

ارائه روشی جهت ارزیابی قابلیت اطمینان با بهره‌گیری از شبکه‌های پتری رنگی در محیط گرید

زهرا مزارعی^۱، علی هارون آبادی^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد شبکه‌های کامپیوتری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تهران، ایران

^۲ دانشیار گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز، تهران، ایران

چکیده

شبکه‌های گرید محاسباتی زمینه‌ای را فراهم آورده است که بتوان از منابع ناهمگن در نقاط مختلف جغرافیایی برای حل مسائل پیچیده علمی، مهندسی و تجارت استفاده کرد. و بنابراین نیاز هر چه بیشتر به قابلیت اطمینان در این گونه شبکه‌ها داریم. با بهره‌گیری از ابزار شبکه‌های پتری رنگی، الگوریتم ژنتیک، زمان‌بندی Min - Max، می‌توان به تخصیص بهینه منابع به وظایف کمک کرد. تا بتوان زمان اجرا در محیط گرید را کاهش داد که با توجه به معکوس بودن رابطه قابلیت اطمینان و زمان اتمام وظایف می‌توان به روند منظم‌تری در بهبود قابلیت اطمینان در بازه‌های زمانی موردنظر رسید. هر چه این بازه‌های زمانی بیشتر باشد، افزایش قابلیت اطمینان را در مقایسه با کارهای پیشین به‌وضوح می‌توان دید. از آنجایی که قابلیت اطمینان خود در بازه [۰ و ۱] تغییر می‌کند، در بازه‌های زمانی بالاتر این افزایش به مقدار دهم می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: گرید محاسباتی، قابلیت اطمینان، ابزار شبکه‌های پتری رنگی، زمان اتمام.

۱- مقدمه

محاسبات گرید، فراساختار سخت‌افزاری و نرم‌افزاری است که قابلیت اعتماد و فراگیر و دسترسی ارزان به منابع محاسباتی موجود بر روی شبکه را فراهم می‌آورد. میان‌افزار گرید توانایی هماهنگ کردن منابع اشتراکی و حل مسئله در سازمان‌های چند نهادی و پویا را دارد. مهم‌ترین مسئله‌ای که در اینجا مطرح است، مسئله‌ی به اشتراک گذاشتن منابع است. البته باید توجه داشت که منظور از اشتراک منابع، مبادله‌ی مستقیم فایل نیست بلکه امکان دسترسی آسان به کامپیوترهای موجود در شبکه و استفاده از قدرت محاسباتی و سایر امکاناتی که آن‌ها خود مایل به اشتراک گذاشتن آن‌ها هستند، مد نظر است. اشتراک منابع در گرید توسط سیستم مدیریت منابع^۱ کنترل می‌شود. درخواستی را که کاربر به RMS تحویل می‌دهد، وظیفه می‌نامند، RMS باید وظیفه تحویل گرفته شده را به زیر وظایف تقسیم نموده و آن را برای حل به منابع موجود برای اجرای موازی اختصاص می‌دهد. پس از اتمام منابع اختصاص داده شده به زیر کارها، نتایج آن‌ها به RMS بازگشت داده می‌شود. در نهایت، RMS نتایج دریافت شده را از همه‌ی خروجی‌های کار ارسال شده، ادغام می‌کند. برای رسیدن به هدف گرید و حداکثر استفاده