

به نام خدا

مقدمه ای بر رایانش ابری

و

کاربردهای آن

دکتر ناصر رضائی

استاد دانشکده برق و کامپیوتر

دانشگاه تهران

۱۴۰۰/۰۶/۲۷

فهرست مطالب

۴	۱- مقدمه‌ای بر رایانش ابری
۴	۱-۱- تعریف
۴	۱-۲- سیر تحول
۵	۱-۳- ویژگی‌ها
۶	۱-۴- مزایا و محرک‌ها
۸	۱-۵- چالش‌ها
۹	۱-۶- مدل‌های سرویس‌دهی
۱۰	۱-۷- مدل‌های پیاده‌سازی
۱۳	۲- وضعیت در دنیا
۱۷	۳- وضعیت در ایران
۱۷	۳-۱- شرکت‌های ارائه‌دهنده سرویس‌های ابری
۲۲	۳-۲- فعالیت‌های تحقیقاتی
۲۴	۴- آینده رایانش ابری
۲۵	۵- مهاجرت به رایانش ابری
۲۹	۶- جمع‌بندی
۳۵	پیوست (۱) - Future of Cloud Computing
۴۴	پیوست (۲) - Migration to the Cloud

چکیده

رایانش ابری اصطلاحی است تجاری در فن آوری استفاده از خدمات رایانه‌ای که در آن تجهیزات رایانشی و محاسباتی (اعم از سخت‌افزار، پلتفرم و نرم‌افزار) بصورت توزیع شده، اشتراکی و مجازی روی شبکه عمومی (اینترنت)، خصوصی (اینترانت)، ویا انجمنی (VPN) به کاربران تحویل داده می‌شود. از مهم‌ترین مزایای این فن‌آوری کاهش هزینه تجهیزات، سرعت جذب مشتریان جدید، مقیاس‌پذیری، انعطاف‌پذیری در خدمات‌دهی، افزایش قابلیت اعتماد، استقلال از سخت‌افزار و پلتفرم، می‌باشد. در مقابل، مهم‌ترین دغدغه‌های این فن‌آوری عبارتند از تملک و حریم خصوصی داده‌ها و فضای پردازشی، امنیت و سازگاری سازمان‌های استفاه کننده در بستر روال‌ها و فرآیندها.

در این گزارش، ابتدا معماری، ویژگی‌ها و چالش‌های رایانش ابری مرور شده و سپس وضعیت آن در دنیا و در ایران مورد بررسی قرار گرفته است. مهاجرت به رایانش ابری برای سازمان‌ها و شرکت‌های بزرگ، یک فرآیند زیربنایی و یک ماموریت استراتژیک محسوب می‌شود. از اینرو، پارامترهای موثر جهت تصمیم‌گیری و اجرای این فرآیند از موارد دیگری است که در این گزارش بررسی شده است. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد، مهاجرت به رایانش ابری باید با دقت نظر، صرف وقت مناسب و محتاطانه انجام شود تا ارائه سرویس‌ها با وقفه و کاهش کیفیت همراه نشود، بلکه بیشتر از مزایا و فواید فن‌آوری رایانش ابری که قابلیت اتصال به محورهای دیگر فن‌آوری در دنیای آینده فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات را دارد، استفاده شود. محورهایی مانند موبایل، شبکه‌های اجتماعی و وب‌محاوره‌ای.

برای طی مسیر مهاجرت، قبل از ارائه نقشه راه و معماری مرجع رایانش ابری که از محورهای اصلی مهاجرت محسوب می‌شوند، انجام یک ممیزی در کل سازمان و یا شرکت، به منظور تعیین سطح بهره‌مندی سازمان و یا شرکت از فن‌آوری رایانش ابری، ضروری است.

۱- مقدمه‌ای بر فن آوری رایانش ابری

۱-۱- تعریف

رایانش ابری اصطلاحی است تجاری در فن آوری استفاده از خدمات رایانه‌ای که به تحویل تجهیزات رایانشی و محاسباتی (اعم از سخت‌افزار، پلتفرم و نرم‌افزار) بصورت توزیع شده، اشتراکی و مجازی به کاربران (از طریق شبکه عمومی یا خصوصی) و شارژ آن‌ها به میزان استفاده، اطلاق می‌شود. در این تعریف، توجه به نکات ذیل حائز اهمیت است:

- * این اصطلاح (یعنی رایانش ابری) بیش از این که ماهیت فن آوری داشته باشد، کاربرد تجاری دارد، به این مفهوم که کاربران استفاده از چنین رایانشی، همانند مشترکین آب و برق و گاز و تلفن شهری، در ازای استفاده از این خدمات هزینه مشخصی می‌پردازند. به عبارت دیگر، هزینه‌های OPEX مشتری (یا کاربر) جایگزین هزینه‌های CAPEX می‌شود.
- * مدل‌های خدمات رایانشی که می‌توانند در این فن آوری ارائه شوند، اعم از سخت‌افزار، پلتفرم و یا نرم‌افزار هستند که در بخش‌های بعدی بررسی خواهند شد.
- * زیربنای فن آوری رایانش ابری، سامانه‌های توزیع شده و رایانش مجازی هستند که در آنها منابع (اعم از سخت‌افزار و نرم‌افزار) بصورت اشتراکی بین درخواست‌کنندگان (مشتریان یا کاربران) توزیع می‌شود.
- * منابع یک سامانه رایانش ابری بصورت اشتراکی ممکن است به هر مشتری تخصیص یابد و هیچ منبعی (غیر از انباره‌های طولانی مدت) قابل اجاره اختصاصی (یا خرید کامل) نیست. یعنی اشتراکی بودن منابع در ذات سامانه رایانش ابری است.
- * رایانش ابری معمولاً در بستر شبکه عمومی و یا خصوصی ارائه می‌شود.

۱-۲- سیر تحول

دهه‌ی ۶۰ میلادی زمان ظهور اولین کامپیوترهای بزرگ^۱ بود. این کامپیوترها، قدرتمند و با کارایی بالا برای استفاده در سازمان‌های بزرگ کاربرد داشتند. در این الگوی رایانشی، یک منبع با ظرفیت زیاد پردازشی به صورت مجازی شده در اختیار کاربران قرار می‌گرفت و هر کاربر این احساس را داشت که کل سیستم در اختیار او قرار دارد.

با ارزان شدن کامپیوترها، الگوی رایانشی جدیدی به وجود آمد که به مدل رایانشی مشتری/کارگزار معروف است. به درخواست‌کننده‌ی سرویس، مشتری و به ارائه دهنده یا ارائه دهندگان سرویس، کارگزار می‌گویند.

الگوی دیگر رایانشی که شاید با ایجاد شبکه‌ها به وجود آمد رایانش خوشه‌ای^۲ بود و یکی از دلایل توسعه‌ی شبکه‌ها اتصال منابع رایانشی برای ایجاد خوشه‌ها بوده است. از خوشه‌ها معمولاً در کارهای با حجم پردازش سنگین مانند شبیه‌سازی‌های علمی و یا محاسبات پیش‌بینی هوا استفاده می‌شود.

رایانش مشبک^۳، مفهوم دیگری بود که در شکل‌گیری رایانش ابری نقش غیر قابل انکاری داشت که قدرت محاسباتی و ذخیره‌سازی تعداد زیادی کامپیوتر معمولی را برای انجام محاسبات سنگین به خدمت می‌گرفت. در رایانش مشبک باید یک میان‌افزار وظیفه‌ی مجتمع کردن منابع پردازشی توزیع‌شده در نقاط مختلف و به صورت ناهمگون را داشته باشد. به عبارتی، کاربرها درخواست خود را از طریق میان‌افزار به یک عنصر پردازشی، ارسال می‌نمایند. رایانش مشبک راهی برای استفاده‌ی بهینه از منابع فناوری اطلاعات در داخل سازمان است و همراه با مجازی‌سازی استفاده از منابع پردازشی بهینه‌سازی می‌شود. از نظر عملکردی می‌توان رایانش مشبک را به دو دسته تقسیم‌بندی نمود:

- مشبک‌های پردازشی که روی پردازش‌های سنگین تمرکز دارد.
 - مشبک‌های داده‌ای که روی مدیریت و تسهیم مقدار زیادی داده توزیعی تمرکز دارد.
- تفاوت عمده رایانش مشبک و خوشه‌ای در این است که در رایانش خوشه‌ای، خوشه‌ها همگون هستند در حالیکه در رایانش مشبک، کامپیوترها می‌توانند با سیستم عامل‌های متفاوت و سخت‌افزارهای نه لزوماً یکسان با هم شبکه شوند.

با گذشت زمان و تجاری‌سازی که بر روی سیستم‌های توزیع شده به دست آمد، زمان مناسب برای جهش به سمت رایانش ابری ایجاد گردید. رایانش ابری یک مدل ارائه‌ی سرویس فناوری اطلاعات است که زیرساخت‌های اشتراکی در مقیاس بزرگ و منابع رایانشی به عنوان سرویس با دسترسی‌های خود مدیریت شونده و "پرداخت بر اساس میزان استفاده"، در اختیار تقاضا کنندگان سرویس قرار می‌دهد

۳-۱- ویژگی‌ها

رایانش ابری ذاتاً دارای ویژگی‌های زیر است، یعنی اگر این ویژگی‌ها نباشند، نمی‌توان لفظ رایانش ابری را به آن اطلاق کرد:

الف- تقاضامند و سرویس مینا^۴:

درخواست‌هایی که از سوی مشتریان (کاربران) به سامانه داده می‌شود، عموماً^۵ از بین سرویس‌هایی هستند که ارائه‌دهنده رایانش ابری، عرضه می‌کند. بستر این سرویس‌ها معمولاً^۶ نرم‌افزاری است و برای آن استانداردهایی تدوین شده است. این سرویس‌ها معمولاً^۷ از نوع سرویس‌های وب بوده و به کاربر این اجازه را می‌دهد که با هر مرورگر وبی

روی هر پلتفرم سخت‌افزاری و نرم‌افزاری که در محل استفاده در اختیار دارد، از خدمات مورد اجاره‌اش بهره‌برداری نماید.

ب- کشسان^۵ و مقیاس پذیر^۶:

کشسان به این معنا که کاربر در هر لحظه می‌تواند با توجه به قرارداد بین خود و ارائه‌دهنده رایانش ابری (که SLA^۷ نامیده می‌شود)، در مختصات و اندازه‌های سرویس دریافتی خود تغییر ایجاد کند. یعنی مثلاً، 100 MIPS روی یک ماشین را با ده ماشین هر کدام 10 MIPS عوض کند و پردازش‌های خود را بطور همزمان و موازی روی ده ماشین اجرا کند. مقیاس‌پذیر به این معنا که سرویس‌های ارائه شونده در محیط رایانش ابری باید به‌گونه‌ای باشند که مشتری بتواند به مجرد افزایش درخواست‌هایش، سرویس بیشتر دریافت کرده و طبیعتاً هزینه بیشتری بپردازد. یا در صورت کاهش تقاضایش هزینه‌اش کاسته شود. دقیقاً مثل آنچه در شبکه خدمات شهری برای منازل اتفاق می‌افتد که با خاموش یا روشن کردن هر لامپ مصرفی در منزل هزینه پرداختی به همان نسبت تغییر می‌کند.

پ- مخزن اشتراکی خدمات^۸:

در چنین محیطی مشتری یک ماشین مجازی با توان پردازشی، حافظه اصلی و فضای انباشت داده‌ی مشخص اجاره می‌کند و این فضا از استخر امکانات و منابع موجود در شبکه به وی اختصاص داده می‌شود. او خدمات دریافتی را مثل یک رایانه محلی می‌بیند، در حالی که هیچکس (حتی ناظر شبکه) آگاه نیست که منابع تخصیص یافته به یک مشتری به لحاظ فیزیکی در کجا قرار گرفته است. البته این اطلاعات در سیستم موجود است، ولی تخصیص منابع کاملاً خودکار بوده و نیاز به مدیریت انسانی ندارد.

ت- ارائه خدمات و سرویس‌ها روی بستر پهن‌بند^۹:

اگر این خدمات روی اینترنت (که شبکه عمومی است) عرضه شود رایانش ابری را عمومی تعریف می‌کنند. مثل، ایمیل گوگل و اگر روی اینترنت (یا VPN) ارائه شود، رایانش ابری را خصوصی می‌شناسانند، مثل سرویس ایمیل داخل سازمانی.

ث- معیارها و ابزارهای اندازه‌گیری^{۱۰} مصرف:

در مدل‌های پیشین میزبانی، هزینه‌ی اولیه‌ای برای هر قرارداد سالانه وجود داشت. مدل ابری این سد اقتصادی را شکست، چون از مدل "پرداخت براساس میزان استفاده" بهره می‌برد. سیستم‌های ابری به صورت خودکار میزان استفاده از منابع را کنترل و پایش^{۱۱} می‌کنند. بنابراین، میزان استفاده از منابع به صورت شفاف برای مشتری و ارائه دهنده سرویس در هر لحظه قابل دسترسی است. به عبارت دیگر، "هزینه به‌ازای استفاده" در مقابل "هزینه برای تجهیزات"

ویژگی‌های فوق بر اساس استاندارد می باشد که NIST برای این فن‌آوری منتشر کرده است.

