

دربافت مقاله: ۹۳/۵/۱

پذیرش مقاله: ۹۳/۶/۱۵

اندازه‌گیری کمی کیفیت در مهندسی نرم افزار سرویس‌گرا:

روش‌ها، کاربردها و چالش‌ها

عباس رسول‌زادگان^{۱*}، محدثه بصیری^۲

^۱ استادیار، دانشکده مهندسی، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

rasoolzadegan@um.ac.ir

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد، مرکز آموزش‌های الکترونیکی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

basiri.mohaddese@stu.um.ac.ir

چکیده: هدف مهندسی نرم افزار سرویس‌گرا حمایت از توسعه سریع، کم‌هزینه و ترکیب آسان نرم افزارهای توزیع شده حتی در محیط‌های ناهمگن است که در آن، از سرویس‌ها به عنوان عناصر اصلی برای توسعه برنامه‌ها و راه حل‌ها استفاده می‌شود. مهندسی نرم افزار سرویس‌گرا در صدد توسعه روشن‌ها و ابزارهایی برای بهبود کیفیت و سودآوری توسعه نرم افزار است. امروزه یکی از دغدغه‌های مهم و چالش‌برانگیز در حوزه مهندسی نرم افزار سرویس‌گرا، تولید سرویس‌هایی با کیفیت مورد نیاز است. تحقق کیفیت مورد انتظار نقش بسزایی در کاهش هزینه‌های توسعه نرم افزار دارد. قدم اول در مسیر تحقق کیفیت مورد انتظار، برخورداری از قابلیت اندازه‌گیری کمی جنبه‌های مختلف کیفیت است. تاکنون کارهای زیادی برای اندازه‌گیری کمی کیفیت سرویس‌ها انجام شده است که هر کدام از آن‌ها با مزیت‌ها، محدودیت‌ها و کاربردهای متنوعی همواره‌اند. در این مقاله، به دنبال آن هستیم که با تحلیل روشن‌های موجود اندازه‌گیری کمی، به مقایسه تطبیقی آن‌ها با یکدیگر پردازیم. بدین منظور، ابتدا یک مدل برای ارزیابی کیفیت سرویس‌ها ارائه می‌کنیم. بر مبنای این مدل، روشن‌های مختلف را دسته‌بندی کرده و به تحلیل نقاط قوت، محدودیت‌ها و کاربردهای آن‌ها می‌پردازیم. نتایج تحلیل‌های انجام‌شده، امکان انتخاب مناسب‌ترین روش را برای اندازه‌گیری جنبه‌های مختلف کیفیت سرویس، به همراه دلایل منطقی و مستدل فراهم می‌کند.

واژه‌های کلیدی: مهندسی نرم افزار سرویس‌گرا، کیفیت سرویس، اندازه‌گیری کمی، مهندسی کیفیت.

نگاه محققان به فاکتورهای کیفیت سرویس، و نه لزوماً کیفیت سرویس، بدون ارائه یا ارجاع به مدل مناسب برای ارزیابی کیفیت سرویس است. علاوه بر آن، در بسیاری از مقالات، برای کمی‌سازی جنبه‌های کیفی مختلف سرویس، معیارهای ارزیابی^۱ بیان شده است [۱۱-۱۳]. در حالی که درستی این معیارها و تطابق نتایجِ اعمال آن‌ها با خروجی سیستم در واقعیت، مورد بررسی قرار نگرفته است.

هدف ما در این مقاله، بررسی جنبه‌های مختلف کیفیت در مهندسی نرم‌افزار سرویس‌گراست و تلاش می‌کنیم با تحلیل روش‌های اندازه‌گیری کمی موجود، به مقایسهٔ تطبیقی این روش‌ها با هم پردازیم. ابتدا یک مدل برای ارزیابی کیفیت سرویس‌ها ارائه می‌کنیم و سپس روش‌های مختلف اندازه‌گیری کمی کیفیت سرویس‌ها را با یکدیگر مقایسهٔ تطبیقی می‌نماییم. نتایج تحلیل‌های صورت‌گرفته، در انتخاب بهترین روش برای اندازه‌گیری کمی جنبه‌های مختلف کیفیت سرویس با دلایل مستدل، به ما کمک می‌کند.

ادامه مقاله به صورت زیر سازمان‌دهی شده است: در بخش دوم، مفاهیم اولیه سرویس‌گرایی مانند کیفیت و مدل‌های موجود را مورد بررسی قرار می‌دهیم. در بخش سوم، به ارائه یک مدل پیشنهادی برای ارزیابی کیفیت سرویس می‌پردازیم و قسمت‌های مختلف آن را شرح می‌دهیم. در بخش چهارم، مقایسهٔ تطبیقی روش‌های مختلف اندازه‌گیری کمی کیفیت سرویس بیان می‌شود. در پایان، به نتیجه‌گیری و کارهای آینده می‌پردازیم.

۲. مفاهیم اولیه

سرویس مهم‌ترین عنصر در مهندسی نرم‌افزار سرویس‌گراست. یک سرویس، یک پیاده‌سازی از بخشی خوش‌تعریف از یک کارکرد کسب‌وکار به همراه یک واسطه منتشر شده است که

۱. مقدمه

امروزه، طراحی و پیاده‌سازی سیستم‌های پیچیده و در مقیاس بزرگ، مسئله‌ای چالش‌برانگیز است [۱ و ۲]. یک رویکرد مدرن تولید نرم‌افزار برای مقابله با این چالش، مهندسی نرم‌افزار سرویس‌گرا^۱ است [۳ و ۴]. افزایش تقاضا برای محاسبات اینترنتی و ظهور برنامه‌ها و سیستم‌های کسب‌وکار مبتنی بر شبکه، منجر به افزایش روزافزونِ ضرورتِ مهندسی نرم‌افزار سرویس‌گرا شده است [۵ و ۶]. طراحی‌های سرویس‌گرا، از سرویس‌ها به عنوان عناصر پایه‌ای برای توسعهٔ برنامه‌ها و راه حل‌های نرم‌افزاری بهره می‌گیرند. این نوع طراحی، امکان یکپارچه‌سازی سیستم‌های توزیع شده را بر روی سیستم‌عامل‌ها و تکنولوژی‌های مختلف فراهم می‌کند و تمرکز بیشتری بر قابلیت استفاده مجدد^۲ و بهره‌وری^۳ توسعه نرم‌افزار دارد [۴]. بنابراین، با توجه به توانایی مهندسی نرم‌افزار سرویس‌گرا در ارائه مکانیزم‌هایی برای یکپارچه‌سازی سیستم‌های قدیمی با هزینه پایین، خطرات ناشی از نوسانات کسب‌وکار کاهش می‌یابد [۷].

