

## ارائه یک روش ترکیبی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک - شبکه عصبی برای انتخاب منابع و زمانبندی در محیط محاسبات ابری

وهاب امینی آذر<sup>۱\*</sup> رسول فرحی<sup>۲</sup>، پیوند قزلی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> استادیار گروه مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد، مهاباد، ایران [Aminiazar@iau-mahabad.ac.ir](mailto:Aminiazar@iau-mahabad.ac.ir)

<sup>۲</sup> مربی گروه مهندسی کامپیوتر دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد، مهاباد، ایران [farahirasoul@gmail.com](mailto:farahirasoul@gmail.com)

<sup>۳</sup> کارشناسی ارشد مهندسی نرم افزار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد، مهاباد، ایران [Sepideh.ghzli@gmail.com](mailto:Sepideh.ghzli@gmail.com)

### چکیده

امروزه شبکه محاسبات ابری به عنوان یکی از مهمترین ابزارهای توزیع شده برای انجام پردازش و ذخیره سازی داده‌ها در بستر اینترنت مطرح شده است تا جایی که سال ۲۰۱۰ را بعنوان سال محاسبات ابری نامیدند از جمله ویژگی‌های بارز این مدل توزیع شده می‌توان به کاهش چشمگیر هزینه‌ها و قابلیت اطمینان بالای آن و همچنین میزان پایین در آلودگی محیط زیست اشاره کرد. با رشد روز افزون این شبکه نیاز به زمان بندی وظایف به منظور استفاده ی بهینه از شبکه و پاسخگویی مناسب به کارها بشدت مورد توجه قرار گرفته است و در این زمینه تلاش‌های زیادی در حال انجام می‌باشد و به دلیل اینکه محیط محاسبات ابری محیطی بسیار بزرگ و دارای تعداد زیادی وظایف‌های ورودی به شبکه می‌باشد الگوریتم‌های قطعی نتیجه‌ی مناسبی ندارند و بهترین گزینه برای این مدل از شبکه، الگوریتم‌های اکتشافی می‌باشند. در این مقاله ما یک روش ترکیبی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک - شبکه عصبی برای انتخاب منابع و زمانبندی در محیط محاسبات ابری ارائه داده‌ایم، نتایج شبیه‌سازی نشاندهنده اینست که روش پیشنهادی از نظر پارامترهای هزینه و زمان اجرا دارای عملکرد بهتری نسبت به الگوریتم‌ها مشابه مانند FIFO و SJF می‌باشد.

**کلمات کلیدی:** انتخاب و زمان بندی منابع، شبکه محاسبات ابری، الگوریتم ژنتیک، شبکه عصبی، الگوریتم اکتشافی

### ۱. مقدمه

محاسبات ابر به معنای ارائه سرویس‌های مبتنی بر وب با رعایت اصل به اشتراک گذاری داده‌ها و کاربران است. یک شرکت تحقیقاتی اعلام کرده که رایانش ابری، نسل جدید نرم افزارها و خدمات رایانه‌ای مبتنی بر اینترنت محسوب می‌شود. بطوریکه فناوری اطلاعات (IT) جزء ده فناوری برتر محدوده محاسبات است. محاسبات به معنای ارائه سرویس‌های مبتنی بر وب به کاربر، با رعایت اصل به اشتراک گذاری داده‌ها و کاربران است. فناوری اطلاعات و علم کامپیوتر روز به روز در حال پیشرفت است انسان‌ها روزانه کارهای محاسباتی بسیاری انجام می‌دهند که نیاز به وسایلی اعم از سخت افزار یا نرم افزار می‌باشند تا بتوانند کارهای خود را پیش ببرند. رایانش ابری یا همان محاسبات ابر پاسخ فناوری به این نیازها است. ولی هنوز

<sup>1</sup> Corresponding author: استادیار گروه مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد، مهاباد، ایران

Email: [Aminiazar@iau-mahabad.ac.ir](mailto:Aminiazar@iau-mahabad.ac.ir)

دانشمندان و کسانی که در این موضوع سر رشته دارند نتوانستند تعریف درستی که مورد قبول همگان باشد ارائه دهند. موسسه ملی فناوری و استاندارد NIST رایانش ابری را به این صورت تعریف می‌کند:

"رایانش ابری مدلی است، برای فراهم کردن دسترسی آسان بر اساس تقاضای کاربر، از طریق شبکه به مجموعه‌ای از منابع رایانشی قابل تغییر و پیکره‌بندی؛ (شبکه‌ها، سرورها، فضای ذخیره‌سازی، برنامه‌های کاربردی و سرویس‌ها) که این دسترسی بتواند با کمترین نیاز به مدیریت منابع و یا نیاز به دخالت مستقیم فراهم کننده سرویس به سرعت فراهم شده یا آزاد (رها) گردد".

در واقع رایانش ابری مدلی است برای داشتن دسترسی آسان و بنا به سفارش و شبکه به مجموعه‌ای از منابع رایانش پیکره‌بندی پذیر (مثل شبکه‌ها، سرورها، فضای ذخیره‌سازی، برنامه‌های کاربردی و سرویس‌ها) که بتوانند با کمترین کار و زحمت یا نیاز فراهم شده یا آزاد شود. استفاده از واژه ابر در رایانش ابری کاملاً مدلل می‌باشد و از دلایل آن می‌توان به:

۱- داخل ابر از دید مخفی شده و برای افراد، ملموس نیست. یعنی جزئیات پیچیده و مسائل تخصصی آن از دید افراد در حال استفاده از این سرویس پنهان است و بدون این که درگیر این پیچیدگی‌ها شود به راحتی به اطلاعات دست می‌یابد و از خدمات آن استفاده می‌کنند.

۲- ابر برای همه قابل استفاده است و ویژگی همگانی بودن را دارا می‌باشد. استفاده از آن باعث می‌شود تا تمامی افراد از فواید آن بهره‌مند شوند و اطلاعات توسط تمامی کاربران قابل دریافت و استفاده باشد.

رایانش ابری مانند بارش قطرات باران از ابر برای تمام کاربرانی که از این خدمات بهره می‌گیرند سودمند است و خدمات آن محدود به شخص خاصی نمی‌باشد [۱].

