

پیاده‌سازی و ارزیابی یک سامانه مکانی تحت وب بر اساس فناوری رایانش ابری

مهدی نقدی سده^{۱*}، علی اصغر آل شیخ^۲

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد سیستم‌های اطلاعات مکانی - دانشکده مهندسی نقشه‌برداری -

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

mahdi.naghdi@gmail.com

^۲دانشیار گروه سیستم‌های اطلاعات مکانی - دانشکده مهندسی نقشه‌برداری -

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

alesheikh@kntu.ac.ir

(تاریخ دریافت بهمن ۱۳۹۱، تاریخ تصویب اردیبهشت ۱۳۹۲)

چکیده

استفاده از سرویس‌ها و برنامه‌های کاربردی مکانی تحت وب به دلیل مزایای اثبات شده آن‌ها، بسیار رواج یافته است. ارائه خدمات توسط سرویس‌های مذکور نیازمند منابع پردازشی مانند واحد پردازنده مرکزی، حافظه جانبی و غیره می‌باشد و هر چه این منابع با نیازها و ظرفیت پردازشی سرویس، مطابقت بیشتری داشته باشند، کیفیت خدمات ارائه شده بالاتر خواهد بود. در حال حاضر، منابع پردازشی توسط خادم (سرور) مستقر در مراکز داده سنتی و به صورت متمرکز یا توزیع یافته تامین می‌شود که غالباً دارای منابع پردازشی ثابت و غیرمنعطف هستند. با توجه به ثابت نبودن میزان درخواست‌های ارسالی به خادم، برآورد منابع پردازشی مورد نیاز سرویس به یکی از مشکلات اساسی در پیاده‌سازی‌های رایج تبدیل شده است. چنانچه این درخواست‌ها (در اوج مصرف) بیش از میزان پیش بینی شده باشد، پاسخگویی سرویس مختل می‌گردد و چنانچه بیش از میزان مورد نیاز زیرساخت فراهم گردد، هدر رفتن سرمایه را به همراه خواهد داشت که با اصول فناوری‌های سبز مغایر است. فناوری رایانش ابری با استفاده از فرایندهایی مانند مجازی‌سازی، مراکز داده‌ای را ایجاد می‌کند که خادماهای موجود در آن دارای منابع پردازشی منعطف و مقیاس‌پذیر می‌باشند. به همین دلیل برای استفاده از قابلیت‌های این بستر، در این مقاله یک سامانه اطلاعات مکانی بر اساس فناوری رایانش ابری شرکت مایکروسافت (ویندوز آژور) پیاده‌سازی شده و مورد ارزیابی قرار گرفته است. این سامانه دارای یک سرویس مسیریابی بهینه بر اساس الگوریتم دایجسترا است و به کمک سرور نقشه MapGuide در چارچوب دات نت پیاده‌سازی شده است. در نهایت با شبیه سازی کاربران، کارایی و مقیاس‌پذیری سامانه پیاده‌سازی شده مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و بر اساس نتایج به دست آمده مشخص می‌گردد که معماری پیشنهادی نسبت به مدل‌های مرسوم از نظر اقتصادی به صرفه تر بوده و انعطاف پذیری و مقیاس پذیری بیشتری را عرضه می‌نماید.

واژگان کلیدی: رایانش ابری (Cloud Computing)، سامانه اطلاعات مکانی تحت وب، مقیاس‌پذیری (Scalability)، ویندوز آژور (Windows Azure).

* نویسنده رابط

۱- مقدمه

رایانش ابری یک مفهوم نسبتاً جدیدی در عرصه فناوری اطلاعات است که در حال گسترش می‌باشد. رایانش ابری به همه چیز اعم از برنامه کاربردی، سکوا^۱ توسعه نرم افزار، سخت افزار، و زیرساخت به عنوان سرویس نگاه می‌کند. سخت افزار مرکز داده و نرم افزارهایی که در آن قرار دارند، مجموعه‌ای را تشکیل می‌دهند که ابر نامیده می‌شود. به عبارت ساده‌تر، رایانش ابری به استفاده اشتراکی از برنامه‌ها و منابع یک محیط شبکه‌ای می‌پردازد که در آن مالکیت و مدیریت منابع شبکه و برنامه‌ها، برای استفاده کننده اهمیتی ندارند. در رایانش ابری منابع کامپیوترها برای انجام یک کار استفاده می‌شوند و داده‌های مربوط به پردازش در هیچ کدام از کامپیوترهای شخصی ذخیره نمی‌شوند، بلکه در جای دیگری در داخل همان منابع شبکه ذخیره شده تا در زمان و مکان دیگری قابل دسترسی باشند [۲].

معماری رایج که امروزه برای پیاده‌سازی سرویس‌های مکانی مورد استفاده قرار می‌گیرد، عمدتاً از نوع خادم-مخدوم است. که در آن قابلیت‌های خادم، با استفاده از فناوری‌های موجود به صورت متمرکز یا توزیع یافته پیاده‌سازی می‌شود. در این مراکز داده، عمدتاً حجم زیادی از کامپیوترهای با توان پردازشی بالا مجتمع شده‌اند و در صورت درخواست کاربران، به صورت اختصاصی یا به صورت ماشین‌های مجازی در اختیار کاربران قرار گرفته و پیاده‌سازی سرویس مکانی بر روی آن‌ها انجام می‌گیرد [۶].

عمده اشکالی که در این معماری وجود دارد، آن است که باید در مراحل اولیه پیاده‌سازی سرویس، یک برآورد از تعداد کاربرانی که در آینده به استفاده از این سرویس می‌پردازند به دست آورد و متناسب با آن خادمی با ظرفیت پردازشی مناسب سفارش داد. در این حالت است که اگر تعداد کاربران از مقدار برآورد شده، کمتر باشد، هزینه‌ای که برای تأمین خادم پرداخت می‌گردد، هدر رفته است. از طرف دیگر در صورتی که تعداد کاربران در طول سرویس‌دهی افزایش یابد و بیش از مقدار برآورد شده گردد، نیاز به تأمین خادم جدید و توسعه سخت

افزار الزامی می‌گردد. مشکل دیگری که در این حالت وجود دارد بازه‌های اوج مصرف است که عموماً برای مدت کوتاهی برقرار می‌باشد و اگر بر اساس آن سخت افزار تهیه گردد، در سایر بازه‌های زمانی این برآورد بیش از مقدار نیاز است.

از همین رو است که فناوری رایانش ابری، با گرد هم آوردن بسیاری از فناوری‌های نوین مانند مجازی سازی، روش‌های ذخیره سازی داده‌ها، سیستم‌های برق رسانی پیشرفته و غیره، محیطی را فراهم آورده است که می‌توان در آن با حداکثر کارایی و حداقل هزینه از امکانات سخت افزاری به صورت بسیار منعطف استفاده کرده و به ازای میزان مصرف، هزینه پرداخت گردد. چنانچه نیاز افزایش پیدا کرد، می‌توان به سادگی، ظرفیت را با پرداخت هزینه بیشتر افزایش داد و پس از برطرف شدن نیاز، ظرفیت را به مقدار قبلی کاهش داد.