۴-۱- مزایا و محرک‌ها

برای استفاده از این فن‌آوری در حال حاضر و آینده، مزیت‌ها و محرک‌هایی توسط مراجع علمی و رصد فن‌آوری (مانند گارتنر) بیان شده که در این گزارش مواردی از آن به شرح زیر انتخاب شده است:

- کاهش هزینه خرید، نگهداری و به‌روز رسانی تجهیزات: در صورت استفاده از رایانش ابری، مشتریان (سازمان‌ها) احتیاجی به هزینه داخلی گزاف CAPEX برای تامین نیازهای IT خود ندارند و با حداقل هزینه (یک رایانه برای هر کاربر و حداقل تجهیزات شبکه) از محیط رایانش ابری (CORE on Cloud) استفاده می‌کنند. این محرک آنطور که گارتنر می‌گوید برای برخی از سازمان‌ها (مثلاً بانک‌ها) دلیل خوبی است.
- سرعت ایجاد و احداث یک مرکز خدمات جدید: در صورت استفاده از رایانش ابری، راه‌اندازی و ارائه خدمات جدید توسط سازمان‌ها به سرعت قابل انجام خواهد بود. زیرا، هر آنچه که به عنوان بستر نرم‌افزاری و میان‌افزاری برای ارائه خدمات لازم است، هم‌اکنون در حال اجرا است.
- تامین و تغییر سریع مقیاس خدمات دهی بدون نیاز به افزایش یا اتلاف سرمایه: در صورت استفاده از رایانش ابری (پس از امضاء SLA توسط مشتری و ارائه‌دهنده خدمات رایانش ابری)، مشتری می‌تواند در هر زمان، حجم درخواست‌های خود را در محیط رایانش ابری زیاد و یا کم کند، بدون این‌که هماهنگی خاصی با ارائه دهنده خدمات ابری لازم باشد.
- صرفه جویی در انرژی، منابع انسانی و انتخاب مکان: از آنجا که رایانش ابری مبتنی بر شبکه توزیع شده است، مراکز داده (Data Centers) چنین سامانه‌ای می‌تواند در کل محدوده پوشش‌دهی (کشور) توزیع شده باشند. بنابراین، می‌توان از ارزان‌ترین مکان‌ها به لحاظ موقعیت تملک شهری و یا تامین انرژی و کم‌مخاطره‌ترین به لحاظ بلایای طبیعی یا قهری یا مخاطرات استراتژیک و همچنین، پراکندگی مناسب جهت توزیع بار پردازشی و ذخیره‌سازی بهره برد.

- **افزایش قابلیت اعتماد با تکیه بر تکنیک‌های تحمل‌پذیری خطا:** این مزیت هم (مانند مورد قبلی) از ویژگی توزیع شدگی معماری رایانش ابری حاصل می‌شود. چنین ویژگی، این امکان را به طراحان سامانه‌های مبتنی بر رایانش ابری می‌دهد که برای طراحی سیستم پشتیبان، جهت بازیابی (Disaster Recovery) از ماشین‌ها و مراکز داده موجود در خود شبکه بصورت پراکنده و توزیع شده استفاده نمایند و سیاست‌های تحمل‌پذیری خطا را در سخت‌افزار و نرم‌افزار پیاده‌سازی کنند. البته در استانداردهای مربوط به رایانش ابری همه این ملاحظات دیده شده است.
- **استقلال از سخت‌افزار و پلتفرم:** در صورت استفاده از رایانش ابری، مشتریان با هر سخت‌افزار (اعم از رایانه‌های شخصی مبتنی بر IBM یا MAC، موبایل، تبلت و ...) و پلتفرم (ویندوز، لینوکس، جاوا، اندروید و ...) و صرفاً با داشتن یک مرورگر وب، می‌توانند از خدمات ارائه شده توسط یک سامانه رایانش ابری استفاده کنند. یعنی ارائه‌دهنده خدمات رایانش ابری نگرانی زیادی از نظر سازگاری زیرساخت سایت مشتری نخواهد داشت.
- **بهبود جریان نقدینگی و افزایش شفافیت مالی:** از آنجا که تمام تراکنش‌های یک سامانه ابری در مراکز داده یک مجموعه (هر چقدر بزرگ و گسترده) انجام می‌شود، انجام تحلیل‌ها، مطالعات، محاسبات و گزارش‌گیری‌های متنوع امکان پذیر می‌شود. در این شرایط، برای تهیه برخی گزارشات هوش تجاری (BI) و انبارداده‌ای (DW) نیازی به هماهنگی و تقاضا از مشتریان نیست. این روشی است که سرویس‌دهندگانی مانند گوگل، یاهو و فیس‌بوک از رایانش ابری در سرویس‌هایی که به رایگان در اختیار مردم دنیا قرار داده‌اند، از آن استفاده می‌کنند. امروزه این شرکت‌ها بهتر از هر سازمان و ارگان دولتی یا غیر دولتی دیگری می‌توانند مردم دنیا را رفتارسنجی کنند و نیازهای اقتصادی، سیاسی و اجتماعی را رصد کرده و خط مشی‌های مربوطه را تحلیل و محاسبه کنند. به عنوان مثال، برای بانک مرکزی، به عنوان سیاست‌گذار امور بانکی کشور، جدا از رفتار سنجی و تحلیل داده‌های بزرگ تراکنش‌های مالی، پیدا کردن خطاها و تخلفات مالی و مبارزه با پولشویی و ایجاد شبکه‌های فساد مالی بسیار اهمیت دارد. رایانش ابری بهترین راه حل فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات برای تحقق چنین آرمان‌هایی است.
- **امکان پذیری مدل‌های تجاری جدید:** بسیاری از مدل‌های تجاری که شاید امروز به فکر طراحان هم خطور نکرده باشد با استفاده از چنین فن‌آوری ایجاد می‌شود. برای مثال فیس‌بوک به تنهایی توانسته ده‌ها مدل کسب و کار جدید برای شرکت‌هایی که به آمار و ارقام حاصله از دست نوشته‌ها و تمایلات مردمی، نیاز دارند ایجاد کند. حتی بسیاری از مردم عادی با ایجاد صفحات اختصاصی برای کارهای تجاری در فیس‌بوک عملاً بدون داشتن حتی یک متر مربع فضای فیزیکی و تحمل هزینه‌های جاری و ... توانسته‌اند کسب و کار راه‌اندازی کنند و درآمد کسب کنند. به نقل از یکی از کارشناسان گارتنر، باید این فضا ایجاد و استفاده شود تا فرصت‌های جدید خلق شود.

۵-۱- چالش‌ها

هر فن‌آوری در کنار مزایا، مشکلات و چالش‌هایی را نیز به همراه دارد که باید مرتفع شود و نباید به دلیل وجود مشکلی، سیر و حرکت و رشد متوقف شود. در زیر به تعدادی از این مشکلات که البته همگی در محافل علمی و فن‌آوری در دست بررسی و ارائه راه حل هستند، اشاره شده است:

- **تملك و حریم خصوصی:** برخی از مشتریان (از جمله بانکها) مهمترین دغدغه و نگرانی خود را، در مسیر استفاده از خدمات بانکی مبتنی بر رایانش ابری، تملك و حریم خصوصی (Privacy) ابراز می کنند. مهمترین اجزای این حریم شامل متن داده ها، مبدا و مقصد تراکنش ها، آمار تراکنش ها و ترافیک شبکه کاری آنها می شود. آنها معمولاً به دنبال راهی هستند که این اطلاعات را از دید رقبای خود مخفی نگه دارند، تا جایی که بخش قابل توجهی از این حراست و نگاهبانی را رسالت سازمانی خود فرض می کنند.
- به عنوان مثال، در فضای رایانش ابری اگر تراکنش های همه بانکها بخواهد از محمل های ارتباطی مشاء بگذرد یا ذخیره سازی و پردازش آن ها در دستگاه های فیزیکی مشاء و غیر قابل تخصیص کامل انجام شود، بیم آن دارند که به هر حال مالکیت این اطلاعات با بانک های دیگر که مشتری همین خدمات ابری هستند به اشتراک گذاشته شود.
- **امنیت:** نگرانی امنیتی که همواره دغدغه فن آوری اطلاعات و ارتباطات بوده است، با اتصال یک رایانه به شبکه محلی و کشوری چند برابر شده و با رایانش ابری که بر محمل شبکه های توزیع شده استوار است افزون تر خواهد شد. امنیت و مالکیت مهم ترین موانع رشد رایانش ابری در کاربردهای تجاری مثل امور بانکی هستند.
- **تناقض با قوانین و قواعد خاص منطقه ای و حقوقی:** این مشکل بیشتر برای رایانش ابری عمومی در سطح جهانی اتفاق می افتد و در مورد حوزه بانکی داخلی یک کشور با نظام واحد بانکی (مثل ایران) موردی ندارد. به عنوان مثال، اگر بانکداری ابری جهانی یا فرامنطقه ای بین آمریکا و اروپا و شمال آفریقا مد نظر باشد، قوانین اتحادیه اروپا اجازه انجام هیچ تراکنش یا ذخیره و پردازش داده های مالی را خارج از خاک کشورهای عضو اتحادیه نمی دهد. حال اگر چنین سامانه ای بصورت توزیع شده در این مناطق فعال باشد، اعمال این قانون در پیاده سازی سامانه بسیار سخت و دشوار می شود.
- **دشواری بازیابی بخشی از داده ها در صورت بروز بلایا و حوادث قهری و طبیعی:** مشکلی است که عدم تمرکز ذخیره داده ها در معماری توزیع شده ایجاد می کند. البته اگر شبکه پشتیبان نیز به گونه توزیع شده و با توازن و تناسب متقارن شبکه اصلی طراحی شود تا حد زیادی این مشکل قابل رفع است.

۶-۱- مدل های سرویس دهی

مدل هایی که برای سرویس دهی در فضای رایانش ابری معرفی شده اند (توسط مرجع استاندارد سازی NIST) در سه سطح زیر هستند (شکل ۱):

الف- زیرساخت به عنوان سرویس (IaaS^{۱۲}): در این مدل، توان پردازشی و یا ذخیره داده ها، تخصیص و اجاره داده می شود. مثلاً مشتری می تواند یک یا چند ماشین با ظرفیت پردازشی 100 MIPS و فضای ذخیره سازی 1 TB با تعداد تراکنش های خواندن و نوشتن 5 TB/month اجاره کند. در این مدل کاربر می تواند روی سخت افزار مورد اجاره (که بصورت مجازی در اختیار او قرار می گیرد) سیستم عامل دلخواه خود را نصب کند. طبعاً، نرم افزارها، کامپیلرها و مدیریت پایگاه داده ها و ... نیز به اختیار و انتخاب خود مشتری است. از نمونه های تجاری و قابل دسترس چنین مدلی می توان به Amazon EC2 و IBM SmartCloud اشاره کرد.

به‌طور خلاصه، مزایای IaaS یا زیرساخت به عنوان سرویس، شامل موارد زیر است:

- کاهش چشم‌گیر هزینه‌ها
- افزایش ثبات کسب و کار و تسریع روند حل مشکلات زیرساختی
- فراهم کردن بستر خلاقیت در اثر اختصاص زمان و بودجه بیشتر به توسعه خدمات
- افزایش چابکی و انعطاف‌پذیری
- تمرکز بر هسته اصلی کسب و کار، به جای تمرکز بر ایجاد یا نگهداری زیرساخت‌ها
- اطمینان از پشتیبانی فنی
- امنیت بالاتر
- تسریع روند توسعه نرم‌افزارها و خدمات و ورود سریع‌تر به بازار

ب- پلتفرم به عنوان سرویس (PaaS^{۱۳}): یک نسخه مجازی از یک سیستم عامل با منابع (سخت‌افزاری و نرم‌افزاری) سفارشی، اجاره داده می‌شود. در این مدل مشتری حق تعویض سیستم عامل درخواستی را ندارد. ولی، می‌تواند نرم‌افزارهای خود را روی ماشین اجرا شده (که دارای سیستم عامل است) نصب کند. Amazon AMI، Windows Azure و vSphere نمونه‌های بسیار معروف از این مدل هستند. البته IBM SmartCloud هم به مشتریان خود این امکان را می‌دهد که در زیرساخت مورد اجاره از سیستم عامل‌هایی که توسط خود IBM در حین فرایند ثبت‌نام مشتری معرفی می‌شوند، نصب و استفاده کند. بطور کلی، اگر بخواهیم مزایای PaaS یا پلتفرم به عنوان سرویس را در چند جمله خلاصه کنیم، می‌توانیم از موارد زیر نام ببریم:

- کاهش زمان کدنویسی
- افزایش قابلیت‌ها و ظرفیت‌های رشد و توسعه کسب و کار، بدون نیاز به استخدام افراد بیشتر
- امکان توسعه آسان تر اپلیکیشن‌ها برای پلتفرم‌های چندگانه (به‌خصوص برای موبایل)
- استفاده مقرون‌به‌صرفه از ابزارهای پیچیده
- مدیریت بهینه چرخه عمر اپلیکیشن‌ها
- پشتیبانی تیم‌های توسعه فارغ از فاصله مکانی

پ- نرم‌افزار به عنوان سرویس (SaaS^{۱۴}): در این مدل که از متداول‌ترین و قدیمی‌ترین مدل‌های رایانش ابری است، استفاده از یک نرم‌افزار خاص اجاره داده می‌شود. این نرم‌افزارها بیشتر جنبه کاربردی دارند. یعنی برای استفاده عموم مردم (public domain) طراحی می‌شوند. از نمونه‌های شناخته شده که غالباً "مجانی هستند (البته، امکان پرداخت هزینه و دریافت سرویس بهتر و مطمئن‌تر همیشه وجود داشته است) می‌توان به Gmail، Google Doc، Google Drive، Yahoo Mail و بازی‌های آنلاین اشاره کرد.

مزایای استفاده از مدل نرم‌افزار به عنوان سرویس یا SaaS، عبارت است از:

^{۱۳} Platform as a Service
^{۱۴} Software as a Service

- دسترسی آسان به برنامه‌های پیچیده
- استفاده رایگان از نرم‌افزارها
- پرداخت بر مبنای سطح استفاده از خدمات
- دسترسی به دیتاهای مورد نیاز، فارغ از مکان جغرافیایی
- هماهنگ کردن آسان کارمندان



شکل (۱) - مدل های سرویس دهی در رایانش ابری

۷-۱- مدل‌های پیاده سازی

گسترش یک فضای رایانش ابری برحسب عمومی یا خصوصی بودن مخاطبان، به چند دسته زیر تقسیم می‌شود (شکل ۲):

الف- مدل خصوصی:

ابر خصوصی یا ابر داخلی ۱۵ گونه ای از رایانش ابری است که سرویس‌های آن تنها قابل ارائه به تعداد محدودی از افراد است. یک سازمان سرویس‌هایی را برای استفاده درون سازمانی روی یک زیرساخت اینترنت، پیاده‌سازی و بصورت ابری برای کاربران خود عرضه می‌کند. پورتال‌های درون سازمانی می‌توانند مثالی از رایانش ابری کاملاً خصوصی باشند.

