دوفصلنامه محاسبات و سامانه های توزیع شده
سال سوم، شماره دوم، شماره پیاپی۶، صفحه ۴۵ تا ۵۸، سال ۱۳۹۹

# بهبود کارایی شبکه های تحویل محتوا مبتنی بر الگوریتم تکاملی جهش قورباغه

مهدی خطیبی*[۱]، لیدا ندرلو[۲]
[۱]دانشکده فنی و مهندسی، گروه کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان، زنجان، ایران.
[۲]دانشکده فنی و مهندسی، گروه کامپیوتر گرایش هوش مصنوعی، موسسه آموزش عالی روزبه واحد زنجان، زنجان، ایران.

## چکیده

شبکه‌های توزیع محتوا به دلیل استفاده از کش‌کردن، تکرار محتویات و درخواست کاربران به بهترین سرور کارایی بسیار مناسبی دارند و هدف اصلی آنها بهبود کارائی در تحویل محتوا، کاهش زمان پاسخ، افزایش پهنای باند و دسترس‌پذیری سرویس‌های مستقر در اینترنت می‌باشد. از این رو بسیار حائز اهمیت است که به بررسی بحث‌های چالشی این شبکه‌ها جهت حل آنها پرداخته شود. بر این اساس در این پژوهش روشی جهت بهینه‌سازی مسیریابی انتقال اینترنت برای شبکه‌های تحویل مبتنی بر الگوریتم تکاملی جهش قورباغه ارائه می‌دهد. دلایل تاخیر در پاسخگویی درخواست کاربر در این شبکه‌ها زیاد بودن سرورها و یافتن بهترین مسیر پاسخگویی به درخواست می‌باشد. در واقع برای پاسخگویی درخواست‌ها باید سرور و مسیر بهینه پاسخ‌دهی مشخص شود تا تاخیر زمان پاسخگویی به حداقل برسد از این رو جهت حل این مشکل روش پیشنهادی از الگوریتم جهش قورباغه استفاده کرده تا این جستجو را بهینه کند. در بخش شبیه‌سازی برای انتخاب بهترین پارامترها آزمایشاهای مختلف انجام و بهترین مقادیر پارامترها تنظیم شد. در نهایت روش پیشنهادی با روش‌های پایه و همسان مورد مقایسه قرار گرفت و نتیجه مطلوب در زمان، میانگین زمان پاسخگویی به درخواست کاربران، زمان پردازش درخواست‌ها توسط سرورها به نسبت روش‌های دیگر بهبود داشته است.

**کلمات کلیدی:** شبکه‌های توزیع محتوا، کارایی شبکه، درخواست کاربران و الگوریتم تکاملی جهش قورباغه.

**تاریخچه مقاله:**

تاریخ ارسال: ۱۳۹۹/۰۸/۱۵
تاریخ اصلاحات: ۱۳۹۹/۱۰/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۲۰
تاریخ انتشار: ۱۳۹۹/۱۲/۲۹

**Keywords:**

Content Delivery Network,
Network Efficiency,
User Request and
Shuffled Frog Leaping

*ایمیل نویسنده مسئول:
Khatibimehdi90@gmail.com

# Improving the performance of content delivery networks based on the Shuffled Frog Leaping

Mahdi Khatibi*[1], Lida Naderloo[2]
[1]Department Engineering computer,Islamic Azad university of Zanjan Branch, Zanjan, Iran
[2]Department computer, non-profit higher education institutions Rouzbeh of Zanjan Branch, Zanjan, Iran

## Abstract

Content distribution networks are very useful because they use cache, repeat contents and request of users to the best servers. Their main purpose is to improve efficiency in delivering content, reducing response time, increasing bandwidth and availability based services of internet. it is important to investigate the challenges of these networks to solve them. in this study, a method for improving the routing of these networks is based on the evolutionary algorithm of frog mutation. The reasons behind the delay in response of the user's request in these networks are high on servers and finding the best answer route. In fact, to answer requests, the server and optimal response path must be specified so that the response time delay is minimized. in order to solve this problem, the proposed method uses frog mutation algorithm to optimize this search. in the simulation section, the best parameters were performed and the best parameter values were determined. finally, the proposed method was compared with the basic and identical methods and the desired result in time, average response time to users ' request has been improved by servers as compared to other methods

## ۱ – مقدمه

درسال های اخیر شبکه اینترنت با رشد فراوانی همراه بوده که باعث افزایش فوق‌العاده ترافیک داده‌ها گردیده است. داده-های موجود در اینترنت از حالت متنی خارج شده و داده‌های چند رسانه‌ای به امری رایج در آن بدل شده‌است. سرویس‌های اینترنتی اغلب با مشکلاتی چون ازدحام و تعداد بیش از حد درخواست ها مواجه می‌شود.

شبکه‌های تحویل محتوا برای حل مشکل داده‌های حجیم وارد عرصه اینترنت شده است. شبکه تحویل محتوا از مجموعه‌ای از عناصر شبکه به منظور تحویل داده و محتوا به صورت کارآمد به کاربر تشکیل شده‌است. ایده‌ی اصلی شبکه‌های تحویل محتوا انتقال کپی‌هایی از محتوای ایستا و نزدیکترین سرور به کاربر نهایی است. در واقع وقتی کاربری داده‌ای را از CDN درخواست می‌کند، سروری که از نظر جغرافیایی به آن کاربر نزدیک‌تر است به آن درخواست پاسخ می‌دهد. ازدحام زیاد کاربران سبب شده است که روش‌های معمول تحویل محتوا جوابگوی نیاز سروی های پر طرفدار نباشد. از این میان در دسترس‌پذیری از جمله نگرانی‌های وب سایت‌ها و سروی‌های پرطرفدار می باشد. هنگامی که کاربری یک Web Objectرا درخواست می‌کند، سروری به آن درخواست پاسخ می‌دهد که به مبدا آن نزدیک‌تر باشد. با استفاده از این روش اولا زمان پاسخ درخواست کاربر کمتر خواهد شد، دوما بسته‌های داده مسیر کمتری را در شبکه‌ی اینترنت پیموده و در مصرف پهنای باند کلی اینترنت صرفه جویی می‌شود. انتخاب محل مناسب جغرافیایی برای راه‌اندازی شبکه های تحویل محتوا یکی از چالش-های مهم آن می‌باشد، بنابر این در این پژوهش مکان بهینه سرورها نسبت به فاکتورهای مختلع (موقعیت جغرافیایی کاربران و زمان تاخیر) با استفاده از الگوریتم جهش قورباغه که روشی بهینه ساز فرا ابتکاری است، بررسی می شود.

روش‌های جستجو و بهینه سازی فرا ابتکاری روش هایی هستند که برای یافتن بهترین جواب بهینه کاربرد دارند. برای اینکه بتوان منابع را تقسیم کرد نیاز به یافتن پاسخ بهینه است یعنی اینکه منابع در اختیار خود را به صورت بهینه در اختیار قرار داد. بر اساس این تخصیص منابع باید استراتژی کاری را تعریف کرد. الگوریتم‌های فراوانی برای یافتن جواب بهینه وجود دارد که از جمله آنها می‌توان به هایبرید، PSO، ASO، ژنتیک و ... اشاره کرد. هر کدام از این الگوریتم‌ها با روشی خاص به دنبال یافتن جواب بهینه هستند. الگوریتم جهش قورباغه مخلوه شده[1] یکی از الگوریتم‌های بهینه‌سازی فرا ابتکاری است که از رفتار اجتماعی قورباغه‌ها الهام گرفته شده‌است و از نظر طبقه‌بندی، در میان الگوریتم‌های رفتاری یا الگوریتم‌های ممتیک[2] قرار می‌گیرد.

بخش‌های این مقاله شامل کارهای مرتبط ، روش پیشنهادی و در انتها نتایج تجربی که شامل پیاده‌سازی روش پیشنهادی، ارزیابی‌ها و تجزیه و تحلیل داده‌ها، در نهایت بخش آخر نتیجه‌گیری ارایه شده‌است.

## ۲ – کارهای مرتبط

شیخی و همکارانش در سال ۱۳۹۴ مقاله‌ای تحت عنوان «یک الگوریتم تطبیق‌پذیر برای مسیریابی درخواست در شبکه‌های تحویل محتوا» ارائه دادند. آنها معتقدند که شبکه‌های تحویل محتوا، برای ارائه دسترس‌پذیری بیشتر و تاخیر کمتر به کاربران وب ظهور پیدا کردند. این شبکه‌ها، محتوا را بر روی خدمتگزارهای نماینده تکثیر می‌کنند، سپس درخواست مشتری‌ها برای دریافت این محتوا، بین خدمتگزارهای نماینده توزیع می‌شود. الگوریتم مسیریابی درخواست، خدمتگزار پاسخگو به درخواست مشتری را مشخص می‌کند. در این مقاله ابتدا، مفاهیم شبکه‌های تحویال محتوا و مسیریابی درخواست معرفی می‌شود، سپس الگوریتم‌های مسیریابی درخواست را دسته‌بندی و الگوریتم‌های موجود در هر دسته تشریح خواهند شد. در بخش بعدی، الگوریتم پیشنهادی این مقاله معرفی می‌شود. در الگوریتم پیشنهادی، تطبیق‌پذیری با هزینه پردازشی کم توسعه یافته‌است، که به صورت فعال عمل می-کند. این ویژگی، مانع از تبدیل شدن لایه روبنا به یک گلوگاه می-شود، مشکلی که در روش‌های قبلی به وفور یافت می‌شود. نتایج حاصل از شبیه‌سازی بیانگر این است که نه تنها کارایی کاهش نیافته، بلکه افزایش دو برابری داشته است. همچنین، الگوریتم پیشنهادی در میزان هزینه پردازشی، در کنار الگوریتم‌های تطبیق ناپذیر قرار گرفته است. علاوه بر این، به دلیل استفاده الگوریتم پیشنهادی از رد کردن درخواست‌ها، توانسته اتلاف درخواست‌ها در اثر ازدحام را از بین ببرد. در بخش پایانی، ارزیابی از الگوریتم های شناخته شده و الگوریتم پیشنهادی صورت می‌گیرد[۱].

