مهندسی صنایع و مدیریت شریف، (زمستان ۱۳۹۸)
دوره‌ی ۱-۳۵، شماره‌ی ۲/۱، ص. ۸۷-۹۷

Original Article

ترکیب وب‌خدمت مبتنی بر مشاهدات کاربران در سناریوی رایانش ابری

محمدرضا رازیان (دانشجوی دکتری)
محمد فتحیان * (استاد)
دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران

با گسترش فنّاوری رایانش ابری، فرصت بسیار مناسبی برای ارائه‌ی وب‌خدمت‌ها فراهم شده است. وب‌خدمت‌ها معمولاً هم از نظر تعداد و هم از نظر عملکرد محدود هستند که در نتیجه برای انجام یک جریان کاری، یافتن یک طرح ترکیبی از میان وب‌خدمت‌ها با توجه به محدودیت‌های کاربر و ویژگی‌های کیفیت ضروری است. معمولاً مقادیر ویژگی‌های کیفیت خدمت اعلام شده توسط فراهم‌کننده‌ی خدمت با مقادیری که کاربر آن‌ها را تجربه می‌کند، متفاوت است. این تفاوت منجر به ارائه‌ی یک طرح ترکیبی نامناسب خواهد شد. در این مقاله روشی مبتنی‌بر نظرات کاربران برای حل مسئله‌ی ترکیب خدمت ارائه شده است. راه حل پیشنهادی بر روی مجموعه داده‌یی واقعی ارزیابی و نتایج آن ارائه شده است.
ارزیابی‌ها نشان می‌دهد در نظرگرفتن نظرات کاربران، می‌تواند به ارائه‌ی طرح ترکیبی مؤثر و کارا منجر شود.

واژگان کلیدی: وب‌خدمت، ترکیب وب‌خدمت، رایانش ابری، نظرات کاربر، تجارت الکترونیکی.

m_razian@ind.iust.ac.ir
fathian@iust.ac.ir

۱. مقدمه

ورود از جامعه‌ی صنعتی به جامعه‌ی اطلاعاتی، تغییراتی را در فعالیت‌های روزمره‌ی جامعه‌ی امروزی ایجاد کرده است. در میان این فعالیت‌ها، کسب‌وکارهایی که در جامعه‌ی صنعتی به‌صورت سنتی اداره می‌شدند تبدیل به کسب‌وکارهایی تمام‌الکترونیکی یا نیمه‌الکترونیکی شده‌اند. حرکت از تعامل دستی با وب به سمت وبی با تعاملات برنامه‌نویسی شده که با استفاده از وب‌خدمت‌ها انجام می‌گیرد فرصت‌های بی‌سابقه‌یی را برای شکل‌گیری کسب‌وکارهای بنگاه با بنگاه[1] برخط ایجاد کرده است. به‌طور خاص خدمات با ارزش افزوده به‌وسیله‌ی ترکیب خدمات[2] موجود یک تکانه‌ی بزرگ و تأثیرگذار را ایجاد خواهد کرد.[1] در سال‌های اخیر معماری مبتنی‌بر خدمت[3] در طراحی نرم‌افزارهای رایانه‌یی به‌شدت مورد توجه قرارگرفته است. در دهه‌ی گذشته وب‌خدمت فرصت‌های بی‌نظیری را برای سازمان‌ها برای ایجاد همکاری‌های چالاک‌تر و همه‌کاره با یکدیگر فراهم کرد. وب‌خدمت‌ها سامانه‌های نرم‌افزاری خودمختاری هستند که با استفاده از نشانی یکتایشان در اینترنت، تبلیغ، مکان‌یابی و طلب می‌شوند. با گسترده شدن فنّاوری رایانش ابری و رشد سریع مراکز داده‌یی رایانش ابری، فرصت بسیار مناسبی برای ایجاد و ارائه‌ی وب‌خدمت‌های متنوع و گوناگون با سطوح عملکردی متفاوت پدید می‌آید.

معمولاً یک خدمت جدیدی که ایجاد می‌شود ممکن است هم با ویژگی‌های عملکردی‌اش و هم با ویژگی‌های غیر عملکردی‌اش مانند کیفیت خدمت تبلیغ شود. ویژگی‌های عملکردی نشان‌دهنده‌ی این است که «یک خدمت چه کاری را می‌تواند انجام دهد»؛ در حالی‌که پارامترهای کیفیت خدمت مشخص می‌کنند که «عملکرد یک خدمت چطور و چگونه است.» از طرفی افزایش رشد به وجود آمدن وب‌خدمت‌ها عرصه‌ی رقابتی برای استفاده از آن‌ها را میان فراهم‌کنندگان ایجاد کرده است. از طرف دیگر وب‌خدمت‌هایی که در بستر یک ارائه‌دهنده‌ی خدمات رایانش ابری نگهداری می‌شوند معمولاً چه از نظر تعداد و چه از نظر عملکرد محدود هستند؛ در نتیجه برای انجام یک جریان کاری، بیشترین تلاش برای یافتن یک ترکیب خدمت از میان خدمات ارائه شده نیاز است. برای ترکیب خدمات از طرفی محدودیت‌های مربوط به نیازمندی‌های کاربر باید رعایت شود و از طرف دیگر ویژگی‌های کیفیت خدمت مربوط به خدمت ترکیبی باید بهینه شود. سازمان‌ها برای اجرای طرح کسب‌وکار به اجرای جریان‌های کاری مختلفی متشکل از خدمات فنّاوری اطلاعات یا به اصطلاح ترکیبی از خدمات منفرد نیاز دارند. برای فراهم کردن یک طرح ترکیب خدمت ابری رضایت‌بخش و دارای ارزش افزوده، فراهم کنندگان خدمات[4] متعددی به‌وجود آمده است. این هدف با رسیدن به بهترین پاسخ[5] حاصل خواهد شد که خود این هدف، زمانی نائل خواهد آمد که ترکیب‌کننده‌یی وجود داشته باشد که طرحی ترکیبی را از میان استخر وب‌خدمت‌های در دسترس به دست آورد (با توجه به نیازمندی‌های مشتری) و وظیفه مورد نظر را انجام دهد.[2] یک طرح ترکیبی خدمت کارا و مؤثر از میان این وب‌خدمت‌ها به‌دنبال ترکیب بهینه با توجه به محدودیت‌های درخواست‌کننده و ویژگی‌های اعلامی کیفیت خدمت فراهم‌کننده‌ی وب‌خدمت است.

روش‌های متفاوتی برای ترکیب خدمات وبی ارائه شده است. یکی از مشکلات

* نویسنده مسئول
تاریخ: دریافت ۱۳۹۶/۹/۱۴، اصلاحیه ۱۳۹۷/۶/۱۰، پذیرش ۱۳۹۷/۷/۳.
DOI:10.24200/J65.2018.7353.1827

سامانه‌های ترکیب‌کننده‌ی خدمات موجود در پیشینه، در نظر گرفتن مقادیر اعلامی از سوی ارائه‌دهنده‌ی خدمت برای ترکیب خدمات است. مقادیر اعلامی از سوی فراهم‌کننده‌ی خدمت بنا به شرایط داخلی فراهم‌کننده‌ی خدمت (تعداد برنامه‌های در حال اجرا درکارگزار) و خارجی (شرایط توپولوژیکی شبکه)، می‌تواند تغییرکند. منظور از شرایط داخلی برای مثال بار پردازنده یا وقفه‌هاست و منظور از شرایط خارجی برای مثال تغییر شرایط توپولوژیکی شبکه (اضافه/حذف شدن مسیریاب‌ها) است. این شرایط بر روی مقادیر ویژگی خدمت تأثیر می‌گذارند و در نتیجه طرح ترکیبی وب‌خدمت‌ها طرحی مورد انتظارکاربر نهایی نخواهد بود؛ زیرا سیستم ترکیب‌کننده‌ی خدمات، خدمات را با مقادیر غیرواقعی ترکیب کرده است. در این مقاله روشی برای تعیین طرح ترکیب خدمت نزدیک به بهینه مبتنی‌بر ویژگی‌های کیفیت خدمت اعلام شده از سوی فراهم‌کننده و مشاهدات کاربران (دریافت‌کنندگان خدمات) ارائه شده است.

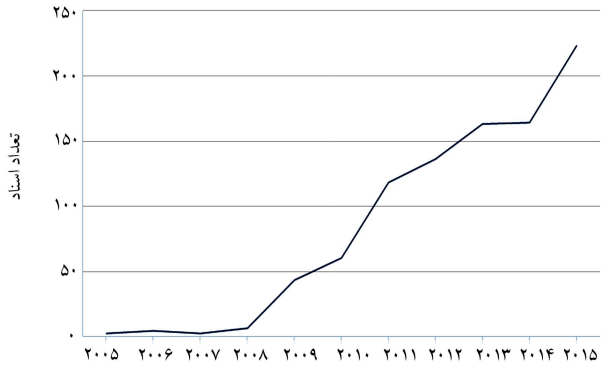
ادامه‌ی این مقاله بدین گونه است که در بخش بعدی به پیشینه‌ی پژوهش پرداخته می‌شود و در بخش ۳ مدل پیشنهادی تشریح خواهد شد. بخش ۴ نتایج عددی حاصل از آزمایش بر روی مجموعه داده‌یی واقعی حاصل از نظرات کاربران را ارائه می‌دهد. در بخش ۵ نتیجه‌گیری و جمع‌بندی ارائه خواهد شد.