۱-۱- پیشینه تحقیق

سوراج پندی در دانشگاه ملبورن استرالیا [۱۲] با توجه به همین اصل که داده‌های مکانی از لحاظ پردازش و ذخیره‌سازی، مستلزم استفاده از زیرساخت منعطف و مقرون به صرفه می‌باشند، از سرویس ابر شرکت آمازون استفاده کرده و به کمک EC2^۲ و S3^۳ پردازش و حافظه مورد نیاز برای پردازش داده‌های مکانی و ذخیره سازی آن‌ها را تأمین کرده است. ایشان یک معماری بر اساس سرویس‌های ارائه شده توسط آمازون ایجاد نموده و کارایی سیستم را مورد ارزیابی قرار داده است. بر اساس نتایج به دست آمده هزینه اولیه برای راه‌اندازی معماری رایانش خوشه‌ای از معماری مبتنی بر فناوری رایانش ابری، به مراتب بیشتر است.

بهات، شاه و بشیر احمد [۱] در سال ۲۰۱۱ به کاربردهای فناوری رایانش ابری و مزایایی که استفاده از این فناوری در سیستم اطلاعات مکانی به همراه خواهد داشت، پرداخته‌اند. سپس یک معماری سطح بالا را معرفی نموده‌اند که از دو بخش اصلی تشکیل شده است. بخش اول شامل یک واسط وب است که بر اساس فناوری وب دو^۴ پیاده سازی شده و قابلیت بارگذاری بر

^۱ Elastic Compute Cloud

^۲ Simple Storage Service

^۴ Web 2.0

^۱ Platform

کوریلون [۴] نیز در سال ۲۰۰۹ برای پردازش داده‌های ثبت شده توسط ماهواره‌ها از دمای سطح آب‌های آزاد استفاده کرده است. در همان سال هیل [۷] با استفاده از EC2 شرکت آمازون به مدل‌سازی فضای اقیانوس پرداخت و کارایی ماشین‌های مجازی با توانایی پردازش مختلف را مورد ارزیابی قرار داد. یکی از نقاط ضعف این پیاده‌سازی استفاده از حافظه جانبی در سیستم سرویس‌گیرندگان در حین عملیات پردازش است و ضعف دیگر آن عدم استفاده از یک واسطه گرافیکی برای فراخوانی دستورات توسط کاربران می‌باشد که کاربران را مجبور به استفاده از خط فرمان^۴ می‌کند.

۲-۱- تعریف رایانش ابری

موسسه ملی استاندارد و فناوری امریکا^۵ رایانش ابری را یک مدل برای دسترسی آسان، همه‌جا حاضر^۶ و در زمان نیاز^۷ معرفی می‌کند. در این تعریف، رایانش ابری به استخری^۸ از منابع و زیر ساخت‌های گوناگون تشبیه می‌شود که در آن منابع محاسباتی اعم از شبکه، خادم‌ها، برنامه‌های کاربردی و سرویس‌ها بر اساس نیاز، قابل پیکربندی می‌باشند. این دسترسی در کمترین زمان ممکن توسط ارائه‌دهندگان سرویس مدیریت شده و برای کاربران فراهم می‌گردد [۱۱]. این نهاد برای رایانش ابری پنج خصوصیت حیاتی را برمی‌شمارد که هر سرویسی که خدمات رایانش ابری ارائه می‌کند، باید دربردارنده آن‌ها باشد:

- به صورت خودکار و در زمان نیاز^۹: استفاده کننده از سرویس باید بتواند به صورت یک طرفه و بدون نیاز به برقراری ارتباط با ارائه دهنده خدمات، قابلیت‌های پردازشی مورد نیاز مانند حافظه و غیره را در زمانی که بدان نیاز دارد، تهیه کند.
- دسترسی سراسری به شبکه^{۱۰}: دسترسی به امکانات رایانش ابری منوط به دسترسی به شبکه از

روی سیستم کاربران را دارا است و می‌تواند بر اساس نیاز کاربران سفارشی شود. بخش دوم شامل هسته اصلی سرویس به کاربران است. رابط میان کاربران و هسته اصلی همان واسطه وب در بخش اول می‌باشد. ایشان هسته اصلی را به ۵ لایه اصلی تقسیم کرده اند که وظیفه برقراری ارتباط، ذخیره سازی، منطق، خدمات رسانی یکپارچه و تنظیمات به هر یک از پنج لایه‌ها داده شده است. نویسندگان مدعی می‌شوند که این مدل قابل پیاده‌سازی بر اساس سرویس‌های همه ارائه دهندگان خدمات رایانش ابری می‌باشد.

کریمی و همکاران [۹] در سال ۲۰۱۱ فناوری رایانش ابری را از دیدگاه پردازش سنگین^۱ به صورت آبی مورد بررسی قرار داده‌اند و به کمک سکوی برنامه نویسی گوگل GAE^۲ یک مجموعه سرویس ناوبری را پیاده سازی نمودند. این سرویس تمام پردازش‌های مکانی مورد نیاز را به صورت آبی انجام می‌دهد. پس از انجام تحلیل‌های مورد نظر، ایشان چنین نتیجه گیری نمودند که سرویس‌های فراهم شده توسط گوگل برای انجام پردازش‌های سنگین مکانی نیاز به بازنگری در ساختار دارد.

علاوه بر کریمی، بلور [۱۴] نیز یک سرویس مکانی برای ارائه تصاویر ماهواره ناسا با استفاده از GAE به منظور بهره‌مندی از مزایای رایانش ابری همچون مقیاس‌پذیری و صرفه‌جویی در هزینه تأمین و نگهداری پیاده‌سازی نموده است. او سرویس پیاده‌سازی شده را در سه حالت دینامیک، استفاده از حافظه نهان^۳ و استاتیک مورد بررسی قرار داد. در این ارزیابی مشخص گردید که قابلیت پاسخگویی به کاربران به صورت همزمان از حالت اول تا سوم، افزایش می‌یابد که دلیل مستقیم آن کاهش حجم پردازش انجام شده است. در این پیاده‌سازی، به دلیل ماهیت ابر گوگل امکان نصب نرم‌افزارهای جانبی به منظور بهبود عملکرد سرویس قابل استفاده نمی‌باشد. همچنین استفاده از سرورهای نقشه مانند MapServer و GeoServer امکانپذیر نیست.

در زمینه استفاده از رایانش ابری به عنوان یک چارچوب به منظور پشتیبانی از پردازش سنگین،

^۴ Command Line

^۵ National Institute Of Standards and Technology(NIST)

^۶ Ubiquitous

^۷ On-demand

^۸ Pool

^۹ On-demand Self-service

^{۱۰} Broad network access

^۱ High Performance Computing

^۲ Google App Engine

^۳ Caching

عمومی^{۱۰}، اختصاصی^{۱۱}، اجتماع^{۱۲} و ترکیبی^{۱۳} اشاره کرد [۳].