امروزه یکی از دغدغه‌های مهم در حوزهٔ مهندسی نرم‌افزار، به طور عام و مهندسی نرم‌افزار سرویس‌گرا، به طور خاص، تحقیق کارکردها با کیفیت مورد نیاز است [۸ و ۹]. تحقق کیفیت مورد انتظار کمک بسزایی در کاهش هزینه‌های توسعهٔ نرم‌افزار دارد [۸]. برای ساخت یک سیستم سرویس‌گرا که دارای کیفیت مطلوب و مورد نیاز باشد، لازم است کیفیت در تمامی فازهای فرایند توسعهٔ آن به صورت صریح، دقیق و کمی، استخراج، شناسایی، تعریف، اندازه‌گیری، کنترل و مدیریت شود. گرچه کیفیت سرویس در مقاله‌های زیادی مورد بررسی قرار گرفته است [۷ و ۱۰-۱۲]، مسائل مهمی در این زمینه وجود دارند که نیازمند بررسی عمیق‌ترند. مهم‌ترین مسئله موجود در این زمینه،

1. Service Oriented Software Engineering (SOSE)

2. Reusability

3. Efficiency

- مدل سلسله‌مراتبی [۷] که در آن، پارامترهای سرویس و سیستم به مشخصه‌های طراحی مرتبط شده و این مشخصه‌های طراحی به منظور اندازه‌گیری کیفیت سرویس به کار رفته‌اند. این مدل سلسله‌مراتبی، دید جامعی از کیفیت سرویس را ارائه می‌دهد.

با مطالعه تطبیقی مدل‌های موجود و جنبه‌های مختلف کیفیت بیان شده در آن‌ها، در بخش سوم، مدل جامعی برای ارزیابی کیفیت سرویس‌ها در مهندسی نرم‌افزار سرویس‌گرا ارائه می‌شود تا بتوان براساس آن، به مقایسه تطبیقی روش‌های موجود پرداخت.

۳. مدل پیشنهادی برای ارزیابی کیفیت سرویس

مهندسی نرم‌افزار سرویس‌گرا کارکردهای نرم‌افزاری را در قالب سرویس ارائه می‌کند که خود در برنامه‌های کاربردی فرآخوانده می‌شوند یا به صورت ترکیبی، باعث ایجاد سرویس‌های جدید می‌شوند؛ لذا با توجه اینکه یک سیستم سرویس‌گرا، خود شامل مجموعه‌ای از سرویس‌هاست، کیفیت آن نیز وابسته به کیفیت سرویس‌های سازنده آن می‌باشد.

در این قسمت، برای ارزیابی کیفیت سیستم سرویس‌گرا و ایجاد بستر مشترک برای مقایسه مدل‌ها و روش‌های این حوزه، یک مدل جامع سلسله‌مراتبی پیشنهاد می‌کنیم. همان‌طور که در شکل ۱ دیده می‌شود، این مدل در سه سطح مطرح می‌شود. سطح اول شامل پارامترهای ارزیابی کیفیت است. در سطح دوم، جنبه‌های مختلف درونی کیفیت ارائه شده است و در سطح سوم، هم جنبه‌های بیرونی کیفیت را داریم. عناصر سازنده سطح اول بر عناصر سطح دوم، تأثیر علی می‌گذارد و عناصر سطح دوم نیز بر سطح سوم تأثیر می‌گذارد.

دلیل نام‌گذاری جنبه‌های کیفیت سطح دوم به صورت درونی و جنبه‌های سطح سوم به صورت بیرونی، نسبی بودن

قابل کشف و استفاده توسط سرویس‌گیرنده می‌باشد. سرویس‌گرایی، کارکردهای نرم‌افزاری را در قالب مجموعه‌های به اشتراک گذاشته شده‌ای از سرویس‌های با قابلیت استفاده مجدد ارائه می‌دهد [۱۴]. کیفیت شامل جنبه‌های مختلفی نظریر قابلیت استفاده مجدد، قابلیت اعتماد،^۱ امنیت،^۲ تست‌پذیری،^۳ توسعه‌پذیری،^۴ تعامل‌پذیری،^۵ مقیاس‌پذیری،^۶ قابلیت نگهداری^۷ است. با توجه به اهمیت بسزای کیفیت و تحقق آن، استفاده از سرویس‌هایی که از نظر جنبه‌های مختلف کیفیت در سطح مناسبی قرار دارند، برای موفقیت یک راه حل سرویس‌گرا حائز اهمیت است.

بهره‌مندی از یک مدل مرجع بررسی کیفیت، کمک بسزایی در ارزیابی کیفیت در مهندسی نرم‌افزار سرویس‌گرا می‌کند. این مهم در مقالاتی از این حوزه رعایت نشده و منتج به نتایج ناهمخوان با یکدیگر شده است. از میان مدل‌های مختلفی که در ادبیات این حوزه موجود است، سه مدل از اهمیت بیشتری برخوردار است:

- مدل مرجع برای برنامه‌های کاربردی مبتنی بر سرویس [۱۵] که در آن، مؤلفان ۸۹ جنبه کیفیت مؤثر بر معماری سرویس‌گرا را استخراج کرده‌اند. ایراد وارد بر این مدل، پیچیدگی استفاده از آن در تحقیقات و همپوشانی فاکتورهای آن است [۱۶].
- مدل کیفی برای سرویس‌های وب [۱۷] که در آن، شش جنبه کیفیت مهم مورد بررسی قرار گرفته، ولی در آن، جای جنبه‌های مهمی همچون قابلیت استفاده مجدد خالی است.

-
1. Reliability
 2. Security
 3. Testability
 4. Extensibility
 5. Interoperability
 6. Scalability
 7. Maintainability

فاز طراحی و اجرا تقسیم می‌شوند. برخی از پارامترهای ارزیابی تأثیرگذار در فاز اجرا عبارت‌اند از: تعداد کاربران همزمان، تعداد درخواست‌های همزمان، تعداد درخواست‌های موفق.

پارامترهای ارزیابی در فاز طراحی را می‌توان به دو دسته پارامترهای مربوط به خود سرویس‌ها و پارامترهای مربوط به نوع معماری و بستر ارتباطی سرویس‌ها (سیستم) تقسیم کرد. نمونه‌هایی از پارامترهای فاز طراحی با دسته‌بندی به پارامترهای سرویس و سیستم به شرح زیر است:

از پارامترهای مؤثر بر جنبه‌های درونی کیفیت (عناصر سطح دوم) که در ارتباط با سرویس‌ها می‌باشند، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

تعداد عملیات در سرویس، تعداد عملیات دانه‌ریز، تعداد پیام‌های استفاده شده، تعداد عملیات همگام و ناهمگام، تعداد عملیات با نام نامناسب، تعداد مشتری همزمان در انتظار، تعداد فراهم‌کننده سرویس همزمان، تعداد کل ارائه‌کنندگان سرویس، تعداد کل مشتریان و دیگر پارامترهایی که بنا به جنبه کیفیت مورد نظر متفاوت‌اند.

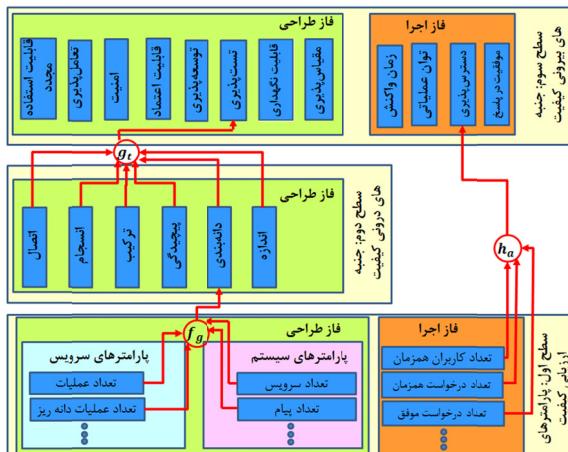
همچنین، از پارامترهای مؤثر بر جنبه‌های درونی کیفیت (عناصر سطح دوم) که در ارتباط با معماری و بستر ارتباطی سرویس‌ها می‌باشند، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

تعداد سرویس‌های سیستم، تعداد سرویس‌های با نام‌گذاری نامناسب، تعداد عملیات‌های با نام‌گذاری نامناسب، تعداد پیام‌های استفاده شده، تعداد عملیات‌های همگام و ناهمگام و دیگر پارامترهایی که بنا به جنبه کیفیت مورد نظر متفاوت‌اند.