از منابع موجود در محیط گرید، نحوه‌ی توزیع زیر وظایف بین منابع و زمان بندی آن‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این زمان بندی با در نظر گرفتن کیفیت سرویس انجام می‌شود و سعی بر این است که در حین زمان‌بندی، زیر وظایف به گونه‌ای بین منابع پخش کنند که حداکثر کیفیت سرویس حاصل گردد. کیفیت در محیط‌های مختلف معانی متفاوتی دارد. اما به طور کلی کیفیت یک مشخصه‌ی غیر عملیاتی است که، شامل: کارایی، بازدهی، قابلیت اطمینان، دسترسی پذیری، امنیت، هزینه، قابلیت استفاده و ... یا ترکیب آن‌ها می‌باشد. در یک محیط شبکه‌ای توزیعی مانند گرید، چندین مسئله‌ی جدید در مورد کیفیت سرویس مطرح می‌شود که این مسائل در مورد سیستم‌های کامپیوتری مجرد مطرح نیست. مشکل زمانی ایجاد می‌شود که این منابع ناهمگن بوده و هر کدام ملزومات خاص خود را داشته باشند. سومین مسئله مربوط به کنترل نامتمرکز می‌شود. در حالت کلی، منابع در محیط گرید خود مختار هستند. منابع موجود در محیط گرید علاوه بر وظایفی که کاربران به سیستم مدیریت منابع تحویل می‌دهند، موظف به اجرای وظایف محلی نیز هستند. بدین ترتیب زمان‌بندی‌های محلی، اقدام به زمان‌بندی وظایف محلی کرده و زمان‌بند گرید هیچ کنترلی روی وظایف محلی ندارد و صرفاً وظایف تحویل داده شده به سیستم مدیریت منابع را زمان‌بندی می‌کنند. سیاست‌های متفاوتی برای تامین کیفیت سرویس در یک شبکه وجود دارد. از آن جمله می‌توان به سیاست‌های حداکثر تلاش، بلادرنگ و رقابتی اشاره کرد. هر کدام از این سیاست‌ها بسته به محل مورد استفاده و انتظاراتی که از سیستم می‌رود، می‌توانند مفید واقع شوند. اکثر زمان‌بندی‌هایی که در محیط گرید ارائه می‌شود در واقع تلاش در راستای رسیدن به کیفیت سرویس بهینه در این محیط می‌باشد. به عنوان یکی از معیارهای مهم کیفیت سرویس در محیط گرید، قابلیت اطمینان در سرویس‌های گرید، باید مطالعه شود. چرا که مطالعه آن می‌تواند به طراحان سیستم‌ها در جهت تولید سیستم‌های بهتر و با قابلیت اطمینان در محیط گرید در نظر گرفته می‌شود. و همیشه سعی بر این است که یک وظیفه در زمانی کمتر از زمان تعیین شده برای آن، اجرا شود. معمولاً، تکنیکی که در محیط گرید برای افزایش قابلیت اطمینان استفاده می‌شود، تکنیک افزونگی است. به این ترتیب که RMS گرید به همراه افزایش قابلیت اطمینان، خیلی مورد توجه قرار نگرفته و صرفاً چند مدل ساده با استفاده از شبکه‌های پتری برای آن طراحی شده است. مدل رسمی: در تحقیق جاری جهت ارزیابی قابلیت اطمینان از مدل‌های رسمی بهره گرفته می‌شود، از مدل‌های رسمی که جهت مدل‌سازی رفتار سیستم مورد توجه قرار گرفته، شبکه پتری رنگی می‌باشد.

