

جایگذاری ماشین های مجازی آگاه از انرژی با استفاده از الگوریتم ترکیبی در محیط ابر

علی قربانیان جویباری^۱، بهنام برزگر^{۲*}، موسی نظری^۳

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد فناوری اطلاعات، دانشکده فنی مهندسی، موسسه آموزش عالی روزبهان، ساری، ایران.

^۲استادیار گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بابل، بابل، ایران.

^۳استادیار گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده فنی مهندسی، موسسه آموزش عالی روزبهان، ساری، ایران.

چکیده

مصرف زیاد انرژی در مراکز داده ابری، چالشی مهم را از دیدگاه اقتصادی و زیست محیطی مطرح می کند. ادغام سرورها با استفاده از تکنیک مجازی سازی به طور گسترده ای برای کاهش مصرف انرژی مراکز داده ها به کار می رود. در این مقاله، الگوریتم ترکیبی جایگذاری ماشین های مجازی با استفاده از الگوریتم ژنتیک بهبود یافته مبتنی بر جایگشت، پیشنهاد شده و منابع چند بعدی که بهترین استراتژی تخصیص مناسب را دارند، ارائه شده است. در الگوریتم جایگذاری ماشین های مجازی پیشنهادی، میزان انرژی مصرفی مراکز داده های ابری را از طریق به حداقل رساندن تعداد سرورهای فعال که میزبان ماشین های مجازی هستند، کاهش می دهد. همچنین، الگوریتم پیشنهادی سعی در استفاده متعادل از منابع چند بعدی سرورهای فعال دارد که می تواند باعث کاهش هدر رفت منابع شود.

کلمات کلیدی: رایانش ابری، یکپارچه سازی سرور، جایگذاری ماشین مجازی، بهینه سازی مبتنی بر جایگشت.

تاریخچه مقاله:

تاریخ ارسال: ۱۳۹۹/۰۳/۱۴

تاریخ اصلاحات: ۱۳۹۹/۰۴/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۲۰

تاریخ انتشار: ۱۳۹۹/۰۶/۲۵

Keywords:

Cloud computing,
Server Consolidation
Virtual Machine Placement
Permutation-based
Optimization

* ایمیل نویسنده مسئول:

Barzegar@baboliau.ac.ir

Placement of Energy-Aware Virtual Machines Using Hybrid Algorithm in Cloud Environment

Ali Ghorbanian Jouybari¹, Behnam Barzegar^{2*}, Mousa Nazari³

¹Faculty of Computer Engineering, University College of Rouzbahan, Sari, Iran.

²Faculty of Computer Engineering, Islamic Azad University Babol Branch, Babol, Iran.

³Faculty of Computer Engineering, University College of Rouzbahan, Sari, Iran.

Abstract

The high-energy consumption of cloud data centers presents a significant challenge from both economic and environmental perspectives. Server consolidation using virtualization technology is widely used to reduce the energy consumption rates of data centers. In this paper, a hybrid VMP algorithm is proposed based on another proposed improved permutation-based genetic algorithm and multidimensional resource-aware best fit allocation strategy. The proposed VMP algorithm aims to improve the energy consumption rate of cloud data centers through minimizing the number of active servers that host Virtual Machines (VMs). Additionally, the proposed VMP algorithm attempts to achieve balanced usage of the multidimensional resources of active servers, which in turn, reduces resource wastage.

۱ - مقدمه

رایانش ابری یک مدل محاسباتی است که میزبان و ارائه دهنده طیف گسترده‌ای از خدمات از طریق اینترنت است. فراهم کنندگان سرویس های ابر، عمدتاً سه نوع خدمات ارائه می دهند: زیرساخت به عنوان سرویس، پلتفرم به عنوان سرویس و نرم افزار به عنوان سرویس. اخیراً، بسیاری از شرکت ها به زیرساخت ابر اتکا کرده اند تا از مزایای ارائه شده توسط محیط های ابر مانند استفاده از مدل قیمت گذاری، حذف بار نگهداری و دستیابی به مقیاس پذیری تقاضا بهره ببرند [۱]. مراکز داده در محیط های ابر برای ارائه خدمات ابری استفاده می شوند. با این حال، این مراکز داده مقادیر زیادی انرژی برای عملیات خود مصرف می کنند. همچنین، مصرف سالانه انرژی در مراکز داده، برابر با ۹۱ میلیارد کیلووات ساعت بوده و انتظار می رود که این میزان به ۱۴۰ میلیارد کیلو وات ساعت برسد [۲]. مطالعه دیگری نشان داده که میزان مصرف انرژی مراکز داده حدود ۱/۱ الی ۱/۳ درصد از کل انرژی مصرفی در جهان است و انتظار می رود که این میزان تا ۰.۸٪ درصد افزایش یابد. چنین افزایش سریع مصرف انرژی مراکز داده نه تنها یک چالش مهم اقتصادی محسوب می شود، بلکه یک مسئله مهم زیست محیطی نیز به حساب می آید. با توجه به بررسی آمازون از مورد مراکز داده خود، هزینه انرژی حدود ۴۲٪ درصد از کل هزینه های عملیاتی می باشد [۳]. انگیزه دیگر در رابطه با کاهش مصرف انرژی، بحث های جاری در رابطه با تغییرات آب و هوا می باشد. سرورهای در حال اجرا، تاثیر زیادی در انتشار CO₂ و گازهای گلخانه ای دارند [۴]. از این رو کاهش مصرف انرژی مراکز داده بدون از دست دادن کیفیت خدمات ارائه شده یک حوزه تحقیقاتی محسوب می شود [۵].