۲.۳. سطح دوم: جنبه‌های درونی کیفیت

برای تدقیک جنبه‌های مختلف کیفیت سیستم سرویس‌گرا از جنبه‌های مختلف کیفیت سرویس‌های سازنده آن، جنبه‌های درونی کیفیت (سطح دوم) و جنبه‌های بیرونی کیفیت (سطح

مفهوم کیفیت و برخورداری آن از سطوح انتزاع مختلف است. در واقع، عناصر سطح سوم را می‌توان در مقایسه با عناصر سطح دوم به عنوان جنبه‌های بیرونی کیفیت و عناصر سطح دوم را جنبه‌های درونی کیفیت در نظر گرفت. در حالی‌که عناصر سطح دوم در مقایسه با عناصر سطح اول، جنبه‌های بیرونی کیفیت و عناصر سطح اول جنبه‌های درونی کیفیت خواهند بود. این سطوح انتزاع مختلف را از پایین به بالا نیز می‌توان در نظر گرفت؛ بدین صورت که عناصر سطح اول نسبت به عناصر سطح دوم، پارامترهای ارزیابی کیفیت هستند و عناصر سطح دوم نیز نسبت به عناصر سطح سوم، به عنوان پارامترهای ارزیابی کیفیت در نظر گرفته می‌شوند. در ادامه، برای جلوگیری از ابهام، عناصر سطح سوم را جنبه‌های بیرونی کیفیت، عناصر سطح دوم را جنبه‌های درونی کیفیت و عناصر سطح اول را پارامترهای ارزیابی کیفیت در نظر می‌گیریم.



شکل (۱): مدل پیشنهادی ارزیابی کیفیت سرویس

۱.۳. سطح اول: پارامترهای ارزیابی کیفیت

سطح اول شامل پارامترهای ارزیابی کیفیت است. هر ویژگی قابل مشاهده از یک جزء سرویس (سیستم) را پارامتر ارزیابی کیفیت سرویس (سیستم) می‌نامیم. این پارامترهای ارزیابی به دو

افزایش قابلیت استفاده مجدد، کاهش هزینه اصلاح، افزایش قابلیت اتکا و اعتماد می شود.

۴. پیچیدگی^۵: میزان ارتباط فرایندهای پایه کسب و کار در یک سرویس، پیچیده بودن خود موجودیت کسب و کار و میزان تعامل سرویس‌ها را نشان می دهد.

۵. دانه‌بندی^۶: حوزه بهینه عملکرد کسب و کار را در یک عملیات سرویس مشخص می کند. دانه‌بندی درشت، پیچیدگی را زیاد می کند اما تعداد فراخوان برای انجام کار را کاهش می دهد.

۶. اندازه^۷: بیانگر اندازه طراحی سیستم است.

۳.۳. سطح سوم: جنبه‌های مختلف بیرونی کیفیت

جنبه‌های مختلف بیرونی کیفیت، نشان‌دهنده ویژگی‌های مختلف کیفی یک محصول سرویس‌گرا و بستر ایجاد شده برای ارتباط سرویس‌های سازنده آن است که از آنها برای بررسی میزان مطابقت طراحی محصول مذکور با آرمان‌های سرویس‌گرایی استفاده می شود. این جنبه‌ها در سطح یک محصول سرویس‌گرا قابل بررسی‌اند.

جنبه‌های بیرونی کیفیت خود به دو فاز طراحی و زمان اجرا قابل تفکیک‌اند. در بسیاری از موارد، به دنبال آن هستیم تا قبل از تولید نرم‌افزار در فاز طراحی، جنبه‌های مختلف کیفیت محصول را پیش‌بینی کنیم و اگر مشکلی مشاهده شد طراحی را اصلاح نماییم. اما برای تعدادی از جنبه‌های کیفیت، این امر در فاز طراحی مقدور نیست؛ زیرا ارزیابی آنها نیازمند اجرای محصول است. بنابراین، جنبه‌های بیرونی کیفیت که ارزیابی آنها در فاز طراحی قابل انجام است، کیفیات فاز طراحی و جنبه‌های بیرونی کیفیت که ارزیابی آنها نیازمند اجرای

سوم) را ارائه می کنیم.

جنبه‌های مختلف درونی کیفیت، نشان‌دهنده کیفیت مجموعه‌ای^۱ از سرویس‌ها در ارتباط با خود یا سایر سرویس‌ها می باشند که در سطح سرویس‌ها و نه محصول سرویس‌گرا قابل تعریف و بررسی‌اند؛ برای مثال، جنبه کیفیتی مانند استقلال، فارغ از بستره که سرویس‌ها در آن استفاده می شوند، همواره بین دو سرویس برقرار خواهد بود که ما آن را جنبه درونی کیفیت این سرویس‌ها می‌نامیم. حال اگر این دو سرویس به همراه سرویس‌های دیگر، تشکیل یک محصول نرم‌افزاری را بدنه‌ند، می‌توان برای آن نرم‌افزار جنبه‌ای از کیفیت بیرونی مانند قابلیت استفاده مجدد تعریف کرد که جنبه‌های درونی کیفیت سرویس‌های تشکیل‌دهنده آن نرم‌افزار، مانند استقلال، اثر علی بر این جنبه بیرونی کیفیت می‌گذارند. مطالعه جامع ادبیات این حوزه نشان می‌دهد که اتصال، ترکیب، انسجام، پیچیدگی و دانه‌بندی، تأثیر بسزایی بر جنبه‌های بیرونی کیفیت دارند که در زیر مورد بررسی قرار گرفته‌اند [۷]:

۱. اتصال^۲: میزان ارتباط سرویس‌ها را نشان می‌دهد. اتصال سست، موجب کاهش پیچیدگی و افزایش قابلیت توسعه می‌شود.

۲. ترکیب^۳: نشان‌دهنده میزان توانایی ترکیب سرویس‌ها برای ساخت سرویس جدید است. قابلیت ترکیب بالا، باعث افزایش قابلیت استفاده مجدد شده و هزینه توسعه سرویس جدید را کاهش می‌دهد.

۳. انسجام^۴: نشان‌دهنده میزان ارتباط اجزای یک ماثول با یکدیگر است و به دو فاکتور تعداد فعالیت‌ها در سرویس و شدت ارتباط فعالیت‌ها با هم بستگی دارد. انسجام بالا باعث

۱. این مجموعه شامل یک عضو یا همه سرویس‌های یک معماری می‌تواند باشد.

