Journal of Soft Computing and Information Technology (JSCIT)
Babol Noshirvani University of Technology, Babol, Iran
Journal Homepage: jscit.nit.ac.ir
Volume 10, Number 2, Summer 2021, pp. 14-26
Received: 12/10/2020, Revised: 03/18/2021, Accepted: 15/04/2021

A New Load-Balancing Algorithm Using Fuzzy Logic and Multi-Objective Firefly Algorithm in Cloud Computing Environment

Neda Nilsaz Dezfouli[1], Maryam Rastgarpour[2*]
1- Computer Engineering Department, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2*- Faculty of Engineering, Computer Department, Saveh Branch, Islamic Azad University, Saveh, Iran.

[1]neda.nilsaz@srbiau.ac.ir, [2*]m.rastgarpour@iau-saveh.ac.ir

Corresponding author's address: Maryam Rastgarpour, Faculty of Engineering, Computer Department, Saveh Branch, Islamic Azad University, Saveh, Iran.

Abstract- In cloud computing environment, request management and optimal task assignment to cloud resources are challenging when it faces with increasing the number of users and their requests to use resources. Moreover, maintaining load balancing in this environment leads to shorter response times, boosting of system speed, its security and reliability. Therefore, an effective algorithm is desirable to optimally assign tasks and maintain load balancing. This paper aims to present a method of scheduling and assigning tasks to resources. It is combination of a multi-objective firefly algorithm and fuzzy logic. The purpose of the proposed method is to optimize turnaround time and communication costs in the cloud computing environment. In this study, the multi-objective firefly algorithm is utilized in order to optimize these two parameters simultaneously. Turnaround time is in second and communication cost is in terms of distance traveled (meters). Hence, the current study applied fuzzy logic in order to calculate the degree of fit. The results indicated that 49% and 43% improvement in the turnaround time of the proposed algorithm compared with the genetic algorithm and the simple firefly algorithm. Also, communication costs have decreased by 21% and 39%, respectively, in comparison with the genetic algorithm and the simple firefly algorithm.

Keywords- Cloud Computing, Scheduling, Load Balancing, Multi Objective Firefly Algorithm, Fuzzy Logic.

مجله علمی پژوهشی رایانش نرم و فناوری اطلاعات
دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل
صفحه مجله: jscit.nit.ac.ir
جلد ۱۰، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰، صفحه ۱۴-۲۶
دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۲۰، بازنگری: ۱۳۹۹/۱۲/۲۸، پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۲۶

یک الگوریتم توازن بار جدید با استفاده از منطق فازی و الگوریتم کرم شب‌تاب چند هدفه در محیط رایانش ابری

ندا نیل ساز دزفولی[۱]، مریم رستگارپور*[۲]
۱- دانشکده مهندسی کامپیوتر، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
*۲- دانشکده فنی و مهندسی، گروه آموزشی مهندسی کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ساوه، ساوه، ایران.
[1]neda.nilsaz@srbiau.ac.ir, [2*] m.rastgarpour@iau-saveh.ac.ir,

* نشانی نویسنده مسئول: مریم رستگارپور، ساوه، بلوار شهید بهشتی، بلوار شهید فهمیده، کیلومتر ۴ جاده نورعلیبیک شهرک دانشگاهی خاتم الانبیاء (ص)، دانشکده فنی و مهندسی، گروه آموزشی مهندسی کامپیوتر

چکیده- در محیط رایانش ابری، با افزایش تعداد کاربران و درخواست آن‌ها برای استفاده از منابع، چالش مدیریت درخواست‌ها و تخصیص بهینه وظایف به منابع ابر ایجاد می‌شود. همچنین حفظ توازن بار در محیط رایانش ابر، موجب زمان پاسخ‌دهی کوتاه‌تر و افزایش سرعت، امنیت و قابلیت اطمینان سیستم می‌شود. بنابراین، وجود الگوریتمی مناسب برای تخصیص مطلوب وظایف و حفظ توازن بار ضروری است. در این مقاله یک روش زمان‌بندی و اختصاص وظایف به منابع با ترکیب الگوریتم کرم شب‌تاب چند هدفه و منطق فازی ارایه شده است. هدف روش پیشنهادی، بهبود زمان گردش کار و هزینه ارتباطی در محیط رایانش ابر است. برای بهینه سازی همزمان این دو پارامتر، از الگوریتم کرم شب‌تاب چند هدفه استفاده شده است. زمان گردش کار برحسب ثانیه و هزینه ارتباطی برحسب مسافت طی شده (متر) است. بنابراین، از منطق فازی جهت محاسبه میزان برازندگی استفاده شده‌است. نتایج به‌دست‌آمده نشانگر بهبود زمان گردش کار الگوریتم پیشنهادی به میزان ۴۹٪ و ۴۳٪ در مقایسه با الگوریتم ژنتیک و الگوریتم کرم شب تاب ساده بوده‌است. همچنین هزینه ارتباطی به ترتیب ۲۱٪ و ۳۹٪ نسبت به الگوریتم ژنتیک و الگوریتم کرم شب‌تاب ساده، کاهش داشته‌است.

واژه‌های کلیدی: رایانش ابری، زمان‌بندی، توازن بار، الگوریتم کرم شب‌تاب چندهدفه، منطق فازی.

۱- مقدمه

زمانبندی وظیفه‌ها یک مسئله بسیار مهم در محیط رایانش ابری است [۱]. موضوع اصلی زمانبندی وظایف در رایانش ابری، زمان‌بندی بهینه وظایف برای کاربران و استفاده از تمام توان سیستم ابر به‌صورت همزمان است[۲]. اهداف ویژه عبارتند از توازن بار، کیفیت خدمات، اصل اقتصادی و زمان، عملیات مطلوب و توان سیستم. هدف الگوریتم‌های زمان‌بندی رایانش ابری، به حداقل رساندن زمان اتمام کار با حداقل منابع مؤثر است[۳]. رایانش ابر به مجموعه‌ای از سیستم‌ها و برنامه‌های کاربردی اشاره می‌کند که منابع توزیع شده برای انجام یک کار به روش غیرمتمرکز را به کار می‌برد[۴]. عملکرد توازن بار، بهبود بخشیدن در ناحیه‌ای از شبکه است تا بار کاری در سرتاسر منابع توزیع شود. توازن بار، استفاده از منابع را بهبود می‌بخشد، زمان پاسخگویی را کاهش داده و با مکانیزم توزیع بار به چندین بخش، از اضافه‌بار در سیستم جلوگیری می‌نماید[۵]. در واقع می‌توان هدف از توازن بار را، یافتن نگاشتی مناسب از کارها بر روی پردازنده‌های موجود در سیستم به شکلی که بر روی هر پردازنده، مقدار مساوی از کارها با در نظر گرفتن پارامترهای توازن بار اجرا گردد، دانست[۸،۷،۶]. از طرفی، نظریه مجموعه‌های فازی در شرایط عدم اطمینان، قادر است که به بسیاری از مفاهیم و متغیرها صورت ریاضی بخشد و زمینه را برای استدلال،

استنتاج، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم آورد[۹]. الگوریتم کرم شب‌تاب از دسته الگوریتم‌های فرایافتاری جهت پیدا کردن جواب بهینه می‌شود. این الگوریتم متعلق به گروه الگوریتم‌های تصادفی است و می‌تواند برای حل مسائل سخت[1] بهینه‌سازی به‌کار رود. بدین منظور، از یک نوع جستجوی تصادفی برای رسیدن به مجموعه‌ای از راه حل ها استفاده می‌کند. در مرجع [۱۰] از الگوریتم کرم شب‌تاب چندهدفه با اهداف کاهش زمان گردش کار و کاهش هزینه ارتباطی استفاده شده‌است. هدف از این مقاله، کاهش هزینه ارتباطی و کاهش زمان اتمام کار، برای نگاشت کارها به ماشین مجازی در محیط رایانش ابری می‌باشد. برای رسیدن به این هدف، از ترکیب منطق فازی و الگوریتم کرم شب‌تاب چند هدفه جهت تخصیص منابع استفاده شده است.

با این مقدمه، ساختار ارائه مطالب در این مقاله مشتمل بر پنج بخش بوده که بخش دوم بعد از مقدمه، خلاصه‌ای از روش‌های پیشین زمان‌بندی و توازن بار در رایانش ابری را مرور می‌کند. بخش سوم، الگوریتم پیشنهادی را ارائه می‌دهد. بخش چهارم، نتایج شبیه سازی و ارزیابی روش پیشنهادی را نمایش می‌دهد. بخش پنجم به نتیجه‌گیری و کارهای آتی می‌پردازد.