کاردان مقدم و همکارانش در سال ۱۳۹۴ مقاله ای تحت عنوان «طبقه‌بندی مکانیسم‌های درخواست مسیریابی در شبکه-های تحویل محتوا» ارائه دادند. آنها معتقدند که شبکه‌های تحویل محتوا از یک مکانیزم محاسبه‌ای حمایت می‌کنند که اطلاعات معمول مشتری را جمع‌آوری نموده و دنبال می‌کنند و این اطلاعات در ارتباط با درخواست مسیریابی، توزیع و تحویل می‌باشند. شبکه-های تحویل محتوا بایستی با ارائه‌ی خودکارانه‌ی ظرفیت‌های درخواستی، به‌عنوان کمک فنر برای ترافیک در شبکه عمل کنند تا الزامات ازدحام ناگهانی را برآورده نمایند این امر باعث می‌شود

[1]Shuffled Frog Leaping Algorithm

[2]Memetic Algorithms

که کاربران مختلف، در هنگام استفاده از سرویس‌های وب هیچ‌گونه تفاوتی را احساس نکنند و همگی با بالاترین سرعت ممکن از نزدیک‌ترین سرور شرکت مورد بحث استفاده کنند در این مقاله به طبقه‌بندی و مقایسه مکانیسم‌های درخواست مسیریابی در شبکه-های تحویل محتوا پرداخته شده است[۲].

کاردان مقدم و همکارانش در سال ۱۳۹۵ مقاله ای تحت عنوان «جهت گیری آینده در شبکه های تحویل محتوا » ارائه دادند. آنها معتقدند که یکی از تکنولوژی‌های پر کاربرد در زمینه افزایش سرعت بارگذاری صفحات وب Content Delivery Network (CDN) و به معنای شبکه‌ی تحویل محتوا می‌باشد. با استفاده از این تکنولوژی در شبکه‌های تحت وب وان سرعت بارگذاری را افزایش داد و خدمات تحت وب را با سرعت بالاتری از نزدیک‌ترین سرور بارگذاری نمود. با استفاده از روش‌های مختلف تکثیر محتوا و مستقر کردن آنها در سرورهای جایگزین در مناطق متفاوت، دسترسی‌پذیری انواع مختلف محتوا برای کاربران اینترنت با سرعت بیشتری فراهم شده‌است. در این مقاله تلاش شده‌است تا به طبقه‌بندی بر اساس ویژگی‌های ساختاری مختلف شبکه‌های تحویل محتوا پرداخته شود. این ویژگی‌ها برای ترکیب شبکه‌های تحویل محتوا ، بنیادی و اساسی هستند و به سازمان، نوع سرورهای بکار رفته، روابط و تعاملات میان اجزای شبکه های تحویل محتوا ، و همچنین محتوا و خدمات مختلفی که توسط شبکه‌های تحویل محتوا ارائه شده، پرداخته می‌شود[۳].

جبرئیلی و همکارانش در سال ۱۳۹۱ مقاله ای تحت عنوان «ارائه یک راهکاربرای تکرار و کش کردن محتویات درشبکه های توزیع محتوا» ارائه دادند. آنها معتقدند که ازعوامل موثردرکارایی شبکه‌های توزیع محتوا جایگذاری بهینه و تحویل مناسب محتویات است که موجب پدیدآمدن تکنیک‌های مختلف جایگذاری تکرار کردن و کش کردن اشیا درفضای ذخیره سازی سرور این شبکه‌ها شده است. دراین مقاله یک تکنیک جدید برای ترکیب تکرار و کش کردن در سرورهای نماینده این سیستم‌ها با استفاده از امتیازدهی به اشیا پیشنهاد شده‌است در این تکینک بدون پارامتر و پویا شی‌ها با توجه به الگوی درخواست کاربران و بار شی در شبکه امتیازدهی و درسرورها قرار داده می‌شوند این متد علاوه براینکه به کاربر کمک می‌کند که محتوای مورد نظرش را از نزدیکترین سرور نماینده دریافت کند باعث ماکزیمم شدن نرخ اصابت نیاز می‌گردد[۴].

امتیاز و همکارانش در سال ۱۳۹۳ مقاله‌ای تحت عنوان « ارائه یک راهکار برای تکرار بهینه محتویات در شبکه های تحویل محتوا » ارائه دادند. آنها معتقدند که با گسترش اینترنت اغلب وب سایت‌های مشهور به علت نیاز زیاد کاربران به سرویس‌ها دچار ترافیک شدید و افت کیفیت سرویس‌دهی می‌شوند، شبکه‌های توزیع محتوا به عنوان یک دستاورد برای بهبود این مشکل به نحوی عرضه شدند که محتویات درخواست شده کاربر را با جایگذاری در سرورهای جانشین نزدیکتر، به صورت قابل اعتماد و به موقع تحویل دهند. از عوامل موثر در کارایی این سیستم‌ها یافتن جای‌گذاری بهینه و تحویل مناسب محتواست. تکرار و کش کردن دو تکنیک اصلی به منظور یافتن سرور جانشین بهینه برای تکرار محتوا می-باشند. اکثر تحقیق‌های گذشته بصورت جداگانه بر روی این دو روش انجام شده‌است. در این تحقیق با ترکیب تکنیک های کش و تکرار یک روش ترکیبی اکتشافی به کمک الگوریتم ژنتیک ارائه می‌گردد تا بدین ترتیب علاوه بر مزیت روش‌های تکراری، سودمندی کش کردن نیز به این شبکه‌ها اضافه شود. در این تکنیک در هر تکرار تمامی محتواهای ممکن به کمک تابع ارزیابی بررسی و با توجه به شرایط، بهترین آنها انتخاب و تکرار می‌شوند. روش ترکیبی در یک محیط شبیه‌سازی آزمایش و ارزیابی گردید[۵].

جعفری و همکارانش در سال ۲۰۱۸ مقاله‌ای تحت عنوان «بررسی معیارهای عملکرد برای ارزیابی شبکه‌های تحویل محتوا» ارائه دادند. آنها معتقدند که شبکه‌های تحویل محتوا یکی از متداولترین خدمات برای غلبه بر مشکلات عملکرد ناشی از درخواست گسترده داده‌ها در برنامه‌های وب محبوب است. CDN با قرار دادن سرورهای ماکت پراکنده در سراسر جهان و در نتیجه هدایت کاربران به سرورهای نزدیکتر، کیفیت خدمات درک شده مشتری را بهبود می‌بخشد. در حالی که هدف نهایی CDN بهبود عملکرد تحویل داده‌ها است، توانمندی آنها نیز می‌تواند موضوعی برای بررسی باشد. با توجه به پیچیدگی این خدمات، عوامل زیادی می‌توانند بر عملکرد CDN تأثیرگذار باشد. در نتیجه، میزان توانایی CDNبا استفاده از معیارهای مختلف قابل اندازه‌گیری است. در این مقاله برخی از معیارهای عملکردی شناخته شده در ادبیات برای ارزیابی CDN مرور می‌شود. همچنین این مقاله اقدامات دیگری از جمله عدالت در انتقال محتوا را ارائه می‌دهد. برای دستیابی به یک بینش کلی در مورد CDN ، یک تابع هزینه نیز ارائه شده است که بیشتر معیارها را در یک فرمول واحد ارائه شده‌است[۶].

ما و همکارانش در سال ۲۰۱۷ مقاله‌ای تحت عنوان « تقاضای مشترک و مطالب در crowdsourced شبکه تحویل محتوا » ارائه دادند. آنها معتقدند که در سال‌های اخیر یک الگوی توازن تحویل محتوا جدید به نام CDdsourced CDN قابل مشاهده خواهد بود که در آن دستگاه‌های مستقر در لبه شبکه می-توانند مطالب را از پیش تنظیم کرده و خدمات تحویل محتوا را ارائه دهند. Crowdsourced CDN با کاهش تأخیر در دسترسی به محتوا، تجربه کیفیت بالایی را در اختیار کاربران نهایی قرار می-دهد و با استفاده از منابع شبکه و ذخیره‌سازی در میلیون‌ها دستگاه لبه ، بار ستون فقرات شبکه را کاهش می‌دهد. در چنین پارادایم، هدایت درخواست‌های محتوا به دستگاه‌های مناسب برای تجربه کاربر فوق‌العاده مهم است. منحصربه‌فرد بودن تغییر مسیر درخواست در crowdsourced CDN این است که از یک طرف، ظرفیت

پهنای باند دستگاه‌های crowdsourced CDN محدود است، از این رو دستگاه‌هایی که در یک مکان شلوغ واقع شده‌اند می‌توانند به راحتی در هنگام ارائه درخواست کاربر در این نزدیکی قرار بگیرند. از طرف دیگر ، مطالب درخواست شده در یک دستگاه می‌تواند به طور قابل توجهی با دستگاه دیگر متفاوت باشد، ساخت استراتژی-های درخواست تغییر مسیر استفاده شده در CDNهای معمولی که فقط هدف تعادل بارهای درخواست ناکارآمد است. در این مقاله، آنها استراتژی‌های تغییر مسیر درخواست را بررسی می کنند که تعادل بار کار دستگاه‌ها و محتوای درخواست شده توسط کاربران را در نظر می‌گیرد. مشارکت‌های آنها به شکل است که ابتدا آنها مطالعات و اندازه‌گیری را انجام داده و مشاهده می‌کنند که بارهای دستگاههای مجاور بسیار متفاوت است و محتویات درخواست شده در دستگاههای مجاور نیز می‌توانند به طور قابل توجهی متفاوت باشند. این مشاهدات منجر به طراحی آنها برای تعادل درخواست در دستگاههای مجاور می‌شود. مورد دوم ، آنها با در نظر گرفتن تأخیر دسترسی به محتوا و هزینه تکرار محتوا، مسئله تغییر مسیر درخواست را شکل می‌دهند و درخواست تعادل و راه حل تجمیع محتو ا را پیشنهاد دادند. سرانجام، آنها عملکرد طراحی خود را با استفاده از شبیه‌سازی های محور محرک ارزیابی می‌کنند و مشاهده می کنند که طرح آنها از نظر بسیاری از معیارها از استراتژی سنتی بهتر است. آنها شاهد کاهش تأخیر در دسترسی به محتوا ۵۰٪ نسبت به سازو کارهای سنتی مانند برنامه مسیریابی درخواست نزدیکترین / تصادفی هستند[۷].

احمد و همکارانش در سال ۲۰۱۸ مقاله ای تحت عنوان «بهینه‌سازی مسیریابی انتقال اینترنت برای شبکه های تحویل محتوا» ارائه دادند. آنها معتقدند که شبکه‌های تحویل محتوا (CDN)چندین مسیر حمل و نقل را از سرورهای توزیع محتوا به شبکه‌های ISP چشم انداز ارائه می‌دهند که اتصال به اینترنت را برای کاربران نهایی فراهم می‌کند. با توجه به پویایی متغیر بودن عملکرد و قیمت‌گذاری در مسیرهای حمل و نقل، CDNها برای بهینه‌سازی عملکرد و مبادلات هزینه باید یک استراتژی انتخاب مسیر عبور را پیاده کنند. در این مقاله ، مسئله مسیریابی حمل و نقل را با استفاده از یک تابع هدف چند صفتی رسمیت می دهند تا همزمان عملکرد و هزینه نهایی را بهینه‌سازی کنند. رویکرد آنها به CDNها اجازه می‌دهد تا از هزینه و مبادله عملکرد در مسیریابی حمل و نقل از طریق یک دستگیره کنترل واحد استفاده کنند. آنها رویکرد خود را با استفاده از اندازه‌گیری‌های دنیای واقعی از سرورهای CDN واقع در ۱۹ نقطه تبادل جغرافیایی اینترنت ارزیابی می‌کنند. با استفاده از رویکرد آنها ، CDNها می‌توانند هزینه‌های حمل و نقل را بطور متوسط ۵۷٪ بدون عملکرد ساکینگ کاهش دهند[۸].