ب- مدل انجمنی:

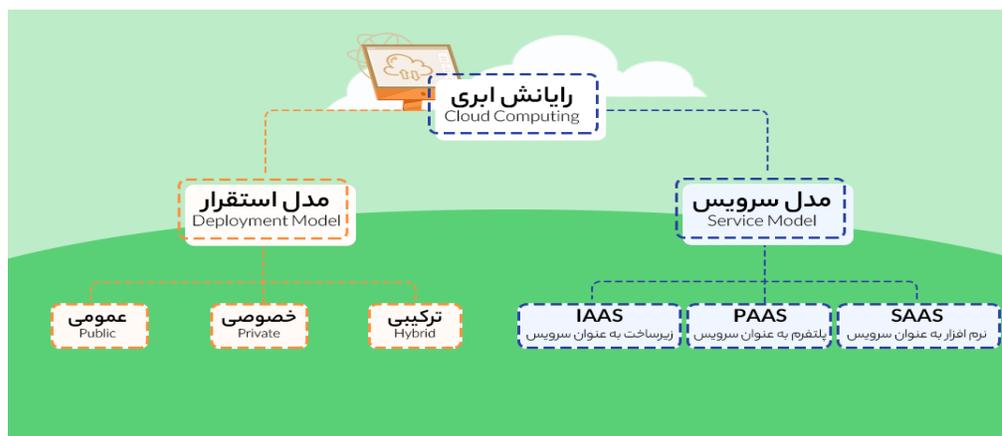
ابر انجمنی مانند یک ابر خصوصی مجازی است، با این تفاوت که دسته‌ی مشخصی از سازمان‌ها و شرکت‌ها که منافع مشترکی با یکدیگر دارند اجازه‌ی دسترسی به آن را دارند. یک انجمن یا گروه خاصی از سازمان‌ها روی یک زیرساخت مشترک با قواعد حقوقی، امنیتی، سازگاری متفق؛ سرویس‌هایی را برای استفاده درون سازمان‌های خود عرضه می‌کنند. این سرویس‌ها بر بستر اینترنت بین آن سازمان‌ها یا VPN روی اینترنتی که فقط آن سازمان‌ها عضو آن VPN هستند، راه‌اندازی و در دسترس قرار می‌گیرد. محدوده جغرافیایی این مدل معمولاً در سطح یک شهر یا کشور است.

پ- مدل عمومی:

در ابر عمومی، شرکت‌های فراهم‌کننده‌ی خدمات ابری، منابع خود، همچون کاربردها، منابع پردازشی و ذخیره‌سازی را (برای استفاده) در اختیار عموم قرار می‌دهند. استفاده از این منابع برای حجم کم ممکن است به صورت مجانی باشد و یا بر اساس پرداخت با توجه به میزان استفاده انجام پذیرد. شرکت‌هایی همچون Google و یا Amazon در ابتدا برای برآورده‌سازی نیازهای سازمان خود ابر خصوصی را راه‌اندازی کردند. سپس، با توجه به گسترش و بالغ شدن این سرویس‌ها امکانات خود را به صورت عمومی^{۱۶} نیز در اختیار همه‌ی مردم قرار دادند و به عنوان شرکت‌های پیشرو در عرصه‌ی ارائه خدمات ابری تبدیل شدند.

ت- ترکیبی:

این مدل، ترکیبی از حداقل یک ابر خصوصی و یک ابر عمومی است. محیط ابر ترکیبی به گونه‌ای است که برخی از منابع توسط خود سازمان مدیریت و نگهداری می‌شود و برخی دیگر در ابر عمومی قرار می‌گیرد تا از ویژگی‌های منحصر به فرد ابر عمومی نیز بهره گرفته شود.



شکل (۲) - مدل‌های پیاده‌سازی رایانش ابری

۲- وضعیت در دنیا

Nowadays there are many companies which are coming with cloud services and are performing better day by day. These Cloud Service Providers, are providing: SaaS, PaaS and IaaS. So, a customer can choose the company which is most suitable for their business and their requirement. The list of some Cloud Service Providers is as follows:

1. Amazon Web Service (AWS) <https://aws.amazon.com/>
2. Microsoft Azure
3. Google Cloud Platform
4. IBM Cloud Services
5. Adobe Creative Cloud
6. ServerSpace <https://serverspace.us/services/cloud-servers/>
7. Kamatera <https://www.kamatera.com/express/compute/>
8. VMware
9. Rackspace
10. Red Hat
11. Salesforce
12. Oracle Cloud
13. SAP
14. Verizon Cloud
15. Navisite
16. Dropbox

Let's discuss 5 top Cloud Service providers of the market:

A- Amazon Web Services (AWS)

Amazon Web Services is a cloud computing platform that provides services such as compute power, database storage, content delivery and many other functions which will help to integrate a business. The Amazon Web Services is flexible, scalable, and reliable and due to this many companies are implementing it in their work. There is no upfront cost and the customer has to pay only for what they have used. It is one of the leading cloud service providers among all.

With the help of the internet, the customer can access highly durable storage such as [Amazon Glacier](#), Amazon S3, and Amazon EBS. It also has a high-performance database such as Amazon Redshift, Amazon Dynamo DB, Amazon ElastiCache and [Amazon RDS](#).

B- ServerSpace Cloud Servers

These are Cloud Servers with Windows & Linux OS. At [ServerSpace Cloud Servers](#), you can choose your own custom configurations, spin up your VM in 40 sec, change the configuration at any time and pay as you go. Unlimited traffic, High-end performance and 24/7/365 human tech support.

VMs are based on the latest 2nd Gen Intel Scalable CPUs with 3.1 GHz frequency and deliver a revolutionary new level of cloud computing. Fast-speed solid-state drives with awesome IOPS rate. Data is stored and always available with no lags.

C- Microsoft Azure

Microsoft Azure is a cloud computing service which is used for building testing deploying and managing the application. This process is done in a global network of the Microsoft-managed data centre. It is private as well as a [public cloud](#) platform. It uses virtualization which differentiates the coupling between the operating system and CPU with the help of an abstraction layer known as a hypervisor.

This hypervisor emulates all the functionality of the physical machine such as hardware and server into a virtual one. There is numerous amount of virtual machine available and each virtual machine can run many operating systems.

In the data centre of Microsoft, there are many servers and each server consists of a hypervisor through which multiple virtual machines can operate. With the help of Azure, it is easy for developers and IT professionals to manage and deploy their applications and services.

D- Google Cloud Platform

Google cloud platform is one of the leading Cloud Computing services which are offered by Google and it runs on the same infrastructure that Google uses for its end-user products. The Google cloud platform is basically used for Google search and YouTube. There are various services offered by Google Cloud such as data analysis, machine learning, and data storage.

The data stored in Google Cloud is secure and can access easily. It offers varieties of services from infrastructure as a service to platform as a service. Google also provides a strong [commitment to security](#) and stability. With the help of the Google cloud platform, the user is free to think about the code and the feature which are needed to develop without worrying about the operations side.

Here most of the services fully manage and details quite easy for the customer to concentrate on their work. In this, [machine learning](#) and the use of API are very easy. The API also helps in speech detection language translation very easily. So it prefers among the customers.

E- IBM Cloud Services

IBM cloud offers services such as platform as a service and infrastructure as a service. This cloud organization can deploy and access its resources such as storage networking and compute power with the help of internet. There are several tools which help the customer to draw on deep industry expertise.

The speed and agility of the cloud fulfil the requirement of the customer and make them feel satisfied. A customer using IBM cloud can easily find growth opportunities, generating new revenue schemes and improving the operational efficiency. The uses of IBM cloud don't have many barriers as compared to traditional technologies.

IBM cloud eliminates the complex problem and the problems which face by large companies. IBM Cloud computing services are also helping home appliance manufacturer, retailer, and medical supply businesses. It uses in because it offers the best services with the price as low as possible.

F- Adobe Creative Cloud

Adobe creative cloud provides the best experience of apps services design photography and web. The Adobe cloud services provide tutorials and templates with which a beginner can easily access the cloud and can start using it. It provides many facilities to the beginner as well as professionals for easy access to the cloud.

It consists of many [applications](#) and services that provide access to a collection of software which uses for video editing, web development, photography, and graphic designs. There are mobile applications as well as computer applications which can use by the customers.

Creative Cloud allows you to work from anywhere and from any device as the files can save to the cloud and can access at any time from anywhere. Creative Cloud was the first host on **Amazon Web Services** but as per the new agreement with Microsoft, the Adobe creative cloud now hosted on Microsoft Azure.

Services Provided by Cloud Providers

Name of Company	IaaS	Paas	SaaS
AWS	Amazon EC2	Amazon Web Services	Amazon Web Services
Microsoft	Microsoft Private Cloud	Microsoft Azure	Microsoft Office 365
Google	–	Google App Engine (Python, Java and many)	Google Applications
IBM	Smart Cloud Enterprise	Smart Cloud Application Services	SaaS Products
Adobe	–	Adobe Creative Cloud	Acrobat, Flashplayer, etc.

طبق آمار و ارقام ارائه شده در چند سایت معتبر، از جمله Forbes و Gartner، درآمد سالیانه رایانش ابری در جهان (برحسب میلیارد دلار) در جدول زیر ارائه شده است.

سرویس	2017	2018	2019	2020	2021
SaaS	101	118.8	135.4	153	171.2
PaaS	11.9	15.2	18.8	23	27.7
IaaS	32.3	41.7	52	64.3	79.3
جمع کل	145.2	175.7	206.2	240.3	278.2

رشد تقریباً دو برابری درآمدهای این حوزه در یک دوره ۵ ساله، نشان از افزایش چشمگیر اقبال عمومی به این صنعت دارد.

۳- وضعیت در ایران

در ایران در سال های اخیر توسعه بسیار خوبی در زمینه سرویس ابری اتفاق افتاده است. شرکت های ایرانی هم مزایای این دسته از خدمات و سرویس ها را به خوبی درک کرده اند و اکنون به دنبال ارتقای سیستم های خود به این سمت هستند.

دبیر چهارمین رویداد سالیانه رایانش ابری ایران (که در تاریخ ۲۶ تیر ۱۳۹۷ توسط مرکز تحقیقات رایانش ابری دانشگاه صنعتی امیرکبیر برگزار شد) از شناسایی ۲۵۰ خدمت مبتنی بر رایانش ابری از سوی شرکت ها و استارتاپ های ایرانی خبر داد و گفت: سامانه مرجع خدمات رایانشی ابری با آدرس <http://app.occc.ir> برای معرفی این خدمات و ارائه قابلیت های آنها راه اندازی شده است.

وی گفت: ۲۵۰ شرکت ارائه دهنده خدمات رایانش ابری نزدیک به ۲۰ درصد صنعت IT را تشکیل می دهند و پیش بینی می شود تا سال ۲۰۲۵، حداقل ۸۰ درصد شرکت ها و سازمان های کشور به زیرساخت های ابری متصل شوند.

وی با اشاره به اینکه در حال حاضر استفاده مردم ما از خدمات رایانش ابری بسیار محدود است، گفت: پیام رسان و خدمات ذخیره سازی شخصی اطلاعات آنلاین، نوعی از خدمات رایانش ابری است که مردم ما در حال حاضر از آنها استفاده می کنند.

وی با اشاره به اینکه هنوز اطلاعات کافی از میزان استفاده شرکت ها و سازمان ها از خدمات رایانش ابری در دسترس نیست، گفت: در حال حاضر انجمن رایانش ابری روی موضوع شناسایی خدمات ابری و سطح بلوغ فنی شرکت ها تمرکز کرده و تابحال حدود ۲۵۰ خدمت مبتنی بر رایانش ابری ایرانی شناسایی شده است

۳-۱- شرکت های ارائه دهنده سرویس های ابری

تعدادی از مهمترین شرکت هائی که در زمینه ارائه سرویس ابری در ایران فعال هستند در این بخش معرفی شده اند.

الف- گروه شرکت های پارس آنلاین

گروه شرکت های پارس آنلاین، در زمینه ی ارائه سرویس IaaS پیشگام بوده است. خدمات زیرساختی فناوری اطلاعات بر روی ابر یا IaaS، نوعی از رایانش ابری است که در آن سرویس دهنده مجموعه امکاناتی از قبیل منابع پردازشی، قابلیت های ذخیره سازی و امکانات شبکه را بصورت آنلاین و خودکار در اختیار کاربران قرار می دهد. تحویل این نوع خدمات آنی بوده و انتخاب منابع مورد نیاز، اعمال تغییرات تقریباً لحظه ای در منابع، پرداخت هزینه و سفارشی سازی بوسیله خود کاربر و به عبارت دیگر بصورت Self-Service انجام می شود.

از کاربردهای اصلی IaaS می‌توان به اپلیکیشن‌های با ماهیت ابری، کسب و کارهای الکترونیکی، اپلیکیشن‌های سازمانی، محیط‌های توسعه نرم افزار، پردازش بصورت دسته ای و اپلیکیشن‌های اینترنت اشیا (IoT) اشاره نمود. امروزه IaaS توسط شرکت‌های بزرگ و شناخته شده دنیا از جمله آمازون، ماکروسافت، گوگل، IBM، اوراکل و ... به عنوان جایگزینی برای خدمات سنتی دیتاسنتر ارائه می‌گردد. در کشور ما نیز نیازهای سازمان‌های بزرگ و کوچک و عموم کاربران این نوع خدمات، هم راستا با ارتقای سطح تکنولوژی در دنیا رشد یافته که به دلیل وجود برخی محدودیت‌ها در دسترسی به خدمات تامین کنندگان جهانی، این نیازها عموماً بی پاسخ مانده است.

