JOURNAL OF SOUTHERN COMMUNICATION ENGINEERING
ISLAMIC AZAD UNIVERSITY BUSHEHR BRANCH

E-ISSN: 2980-9231
https://jce.bushehr.iau.ir

https://doi.org/10.30495/jce.2022.1964623.1167

Vol. 12/ No. 47/Spring 2023

Research Article

Improving Storage in Distributed Cloud Data Centers by Increasing Reliability Using Collective Intelligence Algorithms

Alireza Chamkori, PhD Student [1] | Serajdean Katebi, Professor [2*]

[1]Department of Computer Engineering, Yasooj Branch, Islamic Azad University, Yasooj, Iran, chamkoori_alireza@yahoo.co.uk

[2]Department of Electrical and Computer Engineering, Shiraz University, Shiraz, Iran, katebi.serajdean@gmail.com

Correspondence
Serajdean Katebi, Professor of Electrical and Computer Engineering, Shiraz University, Shiraz, Iran,
katebi.serajdean@gmail.com

Received: 4 August 2022
Revised: 9 September 2022
Accepted: 8 October 2022

Abstract

Data security and privacy in data centers is an important issue. The major anxiety in security and privacy is the result of the fact that the topography of important operas can be available to sensitive information. To improve storage in distributed cloud data centers, the Particle Swarm Optimization (PSO) algorithm has been used to copy data between data centers. This paper summarizes the objectives and constraints of the cloud storage problem in order to achieve good performance by considering the shortest data transmission distance, obtaining optimal storage in distributed data centers with reliability based on PSO algorithm between two central data sets. And then it provides an intelligent cryptographic approach that cloud service operators cannot directly access partial data. Numerical results show that the proposed method can provide a good cloud storage strategy when the number of distributed data centers is equal, the defense of the main threats in the clouds can be done effectively.

Keywords: Cloud Storage, Collective Intelligence, Distributed Cloud Data Centers, Multi-objective Optimization, Reliability

Highlights

- To improve storage in data centers, a new model called LAPSO, which is a combination of learning automata and particle swarm optimization, is presented.
- This method improves the performance of the multi-objective particle swarm optimization algorithm.
- In the proposed model, learning automata is used to regulate the behavior of particles.

Citation: A. Chamkoori and S. Katebi, "Improving Storage in Distributed Cloud Data Centers by Increasing Reliability Using Collective Intelligence Algorithms," *Journal of Southern Communication Engineering*, vol. 12, no. 47, pp. 71–83, 2023, doi: 10.30495/jce.2022.1964623.1167, (in Persian).

مقاله پژوهشی

بهبود ذخیره‌سازی در مراکز داده ابری توزیع‌شده با افزایش قابلیت اطمینان با استفاده از الگوریتم‌های هوش جمعی

علیرضا چمکوری[۱] | سراج الدین کاتبی*[۲]

[۱]گروه مهندسی کامپیوتر واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران،
chamkoori_alireza@yahoo.co.uk

[۲]گروه مهندسی کامپیوتر،دانشکده مهندسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران،
serajdean.katebi@gmail.com

نویسنده مسئول
*سراج الدین کاتبی، استاد، گروه مهندسی کامپیوتر،دانشکده مهندسی، دانشگاه شیراز،شیراز، ایران،
serajdean.katebi@gmail.com

چکیده:

امنیت داده‌ها و حفظ حریم خصوصی در مراکز داده یک مسئله مهم است. از نگرانی‌های عمده در امنیت و حفظ حریم خصوصی، ناشی از این واقعیت است که احتمال دسترسی اپراتورهای ابر به اطلاعات حساس وجود دارد. برای بهبود ذخیره‌سازی در مراکز داده ابری توزیع‌شده از الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات (PSO) برای کپی‌کردن داده‌ها بین مراکز داده استفاده‌شده است. این مقاله به‌طور خلاصه اهداف و محدودیت‌های مشکل ذخیره‌سازی ابر به‌منظور دستیابی به عملکرد خوب با درنظرگرفتن کمترین فاصله انتقال داده، ذخیره‌سازی بهینه در مراکز داده توزیع‌شده با قابلیت اطمینان مبتنی بر الگوریتم PSO بین دو مجموعه داده مرکزی را به دست می‌آورد و سپس یک رویکرد رمزنگاری هوشمند را ارائه می‌دهد که اپراتورهای سرویس ابری نمی‌توانند به‌طور مستقیم از داده‌های جزئی دسترسی پیدا کنند. نتایج عددی نشان می‌دهد که روش پیشنهادی می‌تواند یک استراتژی ذخیره‌سازی ابری خوب را فراهم کند، زمانی که تعداد مراکز داده توزیع برابر باشد می‌توان دفاع از تهدیدات اصلی در ابرها را به‌طور مؤثر انجام داد.

کلید واژه‌ها: ذخیره‌سازی در ابر، هوش جمعی، بهینه‌سازی چندهدفه، مراکز داده ابری توزیع‌شده، قابلیت اطمینان

تاریخ دریافت: ۱۳ مرداد ۱۴۰۱
تاریخ بازنگری: ۱۸ شهریور ۱۴۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۶ مهر ۱۴۰۱

https://doi.org/10.30495/jce.2022.1964623.1167

۱-مقدمه

با افزایش استفاده از داده‌های بزرگ و پردازش ابری در سال‌های گذشته، بهبود عملکرد نرم‌افزار و سخت‌افزار مرکز داده ابری (DC[۱]) بسیار مهم است. هدف اصلی پردازش ابری استفاده حداکثری از منابع ذخیره‌سازی، محاسباتی و شبکه در دسترس برای پردازش و ذخیره مقادیر زیادی داده است. مراکز داده مدرن تنها و فقط منابع مدل پرداختی را برای کاربردهای مختلف (به‌عنوان‌مثال، تجزیه‌وتحلیل داده و داده‌کاوی) فراهم نمی‌کنند. ازاین‌رو توجه به‌تمامی ابعاد موردبحث ویژگی‌ها و الزامات امری ضروری است و مدیریت آن‌ها نیازمند سطح مشخصی از مهارت‌ها با روش‌های مناسب است. از مزایای مدیریت منابع در پردازش ابری می‌توان به مقیاس‌پذیری، کیفیت خدمات، سود بهینه، کاهش مخارج کلی، بهبود خروجی، بهبود تأخیر، محیط حرفه‌ای، بازیابی هزینه، ساده‌سازی رابط کاربری و امنیت داده اشاره کرد [۱]. امنیت داده‌ها یکی از مسائل ضروری در مراکز داده عمومی است که در آن صاحبان داده‌ها ازنظر مدیریت، امنیت و حریم خصوصی حداقل کنترل را بر روی داده‌های خود دارند. صاحبان داده ممکن است داده‌های خود را در مراکز داده خصوصی و عمومی ذخیره کنند، جایی که نوع مرکز داده اولی حساس‌ترین

[1] Data Center

داده‌ها را ذخیره می‌کند و دومی داده‌های کمتر حساس را ازنظر امنیت ذخیره می‌کند. رمزگذاری داده‌ها با الگوریتم AIS[1] و همچنین از الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات (PSO[2]) برای بهبود ذخیره‌سازی مرکز داده‌های مکانی استفاده می‌کنیم. مکانیسم پیشنهادی ما باهدف بهبود ذخیره‌سازی و رمزگذاری تمام داده‌ها و توزیع بارگذاری داده‌ها در سرورهای ابری مختلف بدون ایجاد مخارج و تأخیر زیاد است. ازاین‌رو، داده‌های معمولی در سرویس‌های ذخیره‌سازی مبتنی برابر عمومی ذخیره می‌شوند، درحالی‌که داده‌های حساس توسط یک ابر خصوصی میزبانی می‌شوند و آن را ایمن‌تر می‌کنند.