2. Coupling

3. Compose

4. Cohesion

- کشف^۳ و دانه‌بندی سرویس.
- ۲. تعامل‌پذیری:** توانایی مجموعه‌ای از اجزای ارتباطی برای اشتراک اطلاعات خاص و عملکرد بر مبنای آن، برای رسیدن به یک عملکرد معنایی قرارداد شده را نشان می‌دهد. مهم‌ترین زیرفاکتور مؤثر بر آن، سازگاری با استانداردهای مرتبط است.
- ۳. قابلیت اعتماد:** توانایی یک سیستم برای ادامه عملکرد در طی زمان را نشان می‌دهد. چندین بعد مهم قابلیت اعتماد در سیستم‌های سرویس‌گرا عبارت‌اند از: قابلیت اعتماد برای پیام‌ها (بین برنامه‌های کاربردی و سرویس‌ها)، قابلیت اعتماد خود سرویس‌ها.
- ۴. امنیت:** میزان توانایی مقابله با خطراتی مانند نفوذ و دستکاری داده را نشان می‌دهد. چند زیر فاکتور مؤثر بر امنیت عبارت‌اند از: رمزگاری، احراز هویت (تصدیق هویت کاربر سرویس)، صحت تمامی داده، دسترس‌پذیری (در هر زمان و مکان توسط کاربر مجاز)، انکار سرویس برای سرویس دریافت‌شده، حسابرسی (تهیه و نگهداری گزارش از فعالیت).
- ۵. توسعه‌پذیری:** قابلیت سرویس‌ها را در توسعه، بدون اثر بر سایر سرویس‌ها و اجزای سیستم نشان می‌دهد. مهم‌ترین فاکتور مؤثر بر آن، اتصال سست سرویس‌ها می‌باشد.
- ۶. قابلیت نگهداری:** میزان تلاش لازم برای اصلاح سرویس را نشان می‌دهد. فاکتورهای اساسی مؤثر بر آن عبارت‌اند از: قابلیت آنالیز‌پذیری، قابلیت تغییر، توسعه‌پذیری و تست‌پذیری.
- ۷. سایر ویژگی‌ها:** ویژگی‌های مهم دیگری که در سرویس‌گرایی باید مورد توجه قرار بگیرند، عبارت‌اند از: قابلیت استفاده (معیار سنجش رضایت‌مندی کاربر در تعامل با

محصول است، کیفیات فاز اجرا را تشکیل می‌دهند.

جنبه‌های مختلف بیرونی کیفیت که برای ارزیابی محصول نرم‌افزاری به کار می‌روند، به شرح زیر تقسیم می‌شوند:

• جنبه‌های بیرونی کیفیت در فاز اجرا

از آنجایی که بسیاری از سرویس‌ها از طریق شبکه و به صورت شخص ثالث ارائه می‌شوند، عملکرد سرویس وابسته به عملکرد شبکه و غیرقطعی خواهد بود. مهم‌ترین جنبه‌های بیرونی کیفیت، که عملکرد سرویس در زمان اجرا را نشان می‌دهند، عبارت‌اند از:

۱. زمان واکنش به درخواست سرویس؛
۲. قابلیت دسترسی^۱ که میزان در دسترس بودن سرویس پس از درخواست کاربر را نشان می‌دهد؛
۳. توان عملیاتی^۲ یا میزان توانایی فراهم‌کننده سرویس در ارائه سرویس‌ها؛
۴. موفقیت در پاسخ یا نسبت سرویس‌های ارائه شده به درخواست شده.

• جنبه‌های بیرونی کیفیت در فاز طراحی

با توجه به اهمیت بسزایی که بررسی کیفیت سرویس‌ها، پیش از ساخت محصول نرم‌افزاری دارد، جنبه‌های بیرونی کیفیت بسیاری به عنوان کیفیات فاز طراحی در ادبیات این حوزه معرفی شده‌اند. از میان این کیفیات، تعدادی از آن‌ها از آرمان‌های مهم سرویس‌گرایی هستند و به صورت معناداری بیش از بقیه در مراجع مختلف تکرار شده‌اند که در زیر به شرح آن‌ها می‌پردازیم (ISO/IEC 25000):

۱. **قابلیت استفاده مجدد:** نشان‌دهنده پتانسیل سرویس برای استفاده در پیش از یک برنامه کاربردی بدون نیاز به هزینه زیاد برای کشف، تنظیم و تغییر می‌باشد و به عنوان یک معیار کلیدی در سنجش کیفیت سرویس مطرح است. مهم‌ترین عوامل مؤثر بر آن عبارت‌اند از: پیمانه‌ای بودن سرویس، اتصال سست سرویس‌ها، قابلیت ترکیب، انتزاع سرویس، قابلیت

1. Availability

2. Throughput

۴. مقایسهٔ تطبیقی روش‌های مختلف اندازه‌گیری کمی کیفیت سرویس

در این بخش، روش‌هایی را بررسی می‌کنیم که هر کدام، از معیارهای ارزیابی خاصی برای اندازه‌گیری سطح مطلوب کیفیت سرویس‌ها استفاده می‌کنند و تلاش شده است که ارزیابی کارها براساس مدل پیشنهادی صورت پذیرد تا بستری یکسان برای بررسی تطبیقی کارهای مختلف و تعاریف گوناگون ایجاد شود.

در ادامه، روش‌های مختلف اندازه‌گیری کمی کیفیت سرویس‌ها را معرفی می‌کنیم و سپس در جدول ۱ به بیان مزایا، محدودیت‌ها و ارزیابی کلی آن‌ها می‌پردازیم. روش‌های مختلف به کارفته برای اندازه‌گیری کمی کیفیت سرویس‌ها عبارت‌اند از:

- در [۷] یک مدل ارزیابی کیفیت سلسله‌مراتبی برای معماری سرویس‌گرا در فاز طراحی ارائه شده است. جنبه‌های بیرونی کیفیت هدف عبارت‌اند از: اثربخشی^۱ (میزان مؤثر بودن سرویس برای هدفی که پیاده‌سازی شده است)، قابلیت فهم،^۲ انعطاف‌پذیری^۳ (میزان آسانی تغییر طراحی سرویس) و قابلیت استفاده مجدد. براساس این جنبه‌های بیرونی کیفیت، مشخصه‌های طراحی در فاز طراحی (کیفیات درونی فاز طراحی) مانند اتصال، انسجام، پیچیدگی، اندازه طراحی، دانه‌بندی سرویس، دانه‌بندی پارامتر و قابلیت کشف مورد بررسی قرار گرفته است. سپس پارامترهای سرویس و سیستم که بر این جنبه‌های کیفیت تأثیر دارند (مانند تعداد عملیات هر سرویس) بیان شده است و روابط ریاضی برای ارتباط بین پارامترهای سیستم با مشخصه‌های طراحی ارائه شده‌اند. در پایان، با وزن‌دهی مشخصه‌های طراحی، میزان کیفیت سرویس سنجیده شده است.

اطلاعات یا سرویس‌ها)، مقیاس‌پذیری (میزان توانایی سیستم در درست عمل کردن پس از تغییر اندازه یا حجم درخواست‌های کاربران)، تست‌پذیری، قابلیت کشف سرویس.