۲- کارهای پیشین

در رایانش ابری، یک مرکز داده معمولی به وسیله ماشین‌هایی با سرعت بالا تشکیل می‌شود که وظایف متنوعی را انجام می‌دهند[۱۱]. وظایف مربوط به کاربران مختلف از یکدیگر قابل تشخیص است. یکی از چالش‌های اصلی، زمان‌بندی اختصاص چند وظیفه به چند ماشین است[۱۲]. در مرجع [۱۳]، کایور و همکاران یک روش بهینه‌سازی توازن بار بر مبنای روش‌های هوش‌جمعی ترکیبی ارائه داده‌اند. عملکرد این روش بر مبنای دو معیار مهم بازه زمانی و هزینه تحلیل بررسی شده است. نتایج شبیه‌سازی با توجه به معیارهای بازه زمانی و هزینه تحلیل، برای دو رویکرد مقایسه شده‌اند. نتایج رویکرد ترکیبی برای بهینه‌سازی توازن بار می‌تواند بهبود زیادی نسبت به رویکردهای دیگر تولید کند. مزیت این روش، کاهش هزینه و کاهش زمان اجرای پاسخ‌دهی و ضعف آن، سربار محاسباتی بالا جهت اجرا است. در [۱۴]، راسیم و همکاران، روش توازن بار بر مبنای الگوریتم بهینه‌سازی 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 بهینه‌سازی اجرای وظایف و زمان انتقال در مدل بهینه‌سازی پیشنهادی است. آزمایش رویکرد ارائه شده در ابزارهای نرم‌افزار کلودسیم 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. در [۱۵] راجا گوپالان و همکاران، یک روش زمانبندی بهینه وظایف در رایانش ابری با استفاده از الگوریتم ترکیبی کرم شب‌تاب و ژنتیک معرفی کرده‌اند. الگوریتم ارائه شده، مزایای الگوریتم بهینه‌سازی کرم شب‌تاب با الگوریتم تکاملی همانند الگوریتم ژنتیک را ترکیب کرده و یک الگوریتم جستجوی هوش جمعی ترکیبی قدرتمند را ارائه می‌دهد. مزیت روش ارائه شده، زمانبندی وظایف با هدف حداقل زمان اجراسازی برای تمام وظایف و همگرایی سریع به راه‌حل نزدیک به بهینه است. نتایج شبیه‌سازی نشان دادند که این الگوریتم ترکیبی، عملکردی بهتر نسبت به الگوریتمهای سنتی FIFOو ژنتیک دارد. ضعف روش ارائه شده، افزایش سربار به دلیل استفاده از دو الگوریتم به صورت سری است. در [۱۶]، کاشی کولایی و حسین آبادی، روشی جهت ارتقاء زمانبندی وظایف در رایانش ابری بر مبنای الگوریتم رقابت استعماری و الگوریتم کرم شب‌تاب 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 راه‌حل و الگوریتم کرم شب‌تاب، به‌منظور جستجوی محلی است. نتایج شبیه‌سازی مطابق با معیارهای پایداری، زمان پردازنده مرکزی، توازن بار، درصد راندمان و بازه زمانی نشان داده شده و الگوریتم ارائه شده قادر به تعداد وظایف بیشتری است که منجر به عملکرد بهتر الگوریتم ارائه شده نسبت به سایر الگوریتم‌ها شده است. این امر، به دلیل ترکیب مناسب دو الگوریتم است. در مقاله شرما و همکاران [۱۷]، الگوریتم‌های مکاشفه‌ای کمترین-کمترین و بیشترین-بیشترین که با مجموعه‌ای از درخواست‌های منتظر اجرا شروع می‌شود، زمان اجرای هر درخواست روی هر منبع در یک ماتریس محاسبه می‌شود. در این ماتریس برای هر درخواست، منبعی که آن را در کمترین زمان مورد پردازش قرار می‌دهد، انتخاب و به مجموعه راه‌حل اضافه می‌شود. برای کاهش زمان اجرا، الگوریتم کارها را به ماشین‌های مجازی بررسی شده تخصیص می‌دهد. در الگوریتمMET [2]که توسط کریشناوی و پراکاش ارایه شده است، وظایف بر اساس بهترین زمان اجرای مورد نظر به ماشین مجازی اختصاص داده می‌شوند[۱۸]. مزیت این الگوریتم، تخصیص وظایف به بهترین ماشین مجازی است که باعث

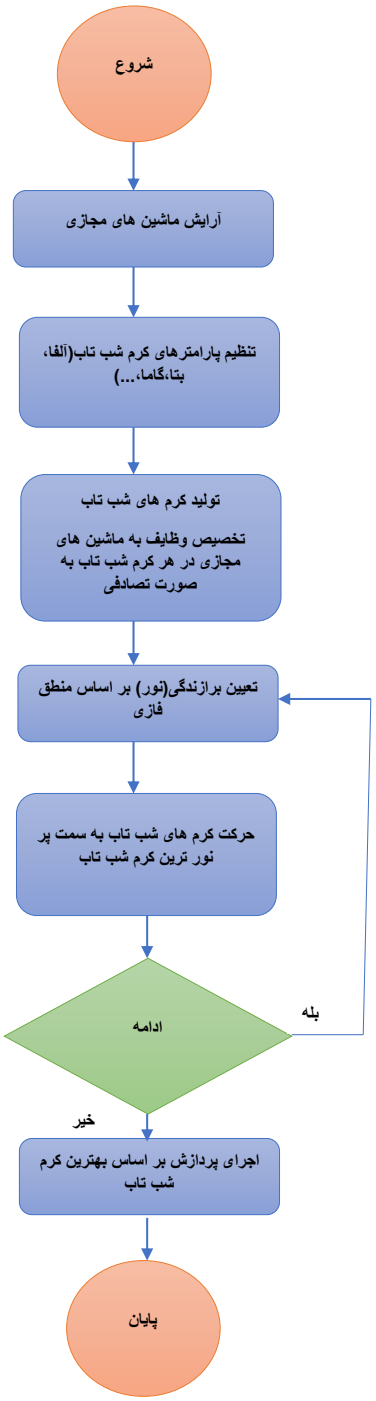
بهبود زمان اجرای وظایف می‌گردد. از معایب آن، توزیع بار نامتعادل بین ماشینهای مجازی است[۲۰،۱۹]. الگوریتم بیشینه-کمینه بهبودیافته توسط لی و وانگ [۲۱] ارائه شده‌است. هدف این الگوریتم، تخمین زمان اجرا به منظور زمان اتمام مناسب است. این الگوریتم باعث توازن بار و کاهش Span Make می‌شود. در الگوریتم بیشینه-کمینه بهبودیافته، Span Make نسبت به الگوریتم بیشینه کمینه کاهش یافته‌است. الگوریتم بیشینه-کمینه، وظیفه را به منبع اختصاص می‌دهد و وظایف طولانی اولویت بیشتری نسبت به وظایف کوتاه دارند[۲۲].

در الگوریتم نوبت گردشی حلقه‌ای (RR[۳]) به عنوان صف و همچنین یک کوانتوم زمانی ثابتی توسط پرادهان و همکاران، تعریف می‌شود[۲۳]. بر این اساس، زمان‌بند به هر مرحله پردازش یک وقفه که همان واحد زمانی ثابت است اختصاص می‌دهد. هر کار فقط با این کوانتوم می‌تواند اجرا شود. در صورتی که کار در این کوانتوم زمانی به اتمام نرسد، دوباره به صف باز می‌گردد و برای نوبت زمانی بعدی منتظر می‌ماند. ویژگی این الگوریتم که توسط لی و زو ارایه شده است، اجرای درخواست‌ها در نوبت زمانی خود است و نیازی به تکمیل کارهای قبلی نیست[۲۵،۲۴]. در الگوریتم FCFS[۴] توسط ایسلام و حسن در مرجع [۲۶] وظایف به ترتیب وارد شدن، در صف انتظار جهت تخصیص منابع قرار می‌گیرند. یکی از معایب آن، طولانی شدن زمان اجرای کارها است. زیرا اگر وظایف بزرگ زودتر وارد شوند، زمان زیادی برای اجرای کارهای کوچک نیاز است. الگوریتم BVFS[۵] که توسط راج و ستیا و همچنین حلبی و همکاران ارایه شده است، یک الگوریتم ترکیبی است که برای بالا بردن کارایی، پارامترهای بیشتری جهت زمان‌بندی وظایف مورد بررسی قرار می‌دهند[۲۸،۲۷]. الگوریتمی جهت ایجاد رابطه میان واسطه و ماشین‌های مجازی، به منظور کم کردن هزینه، زمان اجرای وظایف است. اولویت‌دهی ماشین‌های مجازی بر اساس کمترین هزینه می‌باشد، اجرای وظایف با استفاده از نوبت گردشی از FCFS انجام می‌گیرد. در مقاله لیو و ژان، [۲۹] یک الگوریتم زمان‌بندی وظیفه اصلاح‌شده مبتنی بر الگوریتم زنبورعسل و الگوریتم حریصانه پیشنهاد شده است تا به میزان مطلوبی از خدمات در ابر ترکیبی دست یابند. هدف اصلی این سیستم رسیدن به جواب بهتر می‌باشد و از منابع به شیوه‌ای گذرا استفاده می‌شود. در مقاله کاشی کولایی و حسین‌آبادی[۳۰]، یک روش ترکیب شبیه‌سازی با الگوریتم رقابت استعماری را برای زمان‌بندی به منظور داشتن فعالیت‌های خرابی ماشین و نگهداری و تعمیرات شرح می‌دهد. هدف به حداقل رساندن زمان اتمام کارهاست. ناها و همکاران[۳۱]، یک الگوریتم DRR[۶] پیشنهاد داده‌اند، که در آن وظایف به گونه‌ای زمان‌بندی می‌شوند که تمام کارها بتوانند قبل از مهلت زمانی کامل شوند، قابلیت اطمینان حاصل شده و منابع به حداقل برسند. الگوریتم ارائه شده در [۳۳،۳۲] توسط سایکیا و دوی و همچنین لطیف و مادری، روشی جهت تعریف اصطلاحاتی مانند خطا، تحمل خطا و افزونگی است. این امر موجب ایجاد چهار شکل متفاوت از تحمل خطا و دو مرحله اصلی تشخیص و تصحیح در دستیابی به آنها می‌شود. این مسئله توسط محمد و همکاران نشان می‌دهد که این کار می‌تواند به آشکار نمودن ساختارهای ذاتا اساسی کمک کند تا روش‌ها و اصطلاحات همگون شوند[۳۴]. مدت زمان استفاده از منابع، یکی از چالش‌های مهم در رایانش ابری است. زیرا کاربران ترجیح می‌دهند که درخواست‌هایشان در مدت زمان کوتاهی انجام پذیرد. همچنین اگر کارها در محیط نامطمئن انجام گیرد، این امکان وجود دارد که درخواست‌ها با شکست مواجه شده و نیاز به اختصاص منابع دیگری برای وظایف باشد. بنابراین هزینه ارتباطی، چالش دیگری است که باید در رایانش ابری مورد بررسی قرار گیرد. روش‌های مختلفی جهت توازن بار در رایانش ابری بیان شد که قادر به پوشش تمام چالش‌ها به صورت همزمان نیستند. در روش پیشنهادی، به کارگیری همزمان منطق فازی و الگوریتم کرم شب‌تاب چندهدفه، موجب انعطاف‌پذیری شبکه می‌شود. در نتیجه، هزینه ارتباطی و زمان گردش کار، کاهش یافته و کارایی سیستم افزایش می‌یابد.