۲. پیشینه‌ی پژوهش

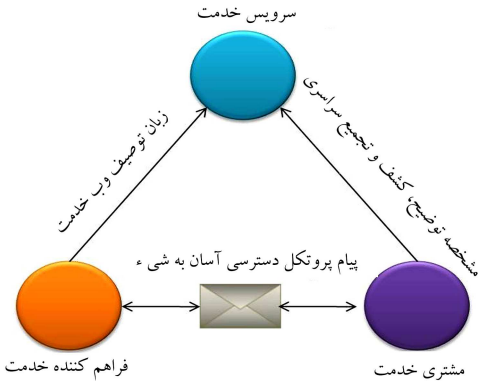
قبل از بیان پیشینه‌ی تحقیق، به‌منظور بیان بهتر مسئله، مثالی انگیزشی را تشریح می‌کنیم. یک نرم‌افزار مدیریت کتابخانه را درنظر بگیرید. این نرم‌افزار مجموعه‌یی وظایف را بر عهده دارد که برای انجام آن‌ها از وب‌خدمت‌های مختلفی بهره می‌برد. برای مثال برای ثبت کتاب‌ها در پایگاه داده از وب‌خدمتی با نام رجیستر[۶] استفاده می‌کند. جستجوی کتاب، طبقه‌بندی کتاب‌ها، سیستم توصیه‌ی کتاب، سیستم پرداخت الکترونیکی، سیستم مدیریت ارتباط با مشتری نیز دیگر وظایفی هستند که یک سیستم مدیریت کتابخانه بر عهده دارد. برای داشتن مجموعه‌ی نیازمندی‌های مطرح شده (وظایفی که بیان شد) نیاز به ترکیب وب‌خدمت‌هایی داریم که هرکدام به طور منفرد وظیفه‌ی انجام یکی از این امور را بر عهده‌دارند. از طرفی فراهم‌کنندگان مختلفی وجود دارند که وب‌خدمت‌هایی با عملکرد یکسان و ویژگی‌های کیفی متفاوت را ارائه می‌دهند. برای مثال وب‌خدمت مربوط به مدیریت ارتباط با مشتری را چند فراهم‌کننده ارائه می‌دهند که همه‌ی آن‌ها وظیفه‌ی یکسان اما با ویژگی‌های کیفیت خدمت متفاوت (مثل هزینه، قابلیت اطمینان، اعتماد، در دسترس بودن و غیره) را ارائه می‌دهند. همچنین میزبان‌های زیادی هستند که خدمت میزبانی برای سایت یا سیستم مدیریت پایگاه داده را ارائه می‌دهند که آن‌ها نیز ویژگی‌های کیفیت خدمت متفاوت را دارند. موفقیت این برنامه‌ی کاربردی و سازمانی که آن را ارائه می‌دهد کاملاً وابسته به یافتن یک طرح ترکیب بهینه‌ی وب‌خدمت از میان این خدمات منفرد است.

۱.۲. وب‌خدمت

وب‌خدمت‌ها خدماتی هستند خودکفا، خودتوصیف، ماژول‌های کاربردی که می‌توانند نشر یابند، جایابی شوند و قابل فراخوانی و دستیابی از سراسر وب باشند. در این سال‌ها، در حوزه‌ی وب‌خدمت‌ها چه در بحث دانشگاهی (شکل ۱) و چه در بحث صنعت تحقیقات قابل توجهی انجام گرفته است.[۳] وب‌خدمت را می‌توان این‌گونه تعریف کرد: وب‌خدمت یک سیستم نرم‌افزاری است که به‌منظور پشتیبانی از تعاملات از میان



شکل ۱. تعداد مقالات ارائه شده با موضوع ترکیب وب‌خدمت‌های ابری.



شکل ۲. نحوه‌ی ارتباط اجزای زیست‌بوم وب‌خدمت‌ها.

ماشینی در بستر شبکه طراحی شده است.[۴] وب‌خدمت یک واسط دارد که به قالبی که ماشین بتواند پردازش کند تشریح شده است (به‌طور خاص با دابلیو.اِس.دی.اِل[۷]) سامانه‌های دیگر با وب‌خدمت (به‌روشی که به‌وسیله‌ی توضیحاتش مقرر شده است) معمولاً با استفاده از اِچ.تی.تی.پی[۸] با ترتیب ایکس.اِم.اِل[۹] با دیگر استانداردهای مرتبط با وب مرتبط می‌شود.

اجزای یک وب‌خدمت عبارت‌اند از مشخصه‌های توضیح،[۱۰] کشف[۱۱] و تجمیع سراسری،[۱۲][۵] زبان توصیف وب‌خدمت[۱۳][۶] و پروتکل دسترسی شیء آسان[۱۴][۷] نحوه‌ی ارتباط این اجزا در شکل ۲ آورده شده است. همچنین خدمات رِستفول[۱۵] جایگزینی برای ساخت وب‌خدمت‌ها به جای پروتکل دسترسی شیء آسان هستند به‌طوری‌که از روش‌های پروتکل اچ.تی.تی.پی (پوت، پُست، گِت و دیلیت)[۱۶] برای دسترسی به منابع استفاده می‌شود.[۸] ظهور فنّاوری رایانش ابری فرصت کم‌نظیری را برای افزایش وب‌خدمت‌ها چه از نظر تعداد، چه از نظر قابلیت‌های عملکردی، و چه از نظر ویژگی‌های کیفی فراهم کرده است. بدین ترتیب که وب‌خدمت‌ها می‌توانند در محیط رایانش ابری مستقر شوند و از زیست‌بوم فنّاوری رایانش ابری نهایت بهره را ببرند. از این‌رو، در ادامه‌ی این بخش، فنّاوری رایانش ابری به‌عنوان بستری برای تحقق وب‌خدمت‌ها به‌طور دقیق تشریح می‌شود.

۲.۲. رایانش ابری

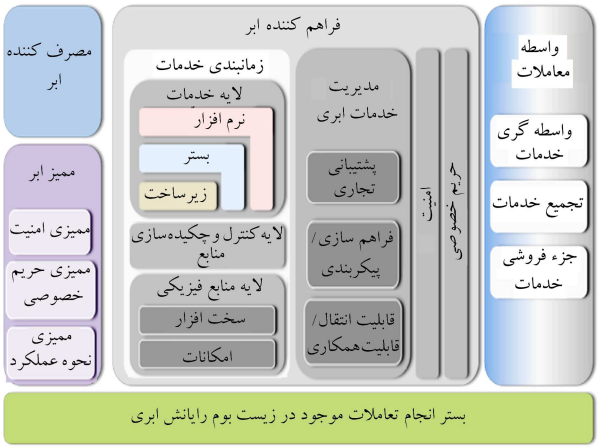
رایانش ابری یک فنّاوری جدید است که در آن رایانش بر روی کارگزارها[۱۷] انجام می‌گیرد (ابرها) و نتایج روی رایانه‌ی کاربران (منظور از رایانه هر موجودیتی است که بتواند با کارپذیر ارتباط برقرار کند) ارائه می‌شود. تعریف مؤسسه‌ی ملی استاندارد و فنّاوری (اِن.آی.اِس.تی[۱۸]) از رایانش ابری عبارت است از مدلی برای رسیدن به دسترسی

بنا به سفارش و آسان به مجموعه‌یی از منابع رایانشی به اشتراک گذاشته شده‌ی قابل پیکربندی (مثل شبکه‌ها، کارپذیرها، منابع ذخیره‌سازی، برنامه‌های کاربردی، و خدمت‌ها) که می‌توانند به سرعت و با کمترین تلاش و تعامل با فراهم‌کننده‌ی خدمت مورد استفاده قرار گیرند.

در شکل ۳ معماری رایانش ابری ارائه شده توسط اِن.آی.اِس.تی نشان داده شده است و در جدول ۱ تعاریف اصطلاحات مورد استفاده در این معماری فراهم آمده است.

۳.۲. تعریف مسئله‌ی ترکیب خدمت

در این بخش به بیان مسئله‌ی ترکیب خدمت به‌صورت رسمی می‌پردازیم. مؤلفه‌های مختلف در زیست‌بوم ترکیب خدمت با نماد ریاضی مشخص و به کار گرفته شده است. در ادامه به تشریح این علائم می‌پردازیم.



شکل ۳. معماری رایانش ابری ارائه شده توسط اِن.آی.اِس.تی.[۹]

جدول ۱. اعضای معماری اِن.آی.اِس.تی.[۹]

عامل (نقش)	تعریف
فراهم‌کننده ابر	شخص، سازمان یا نهادی که مسئول فراهم کردن خدمت برای طرف‌های ذی‌نفع (کسانی که تمایل به استفاده از خدمت فراهم شده را دارند).
مصرف‌کننده ابر	شخص یا سازمانی که با فراهم‌کننده ابر یک رابطه تجاری دارد و از خدمت‌های ابری فراهم‌شده‌اش بهره می‌برد.
ممیز ابر	فردی که می‌تواند به طور مستقل به ارزیابی خدمت‌های ابر، عملیات مربوط به سیستم اطلاعاتی، کارایی و امنیت پیاده‌سازی ابر بپردازد.
واسطه‌ی معاملات	نهادی که استفاده، کارایی و دریافت خدمت‌های ابر و برقراری مذاکرات بین فراهم‌کننده و مصرف‌کننده ابر را مدیریت می‌کند.
حامل ابر	رسانه‌یی که اتصال و انتقال خدمت‌های ابر را از فراهم‌کننده به مصرف‌کننده فراهم می‌کند.