۲- ادبیات تحقیق

در این قسمت به بیان سابقه تحقیقات و نتایج بدست آمده در داخل و خارج از کشور و نظرات علمی موجود در مقالات و پایان نامه های اخیر در باره ی موضوع تحقیق می پردازیم: لویتین و همکارانش مطالعاتی درباره ی قابلیت اطمینان در سرویس های گرید داشتند که قابلیت اطمینان کار اجرا شده را محاسبه کرده و کارایی سرویس های گرید را آنالیز کردند. از توپولوژی ستاره استفاده می کردند. اگرچه راه حل ریاضی پیشنهاد شده برای ارزیابی قابلیت اطمینان و کارایی در سرویس های گرید مفید بود ولی به یک مدل رسمی در محیط گرید تبدیل نشد [۱]. Liu و همکارانش آنالیز هایی را بر پایه ی شبیه سازی برای فرآیند هایی تجاری بیان کردند. به طور مثال، یک مدل شبیه سازی زنجیره تامین مجازی برای آنالیز ها استفاده کرده تا کارایی را برای استراتژی تصمیم بهبود بخشد و نشان دادند که شبیه سازی فرآیند های تجاری، می تواند برای آنالیز استاندارد ها به کار رود و در مفهوم یک شرکت مهندسی، شبیه سازی فرآیند های تجاری، مهندسی مجدد فرآیند های تجاری را پشتیبانی می کند [۲]. لی و همکارانش یک نوع شبکه برای مدلسازی پردازش تجاری به نام شبکه های جریان کاری نرمال شده معرفی که این شبکه ها بر اساس تعریفی از شبکه های پتری ارائه شده اند و همچنین MSMQ را بر اساس زمان بندی سیستم برای سرویس های گرید ارائه کردند که از شبکه های پتری تصادفی برای ارزیابی و مدلسازی استفاده کرده اند [۸]. هان و همکارانش یک کار پردازشی توزیع شده در محیط گرید را بوسیله ی شبکه های پتری مدلسازی کرده اند. چارچوب برنامه ریزی منابع در محیط گرید را ارائه داده اند، و عملیات مربوط به کارهای گرید را با شبکه های پتری زمانی مدلسازی کرده اند. به علاوه وضع زمانی برنامه ریزی کار بوسیله ی مدل RTG زمان بندی شده است که مقیاس هایی همچون توازن بار توسط آنالیز RTG بدست آمده اند [۹]. تان و همکارانش: نظریه شبکه ی پیچیده، یک راه مفید برای مطالعه سیستم های پیچیده است. مدل تجزیه و تحلیل قابلیت اطمینان بر اساس نظریه شبکه های پیچیده معرفی شده و به سیستم های گرید هوشمند، وابسته می باشد. بیشتر بر فهم ساختار های گرید تاکید شده و از مدل های شبکه اساسی استفاده می کند. این رابطه و اثر متقابل و چگونگی رخ دادن خطای آبخاری به سیستم های گرید هوشمند وابسته می باشد [۱۲]. کارن و همکارانش، گرید را با سیستم محاسبات جهانی مقایسه کردند و طرحی از منافع سیستم ترکیبی بیان کردند. سپس، آنها سیستم برنامه ریزی ترکیبی را برای محاسبات با گذردهی بالا ارزیابی کردند. متعاقباً یک مدل جدید براساس سیستم صف بندی ارائه دادند و شبیه سازی ها برای خوشه های زیادی از نود های ناهمگن متعلق به شبکه های محلی انجام شد [۱۳]. مرادی: برنامه ریزی کار بر اساس RL در گرید به عنوان زمان بندی توزیع شده ی مرکزی ارائه شده است. برنامه ریزی چند عامله شامل یک عامل یاد دهنده و چندین عامل برنامه ریز می باشد. در این زمان بندی، عامل برنامه ریز، مکان را به عامل یاد دهنده اختصاص می دهد و جدول سودمندی جهانی را آپدیت و به اشتراک می گذارد تا برنامه بر اساس آن اقدام کند [۱۶]. شبکه های پتری و الگوریتم ژنتیک برای حل مسائل بهینه سازی گوناگونی استفاده می شوند. برای مثال، مدل شبکه های پتری زمانی (که این گونه از شبکه های پتری تنها در جایی که زمان به ارتباطات اضافه شود، بیان می گردد و می توان برای برنامه ریزی کار و توزیع امکانات از این مدلسازی استفاده کرد) و الگوریتم ژنتیک برای بهبود کارایی در پردازش ها به کار می رود [۱۸].

۳- محیط گرید و مفاهیم آن

مفاهیم و تکنولوژی های موجود در زمینه های گرید بسیار جدید هستند. گرید برای اولین بار در سال ۱۹۹۸ توسط Foster و Kesselman مطرح شد. قبل از آن، تلاش های زیادی برای هماهنگ کردن منابع توزیع شده در سطح شبکه و استفاده از آن

ها برای انجام وظایف صورت گرفته بود ولی گرید مفاهیم جدید و تازه ای را مخصوصا از لحاظ مدیریت وظایف و تمرکز بر روی اجزاء مرکزی مطرح کرد. در سال ۱۹۹۸ Foster و Kesselman تعریف زیر را از گرید ارائه کردند: "گرید محاسباتی، فراساختاری سخت افزاری و نرم افزاری است که دسترسی اتکاپذیر، سازگار، ارزان، فراگیر و پایدار به منابع محاسباتی موجود در شبکه را فراهم می آورد. "گرید را می توان این گونه نیز تعریف کرد: "یک چهار چوب نرم افزاری و لایه ای از سرویس ها، برای دسترسی و مدیریت منابع سخت افزاری و نرم افزاری توزیع شده، فراهم می آورد. "نقطه ی مشترک میان این تعاریف اشتراک منابع است. هدف اصلی از گرید که برای کاربران توانایی مهار کردن تعداد زیادی از منابع ناهمگن که در مناطق گسترده توزیع شده و به سازمان های مختلف تعلق دارند را فراهم آورند. در محیط گرید وظایف به صورت مجرد و بر روی یک سیستم اجرا نمی شوند، بلکه این وظایف به زیر وظایف شکسته شده و هر کدام از آن ها برای اجرا به منابع عضو گرید فرستاده می شوند. منابع موجود در شبکه با استفاده از لینک های ارتباطی به یکدیگر متصل هستند. یک لینک امکان ارتباط و تبادل اطلاعات بین دو کامپیوتر مرتبط را فراهم می آورد. توپولوژی لینک، ساختار اتصال بین کامپیوتر ها را معین می سازد.