تعریف موسسه جهانی استاندارد و تکنولوژی از محاسبات ابری به شرح زیر است:

شبکه محاسبات ابری مدلی است برای دسترسی به شبکه بر اساس تقاضا برای به اشتراک گذاری مجموعه‌ای از منابع پیکره بندی شده نظیر شبکه و سرور و محل ذخیره سازی و برنامه ها و سرویس ها که با میزان سرعت قابل کنترل و با حداقل مدیریت و تعامل با ارائه دهنده سرویس منتشر می شود [۲]. همانطور که در شکل ۱ می بینید ۵۱٪ از کاربران بدلیل کارایی بالای شبکه محاسبات ابری از آن استفاده می کنند و ۴۱٪ به دلیل در دسترس بودن داده ها بدون وابستگی به مکان و محدودیت ناحیه ای می باشد [۳]

مزیت های استفاده از شبکه محاسباتی عبارتند از: ۱- هزینه پایین ۲- سطح خدمات مناسب ۳- شفافیت در دسترسی ۴- پشتیبانی از کاربران راه دور [۴] ۵- بر آورده شدن نیاز های کسب و کار ۶- صرفه جویی در انرژی [۲] مطابق با تعریف NIST ویژگی های محاسبات ابری که باعث برتری این تکنولوژی بر تکنولوژی های مشابه می شود عبارتند از: ۱- سلف سرویس بودن بر اساس تقاضا ۲- دسترسی وسیع به اینترنت ۳- مجموعه منابع ۴- انعطاف پذیری سریع ۵- قابل اندازه گیری بودن خدمات [۵].

یکی از مهم ترین چالش های شبکه محاسبات ابری بحث انتخاب منابع و زمان بندی کارها می باشد. حجم وسیع بار بر روی این شبکه و استقبال زیاد کاربران باعث شده است که کاربران زمان زیادی در انتظار بمانند تا بار شبکه کم شود و منابع مورد نیاز خود را در اختیار بگیرند حال ما قصد داریم با استفاده از الگوریتم های اکتشافی روشی نوین در این زمینه ارائه کنیم که زمانی که کارها به شبکه وارد می شوند منابع را به شیوه ای بهینه و مناسب به آنها اختصاص دهیم تا شبکه هم از نظر سرعت اجرای زمانبندی و هم از نظر دقت در انتخاب کارها به خوبی کار خود را انجام دهد.

#### ۱.۱. محاسبات ابری

با گسترش روزافزون رایانه و همچنین وابستگی بشر به دنیای دیجیتال، محققان همواره به دنبال راهی به منظور سرعت بخشیدن و ارتقای خدمات به مشتریان خود بوده‌اند که امروزه محاسبات ابری این امر را محقق می‌کند [۶]. محاسبات ابری یک پدیده‌ی نوظهور در علم رایانه است و دلیل این نامگذاری آن است که داده‌ها و برنامه‌ها در میان ابری از سرویس دهنده‌های وب قرار گرفته‌اند. بطور ساده، محاسبات ابری یعنی استفاده اشتراکی از برنامه‌ها و منابع در محیط شبکه، بدون

این که مالکیت و مدیریت منابع شبکه و برنامه‌ها برای ما مهم باشد. در حال حاضر تعریف استاندارد از محاسبات ابری ارائه شده است اما با این حال تعریفی که بیشتر محققان روی آن اتفاق نظر دارند بهاین صورت است:

همواره یک ابر رایانه‌ای در دو قسمت پیکربندی می‌شوند: بخش انتهایی و بخش ابتدایی. بخش ابتدایی همان قسمتی است که کاربران مشاهده می‌کنند و در واقع اطلاعات و شکل ظاهری نرم‌افزار است؛ و بخش انتهایی همان "ابر" رایانه‌ای است که پردازش‌ها را در بر می‌گیرد و در واقع می‌توان گفت نرم‌افزاری که برای ارتباط با بخش انتهایی مورد استفاده قرار می‌گیرد نیز جزء بخش ابتدایی است [۷].

برخی از ویژگی‌های محاسبات ابری برگرفته از مدل‌های محاسباتی دیگر (همچون محاسبات شبکه‌ای، محاسبات خودمختار، مدل مشتری/سرویس دهنده، محاسبات همگانی، محاسبات توزیع شده، نظیر به نظیر) است، اما متفاوت از آنهاست. پردازش شبکه‌ای، ترکیبی از پردازش موازی و پردازش ترکیب شده است که در آن یک ابر رایانه مجازی و تعدادی رایانه شبکه شده به صورت هماهنگ یک پردازش بزرگ را انجام می‌دهند.

پردازش همگانی، مجموعه‌ای از منابع محاسباتی است و در واقع محاسبه و ذخیره سازی داده‌ها در مقیاس عمومی و به صورت خدمات اندازه‌گیری انجام می‌شود. در پردازش خودمختار نیز رایانه‌ها خودگردان دارند. بنابراین همانطور که در بالا هم گفته شد واضح است که محاسبات ابری متفاوت از این محاسبات‌های ذکر شده است. با استفاده از تکنولوژی محاسبات ابری، کاربران می‌توانند از طریق هر نوع وسیله‌ای (از قبیل رایانه‌های شخصی، لپ‌تاپ و وسیله‌هایی از این قبیل) به سرویس‌های ارائه شده در ابر، دسترسی داشته باشند. واژه ابر در حقیقت به اینترنت اشاره می‌کند، دلیل این تشبیه این است که اینترنت مانند ابر جزئیات فنی خود را از دید کاربران پنهان می‌کند و در حقیقت لایه‌ای از انتزاع را بین این جزئیات فنی و کاربران به وجود می‌آورد. از مزایای محاسبات ابری می‌توان صرفه جویی در هزینه، کارایی بالا و مقیاس پذیری<sup>۲</sup> سریع و آسان را نام برد.

## ۲.۱. مدل‌های محاسبات ابری

در این حالت، مشتریان و استفاده کنندگان از محاسبات ابری از طریق اینترنت با این مدل از ابر ارتباط برقرار کرده و پس از اعتبارسنجی، می‌توانند از خدمات آن استفاده کنند.

### • ابر گروهی

درحالتی که سازمان‌ها، نیازها و درخواست‌های مشابهی داشته باشند، ابر گروهی می‌تواند گزینه مناسبی برای مواردی از این دست باشد. این سازمان‌ها می‌توانند با به اشتراک گذاشتن زیرساخت ابر خود برای دیگر سازمان‌های عضو، از مزایای ابر گروهی بهره‌مند شوند [۸].

### • ابر خصوصی

این ابر توسط سازمان‌ها برای استفاده کنندگان داخلی آن سازمان به وجود می‌آید. بدیهی است که ابر خصوصی دارای بالاترین امنیت نسبت به سایر مدل‌های استقرار بوده و چون این ابر در اختیار خود سازمان قرار دارد، امکان کنترل بیشتری روی سخت‌افزار و نرم افزار شبکه و کلیه موارد دخیل در یک زیرساخت محاسبات ابری وجود دارد. شایان ذکر است که مدیریت این مدل می‌تواند توسط خود سازمان برپاکننده ابر یا سازمانی که وظیفه مدیریت ابر را بر عهده گرفته، باشد [۸].

### • ابر پیوندی

از ترکیب چندین ابر مختلف، بطوریکه هر ابر خصوصیت منحصر به فرد خود را حفظ نماید، به دست می‌آید. این ابرها (ابر پیوندی) از منظر بیرونی به عنوان یک ابر واحد به شمار می‌آید [۸].