برای بهبود ذخیره‌سازی در مراکز داده، یک مدل جدید به نام LAPSO[3] که ترکیبی از اتوماتای یادگیر و بهینه‌سازی ازدحام ذرات است ارائه‌شده است. این روش سبب بهبود عملکرد در الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات چندهدفه می‌شود. الگوریتم PSO چند منظوره با هدف بهبود ذخیره سازی داده ها در مراکز داده برای کاهش هزینه ذخیره سازی و انتقال داده پیشنهاد شده است. در معماری پردازش ابری پیشنهادی، از یک ابر ترکیبی، شامل یک ابر خصوصی و یک ابر عمومی، استفاده و در آن الگوریتم AIS برای ایمن کردن انتقال داده‌های حساس بین ابرهای عمومی و ابرهای خصوصی به کار گرفته شد.

۲-کارهای مرتبط

اخیراً بسیاری از مطالعات به رویکردهای مختلفی در ذخیره‌سازی ابری پرداخته‌اند. هو و همکاران از تئوری بازی برای دستیابی به بهترین راهبرد برای پاسخ بهینه‌سازی چندهدفه باهدف کاهش هزینه‌های ذخیره‌سازی و افزایش سرعت بازیابی اطلاعات استفاده کرد [۲]. در مقاله‌ای دیگر، از نظریه بازی برای تجزیه‌وتحلیل ذخیره‌سازی داده‌ها در فضای ابری برای مقابله با تهدیدات پیشرفته استفاده‌شده است [۳]. لی و همکاران روشی برای رمزگذاری داده‌ها به‌صورت هوشمند برای تسریع در ذخیره‌سازی کلان داده و بازیابی آن‌ها برای پردازش ابری پیشنهاد کردند [۴]. در مرجع [۵،۶] الگوریتم‌های فرا ابتکاری برای رمزگشایی داده‌ها در سرویس‌های ذخیره‌سازی مبتنی برابر و برای بهبود فرایند ذخیره‌سازی ابری ازجمله هزینه‌های ذخیره‌سازی و پهنای باند مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند. طاها و همکاران یک پروتکل رمزگذاری ترکیبی جدید برای تضمین امنیت داده‌ها در سرویس‌های ذخیره‌سازی مبتنی برابر پیشنهاد کرد [۷]. برای جلوگیری از اشکالات پروتکل‌های ترکیبی فعلی، آن‌ها ترکیبی از الگوریتم‌های رمزگذاری نامتقارن و متقارن را توسعه دادند. متن ساده در پروتکل پیشنهادی به دو قسمت تقسیم‌شده است. نیمه اول با استفاده از یک طرح رمزگذاری و قسمت دوم با یک الگوریتم رمزگذاری متفاوت رمزگذاری شده‌اند. ازآنجاکه این دو رویکرد به‌طور هم‌زمان و به‌صورت موازی عمل می‌کنند، زمان لازم برای رمزگذاری تمام پیام‌های ساده کاهش می‌یابد. می‌توان زمانی را به پروتکل ارائه‌شده اختصاص داد. محرمانه بودن، احراز هویت، عدم برداشت، یکپارچگی و دردسترس‌بودن همه خدمات امنیتی ارائه‌شده توسط پروتکل پیشنهادی هستند. ازنظر زمان رمزگشایی و رمزگذاری، کارایی و زمان پردازش، یافته‌ها نشان می‌دهد که تکنیک‌های آن‌ها بهتر از سایر الگوریتم‌ها است. پالانی و همکاران تکنیکی را برای رمزگذاری داده‌های رمزگذاری شده اضافی از بسیاری از کاربران ارائه کردند [۸]. علاوه بر این، یک علامت ایجاد می‌شود که بخش مهمی از مدیریت داده‌های بزرگ است. برای احراز هویت مالکیت، مکانیسمی به نام اثر دیجیتال پیشنهادشده است. رمزگذاری متقاطع نیز برای رمزگذاری کلید مخلوط موردنیاز است. رمزگذاری متقاطع یک روش رمزگذاری است که از تکرار مجدد پشتیبانی می‌کند و کلید رمزگذاری را از یک مخلوط متن ساده تولید می‌کند؛ بنابراین، با استفاده از این تکنیک، همان متن ساده به یک متن رمزگذاری شده تبدیل می‌شود. تلیلی و همکاران یک مهلت برای سرویس‌های ذخیره‌سازی ابری ارائه کرد که در آن یک برنامه برنامه‌ریزی با اطلاعات مهم به نام روش DA-Resch[4] با هدف برنامه‌ریزی درخواست‌های داده برای به حداقل رساندن زمان انتقال داده و رعایت مهلت‌های تعیین‌شده توسط کاربر ایجاد شد [۹]. نویسندگان ثابت کردند که DA-Resch نسبت درخواست‌ها را در زمان کار کاهش می‌دهد، زمان انتقال داده‌ها را کاهش می‌دهد و مصرف پهنای باند را در مقایسه با سیستم Swift Client در آزمایش‌های دنیای واقعی با استفاده از ذخیره‌سازی OpenStack (یعنی Swift) بهینه‌سازی می‌کند. هیسمی و همکاران یک روش امنیتی جدید ابداع کردند که توسط متخصص فناوری اطلاعات شرکت/سازمان نظارت می‌شود [۱۰]. این روش بر روی تعدادی مکانیسم رمزگذاری،

[1] Artifical Intelligence System
[2] Particle Swarm Optimization
[3] Learning Algorithm Particle Swarm Optimization
[4] Deadline-Aware Data Request Scheduling Scheme

تقسیم‌بندی و توزیع فایل ساخته‌شده است که توسط تعدادی از ارائه‌دهندگان ذخیره‌سازی اجراشده است. آن‌ها تعیین کردند که در محیط ذخیره‌سازی ابری، از روش‌هایی مانند نظریه بازی، نظریه فازی و الگوریتم‌های تکاملی برای کاهش هزینه‌ها و بهبود قابلیت اطمینان استفاده می‌شود. آن‌ها مشخص کردند که در محیط ذخیره‌سازی ابری، از روش‌هایی مانند نظریه بازی، نظریه فازی و الگوریتم‌های تکاملی برای کاهش هزینه‌ها و بهبود قابلیت اطمینان استفاده می‌شود. الگوریتم PSO در محیط سرویس‌های ذخیره‌سازی مبتنی بر اَبر استفاده می‌شود و با کاهش فاصله بین DCهایی که داده‌ها را مبادله می‌کنند، بهترین راه‌حل را ارائه می‌دهد. برخلاف تحقیقات ذکرشده، هیچ مدلی برای افزایش قابلیت اطمینان داده‌ها و بهینه‌سازی مکان داده‌ها در سیستم‌های ذخیره‌سازی مبتنی برابر وجود ندارد. دستگاه‌های تلفن همراه هوشمند (SMD[1]) می‌توانند انتظارات بالای کاربران را با استفاده از اجرای برنامه‌های محاسباتی فشرده برآورده کنند، اما آن‌ها فقط منابع محدودی دارند که شامل حافظه، واحد پردازش مرکزی (CPU)، رسانه بی‌سیم و توان باتری است. برای مقابله با این محدودیت، تخلیه محاسباتی جزئی می‌تواند به‌عنوان یک‌رویه امیدوارکننده برای زمان‌بندی برخی از وظایف برنامه از SMDهای محدود به منابع تا سرورهای لبه با کارایی بالا استفاده شود [۱۱]. مراکز داده توزیع‌شده (DDC[2]) به‌طور فزاینده‌ای برق مصرف می‌کنند تا انواع خدمات ناهمگن را به مصرف‌کنندگان جهانی ارائه دهند. مصرف‌کنندگان برای ارائه‌دهندگان DDC بر اساس کیفیت واقعی خدمات (QoS[3]) درخواست‌هایشان درآمد ایجاد می‌کنند. برای ارائه‌دهندگان هل مصرف انرژی بالای یک DDC بسیار مهم است. در طول نگهداری به دلیل خرابی، ارائه‌دهندگان خدمات شبکه باید خدمات قابل‌اعتماد مداوم را به مشتریان خود ارائه دهند تا درآمد و بازده را تضمین کنند؛ بنابراین، برنامه‌ریزی وظایف در میان DDCها به شیوه‌ای با انرژی کم و باکیفیت بالا بسیار چالش‌برانگیز است [۱۲]. روش حداقل فاصله منهتن برای انتخاب یک راه‌حل دوشاخه که نرخ بهینه سرویس پارتو و تقسیم وظایف بین ISPها را برای DGDCs[4] در هر فاصله زمانی تعیین می‌کند، اتخاذشده است [۱۳]. یک روش رمزگشایی آگاه از زمان بیهوده برای رمزگشایی یک ذره به یک راه‌حل زمان‌بندی پیشنهادشده است. برای رسیدگی به اولویت‌های نامعتبر وظایف به دلیل تصادفی بودن PSO، یک روش اصلاحی برای اصلاح آن اولویت‌ها استفاده می‌شود تا توالی‌های زمان‌بندی کار معتبر ایجاد شود [۱۴].