شکل شماره ۱. محیط گرید با توپولوژی ستاره

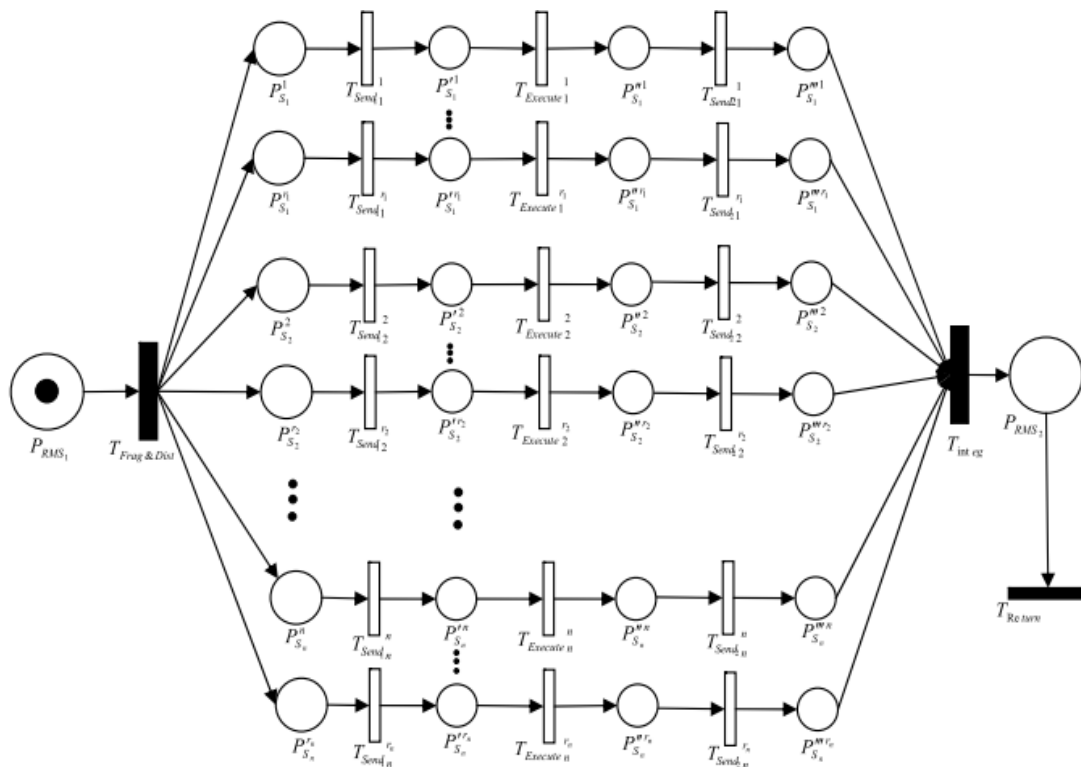
بنا به شکل شماره ۲، در توپولوژی ستاره، RMS در ارتباط با همه ی کامپیوتر های موجود در شبکه است و عمل پخش زیر وظایف بین کامپیوتر ها و دریافت نتایج از آن ها، همگی به عهده ی RMS است. توپولوژی ستاره به دلیل ارائه مدلی انتزاعی از سیستم گرید و عدم وجود خطا های دارای منبع مشترک در آن مورد توجه است. همان طور، که اشاره شد، در محیط گرید به جای این که کاربرد ها در یک وظیفه ی مجرد اجرا شوند، به مجموعه ای از چندین وظیفه ی وابسته به هم یا مستقل از هم تجزیه شده و اجرا می شوند. بنابراین بسیاری از کاربرد های گرید به دسته ای از کاربرد ها به نام گردش کار متعلق هستند. در اینجا منظور از کاربرد های گردش کار، کاربرد هایی هستند که نیاز است زمان بندی شده و در روی منابع مختلف اجرا شوند تا نتیجه نهایی حاصل گردد.

نوآوری: با استفاده از CPN Tools می خواهیم قابلیت اطمینان را ارزیابی و یک تابع برازندگی برای حساب کردن آن بدست آوریم و با الگوریتم ژنتیک مسئله را راحت تر کرده و وظایف را به منابع تخصیص داد.

