

مقایسه مدل‌های رایانشی توزیع شده و کاربردپذیری آن‌ها

مجید حاجی بابا

دانشجوی دکتری، پژوهشکده برق و فناوری اطلاعات، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، تهران

پست الکترونیکی: hajibaba.m@irost.org

سعید گرگین*

استادیار، پژوهشکده برق و فناوری اطلاعات، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، تهران

پست الکترونیکی: gorgin@irost.org

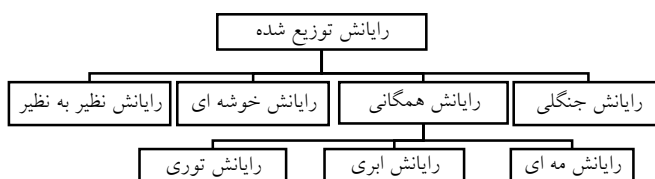
چکیده

رایانش توزیع شده با توزیع کار بر روی چندین رایانه و استفاده از قدرت رایانشی آن‌ها، برای انجام محاسبات سنگین به کار می‌رود و دارای مدل‌های متفاوتی است. سازمان‌هایی که نیاز به محاسبات بالا دارند، برای توزیع کار بر روی چندین ماشین ممکن است از هر یک از این مدل‌ها بهره ببرند. این تنوع مدل‌ها و تشخیص بهترین مدل رایانشی توزیع شده چالشی است که سازمان‌ها با آن روبرو هستند و ممکن است با نادیده گرفتن این موضوع متضرر شوند. بنابراین برای شناخت مدل رایانشی مناسب یک سازمان، شناخت ویژگی‌های هر مدل و مقایسه آن‌ها با یکدیگر ضروری است. به این منظور در این مقاله 31 ویژگی از سه مدل پرستفاده رایانش توزیعی (خوشه‌ای، توری و ابری) بررسی می‌شود تا به بینش دقیق‌تری از آن‌ها و ویژگی‌هایشان دست یافته و مدل رایانشی مناسب هر سازمان مشخص گردد. در نتیجه این مقایسه می‌توان گفت برای کاربردهایی که نیاز به محاسبات بالا در مدت زمانی طولانی دارند رایانش خوشه‌ای بهترین راه حل و برای کاربردهایی که نیاز به توان عملیاتی بالا و دسترسی بالا یا مقیاس‌پذیری نامحدود دارند، رایانش ابری مناسب است. همچنین برای بهره‌گیری از زیرساخت موجود یک سازمان بدون نیاز به سرمایه‌گذاری اضافی، استفاده از رایانش توری بهترین گزینه است.

واژگان کلیدی: سیستم‌های توزیع شده، رایانش ابری، رایانش توری، رایانش خوشه‌ای، مقایسه.

1- مقدمه

در رایانش توزیع شده¹ مجموعه‌ای از فرآیندها برای رسیدن به هدفی واحد با یکدیگر همکاری می‌کنند. رایانش توزیع شده دارای انواع متفاوتی است که در شکل (1) نشان داده شده است.



شکل 1: دسته‌بندی رایانش توزیع شده

فناوری‌های رایانش خوشه‌ای، رایانش توری و هم اکنون رایانش ابری، اجازه می‌دهند تا با تجمیع منابع، حجم عظیمی از قدرت رایانشی به صورت یک سیستم مجازی واحد، در دسترس باشد.

زمانی رایانش با کارایی بالا² به سازمان‌هایی محدود می‌شد که توانایی خرید ابررایانه‌ها را داشتند. نیاز به رایانش با کارایی بالا در مقیاس کوچک‌تر و ارزان‌تر منجر به شکل‌گیری رایانش خوشه‌ای در دهه 1980 شد. رواج اینترنت و دسترسی به رایانه‌های پر قدرت و شبکه‌های پرسرعت روش استفاده از رایانه‌ها را تغییر داد. رایانش توری در اواسط دهه 1990 با هدف بهره‌گیری راه دور از قدرت رایانشی بلااستفاده رایانه‌های دیگر به وجود آمد. در ابتدا رایانش توری توفیق چندانی نداشت ولی پس از گذشت چندین سال یک راه

* نویسنده مسئول

¹ Distributed Computing

² High Performance Computing (HPC)

مؤثر برای اشتراک منابع و حل مسائل رایانشی با کارایی بالا شد. رایانش ابری، گونه‌ای از رایانش توزیع‌شده است که در سال 2007 پا به عرصه ظهور گذاشت و مخزنی از منابع رایانشی را فراهم آورد که از طریق اینترنت قابل دسترسی هستند. رایانش ابری باعث شد تا سازمان‌ها بتوانند از منابعی همچون شبکه، کارساز³، حافظه، برنامه‌های کاربردی و غیره بدون نیاز به سرمایه‌گذاری زیاد برای خرید، راه‌اندازی و نگهداری آن‌ها استفاده کنند. منابع برحسب تقاضا⁴، بدون هیچ پیش‌پرداخت یا ذخیره‌کردنی تخصیص داده می‌شوند که باعث بهبود بهره‌وری از منابع می‌شود.

به منظور مقایسه مدل‌های رایانشی، مطالعات متعددی همچون [5-13] صورت گرفته است. از این میان تنها [7,8,9] هر سه این مدل‌ها را بررسی کرده‌اند و البته دارای کمبودهایی می‌باشند که این مقاله آن‌ها را پوشش می‌دهد. به‌عنوان مثال ویژگی همگام بودن با اهداف سبز، هزینه تغییر سرویس، مدل تجاری، نوع برنامه‌ها و غیره در هیچ یک از مقالات فوق بررسی نشده است. به دلیل محدودیت فضا، از بررسی جامع این ویژگی‌ها پرهیز شده و تنها مقایسه آن‌ها در جدول 1 آمده است. در این مقاله بعد از معرفی مختصر سه مدل رایانشی خوشه‌ای، توری و ابری به‌منظور انتخاب مناسب با توجه به کاربرد موردنظر، مقایسه‌ای جامع بر روی ویژگی‌های آن‌ها انجام می‌شود و کاربردی که هر یک از مدل‌ها می‌توانند در آن مفید باشند ذکر خواهد شد.

