

بهینه‌سازی زمان تکمیل وظایف در اینترنت اشیا با استفاده از الگوریتم تغییر یافته ازدحام ذرات

سیدابراهیم دشتی^{۱*}، فرخ جعفری^۲

^۱ دانشیار، دانشکده برق و کامپیوتر، واحد چهارم، دانشگاه آزاد اسلامی
^۲ دانشجوی دکتری، دانشکده کامپیوتر، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی

۱ - مقدمه

اینترنت اشیا به عنوان یکی از فناوری‌های نوین، تحولات بزرگی در حوزه‌های مختلف ایجاد کرده است. در دنیای امروز، این فناوری به‌ویژه در حوزه پزشکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا به کمک آن می‌توان داده‌های پزشکی مربوط به بیماران را به‌طور بلادرنگ جمع‌آوری و پردازش کرد. سیستم‌های اینترنت اشیا پزشکی شامل سنسورهایی هستند که به‌طور مداوم داده‌های مرتبط با وضعیت بیماران را از محیط‌های مختلف جمع‌آوری می‌کنند و به سرورها ارسال می‌کنند. این داده‌ها باید به سرعت پردازش شوند تا اطلاعات به‌دست آمده به پزشکان منتقل شود و آن‌ها بتوانند در کوتاه‌ترین زمان ممکن تصمیمات درمانی لازم را اتخاذ کنند. یکی از چالش‌های اساسی در سیستم‌های اینترنت اشیا، به ویژه در محیط‌های پزشکی، زمان پاسخ‌دهی سیستم‌ها و نحوه تخصیص منابع محاسباتی است. این چالش زمانی پیچیده‌تر می‌شود که حجم داده‌ها زیاد بوده و نیاز به پردازش سریع در محیط‌های توزیع شده مانند ابر^۷ وجود داشته باشد.

ماشین‌های مجازی اولین بار توسط پوپک و گلدبرگ به عنوان نسخه‌های کپی شده از ماشین‌های واقعی و به صورت کارا و ایزوله شده معرفی شدند. امروزه، ماشین‌های مجازی از سخت‌افزار واقعی مستقل هستند و کاربردهای گسترده‌ای دارند [۱] با توجه به اینکه امروزه استفاده از ماشین‌های مجازی در محیط‌های ابری بسیار رایج است، مدیریت بهینه آنها برای بهبود کارایی و کاهش زمان پردازش اهمیت بسیاری دارد [۲].

اصطلاح «اینترنت اشیا» اولین بار توسط کوین اشتن در سال ۱۹۹۹ در زمینه مدیریت زنجیره تامین مطرح شد [۳]. در دهه اخیر، این مفهوم به حوزه‌های مختلفی نظیر مراقبت‌های

چکیده

در محیط اینترنت اشیا^۱ مثلاً بخش پزشکی، با حجم زیادی از داده‌های خام و درخواست‌های مکرر مواجه هستیم که نیاز به پاسخ‌دهی سریع به درخواست‌ها و اطلاعات دارند. این چالش به‌ویژه با استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته‌ای مانند محاسبات ابری، به دلیل ناپایداری منابع، پیچیده‌تر می‌شود. برای بهینه‌سازی مدیریت منابع، وظایفی که قابلیت انتقال به ابر را دارند، با استفاده از الگوریتم K-means به گروه‌هایی تقسیم می‌شوند. سپس، برای هر سرویس، یک ماشین مجازی^۲ با کمک الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات^۳ ایجاد می‌شود تا مهاجرت و انتقال وظایف بین منابع به صورت بهینه انجام شود. برای ارزیابی کیفیت سرویس، پارامتر زمان تکمیل وظایف^۴ مورد نظر قرار گرفته و از شبیه‌ساز کلودسیم و مجموعه داده‌های استاندارد پلنت لب^۵ استفاده شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که روش پیشنهادی نسبت به الگوریتم‌های ژنتیک، PABFD^۶ و الگوریتم ازدحام ذرات به ترتیب ۴/۸۶ درصد، ۶/۸۱ درصد و ۵/۷۳ درصد در بهبود زمان تکمیل وظایف موفق‌تر بوده است.

کلمات کلیدی: رایانش ابری، اینترنت اشیا، الگوریتم بهینه سازی ذرات، ماشین مجازی، زمان اتمام کار.

تاریخچه مقاله:

تاریخ ارسال: ۱۴۰۳/۱۰/۱۵

تاریخ اصلاحات: ۱۴۰۳/۱۱/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۰

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۱۲/۲۸

ایمیل نویسنده مسئول:

sayed.dashty@gmail.com

¹ IoT

² Virtual Machine

³ PSO

⁴ Makespan

⁵ PlanetLab

⁶ Performance-Aware Balanced and Fair Distribution

⁷ Cloud

رایانش ابری به عنوان یک فناوری مهم در بهبود کارایی و کاهش هزینه‌های پردازشی و ذخیره‌سازی داده‌ها شناخته می‌شود. با استفاده از رایانش ابری، منابع محاسباتی و ذخیره‌سازی به صورت پویا تخصیص داده می‌شوند و امکان مدیریت بهینه منابع فراهم می‌آید [۱۱].

مدیریت بهینه منابع در محیط‌های رایانش ابری و اینترنت اشیا به دلیل نیاز به پاسخ‌دهی سریع و استفاده بهینه از منابع، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. الگوریتم‌های بهینه‌سازی نقش کلیدی در حل این مسئله ایفا می‌کنند. این الگوریتم‌ها به مدیران سیستم‌ها کمک می‌کنند تا بتوانند منابع را به گونه‌ای تخصیص دهند که کارایی سیستم افزایش یابد و تأخیر به حداقل برسد.

الگوریتم ژنتیک یکی از تکنیک‌های معروف در زمینه بهینه‌سازی است که بر اساس اصول انتخاب طبیعی و تکامل تدریجی داروین عمل می‌کند. این الگوریتم از عملیات‌هایی مانند انتخاب، تلاقی و جهش برای جستجوی فضای پاسخ و یافتن بهترین جواب استفاده می‌کند. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که الگوریتم ژنتیک می‌تواند در حل مسائل پیچیده تخصیص منابع در محیط‌های رایانش ابری مؤثر باشد. الگوریتم ژنتیک [۱۲] به دلیل توانایی در جستجوی فضای گسترده پاسخ و اجتناب از گرفتار شدن در مینیمم‌های محلی، مورد توجه قرار گرفته است [۱۳].

الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات به دلیل سادگی و کارایی بالا در حل مسائل بهینه‌سازی، به طور گسترده‌ای در مدیریت منابع رایانش ابری و اینترنت اشیا استفاده می‌شود [۱۴ و ۱۵]. تغییرات و بهبودهای متعددی بر روی الگوریتم ازدحام ذرات اعمال شده است تا بتواند عملکرد بهتری در شرایط مختلف ارائه دهد. به عنوان مثال، جیانو و همکاران (۲۰۲۰) بهبودهایی در الگوریتم ازدحام ذرات ایجاد کرده‌اند که باعث افزایش دقت و سرعت همگرایی الگوریتم شده است [۱۶].

الگوریتم کلونی مورچگان یکی دیگر از الگوریتم‌های الهام گرفته از طبیعت است که بر اساس رفتار جستجوی غذا توسط مورچگان طراحی شده است. این الگوریتم مسیر بهینه را برای تخصیص منابع پیدا می‌کند. الگوریتم کلونی مورچگان به دلیل توانایی در جستجوی چندین مسیر و یافتن بهترین راه‌حل، در

بهداشتی، حمل و نقل و برنامه‌های کاربردی مفید توسعه یافته است [۳]. هدف اصلی اینترنت اشیا دریافت اطلاعات بدون دخالت انسان است، اما با رشد سریع این فناوری، چالش‌های جدیدی نیز پدیدار شده است، از جمله امنیت و مدیریت حجم عظیم داده‌ها [۴].

یکی از مشکلات اساسی در اینترنت اشیا، ناپایداری منابع است که مدیریت منابع را دشوار می‌کند. برای حل این مشکل، وظایف قابل انتقال به ابر با استفاده از الگوریتم K-means گروه‌بندی می‌شوند و سپس ماشین‌های مجازی با کمک الگوریتم ازدحام ذرات ایجاد می‌گردند تا مهاجرت و انتقال وظایف بین منابع به صورت بهینه‌تر صورت گیرد. این فرآیند باعث می‌شود تا منابع به صورت بهینه‌تری مدیریت شده و عملکرد سیستم بهبود یابد [۵].

کیفیت سرویس^۸ در یکپارچگی ابر و اینترنت اشیا اهمیت زیادی دارد. کیفیت سرویس، انطباق سرویس با خواست مشتری است و شامل پارامترهایی نظیر توان عملیاتی، زمان پاسخ، امنیت، دسترس‌پذیری و غیره می‌باشد. برای تضمین کیفیت سرویس، توافقات سطح سرویس^۹ بین تأمین‌کننده و مصرف‌کننده سرویس ضروری است [۶].

پروتکل‌های اینترنت اشیا کنونی در معرض حملاتی نظیر استراق سمع و حملات تزریق بسته قرار دارند. استفاده از مدل‌های امنیتی نظیر SDN می‌تواند به بهبود امنیت شبکه‌های اینترنت اشیا کمک کند [۷]. همچنین، ذخیره‌سازی، مدیریت و امن‌سازی داده‌های بزرگ در اینترنت اشیا از اهمیت بالایی برخوردار است و نیاز به راهکارهایی برای تسریع پردازش اطلاعات دارد [۸].

کیفیت سرویس در شبکه‌های اینترنت اشیا به معنای توانایی سیستم در ارائه خدمات بهینه و پاسخگویی به نیازهای کاربران با کمترین تأخیر و بیشترین کارایی است. در محیط‌های پزشکی، کیفیت سرویس اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا اطلاعات حیاتی بیماران باید به موقع به دست پزشکان برسد تا بتوانند تصمیم‌گیری‌های سریع و دقیقی انجام دهند [۹]. برای تضمین کیفیت سرویس در اینترنت اشیا، باید پارامترهایی نظیر پهنای باند، تأخیر، لرزش و نرخ از دست دادن بسته‌ها به دقت مدیریت شوند [۱۰].