بنابراین به منظور به حداقل رساندن مصرف انرژی، تخصیص منطقی منابع، بهبود استفاده از منابع مرکز داده ها توسط ماشین مجازی مهم است [۶]. از این رو، استفاده از یک الگوریتم کارآمد جایگذاری ماشین مجازی^۱ می تواند تاثیر زیادی در مصرف برق یک مرکز داده داشته باشد. الگوریتم های مکان یابی ماشین های مجازی سعی در یافتن تخصیص بهینه از ماشین مجازی به ماشین های فیزیکی^۲ دارند. بسیاری از اهداف طراحی از جمله بهینه سازی مصرف برق، بهبود استفاده از منابع، به حداقل رساندن نقض توافق نامه های سطح خدمات^۳ و غیره مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین، چندین تکنیک فرا ابتکاری مانند الگوریتم کرم شب تاب^۴، بهینه سازی ازدحام کرم شب تاب^۵ و بهینه سازی مبتنی بر بیوگرافی^۶ برای تولید راه حل های موثر در زمان معقولی بکار گرفته شده اند [۷].

یکی از اهداف این مقاله، ارائه الگوریتم ژنتیک مبتنی بر جایگشت به نام الگوریتم ژنتیک بهبود یافته برای مسئله بهینه سازی مبتنی بر جایگشت (IGA-POP)^۷ است. الگوریتم IGA-POP می تواند با توازن اکتشاف و بهره برداری در فضای جستجو، مسئله مبتنی بر جایگشت را به طور موثر حل کند. هدف اصلی یک الگوریتم جایگذاری ماشین های مجازی ترکیبی این است که به استراتژی تخصیص منابع IGA-POP و تخصیص چند بعدی منابع آگاه به بهترین وجه مناسب وابسته است. الگوریتم مکان یابی ماشین های مجازی پیشنهادی قصد دارد تا میزان مصرف انرژی مراکز داده را از طریق به حداقل رساندن تعداد سرورهای فعال فیزیکی و خاموش کردن سرورهای بیکار بهبود بخشد. علاوه بر این، هدف آن دستیابی به استفاده متعادل از منابع چند بعدی (CPU، RAM و پهنای باند) سرورهای فعال است که به نوبه خود باعث کاهش نرخ باقیمانده منابع می شود.

۲ - پیشینه تحقیق

جایگذاری ماشین های مجازی یکی از چالش های محاسبات ابری است که بر جنبه های بسیاری از محیط های ابری تاثیر می گذارد. بنابراین، بسیاری از مطالعات برای بهینه سازی مکان ماشین مجازی در بین سرورهای فیزیکی موجود انجام شده است. اهداف مختلفی در مطالعات مختلف از جمله به حداقل سازی مصرف توان و حداقل سازی ترافیک شبکه، بهینه سازی میانگین کارکرد و بهینه سازی درآمد، بهبود کاربرد منابع و به حداقل رساندن نقض توافق نامه سطح خدمات و رسیدن به حداکثر سود و تجمیع ماشین مجازی بیشتر در ماشین فیزیکی کمتر و مراکز داده ابری را قادر به خدمت رسانی بیشتر به درخواست های کاربران می سازد. روش های مختلفی برای رسیدگی به مساله جایگذاری ماشین های مجازی شکل گرفت.

عبدالباست و همکاران (۲۰۱۸) یک الگوریتم مکان یابی ماشین های مجازی با پهنای باند مبتنی بر الگوریتم بهینه سازی نهنگ بهبود یافته (WOA) با یک سیاست تخصیص پهنای باند جدید پیشنهاد شد (BWAP) نتایج بدست آمده نشان می دهد که الگوریتم پیشنهادی از تعداد اکتشافات و فرا اکتشافات بهتر عمل می کند. با این حال، کار پیشنهادی تنها بر بهینه سازی پهنای باند تمرکز دارد در حالی که سایر منابع مهم مانند CPU و کاربرد حافظه مورد توجه قرار نگرفته اند. به علاوه، مساله بهینه سازی مصرف توان با آن ها مورد بررسی قرار نگرفت [۸].

1 - Virtual Machine Placement(VMP)

2 - Physical Machines(PM)

3 - Service Level Agreements(SLA)

4 - Firefly Algorithm (FA)

5 - Glowworm Swarm Optimization(GSO)

6 - Biogeography-based Optimization(BBO)

7 - Proposing a New Permutation-based Genetic Algorithm

لیو و همکاران (2018) برای کاهش تعداد سرورهای فعال مورد نیاز برای میزبانی ماشین های مجازی، از الگوریتم بهینه سازی کلونی با تکنیک های جستجوی محلی و تبادل سفارش و مهاجرت (OEM) استفاده کرد. نتایج نشان می دهد که این روش پیشنهادی بهتر از روشهای معمولی اکتشافی و سایر روشهای مبتنی بر تکامل عمل می کند. با این حال، آثار ارائه شده هر دو ویژگی VM را فقط از نظر پردازنده و میزان استفاده از حافظه دارند در حالی که از پهنای باند چشم پوشی می شود [۱۴].

روش های مختلفی برای جایگذاری ماشین های مجازی در سال های اخیر پیشنهاد شده است. مکانیزم های اکثر آنها بر پایه استفاده از مصرف پردازنده، حافظه و پهنای باند شبکه می باشد. توان مصرفی میزبان های ابری معمولاً با استفاده از پردازنده، حافظه اصلی، دیسک های ذخیره سازی و پهنای باند شبکه آنها مورد ارزیابی قرار می گیرد. رابطه خطی بین توان مصرفی میزبان و پردازنده مورد استفاده آن نشان داده شده است. بنابراین مصرف پردازنده نقش تعیین کننده ای در مصرف انرژی دارد. هر قدر از مشخصه های بیشتری در الگوریتم ها استفاده شود، نتایج به واقعیت نزدیک تر می شود و در مقابل پیچیدگی بیشتری را در پی دارد. در نتیجه باید سعی شود به نسبت مجموعه داده و نرخ تغییرات آنها الگوریتم خود را بنویسیم. روش ها و تکنیک های جایگذاری ماشین های مجازی در رایانش ابری، با دو هدف کاهش مصرف انرژی و کاهش میزان منابع هدر رفته، با استفاده از الگوریتم های مختلف مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفته است.