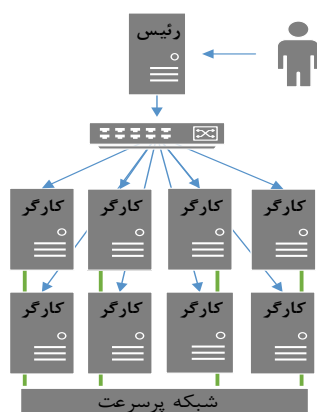
در ادامه این مقاله، در بخش دوم سه مدل رایانشی خوشه‌ای، توری و ابری معرفی خواهد شد. ضمن معرفی هر مدل، معماری و انواع رایانش‌های مربوط به آن‌ها نیز آورده شده است. پس از آن در بخش سوم ویژگی‌های این مدل‌ها از جنبه‌های مختلف، با یکدیگر مقایسه خواهد شد. در بخش چهارم کاربرد هر یک از این مدل‌ها بیان شده و در انتها، نتیجه‌گیری ارائه خواهد شد.

2- مدل‌های رایانشی خوشه‌ای، توری و ابری

فهم دقیق مدل‌های رایانشی توزیع‌شده سبب بهبود درک تفاوت‌های آن‌ها خواهد شد و در این بخش، با مروری اجمالی بر سه مدل رایانش خوشه‌ای، رایانش توری و رایانش ابری، زمینه برای مقایسه آن‌ها فراهم می‌شود.

2-1- رایانش خوشه‌ای

برای سال‌ها رایانش با کارایی بالا توسط ابررایانه‌ها انجام می‌شد. اما ظرفیت ابررایانه‌ها محدود بود و نیاز به قدرت پردازشی بالاتر به‌منظور چیره شدن بر مشکلات رایانشی، خوشه‌ها را جایگزین ابررایانه‌ها کرد که با هزینه‌ای کمتر دسترسی به قدرت رایانشی بالاتری را فراهم می‌آوردند [7]. خوشه مجموعه‌ای از رایانه‌های مستقل و موازی یا توزیع‌شده است که به‌وسیله شبکه‌های پرسرعت به هم متصل می‌باشند (شکل 2).



شکل 2: معماری رایانش خوشه‌ای

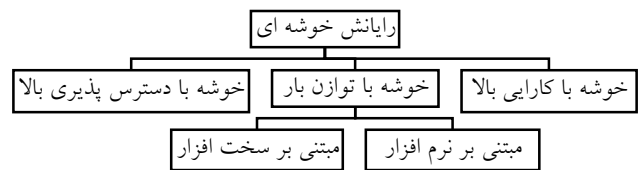
رایانش خوشه‌ای به‌صورت فرمانده/فرمانبر⁵ پیکربندی می‌شود. در این مدل فرمانده مدیریت فرمانبرها و تقسیم کار را به عهده دارد و پس از دریافت درخواست کاربر، آن را بین تمام فرمانبرها توزیع می‌کند تا یک خوشه تشکیل شود. این رفتار باعث توزیع متوازن کار رایانشی بر روی ماشین‌های متفاوت می‌شود و باعث بهبود عملکرد سیستم خوشه‌ای می‌شود. خوشه‌ها اغلب برای اهداف رایانشی به کار

³ server

⁴ On Demand

⁵ Mater/Worker

می‌روند و برای کارهایی با ورودی و خروجی بسیار بالا، مناسب نیستند. به‌طور کلی خوشه‌ها با هدف تعادل بار، دسترس پذیری بالا و کارایی بالا به کار می‌روند که انواع خوشه‌ها را تشکیل می‌دهد (شکل 3) ولی هم‌اکنون رایانش خوشه‌ای بیشتر برای محاسبات با کارایی بالا به کار می‌رود.



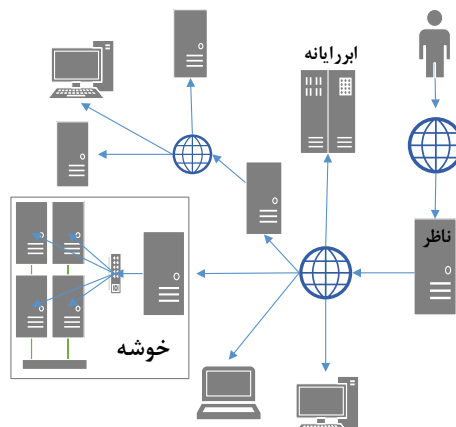
شکل 3: دسته‌بندی رایانش خوشه‌ای [6]

در رایانش خوشه‌ای با دسترس‌پذیری بالا، خوشه‌ها با استفاده از رایانه‌های افزونه⁶ که برای فراهم آوردن خدمات هنگام از کار افتادن دیگر رایانه‌ها به کار می‌روند دسترس‌پذیری بالا را تأمین می‌کنند. کارایی سیستم نیز در این نوع خوشه به دلیل حذف نقطه واحد شکست، بهبود یافته است. آنچه هم‌اکنون در مدل‌های رایانش خوشه‌ای برای دسترس‌پذیری به کار می‌رود استفاده از فرمانبرهای افزونه (نرم‌افزاری) است و لزومی به استفاده از رایانه‌های افزونه (سخت‌افزاری) نیست.