⁸ QoS

⁹ SLA

۲- پیشینه تحقیق:

اینترنت اشیا به عنوان یکی از فناوری‌های نوین، توانسته است تحولات عمده‌ای در حوزه‌های مختلف ایجاد کند. این فناوری به‌ویژه در حوزه پزشکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا به کمک آن می‌توان داده‌های پزشکی بیماران را به‌طور بلادرنگ جمع‌آوری و پردازش کرد. در سیستم‌های اینترنت اشیا پزشکی، سنسورها به‌طور پیوسته داده‌های مربوط به وضعیت سلامتی بیماران را از محیط‌های مختلف جمع‌آوری کرده و به سیستم‌های مرکزی ارسال می‌کنند. این داده‌ها می‌توانند شامل فشار خون، ضربان قلب، دمای بدن، سطح اکسیژن خون و سایر پارامترهای پزشکی باشند که برای مراقبت بهینه از بیماران ضروری هستند.

کاربردهای اینترنت اشیا در حوزه پزشکی به‌طور گسترده‌ای در حال گسترش هستند. از جمله این کاربردها می‌توان به نظارت بر وضعیت بیماران، مدیریت داروها، نظارت از راه دور بر بیماران و انجام مشاوره‌های پزشکی از طریق تلفن همراه اشاره کرد [۲۲].

علاوه بر این، اینترنت اشیا می‌تواند برای شناسایی و پیشگیری از بیماری‌ها، بهبود مراقبت‌های پیشگیرانه و ارتقاء خدمات بهداشتی استفاده شود. به‌ویژه در محیط‌های ابری، اینترنت اشیا با استفاده از منابع پردازشی توزیع‌شده و ظرفیت ذخیره‌سازی بالا، به‌طور مؤثری به پردازش داده‌ها و انتقال سریع اطلاعات به پزشکان کمک می‌کند. با این حال، یکی از چالش‌های اصلی در استفاده از اینترنت اشیا در پزشکی، مدیریت منابع پردازشی و زمان‌بندی وظایف در محیط‌های ابری است. به دلیل حجم بالای داده‌ها و نیاز به پردازش سریع، الگوریتم‌های بهینه‌سازی نقش بسیار مهمی در تخصیص منابع به‌طور بهینه و کاهش زمان پاسخ‌دهی ایفا می‌کنند.

۳- الگوریتم K-means :

روش K-Means یکی از روش‌های خوشه‌بندی داده‌ها در داده‌کاوی است. این روش علی‌رغم سادگی آن یک روش پایه برای بسیاری از روش‌های خوشه‌بندی دیگر (مانند خوشه‌بندی فازی) محسوب می‌شود. این روش روشی انحصاری و مسطح محسوب می‌شود. برای این الگوریتم شکل‌های مختلفی بیان شده است. ولی همه آنها دارای روالی تکراری هستند که برای تعدادی ثابت از خوشه‌ها سعی در تخمین موارد زیر دارند:

مدیریت منابع رایانش ابری به کار گرفته شده است [۱۷و۱۸]. استفاده از الگوریتم‌های ترکیبی نیز به عنوان یک رویکرد مؤثر در مدیریت منابع مورد توجه قرار گرفته است. این الگوریتم‌ها با ترکیب ویژگی‌های مثبت چند الگوریتم مختلف، سعی در بهبود کارایی و دقت دارند. به عنوان مثال، ترکیب الگوریتم ازدحام ذرات و الگوریتم کلونی مورچگان برای بهبود تخصیص منابع در محیط‌های ابری پیشنهاد شده است که توانسته است نتایج قابل توجهی در کاهش تأخیر و افزایش کارایی داشته باشد [۱۹].

الگوریتم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی نظیر یادگیری ماشین و یادگیری عمیق نیز در مدیریت منابع رایانش ابری و اینترنت اشیا کاربرد دارند. این الگوریتم‌ها با تحلیل داده‌های بزرگ و پیش‌بینی نیازهای آینده، می‌توانند به تخصیص بهینه منابع کمک کنند [۲۰]. استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و الگوریتم‌های یادگیری تقویتی نیز به عنوان روش‌های نوین در این زمینه مطرح شده‌اند که می‌توانند به بهبود کیفیت سرویس و کاهش تأخیر کمک کنند [۲۱].

به‌منظور بهبود کارایی و کاهش زمان پاسخ‌دهی سیستم‌های اینترنت اشیا، از الگوریتم‌های بهینه‌سازی متعددی استفاده می‌شود. یکی از این الگوریتم‌ها، الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات است که در سال ۱۹۹۵ توسط کندی و ابرهات معرفی شد. این الگوریتم به‌ویژه در مسائل بهینه‌سازی که به تخصیص منابع و زمان‌بندی نیاز دارند، کاربرد فراوانی دارد. در این تحقیق، الگوریتم ازدحام ذرات تغییر یافته به همراه الگوریتم K-means برای تخصیص بهینه ماشین‌های مجازی در محیط‌های ابری به کار رفته است. هدف این مقاله بررسی و تحلیل کیفیت سرویس در سیستم‌های اینترنت اشیا پزشکی با استفاده از این الگوریتم‌ها به‌منظور کاهش زمان تکمیل وظایف و بهبود کارایی سیستم است.

در این تحقیق، برای ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی، از شبیه‌ساز کلودسیم و مجموعه داده‌های استاندارد پلن‌ت‌لب استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که الگوریتم پیشنهادی نسبت به الگوریتم‌های ژنتیک، الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات استاندارد و الگوریتم PABFD، بهبود قابل‌ملاحظه‌ای در زمان تکمیل وظایف به ارمغان آورده است. به‌طور کلی، هدف این تحقیق، ارائه یک روش بهینه برای تخصیص منابع در محیط‌های ابری مبتنی بر اینترنت اشیا پزشکی است که موجب بهبود کیفیت سرویس و تسریع در پردازش داده‌ها می‌شود.

حرکت خود در فضای مسأله ادامه می‌دهد. به این شکل است که برای گروهی از ذرات، الگوریتم ازدحام ذرات آغاز کار به صورت تصادفی به وجود می‌آیند و با به روز کردن نسل‌ها سعی در یافتن راه‌حل بهینه می‌نمایند. در هر گام، هر ذره با استفاده از دو بهترین مقدار به روز می‌شود. اولین مورد، بهترین موقعیتی است که تا کنون ذره موفق به رسیدن به آن شده است. موقعیت مذکور شناخته و نگهداری می‌شود که با نام $pbest$ توسط الگوریتم مورد استفاده قرار می‌گیرد. بهترین مقدار دیگر، بهترین موقعیتی است که تا کنون توسط جمعیت ذرات بدست آمده است. این موقعیت با $gbest$ نمایش داده می‌شود. پس از یافتن بهترین مقادیر، سرعت و مکان هر ذره با استفاده از معادلات (۱) و (۲) به روز می‌شود.

معادله (۱) :

$$V[i] = v[i] + C1 * rand * (pbest[i] - position[i]) + C2 * rand * (gbest[i] - position[i])$$

معادله (۲):

$$position[i] = position[i] + V$$

در معادلات (۱) و (۲)، v سرعت ذره و $position$ محل فعلی ذره هستند که هر دو آرایه‌هایی به طول تعداد ابعاد مسأله می‌باشند. $Rand()$ یک عدد تصادفی در بازه $(0, 1)$ است و $C1$ و $C2$ نیز فاکتورهای یادگیری هستند. معمولاً $C1=C2=2$ در نظر گرفته می‌شود. سرعت ذرات در هر بعد به یک مقدار $Vmax$ محدود می‌شوند. اگر مجموع شتاب‌ها باعث شوند که سرعت در یک بعد از $Vmax$ بیشتر شود، مقدار سرعت در آن بعد برابر با $Vmax$ قرار می‌گیرد.

در زمینه‌های مختلف فناوری اطلاعات، به ویژه رایانش ابری، اینترنت اشیا، شبکه‌های حسگر بی‌سیم و بهینه‌سازی منابع، تحقیقات متعددی در سال‌های اخیر منتشر شده‌اند که به حل چالش‌ها و مشکلات این حوزه‌ها پرداخته‌اند. این مقالات به‌ویژه در زمینه‌هایی مانند هزینه‌های مجازی‌سازی، بهبود عملکرد ابر، تخصیص منابع، امنیت شبکه‌ها و بهینه‌سازی مصرف انرژی در سیستم‌های مختلف، اطلاعات ارزشمندی به دست داده‌اند.

محققینی در پژوهش خود به بررسی هزینه‌های مرتبط با مجازی‌سازی پرداخته و با مقایسه کانتینرها و ماشین‌های مجازی بر روی سخت‌افزار مستقیم، میزان هزینه‌ها و کارایی هر یک را تحلیل کرده‌اند. این تحقیق مزایای مقایسه دقیق هزینه‌ها

بدست آوردن نقاطی به عنوان مراکز خوشه‌ها این نقاط در واقع همان میانگین نقاط متعلق به هر خوشه هستند. نسبت دادن هر نمونه داده به یک خوشه که آن داده کمترین فاصله تا مرکز آن خوشه را دارا باشد. در نوع ساده‌ای از این روش ابتدا به تعداد خوشه‌های مورد نیاز نقاطی به صورت تصادفی انتخاب می‌شود. سپس داده‌ها با توجه به میزان نزدیکی (شباهت) به یکی از این خوشه‌ها نسبت داده می‌شوند و بدین ترتیب خوشه‌های جدیدی حاصل می‌شود. با تکرار همین روال می‌توان در هر تکرار با میانگین‌گیری از داده‌ها مراکز جدیدی برای آنها محاسبه کرد و مجدداً داده‌ها را به خوشه‌های جدید نسبت داد. این روند تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که دیگر تغییری در داده‌ها حاصل نشود.