۴- روش پیشنهادی

سیستم مدیریت منابع در گرید (RMS) که مسئله حیاتی اشتراک منابع در گرید را کنترل می کند، وظیفه ی دریافتی را برای اجرا به زیر وظایفی تقسیم کرده که برای اجرای موازی آنها را به منابع اختصاص می دهد، اما در اینجا نحوه ی توزیع زیر

وظایف به منابع و زمان بندی با در نظر گرفتن پارامترهای کیفیت سرویس (قابلیت اطمینان، هزینه، امنیت، ...) برای حداکثر استفاده از منابع موجود در گرید مهم است. برای محاسبه ی قابلیت اطمینان از تکنیک افزونگی استفاده می کنیم، که با استفاده از این تکنیک RMS هر وظیفه را به یک منبع انتساب نمی دهد بلکه به چندین منبع برای پردازش همزمان انتساب می دهد. برای اجرای روش در شبکه ی پتری داریم: عناصر شبکه پتری عبارت است از: ۱ - مکان (منابع) ۲ - توکن (وظایف) ۳ - کمان (مکان را به گذار وصل می کند و برعکس) ۴ - گذار (فوری و زمانی). در شبکه ی داده شده برای محاسبه ی قابلیت اطمینان می توان از زمان اجرای زیر وظایف استفاده کرد. که این دو پارامتر با یکدیگر رابطه عکس دارند. و زمان بندی بر روی منابع با هدف بالا بردن درصد استفاده از منابع در کنار کاهش زمان اجرا، با استفاده از الگوریتم ژنتیک صورت می گیرد. راه کار این الگوریتم برای ما انتساب بهینه ی وظایف به منابع می باشد.



شکل شماره ۲. روش پیشنهادی

۴ - ۱: الگوریتم ژنتیک: این الگوریتم از موارد زیر تشکیل شده است: ۱ - کروموزوم: هر کروموزوم دارای تعدادی ژن است که ژن ها در واقع منابع ما هستند. ۲ - جمعیت: مجموعه ای از کروموزوم ها است و در واقع یک راه حل یعنی یک نگاشت بین وظایف و منابع برای مسئله ی ما می باشد. ۳ - تابع برازندگی: به هر کروموزوم یک ارزش می دهیم که این ارزش زمان تاخیر وظایف کروموزوم ها می باشد و طبق زیر بدست می آید:

$$f(c, g) = \frac{1}{\sum_{i=1}^n Make\ span_i^{c, g}} + \frac{1}{\sum_{i=1}^n Cost_i^{c, g}}$$

۴ - عملگر انتخاب: یک جفت از کروموزوم ها را با بالا ترین مقدار تابع برازندگی انتخاب می کنیم. ۵ - عملگر تبادل: یک نقطه تصادفی از کروموزوم های اول را انتخاب کرده و بعد در هر دو کروموزوم، از آن نقطه تا انتهای کروموزوم، زیر دنباله های مشخص از کروموزوم ها را جا به جا می کنیم. ۵ - عملگر جهش: بیانگر این است که یک وظیفه در درون یک کروموزوم را به صورت تصادفی به یک منبع جدید انتساب دهیم (تا الگوریتم در بهینه ی محلی قرار نگیرد). این الگوریتم را ادامه می دهیم / تا جاییکه هیچ بهبودی در ارزیابی های جدید صورت نگیرد و همه ی کروموزوم ها به یک نگاشت (بهترین تخصیص وظایف به منابع) همگرا شوند و هزینه ی کافی برای ادامه ی الگوریتم موجود نباشد.

۴ - ۲: زمان اجرا (Make span): بنا به شکل شماره ۳ وقتی RMS وظیفه را گرفت و در دو گذار آنی (T_{frag& dist} که آن را می توان یک گذار در نظر گرفت) آن را به زیر وظایف تقسیم و بین منابع توزیع می کند، که بنا به تکنیک افزونگی n (تعداد زیر وظایف) از r (تعداد منابع) کوچکتر (n < r) می باشد. اگر وظیفه ی S_i، منبع R_j را در اختیار گیرد باید در مکان های P_{si}^j یک توکن قرار گیرد و سپس داده ی مورد نیاز برای اجرای زیر وظیفه ی S_i در زمان T_{send 1} آماده شده و تحت این گذار زمانی به مکان های P'_{si}^j منتقل می شود، در اینجا همه چیز آماده ی اجرا می باشد و طی گذار زمانی اجرای T_{exec} به مکان های P''_{si}^j منتقل شده، که در این مکان ها نتایج آماده شده و طی گذار زمانی T_{send 2} نتایج حاضر شده و آماده برگشت به RMS می شوند. (می توان دو گذار زمان T_{send 1} و T_{send 2} را در گذار زمانی T_{transmit} کاهش داد.) و در نهایت وقتی که همه ی زیر وظایف کارشان تمام شد چونکه این توکن ها هستند که هم زمان و هم احتمال (احتمال نبودن خطا در پردازش داده و احتمال نبودن خطا در انتقال داده) اجرای زیر وظایف را با خود حمل می کند. از روش زمان بندی Min - Max استفاده کرده و زمان اجرا را طبق تعریف زیر بدست می آوریم:

$$Makespan = \max(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n Completion\ time(S_i, r_j))$$

