

# ترکیب مدل حراج دوسویه پیوسته و فاکتورهای مبتنی بر بازار برای تخصیص سرویس در رایانش ابری

نیما فرجیان\*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱/۲۸ نوع مقاله: پژوهشی

## چکیده

رایانش ابری یک رویکرد جدید برای ارائه منابع کامپیوتری است که به سرعت در حال توسعه بوده و توجه بسیاری از محققان و صاحبان صنایع را جلب کرده است. در رایانش ابری همه چیز به شکل سرویس ارائه می‌شود که این سرویس می‌تواند از زیرساخت‌های سخت‌افزاری تا برنامه‌های کاربردی مختلف باشد. هر کاربر (مصرف‌کننده) برای انجام عملیات مورد نیاز خود به رایانش ابری مراجعه می‌کند و برای انجام این کار نیاز دارد تا چندین سرویس مختلف را به صورت همزمان و یا به صورت یک روند کاری دریافت کند. روش‌های مبتنی بر حراج، توان بالایی برای مدیریت تخصیص سرویس در سیستم‌های توزیع‌شده از قبیل: رایانش ابری، گرید و... دارند. در این تحقیق، یک روش حراج دو طرفه پیوسته برای تخصیص سرویس در رایانش ابری ارائه می‌شود که امکان تخصیص سرویس‌های مختلف به کاربران را فراهم می‌کند. در این روش، مصرف‌کنندگان و ارائه‌دهندگان با بررسی فاکتورهای مبتنی بر بازار مختلف، بازار را به طور کامل بررسی و قیمت خرید و فروش خود را به سرعت با قیمت مورد قبول بازار همگرا می‌کنند. نتایج ارزیابی‌های نشان می‌دهد که در روش مذکور قیمت‌گذاری عادلانه و بر اساس عرضه و تقاضای بازار است و روش مذکور در زمینه نرخ تخصیص موفق، بهره‌وری سرویس‌ها و میانگین زمان تخصیص به طور کارا عمل می‌کند.

**واژگان کلیدی:** رایانش ابری، سیستم‌های چند عاملی، حراج دوسویه پیوسته، تخصیص سرویس.

nimaff2000@yahoo.com

\*. دانشکده کامپیوتر، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران

فصلنامه مهندسی سیستم و بهره‌وری، سال اول، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، ص ۳۱-۴۶

## مقدمه

رایانش ابری، به عنوان یک فناوری جدید با شیب بسیار زیادی در حال توسعه است و در کنار نیاز روزافزون برای پردازش داده‌ها تأثیری عمیق بر ارتباطات و محاسبات گذارده است. رایانش ابری، مجموعه‌ای از کامپیوترهای متصل و مجازی‌سازی شده است که بر اساس توافق‌های سطح سرویس بین مصرف‌کننده و ارائه‌دهنده به شکل یک یا چند منبع واحد به صورت پویا در اختیار قرار می‌گیرند (سیم، ۲۰۰۶). هدف این مدل محاسباتی، دسترسی مشترک به منابع توزیع شده از طریق شبکه اینترنت است - به شکلی که بتوان بیشترین راندمان و کارایی را از منابع به دست آورد و محاسبات بزرگ و پیچیده را انجام داد -.

در رایانش ابری، همه چیز به شکل سرویس به کاربران ارائه می‌شود که این سرویس می‌تواند نرم‌افزار، بستر و زیرساخت و یا حتی سخت‌افزار باشد. کاربران بنا به تقاضا، به منابع دسترسی پیدا می‌کنند و از آنها بهره‌مند می‌شوند و هزینه این استفاده را بر اساس مدل پرداخت اساس می‌پردازند. در حال حاضر، بیشتر کارهایی که در زمینه رایانش ابری صورت گرفته است، مربوط به ایجاد زیرساخت مربوط به رایانش ابری و نیز ارائه تکنیک‌هایی برای مدیریت ماشین مجازی بوده است؛ این در حالی است که یکی از مسائل بسیار مهم در رایانش ابری مدیریت منابع است. مدیریت منابع، شامل پیدا کردن منابع مورد نیاز هر سرویس و تخصیص آن است؛ البته اگر کیفیت سرویس حفظ شود. بایا (بایا و همکاران، ۲۰۰۲) یک رویکرد مبتنی بر بازار برای مدیریت منابع ابر و تنظیم عرضه و تقاضا، بر اساس قیمت‌گذاری پویا و عادلانه است که خود امری ضروری است. مصرف‌کننده به دنبال در اختیار گرفتن منابع مورد نیازش با کمترین قیمت است و در مقابل، ارائه‌دهندگان در پی کسب بیشترین درآمد برای ارائه منابع خود هستند؛ بنابراین، نیاز به مکانیزمی است که مصرف‌کنندگان و ارائه‌دهندگان در بازار بتوانند با ارتباط متقابل و تبادل پیغام به استفاده از منابع بپردازند اما این امر به سادگی قابل انجام است؛ چرا که (۱) دسترسی به منابع مختلف از طریق مصرف‌کننده‌های متفاوت به طور همزمان انجام می‌شود که این باعث ایجاد رقابت می‌شود، (۲) سیستم به طور دائم در حال تغییر است، (۳) تصمیم‌گیری برای تخصیص منابع می‌بایست سریع انجام پذیرد؛ چرا که مصرف‌کننده ممکن است یک محدوده زمانی برای انجام عملیاتش داشته باشد. سیم (سیم و گارسیا، ۲۰۱۳) دو گروه مدل مبتنی بر بازار، مدل کالا و مدل حراج است. در مدل کالا، ارائه‌دهنده قیمت منبع را مشخص می‌کند و بر اساس میزان استفاده مصرف‌کننده هزینه آن را دریافت می‌کند. در مدل حراج مصرف‌کننده و ارائه‌دهنده به صورت خودمختار و مستقل عمل می‌کنند و بر روی یک قیمت برای تخصیص منبع به توافق می‌رسند. مدل حراج در مواقعی استفاده می‌شود که قیمت مشخصی وجود ندارد و عرضه و تقاضا و نیز شرایط بازار قیمت را تعیین می‌کنند و به همین دلیل و نیز با توجه به غیر متمرکز بودن و سادگی پیاده‌سازی برای استفاده