هنگامی که چندین رایانه در یک خوشه به هم متصل شده‌اند، در واقع توان رایانشی خود را به عنوان یک رایانه مجازی واحد به اشتراک گذاشته‌اند. این رایانه‌ها با هم در اجرای رایانش عظیم و کلان داده‌ها⁷ همکاری می‌کنند که این کار با یک رایانه تنها امکان‌پذیر نیست. از دیدگاه کاربران آن‌ها چندین رایانه هستند ولی همانند یک رایانه مجازی واحد عمل می‌کنند. تصویر یک رایانه واحد توسط میان‌افزار خوشه به وجود می‌آید.

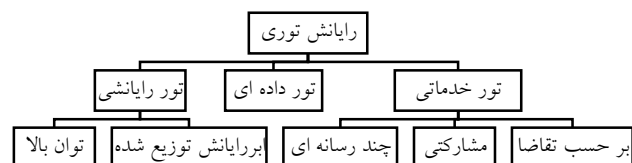
2-2- رایانش توری

رایانش توری همانند شبکه توزیع برق، رایانش را در یک حالت توزیع‌شده انجام می‌دهد و زیرساختی ارائه می‌دهد که می‌تواند شامل ایستگاه‌های کاری، کارسازها، ابررایانه‌ها یا سیستم‌های خوشه‌ای به هم پیوسته نیز باشد (شکل 4).



شکل 4: معماری رایانش توری

رایانش توری، رایانه‌های مستقر در چندین محدوده مدیریتی متفاوت را برای رسیدن به یک هدف مشترک یا حل یک مسئله واحد ترکیب می‌کند. این هدف ممکن است بهبود کارایی سیستم‌ها، دسترسی به داده یا تقویت سرویس‌ها باشد که انواع تور را تشکیل می‌دهد و در شکل (5) نشان داده شده است.



شکل 5: دسته‌بندی رایانش توری [4]

⁶ Redundant

⁷ Big Data

درواقع تور نوعی سیستم توزیع شده یا موازی است که به اشتراک گذاری، انتخاب و تجمیع منابع خودگردان توزیع شده را به صورت پویا در زمان اجرا و برحسب میزان دسترس پذیری، کارایی، هزینه و کیفیت سرویس قادر می سازد.

3-2- رایانش ابری

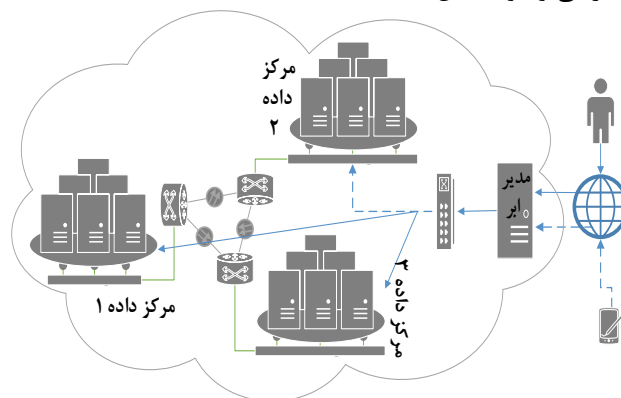
رایانش ابری مفهوم جدیدی نیست، بلکه تغییر شکلی از مدل های پیش از خود، همانند رایانش خوشه ای، رایانش توری و رایانش همه بهر⁸ است. تعاریف گوناگونی برای رایانش در دنیای تجاری و علمی وجود دارد [1] ولی طور مجموع می توان تعریف زیر را برای رایانش ابری در نظر گرفت.

ابر یک سیستم توزیع شده و موازی است که از مخزنی مشترک از منابع مجازی شده در مراکز داده بزرگ تشکیل شده است. این منابع می توانند به صورت پویا پیکربندی شده و از طریق یک مدل پرداخت در ازای استفاده⁹ که توافقات سطح سرویس سفارشی شده بین فراهم کننده و مشتری را تضمین می کند، بهره برداری شوند. همچنین این منابع می توانند به سرعت، بدون دخالت سرویس دهنده تخصیص داده شده یا آزاد شوند و کاربر از مدیریت سخت افزار آزاد است.

آنچه از تعریف فوق و دیگر تعاریف موجود در این حوزه برداشت می شود این است که یک ابر باید ویژگی های زیر را داشته باشد:

- منابع مجازی شده و انتزاعی
- پرداخت در ازای استفاده
- ظرفیت انعطاف پذیر برای نمایش منابع نامحدود
- واسط سرویس به خود

در شکل (6) معماری ابر به طور انتزاعی و گویا نشان داده شده است.



شکل 6: معماری رایانش ابری

رایانش ابری به طور کلی به فناوری مجازی سازی¹⁰ وابسته است. در گذشته استفاده از مجازی سازی باعث از دست رفتن کارایی نرم افزارها نسبت به حالت عادی (اجرا بر روی سخت افزار) می شد. اما در چندین سال گذشته سازندگان پردازنده نوعی پشتیبانی سخت افزاری از مجازی سازی را تعریف کردند که باعث مقبولیت بیشتر این فناوری و استفاده در مدل های رایانشی شده است [5].

در رایانش ابری حداقل سه خدمت ارائه می شود: زیرساخت، بُن سازه¹¹ نرم افزاری و نرم افزار که به ترتیب تحت عناوین PaaS، IaaS و SaaS شناخته می شوند. عرضه منابع مجازی شده (از قبیل منابع رایانشی، انبارشی و ارتباطی) بر حسب تقاضا تحت نام زیرساخت به عنوان سرویس (IaaS) شناخته می شود. خدمت دیگری که در سطح بالاتری از انتزاع ارائه می شود و یک ابر را قابل برنامه نویسی می سازد، تحت نام بُن سازه به عنوان سرویس (PaaS) شناخته می شود. در بالاترین سطح انتزاع در ابر، برنامه های کاربردی از طریق درگاه وب تحت نام نرم افزار به عنوان خدمت (SaaS) ارائه می شود.