<sup>2</sup> Elastic Scalability

### ۳.۱. انتخاب منابع و زمانبندی در محاسبات ابری

#### • انتخاب منابع

تعریف پایه ای از انتخاب منابع عبارت است از تصمیم گیری درباره اینکه چه مقدار و در کجا و در چه زمان منابع مورد نیاز کاربر به آن اختصاص داده شود [۹]. اختصاص منابع بر ۴ بخش تاکید دارد ۱- مدل سازی منبع ۲- ارائه رفتار منبع ۳- نظارت بر منبع ۴- انتخاب منبع [۱۰]

متدهای موجود در اختصاص منابع عبارتند از:

چند عاملی: برای مدیریت پویای منابع مستقل استفاده می شود. میزان استفاده از دیتاسنترها به صورت پویا تنظیم می شود و میزان منابع برای کاربردها تعیین می شود این تنظیمات بصورت خودکار در دیتاسنترها و با کمترین دخالت انسان انجام می گیرد.

آگاه از توپولوژی: از موتورهای پیش بینی و شبیه سازها برای تخمین کارایی هنگام اختصاص دادن منابع استفاده می شود مثلا الگوریتم ژنتیک راه حل بهینه را در این زمینه انتخاب می کند [۱۱]

مواردی که باید در هنگام اختصاص منابع به آنها توجه کرد

۱- درگیری برای منابع: دو کاربر بخواهند در یک زمان مشخص به یک منبع دسترسی داشته باشند

۲- کمبود منابع: منابع محدود و درخواستها بالا باشد

۳- تکه تکه شدن منابع ۴- منابع بیش از نیاز ۵- منابع کمتر از نیاز [۱۲] ۶- ویژگی های امنیتی ۷- پارامترهای QoS در

تخصیص منابع [۱۱]

مشکلات موجود در اختصاص منابع به شرح زیر است:

۱- ارائه خدمات خودکار: اینکه چگونه QoS را برای منابع سطح پایین نظیر CPU و حافظه باید تشخیص دهیم دشوار

است ۲- مهاجرت ماشین های مجازی در دیتاسنترهای مختلف ۳- تثبیت سرورها که راهی برای افزایش بهره وری می باشد

که با کمترین میزان انرژی مصرفی باشد ۴- مدیریت انرژی که ۵۳٪ از هزینه مصرفی دیتاسنترها مربوط به گرما و سرمای

دیتاسنترها می باشد [۹] ۵- چون کاربر از سرورها منابع را اجاره میکنند کاربر بر منابع هیچ کنترلی ندارد ۶- هنگامی که

کاربر بخواهد داده های بزرگ خود را از یک فراهم کننده سرویس به فراهم کننده دیگر انتقال دهد دچار مشکل می شود

۷- از آنجا که سرورها به یکدیگر متصل می باشند ممکن است دچار حملات هک و بد افزارها شوند ۸- بسیاری از ابزارهای

جانبی مانند پرینتر و اسکنر نیازمند نصب نرم افزار بصورت محلی می باشند [۱۲].

#### • زمان بندی

هدف از زمان بندی یافتن راهی برای اختصاص دادن مناسب کارها به منابع محدود است که در این میان باید یک یا چند

هدف نیز بهینه شوند [۱۳].

پارامترهای که در این بخش باید در نظر گرفته شود به شرح زیر است:

(۱) عدالت: به این معنا می باشد که تمامی کارها بصورت مساوی از منابع سهم ببرند یا اینکه بر اساس وزنی

که دارند منابع به آنها تعلق گیرد.

(۲) مصرف بهینه انرژی: خاموش کردن تعدادی از سرورها و هاستها به منظور کاهش انرژی هدر رفته در

شبکه محاسبات ابری.

(۳) طول بازه: هر چه طول بازه کوچکتر باشد کارها در زمان کمتری به پایان می رسند.

(۴) تعادل بار: بدین معنی است که کارها بر روی منابع تقسیم شود تا منابعی بیکار و منابعی پرکار نباشد

(۵) پارامترهای کیفیت خدمات: این پارامتر می تواند بخش های مختلفی را شامل شود نظیر هزینه های

کاربر یا ایجاد ضرب الاجل برای کار یا زمان اجرا می تواند در نظر گرفته شود.

## ۲. روش تحقیق

در این بخش به بررسی کارهای مرتبط در زمینه زمانبندی و اختصاص منابع در محیط های محاسبات ابری می پردازیم. نویسندگان در مقاله [۱۴] الگوریتمی را ارائه دادند که در این الگوریتم ابتدا زمان میانگین لازم برای یک کار تا انتهای آن را محاسبه می کند این مقدار در آینده برای یافتن تعداد میزبان ها، مورد استفاده قرار می گیرد سپس پیش بینی میکند که میزبان ها توانایی انجام چه تعداد کار را دارند. سپس تعداد کارهایی که موجود است از تعداد کارهایی که میزبان ها می توانند انجام دهند کسر شده و با ضرب شدن در فاکتور ساخت تصحیح می شود. اگر کارها بصورت منظم وارد شوند این الگوریتم پاسخ خوبی نمی دهد میانگین زمان پاسخگویی بالا می رود و مقدار متوسط پاسخگویی نزدیک به کارهای پایانی است و در اواخر کارها میزبان های جدید باید اختصاص داده شود. برای حل این مشکل از انتخاب تصادفی کارها استفاده می کنند ولی باز هم مشکل وجود دارد آن اینکه اگر کارهای ابتدایی بزرگ باشد تعداد زیادی از میزبان ها در ابتدا مورد استفاده قرار می گیرد برای همین از فاکتور ساخت استفاده می کنند.

نویسندگان در مقاله [۱۵] الگوریتمی اکتشافی ارائه دادند که برای ترکیب وب سرویس ها در شبکه محاسبات ابری استفاده می شود. ورودی مجموعه ای از ترکیب وب سرویس ها است. محدودیت هایی را که در ورودی ها اعمال کردند عبارتند از: ۱- تقدم و تاخر مورد نیاز در اجرای وب سرویس ها رعایت شود ۲- محدودیت های منابع در نظر گرفته شود ۳- محدودیت در موعدها برای وب سرویس ها رعایت شود

نویسندگان در مقاله [۱۶] الگوریتمی ارائه دادند که هر فرد در آن به صورت  $X_i = [(2,R1), (1,R3), (3,R2), (2,R4), (1,R3), (1,R2), (3,R4), (2,R1), (3,R2)]$  نشان داده می شود که ۳ و ۲ نشان دهنده کار و R هم نشان دهنده منبع می باشد و هر یک از کارها دارای چند زیر کار می باشند مثلا کار ۱ دارای ۳ زیر کار می باشد. برای عملگر جهش ابتدا بهترین فرد از نسل را انتخاب نموده سپس با استفاده از فاکتور تتا، عمل جهش به مقادیر مربوط به فرد برگزیده توسط سایر افراد نسل انجام می گیرد فاکتور تتا بدین گونه است که مجموعه ای از p عضو ساخته می شود که p شماره کارها می باشد سپس این مجموعه با استفاده از متد تاگوچی به ۲ گروه مجزا تقسیم می شوند اگر کارهای هر فرد در گروه اول قرار می گرفتند آنگاه همان زوج مرتب در فرزندان تولید می شوند وگرنه کار فرد برتر در نسل بعدی قرار می گیرد. عملگر تقاطع آنها بدین شکل است که برای هر زوج مرتب فرزند یک عدد تصادفی بین ۰ و ۱ ایجاد می شود اگر مقدار تولید شده کوچکتر از مقدار مورد نظر بود که در اینجا ۰.۸ است از والد جهش یافته استفاده می شود وگرنه از والد دیگر انتخاب می شود.

