۴]، ۲۰۱۸). ازاین‌رو از اهمیت ویژه‌ای بخوردار است. هدف اصلی از زمانبندی وظایف، اولویت‌بندی و تخصیص وظایف به منابع آزاد اســـت به گونه‌ای که حداکثر وظایف به صـــورت موازی در حال پردازش باشـــند. دیگر اهداف زمانبندی شامل: تعادل بار، کیفیت خدمات، اصل اقتصادی بودن، بهترین زمان اجرا و توان عملیاتی سیستم است (ابولیقاه و دیابات[۲۵]، ۲۰۲۱). روش‌ها و طرق‌های زمانبندی متفاوتی برای تخصـــیص وظایف به گره‌های مختلف و ماشـــین‌های مجازی در در سترس در محیط‌های ابری به ا ستخدام گرفته می شوند. الگوریتم‌های زمانبندی ارائه شده را می‌توان مبتنی بر پارامترهای بهبود در محیط ابری دســـته‌بندی کرد. الگوریتم‌های زمانبندی مبتنی بر توازن بار، هزینه، اولویت، کاهش زمان تکمیل کلی، مصـرف انرژی، سـازگاری و غیره (یزدان بخش و خرسـند، ۲۰۱۹). در این بخش روش‌های موجود در زمینه زمانبندی وظایف و بررســـی مزایا و معایب این روش‌ها دارد. در جدول زیر به بررســـی و ارزیابی الگوریتم های ارائه شده در بخش قبل می پردازیم.

جدول ۱: مقایسه الگوریتم‌های ارائه شده

ردیف	نویسنده	سال	عنوان مقاله	مزایا	معایب
۱	آجمال و همکاران[۲۶]	۲۰۲۱	الگوریتم ترکیبی ژنتیک مورچگان برای زمان‌بندی	۱. اســـتفاده از ویژگی‌های الگوریتم ژنتیک و الگوریتم کلونی مورچه‌ها	۱. عدم توجه به مصـــرف انرژی ۲. عدم توجه به ا ستفاده از منابع

[۲۴] Domanal & et al
[۲۵] Abualigah & Diabat
[۲۶] Ajmal & et al

			داده ابری	تقسیم وظایف ۳. کاهش زمان پاسخ گویی ۴. سرعت همگرایی بالا ۵. کاهش زمان اجرا ۶. کاهش در هزینه های کلی مرکز داده ۷. کاهش توان محاسباتی	کارآمد در مراکز ۳. عدم توجه به مقیاس‌بندی مرکز داده ۴. هم زمان اجرا نشدن کارها
۲	منصوری و همکاران	۲۰۲۱	الگوریتم زمانبندی کار مبتنی بر امنیت با استفاده از تکنیک بهینه‌سازی ازدحام ذرات و یادگیری انطباقی چندگانه	۱. کاهش زمان پاسخ گویی ۲. توزیع بار بهینه ۳. کاهش مصرف انرژی	۱. عدم توجه به مقیاس‌بندی مرکز داده ۲. عدم توجه به کاهش فضای راه حل
۳	راسیم و همکاران[۲۷]	۲۰۲۰	زمان‌بندی بهینه وظایف در رایانش ابری با استفاده از الگوریتم ترکیبی کرم شب تاب_ژنتیک	۱. ارائه راه‌حل بهینه برای زمانبندی وظایف ۲. توزیع برابر وظایف برای ماشین‌های مجازی ۳. کاهش زمان برای فرایند تخصیص وظایف به ماشین‌های مجازی ۴. قابلیت جستجوی مؤثر و سریعی در یک محیط ابری پویا	۱. عدم توجه به کاهش فضای راه حل ۲. عدم توجه به مقیاس‌بندی مرکز داده ۳. عدم توجه به توان محاسباتی ۴. هم زمان اجرا نشدن کارها