۳- روش پیشنهادی

در این بخش، یک الگوریتم ترکیبی VMP به نام IGA-POP و بهترین تابع الگوریتم مناسب (BF) ارائه شده است. با توجه به ماشین های مجازی و ماشین های فیزیکی، نقش IGA-POP این است که جابجایی های مختلفی را برای ماشین های مجازی که باید به ماشین های فیزیکی موجود دسترسی و قرار بگیرند، ارائه دهد. هدف از تابع برازش IGA-POP، به حداقل رساندن کل مصرف انرژی دستگاه های فیزیکی استفاده شده است، که در نتیجه باعث کاهش کل هزینه های ارائه دهندگان ابر می شود. عملکرد هدف یا تابع برازش استفاده شده به شرح زیر فرموله شده است.

$$\text{Minimize } f(x) = \left[\sum_{j=1}^M y_j \times \left((p_j^{\text{busy}} - p_j^{\text{idle}}) \times U_j^{\text{cpu}} + p_j^{\text{idle}} \right) \right] \quad (1)$$

که در آن $f(x)$ کل مصرف برق ماشین های فیزیکی مورد استفاده است، y_j یک متغیر دودویی است که نشان می دهد که

گائو و همکاران (۲۰۱۳) از الگوریتم های بهینه سازی کولونی مورچگان برای به حداقل رساندن مصرف توان و اتلاف منابع از طریق جایگذاری بهینه ماشین مجازی استفاده شده است. الگوریتم پیشنهادی برای کاهش تعداد سرورهای فعال سعی در کاهش میزان انرژی مصرفی داشته است. نتایج به دست آمده نشان می دهد که رویکرد پیشنهادی رقابتی و حتی بهتر از سایر رویکردها برای حل مساله است [۹].

فو و همکاران (۲۰۱۵) از الگوریتم ژنتیک برای بهینه سازی شبکه عصبی و پیش بینی مصرف انرژی در مراکز داده ابری استفاده کردند. آزمایش های انجام شده نشان می دهد که رویکرد پیشنهادی، هم از نظر دقت و هم با سرعت پیش بینی، نتایج امیدوار کننده ای را به دست می آورد. با این حال، کار پیشنهادی هیچ ارتباطی با بهینه سازی مصرف انرژی و متعادل کردن منابع چند بعدی ماشین های فیزیکی ابری ندارد [۱۰].

وانگ و همکاران (۲۰۱۳) یک الگوریتم ژنتیک بهبود یافته برای حل مسئله جایگذاری ماشین های مجازی، با هدف حداکثر استفاده از منابع، متعادل کردن منابع چند بعدی و به حداقل رساندن ترافیک ارتباطات طراحی کرده است. نتایج به دست آمده از شبیه سازی های انجام شده نشان می دهد که رویکرد پیشنهادی بهتر از تعدادی از الگوریتم های بهینه سازی مربوط به اهداف طراحی است. با این حال، این کار به مسئله بهینه سازی مصرف انرژی نمی پردازد، که می تواند اثرات اقتصادی و زیست محیطی مهمی داشته باشد [۱۱].

وانگ و همکاران (۲۰۱۳) از بهینه سازی انبوه ذرات (آگاهی از انرژی) برای حل مسئله جایگذاری ماشین های مجازی استفاده شد. رویکرد پیشنهادی، مصرف انرژی سرورهای فیزیکی را بر اساس استفاده از CPU تنظیم می کند. نتایج به دست آمده نشان می دهد که رویکرد پیشنهادی، مصرف انرژی را نسبت به تعدادی از اکتشافات کاهش می دهد. با این حال، به استفاده متعادل از منابع چند بعدی نرسید. علاوه بر این، عملکرد روش پیشنهادی با اطمینان از برتری آن نسبت به سایر روشها با سایر الگوریتم های بهینه سازی مقایسه نشده است [۱۲].

آلرشدی و همکاران (۲۰۱۹) یک الگوریتم توزیع ماشین مجازی را بر اساس الگوریتم ازدحام salp (SSA) و الگوریتم cosine-sine (SCA) پیشنهاد کردند. الگوریتم پیشنهادی هدف بهینه سازی زمان متوسط قبل از خاموش شدن میزبان (MTBHS)، مصرف توان و SLA های است. الگوریتم پیشنهادی با چندین شیوه اکتشافی مقایسه شده است و نتایج بدست آمده از برتری خود را بدست آورد. با این حال، در هنگام توصیف ماشین های فیزیکی، پهنای باند مورد استفاده قرار نگرفته است. به علاوه، استفاده متعادل از منابع چند بعدی در سرورهای فیزیکی تضمین نشد [۱۳].

$$L_j^{mem} = \frac{p_{mem_j} - (\sum_{i=1}^N x_{ij} \times v_{mem_i})}{p_{mem_j}} \quad (6)$$

$$U_j^{mem} = \frac{\sum_{i=1}^N x_{ij} \times v_{mem_i}}{p_{mem_j}} \quad (7)$$

$$U_j^{BW} = \frac{\sum_{i=1}^N x_{ij} \times v_{BW_i}}{p_{BW_j}} \quad (8)$$

جایی که به ترتیب v_{cpu_i} ، v_{mem_i} و v_{BW_i} به ترتیب حافظه، CPU و پهنای باند شبکه VM_i را نشان می دهند. p_{cpu_j} ، p_{mem_j} و p_{BW_j} به ترتیب حافظه، CPU و ظرفیت پهنای باند شبکه PH_j را مشخص می کند. x_{ij} یک متغیر دودویی است که نشان می دهد که آیا VM_i به PH_j اختصاص داده شده است یا نه.