۳- الگوریتم پیشنهادی

زمان گردش کار و هزینه ارتباطی از معیارهای بسیار مهم جهت تخصیص منابع در رایانش ابری است. هرچه هزینه ارتباطی و زمان گردش کار، کمتر باشد، رایانش ابری بهتر خواهد بود. الگوریتم کرم شب‌تاب چند هدفه، با دو تابع بهینه‌سازی زمان انجام کار و هزینه ارتباطی، به‌کار می‌رود. با توجه به اینکه زمان گردش کار برحسب ثانیه و هزینه ارتباطی نیز برحسب مسافت طی شده (متر) است و این دو معیار از نظر واحد یکسان نیستند، برای ترکیب دو معیار، نیاز به یک راهکار مناسب است. همچنین در محیط‌های ابری، احتمال وقوع پدیده‌های ناخواسته نظیر نویز، تضعیف و تداخل وجود دارد. سیستم فازی قادر به کار با پارامترهای نامعنوع و نادقیق است و در محیط‌های نویزی به خوبی عمل می‌کند. بنابراین می‌توان سیستم‌های منطق فازی را که بهترین گزینه جهت گرفتن ورودی و تصمیم‌گیری سریع هستند، به کار برد. سیستم منطق فازی، ورودی‌ها را از منطق کلاسیک و پیوسته به منطق فازی با تعداد حالات محدود می‌برد. سپس از ورودی‌های فازی شده، میزان برازندگی به دست آمده و بر اساس آن تصمیم‌گیری می‌شود.

پارامترهای مورد استفاده در این روش که به عنوان ورودی سیستم فازی گرفته می‌شود، زمان انجام کارها و هزینه ارتباطی است که بعد از فازی‌سازی و استخراج نتایج، میزان برازندگی کرم شب‌تاب مشخص می‌شود. هدف روش پیشنهادی، بهبود اختصاص وظایف به ماشین‌های مجازی، با استفاده از منطق فازی و الگوریتم کرم شب‌تاب چندهدفه است. شکل شماره (۱)، فلوچارت روش پیشنهادی را نشان می‌دهد.



شکل ۱ : فلوچارت الگوریتم پیشنهادی

۳-۱- مراحل اجرای الگوریتم پیشنهادی

مراحل این الگوریتم که جهت بالا بردن کارایی و توازن بار با استفاده از سیستم فازی جهت انتخاب بهترین کرم شب‌تاب جهت اجرای وظایف توسط ماشین‌ها در محیط رایانش ابری است به‌صورت زیر است:

۱) شروع

۲) تعیین مقادیر پارامترهای محیط ابر و مشخص کردن تابع هدف.

پارامترهای ابر شامل تعداد وظایف، تعداد ماشین‌های مجازی، قدرت ماشین مجازی و... است. محیط ابر در نظر گرفته شده یک محدوده ۵۰۰*۵۰۰ بر اساس مرجع [۳۵] است که شامل یک مرکز داده و چندین ماشین مجازی است. ماشین‌های مجازی و مرکز داده به صورت تصادفی در محیط قرار داده شده‌اند. مرکز داده چندین وظیفه را برای اجرا به ماشین‌های مجازی ارسال می‌کند. تعداد ماشین‌های مجازی همواره کمتر از وظایف است. زیرا بیشتر بودن ماشین‌های مجازی در مقایسه با وظایف، منجر به هدر رفتن توان سخت‌افزاری و اتلاف هزینه پیاده‌سازی رایانش ابری می‌شود. بنابراین انتخاب تعداد زیاد ماشین مجازی توصیه نمی‌شود. همچنین در صورت انتخاب کم ماشین‌های مجازی، دریافت نتیجه به کندی انجام می‌شود و کارایی رایانش ابری به طور نامطلوبی کاهش می‌یابد.

۳) تعیین مقادیر پارامترهای الگوریتم کرم شب‌تاب چندهدفه

تعداد کرم‌های شب‌تاب[۷]، حداکثر تعداد ماشین‌های مجازی مورداستفاده[۸]، حداقل تعداد ماشین‌های مجازی مورداستفاده[۹] و تعداد نسل‌ها، K، در شبیه‌سازی‌های مختلف در اجراهای مختلف متغیر بوده و به ترتیب افزایش می‌یابد.

۴) تولید جمعیت اولیه به صورت تصادفی

بر اساس منابع و وظایف رسیده، مجموعه‌ای از کرم های شب‌تاب ایجاد می‌شود که هر کرم شب‌تاب یک نگاشت از وظایف به منابع است.

۵) استفاده از تابع round(fft) جهت به‌دست آوردن مقادیر گسسته مکان کرم ها و به‌دست آوردن تابع هدف هر کرم شب‌تاب.

با توجه به اینکه الگوریتم کرم شب‌تاب ذاتاً پیوسته است، در گام چهارم، جمعیت اولیه که همان کرم‌های شب‌تاب می‌باشد، به صورت

پیوسته ایجاد شده است. به ازای n کار و m ماشین مجازی، نگاشت در محدوده بیشترین و کمترین مشخص شده، صورت گرفته است. روش‌های زیادی جهت تبدیل مقدار پیوسته به گسسته وجود دارد که در روش پیشنهادی، با توجه به این‌که الگوریتم FFT برای داده‌هایی با طول کوتاه کارآمدتر است، تابع round(fft) استفاده شده که عدد به سمت نزدیکترین عدد صحیح گرد می‌شود.

۶) به‌کارگرفتن تابع هدف

تابع هدف شرایط مطلوب یک رایانش ابری را نشان می‌دهد. در صورتی‌که کرم‌های شب‌تاب در یک نقطه متمرکز شده باشند، بهترین حالت برای اجرای وظایف بر روی ماشین‌های مجازی به‌دست آمده است. کرم‌های شب‌تاب بر اساس هزینه ارتباطی و زمان گردش کار، میزان نور مختلفی از خود منتشر می‌کنند. میزان نور (برازندگی) با استفاده از یک سیستم فازی به دست می‌آید.

۷) مشخص کردن بهترین کرم شب‌تاب

کرم شب‌تابی که شدت نور در آن بیشترین باشد، در هر نسل بر اساس سیستم فازی انتخاب می‌شود . شکل(۲)، قطعه کد مشخص کردن بهترین کرم شب‌تاب را نشان می‌دهد.

```
best_fitness = 1000;
for i=1:1:NO_Firefly
if best_fitness > Firefly(i).Fitness
best_fitness = Firefly(i).Fitness;
candidate_Firefly =  i;
end
end
best_Firefly =Firefly(candidate_Firefly);
```

شکل۲: قطعه کد مشخص کردن بهترین کرم شب‌تاب

در قطعه کد شکل ۲، NO_Firefly تعداد کرم‌های شب‌تاب، Firefly(i).Fitness هزینه کرم شب‌تاب i ام و best_Firefly بهترین کرم شب‌تاب می‌باشند.

۸) اجرای تابع هدف

در این مرحله کرم‌های شب‌تاب به سمت کرم‌های شب‌تاب پرنورتر حرکت می‌کنند. در نتیجه مکان کرم‌های شب‌تاب در فضای جستجو تغییر می‌کنند که باعث ایجاد نسل جدید می‌شود. مراحل ۶، ۷ و ۸ تکرار می‌شوند تا بیشترین نسل مشخص شده ایجاد شود و بعد از آن پردازش صورت می‌گیرد.

۹) پایان الگوریتم

۳-۲- تشریح مراحل مسئله زمان‌بند

مفروضات مسئله مورد بررسی به‌صورت زیر است:

- کارها مستقل انجام می‌شوند.
- محیط ابر همگن و ایستا است.
- ماشین‌های مجازی و مرکز داده به صورت تصادفی در محیط قرار داده شده‌اند.
- هر کار توسط یک ماشین انجام می‌شود.
- سرعت پردازش منابع متفاوت است.
- زمان انتظار برای هر کار بر اساس رابطه (۱) به‌دست می‌آید.

(۱) زمان انتظار برای هر کار = زمان رسیدن درخواست کاربر - زمان شروع کار

کارها بعد از پایان کار قبل شروع به انجام می‌شوند.

- زمان گردش کار با رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

(۲) زمان گردش کار روی ماشین مجازی= زمان انتظار آن کار + زمان پردازش کار

با توجه به فرض، n وظیفه و m منبع (ماشین مجازی) وجود دارد. به این صورت که $T=\{T1,T2,T3,\dots TN\}$ وظایف $V=\{V1, V2,V3 , \dots VM$ ماشین مجازی است و تعداد ماشین‌های مجازی از تعداد کارها همیشه کمتر است.