[۲۷] Rajagopalan & et al

				۵. سرعت همگرایی بالا ۶. تخصیص بهینه منابع ۷. کاهش زمان اجرا	
۴	کاشی کولایی و حسین آبادی	۲۰۲۰	بهبود زمان‌بندی وظایف در رایانش ابری بر اساس الگوریتم رقابتی امپریالیستی و الگوریتم فرفی	۱. بهبود زمانبندی ۲. توازن بار در رایانش ابری ۳. کاهش زمان مصرفی CPU ۴. افزایش تعادل بار ۵. افزایش درصد کارایی و ماندگاری	۱. عدم توجه به کاهش فضای راه حل ۲. عدم توجه به مقیاس‌بندی مرکز داده ۳. عدم توجه به توان محاسباتی ۴. عدم توجه به سرعت همگرایی ۵. زمان بالای تخصیص وظایف به ماشین های مجازی ۶. هم زمان اجرا نشدن کارها
۵	مهرآوران و همکاران	۲۰۲۰	زمان‌بندی گردش‌کار در محیط ابر ترکیبی با در نظر گرفتن امنیت کارها و ارتباطات با الگوریتم ازدحام ذرات بهبودیافته	۱. کاهش زمان اجرا ۲. کاهش در هزینه های کلی مرکز داده ۳. حداقل‌کردن فاصله امنیتی کارها و داده‌ها	۱. عدم توجه به کاهش فضای راه حل ۲. عدم توجه به مقیاس‌بندی مرکز داده ۳. عدم توجه به سرعت همگرایی
۶	محمدزاده و همکاران	۲۰۲۰	ارائه یک الگوریتم بهبودیافته بهینه سازی گرگ‌های	۱. کاهش زمان اجرا ۲. افزایش سرعت همگرایی	۱. عدم توجه به مقیاس‌بندی مرکز داده

			خاکستری برای زمان‌بندی جریان کار در محیط محاسبات ابری	۳. جلوگیری از افتادن در بهینه محلی	۲. عدم توجه به کاهش فضای راه حل ۳. عدم توجه به مصرف انرژی
۷	مصطفوی و همکاران	۲۰۲۰	زمان‌بندی آینده‌نگرانه وظایف در محاسبات ابری مبتنی بر یادگیری تقویتی	۱. کاهش زمان پاسخ ۲. کاهش زمان انتظار ۳. کاهش زمان تکمیل کار ۴. افزایش نرخ بهره‌وری منابع	۱. عدم توجه به مقیاس‌بندی مرکز داده ۲. عدم توجه به کاهش فضای راه حل ۳. عدم توجه به مصرف انرژی
۸	منا صراه و همکاران[۲۸]	۲۰۱۸	زمان‌بندی گردش کار با استفاده از الگوریتم ترکیبی GA-PSO در رایانش ابری	۱. کاهش زمان اجرا ۲. کاهش هزینه اجرا ۳. تخصیص کارها به منابع با در نظر گرفتن طول کارها و توانایی‌های منابع ۴. بهبود میانگین درجه عدم تعادل ۵. توجه به مقیاس‌بندی مرکز داده	۱. هم زمان اجرا نشدن کارها ۲. عدم توجه به سرعت همگرایی ۳. فضای بالای راه حل
۹	خضر و جعفری	۲۰۱۹	زمانبندی کارها در محیط‌های ابری با استفاده از چارچوب نگاشت_کاهش و الگوریتم ژنتیک	۱. هم زمان اجرا شدن کارها ۲. کاهش پیچیدگی زمانی ۳. کاهش زمان اجرای برنامه ۴. سرعت همگرایی بالا	۱. عدم توجه به مقیاس‌بندی مرکز داده ۲. عدم توجه به کاهش فضای راه حل ۳. عدم توجه به استفاده از منابع

[۲۸] Manasrah & et al

۱۰	ستاری و همکاران	۲۰۱۸	الگوریتم پرش ترکیبی قورباغه جهت کاهش مصرف انرژی مراکز داده ابری از طریق بهینه‌سازی مدیریت زمان‌بندی کارها و ترکیب مؤثر ماشین‌های مجازی	۱. کاهش زمان اجرا ۲. سرعت همگرایی بالا ۳. انعطاف پذیری بالا در برابر مشکل بهینه محلی ۴. کاهش مصرف انرژی ۵. تعداد بهینه مهاجرت های ماشین مجازی	۱. عدم توجه به کاهش فضای راه حل ۲. عدم توجه به مقیاس‌بندی مرکز داده