۴ - نتایج شبیه سازی

چند شبیه سازی در بستر نرم افزار متلب صورت گرفته است. تعداد ماشین های مجازی و ماشین های فیزیکی ابری را متفاوت در نظر گرفتیم و روش پیشنهادی را با الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات PSO^۸ مقایسه و نتایج را به صورت نمودار و جدول بیان نموده ایم. در شبیه سازی هایی که در این بخش به آنها پرداخته می شود، مجموعه ای ماشین مجازی و مجموعه ای ماشین های فیزیکی در محیط ابری در نظر گرفته می شوند که هر کدام توان پردازشی، حافظه ای و ذخیره سازی مربوط به خود را دارند. با توجه به مطالب ذکر شده، تابع هدفی معرفی شده است که در آن انرژی مصرفی ماشین های فیزیکی در نظر گرفته شده است که برای بهینه سازی این تابع، قرار دادن بهینه ماشین های مجازی بر روی ماشین های فیزیکی ابری صورت خواهد گرفت. از این رو، در روش پیشنهادی از الگوریتم ژنتیک ترکیبی استفاده شده است که تابع هدف را کمینه خواهد کرد. تنظیمات الگوریتم ژنتیک پیشنهادی و پارامترهای روش پیشنهادی در شبیه سازی به صورت جدول ۱ است.

PH_j حاوی ماشین های مجازی است یا نه. P_{jbusy} حداکثر توان مصرفی ماشین فیزیکی PH_j است P_{jidle} حداقل مصرف انرژی ماشین فیزیکی PH_j است [۱۵].

U_j^{cpu} ، U_j^{cpu} همانطور که پیشنهاد شد:
 $P_{jidle} \approx 0.6 * P_{jbusy}$ و U_j^{cpu} نسبت استفاده CPU از ماشین فیزیکی به شرح زیر است:

$$U_j^{cpu} = \frac{\sum_{i=1}^N x_{ij} \times v_{cpu_i}}{p_{cpu_j}} \quad (2)$$

جایی که x_{ij} در آن یک متغیر باینری است که نشان می دهد آیا VM_i به PH_j اختصاص داده شده است یا نه و v_{cpu_i} یعنی درخواست های CPU از ماشین مجازی که با VM_i نشان داده می شود و p_{cpu_j} ظرفیت پردازنده دستگاه فیزیکی که با PH_j نشان داده می شود.

برای هر جایگشت ایجاد شده توسط IGA POP، نقش استراتژی تخصیص BF اختصاص دادن ماشین های مجازی به ماشین های فیزیکی موجود به ترتیب ارسال شده است. با توجه به اینکه ماشین مجازی که باید تخصیص داده شود، الگوریتم BF به دنبال ماشین فیزیکی است که بتواند منابع (CPU، حافظه و پهنای باند شبکه) مورد نیاز ماشین مجازی را فراهم کند. استراتژی BF، پس از تخصیص ماشین مجازی فعلی ماشین فیزیکی را با حداقل اتلاف منابع انتخاب می کند. برای استفاده کامل از منابع چند بعدی، از معادله زیر برای محاسبه هزینه های احتمالی منابع تلف شده استفاده می شود:

$$W_j = \frac{|2L_j^{cpu} - 2L_j^{mem} - 2L_j^{BW}| + \epsilon}{U_j^{cpu} - U_j^{mem} - U_j^{BW}} \quad (3)$$

در جایی که W_j منبع باقیمانده ماشین آلات فیزیکی است L_j^{cpu} ، L_j^{mem} و L_j^{BW} به ترتیب باقیمانده CPU، حافظه و پهنای باند نرمال دستگاه فیزیکی PH_j را نشان می دهد. U_j^{cpu} و U_j^{BW} به ترتیب CPU، حافظه و پهنای باند دستگاه فیزیکی عادی PH_j استفاده شده را نشان می دهند. ϵ یک عدد واقعی مثبت بسیار کوچک است و مقدار آن بر روی ۰.۰۰۰۱ تنظیم شده است.

$$L_j^{cpu} = \frac{p_{cpu_j} - (\sum_{i=1}^N x_{ij} \times v_{cpu_i})}{p_{cpu_j}} \quad (4)$$

$$L_j^{BW} = \frac{p_{BW_j} - (\sum_{i=1}^N x_{ij} \times v_{BW_i})}{p_{BW_j}} \quad (5)$$

⁸ - Particle Swarm Optimization(PSO)

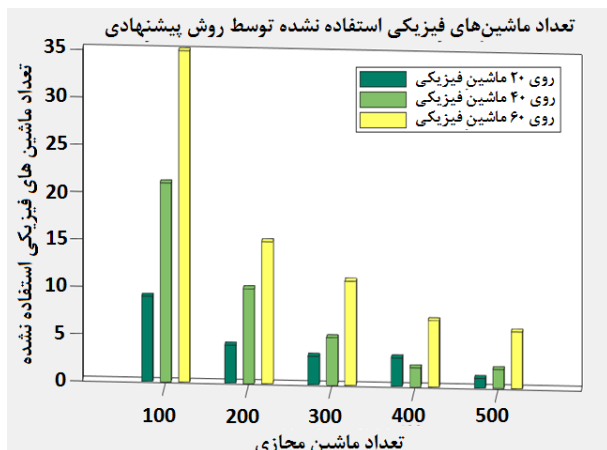
(جدول-۱): پارامترهای تنظیم شبیه سازی

مقدار	پارامتر
۱۰	تعداد کروموزوم
۳۰	تعداد تکرار
۰/۴	نرخ تقاطع
۰/۵	نرخ جهش
۱۰	تعداد ماشین های مجازی
۴	تعداد ماشین های فیزیکی ابری