۳-روش پیشنهـــادی

ارائه‌دهندگان خدمات ذخیره‌سازی باید خدمات را به میزانی ارائه دهند که خواسته‌های متنوع مشتریان خود را برآورده کنند. ارائه‌دهندگان باید از قابلیت اطمینان و هزینه خدمات ذخیره‌سازی خودآگاه باشند. آن‌ها باید ابتدا هزینه‌های ذخیره‌سازی DCها را ارزیابی کنند و سپس با حفظ ایمن قابلیت اطمینان، هزینه‌های ذخیره‌سازی را کاهش دهند، به‌طوری‌که ارائه‌دهندگان تمام تلاش خود را برای به حداقل رساندن هزینه‌های ذخیره‌سازی و حفظ قابلیت اطمینان ذخیره‌سازی انجام دهند. برای پرداختن به این موضوع، تکنیک پیشنهادی یک مدل بهینه‌سازی چندمنظوره برای ذخیره‌سازی داده‌ها در DCهای ابری ارائه می‌کند که هزینه ارتباطات، انتقال، ذخیره‌سازی و ساخت DC و همچنین قابلیت اطمینان را در نظر می‌گیرد [۸]. الگوریتم PSO در زمینه خدمات ذخیره‌سازی مبتنی برابر استفاده می‌شود و راه‌حل بهینه را با به حداقل رساندن فاصله بین مراکز داده که داده‌ها را بین یکدیگر تبادل می‌کنند، ارائه می‌دهد. در مقایسه با تمام مطالعات موردبحث در بالا، هیچ مدلی برای افزایش قابلیت اطمینان داده‌ها و بهینه‌سازی قرار دادن داده‌ها در سرویس‌های ذخیره‌سازی مبتنی بر اَبر وجود ندارد.

۳-۱-الگوریتم یادگیـــری

الگوریتم یادگیری (LA[5]) ابزار جستجوی قدرتمندی است که برای حل بسیاری از مسائل دشوار استفاده‌شده است. الگوریتم یادگیری یک مدل انتزاعی است که می‌تواند تعداد محدودی از اقدامات را انجام دهد. هر LA حاوی یک بردار احتمال است که میزان احتمال انجام هر عمل را نشان می‌دهد. مجموع مشتقات برداری در هر عملیات انجام‌شده توسط ماشین خودکار برابر است و هر یک از عملیات مشخص‌شده توسط یک محیط قابل‌تصور ارزیابی می‌شود. یافته‌های ارزیابی به‌عنوان یک سیگنال منفی

[1] Smart Motion Detector
[2] Distributed Data Center
[3] Quality Of Service
[4] Distributed green data centers
[5] Learning Algorithm

یا مثبت به اتوماتا (ماشین خودکار) ارائه می‌شود و ماشین‌های خودکار درحالی‌که تصمیم می‌گیرند در آینده چه کاری انجام دهند تحت تأثیر این پاسخ قرار می‌گیرند. هدف ماشین خودکار انتخاب بهترین عمل از بین همه آن‌هاست. بهترین استراتژی این است که شانس خود را برای کسب پاداش از طبیعت افزایش دهید [۱۵].

۳-۲-بهبود فضای ذخیره‌سازی با الگوریتم PSO

یکی از مسائل بهینه‌سازی مربوط به سرویس‌های ذخیره‌سازی مبتنی بر اَبر، ذخیره مجموعه‌های داده در سرویس/مرکز داده ذخیره‌سازی مبتنی بر اَبر خاص است تا انتقال داده‌ها بین سرویس‌های ذخیره‌سازی مبتنی بر اَبر بهینه شود [۱۳]. برای این منظور از الگوریتم PSO چندمنظوره استفاده کردیم که در آن پارامتر هزینه انتقال به فاصله بین مراکز داده تفسیر می‌شود؛ بنابراین، این مسئله بهینه‌سازی را می‌توان به‌عنوان یک مسئله اتحاد گسسته در نظر گرفت که در زیر موردبحث قرار می‌گیرد.

۳-۳-روش پیشنهادی LAPSO

در این بخش به معرفی LAPSO، یک تکنیک PSO بر اساس LA می‌پردازیم. این تکنیک، مانند الگوریتم PSO، شامل جمعیتی از ذرات است که هرکدام یک مکان شروع و سرعت دارند [۱۶]. روش پیشنهادی برای کاهش قابلیت اطمینان و هزینه‌های ذخیره‌سازی در شکل ۱ نشان داده‌شده است. روش پیشنهادی با الگوریتم‌های سنتی تفاوت دارد؛ زیرا از LA برای تنظیم رفتار ذرات استفاده می‌کند. اقدامات در این LA "پیگیری (دنبال کردن)" و "ادامه روند موجود" است. مکان و سرعت ذرات و همچنین بردار احتمال برای انتخاب همه عملیات، همگی در ابتدا مقداردهی می‌شوند.

۳-۴-مرکز داده توزیع‌شده

تعریف ۱. مرکز داده واحد دارای نام p_i، شناسه q_i، طول جغرافیایی x_i و عرض جغرافیایی y_i و حجم داده z_i است، بنابراین مرکز داده i را می‌توان ازنظر ریاضی به‌صورت زیر تعریف کرد:

$$S_i = \{p_i, q_i, x_i, z_i\} \quad (۱)$$

تعریف ۲. همه DCها در مجموعه DDCهای S گنجانده‌شده‌اند

$$S = \{s_1, s_2, ..., s_n\} \quad (۲)$$

که در آن n تعداد DCهای توزیع‌شده را نشان می‌دهد. حجم کلی داده‌های DDCها را می‌توان با استفاده از فرمول زیر محاسبه کرد:

$$z = \sum_{i=0}^{n} z_i \quad (۳)$$

۳-۵-محدودیت‌ها و هدف مسئله ذخیره‌سازی ابری

مفاهیم و مفروضات زیر به‌منظور نشان دادن مسئله ذخیره‌سازی ابری مورد بررسی قرار می‌گیرند:

- هر DC دارای یک پردازنده مرکزی است که مشابه سایر DCSها است.
- حجم ذخیره‌سازی هر DC یکسان است.