- ابر عمومی: زیر ساخت ابر عمومی برای استفاده همگانی است و مالکیت، مدیریت و سازماندهی آن می تواند توسط یک موسسه تجاری، نهاد دولتی یا ترکیبی از آن ها انجام گیرد و محل قرار گیری آن نزد ارائه دهنده سرویس می باشد.
- ابر اختصاصی: این زیرساخت برای استفاده انحصاری یک نهاد خاص تهیه می شود. مدیریت، مالکیت و اجرای آن می تواند توسط همان سازمان یا نهاد دیگری انجام پذیرد. مکان این ابر می تواند درون سازمان یا مکانی خارج از سازمان باشد.
- ابر اجتماع: برای سرویس دهی به یک اقدام عمومی تدارک دیده می شود و زیرساختی مابین دو زیر ساخت قبلی دارد. ممکن است در این مدل سرویس دهی به یک یا چند سازمان مطرح باشد. در نهایت، مسئله مورد درخواست بین همگی آن ها مشترک است و به نوعی آن ها در مأموریت، سیاست کاری و غیره، برنامه خاصی را دنبال می کنند. یک ابر اجتماع ممکن است توسط یکی از سازمان های عضو و یا شخص یا سازمان ثالث مدیریت شود.
- ابر ترکیبی: همان گونه که از نام آن مشخص است، ترکیبی از ابرهای بالا است که در عین حفظ هویت منحصربه فرد خود، با هم به عنوان یک واحد یکپارچه ائتلاف کرده و به کاربران سرویس دهی می نمایند. به همین علت ابر ترکیبی دارای پیچیدگی بیشتری نسبت به سایر مدل های موجود می باشد. یک ابر ترکیبی (مختلط) ممکن است دسترسی استاندارد یا اختصاصی به داده ها، برنامه های کاربردی و همچنین برنامه قابل حمل^{۱۴} داشته باشد.

طریق سازوکارهای استاندارد می باشد. این ارتباط از طریق سکوها های ناهمگون قوی^۱ یا ضعیف^۲ مشتریان مانند موبایل، تبلت^۳ یا رایانه همراه مقدور می باشد.

- استخری از منابع^۴: منابع پردازشی ارائه دهندگان سرویس به صورت استخری است که توانایی ارائه خدمات نامحدود شامل تخصیص یا عدم تخصیص منابع فیزیکی و مجازی به صورت پویا به مشتریان متعدد در زمانی که بدان نیاز دارند، را دارا می باشد.
- قابلیت انعطاف سریع^۵: قابلیت های پردازشی می توانند به صورت منعطف تهیه یا آزاد شوند و متناسب با نیاز تنظیم گردند. در بسیاری از موارد میزان منابع در دسترس کاربر نامحدود بوده و در هر لحظه و به هر میزانی در اختیار کاربر می باشد.
- سرویس اندازه گیری^۶: سیستم های ابر به صورت خودکار و به کمک قابلیت های اندازه گیری که در اختیار دارند، مانند مدل «پرداخت بر اساس استفاده»^۷، منابع موجود را بر اساس سرویسی که در حال استفاده می باشد، کنترل و بهینه می نمایند. بنابراین کنترل و نظارت و گزارش گیری برای استفاده کننده و ارائه دهنده خدمات امکان پذیر می باشد.

۱-۳- انواع ابر

برای ابر مدل های بسیاری ذکر می شود که می توان به صورت کلی آنها را در دو گروه قرار داد: دسته اول بر مبنای مدل استقرار^۸ و دسته دوم بر اساس مدل سرویس یا خدمات^۹ هستند [۱۳]. (شکل ۱) این تقسیم بندی را با جزییات بیشتری نمایش می دهد.

در مدل استقرار به این نکته پرداخته می شود که ابر در کجا قرار گرفته است و هدف از استفاده آن چیست. از ابرهایی که در این زمینه موجود است می توان به ابرهای

^۱ Thick

^۲ Thin

^۳ Tablet

^۴ Resource pooling

^۵ Rapid elasticity

^۶ Measure service

^۷ pay-per-use

^۸ Deployment

^۹ Service

^{۱۰} General Cloud

^{۱۱} Private Cloud

^{۱۲} Community Cloud

^{۱۳} Hybrid Cloud

^{۱۴} Portable



شکل ۱- مدل ارائه شده توسط موسسه ملی استاندارد و فناوری امریکا

• سکو به عنوان سرویس^۴: این مدل ارائه سرویس، برای تأمین سکوی محاسباتی جهت پیاده‌سازی و توسعه برنامه کاربردی در زمان مورد نیاز می‌باشد. هدف اصلی این مدل کاهش هزینه‌ها و پیچیدگی-های مربوط به خرید، میزبانی^۵ و مدیریت سخت-افزارها و مؤلفه‌های مربوط به سکو مانند ابزارهای مورد نیاز برای توسعه پایگاه داده می‌باشد. سکو در ساده‌ترین حالت می‌تواند یک محیط یکپارچه توسعه^۶ را فراهم کند و در حالت‌های پیشرفته تر سخت افزار مورد نیاز برای اجرای برنامه را محاسبه کرده و در اختیار برنامه‌نویسان قرار دهد. در این زمینه می‌توان به سکوی شرکت گوگل به نام GAE اشاره کرد که از زبان پایتون و جاوا پشتیبانی می-کند.

• زیرساخت به عنوان سرویس^۸: در این مدل زیرساخت‌های محاسباتی پایه مانند سرورها، نرم-افزارها و تجهیزات شبکه جهت استقرار سکو^۹ و توسعه و اجرای برنامه کاربردی تدارک دیده می-شود تا در زمان مورد نیاز استفاده گردد. هدف اصلی این مدل اجتناب از خرید، میزبانی و نگهداری

در هر لایه از مدل سرویس، میزان انتزاع منابع محاسباتی متفاوت است. به طور کلی هر چه میزان انتزاع بیشتر باشد، دسترسی و کنترل بر منابع کمتر می-گردد. در این مدل، نامگذاری لایه‌ها به فرمت XaaS^۱ می‌باشد که منظور از X نوع سرویسی است که ارائه می گردد. انواع سرویس‌ها بر اساس تقسیم بندی موسسه ملی استاندارد و فناوری امریکا به شکل زیر می‌باشد [۱۱]:

• نرم‌افزار به عنوان سرویس^۲: در این مدل یک یا چندین برنامه کاربردی به همراه منابع پردازشی، تدارک دیده می‌شود تا در زمان نیاز آماده استفاده باشند. هدف اصلی آن کاهش هزینه سخت‌افزار، توسعه نرم‌افزار و نگهداری از آن می‌باشد. مسئولیت تأمین امنیت به طور کامل بر عهده ارائه دهنده خدمات رایانش ابری است. در این حالت استفاده کننده از خدمات، هیچ‌گونه کنترلی بر روی زیرساخت‌ها یا تک تک برنامه‌های کاربردی موجود در سرویس ارائه شده ندارد و می‌تواند به صورت محدود تنظیمات مدیریتی و اولویت مربوط به برنامه‌های کاربردی را تعیین کند. رابط بین کاربر و ارائه دهنده سرویس معمولاً مرورگر^۳ می‌باشد.

^۴ PaaS = Platform as a Service

^۵ Hosting

^۶ Component

^۷ Integrated Development Environment

^۸ IaaS = Infrastructure as a Service

^۹ Platform

^۱ X as a Service or Something as a Service

^۲ SaaS = Software as a Service

^۳ Web Browser

از سخت افزارها و مؤلفه های بنیادی زیرساخت می باشد. در این حالت منابع ذکر شده به صورت اشیا مجازی^۱ قابل کنترل توسط یک واسط^۲ در دسترس می باشند.

این سه مدل به نام SPI^۳ رایانش ابری شناخته می شوند. علاوه بر مدل های ذکر شده، بنا به کاربردهای ویژه، مدل های دیگری مانند StaaS^۴ به معنی فضای ذخیره سازی به عنوان سرویس، IdaaS^۵ هویت به عنوان سرویس، CaaS^۶ توافق به عنوان سرویس و غیره نیز وجود دارد.