در الگوریتم K-means ابتدا k عضو k (که k تعداد خوشه‌ها است) بصورت تصادفی از میان n عضو به عنوان مراکز خوشه‌ها انتخاب می‌شود. سپس $n-k$ عضو باقیمانده به نزدیک‌ترین خوشه تخصیص می‌یابند. بعد از تخصیص همه اعضا مراکز خوشه مجدداً محاسبه می‌شوند و با توجه به مراکز جدید به خوشه‌ها تخصیص می‌یابند و این کار تا زمانی که مراکز خوشه‌ها ثابت بماند ادامه می‌یابد.

۴- الگوریتم PSO :

در سال ۱۹۹۵ توسط کندی و ابرهارت برای اولین بار الگوریتم ازدحام ذرات به عنوان یک روش جستجوی غیرقطعی برای بهینه‌سازی تابعی مطرح گشت این الگوریتم از حرکت دسته جمعی پرندگان که به دنبال غذا می‌باشند الهام گرفته شده است.

گروهی از پرندگان در فضایی به صورت تصادفی دنبال غذا می‌گردند. تنها یک تکه غذا در فضای مورد بحث وجود دارد. هیچ یک از پرندگان محل غذا را نمی‌دانند. یکی از بهترین استراتژی‌ها می‌تواند دنبال کردن پرنده‌ای باشد که کمترین فاصله را تا غذا داشته باشد. این استراتژی در واقع جانمایه الگوریتم است. هر راه حل که به آن یک ذره گفته می‌شود، در الگوریتم ازدحام ذرات معادل یک پرنده می‌باشد. هر ذره یک مقدار شایستگی دارد که توسط یک تابع شایستگی محاسبه می‌شود. هر چه ذره در فضای جستجو به هدف (غذا) در مدل حرکت پرندگان نزدیک‌تر باشد، شایستگی بیشتری دارد. همچنین هر ذره دارای یک سرعت است که هدایت حرکت ذره را بر عهده دارد. هر ذره با دنبال کردن ذرات بهینه در حالت فعلی، به

نرم‌افزاری تعریف‌شده در اینترنت اشیا اختصاص داده‌اند. این تحقیق به‌ویژه به انعطاف‌پذیری شبکه‌های نرم‌افزاری تعریف‌شده در شبکه‌های اینترنت اشیا اشاره کرده و چالش‌هایی مانند پیچیدگی پیاده‌سازی آن را مطرح کرده است. این تحقیق برای تحقیق حاضر که به دنبال پیاده‌سازی و تحلیل شبکه‌های نرم‌افزاری تعریف‌شده در بستر اینترنت اشیا است، مفید خواهد بود [۵].

محققینی در تحقیق خود به بررسی فناوری‌ها و پروتکل‌های اینترنت اشیا پرداخته و این پروتکل‌ها را از جنبه‌های مختلفی مورد تحلیل قرار داده‌اند. این تحقیق به‌ویژه برای تحلیل فناوری‌های اینترنت اشیا در تحقیق حاضر که به استفاده از پروتکل‌ها و فناوری‌های مختلف در شبکه‌های اینترنت اشیا پرداخته، اهمیت زیادی دارد [۸].

در زمینه مراقبت‌های بهداشتی، به بررسی نقش اینترنت اشیا در مراقبت‌های بهداشتی پرداخته‌اند. این تحقیق تأکید دارد بر این که استفاده از اینترنت اشیا می‌تواند به بهبود کارایی و کاهش هزینه‌ها در مراقبت‌های بهداشتی کمک کند، اما چالش‌هایی مانند امنیت همچنان باقی است. این تحقیق به‌ویژه برای استفاده از اینترنت اشیا در مراقبت‌های بهداشتی و بهبود خدمات پزشکی در تحقیق حاضر مرتبط است [۲۲].

در پژوهشی به توسعه خدمات بهداشتی هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا برای تشخیص بیماران راه دور با دیابت پرداخته‌اند. با استفاده از هوش مصنوعی، این خدمات به‌ویژه برای بیماران دیابتی می‌تواند دقت تشخیص را بهبود بخشد. این تحقیق می‌تواند در زمینه توسعه خدمات بهداشتی هوشمند و استفاده از اینترنت اشیا برای تشخیص بیماری‌ها در تحقیق حاضر مورد استفاده قرار گیرد [۹].

در زمینه شبکه‌های حسگر بی‌سیم، عده‌ای به بررسی پروتکل‌های کارآمد انرژی پرداخته‌اند. آن‌ها با تجزیه و تحلیل این پروتکل‌ها، نشان می‌دهند که چگونه می‌توان انرژی را در شبکه‌های حسگر بی‌سیم بهینه کرد. این تحقیق به‌ویژه برای بهینه‌سازی مصرف انرژی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم در تحقیق حاضر مرتبط است [۱۰].

محققین، در تحقیق خود به تخصیص منابع در رایانش ابری پرداخته‌اند. آن‌ها به‌ویژه بر تخصیص منابع در سیستم‌های ابری چندرسانه‌ای خودرو تمرکز کرده‌اند که می‌تواند به تحقیق حاضر

و معایب تمرکز تنها بر هزینه‌ها را برجسته می‌کند. برای تحقیق حاضر که به تحلیل هزینه‌های سیستم‌ها پرداخته، این کار به‌ویژه در درک هزینه‌های مجازی‌سازی مفید است [۱].

در پژوهشی نیز به بررسی بهبود عملکرد سیستم‌های ابری پرداخته‌اند. این تحقیق بر کاهش تاخیرهای انتهایی در سیستم‌های ابری تمرکز داشته و نشان می‌دهد که با تغییرات ساختاری و بهینه‌سازی در ساختار ابری، می‌توان عملکرد را به‌طور چشمگیری بهبود داد. نتایج این مقاله در تحقیق حاضر می‌تواند به بهبود کارایی سیستم‌های ابری کمک کند [۲].

محققانی در سال ۲۰۲۰ تحقیق خود را به تحلیل مفهومی و بررسی کاربردهای اینترنت اشیا اختصاص داده‌اند. آن‌ها با ارزیابی مفاهیم و کاربردهای اینترنت اشیا، نشان داده‌اند که این فناوری قابلیت‌های گسترده‌ای در حوزه‌های مختلف دارد. این تحقیق برای تحقیق حاضر که در آن قصد بررسی کاربردهای اینترنت اشیا وجود دارد، می‌تواند مبنای مناسبی برای تحلیل و توسعه کاربردهای اینترنت اشیا در حوزه‌های دیگر باشد [۳].

در حوزه زنجیره تأمین، در سال ۲۰۲۰ تحقیقی تجربی انجام داده‌اند که تأثیرات اینترنت اشیا بر کارایی زنجیره تأمین جهانی را مورد بررسی قرار داده است. این مقاله نشان می‌دهد که استفاده از اینترنت اشیا می‌تواند به بهبود کارایی و کاهش هزینه‌ها در زنجیره تأمین کمک کند. برای تحقیق حاضر که در پی بهبود عملکرد زنجیره تأمین است، این تحقیق به عنوان یکی از مبنای تحلیلی مرتبط می‌باشد [۴].

محققینی در تحقیق خود به ارائه الگوریتم‌های جایگذاری داده‌های کارآمد انرژی در دیتاسنترهای جغرافیایی توزیع‌شده پرداخته‌اند. استفاده از این الگوریتم‌ها باعث افزایش کارایی انرژی در دیتاسنترها می‌شود. با توجه به اینکه بهینه‌سازی مصرف انرژی در تحقیق حاضر مورد توجه است، این مقاله می‌تواند مبنای مناسبی برای الگوریتم‌های مشابه در زمینه‌های دیگر باشد. یکی از منابع ارزشمند برای درک مفاهیم پایه در رایانش ابری، بویا و همکاران است که در کتاب خود به اصول رایانش ابری پرداخته‌اند. این کتاب منابع جامعی را برای فهم مبنای اولیه فراهم می‌آورد که برای پژوهشگران مبتدی یا کسانی که به دنبال درک بهتر این مفاهیم هستند، مناسب است. در زمینه شبکه‌های نرم‌افزاری تعریف‌شده^{۱۰} و اینترنت اشیا، محققانی تحقیق خود را به بررسی سیستماتیک نقش شبکه‌های

¹⁰ SDN

که با استفاده از این الگوریتم‌ها می‌توان به‌طور موثری منابع محاسباتی را بهینه کرد. این تحقیق به‌ویژه برای تحقیق حاضر که در آن هدف بهینه‌سازی تخصیص منابع در محیط‌های ابری است، مفید خواهد بود [۱۵].

محققین در زمینه شبکه‌های $G5$ ، از یادگیری ماشین برای بهینه‌سازی تخصیص منابع در این شبکه‌ها استفاده کرده‌اند. این مقاله به‌ویژه بر مصرف انرژی بالا در شبکه‌های $G5$ تمرکز کرده و نشان داده که می‌توان با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین، مصرف انرژی را به‌طور چشمگیری کاهش داد. این تحقیق می‌تواند برای تحقیق حاضر در زمینه بهینه‌سازی مصرف انرژی در شبکه‌های $G5$ و دیگر شبکه‌های ارتباطی جدید مفید باشد [۲۳].

در پژوهشی به الگوریتم‌های فرا ابتکاری برای تخصیص منابع در سیستم‌های ابری پرداخته‌اند. این تحقیق به‌ویژه نشان می‌دهد که استفاده از این الگوریتم‌ها می‌تواند به بهینه‌سازی تخصیص منابع در سیستم‌های ابری کمک کند. با این حال، نیاز به زمان بر بودن فرآیند و پیچیدگی‌های اجرایی از معایب این روش‌هاست. این تحقیق برای تحقیق حاضر که در پی بهینه‌سازی تخصیص منابع است، بسیار مفید است [۲۴].