در محیط رایانش ابری و گریدی مطلوب است. به طور کلی، چهار مدل پایه برای حراج وجود دارد: حراج انگلیسی، حراج هلندی، حراج اولین و دومین قیمت و حراج دو طرفه. در حراج دو طرفه خریدار و فروشنده در هر زمان قیمت پیشنهادی خود را به حراج‌گزار اعلام می‌کنند و در صورتی که قیمت فروش و خرید همخوانی داشته باشد، معامله برقرار می‌شود. در این مقاله، برای تخصیص منابع در رایانش ابری یک مدل حراج دو طرفه پیوسته با در نظر گرفتن دو عامل فرصت و زمان ارائه می‌شود. ادامه مقاله به صورت زیر سازمان‌دهی شده است. در بخش ۲ تحقیقات و مطالعات مرتبط صورت‌گرفته مورد بررسی قرار می‌گیرد. بخش ۳ به بیان مسئله و حل آن می‌پردازد. در بخش ۴ متد ارائه‌شده تست و آزمایش شده است و نتایج آن ارائه می‌شود و در نهایت، بخش ۵ به نتیجه‌گیری می‌پردازد.

### تحقیقات مرتبط

بیشترین مطالعات و تحقیقاتی که تاکنون در زمینه مدیریت منابع و سرویس‌ها در رایانش ابری صورت گرفته است، به روش‌ها و الگوریتم‌های موجود در رایانش گریدی مربوط می‌شود. دلیل این امر مشابهت زیاد رایانش ابری و گریدی است و همچنین پیدایش زودتر رایانش گریدی است. بایا (بایا و همکاران، ۲۰۰۲) با استفاده از مدل بازار کالا و چانه‌زنی، تخصیص منابع در گرید را انجام می‌دهد. شنیزلر (شنیزلر و همکاران، ۲۰۰۸) از یک مدل حراج ترکیبی دو طرفه در رایانش گریدی استفاده می‌کند. تن (تن و گوارد، ۲۰۰۷) از یک مدل حراج پیوسته استفاده می‌کند که در آن مصرف‌کننده برای هر نوع عامل به یک حراج‌گزار درخواست می‌دهد. نویسندگان (Stevens و غیره، ۲۰۰۹) چندین الگوریتم برای زمان‌بندی منابع محاسباتی و ارتباطی در گرید ارائه می‌دهند که از یک الگوی متغیر برای محاسبه هزینه استفاده می‌کند. بایا (بایا و همکاران، ۲۰۱۰) سه الگوریتم اکتشافی برای زمان‌بندی ارائه کردند که با در نظر گرفتن هزینه و زمان، با کمترین هزینه عملیات محاسباتی را مدیریت می‌کند. ژو (ژو و همکاران، ۲۰۰۸) یک الگوی زمان‌بندی تشویقی را برای بسترهای نقطه به نقطه توزیع شده ارائه کردند که با هدف بیشینه‌سازی نرخ موفقیت تخصیص کار و نیز رعایت عدالت در هزینه منابع، تخصیص را انجام می‌دهد. ایزکیان (ایزکیان و همکاران، ۲۰۰۹) یک روش تخصیص منابع را بر روی رایانش گریدی بر اساس مدل حراج دو طرفه پیوسته ارائه می‌دهد که در آن مصرف‌کننده و ارائه‌دهنده بر اساس بررسی دو عامل زمان و منابع باقیمانده قیمت خود را به حراج‌گزار ارائه می‌دهند و سپس یک قیمت میانگین برای تمام منابع موجود در حراج مشخص می‌شود. تائو (تائو و همکاران، ۲۰۱۱) مدل حراج معکوس VCG را بر روی رایانش ابری ارائه می‌دهد که در این روش، مصرف‌کننده‌ها بر اساس منابع مورد نیازشان حراج را برگزار