بهترین پاسخ در تکرار نهایی این اجرا، به صورت زیر شده است:

$$\text{Best_Position} = [3 \ 2 \ 3 \ 2 \ 2 \ 1 \ 2 \ 1 \ 2 \ 2];$$

به عبارت دیگر، ماشین های مجازی شماره ۶ و ۸ به ماشین فیزیکی ابری شماره ۱ تخصیص داده شدند، ماشین های مجازی شماره ۲، ۴، ۵، ۷، ۹ و ۱۰ به ماشین فیزیکی شماره ۲ و ماشین های مجازی شماره ۱، ۳ به ماشین فیزیکی شماره ۳ تخصیص داده شدند. از ماشین فیزیکی شماره ۴ در این نتیجه استفاده نشده است تا در میزان مصرف انرژی صرفه جویی گردد. در آزمایشی دیگر، به جمع ماشین های مجازی بر روی تعداد ماشین های فیزیکی پرداخته شده است. از آنجایی که روش پیشنهادی می تواند میزان بهره وری و جمع ماشین های مجازی را بر روی ماشین های فیزیکی کمتری مستقر نماید، لذا با استفاده نکردن از برخی از ماشین های فیزیکی موجود، میزان مصرف انرژی آنها کاهش می یابد. لذا تعداد ماشین های فیزیکی و ماشین های مجازی را متفاوت در نظر گرفتیم و تعداد ماشین های فیزیکی که توسط روش پیشنهادی استفاده نشده اند را اندازه گرفتیم. تعداد ماشین های مجازی را به ترتیب برابر با ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ ماشین مجازی در نظر گرفتیم و تعداد ماشین های فیزیکی ابری در دسترس را به ترتیب برابر با ۲۰، ۴۰ و ۶۰ عدد تنظیم کردیم. (تعداد کروموزوم ۲۰ و تعداد تکرار ۱۰۰) در شکل زیر مشخص شده است که از این میزان ماشین های فیزیکی در دسترس، چندتای آنها استفاده نشدند.



(شکل-۲): تعداد ماشین های فیزیکی استفاده نشده توسط روش پیشنهادی

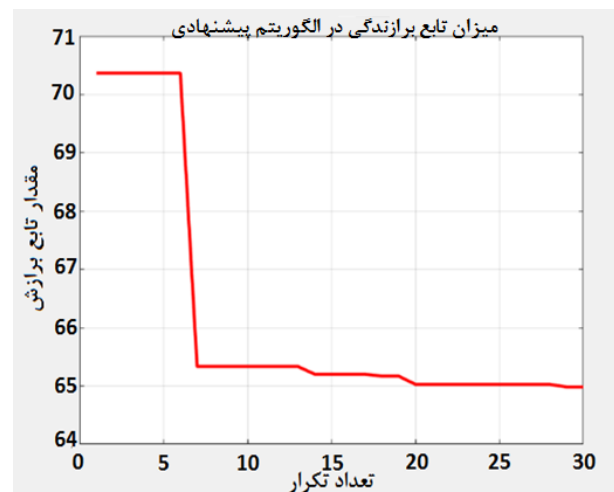
در شکل ۲، محور افقی تعداد ماشین های مجازی مختلف است که برابر با ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ ماشین مجازی است و محور عمود، تعداد ماشین های فیزیکی استفاده نشده از بین ۲۰، ۴۰ و ۶۰ ماشین فیزیکی ابری موجود توسط روش پیشنهادی است. مقادیر این شکل در جدول ۲ آمده است:

تعداد ماشین مجازی برابر با ۱۰ ماشین و تعداد ماشین فیزیکی ابری برابر با ۴ ماشین فیزیکی در نظر گرفته ایم. بر این اساس، برای محاسبه تابع برازندگی کروموزوم ها، پارامترهایی وجود دارند که در ادامه بیان شده اند: حداکثر و حداقل توان مصرفی ماشین فیزیکی به صورت زیر در نظر گرفته شده است. حداکثر توان ماشین فیزیکی با P_{busy}^9 و حداقل توان ماشین فیزیکی با P_{idle}^{10} نشان داده شده است:

$$P_{busy} = [22 \ 27 \ 30 \ 24];$$

$$P_{idle} = [13.2 \ 16.2 \ 18 \ 14.4];$$

با اجرای روش پیشنهادی در این شبیه سازی، میزان برازندگی بهترین پاسخ در هر تکرار از الگوریتم به صورت شکل زیر شده است که در آن، بهترین میزان تابع برازندگی برابر با ۶۴/۹۹ شده است.



(شکل-۱): میزان تابع برازندگی در تکرارهای الگوریتم پیشنهادی

⁹ Maximum Power Consumption of Physical Machine

¹⁰ Minimum Power Consumption of Physical Machine

(جدول-۳): میزان بهره‌وری پردازنده در ماشین‌های فیزیکی
استفاده شده توسط روش پیشنهادی

تعداد ماشین مجازی	۱۰۰	۲۰۰	۳۰۰	۴۰۰	۵۰۰
روش پیشنهادی	۶/۲۵۸۴	۱۰/۴۴۳۰	۱۷/۱۴۶۹	۲۰/۳۰۶۹	۲۷/۷۱۵۲
PSO	۵/۴۳۲۴	۹/۱۷۳۴	۱۵/۹۸۳۱	۱۹/۷۲۳۴	۲۶/۹۰۱۲

در بررسی دیگر، روش پیشنهادی با الگوریتم PSO مورد مقایسه قرار گرفته است. میزان بهره‌وری پردازنده و میزان تابع هدف برای هر دو روش محاسبه شده است. تعداد ماشین‌های مجازی به ترتیب برابر با ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ ماشین مجازی و تعداد ماشین فیزیکی برابر با ۴۰ ماشین فیزیکی تنظیم کردیم. نتیجه روش پیشنهادی و الگوریتم PSO به صورت شکل ۴ شده است.



