

طبقه بندی روش های جایابی ماشین مجازی در محیط محاسبات ابری

رقیه زمانی سده^۱، ریحانه خورسند مطلق اصفهانی^۲*

۱- گروه مهندسی کامپیوتر، واحد دولت آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

rzamani00000@gmail.com

۲- گروه مهندسی کامپیوتر، واحد دولت آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

reihaneh_khm@yahoo.com

خلاصه

در سال های اخیر فناوری رایانش ابری به یکی از رایج ترین الگوهای محاسباتی به منظور میزبانی و ارسال خدمات از طریق اینترنت تبدیل شده است. برنامه های کاربردی برای اجرا نیاز به منابع زیرساخت های محاسبات ابری دارند که مراکز داده، بسترهای ارتباطی و خدماتی را فراهم می کنند. از دید ارائه دهندگان خدمات ابری مهم ترین مساله به حداکثر رساندن سود و کاهش هزینه های عملیاتی است. مصرف انرژی یکی از عامل های اصلی در هزینه عملیاتی است. یکی از چالش های این حوزه مربوط به بهینه سازی مدیریت منابع مراکز داده در جهت حفظ کارایی بالا در سطح ارائه سرویس است. از این رو، برای جلوگیری از هدر رفتن منابع، مساله جایابی ماشین مجازی مطرح شده است. در این مقاله یک طبقه بندی و مروری بر روش های جایابی ماشین مجازی در محیط محاسبات ابری ارائه شده است.

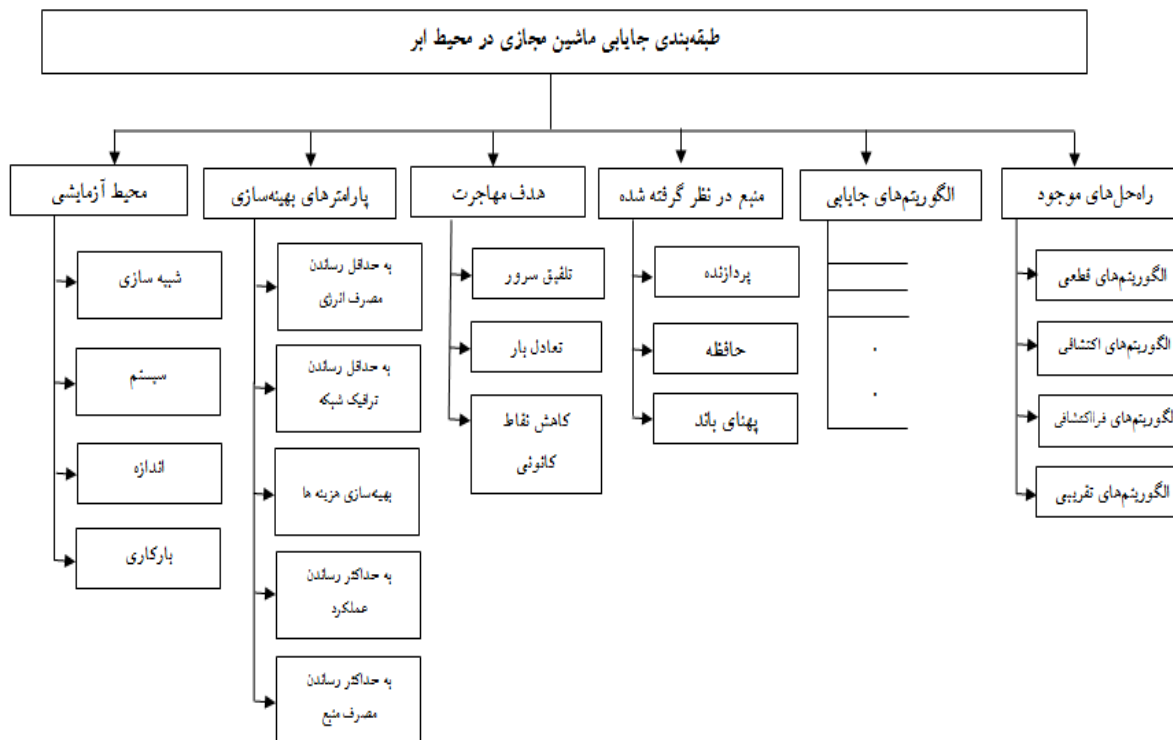
کلمات کلیدی: محاسبات ابری، الگوریتم های جایابی ماشین مجازی، تخصیص منابع، بهره وری منابع.

۱. مقدمه

محاسبات ابری امکانات را به صورت پویا در مقیاس زیرساخت های سخت افزار برای کاربران فراهم می کند. سازمان ها بدون نیاز به ایجاد زیرساخت های سخت افزاری و خرید سخت افزار و نرم افزار و نگهداری آن ها، می توانند نیازهای خود را برطرف کنند. برنامه های کاربردی برای اجرا نیاز به منابع زیرساخت های محاسبات ابری دارند که این موجب ساخت مراکز داده های بزرگ در سراسر جهان شده است که با افزایش درخواست ها، مصرف انرژی و غیره افزایش می یابد. افزایش انرژی نه تنها بر هزینه های عملیاتی تاثیر می گذارد بلکه بر محیط زیست و میزان افزایش گازهای گلخانه ای نظیر CO₂ و قابلیت اطمینان سیستم تاثیر گذار است. ارزیابی ها در مراکز داده نشان داده که میانگین بهره وری سرور بین ۱۰ الی ۵۰ درصد است که انرژی زیادی هدر می دهد. چرا که به طور معمول، یک سرور بیکار به اندازه ۵۰ درصد یک سرور مشغول انرژی مصرف می کند [۱] [۲]. جهت استفاده بهینه از منابع موجود با جابجایی ماشین ها بین ماشین های فیزیکی و استفاده از مهاجرت پویا می توان به این هدف نزدیک شد [۳]. یکی از روش های کاهش مصرف انرژی در مراکز داده، جایابی ماشین مجازی است که ماشین های مجازی در سرورهای کمتری قرار می گیرند و بدین ترتیب از پراکندگی سرورها با حذف سرورهای کم بازده جلوگیری می کند [۲] [۴]. کاهش تعداد سرورها با بهبود دسترس پذیر بودن سیستم، یک مزیت قابل توجه چون کاهش پیچیدگی زیرساخت و صرفه جویی انرژی و هزینه را در مراکز داده دارد [۵] [۶]. مساله جایابی ماشین مجازی یکی از مسائل پیچیده و از دسته NP-hard است. در این مقاله به بررسی انواع روش های مختلف جایابی ماشین مجازی در محیط های محاسباتی ابری پرداخته می شود. روش ها بر اساس نوع الگوریتم استفاده شده در جایابی ماشین مجازی مورد بررسی قرار می گیرند. ادامه مطالب این مقاله در ادامه شرح داده شده است: در بخش ۲، یک طبقه بندی از روش های جایابی ماشین مجازی در محیط محاسبات ابری ارائه می شود. بخش ۳، مروری بر کارهای انجام شده قبلی در زمینه جایابی ماشین مجازی ارائه می دهد. بخش ۴، به نتیجه گیری و کارهای آینده می پردازد.