می‌کنند و ارائه‌دهندگان قیمت خود را ارائه می‌دهند و کمترین قیمت ارائه‌شده برنده حراج خواهد بود اما مصرف‌کننده به قیمت دومین کمترین قیمت آن منبع را دریافت می‌کند. فوجیوارا مدل حراج خود را بر اساس مدل ترکیبی دو طرفه ارائه می‌دهد و دو نوع بازار لحظه‌ای و آینده را طراحی می‌کند که ارائه‌دهندگان منابع خود را در این بازارها به حراج می‌گذارند و مصرف‌کنندگان نیز با توجه به منابع مورد نیاز خود درخواست خود را ایجاد می‌کنند (فوجیوارا و همکاران، ۲۰۱۱). نکته مهم در این روش، حراج ترکیبی است؛ بدین معنا که حراج‌گذار چندین منبع را به طور همزمان به حراج می‌گذارد و مصرف‌کنندگان می‌توانند برای ترکیبی از منابع پیشنهاد خود را ارائه کنند. در نهایت، ترکیب برندگان به صورتی خواهد بود که بیشترین منفعت حاصل شود. سیم یک مکانیزم مبتنی بر بازار برای مدیریت منابع ارائه می‌کند که دارای دو بخش: راهبرد گرداندن بازار و پروتکل رهاسازی یک مذاکره است. با استفاده از راهبرد یک، عامل‌ها قادر خواهند بود با در نظر گرفتن شرایط بازار مذاکرات و تخصیص را انجام دهند و در بخش دوم، هزینه‌های مربوط به رهاسازی مورد بررسی قرار می‌گیرد (سیم، ۲۰۰۵). سیم (سیم و شی، ۲۰۱۰) با اصلاح الگوریتم خود یک مدل مدیریت منابع برای رایانش ابری ارائه می‌کند که شامل یک واسط متشکل از عامل‌های مصرف‌کننده، ارائه‌دهنده و کارگزار است که بین مصرف‌کننده و ارائه‌دهنده قرار می‌گیرد. عملیات کشف منابع شامل چهار مرحله: انتخاب، ارزیابی، فیلترینگ و پیشنهاد است که در نهایت، تعدادی منبع را که با درخواست مصرف‌کننده تطابق دارد، معرفی می‌کند؛ سپس عامل مصرف‌کننده با عامل‌های ارائه‌دهنده برای دریافت منبع مورد نظر به مذاکره می‌پردازند. دو عامل زمان و قیمت، نقش اساسی در کشف منابع و مذاکرات ایفا می‌کنند و کارایی بر اساس این دو معیار مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. لین (لین و همکاران، ۲۰۱۰) یک مدل حراج پویا برای تخصیص سرویس در ابر معرفی می‌کند که از مکانیسم دومین قیمت برای تخصیص بهینه و پر منفعت استفاده می‌کند. صمیمی برای ایجاد توازن و رقابت عادلانه بین خریدار و فروشنده از مدل حراج دوسویه ترکیبی استفاده می‌کند که سبب می‌شود مشکل جانبداری پیش‌فرض که در اکثر روش نسبت به فروشنده وجود دارد، برطرف شود (صمیمی و همکاران، ۲۰۱۶).

## روش پیشنهادی

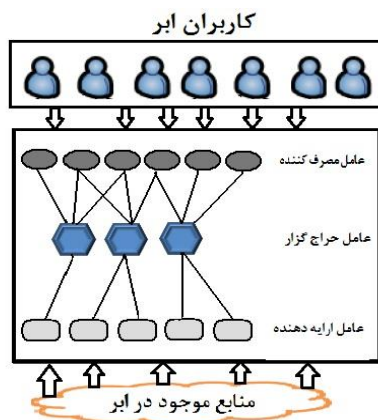
### مدل بازار رایانش ابری

با توجه به پویایی محیط رایانش ابری و نیز سیاست‌های مستقل خریداران و فروشندگان، امکان تعیین قیمت واحد برای تمام سرویس‌ها که بتواند مبتنی بر عرضه و تقاضای بازار باشد بسیار پیچیده است. بنابراین، در این تحقیق از مدل حراج دوطرفه پیوسته برای تخصیص منابع استفاده می‌شود که با توجه به دوطرفه بودن حراج، رقابت خریداران و فروشندگان در نظر گرفته می‌شود و نیز پیوسته بودن حراج سبب می‌شود که عملیات تخصیص سریع انجام شود. در این روش، به ازای

هر نوع سرویس یک حراج‌گذار وجود دارد که تمامی تخصیص‌های مربوط به این نوع سرویس در آن اجرا می‌شود. در صورتی که کاربر به ترکیب چندین سرویس مختلف نیاز داشته باشد، می‌بایست برای هر کدام یک درخواست به حراج‌گذار مربوطه ارائه دهد. این مدل در مقابل حراج ترکیبی پیچیدگی زمانی بسیار کمتری دارد و نیز عامل می‌تواند در هر لحظه تعدادی از سرویس‌های مورد نیازش را دریافت کند و برای سایر سرویس‌ها با اصلاح پیشنهاد خرید خود دوباره تلاش کند (در حراج ترکیبی یا همه منابع تخصیص داده می‌شود یا هیچ تخصیصی صورت نمی‌گیرد). البته در عوض، در این روش این امکان وجود دارد که خریدار نتواند تمام سرویس‌های مورد نیاز خود را دریافت کند که برای حل این مشکل با بررسی فاکتور اشتیاق که در ادامه معرفی می‌گردد این ضعف تا حدود بسیار زیادی مرتفع می‌شود. در روش ارائه‌شده سه موجودیت وجود دارد:

- ✓ مصرف‌کننده‌ها که برای دریافت سرویس‌های مورد نظر خود به ابر مراجعه می‌کنند؛
- ✓ ارائه‌دهندگان که سرویس خود را در ازای دریافت سود به مصرف‌کنندگان واگذار می‌کنند؛
- ✓ بازار حراج که اجرای معاملات و نحوه تخصیص سرویس‌ها را مشخص می‌کند.

به ازای هر موجودیت یک عامل وجود دارد. عامل مصرف‌کننده که در جلوی مصرف‌کننده قرار می‌گیرد و با توجه به شرایط بازار و سیاست‌های مصرف‌کننده پیشنهادهای خرید را برای سرویس‌های مورد نیاز ارائه می‌کند؛ عامل ارائه‌دهنده که در کنار ارائه‌دهنده قرار می‌گیرد و قیمت و شرایط فروش سرویس خود را با توجه به شرایط ارائه‌دهنده و بازار ارائه می‌دهد و عامل حراج‌گذار که متصدی مزایده برای سرویس‌ها بوده و با توجه به پیشنهادات خرید و فروش ارائه‌شده، ترکیب برندگان و یا در واقع معاملات را اجرا می‌کند. در مدل ارائه‌شده به ازای هر نوع سرویس یک حراج‌گذار وجود دارد و کلیه پیشنهادهای خرید و فروش برای آن نوع سرویس به این حراج‌گذار ارسال می‌شود. شکل یک محیط مدل ارائه شده را نمایش می‌دهد.