۴.۳. ستون فقرات مدل: معیارهای ارزیابی کیفیت

در مدل ارائه شده، نحوه نگاشت سطوح مختلف به یکدیگر، به عنوان معیار ارزیابی بیان می‌شود. معیارهای ارزیابی، عناصر سازنده سطوح مختلف را به یکدیگر مرتبط می‌سازند. به عبارت دیگر، معیارهای ارزیابی، به تعیین نحوه ارزیابی عناصر سازنده سطوح بالاتر توسط عناصر سازنده سطوح پایین‌تر می‌پردازن.

نحوه نگاشت پارامترهای سرویس و سیستم (عناصر سازنده سطح اول) به جنبه‌های درونی کیفیت (عناصر سازنده سطح دوم) را معیار ارزیابی درونی نامیده و آن را با g_x نشان می‌دهیم که در آن، g_x نشان‌دهنده کیفیتی است که معیار را برای آن تعریف می‌کنیم؛ برای مثال در شکل ۱، g_x نشان‌دهنده معیار ارزیابی دانه‌بندی می‌باشد و پارامترهای متصل به آن، با ضرایب مختلف با هم‌دیگر جمع می‌شوند. همچنین نحوه نگاشت جنبه‌های درونی کیفیت (عناصر سازنده سطح دوم) به جنبه‌های مختلف بیرونی کیفیت (عناصر سازنده سطح سوم) را معیار ارزیابی بیرونی می‌نامیم و آن را با g_x نشان می‌دهیم؛ برای مثال، معیار ارزیابی تست‌پذیری را در شکل ۱ با g_t نشان می‌دهیم که حاصل جمع جنبه‌های مختلف درونی کیفیت با ضرایب مختلف است. در پایان، برای مدل‌سازی جنبه‌های بیرونی کیفیت براساس پارامترهای ارزیابی کیفیت در فاز اجرا، معیار ارزیابی فاز اجرا را تعریف می‌کنیم و آن را با h_x نشان می‌دهیم؛ برای مثال، h_x نشان‌دهنده معیار ارزیابی دسترس‌پذیری می‌باشد. شایان ذکر است که بر مبنای این ساختار، هر مدل و روش اندازه‌گیری موجود در مقالات، یک

گام در جهت تعریف روابط f_x ، g_x و h_x خواهد بود.

1. Effectiveness

2. Understandability

3. Flexibility

جدول (۱): بررسی معیارهای ارزیابی ارائه شده در مقالات

ازیابی	محدودیت‌ها	مزایا	مراجع / تاریخ
۱. ارائه برخی معیارهای ارزیابی ساده که جنبه کیفیت موردنظر را به خوبی پوشش نمی‌دهد (مثلًاً برای اندازه‌گیری پیچیدگی، علاوه بر تعداد عملیات درون سرویس، پیچیدگی پیام نیز مؤثر است).	۱. نحوه وزن دهنی به مشخصه‌های طراحی، جهت ارزیابی جنبه‌های بیرونی کیفیت تجربی بوده و نیاز به تأیید دارد. ۲. این کار نسبت به سایر مقالات از جامعیت پیشتری برخوردار است.	۱. یک روش تقریباً جامع برای ارزیابی سرویس‌های نرم‌افزاری در سطح طراحی است. ۲. دسته‌بندی مناسبی از جنبه‌های کیفیت و معیارها و پارامترهای ارزیابی در سطوح مختلف ارائه کرده است.	[۷] / ۲۰۰۷
۱. دانه‌بندی سرویس به علت تأثیر آن بر سایر جنبه‌های کیفیت، دارای بیشترین وزن است. ۲. مشاهده جالبی مبنی بر تعیین اندازه بهینه سرویس‌ها با توجه به نیازمندی‌های کسب و کار و با مصالحة بین ویژگی‌های سیستم (پیچیدگی، کارایی و...) ارائه شده است.	۱. بسیاری از معیارهای ارزیابی قابل اندازه‌گیری نیستند و نمی‌توان به صورت خودکار و توسط ابزار آن‌ها را محاسبه کرد. ۲. برخی معیارهای ارزیابی ساده محاسبه شده‌اند (برای محاسبه دانه‌بندی سرویس به فاکتورهای قابلیت استفاده مجلد، پیچیدگی و ارزش کسب و کار توجه نشده است).	۱. نحوه میل کردن معیارهای ارزیابی به حد مورد انتظار آن‌ها (به صورتی که سرویس‌ها دانه درشت، اتصال سست، انسجام محکم و موجودیت کسب و کار همگرا باشد) مورد بررسی قرار گرفته است. ۲. معیارهای ارزیابی ارائه شده، معیارهای مناسبی بوده و با دقت زیادی تعریف شده‌اند.	[۱۸] / ۲۰۰۹
۱. با توجه به سایر کارهای مربوط، این مرجع وسیع ترین ارزیابی را در مورد اتصال در معماری سرویس‌گرای انجام داده است. ۲. مدل فازی ارائه شده نیز به خوبی انسواع ارتباط را برای سنجش اتصال به کار گرفته است.	۱. معیارهای ارزیابی و مدل فازی ارائه شده، نیاز به تأیید و اعتبارسنجی دارد. ۲. مدل‌سازی و به دست آوردن معیارهای ارزیابی بدون توضیح کافی ارائه شده است و برای خواننده روش نیست چگونه نویسنده‌گان به این فرمول‌ها رسیده‌اند.	۱. پنج گونه مهم ارتباط، برای ارزیابی اتصال در معماری سرویس‌گرای مورد بررسی قرار گرفته است. ۲. یک مدل فازی برای سنجش درجه اتصال معماری سرویس‌گرای بر حسب اتصال‌های موجود در سیستم ارائه شده است.	[۱۱] / ۲۰۱۲
۱-اگرچه در این کار تنها یک جنبه بیرونی کیفیت مورد بررسی قرار گرفته، اما در محاسبه آن تعداد قابل قبولی پارامتر و جنبه‌های درونی کیفیت در نظر گرفته شده است که باعث اعتبار آن می‌شود.	۱. فقط قابلیت استفاده مجلد به عنوان جنبه بیرونی کیفیت در نظر گرفته شده است. ۲. قابلیت پیاده‌سازی کمی توسط ابزار دارد و امکان محاسبه خودکار معیارها نیز بسیار کم است.	۱. پارامترهای زیادی برای اندازه‌گیری جنبه‌های درونی کیفیت در نظر گرفته شده است. ۲. فرمول قابلیت استفاده مجلد از جمیع وزن دهنی شده تعداد مناسبی جنبه درونی به دست می‌آید که باعث اعتبار این فرمول می‌شود.	[۱۹] / ۲۰۰۸
۱. نتایج این کار، نیاز به تأیید با داده‌های واقعی در سطح وسیع تری دارد.	۱. اعتبارسنجی معیارهای ارزیابی باید در سطح وسیع تری انجام شود. ۲. نتیجه ارائه شده، مبنی بر اینکه دانه‌بندی بر اتصال و انسجام اثر کمی دارد، نیاز به اعتبارسنجی و بررسی شرایط درستی آن دارد.	۱. ارتباط بین دانه‌بندی سرویس و سایر جنبه‌های درونی کیفیت، به صورت جامع مورد بررسی قرار گرفته است. ۲. پارامترهای مناسبی برای ارزیابی کمی جنبه‌های درونی کیفیت در نظر گرفته شده است.	[۱۲] / ۲۰۱۱