گروه شرکت‌های پارس آنلاین با درک این نیاز حیاتی کشور و پس از تجربه موفق و البته دشوار ساخت و بهره برداری بزرگترین مرکز داده (Data Center) بخش خصوصی و میزبانی از اطلاعات بسیاری از سازمان‌ها و شرکت‌ها در حوزه‌های مختلف، اکنون درصدد است تا اولین و بزرگترین ارائه دهنده خدمات ابری IaaS در ایران باشد. در این راستا پس از بررسی راهکارها و تکنولوژی‌های متعدد خارجی و داخلی در این حوزه و با نگاه ویژه به توانمندی متخصصین داخلی، سرانجام شرکت راهکار XaaS (Anything as a Service) که با بکارگیری نخبگان علمی و متخصصان داخلی در دل یکی از مراکز تحقیقاتی معتبر کشور شکل گرفته است را به عنوان شریک تجاری خود انتخاب نمود. راهکار مورد استفاده در این همکاری نه تنها مطابق با استانداردهای روز دنیا توسعه یافته بلکه در برخی ویژگی‌ها، توجه برخی شرکت‌های خارجی فعال در این حوزه را نیز به خود جلب نموده است. خوشبختانه، در نتیجه این همکاری، ارائه خدمات زیرساخت فناوری اطلاعات بر روی ابر (IaaS) برای اولین بار در کشور به مرحله بهره برداری رسیده است. این خدمات در سه دسته بندی زیر قابل ارائه می‌باشد:

- سرور مجازی ابری Cloud Virtual Private Server یا به اختصار VPS
- دیتاسنتر مجازی ابری Virtual Private Cloud یا به اختصار VPC
- راه اندازی و ارائه خدمات ابر اختصاصی Private Cloud و ابر ترکیبی Hybrid Cloud

اولین پورتال خدمات ابری کشور هم اکنون از طریق وب سایت شرکت پارس آنلاین در دسترس عموم قرار دارد. مراسم افتتاح رسمی آغاز بهره برداری از خدمات IaaS گروه شرکت‌های پارس آنلاین در هجدهمین نمایشگاه بین المللی صنایع مخابرات و اطلاع رسانی (ایران تلکام ۲۰۱۷) برگزار شد.

ب- شرکت تدبیر سیستم ایرانیان نوین

شرکت تدبیر سیستم ایرانیان نوین در محیط‌های رایانش ابری، بر اساس نیازهای کاربران (شرکت‌های کوچک و بزرگ تجاری، افراد حقیقی و ...) سرویس‌های متنوعی به آنان ارائه می‌نماید.

این خدمات و سرویس‌ها بر بستر شبکه‌های ارتباطی پرسرعت و با استفاده از مرورگرهای وب (Browser) و بر پایه فن آوری‌های مجازی سازی و بر حسب نیاز کاربران ارائه می‌شود.

با توجه به اهمیت کلان داده ها، شرکت تدبیر سیستم ایرانیان نوین اقدام به پیاده سازی Hadoop As a Service به روی بستر امن Private Cloud خود نموده و این خدمت نیز از طریق سرویس رایانش ابری آماده بهره برداری می باشد.

شرکت تدبیر سیستم ایرانیان نوین با دارا بودن مرکز داده و سامانه ی ابر پردازشی در بالاترین سطح افزونگی (Redundancy) و دسترسی، سازمان ها را قادر می سازد تا زیرساختی امن و مقرون به صرفه در قالب خدمات زیرساخت (IaaS) و نرم افزار (SaaS) به مشتریان خود ارائه نماید.

پ- شرکت نوسا (<https://www.nosa.com/>)

شرکت نوسا، در زمینه ی ارائه سرویس ابری در حوزه نرم افزارهای مالی و نرم افزارهای اطلاع رسانی، جزو شرکت های پیشگام بوده است. با توجه به رشد روز افزون کیفیت و سرعت اینترنت در سال های اخیر، زیر ساخت مناسب تری جهت ارائه خدمات با کیفیت در حوزه ی سیستم های ابری فراهم نموده است.

ت- شرکت زس (<https://xaas.ir>)

شرکت زس، در زمینه ی ارائه سرویس ابری در حوزه های مرکز داده ابری، سرور ابری، پلتفرم ابری، مدیریت سرویس، گرافیک ابری (محاسبات GPU و پردازش محور)، کلان داده ابری (آنالیز اطلاعات حجیم از کلان داده ابری)، راهکار جامع ابری (ابری نمودن مرکز داده سازمان ها با استفاده از راهکار جامع ابر اختصاصی شرکت زس)

ث- شرکت ایرانسل

یکی از کارآمدترین راهکارهای سازمانی شرکت ایرانسل، راهکار خدمات ابری است که شامل زیرساخت ابری، پلتفرم ابری و پست الکترونیکی سازمانی می شود. انعطاف پذیری و قدرت پردازش بالا، هزینه کم، امنیت بالا و دسترسی آسان به اطلاعات، خدمات ابری ایرانسل را به راهکاری ایده آل به عنوان زیرساخت و بستر ذخیره سازی اطلاعات کسب و کارها تبدیل کرده است. جهت دریافت مشاوره یا آگاهی از شرایط سرویس ابری ایرانسل، می توان از طریق ارسال ایمیل به آدرس EB@mtnirancell.ir اقدام نمود.

ج- شرکت آسیاتک (<https://asiatech.cloud/service/iaas/>)

به گزارش روابط عمومی شرکت، انتقال داده های آسیاتک، نسل نوین خدمات آسیاتک تحت عنوان خدمات ابری با حضور رئیس محترم جمهور و وزیر محترم ارتباطات و فناوری اطلاعات در روز پنجشنبه مورخه ۸ خرداد ۱۳۹۹ افتتاح گردید.

شرکت آسیاتک با سرمایه گذاری مناسب در این حوزه توانسته عضو زیرساخت پایه های خدمات ابری شبکه ملی اطلاعات کشور شود. شرکت آسیاتک این خدمت را براساس نیاز مشتریان در لایه زیرساخت به عنوان سرویس

یعنی پایه ای ترین خدمات زیرساخت مانند تهیه سرور، پردازنده، فضای ذخیره سازی و دیگر منابع بر حسب نیاز مشتریان را ارائه می نماید.

چ- شرکت تبیان

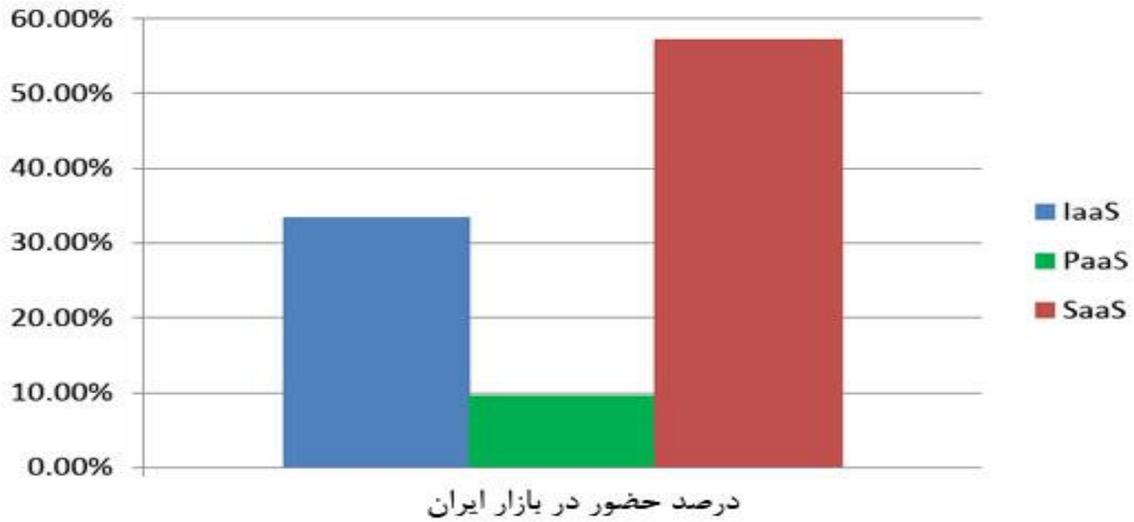
شرکت تبیان در سال ۱۳۸۸ یکی از بزرگترین و قدرتمندترین مرکز داده های ایران را، به منظور ارائه سرویس های زیرساختی به مشتریان، به بهره برداری رساند و در ادامه مجموعه «توسعه ارتباطات هوشمند تبیان» اواسط اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۸ با هدف ارائه امکانات زیرساختی و سرویس های هوشمند متولد شد. این مجموعه نوپا توانسته با بهره گیری صحیح از دانش روز، با سرعت چشمگیری در حوزه های مختلف فناوری، همچون مرکز داده، پرداخت الکترونیک، طراحی و پیاده سازی راهکارهای امنیت اطلاعات و سرویس های نگهداری زیرساخت شبکه تلفن همراه قدم گذارد.

این مجموعه در تلاش است با ارائه مشاوره، طراحی و بهینه سازی زیرساخت های ارتباط امن، رایانش ابری، مرکز داده اختصاصی و ارائه راهکارها در حوزه هوشمندسازی و اینترنت اشیا در داخل کشور، به سازمان ها و استارت آپ های ایرانی مبتنی بر تکنولوژی های نوین یاری رساند.

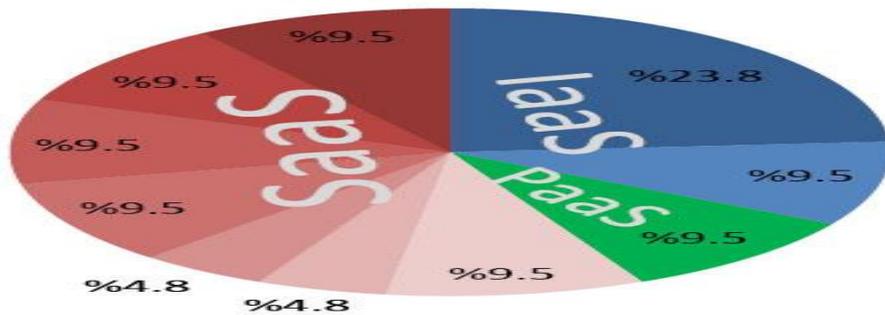
مجموعه «ارتباطات هوشمند تبیان» با بهره گیری از برترین و نوین ترین فناوریهای موجود در حوزه خدمات مرکز داده، آماده خدمت رسانی به مشتریان در سطوح مختلف است. در حال حاضر خدمات زیر برای ارائه به سازمان ها و مشتریان در دسترس است:

- میزبانی سرور (Co-Location)
- ارائه خدمات سرور اختصاصی (Dedicated Server)
- ارائه خدمات سرور مجازی (Virtual Private Server)
- رایانش ابری (Cloud)
- مرکز داده اختصاصی (Cage)
- میزبانی پست الکترونیکی

نمودارهای شکل (۳)، ضمن ارائه دسته بندی توزیع انواع سرویس های ابری در ایران، درصد حضور هر یک از سرویس های زیرشاخه آن ها را نشان می دهند.



درصد سرویس‌های مبتنی بر ابر در ایران



- | | |
|------------------|-------------------|
| ■ سرور ابری | ■ هایپرید سرور |
| ■ هاست ابری | ■ حسابداری |
| ■ ذخیره سازی | ■ آنتی ویروس |
| ■ CRM | ■ فکس |
| ■ فروشگاه آنلاین | ■ کتابخانه آنلاین |

شکل (۳) - کاربرد سرویس‌های مبتنی بر ابر در ایران

۲-۳- فعالیت های تحقیقاتی

حضور گسترده و روز افزون شرکتهای بزرگی نظیر Sun, Amazon, Google, Microsoft و ... در عرصه رقابتی محاسبات ابری، نشان از توسعه سریع و تسلط این گونه از محاسبات در دنیای فن آوری اطلاعات دارد. از آنجا که این دانش در دنیای IT بسیار نو می باشد و پیوسته ابتکارات زیادی در این زمینه وجود دارد، کارشناسان و محققان حوزه فن آوری اطلاعات را به سمت رایانش ابری سوق می دهد. بنابراین، به لحاظ اینکه از موج ایجاد شده عقب نماند لازم است هر چه سریعتر به سمت کسب این دانش و ارائه آن قدم برداشت. از سویی دیگر، با فراگیر شدن تکنولوژی ابری در آینده، تمام داده های کاربران، چه محرمانه و چه بی اهمیت، بر روی ابر ذخیره می شوند. از اینرو، بحث امنیت اطلاعات از اهمیت فوق العاده ای برخوردار خواهد بود.

فعالیت های تحقیقاتی در زمینه رایانش ابری عمدتاً در دانشگاه ها متمرکز است. در این زمینه به موارد زیر می توان اشاره کرد:

الف- آزمایشگاه رایانش ابری دانشگاه صنعتی امیرکبیر

فعالیت های این آزمایشگاه (بر اساس اطلاعات ارائه شده در سایت دانشگاه) به شرح زیر است:

مرکز تحقیقات رایانش ابری دانشگاه صنعتی امیرکبیر فعالیت های خود را از سال ۱۳۸۷ با هدف بومی سازی فناوری رایانش ابری و ارائه تحقیقات صنعتی آغاز کرده است. برنامه ریزی صورت گرفته برای بومی سازی دانش رایانش ابری به گونه ای بوده است که مرکز پس از گذر از فازهای بومی سازی و تولید دانش، در حال حاضر در فاز اجرای پروژه های صنعتی قرار دارد و بستری برای صنعتی سازی پروژه های تحقیقاتی فراهم گردیده است. از جمله فعالیت هایی که در این راستا صورت گرفته می توان به راه اندازی سامانه مدیریت پروژه های تحقیقاتی رایانش ابری در سطح کشور اشاره کرد که کل فرآیند انجام پروژه از طرح مسئله تا اتمام پروژه در آن طراحی شده است و دانشجویان می توانند از طریق این سامانه از حمایت های مرکز در جهت انجام پروژه های تحقیقاتی خود بهره مند شوند.

ب- آزمایشگاه تحقیقاتی رایانش ابری دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تبریز

در داخل کشور برخی از شرکت ها و دانشگاه ها اقدام به ایجاد این تکنولوژی نموده اند که البته تعداد آنها محدود است. آزمایشگاه تحقیقاتی رایانش ابری دانشگاه سراسری تبریز نیز قصد دارد از پیشگامان شروع این موج در

داخل کشور بوده و با همکاری و امضای تفاهم‌نامه با مرکز تحقیقات رایانش ابری دانشگاه امیرکبیر، رشد سریعتری جهت نیل به اهداف نهایی خود داشته باشد.