شکل ۱: الگوی تخصیص سرویس در رایانش ابری

**فرموله‌سازی مسئله**

هر منبع را در ابر R می‌نامیم و به ازای هر کدام یک عامل ارائه‌دهنده وجود دارد. هر منبع دارای پنج مشخصه زیر است:

$$R_i = (Typ, Spp, Twp, Rpp, Mpp)$$

که Typ نوع منبع را مشخص می‌کند؛ به عنوان مثال، واحد پردازشی<sup>۱</sup>، واحد حافظه<sup>۲</sup> و ...؛ Spp مشخصات منبع را مشخص می‌کند (در مورد CPU قدرت پردازش، در مورد حافظه حجم حافظه و...); Twp تراکم کاری هر منبع را مشخص می‌کند و بیانگر مقدار زمانی است که منبع برای انجام کار فعلیش مشغول است؛ Rpp کمترین قیمتی است که ارائه‌دهنده منبع را ارائه می‌دهد که آن را قیمت رزرو شده می‌نامیم و Mpp بیشترین قیمت برای منبع است.

هر مصرف‌کننده و عامل متناظر با آن را Ci می‌نامیم. مصرف‌کننده می‌تواند یک یا چند سرویس را دریافت کند و هر سرویس از ترکیب چندین منبع به وجود می‌آید؛ بنابراین، هر مصرف‌کننده به طور همزمان چندین درخواست برای چندین منبع ارائه می‌دهد. هر درخواست برای منبع به صورت زیر است:

$$C_i = (Typ, Sps, Ts, Td, Mps)$$

Typ و Sps نوع و مشخصات منبع را مشخص می‌کند؛ Ts مشخص‌کننده مدت زمانی است که مصرف‌کننده منبع را نیاز دارد؛ Td بیانگر آستانه زمانی مصرف‌کننده است و مصرف‌کننده باید قبل از آن به مقدار مورد نیازش منبع را در اختیار داشته باشد و Mps بودجه‌ای است که مصرف‌کننده برای در اختیار گرفتن منبع در اختیار دارد.

**مکانیزم تخصیص سرویس**

در مکانیزم ارائه‌شده هر موجودیت (مصرف‌کننده، ارائه‌دهنده، حراج‌گزار) به طور مستقل و بر اساس علایق خود تصمیم‌گیری می‌کنند که با توجه به نوع موجودیت، عملکرد هر یک از آنها در ادامه بررسی می‌شود.

**عامل مصرف‌کننده**

هر عامل مصرف‌کننده به دنبال استفاده کردن سرویس‌های مورد نیازش با کمترین قیمت و قبل از آستانه زمانی است. هر مصرف‌کننده به ازای هر سرویس مورد نیاز در هر واحد زمانی یک پیشنهاد خرید آماده می‌کند و به حراج‌گزار مربوطه ارائه می‌دهد. برای محاسبه پیشنهاد خرید عامل مصرف‌کننده فاکتورهای

- 
1. CPU
  2. Memory

زمان، رقابت، فرصت و نیز اشتیاق را در نظر می‌گیرد که در ادامه توضیح داده خواهد شد. با ملاحظه این فاکتورها مصرف‌کننده بازار و نیز شرایط خود را به خوبی ارزیابی می‌کند و قیمتی متناسب با شرایط موجود ارائه می‌دهد.

### فاکتور زمان

با توجه به اینکه هر مصرف‌کننده باید قبل از ضرب‌العجل از سرویس‌هایی که به آنها نیاز دارد، بهره‌مند شود، ضروری است، در مدت زمان باقیمانده تا ضرب‌العجل در تعیین قیمت خرید مصرف‌کننده در نظر گرفته شود که از طریق فرمول (1) محاسبه می‌شود:

$$Bid(i, j, t) = \left[ \frac{R_{min}}{mps} + \left( 1 - \frac{R_{min}}{mps} \right) \left( 1 - \frac{tre}{Ctd} \right)^{\rho} \right] \times mps \quad (1)$$

در این فرمول، عامل مصرف‌کننده  $i$  برای ژامین سرویس درخواستی‌اش پیشنهاد خرید خود را در لحظه  $t$  ارائه می‌دهد.  $R_{min}$  کمترین قیمت رزرو شده بین ارائه‌دهندگان این نوع سرویس است و  $tre$  زمان باقیمانده تا ضرب‌العجل است.  $0 < \rho < \infty$  تعیین‌کننده نوع راهبرد است که سه نوع راهبرد مختلف به صورت زیر مشخص می‌شود:

محتاطانه ( $\rho > 1$ ) که مصرف‌کننده قیمت پایین ارائه می‌دهد تا زمانی که زمان به ضرب‌العجل نزدیک می‌شود، خطی ( $\rho = 1$ ) که مصرف‌کننده به صورت خطی با زمان قیمت را افزایش می‌دهد و ریسک‌پذیر ( $\rho < 1$ ) که در آن مصرف‌کننده قیمت خود را سریع بالا می‌برد.

### فاکتور فرصت

تعداد ارائه‌دهندگان سرویس موجود نیز یک فاکتور اساسی و تعیین‌کننده برای مصرف‌کننده است. در صورتی که تعداد سرویس‌دهنده‌ها زیاد باشد، شرایط برای مصرف‌کننده مطلوبیت بیشتری دارد اما در مقابل اگر تعداد سرویس‌دهنده‌ها کم باشد، آنگاه مصرف‌کننده باید تلاش بیشتری برای در اختیار گرفتن سرویس مورد نظر خود انجام دهد و در واقع، باید قیمت خود را بیشتر افزایش دهد تا بتواند سرویس مورد نیازش را در زمان مناسب دریافت کند.