۵- پیاده سازی روش پیشنهادی

اگر وظیفه ی تحویل داده شده به RMS دارای پیچیدگی اجرای C بوده و آن را به زیر وظایف S₁, S₂, ..., S_n تقسیم کنیم، آنگاه داریم:

$$\sum_{i=1}^n c_i = C \quad (1)$$

از رابطه ی بالا می توان تعداد عملگر هایی که باید در محاسبه ی زمان اجرا به کار رود، تخمین زد. زیر وظایف S_i از طریق RMS به منابع R_j در طی گذار زمانی T_{send} داده ی rd_i را می فرستند و این منابع هم به RMS در طی گذار زمانی داده

- ی I_i را انتقال می دهند، پس همه ی داده ی انتقالی میان RMS و منبع R_j به منظور اجرای زیر وظیفه S_i از رابطه ی زیر بدست می آید:

$$A_i = rd_i + I_i \quad (2)$$

$$t = \frac{A_i}{BW_j} \quad (3)$$

$$T = \frac{c_i}{ps_j} \quad (4)$$

که در نهایت زمان انتقال داده (t) را با T_{send} جمع می کنیم و زمان پردازش زیر وظیفه S_i توسط منبع R_j ، (T) را با زمان اجرا T_{exec} جمع می کنیم. احتمال نبودن خطا در پردازش داده (p) را در احتمال نبودن خطا در انتقال داده (q) ضرب کرده و زوج مرتب زمان و احتمال را توکن همراه خود حمل می کند. بنا به شماره منبع (j) که همان اندیس مکان است و شماره زیر وظایف (i) که همان اندیس زمان می باشد.

$$T = \min(T_{ij} + t_{ij}) \quad (5)$$

$$T = \max_{i=1}^n (T_{i,Ri}) \quad (6)$$

$$T_i = 2 \times r + n + 3 \quad (7)$$

قابلیت اطمینان برابر است با احتمال اجرای وظیفه در زمانی کمتر از یک مقدار داده شده ($T_{reliable}$)

$$\sum_{i=1}^m P_i * 1(T_i < T_{reliable}) \quad 1(true) = 1 \ \& \ 1(false) = 0 \quad (8)$$

مثال : در این بخش برای روشن شدن مطلب مثالی از یک شبکه گرید فرضی با استفاده از شبکه های پتری رنگی مدل سازی و قابلیت اطمینان با استفاده از ابزار شبکه های پتری رنگی ارزیابی شده است.

جدول ۱. ویژگی های منابع

S_2	S_1	
۱۰۰	۶۰	پیچیدگی محاسباتی
۸۰	۳۰	داده ی مورد نظر

جدول ۲. ویژگی های زیر وظایف و احتمالات عدم شکست

R_4	R_3	R_2	R_1		
۸	۳	۶۰	۴۰	سرعت پردازش	
۵	۴	۵۵	۳۰	پهنای باند	
۰/۶۰	۰/۹۲	۰/۶۴	۰/۹۵	$P(S_1)$	احتمال عدم شکست در منابع در طول پردازش
۰/۶۷	۰/۸۷	۰/۶۳	۰/۹۴	$P(S_2)$	
۰/۵۸	۰/۸۸	۰/۵۶	۰/۹۸	$q(S_1)$	احتمال عدم شکست در خطوط ارتباطی حین انتقال
۰/۶۱	۰/۹۳	۰/۶۰	۰/۹۱	$q(S_2)$	

جدول ۳. جدول انتخاب

S_2		S_1		
$T_{Execution}$	$P_{NO Failure}$	$T_{Execution}$	$P_{NO Failure}$	
۵/۱	۰/۸۷	۱۱/۵	۰/۹۳	R_1
۳/۱	۰/۳۷	۶/۴	۰/۳۵	R_2
۵۳/۳	۰/۸۰	۹۵	۰/۸۰	R_3
۲۸/۵	۰/۴۰	۶۷/۵	۰/۳۴	R_4