تعریف ۱: مجموعه‌ی I نشان‌دهنده‌ی ورودی‌های یک وب‌خدمت است.

$$I = \{input_1, input_2, \ldots, input_n\}, and \forall input_i$$
$$(1 \le i \le n)\ is\ a\ web\ service\ input$$

تعریف ۲: مجموعه‌ی O نشان‌دهنده‌ی خروجی‌های یک وب‌خدمت است.

$$o = \{output_1, output_2, \ldots, output_n\},\ and \forall output_i$$
$$(1 \le i \le n)\ is\ a\ web\ service\ output$$

تعریف ۳: یک وب‌خدمت که با ws نشان داده شده است از یک دوتایی ورودی و خروجی ایجاد شده است.

$$ws = web\ service\ i\ is\ a\ 2-tuple\ <I, O>$$

تعریف ۴: مجموعه‌ی sp مجموعه‌یی از وب‌خدمت‌هاست که یک فراهم‌کننده‌ی خدمت می‌تواند ارائه دهد.

$$sp = \{ws_1, ws_2, \ldots, ws_n\}, and \forall ws_i$$
$$(1 \le i \le n)\ is\ a\ web\ service\ which\ service$$
$$provider\ published\ to\ present$$

تعریف ۵: هر وب‌خدمت مجموعه‌یی از صفت‌های کیفیت خدمت را دارد که با مجموعه‌ی qos نشان داده شده است.

$$qos = \{q_1, q_2, \ldots, q_p\},\ and \forall q_i\ (1 \le i \le p)$$
$$is\ an\ advertised\ QoS\ of\ a\ ws_i, ws_i \in sp$$

تعریف ۶: مجموعه‌ی cws نامزدهای انجام یک وب‌خدمت را نشان می‌دهد (یعنی مجموعه‌یی از وب‌خدمت‌ها که دارای عملکرد و الگوی یکسان هستند).

$$cws = \{ws_{i,1}, ws_{i,2}, \ldots, ws_{i,m}\},\ and \forall ws_{i,j}\ (1 \le j \le m)$$
$$is\ a\ candidate\ for\ ws_i$$

تعریف ۷: قالب یک درخواست به‌صورت $\langle I, O, C, W \rangle$ است. یک درخواست که توسط درخواست‌کننده داده می‌شود تبدیل به مجموعه‌یی از وظایف می‌شود. هرکدام از این وظایف بر یکی از وب‌خدمت‌ها منطبق می‌شود و تبدیل به یک درخواست مبتنی‌بر جریان کاری می‌شود. مجموعه‌ی r نشان‌دهنده‌ی یک درخواست است و t نشان‌دهنده‌ی یک وظیفه است.

$$r = \{t_1, t_2, \ldots, t_n\},\ and \forall t_i\ (1 \le i \le k)$$
$$is\ a\ ws_i, so\ that\ ws_i \in sp$$

درخواست کاربر همراه با محدودیت‌هایی است که با مجموعه‌ی C نمایش داده شده است.

$$c = \{c_1, c_2, \ldots, c_p\},\ and \forall c_i$$
$$is\ constraint\ of\ user\ request\ r\ for\ each\ q_i \in qos$$

تعریف ۸: مجموعه‌ی W مجموعه‌یی از وزن‌ها وابسته به نیازمندی‌های کیفیت خدمت است.

$$w = \{w_1, w_2, \ldots, w_p\},\ and \forall\, w\ (1 \le i \le p)$$
$$is\ weight\ of\ q_i \in qos$$

تعریف ۹: مجموعه wsc، نشان‌دهنده‌ی تمام طرح‌های ترکیب خدمت از وب خدمت‌هاست.

$$wsc = \{cs_1, cs_2, \ldots, cs_k\},\ and \forall\, cs_i\ (1 \le i \le k)$$
$$is\ a\ ws_{i,j},\ so\ that\ ws_{i,j} \in cws$$

تعریف ۱۰: با توجه به تعاریف بالا می‌توان مسئله‌ی ترکیب خدمت را این‌گونه تعریف کرد:

$$Maximize\ [wsc_1, wsc_2, \ldots, wsc_s],$$
$$subject\ to\ user\ constraint\ in\ C$$

این تعریف بدین معناست که از میان طرح‌های ترکیب خدمت، با توجه به محدودیت‌های کیفیت خدمت کاربر (که به‌عنوان معیار بهینه‌سازی در نظر گرفته می‌شود) طرح ترکیب خدمت بهینه ارائه می‌شود. تا کنون به تعریف مسئله‌ی ترکیب خدمت پرداخته شد. در بخش بعد با مرور پیشینه‌ی موجود، روش‌های ارائه شده در تعیین طرح ترکیب خدمت ارائه می‌شود.

۴.۲. روش‌های ارائه شده در تعیین طرح ترکیب خدمت

راه‌حل‌ها، انتخاب و ترکیب وب‌خدمت‌ها با توجه به مقادیر کیفیت خدمت اعلامی آن‌ها توسط فراهم‌کننده‌ی خدمات است؛ پیچیدگی‌یی که در ترکیب خدمات وبی وجود دارد از موارد زیر نشأت می‌گیرد: تعداد خدمت‌های موجود در دسترس در وب به‌شدت در حال افزایش است و یک مخزن عظیمی از خدمت‌ها برای جستجو را به وجود آورده است. وب‌خدمت‌ها می‌توانند به اصطلاح در لحظه[۱۹] ساخته و بروز شوند؛ بنابراین سیستم ترکیب‌کننده باید قادر باشد تا به‌روزرسانی‌ها را در حال اجرا شناسایی کند و تصمیم‌گیری‌اش را با توجه به اطلاعات به‌روز شده انجام دهد. وب‌خدمت‌ها می‌توانند توسط سازمان‌های مختلفی ایجاد شوند. هر سازمان می‌تواند مدل‌های مفهومی متفاوتی برای تشریح خدمت‌های خود داشته باشد و نبود یک زبان واحد برای تعریف و ارزیابی خدمت‌های وب با یک روش یکسان مسئله‌ی دیگری است. در روش جریان کاری دو مدل تولید ایستا و پویای جریان کاری وجود دارد. نمونه‌ی ایستای آن بدان معنی است که درخواست‌دهنده‌ی یک وظیفه باید یک مدل فرایندی[۲۰] انتزاعی قبل از شروع برنامه‌ریزی سیستم ترکیب‌کننده ایجاد کند. مدل فرایندی انتزاعی مجموعه‌یی از وظایف و وابستگی‌های داده‌یی آن‌هاست. هر وظیفه شامل یک گزاره‌ی پرس‌وجو است که برای جستجوی وب‌خدمت منفرد[۲۱] واقعی برای به انجام‌رساندن یک وظیفه است. در این حالت، تنها انتخاب و منتسب کردن وب‌خدمت منفرد به‌طور خودکار توسط برنامه انجام می‌گیرد. از طرف دیگر در ترکیب خدمت پویا هم مدل فرایندی و هم انتخاب وب‌خدمت منفرد به طور خودکار انجام می‌گیرد. این مسئله نیازمند این است که درخواست‌کننده محدودیت‌هایی را شامل وابستگی خدمت‌های منفرد، ترجیحات کاربر و غیره مشخص کند. در این مقاله، روش‌های ارائه شده در دسته‌های زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

- جریان کاری و برنامه‌ریزی هوش مصنوعی
- الگوریتم‌های کلاسیک و مبتنی بر گراف
- الگوریتم‌های ترکیبیاتی
- مبتنی بر عامل

۱.۴.۲. برنامه‌ریزی هوش مصنوعی

شرح روش برنامه‌ریزی هوش مصنوعی این‌گونه است: به‌طورکلی یک مسئله‌ی برنامه‌ریزی می‌تواند با استفاده از پنج‌تایی (S, S^0, G, A, Γ) تعریف شود که در آن S مجموعه‌یی از تمام حالت‌های ممکن برای جهان است، S0 حالت اولیه‌ی جهان را نشان می‌دهد، $G \subset S$ که نشان‌دهنده‌ی حالت هدف جهان است که سیستم برنامه‌ریزی‌کننده تلاش می‌کند به آن برسد، A مجموعه‌یی از اقدام‌های برنامه‌ریز است که می‌تواند در تلاش برای تغییر یک حالت به حالت دیگر جهان انجام دهد و رابطه‌ی انتقال $\Gamma \subseteq S \times A \times S$ که پیش‌شرط و تأثیرات برای اجرای هر عمل را تعریف می‌کند. در پیشینه‌ی وب‌خدمت، S0 و G حالت‌های اولیه و حالت‌های هدف هستند که در نیازمندی‌های درخواست‌دهنده‌ی وب‌خدمت مشخص شده‌اند. مجموعه‌ی A، مجموعه‌ی خدمات در دسترس است. نماد Γ نشان‌دهنده‌ی تابع تغییر حالت هر خدمت است. در مرجع[۱۰] از برنامه‌ریزی هوش مصنوعی برای حل مسئله‌ی ترکیب خدمت بهره برده است. مشکل رویکرد برنامه‌ریزی هوش مصنوعی این است که یا به کلی پارامترهای کیفیت خدمت را در نظر نمی‌گیرد و یا به صورت مناسب آنها را به کار نمی‌بندند.[۱۱] از آن‌جایی‌که امروزه تمرکز ما بر روی روش‌هایی است که ویژگی‌های کیفیت خدمت را در نظر می‌گیرند، روش‌های مبتنی‌بر هوش مصنوعی را در نظر نمی‌گیریم و برای مرور آن‌ها به مقاله‌ی[۱۲] ارجاع می‌دهیم.