$$z_1 = z_2 = z_3 = z_n \quad (۴)$$

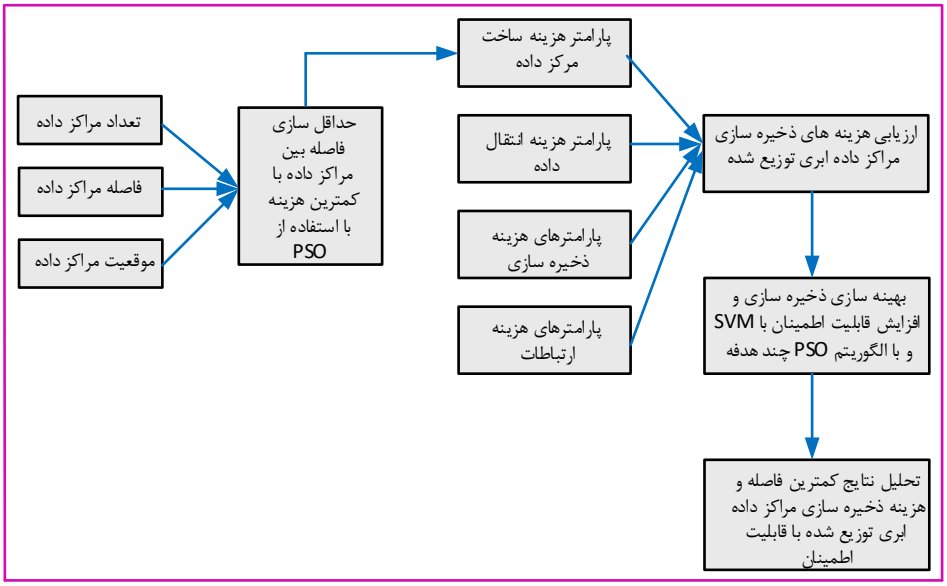
- هنگام انتقال داده‌ها، ازدست‌دادن و اخیر در شبکه ارتباطی در نظر گرفته نمی‌شود.
- فاصله انتقال بین دو DC مجاور عمدتاً بافاصله خط محاسبه‌شده با استفاده از طول و عرض جغرافیایی هر ایستگاه تعیین می‌شود.
- هر DC داده‌ها را نه‌تنها در ایستگاه خود بلکه در یک ایستگاه مجاور دیگر نگه می‌دارد.
- به دلیل وجود شبکه ارتباطی از قبل، فاصله کلی بین آن DCها تأثیر قابل‌توجهی بر هزینه ساخت دارد.

مشکل ذخیره‌سازی ابری را می‌توان به‌عنوان مسئله اتحاد طبقه‌بندی کرد که می‌تواند به‌عنوان مسئله بهینه‌سازی گسسته در نظر گرفته شود. تعاریف و نمادهای مربوطه به شرح زیر تعریف می‌شوند.

تعریف ۳. مجموعه لبه E نماد ارتباط پیوندی بین دو مجموعه گره است، درحالی‌که مجموعه گره S و 'S ازنظر فیزیکی نشان‌دهنده کل DC است.

مجموعه گره S که شامل DDCها به‌صورت فیزیکی است، می‌تواند به‌صورت ریاضی به‌صورت زیر بیان شود:

$$S=\{s_1, s_2, \dots, s_n\} \quad (۵)$$



شکل ۱: مدل پیشنهادی برای به حداقل رساندن هزینه ذخیره‌سازی

Figure 1. Suggested model to minimize storage costs and reliability

که در آن n تعداد DCهایی را که در خود دارند نشان می‌دهد. به‌طور مشابه، مجموعه گره‌های 'S که نماد DDCها هستند، به‌صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$S' = \{s'_1, s'_2, \dots, s'_n\} \quad (۶)$$

علاوه بر این، مجموعه لبه‌های E یک توپولوژی جهت‌دار بین دو مجموعه گره، 'S و S ایجاد می‌کند. می‌تواند به‌صورت عددی بیان شود:

$$e_{ij} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases} \quad (۷)$$

جایی که ورودی e_{ij} به ۱ اختصاص داده می‌شود، زمانی که DC iام در مجموعه S می‌تواند به j امین DC در مجموعه 'S پیوند بخورد. در غیر این صورت به ۰ اختصاص داده می‌شود.

تعریف ۴. باتوجه‌به درخت دوتایی دارای N گره و وزن N-۱ لبه‌ها، فاصله بین دو گره مجموع وزن لبه‌های مسیر بین دو گره است. هر پرسش شامل دو عدد صحیح U و V است، امر مهم، یافتن فاصله بین گره‌های U و V است. فاصله بین دو گره را می‌توان برحسب کمترین نیای مشترک به دست آورد. معادله در زیر آمده است.

$$D\left(s_i, s'_j\right) = \sqrt{\left(x_{s_i} + x_{s'_j}\right)^2 - \left(y_{s_i} + y_{s'_j}\right)^2} \quad (۸)$$

که n_1 و n_2 دو کلید داده‌شده هستند. "ریشه" ریشه درخت باینری داده‌شده است. برای این منظور مقادیر طول و عرض جغرافیایی هر دو نقطه را بر $\pi/۱۸۰$ تقسیم کنید.

تعریف ۵. مسئله اتصال یافتن توپولوژی E1 قرارگرفته در زیر توپولوژی E با درنظرگرفتن مجموعه گره‌های S و 'S و تابع فاصله D بین دو گره است. در نتیجه، اولین تابع هدفی که باید به حداقل برسد تابع زیر است: اگر

$$\min \sum_{i=0}^{n}\sum_{j=0}^{n} D(i,j)\times E(i,j) \quad (۹)$$

و محدودیت‌های مناسب ممکن است به‌صورت ریاضی نمایش داده شوند:

$$\forall \sum_{i=0}^{n}\sum_{j=0}^{n} E_1(i,j) = 1 \quad (۱۰)$$

$$\forall \sum_{i=0}^{n} E_1(i,j) = 1 \quad (۱۱)$$

تعریف ۶. باتوجه‌به محدودیت‌های ذکرشده، فاکتور هزینه انتقال داده تابع هدف بعدی برای ارزیابی است:

$$\min \sum_{i=0}^{n}\sum_{j=0}^{n} D_d(i,j)\times E(i,j) \quad (۱۲)$$

و تابع $D_d(i,j)$ را می‌توان به‌صورت زیر توصیف کرد:

$$D_d(i,j) = \begin{cases} 0.5\times D(i,j) & E_1(i,j) = E_1(j,i) = 1 \\ D(i,j) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (۱۳)$$

اگر $E_1(i,j)=E_1(j,i)$ هزینه انتقال داده به نصف کاهش می‌یابد. در غیر این صورت، هزینه انتقال داده برابر بافاصله بین DCها در مقدار پارامتر توپولوژی E است. در نتیجه، برای به حداقل رساندن توابع هدف فوق‌الذکر، مسئله بهینه‌سازی ذخیره‌سازی مبتنی بر اَبر منجر به کشف یک زیر توپولوژی E_1 می‌شود.

۳-۶-آزمایش‌های بهینه‌سازی فضای ذخیره‌سازی ابری

ما دو بهینه‌سازی را در این حوزه برای بهینه‌سازی ذخیره‌سازی ابری بررسی می‌کنیم:

- ذخیره‌سازی ابری باتوجه‌به فاصله.
- ذخیره‌سازی ابری برای فاکتور هزینه و فاصله.

۳-۷-بهینه‌سازی فضای ذخیره‌سازی ابری ازنظر فاصله

هدف اصلی این بخش بررسی و بحث در مورد موضوع ذخیره‌سازی ابری در ۱۳ مورد DC بر اساس فاصله است. مجموع فاصله بین DCها تأثیر قابل‌توجهی بر انتقال DC و راندمان دارد. الگوریتم‌های ژنتیک و PSO با رویکرد پیشنهادی LAPSO مقایسه می‌شوند [۱۷]. تنظیمات الگوریتم LAPSO و بهینه‌سازی فضای ذخیره‌سازی ابری باید در ابتدای فرایند تکاملی تنظیم شوند. در روش LAPSO تعداد کل ذرات ۷۸ و حداکثر تعداد نسل SaAS[1] ۱۰ است. طول و عرض جغرافیایی تعیین‌کننده اصلی مختصات مرکز داده هستند. تعداد ۱۳مورد DC وجود دارد و توپولوژی در شکل ۲ در بین DCها نمایش داده‌شده است. هر ذره در روش LAPSO نشان‌دهنده ارتباط بین مرکز داده مجموعه S و مرکز داده مجموعه 'S دیگر است. هدف الگوریتم LAPSO شناسایی کوتاه‌ترین فاصله بین SaAS مرکز دادهها با توجه به معماری آن بیان‌شده است. در نتیجه، اگر هر DC(n) به‌عنوان یک گره در گراف در نظر گرفته شود، تعداد کل لبه‌ها در کل نمودار برابر با $m=n(n-1)/2$ است که همان تعداد کل ذرات PSO است. نتایج رویکرد پیشنهادی و الگوریتم ژنتیک (GA[2]) در جدول ۴ نشان داده‌شده است. مکان‌های جغرافیایی و پیوندهای بین DCهای بهینه‌شده با استفاده از روش PSO در شکل ۳ نشان داده‌شده است. علاوه بر این، برای روش LAPSO، کمترین تناسب تابع هدف در ۱۱ اجرا ۳۲/۴۳۲۲ است؛ یا روش PSO گسسته، همان‌طور که در مرجع [۱۰] ذکر شد، ۴۰/۷۸۵۵ است و برای GA همان‌طور که در مرجع [۱۳] موردمطالعه قرار گرفت، ۴۵/۰۸۳۸ است [۵]. در مقایسه با سایر رویکردها، روش پیشنهادی ازنظر حداقل هزینه و فاصله که شامل هزینه انتقال داده، ارتباطات داده و ایجاد مرکز داده است، بهتر عمل می‌کند.