۲- مطالعه موردی

به منظور نیل به اهداف این پژوهش، یک سامانه اطلاعات مکانی بر اساس فناوری رایانش ابری، به کمک سکوی ویندوز آژور شرکت مایکروسافت پیاده سازی گردیده است. این سامانه دارای یک سرویس محاسبه کوتاهترین مسیر است که با شبیه سازی کاربران به کمک نرم افزار پایلوت^۷، کارایی و مقیاس پذیری سامانه پیاده سازی شده مورد ارزیابی قرار می گیرد. این سامانه به کمک سرور نقشه MapGuide در چارچوب دات نت پیاده سازی شده است.

۲-۱- محدوده مورد مطالعه

اطلاعات شبکه راه مورد استفاده مربوط به شهرداری منطقه ۴ شهر تهران می باشد. این شبکه دارای حدوداً ۸۶۰۰ تقاطع می باشد و ماتریس وزن جهت محاسبه کوتاهترین مسیر به روش دایجسترا از آن استخراج می گردد. این ماتریس دارای حجم بسیار زیادی است که با حذف مقادیر صفر درون آن و شیوه ذخیره سازی جدید، حجم مورد نیاز به شدت کاهش یافته و در این مورد به کمتر از ۱ مگابایت رسیده است.

۳- معماری پیشنهادی

در این پژوهش و برای استفاده از خدمات ابر شرکت مایکروسافت، الگویی جدید پیشنهاد شد که در شکل نمایش داده شده است. این الگو به کمک بسته توسعه نرم افزاری که متعلق به شرکت مایکروسافت می باشد و بر روی ویژوال استادیو ۲۰۱۲ نصب گردیده است، فراهم می شود. در این ساختار دو نقش به نام های نمایشی^۸ و کاری^۹ وجود دارد. نقش نمایشی با استفاده از IIS^{۱۰} در ایجاد واسط گرافیکی مورد استفاده قرار می گیرد و دریافت و اعتبار سنجی درخواست های رسیده از کاربران و ارسال آن به نقش کاری بر عهده آن است. نقش کاری فاقد واسط گرافیکی بوده و برای انجام پردازش مورد نیاز سرویس استفاده می گردد [۸].

اولین لایه با استفاده از پایگاه داده SQL Server 2008 Spatial پیاده سازی شده است. این لایه ذخیره سازی اطلاعات مورد نیاز را بر عهده داشته و به دلیل پشتیبانی از ماهیت مکانی داده ها به عنوان پایگاه داده انتخاب شده است. برای دسترسی به داده های درون آن از یک رشته اتصال^{۱۱} استفاده می گردد. این رشته حاوی اطلاعاتی مانند URL، نام کاربری، کلمه عبور و غیره می باشد.

در لایه دسترسی به اطلاعات، از فناوری به نام FDO^{۱۲} نسخه ۳،۶ استفاده شده است. این فناوری با قرار دادن یک واسط کاربری برنامه نویسی^{۱۳} امکان ذخیره سازی، بازیابی و ویرایش داده های مکانی را صرف نظر از مکانی که ذخیره شده اند، به کاربران می دهد و یک پروژه متن باز می سازد [۵]. با توجه به اینکه پایگاه داده مورد استفاده، SQL Server 2008 Spatial می باشد، از DLL^{۱۴} مربوط به آن استفاده گردید. زیرا فناوری FDO برای هر پایگاه داده، DLL مخصوص به خود را ایجاد نموده است. رشته اتصال در این لایه برای

^۸ Web Role

^۹ Worker Role

^{۱۰} Internet Information Services

^{۱۱} Connection String

^{۱۲} Feature Data Object

^{۱۳} Application Programming Interface

^{۱۴} Dynamic Link Library

^۱ Virtualized Objects

^۲ Service Interface

^۳ Service-Platform-Infrastructure

^۴ StaaS = Storage as a Service

^۵ IdaaS = Identity as a Service

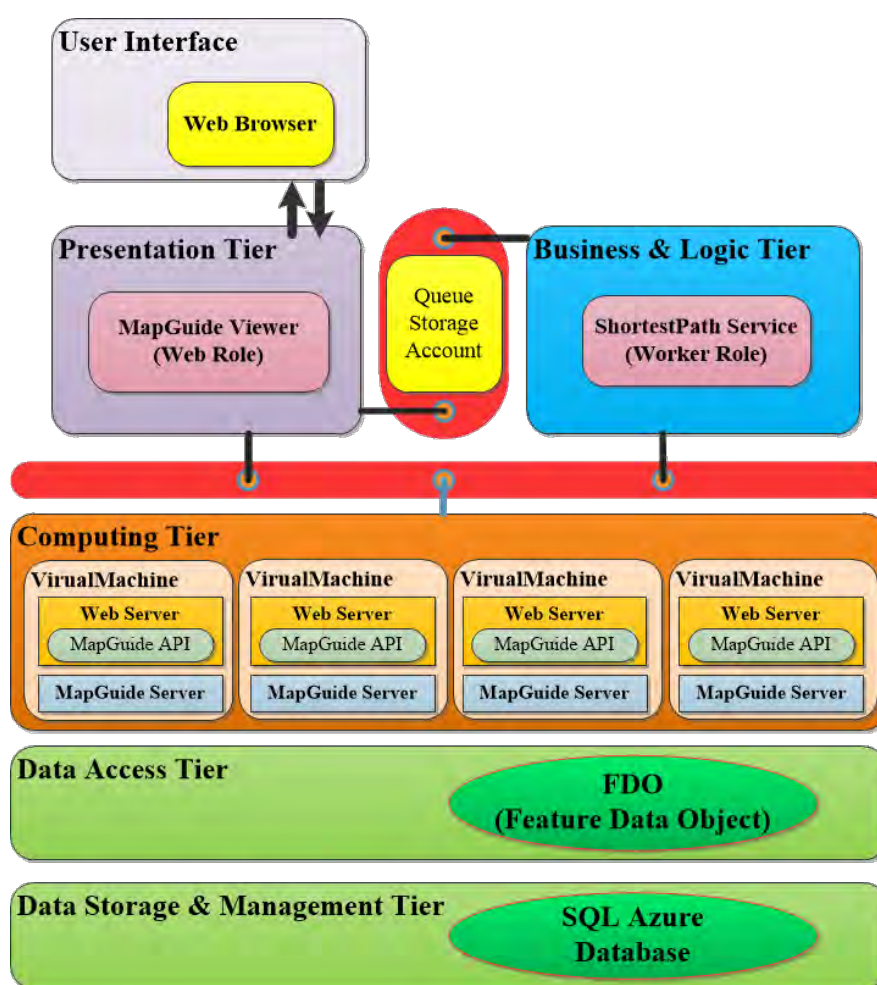
^۶ CaaS = Compliance as a Service

^۷ Pylot

تقسیم می‌گردد. کارایی این لایه به خاطر استفاده حداکثری از منابع به شدت افزایش مییابد و در زمانی که حجم ترافیک افزایش شدید داشته باشد، همچنان توانایی سرویس‌دهی خود را حفظ می‌کند. همان‌طور که اشاره گردید دو ماشین مجازی دیگر نیز در این لایه قرار دارند که به عنوان پشتیبان در زمانی استفاده می‌گردند که دو ماشین دیگر به هر علتی از کار بیفتند. این ویژگی دیگر معماری رایانش ابری است که دسترسی به سرویس را به صورت پایدار در تمام اوقات فراهم می‌کند.