مستقل از این که چه نوع خدمتی توسط ابر ارائه می شود، یک ابر می تواند در یکی از دسته های ابر عمومی، خصوصی، انجمنی و ترکیبی¹² قرار گیرد. این دسته بندی در شکل (7) نشان داده شده است.

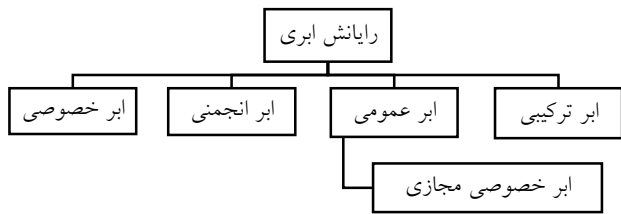
⁸Utility Computing

⁹Pay Per Use

¹⁰ Virtualization

¹¹ platform

¹² (Public | Private | Community | Hybrid) Cloud



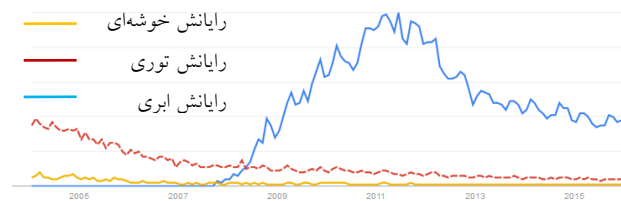
شکل 7: دسته‌بندی رایانش ابری

تقسیم‌بندی ابرعمومی، خصوصی و انجمنی، برحسب افرادی است که از ابر استفاده می‌کنند. ابر ترکیبی شامل هر ترکیبی از سه ابر دیگر است مانند ترکیب ابر خصوصی با ابرعمومی که با هدف دستیابی توأم به امنیت و منابع نامحدود ایجاد می‌گردد. البته دسته‌بندی‌های دیگری از جمله ابر خصوصی مجازی¹³ و ابر مدیریت‌شده¹⁴ نیز وجود دارند [1] که کمتر مورد استقبال قرار گرفته‌اند.

3- مقایسه رایانش خوشه‌ای، توری و ابری

در نگاهی گسترده، مفاهیم خوشه، تور و ابر ویژگی‌های مشترکی دارند اما در جزئیات با هم متفاوت هستند. به‌طور کلی رایانش توزیع‌شده نسبت به رایانش متمرکز مزایایی همچون کارایی، توان عملیاتی، دسترس‌پذیری و قابلیت اطمینان و معایبی همچون امنیت کمتر و مدیریت پیچیده‌تر دارد. هرکدام از این مزایا و معایب، در مدل‌های رایانشی توزیع‌شده، شکل متفاوتی دارند. در این بخش نگاهی موشکافانه به این سه مدل خواهد شد تا تفاوت‌های آن‌ها بهتر شناخته شود.

در ابتدا نگاهی به وضعیت مقبولیت این سه مدل انداخته می‌شود. مقبولیت یک فناوری در طول زمان متغیر است. در شکل (8) با استفاده از ابزار روند نمای گوگل¹⁵، مقبولیت عبارت‌های رایانش خوشه‌ای، رایانش توری و رایانش ابری، در ده سال اخیر نشان داده شده است.



شکل 8: سیر جستجوی (مقبولیت) عبارت‌های رایانش خوشه‌ای، رایانش توری و رایانش ابری در گوگل

با توجه به شکل (8) می‌توان گفت که به‌طور کلی رایانش ابری از مقبولیت بیشتری نسبت به رایانش توری و خوشه‌ای برخوردار است. قابل ذکر است که با توجه به چرخه هایپ گارتنر¹⁶ رایانش ابری [22]، این شکل رایانش ابری به دلیل دوره اوج انتظارها¹⁷ (سال 2010 تا 2012) پس از ظهور فناوری (سال 2007) و کاهش آن در دوره سرخوردگی¹⁸ (سال 2014) است. با ظهور رایانش ابری، رایانش توری مقبولیت خود را تا حدی از دست داده است. رایانش خوشه‌ای نیز پس از گذشت سال‌های بسیار پس از ظهور به یک ثبات نسبی رسیده است.

در بررسی ویژگی‌های این سه مدل، به‌دلیل این‌که شرح ویژگی مدل‌ها و تشریح مقایسه تک‌تک آن‌ها با هم در قالب این مقاله نمی‌گنجد، نتایج به‌صورت خلاصه در جدول 1 نشان داده شده است.

¹³ Virtual Private Cloud

¹⁴ Managed Cloud

¹⁵ Google Trend

¹⁶ Gartner Hype Cycle

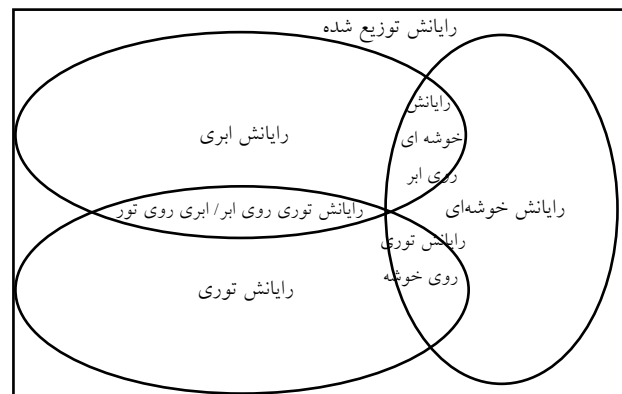
¹⁷ Inflated Expectation

¹⁸ Disillusionment

جدول 1: مقایسه سه مدل رایانشی خوشه‌ای، توری و ابری [1-17,23-30]