۲.۴.۲. الگوریتم‌های کلاسیک و مبتنی بر گراف

طرح‌های متعدد ترکیب خدمت از میان وب‌خدمت‌های منفرد حاصل می‌شود که تنها برخی از آن‌ها بهینه هستند. بدین ترتیب مسئله‌ی ترکیب وب‌خدمت‌ها را می‌توان یک مسئله‌ی بهینه‌سازی دانست. برخی از الگوریتم‌های قدیمی و ابتدایی مانند الگوریتم عقب‌گرد[۲۲] و شاخه و حد[۲۳] می‌توانند مسائل مربوط به بهینه‌سازی را حل کنند. این الگوریتم‌ها رسیدن به جواب بهینه را تضمین می‌کنند اما برای رسیدن به جواب بهینه پیچیدگی زمانی نمایی دارند. بنابراین استفاده از الگوریتم‌های قدیمی نیاز به تغییر و بهبود برای کاهش زمان اجرایشان دارد.[۱۳] کافلر و همکارانش برای حل مسئله‌ی ترکیب خدمت (بهینه‌سازی جریان کاری) یک الگوریتم شاخه‌وحد موازی ارائه داده‌اند.[۱۴] روش پیشنهادی، مسئله‌ی ترکیب خدمت را به مسئله‌ی کوله‌پشتی چندگزینه‌یی چندبعدی[۲۴] نگاشت کرده است. همچنین معیار رضایت،[۲۵] را با توجه به نیازمندی‌های کاربر به دست می‌آورد. در نهایت به مقایسه‌ی روش متوالی با روش موازی می‌پردازد. در روشی دیگر، انتخاب طرح ترکیب بهینه با در نظر گرفتن ویژگی‌های کیفیت خدمت به‌صورت انتها به انتها (یعنی برای طرح ترکیبی حاصل) انجام گرفته است. سپس با در نظر گرفتن مسئله به‌صورت یک گراف جهت‌دار، به حل مسئله‌ی یافتن کوتاه‌ترین مسیر پرداخته است. روش پیشنهادی خود را نیز بر روی مجموعه‌ی داده‌یی کیو.دابلیو.دیتاست[۲۶] [۱۵] انجام داده است.[۱۶]

برخی راه‌حل‌ها با مسئله‌ی ترکیب خدمت مانند مسئله‌ی برنامه‌ریزی برخورد می‌کنند. ضعف این دست از راه‌حل‌ها پیچیدگی بالا، هزینه‌ی اجرای بالا و ناتوانی در اجرای وب‌خدمت‌ها به‌طور هم‌زمان است. در مرجع [۱۷] از الگوریتم ابتکاری ای.استار برای یافتن طرح ترکیب خدمت استفاده می‌شود. رودریگرز در پژوهشی از الگوریتم ابتکاری (ای. استار) برای حل مدل بدون در نظر گرفتن پارامترهای کیفیت خدمت استفاده می‌کند.[۱۸] مجموعه‌ی داده‌یی استفاده شده نیز مجموعه‌ی ۸ مخزن عمومی وب‌خدمت است.[۱۹] در روشی دیگر برای یافتن طرح ترکیب خدمت آگاه از ویژگی‌های کیفیت خدمت، از روش شاخه وحد برای حل مسئله

استفاده شده و با شبیه‌سازی به ارزیابی روش پیشنهادی پرداخته شده است. همچنین برای در نظر گرفتن محدودیت‌ها، مسئله‌ی ترکیب خدمت به‌عنوان یک چارچوب ارضای محدودیت منعطف توسعه‌یافته مدل‌سازی شده است.[۲۰] در پژوهش دیگر[۲۱]، به‌منظور بهینه‌سازی تخصیص منابع ماشین مجازی از رویکرد برنامه‌ریزی خطی و یک الگوریتم ابتکاری استفاده شده است (مسئله به یک مسئله‌ی کوله‌پشتی دوبعدی نگاشت و با انجام شبیه‌سازی ارزیابی شده است). از ساختار داده‌ی درخت نیز که گونه‌یی از گراف به حساب می‌آید در مقالات استفاده شده است. باثو و دو، با استفاده از ماشین حالت محدود مدلی برای در نظر گرفتن وابستگی‌های بین خدمات و یک درخت ترکیب وب‌خدمت ارائه می‌دهد.[۲۲] در نهایت در بین تمام حالات ایجاد شده، با استفاده از وزن‌دهی جمعی ساده[۲۷] بهینه‌ی آن را پیدا می‌کند. این الگوریتم با استفاده از مجموعه داده‌یی شبیه‌سازی و تولید شده ارزیابی شده است. هوانگ و همکارانش، به حل مسئله‌ی ترکیب خدمات در یک محیط رایانش ابری مبتنی‌بر مجازی‌سازی پرداخته‌اند.[۲۳] آنها همچنین دو الگوریتم تخمینی مبتنی‌بر گراف و هرس کردن آن را نیز برای یافتن طرح ترکیب خدمت ارائه و با شبیه‌سازی و تولید مدل‌های تصادفی، ارزیابی کرده‌اند.

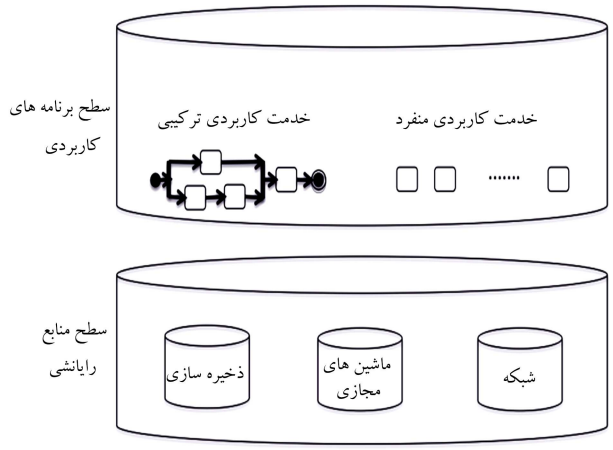
۳.۴.۲. مبتنی‌بر عامل

یک عامل نرم‌افزاری یک موجودیت خودمختار است که از طرف کاربران عمل می‌کند و زمینه‌ی[۲۸] هرگونه اطلاعات مرتبط است که یک موقعیت را مشخص می‌کند.[۲۴] در طی فرایند ترکیب خدمت، عامل‌ها با همتایان خود مکالمه می‌کنند تا روی وب‌خدمت‌هایی که قرار است در فرایند شرکت کنند، توافق کنند. در برخی از راه‌حل‌ها از مدل‌های مبتنی‌بر عامل برای حل مسئله‌ی ترکیب خدمت استفاده شده است. این‌گونه راه‌حل‌ها نیاز به کنترل محیط دارد که این موضوع می‌تواند سدی در برابر مقیاس‌پذیری این‌گونه راه‌حل‌ها باشد.

۴.۴.۲. الگوریتم‌های ترکیبیاتی

مسئله ترکیب خدمت یک مسئله‌ی بهینه‌سازی است و ویژگی بارز این مسئله این است که برای ارائه‌ی نتیجه نیاز به بررسی فضای جستجوی بسیار بزرگی در زمان کم دارد.[۱۳] از این‌رو دسته‌یی از راه‌حل‌ها با استفاده از الگوریتم‌های ترکیباتی سعی در کاهش زمان یافتن جواب نزدیک بهینه دارند. در پژوهشی مدل کیفیت خدمت توسعه‌یافته‌یی برای محاسبه‌ی مقادیر کیفیت خدمت در رایانش ابری ارائه شده است.[۲۵] در این مدل یک رویکرد مبتنی‌بر الگوریتم ژنتیک برای ترکیب خدمات رایانش ابری پیشنهاد شده است. این پژوهش بیان می‌کند که ترکیب خدمت برخلاف این‌که در وب‌خدمت‌ها فقط در سطح برنامه‌های کاربردی (ترکیب برنامه‌های کاربردی) انجام می‌گیرد در رایانش ابری ترکیب خدمات هم در سطح برنامه‌های کاربردی (مانند سامانه‌های مدیریت ارتباط با مشتری[۲۹] یا برنامه‌های گوگل[۳۰]) و هم در سطح منابع رایانشی (زیرساخت به‌عنوان خدمت و بستر به‌عنوان خدمت) انجام می‌گیرد (شکل ۴). برخی از مواردی که در این مقاله بیان شده است که می‌تواند بهبود داده شود، عبارت‌اند از: محاسبه‌ی مقادیر کیفیت خدمت در زمان اجرا، در نظر گرفتن یک تابع جریمه‌ی پویا و ارائه‌ی عملگرهای جدید برای ترکیب و جهش به‌طوری‌که کارایی الگوریتم را بهتر کند.