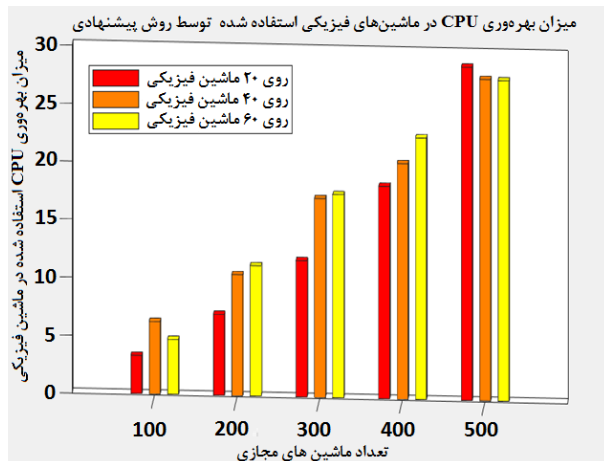
(شکل-۴): میزان تابع هدف توسط روش پیشنهادی و PSO

در شکل ۴، محور افقی تعداد ماشین‌های مجازی مختلف است که برابر با ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ ماشین مجازی است و محور عمود، میزان تابع هدف برای استقرار ماشین‌های مجازی توسط روش پیشنهادی و الگوریتم PSO بر روی ماشین فیزیکی ابری موجود توسط روش پیشنهادی است. مقادیر این شکل در جدول ۴ آمده است.

(جدول-۲): تعداد ماشین‌های فیزیکی استفاده نشده توسط روش پیشنهادی

تعداد ماشین مجازی	۱۰۰	۲۰۰	۳۰۰	۴۰۰	۵۰۰
۲۰ ماشین فیزیکی	۹	۴	۳	۲	۱
۴۰ ماشین فیزیکی	۲۱	۱۰	۵	۲	۲
۶۰ ماشین فیزیکی	۳۵	۱۵	۱۱	۷	۶

همانطور که مشخص است روش پیشنهادی توانسته است از بین ماشین‌های فیزیکی ابری موجود، تعدادی از آنها را استفاده نکند تا آن ماشین‌های فیزیکی در حالت idle باقی بمانند تا مصرف انرژی آنها به حداقل ممکن برسد. در ادامه همین شبیه‌سازی، در شکل ۳ مشخص شده است که میزان بهره‌وری پردازنده در ماشین‌های فیزیکی استفاده شده چقدر شده است.



(شکل-۳): میزان بهره‌وری پردازنده در ماشین‌های فیزیکی استفاده شده توسط روش پیشنهادی

در شکل ۳، محور افقی تعداد ماشین‌های مجازی مختلف است که برابر با ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ ماشین مجازی است و محور عمود، میزان بهره‌وری پردازنده در ماشین‌های فیزیکی استفاده شده از بین ۲۰، ۴۰ و ۶۰ ماشین فیزیکی ابری موجود توسط روش پیشنهادی است. مقادیر این شکل در جدول ۳ آمده است.

(جدول-۵): میزان بهره‌وری پردازنده توسط روش پیشنهادی و PSO

تعداد ماشین مجازی	۵۰۰	۴۰۰	۳۰۰	۲۰۰	۱۰۰
روش پیشنهادی	۵۲۹/۱	۴۹۸/۵	۴۷۵/۱	۴۴۸/۴	۴۲۸/۱
PSO	۵۳۰/۳	۴۹۹/۹	۴۷۲/۴	۴۴۹/۷	۴۲۹/۹

در بررسی بالا مشخص شده است که روش پیشنهادی توانسته است میزان بهره‌وری پردازنده را نسبت به الگوریتم PSO کمی افزایش دهد.

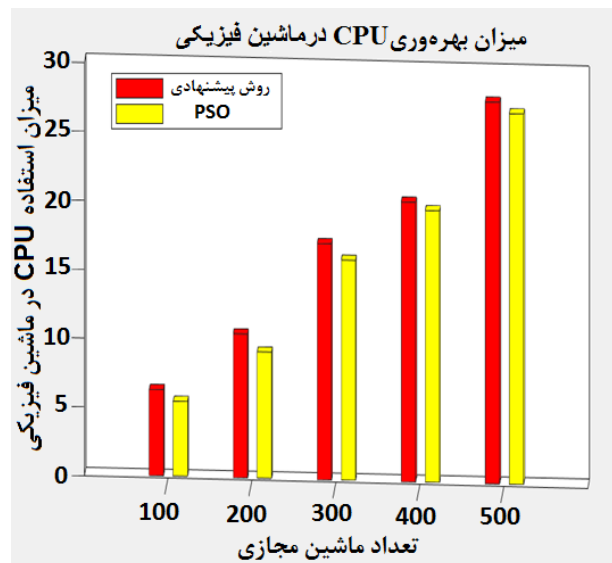
۵- نتیجه‌گیری و پژوهش‌های آتی

استقرار چندین نمونه از ماشین مجازی با ظرفیت‌های متفاوت روی یک میزبان فیزیکی می‌تواند باعث افزایش کارایی و بازدهی آنها گردد. مکان‌یابی ماشین‌های مجازی روی میزبان‌ها به جهت کاهش آسیب میزبان‌ها، افزایش کارایی و کاهش مصرف انرژی صورت می‌گیرد. برای این کار ابتدا سرورهای پربار و کم بار شناسایی می‌شوند. سپس ماشین‌های مجازی برای انتقال از میزبانی به دیگری انتخاب می‌شوند. ماشین‌های مجازی برای ایجاد تعادل بار، از میزبان‌های پربار به میزبان‌های کم بار منتقل می‌شوند. همچنین برای افزایش بهره‌وری انرژی ماشین‌های مجازی از سرورهای کم بار منتقل شده و آنها را به حالت خواب می‌برند. جایگذاری ماشین‌های مجازی با روش‌های گوناگون و با استفاده از مشخصه‌هایی مانند مصرف پردازنده، حافظه و پهنای باند شبکه صورت می‌گیرد. با این وجود دمای میزبان‌ها به عنوان یک پارامتر موثر در کارایی و سرویس‌دهی، کمتر مورد نظر بوده است. از آنجایی که افزایش دمای بیش از حد سرورها می‌تواند باعث آسیب رسیدن به سخت افزار و ایجاد اشکال در عملکرد آنها، و در نتیجه کاهش کارایی و تضمین کیفیت شود، استفاده از این مولفه برای مکان‌یابی ماشین‌های مجازی در کنار سایر مولفه‌ها می‌تواند نتایج بهتری بدست آورد. در این پژوهش، الگوریتم ترکیبی جایگذاری ماشین‌های مجازی عمده‌ها برای بهبود مصرف انرژی مراکز داده ابری از طریق به حداقل رساندن تعداد سرورهای فعال ارائه شده است. الگوریتم پیشنهادی جایگذاری ماشین‌های مجازی ترکیبی از GA مبتنی بر جایگشت (IGA-POP) و منابع را به