ابتدا پارامترهای ابر مقداردهی شده و تابع هدف مشخص می‌شود که نشان دهنده زمان اجرای کار i روی ماشین j می‌باشد و به‌صورت رابطه (۳) است.

$$Task_execution\ _time_{(i)} = Task_{(i)} / Power_vm_{(j)} \qquad (۳)$$

در رابطه (۳)، Task_execution_time زمان اجرای وظایف، Task طول دستورات و Power_vm قدرت پردازش ماشین مجازی می‌باشد.

۳-۲-۱- تولید جمعیت اولیه

در این مرحله بعد از مشخص کردن مقادیر الگوریتم، جمعیت اولیه کرم‌های شب‌تاب جهت نگاشت کارها به منابع ایجاد می‌شود. رابطه

(۴) این کار را انجام می‌دهد و یک عدد تصادفی به ازای هر یک از تعداد کارها ایجاد می‌کند که نشان‌دهنده ماشین‌های مجازی جهت نگاشت کارها است.

$$Firefly_{(i)}_position=Unifrnd(varmin,varmax,1,ntask) \quad (۴)$$

۳-۲-۲- تبدیل مقادیر پیوسته به گسسته

با توجه به اینکه الگوریتم کرم شب‌تاب ذاتا پیوسته است، در گام چهارم به‌صورت پیوسته جمعیت اولیه که همان کرم‌های شب‌تاب می‌باشد، ایجاد شده است. به ازای n کار و m ماشین مجازی، نگاشت در محدوده بیشترین و کمترین مشخص شده، صورت گرفته است. روش‌های زیادی جهت تبدیل مقدار پیوسته به گسسته وجود دارد که در این مقاله، در این گام، از تابع round(fft) استفاده شده است و عدد به سمت نزدیکترین عدد صحیح گرد می‌شود.

۳-۲-۳- ایجاد تابع هدف به کمک کرم شب‌تاب

بعد از انجام این مرحله، باید مقدار هزینه هر کرم شب‌تاب بر اساس تابع هدف تعیین شود تا بهترین کرم شب‌تاب که حاوی بهترین نگاشت است، انتخاب گردد. این کار بر اساس حداقل بودن زمان گردش کار و هزینه ارتباطی صورت می‌گیرد. تابع دو هدفه به صورت رابطه (۵) تعریف می‌گردد. α و β وزن‌های رابطه است. همچنین تابع $F_1(x)$ در رابطه (۶)، نشان دهنده زمان پاسخگویی و تابع $F_2(x)$ در رابطه (۷)، بیانگر هزینه ارتباطی است.

$$F(x)=\alpha(F_1(x))+\beta(F_2(x)) \quad (۵)$$
$$\alpha,\beta\geq 0$$
$$\alpha+\beta=1$$

$$F_1(x)=Tat_{(i)} \quad (۶)$$

$$F_2(x)=\text{Communication_Cost}_{(i)} \quad (۷)$$

۳-۲-۴- زمان گردش کار (Tat) و هزینه ارتباطی (Cc)

$$\text{Tat}_{(i)} = \text{task_execution_time}_{(i)} + \text{wait_time}_{(i)} \quad (۸)$$

$$\text{Task_execution_time}_{(i)} = \text{sum}(\text{task}_{(i)} / \text{power of vm}_{(i)}) \quad (۹)$$

$$\text{wait_time}_{(i)} = s_t - a_t \quad (۱۰)$$

در رابطه (۸)، $Tat_{(i)}$ زمان گردش‌کار و $Task_execution_time_{(i)}$ در روابط (۸) و (۹)، زمان اجرای الگوریتم است. در رابطه (۱۰)، S_t و a_t به ترتیب زمان شروع و زمان رسیدن است. هزینه ارتباطی در این روش ، مسافت طی شده وظیفه از مرکز داده (s) به ماشین مجازی در نظر گرفته شده است.

$$\text{Communication_Cost}_{(i)}=\text{Distance}(S,vm_{(i)}) \quad (۱۱)$$

۳-۲-۵- تعیین تابع هزینه

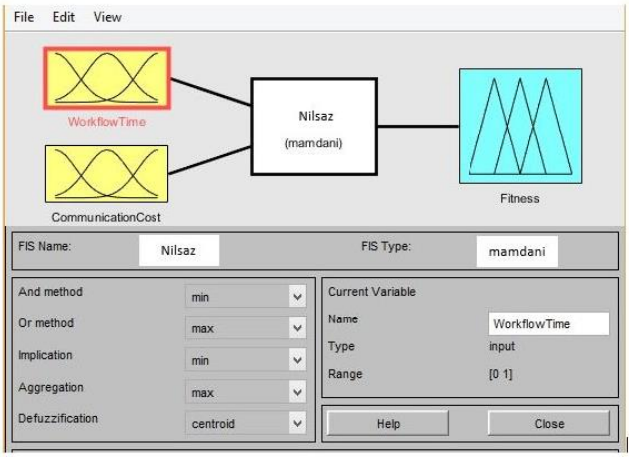
در روش پیشنهادی، مقدار هزینه، کمترین مقدار تابع هدف برای بهترین نگاشت کارها به منابع و توزیع بار است. ورودی سیستم فازی، زمان گردش کار و هزینه ارتباطی و خروجی سیستم فازی، هزینه می‌باشد. رابطه (۱۲) نشان‌دهنده تعیین تابع هزینه است.

$$\text{Cost} = \text{Fuzzy_System}(\text{Tat},\text{Cc}) \quad (۱۲)$$

۳-۲-۶- سیستم فازی

در این طرح برای محاسبه هزینه کرم‌های شب‌تاب چند هدفه، از دو معیار هزینه ارتباطی و زمان گردش کار استفاده می‌شود. هزینه ارتباطی برحسب متر و زمان گردش کار برحسب ثانیه است. با توجه به همنوع نبودن این دو معیار، سیستم‌های فازی، به‌دلیل کارکرد خوب با پارامترهای غیرهمنوع، یکی از بهترین سیستم‌های کنترل و تصمیم‌گیری در چنین شرایطی است. سیستم فازی شکل(۳) در این طرح استفاده شده است. برای سیستم فازی، دو ورودی در نظر گرفته شده که هر ورودی از سه متغیر کلامی تشکیل شده است. بنابراین قوانین نهایی برای پیاده سازی $۳^۲=۹$ خواهد بود. مقدار زبانی(متغیر کلامی) برای هر یک از پارامترها، به سه سطح کم، متوسط و زیاد تقسیم شده است و طبق بهینه سازی فازی، باید تعداد قوانین فازی را کم و بهینه نمود. بنابراین منتخبی از قوانین، مورداستفاده قرار گرفته است. جهت به‌کارگیری قوانین فازی، از سیستم ضرب ممدانی استفاده شده‌است. درمرحله غیر فازی‌سازی، نمودار فازی به یک عدد تبدیل می‌شود. تعداد متغیرهای خروجی پنج است که به صورت بسیارکم، کم، متوسط، زیاد و بسیار زیاد در نظر گرفته شده است. قوانین به کار گرفته شده در این بخش، بدون وزن می‌باشند. در انتها، سرویس دهنده‌ای

که بیشترین قابلیت اطمینان را دارد، انتخاب شده و کرم‌های شب‌تاب به سمت آن حرکت می‌کنند.



شکل ۳: سیستم فازی طرح پیشنهادی

۳-۲-۷- تکرار الگوریتم کرم شب‌تاب

فاصله بین کرم‌های شب‌تاب بر اساس فاصله اقلیدسی طبق رابطه (۱۳) اندازه‌گیری می‌شود. فاصله هر کرم شب‌تاب تا بهترین کرم شب‌تاب، موقعیت جدید کرم شب‌تاب است که باید به سمت آن حرکت کند.

$$d(p,q)=\sqrt{(p_1-q_1)^2+(p_2-q_2)^2+\ldots+(p_n-q_n)^2}=\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(p_i-q_i)^2} \qquad (۱۳)$$

موقعیت جدید کرم شب‌تاب با توجه به رابطه (۱۴) می‌شود:

$$New_pos = old_pos + (\beta * \exp(-\gamma * r^2)) * (best_pos) \qquad (۱۴)$$

بنابراین، بهترین کرم شب‌تاب در هر مرحله انتخاب و بقیه کرم‌های شب‌تاب به‌سوی بهترین کرم شب‌تاب حرکت می‌کنند.

به‌طور خلاصه، الگوریتم پیشنهادی، روشی برای تخصیص منابع بر روی چندین ماشین مجازی به کمک الگوریتم کرم شب‌تاب و منطق فازی در یک محیط رایانش ابری است. در مرحله اول، کرم‌های شب‌تاب تولید و سپس توسط منطق فازی برازندگی را محاسبه می‌کند. سپس سایر کرم‌های شب‌تاب به سمت بهترین کرم شب‌تاب با برازندگی بیشتر (نور بیشتر) حرکت می‌کنند.

۴- ارزیابی روش پیشنهادی

برای ارزیابی روش پیشنهادی در این تحقیق از نرم‌افزار متلب نسخه ۲۰۱۹a استفاده شده است.