بر این اساس آزمایشگاه تحقیقاتی رایانش ابری دانشگاه تبریز، با سه هدف بلند مدت، میان مدت و کوتاه مدت، سعی در کسب دانش و ارائه آن در حوزه IT را دارد. هدف اول یک هدف بلند مدت است که هرچند آرمان‌گرایانه اما در دسترس است و آن ایجاد یک ابر عمومی تحت عنوان ابر دانشگاه تبریز، است که کلیه سازمان‌ها بتوانند از خدمات آن بهره ببرند. هدف دوم یک هدف میان مدت است که سعی دارد سالانه یک کنفرانس و ماهانه یک کارگاه عملی در حوزه رایانش ابری را پشتیبانی نماید و دست آورد های خود را ارائه و این دانش را بسط دهد. و در نهایت هدف کوتاه مدت که ارائه یک نرم افزار کاربردی مانند نرم افزار کلاس بندی در قالب ابر، برای واحد های دانشگاهی است. بطوریکه کاربران بتوانند به میزان استفاده از این نرم افزار، هزینه پرداخت نمایند.

با توجه به هدف ایجاد آزمایشگاه در ارائه خدمات ابری، دو قشر از کاربران می توانند بر اساس اهداف بلند مدت و کوتاه مدت آزمایشگاه از ارائه خدمات این آزمایشگاه بهره ببرند:

- در راستای هدف بلند مدت ایجاد این آزمایشگاه یعنی ایجاد یک ابر عمومی تحت عنوان ابر دانشگاه تبریز، کلیه سازمان‌ها و کاربران متقاضی می توانند از خدمات ارائه شده توسط ابر استفاده نمایند. حتی می‌توان کلیه خدمات دانشگاه را نیز در بستر ابری به دانشجویان عرضه نمود. همچنین؛ محققان و علاقمندان کار در زمینه رایانش ابری می توانند برای ادامه پژوهش‌های خود در زمینه رایانش ابری، بطور عملی با آزمایشگاه همکاری داشته باشند و نیز از دستاوردها و نتایج مطالعات انجام شده در این زمینه استفاده نمایند.
- در راستای هدف کوتاه مدت ایجاد این آزمایشگاه یعنی ایجاد یک نرم‌افزار پر کاربرد در بستر ابر، کلیه سازمان‌ها و کاربران متقاضی می توانند از آن استفاده نمایند.

پ- مرکز پردازش ابری دانشکده کامپیوتر دانشگاه علم و صنعت ایران

مرکز پردازش زیرساخت به عنوان سرویس دانشکده کامپیوتر دانشگاه علم و صنعت کار خود را از سال ۱۳۹۵ آغاز نموده است. هم اکنون، جمعی ۲۰ نفره از دانشجویان مقطع کارشناسی و کارشناسی ارشد در این مرکز مشغول به فعالیت هستند. در حال حاضر خدماتی که توسط مرکز ارائه می‌شود عبارتند از:

- در اختیار قراردادن حجم بالایی از منابع محاسباتی و ذخیره سازی داده با استفاده از کامپیوترهای COTS و سرورهای خاص منظوره.
- در اختیار قراردادن GPU های قدرتمند GTX ۱۰۸۰ در قالب کانتینر به منظور استفاده در کاربردهای مرتبط.
- پشتیبانی مناسب فنی و راهنمایی قدم به قدم برای استفاده موثر از مرکز توسط تیم فنی مرکز

۴- آینده رایانش ابری

در چند سال اخیر، روند توسعه فناوری اطلاعات به سمتی قدم برداشته که طی ده سال آینده استفاده از محصولات و سرویس‌ها بصورت سنتی مقرون به صرفه نخواهد بود. از این رو، بسیاری از شرکت‌ها و افراد به استفاده از سرویس‌های ابری برای ذخیره اطلاعات و برنامه‌های کاربردی خود روی آورده‌اند. براساس پیش‌بینی کارشناسان، رایانش ابری در چند سال آینده رونق بیشتری می‌یابد و به گزینه اصلی برای ذخیره اطلاعات در دنیای مجازی تبدیل خواهد شد.

در واقع کاربران به جای خرید سخت‌افزار و نرم‌افزار و فضای مرکز داده (Data Center) و یا تجهیزات شبکه، همه این زیر ساخت‌ها را به صورت یک سرویس کاملاً برون سپاری شده خریداری می‌کنند و صورتحساب سرویس معمولاً به میزان منابع مصرف شده صادر می‌شود. این شیوه در واقع تکامل یافته مدل عرضه سرویس‌های خصوصی مجازی است.

با این که موضوع امنیت سرویس‌ها در چند سال پیش که رایانش ابری تازه وارد بازار شده بود، موضوعی بسیار بحث‌برانگیز به‌شمار می‌رفت؛ اما پیشرفت‌های صورت گرفته در این حوزه در آینده به احتمال زیاد سبب می‌شود این نگرانی تا حد زیادی از بین برود و شرکت‌ها و سازمان‌ها به جای پرداخت هزینه‌های گزاف نصب، راه‌اندازی و تعمیر زیرساخت‌های داخلی مرتبط، از سرویس‌های ابری خصوصی ارائه شده از سوی شرکت‌های بزرگ رایانش ابری خدمات دریافت کنند.

روی هم رفته، بسیاری از کارشناسان علوم رایانه بر این باورند که آینده دنیای فناوری و دیجیتال با رشد و توسعه رایانش ابری گره خورده است و این شیوه نوید بهره‌گیری با امنیت و ثبات بیشتر و البته هزینه کمتر از سرویس‌های مورد نیاز کاربران و آسودگی خاطر از دغدغه‌های فنی را با خود به همراه دارد. به نحوی که اتصال به شبکه رایانش ابری همانند اتصال به شبکه آب و برق و تلفن خواهد بود و شرایط بهتری برای تمرکز بر اصل کسب و کار فراهم می‌آورد. این صنعت تقریباً در مقایسه با نمونه‌های مشابه خود می‌تواند تا ۹۰ درصد بارهای کاری را پشتیبانی کند. به همین دلیل، شرکت‌های بزرگ فعال در بخش فناوری اطلاعات چند سال است که سرمایه‌گذاری‌های بسیاری برای کسب توانمندی‌های بیشتر در ایجاد این شبکه و کسب سهم بیشتری از بازار آن انجام داده‌اند که رایانش ابری آخرین پاسخ فناوری به این نیازها بوده است.

جهت اطلاعات بیشتر در این زمینه، بررسی‌های انجام شده توسط تعدادی از کارشناسان شرکت‌های

بزرگ خارجی در پیوست (۱) ارائه شده است:

۵- مهاجرت به رایانش ابری

مهاجرت به ابر به زبان ساده، به فرایند انتقال برنامه های کاربردی و سامانه های موروثی شرکت ها، سازمان ها و ...، از محیط های سنتی (on-premise) به محیط های ابری گفته می شود. اینکه پیاده سازی ابر چگونه و چه زمانی انجام شود که بتواند برای سازمان سودآور باشد، نیاز به یک ممیزی داخلی و تدوین طرح مهاجرت دارد. تعدادی از عواملی که در تدوین این طرح باید مورد توجه قرار گیرد به شرح زیر است:

الف- مجازی سازی مهاجرت ابر را آسان می کند

صرف نظر از اندازه سازمانی، یکی از ملاحظات این است که آیا حجم کارهای مورد هدف برای مهاجرت ابر مجازی شده است؟. در بعضی موارد، اگر سرورهای محلی قبلاً مجازی شده باشند، انتقال آنها به ابر راحت تر است. در واقع، بعضی از ارائه دهندگان به یک سازمان اجازه می دهند تا ماشین های مجازی را مستقیماً به ابر بفرستند. اگر سرورهای محلی مجازی نشده باشند، مهاجرت به ابر احتمالاً امکان پذیر است. اما زمان بیشتری نیاز دارد.

ب- ملاحظات زیرساختی ابر

یکی دیگر از عواملی که باید در نظر گرفته شود شبکه مستقر (شبکه فعلی سازمان) است. اگر یک سازمان برنامه ای برای نگهداری منابع در محل (حتی موقت) داشته باشد، باید بداند چگونه یک راه ارتباطی امن بین شبکه مجازی مبتنی بر ابر و شبکه داخلی برقرار کند.

پ- ریسک ها

به عنوان یک سازمان، ریسک ها و مزایای مهاجرت ابر باید مورد توجه باشد. مهم است که به یاد داشته باشید که مهاجرت ابرها به صورت صفر و یک نیست. سازمان ها مجبور نیستند "همه چیز" را با مهاجرت به ابر به اشتراک بگذارند. در اغلب موارد، انتقال به ابر بصورت تدریجی انجام می شود.

ت- چالش های مهاجرت به ابر

فرایند مهاجرت به ابر چندان کار آسانی نیست. پیاده سازی مهاجرت به ابر می تواند چالش هایی نیز به همراه داشته باشد و برخی از نگرانی های امنیتی را افزایش دهد. اما، به دلیل مزایای بیشماری که محیط های ابری در اختیار کاربران قرار می دهند، این مهاجرت، امری اجتناب ناپذیر است. چالش های اصلی در بحث مهاجرت به ابر زمانی بیشتر خود را نشان می دهند که صحبت از مهاجرت سامانه های موروثی (Legacy Systems) به ابر باشد.

البته لازم به ذکر است که همه برنامه های کاربردی برای مهاجرت به ابر مناسب نیستند. در هنگام ارزیابی مناسب بودن یک برنامه کاربردی برای مهاجرت به ابر باید به دو عامل تجاری و فنی توجه داشت. به طور کلی،

چالش های رایج مهاجرت ابری به سه دسته عوامل تجاری، عوامل فنی و سهولت پیاده سازی تقسیم می شوند. در ادامه این چالش ها را به تفصیل بیان شده است.

(۱) - عوامل تجاری

- سرمایه گذاری های فعلی در بخش فناوری اطلاعات: هنگامی که صحبت از مهاجرت به ابر می شود، سازمان های کوچک و متوسط (SME) نسبت به سازمان های بزرگ از مزایای بیشتری برخوردارند. با توجه محدودیت قابل ملاحظه شرکت های کوچک و متوسط در بخش فناوری اطلاعات، آن ها قادرند که مستقیماً به ابر مهاجرت کنند. اما، اکثر شرکت ها و سازمان های بزرگ، سرمایه گذاری های قابل توجهی در زیرساخت فناوری اطلاعات خود داشته اند. سرمایه گذاری های سنگین و پیچیدگی سخت افزارهای مورد استفاده آن ها، شبکه، پشتیبانی، مدیریت، سفارشی سازی و یکپارچه سازی، همه و همه این موارد می تواند کار را برای سازمان های بزرگ سخت کند تا از محیط فناوری اطلاعات موجود دست کشیده و به محیط ابری مهاجرت کنند.
- هزینه ها: مدل هزینه فعلی برای بخش فناوری اطلاعات، ترکیب هزینه های سرمایه ای و هزینه های عملیاتی است. بنابراین، این امر برای سازمان ها بسیار مهم است که بتوانند مقدار استفاده از برنامه های کاربردی و هزینه های عملیاتی را قبل از مهاجرت به ابر تخمین بزنند. علاوه بر این، هزینه های مهاجرت نیز باید از قبل درک شده و در تصمیم گیری برای مهاجرت به ابر تاثیر گذار باشد. اگر این موارد رعایت نشود می تواند یکی از اهداف اصلی مهاجرت به ابر، یعنی صرفه جویی در هزینه ها، را نفی کند.
- امنیت داده: هنگام تصمیم گیری برای مهاجرت به ابر، امنیت داده یکی از اصلی ترین نگرانی ها به شمار می آید. برنامه های کاربردی که داده و اطلاعات به شدت حساس و امنیتی دارند بهتر است که در پشت دیوار آتش سازمان به کار گرفته شوند. اما، داده هایی که تحمل پذیری امنیتی آن ها بالاتر است می توانند به ابر مهاجرت داده شوند. مکانیزم های فنی برای امنیت داده در ابر هنوز در حال تحول می باشند و امنیت داده هنوز هم یکی از اصلی ترین موانع مهاجرت به ابر است.
- آیین نامه ها و مقررات: مسائل جغرافیای سیاسی، به خصوص برای دولت ها و موسسات مالی قبل از تصمیم برای مهاجرت به ابر، باید به دقت مورد ارزیابی قرار گیرند. به طور مثال، در ایران و اکثر کشورهای دنیا، مراکز داده ابری باید در داخل کشور قرار داشته باشند. همچنین، مهم است که آیین نامه های محلی مربوط به هر سازمان نیز قبل از تصمیم گیری برای مهاجرت به ابر مورد توجه قرار گیرد.