۲. طبقه بندی روش های جایابی ماشین مجازی در محاسبات ابری

در مراکز داده، تعداد قابل توجهی ماشین فیزیکی و ماشین مجازی با تعداد زیادی معیارهای ممکن وجود دارد. حجم کار روی برنامه‌های کاربردی از یک زمان به زمان دیگر متفاوت است که منجر به نیازمندی به منابع مختلف و استفاده موثر پویا از منابع مشترک می‌شود [۷]. سیستم‌های مبتنی بر ابر برای سازمان‌ها این امکان را فراهم می‌کند که به جای خرید چندین سرور برای تامین نیازهای محاسباتی، برنامه‌های خود را روی سرورهای ابری اجرا کنند و در زمان افزایش تقاضا بتوانند منابع بیشتری را در اختیار بگیرند که این امر با تکنولوژی مجازی‌سازی امکان‌پذیر است. با مجازی‌سازی روی یک ماشین فیزیکی می‌توان چند ماشین مجازی با سطح دسترسی و کیفیت اجرایی متفاوت را ایجاد کرد [۵]. یکی از چالش‌های فراهم‌کنندگان ابر، ارائه روشی کارآمد برای جایابی ماشین‌های مجازی بر روی ماشین‌های فیزیکی است تا بتوانند علاوه بر استفاده حداکثری از ماشین‌های فیزیکی، معیارهای کیفیت خدمات موردنیاز متناسب با نیازمندی‌های فراهم‌کنندگان خدمات را برآورده کنند [۸] [۷]. انتخاب ماشین‌های مجازی و قرار دادن در هر ماشین فیزیکی مجازی شده به عنوان جایابی ماشین مجازی شناخته می‌شود. جایابی ماشین‌های مجازی در میزان مصرف انرژی و جلوگیری از هدر رفتن منابع در بسترهای سخت‌افزاری نقش اساسی دارند. جایابی ماشین‌های مجازی در ماشین‌های فیزیکی مقدار سخت‌افزار استفاده شده را کاهش می‌دهد و ماشین‌های فیزیکی بلااستفاده در حالت خاموش یا آماده به کار نگه داشته می‌شوند [۷]. طبقه‌بندی جایابی ماشین مجازی در محاسبات ابری مطابق با شکل ۱ تعریف شده است. طبقه‌بندی جایابی ماشین مجازی بر اساس راه‌حل‌های موجود، الگوریتم‌های جایابی، منابع مورد استفاده، اهداف مهاجرت، پارامترهای بهینه‌سازی و محیط آزمایشی بیان شده است.



شکل ۱ - طبقه‌بندی جایابی ماشین مجازی در ابر

۱.۲ راه حل های موجود برای جایابی ماشین مجازی

الگوریتم های مختلفی برای حل مسئله جایابی ماشین مجازی پیشنهاد شده است که شامل موارد ذیل است: الگوریتم های قطعی، الگوریتم های اکتشافی، الگوریتم های فرااکتشافی، الگوریتم های تقریبی.

۱.۱.۲ الگوریتم های قطعی

در الگوریتم های قطعی نتیجه هر عمل کاملاً معین و قطعی است که برای حل مسئله جایابی ماشین مجازی پیشنهاد شده است و شامل برنامه ریزی محدود، برنامه ریزی خطی، برنامه ریزی خطی عدد صحیح، برنامه ریزی خطی عدد صحیح مخلوط، بهینه سازی pseudo-Boolean و برنامه ریزی پویا است [۱۵].

۲.۱.۲ الگوریتم های اکتشافی

با توجه به اینکه جایابی ماشین مجازی یک مسئله ترکیبی NP-complete است برای حل کامل مسئله با تعداد زیادی ماشین مجازی و ماشین فیزیکی غیر عملی است. اکثر مقالات بر اساس اکتشافات روی الگوریتم هایی همچون بهترین حالت کاهشی^۱، بهترین حالت، اولین حالت کاهشی^۲، اولین حالت^۳، سنگین ترین حالت، بدترین حالت^۴ به خوبی انجام گرفتند.

۳.۱.۲ الگوریتم های فرااکتشافی

برای بدست آوردن راه حل های خوب در کاربرد زمان بسیار مناسب هستند. از جمله الگوریتم ممتیک، بهینه سازی ازدحام ذرات، بهینه سازی کلونی مورچه، الگوریتم ژنتیک، جستجوی همسایه، شکاف و جستجو و جستجوی ممنوعه^۵ را می توان نام برد.

۴.۱.۲ الگوریتم های تقریبی

الگوریتم های اکتشافی و فرااکتشافی راه حل هایی با کیفیت خوب ارائه می کنند اما کیفیت راه حل های مورد انتظار به سختی قابل اندازه گیری هستند. در یک الگوریتم تقریبی مقدار راه حل بیشتر یا کمتر از راه حل بهینه نخواهد بود [۱۵].

۲.۲ الگوریتم های جایابی ماشین مجازی در محیط ابر

در این بخش به ارزیابی دقیق طرح های جایابی و اهداف مهم آن ها و عوامل جایابی در هر راه حل پرداخته می شود که در ادامه توضیح مختصری از هر یک مطابق با شکل ۲ ارائه می شود.

۱.۲.۲ جایابی ماشین مجازی بر اساس الگوریتم تکاملی ممتیک^۶

یک الگوریتم ترکیبی از الگوریتم ژنتیک و جستجوی محلی برای بدست آوردن راه حل های خوب حتی در نسل های اولیه است. برای جواب ها با تابع برازش مقدار برازندگی را محاسبه می کند و با تقاطع و جهش جواب های جدید تولید می کند. هر نسل روی مجموعه جواب ها یک جستجوی محلی انجام می دهد و مجموعه ای برای بقا به نسل بعد منتقل می کند. الگوریتم ممتیک در حل جایابی ماشین مجازی با وجود تعداد زیادی ماشین مجازی و ماشین فیزیکی بسیار موثر بوده است [۷].

¹ Best Fit Decreasing

² First fit decreasing

³ First Fit

⁴ Worst-fit

⁵ Tabu

⁶ Memetic

۲.۲.۲ جایابی ماشین های مجازی بر اساس بهینه سازی ازدحام ذرات (PSO^۱)

بعضی از راه حل های جایابی ماشین مجازی پیشنهاد شده از الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات به دلیل سرعت همگرایی بالا از آن استفاده می کنند. مزیت اصلی بهینه سازی ازدحام ذرات این است که هر ذره دارای یک حافظه داخلی است و می تواند مسیرهای مختصات خود را در فضای مسئله همراه با راه حل بهینه ای که به دست آورده است دنبال کند. علاوه بر این، روش جستجوی محلی با روش جستجوی سراسری ترکیب می شود تا اکتشاف و بهره برداری را متعادل سازد. اهداف این طرح بهره وری انرژی برای صرفه جویی در هزینه و حفظ کیفیت خدمات در ابر خصوصی است [۸].

۳.۲.۲ جایابی ماشین مجازی بر اساس بهترین حالت کاهشی:

در لیست میزبان، ماشین های مجازی برای هر میزبان بر اساس مصرف به صورت نزولی مرتب می شوند. اگر میزبان منبع کافی برای ماشین مجازی داشته باشد، پس میزبان به عنوان مقصد انتخاب می شود در غیر این صورت کاری انجام نمی دهد [۱۰، ۱۱]. [۸]. الگوریتم بهترین حالت، منبع آگاه و انرژی آگاه است اما ترافیک آگاه یا برنامه آگاه نیست. یک مرکز داده باید در کنار صرفه جویی انرژی، همه ملزومات توافق سطح خدمات از جمله نرخ جایابی ماشین مجازی، عملکرد و قابلیت ارتجاعي را برآورده کند. الگوریتم بهترین حالت در همه زمان ها یک مجموعه میزبان های فعال را نگه می دارد و هر ماشین مجازی در بهترین موقعیت برای دستیابی به تعادل بار در میان میزبان های فعال قرار می گیرد. این روش باید احتمال موفقیت در جایابی ماشین مجازی را افزایش دهد [۱۰].

