سومین کنفرانس فناوری اطلاعات و دانش
۶ تا ۸ آذرماه ۱۳۸۶

بهینه‌سازی همزمان هزینه و زمان در گریدهای محاسباتی اقتصادی

یاسر مهدوی‌فر محمدرضا میبدی

دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

تهران ایران
Email: mahdavifar@gmail.com, mmeybodi@aut.ac.ir

چکیده- منابع در گریدهاي محاسباتي اقتصادي داراي قيمت هستند و کاربر بايد هزينه اجراي کارهاي خود را بپردازد. کاربر هنگام مراجعه به گريد، مهلت زماني و بودجه مورد نظر خود را مشخص کرده و بهينه‌سازي هزينه يا زمان را درخواست مي‌کند. الگوريتم‌هاي زمانبندي که استراتژي بهينه‌سازي هزينه يا زمان را اتخاذ مي‌کنند، ممکن است منابع مالي و زماني کاربر را بيهوده هدر بدهند. در اين موارد کاربران به يک استراتژي نياز دارند که بتواند به طور همزمان، هزينه و زمان را براي آنها مينيمم کند. در اين مقاله، يک استراتژي جديد با نام بهينه‌سازي همزمان هزينه و زمان براي استفاده در گريدهاي محاسباتي اقتصادي مبتنی برمدل بازار کالا معرفي مي‌گردد. کاربري که اين استراتژي را انتخاب مي‌کند، مي‌تواند بهترين استفاده را از پول و زمان خود داشته باشد. براي اين منظور دو الگوريتم مکاشفه‌اي جديد پيشنهاد مي‌شود. الگوريتم‌هاي پيشنهادي با استفاده از جعبه‌ابزار GridSim شبيه‌سازي شده و کارايي‌هاي آنها مورد بررسي قرار گرفته است

واژه هاي کليدي- گريد محاسباتي، زمانبندي اقتصادي، بهينه‌سازي همزمان هزينه و زمان

۱- مقدمه

گريدهاي محاسباتي[1] يکي از رويکردهاي جديد براي حل مسائل در زمينه‌هاي علمي، مهندسي و تجاري در مقياس بزرگ مي‌باشند [8-5]. آنها بستري را براي به اشتراک گذاشتن و يکپارچه‌سازي ميليونها منبع که از نظر جغرافيايي در سطح سازمان‌ها و حوزه‌هاي مديريتي مختلف پراکنده‌اند بوجود آورده‌اند. گريدها از مجموعه‌اي از منابع ناهمگون[2] (کامپيوترهاي شخصي، ايستگاه‌هاي کاري[3]، کلاسترها و ابرکامپيوترها)، سيستم‌هاي مديريت زيربنايي (سيستم عامل واحد، سيستم صف و غيره)، سياست‌ها و برنامه‌هاي کاربردي (علمي، مهندسي و تجاري) با نيازمندي‌هاي مختلف (پردازنده، ورودي و خروجي، حافظه و شبکه) تشکيل شده‌اند. مشتريان گريد با پرداخت هزينه براي درخواست خود، مي‌توانند از اين منابع استفاده کنند. صاحبان و استفاده‌کنندگان منابع داراي اهداف، استراتژي‌ها و الگوهاي عرضه و تقاضاي متفاوتي هستند. در چنين شرايطي نمي‌توان از راهکارهاي متداول براي مديريت منابع که سعي مي‌کنند ميزان کارايي کل سيستم را بهبود دهند، استفاده کرد. براي اين منظور، در سال‌هاي اخير از رويکردهاي اقتصادي براي مديريت تخصيص منابع در گريد استفاده شده است [12-9]. يکي از مدل‌هاي اقتصادي که بدين منظور استفاده شده است، مدل بازار کالا[4] مي‌باشد. در اين مدل، هر منبع داراي قيمت مشخصي است که بر اساس عرضه، تقاضا و ارزش در سيستم اقتصادي تعيين شده است.