یان و و همکارانش در سال ۲۰۲۱ مقاله‌ای برای بهینه سازی شبکه تحویل محتوا ارائه دادند. آنها معتقدند که شبکه‌های تحویل محتوا بسیاری از ترافیک اینترنت امروزی را با ذخیره‌سازی و ارائه محتوای درخواستی کاربران توزیع می‌کنند. هدف اصلی یک CDNبهبود احتمالات ضربه به حافظه پنهان آن است، در نتیجه ترافیک WAN و تأخیر درک شده توسط کاربر کاهش می‌یابد. در این مقاله، آنها یک رویکرد جدید برای ذخیره سازی در CDN ها ایجاد می‌کنند که از ذخیره سازی بهینه برای تصمیم گیری یاد می گیرد. برای دستیابی به این هدف، ابتدا HRO را پیشنهاد می‌کنند که کران بالایی را در کش بهینه به صورت آنلاین محاسبه کند و سپس از HRO برای اطلاع از پذیرش و اخراج محتوا در آینده استفاده کند که این طراحی کش جدید را LHR می نامند. آنها نشان می‌دهند که LHRکارآمد است زیرا شامل یک مکانیسم تشخیص برای به‌روزرسانی مدل، یک مدل مبتنی بر آستانه تنظیم‌شده خودکار برای پذیرش محتوا با یک قانون تخلیه ساده است. آنها یک شبیه ساز LHR و همچنین یک نمونه اولیه را به ترتیب در یک سرور ترافیک آپاچی و کافئین پیاده سازی کرده اند نتایج تجربی ما با استفاده از چهار ردیابی CDN تولیدی نشان می‌دهد که LHR به طور مداوم با افزایش احتمال ضربه تا ۹٪ و کاهش ترافیک WAN تا ۱۵٪ در مقایسه با حافظه پنهان CDN تولید معمولی، عملکرد بهتری دارد[۱۴].

پولکیت و همکارانش در سال ۲۰۲۱ مقاله‌ای با عنوان "رویکردی جدید از متعادل‌سازی بار در شبکه‌های تحویل محتوا با بهینه‌سازی سرور جایگزین" ارائه دادند. آنها معتقدند که روش‌های جدید متعادل‌سازی بار قصد دارند بار را به طور ایده‌آل به سرورهای پراکسی توزیع کنند و استفاده از شبکه را تقویت کنند و از ترافیک و تاخیر در مسیر جلوگیری کنند. در این مقاله، آنها یک رویکرد جدید برای بهینه‌سازی زمان درخواست روتر برای به حداقل رساندن تأخیر پیشنهاد می‌کنند، که از سازگاری و برنامه‌پذیری شبکه‌های تعریف‌شده با نرم‌افزار بهره‌برداری می‌کند. این کار با ایجاد CDN و متعادل کردن بار با استفاده از شبکه های جایگزین انجام می شود. بار روی سرور اصلی را کاهش می دهد. متعادل‌سازی بار با استفاده از انتخاب کوتاه‌ترین مسیر از طریق استفاده از شبکه‌های عصبی به عنوان تکنیک یادگیری ماشین برای انتخاب گره با بالاترین سطح انرژی و تعیین سریع‌ترین مسیر برای انتقال داده انجام می‌شود. این کار بهبود در این مقاله برای انواع خاصی از شبکه ها مانند شبکه های بی سیم در طول انتقال لایه جلسه انجام می شود. در فرآیند انتخاب گره برای انتقال داده، می‌توانیم به جای درخت تصمیم از یک شبکه عصبی استفاده کنیم. این مقاله با ارزیابی نتایج به‌دست‌آمده و مقایسه با معیارهای عملکرد سایر رویکردهای از پیش موجود به پایان می‌رسد[۱۵].

## ۳ – تحلیل روش پیشنهادی

شبکه‌های توزیع محتوا CDN، با ایده بردن محتویات به نزدیک کاربران نهایی پیشنهاد شدند. CDN ها در ابتدای پیدایش خود بر مبنای تکرار کردن بودند. بعدها با وجود محتویاتی که تغییرات زیادی در طول زمان داشتند و یا اینکه الگوی ارجاع به آن‌ها در سرورهای مختلف، متفاوت بود، از تکنیک‌های کش‌کردن در CDNها برای غلبه بر این مسایل بهره گرفتند. در اکثر تحقیقات به این دو مقوله و مسئله جایگذاری اولیه به صورت جداگانه پرداخته شده است. ولی می‌توان یک سیستم توزیع محتوا در نظر گرفت، که سرورهای نماینده آن هم نقش کش کننده و هم نقش تکرار کننده را داشته باشد. باید با ادغام تکنیک‌های استاتیک و دینامیک به نحوی محتویات را در سرورها توزیع نمود که تکرار محتوا به نحو مناسبی انجام پذیرد؛ به‌طوری که نیاز به کش کردن به حداقل برسد و در صورت نیاز به کش، الگوریتم کش‌کردن به‌کار رفته کارایی مناسبی داشته باشد[۱۰].

صرفا داشتن شبکه‌ای عظیم از خدمتگزارهای قدرتمند، کارا نخواهد بود. باید برای رسیدن به کارایی مناسب، منابع موجود به بهترین شکل تخصیص یابد. این نیاز باعث پیدایش مفهومی تحت عنوان مسیریابی درخواست شده‌است. این شبکه با استفاده از الگوریتم‌های مسیریابی درخواست، درخواست مشتری را به مناسب‌ترین خدمتگزار هدایت می‌کند. بسیاری از الگوریتم‌ها، درخواست مشتری را به نزدیک‌ترین خدمتگزار نماینده ارسال می‌کنند، همیشه نزدیک‌ترین خدمتگزار نماینده، قطعا مناسب‌ترین خدمتگزار نیست. یک الگوریتم مسیریابی درخواست کارا، به اطلاعات به روز از شرایط جاری شبکه نیاز دارد. یک الگوریتم مسیریابی درخواست نامناسب، می‌تواند منجر به شکست شبکه تحویل محتوا شود. از این رو در این پژوهش یک روشی جهت بهبود کارایی شبکه های تحویل محتوا با استفاده از الگوریتم جهش قورباغه در مسیریابی پیشنهاد می‌شود[۱۱،۱۲].

**چالش‌های مسئله:** در بهینه‌سازی مسیریابی انتقال در اینترنت دو چالش مهم فنی وجود دارد. اولین چالش، دستیابی به اندازه‌گیری و سنجش عملکردِ همزمان در مسیرهای انتقال متعدد است. این امر به این دلیل ضروری است که عملکرد در هر مسیر انتقال به عوامل خارجی متعددی وابسته است. عملکرد بین مسیرهای انتقال می‌تواند به دلیل ازدحام در اتصالات ISP یا ازدحام در لینک‌های درون ISP متغیر باشد. علاوه بر این، عملکرد می‌تواند به دلیل سیاست‌های مهندسی ترافیک ISP های مشتری تغییر کند. برای حل این چالش، پویایی‌ها و تغییرات در تفاوت عملکرد را با بهره‌برداری از قابلیت چندخانگیِ[1] سرورهای CDN ثبت و ضبط می‌شود. به طور خاص، می توان یک برنامه جاوا اسکریپت برای اندازه‌گیری عملکرد در سیستم مشتری اجرا شود که در صفحات وب درخواست‌شده از سوی مشتری توسط CDN جاسازی شده‌است. برنامه جاوا اسکریپت چندین نسخه از یک برچسب پیکسل را به طور همزمان از طریق چندین مسیر دانلود می‌کند. این روش اندازه‌گیری این امکان را می‌دهد تا عملکرد انتها به انتهای کاربر را از طریق مسیرهای انتقالی متعدد ثبت شود. عملکرد مسیرهای انتقال متعدد به طور همزمان اندازه‌گیری شده و روی برچسب‌های پیکسل تمرکز می‌شود که زمان دانلود آن بیانگر زمان رفت و برگشت (RTT[2]) می‌باشد. برای رسیدن به این هدف، سرور CDN برچسب های پیکسل هم اندازه را از طریق چندین مسیر بصورت همزمان تحویل می‌دهد. می توان بر روی عملکرد جریان ویدئویی تمرکز کرد چون به تحویل اشیا بزرگ و اندازه متغیر نیاز است.

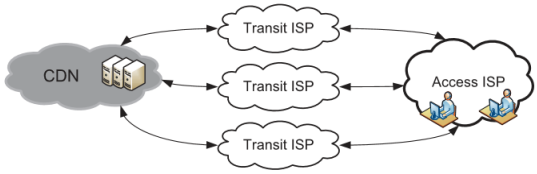
چالش دوم دستیابی به یک استراتژی مسیریابی انتقال است که تعادل مطلوبی بین هزینه و عملکرد فراهم می‌کند. برای هر مکان IXP، هزاران ISP مقصد قابل‌دسترسی هستند و برای هر ISP مقصد مسیرهای انتقال متعددی وجود دارد. این چالش را با تدوین مساله مسیریابی انتقال اینترنت به عنوان یک مساله بهینه‌سازی چند هدفه قابل حل است. تابع هدف کاربرد و سودمندی یک استراتژی مسیریابی خاص را محاسبه می‌کند و آن را روی همه استراتژی‌های ممکن بهینه می‌کند[۸]. قابل به ذکر است که در این پژوهش ارائه روشی مبتنی بر الگوریتم تکاملی قورباغه این چالش ها به صورت بسیار بیهنه قابل حل است.