محققان، پژوهش خود را به بهینه‌سازی تخصیص منابع در سیستم‌های ابری $G5$ اختصاص داده‌اند. در این تحقیق از الگوریتم‌های ژنتیک برای تخصیص منابع در سیستم‌های ابری استفاده شده است. این مقاله نشان می‌دهد که این الگوریتم‌ها می‌توانند تخصیص منابع را به‌طور بهینه انجام دهند، به‌ویژه در شبکه‌های $G5$ که با چالش‌های پیچیدگی و حجم بالای داده‌ها روبه‌رو هستند. نتایج این تحقیق می‌تواند به تحقیق حاضر در زمینه بهینه‌سازی منابع در محیط‌های ابری کمک کند [۲۵].

در پژوهشی به بررسی بهینه‌سازی مصرف انرژی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم پرداخته‌اند. این مقاله با استفاده از یادگیری عمیق برای بهینه‌سازی مصرف انرژی در این شبکه‌ها، نشان داده که استفاده از الگوریتم‌های یادگیری عمیق می‌تواند مصرف انرژی را کاهش دهد، به‌ویژه در شبکه‌هایی که نیاز به پردازش داده‌های حجیم دارند. این تحقیق برای تحقیق حاضر که به بهینه‌سازی مصرف انرژی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم پرداخته، می‌تواند مفید باشد [۲۶].

محققان به بررسی پروتکل‌های امنیتی در شبکه‌های اینترنت اشیا پرداخته‌اند. این تحقیق با تحلیل و ارزیابی پروتکل‌های

در زمینه بهبود تخصیص منابع در سیستم‌های ابری کمک کند [۱۱].

محققینی نیز در تحقیق خود به بهینه‌سازی تخصیص منابع در رایانش ابری با استفاده از الگوریتم ژنتیک پرداخته‌اند. این تحقیق می‌تواند در زمینه بهینه‌سازی تخصیص منابع در سیستم‌های ابری در تحقیق حاضر کاربرد داشته باشد [۱۲].

در نهایت، در پژوهشی نیز به مدیریت منابع در محیط‌های ابری با استفاده از الگوریتم ژنتیک پرداخته‌اند. این تحقیق برای بهبود مدیریت منابع در سیستم‌های ابری و استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی در تحقیق حاضر مفید است [۱۳].

در پژوهشی یکی از مسائل کلیدی در رایانش ابری، زمان پاسخ‌دهی است که می‌تواند تأثیر زیادی بر عملکرد کلی سیستم‌های ابری و تجربه کاربر داشته باشد. آنها در تحقیق خود به بررسی بهینه‌سازی زمان پاسخ‌دهی در سیستم‌های ابری پرداخته‌اند. این تحقیق از الگوریتم‌های هوشمند برای کاهش زمان پاسخ‌دهی در پردازش‌های ابری استفاده می‌کند. الگوریتم‌های هوشمند به‌ویژه می‌توانند در مواجهه با بار سنگین پردازش یا درخواست‌های پیچیده، عملکرد سیستم را بهبود بخشند. مزایای استفاده از الگوریتم‌های هوشمند شامل افزایش سرعت پردازش و کاهش زمان تأخیر است، که این امر به‌ویژه در محیط‌های ابری که نیاز به پردازش حجم بالای داده‌ها دارند، اهمیت دارد. در عین حال، معایب این رویکردها شامل پیچیدگی در پیاده‌سازی و نیاز به منابع محاسباتی بیشتر برای اجرای این الگوریتم‌ها است. آزمایش‌های انجام‌شده در این تحقیق نشان می‌دهند که استفاده از الگوریتم‌های هوشمند می‌تواند عملکرد سیستم‌های ابری را به‌ویژه در کاهش زمان پاسخ‌دهی به درخواست‌ها و پردازش داده‌ها بهبود بخشد. در سال‌های اخیر، بهینه‌سازی تخصیص منابع و مصرف انرژی در سیستم‌های مختلف به‌ویژه در حوزه‌های رایانش ابری، شبکه‌های $G5$ و شبکه‌های حسگر بی‌سیم به یکی از چالش‌های اساسی در حوزه فناوری اطلاعات تبدیل شده است. مقالات مختلفی در این زمینه‌ها منتشر شده که به بررسی و بهینه‌سازی روش‌ها و الگوریتم‌های موجود پرداخته‌اند [۲۸].

در تحقیقی به بررسی و بهبود الگوریتم‌های بهینه‌سازی برای تخصیص منابع در رایانش ابری پرداخته‌اند. این تحقیق با استفاده از الگوریتم‌های ترکیبی به بهبود کارایی و کاهش مصرف منابع در سیستم‌های ابری پرداخته و نشان داده است

در پژوهشی به چالش مصرف انرژی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم با استفاده از تکنیک‌های یادگیری عمیق پرداخته‌اند. تحقیقات آن‌ها نشان می‌دهد که مدل‌های یادگیری عمیق می‌توانند الگوهای مصرف انرژی را پیش‌بینی کرده و عملیات شبکه حسگر را بهینه کنند تا عمر شبکه را افزایش دهند. این مقاله پتانسیل یادگیری عمیق را برای انقلاب در مدیریت انرژی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم با ارائه راه‌حل‌های تطبیقی و کارا برجسته می‌کند [۲۶].

محققان یک بررسی جامع از پروتکل‌های امنیتی موجود در شبکه‌های اینترنت اشیا ارائه می‌دهند که بر اثربخشی آن‌ها در تشخیص تهدیدها تمرکز دارد. این مقاله پروتکل‌های مختلف را بر اساس رویکردهای آن‌ها به احراز هویت، رمزنگاری و تشخیص نفوذ دسته‌بندی می‌کند. نویسندگان نقاط قوت و ضعف هر پروتکل را برجسته می‌کنند و پیشنهادهایی برای بهبود وضعیت امنیتی شبکه‌های اینترنت اشیا ارائه می‌دهند [۲۷].

محققان در پژوهشی به بررسی کاربرد الگوریتم‌های هوشمند برای بهینه‌سازی زمان پاسخ در سیستم‌های ابری پرداخته‌اند. آن‌ها تحلیل دقیقی از چندین الگوریتم، از جمله روش‌های یادگیری ماشین و هیوریستیک، و تأثیر آن‌ها بر کاهش زمان پاسخ ارائه می‌دهند. این مطالعه پتانسیل این الگوریتم‌ها را برای بهبود عملکرد و تجربه کاربری خدمات ابری با اطمینان از تخصیص منابع و اجرای وظایف به موقع نشان می‌دهد [۲۸]. مزایای این الگوریتم شامل افزایش کارایی تخصیص منابع و کاهش هزینه‌ها در استفاده از منابع ابری است. این الگوریتم همچنین قادر است به‌طور خودکار و دینامیک منابع را به درخواست‌ها تخصیص دهد، که باعث بهبود عملکرد سیستم‌های ابری می‌شود. در عین حال، معایب این الگوریتم عبارتند از: پیچیدگی در پیاده‌سازی و نیاز به تنظیمات خاص برای مشکلات متفاوت.

امنیتی مختلف در شبکه‌های اینترنت اشیا نشان می‌دهد که چگونه می‌توان تهدیدات امنیتی را شناسایی و برطرف کرد. این پژوهش برای تحقیق حاضر در زمینه امنیت شبکه‌های اینترنت اشیا بسیار مفید است، زیرا امنیت یکی از چالش‌های اساسی در شبکه‌های حسگر و اینترنت اشیا به‌شمار می‌آید [۲۷].

در تحقیقی به بهینه‌سازی تخصیص منابع ابری با استفاده از الگوریتم ازدحام ذرات پرداخته‌اند. الگوریتم ازدحام ذرات یکی از الگوریتم‌های فرا ابتکاری است که در سال‌های اخیر به‌طور گسترده برای بهینه‌سازی مسائل پیچیده مورد استفاده قرار گرفته است. در این تحقیق، الگوریتم ازدحام ذرات برای تخصیص منابع در محیط‌های ابری به کار رفته است تا بتوان به بهترین شکل ممکن منابع محاسباتی و ذخیره‌سازی را تخصیص داد [۱۴].

در پژوهشی به بررسی کاربرد تکنیک‌های یادگیری ماشین در بهینه‌سازی تخصیص منابع در شبکه‌های $G5$ پرداخته‌اند. آن‌ها تحلیل جامعی از الگوریتم‌های مختلف و کارایی آن‌ها در بهبود عملکرد شبکه، کاهش تأخیر و بهبود تجربه کاربری ارائه می‌دهند. این مطالعه نشان‌دهنده پتانسیل یادگیری ماشین برای مدیریت تطبیقی منابع در زمان واقعی است که به دینامیک شبکه‌های $G5$ پاسخ می‌دهد [۲۳].

در پژوهشی بر استفاده از الگوریتم‌های متاهوریستیک برای دستیابی به تخصیص منابع بهینه در سیستم‌های ابری تمرکز کرده‌اند. آن‌ها چندین روش متاهوریستیک، از جمله الگوریتم‌های ژنتیک، بهینه‌سازی ازدحام ذرات و بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها را مقایسه می‌کنند. این مقاله شواهد تجربی را ارائه می‌دهد که نشان‌دهنده برتری این روش‌ها در کاهش هزینه‌ها، بهبود توازن بار و افزایش کارایی سیستم در محیط‌های ابری است [۲۴].

در این مقاله به بررسی استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک برای بهینه‌سازی تخصیص منابع در سیستم‌های ابری $G5$ پرداخته‌اند. نویسندگان یک چارچوب مبتنی بر الگوریتم ژنتیک توسعه داده‌اند که منابع را به صورت دینامیکی تخصیص می‌دهد تا بهره‌وری سیستم را به حداکثر و تأخیر را به حداقل برساند. این مطالعه نتایج شبیه‌سازی را ارائه می‌دهد که نشان‌دهنده اثربخشی الگوریتم‌های ژنتیک در مواجهه با پیچیدگی‌ها و ناهمگنی‌های سیستم‌های ابری $G5$ است [۲۵].

جدول ۱ شامل پژوهش‌هایی است که به طور خاص بر روی رایانش ابری، مدیریت و بهینه‌سازی منابع (با الگوریتم‌هایی مانند ژنتیک، PSO و ACO) و عملکرد دیتاسترها متمرکز هستند.