۶) جمع بندی

زمان‌بندی وظیفه یک نقش کلیدی در سیستم‌های محاسباتی ابر بازی می‌کند و این نوع زمان‌بندی بر اساس یک معیار تنها نمی‌تواند انجام شود بلکه تعداد زیادی قوانین و شرایط به‌صورت یک توافق بین کاربران و فراهم‌کنندگان ابر باید در نظر گرفته شوند. درواقع این توافق، کیفیت سرویسی است که کاربران از فراهم‌کنندگان انتظار دارند. مراکز داده ابر نه‌تنها باید این وظیفه‌های عظیم را اجرا کنند بلکه باید نیازمندی‌های چندگانه کاربران مختلف را ارضاء کنند. به عنوان نمونه در مقاله منصوری و همکاران (۲۰۲۱) و مقاله مهرآوران و همکاران (۲۰۲۰) عنصر امنیت در زمان بندی وظایف در نظر گرفته شده است در حالی که در سایر مقالات به این عنصر توجه‌ای نشده است یا در الگوریتم ترکیبی بر پایه الگوریتم ژنتیک و الگوریتم کلونی مورچگان که توسط آجمال و همکاران[۲۹] (۲۰۲۱) ارائه شده به طور موثر فضای راه‌حل را با تقسیم وظایف به گروه‌ها و با شناسایی ماشین‌های مجازی بارگذاری شده کاهش می‌دهد. همچنین، بررسی نتایج مقالات نشان می‌دهد که الگوریتم‌های ترکیبی کارایی و کیفیت بالاتری را نتیجه می‌دهند. از سوی دیگر الگوریتم پرش ترکیبی قورباغه ارائه شده توسط ستاری و همکاران

[۲۹] Ajmal & et al

(۲۰۱۸)، سرعت همگرایی بسیار بالا و انعطاف‌پذیری بهتر در برابر مشکل بهینه محلی، بهبود قابل‌توجهی نسبت به روش‌های سیستم تجمع مورچگان (ACO) و الگوریتم ژنتیک (GA) جهت مصرف انرژی و مهاجرت ماشین مجازی فراهم می‌آورد.

۷) نتیجه‌گیری

زمانی که وظایف و درخواست‌ها برای منابع زیاد شود رسیدگی کردن و انجام آنها، فرآیند زمانبندی و تخصیص منابع کاری دشوار می شود و باید از طریق الگوریتم مناسب این زمانبندی بین فراهم کننده منابع و درخواست کاربران انجام شود. در اینجا روش متفاوت را برای این نوع زمانبندی وظایف با الگوریتم ژنتیک بررسی گردید. که هر کدام از این روش‌ها دارای نقاط ضعف و قوت خاص خودشان هستند. الگوریتم‌های زمانبندی موجود در این پژوهش اهدافی دارند که عبارتند از: به حداقل رساندن کل زمان اجرای کار، افزایش قدرت پردازش، حداقل رساندن کل زمان پردازش، به حداقل رساندن طول برنامه، کاهش مصرف انرژی، دستیابی توان بالای سیستم و غیره است.

۸) مسیرهای آینده پژوهشی

زمانبندی در سیستم‌های رایانش توزیع شده یک مسئله مهم می‌باشد و الگوریتم‌های زمانبندی گوناگونی در این زمینه ارائه شده است. پیشنهاد می‌شود به عنوان پژوهش های بعدی از سایر الگوریتم‌های فرابتکاری به منظور زمانبندی وظایف در مراکز داده های ابری استفاده گردد و نتایج حاصله با الگوریتم ژنتیک ارائه در این پژوهش مقایسه گردد. همچنین، می‌توان جهت کاهش پیچیدگی زمانی محاسباتی الگوریتم ژنتیک ارائه شده از روش موازی سازی استفاده نمود. پردازش موازی یکی از مهمترین برتری های الگوریتم ژنتیک می باشد. به این معنی که در این روش به جای یک متغیر، در یک زمان یک جمعیت را به سوی نقطه بهینه رشد می‌دهیم. بنابراین سرعت همگرایی روش بسیار بالا می‌رود.

۹) منابع

۱) Abdel-Basset, M., Abdle-Fatah, L., Sangaiah, A. K. (۲۰۱۸). An improved Lévy based whale optimization Algorithm for bandwidth-efficient virtual machine placement in cloud computing environment.Cluster Computing.

۲) Abualigah, L., Diabat, A. (۲۰۲۱). A novel hybrid antlion optimization algorithm for multi-objective task scheduling problems in cloud computing environments. Cluster Comput, ۲٤(): ۲۰۵–۲۲۳.

۳) Ajmal, M.S., Iqbal, Z., Zeeshan Khan, F., Ahmad, M., Ahmad, I., Gupta, B.B. (۲۰۲۱). Hybrid ant genetic algorithm for efficient task scheduling in cloud data centers, Computers & Electrical Engineering, ۹۵(): ۱۰۷-۱۱۹.