مسائلي مانند ناهمگوني[5]، توزيع شدگي و اشتراکي بودن منابع در گريد و همچنين محدوديت‌هايي مانند مهلت[6] (زمان اتمام اجراي برنامه) و بودجه (هزينه محاسبات) که توسط کاربران تعيين مي‌شود، باعث پيچيدگي عمل زمانبندي برنامه کاربر مي‌گردد. با توجه به نيازمندي‌هاي کاربر، سيستم زمانبندي مي‌تواند دو استراتژي عمده را اتخاذ کند. اين دو استراتژي که توسط بويا پيشنهاد شده است، عبارتند از: مينيمم کردن هزينه با رعايت

محدوديت مهلت (بهينه‌سازي هزينه) و مينيمم كردن زمان با رعايت محدوديت بودجه (بهينه‌سازي زمان). الگوريتم‌هاي مكاشفه‌اي[7] BCO و BTO، براي بهينه‌سازي زمان در مدل اقتصادي بازار كالا توسط بويا در [13,14] گزارش شده و در [15] مورد ارزيابي قرار گرفته است. الگوريتم‌هاي مكاشفه‌اي ديگري نيز براي برطرف كردن ضعف‌هاي الگوريتم‌هاي بويا در [1،2] پيشنهاد شده است كه استراتژي‌هاي بهينه‌سازي هزينه و زمان را اتخاذ مي‌كنند. در [3،4] نيز با استفاده از اتوماتاهاي يادگير، زمانبندي با استراتژي‌هاي فوق انجام شده است.

در اين مقاله، يک استراتژي جديد با نام بهينه‌سازي همزمان هزينه و زمان براي استفاده در گريدهاي محاسباتي اقتصادي مبتنی بر مدل بازار كالا معرفي مي‌گردد. كاربري كه اين استراتژي را انتخاب مي‌كند، مي‌تواند بهترين استفاده را از پول و زمان خود داشته باشد. براي اين منظور دو الگوريتم مكاشفه‌اي جديد كه آنها را CTOC[8]، CTOT[9] مي‌ناميم پيشنهاد مي‌شود. الگوريتم‌هاي پيشنهادي با استفاده از جعبه‌ابزار GridSim [15] شبيه‌سازي شده و كارايي‌هاي آنها مورد بررسي قرار گرفته است. ادامه مقاله بدين صورت سازماندهي شده است. در بخش ۲ زمانبندي اقتصادي در گريد شرح داده مي‌شود. در بخش ۳ استراتژي جديد در گريد ارائه مي‌شود. در بخش ۴ الگوريتم‌هاي زمانبندي پيشنهادي ارائه مي‌گردد. بخش ۵ اختصاص به نتايج شبيه‌سازي‌ها دارد و بخش ۶ نتيجه‌گيري مي‌باشد.

۲- زمانبندی اقتصادی در گرید

طول يک كار، تعداد دستورالعمل‌هاي آن مي‌باشد و بر حسب واحد MI[10] (ميليون دستورالعمل) اندازه‌گيري مي‌شود. اگر كارهاي يک برنامه كاربردي، كاملاً همگون[11] باشند (طول يكسان داشته باشند)، مي‌توان الگوريتم‌هاي زمانبندي با پيچيدگي چندجمله‌اي براي مينيمم كردن همزمان هزينه و زمان، طراحي كرد؛ ولي هنگامي كه كارها داراي ناهمگوني باشند (طول‌هاي متفاوت داشته باشند)، مسأله زمانبندي با هدف بهينه‌سازي هزينه و زمان، به يک مسأله NP-Complete تبديل مي‌شود.

قيمت اعلام شده براي يک منبع، مقدار هزينه استفاده از آن در واحد زمان مي‌باشد و قيمت مفيد يک منبع به مقدار هزينه استفاده از آن براي اجراي هر MI گفته مي‌شود. در اين مقاله، واژه‌هاي قيمت، ارزاني و گراني با توجه به قيمت مفيد منبع به كار مي‌روند.

الگوريتم‌هاي زمانبندي با هدف بهينه‌سازي هزينه و زمان از دو نوع مي‌باشند: زمانبندي مرحله‌اي و زمانبندي يكباره. الگوريتم‌هايي كه از روش زمانبندي مرحله‌اي استفاده مي‌كنند، در طول اجراي خود به تدريج كارها را به منابع موجود در گريد واگذار مي‌كنند. در مقابل، الگوريتم‌هايي كه رويكرد زمانبندي يكباره را اتخاذ مي‌كنند، يک نگاشت از كارهاي برنامه كاربر به منابع موجود را توليد مي‌كنند كه براي بررسي به بخش كنترل پذيرش داده مي‌شود. پس از بررسي، اگر نگاشت بدست آمده، نيازمندي‌هاي كاربر را برآورده كند، كارها طبق اين نگاشت به منابع براي اجرا واگذار مي‌گردد. براي توضيحات بيشتر مي‌توان به [1] مراجعه كرد.

الگوريتم‌هاي بهينه‌سازي هزينه و زمان، داراي چند مرحله مشترک ابتدايي مي‌باشند. اين مراحل عبارتند از يافتن، تجارت و مرتب‌سازي منابع. الگوريتم‌هايي كه از روش زمانبندي يكباره استفاده مي‌كنند، در پايان نيز داراي دو مرحله مشترک كنترل پذيرش و توزيع هستند. در ادامه توضيحاتي درباره اين مراحل داده مي‌شود [1].