¹ Particle Swarm Optimization



شکل ۲ - طبقه‌بندی طرح‌های جایابی ماشین مجازی در محیط ابر

۴.۲.۲ جایابی ماشین مجازی بر اساس برنامه‌ریزی عدد صحیح^۱

در مرجع [۱۲] یک کارگزار برای بهینه‌سازی جایابی زیرساخت‌های مجازی با توجه به معیارهای مشخص شده توسط کاربر در ابرهای مختلف ارائه شد. الگوریتم بر اساس فرمول برنامه‌ریزی عدد صحیح و کاهش در قیمت‌ها است. همچنین کاربران، می‌توانند ماشین مجازی را با تنظیم حداکثر بودجه و حداقل عملکرد و محدودیت روی تعادل بار و تنظیمات سخت‌افزاری ماشین مجازی ارائه دهند. در مرجع [۱۳] یک روش برای بهینه‌سازی جایابی ماشین مجازی در مرکز داده در زمینه بارکاری قابل پیش‌بینی ارائه می‌دهد. آن‌ها مسئله را به عنوان بهینه‌سازی حداقل-حداکثر^۲ مطرح می‌کنند و یک روش برای تعادل بار بر اساس برنامه‌ریزی عدد صحیح ارائه می‌دهند. این روش بر اساس بهینه‌سازی برای کاهش زمان مورد نیاز برای محاسبه راه‌حل نهایی، و توانایی برای حل مسائل بزرگتر است. برای مقیاس‌پذیری بیشتر، سه الگوریتم تقریبی برای مصالحه^۳ در مقیاس‌پذیری و عملکرد بر اساس فرمول حریصانه و یا اکتشافی ارائه می‌شود.

¹ Integer Programming

² Min-Max

³ trade-off

۵.۲.۲ جایابی ماشین مجازی بر اساس Bin packing:

جایابی ماشین مجازی می تواند به عنوان یک مسئله bin packing ارائه شود که یک مسئله NP-hard است. از این روش برای پیدا کردن نگاشت واقعی ماشین های مجازی به ماشین های فیزیکی در دسترس استفاده می شود که باعث به حداقل رساندن هزینه اجرای مراکز داده با بسته بندی ماشین های مجازی مورد نیاز در حال اجرا در یک زمان با حداقل تعداد ماشین های فیزیکی ممکن است [۸, ۱۰, ۲۰]. ماشین های فیزیکی به عنوان بسته ها با ابعاد مختلف در نظر گرفته می شوند و این ابعاد مربوط به ظرفیت منابع ماشین های فیزیکی است. به طور مشابه ماشین های مجازی به عنوان اشیاء بسته بندی شده در بسته ها یا ماشین های فیزیکی در نظر گرفته می شوند [۲]. برای هر ماشین مجازی مقدار منابع مورد نیاز مشخص شده است [۱۰]. الگوریتم bin packing برای پیدا کردن یک نگاشت بین اشیاء (ماشین های مجازی) و بسته ها (ماشین های فیزیکی) استفاده می شود به طوری که تعداد کل بسته های مورد نیاز به حداقل رسیده باشد [۱۴, ۱۶]. هدف آن کاهش زمان تکمیل کار و به حداقل رساندن تعداد سرورها برای جایابی ماشین مجازی است. پیش بینی تقاضای هر ماشین مجازی ایجاد شده و بر اساس آن ماشین های مجازی به ترتیب نزولی مرتب می شوند. هر ماشین مجازی از فهرست گرفته می شود و روی اولین ماشین فیزیکی مناسب قرار می گیرد. طرح های جایابی ماشین مجازی به روش bin packing به طور عمده اهداف مربوط به منبع و انرژی است [۱۴].

۶.۲.۲ جایابی ماشین مجازی بر اساس برنامه ریزی محدود^۱

جایابی ماشین مجازی بر اساس برنامه ریزی محدود برای مسائل جستجوی ترکیبی مفید است و راه حل ها باید محدودیت های روی روابط متغیرها را برآورده کنند [۸, ۱۰, ۱۴]. جایابی ماشین مجازی با روش محدود به عنوان یک فرایند دو مرحله ای است: مرحله اول، تصمیمات محلی است که وابسته به محیط هر برنامه کاربردی است. مرحله دوم، تصمیمات سراسری که به عنوان ورودی تصمیمات محلی از همه برنامه ها گرفته می شود و برای به حداکثر رساندن تابع سود سراسری تلاش می کنند [۱۰, ۱۴]. این روش برای کاهش مصرف انرژی یک چارچوب انعطاف پذیر برای تخصیص یا تخصیص مجدد ماشین های مجازی در مرکز داده پیشنهاد می کند که بر اساس مقررات بهترین جایابی ممکن بر اساس محدودیت های بیان شده از طریق توافق های سطح خدمات را ارائه می دهد [۸]. هدف نهایی جایابی ماشین مجازی با روش برنامه ریزی محدود، کاهش تعداد ماشین های فیزیکی یا تعداد میزبان های فعال، کاهش هزینه و مصرف انرژی است [۹, ۱۴].

۷.۲.۲ جایابی ماشین مجازی بر اساس الگوریتم ژنتیک^۲

الگوریتم ژنتیک یک تکنیک است که جستجو بر اساس اکتشاف انجام می شود و در تولید راه حل های بهینه کمک می کند. این روش برای حل مسائل الهام گرفته از طبیعت استفاده می شود [۸, ۱۰, ۱۴]. مراحل الگوریتم ژنتیک به شرح زیر است:

- مدل سازی کروموزوم: این طرح رمزگذاری برای کدگذاری جزئیات مسئله استفاده می شود که از یک نسل به نسل بعدی منتقل می شود.
- جمعیت اولیه^۳: مجموعه راه حل های نشان داده شده با کروموزوم است. راه حل ممکن که به امکان پذیری راه حل اولیه بستگی دارد.
- انتخاب مناسب ترین تابع برازش^۴: بر اساس هدف مسئله، برای طراحی یک الگوریتم ژنتیک موفق استفاده می شود.
- ارزیابی نامزدهای جمعیت با تابع برازش.

¹ Constraint programming

² Genetic Algorithm

³ Population Initialization

⁴ fitness function

سومین همایش ملی مهندسی کامپیوتر، داده کاوی و داده های حجیم

- انتخاب بهترین حالت عنصر از جمعیت فعلی بر اساس مقدار برازش که به عناصر رتبه داده می شود.
- متقاطع^۱: برای تولید نسل بعدی کروموزومها روی جفت های کروموزوم عمل متقاطع انجام می شود. اگر متقاطع در یک نقطه انجام شود آن را به عنوان یک نقطه متقاطع می نامند.
- جهش^۲: برای تغییر مقادیر ژن ها در کروموزومها و حفظ تنوع ژنتیکی کمک می کند که با جایگشت کروموزومها انجام شود.
- جایگزینی نسل^۳: انتخاب مناسب ترین عناصر از جمعیت جدید است. این روش به حل مسائل جایابی چند هدفه و بهینه سازی اهداف متناقض مثل کاهش مصرف انرژی، اجتناب از توازن بار (پر بار و کم بار) و غیره کمک می کند.