[1] Software as A Service
[2] Genetic Algorithm

۳-۸-رمزگذاری داده برای امنیت پردازش ابری

معماری ابر ترکیبی شامل ابرهای خصوصی و عمومی، از یک ابر ترکیبی استفاده می‌کند، به کاربران و مشتریان اجازه می‌دهد تا به هر یک از این مدل‌های ابری دسترسی داشته باشند تا پایگاه داده‌های خود را بر اساس حساسیت امنیتی، ذخیره کنند. در پردازش ابری، ایجاد اعتماد و ایمن‌سازی آن دشوار است. در این راستا، زمانی که داده‌ها در سرویس‌های ذخیره‌سازی مبتنی برابر ذخیره می‌شوند، رمزگذاری داده‌ها موردنیاز است. در رویکرد پیشنهادی برای امنیت داده در سرویس‌های ذخیره‌سازی مبتنی بر اَبر، از روش رمزگذاری AIS[1] و اَبر خصوصی توسط مدیر ابر خصوصی استفاده می‌شود. در این روش، امنیت داده‌ها هنگام استفاده یا آرشیو در مرکز داده انجام می‌شود و عنصر از تراکنش در کلید رمزگذاری حذف می‌شود تا عناصر حساس پنهان شوند. الگوریتم AIS حفاظت از داده‌ها را در برابر مهاجمان هم در زمان استفاده و هم در زمان بایگانی در سرویس‌های ذخیره‌سازی مبتنی برابر تضمین می‌کند. در رمزگذاری داده‌ها، با استفاده از سیستم ایمنی مصنوعی، تمام تراکنش‌های با طول کمتر برای رمزگذاری انتخاب می‌شوند. در غیر این صورت، اگر تراکنش‌هایی با طول یکسان انتخاب شوند، حساس‌ترین تراکنش‌ها انتخاب خواهند شد. فرضیه این است که تراکنش‌ها با کمترین طول و بیشترین حساسیت باید انتخاب شوند. طول تراکنش برابر با تعداد عناصر موجود در معامله است. حساسیت تراکنش در ابتدا صفر است. بااین‌حال، اگر تراکنش شامل مجموعه‌ای از عناصر حساس باشد، تعداد عناصر موجود در مجموعه عناصر حساس به حساسیت تراکنش اضافه می‌شود. برای همه مجموعه‌های عناصر حساس، باید بررسی شود که آیا تراکنش شامل آن مجموعه عنصر از عناصر حساس است یا خیر. در این صورت، تعداد عناصر موجود در آن مجموعه عنصر حساس به حساسیت تراکنش اضافه می‌شود. تراکنش حساس تراکنشی است که حداقل شامل یک مجموعه از عناصر حساس است.

ارائه‌دهندگان خدمات ذخیره‌سازی باید برای راضی نگه‌داشتن و برآورده کردن نیازهای مختلف کاربران خدمات ذخیره‌سازی فراوانی را ارائه دهند. ارائه‌دهندگان باید از هزینه و قابلیت اطمینان سرویس ذخیره‌سازی خود مطلع باشند و ارائه‌دهندگان با درنظرگرفتن قیمت یک سرویس ذخیره‌سازی خاص باید ابتدا هزینه ذخیره‌سازی مراکز داده ارزیابی شود، سپس با یک روش مناسب هزینه‌های ذخیره‌سازی با حفظ قابلیت اطمینان به حداقل رسانده شود تا ارائه‌دهندگان خدمات ذخیره‌سازی بهترین کار را برای کاهش هزینه ذخیره‌سازی و حفظ قابلیت اطمینان ذخیره‌سازی انجام دهند.

باهدف حل این مشکل، در روش پیشنهادی با استفاده از الگوریتم PSO یک مدل بهینه‌سازی چندهدفه برای ذخیره‌سازی داده‌ها در مراکز داده ابری باتوجه‌به هزینه انتقال، ارتباطات، ذخیره‌سازی و ساخت مراکز داده و قابلیت اطمینان به‌طور هم‌زمان ارائه‌شده است.

در این الگوریتم نیز یک جمعیت از ذرات وجود دارد و هر یک از ذرات دارای یک موقعیت و سرعت اولیه هستند. تفاوت الگوریتم پیشنهادی با الگوریتم استاندارد این است که الگوریتم پیشنهادی از یک اتوماتای یادگیر برای کنترل رفتار ذرات استفاده می‌کند. این اتوماتای یادگیر دارای دو عمل «دنباله‌روی» و «ادامه مسیر فعلی» است. در ابتدا، موقعیت و سرعت ذرات و همچنین بردار احتمالات انتخاب اعمال اتوماتای یادگیر مقداردهی اولیه می‌شوند. سپس تا زمانی که حداکثر تعداد گام‌ها انجام گردد و یا هدف موردنظر حاصل شود، مراحل زیر تکرار می‌شوند:

الف- اتوماتای یادگیر یکی از اعمال خود را بر اساس بردار احتمال اعمالش، انتخاب می‌کند.

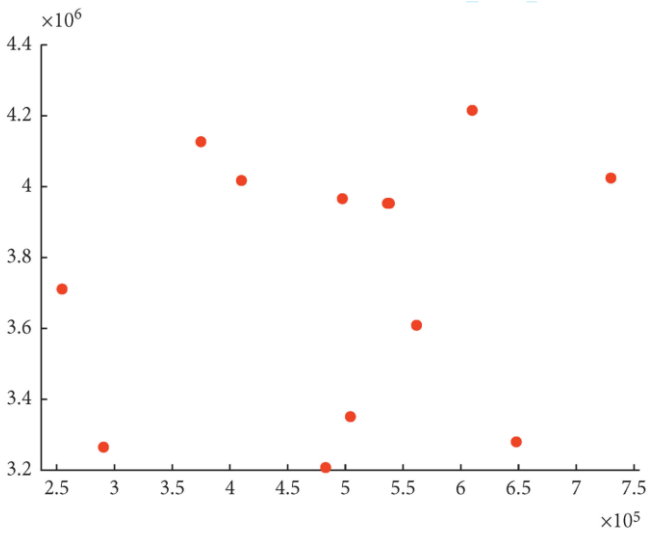
ب- باتوجه‌به عمل انتخاب‌شده، نحوه به‌روزرسانی سرعت ذرات تعیین می‌شود و سپس ذرات، سرعت و موقعیت خود را بروز می‌کنند.

ج- بر اساس نتایج به‌روزرسانی موقعیت ذرات، عمل اتوماتای یادگیر، ارزیابی می‌شود و بردار احتمال انتخاب اعمال اتوماتای یادگیر اصلاح می‌شود.