جدول ۱: مقالات حوزه رایانش ابری و بهینه‌سازی منابع

شماره منبع	کار انجام‌شده	مزایا و معایب	مجموعه داده‌ها/آزمایشات	روش به‌کار رفته	موضوع تحقیق
[1]	مقایسه عملکرد کانتینرها، ماشین‌های مجازی و سخت‌افزار مستقیم	مزایا: مقایسه دقیق و مستقیم. معایب: تمرکز صرف بر هزینه‌های عملکردی	بنچ‌مارک‌های عملکردی	بنچ‌مارک و ارزیابی عملکرد	هزینه‌های مجازی‌سازی: بنچ‌مارک کانتینرها و ماشین‌های مجازی در مقابل سخت‌افزار مستقیم
[2]	ارائه و ارزیابی راهکارهایی برای کاهش تاخیرهای انتهایی	مزایا: بهبود قابل توجه در تاخیرهای انتهایی. معایب: نیاز به آگاهی از ناهمگونی سیستم	آزمایش‌های عملکردی و شبیه‌سازی	تحلیل آماری و مدل‌سازی	بهبود عملکرد ابر: کاهش تاخیرهای انتهایی از طریق ناهمگونی
[5]	ارائه یک الگوریتم جایگذاری داده جدید برای صرفه‌جویی در انرژی	مزایا: کارایی انرژی بالا. معایب: پیچیدگی در پیاده‌سازی	شبیه‌سازی بر روی دیتاسترهای جغرافیایی توزیع‌شده	طراحی و ارزیابی الگوریتم	الگوریتم جایگذاری داده‌های کارآمد انرژی برای برنامه‌های داده‌محور در دیتاسترهای جغرافیایی توزیع‌شده
[6]	ارائه یک مرور جامع بر مفاهیم، فناوری‌ها و برنامه‌های کاربردی رایانش ابری	مزایا: پوشش جامع مفاهیم پایه. معایب: تمرکز بر مفاهیم به جای راهکارهای پیشرفته	تحلیل مفهومی و ارائه مثال‌های کاربردی	تحلیل کتاب (مرور کلی)	تسلط بر رایانش ابری: پایه‌ها و برنامه‌های کاربردی
[11]	ارائه یک چارچوب تخصیص منابع با اولویت پویا برای رایانش ابری خودرو	مزایا: بهبود عملکرد و کارایی منابع. معایب: پیچیدگی در مدیریت اولویت‌های پویا	آزمایش‌های عملکردی و شبیه‌سازی	طراحی و ارزیابی چارچوب	چارچوب تخصیص منابع و محاسباتی کارآمد با اولویت پویا برای رایانش ابری چند رسانه‌ای خودرو
[12]	بهینه‌سازی تخصیص منابع در ابر با استفاده از الگوریتم ژنتیک	مزایا: کارایی بالا در یافتن راهکار بهینه. معایب: نیاز به تنظیم پارامترهای پیچیده	آزمایش‌های شبیه‌سازی و تحلیل مقایسه‌ای	الگوریتم ژنتیک	بهینه‌سازی تخصیص منابع برای رایانش ابری با استفاده از الگوریتم ژنتیک
[13]	مدیریت منابع در محیط ابری با استفاده از الگوریتم ژنتیک	مزایا: بهینه‌سازی کارایی منابع. معایب: پیچیدگی ذاتی الگوریتم ژنتیک	آزمایش‌های مبتنی بر شبیه‌سازی	الگوریتم ژنتیک	مدیریت منابع مبتنی بر الگوریتم ژنتیک در محیط‌های ابری
[14]	تخصیص منابع ابری با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات (PSO)	مزایا: سادگی مفهومی و کارایی بالا. معایب: احتمال گیر کردن در بهینه محلی	آزمایش‌های شبیه‌سازی	الگوریتم PSO	بهینه‌سازی ازدحام ذرات برای تخصیص منابع ابری
[15]	ارائه یک الگوریتم بهبودیافته PSO برای زمان‌بندی منابع در ابر	مزایا: کارایی و سرعت همگرایی بالا. معایب: نیاز به منابع محاسباتی نسبتاً زیاد	آزمایش‌های شبیه‌سازی بر روی داده‌های ابری	الگوریتم بهینه‌سازی ترکیبی	یک الگوریتم بهبودیافته بهینه‌سازی ازدحام ذرات برای زمان‌بندی منابع در رایانش ابری
[16]	ارائه یک الگوریتم PSO بهبود یافته برای تخصیص منابع پویا در رایانش ابری	مزایا: تطبیق پذیری بالا با محیط پویا. معایب: پیچیدگی محاسباتی	آزمایش‌های شبیه‌سازی	الگوریتم PSO بهبود یافته	بهبود الگوریتم PSO برای تخصیص منابع پویا در رایانش ابری
[18]	زمان‌بندی منابع در رایانش ابری با استفاده از الگوریتم ACO	مزایا: کارایی بالا در تخصیص منابع. معایب: نیاز به تنظیم پارامترهای زیاد	آزمایش‌های شبیه‌سازی	الگوریتم ACO	زمان‌بندی منابع کارآمد در رایانش ابری با استفاده از الگوریتم کلونی مورچه‌ها

[19]	تخصیص منابع ابری با استفاده از الگوریتم PSO	مزایا: سادگی پیاده‌سازی معایب: احتمال گیر کردن در بهینه محلی	آزمایش‌های شبیه‌سازی	الگوریتم PSO	بهینه‌سازی ازدحام ذرات برای تخصیص منابع ابری
[20]	بهینه‌سازی تخصیص منابع در رایانش ابری با الگوریتم ژنتیک	مزایا: توانایی جستجوی سراسری معایب: زمان بر بودن محاسبات	آزمایش‌های شبیه‌سازی	الگوریتم ژنتیک	بهینه‌سازی تخصیص منابع برای رایانش ابری با استفاده از الگوریتم ژنتیک
[21]	ارائه چارچوب تخصیص منابع با اولویت پویا برای رایانش ابری خودرویی	مزایا: کارایی بالا در محیط‌های پویا معایب: پیچیدگی پیاده‌سازی	آزمایش‌های عملکردی	چارچوب تخصیص منابع	چارچوب تخصیص منابع با اولویت پویا برای رایانش ابری چندرسانه‌ای خودرویی
[24]	تخصیص منابع بهینه در سیستم‌های ابری با استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری	مزایا: توانایی یافتن راهکارهای بهینه نزدیک به بهینه سراسری. معایب: زمان بر بودن فرآیند بهینه‌سازی	آزمایش‌های الگوریتمی و مقایسه‌ای	الگوریتم‌های فراابتکاری	تخصیص منابع بهینه در سیستم‌های ابری با استفاده از الگوریتم‌های فراابتکاری
[25]	تخصیص منابع در سیستم‌های ابری ۵G با بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک	مزایا: کارایی بالا در تخصیص منابع در محیط‌های پیچیده. معایب: پیچیدگی در پیاده‌سازی و تنظیم پارامترها	آزمایش‌های تخصیص منابع و شبیه‌سازی	الگوریتم ژنتیک	تخصیص منابع در سیستم‌های ابری ۵G بهینه‌شده با استفاده از الگوریتم‌های ژنتیک
[28]	بهینه‌سازی زمان پاسخ‌دهی در سیستم‌های ابری با الگوریتم‌های هوشمند	مزایا: بهبود محسوس در زمان پاسخ‌دهی. معایب: پیچیدگی در انتخاب و تنظیم الگوریتم مناسب	آزمایش‌های اندازه‌گیری زمان پاسخ‌دهی	الگوریتم‌های هوشمند	بهینه‌سازی زمان پاسخ‌دهی در سیستم‌های ابری با استفاده از الگوریتم‌های هوشمند

جدول ۲ شامل پژوهش‌هایی است که به بررسی مفاهیم، فناوری‌ها، معماری، چالش‌ها و کاربردهای خاص اینترنت اشیا در حوزه‌های مختلف مانند کسب‌وکار، زنجیره تامین و مراقبت‌های بهداشتی می‌پردازند.

جدول ۲: مقالات حوزه اینترنت اشیا (IoT) و کاربردهای آن

شماره منبع	کار انجام‌شده	مزایا و معایب	مجموعه داده‌ها/آزمایشات	روش به کار رفته	موضوع تحقیق
[3]	بررسی مفاهیم، معماری و کاربردهای IoT در کسب‌وکار	مزایا: ارائه دیدگاه کلی و کاربردی. معایب: عدم ارائه راهکار عمیق فنی	تحلیل مفهومی و مطالعه موردی	تحلیل مفهومی	اینترنت اشیا (IoT)
[4]	مطالعه تأثیرات فناوری IoT بر کارایی و چابکی زنجیره تامین	مزایا: نشان دادن بهبود کارایی. معایب: نیاز به سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های جدید	جمع‌آوری و تحلیل داده‌های تجربی	تحلیل تجربی	مطالعه اینترنت اشیا (IoT) و تأثیرات آن بر زنجیره تامین جهانی
[7]	بررسی سیستماتیک کاربردها و چالش‌های SDN در محیط IoT	مزایا: انعطاف‌پذیری و قابلیت مدیریت متمرکز. معایب: پیچیدگی در پیاده‌سازی و مسائل امنیتی	مرور جامع ادبیات	بررسی سیستماتیک	SDN برای اینترنت اشیا: یک بررسی
[8]	ارائه یک بررسی جامع از فناوری‌ها، پروتکل‌ها و کاربردهای IoT	مزایا: پوشش بسیار جامع. معایب: نیاز به استانداردسازی بیشتر	مرور جامع ادبیات	بررسی سیستماتیک	اینترنت اشیا: بررسی فناوری‌ها، پروتکل‌ها و کاربردها
[9]	ارائه یک سرویس بهداشتی هوشمند برای تشخیص بیماران دیابتی از راه دور	مزایا: دقت بالا در تشخیص. معایب: وابستگی به کیفیت داده و زیرساخت	آزمایش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی و داده‌کاوی	کاربرد هوش مصنوعی و یادگیری ماشین	خدمات بهداشتی هوشمند مبتنی بر IoT برای تشخیص بیماران راه دور با دیابت

[22]	بررسی نقش IOT در مراقبت‌های بهداشتی: روندها و چالش‌های آینده	مزایا: پوشش جامع کاربردها معایب: چالش‌های امنیتی	تحلیل داده‌های پزشکی	بررسی سیستماتیک	نقش اینترنت اشیا در مراقبت‌های بهداشتی: روندها و چالش‌های آینده
[27]	بررسی و تحلیل پروتکل‌های امنیتی مختلف IOT برای تشخیص تهدیدات	مزایا: افزایش امنیت و آگاهی از تهدیدات. معایب: پیچیدگی در پیاده‌سازی و یکپارچه‌سازی	تحلیل داده‌های پروتکلی و مقایسه عملکرد	بررسی پروتکل‌های امنیتی	بررسی پروتکل‌های امنیتی در شبکه‌های اینترنت اشیا برای تشخیص تهدیدات

جدول ۳ شامل پژوهش‌هایی است که تمرکز اصلی آن‌ها بر روی شبکه‌ها (شبکه‌های حسگر بی‌سیم، G5)، پروتکل‌های ارتباطی و بهینه‌سازی مصرف انرژی در این حوزه‌ها، و همچنین یک مقاله مروری در مورد الگوریتم‌های بهینه‌سازی است.