۸.۲.۲ جایابی ماشین های مجازی بر اساس بهینه سازی کلونی مورچه (ACO^۴)

الگوریتم بهینه سازی کلونی مورچه بر اساس رفتار مورچه های واقعی توسعه داده شده است. مورچه ها در مسیر جستجوی غذا، ماده شیمیایی فرمون در مسیر بجا می گذارند. هر چه غلظت فرمون در مسیر بیشتر باشد احتمال انتخاب آن مسیر بیشتر است. در جایی که فرمون متراکم باشد مورچه های بیشتری را جذب و این بازخورد مثبتی را در جهت انتخاب مسیر بهینه ایجاد می کند [۱۴]. به عنوان مثال در مرجع [۷] یک راه حل جایابی ماشین مجازی بر اساس بهینه سازی کلونی مورچه ارائه دادند و محدودیت چند منبعی را برای بهبود عملکرد شبکه و بهینه سازی کل ترافیک شبکه با مقیاس پذیری بیشتر مطرح کردند.

۹.۲.۲ جایابی ماشین مجازی بر اساس برنامه ریزی اعداد صحیح تصادفی^۵

برنامه ریزی اعداد صحیح تصادفی برای بهینه سازی مسائلی که شامل عدم قطعیت^۶ هستند استفاده می شود. مدل های برنامه ریزی تصادفی، از این واقعیت استفاده می کنند که توزیع احتمالی داده ها شناخته شده است یا می توان آن را محاسبه کرد، زمانی که درخواست های بعدی منابع شناخته شده نیست [۱۰، ۱۱، ۱۴]. در برنامه ریزی اعداد صحیح تصادفی سه مرحله وجود دارد: ۱. رزرو کردن^۷: کارگزار منابع را بدون در نظر گرفتن تقاضا فراهم می کند. ۲. بهره برداری: رزرو منابع در مواقع استفاده توسط کاربران خدمات ابر است. ۳. بر اساس تقاضا: در صورت تقاضای بیشتر منابع رزرو شده، منابع اضافی را در یک طرح پرداخت بر اساس تقاضا می توان درخواست کرد [۹]. هدف این است که حداکثر انتظارات عملکرد تصمیمات و متغیرهای تصادفی را به حداکثر رسانده و برای کاهش منابع و هزینه های انرژی مناسب ترین ماشین فیزیکی را پیدا کند [۱۴].

۱۰.۲.۲ جایابی ماشین مجازی بر اساس تئوری بازی^۸

تئوری بازی شرایطی را مطرح می کند که به نتیجه تصمیم یک فرد بستگی دارد نه فقط به چگونگی انتخاب از میان گزینه های مختلف بلکه به انتخاب هایی که مردم در تعامل با آن ها انجام می دهند، بستگی دارد. در مرجع [۱۵] یک الگوریتم تئوری بازی تکاملی برای مقابله با جایابی پویای ماشین مجازی را ارائه دادند. در این طرح، ابتدا یک مدل مصرف انرژی برای پشتیبانی از محاسبه میزان مصرف انرژی در طی فرآیند تنظیم پویای ماشین مجازی ساخته شده است. این طرح بر اساس تئوری بازی تکاملی تصادفی چند نفره است که شامل سازندگان تصمیم است و برخی از آن ها ممکن است بهترین استراتژی خود را کنار بگذارند، در حالی که یک استراتژی تصادفی با نرخ مشخص را انتخاب می کنند. ماشین های مجازی به چند بازیکن نگاهت

¹ crossover

² mutation

³ Generation Alternation

⁴ Ant colony optimization

⁵ Stochastic Integer Programming

⁶ uncertainty

⁷ reservation

⁸ Game theory

می‌شوند که در بازی تکاملی شرکت می‌کنند و در هر دور، همه بازیکنان یک ماشین فیزیکی برای ماندن انتخاب می‌کنند که حداکثر بازده آن‌ها میزان مصرف انرژی را کاهش می‌دهد. اگر سودمندی راه‌حل فعلی بهتر از بهترین راه‌حل کنونی باشد، راه‌حل برای دور بعدی بازی اتخاذ خواهد شد. در این طرح، هر ماشین فیزیکی می‌تواند چهار حالت مختلف شامل اجرا، آماده، خواب و خاموش داشته باشد.

۱۱.۲.۲ جایابی ماشین مجازی بر اساس تئوری گراف^۱

ماشین‌های مجازی مضر^۲ می‌توانند به ناظر یا میزبان‌های ماشین‌های مجازی دیگر حمله کنند و آن‌ها را آلوده کنند. علاوه بر این، ماشین مجازی آلوده می‌تواند به میزبان‌های دیگر مهاجرت کند و دیگر ماشین‌های مجازی را آلوده کند، بنابراین بیماری همه‌گیر ایجاد می‌شود. در مرجع [۱۶] طرحی مبتنی بر ترکیب تئوری گراف و شبیه‌سازی مبتنی بر عامل را برای مطالعه بیماری همه‌گیر^۳ در محیط ابر و کنترل گسترش سرایت^۴ ارائه دادند. آن‌ها تاثیر جایابی ماشین مجازی را بر روی امنیت ابر تجزیه و تحلیل می‌کنند و هر دو اهداف مخرب ماشین مجازی برای آلوده کردن ماشین‌های هم‌نژاد^۵ و گسترش در میان ماشین‌های فیزیکی ممکن را بررسی می‌کنند. آن‌ها مفهوم تئوری اپیدمی را در جایابی ماشین مجازی اعمال می‌کنند و میزان ماشین‌های آلوده را براساس نمودار پیشنهادی در زیر ساخت‌های ابر تخمین می‌زنند.

۱۲.۲.۲ جایابی ماشین مجازی بر اساس روش حریمانه^۶

در مرجع [۱۷] یک الگوریتم بر اساس حریمانه با دو مسیر مسیریابی (GVMTPR^۷) معرفی شده است که با استفاده از روش حریمانه به طور هوشمندانه ماشین‌های مجازی را روی سرورهای فیزیکی قرار می‌دهد که هدفش کاهش ترافیک شبکه، تعداد سرورها و استفاده از منبع با حفظ تضمین بیان شده است. الگوریتم تقسیم جریان و مسیر شامل دو مسیر پیوند-متلاشی^۸ برای کاهش تراکم است در حالی که ملزومات درجه حفاظت و پهنای باند را برآورده می‌کند. آن‌ها حداکثر بار روی هر پیوند را به عنوان تراکم اندازه‌گیری استفاده می‌کنند. تقسیم ترافیک برای کاهش تراکم و تضمین حفاظت در صورت خطا کمک می‌کند که این برای تقسیم جریان‌های بزرگ مطلوب است وقتی جریان‌های کوتاه مقایسه می‌شود. به همین دلیل جریان‌های بزرگ به احتمال زیاد باعث تراکم پیوند می‌شوند. در این طرح، ماژول تابع انتخاب مسیر برای انتخاب مجموعه سرورهای مناسب برای ماشین‌های مجازی و مسیرها برای ارتباط ماشین‌های مجازی است. سرورها و مسیرهای انتخاب شده باید ملزومات منبع شبکه و سرور را برآورده کنند تا زمانی که استفاده از منبع بهینه شود.

۱۳.۲.۲ جایابی ماشین مجازی بر اساس الگوریتم بانکداری^۹

برای جلوگیری از بن‌بست هنگام جایابی ماشین‌های مجازی در مرکز داده، برخی از ارائه‌دهندگان یا کارگزاران ممکن است مطرح کنند که سرورها بیش از حد بارگذاری شدند و سیستم خارج از منابع است. به عنوان مثال، در مرجع [۱۸] راه‌حل جایابی ماشین مجازی با استفاده از الگوریتم بانکداری متمرکز با اجتناب از بن‌بست و ایمن بودن یا ناامن بودن وضعیت سیستم در زمان تخصیص منبع بررسی شده است. علاوه بر این، این طرح تلاش می‌کند تا مصرف انرژی و مهاجرت ماشین مجازی را

¹ Graph theory

² malicious

³ epidemics

⁴ infections

⁵ sibling

⁶ Greedy

⁷ Greedy VM placement with Two Path Routing

⁸ link-disjoint

⁹ Banker algorithm

سومین همایش ملی مهندسی کامپیوتر، داده کاوی و داده های حجیم

در مرکز داده ابر کنترل و به حداقل برساند بدون اینکه توافق سطح خدمات آسیب ببیند. کار پیشنهادی با یک اضافه بار متفاوت و یک الگوریتم انتخاب بهترین ماشین مجازی اجرا می شود.