- يافتن منابع[12]: شناسايي منابعي كه مي‌توانند در اجراي كارها مورد استفاده قرار بگيرند و همچنين بدست آوردن توانمندي‌ها و ويژگي‌هاي آنها كه از طريق سرويس اطلاعاتي گريد انجام مي‌گيرد.
- تجارت منابع[13]: شناسايي هزينه هر يک از منابع در واحد زمان (G$/sec) ، شناسايي ميزان توانمندي منبع در واحد زمان (نرخ اجراي ميليون دستورالعمل در ثانيه، MI/sec) و محاسبه قيمت واقعي و مفيد منبع كه همان هزينه اجراي يک ميليون دستورالعمل در ثانيه مي‌باشد (G$/MI).
- مرتب‌سازی منابع: يک الگوريتم بهينه‌سازي، حتماً به يک ترتيب خاص از منابع بر حسب قيمت آنها نياز دارد. در اين مرحله، منابع به ترتيب صعودي از نظر قيمت مفيد مرتب‌سازي مي‌شوند. در واقع، اولويت واگذاري كار با منابع ارزان‌تر مي‌باشد. اگر دو منبع داراي قيمت مفيد يكسان باشند، منبعي كه توانمندي بيشتري دارد در اولويت قرار مي‌گيرد.

- کنترل پذیرش[14]: هزینه کل اجراي کارها بر روي منابع بر طبق زمانبندي مشخص و با بودجه تعیین شده توسط کاربر مقایسه مي‌گردد. همچنین زمان تقریبي اجراي برنامه بر طبق زمانبندي محاسبه و سپس با مهلت تعیین شده توسط کاربر مقایسه مي‌شود. در صورتي که هزینه‌ها در محدوده بودجه باشد و اجراي برنامه قبل از مهلت زماني پایان مي‌یابد، کاربر پذیرفته مي‌شود.
- توزیع[15]: در این مرحله در صورت پذیرش کاربر، کارها بر طبق نگاشت تعیین شده، به منابع واگذار مي‌شود.

الگوریتم‌هاي پیشنهادي در این مقاله، از روش زمانبندي یکباره استفاده مي‌کنند و بنابراین امکان تضمین محدودیت‌هاي بودجه و مهلت براي چندین کاربر به طور همزمان وجود خواهد داشت. براي توضیحات بیشتر مي‌توان به [۱] مراجعه کرد.

۳- استراتژی پیشنهادی

دو استراتژي اصلي مطرح شده توسط بویا براي زمانبندي کارها در محدوده مهلت و بودجه در گریدهاي اقتصادي مبتنی بر مدل اقتصادي بازار کالا شامل بهینه‌سازي هزینه (مینیمم کردن هزینه در محدوده مهلت) و بهینه‌سازي زمان (مینیمم کردن زمان در محدوده بودجه) مي‌باشد که الگوریتم‌هایي براي آنها گزارش شده است. این دو استراتژي از نظر کاربران، مفید و قابل استفاده است. کاربراني که وضع مالي خوبي دارند و براي دریافت نتیجه اجراي برنامه کاربردي خود عجله دارند، یک مهلت زماني کوتاه را تعیین مي‌کنند و از سیستم زمانبندي، بهینه‌سازي هزینه را در خواست مي‌کنند. دسته دیگري از کاربران که براي فراهم کردن هزینه‌هاي مالي مشکل دارند، بودجه کمي براي اجراي برنامه کاربردي خود فراهم مي‌کنند و بهینه‌سازي زمان را در هنگام ارائه برنامه کاربردي خود از گرید مي‌خواهند.