جدول ۳: مقالات حوزه شبکه‌ها و بهینه‌سازی (غیر از رایانش ابری محض)

شماره منبع	کار انجام شده	مزایا و معایب	مجموعه داده‌ها/آزمایشات	روش به کار رفته	موضوع تحقیق
[10]	بررسی تجربی پروتکل‌های شبکه و طرح‌های انتقال داده	مزایا: کارایی انرژی بالا و قابلیت اطمینان. معایب: پیچیدگی در طراحی و پیاده‌سازی	مرور و آزمایش‌های تجربی	بررسی تجربی	پروتکل‌های شبکه کارآمد انرژی و طرح‌های انتقال داده مقاوم برای شبکه‌های حسگر بی‌سیم: یک بررسی تجربی
[17]	مروری بر الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها و پیشرفت‌های اخیر	مزایا: قابلیت حل مسائل پیچیده معایب: سرعت همگرایی پایین	تحلیل تئوری و مقایسه‌ای	بررسی سیستماتیک	بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها: مروری بر مبانی و پیشرفت‌های اخیر
[23]	بهینه‌سازی تخصیص منابع در شبکه‌های 5G با استفاده از یادگیری ماشین	مزایا: کارایی انرژی بالا و سازگاری. معایب: نیاز به مجموعه داده‌های بزرگ برای آموزش	شبیه‌سازی شبکه G5	یادگیری ماشین	بهینه‌سازی تخصیص منابع در شبکه‌های 5G با استفاده از یادگیری ماشین
[26]	بهینه‌سازی مصرف انرژی در WSN با استفاده از یادگیری عمیق	مزایا: کاهش قابل توجه مصرف انرژی. معایب: نیاز به داده‌های آموزشی حجیم و منابع پردازشی	آزمایش‌های شبیه‌سازی بر روی شبکه‌های حسگر	یادگیری عمیق	بهینه‌سازی مصرف انرژی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم با استفاده از یادگیری عمیق

قرار می‌گیرد و به‌طور تدریجی به سمت بهترین تخصیص پیش می‌رود.

فرمول‌های ازدحام ذرات: در الگوریتم ازدحام ذرات، هر ذره دارای یک موقعیت و سرعت است که به‌صورت زیر به‌روز می‌شود:
فرمول (۲):

$$V[i] = v[i] + C1 * rand * (pbest[i] - position[i]) + C2 * rand * (gbest[i] - position[i])$$

$$position[i] = position[i] + V$$

که در آن:

$V[i]$ سرعت ذره i است.

$position[i]$ موقعیت فعلی ذره i است.

$C1$ و $C2$ عوامل یادگیری هستند.

$rand$ عددی تصادفی است که بین ۰ و ۱ قرار دارد.

$pbest[i]$ بهترین موقعیت ذره است.

$gbest[i]$ بهترین موقعیت در جمعیت است.

محاسبه کیفیت سرویس:

برای ارزیابی کیفیت سرویس، از معیار زمان تکمیل وظایف استفاده می‌شود که نشان‌دهنده مجموع زمان مورد نیاز برای تکمیل تمام وظایف است. زمان تکمیل هر ماشین مجازی در سیستم به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

فرمول (۳):

$$Time(p_j) = \frac{p_j mem}{p_j w mem} + \sum_{i=1}^n \frac{v_i cpu}{p_j cpu - p_j w cpu}$$

که در آن:

$P_j Mem$ میزان حافظه مورد نیاز برای میزبان j است.

$P_j w Mem$ میزان حافظه مصرفی در میزبان j است.

$V_i CPU$ قدرت پردازشی مورد نیاز برای ماشین مجازی i

است.

$P_j CPU$ توان پردازشی میزبان j است.

$P_j w CPU$ توان پردازشی

محاسبه زمان تکمیل وظایف و برازندگی^{۱۱}:

۵-روش تحقیق:

در این تحقیق، یک روش بهینه‌سازی برای تخصیص ماشین‌های مجازی در سیستم‌های اینترنت اشیا پزشکی بر اساس الگوریتم‌ها K -means و ازدحام ذرات پیشنهاد می‌شود. این روش شامل سه مرحله اصلی است:

تقسیم‌بندی ماشین‌های مجازی با استفاده از الگوریتم K -means در این مرحله، ماشین‌های مجازی به سه گروه تقسیم می‌شوند. این گروه‌بندی بر اساس نیاز به قدرت پردازشی ماشین‌های مجازی انجام می‌شود:

گروه ۱: ماشین‌های مجازی با نیاز به قدرت پردازشی کم

گروه ۲: ماشین‌های مجازی با نیاز به قدرت پردازشی

متوسط

گروه ۳: ماشین‌های مجازی با نیاز به قدرت پردازشی بالا

این تقسیم‌بندی به‌منظور بهینه‌سازی تخصیص منابع انجام می‌شود.

فرمول K -mean: الگوریتم K -mean به‌طور تکراری سعی

می‌کند که مراکز خوشه‌ها را به‌گونه‌ای تعیین کند که مجموع فاصله‌ها بین هر داده و مرکز خوشه‌اش کمترین مقدار را داشته باشد. در اینجا، برای هر ماشین مجازی، تابع هزینه به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

فرمول (۱):

$$J = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k w_j \cdot \|x_i - \mu_j\|^2$$

که در آن:

n تعداد ماشین‌های مجازی است.

k تعداد خوشه‌ها است.

w_j وزن خوشه j است.

μ_j مرکز خوشه j است.

x_i داده مربوط به ماشین مجازی i است.

تخصیص منابع به ماشین‌های مجازی با استفاده از الگوریتم ازدحام ذرات:

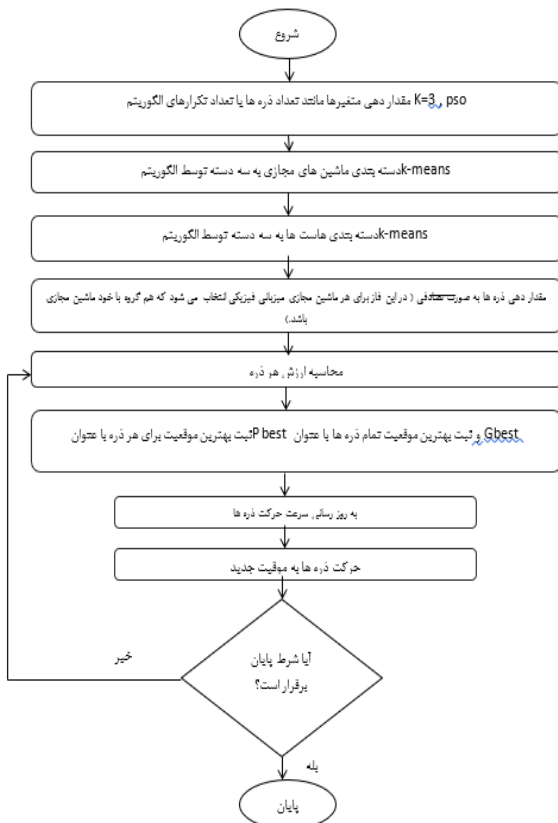
پس از تقسیم‌بندی ماشین‌های مجازی، از الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات برای تخصیص منابع به هر گروه از ماشین‌های مجازی استفاده می‌شود. در این مرحله، هر ذره نماینده یک تخصیص منابع است که به‌صورت تصادفی در فضای جستجو

^{۱۱} Fitness

آن این است که ماشین مجازی شماره ۲ بر روی منبع با کد ۴ باید پردازش شود. در واقع هر ذره یک نمونه جواب است که مشخص می‌کند هر ماشین مجازی در کدام میزبان قرار گیرد. برای الگوریتم بهینه‌سازی ذرات در ادامه مراحل اجرای الگوریتم ازدحام ذرات برای مسئله تخصیص ماشین های مجازی در اینترنت اشیا توضیح داده شده است.

شرایط توقف الگوریتم:

- اجرای الگوریتم تا زمانی ادامه می‌یابد که یکی از شرایط خاتمه اتفاق بیافتد. این شرایط عبارت‌اند از:
- تعداد تکرارها به حد ماکزیمم برسد.
 - در صورتی که تابع برازندگی بهترین راه‌حل بعد از یک تعداد تکرار خاص تغییر زیادی نداشته باشد.
 - همگرا شدن تابع برازندگی ذره‌ها
- در این تحقیق شرط نوع اول انتخاب شده است.



شکل ۱: فلوچارت روش پیشنهادی

هدف این است که با بهبود تخصیص منابع، زمان تکمیل کل وظایف را کاهش دهیم، و به همین دلیل تابع برازندگی را

در الگوریتم ازدحام ذرات، هدف اصلی بهینه‌سازی تخصیص منابع به گونه‌ای است که زمان تکمیل وظایف کاهش یابد. برای این منظور، هر ذره از الگوریتم ازدحام ذرات که نمایانگر یک تخصیص منابع است، باید بر اساس زمان تکمیل وظایف ارزیابی شود.