۱۴.۲.۲ جایابی ماشین مجازی بر اساس اتوماتا^۱

در مرجع [۱۹] یک طرح جدید بر اساس مجموعه عمل متوالی یادگیری اتوماتا (CALA^۲) برای جایابی پویای ماشین های مجازی روی مراکز داده ناهمگن برای کاهش مصرف انرژی ارائه شد. این طرح از مهاجرت زنده و اجبار گره های تنبل به خواب پشتیبانی می کند و هر یادگیری اتوماتا دو حالت دارد که در یک زمان فقط یکی فعال است. با توجه به استفاده سرورها حالت تنبل، حالت میانگین، حالت فعال و حالت استفاده زیاد در نظر گرفته می شود. انتقال از یک حالت به حالت دیگر با تغییر حالت از یک گره به گره بعدی است. نتایج شبیه سازی نشان می دهد که عملکرد روش پیشنهادی به طور قابل توجهی مصرف انرژی را کاهش می دهد و کارایی سیستم تا حد زیادی حفظ می شود.

۱۵.۲.۲ جایابی ماشین مجازی بر اساس شبیه سازی تبرید^۳

شبیه سازی تبرید (SA) یک روش احتمالی است برای یافتن یک راه حل خوب و نه الزاما کامل برای یک مسئله بهینه سازی کامل است. در مرجع [۲۰] جایابی ماشین مجازی را بر اساس شبیه سازی تبرید (SAVMP^۴) برای بهبود بهره وری انرژی در مسئله جایابی ماشین مجازی پیشنهاد شد. جایابی ماشین مجازی بر اساس شبیه سازی تبرید، روش حالت کاهش را برای ایجاد وظیفه اولیه از ماشین مجازی به ماشین فیزیکی اعمال می کند. با این حال، این روش مشابه با محدودیت های اولین حالت کاهش، برای جایابی مناسب نیست و باید برای جایابی ماشین مجازی ایستا استفاده شود.

۱۶.۲.۲ جایابی ماشین مجازی بر اساس برنامه ریزی غیر خطی چند هدفه^۵

در مرجع [۲۱] برای کاهش هزینه های محاسبات ابری بدون کاهش کیفیت خدمات به عنوان یک مسئله، راه حل برنامه ریزی غیر خطی چند هدفه مطرح شده است. سرورها و شبکه در حدود ۶۰٪ به کل هزینه مراکز داده در محاسبات ابری کمک می کند. چگونگی جایابی ماشین های مجازی که بتواند تا حد ممکن هزینه ها را کاهش دهد در حالی که تضمین کیفیت خدمات نقش مهمی در افزایش رقابت ارائه دهندگان خدمات ابر ایفا می کند. زمانی که گروهی از ماشین های مجازی با ترافیک بالا متوقف شوند این موجب کاهش تاخیر ارتباطات و صرفه جویی مصرف پهنای باند بین سروری می شود. برنامه ریزی غیر خطی چند هدفه می تواند هزینه شبکه و منبع ماشین فیزیکی را کاهش دهد در حالی که کیفیت خدمات تضمین شود که این کار فقط هزینه های داخلی یک مرکز داده را بهینه می کند.

۱۷.۲.۲ جایابی ماشین مجازی بر اساس الگوریتم جستجوی هارمونی (HS^۶)

یکی از ساده ترین الگوریتم های فراکتشافی است که از نواختن همزمان گروه موسیقی الهام گرفته شده است. این الگوریتم برای ایجاد جواب جدید با استفاده از همه جواب های موجود در حافظه خود منجر به افزایش انعطاف برای جستجوی فضاهای بهتر جواب می شود. از مزایای این الگوریتم می توان سادگی، عدم حساسیت به حالت اولیه، همگرایی سریع در پیدا کردن کوچکترین زیر مجموعه را نام برد [۲۲].

¹ Automata

² continuous Action-set Learning Automata

³ Simulated Annealing

⁴ Simulated Annealing VM Placement

⁵ multi-objective nonlinear programming

⁶ Harmony search

۱۸. ۲.۲ جایابی ماشین مجازی بر اساس الگوریتم جستجوی گرانشی (GSA^۱)

در الگوریتم جستجوی گرانشی بهینه‌سازی با روش قوانین گرانشی با زمان گسسته و حرکت در سیستم مصنوعی انجام می‌شود. بر اساس قانون گرانش هر جسم محل و وضعیت سایر اجسام را با نیروی جاذبه درک می‌کند و هر جسم روی اجسام دیگر به نسبت جرم و فاصله جسم با دیگر اجسام تاثیر می‌گذارد. از این نیرو برای تبادل اطلاعات در محیط سیستم می‌توان استفاده کرد [۲۳].

۱۹. ۲.۲ جایابی ماشین مجازی بر اساس الگوریتم گرم شب‌تاب

یکی از الگوریتم‌های فرااکتشافی در بهینه‌سازی هوش جمعی است که جزء الگوریتم‌های تصادفی محسوب می‌شود. گرم‌های شب‌تاب در ارتباط با یکدیگر و جذب جنس مخالف و هشدار از نور چشمک‌زن استفاده می‌کنند. با این الگوریتم در فضای جستجو بهترین راه‌حل را برای بقای خود انتخاب می‌کند. مزیت این الگوریتم نسبت به سایر الگوریتم‌ها، بخش‌بندی خودکار است که با تقسیم‌بندی همزمان جمعیت به زیرگروه‌ها با فاصله معین، بهترین راه‌حل بهینه را از بین تمام زیرگروه‌ها مشخص می‌کند [۲۴].

۲۰. ۲.۲ جایابی ماشین مجازی بر اساس الگوریتم تکاملی مبتنی بر شبکه

الگوریتم مبتنی بر شبکه شبیه الگوریتم ژنتیک عمل می‌کند که برای حل مسائل بهینه‌سازی چندین هدفه ارائه شده است. هدف آن انتخاب مسیر مطلوب با حفظ توزیع یکسان و گسترده است. الگوریتم مبتنی بر شبکه در ایجاد تعادل بین همگرایی و تنوع تاثیر بسزایی دارد [۲۵]. الگوریتم GREA به‌عنوان یک الگوریتم تکاملی برای بدست آوردن راه‌حل‌های خوب در نظر گرفته می‌شود که در مساله جایابی ماشین مجازی برای یافتن راه‌حل‌های با کیفیت در کوتاه مدت مناسب است.

۳.۲ منابع در نظر گرفته شده

در محاسبات ابری برای هر ماشین مجازی منابع مختلفی برای اجرای برنامه‌ها در نظر گرفته می‌شود [۱۰]. به طور خاص منابع مراکز داده ابر به عنوان مثال پردازنده، حافظه، پهنای باند شبکه و ذخیره‌سازی در نظر گرفته شده که با تمرکز بر اهداف برای رسیدن به رضایت کیفیت خدمات کاربران از طریق توافق سطح خدمات بکار گرفته می‌شوند [۳].