ردیف	ویژگی	خوشه	تور	ابر
1	تخصیص منابع	متمرکز	نامتمرکز	متمرکز و نامتمرکز
2	مدیریت منابع	متمرکز	توزیع شده	متمرکز و توزیع شده
3	همبستگی	قوی	سست و قوی	سست
4	اشتراک منابع (چند مستاجر)	ندارد	دارد	دارد
5	تعداد منابع	محدود	محدود	نامحدود
6	تجانس منابع	همگن	ناهمگن	ناهمگن
7	کشسانی	ندارد	ندارد	دارد
8	مجازی سازی	کم	کم	کامل
9	زیرساخت شبکه	اختصاصی، پهنای باند بالا	اینترنت، پهنای باند کم	معمولاً اختصاصی، پهنای باند بالا
10	مقیاس شبکه	LAN	WAN	MAN
11	پروتکل ارتباطی	MPI, PVM	MPI	SOAP, REST, HTTP
12	محلّی بودن داده	مرتبط با نیاز	ندارد	دارد
13	امنیت	زیاد، منابع غیر اشتراکی	متوسط	کم، SSL, SSO, X509 و مجازی سازی
14	قابلیت اطمینان	کم	متوسط	زیاد
15	قابلیت همکاری	خوب، از طریق زبان و استاندارد	خوب، از طریق استانداردها	کم، از طریق وب سرویس
16	استاندارد	دارد	دارد	ندارد
17	مقیاس پذیری	کم، افقی	زیاد، افقی	بیشتر از تور، عمودی و افقی
18	اندازه کارها	بزرگ	بزرگ	کوچک و متوسط
19	کیفیت سطح خدمت	مبتنی بر سیستم (زمان پاسخ، دسترس پذیری، بهره‌وری خوشه)	مبتنی بر برنامه کاربردی (بهترین تلاش)	ناآگاه از برنامه کاربردی (دسترس پذیری، کشسانی برحسب تقاضا)
20	پیچیدگی	کم	زیاد	متوسط
21	شفافیت دسترسی	دارد	بیشتر از خوشه	بیشتر از تور
22	کاربر پسند	کم	بیشتر از خوشه	بیشتر از تور
23	توافق سطح سرویس	محدود (امنیت، قابلیت اطمینان)	دارد (مدل درخواست/پاسخ)	دارد (مدل خود انطباق)
24	سرویس به خود	ندارد	ندارد	دارد
25	معماری خدمت‌گرا	ندارد	دارد	دارد
26	نوع برنامه‌ها	HPC, HTC	HPC, HTC, MTC, Batch	تعاملی، تراکنش‌گرا، HSC
27	مدل تجاری	ندارد	پروژه محور (انعطاف‌ناپذیر)	پرداخت در ازای استفاده (انعطاف‌پذیر)
28	هزینه	در کوتاه‌مدت زیاد، در طولانی‌مدت کم	در کوتاه‌مدت کم، در طولانی‌مدت زیاد	در کوتاه‌مدت کمتر از خوشه و تور، در طولانی‌مدت بیشتر از خوشه و تور
29	هزینه تغییر خدمت	کم	کم	زیاد
30	مالکیت	بیشتر انحصاری	بیشتر غیر انحصاری	ابر عمومی/خصوصی انحصاری و ابر مشترک غیر انحصاری
31	مناسب اهداف	خیر	اشتراک منابع	اشتراک منابع و مجازی سازی

در نهایت رویکردهای رایانشی همچون خوشه روی ابر¹⁹ [19]، تور روی ابر²⁰، ابر روی تور²¹ [1] و تور روی خوشه²² [18] نیز وجود دارد که همپوشانی آن‌ها در شکل (9) نشان داده شده است.



شکل 9: همپوشانی مدل‌های رایانشی خوشه‌ای، توری و ابری

4- رویکرد سازمان‌ها در مواجهه با رایانش خوشه‌ای، توری و ابری

در ابتدا لازم به ذکر است که رایانش‌های توزیع‌شده محدود به این سه مدل نیستند و مدل‌هایی قدیمی همچون رایانش نظیر به نظیر و مدل‌های جدیدتری همچون رایانش جنگلی [20] و رایانش مهی [21] نیز وجود دارند. رایانش نظیر به نظیر کاربردی‌تر بوده و همچنان وجود دارد ولی کمتر استفاده می‌شود. اما دو رایانش جنگلی و مهی کمتر کاربردی شده‌اند و بیشتر جنبه تئوری دارند. در این بخش مناسب‌ترین مدل رایانشی توزیع‌شده برای دسته‌های مختلف کاربرد را بررسی خواهیم کرد.

بهترین مدل رایانشی توزیع‌شده برای برنامه‌های کاربردی با کارایی بالا، رایانش خوشه‌ای می‌باشد. زیرا در این مدل همبستگی بین رایانه‌ها بسیار قوی است و محاسبات در شبکه محلی با پهنای باند بالا صورت می‌پذیرد که با سرعت بالا انتقال اطلاعات را انجام می‌دهد. اما در صورتی که توان عملیاتی بالا²³ نیاز باشد باید از رایانش ابری استفاده کرد تا با استفاده از ویژگی‌های مجازی‌سازی و چند مستأجری بتوان از حداکثر توان سیستم استفاده کرد.

برای برنامه‌های کاربردی که نیاز به امنیت دارند نیز مدل رایانش خوشه‌ای به دلیل این‌که در زیرساخت شبکه داخلی یک سازمان انجام می‌شود مناسب است. امنیت در رایانش توری و ابری به دلیل خروج اطلاعات از زیرساخت سازمان یک چالش است و هم‌اکنون امنیت رایانش ابری جزء مسائل داغ تحقیقاتی می‌باشد.