در بعضي اوقات، کاربران به یک استراتژي جدید که زمان و هزینه را به طور همزمان مینیمم کند، نیاز دارند. در یک گرید اقتصادي، هر قدر کاربر هزینه بیشتري پرداخت کند، سیستم زمانبندي مي‌تواند از منابع گرانتر براي اجراي کارهاي برنامه کاربردي متعلق به کاربر استفاده کند و به این ترتیب زمان اجراي محاسبات کاهش مي‌یابد. همچنین هر قدر کاربر بتواند مدت زمان بیشتري براي دریافت نتیجه اجراي برنامه خود صبر کند، سیستم زمانبندي مي‌تواند از منابع ارزانتر استفاده کند و هزینه محاسبات را کاهش دهد. ولي سرعت تغییرات زمان و هزینه با هم برابر نیست. براي نمونه، همانطور که شبیه‌سازي‌ها در [۱،۲] نشان مي‌دهد، هنگامي که کاربر از کمترین بودجه ممکن شروع کرده و به تدریج بودجه را افزایش دهد، در ابتدا، زمان محاسبات با سرعت زیادي کاهش پیدا مي‌کند. در ادامه، سرعت کاهش زمان محاسبات متعادل مي‌شود و در بودجه‌هاي زیاد، این سرعت کم مي‌شود. یعني در این زمان، هر قدر کاربر حاضر باشد هزینه بیشتري براي اجراي برنامه خود بپردازد، کاهش زمان محاسبات، قابل ملاحظه نخواهد بود و در واقع پول خود را بیهوده مصرف مي‌کند. در نهایت به جایي مي‌رسیم که با افزایش بودجه، زمان محاسبات دچار تغییر نخواهد شد. در این هنگام، سیستم زمانبندي همه کارها را بر روي ارزان‌ترین منبع اجرا مي‌کند. همین مسأله براي افزایش مهلت و کاهش هزینه نیز وجود دارد و کاربر ممکن است با پیشنهاد دادن یک مهلت زیاد، بدون صرفه‌جویي قابل ملاحظه در هزینه اجراي برنامه، وقت خود را تلف کند.

به این ترتیب یک استراتژي جدید که در آن بهینه‌سازي همزمان هزینه و زمان در نظر گرفته شده باشد، براي کاربران مفید مي‌باشد. ما این استراتژي را براي زمانبندي اقتصادي در گرید پیشنهاد مي‌دهیم. براي این کار باید یک پارامتر را براي مینیمم کردن پیدا کنیم که از ترکیب پارامترهاي زمان و هزینه بدست آمده باشد. اولین پارامتري که به ذهن مي‌رسد $Cost+Time$ است؛ ولي هزینه و زمان داراي دو ماهیت متفاوت هستند و نمي‌توان مجموع آنها را در نظر گرفت. این عمل را باید با تبدیل هزینه و زمان به یکدیگر انجام داد. ما این کار را با تعیین ارزش مالي زمان و تبدیل آن به پول انجام مي‌دهیم. ما پارامتر $Cost+k\times Time$ را به عنوان یک پارامتر ترکیبي هزینه و زمان پیشنهاد مي‌کنیم که در آن k ضریبي است که ارزش مالي زمان را از نظر کاربر بیان مي‌کند و از تقسیم بودجه بر مهلت بدست مي‌آید. به این ترتیب الگوریتم زمانبندي که استراتژي بهینه‌سازي همزمان هزینه و زمان را اتخاذ مي‌کند، سعي مي‌کند با توجه به محدودیت‌هاي بودجه و مهلت تعیین شده، هزینه و زماني را براي اجراي برنامه کاربردي کاربر بدست آورد که پارامتر پیشنهادي داراي کمترین مقدار ممکن باشد.

۴- الگوريتم‌هاي پيشنهادي

ما دو الگوريتم CTOC و CTOT را براي زمانبندي كارها با هدف بهينه‌سازي همزمان هزينه و زمان پيشنهاد مي‌كنيم كه از الگوريتم‌هاي موجود براي بهينه‌سازي هزينه و بهينه‌سازي زمان استفاده مي‌كنند. الگوريتم CTOC از الگوريتم AEBCO [۱] كه يک الگوريتم با هدف بهينه‌سازي هزينه مي‌باشد، استفاده مي‌كند. همچنين الگوريتم CTOT الگوريتم AEBTO [۲] را به عنوان يک الگوريتم مكاشفه‌اي كه براي زمانبندي با هدف بهينه‌سازي زمان پيشنهاد شده است، براي زمانبندي همزمان هزينه و زمان به كار مي‌برد. البته تغييراتی در دو الگوريتم AEBCO و AEBTO ايجاد مي‌شود به طوري كه عمل نگاشت كارها در حين اجراي الگوريتم، حذف شده و به جاي آن، عمل انتساب موقت كار به منبع، جايگزين شود. اين عمل به تعداد زياد در هنگام زمانبندی تكرار می‌شود. الگوريتم‌هاي يادگيري براي توليد زمانبندي بهينه، زمان بيشتري نسبت به الگوريتم‌هاي مكاشفه‌اي لازم دارند. بنابراين استفاده از الگوريتم‌هاي يادگير براي زمانبندي همزمان هزينه و زمان مناسب نيست. از ميان الگوريتم‌هاي مكاشفه‌اي نيز الگوريتم‌هاي AEBCO و AEBTO از كارايي بهتري برخوردار هستند و به همين دليل توسط الگوريتم‌هاي CTOC و CTOT استفاده مي‌شوند.