برقراری ارتباط با پایگاه داده لایه ذخیره‌سازی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

لایه رایانش نقش موتور پردازشی در این معماری را بر عهده دارد. این لایه از چهار نمونه ماشین مجازی تشکیل شده است. بر اساس طراحی انجام شده، دو عدد از ماشین‌های این لایه، وظیفه انجام پردازش‌های مورد نیاز - دو نقش موجود - در لایه نمایش و منطق را بر عهده دارند. به منظور تخصیص این ماشین‌ها به لایه‌های بالاتر از فایل ServiceConfiguration.cscfg استفاده می‌گردد. بار ترافیکی رسیده به این لایه با استفاده از امکانات ویندوز آژور، با یک تعادل بین دو ماشین مجازی



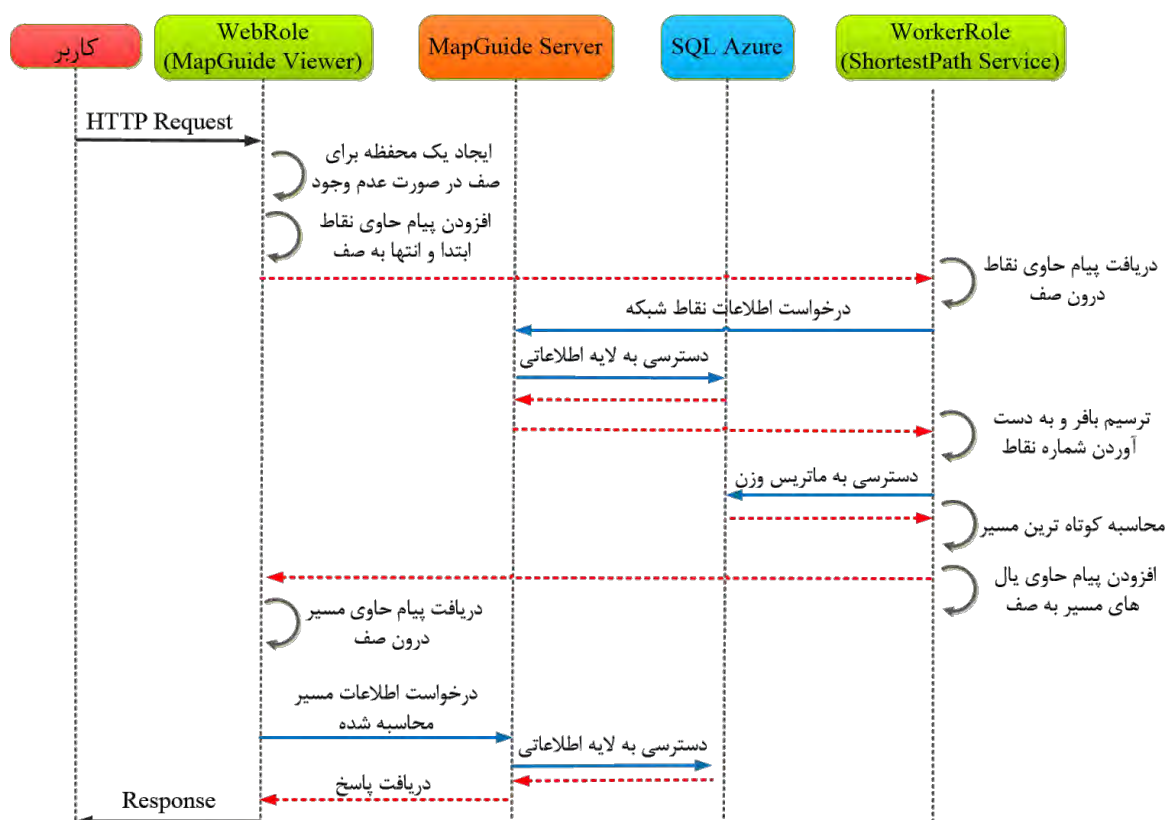
شکل ۲- معماری پیشنهادی

مورد نیاز به پروژه نرم‌افزاری را فراهم می‌کند. لایه منطق دربردارنده سرویس مسیریابی است که نقش **Worker Role** را ایفا می‌نماید. این نقش وظیفه محاسبه مسیر بهینه را بر عهده دارد. برای انتقال اطلاعات مسیر

لایه منطق و نمایش به کمک بسته توسعه نرم‌افزاری شرکت مایکروسافت که بر روی نرم‌افزار **Visual Studio** نصب می‌گردد، پیاده‌سازی شده است. این بسته توسعه با ایجاد قالب‌های آماده، امکان اضافه کردن نقش‌های

محاسبه شده به لایه نمایشی، مسیر به صورت یک فایل Queue ذخیره می‌گردد. یکی از روش‌های برقراری ارتباط میان لایه منطق و نمایشی استفاده از Queue است. این سرویس برای ذخیره سازی پیام‌های بزرگ استفاده می‌شود. برای دسترسی به این سرویس یک آدرس منحصر به فرد وجود دارد که از طریق بسته توسعه نرم‌افزاری ویندوز آژور، دسترسی به اطلاعات درون آن مقدور می‌گردد. لایه نمایش وظیفه ایجاد یک واسطه گرافیکی کاربر با استفاده از نمایشگر MapGuide را بر عهده دارد و این نقش در قالب Web Role پیاده

سازی شده است. این لایه به عنوان یک رابط میان کاربر و لایه منطق است. دستورات کاربر از طریق این لایه، پس از آنکه اعتبارسنجی گردید، به لایه منطق منتقل می‌گردد. انتخاب نقاط ابتدا و انتهای مسیر، نمایش مسیر محاسبه شده و سایر امکاناتی که در سامانه اطلاعات مکانی فراهم شده است، همگی از طریق این لایه برای کاربر ارائه می‌گردد. در شکل ۳ روال کاری مورد استفاده در این پیاده‌سازی نمایش داده شده است.



شکل ۳- روال کاری فناوری مدل رایانش ابری

۴- پیاده‌سازی و ارزیابی نتایج

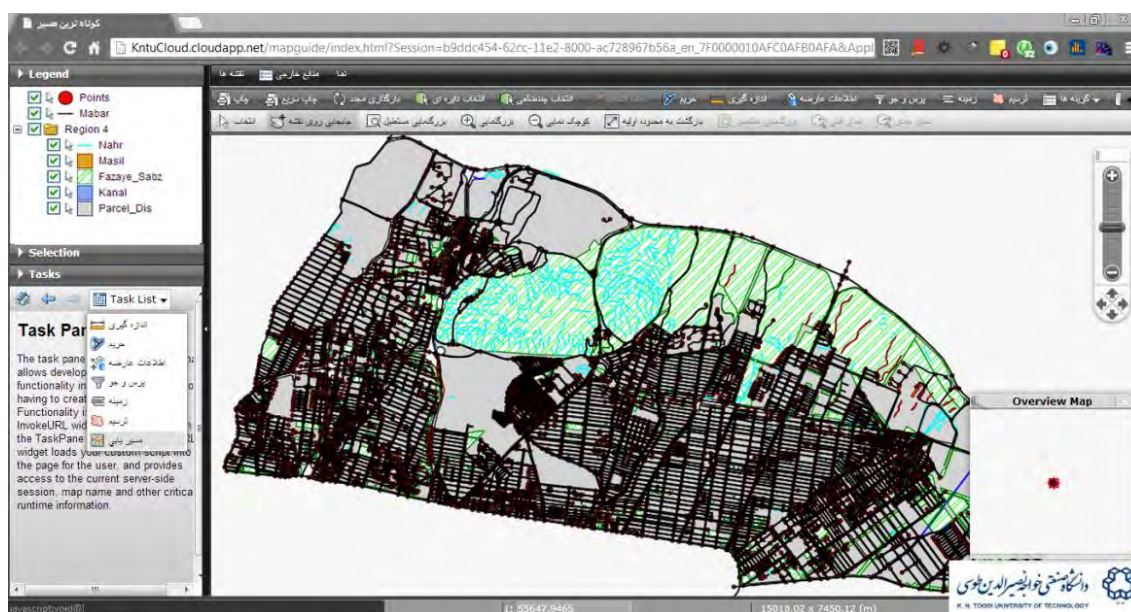
در پیاده سازی این سرویس حداقل‌هایی که یک سامانه WebGIS به آن نیاز دارد، لحاظ گشته است (شکل). در پیاده سازی این سامانه برای واسطه گرافیکی سمت کاربر، از MapGuide Viewer که از فناوری AJAX بهره می‌برد، استفاده شده است. این نمایشگر فایل‌های مختلف را از سرور نقشه دریافت کرده و با