عملی که اتوماتای یادگیر در هر گام برمی‌گزیند، تعیین‌کننده شیوه بروز کردن سرعت ذرات در آن گام است. در صورت انتخاب عمل «دنباله‌روی»، تنها دنبال کردن بهترین تجربه شخصی و بهترین تجربه گروهی، در به‌روز نمودن سرعت ذرات مدنظر قرار خواهند گرفت و از سرعت فعلی ذرات صرف‌نظر می‌شود که در این صورت به‌روزرسانی سرعت ذرات در صورت انتخاب عمل

[1] Artificial Immune System

«ادامه مسیر فعلی»، سرعت جدید ذرات برابر با سرعت فعلی آن‌ها خواهد بود و ذره همچنان مسیری فعلی را ادامه خواهد داد. پس از انتخاب تراکنش‌ها با استفاده از سیستم ایمنی مصنوعی، باتوجه‌به اینکه تراکنش‌های طول کمتر تعریف‌شده‌اند، تراکنش‌های کوتاه‌تر که حداقل یک مجموعه از عناصر حساس دارند حذف می‌شوند. اگر طول تراکنش‌ها برابر باشد، متداول‌ترین عناصر در میان مجموعه‌های عناصر حساس حذف خواهند شد. بر اساس بحث ذکرشده، اکنون الگوریتم AIS را ارائه می‌کنیم.



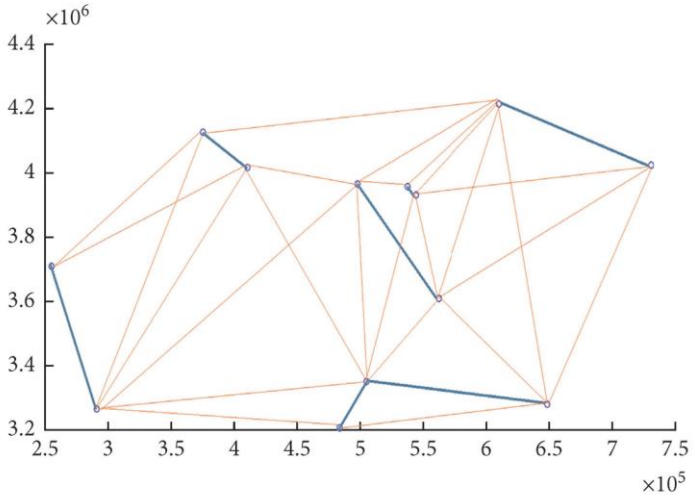
شکل ۲: مختصات UTM مراکز داده در طول و عرض جغرافیایی
Figure 2. UTM coordinates of data centers on x, y axes (latitude and longitude)

۴-راه‌اندازی و نتیجه آزمایشی روش پیشنهـادی

ارائه‌دهندگان خدمات ذخیره‌سازی باید خدمات را به میزانی ارائه دهند که خواسته‌های متنوع مشتریان خود را برآورده کنند. ارائه‌دهندگان باید از قابلیت اطمینان و هزینه خدمات ذخیره‌سازی خودآگاه باشند. آن‌ها باید ابتدا هزینه‌های ذخیره‌سازی DCها را ارزیابی کنند و سپس با حفظ ایمن قابلیت اطمینان، هزینه‌های ذخیره‌سازی را کاهش دهند، به‌طوری‌که ارائه‌دهندگان تمام تلاش خود را برای به حداقل رساندن هزینه‌های ذخیره‌سازی و حفظ قابلیت اطمینان ذخیره‌سازی انجام دهند. برای پرداختن به این موضوع، تکنیک پیشنهادی یک مدل بهینه‌سازی چندمنظوره برای ذخیره‌سازی داده‌ها در DCهای ابری ارائه می‌کند که هزینه ارتباطات، انتقال، ذخیره‌سازی و ساخت DC و همچنین قابلیت اطمینان را در نظر می‌گیرد [۸]. الگوریتم PSO در زمینه خدمات ذخیره‌سازی مبتنی برابر استفاده می‌شود و راه‌حل بهینه را با به حداقل رساندن فاصله بین مراکز داده که داده‌ها را بین یکدیگر تبادل می‌کنند، ارائه می‌دهد. در مقایسه با تمام مطالعات موردبحث در بالا، هیچ مدلی برای افزایش قابلیت اطمینان داده‌ها و بهینه‌سازی قرار دادن داده‌ها در سرویس‌های ذخیره‌سازی مبتنی بر اَبر وجود ندارد.

جدول ۱: تنظیم پارامتر S برای مراکز داده در آزمایش‌ها
Table 1. Setting parameter s for data centers in the experiments

مقدار	متغیر	پارامتر
۱۳	n	تعداد مرکز داده
S_i از مرکز داده موجود و s'_j از مرکز داده‌ای که به آن مرتبط است	S, S'	گره
ارتباط بین دو مرکز داده (۱و۰)	E	مرز
موقعیت مراکز داده با مختصات x,y	(q) شناسه، (p) نام و موقعیت	مشخص‌کردن مراکز داده



شکل ۳: استراتژی ذخیره‌سازی ابری بهینه در میان مراکز داده توزیع‌شده
Figure 3. Optimal cloud storage strategy among distributed data centers

۴-۱-مجموعه داده

در مجموعه داده تعریف‌شده، ۱۳ مرکز داده با طول و ارتفاع متفاوت بر اساس داده‌های موجود سازمان امور اراضی ایران در نظر گرفته‌شده است. این مراکز داده در ۱۳ ایالت از ۳۱ ایالت موجود هستند به‌طوری‌که فاصله بین مراکز داده می‌تواند به‌طور بهینه تمام درخواست‌های صادرشده از کاربران در تمام ۳۱ ایالت را پوشش دهد. داده‌ها در دو مرکز داده ذخیره می‌شوند: یکی به‌عنوان نسخه اصلی و دیگری به‌عنوان پشتیبان. داده‌های پشتیبان در مجاورت مجموعه داده اصلی ذخیره می‌شود. جدول ۴ پارامترهای تنظیم برای مراکز داده در آزمایش‌ها را خلاصه می‌کند.

طول و عرض جغرافیایی (x,y) مراکز داده جغرافیایی ایران با کدهای DC۱ تا DC۱۳ در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲: مشخصات داده‌های مکانی و مجموعه داده‌های جغرافیایی
Table 2. Attribute spatial data and geographic datasets

شناسه (q)	نام (p)	موقعیت UTM(x,y)	
		X	Y
DC01	مرکز تهران	۳۹۵۱۵۳۵/۲۴۹۰۵۱۳	۵۳۸۶۲۶/۴۶۲۱۶۴۵۹
DC02	تهران	۳۹۵۱۵۰۵/۹۱۰۱۴۲۷	۵۳۶۹۴۳/۹۸۷۲۳۵۵
DC03	البرز	۳۹۶۴۷۰۵/۲۸۵۳۶۱۶	۴۹۷۹۲۲/۵۳۳۶۱۴۵۷
DC04	قزوین	۴۰۱۵۹۲۰/۸۶۵۷۲۰۷	۴۱۰۴۸۲/۷۵۵۱۱۸۲۷
DC05	بوشهر	۳۲۰۵۹۴۷/۹۳۶۵۰۵۴	۴۸۳۴۰۰/۰۸۴۰۰۰۴۹
DC06	شیراز	۳۲۷۸۵۸۲/۳۶۹۲۹۹۱	۶۴۸۵۲۷/۴۹۶۵۹۷۴۹
DC07	مشهد	۴۰۲۲۸۸۰/۶۶۳۷۹۸۳	۷۳۰۵۳۱/۲۶۹۳۲۱۷۲
DC08	اصفهان	۳۶۰۷۶۴۷/۷۷۳۵۹۰۲	۵۶۲۱۴۴/۳۷۸۵۶۲۲۵
DC09	لرستان	۳۷۰۹۵۸۵/۶۱۳۳۰۸۷	۲۵۵۱۱۳/۹۳۳۲۰۹۳۴
DC10	زاهدان	۳۲۶۳۵۹۰/۶۷۵۴۳۸۲	۲۹۰۹۹۵/۷۶۸۷۱۵۱۴
DC11	کرمان	۳۳۴۹۵۶۹/۵۶۲۸۰۲	۵۰۴۸۷۶/۲۲۱۱۲۳۷۵
DC12	تبریز	۴۲۱۳۸۷۴/۰۵۱۲۵۳	۶۱۰۳۶۹/۸۲۰۴۹۱۴۸
DC13	گیلان	۴۱۲۵۲۹۶/۰۸۹۵۹۳۷	۳۷۵۳۵۹/۸۴۹۱۵۷۷۵

۵-بهینه‌سازی ذخیره‌سازی ابرها ازنظر فاصله بهینه‌سازی ذخیره‌سازی ابرها ازنظر فاصله

بخش حاضر مسئله بهینه‌سازی سیستم‌های ذخیره‌سازی مبتنی بر اَبر را ازنظر فاکتور فاصله بررسی و بحث می‌کند. در نتیجه، فاصله کل بین مراکز داده همسایه تأثیر قابل‌توجهی بر کارایی و زمان انتقال داده در سیستم‌های ذخیره‌سازی مبتنی برابر دارد.