بهترین مدل برای سازمان‌های نوپا در عرصه فناوری اطلاعات برای به‌کارگیری برنامه‌های کاربردی خود، استفاده از رایانش ابری است. زیرا در این مدل منابع نامحدود با کمترین هزینه در اختیار متقاضیان قرار خواهد گرفت. این سازمان‌ها باید توجه داشتند که در صورت موفقیت طرح خود باید مدل تجاری برنامه خود را بسازند و در صورت مقرون‌به‌صرفه نبودن از اجرای طولانی‌مدت برنامه‌های با محاسبات بالا بر روی ابر پرهیز کنند.

در بسیاری از سازمان‌ها اکثر کارمندان دارای یک رایانه شخصی می‌باشند که با توجه به قدرت پردازشی آن‌ها بهره بسیار کمی از آن می‌برند. در این سازمان‌ها در صورتی که دارای تعداد زیادی کارمند می‌باشند، کسب دانش و به‌کارگیری رایانش توری از رایانه‌های کارمندان می‌تواند به‌عنوان یک مدل پردازشی در کنار دیگر مدل‌ها یا به‌عنوان جایگزین آن‌ها، بسته به کاربرد مفید باشد و از تحمیل هزینه‌های اضافی به سازمان جلوگیری کند.

¹⁹ Cluster on Cloud

²⁰ Grid on Cloud

²¹ Cloud on Grid

²² Grid on Cluster

²³ High Throughput Computing(HTC)

بسیاری از سازمان‌ها با داده‌ها حجیم سر و کار دارند. داده‌های هر سازمان سالانه به‌طور متوسط 50 درصد رشد می‌کنند [31] و چالش اصلی در برنامه‌های کاربردی انتقال داده و محلی بودن داده می‌باشد، به‌طوری‌که تا سال 2020 برای کار با داده‌های حجیم به جای ارسال داده به سوی منابع رایانشی، باید رایانش را به سوی داده‌ها ارسال کنیم [32]. انتقال داده‌ها به پردازنده‌هایی با فاصله دور یک تنگنا می‌باشد. در سرعت ورودی/خروجی نیز تفاوت‌های چشمگیری از دیسک‌های محلی تا شبکه‌های گسترده وجود دارد که می‌تواند بر کارایی برنامه کاربردی تأثیر گذارد. برای فائق آمدن بر این چالش، داده‌ها باید بر روی چندین رایانه توزیع شوند و رایانش برای اجرا شدن به بهترین مکان به منظور کم کردن هزینه ارتباطات هدایت شوند. برای مثال سیستم نگاشت-کاهش²⁴ گوگل که بر سیستم فایل گوگل سوار است به این شکل عمل می‌کند.

رایانش ابری می‌تواند از انبارش متمرکز یا توزیع‌شده استفاده کند و داده‌ها را بر روی منابع توزیع کند؛ بنابراین در ابر با توجه به استفاده از انبارش توزیع‌شده محلیت داده امکان‌پذیر خواهد بود. ولی انتقال اولیه داده‌ها به ابر برای پردازش توزیع‌شده همراه با محلی بودن داده، کار ساده یا مقرون‌به‌صرفه‌ای نخواهد بود. در رایانش توری انبارش داده معمولاً به‌صورت سیستم فایل مشترک است که باعث از دست رفتن محلیت داده‌ها می‌شود [5]. در رایانش خوشه‌ای امکان توزیع داده‌ها بر روی رایانه‌ها و انجام رایانش مربوط به همان داده‌ها در رایانه مربوطه وجود دارد ولی این کار باید توسط کاربر صورت پذیرد و به‌صورت خودکار توسط میان‌افزار خوشه امکان‌پذیر نیست [24]. البته برخی از میان‌افزارها مانند اسپارک [33] در ترکیب با سیستم فایل‌های توزیع‌شده مانند سیستم فایل توزیع‌شده هادوپ²⁵ که باید توسط کاربر نصب شده باشد، محلی بودن داده را فراهم می‌آورند. بنابراین محلی بودن داده امکان‌پذیر است ولی ساده نیست.

بنابراین برای کار با داده‌های حجیم با توجه به دیگر ویژگی‌های برنامه کاربردی می‌توان بین رایانش خوشه‌ای و ابری به ترتیب یکی را انتخاب کرد.

برای سازمان‌هایی که نیاز به مقیاس‌پذیری در یک بازه کوتاه دارند، مانند سازمان سنجش هنگام اعلام نتایج، رایانش ابری به دلیل ویژگی ارائه منابع نامحدود مناسب خواهد بود. با توجه به منابع محدود استفاده از رایانش خوشه‌ای برای این دسته از عملیات مقرون‌به‌صرفه یا جوابگو نخواهد بود.

در سازمان‌هایی که چندین برنامه کاربردی توزیع‌شده یا متمرکز که توان عملیاتی بالایی ندارند و نیاز دارند در بُن‌سازه‌های جدا از هم اجرا شوند، رایانش ابری به دلیل ویژگی چندمستاجری مناسب خواهد بود. البته در رایانش خوشه‌ای با استفاده از ابزارهای جدیدی همچون داکر²⁶ یا مسوس²⁷ [34] می‌توان این دسته از برنامه‌ها را اجرا کرد. اما این راه‌حل‌ها نسبت به ویژگی مجازی‌سازی و چند مستأجری پیچیده و در ابتدای راه خود هستند.