دسته‌یی از راه‌حل‌ها نیز به ارائه‌ی چارچوب پرداخته‌اند. در پژوهشی یک چارچوب بهینه‌سازی چندهدفه برای ترکیب خدمت آگاه از قرارداد سطح خدمت[۳۱] ارائه شده است.[۲۶] در این روش از الگوریتم ژنتیک چندهدفه برای حل مسئله‌ی ترکیب خدمت بهره گرفته شده است. الگوریتم ژنتیک چندهدفه‌ی به کار گرفته شده به‌طور



شکل ۴. طبقه‌بندی خدمات ابر.[۲۵]

اکتشافی به یافتن ترکیب خدمت بهینه‌ی پارتویی می‌پردازد به طوری که قرارداد سطح خدمت ارضا شود.

کافلر و همکارانش نیز از برنامه‌ریزی عدد صحیح ترکیبی برای حل مسئله‌ی ترکیب خدمت بهره برده‌اند و الگوریتم کی.مینز را برای کاهش تعداد خدمت‌ها به کار بسته‌اند.[۲۷] یکی از راه‌های حل مسئله‌ی بهینه‌سازی مدل کردن آن به مسئله‌ی برنامه‌ریزی خطی صحیح است. در این رویکرد، متغیرهای تصمیم عدد صحیح‌هایی هستند که انتخاب یا عدم انتخاب یک خدمت منفرد را ارائه می‌دهند. برای یک طرح کسب‌وکار اگر خدمت ij انتخاب شده باشد، یک و اگرنه صفر در نظر گرفته می‌شود. رابطه‌ی ۱ نشان می‌دهد که فقط یک خدمت نامزد از میان خدمات نامزد برای انجام وظیفه‌ی j انتخاب می‌شود.[۲۸]

رابطه‌ی ۱: انتخاب یک خدمت نامزد از میان خدمات نامزد برای یک وظیفه

$$\sum_{i=1}^{m_j} x_{ij} = 1,\ x_{ij} \in \{0,\ 1\} \qquad (1)$$

این دسته روش‌ها برای مسائلی با اندازه‌ی کوچک مناسب هستند. با افزایش تعداد وب‌خدمت‌های نامزد، تعداد متغیرهای تصمیم افزایش می‌یابد که به نوبه‌ی خود منجر به افزایش فضای جستجو و تعداد شرایطی که باید بررسی شود می‌شود. بنابراین، این رویکردها برای فرایندهای کسب‌وکار که تعداد وظایف و وب‌خدمت‌های نامزد برای انجام این وظایف زیاد است، اثربخش نخواهند بود. محدودیت دیگر برنامه‌ریزی خطی این است که هم تابع هدف و هم محدودیت‌ها باید به‌صورت خطی تعریف شوند. از روش فرایند تصمیم‌گیری مارکوف[۳۲] نیز برای حل مسئله‌ی ترکیب وب‌خدمت‌ها استفاده شده است. در پژوهشی، مسئله‌ی ترکیب خدمت با استفاده از روش فرایند تصمیم‌گیری مارکوف مدل‌سازی شده است و با استفاده از روش‌های یادگیری تقویتی[۳۳] برای انتخاب یک خدمت ترکیبی حل شده است.[۲۹]

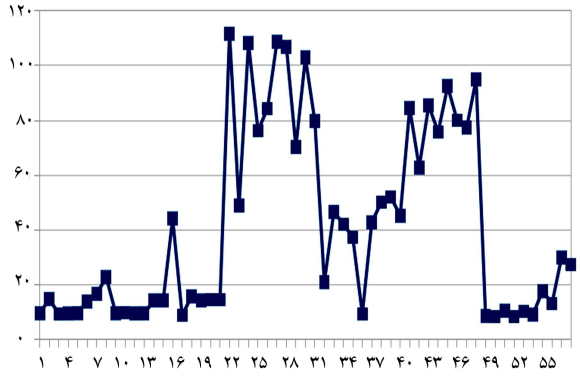
با توجه به بررسی کارهای انجام شده، در نظر نگرفتن نظرات کاربران منجر به ارائه‌ی راه حلی انتزاعی و غیرکاربردی در محیط واقعی خواهد شد. بنابراین، در ادامه مدل‌سازی و حل مسئله‌ی ترکیب خدمت با توجه به نظرات کاربران ارائه خواهد شد.

۳. روش مدل‌سازی و حل مسئله

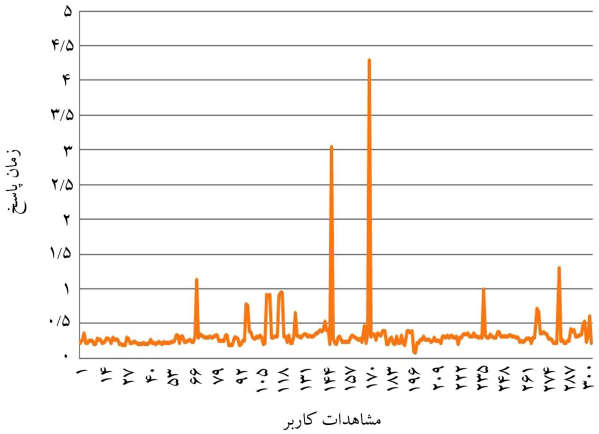
در شکل ۵ نمونه‌یی از تغییرات یکی از پارامترهای ویژگی کیفیت خدمت در یک

وب‌خدمت (مثلاً زمان پاسخ)، در یک بازه‌ی زمانی ۲ ساعته نشان داده شده است. همان‌طورکه مشاهده می‌شود این تغییرات در ارائه‌ی طرح ترکیبی وب‌خدمت‌ها اثرگذار خواهد بود.

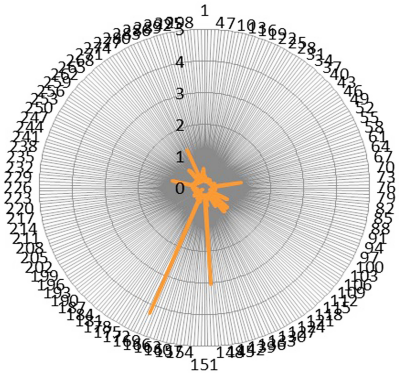
در نتیجه، متفاوت بودن مقادیر اعلامی با مقادیری که کاربر دریافت می‌کند می‌تواند بر روی خدمت ترکیبی دریافت شده از سوی کاربران و در نتیجه بر روی نظرات کاربران تأثیر منفی بگذارد. در شکل ۶ و شکل ۷ نظر ۳۰۰ کاربر در مورد ویژگی زمان پاسخ یک وب‌خدمت نشان داده شده است.



شکل ۵. مقدار پارامتر زمان پاسخ مربوط به یک وب‌خدمت در بازه‌ی زمانی ۲ ساعته.[۳۰]



شکل ۶. نظرات ۳۰۰ کاربر درباره‌ی پارامتر زمان پاسخ مربوط به یک وب‌خدمت.



شکل ۷. پراکندگی مقدار پارامتر زمان پاسخ مربوط به یک وب‌خدمت از نگاه ۳۰۰ کاربر.

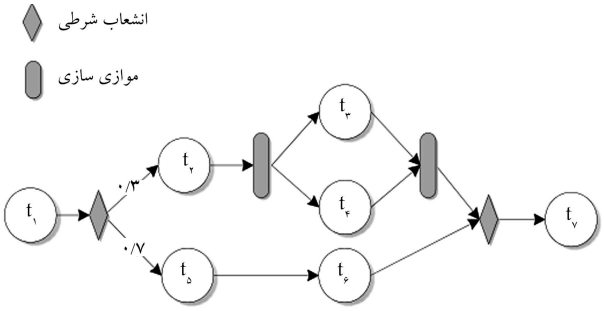
در یک مدل فرایندی کارها به‌صورت‌های ترتیبی، موازی و شرطی انجام می‌پذیرند.[۳۱] در حالت شرطی، عبارت شرطی در زمان ترکیب خدمت ارزیابی می‌شود و بدین‌ترتیب انجام یا عدم انجام خدمت مورد نظر تعیین می‌شود (یکی از شاخه‌های تعیین شده اجرا می‌شود). این‌گونه فرض می‌شود که احتمال انشعاب هرکدام از شعبه‌ها مشخص است یا تخمین مناسبی از آن وجود دارد. شاخه‌هایی که به‌صورت موازی هستند به‌صورت موازی هم اجرا می‌شوند. شاخه‌های موازی فقط زمانی به یکدیگر متصل می‌شوند که تمام شاخه‌های موازی کارشان را انجام داده باشند (انجام کارهای هر انشعاب کامل شده باشد). در شکل ۸ یک مدل فرایندی متشکل از هفت وظیفه و دو انشعاب شرطی و یک موازی‌سازی نمایش داده شده است. توجه کنید که در این شکل خدمات هفت‌دسته خدمت برای ارائه‌ی عملکرد درخواست داده شده برای اجرای وظیفه‌ی t_i (که i از ۱ تا ۷ است) فراهم آمده است. مجموعه‌یی از همه‌ی وظایف با مجموعه‌ی T نمایش داده می‌شود. نماد $t_i \rightarrow t_k$ استفاده می‌شود درصورتی‌که t_i بر وظیفه t_k مقدم باشد (زودتر از t_k انجام پذیرد.)