با توجه به اینکه در ابر تعداد سرویس‌دهنده‌ها متغیر است و به طور دائم در حال کم یا زیاد شدن است، بنابراین، هیچ مقدار بیشینه برای تعداد سرویس‌دهنده‌ها وجود ندارد که بتوانیم بر اساس آن کم یا زیاد بودن تعداد سرویس‌دهنده‌ها را مشخص کنیم. به همین دلیل، در روش ارائه‌شده تعداد سرویس‌دهنده‌ها را با میانگین تعداد سرویس‌دهنده‌ها در گذشته بازار مقایسه می‌کنیم تا بتوانیم معیاری برای شرایط بازار از لحاظ تعداد سرویس‌دهنده‌ها به دست آوریم. هر

عامل مصرف‌کننده با توجه به فرمول (۲) قیمت خرید خود را بر اساس تعداد سرویس‌دهنده‌ها محاسبه می‌کند.

$$BidR(i, j, t) = \left[ \frac{R_{min}}{mps} + \left( 1 - \frac{R_{min}}{mps} \right) \left( 1 - \frac{N_i^t - 1}{N_{avg}^t} \right)^\sigma \right] \times mps \quad (2)$$

$\sigma$  همانند  $\rho$  تعیین‌کننده نوع راهبرد است و  $N_{ij}^t$  تعداد سرویس‌دهنده‌های موجود برای  $C_i$  در لحظه  $t$  است.  $N_{avg}^t$  میانگین تعداد سرویس‌دهنده‌های موجود در  $n$  واحد زمانی قبل است که از طریق فرمول (۳) محاسبه می‌شود.

$$N_{avg}^t = \frac{\sum_{T=t-n}^t N_{ij}^T}{n} \quad (3)$$

### فاکتور رقابت

همان‌طور که پیش‌تر بیان شد، در محیط ابر یک رقابت دو طرفه برقرار است. مصرف‌کنندگان در رقابت با یکدیگر، برای در اختیار گرفتن سرویس‌های مورد نیازشان هستند و از طرف دیگر، ارائه‌دهنده‌ها با یکدیگر در فروش سرویس‌های خود به رقابت می‌پردازند. به همین ترتیب، بررسی میزان رقابت موجود در بازار برای مصرف‌کنندگان حائز اهمیت است. در یک بازار با  $m$  مصرف‌کننده و  $n$  ارائه‌دهنده، یک عامل مصرف‌کننده مثل  $C_1$  دارای  $m-1$  رقیب  $\{C_2 \dots C_m\}$  و  $n$  سرویس‌دهنده  $\{R_1 \dots R_n\}$  است. احتمال اینکه  $C_1$  مناسب‌ترین خریدار برای یکی از سرویس‌دهندگان نباشد، برابر است با  $(m-1)/m$  و احتمال اینکه  $C_1$  بهترین خریدار برای هیچ یک از سرویس‌دهندگان نباشد، برابر است با  $\left[ \frac{m-1}{m} \right]^n$ ؛ بنابراین، مصرف‌کننده قیمت خرید خود را بر اساس میزان رقابت موجود در بازار و بر اساس فرمول (۴) تعیین می‌کند.

$$BidC(i, j, t) = \left[ \frac{R_{min}}{mps} + \left( 1 - \frac{R_{min}}{mps} \right) \left( \left[ \frac{m-1}{m} \right]^n \right) \right] \times mps \quad (4)$$

### فاکتور اشتیاق

همان‌طور که قبلاً ذکر شد، هر مصرف‌کننده برای انجام عملیاتش در ابر (دریافت سرویس مورد نظرش) نیازمند سرویس‌های متفاوتی است که می‌بایست کلیه آنها را قبل از ضرب‌العجل دریافت کند. در صورتی که یکی از سرویس‌های درخواستی تخصیص داده نشود، عملیات مصرف‌کننده انجام نمی‌شود و علاوه بر آن، مصرف‌کننده بابت سرویس‌هایی که دریافت کرده است، باید جریمه پرداخت کند. بنابراین، مصرف‌کننده در هنگامی که چندین سرویس از مجموعه سرویس‌های مورد نیازش را دریافت کرده است، باید برای در اختیار گرفتن سایر سرویس‌های مورد نیاز باقیمانده تلاش بیشتری انجام دهد و پیشنهاد خریدش را بیشتر افزایش دهد. فاکتور اشتیاق، بیان‌کننده این است که در



حال حاضر، در اختیار گرفتن یک سرویس چقدر برای مصرف کننده ضروری است و نحوه محاسبه آن در فرمول (۵) بیان شده است.

$$E(i, t) = \frac{\sum_{j=1}^k y_{i,j}}{k} \quad \text{where } y_{i,j} = \begin{cases} 1 & \text{if } C_{i,j} \text{ allocated} \\ 0 & \text{if } C_{i,j} \text{ unallocated} \end{cases} \quad (5)$$

$k$  تعداد سرویس های مورد نیاز برای اجرای عملیات مصرف کننده  $C_i$  است. هر چقدر که تعداد سرویس های تخصیص داده شده به مصرف کننده افزایش یابد، فاکتور اشتیاق برای سایر سرویس های باقیمانده تخصیص داده نشده افزایش می یابد.