۴.۲ اهداف مهاجرت

مهاجرت ماشین مجازی در مراکز داده به دنبال اهدافی همچون توازن و تقسیم بار، تحمل‌پذیری در برابر خطا، مدیریت انرژی و کاهش زمان پاسخ سرویس می‌باشد. در این پژوهش اهداف مهاجرت تلفیق سرور، مهاجرت نقطه کانونی و تعادل بار است که مختصری به آن‌ها پرداخته می‌شود.

- **تلفیق سرور:** زمانی که ماشین‌های فیزیکی کم استفاده می‌شوند ماشین‌های مجازی به طور کامل و رایگان مهاجرت می‌کنند. ماشین‌های فیزیکی آزاد برای صرفه‌جویی انرژی خاموش می‌شوند که منجر به تلفیق می‌شوند.
- **مهاجرت نقطه کانونی:** وضعیت پربار یک ماشین فیزیکی یک نقطه کانونی است. افزایش استفاده از منبع در دوره‌های زمان نشان می‌دهد که در آینده احتمالاً نتیجه به نقطه کانونی می‌تواند برسد. افزایش درخواست ورودی نشان می‌دهد ماشین مجازی به منابع بیشتری برای انجام کار نیاز دارد، بنابراین منجر به ایجاد یک نقطه کانونی می‌شود. نقاط کانونی می‌توانند به‌طور محلی کاهش یابند اگر ظرفیت کافی در میزبان ماشین فیزیکی در دسترس باشد در غیر این صورت تنها گزینه مهاجرت است.

¹ Gravitational search algorithm

سومین همایش ملی مهندسی کامپیوتر، داده کاوی و داده های حجیم

- **تعادل بار:** تعادل بار شامل مهاجرت ماشین های مجازی از ماشین های فیزیکی با بارگذاری زیاد به ماشین های فیزیکی کم بارگذاری شده است. زمانی که یک ماشین فیزیکی بیش از حد بارگذاری شده باشد موجب تاخیر در خدمات کاربران می شود. اگر اختلاف زیادی در سطوح مصرف ماشین های فیزیکی وجود داشته باشد تعادل بار ایجاد می شود [۲۶].

۵.۲ پارامترهای بهینه سازی

در مراکز داده محاسبات ابری با توجه به تعداد قابل توجهی از ماشین های فیزیکی و مجازی، معیارهای مختلفی در زمان انتخاب راه حل با توجه به سیاست های مدیریت و اهداف بهینه سازی مورد توجه قرار می گیرد. پارامترهای هدف با توجه به نیازهای دریافت کنندگان خدمات است. با توجه به تعداد زیاد پارامترهای هدف پیشنهاد شده در مسئله جایابی ماشین مجازی، دسته بندی پارامترهای هدف با مشخصات مشابه در پنج گروه بیان شده است.

- **به حداقل رساندن مصرف انرژی:** مصرف بالای انرژی به یک مسئله مهم برای ارائه دهندگان خدمات ابر تبدیل شده است. عوامل متعدد عبارتند از پردازنده، حالت های سرور، اجزای مختلف سرور (ذخیره سازی، حافظه، پردازنده)، حالت های ماشین فیزیکی (اجرا، آماده، خواب، خاموش)، عناصر شبکه (مثل اجزای مسیریابی شبکه، سرور، خنک کننده، فاصله بین ماشین های مجازی) است. کاهش مصرف انرژی با جایابی ماشین های مجازی روی حداقل ماشین های فیزیکی در مسئله جایابی ماشین مجازی بسیار مورد مطالعه قرار گرفته است [۹].

- **به حداقل رساندن ترافیک شبکه:** ترافیک شبکه اثر قابل توجهی روی توافق سطح خدمات، ارائه دهنده های خدمات و عملکرد خدمات محاسبات ابر دارد. عوامل مهم در جایابی ماشین مجازی مبتنی بر شبکه عبارتند از به حداقل رساندن زمان ارسال داده، ترافیک بین ماشین های مجازی، ترافیک بین ماشین های فیزیکی، فاصله بین ماشین های مجازی. روش های دیگری برای بهینه سازی ترافیک شبکه ارائه شده است که عبارتند از: ۱. هزینه های ارتباطات شبکه ۲. سر بار مهاجرت زنده ۳. معیارهای شبکه مثل تاخیر دسترسی به داده ها، زمان انتقال دهنده، تراکم پیوند، عملکرد شبکه، زمان پاسخ سرویس و میانگین تاخیر. ۴. شبکه گسترده توزیع شده در ابر [۹].

- **بهینه سازی هزینه های اقتصادی:** کاهش هزینه های نگهداری مراکز داده برای ارائه دهندگان ابر از اهداف جایابی ماشین مجازی است. مسئله کاهش هزینه زمانی که کیفیت خدمات کاربران و توافق سطح خدمات مورد توجه هستند به عنوان یکی از مسائل اساسی مطرح می شود. فاکتورهای مهمی که در جایابی ماشین مجازی بر اساس هزینه نقش دارند عبارتند از: هزینه انرژی ماشین های مجازی در مراکز داده، هزینه استفاده از ماشین فیزیکی در یک دوره خاص از زمان، هزینه نگهداری مرکز داده، هزینه کاهش فاصله بین ماشین های مجازی و میزبان ها، هزینه خنک سازی سیستم در مراکز داده [۱۰].

- **به حداکثر رساندن عملکرد:** برای رسیدن به عملکرد بالا نیازمند بهینه شدن پارامترهایی از جمله معیارهای امنیتی، تداخل منابع، کیفیت خدمات، در دسترس بودن بالا، کل زمان تکمیل کار، توافق مشترک سطح حافظه کش، زمان توسعه طرح است.

- **به حداکثر رساندن مصرف منبع:** زیرساخت های ابر از منابع فیزیکی و مجازی مختلف مثل پردازنده، حافظه، ذخیره سازی، پهنای باند شبکه، واحد پردازش گرافیکی تشکیل شده است که مصرف متعادل و موثر از منابع در این زمینه یک مسئله مهم است [۹].

۶.۲ محیط آزمایشی

آزمایشات می تواند شامل شبیه سازی و پیاده سازی در سیستم عامل های ابر باشند. شبیه سازی ها می توانند شامل آزمایشات با تعداد مختلف ماشین مجازی و فیزیکی و انواع مختلف بارکاری (مثل پردازنده و شبکه) و بارکاری مختلف توزیع شده (توزیع

گاوسی یا نرمال) باشند. رایج ترین شبیه ساز ابر کلودسیم است. انواع بارکاری استفاده شده در آزمایشات تجربی با توجه به ناهمگونی برنامه هایی که در مراکز داده ابر اجرا می شوند باید متنوع باشد. الگوریتم ها برای حل مسئله جایابی ماشین مجازی با روش ها و معیارهای شناخته شده مقایسه می شوند و عملکرد آن ها با الگوریتم های دیگر مقایسه می شود [۹].

۳. مروری بر کارهای انجام شده در زمینه جایابی ماشین مجازی

در این بخش مروری بر کارهای قبلی انجام شده در زمینه جایابی ماشین مجازی می پردازیم. با استفاده گسترده از مجازی سازی در مراکز داده ابر، جایابی ماشین مجازی به یک مسئله مهم برای ارائه دهندگان ابر تبدیل شده است.

در مرجع [۲۷] برای مسئله جایابی ماشین مجازی، نویسندگان محدودیت های چند منبعی ماشین فیزیکی را پیشنهاد دادند. به حداقل رساندن کل ترافیک با جایابی ماشین مجازی در مرکز داده و قرار دادن ماشین مجازی با ترافیک بالا در همان ماشین فیزیکی می تواند طرح ترافیک بین ماشین های مجازی را تغییر دهند. با به حداقل رساندن استفاده حداکثری از پیوند شبکه (MLU)^۱، ترافیک شبکه به طور مساوی اختصاص داده می شود و از تراکم نقاط کانونی^۲ اجتناب می شود.