۴-۱- تنظیم اولیه

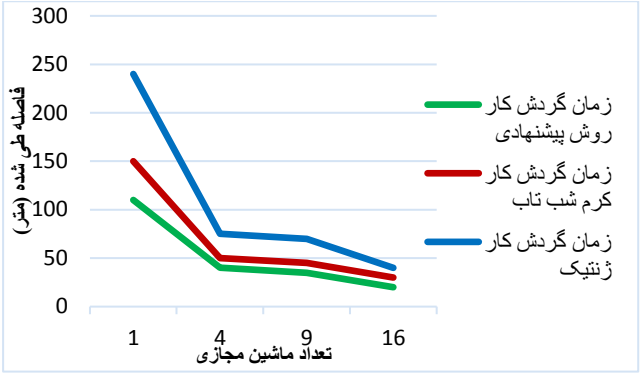
قبل از بررسی نتایج شبیه‌سازی ابتدا لازم است تعداد ماشین‌های مجازی، مکان مبدأ و ماشین‌های مجازی و تعداد وظایف مشخص شود. برای بررسی تأثیر میزان اطلاعات بر روی الگوریتم تعداد وظایف با الهام از مرجع [۳۶] توسط نیلیما و رادی، ۴۰، ۵۰، ۶۰ و ۷۰ در نظر گرفته می‌شود. روش پیشنهادی بر روی یک پردازنده CORE i7-4720HQ 2.66GHz اینتل بررسی شده است. همچنین تعداد ماشین‌های مجازی ۱، ۴، ۹ و ۱۶ عدد با الهام از [۳۳] در نظر گرفته شده است.

جدول ۱: پارامترهای شبیه‌سازی

پارامتر	مقدار
طول و عرض محیط ابر	۵۰۰*۵۰۰
مختصات ماشین‌های مجازی و مرکز داده	تصادفی
تعداد ماشین‌های مجازی	۱،۴،۹،۱۶
پردازنده مورد استفاده	CORE i7-4720HQ 2.66GHz
تعداد وظایف	۴۰،۵۰،۶۰،۷۰
نرم‌افزار مورد استفاده	MATLAB R2019a

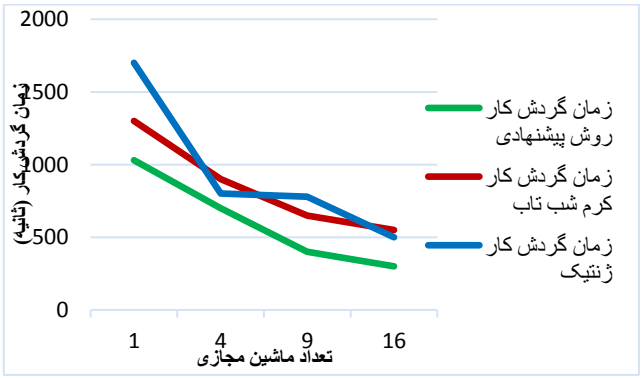
۴-۲- نتایج شبیه‌سازی

در محیط رایانش ابری، هزینه ارتباطی و زمان گردش کار اهمیت بسیاری دارد. شکل (۴) هزینه ارتباطی را در الگوریتم پیشنهادی، الگوریتم ژنتیک و الگوریتم کرم شب‌تاب ساده نشان می‌دهد. در ابتدا ۴۰ وظیفه بر روی ۱،۴،۹،۱۶ ماشین مجازی در محیط ابر تنظیم می‌شوند. هزینه ارتباطی به ازای تعداد متفاوت از ماشین مجازی به طور مجزا اندازه‌گیری شده است. افزایش تعداد ماشین‌های مجازی بر بهبود کارآیی الگوریتم تأثیر چشمگیری دارد. به عنوان مثال در حالتی که تنها یک ماشین مجازی وجود دارد، هزینه ارتباطی روش پیشنهادی حدود ۱۱۰ متر و در الگوریتم ژنتیک و الگوریتم کرم شب‌تاب ساده حدود ۱۵۰ و ۲۵۰ متر است. با افزایش تعداد ماشین‌های مجازی، در حالت ۱۶ ماشین مجازی، هزینه ارتباطی در الگوریتم پیشنهادی حدود ۱۰متر است. اما در الگوریتم کرم شب‌تاب ساده و الگوریتم ژنتیک، این مقدار به ترتیب ۲۵ و ۳۵ متر است. به دلیل به‌کارگیری منطق فازی در تعیین برازندگی (شدت نور) کرم شب‌تاب، هزینه ارتباطی روش پیشنهادی از دو الگوریتم ژنتیک و کرم شب‌تاب ساده، بهتر است.



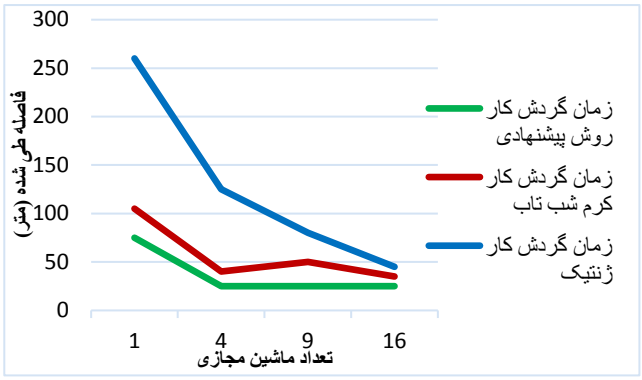
شکل ۴: هزینه ارتباطی برای۴۰ وظیفه و تعداد ماشین‌های مجازی مختلف

علاوه بر هزینه ارتباطی، زمان گردش کار نیز یکی از معیارهای بررسی کارآیی الگوریتم تخصیص منبع در سیستم رایانش ابری است. شکل (۵) زمان لازم برای انجام عملیات در یک رایانش ابری را در روش‌های کرم شب‌تاب ساده، الگوریتم ژنتیک و روش پیشنهادی نشان می‌دهد. بر اساس نمودار (۵)، هرچه تعداد ماشین‌های مجازی بیشتر شود، زمان لازم برای اجرای رایانش ابری کاهش می‌یابد. همچنین زمان لازم برای عملیات رایانش ابری در روش پیشنهادی به‌ازای تعداد مختلف ماشین مجازی، از الگوریتم کرم شب‌تاب ساده و الگوریتم ژنتیک کمتر است.



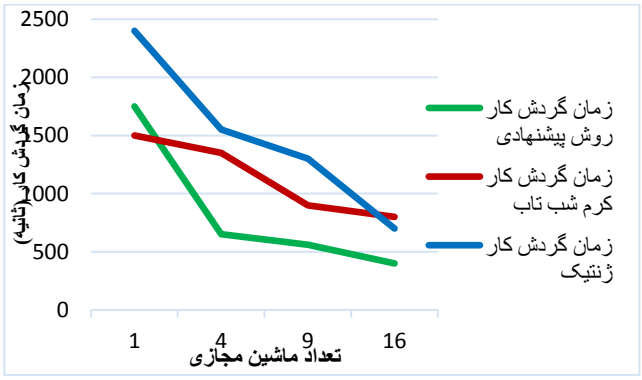
شکل۵: زمان گردش کار برای ۴۰ وظیفه و ماشین‌های مجازی مختلف

در ادامه ۵۰ وظیفه بر روی۱۶،۹،۴،۱ ماشین مجازی در محیط ابر تنظیم می‌شوند. شکل (۶) هزینه ارتباطی را در روش پیشنهادی، الگوریتم ژنتیک و الگوریتم کرم شب‌تاب ساده نشان می‌دهد. هزینه ارتباطی به ازای هر تعداد ماشین مجازی به‌طور مجزا اندازه‌گیری شده است. افزایش تعداد ماشین‌های مجازی بر بهبود کارآیی الگوریتم تاثیر چشمگیری دارد. همانطور که در شکل (۶) مشخص است، هزینه ارتباطی روش پیشنهادی از دو الگوریتم کرم شب‌تاب ساده و الگوریتم ژنتیک بهتر است. این موضوع به دلیل استفاده از الگوریتم کرم شب‌تاب چند هدفه و به‌کارگیری منطق فازی در تعیین برازندگی (شدت نور) کرم شب‌تاب می‌باشد.



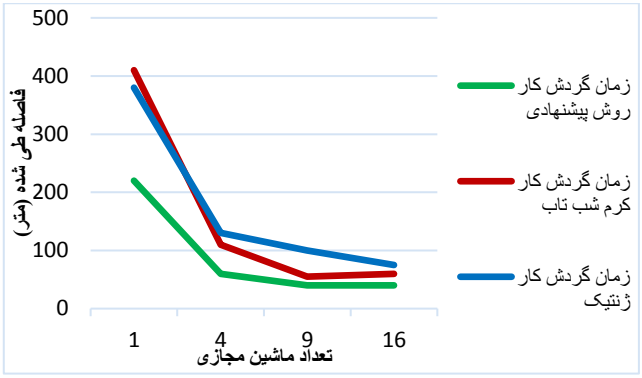
شکل۶: هزینه ارتباطی برای ۵۰ وظیفه و ماشین‌های مجازی مختلف

شکل (۷) زمان لازم برای انجام عملیات در یک پردازش ابری را در روش پیشنهادی، الگوریتم‌کرم شب‌تاب ساده و الگوریتم ژنتیک نشان می‌دهد. هرچه تعداد ماشین‌های مجازی بیشتر شود، زمان لازم برای اجرای پردازش ابری کاهش می‌یابد. همچنین زمان لازم برای عملیات پردازش ابری در روش پیشنهادی به‌ازای تعداد مختلف ماشین مجازی از الگوریتم‌های کرم شب‌تاب ساده و ژنتیک کمتر است.