ادامه جدول (۱): بررسی معیارهای ارزیابی ارائه شده در مقالات

ارزیابی	محدودیت ها	مزایا	مراجع / تاریخ
۱. یک روش ابتکاری براساس مفاهیم تئوری اطلاعات برای ارزیابی معماری سرویس‌گرا ارائه شده است که نوعاً نسبت به سایر روش‌ها، پیچیده‌تر است. ۲. معیارهای ارزیابی ارائه شده به تأیید باده‌های واقعی نیاز دارد.	۱. معیارهای ارزیابی بهدلیل استفاده از روش‌های پیچیده آماری، قابلیت پیاده‌سازی کمتری توسعه ابزار محاسباتی دارد. ۲. با توجه به ماهیت جدید ارائه شده در این کار، نیاز زیادی به اعتبارسنجی آن در عمل حسن می‌شود.	۱. با استفاده از مفاهیم تئوری اطلاعات مانند آنتروپی، تلاش شده است معیار ارزیابی برای دو جنبه مهم درونی کیفیت SOA ارائه شود. ۲. نگاه انجام شده برای بدست آوردن معیارهای ارزیابی، نگاه جدید و بین رشتادی است.	[۲۰] / ۲۰۰۹
۱. نتایج ارزیابی مدل ارائه شده و تطبیق آن با نتایج عملی، نشان از مناسب بودن این مدل است. ۲. معیارهای در نظر گرفته شده برای مشخص‌سازی سطح دانه‌بندی و نحوه میانه از تعداد کمی متخصص اطلاعات می‌گردد. جمع آوری داده برای تعیین وزن میانه جمع آوری داده برای تعیین وزن معیارها نیاز به پیشتری دارد.	۱. از آنچه ای که دانه‌بندی بر کیفیت زیادی تأثیر دارد، نیاز است در تعیین سطح مناسب دانه‌بندی، معیارهای دیگری نیز استفاده شوند. ۲. در فرایند جمع آوری داده برای تعیین وزن معیارها، از تعداد کمی متخصص اطلاعات گرفته شده است. این موضوع از کیفیت مدل می‌گاهد.	۱. چهار معیار اساسی مؤثر بر اندازه سرویس، در مدل، مورد استفاده قرار گرفته است. ۲. مدل ارائه شده، در عمل ارزیابی شده است و جزء محدود کارهای ارزیابی شده در این زمینه است. ۳. نتایج ارزیابی مدل ارائه شده، با نتایج عملی تطبیق دارد.	[۲۱] / ۲۰۱۰
۱. مطالعه جامعی از پیچیدگی و انعطاف‌پذیری در فاز طراحی و اجرا ارائه شده است. ۲. معیارهای ارزیابی ارائه شده نیاز به اعتبارسنجی در عمل دارند. ۳. فرمول نهایی برای سنجش پیچیدگی و انعطاف‌پذیری ارائه نشده است.	۱. چگونگی به دست آوردن معیارهای ارزیابی ارائه شده، به وضوح بیان نشده است. ۲. نحوه وزن دهی به معیارهای ارزیابی مختلف برای سنجش نهایی پیچیدگی و انعطاف‌پذیری و ارائه فرمول اندازه‌گیری برای آنها مورد بررسی قرار نگرفته است.	۱. معیارهای ارزیابی متعددی برای ارزیابی انعطاف‌پذیری و پیچیدگی ارائه شده و تأثیر این معیارها روی هم نیز بررسی شده است. ۲. معیارهای ارزیابی ارائه شده در یک طراحی سرویس‌گرای فرضی مورد بررسی قرار گرفته است.	[۲۲] / ۲۰۰۹
۱. کیفیات زیادی بررسی شده و مطالعه جامعی بر روی کارهای پیشین ارائه شده است. ۲. معیارهای ارزیابی ارائه شده در این مدل، به عنوان مطالعه موردنی برای دو سیستم در صنعت بیمه نیز توسعه داده شده‌اند.	۱. هرچند اعتبارسنجی تئوری برای هر معیار ارزیابی انجام شده است، اما برای آنکه از تطبیق نتایج استفاده از مدل‌های ارائه شده برای فاز طراحی با آنچه در عمل اتفاق خواهد افتاد، بهصورت تئوری اعتبارسنجی شده است. ۲. مطالعه جامعی بر روی کارهای موجود برای ارزیابی هر از جنبه‌های کیفیت، ارائه شده است.	۱. تعداد قابل توجهی جنبه کیفیت مورد بررسی قرار گرفته است. ۲. معیارهای ارزیابی برای هر جنبه از کیفیت، بهصورت تئوری اعتبارسنجی شده است. ۳. مطالعه جامعی بر روی کارهای موجود برای ارزیابی هر از جنبه‌های کیفیت، ارائه شده است.	[۲۳] / ۲۰۰۹
۱. با توجه به محدود بودن مقالات در حوزه ارزیابی کنی تست‌پذیری معماري سرویس‌گرا، در صورت اعتبارسنجی معیار ارزیابی ارائه شده، این مرجع ارزش بالایی خواهد داشت.	۱. معیارهای ارزیابی ارائه شده به تأیید در دنیای واقعی نیاز دارد. ۲. وزن دهی به زیرمعیارها برای ارائه معیار نهایی بهصورت تجربی انجام گرفته است و توجهی برای آن ارائه نشده است.	۱. جزء محدود مراجع ارائه کننده ارزیابی کنی برای تست‌پذیری می‌باشد. ۲. بررسی چهار بعد مهم تست‌پذیری شامل تست‌پذیری سرویس‌اتمیک، منشأ داده، تمامیت سرویس و همکاری سرویس‌ها.	[۲۴] / ۲۰۰۶
۱. با توجه به اعتبارسنجی انجام شده برای معیارهای ارائه شده، مدل ارائه شده در این کار ارزشمند است.	۱. عدم بررسی تأثیر سایر جنبه‌های درونی کیفیت بر نگهداشت‌پذیری سرویس‌ها	۱. تأثیر علی کیفیت درونی اتصال بر جنبه‌های بیرونی کیفیت مورد بررسی قرار گرفته است. ۲. اعتبارسنجی معیارهای ارزیابی با داده واقعی.	[۱۳] / ۲۰۱۱