(۲) - عوامل فنی

- **زیرساخت فعلی:** معماری فناوری اطلاعات سنتی فعلی سازمان ها به گونه ای بهینه شده تا بتواند تقاضای فعلی این بخش را فراهم نماید. مهاجرت به ابر مستلزم این است که تغییری در معماری فناوری اطلاعات ایجاد شود. با مهاجرت برنامه کاربردی به ابر، طریقه دستیابی کاربران نهایی به فناوری اطلاعات می تواند دستخوش تغییرات ریشه ای و اساسی گردد.
- **معماری امنیتی:** کنترل ها و امنیت برنامه های کاربردی برای مطابقت با اکوسیستم ابری، نیاز به تغییر دارند و برای امنیت داده به انواع جدیدی از مکانیزم ها نیاز خواهد بود. نیاز است تا مکانیزم های مدیریت هویت و دسترسی با مدل های استقرار ابر وفق داده شوند. علاوه بر این، مکانیزم های رمزگذاری داده ها و مدیریت کلیدی ابر هنوز راه زیادی برای رسیدن به بلوغ دارند.
- **پیچیدگی:** برنامه های کاربردی ساده می توانند به راحتی به ابر مهاجرت داده شوند. اما، مهاجرت برنامه های کاربردی پیچیده نیازمند برنامه ریزی دقیق و تست قبل از پیاده سازی است. برنامه های کاربردی قدیمی (سامانه های موروثی) و برنامه های کاربردی سازمانی موجود، به احتمال بسیار زیاد نیازمند تغییراتی در کدهایشان هستند تا بتوانند به خوبی بر روی ابر نیز عمل نمایند.
- **شبکه و پشتیبانی:** با مهاجرت برنامه های کاربردی به ابر، یک ریسک واقعی وجود دارد و آن تبدیل شدن شبکه به یک نقطه شکست است. علاوه بر این، به دلیل اتصالات بسیار زیاد به ابر خارجی، نیاز است تا پهنای باند شبکه نیز ارتقا یابد. این بدان معنی است که سازمان ها هزینه های بیشتری برای اتصالات شبکه ای سنتی خود و افزایش ظرفیت آن متحمل می شوند. علاوه بر این، سطح بالاتری از پشتیبانی برای ارائه دهندگان خدمات مخابراتی نیاز است تا مطمئن باشند که زمان از کار افتادگی احتمالی به حداقل خود خواهد رسید.
- **مهارت های فناوری اطلاعات:** اگرچه ابر بر پایه فناوری های موجود است، اما نیاز است که مهارت های تیم فناوری به روز شود. به خصوص در زمینه های معماری، پیاده سازی، توسعه و اجرا. برای سازمان هایی که هنوز با فناوری های جدیدتر مثل مجازی سازی، وب و غیره آشنایی ندارند، باید نمودار یادگیری شان سریع تر باشد. علاوه بر این، تیم های فناوری اطلاعات احتمالاً مهاجرت به ابر را از دست دادن کنترل بر روی کار برداشت می کنند. بنابراین، نیاز است که قبل از تصمیم گیری برای مهاجرت به ابر، به این گونه چالش های فرهنگی رسیدگی شود.

- موافقت نامه های سطح خدمات (SLA): یکی دیگر از جنبه هایی که باید قبل از مهاجرت به ابر در نظر گرفته شود این است که آیا ارائه دهندگان خدمات ابری قادر خواهند بود تا موافقت نامه های سطح خدمات را برای نیازهای کسب و کار فراهم کنند یا خیر. این امر با توجه به کنترل محدود سازمان ها بر روی برنامه های کاربردی که روی ابر قرار دارند، بسیار ضروری است. موافقت نامه های سطح خدمات باید پاسخگوی نگرانی های در دسترس بودن، محرمانه بودن و یکپارچگی برنامه کاربردی باشند. علاوه بر این، مسئولیت های ارائه دهنده خدمات ابری و همچنین جریمه های احتمالی برای هنگامی که سطح خدمات با آنچه که به توافق طرفین رسیده مطابقت نداشته باشد، باید به وضوح مشخص گردد.
- جهت اطلاعات بیشتر در این زمینه، بررسی های انجام شده توسط تعدادی از کارشناسان شرکت های بزرگ خارجی در پیوست (۲) ارائه شده است.

۶- جمع بندی

الف- رایانش ابری چیست؟

رایانش ابری، یک مدل مناسب برای دسترسی آسان به مجموعه‌ای از منابع به اشتراک گذاشته شده همچون، شبکه، سرور، دستگاه‌های ذخیره سازی و... است. این سرویس در هر زمان و هر مکان، بر اساس تقاضای کاربر در دسترس است. کاربران می‌توانند به سادگی با اتصال به یک سرور بر بستر اینترنت، از این خدمات استفاده کنند. به بیان ساده‌تر می‌توان رایانش ابری را الگویی تازه برای عرضه، مصرف و تحویل خدمات فناوری اطلاعات به شمار آورد.

موسسه ملی فناوری و استانداردها (NIST) رایانش ابری را اینگونه تعریف می‌کند:

رایانش ابری مدلی است برای فراهم کردن دسترسی آسان بر اساس تقاضای کاربر از طریق شبکه به مجموعه‌ای از منابع رایانشی قابل تغییر و پیکربندی (مثل: شبکه‌ها، سرورها، فضای ذخیره‌سازی، برنامه‌های کاربردی و سرویس‌ها) که این دسترسی بتواند با کمترین نیاز به مدیریت منابع و یا نیاز به دخالت مستقیم فراهم‌کننده سرویس به سرعت فراهم شده یا آزاد (رها) گردد

ب- مدل های سرویس دهی رایانش ابری

سرویس‌های ابری به ۳ دسته SaaS، IaaS و PaaS تقسیم می‌شوند. در این ۳ دسته، سطح دسترسی‌های مختلفی برای کاربردهای متفاوت وجود دارد و سازمان‌ها می‌توانند بنا به نیاز خود از آن‌ها استفاده کنند. این سرویس‌ها عبارتند از:

(۱)- زیرساخت به عنوان سرویس (IaaS)

IaaS لایه اصلی مدل رایانش ابری است. در IaaS همه زیرساخت‌های مورد نیاز (اعم از سرور فیزیکی و مجازی، فضای ذخیره‌سازی، سیستم‌عامل و شبکه) را به صورت پکیج در اختیار مشتری قرار می‌دهند. در این شرایط، دیگر نیاز نیست که مشتری برای خرید تجهیزات مختلف هزینه پردازد.

مدیریت و نگهداری از این زیرساخت‌ها قطعاً به عهده مجموعه ارائه‌دهنده سرویس است. البته برخی از ارائه‌دهندگان خدمات بیشتری مثل تهیه نسخه پشتیبان از اطلاعات نیز دارند.

Amazon web service و Google Compute Engine از جمله زیرساخت‌های ابری هستند که چنین خدماتی به مشتریان ارائه می‌دهند.

(۲) - پلتفرم به عنوان سرویس (PaaS)

در خدمات PaaS، یک محیط اجرایی، به علاوه نرم‌افزارهایی که توسعه‌دهندگان برای ساخت محصولات خود به آن‌ها نیاز دارند، در بستر ابر ارائه می‌شود. در واقع این پلتفرم‌ها، صرفاً زیرساخت نیستند و می‌توان آن‌ها را پلتفرم ابری و ابزار توسعه دانست.

در این مدل از رایانش ابری، مشتری بدون نیاز به حفظ و نگهداری زیرساخت‌ها و کنترل آنها، امکان استفاده از فضا و نرم‌افزارهای مورد نیاز برای توسعه و مدیریت برنامه‌های مختلف را در اختیار می‌گیرد.

(۳) - نرم افزار به عنوان سرویس (SaaS)

در این سرویس که نسبت به دو مدل قبلی شهرت بیشتری دارد، یک برنامه کامل و کاربردی به مشتری ارائه می‌شود. به این صورت که، کاربران نهایی از طریق اینترنت و به وسیله Laptop یا موبایل، با خرید اشتراک یا ساخت حساب کاربری رایگان، می‌توانند از خدمات SaaS استفاده کنند.

در نرم‌افزارهای ابری مدیریت کلا" با فراهم‌کننده سرویس ابری (Cloud Provider) است و کاربران به منابع پشت پرده آن دسترسی ندارند.

تنوع برنامه‌های SaaS زیاد است. اگر بخواهیم به چند مورد مهم اشاره کنیم، جی‌میل، فیسبوک، نرم‌افزارهای CRM، یوتیوب، تقویم گوگل و ... را داریم.

پ- مدل های استقرار رایانش ابری (Deployment Model)

خدمات رایانش ابری در ۳ قالب مختلف به مشتریان ارائه می‌شوند: ابر عمومی، ابر خصوصی و ابر ترکیبی.

(۱) - ابر عمومی (Public Cloud)

ابر عمومی، پلتفرمی است که بر پایه استانداردهای رایانش ابری بنا شده و مثل همه سرویس‌های ابری، یک ارائه‌دهنده آن را از راه دور نگهداری و مدیریت می‌کند. مشتریان مختلف از طریق اینترنت به خدماتی که می‌خواهند دسترسی پیدا می‌کنند و به میزان استفاده هزینه می‌پردازند.

استفاده از این مدل، مثل استفاده از اتوبوس برای سفر است. در این اتوبوس افراد مختلفی هستند و هرکس می‌تواند به اندازه مسیرش هزینه پرداخت کند.

در ابر عمومی هم اوضاع به همین شکل است؛ کاربران مختلف با استفاده از گوشی، Laptop یا هر سیستم دیگری در حال استفاده از ابر عمومی هستند و هر کس، به اندازه مصرفش پول می‌دهد. IBM Blue و Microsoft Azure از جمله شرکت‌هایی هستند که سرویس ابر عمومی ارائه می‌دهند.

(۲) - ابر خصوصی (Private Cloud)

ابر خصوصی هم مشابه ابر عمومی است؛ ولی با این تفاوت که به هر مشتری، یک سرویس ابری اختصاصی و جداگانه داده می‌شود. در واقع استفاده از ابر خصوصی، مثل استفاده از ماشین شخصی است. امنیت بالایی دارد و با آن می‌توانید به هر جا که مایل هستید بروید. البته یادتان نرود که هزینه تعمیر و نگهداری از این ماشین با خودتان است. با استفاده از سرویس ابر خصوصی، سازمان‌ها بدون آنکه منابع خود را با دیگر شرکت‌ها به اشتراک بگذارند، به تمام مزایای رایانش ابری دسترسی دارند. سازمان‌هایی که اطلاعات محرمانه دارند و به امنیت اهمیت می‌دهند، معمولاً از ابر خصوصی استفاده می‌کنند. در ضمن، مدیریت ابر خصوصی، بر عهده سازمان است. AWS (آمازون وب سرویس) و VMware دو نمونه از شرکت‌هایی هستند که ابر خصوصی به کاربران ارائه می‌دهند.

(۳) - ابر ترکیبی (Hybrid Cloud)

این نوع ابر ترکیبی از دو ابر خصوصی و عمومی است. یک تاکسی در بست را در نظر بگیرید؛ از نظر امکانات خیلی شبیه به ماشین شخصی است، شما در آن راحت هستید و فقط از فضای مخصوص خودتان استفاده می‌کنید. دقت کنید که شما نیازی نیست تاکسی را بخرید و فقط به اندازه استفاده، هزینه پرداخت می‌کنید.

برخی شرکت‌ها، مثل فروشگاه‌های بزرگ اینترنتی، که یک سری اطلاعات حساس (مثل اطلاعات مشتریان) دارند و نمی‌خواهند در اختیار دیگران قرار گیرد، می‌توانند از ابر ترکیبی استفاده کنند و اطلاعات حساس خود را در بخش خصوصی و اطلاعاتی که نیاز است بقیه به آن دسترسی داشته باشند را در بخش عمومی قرار دهند. AWS و مایکروسافت ازور از ارائه‌کننده‌های ابر ترکیبی هستند.

مزایای رایانش ابری

این روزها اکثر کسب و کارها و سازمان‌ها با سرعتی رو به رشد، در حال انتقال زیرساخت داده‌ای خود به بسترهای ابری می‌باشند. ۵ دلیل مهم این اتفاق در ادامه ذکر شده است.

الف- افزونگی (Redundancy)

قابلیت افزونگی به معنای ذخیره‌سازی موازی و همزمان اطلاعات و تهیه نسخه پشتیبان از آنها با استفاده از سخت‌افزار و تجهیزات جایگزین در چند مکان متفاوت است. به این ترتیب، در صورت وقوع خرابی، بلایای طبیعی یا مشکلات فنی در تجهیزات اصلی، درخواست‌ها به صورت خودکار به سمت تجهیزات پشتیبان هدایت شده و از بروز اختلال در ارائه سرویس جلوگیری می‌شود.

ب- مقیاس‌پذیری (Scalability)

به کمک فناوری رایانش ابری، این امکان فراهم می‌شود تا در مواقع نیاز، منابعی از قبیل حافظه، پردازشگر و فضای ذخیره‌سازی افزایش یابند. بدین ترتیب، به هنگام افزایش ترافیک و حجم فعالیت‌ها، منابع نیز مطابق با همان میزان افزایش پیدا می‌کنند.

پ- دسترسی‌پذیری (Uptime / High Availability)

با استفاده از زیر ساخت ابری، اطلاعات همیشه و بدون وقفه قابل دسترسی خواهند بود و سرعت ارسال و دریافت داده‌ها نیز به صورت چشمگیری افزایش پیدا می‌کند. در بعضی از کسب و کارها حتی یک دقیقه قطعی سرویس می‌تواند خسارات سنگینی را به بار بیاورد. اما زیر ساخت ابری، تمامی نگرانی‌های مربوط به حفظ و دسترسی بدون وقفه به اطلاعات را از بین می‌برد.

ت- پرداخت به ازای استفاده (Pay-As-You-Go)

در یک زیر ساخت ابری، فقط به میزان استفاده از منابع، هزینه پرداخت می‌شود و این امکان وجود دارد تا در هر زمان، سطح منابع را متناسب با نیاز، کاهش یا افزایش داد. در این نوع سرویس‌ها، دغدغه‌ای از بابت هزینه‌های زیرساختی و نگهداری تجهیزات وجود ندارد. همچنین، با نظارت و بررسی دقیق میزان مصرف، می‌توان زمینه مدیریت اصولی منابع و کاهش هزینه‌ها را فراهم نمود.

ث- سلف سرویس (Self Service)

بر خلاف شیوه‌های سنتی ارائه سرویس‌های زیرساختی که نیازمند دخالت مستقیم نیروهای متخصص بودند، تمام فرایندهای مربوط به فضای ابری، اعم از انتخاب، خرید و پیکربندی منابع، توسط خود کاربر و بدون نیاز به دیگران انجام می‌پذیرد. کاربران پس از ورود به پرتال ابری، بنا به نیاز خود می‌توانند منابع را انتخاب، ارتقاء یا کاهش دهند.

چالش های رایانش ابری

در مدل رایانش ابری مجموعه ای از مسائل و چالش ها مطرح هستند. برخی از این چالش ها عبارتند از:

الف- خرابی و عدم دسترسی به سرویس

ارائه دهندگان خدمات ابری، هر روز به تعداد بی شماری از کاربران خدمات ارائه می دهند. طبیعی است که در این میان ممکن است مشکلاتی نیز ایجاد شود. این مشکلات می تواند منجر به تعلیق موقت فرایندهای کسب و کار شود.