۴-۱- الگوريتم اول (CTOC)

الگوريتم CTOC با استفاده از الگوريتم AEBCO و تكرار آن به دفعات زياد، عمل زمانبندي كارها با هدف بهينه‌سازي همزمان هزينه و زمان را در گريدهاي اقتصادي با مدل بازار كالا انجام مي‌دهد. همانطور كه گفته شد هدف الگوريتم بهينه‌سازي همزمان اين است كه پارامتر $Cost + k \times Time$ را مينيمم كند كه تركيبي از دو پارامتر هزينه و زمان مي‌باشد و در آن، ضريب k از تقسيم بودجه بر مهلت بدست مي‌آيد. الگوريتم CTOC براي اين كار، يک الگوريتم بهينه‌سازي هزينه (AEBCO) را به تعداد زياد تكرار مي‌كند و در هر تكرار، مقدار مهلت متفاوتي با نام مهلت موقت را براي الگوريتم AEBCO فراهم مي‌كند تا هزينه مينيمم با توجه به اين مهلت بدست بيايد. البته عمل نگاشت كارها را از الگوريتم AEBCO حذف كرده و تنها عمل انتساب موقت به منبع را براي كارها انجام مي‌دهد. مهلتي كه در آن، پارامتر تركيبي، كمترين مقدار را دارد به عنوان بهترين مهلت انتخاب مي‌شود. در نهايت، الگوريتم بهينه‌سازي هزينه (AEBCO)، مينيمم هزينه را در بهترين مهلتِ بدست آمده، محاسبه كرده و عمل نگاشت كارها را انجام مي‌دهد.

مراحل الگوريتم CTOC، به طور دقيق‌تر در شكل (۱) آمده است. همانطور كه مشاهده مي‌شود، در هر بار تكرار، مقدار مهلت موقت به مقدار كم (مثلاً ۱۰ واحد) كاهش مي‌يابد تا دقت بهترين مهلت بدست آمده، زياد باشد. الگوريتم AEBCO در حين تكرار به جاي اينكه از مهلت تعيين شده توسط كاربر استفاده كند از مهلت موقت براي بدست آوردن زمانبندي بهينه استفاده كرده و در پايان نيز بهترين مهلت بدست آمده را به كار مي‌برد. الگوريتم CTOC در ابتدا كارها را به صورت نزولي بر حسب طول مرتب مي‌كند و از آنجا كه از الگوريتم AEBCO براي زمانبندي و واگذاري كارها استفاده مي‌كند، روش زمانبندي يكباره را به كار گرفته است.

۱. كارها را از نظر طول به صورت نزولي مرتب كن.
۲. مقدار متغيرهاي مهلت موقت و بهترين مهلت را برابر با مهلت تعيين شده توسط كاربر قرار بده.
۳. ضريب ارزش مالي زمان را محاسبه كن: $k = \frac{Budget}{Deadline}$
۴. مينيمم پارامتر تركيبي را برابر با $Budget + k \times Deadline$ قرار بده.
۵. تا هنگامي كه برنامه كاربر با رعايت محدوديت‌هاي بودجه تعيين شده و مهلت موقت، قابل اجرا مي‌باشد، تكرار كن:
   a. الگوريتم AEBCO را با مهلت موقت اجرا كن (به طوري كه نگاشت كارها انجام نشود و فقط كارها به منابع منتسب شوند).
   b. اگر هزينه كارها در زمانبندي بدست آمده از بودجه تعيين شده توسط كاربر بيشتر است، تكرار را متوقف كن.
   c. مقدار پارامتر تركيبي را محاسبه كن: $Cost + k \times Time$.
   d. اگر اين مقدار از مينيممي كه تا به حال بدست آمده است كمتر است، مينيمم پارامتر تركيبي را برابر با آن و بهترين مهلت را برابر با مهلت موقت قرار بده.
   e. مهلت موقت را اندكي كاهش بده (براي نمونه، ۱۰ واحد).
۶. الگوريتم AEBCO را با بهترين مهلت اجرا كرده و عمل نگاشت كارها را انجام بده.