۱.۳. روش پیشنهادی برای حل مسئله‌ی ترکیب خدمت

فرض می‌کنیم به تعداد n وظیفه در مدل جریان کاری وجود دارند. برای انجام این n وظیفه، به ازای هر وظیفه، m وب‌خدمت نامزد وجود دارند (m نوع خدمت برای انجام یک وظیفه). خدمات ارائه شده برای انجام هر وظیفه، از نظر معیار زمان پاسخ و هزینه متفاوت هستند. برای انجام یک وظیفه، کاربر نیازمندی‌ها (ترجیحات) و محدودیت‌های کیفیت خدمت خود را بیان می‌کند و یک ترکیب خدمت با کمترین هزینه به او پیشنهاد می‌شود.

۲.۳. مدل‌سازی اهداف و تابع هدف

هر مسئله‌ی بهینه‌سازی سه عنصر کلیدی دارد: تابع هدف، مجموعه‌یی از متغیرهای تصمیم و مجموعه‌یی از محدودیت‌ها. پاسخ یک مسئله‌ی بهینه‌سازی مجموعه‌یی از مقادیر برای متغیرهای تصمیم است که تابع هدف را بدون این‌که محدودیت‌ها را نقض کنند بیشینه یا کمینه می‌کنند. با توجه به این‌که ممکن است در مسئله‌ی ترکیب خدمت، کاربر اهداف متناقضی را داشته باشد، مسئله‌ی بهینه‌سازی تبدیل به یک مسئله‌ی بهینه‌سازی چندهدفه (چندمعیاره، چندشاخصه) می‌شود. در تابع هدف پارامتر نظرات کاربران در قالب ویژگی کیفیت خدمت مورد نظر کاربر مثل زمان پاسخ یا محبوبیت یک وب‌خدمت آورده شده است. در رابطه‌ی ۲ فرض بر این است که $U_j(q_j)$ میزان مطلوبیت پارامتر (q_j) است. به‌عنوان مثال در تابع هدف ۳، درخواست‌کننده‌ی خدمت می‌خواهد هزینه و زمان اجرای خدمت (سیگمای اول)



شکل ۸. مدل فرایندی متشکل از هفت وظیفه و دو انشعاب شرطی و یک موازی‌سازی.[۳۱]

را در طرح ترکیب خدمت پیشنهادی کمینه و هم‌زمان دسترس‌پذیری، نرخ موفقیت و محبوبیت (سیگمای دوم) را بیشینه کند.

رابطه‌ی ۲: به دست آوردن میزان محبوبیت یک پارامتر

$$U_j(q_j) = \begin{cases} \frac{q_j - q_j^{min}}{q_j^{max} - q_j^{min}} if\ larger\ q_j more\ desireable \\ \frac{q_j^{max} - q_j}{q_j^{max} - q_j^{min}} if\ smaller\ q_j more\ desireable \end{cases} \quad (۲)$$

رابطه‌ی ۳: نحوه‌ی تخصیص اوزان تابع هدف

$$U(s) = \sum_{j \in J} w_j . U_j(q_j) \quad \sum_{j \in J} w_j = ۱$$
$$Min(\sum_{j \in X} (\frac{Q_j^{max} - Q_{i,j}}{Q_j^{max} - Q_j^{min}} * w_j)$$
$$+ \sum_{j \in \bar{X}} (\frac{Q_{i,j} - Q_j^{min}}{Q_j^{max} - Q_j^{min}} * w_j)),\ J = X \cup \bar{X} \quad (۳)$$

علامت Q_{ij} مقدار تجمیع شده‌ی jامین پارامتر کیفیت خدمت توسط طرح اجرایی i ام است. وزن w_j هم برای jامین ویژگی کیفیت خدمت نرمال‌سازی شده است. جملات $Q^{\max}$ و $Q_{\min}$ بیشینه و کمینه‌ی مقادیر کیفیت خدمت برای همه‌ی طرح‌های اجرایی ممکن فرایند کسب‌وکارِ پیشنهاد شده است.

۳.۳. مدل‌سازی مسئله

برای انجام یک طرح ترکیب خدمت به‌منظور انجام یک جریان کاری شامل n وظیفه و m وب‌خدمت نامزد به ازای هر وظیفه، می‌توانیم مدل مطرح شده در رابطه‌ی ۴ را در نظر بگیریم. در این مدل هدف کمینه کردن پارامتر زمان پاسخ با قید هزینه در نظرگرفته شده است. پارامتر RT نشان‌دهنده‌ی نظر کاربر از زمان پاسخ وب‌خدمت (زمان پاسخ تجربه شده توسط کاربر) و پارامتر $cost$ نیز هزینه‌ی آن وب‌خدمت است. با توجه به این‌که مقادیر اعلامی توسط فراهم‌کننده‌ی وب‌خدمت می‌تواند دچار تغییرات و انحراف شود، نظر کاربر در مدل این انحراف را کاهش می‌دهد و منجر به در نظرگرفتن مقادیر تجربه شده‌ی کاربر با در نظرگرفتن شرایط دنیای واقعی می‌شود. مدل متغیر دودویی x تعیین‌کننده‌ی انتخاب یا عدم انتخاب وب‌خدمت نامزد در طرح ترکیب خدمت است.

رابطه‌ی ۴: مدل‌سازی مسئله‌ی ترکیب خدمت

$$Min\ Z = \sum_{j=۱}^{n} \sum_{i=۱}^{m} x_{ij} * RT_{ij}$$
$$s.t$$
$$\sum_{j=۱}^{n} \sum_{i=۱}^{m} x_{ij} * cost_{ij} < userConst$$
$$\sum_{i=۱}^{m} x_{ij} = ۱, \quad ۱ \le j \le n$$
$$x_{ij} \in \{۰, ۱\} \quad (۴)$$

متغیر دودویی در نظرگرفته شده در صورتی که وب‌خدمت متناظر آن انتخاب شود مقدار یک و در غیر این‌صورت مقدار صفر را خواهد داشت. نتیجه‌ی این مدل برداری متشکل از صفر و یک است که نشان‌دهنده‌ی طرح ترکیبی بهینه با توجه به نظرات کاربران خواهد بود.

۴. پیاده‌سازی و ارزیابی

در این بخش به حل مدل ارائه شده پرداخته شده است. همچنین توضیحاتی درباره‌ی مجموعه‌ی داده‌یی واقعی حاصل از نظرات کاربران آورده شده است.

۱.۴. مجموعه‌ی داده‌یی

برای ارزیابی از مجموعه‌ی داده‌یی واقعی مربوط به مشاهدات کاربران استفاده شده است.[۳۲] اجزای این مجموعه داده بدین شرح است. اطلاعات مربوط به امتیازدهی کاربران: این مجموعه داده‌یی ماتریس کاربر-قلم[۳۴] است که نظرات ۳۰۰ کاربر درباره‌ی ۵۰۰ وب‌خدمت (درباره‌ی زمان پاسخ و گذردهی آن‌ها) است. بخش دیگر این مجموعه داده‌یی اطلاعات مربوط به کاربران و وب‌خدمت‌هاست. این بخش حاوی اطلاعات ۳۰۰ کاربر است. قالب این اطلاعات در جدول ۲ و جدول ۳ ارائه شده است.

اطلاعات ۵۰۰ وب خدمتی هم که فراهم شده در جدول ۳ ارائه شده است.

برای ارزیابی راه حل پیشنهادی یک جریان کاری با ۸ وظیفه در نظرگرفته شده است. برای هر وظیفه بین ۲۰ تا ۴۰ وب‌خدمت نامزد در نظرگرفته شده است. هر کدام از این وب‌خدمت‌ها در دو پارامتر هزینه و زمان پاسخ با یکدیگر تفاوت دارند.

در شکل ۹ و شکل ۱۰ میزان هزینه‌ی وب‌خدمت‌های نامزد به تفکیک وظیفه‌یی که می‌توانند انجام دهند، آورده شده است.

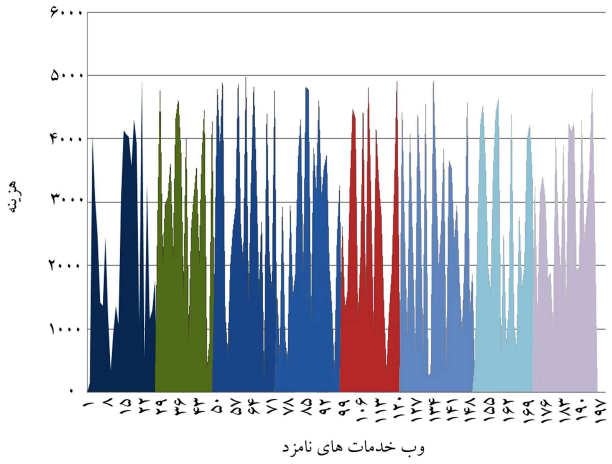
همان‌طور که در شکل ۱۱ با کمک نمودار پراکندگی نمایش داده شده است،

جدول ۲. آی.پی و کشور کاربری که از وب‌خدمت استفاده کرده است.