ب- امنیت

موضوع امنیت، بحث برانگیزترین و مهم ترین نقطه ضعف رایانش ابری است. اما امنیت رایانش ابری چیست که تا این اندازه مورد توجه است؟! هر چند ارائه دهندگان خدمات ابری، بهترین و معتبرترین گواهی نامه ها را اجرا می کنند، اما، ذخیره اطلاعات و فایل های مهم، همیشه خطراتی را به دنبال دارد. آسان بودن فرایند راه اندازی و دسترسی به سرویس های ابری می تواند امکان شناسایی و بهره برداری از نقاط آسیب پذیر یک سیستم را برای هکرها فراهم کند.

پ- کنترل محدود

در سرویس رایانش ابری، کاربران تنها می توانند برنامه های کاربردی، اطلاعات و خدمات را مدیریت کنند و زیرساخت سیستم برای کاربران قابل کنترل نیست. همچنین، در این سیستم ممکن است اجازه کنترل وظایف اجرایی کلیدی مانند دسترسی به سرور، به روز رسانی و... به کاربران داده نشود.

ت- سایر موارد

در مدل رایانش ابری موارد دیگری از چالش ها مطرح هستند. برخی از این چالش ها عبارتند از: اختلافات حقوقی و قانونی مانند ذخیره اطلاعات در مراکز داده هایی که در خاک کشور دیگری قرار دارند. این شرایط می تواند در اختلافات حقوقی برای دسترسی های سازمان، مشکل ساز شود. وابستگی به خدمات دهنده هم مطرح است. برای مثال در ابر عمومی، سازمان و کاربران به شرکت خدمات دهنده کاملاً وابسته هستند و بسته به داده های ذخیره شده اگر به هر دلیل این شرکت از ارائه خدمات سرباز زند، به دلیل محبوس شدن اطلاعات سازمان ها توسط ارائه دهندگان و استانداردها، ممکن است سازمان با مشکلات جدی رو برو شود.

مهاجرت به رایانش ابری

مهاجرت به رایانش ابری، به فرایند انتقال برنامه های کاربردی و سامانه های موروثی شرکت ها، سازمان ها و ...، از محیط های سنتی (on-premise) به محیط های ابری گفته می شود. اینکه پیاده سازی ابر چگونه و در چه زمانی انجام شود که بتواند برای سازمان سودآور باشد نیاز به یک ممیزی داخلی و تدوین طرح مهاجرت دارد.

هنگامی که صحبت از مهاجرت به ابر می شود، سازمان های کوچک و متوسط (SME) نسبت به سازمان های بزرگ از مزایای بیشتری برخوردارند. با توجه محدودیت قابل ملاحظه شرکت های کوچک و متوسط در بخش فناوری اطلاعات، آن ها قادرند که مستقیماً به ابر مهاجرت کنند. اما، اکثر شرکت ها و سازمان های بزرگ، سرمایه گذاری های قابل توجهی در زیرساخت فناوری اطلاعات خود داشته اند. سرمایه گذاری های سنگین و پیچیدگی سخت افزارهای مورد استفاده آن ها، شبکه، پشتیبانی، مدیریت، سفارشی سازی و یکپارچه سازی، همه و همه این موارد می تواند کار را برای سازمان های بزرگ سخت کند تا از محیط فناوری اطلاعات موجود دست کشیده و به محیط ابری مهاجرت کنند. از این رو، مهاجرت به رایانش ابری در سازمان های بزرگ باید با دقت نظر، صرف وقت مناسب محتاطانه و بر مبنای یک طرح مهاجرت انجام شود تا ارائه سرویس با وقفه و کاهش کیفیت همراه نشود، بلکه بیشتر از مزایا و فواید این فن آوری استفاده شود. مزایایی چون استفاده بهینه از منابع، بهبود و پایداری کسب و کار، انعطاف پذیری در تغییر خدمات یا ارائه خدمات جدید حسب نیاز مشتری و بهره مندی از فن آوری بالاتر و جدیدتر که قابلیت اتصال به محورهای دیگر فن آوری در دنیای آینده فن آوری اطلاعات و ارتباطات را دارد. محورهایی مانند موبایل، شبکه های اجتماعی و وب محاوره ای. انجام پروژه های کوچک در راستای رایانش ابری، از جمله مواردی است که بنظر می رسد در فاز اول این مهاجرت باید انجام شود.

پیوست (۱)

Future of Cloud Computing

A - By 2025, the cloud will be the key driver of business innovation

Today, most organizations think of the [cloud](#) as merely a technology platform. This perspective will shift markedly by 2025. Cloud will not only be a technological approach for delivering applications but will also serve as the key driver of business innovation.

The increasingly digital enterprise depends on technology to deliver competitive services and strong customer experiences, and the cloud will be at the center of most recent and emerging technological innovations: [artificial intelligence](#), “internet of things” services, and [edge](#) and quantum computing, to name a few.

As [boards](#), chief executives and [chief information officers](#) expect shifts to their business models to match the rapid pace of change, few mainstream organizations will be able to do so without relying on cloud services. Thus, enterprises should expect cloud to be the pervasive style of computing over the next four years.

After all, there is no business strategy without a cloud strategy. Here are some predictions on the future of cloud that information technology leaders must consider in their digital strategies:

The future of cloud is everywhere

Nearly all companies will have a cloud-first principle by 2025 and cloud spend will surpass noncloud spend. In the Gartner 2020 Cloud End User Behavior study, for instance, nearly 70% of respondents indicated they will increase cloud spend in the next year.

Although some legacy IT such as wireless access points or mainframe computers will not move to the cloud, many other applications and workloads will be delivered via cloud, for example cloud servers, storage and networking.

Cloud will become the ubiquitous style of computing and any noncloud applications or infrastructure will be considered legacy by the time we reach 2025.

The future of cloud is the foundation for business innovation

Cloud is already creating new business models and revenue streams. Over time, it will contribute to transforming IT departments from cost centers to enablers of [digital business](#).

Gartner anticipates cloud enabling business innovation in three core ways:

1. Cloud democratizes access to cutting-edge technology and will be the platform of choice for most IT services. Consumption-based pricing models and the ubiquitous availability of cloud services will provide nearly every organization with access to next-generation capabilities.
2. Cloud will enable organizations to connect to a vast ecosystem of partners and suppliers that offer an expansive array of services.
3. Organizations will increasingly use cloud services to create agile, innovative business designs that enhance their core competencies. Cloud provides opportunities for differentiation and serves as a foundation for all core business competencies, from customer service to manufacturing and supply chain.

Leading digital pioneers share several key strategies, and cloud is one of the common denominators for their success. They leveraged cloud services and principles to expand their services, optimize customer experiences and create and monetize new services.

In essence, these organizations evolved into platform businesses — a trend that will become increasingly common by 2025. To compete with the digital giants, enterprises must become platform businesses.

In the Gartner 2020 I&O Executive Leaders survey, respondents indicated that the two most common innovation-led investments they planned to make were [public cloud](#) infrastructure-as-a-service and software-as-a-service. Sixty-three percent of respondents said that they already achieved growth, efficiency, innovation and other CEO priorities as an outcome of adopting cloud. Simply put, innovation is in the cloud.

Cloud Shifts From 2020 to 2025

2020	vs	2025
Popular computing style		Pervasive computing style
Technology innovation		Business innovation
Centralized cloud		Centralized and distributed cloud
“Private” cloud		Distributed cloud
Unintentional multicloud		Intentional multicloud
Shared services		Fusion teams

The future of cloud includes intentional multicloud and distributed cloud

In a 2018 Gartner survey, more than 80% of respondents indicated that their organization runs workloads in multiple clouds. Gartner characterizes this approach as unintentional multicloud.

In another Gartner study conducted in 2020, respondents were asked to identify the top reasons their organization uses multiple public clouds. They included improving availability, selecting best-of-breed capabilities and satisfying compliance requirements.

To that end, by 2025, 50% of enterprises will adopt intentional multicloud where they use cloud services from multiple public cloud providers for the same purpose (up from fewer than 10% today). This approach offers several benefits to organizations, such as reducing risk of vendor lock-in, maximizing commercial leverage and addressing broader compliance requirements.

[Distributed cloud](#), another future-looking computing mechanism, is the distribution of public cloud services to different physical locations while operation, governance and evolution of the services remain the responsibility of the public cloud provider.

The Gartner 2020 Cloud End-User Behavior study shows more than three-quarters of respondents prefer to have cloud computing in a location of their choice. That's why Gartner anticipates half of organizations will use distributed cloud by 2025, a substantial increase from today.

Cloud is already delivering on executives' priorities and will become the foundation upon which IT leaders deliver on all CEO objectives. Prepare for the shift to the cloud by first ensuring strategy, architecture, security and procurement of the cloud are retained in-house, then working with IT to transform mindsets from control to adaptive cloud governance, and finally establishing a cloud center of excellence with a living cloud strategy.

B - Future of Cloud Computing – 7 Trends & Prediction about Cloud

Today, we can connect everything digitally to Cloud Computing. It provides a whole new world of jobs, applications, services, and platforms. We can see the future of Cloud computing as a combination of cloud-based software products and on-premises compute which will help to create hybrid IT solutions.

The modified cloud is scalable and flexible, which will provide security and control over data center. One of the integral parts of cloud computing will be the organized process and a better way of processing data. [Cloud has many features](#), which makes it's future brighter in the IT sector. Below are some trends or prediction for Cloud computing. Let's explore to see how Cloud will be better for business.

What is the Future of Cloud Computing?

No one can tell the future, but we can predict it, by analyzing the current trends and usage. Below, are some prediction about Cloud computing:

1. Increase Storage Capacity

Today, data is generating in a high volume and it's difficult to store it with security. Most of the companies require a place where they can securely store their data. So many businesses are adopting cloud computing and it has been predicted that the [Cloud providers](#) will provide more data centers at a lower price as there is a large competition between them. With the help of the more in your company will be able to store the data.

2. Enhanced Performance of Internet

With the help of the [Internet of Things](#), the quality of the internet can be increased. With the help of the IoT and Cloud Computing, we can store data in the cloud, for further analyze & provide enhanced performance. The users expect high-quality fast-loading services and application. The network provided will be faster and the ability to receive and deliver that data will be quick.

3. Modular Software Will Be Priority

The size of an individual program along with the complexity is increasing regularly. This leads to the fact that Cloud technology will soon require advance system thinking. We can see software development from many angles because in the future applications will store in places other than the cloud. This application will store on different modules, on servers of different Cloud Service.

This can also reduce the cost of software as placing components of the program on different storage is economical.

4. Internet of Things Along With Cloud Computing

The internet of things is also one of the leading Technology is it comes with continuous innovation in real time [Data Analytics](#) and cloud computing. There are many machine-to-machine communication, data, and process occurring. We can do it easily with the help of cloud computing.

5. Data Shows How Future Changes

The cloud computing market is growing at 22.8 percent and will exceed \$127.5 after 2018. By 2018, 62% of all CRM software will be cloud-based. Moreover, 30% of all application spending is for software as a service based applications.

6. Improvement in Cloud Services

Cloud Computing includes:

1. [Infrastructure as a service](#)
2. Platform as a service
3. Software as a service

With this service, we can achieve our desired goals. There are many researchers which have proved that Cloud Computing will be one of the leading technologies in the future as the software as a service solution will account for more than 60% of the workload. It also has been predicted that the [platform as a service](#) and infrastructure as a service will increase gradually as it has been used in most of the organizations. Cloud Computing is user-friendly and is compatible for both new as well as old organizations.

7. Security

The data which are stored in the [cloud is secure](#) but not fully. The small companies which are providing cloud services may or may not provide proper security to the data. So in the future, we can prevent from cyber attacks by providing better security. The cloud providers provide better security measures opening balance ways to prevent cyber attacks.

8. Modular Software

Companies are using much software, which is yet to modify. This leads to the fact that cloud computing requires modified software, which will provide better security and facilities. This software will be more user-friendly and flexible to use. One of the major advantages of this software will be that it will save the overall cost as well as time. We can see from the below graph, companies providing services and software are also improving.

9. Economic

If cloud computing will continue to evolve the use of hardware will be less as most of the work will be done with the help of [cloud computing](#) and virtualization. We can save the setup cost of software by dividing it and this will lead to decreasing the use of hardware. If the evolution continues the [data stored in the cloud](#) will get analyzed with the help of a machine and it won't require any human help.

Summary of Future of Cloud Computing

Businesses nowadays are seeking innovative ways to grow and accomplish their business goals. With the help of cloud computing, this business will keep on growing in the future. Cloud computing is powerful and expansive and will continue to grow in the future and provide many benefits. Cloud computing is extremely cost-effective and companies can use it for their growth. The future of cloud computing is bright and will provide benefits to both the host and the customer. One should keep in mind that the owner of the company should be familiar with the latest development taking place in Cloud technology.

C - The Future of Cloud Computing: 5 Trends You Need to Know

Since the term cloud computing was first introduced more than 20 years ago, the industry has grown exponentially and is expected to continue to widen its influence on global businesses.

Microsoft, IBM, Google, and Amazon were [cloud computing trailblazers](#) when they started promoting the concept back in the mid-2000s, and [Gartner predicted](#) the public cloud industry would grow 21.4% from 2017 to 2018, to \$186.4 billion.

Cloud computing continues to provide for the needs of adopters—and it presents its own unique challenges, too. Here are five of the most pressing trends affecting the future of cloud computing.

1. Increased Adoption by Global Enterprises

In 2017, [Forrester predicted](#) that enterprises would cross the 50% milestone for public cloud adoption in 2018. In a [2018 study of nearly 1,000 IT professionals](#) by cloud computing management software RightScale, 96% of respondents said they used some form of cloud computing. Among enterprises, 81% prefer a multi-cloud strategy.

Public cloud spending is significantly increasing, with 20% of enterprises planning to more than double their public cloud spend in 2018. A [report](#) by global management consulting firm McKinsey & Company found cloud providers are expected to account for up to 80% of shipped server and storage capacity by 2018.

RightScale reports serverless cloud computing had the most growth year-over-year in 2018, increasing 75%. Also called "[Functions as a Service](#)," serverless cloud computing requires no end-user management. End users simply send code functions to the server, and the provider handles all resource management, saving end users money compared to paying for a fixed quantity of servers.