شكل (۱): الگوريتم **CTOC**

۴-۲- الگوريتم دوم (CTOT)

الگوريتم CTOT با استفاده از الگوريتم AEBTO و تكرار آن به دفعات زياد، سعي مي‌كند عمل زمانبندي كارها را

طوري انجام دهد که مقدار پارامتر ترکيبي هزينه و زمان به حداقل برسد. الگوريتم CTOT براي اين کار، يک الگوريتم بهينه‌سازي زمان (AEBTO) که کارايي قابل قبولي دارد را به تعداد زياد تکرار مي‌کند و در هر تکرار، مقدار بودجه متفاوتي با نام بودجه موقت را براي الگوريتم AEBCO فراهم مي‌کند تا زمان مينيمم با توجه به اين بودجه بدست بيايد. البته در اينجا الگوريتم AEBTO طوري عمل مي‌کند که نگاشت کارها به منابع انجام نشود و تنها عمل انتساب موقت آنها به منابع انجام گيرد. بودجه‌اي که در آن، پارامتر ترکيبي، کمترين مقدار را دارد، به عنوان بهترين بودجه انتخاب مي‌شود. در نهايت، الگوريتم بهينه‌سازي زمان (AEBTO)، مينيمم زمان را با صرف بهترين بودجه بدست آمده، محاسبه کرده و عمل نگاشت کارها را انجام مي‌دهد.

جزئيات الگوريتم CTOT در شکل (۲) آمده است. همانطور که مشاهده مي‌شود، در هر بار تکرار، مقدار بودجه موقت به مقدار کم (مثلاً ۱۰۰ واحد) کاهش مي‌يابد تا دقت بهترين بودجه بدست آمده زياد باشد. الگوريتم AEBTO در حين تکرار به جاي اينکه از بودجه تعيين شده توسط کاربر استفاده کند، از بودجه موقت براي بدست آوردن زمانبندي بهينه استفاده کرده و در پايان نيز بهترين بودجه بدست آمده را به کار مي‌برد. الگوريتم CTOT در ابتدا کارها را به صورت نزولي بر حسب طول مرتب کرده و از روش زمانبندي يکباره استفاده مي‌کند.

۵- نتايج شبيه‌سازي‌ها

الگوريتم‌هاي پيشنهادي با استفاده از جعبه‌ابزار GridSim [15] شبيه‌سازي شده و نتايج آنها بررسی می‌گردد. محيط شبيه‌سازي شده براي گريد، شامل تعدادي منبع و يک کاربر است. کليه منابع محاسباتي داراي يک پردازنده هستند که مشخصات آنها در جدول (۱) داده شده است. همانطور که مشاهده مي‌شود، ناهمگوني بالايي براي منابع در نظر گرفته شده است. برنامه کاربر از ۲۰۰ کار مستقل از هم تشکيل شده است که طول هر کار به صورت تصادفي از محدوده (۱۱۰۰۰۰...۱۰۰۰۰۰) انتخاب مي‌شود. از آنجا که در اينجا مقايسه دقيق الگوريتم‌هاي مختلف، مطرح نيست، محدوده طول کارها طوري انتخاب شده است که کارها تقريباً همگون باشند و به انجام تعداد زياد آزمايش و ميانگين‌گيري نتايج نياز نداشته باشيم. کاربر مقدار ۲۰۰۰۰۰ را براي بودجه و مقدار ۵۰۰۰۰ را براي مهلت تعيين کرده و بهينه‌سازي همزمان هزينه و زمان را درخواست مي‌کند.

۱. کارها را از نظر طول به صورت نزولي مرتب کن.
۲. مقدار متغيرهاي بودجه موقت و بهترين بودجه را برابر با بودجه تعيين شده توسط کاربر قرار بده.
۳. ضريب ارزش مالي زمان را محاسبه کن: $k = \frac{Budget}{Deadline}$
۴. مينيمم پارامتر ترکيبي را برابر با $Budget + k \times Deadline$ قرار بده.
۵. تا زماني که برنامه کاربر با رعايت محدوديت‌هاي مهلت تعيين شده و بودجه موقت قابل اجرا مي‌باشد، تکرار کن:
   a. الگوريتم AEBTO را با بودجه موقت اجرا کن (به طوري که واگذاري کارها انجام نشود و فقط کارها به منابع منتسب شوند).
   b. اگر زمان اجراي کارها در زمانبندي بدست آمده (زمان لازم براي اجراي کارها در پرکارترين منبع) از مهلت تعيين شده توسط کاربر بيشتر است تکرار را متوقف کن.
   c. مقدار پارامتر ترکيبي را محاسبه کن: $Cost + k \times Time$.
   d. اگر اين مقدار از مينيممي که تا به حال بدست آمده است کمتر است، مينيمم پارامتر ترکيبي را برابر با آن و بهترين بودجه را برابر با بودجه موقت قرار بده.
   e. بودجه موقت را اندکي کاهش بده (براي نمونه، ۱۰۰ واحد).
۶. الگوريتم AEBTO را با صرف بهترين بودجه اجرا کرده و عمل نگاشت کارها را انجام بده.