نویسندگان در مقاله [۱۷] الگوریتم ژنتیکی را برای زمانبندی منابع مطرح کردند. مرحله اول که مقدار دهی اولیه می باشد آنها از متد درخت پوشا استفاده می کنند که این درخت پوشا توسط مجموعه ای از ماشین های فیزیکی و ماشین های مجازی ساخته می شود که ماشین های مجازی نود های برگ هستند. از قوانین درخت می توان به این نکته اشاره کرد که نود ها با توجه به شرایط تعادل بار ملاقات می شوند

نویسندگان در مقاله [۱۸] با ارائه الگوریتم ژنتیکی برای زمانبندی کارهای مستقل در محیط محاسبات ابری به دنبال راهکاری بهینه می باشند در این الگوریتم تابعی برای جریمه نیز در نظر گرفته شده است  
نویسندگان در مقاله [۱۹] الگوریتم موازی ارائه دادند و از الگوریتم ژنتیک هیبریدی برای یافتن مجموعه بهینه استفاده نمودند آنها از مدل موازی جزیره ای به منظور مهاجرت کارها استفاده می کنند. طول کروموزوم در این روش ۲۰ در نظر گرفته شده است و نرخ جهش آن ۰/۳۵ تعیین شده است



نویسندگان در مقاله [۲۰] الگوریتمی را ارائه داده اند که باعث بهبود عملکرد جستجو در مشکل اختصاص منابع می باشد. ۲ فرض در آن در نظر گرفته شده است  $R-1$  منبع وجود دارد که همه منابع باید به فعالیت ها اختصاص داده شود  
۲- احتمال اختصاص منبع  $j$  به فعالیت  $i$  بصورت  $p_{ij}$  نشان داده شود  
نویسندگان در مقاله [۲۱] الگوریتم ژنتیک با استفاده از تولید هرج و مرجی را ارائه دادند. در ابتدای الگوریتم از ویژگی متغیر های هرج و مرج برای تعیین زیر نسل ها استفاده می کنند تا از همگرایی زودرس افراد در زیر نسل ها جلوگیری شود و سپس با استفاده از الگوریتم ژنتیک به سمت جواب نهایی حرکت می کنند. در اولین مرحله از این الگوریتم ابتدا با استفاده از متغیرهایی که باعث ایجاد هرج و مرج در تولید نسل اولیه می شود جمعیت اولیه ای با مقادیر متفاوت و از بازه های مختلف انتخاب می شود.

### ۳. روش تحقیق

در این بخش به ارائه مدل پیشنهادی جهت انتخاب منابع در شبکه محاسبات ابری می پردازیم. مدل پیشنهادی با توجه به بزرگ بودن محیط محاسبات ابری و حجم بالای کارهای ورودی به این شبکه بر پایه الگوریتم های اکتشافی می باشد.

#### ۱.۳. روش پیشنهادی

در روش پیشنهادی در ابتدا کارهایی که وارد شبکه شده و کارهایی که در صف انتظار قرار گرفته اند ادغام می شوند سپس برای هر یک از کارها پارامترهای بیان شده در بالا اندازه گیری می شود و تمام کارها با توجه به نیاز مسئله تعیین پارامتر می شوند. در مرحله بعد کارها به شبکه عصبی آموزش داده شده ارسال می شود تا با توجه به خاصیت تشخیص الگو در شبکه عصبی کارها کلاس بندی شود و به کارها اولویت داده شود در مرحله بعد کارهای دارای اولویت بالا به الگوریتم ژنتیک ارسال شده و در آنجا مجموعه ای از بهینه ترین کارها برای اختصاص منابع به زمانبند معرفی می شود و کارهایی که منابع به آنها اختصاص داده نشده است در صف انتظار باقی مانده تا در مرحله بعد شانس خود را برای دریافت منابع امتحان کنند.

مدل پیشنهادی بر پایه الگوریتم های اکتشافی بنا شده است. مدل پیشنهادی دارای بخش های زیر می باشد:

(۱) بخش تعیین میزان پارامترها برای کارها

(۲) ارائه کارها برای تعیین اولویت به شبکه عصبی

(۳) ارائه کارهای دارای اولویت بالاتر به الگوریتم ژنتیک

همان طور که اشاره شد بر اساس نیاز هایی که برای اجرای کارها وجود دارد مقادیری برای پارامترهای مورد نظر لحاظ شده تا بتوان بر اساس آنها کارهای مناسب را انتخاب و به خروجی ارسال کرد.

به این دلیل از مدل ترکیبی شبکه عصبی و الگوریتم ژنتیک استفاده شده است که شبکه عصبی به تنهایی دارای مقداری خطا می باشد و اگر قرار باشد از این شبکه به تنهایی استفاده شود باعث کاهش دقت الگوریتم می شود همچنین اگر از الگوریتم ژنتیک به تنهایی استفاده شود به دلیل زیاد کارها زمان اجرای الگوریتم زیاد خواهد شد و احتمال رسیدن به جواب بهینه نیز کمتر می شود ترکیب این دو الگوریتم مناسب ترین راهکار برای بهینه کردن زمان و دقت الگوریتم می باشد.

#### ۱.۱.۳. شبکه عصبی مصنوعی

شبکه های عصبی مصنوعی الگویی برای پردازش اطلاعات می باشند که با تقلید از شبکه های عصبی بیولوژیکی مثل مغز انسان ساخته شده اند. عنصر کلیدی این الگو ساختار جدید سیستم پردازش اطلاعات آن می باشد و از تعداد زیادی عناصر (نرون) با ارتباطات قوی داخلی که هماهنگ با هم برای حل مسائل مخصوص کار می کنند، تشکیل شده اند. شبکه