GA با الگوریتم PSO-AIS پیشنهادی مقایسه شده است [۱۲]. متغیرهای الگوریتم PSO باید گسسته باشند و بهینه‌سازی مسئله ذخیره‌سازی ابری باید از ابتدای مرحله تکامل شروع شود. روش PSO گسسته دارای تعداد کلی ذرات ۲۰ و حداکثر تعداد نسل ۲۰۰ است. همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، هماهنگی مرکز داده عمدتاً توسط طول و عرض جغرافیایی کنترل می‌شود. هر ذره در روش PSO نشان‌دهنده یک رابطه بین مجموعه‌ای از مراکز داده 'Sو S است. هدف الگوریتم PSO گسسته کشف کوتاه‌ترین فاصله بین DCها در مجموعه‌های S و S در توپولوژی نشان داده‌شده در شکل ۴ است. جدول ۳ نتایج روش پیشنهادی AISPSO و همچنین الگوریتم‌های GA و PSO را مقایسه می‌کند. روش PSO-AIS دارای حداقل تناسب تابع هدف در زمان اجرای مرحله ۲۰، مقدار فاصله برحسب متر معادل ۳۲/۴۳۲۲ است، درحالی‌که الگوریتم GA و روش PSO گسسته به ترتیب دارای مقادیر فاصله ۴۵/۰۸۳۸ و ۴۰/۷۸۵۵ برحسب متر هستند.

ترتیب نقشه‌برداری بین DCها در مجموعه S و آن‌هایی که در مجموعه 'S هستند به‌صورت فیزیکی توسط ذره در روش PSO گسسته نشان داده می‌شود. روش PSO گسسته برای استفاده برای نقشه‌برداری یا توپولوژی فرعی به‌منظور کاهش فاصله انتقال طراحی‌شده است. اهداف برای توسعه یک استراتژی پایدار برای ذخیره‌سازی ابری به دلیل غیرقابل‌پیش‌بینی بودن روش PSO گسسته در بین مراکز داده پراکنده‌شده است.

بنابراین، استفاده از الگوریتم PSO گسسته چندین بار برای کاهش عدم قطعیت توصیه می‌شود. براین‌اساس تعداد زمان اجرای گسسته PSO بر روی ۲۰ تنظیم‌شده است. شکل ۴ زمان اجرای الگوریتم PSO را بر اساس هزینه اجرا نشان می‌دهد.

۶-بهینه‌سازی ذخیره‌سازی ابری برای فاکتور فاصله و هزینه بهینه‌سازی ذخیره‌سازی ابری برای فاکتور فاصله و هزینه

در مسئله بهینه‌سازی سیستم‌های ذخیره‌سازی مبتنی بر اَبر، تابع هدف مربوطه بر اساس فاکتور هزینه و فاصله انتخاب می‌شود. در روش پیشنهادی در مجموعه S فاصله بین هر جفت DC بهینه‌شده و همان‌طور که در جدول ۴ نشان داده‌شده است به DC های متناظر موجود در مجموعه 'S مرتبط و ترسیم‌شده‌اند.

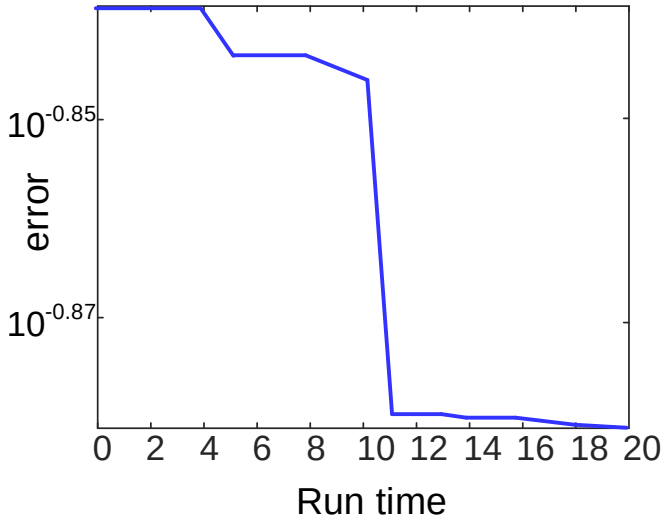
بهبود ذخیره‌سازی ابر در مراکز داده‌ها با روش پیشنهادی مورد تجزیه‌وتحلیل قرارگرفته است. در مراکز داده اطلاعات مکانی اراضی ایران باتوجه‌به شبکه ارتباطی موجود و تعداد منبع موجود برای رفع مشکل ذخیره‌سازی بین مراکز داده LAPSO معرفی می‌شود. در این روش برای بهینه‌سازی ذخیره‌سازی ابری، از حداقل سازی هزینه ذخیره‌سازی استفاده‌شده که پارامترهای موقعیت بهینه، حداقل هزینه مسیر، فاصله، هزینه انتقال داده، هزینه ذخیره‌سازی، هزینه ارتباط داده، تعادل بار، دسترسی و سال برای بهینه‌سازی استفاده‌شده است؛ اما در سایر روش‌ها فقط چند پارامتر مورد ارزیابی قرارگرفته است، از طرفی در این روش استفاده از الگوریتم LA سبب افزایش دقت و بهبود نتایج نسبت به سایر روش‌ها شده است. با توجه به فاکتور فاصله و هزینه در مسئله ذخیره‌سازی ابر، تابع هدف مربوطه انتخاب می‌شود. با الگوریتم LAPSO، نقشه‌برداری بین مجموعه گره S و مجموعه گره 'S بهینه‌سازی شده است. بهترین تناسب تابع هدف در میان ۲۰ اجرا، برای LAPSO برابر با ۳۷/۶۶۳۴، برای PSO برابر با ۴۸/۵۸۲۴ و برای روش ژنتیک ۵۲/۳۰۴۴ است.

مسئله ذخیره‌سازی ابر در بین مراکز داده توزیع‌شده توسط الگوریتم LAPSO به‌دست‌آمده و با سایر مقالات مقایسه شده. نتیجه مربوطه نه‌تنها می‌تواند به مشکل ذخیره‌سازی ابر در ۱۳ مرکز داده توزیع‌شده اعمال شود، بلکه راهنمایی برای ۸ نقطه مرکزی مرکز داده‌ها نیز ارائه می‌شود که منجر به هزینه کم ساخت‌وساز می‌شود.