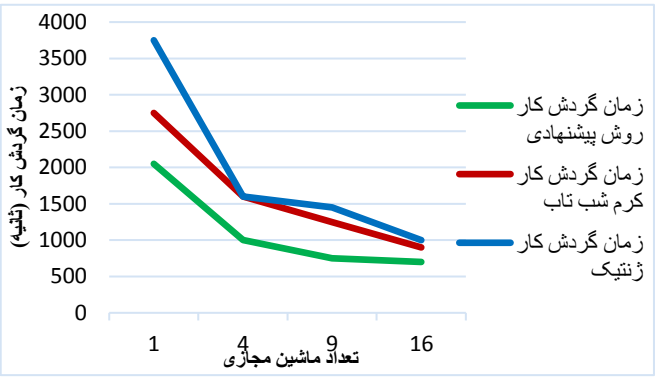
شکل۷: زمان گردش کار برای ۵۰ وظیفه و ماشین‌های مجازی مختلف

در ادامه ۶۰ وظیفه بر روی۱۶،۹،۴،۱ ماشین مجازی در محیط ابر تنظیم می‌شوند. شکل (۸) هزینه ارتباطی را در روش‌های پیشنهادی، الگوریتم ژنتیک و الگوریتم کرم شب‌تاب ساده نشان می‌دهد. هزینه ارتباطی به ازای هر تعداد ماشین مجازی به طور مجزا اندازه‌گیری شده است. افزایش تعداد ماشین های مجازی بر بهبود کارآیی الگوریتم تأثیر چشمگیری دارد. همانطور که در شکل (۸) مشخص است، هزینه ارتباطی روش پیشنهادی از دو الگوریتم کرم شب‌تاب ساده و ژنتیک بهتر است.



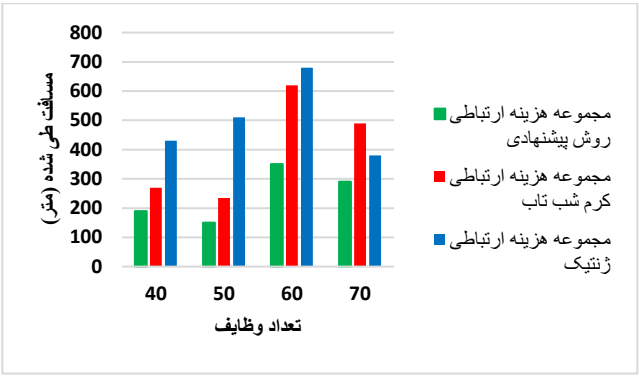
شکل۸: هزینه ارتباطی برای ۶۰ وظیفه و ماشین‌های مجازی مختلف

علاوه بر هزینه ارتباطی، زمان گردش کار در یک رایانش ابری از معیارهای بررسی کارآیی الگوریتم تخصیص منبع است. شکل (۹) زمان لازم برای انجام عملیات در یک رایانش ابری را در الگوریتم کرم شب‌تاب ساده، الگوریتم ژنتیک و روش پیشنهادی نشان می‌دهد. بر اساس شکل (۹)، هرچه تعداد ماشین‌های مجازی بیشتر شود، زمان لازم برای اجرای پردازش ابری کاهش می‌یابد. همچنین زمان لازم برای عملیات پردازش ابری در روش پیشنهادی همواره از روش‌های کرم شب‌تاب ساده و ژنتیک کمتر است.



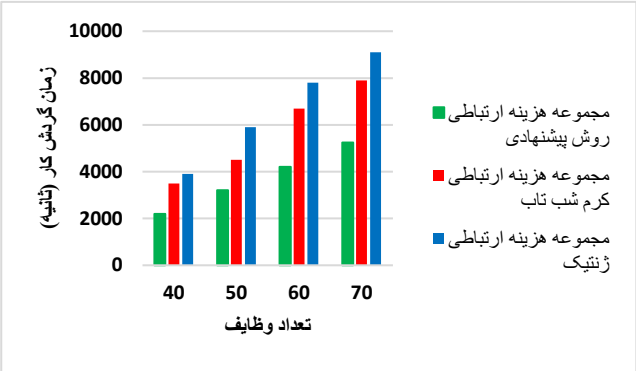
شکل۹: زمان گردش کار برای ۶۰ وظیفه و ماشین‌های مجازی مختلف

شکل (۱۰) نتایج مجموع هزینه‌های ارتباطی اجرای الگوریتم را به ازای ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰ وظیفه نشان می‌دهد. از نمودار (۱۰) می‌توان نتیجه گرفت که هزینه ارتباطی به ترتیب ۲۱٪ و ۳۹٪ نسبت به الگوریتم ژنتیک و الگوریتم کرم شب‌تاب ساده، کاهش داشته است. بنابراین، روش پیشنهادی به ازای تعداد وظیفه مختلف، هزینه ارتباطی کمتری نسبت به الگوریتم کرم شب‌تاب ساده و الگوریتم ژنتیک دارد.



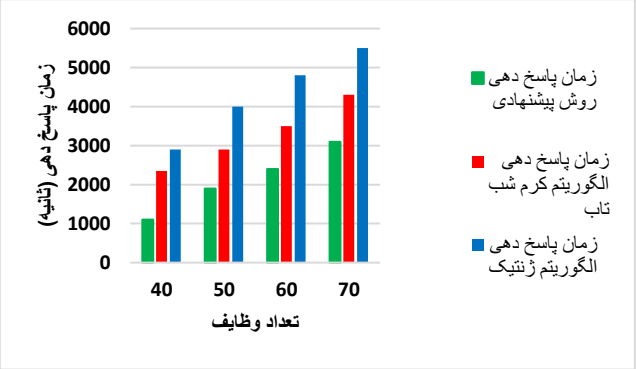
شکل ۱۰: هزینه ارتباطی به ازای تعداد وظایف مختلف

در نمودار شکل(۱۱) نتایج زمان گردش کار اجرای الگوریتم را به ازای وظایف مختلف نشان می‌دهد. همانطور که مشخص است، با افزایش تعداد وظایف، زمان اجرا بیشتر می‌شود، اما در تعداد وظایف مختلف، روش پیشنهادی زمان گردش کار کمتری نسبت به الگوریتم کرم شب‌تاب ساده و الگوریتم ژنتیک دارد. به عنوان مثال در حالتی که تعداد وظایف ۶۰ وظیفه است، زمان گردش کار الگوریتم پیشنهادی به میزان ۴۹٪ نسبت به الگوریتم ژنتیک و ۴۳٪ در مقایسه با الگوریتم کرم شب‌تاب، بهبود یافته است.

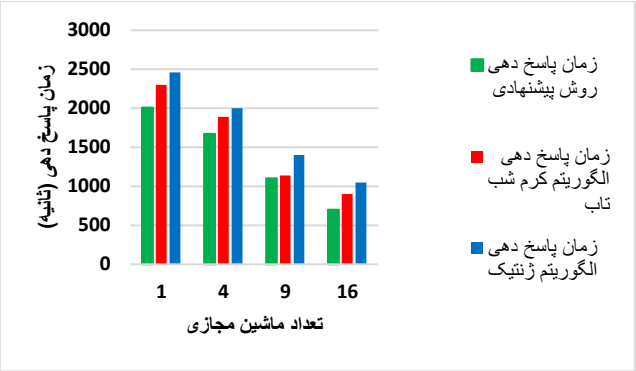


شکل۱۱: زمان گردش کار به ازای تعداد وظایف مختلف

زمان پاسخ‌دهی یکی از معیارهای بررسی کارآیی الگوریتم تخصیص منابع در سیستم رایانش ابری است. شکل (۱۲)، مقایسه مدت زمان پاسخ دهی در یک رایانش ابری به ازای تعداد وظایف مختلف را در روش‌های کرم شب‌تاب ساده، الگوریتم ژنتیک و روش پیشنهادی نشان می‌دهد. بر اساس نمودار (۱۲)، زمان پاسخ دهی برای عملیات رایانش ابری در روش پیشنهادی، به‌ازای تعداد مختلف وظایف، از الگوریتم های کرم شب‌تاب ساده و ژنتیک، کوتاه‌تر است و این نشان‌دهنده کارایی بهتر الگوریتم پیشنهادی است.



شکل ۱۲: زمان پاسخ دهی به ازای تعداد وظایف مختلف

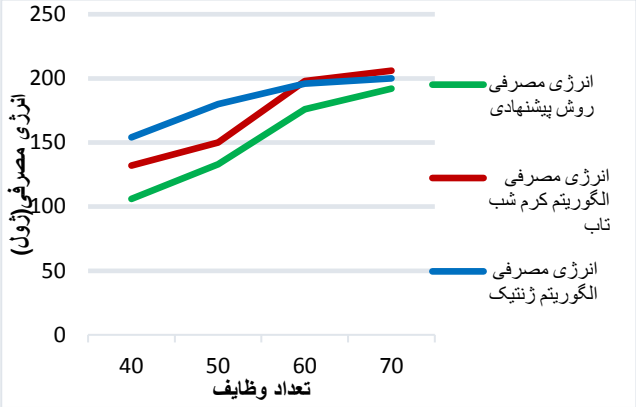


شکل ۱۳: زمان پاسخ دهی به ازای تعداد ماشین مجازی مختلف

شکل (۱۳) زمان پا سخ دهی برای انجام عملیات در یک رایانش ابری به ازای ۱، ۴، ۹ و ۱۶ ما شین مجازی را در روش‌های کرم شب‌تاب ساده، الگوریتم ژنتیک و روش پیشنهادی نشان می‌دهد. بر اساس نمودار (۱۳)، هرچه تعداد ماشین‌های مجازی بیشتر شود، زمان پا سخ‌دهی برای اجرای رایانش ابری کاهش می‌یابد. همچنین زمان لازم برای عملیات رایانش ابری در روش پی شنهادی به‌ازای تعداد مختلف ما شین مجازی، از الگوریتم کرم شب‌تاب ساده و الگوریتم ژنتیک کوتاه‌تر است.