های عصبی مصنوعی با پردازش روی داده های تجربی، دانش یا قانون نهفته در ورای داده ها را به ساختار شبکه منتقل می کند که به این عمل یادگیری می گویند. اصولاً توانایی یادگیری مهمترین ویژگی یک سیستم هوشمند است. سیستمی که بتواند یاد بگیرد منعطف تر است و ساده تر برنامه ریزی میشود، بنابراین بهتر میتواند در مورد مسایل و معادلات جدید پاسخگو باشد. انسانها از زمانهای بسیار دور سعی بر آن داشتند که بیوفیزیولوژی مغز را دریابند چون همواره مسئله هوشمندی انسان و قابلیت یادگیری، تعمیم، خلاقیت، انعطاف پذیری و پردازش موازی در مغز برای بشر جالب بوده و بکارگیری این قابلیتها در ماشینها بسیار مطلوب می نمود. روشهای الگوریتمیک برای پیاده سازی این خصایص در ماشینها مناسب نمی باشند در نتیجه می بایست روشها مبتنی بر همان مدلهای بیولوژیکی باشد. شبکه عصبی مصنوعی درست مثل انسانها با استفاده از مثالها آموزش می بیند؛ همانطور که یک بچه با دیدن انواع مختلف از یک حیوان قادر به تشخیص آن می باشد. از ویژگی های شبکه عصبی می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- قابلیت یادگیری و تطبیق پذیری: این ویژگی باعث آن شده است که از شبکه عصبی با یک بار آموزش بتوان بارها استفاده کرد.
- قابلیت تعمیم پذیری: شبکه عصبی این قابلیت را دارد که گسترش دارد و این کار بدین شکل انجام میگردد که باید شبکه را با مقیاس جدید آموزش بدهیم
- پردازش موازی: قابلیت موازی سازی از ویژگی های کلیدی شبکه عصبی می باشد که باعث افزایش سرعت اجرای شبکه چه در بخش تمرین و چه در بخش آزمایش می شود.
- مقاوم بودن: از این شبکه حتی با وجود داده های نویز دار می توان انتظار نتیجه مطلوب را داشت و این ویژگی با توجه به داده ها در دنیای واقعی بسیار مورد استفاده قرار میگیرد.

مراحل شبکه عصبی در روش پیشنهادی به صورت زیر می باشد:

#### • آماده سازی داده ها

در اولین مرحله به بخش بندی داده ها می پردازیم تابع DevidRand استفاده میکنیم تا داده ها برای بخش های آموزش و اعتبارسنجی و تست بصورت تصادفی انتخاب شوند که این تابع باعث می شود در هر سه مرحله آموزش و اعتبارسنجی و تست، شاهد افزایش کارایی شبکه می باشیم.

#### • تابع انتقال

از آنجایی که تابع انتقال لگاریتمی سیگموئید، یک تابع مشتق پذیر است، عموماً از آن در شبکه های چند لایه ای استفاده می شود که با استفاده از الگوریتم پس انتشار خطا آموزش می پذیرند. تابع سیگموئید بهترین گزینه از توابع انتقال، برای تشخیص الگو در شبکه عصبی می باشد به همین دلیل از این تابع استفاده می کنیم.

#### • تابع آموزش

تابع مورد استفاده trainscg نام دارد دلیل انتخاب این تابع این است که معمولاً در شبکه های بزرگ که داده های زیادی وجود دارد از این تابع استفاده می شود و از trainlm و trainlp بهتر عمل می کند و همچنین حافظه مورد نیاز این تابع نسبتاً کم است و همچنین از الگوریتم های نظیر گرادیان نزولی استاندارد سریع تر عمل می کند.

#### • تابع کارایی

از تابع mse برای تعیین کارایی شبکه استفاده می کنیم. این تابع بدین شکل کار میکند که مجذور میانگین خطاهای موجود بین خروجی و هدف را محاسبه می کند. یکی از توقف زودتر از اتمام آموزش شبکه کاهش کارایی شبکه می باشد که

در صورتی که مقدار اختلاف بین خروجی و هدف زیاد باشد آموزش شبکه متوقف می‌شود. از ویژگی‌های دیگري که در این شبکه مورد نظر قرار گرفته  $memoryReduction$  است که باعث افزایش سرعت اجرای شبکه می‌گردد و از ویژگی  $Earlystop$  برای بهبود تولیدات شبکه نیز استفاده شده است و ۷۰٪ داده‌های اولیه صرف آموزش ۱۵٪ صرف اعتبار سنجی و ۱۵٪ صرف تست اولیه شبکه می‌شود تا نشان دهد شبکه آموزش داده شده چقدر توان پاسخگویی درست به داده‌های ورودی را دارد. تعداد لایه‌های پنهانی در شبکه عصبی را ۲۰ در نظر می‌گیریم هر چه این تعداد بیشتر باشد دقت شبکه بالاتر رفته و به همان نسبت سرعت اجرا پایین و زمان آن بالا می‌رود. ما در شبکه عصبی کارها را به سه دسته تقسیم می‌کنیم، کارهای با اولویت اول و کارهای با اولویت دوم و در نهایت کارهای با اولویت سوم که بهترین دسته از کارها گروه اول می‌باشند که آنها را به الگوریتم ژنتیک ارسال می‌کنیم. معیار طبقه‌بندی کارها در شبکه عصبی زمان اجرا و هزینه و بهره‌وری سیستم می‌باشد. این شبکه عناصری را که دارای مقادیر بهینه در این زمینه باشند در دسته کارهای با اولویت اول قرار داده و به الگوریتم ژنتیک ارسال می‌کند همچنین الگوریتم برای کارهایی که از دوره‌های قبل زمانبندی در صف انتظار باقی مانده اند راهکاری را اندیشیده ایم تا آن کارها هم بتوانند اجرا شوند و آن راهکار این است که اولویت این کارها در آخر دسته بندی یک رده بهبود داده می‌شود مثلاً اگر کاری در رده اولویت دوم قرار داشته باشد و در صف انتظار قرار داشته باشد آنگاه اولویت آن به اولویت اول تغییر پیدا کرده و به الگوریتم ژنتیک ارسال می‌گردد. این کار باعث می‌شود تا به اینگونه کارها نیز فرصت اجرا در شبکه محاسبات ابری داده شود همچنین اگر تعداد کارهای با اولویت اول در این مرحله کمتر از منابع موجود باشد کارهای با اولویت دوم را نیز به الگوریتم ژنتیک ارسال می‌کنیم تا استفاده حداکثری از منابع موجود در شبکه انجام گیرد و کارایی شبکه کاهش نیابد.