ادامه جدول (۱): بررسی معیارهای ارزیابی ارائه شده در مقالات

ارزیابی	محدودیت‌ها	مزایا	مرجع / تاریخ
۱. قابلیت کشف سرویس در معماری سرویس‌گرا را به صورت جامع پوشش داده و معیارهای اعتبارسنجی شده، ارائه داده است.	۱. با توجه به وجود معیارهای دیگر برای قابلیت کشف سرویس، اگر مقایسه با سایر کارها انجام بگیرد، بهترین مرجع برای ارزیابی قابلیت کشف سرویس در معماری سرویس‌گرا می‌باشد.	۱. بررسی عوامل چندگانه مؤثر بر قابلیت کشف یک سرویس و ارائه سه معیار ارزیابی برای قابلیت کشف سرویس. ۲. انجام آزمایش برای اعتبارسنجی معیارهای ارائه شده.	[۲۵] / ۲۰۱۲
۱. براساس روش معیار سؤال‌های، یک روش بررسی امنیت که متمایز از ادبیات این حوزه است، ارائه شده است.	۱. با وجود تلاش برای عمومی‌سازی مدل پیشنهادی، این مدل بررسی امنیت، قبل اعمال به سیستم‌های خاص خواهد بود. ۲. ضمنی برای کامل بودن مدل امنیتی ارائه شده وجود ندارد.	۱. روش‌های متعددی برای چگونگی توسعه مدل امنیتی SOA بررسی شده و روش معیار سؤال هدف انتخاب شده است. ۲. برخلاف سایر مقالات تلاش شده است تا مدل امنیتی پیشنهادی در عمل به سیستم‌های سرویس‌گرای متعدد قابل اعمال باشد.	[۲۶] / ۲۰۱۳
۱. گرچه اعتبارسنجی معیارهای ارزیابی ارائه شده برای اندازه‌گیری کمی امنیت در فاز طراحی به تأیید پاره‌ای از داده‌های تجربی رسیده است، ارزیابی کامل این معیارها در عمل می‌تواند آنها را به یک مرجع مطمئن برای مطالعه امنیت در زمان طراحی سیستم‌های سرویس‌گرا تبدیل کند.	۱. در فرموله کردن امنیت در فاز طراحی از مدل‌های خاصی برای پیش‌بینی آسیب‌پذیری نسبت به حمله، استفاده شده است که می‌توان با متنوع کردن این مدل‌ها به غنای روش تئوری ارائه شده برای ارزیابی امنیت افزود.	۱. ارزیابی کمی امنیت برای معماری سرویس‌گرا به صورت کامل ارائه شده است. ۲. این کار در بررسی کمی امنیت در فاز طراحی یکتا می‌باشد. ۳. تلاش شده است با تولید داده تحریکی از سیستم‌های سرویس‌گرای متن‌باز مبتنی بر وب، اعتبار معیارهای کمی ارائه شده تضمین شود.	[۲۷] / ۲۰۰۸
۱. روش اشتراکی ارائه شده، توانسته است صحت پیش‌بینی قابلیت اعتماد را نسبت به سایر روش‌های موجود افزایش دهد.	۱. در ارزیابی قابلیت اعتماد، خواص اجزای سرویس مستقل از یکدیگر فرض شده است. اما این خواص‌ها ممکن است به علت اجرای سرویس‌ها از روی یک سرور با یکدیگر وابستگی داشته باشند.	۱. ارائه راهکار مبتنی بر همیاری برای پیش‌بینی بهتر قابلیت اعتماد. ۲. ارزیابی و اعتبارسنجی راهکار ارائه شده با سایر مدل‌های پیش‌بینی قابلیت اعتماد از طریق آزمایش‌های عملی در مقیاس وسیع.	[۲۸] / ۲۰۱۰
۱. با توجه به محدود بودن مقالات بر روی مقیاس‌پذیری سیستم‌هایی که نرم‌افزار را به صورت یک سرویس ارائه می‌دهند، پژوهش انجام شده در این کار ارزشمند است.	۱. تکنیک‌های آماری استفاده شده برای آنالیز مقیاس‌پذیری در زبان جاوا برای آنالیز مقیاس‌پذیری SOSE ارائه شده است.	۱. مرورگر مقیاس‌پذیری در زبان جاوا برای آنالیز مقیاس‌پذیری SOSE ارائه شده است. ۲. مرورگر ارائه شده، انعطاف‌پذیر و توسعه‌پذیر بوده و با تغییرات اندک در بسترها مختلف قابل استفاده است. ۳. مرورگر ارائه شده، روی یک وب سرویس که ضرب ماتریسی را به صورت توزیع شده روی سیستم‌های رایانش ابری آمازون انجام می‌دهد، تست شده است.	[۲۹] / ۲۰۱۳

برای اندازه‌گیری آنها از روی پارامترهای سرویس و پارامترهای سیستم ارائه شده است. در این کار پیشنهاد شده است که اندازه‌گیری دانه‌بندی سرویس‌ها با توجه به تعداد عملیات‌های سرویس‌ها محاسبه شود و نشان داده شده است که با دانه‌بندی ریز، میزان اتصال سرویس افزایش یافته و قابلیت استفاده مجدد کاهش می‌یابد.

۶. در [۱۲] برای کمک به طراحی سرویس بهینه، معیارهای ارزیابی با استفاده از کد نحوی^۱ جهت اندازه‌گیری جنبه‌های درونی کیفیت سیستم‌های سرویس گرا ارائه شده‌اند. در این روش، ارتباط دانه‌بندی سرویس با جنبه‌های دیگر کیفیت، مانند پیچیدگی، انسجام و اتصال مورد بررسی قرار گرفته است. در این کار نشان داده شده است که دانه‌بندی سرویس بر پیچیدگی تأثیر بسیار زیادی دارد، اما تأثیر آن بر اتصال و انسجام کمتر است.

۷. در [۲۱] مدلی برای تعیین سطح مناسب دانه‌بندی سرویس ارائه شده است. در این مدل، تعیین سطح مناسب دانه‌بندی سرویس از طریق بررسی معیارهای ارزش کسب و کار، قابلیت استفاده مجدد، استقلال از متن^۲ و پیچیدگی ممکن می‌شود. چهار معیار ذکرشده، به نحو مناسبی وزن دهی و ترکیب می‌شوند و سطح مناسب دانه‌بندی سرویس را در فاز طراحی مشخص می‌سازند.

۸. در [۲۲] معیارهای ارزیابی برای ارزیابی سرویس‌ها از منظر انعطاف‌پذیری و پیچیدگی ارائه شده است. این معیارها به دو دسته تقسیم می‌شوند: ۱. معیارهای فاز طراحی و سرویس‌ها (مانند وزن رابط سرویس، سرویس‌های بدون حالت، میزان پشتیانی سرویس برای تراکنش‌ها و تعداد وظایف افراد); ۲. معیارهای مربوط به فاز پیاده‌سازی و اجرا (مانند تعداد سرویس‌ها، روش دسترسی سرویس، الگوی ترکیب سرویس، انتخاب

۲. در [۱۸] ارزیابی کمی به وسیله اعمال تکنولوژی‌های اندازه‌گیری برای تجزیه فرایندهای کسب و کار مبتنی بر سرویس انجام می‌گیرد و مدلی برای اخذ عناصر معماری مربوط و روابط بین آنها بیان می‌کند. جنبه‌های درونی کیفیت مورد ارزیابی عبارت اند از: دانه‌بندی سرویس، انسجام سرویس، پیوستگی و همگرایی موجودیت کسب و کار. برای هر کدام از این جنبه‌های درونی کیفیت، معیارهای ارزیابی براساس پارامترهای سرویس‌ها و سیستم ارائه شده است که براساس این پارامترها، مقدار کمی جنبه‌های درونی کیفیت به دست می‌آید. برای ارزیابی پایانی، به هر کدام از جنبه‌های درونی کیفیت وزن مناسبی با توجه به اهمیت آنها داده شده است و معیار ارزیابی جنبه بیرونی کیفیت براساس جمع وزن داری از جنبه‌های درونی کیفیت به دست آمده است.