(جدول-۴): میزان تابع هدف توسط روش پیشنهادی و PSO

تعداد ماشین مجازی	۵۰۰	۴۰۰	۳۰۰	۲۰۰	۱۰۰
۲۰ ماشین فیزیکی	۲۸/۴۶۲	۱۸/۳۱۰۱	۱۱/۷۶۰۹	۶/۹۹۵۶	۳/۲۹۹۴
۴۰ ماشین فیزیکی	۲۷/۷۱۵۲	۲۰/۳۰۶۹	۱۷/۱۴۶۹	۱۰/۴۴۳۰	۶/۳۵۸۴
۶۰ ماشین فیزیکی	۲۷/۶۲۸۶	۲۲/۵۴۶۶	۱۷/۵۱۶۷	۱۱/۲۴۱۶	۴/۷۴۷۸

در بررسی جدول ۴ مشخص شده است که روش پیشنهادی توانسته است تابع هدف را نسبت به الگوریتم PSO کمی بهبود (کاهش) دهد.



(شکل-۵): میزان بهره‌وری پردازنده توسط روش پیشنهادی و PSO

در شکل ۵، محور افقی تعداد ماشین‌های مجازی مختلف است که برابر با ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ ماشین مجازی است و محور عمود، میزان بهره‌وری CPU برای استقرار ماشین‌های مجازی توسط روش پیشنهادی و الگوریتم PSO بر روی ماشین فیزیکی ابری موجود توسط روش پیشنهادی است. مقادیر این شکل در جدول ۵ آمده است.

برنامه ریزی تاسیسات بهداشت و درمان به کار رود.

۶- مراجع

[1] Abohamama, A. S., Alrahmawy, M. F., & Elsoud, M.A. (2018). *Improving the dependability of cloud environment for hosting real time applications*. *Ain Shams Engineering Journal*, 9(4), 3335-3346.

[2] Alharbi, F., Tian, Y. C., Tang, M., Zhang, W. Z., Peng, C., & Fei, M. (2019). *An ant colony system for energy-efficient dynamic virtual machine placement in data centers*. *Expert Systems with Applications*, 120, 228-238.

[3] Tang, M., & Pan, S. (2015). *A hybrid genetic algorithm for the energy-efficient virtual machine placement problem in data centers*. *Neural Processing Letters*, 41(2), 211-221.

[4] Zhihao Peng, Behnam Barzegar, Maryam Yarahmadi, Homayun Motameni, Poria Pirouzmand, "Energy-Aware Scheduling of Workflow Using a Heuristic Method on Green Cloud", *Scientific Programming*, vol. 2020, Article ID 8898059, 14 pages, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/8898059>

[5] Speitkamp, B., & Bichler, M. (2010). *A mathematical programming approach for server consolidation problems in virtualized data centers*. *IEEE Transactions on services computing*, 3(4), 266-278.

[6] Behnam Barzegar, Homayun Motameni and Ali Movaghar, "EATSDCD: A green energy-aware scheduling algorithm for parallel task-based application using clustering, duplication and DVFS technique in cloud datacenters", *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems* 36, IOS Pres, Volume 36, Issue 6, pages 5135–5152, 2019.

[7] Yan, J., Zhang, H., Xu, H., & Zhang, Z. (2018). *Discrete PSO-based workload optimization in virtual machine placement*. *Personal and Ubiquitous Computing*, 22(3), 589-596.

[8] Abdel-Basset, M., Abdle-Fatah, L., & Sangaiah, A. K. (2018). *An improved Lévy based whale optimization Algorithm for bandwidth-efficient virtual machine placement in cloud*