شکل (۲): الگوريتم **CTOT**

جدول (۱): پيکربندي منابع

نام منبع	نرخ اجرا (MI/sec)	قيمت (G$/sec)	قيمت مفيد (G$/1000MI)
R1	۱۰۰	۰,۵	۵
R2	۱۸۰	۱,۰	۵,۵۵
R3	۲۴۰	۱,۵	۶,۲۵
R4	۲۸۰	۲	۷,۱۴
R5	۳۰۰	۲,۵	۸,۳۳
R6	۴۰۰	۴	۱۰
R7	۵۰۰	۶	۱۲
R8	۶۰۰	۹	۱۵

هر دو الگوريتم پيشنهادي به طور جداگانه در شرايط يکسان شبيه‌سازي مي‌شوند. با توجه به مقادير بودجه و مهلت که توسط کاربر تعيين شده است مقدار ضريب k در پارامتر ترکيبي برابر با ۴ خواهد بود. به اين ترتيب، هدف

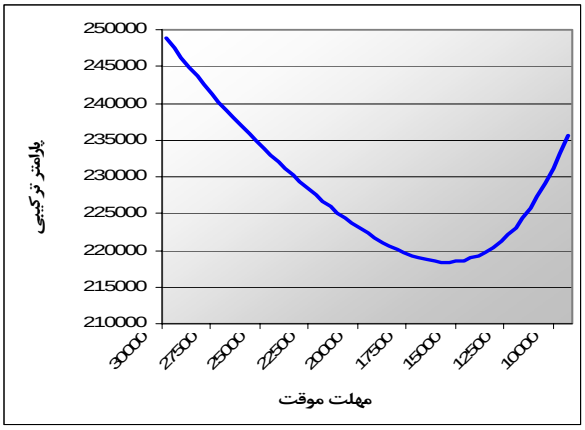
الگوريتم‌هاي بهينه‌سازي همزمان اين خواهد بود كه هزينه و زماني را براي اجراي كارهاي كاربر بدست آورند كه مقدار پارامتر تركيبي $Cost + 4 \times Time$ در آن مينيمم باشد.

روند كاهش مهلت موقت (از مقدار ۳۰۰۰۰ تا مينيمم زمان اجرا) و تغييرات پارامتر تركيبي براي الگوريتم CTOC در شكل (۳) نشان داده شده است. نمودار ارائه شده، مقدار مينيمم پارامتر تركيبي را براي مهلتي تقريباً برابر با ۱۵۰۰۰ مشخص مي‌كند. در نهايت الگوريتم CTOC كارها را طوري زمانبندي مي‌كند كه هزينه اجراي آنها برابر با ۱۵۶۷۰۰ واحد شده و مدت زمان لازم براي اجراي آنها برابر با ۱۵۵۰۰ واحد باشد.

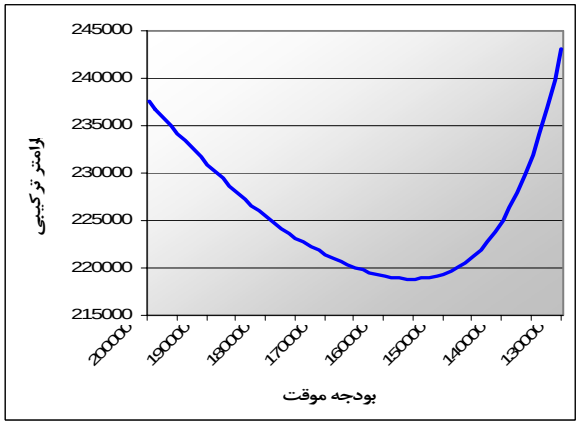
روند كاهش بودجه موقت (از بودجه تا مقدار ۱۳۰۰۰۰) و تغييرات پارامتر تركيبي براي الگوريتم CTOT در شكل (۴) آمده است. نمودار ارائه شده، بودجه‌اي تقريباً برابر با ۱۵۵۰۰۰ را به عنوان بهترين بودجه براي رسيدن به مينيمم پارامتر تركيبي نشان مي‌دهد. در نهايت الگوريتم CTOT كارها را طوري زمانبندي مي‌كند كه هزينه اجراي آنها برابر با ۱۵۶۵۰۰ واحد شده و مدت زمان لازم براي اجراي آنها برابر با ۱۵۶۰۰ واحد باشد.