### محاسبه قیمت خرید

در نهایت، عامل مصرف کننده قیمت خرید خود در هر واحد زمانی بر اساس فرمول (۶) محاسبه و آن را به حراج گزار مربوطه ارسال می کند.

$$Bid_{tmp}(i, j, t) = \varphi \times BidT(i, j, t) + \mu \times BidR(i, j, t) + \gamma \times BidC(i, j, t)$$

$$\text{where } \varphi + \mu + \gamma = 1$$

$$Bid(i, j, t) = Bid_{tmp}(i, j, t) + (CPmax - Bid_{tmp}(i, j, t)) \times E(i, t) \quad (6)$$

$\varphi$ ،  $\mu$  و  $\gamma$  میزان تأثیر فاکتورهای مختلف را در قیمت خرید نهایی مشخص می کند.

### عامل ارائه دهنده

هر عامل ارائه دهنده، دو هدف را دنبال می کند: ۱. کسب بیشترین سود از فروش سرویس و ۲. کاهش زمان بیکاری سرویس. بنابراین، ارائه دهنده تلاش می کند، قیمت فروش سرویس خود را طوری تنظیم کند که دو هدف فوق محقق شود. در این روش، عامل ارائه دهنده با در نظر گرفتن فاکتورهای زمان، فرصت، اشتراک و موازنه به دنبال رسیدن به اهداف خود است.

### فاکتور زمان

یکی از اهداف ارائه دهنده، کاهش زمان بیکاری سرویس اش است؛ بنابراین، در زمانی که حجم کاری فعلی ارائه دهنده رو به پایان است، ارائه دهنده باید قیمت خرید خود را کاهش دهد تا بتواند قبل از پایان حجم کاری فعلی سرویس اش را به فروش برساند. عامل ارائه دهنده قیمت فروش خود را براساس حجم کاری اش و در زمان  $t$  بر اساس فرمول (۷) تعیین می کند.

$$Req(i, t) = \left[ \frac{RPmin}{mpp} + \left( 1 - \frac{RPmin}{mpp} \right) \left( \frac{tst}{Rwr} \right)^{\tau} \right] \times mpp \quad (7)$$

$tst$  فاصله زمانی تا پایان حجم کاری فعلی ارائه‌دهنده است و  $\tau$  همانند  $\rho$  تعیین‌کننده نوع راهبرد است.

همان طور که در فرمول (۷) مشخص شده است، عامل ارائه‌دهنده زمانی که سرویس‌اش بیکار باشد، قیمت فروش خود را کمترین قیمت (RPmin) تعیین می‌کند و پس از اولین تخصیص قیمت خود را RPmax می‌کند و با گذشت زمان آن را کاهش می‌دهد.

### فاکتور فرصت

این فاکتور به بررسی تعداد خریداران موجود در بازار برای سرویس ارائه‌دهنده می‌پردازد. در صورتی که تعداد خریداران افزایش (کاهش) یابد، محیط برای ارائه‌دهنده مساعدتر (نامساعدتر) است و می‌تواند سرویس خود را با قیمت بالاتری (پایین‌تری) به فروش برساند. با توجه به تعداد خریداران عامل ارائه‌دهنده قیمت خود را بر اساس فرمول (۸) تعیین می‌کند.

$$RequestC(i, t) = \left[ \frac{RPmin}{mpp} + \left( 1 - \frac{RPmin}{mpp} \right) \left( 1 - \frac{C_i^t - 1}{C_{avg}^t} \right)^\pi \right] \times mpp \quad (8)$$

$\pi$  تعیین‌کننده نوع راهبرد است،  $C_i^t$  تعداد خریداران را در لحظه  $t$  نشان می‌دهد و  $C_{avg}^t$  میانگین تعداد خریداران در  $m$  واحد زمانی گذشته است که بر اساس فرمول (۹) محاسبه می‌شود.

$$C_{avg}^t = \frac{\sum_{T=t-m}^t C_i^T}{m} \quad (9)$$

در نهایت، عامل ارائه‌دهنده قیمت فروش خود را بر اساس فرمول (۱۳) محاسبه کرده و آن را به همراه فاکتور اشتراک و موازنه به متصدی حراج مربوطه ارائه می‌دهد.

$$Request(i, t) = \omega \times RequestT(i, t) + (1 - \omega) \times RequestC(i, t) \\ \text{where } 0 \leq \omega \leq 1 \quad (10)$$

### عامل حراج‌گزار

عامل‌های مصرف‌کننده و ارائه‌دهنده در هر واحد زمانی پیشنهادهای خود را به حراج‌گزار ارائه می‌دهند. حراج‌گزار قیمت‌های مصرف‌کننده‌ها را به صورت صعودی و قیمت‌های ارائه‌دهنده‌ها را به صورت نزولی مرتب می‌کند. اگر بیشترین درخواست خرید بیشتر از کمترین درخواست فروش باشد و نیز امکان تخصیص منبع به خریدار وجود داشته باشد، آنگاه معامله با قیمت فرمول (۱۱) انجام می‌شود.

$$price = \frac{Highest Bid + Lowest Request}{2} \quad (11)$$

### نتایج آزمایش‌ها

برای مطالعه کارایی الگوریتم ارائه شده، با استفاده از نرم‌افزار جید<sup>۱</sup> یک شبیه‌ساز ابر طراحی شده است. جید یک میان‌افزار است که برای طراحی سیستم‌های چند عاملی که متشکل از چندین عامل هوشمند است، مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این شبیه‌سازی به ازای هر مصرف‌کننده یا ارائه‌دهنده یک عامل وجود دارد و به ازای هر نوع منبع یک عامل حراج‌گزار منابع موجود در ابر و مشخصات آنها در جدول ۱ نمایش داده شده است.