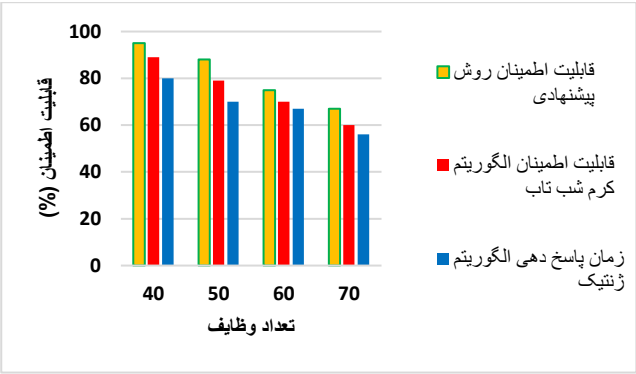
شکل ۱۴: مقایسه انرژی مصرفی به ازای تعداد ماشین مجازی مختلف

در محیط رایانش ابری، انرژی مصرفی برای انجام وظایف، یکی از معیارهای اصلی کیفیت خدمات (QoS) است. شکل (۱۴) میزان انرژی مصرفی اجرای الگوریتم را به ازای ۱، ۴، ۹ و ۱۶ ماشین مجازی نشان می‌دهد. از نمودار (۱۴) می‌توان نتیجه گرفت که انرژِی مصرفی روش پیشنهادی، به ازای تعداد ماشین مجازی مختلف، انرژی مصرفی کمتری نسبت به الگوریتم کرم شب‌تاب ساده و الگوریتم ژنتیک دارد.



شکل ۱۵: مقایسه انرژی مصرفی به ازای تعداد وظایف مختلف

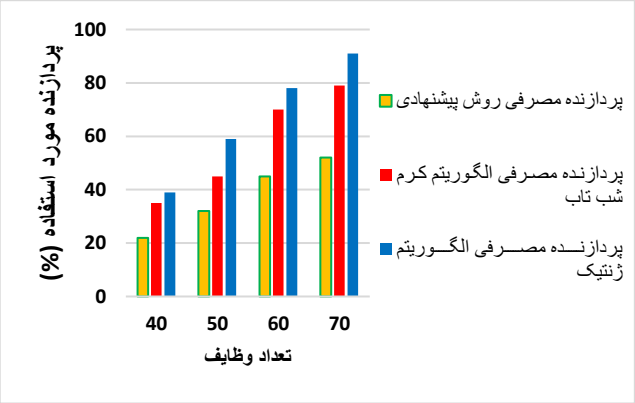
شکل(۱۵) میزان انرژی م صرفی اجرای الگوریتم را به ازای تعداد وظایف مختلف نشان می‌دهد. همانطور که مشخص است، با افزایش تعداد وظایف، انرژی م صرفی بی شتر می شود، اما در تعداد وظایف مختلف، روش پیشنهادی انرژی مصرفی کمتری نسبت به الگوریتم کرم شب‌تاب ساده و الگوریتم ژنتیک دارد.



شکل ۱۶: مقایسه درصد قابلیت اطمینان به ازای تعداد وظایف مختلف

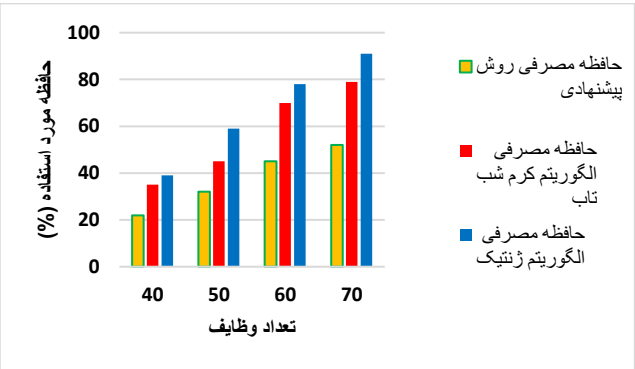
قابلیت اطمینان یک پارامتر در برر سی کیفیت خدمات محیط رایانش ابر ا ست. شکل (۱۶)، مقای سه در صد قابلیت اطمینان به ازای تعداد وظایف مختلف در روش پی شنهادی و الگوریتم کرم شب‌تاب ساده و الگوریتم ژنتیک را ن شان می‌دهد. از نمودار (۱۶)

می‌توان نتیجه گرفت که روش پیشنهادی، قابلیت اطمینان بیشتری نسبت به الگوریتم کرم شب‌تاب ساده و الگوریتم ژنتیک دارد. به عنوان مثال در حالتی که تعداد وظایف ۱۵۰ است، قابلیت اطمینان روش پیشنهادی حدود ۹۰ درصد است، در حالی که این پارامتر برای الگوریتم کرم شب‌تاب ساده، کمتر از ۸۰ درصد و در الگوریتم ژنتیک، ۷۰ درصد است.



شکل ۱۷: مقایسه درصد پردازنده مورد استفاده در تعداد مختلف وظایف

تجزیه و تحلیل دقیق انجام شده بر اساس درصد پرادزنده مورد استفاده در تعداد وظایف مختلف برای روش پیشنهادی، الگوریتم کرم شب‌تاب ساده و الگوریتم ژنتیک در شکل(۱۷) نشان داده شده است. با افزایش تعداد وظایف از ۴۰ وظیفه تا ۷۰ وظیفه، درصد پردازنده مورد استفاده، بالا می‌رود. همانگونه که از نمودار (۱۷) مشخص است، میزان پردازنده مصرفی در الگوریتم پیشنهادی، کمتر از الگوریتم کرم شب‌تاب ساده و الگوریتم ژنتیک است و این نشان‌دهنده کارایی الگوریتم پیشنهادی است.



شکل ۱۸: مقایسه درصد حافظه مورد استفاده در تعداد مختلف وظایف

شکل(۱۸)، میزان حافظه مورد استفاده روش پیشنهادی با الگوریتم کرم شب‌تاب ساده و الگوریتم ژنتیک را در تعداد مختلف وظایف نشان می‌دهد. بررسی نمودار، نشان می‌دهد که روش پیشنهادی در مقایسه با الگوریتم کرم شب‌تاب ساده و الگوریتم ژنتیک، حافظه کمتری مصرف می‌کند. به عنوان مثال در حالتی که تعداد وظایف، ۷۰ وظیفه است، الگوریتم پیشنهادی حدود ۵۰ درصد از حافظه مصرف می‌کند، در حالی که این پارامتر برای الگوریتم کرم شب‌تاب ساده حدود ۸۰ درصد و در الگوریتم ژنتیک بیش از ۹۰ درصد است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که الگوریتم پیشنهادی از نظر مصرف حافظه، بسیار موثر است.

۵- نتیجه گیری و کارهای آینده

در الگوریتم پیشنهادی از منطق فازی استفاده شده است. در این طرح، برای محاسبه هزینه کرم‌های شب‌تاب چند هدفه، از دو معیار هزینه ارتباطی و زمان گردش کار استفاده می‌شود. هزینه ارتباطی برحسب متر و زمان گردش کار برحسب ثانیه است. با توجه به همنوع نبودن این دو معیار، سیستم‌های فازی، به‌دلیل کارکرد خوب با پارامترهای غیرهمنوع، یکی از بهترین سیستم‌های کنترل و تصمیم‌گیری در چنین شرایطی است. همچنین استفاده از الگوریتم متاهیوریستیک کرم شب‌تاب چندهدفه کمک می‌کند که بهینه سازی پارامترهای زمان گردش کار و هزینه ارتباطی، به صورت بسیار مناسب انجام گیرد. بنابراین به کارگیری همزمان الگوریتم متاهیوریستیک کرم شب‌تاب چندهدفه و منطق فازی، موجب شده که روش پیشنهادی در معیارهای شبیه‌سازی شده، نتایج بهتری نسبت به الگوریتم کرم شب تاب ساده و الگوریتم ژنتیک نشان دهد. در روش پیشنهادی ابتدا مقدار هریک از پارامترها به‌دست می‌آید، سپس بر اساس سیستم فازی، بهترین کرم شب‌تاب که بیشترین میزان برازندگی را دارد، انتخاب می‌گردد. این روش در محیط‌های کوچک بهتر عمل می‌کند و برای بهبود الگوریتم نیاز به تعداد تکرار زیاد آن می‌باشد. در شبیه‌سازی انجام شده، تأثیر تعداد وظایف مختلفی بر روی هزینه ارتباطی و زمان گردش کار به‌دست آمد. همچنین نتایج مجموع هزینه‌های ارتباطی و زمان گردش کار اجرای الگوریتم، زمان پاسخ دهی سیستم، انرژی مصرف‌شده ، قابلیت اطمینان، درصد پردازنده مصرفی و درصد حافظه مصرفی به ازای ۴۰، ۵۰، ۶۰ و ۷۰ وظیفه و همچنین ۱، ۴، ۹و ۱۶ ماشین مجازی نشان داده شد. نمودارهای (۴) تا (۱۸) بر اساس تغییر تعداد ماشین‌های مجازی در هر تعداد وظیفه است که از آن می‌توان نتیجه گرفت که روش پیشنهادی، هزینه ارتباطی، زمان پاسخ دهی، انرژی مصرفی و زمان گردش کار بهتری نسبت به الگوریتم کرم شب‌تاب ساده و الگوریتم ژنتیک دارد. همچنین میزان پردازنده مصرفی و میزان حافظه مصرفی، بهبود قابل ملاحظه‌ای داشته است.