**تحلیل روش پیشنهادی:** هدف روش پیشنهادی بهینه-سازی مسیریابی انتقال اینترنت برای شبکه‌های تحویل محتوا است. زیرساخت حافظه نهان مرتبط با CDN شامل سرورهایی است که در چندین مکان توزیع‌شده جغرافیایی قرار گرفته‌اند. یک ارائه کننده محتوا، نسخه‌هایی از محتوا را در CDN درج می‌کند.CDN نسخه‌هایی از محتوا را در سرورهای انبار داده توزیع‌شده (به لحاظ جغرافیایی) نگهداری می‌کند. درخواست‌های مشتری برای محتوا معمولا به سرورهای حافظه نهان CDN براساس نزدیکی جغرافیایی با استفاده از روش تغییرمسیر DNS یا اِنی‌کست[3] هدایت می‌شوند. دو استراتژی استقرار سرور رایج وجود دارد که توسط اکثر CDNs تجاری بکار گرفته می‌شوند. CDNs یا سرورها را در بسیاری از ISP هایی که به کاربران نزدیک‌تر هستند مستقر می‌کند (استراتژی enter-deep) یا سرورها را در چند مکان جغرافیایی که به دقت انتخاب‌شده اند مستقر می کند (استراتژی bring-home)[۸].

شکل ۱ یک نمای معماری از CDN همراه با استراتژی

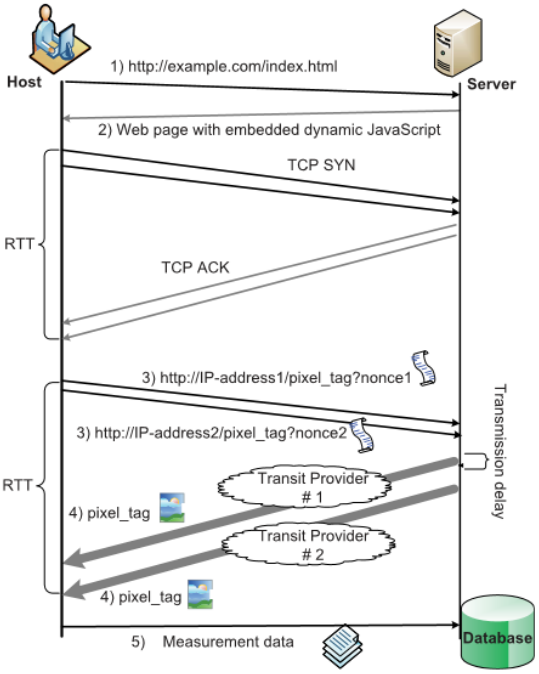
[1] Multi-Homing
[2] Round Trip Time
[3] Anycast

bring-home را ارایه می‌دهد که در روش پیشنهادی مطالعه می‌شود. همانطور که قبلا بحث شد، سرورهای حافظه نهان CDN در نزدیکی IXPs اصلی قرار دارند و با ارایه‌دهندگان مسیرهای انتقالی اصلی (یا ISP های انتقالی) به هم متصل می‌شوند. CDNs خدمات مسیرهای انتقالی را از ارایه دهندگان خدمات مسیرهای انتقالی متعدد خریداری می‌کنند. CDNs می‌توانند از یک یا چند ارایه دهنده همزمان استفاده کنند تا هزینه‌های انتقالی خود را به حداقل برسانند و عملکرد کاربران نهایی را به حداکثر برسانند. بر خلاف استراتژی enter-deep، یک bring-home CDN، کنترل بیشتری بر روی سرورهای تحویل محتوا دارد، چرا که سرورهای حافظه نهان در تعداد کمی از مکان‌های جغرافیایی کلیدی قرار دارند[۸].




**(شکل-۱): CDNهای به هم پیوسته با ISPهای ترانزیت(انتقال) چندگانه در IXPs [۸]**

همچنین در (شکل-۲) روش اندازه‌گیری روش پیشنهادی را نشان می‌دهد. جاوا اسکریپت در صفحات HTML تعبیه شده‌است و به کاربران نهایی ارائه می‌شوند. هنگامی که مشتری یک صفحه HTML را دانلود می کند، جاوا اسکریپت در پس‌زمینه اجرا می‌شود و یک درخواست HTTP GET را برای یک برچسب پیکسل می‌فرستد. برای جلوگیری از تاخیرات اضافی ناشی از جستجوی DNS، آدرس‌های IP سرور اندازه‌گیری در کد جاوا اسکریپت درج می‌شود. همچنین یک چک شمارش[1] در درخواست HTTP مشتری اضافه می‌شود. این امر تضمین می‌کند که برچسب پیکسل تنها از سرور اندازه‌گیری بارگذاری شود نه از حافظه نهان مرورگر محلی. اندازه برچسب پیکسل به ۱۰ کیلوبایت تنظیم شده است، که کم‌تر از پنجره ازدحام TCP اولیه است. بنابراین، تقریبا دو RTT طول می‌کشد تا برچسب پیکسل دانلود شود. جاوا اسکریپت RTTs را در طرف مشتری ثبت می‌کند و به صورت دوره‌ای این اندازه‌گیری‌ها را به سرور پایگاه‌داده آپلود می‌کند[۸].




**(شکل-۲): اندازه‌گیری عملکرد ترانزیت(انتقال) [۸]**

**تدوین مسئله و تابع برازش:** به دلیل اتصال غنی در IXPs، یک CDN می‌تواند از چندین گزینه مسیر انتقالی استفاده کند تا ترافیک مسیر را به کاربران نهایی انتقال دهد. به طور خاص، ترافیک به سمت یک AS را می‌توان از طریق یکی از چندین ارائه‌کننده مسیرهای انتقالی ارسال کرد. همانطور که قبلا بحث شد، پویایی هزینه و عملکرد، باعث می شود راه‌حل‌های دستی غیرموثر شوند. در روش پیشنهادی باید هم هزینه و هم عملکرد را برای هر مقصد AS بهینه شود. بحث با مهندسین شبکه نشان داد که این بهینه‌سازی غالبا بصورت دستی انجام می‌شود و مسایل مرتبط با پیکربندی نادرست و عملکرد ضعیف کاملا رایج هستند. به دلیل تعداد زیاد ASes، مهندسان شبکه معمولا بهینه‌سازی دستی را فقط برای ASesهای بزرگ یا آن‌هایی که عملکرد ضعیفی دارند انجام می‌دهند. بنابراین، در این روش به راه‌حل‌های خودکار برای مساله بهینه‌سازی هزینه - عملکرد نیاز است که می‌توانند برای موازنه بین هزینه و عملکرد پیکربندی شوند.

به طور رسمی مساله بهینه‌سازی هزینه-عملکرد برای انتخاب مسیرهای انتقالی اینترنتی با استفاده از برنامه‌نویسی محدودیت تعریف می‌شود. در یک رویکرد برنامه‌نویسی محدودیت یک تابع هدف با مجموعه‌ای از محدودیت‌ها روی متغیرهای تابع هدف تعریف می‌شود. سپس یک راه حل بدست می‌آید بگونه‌ای که مقادیر متغیر در محدوده مشخص‌شده قرار دارند [۱۳].

[1] Noncecheck

**تابع برازش(هدف):** برنامه‌نویسی محدودیت اجازه می‌دهد تا مساله بهینه‌سازی به شکلی تنظیم شود که برای به دست آوردن منحنی توازن بین هزینه و عملکرد مورد استفاده قرار گیرد. به طور خاص، در این روش یک تابع هدف طراحی می‌شود که تابع هزینه را به حداقل می‌رساند. این تابع یک مجموع وزن دار از هزینه و عملکرد یک استراتژی انتخاب سرویس دهنده است[۸].

برای هر POP، $P_j$ ، یک ارائه کننده انتقال i در نظر گرفته شده که هزینه واحدهای $r^i$ به یک CDN پرداخت می‌کند (یا شارژ می‌کند). هر POP به چندینASES (سیستم‌های خودمختار) خدمت می‌کند و هر AS (سیستم خودمختار) از طریق ارائه کننده انتقال متعدد قابل ارائه است. برای یک AS-POP جفت $< A_k, P_j >$ (در نظر گرفته می‌شود)، که $b^i_{k,j}$ و $d^i_{k,j}$ به ترتیب میزان استفاده از پهنای باند (کاربرد پهنای باند) و عملکرد آن را از طریق یک ارائه کننده انتقال iمی‌توان تخمین زد. برای قیمت گذاری مبتنی بر استفاده $r^i$ مبلغ ثابت را یک ارائه کننده انتقال i به صورت ساعتی شارژ یا پرداخت می‌کند. برای قیمت‌گذاری صدک ۹۵، یک دوره صورتحساب در یک هفته در نظر گرفته می‌شود و صدک ۹۵ با استفاده از کاربرد پهنای باند ساعتی محاسبه می‌شود. از کاربرد پهنای باند برای محاسبه هزینه حمل و نقل نیز استفاده می شود[۸].

به طور خاص، برای ارائه کننده انتقال i هزینه حمل و نقل در جایی که $b^i_{k,j}$ مقدار صدک ۹۵ را نشان می‌دهد برابر $\sum_{k,j} r^i \times b^i_{k,j}$ است. از تعداد سوابق مشاهده شده در هر ساعت به عنوان برآورد کاربرد پهنای باند ساعتی استفاده می‌شود. عملکرد $d^i_{k,j}$از نظر زمان بارگیری(دانلود) میلی ثانیه اندازه‌گیری می‌شود. CDNباید برای هر جفت AS-POP $< A_k, P_j >$ ارائه دهنده انتقال انتخاب کند. اجازه داده می‌شود $x^i_{k,j}$ متغیر بهینه‌سازی که ارائه کننده انتقال i به هر جفت AS-POP $< A_k, P_j >$ اختصاص می‌دهد، باشد، بدین ترتیب $x^i_{k,j} \in \{0,1\}$ [۸].

$$\text{minimize} \sum_{k,j} \sum_{i} r^i x^i_{k,j} b^i_{k,j} + \gamma\, x^i_{k,j} d^i_{k,j} \qquad \textbf{(رابطه ۱)}$$

تابع هدف ، هزینه ابزار (برنامه) اختصاص دهندگان انتقال به جفت‌های POP-AS را به حداقل می‌رساند. تابع هزینه از دو بخش تشکیل شده است. بخش اول هزینه شارژ ارائه کننده انتقال انتخاب شده را با استفاده از پهنای باند وزنی، به دلار محاسبه می‌کند. بخش دوم میانگین بارگیری مشاهده شده در ارائه کننده انتقال ضرب می‌شود و توسط یک پارامتر $\gamma$ قابل تنظیم است. مقادیر کوچکتر $\gamma$، بهینه ساز را به سمت یک راه حل با کمترین هزینه سوق می دهد در حالی که مقادیر بزرگتر $\gamma$ به سمت یک راه حل عملکرد بهتر سوق می‌دهد[۸].