بهترین استراتژی مناسب آگاه می کند. این الگوریتم از طریق استفاده متوازن از منابع چند بعدی سرورهای فعال، تعداد سرورهای فعال را کاهش داده است، که به آنها امکان می دهد تا بدون نیاز به فعال کردن سایر سرورها، درخواست های قرارگیری آینده ماشین های مجازی را در خود جای دهند. علاوه بر این، عملکرد الگوریتم پیشنهادی جایگذاری ماشین های مجازی در برابر تعدادی از اکتشافی و فراکتشافی تحت سناریوهای مختلف ارزیابی شده است. نتایج تجربی نشان داد که الگوریتم پیشنهادی VMP از لحاظ صرفه جویی در مصرف انرژی و تعداد سرورهای فعال بهتر از الگوریتم PSO است. مزایا روش پیشنهادی الگوریتم VMP دارای سریعترین همگرایی در مقایسه با الگوریتم های دیگر است. علاوه بر این، مصرف توان حداقل را در مقایسه با سایر الگوریتم ها تولید می کند. استفاده از منابع یک هدف کلیدی دیگر برای جایگذاری ماشین های مجازی است. همچنین، معیایی را نیز می توان برای روش پیشنهادی در نظر گرفت که مسئله VMP را می تواند به عنوان یک مسئله NP-hard دانست یعنی نمی توان جواب قطعی از مسئله را بدست آورد و جواب مسئله از بین خوب و خوبتر باید انتخاب کرد و هر چه تعداد ماشین های مجازی بزرگتر باشد، توان بیشتری برای ماشین های فیزیکی توسط کلیه الگوریتم های کاربردی مصرف می شود. علاوه بر این، الگوریتم پیشنهادی جایگذاری ماشین های مجازی با استفاده از توازن در منابع باقیمانده در ابعاد مختلف، به استفاده بهتر از منابع چند بعدی (CPU، RAM و پهنای باند) از سرورهای فعال دست یافته است. همچنین برای کارهای آینده از الگوریتم ترکیبی پیشنهادی جایگذاری ماشین های مجازی می توان برای انجام زمان بندی کار ابری برای دستیابی به تعدادی از اهداف از قبیل به حداقل رساندن ساخت و ساز، به حداکثر رساندن تعادل بار در بین ماشین های مجازی مختلف و به حداکثر رساندن کاربرد منابع از ماشین های مجازی مورد استفاده کرد. نقض توافق نامه های سطح خدمات به دلیل استفاده زیاد از CPU یا استفاده از حافظه زیاد سرورهای فیزیکی ممکن است رخ دهد. از این رو، الگوریتم پیشنهادی جایگذاری ماشین های مجازی ممکن است برای جلوگیری از استفاده بیش از حد که باعث تخریب عملکرد ماشین مجازی می شود از طریق اتخاذ یک استراتژی مهاجرت زنده ماشین مجازی سازگار باشد و الگوریتم پیشنهادی می تواند برای ظهور کاربردهای دنیای واقعی مانند برنامه ریزی تولید، سیستم های مراقبت سلامت خانگی و



علی قربانیان جویباری مدرک کارشناسی خود را در رشته مهندسی سخت افزار کامپیوتر در سال ۱۳۸۸ از موسسه صنعتی عالی قائم قائمشهر و مدرک کارشناسی ارشد خود را در سال ۱۳۹۹ در رشته مهندسی فناوری اطلاعات گرایش فناوری اطلاعات از موسسه آموزش عالی روزبهان ساری اخذ کرده است. زمینه پژوهشی مورد علاقه ایشان عبارت است از: محاسبات ابری.



بهنام بزرگر مدرک کارشناسی خود را در رشته مهندسی کامپیوتر گرایش نرم افزار در سال ۱۳۸۵ از دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساری، مدرک کارشناسی ارشد خود را در سال ۱۳۸۸ از دانشگاه آزاد واحد نجف آباد و مدرک دکترا را در سال ۱۳۹۷ دانشگاه آزاد واحد ساری اخذ کرده اند ایشان در حال حاضر به عنوان عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد واحد بابل مشغول به کار است زمینه پژوهشی مورد علاقه ایشان عبارتند از: محاسبات توزیع شده و محاسبات ابری و محاسبات سبز و الگوریتم های زمان بندی می باشد.



موسی نظری مدرک کارشناسی خود را در رشته مهندسی کامپیوتر گرایش نرم افزار سال ۱۳۸۸ از موسسه آموزش عالی روزبهان، مدرک کارشناسی ارشد را ۱۳۹۱ از دانشگاه خوارزمی تهران و مدرک دکترا در گرایش هوش مصنوعی در سال ۱۳۹۹ از دانشگاه تبریز اخذ کرده اند. زمینه های تحقیقاتی و پژوهشی مورد علاقه ایشان شامل شبکه های حسگر بی سیم، ردیابی اهداف و داده کاوی می باشد.

روش ارجاع به مقاله: ع. قربانیان جویباری، ب. بزرگر، م. نظری، جایگذاری ماشین های مجازی آگاه از انرژی با استفاده از الگوریتم ترکیبی در محیط ابر، دوفصلنامه محاسبات و سامانه های توزیع شده، سال سوم، شماره اول، شماره پیاپی ۵، صفحه ۱۱ تا ۱۹، سال ۱۳۹۹

environment. Cluster Computing, <https://doi.org/10.1007/s10586-018-1769-z>.

[9] Gao, Y., Guan, H., Qi, Z., Hou, Y., & Liu, L. (2013). A multi-objective ant colony system algorithm for Virtual Machine placement in cloud computing. *Journal of Computer and System Sciences*, 79(8), 1230-1242.

[10] Foo, Y. W., Goh, C., Lim, H. C., Zhan, Z. H., & Li, Y. (2015). Evolutionary neural network based energy consumption forecast for cloud computing. In *2015 International Conference on Cloud Computing Research and Innovation (ICCCRI)* (pp. 53-64). IEEE.

[11] Wang, S., Gu, H., & Wu, G. (2013). A new approach to multi-objective virtual machine placement in virtualized data center. In *2013 IEEE Eighth International Conference on Networking, Architecture and Storage* (pp. 331-335). IEEE.

[12] Wang, S., Liu, Z., Zheng, Z., Sun, Q., & Yang, F. (2013). Particle swarm optimization for energyaware virtual machine placement optimization in virtualized data centers. In *2013 International Conference on Parallel and Distributed Systems* (pp. 102-109). IEEE.

[13] Alresheedi, S. S., Lu, S., Elaziz, M. A., & Ewees, A. A. (2019). Improved multiobjective salp swarm optimization for virtual machine placement in cloud computing. *Human-centric Computing and Information Sciences*, 9(1), 15.

[14] Liu, X. F., Zhan, Z. H., Deng, J. D., Li, Y., Gu, T., & Zhang, J. (2018). An energy efficient ant colony system for virtual machine placement in cloud computing. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 22(1), 113-128.

[15] Beloglazov, A., Abawajy, J., & Buyya, R. (2012). Energy-aware resource allocation heuristics for efficient management of data centers for cloud computing. *Future generation computer systems*, 28(5), 755-768.