تبدیل آن‌ها به فرمت JPEG، آن‌ها را برای نمایش در محیط مرورگر وب آماده می‌کند و به همین علت نیازی به استفاده از هیچ افزونه ای بر روی مرورگر نمی‌باشد. البته برای زمانی که اجازه نصب افزونه وجود داشته باشد، یک نمایشگر دیگری به نام DWF وجود دارد، که به کمک آن می‌توان فایل‌های برداری را در مرورگر نمایش داد. در نهایت از آنجایی که در سرور نقشه MapGuide از زبان برنامه نویسی C# پشتیبانی می‌شد،

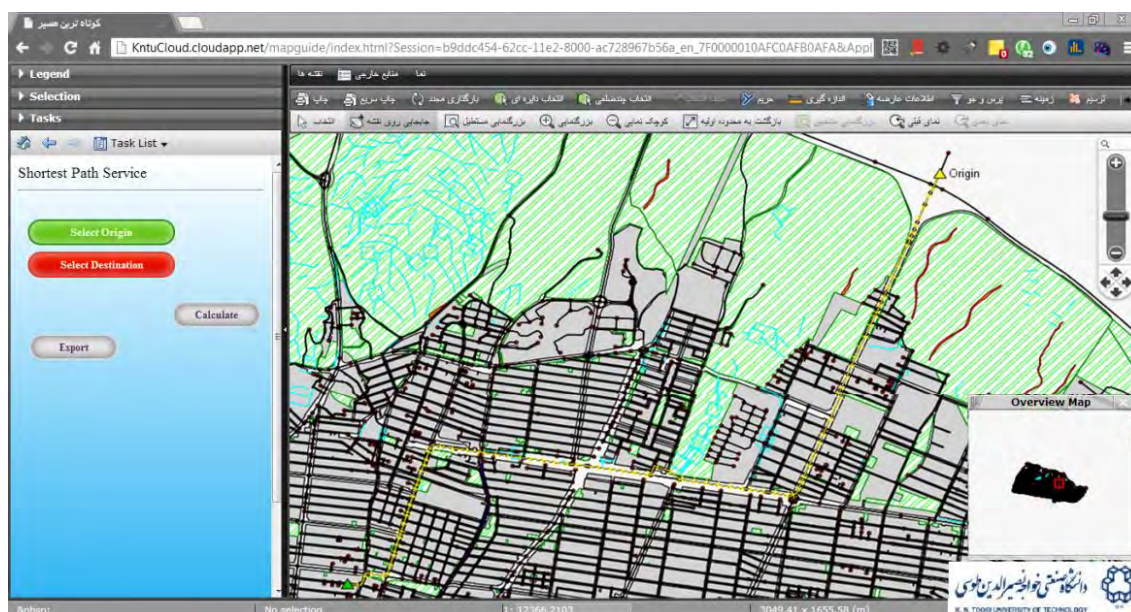
نماید. در نهایت با انتخاب ابتدا و انتهای مسیر و اجرای دستور مسیریابی، کوتاه‌ترین مسیر بر مبنای الگوریتم دایجسترا محاسبه می‌گردد و بر روی نقشه نمایش داده می‌شود (شکل) و در صورتی که تمایل به ذخیره اطلاعات مسیر داشته باشد، با کلیک بر روی گزینه Export می‌تواند اطلاعات مسیر مانند نام خیابان، طول خیابان و غیره را به شکل یک فایل PDF ذخیره نماید.

از همین زبان و چارچوب دات نت برای پیاده سازی سامانه استفاده گردید. به منظور گزارش گیری از مسیر ایجاد شده نیز از گزارش ساز StimulReport استفاده شده است.

کاربر با ورود به سامانه می‌تواند به کمک ابزارهای موجود بر روی نقشه حرکت کرده و پس از رسیدن به محدوده مورد نظر، در نوار Tasks بر روی لیست متدهای موجود کلیک کرده و پنجره مربوط به مسیریابی را باز



شکل ۴- رابط کاربر سامانه پیاده‌سازی شده

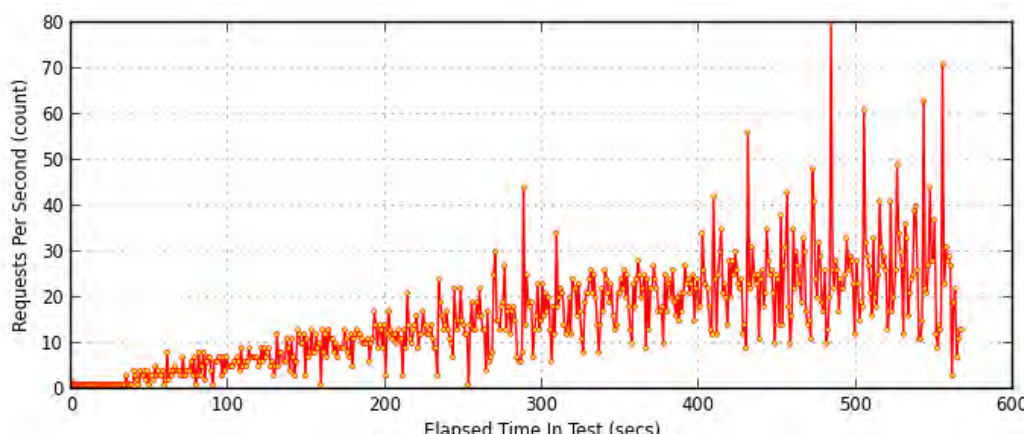


شکل ۵- پنجره مسیریابی

۴-۱- روش ارزیابی

برای ارزیابی مدل‌های پیاده‌سازی شده از لحاظ مقیاس پذیری و کارایی، از نرم‌افزار متن باز به نام Pyload استفاده شده است. این نرم افزار به زبان Python نوشته شده و با بهره گیری از کتابخانه‌های دیگری مانند MatPlot، Numpy و wxPython که با همین زبان نوشته شده است، تست بار ترافیکی و مقیاس پذیری بر روی یک برنامه تحت وب را انجام می‌دهد. این نرم افزار دارای توانایی ایجاد یک سری عامل است که تعداد آن‌ها توسط توسعه دهنده تعیین می‌گردد.

این عامل‌ها درخواستی را با استفاده از پروتکل Http و متدهای Get یا Post در بازه‌های زمانی مختلف به سروری که برنامه بر روی آن مستقر است، ارسال



شکل ۶ - نمودار روند افزایش درخواست‌های ارسالی به سمت سرور

استفاده شده است. مشخصات همه ماشین‌های مجازی یکسان بوده و به همراه مشخصات سرور اختصاصی در (جدول ۱) آورده شده‌اند.