**نقش الگوریتم قورباغه در تابع هدف:**

با توجه به منحنی موازنه، CDNs می‌توانند انتخاب سرویس دهنده مسیرهای انتقالی را برای بدست آوردن تعادل مطلوب انطباق دهند. تابع هدف در معرض محدودیت‌های زیر قرار دارد[۸]:

$$\sum_{i} x^i_{k,j} = 1 \forall k,j \qquad \textbf{(رابطه-۲)}$$

$$x^i_{k,j} \in \{0,1\} \qquad \textbf{(رابطه-۳)}$$

$$\sum_{k,j} x^i_{k,j} b^i_{k,j} \le C^i \qquad \textbf{(رابطه-۴)}$$

در اینجا $C^i$ ظرفیت ارایه‌دهنده مسیرهای انتقالی i است. محدودیت اول تضمین می‌کند که تنها یک ارایه‌دهنده مسیرهای انتقالی به یک جفت POP-AS فرستاده می‌شود. محدودیت دوم تضمین می‌کند که تخصیص های مسیر، کامل و جدانشدنی هستند. محدودیت سوم حدِ حداکثر استفاده از پهنای باند توسط ارایه دهندگان مسیرهای انتقالی را تعیین می‌کند[۸].

توجه داشته باشید که محدودیت دوم برای حصول اطمینان است از این که تخصیص‌های مسیر کامل به یک مساله بهینه‌سازی ترکیبی منتهی می‌شود که در آن راه‌حل بهینه می‌تواند با ارزیابی تابع هدف روی تمام تخصیص های مسیر ممکن بدست آید. می‌توان از راه‌حل‌های برنامه‌نویسی مختلط صحیح (MIP) برای دستیابی به تخصیص بهینه استفاده کرد. با این حال، در عمل هر POP به هزاران ASes از طریق ارائه دهندگان مسیرهای انتقالی متعدد متصل می‌شود[۸]. در واقع تابع هدف و برازش روش پیشنهادی همان (رابطه‌های ۳-۱) است که مقدار $x$ در الگوریتم قورباغه محاسبه شده زیرا با توجه به هر مرحله در این الگوریتم میتوان تابع بهینه بهتری ارایه داد و در این پژوهش به حداقل‌سازی واقعی‌تری رسید.

## ۴– نتایج تجربی

در این قسمت روش پیشنهادی جهت بهبود کارایی شبکه های تحویل محتوا با استفاده از الگوریتم جهش قورباغه را مورد آزمایش قرار داده و نتایج مراحل مختلف ارزیابی نمایش داده خواهد شد. برای ارزیابی از نرم افزار Matlab استفاده شده است.

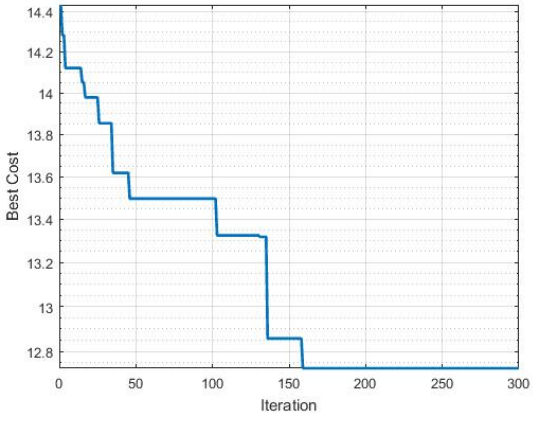
**پارامترهای استفاده شده در الگوریتم جهش قورباغه:**

در روش پیشنهادی از الگوریتم جهش قورباغه به جهت بهبود مسیریابی و انتخاب مسیر مناسب در شبکه‌های تحویل محتوا استفاده شده است که این الگوریتم با هدف مشخص‌سازی مسیرهای با اهمیت بیشتر و کاهش زمان نتیجه‌گیری و افزایش کیفیت تحویل داده استفاده می‌شود. پارامترهای در نظر گرفته شده برای این الگوریتم در (جدول-۱) نشان داده شده است.

**(جدول-۱): پارامترهای استفاده شده در الگوریتم جهش قورباغه**

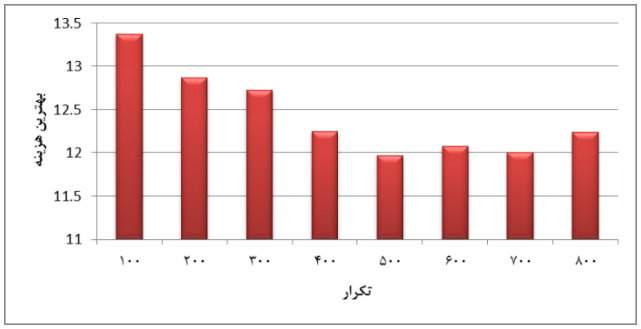
| ردیف | نام پارامتر | توضیحات | مقدار |
|---|---|---|---|
| ۱ | nVar | تعداد متغیرهای تصمیم‌گیری | برابر با تعداد ویژگی |
| ۲ | VarMin | حد پایین مقادیر متغییر | -۱۰ |
| ۳ | VarMax | حد بالای مقادیر متغییر | ۱۰ |
| ۴ | MaxIt | حداکثر تکرار الگوریتم | ۳۰۰ |
| ۵ | nPop | تعداد قورباغه | ۵۰ |
| ۶ | nPopMemeplex | سایز Memeplex | ۱۰ |
| ۷ | nMemeplex | تعداد Memeplex | ۵ |
| ۸ | alpha | مقدار آلفا | ۳ |
| ۹ | beta | مقدار بتا | ۵ |
| ۱۰ | sigma | مقدار زیگما | ۲ |

مقادیر ثابت استفاده شده در الگوریتم از تکرارهای مکرر به دست آمده است و نشان دهنده بهترین خروجی با این مقادیر بوده است. نمونه‌ای از نتیجه اجرا این الگوریتم در (شکل-۳) نشان داده شده است.




**(شکل-۳): نتیجه اجرای الگوریتم جهش قورباغه**

هماگونه که در (شکل-۳) نشان داده شده است در ابتدا شروع اجرای الگوریتم مقدار بهترین هزینه بالا بوده و الگوریتم سعی در به حداقل رسانی و میل آن به سمت عدد صفر دارد که با پیشروی در تعداد تکرار به این امر نزدیک می‌شود. البته در الگوریتم‌های تکاملی و بهینه‌سازی مانند الگوریتم جهش قورباغه انتخاب حداکثر تعداد تکرار بسیار حائز اهمیت است زیرا تعداد کم آن ممکن است بهترین هزینه نامطلوبی را نتیجه دهد و تعداد زیاد آن زمان پاسخگویی را افزایش دهد به همین جهت انتخاب مقدار مناسب بسیار مهم است و معمولا این مقدار با تعداد تکرار اجرا و زیر نظر گرفتن نتیجه بدست می‌آید. در روش پیشنهادی با تعداد تکرار مختلف الگوریتم به اجرا در آمده است تا به نتایج مطلوب دست یابیم. نتایج در (شکل-۴) نشان داده شده است.




**(شکل-۴): مقایسه مقدار بهترین هزینه در اجراهای مختلف الگوریتم جهش قورباغه**

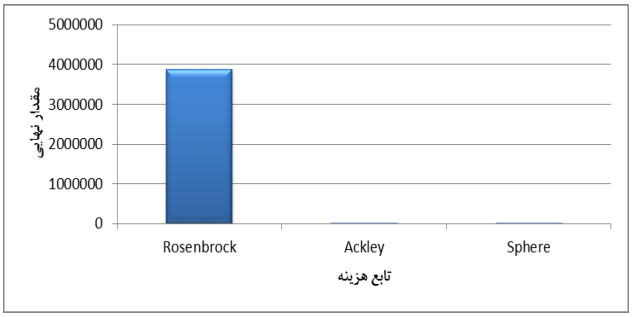
همانگونه که در (شکل-۴) نشان داده شده است نتایج در اجراهای مختلف و مقدار بهترین هزینه در حال کاهش است. این کاهش تا تکرار ۵۰۰ ادامه داشته و افزایش تعداد تکرارها نیز ۱۰۰ واحد در هر مرحله بوده است. این کاهش مقدار در دورهای ۴۰۰ و ۵۰۰ کم بوده و بعد از آن افزایش داشته است. به همین جهت مقدار ۵۰۰ به عنوان حداکثر تعداد تکرار الگوریتم جهش قورباغه در روش پیشنهادی استفاده شده است.

در الگوریتم جهش قورباغه سه تابع هزینه مختلف با توجه به مسئله برای انتخاب وجود دارد. این سه تابع در (جدول-۲) نشان داده شده است.

**(جدول-۲): توابع مختلف قابل استفاده در الگوریتم جهش قورباغه**

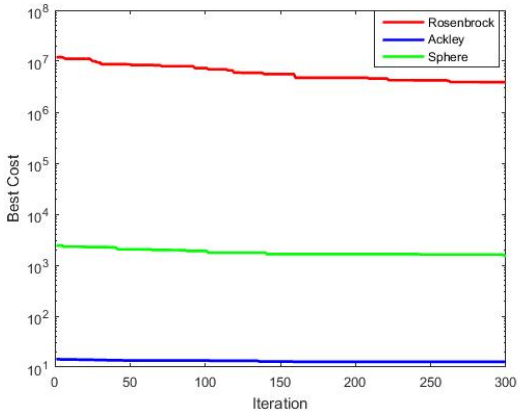
| ردیف | نام تابع | نحوه محاسبه |
|---|---|---|
| ۱ | Rosenbrock | z=sum((1-x(1:n-1)).^2)+100*sum((x(2:n)-x(1:n-1).^2).^2); |
| ۲ | Ackley | z=20*(1-exp(-0.2*sqrt(mean(x.^2))))+exp(1)-exp(mean(cos(2*pi*x))); |
| ۳ | Sphere | z=sum(x.^2); |

همانگونه که در (جدول-۲) نشان داده شده‌است سه تابع برای در نظر گرفتن به عنوان محاسبه بهترین هزینه در الگوریتم وجود دارد که الگوریتم را با شرایط یکسان و تعداد تکرار ۳۰۰ با هر سه تابع اجرا نموده و نتایج بهترین هزینه نهایی آن در (شکل-۵) نشان داده شده است.




**(شکل-۵): مقایسه توابع قابل استفاده در الگوریتم جهش قورباغه از نظر مقدار بهترین هزینه نهایی**

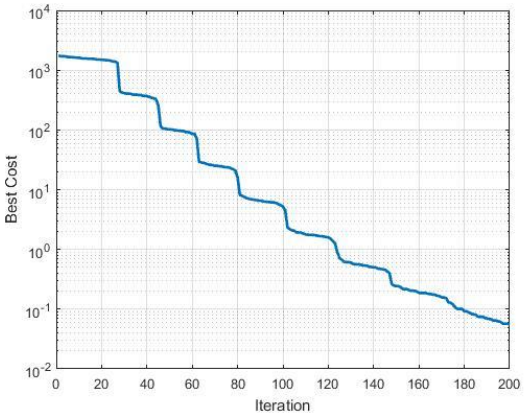
الگوریتم قورباغه داری تابع تست (تست توابع استاندارد مختلف) مختلفی می باشد که در این پژوهش سه تابع معرفی در (جدول-۲) انتخاب و ارزیابی این الگوریتم بهینه سازی انجام گرفت تا بهترین تابع محاسبه هزینه و هدف انتخاب شود در همانگونه که در (شکل-۵) نشان داده شده است تابع Rosenbrock بدترین مقدار و تابع Ackley بهترین مقدار را از خود در انتهای اجرا و بعد از ۳۰۰ تکرار نشان داده است. نمودار تغییر مقدار تابع هزینه در سه تابع مورد مقایسه در (شکل-۶) نشان داده شده است.