2. Regulated Industries Will Begin Moving to the Cloud

With increased cloud adoption across global enterprises, regulated industries are increasing their usage, too. A [2018 report by Oracle](#), a cloud applications and platform services provider, predicts 50% of production workloads in regulated industries will move to the cloud by 2020.

These include sectors like energy, financial, and telecommunications industries. A [2018 report by global market intelligence firm IDC](#) predicts the industries that will see the fastest growth of cloud computing from 2016 to 2021 include telecommunications and banking, with each experiencing a 23% compound annual growth rate.

Though regulations such as the European Union General Data Protection Regulation (GDPR) place restrictions on where customer data can be stored, organizations within these regulated industries can create unique contracts with cloud storage providers that address privacy

regulations, data retention, breaching response, and data ownership. Some organizations may also choose to retain data in their own data center, but outsource hardware and software assets, management, and maintenance.

3. Increased Adoption Means Increased Risk

As more data enters the cloud, cloud computing providers are bigger targets for security breaches. A 2018 Gartner survey of 110 senior executives at large global organizations found cloud computing was the top security concern. Some of the threats facing organizations that use cloud computing include:

- Reduced visibility and control
- Vulnerabilities in management APIs
- Multi-tenant data leakage due to failure of separation control
- Incomplete data deletion
- Stolen credentials
- Insider abuse

While cloud providers are vigilant about security and protecting their users, the end users could cause damage by making the applications they have running in the cloud vulnerable, as [this InfoWorld article addresses](#). Gartner reports through 2022, at least 95% of cloud security failures will be caused by organizations.

Organizations that use the cloud must still have dedicated IT staff in place to prevent security threats and mitigate risks.

4. The Cloud Will Continue to Support AI

In addition to cloud computing, the growth of artificial intelligence (AI) in diverse industries is one of the top trends in technology today. In October 2018, HTF Market Intelligence released a report stating [AI in manufacturing](#) is expected to have a compound annual growth rate of 53% through 2025. The AI market in general is expected to reach \$190 billion by 2025, at a compound annual growth rate of 37% from 2017 on, according to [Markets and Markets](#).

Cloud computing is essential for the growth of AI, since most types of hardware do not have the capabilities to run AI applications efficiently. AI relies on big data processing to improve its services through machine learning.

Cloud computing improves AI processing speed and accuracy, while AI can be used to operate and manage cloud computing. As each industry grows, it enables the other to expand, as well.

5. Demand for Cloud Professionals Will Grow

The increased use of cloud computing means greater demand for cloud professionals. According to the [Bureau of Labor Statistics](#), employment of computer and IT occupations is projected to grow 11% from 2019 to 2029, which is faster than average for all occupations.* No matter what role or capacity you work for in IT, cloud computing is likely to affect your job.

Occupations such as computer network architect and computer systems analyst are responsible for building out cloud networks. In roles such as computer and information research scientist, computer programmer, and information security analyst, professionals may deploy applications to the cloud or monitor and manage an application's performance in the cloud. Working with IT services means interacting with cloud services in many cases.

پیوست (۲)

Migration To The Cloud

Cloud migration. What does it mean? **Cloud migration is the process of moving digital assets — like data, workloads, IT resources, or applications — to cloud infrastructure.**

Without [the right strategy](#), you can hurt your chances of achieving your desired cloud benefits. There are many [common mistakes when companies go cloud](#), and a botched migration can mean hampered performance and increased costs. It's regularly reported that more than half of companies don't see the cloud benefits they expected. This is commonly due to faults in migration strategy and a lack of [the necessary cloud talent](#).

A cloud migration strategy is the plan an organization makes to move its data and applications from an on-premises architecture to the cloud. Not all workloads benefit from running on cloud-based infrastructure, so it is important to validate the most efficient way to prioritize and migrate applications before going live. A systematic, documented strategy is crucial.

If you're looking for a guide to cloud migration, here are the three fundamentals to consider no matter what type of cloud and what cloud service models you'll use:

1. **What** you're moving
2. **Why** you're moving it
3. **How** you're going to do it

Ideally, you won't be winging it when migrating to the cloud. Keep tabs on what's done and what's next to ensure all the moving pieces end up where they should. Need a cloud migration template?. Here some steps to include on your cloud migration checklist.

Step 1: Establish the migration-architect role

Before you begin your cloud migration, establish the migration architect role to lead the effort. The migration architect is a system architect-level position responsible for planning and completing all aspects

of the migration; their core responsibility should include defining necessary refactoring required to make the migration successful, designing strategies for data migration, defining cloud-solution requirements, and determining migration priorities and production switchover mechanisms.

During the course of a large migration project, there are many decisions and technical plans that must be made, and having a migration architect who is responsible for all aspects of the migration is critical to the success of the project.

Step 2: Choose your level of cloud integration

When you move an application from an on-premises data center to the cloud, there are two ways you can migrate your application—a shallow cloud integration or a deep cloud integration.

For a **shallow cloud integration (sometimes called “lift-and-shift”)**, you move the on-premises application to the cloud, and make no—or limited—changes to the servers you instantiate in the cloud for the purpose of running the application. Any application changes are just enough to get it to run in the new environment. You don’t use cloud-unique services. This model is also known as lift-and-shift because the application is lifted “as is” and moved, or shifted, to the cloud intact.

For a **deep cloud integration**, you modify your application during the migration process to take advantage of key cloud capabilities. This might be nothing more advanced than using auto-scaling and dynamic load balancing, or it might be as sophisticated as utilizing serverless computing capabilities such as [AWS Lambda](#) for portions of the application. It might also involve using a cloud-specific data store such as [Amazon S3](#) or [DynamoDB](#).

Step 3: Choose a single cloud or go multi-cloud

Before you begin your cloud migration, address this question: Do you want to pick a single cloud provider and migrate your application so it runs optimized for that single environment, or do you want your application to run on multiple cloud providers?

Optimizing your application to work with a specific cloud provider is relatively simple. Your development teams have just one set of cloud APIs to learn, and your application can take advantage of everything your chosen cloud provider offers.

The downside to this approach is vendor lock in. Once you’ve updated your application to work with only that one provider, moving your application to a different provider could require just as much effort as the original cloud migration. Additionally, having a single cloud provider might negatively impact your ability to negotiate important terms—such as pricing and SLAs—with the cloud provider.

But wait, it gets even more complicated. There are several different models for using multiple cloud providers:

One application in one cloud; another application in a different cloud. Perhaps the simplest multi-cloud approach runs one set of applications in one cloud provider and another set in another. This approach gives you increased business leverage with multiple providers as well as flexibility for where to put applications in the future. It also lets you optimize each application for the provider on which it runs.

Split your application across multiple cloud providers. Some companies choose to run parts of an application in one cloud provider and other parts of it in another. This approach lets you utilize key advantages each provider offers (for example, one provider might have better AI capabilities than another,

which is known for its database speeds). The risk here is that your application is tied to the performance of both providers, and any problems with either provider could impact your application's customer experience.

Build your application to be cloud agnostic. Other companies build their applications to run on *any* cloud provider. With this approach, you could run your application simultaneously on multiple providers or split your application load across them. This model gives you the ultimate flexibility in vendor negotiations because you can easily shift loads from one cloud provider to another. The downside is that you may find it difficult to use the key capabilities of each cloud provider, reducing the benefits of hosting your application in the cloud. This approach may also complicate your application-development and validation processes.

Step 4: Establish cloud KPIs

Key Performance Indicators (KPIs) are metrics that you gather about your application or service to measure how it is performing against your expectations. You may already have defined some KPIs for your applications and services, but are they still the right ones for an application or service once it's in the cloud? The best KPIs for a cloud migration show how your in-progress migration is doing, illuminating visible or invisible problems that may be lurking within your application. Most important, perhaps, cloud migration KPIs can help you determine when the migration is complete and successful.

Category	Sample KPI
User experience	Page load time Lag Response time Session duration
Application/component performance	Error rates Throughput Availability Apdex
Infrastructure	CPU usage % Disk performance Memory usage Network throughput
Business engagement	Cart adds Conversions and conversion % Engagement rates

For each category, determine which metrics are the most important to your business, and which metrics will be most impacted by the migration to the cloud.

Step 5: Establish performance baselines

Baselining is the process of measuring the current (pre-migration) performance of your application or service in order to determine if its future (post-migration) performance is acceptable. Baselines help you determine when your migration is complete and provide validation of the post-migration performance improvements you expected. You can also refer to baselines during a cloud migration to diagnose any problems that arise.

Set a baseline metric for each KPI that you've decided to measure. Determine how long you will collect data to determine the baseline. Choosing a short baseline period (such as a day) lets you move faster, but you risk not collecting a representative performance sample. Choosing a longer period to baseline (such as a month) obviously takes more time, but can provide more representative data.

You also need to determine if you want to collect only baseline data that's average or representational, or if you want to include data collected over "peak" or "critical" periods. For instance, if you're a news site, do you want to collect data over a day with a big news event, or do you want to avoid such days?

No matter which data-collection model is appropriate for your industry, be sure to clearly define what type of data you're going to collect and for what period of time.

Step 6: Prioritize migration components

You also have to decide if you will migrate your entire application at once, or if you will migrate it to the cloud component by component or service by service.

First, identify the connections between your services, and which services depend on what other services. For larger, more complex applications, use an [application performance monitoring tool](#) that can use [service maps](#) to generate dependency diagrams. Use the dependency diagram to decide which components should be migrated and in what order. It often makes sense to start with the services that have the fewest dependencies. In this case, you'll migrate your most *internal* services first, and then follow up with your outermost services, typically the ones closest to your customers. The alternate approach is to start with the services closest to your customers—the most *outside* services—so that you can control any impact on your customers.

Step 7: Perform any necessary refactoring

You may want to do other work on your applications and services before you migrate them so they work as effectively and efficiently in the cloud as possible. For example, you may want to refactor your application:

- So it works effectively with a variable number of running instances to allow dynamic scaling, potentially saving you money on cloud service costs.
- So your resource utilization can better take advantage of dynamic-cloud capabilities, such as the ability to dynamically allocate and de-allocate resources as needed, rather than you statically allocating them ahead of time.
- To move to a more service-oriented architecture before the migration, so that you can more easily move individual services to the cloud.

Step 8: Create a data-migration plan

Migrating data is one of the trickiest parts of a cloud migration. The location of your data can significantly impact the performance of your application. Moving your data to the cloud when the data-access methods are still primarily on-premises can significantly impact performance. The same holds true if the data is still on-premises but the service accessing it resides in the cloud.

Options for data-migration include:

- Using a bi-directional syncing mechanism between your on-premises and cloud databases. Once you've moved all consumers of the data to the cloud, remove the on-premises database.
- Use an on-premises database with one-way synchronization to a cloud-based database, and allow consumers to connect only to the on-premises version. When you're ready, disable access to the on-premises version so the cloud-based version becomes the main database, and enable cloud-based consumers access to the new database.
- Use a cloud data-migration service, such as those available from [Amazon Web Services](#).

Don't underestimate the complexity and importance of data-migration planning. Not paying close attention to your data-migration plan before you begin a cloud migration can cause migrations to fail, or at least fail to meet expectations. Your migration architect should be very involved in the data-migration planning process.

Step 9: Switch over production

When and how do you switch over the production system from the legacy on-premises solution to the new cloud version? The answer depends on the complexity and architecture of your application, and especially the architecture of your data and datastores.

There are two common approaches:

- **Do it all at once.** Wait until you've moved the entire application or service over to the cloud and validated that it works there, and then switch traffic from the on-premises stack to the cloud stack.
- **Do it a little bit at a time.** Move a few customers over, test that things are still working, and then move a few more customers. Continue this process until you've moved all your customers to the cloud-based application.

Step 10: Review application resource allocation

Even after you've finished migrating everything to the cloud, there are a few more things to consider. Most important is resource optimization. The cloud is optimized for dynamic resource allocation, and when you allocate resources (servers, for example) statically, you're not taking advantage of the cloud's strengths. As you move into the cloud, make sure your teams have a plan for distributing resources to your application. When you need to allocate additional resources to an application in the cloud, they are usually available from the vendor in virtually any quantity in a moment's notice. This means that you can typically trust that you can scale as needed to meet demand, assuming your teams have the application architecture in place to support dynamic scaling.

Other considerations for your cloud migration

The 10 steps in this cloud migration checklist cover a lot of ground, but there are definitely other things you should consider during your cloud migration. Creating a safe and secure cloud environment, for example, is obviously a critical part of any cloud migration. Fortunately, the major cloud providers offer significant tooling and resources to help you build and maintain a secure system.

When it comes to cloud costs, there are two rules of thumb about cloud pricing: *the cloud is cheaper than on-premises*, and *the cloud is more expensive than on-premises*. Both can be true or false, depending on the situation.

It is certainly possible to start using the cloud and find out that your infrastructure bill has, in fact, increased compared to what you were spending on your physical data center. There are a couple reasons this could happen:

First, there are hidden costs in all infrastructure systems, and you may not be considering all the costs involved in running your own data center, while the monthly bill you get from your cloud provider makes the costs very clear. The result? Sometimes you end up comparing apples to oranges, making the cloud solution appear more expensive than the on-premises one.

Second, the costs of an on-premises infrastructure are mostly composed of capital expenditures (CapEx), while a cloud-based infrastructure usually comes out of operating expenses (OpEx). Depending on how your business manages its books, CapEx may be easier to come by than OpEx, or vice versa. Understanding how paying for cloud-based infrastructures differs from an on-premises infrastructure, and making sure your company's financial models support the distinctions, is critical to recognizing cloud cost improvements.

Endnotes

There are no guarantees in life and no list of best practices will ensure your migration to the cloud will be successful. There are many variables that will determine this outcome, including the commitment from your organization, the expertise of your team, your technical requirements and plenty more. The list above, however, provides a solid framework to start out with.

At the end of the day, you must stay focus on the endgame — reducing operational costs and risks, minimizing hardware cost, and becoming or staying agile. If you've made the decision to migrate and are reading this article, you've already made the first commitment. Stick to the task at hand.