جدول ۱- مشخصات سیستم کامپیوتری مورد استفاده

ماشین مجازی	سرور اختصاصی	
1.6 GHz	Dual Xeon 3.06 GHz	واحد پردازنده مرکزی
2 GB	4 GB	حافظه اصلی (RAM)
60 GB	250 GB	حافظه جانبی
100 MB Shared Link	100 MB Shared Link	پهنای باند ارتباطی
Windows Server 2008	Windows Server 2008	سیستم عامل

۴-۲- نتایج

به منظور ارزیابی معماری پیشنهادی، میان این معماری و معماری خادم-مخدوم مرسوم مقایسه ای صورت گرفت. در ارزیابی انجام گرفته مسئله کارایی و مقیاس-پذیری مورد توجه بوده و نتایج به دست آمده ذیلا ارائه گردیده است.

قبل از بیان نتایج مقایسه بین این دو مدل، لازم است اطلاعات سخت افزاری و نرم افزاری که در این دو مدل استفاده شده است، ذکر گردد. در معماری خادم-مخدوم، سرویس مسیریابی بر روی یک سرور اختصاصی مستقر گردید. از طرف دیگر برای ماشین‌های مجازی مورد استفاده در مدل رایانش ابری، از ماشین مجازی

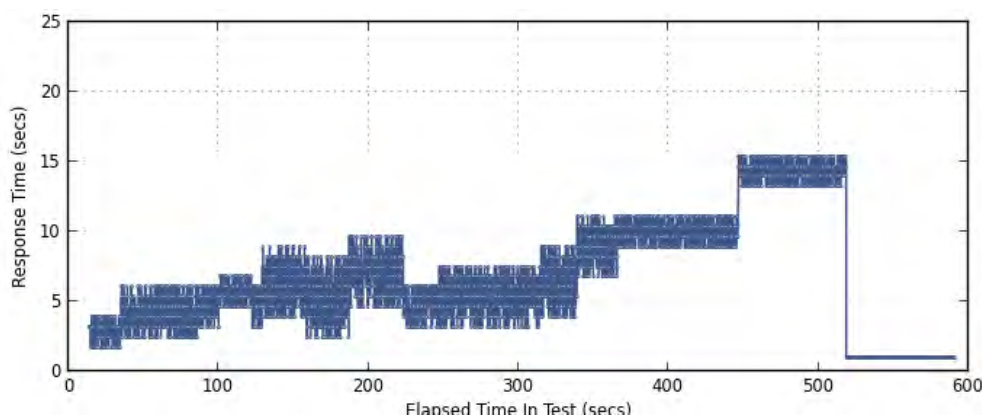
ناشی از شکست سرور و عدم پاسخگویی می‌باشد. با تفسیر این نمودارها می‌توان به این موارد پی برد:

- در معماری پیشنهادی از لحاظ کارایی تفاوت کمی با مدل خادم-مخدوم وجود دارد و نمی‌توان از این ویژگی به عنوان مزیت برای رایانش ابری نام برد. حتی در ثانیه ۲۵۰ تا ۳۰۰ به صورت میانگین کارایی مدل کلاینت-سرور بهتر از مدل رایانش ابری بوده است و نوسانات زمان پاسخگویی کمتری را داشته است. علت این امر آن است که مسیریابی بهینه بر اساس کوتاه‌ترین فاصله در رده پردازش-های بسیار سنگین طبقه بندی نمی‌گردند.
- در معماری پیشنهادی، مدت زمان پاسخگویی در حدود ۵۰ ثانیه بیشتر از معماری خادم-مخدوم است و در ثانیه‌های ۳۵۰ تا ۴۵۰ از میانگین پاسخگویی بهتری نسبت به معماری خادم-مخدوم برخوردار است و دارای نوسانات کمتری است. دلیل این رویداد، ایجاد توازن بار ترافیکی بین دو ماشین مجازی است. زیرا توازن بار ترافیکی، مزیتی را برای معماری پیشنهادی نسبت به معماری خادم-مخدوم فراهم می‌کند. این پدیده همانند مزیتی که پردازش موازی نسبت به پردازش سریالی دارا می‌باشد است.
- در هر دو مدل با افزایش تعداد عامل‌ها و متعاقب آن افزایش تعداد درخواست‌های رسیده به سرور، زمان پاسخگویی افزایش یافته است، اما در مدل فناوری رایانش ابری در ثانیه ۲۵۰ با ملحق شدن ماشین مجازی دوم در محاسبات، زمان پاسخگویی نسبت به مدل خادم-مخدوم کمتر شده و به همین علت مدت زمان بیشتری سرویس‌دهی می‌نماید.

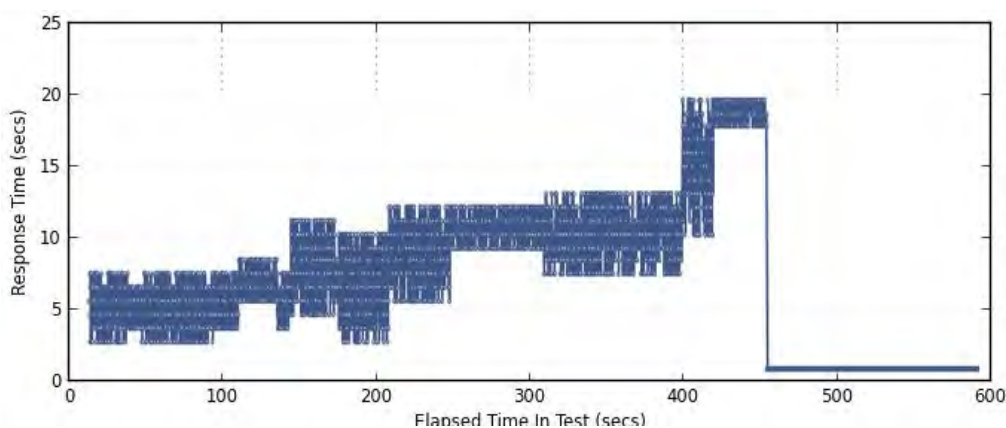
ابتدا هزینه استفاده از سرور در هر دو مدل مقایسه می‌گردد. به طور میانگین برای استفاده از یک سرور اختصاصی با مشخصات ذکر شده بر اساس [۱۵][۱۶][۱۷] هزینه‌ای معادل ۱۰۰ الی ۱۵۰ دلار باید پرداخت شود. این هزینه برای ماشین‌های مجازی تحت فناوری رایانش ابری، نه تنها به صورت ماهیانه پرداخت نمی‌گردد، بلکه بر اساس تعداد ساعتی که در حال استفاده می‌باشند، صورت حساب صادر می‌گردد و در صورت استفاده مداوم به مدت یک ماه از ماشین با مشخصات فنی ذکر شده، معادل ۸۶ دلار است.

توجه به این نکته ضروری است که توان سخت افزاری سرور اختصاصی تقریباً معادل توان مجموع دو ماشین مجازی است که در پردازش الگوریتم محاسبه مسیر مورد استفاده قرار گرفته‌اند. تست بار ترافیکی با تعداد ۵۰۰ عامل انجام شد و به گونه‌ای تنظیم گردید که هر ۱۰ ثانیه یک درخواست به سرور ارسال شود. زمان انجام تست ۱۰ دقیقه تعیین شده است و به منظور شبیه سازی افزایش کاربران، تعداد عامل‌ها به تدریج تا انتهای زمان تست افزایش می‌یابد که نتایج آن در (شکل ۷ و شکل ۸) آورده شده است.