### ۲.۱.۳. الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک یکی از الگوریتم‌های جستجوی تصادفی است که ایده آن برگرفته از طبیعت می‌باشد. این الگوریتم در حل مسائل بهینه‌سازی کاربرد دارد. در طبیعت از ترکیب کروموزوم‌های بهتر، نسل‌های بهتری پدید می‌آیند. در این بین گاهی اوقات جهش‌هایی نیز در کروموزوم‌ها روی می‌دهد که ممکن است باعث بهتر شدن نسل بعدی شوند. الگوریتم ژنتیک نیز با استفاده از این ایده اقدام به حل مسائل می‌کند. یک الگوریتم ژنتیک برای حل یک مسئله، مجموعه‌ای بسیار بزرگی از راه‌حل‌های ممکن را تولید می‌کند. هر یک از این راه‌حل‌ها با استفاده از یک تابع تناسب مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. آنگاه تعدادی از بهترین راه‌حل‌ها باعث تولید راه‌حل‌های جدید می‌شوند. این باعث تکامل راه‌حل‌ها می‌گردد [۲۲]. بدین ترتیب فضای جستجو در جهتی تکامل پیدا می‌کند که به راه‌حل مطلوب برسد. در صورت انتخاب صحیح پارامترها این روش می‌تواند بسیار مؤثر عمل کند. برای ساخت یک الگوریتم ژنتیک، تعدادی مراحل وجود دارد. عبارتند از:

- ۱) **شروع**: جمعیتی تصادفی متشکل از  $N$  کروموزوم را به صورت تصادفی تولید می‌کند. یعنی راه‌حل‌های مناسب برای مسئله را تولید می‌نماید.
- ۲) **برازندگی**: ارزیابی برازندگی برای هر کروموزوم  $X$  در جمعیت ژنتیکی توسط تابع  $f(x)$  انجام می‌گیرد.
- ۳) **جمعیت جدید**: یک جمعیت جدید را ایجاد می‌کند و گام‌ها را تا کامل شدن جمعیت جدید نشان می‌دهد.
- ۴) **انتخاب**: دو کروموزوم والدین را از یک جمعیت بر پایه برازندگیشان انتخاب می‌کند. بهترین برازندگی، شانس بیشتری برای انتخاب دارد.
- ۵) **برش**: با یک احتمال برش، اولاد جدید از روی والدین تشکیل می‌شوند.
- ۶) **جهش**: با یک احتمال جهش، اولاد جدید از هر مکانی قابل تغییر هستند.
- ۷) **پذیرفتن**: قرار دادن اولاد جدید در یک جمعیت جدید.
- ۸) **جایگذاری**: بکار بردن جمعیت تولید شده جدید برای اجرای مجدد الگوریتم.



۹) تست: اگر شرط نهایی برآورده شود، الگوریتم متوقف می‌شود و بهترین راه حل که در جمعیت جاری است، برگردانده می‌شود.

۱۰) حلقه: رفتن به گام دوم.

در ادامه فرموله سازی راهکار پیشنهادی با استفاده از الگوریتم ژنتیک می‌پردازیم.

#### • تعیین ساختار کروموزوم

قدم اول در حل مسئله زمان‌بندی و انتخاب منابع به کمک الگوریتم ژنتیک، تعیین ساختار و رمزگذاری کروموزوم است. همانطور که می‌دانیم، هر کروموزوم در الگوریتم ژنتیک، معادل یک وضعیت از حالات ممکن برای فضای حالت مسئله است. روش‌های زیادی برای رمزگذاری کروموزوم‌ها وجود دارد که با توجه به ماهیت مسئله انتخاب می‌شوند. در روش پیشنهادی از کدگذاری جایگشتی استفاده می‌کنیم. ساختار کروموزوم روش پیشنهادی در شکل (۱) نشان داده شده است که هر عدد نشان دهنده یک شناسه واحد برای یک کار است.

۷۶	۵۴	۴۸	۶۵	۹۱	۷۴	۹	۷	۵۱	۳۴	۱۱
----	----	----	----	----	----	---	---	----	----	----

شکل ۱- ساختار کروموزوم پیشنهادی

#### • جمعیت S

جمعیت را با  $pop$  و اندازه جمعیت را با  $pop^{(s)}$  نمایش می‌دهیم. اعضای تشکیل دهنده جمعیت در این مسئله،  $C_i$ ها

( $\forall i = 1, 2, \dots, pop^{(s)}$ ) هستند. برای ایجاد جمعیت اولیه<sup>۳</sup> از اختصاص اعداد جایگشتی استفاده می‌کنیم.

#### • تابع برازندگی

همانطور که گفته شد هر کروموزوم (مسیر) در الگوریتم ژنتیک، یک جواب است که باید یک معیار وجود داشته باشد تا بتواند این جواب‌ها رو بررسی نماید و مشخص نماید کدامیک از کروموزوم‌ها مناسب هستند. به عبارت دیگر تعیین مینماید جواب (کروموزوم) تا چه اندازه‌ای خوب است. برای اینکه بتوان خوب یا بد بودن جواب رو تعیین کرد از یک مفهوم به عنوان تابع برازش<sup>۴</sup> استفاده خواهد شد. نکته مهم در مورد تابع برازش در الگوریتم ژنتیک این است که خروجی الگوریتم ژنتیک بسیار به این تابع وابسته است. اگر تابع میزان خوب بودن جواب رو نتواند به درستی نشان دهد مسلماً الگوریتم ما جواب اشتباه می‌دهد. به همین خاطر باید در تعیین تابع برازش بسیار دقیق باشیم. ورودی تابع برازندگی در الگوریتم ژنتیک، کروموزوم (یا همان جواب) است و خروجی تابع برازندگی در الگوریتم ژنتیک، میزان خوب بودن کروموزوم (یا همان میزان خوب بودن جواب) است.

تابع شایستگی بصورت رابطه (۱) تعیین می‌شود:

$$F_x = \begin{cases} 1 & L_x = 0 \\ \frac{1}{L_x} & otherwise \end{cases} \quad (1)$$

$$L_x = \max_{i=1}^m \left( \sum_{i=1}^{n_y} A_i^j + B_i^j \right) - \min_{i=1}^m \left( \sum_{i=1}^{n_y} A_i^j + B_i^j \right)$$

<sup>3</sup>Initial population

<sup>4</sup>fitness function

$n_p$ : تعداد کارهای موجود،  $A$ : زمان پردازش هر کار،  $B$ : سربار ارتباطی کارها،  $X$ : یک زمانبندی برای جمعیت است و مقدار شایستگی برای کروموزوم  $x$  را با  $F_x$  نشان می‌دهند که مقدار آن بین ۰ و ۱ است هر چه مقدار بزرگتر باشد زمانبندی مناسب‌تر می‌باشد.

#### ▪ عملگرهای الگوریتم ژنتیک برای مسئله جایابی

##### • انتخاب

برای اعمال عملگرهای ژنتیک بر روی راه‌حل‌ها ( $G_i$ ها)، باید ابتدا  $G_i$ هایی به‌عنوان والد انتخاب شوند تا از روی این راه‌حل‌ها، راه‌حل‌های فرزند به وجود آیند. برای انتخاب راه‌حل‌های والد در الگوریتم ژنتیک انتخاب‌شده از روش انتخاب مسابقه‌ای استفاده می‌شود [۲۴ و ۲۵]. این روش به دلیل کارایی و سادگی پیاده‌سازی، یکی از پرکاربردترین روشهای انتخابی در الگوریتم ژنتیک است. در این روش  $n$  نمونه از یک مجموعه بزرگ به‌صورت تصادفی انتخاب شده و نمونه‌های انتخاب شده با یکدیگر مقایسه می‌شوند؛ سپس نمونه‌ای که دارای بالاترین میزان شایستگی است برنده شده و در ایجاد نسل بعدی مشارکت داده می‌شود. تعداد نمونه‌هایی که در هر بار رقابت شرکت داده می‌شوند بستگی به اندازه مسابقه دارد و معمولاً مقدار ۲ فرض شده که به آن مسابقه باینرینیز می‌گویند. با توجه به اینکه تنوع‌گرایی می‌تواند سرعت همگرایی را کاهش دهد این روش در واقع تنوع‌گراست و این روش این شانس را به همه نمونه‌ها می‌دهد که انتخاب شوند.