جدول ۱: مشخصات منابع

مشخصات منابع
CPU Speed (GHz) : 1.5 ~ 3.5
Memory(Mb):{512,1024,2048}
Disk Capacity(Mb) : 50 ~ 1000

در این شبیه‌سازی از مفهوم نسبت تراکم سیستم استفاده شده است که عبارت است از میزان کل درخواست‌ها نسبت به ظرفیت ابر در هر واحد زمانی و بر اساس فرمول (۱۲) برای هر نوع منبع محاسبه می‌شود که  $n$  تعداد کل درخواست‌ها و  $m$  تعداد کل منابع است.

$$P_{Resource1} = \frac{\sum_{j=1}^n (sp_{cj} \times Ts_j)}{T_{total} \times \sum_{i=1}^m sp_{ri}} \quad (12)$$

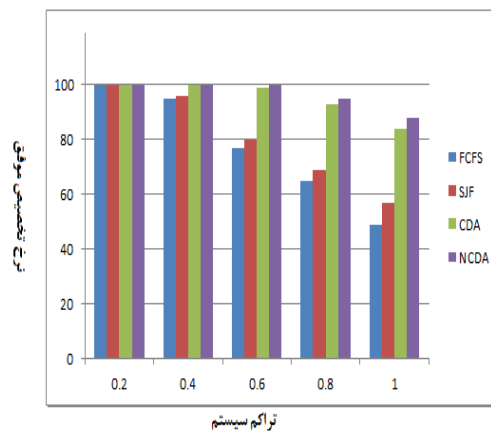
در این سیستم ۱۰۰ مصرف‌کننده وجود دارد که هر کدام با توجه به نوع سرویس درخواستی بین ۱ تا ۳ منبع را برای دریافت سرویس مورد نظر خود نیاز دارند. تعداد منابع با توجه به نسبت تراکم سیستم مشخص می‌شود. در کلیه منابع مینیمم قیمت برابر ۲۰۰۰ واحد و بیشینه قیمت ۹۰۰۰ واحد است. میزان بودجه هر مصرف‌کننده برای هر منبع یک عدد تصادفی در بازه (۳۰۰۰، ۸۰۰۰) است. همچنین مقدار زمان در اختیار گرفتن منبع یک عدد تصادفی در بازه (۲۰۰۰، ۵۰۰۰) و آستانه زمانی به صورت تصادفی ۲ برابر تا ۵ برابر زمان تخصیص است و مصرف‌کننده‌ها به طور متناوب پس از پایان سرویس درخواستی، درخواست سرویس جدید را ارائه می‌دهد. همچنین مقدار  $\omega$  و  $\varphi$  برابر  $\frac{1}{2}$  است.

برای بررسی کارایی سیستم سه عامل: نرخ تخصیص موفق، کارایی منابع و متوسط زمان تخصیص بررسی شده است که فرمول محاسبه آنها در جدول ۲ بیان شده است. برای مقایسه کارایی

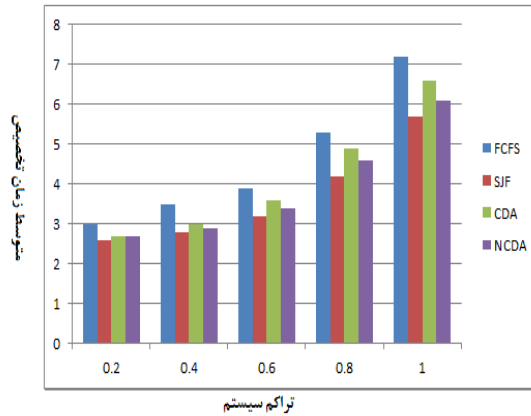
این الگوریتم، نتایج آن با ۳ الگوریتم FCFS، SJF، CDA مورد بررسی قرار می‌گیرد. در مدل FCFS درخواست‌ها به ترتیب ورود با اولین منبعی که آماده باشد، تخصیص داده می‌شود. در SJF کم‌حجم‌ترین درخواست‌ها ابتدا تخصیص داده می‌شوند. در CDA پیشنهادهای مصرف‌کننده بر اساس تعداد منابع باقیمانده و بیشینه منابع سیستم و پیشنهادات ارائه‌دهنده بر اساس زمان است. نتایج این مقایسه‌ها در شکل‌های (۲ - ۴) ارائه شده است. در کلیه شکل‌ها الگوریتم ارائه‌شده NCDA نام‌گذاری شده است.

جدول ۲: معیارهای محاسبه‌شده در آزمایش

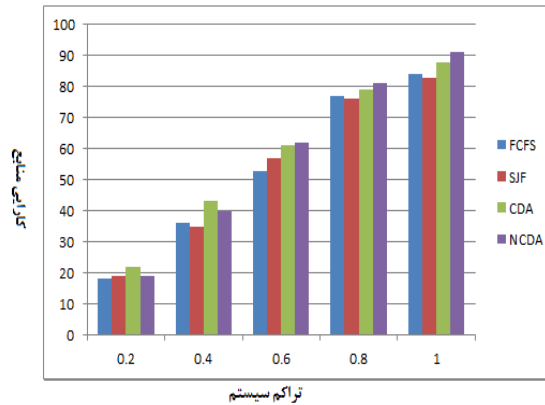
متوسط زمان تخصیص	$T_{avg} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (T_j^m - T_j^r)$
زمانی که یک درخواست تخصیص داده می‌شود	$T_j^m$
زمانی که درخواست ایجاد می‌شود	$T_j^r$
تعداد کل درخواست‌های تخصیص داده شده	N
نرخ تخصیص موفق	$Succ = \frac{\sum R_{matched}}{R_{total}}$
تعداد درخواست‌های تخصیص داده شده	$R_{matched}$
تعداد کل درخواست‌ها	$R_{total}$
بهره وری منابع	$RU = \frac{T_{allocate}}{T_{total}}$
مجموع زمان‌هایی که منابع تخصیص داده شده‌اند	$T_{allocate}$
زمان کل	$T_{total}$