نمونه: با تخصیص بهینه منابع R_2 و R_3 به زیر وظیفه S_2 و تخصیص بهینه منابع R_1 و R_4 به S_1 . نسبت به کارهای پیشین که از تخصیص تصادفی منابع به زیر وظایف استفاده می شد، در نتیجه دارای زمان اجرای کمتر و قابلیت اطمینان بیشتری هستیم.

$$T_{ij} : 100 \div 60 = 1/67$$

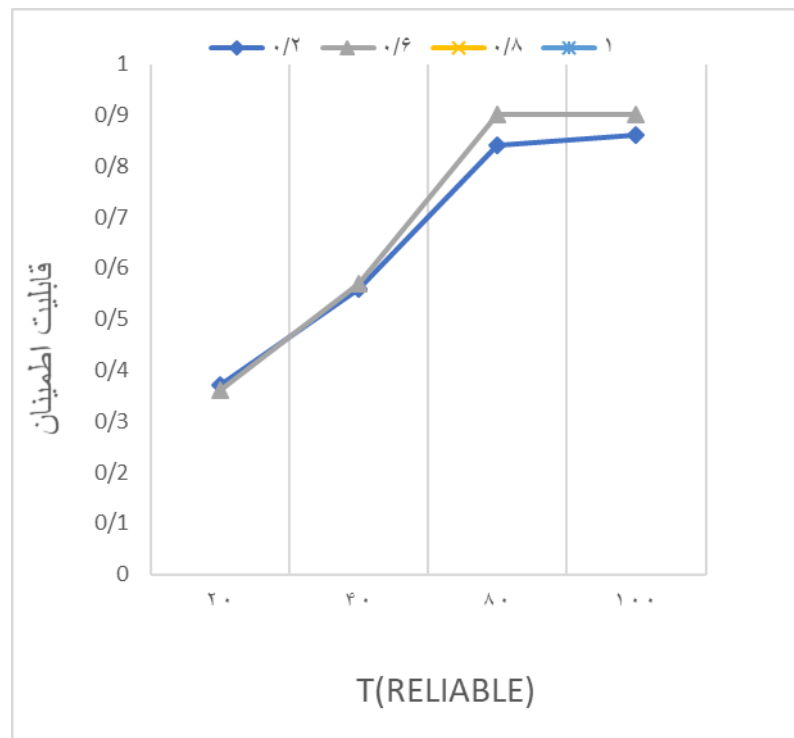
$$t_{ij} : 80 \div 55 = 1/45$$

زمان اجرای (T) که می شود مجموع دو زمان بالا و برابر است:

$$T : 1/45 + 1/67 = 3/12$$

$$R : 0/63 * 0/60 = 0/378$$

و قابلیت اطمینان بنا به بازه ی زمانی (۲۰) بدست می آید:



نمودار ۱

۶- نتیجه گیری و کارهای آینده

تکنولوژی گرید یک روش جدید است و به اعتقاد برخی از کارشناسان شانس دوم اینترنت، محسوب می شود، به سرعت در حال پیشرفت بوده و هر روز مباحث جدیدی در این زمینه مطرح شده و یا مباحث موجود بسط داده می شوند. با استفاده از بسط های سطح بالایی از شبکه های پتری، که اصولاً برای مدل سازی سیستم های همروند طراحی شده اند، می توان نحوه ی اجرای وظایف در یک سیستم گرید را مدل سازی نمود. کاری که ما در اینجا انجام داده ایم: که در آن وظایف می توانند در میان منابع موجود در گرید توزیع و توسط RMS مدیریت شوند. RMS وظایف وارد شده را به چندین زیر وظیفه تقسیم می کند. سپس زیر وظایف در میان منابع در دسترس در شبکه به منظور اجرای موازی توزیع می شوند و بعد از اجرای هر زیر وظیفه، نتایج بدست آمده توسط RMS یکپارچه شده و نتیجه ی نهایی به عنوان خروجی به سمت کاربر ارسال می شود. در این میان می توان با انتخاب منابع مناسب برای هر زیر وظیفه قابلیت اطمینان را بهبود بخشید. این جریان کاری را می توان با استفاده از شبکه - های پتری رنگی مدل سازی کرد. در اینجا جریان کاری گفته شده، همراه با عملیات انتخاب منابع بهینه برای زیر وظایف با هدف بهبود قابلیت اطمینان با استفاده از شبکه های پتری رنگی مدل سازی شده است. باید توجه داشت که در گرید قابلیت اطمینان به صورت احتمال اجرای وظایف در زمانی کمتر از یک زمان مشخص تعریف می شود. زمان بندی وظایف در گرید از جمله مباحث مهم و مطرح در محیط گرید می باشد. ارائه الگوریتم های زمان بندی که بتواند زمان اجرای وظایف را به حداقل برسانند، از اهمیت ویژه ای در این مقوله برخوردار است.