**(شکل-۶): مقایسه مقدار تابع هزینه در تکرارهای مختلف الگوریتم جهش قورباغه با سه تابع قابل استفاده**

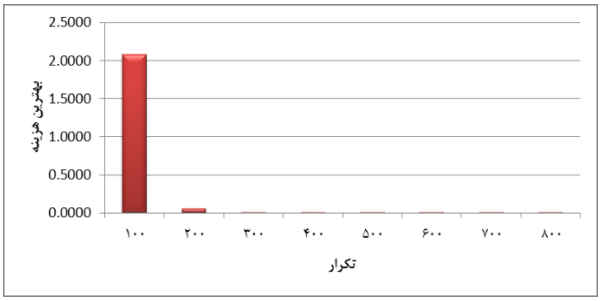
همانگونه که در (شکل-۶) نشان داده شده است تابع Rosenbrock بدترین مقدار و تابع Ackley بهترین مقدار را از خود در انتهای اجرا و بعد از ۳۰۰ تکرار نشان داده است. با توجه به این نتایج در روش پیشنهادی در بخش انتخاب مسیر تابع Ackley استفاده می‌شود.

در روش پیشنهادی علاوه بر استفاده الگوریتم جهش قورباغه به جهت بهبود مسیریابی و انتخاب مسیر مناسب در شبکه‌های تحویل محتوا در بهینه‌سازی مربوط به جداول مسیریابی و مسیرهای انتخاب شده به جهت مسیریابی‌های بعدی نیز از الگوریتم جهش قورباغه استفاده شده است. پارامترهای استفاده شده در این مرحله نیز مطابق با (جدول-۱) بوده است که از تکرارهای مکرر به دست آمده است و نشان دهنده بهترین خروجی با این مقادیر بوده است. نمونه‌ای از نتیجه اجرا این الگوریتم در (شکل-۷) نشان داده شده است.



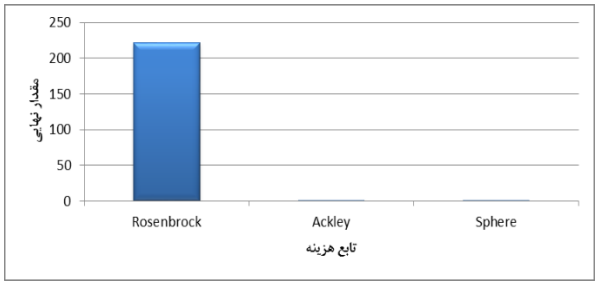

**شکل ۷: نتیجه اجرای الگوریتم جهش قورباغه**

هماگونه که در (شکل-۷) نشان داده شده است در ابتدا شروع اجرای الگوریتم مقدار بهترین هزینه بالا بوده و الگوریتم سعی در به حداقل رسانی و میل آن به سمت عدد صفر دارد که با پیشروی در تعداد تکرار به این امر نزدیک می‌شود. در روش پیشنهادی با تعداد تکرار مختلف الگوریتم به اجرا در آمده است تا به نتایج مطلوب دست یابیم. نتایج در(شکل-۸) نشان داده شده است.



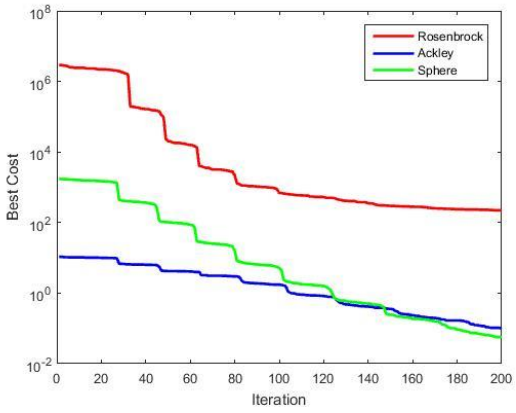

**(شکل-۸): مقایسه مقدار بهترین هزینه در اجراهای مختلف الگوریتم جهش قورباغه**

همانگونه که در (شکل-۸) نشان داده شده است نتایج در اجراهای مختلف و مقدار بهترین هزینه در حال کاهش است. این کاهش تا تکرار ۲۰۰ ادامه داشته و افزایش تعداد تکرارها نیز ۱۰۰ واحد در هر مرحله بوده است. این کاهش مقدار در دورهای ۳۰۰ و ۴۰۰ کم بوده و بعد از آن کاهش به صفر میل کرده است. به همین جهت مقدار ۳۰۰ به عنوان حداکثر تعداد تکرار الگوریتم جهش قورباغه در مرحله بهینه سازی در روش پیشنهادی استفاده شده است. همانگونه که در (جدول-۲) نشان داده شده است سه تابع برای در نظر گرفتن به عنوان محاسبه بهترین هزینه در الگوریتم وجود دارد که الگوریتم را با شرایط یکسان و تعداد تکرار ۳۰۰ با هر سه تابع اجرا نموده و نتایج بهترین هزینه نهایی آن در (شکل-۹) نشان داده شده است.




**(شکل-۹): مقایسه توابع قابل استفاده در الگوریتم جهش قورباغه از نظر مقدار بهترین هزینه نهایی**

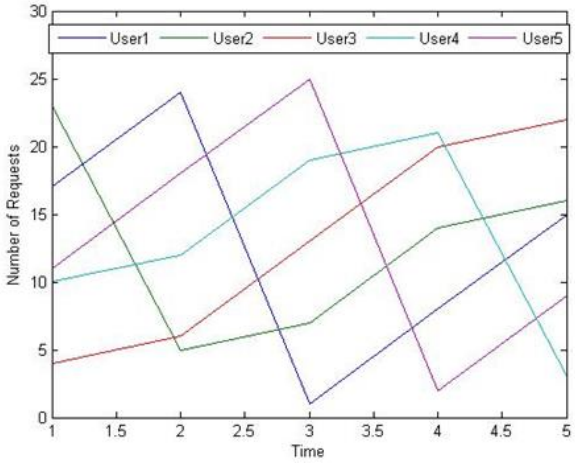
همانگونه که در (شکل-۹) نشان داده شده است تابع Rosenbrock بدترین مقدار و تابع Sphere بهترین مقدار را از خود در انتها اجرا و بعد از ۳۰۰ تکرار نشان داده است. نمودار تغییر مقدار تابع هزینه در سه تابع مورد مقایسه در (شکل-۱۰) نشان داده شده است.




**(شکل-۱۰): مقایسه مقدار تابع هزینه در تکرارهای مختلف الگوریتم جهش قورباغه با سه تابع قابل استفاده**

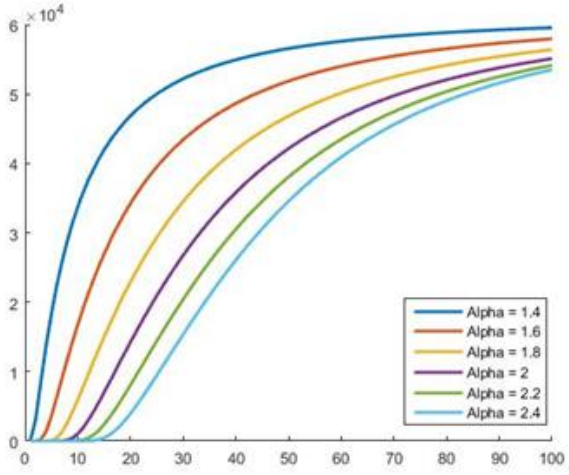
همانگونه که در (شکل-۱۰) نشان داده شده است تابع Rosenbrock بدترین مقدار و تابع Sphere بهترین مقدار را از خود در انتهای اجرا و بعد از ۳۰۰ تکرار نشان داده است. حتی تابع Sphere در شروع تکرارها از تابع Ackley مقدار بالاتری از خود داشته ولی بعد از تکراهای انجام شده روند بهینه‌سازی مطلوب‌تری از خود نشان داده و در نهایت مقدار نزدیکتری به صفر از خود به جا گذاشته است. با توجه به این نتایج در روش پیشنهادی در قسمت بهینه شازی تابع Sphere استفاده می‌شود.

بعد از مشخص شدن پارامترهای لازم در تنظیم الگوریتم جهش قورباغه در گام بعدی از ارزیابی به تولید تقاضای تصادفی پرداخته می‌شود برای این منظور ۵ کاربر در نظر گرفته می‌شود که در ۵ زمان متفاوت تعداد درخواست‌هایی بین صفر تا ۲۵ شی را از سرور داشته باشند. ممکن است این درخواست‌ها در زمان‌های متفاوتی رخ دهد ولی برای اینکه زمان و تولید این تقاضاها در اینجا مهم است در ۵ زمان متوالی آن‌ها در نظر گرفته شده است. داده‌ها برای استفاده‌های بعدی ذخیره می‌شوند. نتایج تولید یک نمونه در (شکل-۱) نشان داده شده است. همانگونه که در شکل مشخص است کاربر یک در زمان اول ۱۷ درخواست در زمان دو ۲۴ درخواست و به همین ترتیب ۱، ۸ و ۱۵ در خواست در زمان‌های سه، چهار و پنج داشته است. این روند برای کاربرهای دیگر نیز برقرار است برای مثال برای کاربر دو ۱۴،۷،۵،۲۳ و ۱۶ درخواست در زمان‌های ۱ تا ۵ از سرورها داشته است. کلیه درخواست‌ها در زمان‌های یک تا پنج در شکل ۱۱ نشان داده شده است.