۶- نتيجه‌گيري

در اين مقاله، يک استراتژي جديد و كاربردي با نام بهينه‌سازي همزمان هزينه و زمان براي استفاده در گريدهاي محاسباتي اقتصادي با مدل بازار كالا معرفي شد. همچنين دو الگوريتم مكاشفه‌اي كه اين استراتژي را اتخاذ مي‌كنند، پيشنهاد گرديد. اين الگوريتم‌ها با استفاده از جعبه‌ابزار GridSim شبيه‌سازي شده و كارايي آنها مورد بررسي قرار گرفت. نشان داده شد كه الگوريتم‌هاي پيشنهادي مي‌توانند با توجه به نيازهاي كاربر، هزينه و زمان را به طور همزمان مينيمم كنند.



شكل (۳): روند تغييرات پارامتر تركيبي بر حسب مهلت در الگوريتم **CTOC**



شكل (۴): روند تغييرات پارامتر تركيبي بر حسب بودجه در الگوريتم **CTOT**

مراجع

[1] Y. Mahdavifar and M. R. Meybodi, "New Scheduling Algorithms for Cost Optimization in Economic Computational Grids", Proceedings of 12th Annual CSI Computer Conference of Iran, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran, pp. 513-519, Feb. 20-22, 2007.

[2] Y. Mahdavifar and M. R. Meybodi, "New Algorithms for Time Optimization in Economic Computational Grids", Proceedings of 15th Conference on Electrical Engineering (15th ICEE), Volume on Computer, Telecommunication Research Center, Tehran, Iran, May 15-17, 2007.

[3] Y. Mahdavifar and M. R. Meybodi, "New Scheduling Algorithms based on Learning Automata for Time Optimization in Economic Computational Grids", Technical Report, Computer Engineering Department, Amirkabir University of Technolog, 2007.

[4] Y. Mahdavifar and M. R. Meybodi, "New Scheduling Algorithms based on Learning Automata for Cost Optimization in Economic

زیرنویس‌ها

[1] Computational Grids
[2] Heterogeneous
[3] Workstations
[4] Commodity Market Model
[5] Heterogeneous
[6] Deadline
[7] Heuristic
[8] Cost-Time Optimization by Cost optimization
[9] Cost-Time Optimization by Time optimization
[10] Million Instruction
[11] Homogeneous
[12] Resource Discovery
[13] Resource Trading
[14] Admission Control
[15] Dispatching

Computational Grids", Technical Report, Computer Engineering Department, Amirkabir University of Technolog, 2007.

[5] I. Foster and C. Kesselman, The Grid: Blueprint for a Future Computing Infrastructure, Morgan Kaufmann, San Francisco, 1999.

[6] I. Foster, C. Kesselman and S. Tuecke, "The anatomy of the Grid: Enabling scalable virtual organizations", International Journal of Supercomputer Applications, 2001.

[7] M. Baker, R. Buyya and Domenico Laforenza, "Grids and Grid technologies for wide-area distributed computing", The Journal of Concurrency and Computation: Practice and Experience, Vol 14, Issue 13-15, Nov. 2002.

[8] V. Berstis, Fundamentals of Grid Computing, IBM Redbooks, November 2002.

[9] R. Buyya, D. Abramson, and J. Giddy, "A Case for Economy Grid Architecture for Service-Oriented Grid Computing", Proceedings of the 10th IEEE International Heterogeneous Computing Workshop, April 2001.

[10] R. Buyya, D. Abramson, and J. Giddy, "An Economy Driven Resource Management Architecture for Global Computational Power Grids", Proceedings of the 2000 International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications, June 2000.

[11] R. Buyya, D. Abramson, and J. Giddy, "Nimrod-G: An Architecture for a Resource Management and Scheduling System in a Global Computational Grid", The 4th International Conference on High Performance Computing in Asia-Pacific Region, May 2000.

[12] R. Buyya, D. Abramson, J. Giddy, and H. Stockinger, "Economic Models for Resource Management and Scheduling in Grid Computing", The Journal of Concurrency and Computation: Practice and Experience, May 2002.

[13] R. Buyya, J. Giddy, D. Abramson, "An Evaluation of Economy-based Resource Trading and Scheduling on Computational Power Grids for Parameter Sweep Applications", Proceedings of the 2nd International Workshop on Active Middleware Services, August 2000.

[14] R. Buyya, Economic-based Distributed Resource Management and Scheduling for Grid Computing, Ph.D. Thesis, School of Computer Science and Software Engineering, Monash University, Melbourne, Australia, April 2002.

[15] R. Buyya and M. Murshed, "GridSim: A Toolkit for the Modeling and Simulation of Distributed Resource Management and Scheduling for Grid Computing", Journal of Concurrency and Computation: Practice and Experience, pp. 1-32, May 2002.