IP address of user	country
۱۲.۱۰۸.۱۲۷.۱۳۸	United states

جدول ۳. آدرس وب‌خدمت و کشوری که وب‌خدمت در آن وجود دارد.

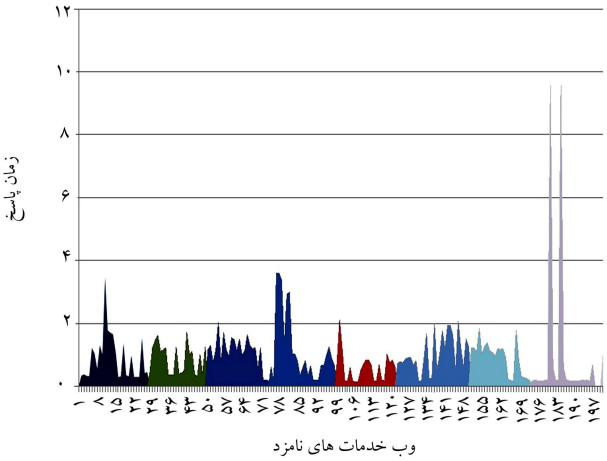
WSDL address	country name
http://ewave.no-ip.com/ECallws/CinemaData.asmx?WSDL	Argentina



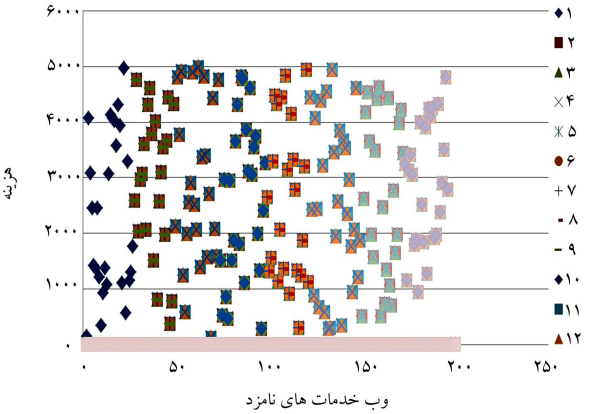
شکل ۹. میزان هزینه‌ی وب‌خدمت‌های نامزد به تفکیک وظیفه.

جدول ۴. وب‌خدمت‌های پیشنهادی روش ارائه شده.

	T۱	T۲	T۳	T۴	T۵	T۶	T۷	T۸	Total
Rt	۰٫۳۴	۱٫۰۲	۰٫۵۸	۱٫۲۶	۰٫۲۰	۰٫۸۸	۱٫۱۹	۹٫۵۷	۱۵٫۰۳
cost	۱۴۸	۳۷۳	۱۰۷	۲۸۰	۲۹۶	۲۷۱	۴۹۸	۹۴۰	۲۹۱۳



شکل ۱۰. میزان زمان پاسخ وب‌خدمت‌های نامزد به تفکیک وظیفه.



شکل ۱۱. پراکندگی میزان هزینه‌ی وب‌خدمت‌های نامزد به تفکیک وظیفه.

مقادیر ویژگی خدمت (در این شکل مقدار هزینه) هر وب‌خدمت نامزد متفاوت و دارای پراکندگی زیادی است. در نتیجه به‌دنبال طرح ترکیب خدمات بهینه‌یی هستیم که این جریان کاری را در کمترین هزینه و کمترین زمان پاسخ انجام دهد.

۲.۴. پیاده‌سازی

در این بخش الگوریتمی به‌منظور حل مسئله‌ی بهینه‌سازی برای ترکیب جریان کاری مبتنی‌بر ویژگی‌های کیفیت خدمت با توجه به مدل پیشنهادی و تأکید بر نظرات کاربران که باعث ارائه‌ی یک طرح ترکیبی کارا و مؤثر می‌شود، ارائه خواهد شد. برای حل مدل، از الگوریتم فلوید-وارشال، بهره برده شده است. الگوریتم فلوید-وارشال، یک الگوریتم یافتن کوتاه‌ترین مسیر در یک گراف وزن‌دار است. در اولین گام این الگوریتم، ماتریس پاسخ با مقادیر هزینه‌ی استفاده از هر وب‌خدمت برای هر وظیفه مقداردهی شده است. در گام های بعد، ماتریس پاسخ با مقایسه‌ی هزینه استفاده از وب‌خدمت‌های جایگزین، بروز رسانی و در نهایت جریان کاری بهینه‌ی متشکل از مجموعه‌یی از وب‌خدمت‌ها به کاربر ارائه می‌شود. الگوریتم فلوید در نرم‌افزار متلب نسخه‌ی ۲۰۱۳ پیاده‌سازی و در یک رایانه‌با سیستم‌عامل ویندوز ایکس.پی با پردازنده‌ی ۱٫۷ گیگاهرتز و رم ۱ گیگابایت اجرا شده است. کدگذاری مسئله به‌گونه‌یی صورت پذیرفته است تا بتوان جواب مسئله را در قالب یک مسئله‌ی یافتن کوتاه‌ترین مسیر به دست آورد. راه حل ارائه شده توسط الگوریتم، به‌صورت یک بردار تصمیم‌گیری است که هر عنصر آن نشان‌دهنده‌ی وجود یاعدم وجود وب‌خدمت در طرح نهایی ترکیب خدمت است.

در جدول ۴ نتیجه‌ی به دست آمده برای ترکیب خدمت توسط راه حل پیشنهادی ارائه شده است. همان‌طورکه مشاهده می‌شود الگوریتم پیشنهادی، کمترین زمان و کمترین هزینه را برای انجام جریان کاری درخواستی، داده است. در این جدول RT نشان‌دهنده‌ی زمان پاسخ وب‌خدمت انتخاب شده برای انجام وظیفه‌ی (T۱ تا T۸) مورد نظر است. قسمت Cost نیز نشان‌دهنده‌ی هزینه‌ی وب‌خدمت انتخاب شده برای انجام وظیفه‌ی مورد نظر است.

۳.۴. مقایسه‌ی روش پیشنهادی

روش پیشنهادی این مقاله در مقایسه با سایر روش‌ها، دارای ویژگی ارضای نیازمندی‌های کاربر، تبدیل نیازهای کیفی به کمّی، توسعه‌های الگوریتمی، معرفی ساختار ذخیره‌سازی داده و شاخص گذاری،[۳۵] ارائه‌ی یک مدل ریاضی کیفیت خدمت، بیشینه‌سازی درآمد، ارائه‌ی چارچوب‌ها و ساختارهای جدید است. در جدول ۵ مقایسه‌ی روش پیشنهادی با سایر روش‌ها انجام شده است. در این جدول، ستون نوع نیازمندی، بیان می‌کند که مساله ترکیب خدمت به صورت تک هدفه یا چند هدفه در نظر گرفته شده است. همچنین ستون مشاهدات کاربر، نشان دهنده این است که هیچ کدام از راه‌حل‌های پیشین از این ویژگی بهره نبرده‌اند. در این جدول علامت + به معنای داشتن ویژگی و علامت - به معنای نداشتن ویژگی مربوطه است. علامت * نیز به معنای آن است که درباره‌ی این ویژگی در راه‌حل پیشنهادی صحبت نشده است و به‌عبارت‌دیگر در راه‌حل مورد نظر نادیده گرفته شده است. همچنین در مدخل‌های جدول سعی شده است توضیحاتی درباره‌ی برخی از ویژگی‌ها برای راه‌حل مربوطه آورده شود.

۵. نتیجه‌گیری

در این مقاله به مسئله‌ی ترکیب خدمات در سناریوی رایانش ابری پرداخته شد. برای حل مسئله‌ی ترکیب خدمات وبی، الگوریتم‌های موجود در پیشینه غالباً از مقادیرکیفیت خدمت اعلامی از سوی فراهم‌کنندگان خدمات به‌منظور ترکیب خدمات استفاده می‌کنند. با توجه به این‌که این مقادیر می‌تواند از آن‌چه کاربر مشاهده می‌کند، متفاوت باشد، در نتیجه پیشنهاد این مقاله به استفاده از مشاهدات کاربران

جدول ۵. مقایسه‌ی روش‌های موجود در پیشینه با روش پیشنهادی.

شماره مرجع	سال ارائه	مشاهدات کاربر	نوع نیازمندی	روش حل	روش ارزیابی
[۱۴]	۲۰۰۹	-	*	شاخه و حد موازی	مقایسه‌ی روش سری حل با روش موازی
[۱۶]	۲۰۱۱	-	*	یافتن کوتاه‌ترین مسیر در گراف جهت‌دار	QWS Dataset
[۱۷]	۲۰۱۱	-	*	ای.استار	*
[۱۸]	۲۰۱۲	-	-	ای.استار	مجموعه داده‌یی[۱۹]
[۲۰]	۲۰۱۲	-	*	روش شاخه و حد با ارضای محدودیت	انجام شبیه‌سازی
[۲۱]	۲۰۱۲	-	تخصیص ماشین مجازی	مسئله کوله‌پشتی دوبعدی	انجام شبیه‌سازی
[۲۲]	۲۰۱۲	-	*	ساختار داده درخت	مجموعه داده‌یی شبیه‌سازی و تولید شده
[۲۳]	۲۰۱۳	-	*	الگوریتم تخمینی مبتنی بر گراف و هرس کردن آن	شبیه‌سازی و تولید مدل‌های تصادفی
[۲۵]	۲۰۱۱	-	زمان پاسخ، هزینه، دسترس‌پذیری و محبوبیت	الگوریتم ژنتیک	سناریوی تصادفی تولید شده
[۲۶]	۲۰۱۲	-	چندهدفه، قرارداد سطح خدمت	الگوریتم ژنتیک چندهدفه	انجام شبیه‌سازی، داده‌های تولید شده

ادامه‌ی جدول ۵.