مسئله گرمایش جهانی و انباشت گازهای گلخانه‌ای در جو، به دلیل استفاده از انرژی مبتنی بر کربن که سوخت آن باعث ایجاد دی اکسید کربن می‌شود، نگرانی‌هایی را در جوامع جهانی به وجود آورده است. این نگرانی‌های در فناوری اطلاعات باعث پدیدار شدن رایانش سبز شده است. به طور کلی رایانش سبز به معنای رایانشی با حداقل استفاده از انرژی الکتریسیته است. از طرفی هزینه‌های انرژی الکتریسیته درصد بالایی از هزینه‌های عملیاتی یک سازمان را تشکیل می‌دهند و هدف از سبز بودن کاهش این نوع هزینه و در نتیجه کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای است. رایانش ابری با استفاده از مجازی‌سازی و چندمستاجری در صورت امکان، با جابه‌جایی ماشین‌های مجازی از یک کارساز به کارساز دیگر، امکان خاموش کردن برخی سیستم‌ها را در زمان کم بودن بار می‌دهد. این امکان تا حد زیادی مرهون مجازی‌سازی است که بدون تغییر در اجرای خدمات این امر را ممکن می‌سازد. بنابراین در سازمان‌هایی که به دنبال اجرای رایانش سبز در مراکز داده خود هستند، بهترین انتخاب رایانش ابری است. البته باید توجه داشت که روش‌های متعددی برای رایانش سبز در خوشه موجود است که می‌توان از مدیریت منابع مبتنی بر حامل²⁸ مانند داکر، نام برد.

بنابر مطالب ارائه شده در این بخش و ویژگی‌های مطرح شده در بخش 3 بهترین مدل رایانشی با توجه به هدف یک سازمان به طور خلاصه در جدول 2 پیشنهاد شده است.

²⁴ Map-Reduce

²⁵ HDFS

²⁶ Docker

²⁷ Mesos

²⁸ Container based resource management

5- نتیجه گیری

در این مقاله نشان داده شد که مدل‌های رایانشی خوشه‌ای، توری و ابری با توجه به اشتراک‌هایی که در معماری و برخی ویژگی‌ها دارند، در بسیاری از جنبه‌ها متفاوت هستند. برای این کار ابتدا مختصری در مورد رایانش توزیع‌شده و ظهور مدل‌های رایانشی بیان شد. سپس با مروری بر تعاریف، معماری و تقسیم‌بندی هر مدل رایانشی، زمینه برای مقایسه ویژگی‌های آن‌ها فراهم شد. سپس به مقایسه جامع ویژگی‌های مدل‌های رایانشی خوشه‌ای، توری و ابری پرداخته شد که به صورت خلاصه در جدول 1 آورده شد. در نهایت بهترین مدل برای اجرا هر نوع برنامه کاربردی در یک سازمان بررسی شد که در جدول 2 نشان داده شد.

جدول 2: رویکرد سازمان‌ها در انتخاب مدل رایانشی

ویژگی‌های مرتبط	دلیل	مدل	هدف سازمان
3,9,26	همبستگی بالا	خوشه	توان پردازشی
4,26	چند مستأجری	ابر و تور	بهره‌وری
10,13,30	زیرساخت شبکه داخلی	خوشه	امنیت
27,28	عدم نیاز به خرید سیستم‌های پردازشی	ابر	هزینه اولیه پایین
3,4,6,9,10	پردازش هدف دار در کنار سایر پردازش‌های معمول	تور	به کارگیری سیستم‌های موجود
12	تعامل مناسب با سیستم فایل‌های توزیع شده	ابر و خوشه	کار با داده‌های حجیم
5,7,17	منابع نامحدود	ابر	مقیاس پذیری متناسب
4,8	مجازی‌سازی و چند مستأجری	ابر	سبز بودن

این مقاله کمک می‌کند که مدل‌های رایانشی، با شناسایی، شناخت و ویژگی‌ها و تفکیکشان از یکدیگر، به صورت صحیحی مورد استفاده قرار گیرند. در کارهای آتی برخی از این ویژگی‌ها به طور مستقل در هر سه مدل مورد ارزیابی و آزمون قرار خواهد گرفت تا تفاوت‌ها به طور دقیق‌تر نشان داده شود. ضمن این‌که برخی از ویژگی‌ها همچون صحت داده، حریم خصوصی، جداسازی داده و بارکاری، نظارت کاربر، بازیابی خودکار، پیکربندی پویا، کارایی سیستم و برخی ویژگی‌های دیگر در این مقاله بررسی نشده‌اند. همچنین بیان چالش‌های پیش‌رو و ابزارهای متعارف مورد استفاده برای هر مدل، در کارهای آتی می‌تواند باعث درک بیشتری از تفاوت‌ها و شباهت‌ها شود.

مراجع

- [1] Buyya, R., Broberg J., Goscinski, A., *Cloud Computing: Principles and Paradigms*, Wiley, 2011.
- [2] Kacsuk, P., Németh, Z., Fahringer, T., *"Distributed and Parallel Systems: From Cluster to Grid Computing"*, Springer, 2007.
- [3] Buyya, R., *"High Performance Cluster Computing: Architectures and Systems"*, Prentice Hall, 1999.
- [4] Krauter, K., Buyya, R., Maheswaran, M., *"A taxonomy and survey of grid resource management systems for distributed computing"*, Software: Practice and Experience, vol. 32, no. 2, p. 135-164, 2002.
- [5] Foster, I., Zhao, Y., Raicu, I., Lu, S., *"Cloud Computing and Grid Computing 360-Degree Compared"*, in Grid Computing Environments Workshop, Austin, TX, 2008.
- [6] Kahanwal, B., Singh, T. P., *"The Distributed Computing Paradigms: P2P, Grid, Cluster, Cloud, and Jungle"*, International Journal of Latest Research in Science and Technology, vol. 1, no. 2, pp. 183-187, 2012.
- [7] Sadashiv, N., Kumar, S. M. D., *"Cluster, Grid and Cloud Computing: A Detailed Comparison"*, in The 6th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE), SuperStar Virgo, Singapore, 2011
- [8] Omer, S., Mustafa, A., Alghali, F., *"Comparative study between Cluster, Grid, Utility, Cloud and Autonomic computing"*, IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering vol. 9, no. 6, pp. 61-67, 2014.
- [9] Gandotra, I., Abrol, P., Gupta, P., Uppal, R., Singh, S., *"Cloud Computing Over Cluster, Grid Computing: a Comparative Analysis"*, Journal of Grid and Distributed Computing, vol. 1, no. 1, pp. 01-04, 2011.