در مرجع [۲۸] الگوریتم تکاملی چندهدفه NS-GGA برای حل مساله جایابی ماشین مجازی با روش مرتب سازی سریع نامغلوب پیشنهاد شده است. مدیریت منابع به عنوان چالش در مراکز داده، خدمات محاسبات ابری با استفاده از برنامه های ترکیبی ادامه خواهد داشت. روش پیشنهادی بر اساس مرتب سازی نامغلوب و گروه بندی اپراتورهای ژنتیک برای رسیدن به جبهه پارتو بهینه تلاش می کند. ارائه دهندگان زیرساخت لازم است مکان های ماشین های مجازی را مشخص کنند. اثربخشی با کمترین ماشین فیزیکی و افزایش مقیاس پذیری و استفاده بیشتر از منابع امکان پذیر است. الگوریتم پیشنهادی برای حل مساله جایابی با اهداف حداکثر استفاده از منابع سرور، کاهش ترافیک و کاهش تعداد ماشین های فیزیکی فعال از سیستم منطقی فازی برای ترکیب چند هدف به یک تابع هدف استفاده می کند.

در مرجع [۲۹] چندین الگوریتم تخصیص منابع برای مدیریت انرژی کارا در محیط ابر پیشنهاد شده است. الگوریتم MBFD^۳ متمرکز بر جایابی ماشین های مجازی است که با ارسال درخواست های جدید ماشین مجازی و انتساب آن ها به میزبان ها سروکار دارد. در این روش، ابتدا تمامی ماشین های مجازی به صورت نزولی و براساس میزان بهره برداری اخیر پردازنده شان مرتب می شوند. هر ماشین مجازی به میزبانی تخصیص داده می شود که حداقل مصرف انرژی را با اضافه شدن این ماشین مجازی به همراه خواهد داشت. به منظور بهینه سازی ماشین های مجازی فعلی از حد آستانه، حداقل و حداکثر بهره برداری برای میزبان ها استفاده کردند.

در مرجع [۳۰] روش پیشنهادی بر اساس الگوریتم Bin Packing است که برای به حداقل رساندن استفاده منبع در مراکز داده و افزایش سود برای ارائه دهندگان تلاش می کند. در این سیستم پیشنهادی استراتژی بهترین حالت^۴ و بدترین حالت، ماشین های مجازی را به طور موثر در تعداد کمتری از سرورهای فیزیکی فعال قرار می دهد. کارها با استفاده از روش بهترین حالت زمان بندی می شوند و کارگزار ابر از روش بدترین حالت برای جایابی ماشین مجازی استفاده می کند. الگوریتم برای پیدا کردن سرور مناسب برای ماشین های مجازی درخواستی کاربران در میان همه ماشین های فیزیکی استفاده نشده جستجو می کند. با این تکنیک، استفاده کارآمد از سرورهای فعال انجام می شود و فرصتی برای منع ورود مجدد روی ماشین فیزیکی اضافی را فراهم می کند. بنابراین الگوریتم به کاهش مصرف انرژی ماشین های فیزیکی ناشی از استفاده حداقل تعداد سرورهای فعال و کاهش هزینه عملیات کمک می کند.

¹ Maximum Link Utilization

² hotspots

³ Modified Best Fit Decreasing

⁴ Best-fit

سومین همایش ملی مهندسی کامپیوتر، داده کاوی و داده های حجیم

در مرجع [۳۱] روش پیشنهادی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک بنام GABA است. یکی از چالش‌ها در مراکز داده بزرگ تنظیم مجدد ماشین‌های مجازی به صورت برخط است. روش پیشنهادی استفاده از منابع مراکز داده را بهبود می‌بخشد و ذخیره‌سازی انرژی را به طور قابل توجهی افزایش می‌دهد. همچنین خاموش کردن ماشین‌های فیزیکی غیر ضروری بدون کاهش عملکرد سیستم است. یکی از مزایای این روش جستجوی برخط راه‌حل‌های بهینه در فضای گسترده و پیچیده مراکز داده است. در مرجع [۳۲] الگوریتمی مبتنی بر بسته‌بندی برخط بنام VISBP ارائه می‌کند که تخصیص منابع مراکز داده را از طریق مهاجرت زنده به صورت پویا انجام می‌دهد. این الگوریتم پیشنهادی در سیستم‌های واقعی برای تخصیص منابع کارآمد است. مهاجرت زنده برای تنظیم ماشین مجازی با هدف تعادل بار و صرفه‌جویی انرژی استفاده می‌شود. این روش باعث صرفه‌جویی انرژی و کاهش تعداد ماشین‌های فیزیکی فعال می‌شود.

جدول ۱- بررسی روش‌های پویای جایابی ماشین مجازی در محاسبات ابری

مرجع	الگوریتم جایابی VM	پارامترهای بهینه‌سازی	ضعف	محیط آزمایش
[۲۷]	حداکثر مصرف پیوند شبکه (MLU)	بهینه‌سازی کل ترافیک شبکه به حداقل رساندن MLU	دارا بودن ماهیت درجه دوم و عوامل میزبان فیزیکی مثل توپولوژی شبکه و طرح مسیریابی	شبیه‌سازی با ++C محیط
[۲۸]	الگوریتم تکاملی چندهدفه NS-GGA	حداکثر استفاده از منابع کاهش تعداد ماشین‌های فیزیکی فعال کاهش ترافیک	برای دستیابی به حداقل ترافیک بخاطر تقسیم، منابع زیادی از دست می‌رود	محیط شبیه‌سازی نامشخص
[۲۹]	الگوریتم MBFD	کاهش مصرف انرژی کاهش نقض SLA کاهش تعداد مهاجرت ماشین مجازی	در سناریوی همگن صرفه‌جویی انرژی مورد انتظار بدست نمی‌آید	ابزار کلودسیم
[۳۱]	الگوریتم GABA	حداکثر استفاده از منابع کاهش مصرف انرژی	تنظیم مجدد ماشین‌های مجازی در محیط ایستا امکان‌پذیر نیست	ابزار کلودسیم
[۳۲]	الگوریتم VISBP	کاهش مصرف انرژی کاهش تعداد ماشین‌های فیزیکی فعال افزایش مقیاس‌پذیری	تعداد سرورها و تعداد مهاجرت محدود است	ابزار کلودسیم

۴. نتیجه‌گیری

در این مقاله الگوریتم‌های جایابی ماشین مجازی با توجه به رویکردهای بهینه‌سازی و توابع هدف مورد بررسی قرار گرفتند. با توجه به توابع اهداف در مساله جایابی ماشین مجازی برای حل مساله بسیاری از پارامترها را باید مورد توجه قرار داد. در سال‌های اخیر مقالات زیادی برای بهینه‌سازی اهداف ارائه شده است. تقریباً ۶۰ تابع هدف وجود دارد که برای مدلسازی توابع هدف روش‌های مختلفی پیشنهاد شده است. به‌عنوان کار آینده، با توجه به ناسازگاری توابع هدف، طراحی الگوریتم‌های چندین هدفه برای بهینه‌سازی چندین هدف به طور همزمان پیشنهاد می‌شود.