**(شکل-۱۱): درخواست تصادفی ۵ کاربر در ۵ زمان مختلف**

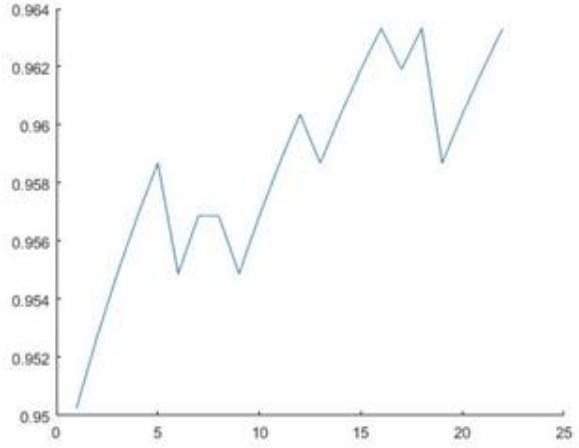
در پردازش ارزیابی‌ها پارامتر آلفا با مقادیر مختلف در روند پاسخدهی و پردازش تعداد طول صف ایجاد شده و میزان پاسخدهی آن می‌تواند تاثیرگذار باشد. به همین دلیل مقادیر مختلف تنظیم آلفا در تعداد متوالی پردازش درخواست صف در (شکل-۱۲) نشان داده شده است.




**(شکل-۱۲): تاثیر پارامتر آلفا در طول صف تشکیل شده پردازش درخواست**

همانگونه که در (شکل-۱۲) نشان داده شده است مقادیر مختلف آلفا در پردازش دورهای مختلف شبیه‌سازی تاثیر مستقیم در تعداد بسته‌های تحویل داده شده داردآلفا مقدار ۱.۴ تحویل سریع‌تر و بیشتری را ارایه می‌دهد و آلفا با مقدار ۲.۴ کمترین تحویل بسته را در زمان شبیه سازی از خود نشان داده است. مقدار آلفا در

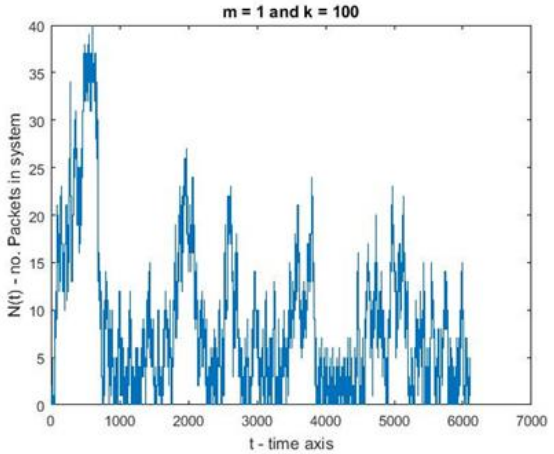
تعیین ارسال بسته و تحویل محتوا برای پردازش‌های موازی می‌تواند براین اساس تعیین کننده باشد. حد وسط آن می‌تواند سبب افزایش کیفیت و بهبود بسته‌های ارسالی و دریافتی گردد. در (شکل-۱۳) احتمال از دست دادن بسته در درخواست‌های شبیه‌سازی مورد نظر را نشان می‌دهد.



**(شکل-۱۳): احتمال از دست دادن بسته در درخواست های مختلف در آلفا ۱.۴**

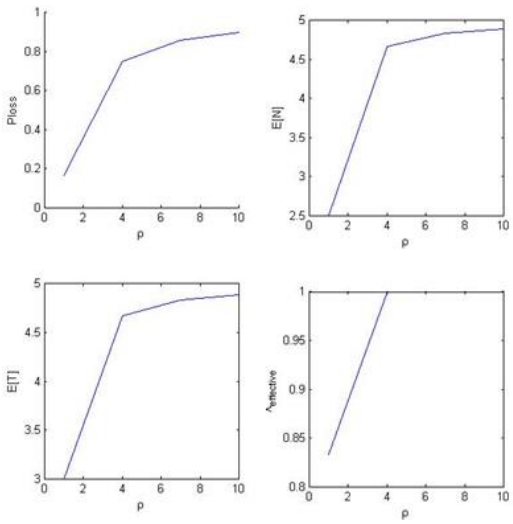
همانگونه که در (شکل-۱۳) نشان داده شده است احتمال از دست دادن بسته‌ها با آلفا پایین بسیار بالا بوده است. برای مثال در بسته اول حدود ۹۵ درصد یک و یا بیشتر بسته از دست داده خواهیم داشت و به همین دلیل انتخاب آلفا بسیار پایین به هیچ وجه توصیه نمیشود. در شبیه سازی‌ها از آلفا ۲ استفاده شده است.

در ارزیابی بعدی پردازش درخواست‌ها در صف پاسخگویی و رسیدگی به درخواست‌ها و تحویل محتوا مورد بررسی قرار داده و یک صف درخواست را با ظرفیت صد و درخواست‌های متوالی برای یک دوره زمانی ۶۰۰۰ دوری مورد بررسی قرار می‌دهیم و تعداد بسته‌های در سیستمو در حال پردازش را نشان می‌دهیم با این فرض که بسته‌های نرسیده دوباره در سیستم پردازش و ارسال می‌شود و خط دارای کیفیت صددرصد خواهد بود.




**(شکل-۱۴): نحوه پردازش محتوا در طول شبیه‌سازی**

همانگونه که در (شکل-۱۴) نشان داده شده است حداکثر تعداد بسته در سیستم به ۴۰ می‌رسد و متوسط تعداد بسته‌های در حال پردازش حدود ۲۰ عدد بوده است. با توجه به این روال زمانی که این تعداد بسیار بالا می‌رود به دلیل از دست دادن بسته‌ها هستش که در دورهای اولیه این اتفاق افتاده است. از آنجایی که روش در حال استفاده از الگوریتم قورباغه جهنده بوده و این الگوریتم علاوه به بهبود مسیریابی در بهبود جدول مسیریابی هم کمک می‌کند بعد از دورهای اولیه بهبود کارساز بوده و احتمالات از دست دادن بسته‌ها کاهش پیدا نموده و روال سیستم متعادل و در محدوده متوسط تعداد پردازش بسته می‌چرخد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت روش پیشنهادی در بهبود پرازش و تحویل محتوا در شبکه تاثیرگذار بوده است. در ارزیابی نهایی روش پیشنهادی صف M/M/1 پردازش بسته‌های ارسالی در نظرگرفته شده را شبیه‌سازی می‌نماییم. نتایج این شبیه‌سازی در شکل ۱۵ نشان داده شده است.



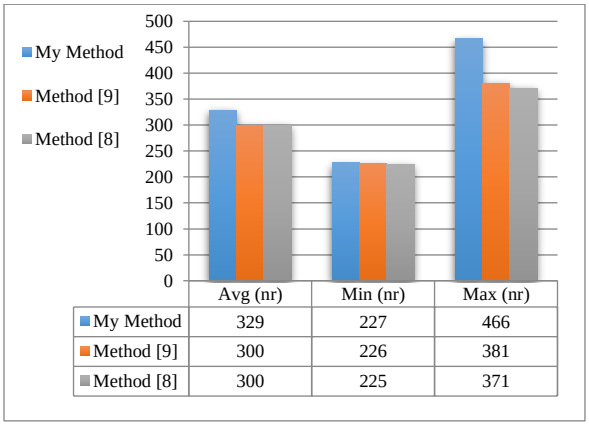

**(شکل-۱۵): شبیه ساز صف M/M/1**

با افزایش تعداد درخواست‌ها همانگونه که در شکل ۱۵ نشان داده شده است بسته‌های بیشتری باید در صف منتظر بمانند تا درخواست آن‌ها جوابدهی گردد به همین دلیل اهمیت استفاده از سرورهای تحویل محتوا بیشتر میزان خالی بودن صف را افزایش داده و داده‌های بیشتری قابلیت پاسخ‌دهی را خواهند داشت و بسته‌ها با تاخیر کمتری جوابدهی می‌شوند.

در نهایت روش پیشنهادی را با روش پیشنهاد شده در [۹] و [۸] مورد مقایسه قرار داده شده است. در شکل ۱۶ نمایی از واسط گرافیکی این نرم‌افزار مشاهده می‌نمایید. نتایج ارایه شده از نظر تعداد درخواست پردازش شده و زمان پردازش درخواست مورد بررسی قرار گرفته است. در معیار تعداد درخواست پردازش شده درخواست‌های صحیح انجام شده و ضریب خطا از دست دادن بسته نیز در نظر گرفته شده است. بدین ترتیب اگر درخواستی از دست

رود درخواست در پردازش‌های بعدی باید به مقصد ارسال گردد و روند ارسال محتوا به درستی انجام گیرد.

اولین نتایج ارزیابی از نظر زمان پاسخگویی به درخواست‌های کاربران است نتایج هر یک از شبیه‌سازی‌ها در انتهای نمودار به صورت جدول ارایه می‌شود. نتایج ارزیابی و مقایسه روش پیشنهادی با روش‌های مورد ارزیابی قرار گرفته در (شکل-۱۶) نشان داده شده است.

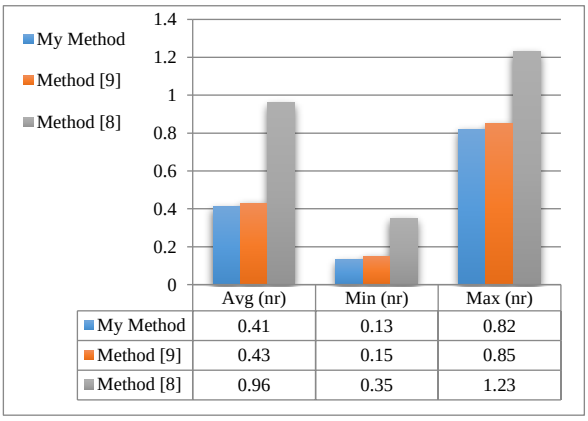



| | Avg (nr) | Min (nr) | Max (nr) |
|---|---|---|---|
| My Method | 329 | 227 | 466 |
| Method [9] | 300 | 226 | 381 |
| Method [8] | 300 | 225 | 371 |

**(شکل-۱۶): مقایسه روش‌های مختلف از نظر زمان پاسخگویی**

همانگونه که در (شکل-۱۶) نشان داده شده است روش پیشنهادی به نسبت روش‌های مورد مقایسه عملکرد مطلوب‌تری را از خود نشان داده است. با توجه به پارامترهای در نظر گرفته شده در زمان شبیه‌سازی بالاترین تعداد بسته درخواست شده و پاسخ‌دهی شده را دارد. شبیه‌سازی به دلیل تکرار صد دوره برای به دست آوردن نتایج دقیق‌تر در سه معیار حداقل، حداکثر و میانگین ارایه شده است. nr[1] به معنی تعداد درخواست بوده است. کمتر بودن تعداد بسته‌های درخواست دهی شده و پاسخ‌دهی شده در روش‌های مورد مقایسه قرار گرفته نشان دهنده عدم درخواست نبوده زیرا در شبیه‌سازی تعداد درخواست‌ها در هر سه به یک میزان در نظر گرفته شده است و در هر زمانی درخواست برای پردازش در صف درخواست قرار داشته و هیچ روشی با صف خالی و انتظار برای ورود درخواست جدید روبرو نمی‌شود. این اختلاف به این دلیل پیش می‌آید که زمان پاسخگویی به درخواست ممکن است بالا بوده که این زمان به دلیل مسیریابی و جستجوهای مکرر بوده که روش‌پیشنهادی این بهینگی را با الگوریتم فورباغه جهنده بوجود آورده است. روش پیشنهادی در حداکثر درخواست پاسخدهی شده اختلاف ۸۵ عددی با روش [۹] و ۹۵ عددی با روش [۸] از خود نشان داده است.