شکل ۲: مقایسه نرخ موفقیت تخصیص بین متد ارائه‌شده و سایر متد



شکل ۳: مقایسه متوسط زمان تشخیص بین متد ارائه شده و سایر متد



شکل ۴: مقایسه کارایی منابع بین متد ارائه شده و سایر متد

### نتیجه گیری

در رایانش ابری تخصیص منابع بر اساس تعامل و توافق بین مصرف کننده و ارائه دهنده انجام می شود. با توجه به پویایی محیط و سیاست های مستقل مصرف کننده و ارائه دهنده نیاز به روشی است که هر کدام از آنها بتوانند به طور مستقل و با توجه به شرایط عرضه و تقاضای بازار قیمت گذاری عادلانه انجام دهند. در این مقاله، یک روش حراج دو طرفه ارائه شد که در آن مصرف کننده ها با توجه به تعداد منابع موجود و آستانه زمانی و ارائه دهنده ها نیز با توجه به حجم کاری و تعداد خریداران قیمت خود را ارائه می دهند. در این روش، مصرف کنندگان بر اساس چهار فاکتور: زمان، فرصت، رقابت و اشتیاق و با توجه به شرایط لحظه ای بازار، قیمت پیشنهادی خود را

ارائه می‌دهند و از طرف مقابل، ارائه‌دهندگان نیز با توجه به دو عامل زمان و فرصت، قیمت فروش خود را تعیین می‌کنند. سپس با برگزاری یک سیسنگ حراج دوسویه پیوسته معاملات بین ارائه‌دهندگان و مصرف‌کنندگان صورت می‌پذیرد. نتایج آزمایشات نشان می‌دهد که این روش، در تخصیص بهینه منابع در ابر بسیار مؤثر بوده است و قیمت‌گذاری به طور عادلانه انجام می‌شود. برای بهبود مدل و افزایش بهره‌وری تخصیص منابع در رایانش ابری، در تحقیقات آینده می‌توان استفاده از سایر مدل‌های حراج و نیز بررسی سایر فاکتورهای تأثیرگذار بازار در قیمت‌گذاری را مورد توجه قرار داد.

## منابع

- Buyya, R., Abramson, D., Giddy, J., & Stockinger, H. (2002). Economic models for resource management and scheduling in grid computing. *Concurrency and computation: practice and experience*, 14, 1507-1542.
- Fujiwara, I., Aida, K., & Ono, I. (2010). Applying double-sided combinational auctions to resource allocation in cloud computing. *2010 10th IEEE/IPSJ International Symposium on Applications and the Internet*, (pp. 7-14).
- Garg, S. K., Buyya, R., & Siegel, H. J. (2010). Time and cost trade-off management for scheduling parallel applications on utility grids. *Future Generation Computer Systems*, 26, 1344-1355.
- Gutierrez-Garcia, J. O., & Sim, K. M. (2013). Agent-based cloud service composition. *Applied intelligence*, 38, 436-464.
- Izakian, H., Abraham, A., & Ladani, B. T. (2010). An auction method for resource allocation in computational grids. *Future Generation Computer Systems*, 26, 228-235.
- Izakian, H., Ladani, B. T., Zamanifar, K., Abraham, A., & Snasel, V. (2009). A continuous double auction method for resource allocation in computational grids. *2009 IEEE Symposium on Computational Intelligence in Scheduling*, (pp. 29-35).
- Lin, W.-Y., Lin, G.-Y., & Wei, H.-Y. (2010). Dynamic auction mechanism for cloud resource allocation. *Proceedings of the 2010 10th IEEE/ACM International Conference on Cluster, Cloud and Grid Computing*, (pp. 591-592).
- Samimi, P., Teimouri, Y., & Mukhtar, M. (2016). A combinatorial double auction resource allocation model in cloud computing. *Information Sciences*, 357, 201-216.
- Schnizler, B., Neumann, D., Veit, D., & Weinhardt, C. (2008). Trading grid services--a multi-attribute combinatorial approach. *European Journal of Operational Research*, 187, 943-961.
- Sim, K. M. (2005). From market-driven e-negotiation to market-driven g-negotiation. *2005 IEEE International Conference on e-Technology, e-Commerce and e-Service*, (pp. 408-413).
- Sim, K. M. (2006). A survey of bargaining models for grid resource allocation. *ACM SIGecom Exchanges*, 5, 22-32.
- Sim, K. M. (2009). Agent-based cloud commerce. *2009 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, (pp. 717-721).
- Sim, K. M. (2011). Agent-based cloud computing. *IEEE transactions on services computing*, 5, 564-577.

- Sim, K. M., & Shi, B. (2010). Concurrent Negotiation and Coordination for Controlling Grid Resource Co-Allocation. *IEEE Trans. Systems, Man and Cybernetics*, 753-766.
- Stevens, T., De Leenheer, M., Develder, C., Dhoedt, B., Christodoulopoulos, K., Kokkinos, P., & Varvarigos, E. (2009). Multi-cost job routing and scheduling in Grid networks. *Future Generation Computer Systems*, 25, 912-925.
- Tan, Z., & Gurd, J. R. (2007). Market-based grid resource allocation using a stable continuous double auction. *2007 8th IEEE/ACM International Conference on Grid Computing*, (pp. 283-290).
- Wu, X., Gu, Y., & Tao, J. (2011). Cloud computing resource allocation mechanism research based on reverse auction. *Energy Procedia*, 736-741.
- Xiao, L., Zhu, Y., Ni, L. M., & Xu, Z. (2008). Incentive-based scheduling for market-like computational grids. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, 19, 903-913.