شماره مرجع	سال ارائه	مشاهدات کاربر	نوع نیازمندی	روش حل	روش ارزیابی
[۲۷]	۲۰۱۲	-	*	برنامه‌ریزی عددصحیح ترکیبی برمبنای داده‌های تاریخچه‌یی	*
[۲۹]	۲۰۱۲	-	*	فرایند تصمیم‌گیری مارکوف، روش‌های یادگیری تقویتی	-
[۳۰]	۲۰۱۶	-	چندهدفه	برنامه‌ریزی خطی و یک الگوریتم ابتکاری (ای.استار)	مجموعه داده‌یی [۱۹]
روش پیشنهادی	۲۰۱۷	+	چندهدفه	الگوریتم فلوید + ساختار داده‌یی گراف	مجموعه داده‌یی واقعی [۳۲]

در تعیین طرح ترکیب خدمت بهینه است. در این مقاله تلاش شد تا با اتخاذ نوآوری‌های پیشنهاد شده، بهبود قابل ملاحظه‌یی، چه از لحاظ کیفیت پاسخ‌ها و چه از لحاظ زمان حل، در مسئله‌ی ترکیب خدمت ایجاد شود. ارزیابی بر روی مجموعه داده‌یی واقعی که حاصل نظرات کاربران است، نشان داد که روش پیشنهادی می‌تواند اثربخشی لازم را برای حل مسئله‌ی ترکیب وب‌خدمت‌ها داشته باشد.

پانوشت‌ها

1. business to business (B2B)
2. service composition
3. service oriented architecture (SOA)
4. service providers
5. best responcse
6. register
7. WSDL
8. HTTP
9. XML
10. description
11. discovery
12. universal description, discovery and integration specification (UDDI)
13. web services description language (WSDL)
14. simple object access protocol (SOAP)
15. restful
16. put, post, get, delete
17. server
18. nist
19. on the fly
20. process model
21. atomic
22. backtracking
23. branch-and-bound
24. multidimensional multi-choice knapsack problem (MMKP)
25. happiness
26. QWS dataset
27. simple additive weighting (SAW)
28. context
29. CRM applications
30. google apps
31. SLA-aware
32. markov decision process
33. reinforcement rearning techniques
34. user-Item
35. indexing

منابع (References)

1. Zeng, L., Benatallah, B., Ngu, A.H.H. and et al. "Qos-aware middleware for web services composition", *IEEE Trans. Software Engineering*, **30**(5), pp. 311-327 (2004).
2. Jula, A., Othman, Z. and Sundararajan, E. "Imperialist competitive algorithm with PROCLUS classifier for service time optimization in cloud computing service composition", *Expert Syst. Appl*, **42**(1), pp. 135-145 (2015).
3. Rao, J. and Su, X. "A survey of automated web service composition methods", Semanic Web Service. Web Process Composition, pp. 43-54 (2005).
4. Booth, D., Haas, H., McCabe, F. and et.al, Web services architecture-W3C working group note 11 february (2004). World Wide Web Consortium, article available from: http://www. w3. org/TR/ws-arch, 13.
5. Bellwood T, Clement L, Ehnebuske, D. and et.al. UDDI Version 3.0. Published specification, Oasis, Jul 19;5:16-8 (2002).
6. Chinnici, R. and et al. "Web services description language (WSDL) version 2.0 part 2: Adjuncts", W3C Recommendation 6 (2007).
7. Gudgin, M., Hadley, M., Mendelsohn, N. and et.al. SOAP Version 1.2. W3C recommendation, **24**(12), (2003).
8. Melorose, J., Perroy, R. and Careas, S. "Architectural styles and the design of network-based software architectures", University Of California, IRVINE (2000).
9. Bohn, R.B., Messina, J., Liu, F. and et al. "NIST cloud computing reference architecture", Proc. - 2011 IEEE World Congr. Serv. Serv. pp. 594-596 (2011).
10. Oh, S.C., Lee, D. and Kumara, S.R. "Effective web service composition in diverse and large-scale service networks", *IEEE Transactions on Services Computing*, **1**(1), pp. 15-32 (2008).
11. Rosenberg, F., Celikovic, P., Michlmayr, A. and et al. "A stochastic programming approach for QoS-aware service composition", Eighth IEEE Int. Symp. Clust. Comput. Grid, pp. 226-233 (2008).
12. Peer, J. "Web Service Composition as AI Planning - a Survey", Language (Baltim)., no. March, pp. 63 (2005).
13. Jula, A., Sundararajan, E. and Othman, Z. "Cloud computing service composition: a systematic literature review", *Expert Syst. Appl.*, **41**(8), pp. 3809-3824 (2014).
14. Kofler, K., Ul Haq, I. and Schikuta, E. "A parallel branch and bound algorithm for workflow QoS optimization", *Proc. Int. Conf. Parallel Process.*, pp. 478-485 (2009).
15. Al-Masri, Q. H. M. E. "The qws dataset", [Online]. Available: http://www.uoguelph.ca/qmahmoud/qws/index.html/.
16. Liu, H., Zheng, Z., Zhang, W. and et al. "A global graph-based approach for transaction and QoS-aware service composition", *KSII Trans. Internet Inf. Syst.*, **5**(7), pp. 1252-1273 (2011).
17. Rodriguez-Mier, P., Mucientes, M. and Lama, M. "Automatic web service composition with a heuristic-based search algorithm", *Proc. - IEEE 9th Int. Conf. Web Serv.* ICWS 2011, pp. 81-88 (2011).
18. Rodriguez-Mier, P., Mucientes, M., Vidal, J.C. and et al. "An optimal and complete algorithm for automatic web service composition", *Int. J. Web Serv. Res*, **9**(2), pp. 1-20 (2012).
19. Bansal, A., Blake, M.B., Kona, S. and et al. "WSC-08: continuing the web services challenge", *Proc. - 10th IEEE Jt. Conf. E-Commerce Technol. 5th Enterp. Comput. E-Commerce E-Services*, CEC 2008 EEE 2008, pp. 351-354 (2008).
20. Liu, M., Wang, M., Shen, W. and et al. "A quality of service (QoS)-aware execution plan selection approach for a service composition process", *Futur. Gener. Comput. Syst*, **28**(7), pp. 1080-1089 (2012).
21. Hossain, M.S., Hassan, M.M., Al Qurishi, M. and et al. "Resource allocation for service composition in cloud-based video surveillance platform", *Proc. 2012 IEEE Int. Conf. Multimed. Expo Work. ICMEW 2012*, pp. 408-412 (2012).
22. Bao, H. and Dou, W., "A QoS-aware service selection method for cloud service composition", IEEE 26th Int. Parallel Distrib. Process. Symp. Work. PhD Forum, pp. 2254-2261 (2012).
23. Huang, J., Liu, Y., Yu, R. and et al. "Modeling and algorithms for qos-aware service composition in virtualization-based cloud computing", *IEICE Trans. Commun.*, **96**(1), pp. 10-19 (2013).
24. Maamar, Z., Mostefaoui, S.K. and Yahyaoui. H. "Toward an agent-based and context-oriented approach for Web services composition", *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.*, **17**(5), pp. 686-697 (2005).
25. Ye, Z., Zhou, X. and Bouguettaya, A. "Genetic algorithm based QoS-aware service compositions in cloud computing", pp. 321-334 (2011).
26. Wada, H. and Suzuki, J. "A multiobjective optimization framework for SLA-Aware service composition", *Serv. Comput. IEEE ...*, pp. 1-14 (2012).
27. Yong, Z., Wei, L., Junzhou, L. and et al. "A novel two-phase approach for QoS-aware service composition based on history records", *Proc. - 2012 5th IEEE Int. Conf. Serv. Comput. Appl. SOCA* (2012).
28. Moghaddam, M. and Davis, J. G., "Service selection in web service composition: A comparative review of existing approaches", In Web Services Foundations, pp. 321-346, Springer, New York, NY, (2014).
29. Jungmann, A. and Kleinjohann, B. "Towards the application of reinforcement learning techniques for quality-based service selection in automated service composition", *Proc. - 2012 IEEE 9th Int. Conf. Serv. Comput. SCC 2012*, pp. 701-702 (2012).
30. Chattopadhyay, S. and Banerjee, A. "QSCAS: QoS aware web service composition algorithms with stochastic parameters", *2016 IEEE Int. Conf. Web Serv.*, **2** pp. 388-395 (2016).
31. Ramacher, R., Mönch, L. "Robust multi-criteria service composition in Information Systems", *Bise*, **6**(3), pp. 141-151 (2014).
32. Zheng, Z., Wu, X., Zhang, Y. and et al. "QoS ranking prediction for cloud services", *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, **24**(6), pp. 1213-1222 (2013).