- [10] Brandic, I., Dustdar, S., "Grid vs Cloud - A Technology Comparison", Information Technology (it), vol. 53, no. 4, pp. 173-179, 2011.
- [11] Zhang, S., Chen, X., Zhang, S., Huo, X., "The Comparison Between Cloud Computing and Grid Computing", in International Conference on Computer Application and System Modeling (ICCSAM), Taiyuan, 2010.
- [12] Hashemi, S. M., Bardsiri, A. K., "Cloud Computing Vs. Grid Computing", ARPN Journal of Systems and Software, vol. 2, no. 5, pp. 188-194, 2012.
- [13] Hajibaba, M., Gorgin, S., "A review on modern distributed computing paradigms: Cloud computing, jungle computing and fog computing", CIT. Journal of Computing and Information Technology, vol. 22, no. 2, pp.69 -84 2014.
- [14] Hansen, J. G., Jul, E., "Lithium: Virtual Machine Storage for the Cloud", in ACM symposium on Cloud computing, New York, NY, USA, 2010.
- [15] Kondo, D., Javadi, B., Malecot, P., Cappello, F., Anderson, D. P., "Cost-Benefit Analysis of Cloud Computing versus Desktop Grids", in IEEE International Symposium on Parallel & Distributed Processing (IPDPS), Rome, 2009.
- [16] Xiong, K., Perros, H., "SLA-based resource allocation in cluster computing systems", in IEEE International Symposium on Parallel and Distributed Processing (IPDPS), Miami, FL, 2008.
- [17] Melekhova A, Vinnikov V., "Cloud and grid. Part I: Difference and convergence", Indian Journal of Science and Technology, vol. 8, no. 29, pp.1-10, 2015.
- [18] Takefusa, A., Casanova, H., Matsuoka, S., Berman, F., "A study of deadline scheduling for client-server systems on the Computational Grid", in Proceedings of 10th IEEE International Symposium on High Performance Distributed Computing, pp. 406-415, 2001.
- [19] Patel, I., Rau-Chaplin, A., Varghese, B., "Accelerating R-based Analytics on the Cloud", Concurrency and Computation: Practice and Experience, doi: 10.1002/cpe.3026, 2013.
- [20] F. J. Seinstra, J. Maassen, R. V. Nieuwpoort, N. Drost, T. V. Kessel, B. Van Werkhoven, A. H. Bal, "Jungle Computing: Distributed Supercomputing Beyond Clusters, Grids, and Clouds". In Grids, Clouds and Virtualization (M. CAFARO, G. ALOISIO), (2011) pp. 167–199. London: Springer.
- [21] F. Bonomi, R. Milito, J. Zhu, S. Addepalli, "Fog Computing and Its Role in the Internet of Things". Proceedings of the First Edition of the MCC Workshop on Mobile Cloud Computing, (2012), pp. 13–16.
- [22] Smith, D. M., *Hype Cycle for Cloud Computing 2012*, Gartner Inc., 2013.
- [23] Myerson, J. M., *Cloud computing versus grid computing*, developerWorks, IBM, 2009.
- [24] Grid and Cluster Computing: Options for Improving Windows Application Performance, Digipede Technologies LLC, doi: 10.1.1.93.8425, 2003.
- [25] Bias, R., *Grid, Cloud, HPC ... What's the Diff?*, Cloud Scaling The Elastic Cloud Computing, November 2010, <http://www.cloudscaling.com/blog/cloud-computing/grid-cloud-hpc-whats-the-diff/>.
- [26] Sunil, P., *Cloud Computing Vs. Grid Computing*, Buzzle, January 2012, <http://www.buzzle.com/articles/cloud-computing-vs-grid-computing-how-do-they-differ.html>.
- [27] Sedighi, A., *The Real Cost of Cloud Computing*, August 2010, <http://www.devx.com/webdev/Article/45486>.
- [28] CloudLounge, 2013, <http://www.cloud-lounge.org/>.
- [29] *Difference between Cloud Computing and Grid Computing*, 2013, <http://www.differencebetween.info/difference-between-cloud-computing-and-grid-computing>.
- [30] Jackson, J. C., Vijayakumar, V., Quadir, M. A. and Bharathi, C., "Survey on Programming Models and Environments for Cluster, Cloud and Grid Computing that defends Big Data", 2nd International Symposium on Big Data and Cloud Computing, 517-523, 2015.
- [31] Ju J., Wu J., Fu, J., Lin, Z., "A Survey on Cloud Storage" Journal of Computers, vol. 6, no. 8, pp. 1764-1771, August 2011.
- [32] Szalay, A. S., et al., "Designing and Mining Multi-Terabyte Astronomy Archives: The Sloan Digital Sky Survey", Proceedings of the 2000 ACM SIGMOD international conference on Management of data, vol. 29, no. 2, pp. 451-462, 2000.
- [33] Zaharia, M., Chowdhury, M., Franklin, M. J., Shenker, S., Stoica, I., "Spark: cluster computing with working sets", Proceedings of the 2nd USENIX conference on Hot topics in cloud computing, 2010, p.10-10, Boston, MA.
- [34] Hindman, B. et al., "Mesos: a platform for fine-grained resource sharing in the data center", Proceedings of the 8th USENIX conference on Networked systems design and implementation, 2011, Boston, MA.