زمان تکمیل وظایف به صورت مجموع زمان‌هایی که برای تکمیل تمام وظایف در سیستم نیاز است محاسبه می‌شود. برای هر میزبان فیزیکی P_j ، زمان تکمیل به شکل زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{Makespan} = \max_j(\text{Time}(p_j))$$

این معادله نشان می‌دهد که زمان تکمیل نهایی سیستم برابر با بیشترین زمان پردازش میان تمام میزبان‌ها خواهد بود. همچنین، تابع برازندگی برای ارزیابی کیفیت تخصیص منابع به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\text{Fitness} = \frac{1}{\sum_{j=1}^m \text{Time}(p_j)}$$

در این معادله:

m تعداد میزبان‌های فیزیکی است.

$\text{Time}(P_j)$ زمان پردازش مربوط به میزبان P_j است.

در این تحقیق از الگوریتم ازدحام ذرات به همراه الگوریتم K-Means برای حل مسئله تخصیص ماشین‌های مجازی در اینترنت اشیا استفاده شده است. در این بخش به شرح روش پیشنهادی پرداخته شده است. برای حل مسئله تخصیص ماشین‌های مجازی در اینترنت اشیا با الگوریتم ازدحام ذرات اولین گام روش مدل کردن مسئله برای الگوریتم ازدحام ذرات می‌باشد.

در این روش هر ذره با یک آرایه یک بعدی نشان داده شده است که طول آرایه برابر با تعداد ماشین‌های مجازی می‌باشد که آن با N نشان داده شده است. شکل زیر نشانگر این آرایه می‌باشد. سطر دوم این شکل بیانگر شماره اندیس آرایه می‌باشد و سطر اول بیانگر مقدارهای آرایه می‌باشد. در واقع اندیس m بیانگر ماشین مجازی m و مقدار داخل آن بیانگر شماره منبع می‌باشد که باید ماشین مجازی در روی آن مورد پردازش قرار گیرد. به صورت مثال مقدار اندیس ۲، برابر با ۴ می‌باشد، معنی

زمان تکمیل وظایف آن به‌طور متوسط ۵-۶ درصد کمتر از سایر الگوریتم‌ها است.

مقایسه درصدی بهبود (درصد بهبود زمان تکمیل وظایف):
در جدول ۵، بهبود درصدی زمان تکمیل وظایف برای روش پیشنهادی نسبت به دیگر الگوریتم‌ها نشان داده شده است. این درصد به‌خوبی نشان می‌دهد که روش پیشنهادی چگونه توانسته به‌طور مؤثری زمان تکمیل وظایف را کاهش دهد.

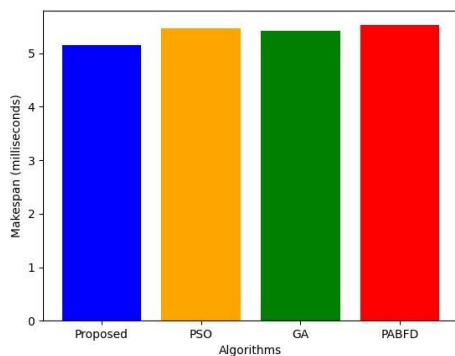
جدول ۵: بهبود زمان تکمیل وظایف روش پیشنهادی بر حسب درصد

الگوریتم	درصد بهبود زمان تکمیل وظایف نسبت به روش پیشنهادی
الگوریتم ازدحام ذرات	۵/۷۳٪
الگوریتم ژنتیک	۴/۸۶٪
الگوریتم PABFD	۶/۸۱٪

این نتایج نشان می‌دهند که الگوریتم پیشنهادی در مقایسه با الگوریتم‌های دیگر به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای بهتر عمل کرده است. به‌ویژه در مقایسه با الگوریتم PABFD، روش پیشنهادی توانسته است ۶/۸۱٪ بهبود در زمان تکمیل وظایف ایجاد کند.

نمودار مقایسه زمان تکمیل وظایف :

در نمودار ۱، نمودار مقایسه‌ای زمان تکمیل وظایف برای روش پیشنهادی و سایر الگوریتم‌ها آورده شده است. این نمودار به‌طور واضح نشان می‌دهد که الگوریتم پیشنهادی کمترین زمان تکمیل وظایف را دارد.



نمودار ۱: مقایسه زمان تکمیل وظایف برای روش پیشنهادی و الگوریتم‌های دیگر

به‌صورت معکوس تعریف می‌کنیم، به‌طوری‌که مقدار بیشتر برآزندگی نشان‌دهنده تخصیص بهینه‌تر باشد.

۶-ارزیابی و نتایج:

در این تحقیق، عملکرد الگوریتم پیشنهادی با استفاده از شبیه‌ساز کلودسیم و مجموعه داده‌های پلنت‌لب ارزیابی شده است. سه الگوریتم مقایسه‌ای شامل الگوریتم ژنتیک، الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات استاندارد و الگوریتم PABFD انتخاب شده‌اند. هدف از مقایسه این الگوریتم‌ها ارزیابی میزان بهبود روش پیشنهادی در کاهش زمان تکمیل وظایف است.

پارامترهای ارزیابی:

برای ارزیابی عملکرد الگوریتم‌های مختلف، از زمان تکمیل وظایف به‌عنوان پارامتر اصلی استفاده می‌شود. زمان تکمیل وظایف نشان‌دهنده زمان کلی است که برای پردازش تمام وظایف سیستم نیاز است. این پارامتر یکی از مهم‌ترین معیارها برای ارزیابی عملکرد در سیستم‌های مبتنی بر رایانش ابری و اینترنت اشیا است، زیرا نشان‌دهنده کارایی و زمان پاسخ‌دهی سیستم به درخواست‌های مختلف می‌باشد. علاوه بر این، تخصیص بهینه منابع نیز در ارزیابی این الگوریتم‌ها مطرح است، زیرا تخصیص منابع به‌طور صحیح می‌تواند تأثیر زیادی بر کاهش زمان تکمیل وظایف و افزایش کیفیت سرویس داشته باشد.

نتایج زمان تکمیل وظایف :

در جدول ۴، میانگین زمان تکمیل وظایف برای الگوریتم پیشنهادی و الگوریتم‌های مقایسه‌ای آورده شده است. در این جدول، نشان داده می‌شود که الگوریتم پیشنهادی توانسته است به‌طور قابل‌توجهی زمان تکمیل وظایف را نسبت به سایر الگوریتم‌ها کاهش دهد.

جدول ۴: میزان زمان تکمیل وظایف

الگوریتم	میانگین زمان تکمیل وظایف (میلی ثانیه)
روش پیشنهادی	۵۱۴۹۸۰۳۰/۰۹
الگوریتم ازدحام ذرات	۵۴۶۳۳۸۷۱/۵۹
الگوریتم ژنتیک	۵۴۱۳۳۳۲۶/۲۴
الگوریتم PABFD	۵۵۲۶۶۴۲۱/۳۸

همانطور که در جدول دیده می‌شود، روش پیشنهادی بهترین عملکرد را در کاهش زمان تکمیل وظایف به‌دست آورده است و

۷-تحلیل نتایج

نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهند که روش پیشنهادی با استفاده از ترکیب الگوریتم‌های K-means و ازدحام ذرات

نتایج کلیدی:

روش پیشنهادی در مقایسه با سایر الگوریتم‌ها توانست زمان تکمیل وظایف را به‌طور متوسط ۵/۷۳٪ تا ۶/۸۱٪ کاهش دهد. این بهبود در زمان تکمیل وظایف ناشی از بهینه‌سازی تخصیص منابع است که توسط الگوریتم ازدحام ذرات و خوشه‌بندی منابع با استفاده از K-means انجام شده است. استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی در محیط‌های ابری اینترنت اشیا می‌تواند به‌طور چشمگیری کارایی سیستم‌های پزشکی را افزایش دهد و زمان پاسخ‌دهی به درخواست‌های پزشکان و بیماران را کاهش دهد.

۹- پیشنهادات برای تحقیقات آینده:

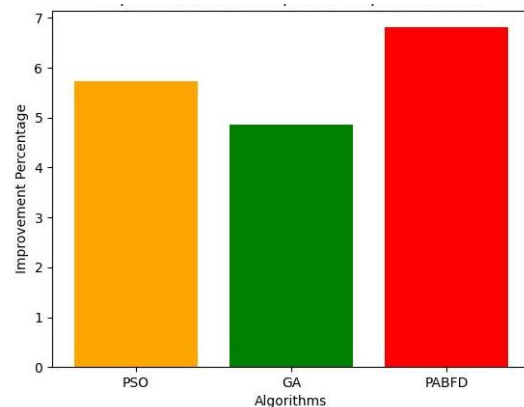
- گسترش روش‌های بهینه‌سازی: در آینده می‌توان روش‌های بهینه‌سازی پیشرفته‌تر مانند الگوریتم‌های ژنتیک تکاملی، الگوریتم‌های یادگیری ماشین و یادگیری عمیق را برای بهینه‌سازی بیشتر تخصیص منابع به‌ویژه در محیط‌های پیچیده‌تر آزمایش کرد.
- استفاده از داده‌های واقعی: انجام آزمایش‌های مشابه با استفاده از داده‌های واقعی به جای داده‌های شبیه‌سازی شده می‌تواند به اعتبار بیشتر نتایج و قابلیت استفاده از این روش‌ها در دنیای واقعی کمک کند.
- مدیریت امنیت و حریم خصوصی: با گسترش استفاده از اینترنت اشیا در پزشکی، مسائل امنیتی و حریم خصوصی داده‌های بیماران باید در نظر گرفته شود. ترکیب الگوریتم‌های بهینه‌سازی با روش‌های امنیتی می‌تواند به‌عنوان یک محور تحقیقاتی جدید مورد بررسی قرار گیرد.