۴) Alharbi, F., Tian, Y.C., Tang, M., Zhang, w.Z., Peng, C., Fei, M. (۲۰۱۹). An Ant Colony System for energy-efficient dynamic Virtual Machine Placement in data centers, Expert Systems with Applications, ۱۲۰(): ۲۲۸-۲۳۸.

۵) Arunarani, A.R., Manjula, D., Sugumaran, V. (۲۰۱۹). Task scheduling techniques in cloud computing: A literature survey, Future Generation Computer Systems, ۹۱(): ٤۰۷-٤۱٥.

۶) Asima, M., Ali Abbaszadeh Asl, A. (۲۰۱۹). Developing a Hybrid Model to Estimate Expected Return Based on Genetic Algorithm. Financial Research Journal, ۲۱(۱), ۱۰۱-۱۲۰.

۷) Azizi, S., Zandsalimi, M., Li, D. (۲۰۲۰). An energy-efficient algorithm for virtual machine placement optimization in cloud data centers. Cluster Comput ۲۳(): ۳٤۲۱–۳٤۳٤.

۸) Caviglione, L., Gaggero, M., Paolucci, M. (۲۰۲۱). Deep reinforcement learning for multi-objective placement of virtual machines in cloud datacenters. Soft Comput, ۲٥(): ۱۲٥٦۹–۱۲٥۸۸.

۹) Domanal, S.G., Reddy, G.R.M. (۲۰۱۸). An efficient cost optimized scheduling for spot instances in heterogeneous cloud environment. Future Generation Computer Systems, ۸٤(): ۱۱-۲۱.

۱۰) Dubey, K., Kumar, M., Sharma, S. C. (۲۰۱۸). Modified HEFT Algorithm for Task Scheduling in Cloud Environment, Procedia Comput. Sci., ۱۲٥(), ۷۲٥–۷۳۲.

۱۱) Gharehpasha, S., Masdari, M., Jafarian, A. (۲۰۱۹). A New Approach for Optimal Placement of Virtual Machines in Cloud Datacenters Using Discrete Gravitational Search Algorithm and Chaotic Functions. Journal of Soft Computing and Information Technology, ۸(۲): ٤٤-٥٤.

۱۲) Gharehpasha, S., Masdari, M., Jafarian, A. (۲۰۲۰). The Placement of Virtual Machines Under Optimal Conditions in Cloud Datacenter. Information Technology and Control, ٤۸(٤).

۱۳)Hsieh, S.H., Liu, C.S., Buyya, R., Zomaya, A.Y. (۲۰۲۰). Utilization-prediction-aware virtual machine consolidation approach for energy-efficient cloud data centers,Journal of Parallel and Distributed Computing, ۱۳۹(): ۹۹-۱۰۹.

۱۴)Jana, B., Chakraborty, M., Mandal, T. (۲۰۱۹). A Task Scheduling Technique Based on Particle Swarm Optimization Algorithm in Cloud Environment. In: Ray K., Sharma T., Rawat S., Saini R., Bandyopadhyay A. (eds) Soft Computing: Theories and Applications. Advances in Intelligent Systems and Computing, Springer, Singapore, ۷۴۲(): ۵۲۵-۵۳۶.

۱۵)Jiang, Y., Wu, P., Zeng, J., Zhang, Y., Zhang, Y., Wang, S. (۲۰۱۹). Multiparameter and multi-objective optimisation of articulated monorail vehicle system dynamics using genetic algorithm, Veh. Syst. Dyn: ۱–۱۸.

۱۶)Kashikolaei, S.M.G., Hosseinabadi, A.A.R., Saemi, B., Shareh, M.B., Sangaiah, A.K. and Bian, G.B. (۲۰۲۰). An enhancement of task scheduling in cloud computing based on imperialist competitive algorithm and firefly algorithm. The Journal of Supercomputing, ۷۶(۸): ۶۳۰۲-۶۳۲۹.

۱۷)Khezr, N., Jafari Novimipour, N. (۲۰۱۹). Scheduling tasks in cloud environments using mapping framework - reduction and genetic algorithm Research Areas: General, Journal of Information and Communication Technology, ۱۰(۳۷): ۷۱-۸۴.

۱۸)Li, X.Y., Liu, Y., Lin, Y.H., Xiao, L.H., Zio, E., Kang, R. (۲۰۲۱). A generalized petri net-based modeling framework for service reliability evaluation and management of cloud data centers, Reliability Engineering & System Safety, ۲۰۷(): ۱۰۷–۱۸۱.