مراجع

- [1]. Varasteh, A. and Goudarzi, M, "Server consolidation techniques in virtualized data centers: A survey" IEEE Systems Journal, Vol. 11, No. 2, pp. 772-783, 2015.
- [2]. Ali, H.M. and Lee, D.C, "A biogeography-based optimization algorithm for energy efficient virtual machine placement," In 2014 IEEE Symposium on Swarm Intelligence, pp. 1-6, 2014.

- [3]. Usmani, Z. and Singh, S, "A survey of virtual machine placement techniques in a cloud data center" *Procedia Computer Science*, Vol. 78, pp. 491-498, 2016.
- [4]. Ahmad, R.W. and Gani, A. and Hamid, S.H.A. and Shiraz, M. and Yousafzai, A. and Xia, F, "A survey on virtual machine migration and server consolidation frameworks for cloud data centers" *Journal of network and computer applications*, Vol. 52, pp. 11-25, 2015.
- [5]. Gao, Y. and Guan, H. and Qi, Z. and Hou, Y. and Liu, L, "A multi-objective ant colony system algorithm for virtual machine placement in cloud computing" *Journal of Computer and System Sciences*, Vol. 79, No. [8], pp. 1230-1242, 2013.
- [6]. Ihara, D. and López-Pires, F. and Baran, B, "December. Many-objective virtual machine placement for dynamic environments," *In 2015 IEEE/ACM 8th International Conference on Utility and Cloud Computing (UCC)*, pp. 75-79, 2015.
- [7]. López-Pires, F. and Barán, B, "Many-objective virtual machine placement" *Journal of Grid Computing*, Vol. 15, No. 2, pp. 161-176, 2017.
- [8]. Masdari, M. and Nabavi, S.S. and Ahmadi, V, "An overview of virtual machine placement schemes in cloud computing" *Journal of Network and Computer Applications*, Vol. 66, pp. 106-127, 2016.
- [9]. Pires, F.L. and Barán, B, "A virtual machine placement taxonomy," *In 2015 15th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing*, pp. 159-168, 2015.
- [10]. Gohil, B. and Shah, S. and Golechha, Y. and Patel, D, "A comparative analysis of virtual machine placement techniques in the cloud environment" *International Journal of Computer Applications*, Vol. 156, No. 14, 2016.
- [11]. Chowdhury, M.R. and Mahmud, M.R. and Rahman, R.M, "Study and performance analysis of various VM placement strategies," *In 2015 IEEE/ACIS 16th International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing (SNPD)*, pp. 1-6, 2015.
- [12]. Tordsson, J. and Montero, R.S. and Moreno-Vozmediano, R. and Llorente, I.M, "Cloud brokering mechanisms for optimized placement of virtual machines across multiple providers" *Future generation computer systems*, Vol. 28, pp. 358-367, 2012.
- [13]. Li, X. and Qian, Z. and Lu, S. and Wu, J, "Energy efficient virtual machine placement algorithm with balanced and improved resource utilization in a data center" *Mathematical and Computer Modelling*, Vol. 58, pp. 1222-1235, 2013.
- [14]. Bharathi, P.D. and Prakash, P. and Kiran, M.V.K, "Virtual machine placement strategies in cloud computing" *In 2017 Innovations in Power and Advanced Computing Technologies (i-PACT)*, pp 1-7, 2017.
- [15]. Xiao, Z. and Jiang, J. and Zhu, Y. and Ming, Z. and Zhong, S. and Cai, S, "A solution of dynamic VMs placement problem for energy consumption optimization based on evolutionary game theory" *Journal of Systems and Software*, Vol. 101, pp. 260-272, 2015.
- [16]. bazari, F. and Analoui, M, "Exploring the effects of virtual machine placement on the transmission of infections in cloud," *In 7'th International Symposium on Telecommunications (IST'2014)*, pp. 278-282, 2014.
- [17]. Kanagavelu, R. and Lee, B.S. and Le, N.T.D. and Mingjie, L.N. and Aung, K.M.M, "Virtual machine placement with two-path traffic routing for reduced congestion in data center networks" *Computer Communications*, Vol. 53, pp. 1-12, 2014.
- [18]. Singh, N.A. and Hemalatha, M, "Energy efficient virtual machine placement technique using banker algorithm in cloud data centre," *In 2013 International Conference on Advanced Computing and Communication Systems*, pp. 1-6, 2013.
- [19]. Rasouli, N. and Meybodi, M.R. and Morshedlou, H, "August. Virtual machine placement in cloud systems using learning automata," *In 2013 13th Iranian Conference on Fuzzy Systems (IFSC)*, pp 1-5, 2013.
- [20]. Wu, Y. and Tang, M. and Fraser, W, "A simulated annealing algorithm for energy efficient virtual machine placement," *In 2012 IEEE international conference on systems, man, and cybernetics (SMC)*, pp. 1245-1250, 2012.
- [21]. Zhang, J. and He, Z. and Huang, H. and Wang, X. and Gu, C. and Zhang, L, "SLA aware cost efficient virtual machines placement in cloud computing," *In 2014 IEEE 33rd International Performance Computing and Communications Conference (IPCCC)*, pp. 1-8, 2014.
- [22]. Lee, K.S. and Geem, Z.W, "A new meta-heuristic algorithm for continuous engineering optimization: harmony search theory and practice," *Computer methods in applied mechanics and engineering*, Vol. 194, pp. 3902-3933, 2005.
- [23]. Rashedi, E. and Nezamabadi-Pour, H. and Saryazdi, S, "GSA: a gravitational search algorithm," *Information sciences*, Vol.179, No. 13, pp. 2232-2248, 2009.
- [24]. Yang, X.S, "Firefly algorithms for multimodal optimization," *In International symposium on stochastic algorithms*, Berlin, Heidelberg, pp. 169-178, 2009.

- [25]. Yang, S. and Li, M. and Liu, X. and Zheng, J, "**A grid-based evolutionary algorithm for many-objective optimization**," *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, Vol.17, No. 5, pp. 721-736, 2013.
- [26]. Mishra, M. and Das, A. and Kulkarni, P. and Sahoo, A, "**Dynamic resource management using virtual machine migrations**," *IEEE Communications Magazine*, Vol. 50, No. 9, pp. 34-40, 2012.
- [27]. Dong, J.K. and Wang, H.B. and Li, Y.Y. and Cheng, S.D, "**Virtual machine placement optimizing to improve network performance in cloud data centers**" *The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications*, Vol. 21, No. 3, pp. 62-70, 2014.
- [28]. Liu, C. and Shen, C., Li, S. and Wang, S, "**A new evolutionary multi-objective algorithm to virtual machine placement in virtualized data center**," *In 2014 IEEE 5th International Conference on Software Engineering and Service Science*, pp. 272-275, 2014.
- [29]. Moges, F.F. and Abebe, S.L, "**Energy-aware VM placement algorithms for the OpenStack Neat consolidation framework**" *Journal of Cloud Computing*, Vol. 8, No.1, p. 2-14, 2019.
- [30]. Babu, K.R. and Samuel, P, "**Virtual machine placement for improved quality in IaaS cloud**," *In 2014 Fourth International Conference on Advances in Computing and Communications*, pp. 190-194, 2014.
- [31]. Mi, H. and Wang, H. and Yin, G. and Zhou, Y. and Shi, D. and Yuan, L, "**Online self-reconfiguration with performance guarantee for energy-efficient large-scale cloud computing data centers**," *In 2010 IEEE International Conference on Services Computing*, pp. 514-521, 2010.
- [32]. Song, W. and Xiao, Z. and Chen, Q. and Luo, H, "**Adaptive resource provisioning for the cloud using online bin packing**" *IEEE transactions on Computers*, Vol. 63, No. 11, pp. 2647-2660, 2013.