این تست در ساعات مختلف روز به مدت یک هفته انجام گردید و نتایج حاصل از آن در تمام بازه‌های زمانی کاملاً مشابه نبود ولی نمودارهایی که به صورت نمونه آورده شده‌اند، دارای الگویی هستند که در ۸۰ درصد موارد رخ داده است. همان‌گونه که از نمودارها مشخص است، هر دو مدل به طور کامل تا انتهای زمان تست جوابگو نبوده و افت شدیدی که در نمودار وجود دارد،



شکل ۷- نمودار حاصل از تست معماری پیشنهادی



شکل ۸- نمودار حاصل از تست معماری خادم-مخدوم مرسوم

۵- نتیجه‌گیری

در فناوری رایانش ابری، منابع دنیای فناوری اطلاعات مانند سخت افزار، نرم افزار و زیرساخت در قالب مدل-های مختلفی ارائه می‌شوند که از همگی آن‌ها تحت عنوان سرویس یاد می‌کنند. هر یک از این مدل‌ها، برای توسعه دهندگان و مصرف‌کنندگان، میزان دسترسی مشخصی را به زیرساخت‌های موجود در این فناوری فراهم می‌کند. کاربران می‌توانند بر اساس نیاز و دانش فنی که در اختیار دارند، یکی از سرویس‌های ارائه شده را انتخاب نمایند. بر همین اساس یک سامانه اطلاعات مکانی بر اساس این فناوری پیاده‌سازی گردید و مشخص شد که این معماری نسبت به معماری‌های مرسوم دارای مزایای زیر می‌باشد:

- انعطاف پذیری بالا در معماری پیشنهادی: در این مدل ماشین‌های مجازی به عنوان یک سرویس عرضه شده و به توسعه دهندگان این امکان را می‌دهند که بدون ایجاد وابستگی میان زیرساخت سخت‌افزاری و برنامه کاربردی به توسعه برنامه بپردازند. همچنین بنا به نیاز موجود و بدون محدودیت، منابع سخت‌افزاری را به عنوان یک سرویس در اختیار گرفته و مانند یک موتور پردازشی به برنامه خود الحاق می‌نماید و در صورتی که منابع برآورد کننده نیازهای آتی نباشد، به ساده‌ترین شکل ممکن سایر منابع سخت‌افزاری موجود را جایگزین منابع فعلی می‌نماید.
- مقیاس پذیری بالا در معماری پیشنهادی: همان‌گونه که در ارزیابی مشخص گردید، به صورت

خودکار و با افزایش حجم درخواست‌های رسیده به سرویس، ماشین مجازی دوم در محاسبات شرکت کرده و هر دو ماشین مجازی به صورت توأمان به سرویس‌دهی پرداختند. توازن بار ترافیکی که به کمک دو ماشین مجازی ایجاد گردید، موجب شد که شکست سرور و عدم پاسخگویی آن نسبت به معماری خادم-مخدوم دیرتر رخ دهد. اضافه کردن یک سرور در سیستم‌های کنونی به دلیل وجود وابستگی بالا^۱ میان برنامه کاربردی و فناوری‌های استفاده شده در آن، فعالیتی زمان بر بوده و مانند حالتی که در رایانش ابری وجود دارد به صورت خودکار قابل اجرا نمی‌باشد.

- هزینه تأمین و نگهداری پایین در معماری پیشنهادی: همان‌طور که در ارزیابی مشخص شد، هزینه نگهداری ماشین‌های مجازی بر اساس ساعاتی است که ایجاد شده و مورد استفاده قرار می‌گیرند و بر خلاف مدل‌های کنونی که به صورت ماهیانه هزینه پرداخت می‌گردد، صورتحساب صادر نمی‌گردد. به همین علت اتلاف هزینه بسیار کم است و بنا به نیاز موجود می‌تواند افزایش یا کاهش یابد.

با توجه به موارد ذکر شده، استفاده از فناوری رایانش ابری، در مواقعی که اطلاعات از لحاظ امنیتی ارزش بالایی ندارند، کاملاً برای استقرار سرویس‌های مختلف مناسب است. معماری مبتنی بر فناوری رایانش ابری می‌تواند جایگزین مراکز داده کنونی و سرورهای فعلی گردد.

^۱ Dependency

- [1] Bhat, M. A., Shah, R. M., & Ahmad, B. (2011). Cloud Computing: A solution to Geographical Information Systems (GIS). *International Journal on Computer Science and Engineering (IJCSE)*, 594-600.
- [2] Chappell, D. (2010). *GIS In The Cloud*. California: DavidChappell & Associates.
- [3] Claybrook, B. (2012). Differences explained: Private vs. public vs. hybrid cloud computing. Retrieved from TechTarget: SearchCloudComputing.com
- [4] Cornillon, P. (2009). Processing large volumes of satellite-driven sea surface temperature data: Is Cloud Computing the way to go? In *Proceedings of the Cloud Computing and Collaborative Technologies in the Geosciences Workshop*. Indianapolis, Indiana, US: Indiana University Pervasive Technology Institute.
- [5] Foundation, O. S. (2007). FDO Data Access Technology - Project Home. Retrieved from Feature Data Object: <http://fdo.osgeo.org/>
- [6] Gunzer, H. (2002). *Introduction to Web Services*. Aarhus N, Denmark: Borland.
- [7] Hill, C. (2009). Experiences with Atmosphere and Ocean Models on EC2. In *Proceedings of the Cloud Computing and Collaborative Technologies in the Geosciences Workshop*. Indiana.
- [8] Jennings, R. (2009). *Cloud Computing with the Windows Azure Platform*. Indianapolis, US: Wiley Publishing, Inc.
- [9] Karimi, H. A., Roongpiboonsopit, D., & Wang, H. (2011). Exploring Real-Time Geoprocessing in Cloud Computing: Navigation Services Case Study. *Transactions in GIS*, 613-633
- [10] Lupacchino, M. (2010). Private Cloud or Public Cloud? Retrieved from Information Technology Experts: <http://blog.nskinc.com/IT-Services-Boston/bid/32590/Private-Cloud-or-Public-Cloud>
- [11] Mell, P., & Grance, T. (2011). *The NIST Definition of Cloud Computing*. Gaithersburg: NIST Special Publication 800-145.
- [12] Pandey, S. (2009). *Cloud Computing Technology & GIS Applications*. Department of Computer Science and Software Engineering. Melbourne, Australia: Cloud Computing and Distributed Systems Laboratory.
- [13] Sosinsky, B. (2011). *Cloud Computing Bible*. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc.
- [14] Blower, J. D. (2010, June). GIS in the cloud: implementing a Web Map Service on Google App Engine. In *Proceedings of the 1st International Conference and Exhibition on Computing for Geospatial Research & Application* (p. 34). ACM.
- [15] Special Dedicated Server. (2012). Retrieved from iWeb: <http://iweb.com/classic-server-hosting/overview>
- [16] Dedicated Server Hosting. (2012). Retrieved from Codero Hosting: <http://www.codero.com/dedicated-server-hosting/>
- [17] Dedicated Server. (2012). Retrieved from Go Daddy: <http://www.godaddy.com/hosting/dedicated-servers.aspx>