۱۹)Liang, B., Dong, X., Wang, Y., Zhang, X. (۲۰۲۰). Memory-aware resource management algorithm for low-energy cloud data centers, Future Generation Computer Systems, ۱۱۳(): ۳۲۹-۳۴۲.

۲۰)Manasrah,A., Ba Ali, H. (۲۰۱۸). Workflow Scheduling Using Hybrid GA-PSO Algorithm in Cloud Computing Hindawi January ۲۰۱۸ Wireless Communications and Mobile Computing, ۸(۳):۱-۱۶ .

۲۱)Mansouri, N., Mohammad Hasani Zade, B., Ghafari, R. (۲۰۲۱). Security-aware Task Scheduling Algorithm based on Multi Adaptive Learning and PSO Technique. Electronic and Cyber Defense, ۹(۲), ۱۵۹-۱۷۸.

۲۲)Mehravaran, M., Pajoohan, M., Adibnia, F. (۲۰۲۰). Secure and confidential workflow scheduling in hybrid cloud using improved particle swarm optimization algorithm. Electronic and Cyber Defense, ۷(٤): ۱۳۱-۱٤٥.

۲۳)Mishra, S.K., Sahoo, B., Parida, P.P. (۲۰۲۰). Load balancing in cloud computing: A big picture, Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences, ۳۲(۲): ۱٤۹-۱٥۸.

۲٤)Mohammadzadeh, A., Masdari, M., Soleimanian Gharehchopogh, F., Jafarian, A. (۲۰۲۰). An Improved Grey Wolves Optimization Algorithm For Workflow Scheduling In Cloud Computing Environment. Journal of Soft Computing and Information Technology, ۸(٤): ۱۷-۲۹.

۲٥)Mostafavi, S., Ahmadi, F., Agha Sarram, M. (۲۰۲۰). Reinforcement-Learning-based Foresighted Task Scheduling in Cloud Computing. Tabriz Journal Of Electrical Engineering, ٥۰(۱), ۳۸۷-٤۰۱.

۲٦)Ponraj, A. (۲۰۱۹). Optimistic virtual machine placement in cloud data centers using queuing approach, Future Generation Computer Systems, ۹۳(): ۳۳۸-۳٤٤.

۲۷)Rahmani, S., Khajehvand, V., Torabian, M. (۲۰۲۰). Burst-aware Placement for Improving VM Consolidation in Cloud Environment. Journal of Soft Computing and Information Technology, ۹(۳): ۱-۱٤.

۲۸)Rajagopalan, A., Modale, D.R., Senthilkumar, R. (۲۰۲۰). Optimal scheduling of tasks in cloud computing using hybrid firefly-genetic algorithm. In Advances in decision sciences, image processing, security and computer vision. Springer, Cham: ٦۷۸-٦۸۷.

۲۹)Satpathy, A., Addya, S.K., Turuk, A.K., Majhi, B., Sahoo, G. (۲۰۱۸). Crow search based virtual machine placement strategy in cloud data centers with live migration, Computers & Electrical Engineering, ٦۹(): ۳۳٤-۳٥۰.

۳۰)Sattari Naeini, V., Salem, Y., Rashedi, E. (۲۰۱۸). Application of Shuffled Frog-Leaping Algorithm to Reduce Energy Consumption in Cloud Data Centers by Optimizing Scheduling Management and Virtual Machines Consolidation. Tabriz Journal Of Electrical Engineering, ٤۸(۲), ٦۸۷-٦۹۸.

۳۱)Sun, H., Ge, Y., Liu, W., Liu, Z. (۲۰۱۹). Geometric optimization of twostage thermoelectric generator using genetic algorithms and thermodynamic analysis, Energy, ۱۷۱(): ۳۷–٤۸.

۳۲) Thein, T., Myo, M.M., Parvin, S., Gawanmeh, A. (۲۰۲۰). Reinforcement learning based methodology for energy-efficient resource allocation in cloud data centers, Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences, ۳۲(۱۰): ۱۱۲۷-۱۱۳۹.

۳۳) Varghese, B., Buyya, R. (۲۰۱۸). Next generation cloud computing: New trends and research directions, Future Generation Computer Systems, ۷۹(): ۸٤۹–۸٦۱.

۳۴) Yazdanbakhsh, M., Khorsand, R. (۲۰۱۹). A Task Scheduling Strategy to Improve Qualitative Features in the Cloud Computing Environment. Tabriz Journal Of Electrical Engineering, ٤۹(۳), ۱٤۲۷-۱٤۳۷.