ارزیابی بعدی بین روش پیشنهادی و روش‌های مورد مقایسه از نظر زمان پاسخدهی بوده که نتایج این ارزیابی در (شکل- ۱۷) نشان داده شده است. همانگونه که در (شکل-۱۷) نشان داده شده است روش‌های مختلف از نظر زمان پردازش درخواست‌ها در دورهای مختلف با یکدیگر اختلافاتی را داشته‌اند که این اختلافات به دلیل مسیریابی و تحویل محتوا در این شبکه‌ها بوده است. روش‌پیشنهادی به نسبت روش‌های مورد مقایسه قرار گرفته دارای عملکرد مناسب‌تری بوده است و این اختلاف به دلیل استفاده از الگوریتم قورباغه جهنده در مسیریابی و بهبود جدول مسیریابی بوده است .




| | Avg (nr) | Min (nr) | Max (nr) |
|---|---|---|---|
| My Method | 0.41 | 0.13 | 0.82 |
| Method [9] | 0.43 | 0.15 | 0.85 |
| Method [8] | 0.96 | 0.35 | 1.23 |

**(شکل-۱۷): مقایسه روش های مختلف از نظر میزان هزینه صرف شده**

نتایج کلی نشان داده است که روش پیشنهادی عملکرد بهتری نسبت به روش‌های دیگر در تمامی طرح‌های مختلف داشته است و روش پیشنهادی می‌تواند عملکرد را بهبود ببخشد. این بهبود هم در زمان پاسخ‌گویی و هم در تعداد درخواست پاسخدهی شده از خود نشان داده شده است.

## ۵- نتیجه‌گیری و پژوهش‌های آتی

در این مقاله یک روش برای بهبود مسیریابی در این شبکه‌ها ارایه شده است که در ارایه روش پیشنهادی از الگوریتم تکاملی جهش قورباغه استفاده شده است. یکی از دلایل به طول انجامیدن و با تاخیر جواب دادن در این نوع شبکه‌ها به دلیل ازدیاد سرورها و یافتن بهترین مسیرپاسخگویی به درخواست انجام شده است. کلیه درخواست‌ها وارد صف درخواست شده و برای پاسخگویی به هر درخواست باید ابتدا سرور و مسیر پاسخدهی مشخص شود که بهینه نبودن انتخاب می‌تواند سبب تاخیر و افزایش زمان پاسخگویی باشد. به همین دلیل در روش پیشنهادی با استفاده از الگوریتم جهش قورباغه این جستجو را بهینه نمودیم همچنین بعد از پاسخگویی به درخواست یک مرحله بهبود جدول مسیریابی نیز به انجام می رسد که سبب بهبود پاسخدهی در درخواست‌های بعدی خواهد شد. بعد از ارایه روش پیشنهادی با استفاده از نرم‌افزار متلب کلیه مراحل شبیه‌سازی و نتایج ارایه شده است. برای موارد انتخاب آزمایشات مختلف شبیه‌سازی تا بهترین انتخاب را در پارامترهای تنظیمی داشته باشیم به انجام رسید. روش پیشنهادی در نهایت با روش‌های

[1]Number Request

پایه و همسان مورد مقایسه قرار گرفت و براساس سناریو در نظر گرفته شده از نظر زمان پاسخگویی به درخواست کاربران و زمان پردازش درخواست‌های در نظر گرفته شده با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفت که روش پیشنهادی به نسبت روش‌های مورد مقایسه قرار گرفته از خود بهبود نشان داده و از نظر میانگین زمان پاسخگویی به درخواست کاربران و همچنین زمان پردازش درخواست توسط سرورها به نسبت روش همسان بهبود داشته است. با توجه به مقایسه و ارزیابی‌های انجام شده روش پیشنهادی از نظر میزان هزینه کلی می‌تواند سبب صرفه‌جویی گردد.

از کارهای آینده پیشنهادی برای روش ارایه شده در این پایان‌نامه می‌توان به پیاده‌سازی روش پیشنهادی در دنیای واقعی و استفاده آن در دنیای واقعی و ارزیابی و جمع‌آوری نتایج آن که نشان دهنده عملکرد روش پیشنهادی در دنیای واقعی است و استفاده از الگوریتم‌های اکتشافی دیگر و یا الگوریتم‌های توازن بار جهت بهبود و بالابردن کارایی روش، اشاره نمود.

## ۶ – مراجع

[۱] امید شیخی، علی بهلولی و کمال جمشیدی.(۱۳۹۴).« یک الگوریتم تطبیق‌پذیر برای مسیریابی درخواست در شبکه های تحویل محتوا ». دومین کنگره بین المللی مهندسی برق ، علوم کامپیوتر و فناوری اطلاعات.

[۲] حسین کاردان مقدم، سید هادی موسوی و زکیه بخشنده.(۱۳۹۴).« طبقه‌بندی مکانیسم های درخواست مسیریابی در شبکه‌های تحویل محتوا». کنفرانس بین المللی پژوهش های کاربردی در فناوری اطلاعات، کامپیوتر و مخابرات.

[۳ ]حسین کاردان مقدم، سیدهادی موسوی و زکیه بخشنده. (۱۳۹۵).« جهت گیری آینده در شبکه‌های تحویل محتوا ».دومین کنفرانس بین المللی وب پژوهشی ۸و۹ اردیبهشت ۱۳۹۵.

[۴] حمید جبرئیلی، صالح یوسفی و بهزاد بوکانی.(۱۳۹۱).« ارائه یک راهکاربرای تکرار و کش کردن محتویات درشبکه های توزیع محتوا ». اولین همایش ملی فناوری اطلاعات و شبکه های کامپیوتری دانشگاه پیام نور.

[۵] سیاوش امتیاز، بهزاد بوکانی ، شیلان رحمانی آذر و محمد تریک .(۱۳۹۳).«ارائه یک راهکار برای تکرار بهینه محتویات در شبکه های تحویل محتوا ». اولین همایش ملی مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات دانشگاه پیام نور – ۱۳۹۳.

[6] Seyed Jalal Jafari, HamidReza Naji and Masoumeh Jannatifar.(2018).” Investigating Performance Metrics for Evaluation of Content Delivery Networks”. All content following this page was uploaded by Jalal Jafari on 30 March 2018. The user has requested enhancement of the downloaded file.

[7] Ming Ma, Zhi Wang, Kun Yi, Jiangchuan Liu, and Lifeng Sun.(2017).” Joint Request Balancing and Content Aggregation in Crowdsourced CDN”. 2017 IEEE 37th International Conference on Distributed Computing Systems.

[8] Faraz Ahmed, M. Zubair Shafiq, Amir R. Khakpour, and Alex X. Liu.(2018).” Optimizing Internet Transit Routing for Content Delivery Networks”. IEEE/ACM TRANSACTIONS ON NETWORKING, VOL. 26, NO. 1, FEBRUARY 2018

[9] Fatimah Alghamdi , Saoucene Mahfoudh ,and Ahmed Barnawi.(2019).” A Novel Fog Computing Based Architecture to Improve the Performance in Content Delivery Networks”. Hindawi Wireless Communications and Mobile Computing Volume 2019, Article ID 7864094, 13 pages https://doi.org/10.1155/2019/7864094.

[10]Patrick Wendell, Michael J. Freedman.(2011).” Going Viral: Flash Crowds in an Open CDN”. Copyright 2011 ACM 978-1-4503-1013-0/11/11 $10.00.

[11] S. Manfredi, F. Oliviero, and S. P. Romano, "A distributed control law for load balancing in content delivery networks," IEEE/ACM Transactions on Networking [TON], vol. 21, pp. 55-68, 2013

[12]Y. Yevsyeyeva and M. Khader, "Mathematical model of request routing in content delivery networks with guaranteed quality of service," 2013.

[13] E. C. Freuder and M. Wallace, Constraint Programming. New York, NY, USA: Springer, 2014, pp. 369–401.

[14] Yan, Gang, Jian Li, and Don Towsley. "Learning from optimal caching for content delivery." In Proceedings of the 17th International Conference on emerging Networking EXperiments and Technologies, pp. 344-358. 2021.

[15] Varshney, Pulkit, Sanchit Gaur, and Satya Pal. "A novel approach of Load Balancing in Content Delivery Networks by optimizing the surrogate

*server." In 2021 11th International Conference on Cloud Computing, Data Science & Engineering (Confluence), pp. 790-795. IEEE, 2021.*

مهدی خطیبی مدرک کارشناسی خود را در رشته کامپیوتر گرایش نرم افزار در سال ۱۳۹۷ از دانشگاه آزاد اسلامی زنجان ،کارشناسی ارشد خود را در رشته کامپیوتر گرایش نرم افزار در سال ۱۳۹۹ از دانشگاه آزاد اسلامی زنجان اخذ کرده است.

نشانه رایا نامه ایشان عبارتند از :

Khatibimehdi90@gmail.com

لیدا ندرلو مدرک کارشناسی خود را در رشته مهندسی فناوری اطلاعات گرایش خدمات رایانه در شهرداری در سال ۱۳۹۴ از دانشگاه علمی کاربردی زنجان اخذ نموده و اکنون (سال۱۴۰۰) دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی کامپیوتر گرایش هوش مصنوعی در موسسه آموزش عالی روزبه زنجان می‌باشد. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان عبارتند از: داده‌کاوی، سیستم پزشک‌یار، الگوریتم‌های بهینه‌سازی و احراز هویت. نشانه رایانامه ایشان عبارتند از :

lidanaderlou@gmail.com

روش ارجاع به مقاله : م. خطیبی، ل. ندرلو، بهبود کارایی شبکه های تحویل محتوا با استفاده از الگوریتم جهش قورباغه، دوفصلنامه محاسبات و سامانه های توزیع شده، سال سوم، شماره دوم، شماره پیاپی۶، صفحه ۴۵ تا ۵۸، سال ۱۳۹۹.

**How to cite:** Mehdi Khatibi, Lida Naderloo. A New Energy Efficient Clustering Method for Wireless Sensor Networks Based on Cuckoo Optimization Algorithms and Genetic Composition Operator, Journal of Distributed Computing and Systems(JDCS), Vol 3, Issue 2, Page 45-58, 2021.