##### • ترکیب

ترکیب با تعویض ژن‌ها، بین دو کروموزوم انجام می‌گیرد و هر کروموزوم خصوصیتی از خود را به فرزندان می‌دهد. تعداد انتخاب کروموزوم‌ها از  $pop$  به‌عنوان والد طبق پارامتر احتمال ترکیب  $P_c$  انجام می‌گیرد. کروموزوم‌هایی که دارای  $f_i$  بیشتری هستند، شانس بیشتری برای آمیزش و ترکیب دارند. در این مقاله از ترکیب دو نقطه‌ای استفاده می‌کنیم.

##### • جهش

مهم‌ترین وظیفه جهش اجتناب از همگرایی به بهینه محلی است. در این قسمت تعدادی از فرزندان بدست‌آمده از مرحله ترکیب، بر طبق پارامتر احتمال جهش  $P_m$  انتخاب شده و جهش می‌یابند. با توجه به آنکه در کدگذاری کروموزوم‌ها از روش مقدار جایگشتی استفاده می‌شود، پس برای جهش باید از روش جهش تعویضی استفاده کنیم.

##### • شرط توقف

شرط توقف الگوریتم حداکثر مجاز در نظر گرفته شده است به گونه‌ای که فرایند جستجو برای یک تکرار مشخص اجرا و در نهایت بهینه‌ترین منابع از نظر زمانبندی و انتخاب به عنوان پاسخ نهایی مسئله در نظر گرفته می‌شود.

#### ۴- نتایج شبیه‌سازی

در این بخش برای پیاده‌سازی روش پیشنهادی از زبان برنامه‌نویسی متلب استفاده شده است. تعداد ۲۵۸ داده به منظور آموزش شبکه عصبی در نظر گرفته شده است تا شبکه بخوبی آموزش داده شود. برای ارزیابی روش پیشنهادی از پارامترهای زیر استفاده می‌شود:

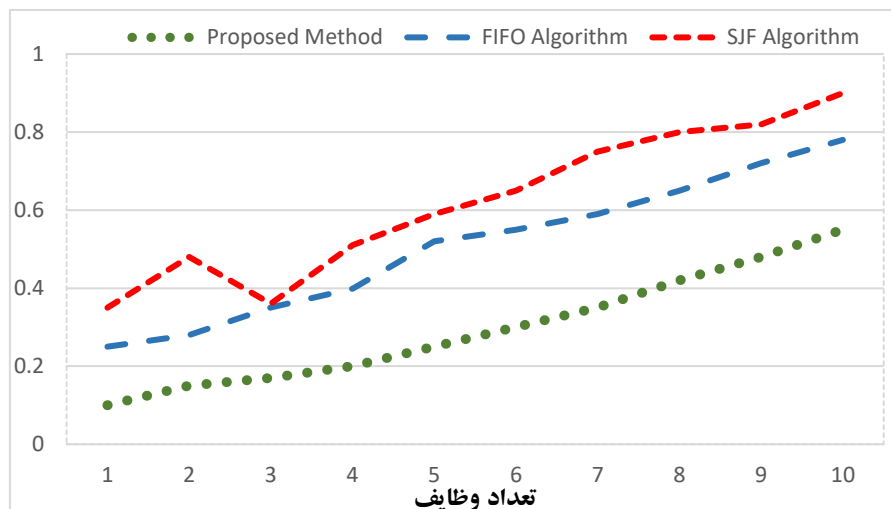
(۱) هزینه

(۲) زمان اجرا

که در ادامه به تشریح نتایج هر کدام از این پارامترها در روش پیشنهادی می‌پردازیم.

حال به مقایسه الگوریتم پیشنهادی با کارهای ارائه شده [۲۶] [۲۷] و دو تا از الگوریتم‌های پرکاربرد در این زمینه که FIFO و SJF می‌باشند می‌پردازیم. نمودار (۱) میزان هزینه انجام شده برای کارهای انتخابی در هر الگوریتم را نشان می‌دهد.

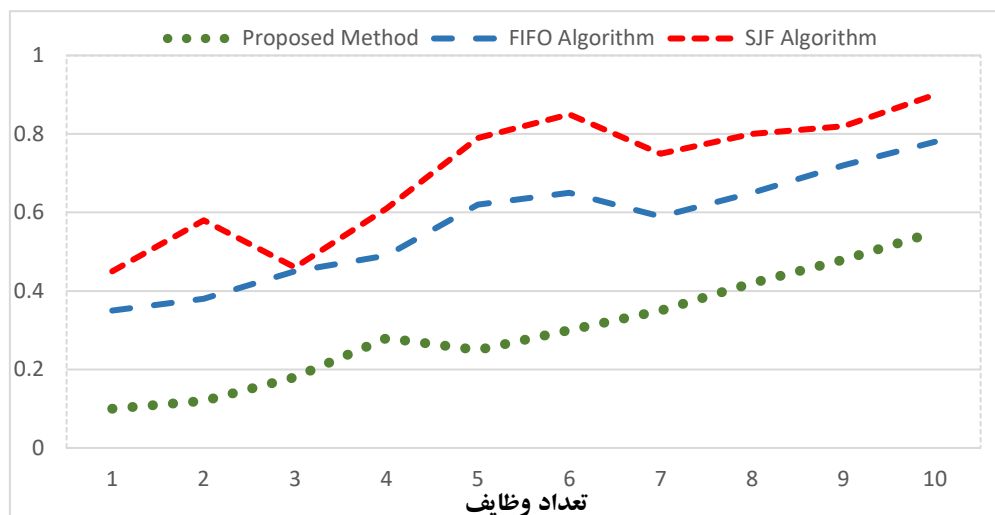
(۱) پارامتر هزینه



نمودار ۱- مقایسه هزینه اجرایی روش پیشنهادی با روشهای مشابه

همانطور که در نمودار (۲) مشاهده می‌شود الگوریتم پیشنهادی دارای زمان اجرای مناسبی نسبت به سایر الگوریتم‌های ارائه شده می‌باشد.

(۲) پارامتر زمان اجرا



نمودار ۲- مقایسه زمان اجرا روش پیشنهادی با روشهای مشابه

همانطور که در نمودار (۲) مشاهده می‌شود روش پیشنهادی دارای کمترین میزان در زمان پاسخگویی در بین الگوریتم‌های مطرح شده می‌باشد.