توانسته است تخصیص منابع بهینه‌تری ایجاد کند که باعث کاهش قابل توجه زمان تکمیل وظایف شده است. این کاهش زمان تکمیل وظایف نشان‌دهنده بهبود کیفیت سرویس و همچنین افزایش کارایی سیستم است.

- الگوریتم ازدحام ذرات به‌خودی‌خود قابلیت‌های خوبی در بهینه‌سازی دارد، اما با ترکیب آن با الگوریتم K-means برای خوشه‌بندی ماشین‌های مجازی و منابع، نتایج به مراتب بهتری به‌دست آمده است.
- الگوریتم ژنتیک به دلیل استفاده از روش‌های انتخابی و ترکیبی، عملکرد خوبی دارد اما نتایج آن در مقایسه با روش پیشنهادی کمی کندتر است.
- الگوریتم PABFD که به‌طور خاص برای توزیع متوازن بار طراحی شده است، در این تحقیق کمی کندتر از روش پیشنهادی عمل کرده است.

نمودار بهبود درصدی زمان تکمیل وظایف:

نمودار ۲ می‌تواند درصد بهبود زمان تکمیل وظایف روش پیشنهادی را در مقایسه با دیگر الگوریتم‌ها نمایش دهد.



نمودار ۲ بهبود زمان تکمیل وظایف روش پیشنهادی بر حسب درصد

۸- نتیجه‌گیری:

در این تحقیق، یک روش بهینه‌سازی جدید مبتنی بر ترکیب الگوریتم‌های K-means و ازدحام ذرات برای تخصیص منابع در محیط‌های ابری در سیستم‌های اینترنت اشیا پزشکی پیشنهاد شده است. این تحقیق نشان داد که روش پیشنهادی نسبت به الگوریتم‌های دیگر مانند الگوریتم ژنتیک، الگوریتم ازدحام ذرات استاندارد و الگوریتم PABFD، توانسته است بهبود قابل توجهی در زمان تکمیل وظایف ایجاد کند.

۱۰- منابع

- computing," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 81080-81089, 2020.
- [12] Y. Shi, H. Zhang, and L. Gao, "Resource allocation optimization for cloud computing using genetic algorithm," *Journal of Cloud Computing*, vol. 9, no. 3, p. 45-59, 2021.
- [13] J. Zhang, H. Li, and Y. Sun, "Genetic algorithm-based resource management in cloud environments," *Computers & Operations Research*, vol. 115, p. 104835, 2020.
- [14] X. Tan, J. Li, and H. Xu, "Particle swarm optimization for cloud resource allocation," *Future Generation Computer Systems*, vol. 123, pp. 1-11, 2021.
- [15] Z. Li, X. Wu, and M. Zhou, "An improved particle swarm optimization algorithm for resource scheduling in cloud computing," *Journal of Parallel and Distributed Computing*, vol. 158, pp. 17-26, 2022.
- [16] L. Jiao, J. Gao, and X. Li, "Enhanced PSO for dynamic resource allocation in cloud computing," *Information Sciences*, vol. 512, pp. 310-322, 2020.
- [17] M. Dorigo, M. Birattari, and T. Stutzle, "Ant Colony Optimization: Overview and recent advances," *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, vol. 25, no. 1, pp. 7-28, 2021.
- [18] V. Kumar, M. Sharma, and A. Singh, "Efficient resource scheduling in cloud computing using ACO algorithm," *Cluster Computing*, vol. 26, no. 1, pp. 59-74, 2023.
- [19] X. Tan, J. Li, and H. Xu, "Particle swarm optimization for cloud resource allocation," *Future Generation Computer Systems*, vol. 123, pp. 1-11, 2021.
- [20] Y. Shi, H. Zhang, and L. Gao, "Resource allocation optimization for cloud computing using genetic algorithm," *Journal of Cloud Computing*, vol. 9, no. 3, pp. 45-59, 2021.
- [21] M. H. Siddiqi, M. Alruwaili, A. Ali, S. F. Haider, F. Ali, and M. Iqbal, "Dynamic priority-based efficient resource allocation and computing framework for vehicular multimedia cloud computing," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 81080-81089, 2020.
- [22] Z. N. Aghdam, A. M. Rahmani, and M. Hosseinzadeh, "The role of the Internet of Things in healthcare: Future trends and challenges," *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, vol. 199, p. 105903, 2021.
- [1] S. Giallorenzo, J. Mauro, M. G. Poulsen, and F. Siroky, "Virtualization costs: benchmarking containers and virtual machines against bare-metal," *SN Computer Science*, vol. 2, no. 5, p. 404, 2021.
- [2] A. Gandhi, M. Harchol-Balter, I. Adan, and B. van Houdt, "Improving cloud performance: Mitigating tail latencies via heterogeneity," *ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review*, vol. 46, no. 1, pp. 99-111, 2018.
- [3] L. Khalid and L. Khalid, "Internet of Things (IoT)," in *Software Architecture for Business*, pp. 107-127, 2020.
- [4] S. Shah, M. Bolton, and S. Menon, "A study of internet of things (IoT) and its impacts on global supply chains," in *2020 International Conference on Computation, Automation and Knowledge Management (ICCAKM)*, pp. 245-250, 2020.
- [5] X. Xu, Y. Liu, and R. Buyya, "An Energy-efficient Data Placement Algorithm for Data-intensive Applications in Geo-distributed Datacenters," *IEEE Transactions on Sustainable Computing*, vol. 5, no. 4, pp. 1-11, 2020.
- [6] R. Buyya, C. Vecchiola, and S. T. Selvi, *Mastering Cloud Computing: Foundations and Applications Programming*. Morgan Kaufmann, 2019.
- [7] S. Chakraborty, A. Basu, and N. Chaki, "SDN for Internet of Things: A survey," in *IEEE International Conference on Data Science and Data Intensive Systems*, pp. 198-205, 2015.
- [8] A. Al-Fuqaha, M. Guizani, M. Mohammadi, M. Aledhari, and M. Ayyash, "Internet of things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 17, no. 4, pp. 2347-2376, 2015.
- [9] H. Naz, R. Sharma, N. Sharma, and S. Ahuja, "IoT-inspired smart healthcare service for diagnosing remote patients with diabetes," in *Machine Learning for Edge Computing*, CRC Press, pp. 97-114, 2022.
- [10] D. Dhabliya, R. Soundararajan, P. Selvarasu, M. S. Balasubramaniam, A. S. Rajawat, S. B. Goyal, and G. Suci, "Energy-efficient network protocols and resilient data transmission schemes for wireless sensor Networks An experimental survey," *Energies*, vol. 15, no. 23, p. 8883, 2022.
- [11] M. H. Siddiqi, M. Alruwaili, A. Ali, S. F. Haider, F. Ali, and M. Iqbal, "Dynamic priority-based efficient resource allocation and computing framework for vehicular multimedia cloud

Optimization of task completion time in the Internet of Things using a modified particle swarm optimization algorithm

A.Dashti¹, F.Jafari²

¹Islamic Azad University of Jahrom, Jahrom, Iran

²Islamic Azad University of Shiraz, Shiraz, Iran

Abstract

In the Internet of Things (IoT) environment, such as the medical sector, we face a large volume of raw data and frequent requests that require rapid responses and information delivery.

This challenge becomes more complex, particularly when using advanced technologies like cloud computing, due to the instability of resources. To optimize resource management, tasks that are capable of being offloaded to the cloud are grouped using the K-means algorithm. Then, for each service, a virtual machine (VM) is created with the help of the Particle Swarm Optimization (PSO) algorithm to optimally manage the migration and transfer of tasks between resources. To evaluate the quality of service, the Makespan parameter is considered, and the CloudSim simulator along with the standard PlanetLab dataset are used. The research results indicate that the proposed method has been more successful in improving Makespan compared to the Genetic Algorithm, PABFD, and PSO by 4.86%, 6.81%, and 5.73%, respectively.

Keywords: Cloud Computing, Internet of Things, Particle Swarm Optimization Algorithm, Virtual Machine, Makespan.

[23] P. Kumar et al., "Resource allocation optimization in 5G networks using machine learning," *IEEE Transactions on Communications*, vol. 72, no. 3, pp. 987-1002, 2024.

[24] S. Patel et al., "Optimal resource allocation in cloud systems using meta-heuristic algorithms," *Future Generation Computer Systems*, vol. 123, pp. 1-12, 2025.

[25] J. Lee et al., "Genetic algorithm-optimized resource allocation in 5G cloud systems," *IEEE Transactions on Cloud Computing*, vol. 13, no. 4, pp. 367-380, 2023.

[26] M. Zhang et al., "Energy consumption optimization in wireless sensor networks using deep learning," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 72, no. 5, pp. 1627-1640, 2023.

[27] S. Gupta et al., "Review of security protocols in IoT networks for threat detection," *IEEE Internet of Things Journal*, 2024.

[28] M. Khan et al., "Response time optimization in cloud systems using intelligent algorithms," *Journal of Cloud Computing*, 2025.



سید ابراهیم دشتی دانشیار دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه آزاد اسلامی واحد جهرم می باشد.

نشانه رایانامه ایشان عبارتند از :

sayed.dashti@gmail.com



فرخ جعفری دانشجوی دکتری مهندسی کامپیوتر گرایش هوش مصنوعی دانشکده آزاد اسلامی واحد شیراز می باشد

نشانه رایانامه ایشان عبارتند از :

Jafari_711@yahoo.com

روش ارجاع: ا.دشتی، ف.جعفری، بهینه‌سازی زمان تکمیل وظایف در اینترنت اشیا با استفاده از الگوریتم تغییر یافته ازدحام ذرات، دوفصلنامه محاسبات و سامانه‌های توزیع شده، سال هفتم، شماره ۲، شماره پیاپی ۱۴، صفحه ۷۱ تا ۸۶ سال ۱۴۰۳.

How to cite: A. Dashti, F. Jafari, Optimization of Task Completion Time in the Internet of Things Using a Modified Particle Swarm Optimization Algorithm, *Journal of Distributed Computing and Systems (JDACS)*, Vol 7, Issue 2, Pages 71 – 86, 2025.