ازجمله کارهای آینده که می توان در این زمینه انجام داد، می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- برداشتن برخی از مفروضات مسئله و دخیل کردن فرض های واقعی تر در حل مسئله.

- استفاده از مدل مذکور و تعمیم آن برای توپولوژی های دیگر گرید از جمله توپولوژی درختی و سلسله مراتبی.
- افزودن سیستم صف به هر کدام از منابع و مدل سازی اجرای کارهای محلی در هر کدام از منابع.
- لحاظ کردن وابستگی داده ای بین زیر وظایف و انتظار برخی از زیر وظیفه ها جهت گرفتن داده مورد نیاز از زیر وظایف دیگر.

منابع

- [1] Y-sh. Dai, G. Levitin, K. S. Trivedi, performance and Reliability of tree-structured grid service considering data dependence and failure correlation, IEEE Transaction on computer 56 (7) (2008) 925-936.
- [2] Y. Liu, J. Jijima, Business process simulation in the context of enterprise engineering, J. simul.9 (3) (2015) 206-222.
- [3] T. Yoo, supply chain simulation using business pricess modeling in Services Oriented architecture, Int. J. Inf. Syst. Supply chain manage. 8(4) (2015) 30-43.
- [4] Bisogno, combining modeling and simulation approaches: how to measure performance of business processes, Bus. Process Manage. J. 22 (1) (2016) 56-74.
- [5] Z. Guo, A timed colored petri nets simulation-based self-adaptive collaboration method for production-logistics systems, Appl. Sci. 7(3) (2017) 235.
- [6] A. Djedovic, optimization of business processes by automatic reallocation of Rresources using the Genetic algorithm, 2016 11th International Symposium on Telecommunications (Bihtel,) Sarajevo, 2016, pp. 1-7.
- [7] R. Heinrich, Integrating business process simulation for performance prediction, Softw. Syst. Model. 16(1) (2017) 255-277.
- [8] SH. Li, B, song, normalized workflow net: its definition and properties, Future Generation Computer System 21 (2007) 1001-1014.
- [9] Y. Han, Ch. Jiang, X. Luo, Resource scheduling model for grid computing based on sharing synthesis of petri nets, in: proceedings of the 9th International Conference on computer Supported Cooperative Work in Design Proceedings, (2008), PP.365-372.
- [10] F. Kamyab, M. Amini, S. sheykhha, Demand response program in smart grid using in supply function bidding mechanism, IEEE Trans. 7(3) (2016) 1277-1284.
- [11] M. L. Tuballa, M. L. aAbundo, A review of the development of smart grid technologies, renew. Sustain Energy Rev. 59(2016) 710-725.
- [12] K. M. Tan, J. Y. yong, Integration of electric vehicles in smart grid: A review on vehicles to grid technologies and optimization techniques. Sustain Energy Rev.53 (2016) 720-732.
- [13] E. Caron, V. Garonne, Definition, modeling of a grid computing scheduling system for high throughput computing, future Generation Computer System 23 (2010) 968-976.
- [14] P. Hansen, N. Mladenovic, S. Hanafi, variable neighborhood search: basics and variant, EURO Journal on Computational Optimization 5(3) (2017) 423-454.
- [15] M. T. Younis, S. Yang, A genetic algorithm for independent job scheduling In grid computing, in: European Conference on the Applications of Evolutionary Computation, 2017.pp. 177-189.
- [16] M. moradi, A centralized reinforcement learning method for multi-agent job scheduling, (Grid, in 6th International Conference on computer and Knowledge Engineering (ICCKE) 2016) 171-176.

- [17] A. Aktas, K. Erhan, S. Ozdemir, Experimental investigation of a new smart energy management algorithm for a hybrid energy storage system in smart grid Applications Elect-power Syst. 144 (2017) 185-196.
- [18] H. Dezani, Optimizing urban traffic flow using Genetic algorithm with petri nets analysis as fitness function, Neurocomputing.124 (2015) 162-167.
- [19] W. We, H. Song, W, Li, P. Shen, Gradient-driven parking navigation using a continuous information potential field based on wireless sensor network, Inform. Sci.408 (2017)100-114.