۵- نتیجه‌گیری

انتخاب منابع و زمانبندی به عنوان یکی از چالش‌های بزرگ در سیستم‌های محاسبات ابری محسوب می‌شود و در صورتی که بتوان بر این مشکل غلبه کرد تاثیر چشمگیری در این سیستم‌ها ایجاد می‌کند که از این تاثیرات می‌وان به

تعداد بار و بهره‌وری بالای سیستم اشاره کرد. تلاش‌های زیادی انجام شده است ولی معمولاً روش‌هایی که متدهای اکتشافی استفاده می‌کنند در محیط‌های بزرگ مناسب‌تر از روش‌های غیر اکتشافی است در این تلاش‌ها سعی شده تعدادی از پارامترها را بهینه کنند و همچنین راهکارهایی برای افزایش دقت کار تعیین شده ارائه دهند البته در برخی کارها قوانین سرباری نیز در نظر گرفته شده است که می‌توان آنها را حذف نمود زیرا باعث کاهش سرعت سیستم می‌شوند. ما در این مقاله با استفاده الگوریتم‌های فراکتشافی توانستیم که پارامترهای نظیر هزینه، زمان اجرا وظایف و انتخاب منابع را در محیط محاسبات ابر نسبت به الگوریتم‌های مشابه مانند FIFO و SJF بهینه‌تر نماییم.

## مراجع

- [1] Ling Qian, Zhiguo Luo, Yujian Du, and Leitao Guo, "Cloud Computing: An Overview", CloudCom 2009, Beijing, China, December 1-4, 2009
- [2] P. Mell and T. Grance, "The NIST definition of cloud computing (v15)," National Institute of Standards and Technology, Tech. Rep., 2009.
- [3] Saira Begum, Muhammad Khalid Khan, "Potential of Cloud Computing Architecture", Information and Communication Technologies (ICICT), 2011
- [4] M. Malathi, "Cloud Computing Concepts", 3rd International Conference, 2011.
- [5] Abdeladim ALFATH, Karim BAI A, Salah BARNA, "Cloud Computing Security: Fine-grained analysis and Security approaches", (IEEE) Security Days (JNS3), 2013.
- [6] Patidar S, Rane D, Jain PA, "Survey Paper on Cloud Computing", Second International Conference on Advanced Computing & Communication Technologies, 2012.
- [7] S. Thirukumar, M. Sanjay Ram, A. Vijayraj, "Security of cloud computing with survey of security issues", Journal of Global Research in Computer Science, vol.3, 2012, PP. 77-82.
- [8] Ram, Sanjay. "Security perspective of cloud computing with survey of security issues." Journal of Global Research in Computer Science 3, no. 1 (2012): 77-82
- [9] Sanjeev Dhiman<sup>1</sup>, Harwant Singh<sup>2</sup>, "A METHODOLOGY ON SCHEDULING IN CLOUD COMPUTING AND ITS TECHNIQUES", INTERNATIONAL JOURNAL OF DATA & NETWORK SECURITY Vol 3, No.1, JUNE 2013
- [10] Patricia Takako Endo, André Vitor de Almeida Palhares, Nadilma Nunes Pereira, Glauco Estácio Gonçalves, Djamel Sadok, Judith Kelner, "Resource Allocation for Distributed Cloud: Concepts and Research Challenges", IEEE Network, July/August 2011
- [11] Eman Elghoneimy, Othmane Bouhali, Hussein Alnuweiri, "Resource Allocation and Scheduling in Cloud Computing", IEEE, 2012

- [12] Ronak Patel, Sanjay Patel\*, " Survey on Resource Allocation Strategies in Cloud Computing", International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) Vol. 2 Issue 2, February- 2013
- [13] Vijindra, Sudhir Shenai, " Survey on Scheduling Issues in Cloud Computing", International Conference On Modeling Optimazation And Computing, 2012
- [14] Chun-Wei Tsai , Joel J. P. C. Rodrigues , " Metaheuristic Scheduling for Cloud: A Survey", IEEE SYSTEMS JOURNAL IEEE, 2013
- [15] Djamila Ouelhadj, Sanja Petrovic, " SURVEY OF DYNAMIC SCHEDULING IN MANUFACTURING SYSTEMS", Journal of Scheduling Springer, 2009
- [16] Joao Nuno Silva, Luis Veiga, Paulo Ferreira, " Heuristic for resources allocation on utility computing infrastructures", ACM, 2008
- [17] Lifeng Ai, Maolin Tang<sup>1</sup> and Colin Fidge, " Resource Allocation and Scheduling of Multiple Composite Web Services in Cloud Computing Using Cooperative coevolution", Springer, 2011.
- [18] Jinn-Tsong Tsai a, n, Jia-Cen Fang a, Jyh-Horng Chou, " Optimized task scheduling and resource allocation on cloud computing environment using improved differential evolution algorithm ", Elsevier, 2013
- [19] Jianhua Gu, Jinhua Hu, Tianhai Zhao, Guofei Sun, " A New Resource Scheduling Strategy Based on Genetic Algorithm in Cloud Computing Environment", JOURNAL OF COMPUTERS, VOL. 7, NO. 1, 2012
- [20] Chenhong Zhao, Shanshan Zhang, Qingfeng Liu , "Independent Tasks Scheduling Based on Genetic Algorithm in Cloud Computing", , 2009.
- [21] Eleonora Maria Mocanu, Mihai Florea, Mugurel Ionuț Andreica, Nicolae Țăpuș, " Cloud Computing Task Scheduling based on Genetic Algorithms ", -1-4673-0750-5/12/\$31.00 © IEEE, 2012.
- [22] Zne-Jung Lee a, Chou-Yuan Lee, " A hybrid search algorithm with heuristics for resource allocation problem ", Information Sciences 173, 2005
- [23] Golnar Gharooni-fard, Fahime Moein-darbari, Hossein Deldari, Anahita Morvaridi, " Scheduling of scientific workflows using a chaos-genetic algorithm ", International Conference on Computational Science, ICCS, 2010.
- [24] Hu, J., GU, J., Sun, G., & Zhao, T. (2010, December). A scheduling strategy on load balancing of virtual machine resources in cloud computing environment. In Parallel Architectures, Algorithms and Programming (PAAP), 2010 Third International Symposium on (pp. 89-96). IEEE.





[25] Fan, X., Weber, W. D., & Barroso, L. A. (2015, June). Power provisioning for a warehouse-sized computer. In ACM SIGARCH Computer Architecture News (Vol. 35, No. 2, pp. 13-23). ACM.

[26] Wei Wang, Guosun Zeng, Daizhong Tang, Jing Yao, " Cloud-DLS: Dynamic trusted scheduling for Cloud computing", Expert system with applications, 2011.

[27] Dorian Minarolli, Bernd Freisleben, " Distributed Resource Allocation to Virtual Machines via Artificial Neural Networks", 22nd Euromicro International Conference on Parallel, Distributed, and Network-Based Processing IEEE, 2014