جدول ۳: مقایسه الگوریتم پیشنهادی با الگوریتم‌های PSO و ژنتیک

Table 3. Comparison of the proposed algorithm with PSO and genetic algorithms

روش	PSO-AIS	PSO	GA
حداقل فاصله	۳۲/۴۳۲۲	۴۰/۷۸۵۵	۴۵/۰۸۳۸
حداقل فاصله و هزینه	۳۷/۶۶۳۴	۴۸/۵۸۲۴	۵۲/۳۰۴۴



شکل ۴: تعداد زمان اجرای الگوریتم PSO
Figure 4. The number of the PSO algorithm run time

جدول ۴: مشخصات داده‌های مکانی و مجموعه داده‌های جغرافیایی ایران
Table 4. Attribute spatial data and geographic datasets Iran

شناسه (q)	نام (p)	شناسه q(S'')	نام p(S')
DC01	مرکز تهران	DC02	تهران
DC02	تهران	DC01	مرکز تهران
DC03	البرز	DC01	مرکز تهران
DC04	قزوین	DC13	گیلان
DC05	بوشهر	DC11	کرمان
DC06	شیراز	DC08	اصفهان
DC07	مشهد	DC12	تبریز
DC08	اصفهان	DC06	شیراز
DC09	لرستان	DC10	زاهدان
DC10	زاهدان	DC09	لرستان
DC11	کرمان	DC05	بوشهر
DC12	تبریز	DC07	مشهد
DC13	گیلان	DC04	قزوین

۷-نتیجه‌گیری

برای بهینه‌سازی، ما از حداقل هزینه مسیر، دسترسی، فاصله، پارامترهای مکان بهینه، هزینه اتصال داده، هزینه ذخیره‌سازی، تعادل بار، هزینه انتقال داده و سال استفاده کردیم. بااین‌حال، تنها چند متغیر در رویکردهای مختلف ارزیابی‌شده است. بااین‌وجود، استفاده از الگوریتم LA باعث افزایش دقت و بهبود نتایج در این رویکرد در مقایسه با سایر تکنیک‌ها شد. برای رسیدگی به مسئله زمان‌بندی کار در یک محیط پردازش ابری، یک نسخه ساده از الگوریتم PSO در این مطالعه توسعه داده شد. این تحقیق تکنیک بهینه‌سازی ازدحام منفرد را با اجرای آن با استفاده از جعبه‌ابزار CloudSim برای ارزیابی عملکرد رویکرد پیشنهادی مقایسه کرد. هنگامی‌که با سایر الگوریتم‌های فرا ابتکاری موردمطالعه در این تحقیق مقایسه شد، یافته‌ها نشان داد که روش PSO دیده‌شده ممکن است تا حد زیادی طول مسئله زمان‌بندی کار را به حداقل برساند. میانگین بازه زمانی PSO فعلی و SSO برنامه‌ریزی‌شده مقایسه شد. برای همه مقادیر، تفاوت میانگین اساساً ثابت بود. نتیجه تأیید شد زیرا SSO پیشنهادی بازه زمانی کوتاه‌تری نسبت به PSO فعلی داشت. ویژگی تناسب نیز افزایش‌یافته است. ما این الگوریتم‌ها را در یک محیط

شبیه‌سازی‌شده برای ۱۳ مرکز داده با داده‌های واقعی باتوجه‌به فاصله ارتباطی بین آن‌ها در ایران اجرا کردیم. نتایج تجربی ما نشان داد که هزینه انتقال داده بین سرویس‌های ذخیره‌سازی مبتنی بر اَبر مراکز داده می‌تواند کاهش یابد. علاوه بر این، الگوریتم‌های ما برای استفاده در مقیاس بزرگ از مجموعه داده‌ها و مراکز داده مناسب هستند، زیرا می‌توانیم آن‌ها را در چند ثانیه اجرا کنیم. در الگوریتم پیشنهادی، آشکارساز CMLD-CFAR برای حذف به‌هم‌ریختگی استفاده می‌شود.

مراجع

[1] J. Liu, T. Shi and P. Li, "Optimal cloud storage problem in the distributed cloud data centers by the discrete PSO algorithm," *IEEE Congress on Evolutionary Computation; Sendai, Japan*, 2015, pp. 156–163, doi: 10.1109/CEC.2015.7256887.

[2] H. Hu, Y. Wen and D. Niyato, "Public cloud storage-assisted mobile social video sharing: a supermodular game approach," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications* , vol. 35, no.3, pp.345–556, 2017, doi: 10.1109/JSAC.2017.2659478.

[3] A. Alabdel-abass, L. Xiao, N. Mandayam and Z. Gajic, "Evolutionary game theoretic analysis of advanced persistent threats against cloud storage," *IEEE Access*, vol. 5, pp. 8482–8491, 2017, doi: 10.1109/ACCESS.2017.2691326.

[4] Y. Li, K. Gai, L. Qiu, M. Qiu and H. Zhao, "Intelligent cryptography approach for secure distributed big data storage in cloud computing," *Information Sciences*, vol. 387, pp.103–115, 2016, doi: 10.1016/j.ins.2016.09.005.

[5] W. Songa, et al. "A privacy-preserved full-text retrieval algorithm over encrypted data for cloud storage applications," *Journal of Parallel and Distributed Computing* , vol. 99, pp. 14–27, 2017, doi: 10.1016/j.jpdc.2016.05.017.

[6] X. Liu, L. Fan, L. Wang and S. Meng, "PSO based multiobjective reliable optimization model for cloud storage," in *IEEE International Conference on Computer and Information Technology (CIT),Liverpool*, UK, 2015, pp. 2263–2269.

[7] A. Abdulridha-Taha, D. Salama, A. Elminaam and K.M. Hosny, "An improved security schema for mobile cloud computing using hybrid cryptographic algorithms," *Far East Journal of Electronics and Communications* , vol. 18, no. 4, pp. 521–546, 2018, doi: 10.17654/EC018040521.

[8] S. Palani, E. Sangeetha and A. Archana, "Implementation of deduplication on encrypted big-data using signcryption for cloud storage applications," *International Journal of Pure and Applied Mathematics* , vol. 119, no. 12, pp.13409–13421, 2018.

[9] G. Tlili, M. Faten- Zhani and H. Elbiaze, "On providing deadline-aware cloud storage services," *IEEE Conference on Innovation in Clouds*, I*nternet and Networks (ICIN)*; *Paris, France*, 2018, pp. 1–8, doi: 10.1109/ICIN.2018.8401605.

[10] D. Hyseni, et al. "The proposed model to increase security of sensitive data in cloud computing," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications* , vol. 9, no. 2, pp. 203–210, 2018, doi: 10.14569/IJACSA.2018.090229.

[11] J. Bi, H. Yuan, S. Duanmu, M. Zhou and A. Abusorrah, "Energy-Optimized Partial Computation Offloading in Mobile-Edge ComputingWith Genetic Simulated-Annealing-Based Particle SwarmOptimization," *IEEE Internet of Things Journal* , vol. 8, no. 5, pp. 3774–3785, 2021, doi: 10.1109/JIOT.2020.3024223.

[12] Q. H. Zhu, J. J. Huang and Y. Hou, "Multi-Objective Scheduling of Cloud Data Centers Prone to Failures," *Journal of Information Science & Engineering*, vol. 38, no. 1, pp. 17–39, 2022.

[13] H. Yuan, J. Bi, M. Zhou, Q. Liu and A. C. Ammari, "Biobjective Task Scheduling for Distributed Green Data Centers," *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering* , vol. 18, no. 2, pp.731-742, 2021, doi: 10.1109/TASE.2019.2958979

[14] W. Yun and Z. Xingquan, "An Effective CloudWorkflow Scheduling Approach Combining PSO and Idle Time Slot-Aware Rules," *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica* , vol. 8, no. 5, pp. 1079–1094, 2021, doi: 10.1109/JAS.2021.1003982.

[15] S.C. Vimercati, et al., "A Fuzzy-Based Brokering Service for Cloud Plan Selection," *IEEE Systems Journal* , vol. 13, no. 4, pp. 4101–4109, 2019, doi: 10.1109/JSYST.2019.2893212.

[16] F.V. den-Bergh and P. Engelbrecht, "A study of particle swarm optimization particle trajectories," *Information Sciences* , vol. 176, no. 8, pp. 937–971, 2006, .doi: 10.1016/j.ins.2005.02.003.

[17] Z. Zheng, R. Kohavi and L. Mason, "Real world performance of association rule algorithms," in *Proceedings of the 7th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining; San Francisco California,* USA, 2001, pp. 401–406, doi: 10.1145/502512.502572.

COPYRIGHTS
©2023 by the authors. Published by the Islamic Azad University Bushehr Branch. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) https://creativecommons.org/licenses/by/4.0