در روش پیشنهادی به‌منظور سادگی موضوع، هزینه ارتباطی معادل با مسافت طی شده در محیط ابر در نظر گرفته شده است. هزینه ارتباطی علاوه بر مسافت طی شده، می‌تواند به معیارهای دیگری نظیر حجم وظیفه وابسته باشد. این موضوع می‌تواند به عنوان مطالعه آتی پیشنهاد شود. همچنین برای تعیین هزینه یک کرم شب‌تاب، معیارهای دیگری نظیر پهنای باند اشغال شده، توزیع مناسب وظایف بین ماشین‌های مجازی و غیره می‌تواند به‌کار برده شود. علاوه بر این، می‌توان پارامترهای کیفیت سرویس مانند مقیاس‌پذیری، زمان مهاجرت و سربار را بررسی کرد و الگوریتم زمان‌بندی شده را بهبود بخشید.

مراجع

[۱] محمدزاده, علی, مصدری, محمد, سلیمانیان قره چپق, فرهاد, جعفریان, احمد. (۱۳۹۸). 'ارائه یک الگوریتم بهبودیافته بهینه سازی گرگ های خاکستری برای زمان‌بندی جریان کار در محیط محاسبات ابری ,'مجله علمی-پژوهشی رایانش نرم و فناوری اطلاعات.29-17 ,pp. ,8(4) ,

[۲] لشکری پور, زینب, بلوچزهی, نیک‌محمد. (۱۳۹۹). 'یک معماری هوشمند مبتنی بر رایانش ابری جهت ارزیابی سیستم‌های آموزش الکترونیک ,'*مجله علمی-پژوهشی رایانش نرم و فناوری اطلاعات*.114-100 .pp ,9(2) ,

[3] Abd Elaziz, M., Xiong, S., Jayasena, K.P.N. and Li, L., 2019. Task scheduling in cloud computing based on hybrid moth search algorithm and differential evolution. Knowledge-Based Systems, 169, pp.39-52.

[4] Chaudhry, S.A., Kim, I.L., Rho, S., Farash, M.S. and Shon, T., 2019. An improved anonymous authentication scheme for distributed mobile cloud computing services. Cluster Computing, 22(1), pp.1595-1609.

[5] Mishra, S.K., Sahoo, B. and Parida, P.P., 2020. Load balancing in cloud computing: a big picture. Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences, 32(2), pp.149-158.

[6] Kumar, P. and Kumar, R., 2019. Issues and challenges of load balancing techniques in cloud computing: A survey. ACM Computing Surveys (CSUR), 51(6), pp.1-35.

[7] Ala'Anzy, M. and Othman, M., 2019. Load balancing and server consolidation in cloud computing environments: a meta-study. IEEE Access, 7, pp.141868-141887.

[8] Priya, V., Kumar, C.S. and Kannan, R., 2019. Resource scheduling algorithm with load balancing for cloud service provisioning. Applied Soft Computing, 76, pp.416-424.

[9] Srivastava, R. and Daniel, A.K., 2019. Efficient model of cloud trustworthiness for selecting services using fuzzy logic. In Emerging Technologies in Data Mining and Information Security (pp. 249-260). Springer, Singapore.

[10] Selvakumar, B. and Muneeswaran, K., 2019. Firefly algorithm based feature selection for network intrusion detection. Computers & Security, 81, pp.148-155.

[11] Arunarani, A.R., Manjula, D. and Sugumaran, V., 2019. Task scheduling techniques in cloud computing: A literature survey. Future Generation Computer Systems, 91, pp.407-415.

[12] Jeevitha, J.K. and Athisha, G., 2020. A novel scheduling approach to improve the energy efficiency in cloud computing data centers. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, pp.1-11.

[13] Sharma, N., Tyagi, S. and Atri, S., 2017. A Comparative Analysis of Min-Min and Max-Min Algorithms based on the Makespan Parameter. International Journal of Advanced Research in Computer Science, 8(3).

[14] Krishnaveni, H. and Prakash, V.S.J., 2019. Execution time based sufferage algorithm for static task scheduling in cloud. In Advances in Big Data and Cloud Computing (pp. 61-70). Springer, Singapore.

[15] Kaur, A. and Kaur, B., 2019. Load balancing optimization based on hybrid Heuristic-Metaheuristic techniques in cloud environment. *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*.

[16] Alguliyev, R.M., Imamverdiyev, Y.N. and Abdullayeva, F.J., 2019. PSO-based load balancing method in cloud computing. *Automatic Control and Computer Sciences*, *53*(1), pp.45-55.

[17] Rajagopalan, A., Modale, D.R. and Senthilkumar, R., 2020. Optimal scheduling of tasks in cloud computing using hybrid firefly-genetic algorithm. In *Advances in decision sciences, image processing, security and computer vision* (pp. 678-687). Springer, Cham.

[18] Kashikolaei, S.M.G., Hosseinabadi, A.A.R., Saemi, B., Shareh, M.B., Sangaiah, A.K. and Bian, G.B., 2020. An enhancement of task scheduling in cloud computing based on imperialist competitive algorithm and firefly algorithm. *The Journal of Supercomputing*, *76*(8), pp.6302-6329.

[19] Ali, H.G.E.D.H., Saroit, I.A. and Kotb, A.M., 2017. Grouped tasks scheduling algorithm based on QoS in cloud computing network. Egyptian informatics journal, 18(1), pp.11-19.

[20] Dubey, K., Kumar, M. and Sharma, S.C., 2018. Modified HEFT algorithm for task scheduling in cloud environment. Procedia Computer Science, 125, pp.725-732.

[21] Li, X. and Wang, Y., 2018. Scheduling batch processing machine using max–min ant system algorithm improved by a local search method. Mathematical Problems in Engineering, 2018.

[22] Sharma, N., Tyagi, S. and Atri, S., 2017. A Comparative Analysis of Min-Min and Max-Min Algorithms based on the Makespan Parameter. International Journal of Advanced Research in Computer Science, 8(3).

[23] Pradhan, P., Behera, P.K. and Ray, B.N.B., 2016. Modified round robin algorithm for resource allocation in cloud computing. Procedia Computer Science, 85, pp.878-890.

[24] Liu, S., Wang, Z., Wei, G. and Li, M., 2019. Distributed set-membership filtering for multirate systems under the Round-Robin scheduling over sensor networks. IEEE Transactions on Cybernetics, 50(5), pp.1910-1920.

[25] Zou, L., Wang, Z., Han, Q.L. and Zhou, D., 2019. Full information estimation for time-varying systems subject to round-robin scheduling: A recursive filter approach. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems.

[26] Islam, T. and Hasan, M.S., 2017, October. A performance comparison of load balancing algorithms for cloud computing. In 2017 International Conference on the Frontiers and Advances in Data Science (FADS) (pp. 130-135). IEEE.

[27] Raj, G. and Setia, S., 2012. Effective cost mechanism for cloudlet retransmission and prioritized VM scheduling mechanism over broker virtual machine communication framework. arXiv preprint arXiv:1207.2708.

[28] Halabi, T. and Bellaiche, M., 2018. A broker-based framework for standardization and management of Cloud Security-SLAs. Computers & Security, 75, pp.59-71.

[29] Liu, X.F., Zhan, Z.H., Deng, J.D., Li, Y., Gu, T. and Zhang, J., 2016. An energy efficient ant colony system for virtual machine placement in

cloud computing. IEEE transactions on evolutionary computation, 22(1), pp.113-128.

[30] Kashikolaei, S.M.G., Hosseinabadi, A.A.R., Saemi, B., Shareh, M.B., Sangaiah, A.K. and Bian, G.B., 2020. An enhancement of task scheduling in cloud computing based on imperialist competitive algorithm and firefly algorithm. The Journal of Supercomputing, 76(8), pp.6302-6329.

[31] Naha, R.K., Garg, S., Chan, A. and Battula, S.K., 2020. Deadline-based dynamic resource allocation and provisioning algorithms in fog-cloud environment. Future Generation Computer Systems, 104, pp.131-141.

[32] Saikia, L.P. and Devi, Y.L., 2014. Fault tolerance techniques and algorithms in cloud computing. International Journal of Computer Science & Communication Networks, 4(1), pp.01-08.

[33] Abd Latiff, M.S., Madni, S.H.H. and Abdullahi, M., 2018. Fault tolerance aware scheduling technique for cloud computing environment using dynamic clustering algorithm. Neural Computing and Applications, 29(1), pp.279-293.

[34] Mohammed, B., Kiran, M., Maiyama, K.M., Kamala, M.M. and Awan, I.U., 2017. Failover strategy for fault tolerance in cloud computing environment. Software: Practice and Experience, 47(9), pp.1243-1274.

[35] RM, S.P., Bhattacharya, S., Maddikunta, P.K.R., Somayaji, S.R.K., Lakshmanna, K., Kaluri, R., Hussien, A. and Gadekallu, T.R., 2020. Load balancing of energy cloud using wind driven and firefly algorithms in internet of everything. Journal of parallel and distributed computing, 142, pp.16-26

[36] Neelima, P. and Reddy, A.R.M., 2020. An efficient load balancing system using adaptive dragonfly algorithm in cloud computing. Cluster Computing, pp.1-9.

.

پاورقی‌ها:

[1] NP-Hard
[2] Minimum Execution Time
[3] Round Robin
[4] First Come First Served
[5] Broker Virtual Machine Communication Framework
[6] Deadline, Reliability, Resource-aware
[7] N fire fly
[8] Var max
[9] Var min