۳. در [۱۱] اتصال در معماری سرویس گرا به عنوان مهم‌ترین جنبه کیفیت تأثیرگذار بر قابلیت استفاده مجدد بررسی شده است. بدین منظور، گونه‌های مختلف اتصال پیدا و پنهان در محل‌های مختلفی که امکان وقوع آن می‌رود، به دقت بیان شده و مورد ارزیابی قرار گرفته است. سپس معیارهای ارزیابی برای کمی‌سازی انواع اتصال در سیستم ارائه شده و این معیارها به وسیله یک مدل فازی برای سنجش درجه اتصال معماری سرویس گرا به کار رفته است.

۴. در [۱۹] ارزیابی قابلیت استفاده مجدد به عنوان یک کیفیت مهم توسط یک مدل کمی شهودی مورد بررسی قرار گرفته است. عمومیت‌پذیری در کسب و کار، پیمانه‌ای بودن، تطبیق‌پذیری و همسویی با استاندارد و قابلیت کشف به عنوان جنبه‌های درونی کیفیت مؤثر بر آن ارائه شده‌اند. برای هریک از این جنبه‌ها، معیار ارزیابی ارائه شده و با وزن دهی به آنها، قابلیت استفاده مجدد ارزیابی شده است.

۵. در [۲۰] میزان اتصال سرویس و سطح دانه‌بندی مناسب سرویس‌ها مورد بررسی قرار گرفته است و معیارهای ارزیابی

1. Syntax code

2. Context-independency

امنیت طراحی سرویس‌گرا با استفاده از اهداف امنیتی مناسب سرویس‌گرایی ارائه شده است. مؤلفان از روش «معیار سؤال هدف»^۴ برای بررسی ابعاد امنیتی طراحی سرویس‌گرا بهره برده‌اند. این روش راهکاری برای تعریف اهداف، تبدیل آن‌ها به سؤال‌ها، تعریف معیارها و داده‌هایی که باید جمع‌آوری شوند، ارائه می‌کند.

۱۴. در [۳۰] یک رویکرد برای مکان‌یابی جنبه‌های امنیتی در چرخه خدمات و مدل کیفیت معماری سرویس‌گرا ارائه شده است. در پخش اول این مقاله، امنیت معماری سرویس‌گرا و تعدادی از نیازمندی‌های کارکردی و غیرکارکردی برای اندازه‌گیری امنیت بررسی شده است. در قسمت دوم، یک طراحی چندعامله جدید برای ارزیابی سطح امنیت سیستم‌های سرویس‌گرا ارائه شده است.

۱۵. در [۲۷] به اهمیت امنیت و کاهش آسیب‌پذیری در مقابل حمله پرداخته شده است. همچنین، تلاش شده است برای بررسی امنیت در فاز طراحی مدل و معیار ارزیابی ارائه شود تا برخلاف کارهای پیشین در این حوزه، منکری به تجربه انسانی برای کمی‌سازی امنیت نباشد و از آن بتوان در ابزار به صورت کاملاً خودکار استفاده کرد.

۱۶. در [۲۸] به اهمیت پیش‌بینی قابلیت اعتماد در سیستم‌های سرویس‌گرا به ویژه سیستم‌های مبتنی بر وب، که خود قابل اعتماد نیستند، پرداخته شده و یک راهکار پیش‌بینی قابلیت اعتماد مشترک ارائه شده است. این راهکار از اطلاعات خرابی^۵ کاربران مشابه دیگر در زمان‌های گذشته برای پیش‌بینی قابلیت اعتماد سرویس ارائه شده به کاربر فعلی بهره می‌برد. علاوه بر آن، یک مکانیزم مشترک اطلاعات خرابی بین کاربران و یک مدل ترکیبی برای قابلیت اعتماد سیستم‌های سرویس‌گرا ارائه شده است.

سرویس‌های ایستا و پویا، الگوی محقق‌سازی سرویس و تعداد نسخه‌ها به‌ازای سرویس). علاوه بر این، تأثیر این معیارها بر روی یکدیگر نیز در این کار مورد بررسی قرار گرفته است.

۹. در [۲۳] معیارهای ارزیابی برای اندازه‌گیری جنبه‌های درونی و بیرونی کیفیت در فاز طراحی معماری سرویس‌گرا پیشنهاد شده است. این جنبه‌های کیفیت عبارت‌اند از: انسجام سرویس، اتصال، قابلیت استفاده مجدد، قابلیت ترکیب و دانه‌بندی. معیار ارزیابی که برای دانه‌بندی ارائه شده است، تعداد سرویس‌ها، عملیات و پیام‌ها را به عنوان پارامترهای سیستم و سرویس برای کمی‌سازی دانه‌بندی به کار می‌برد.

۱۰. در [۲۴] تست‌پذیری معماری سرویس‌گرا که میزان سهوالت پیاده‌سازی معیارهای تست و آنالیز عملکرد سیستم برای سنجش این معیارها را نشان می‌دهد، مورد بررسی قرار گرفته است. نویسنده‌گان با معرفی معیارهای ارزیابی برای تست‌پذیری سرویس اتمیک، منشأ داده، تمامیت سرویس، همکاری سرویس‌ها و وزن‌دهی مناسب به آن‌ها یک معیار ارزیابی برای قابلیت تست معماری سرویس‌گرا ارائه کرده‌اند.

۱۱. در [۱۳] برای ارزیابی اثر اتصال بر قابلیت نگهداری سیستم‌های نرمافزاری سرویس‌گرا، تعدادی معیار ارزیابی ارائه شده است. براساس استاندارد ISO/IEC قابلیت نگهداری شامل زیرویژگی‌های تحلیل‌پذیری^۱، قابلیت تغییر^۲ و ثبات^۳ می‌باشد. در نهایت، توسط یک آزمایش کترول شده، معیارهای ارزیابی اعتبارسنجی شده‌اند.

۱۲. در [۲۵] عوامل مؤثر بر قابلیت کشف سرویس در معماری سرویس‌گرا مورد بررسی قرار گرفته است و برای کمی‌سازی میزان قابلیت کشف یک سرویس، تعدادی معیار ارزیابی ارائه شده که صحت آن‌ها در عمل سنجیده شده است.

۱۳. در [۲۶] یک راهکار بالا به پایین برای تعریف معیارهای

1. Analyzability

2. Changeability

3. Stability

- تاکنون برای ارزیابی جنبه‌های کیفیت بیان شده‌اند، از انجام شدن ارزیابی کیفیت براساس تعداد کم پارامترهای کیفیت رنج می‌برند.
۳. قابل محاسبه نبودن برخی معیارهای ارزیابی ذکر شده در این روش‌ها نیز، یکی دیگر از مشکلات ارزیابی کیفیت در فاز طراحی است. این قابل محاسبه نبودن، اندازه‌گیری خودکار معیارهای ارزیابی توسط ابزار را با مشکل رو به رو می‌کند؛ برای مثال، معیارهای ارزیابی در [۲۰] به دلیل استفاده از روش‌های پیچیده آماری، قابلیت پیاده‌سازی کمی توسط ابزار محاسباتی دارد.
۴. مشکل دیگری که می‌توان به آن اشاره کرد، دقیق نبودن فرمول محاسبه برخی از معیارهای ارزیابی می‌باشد. علاوه بر این، کمبود کار انجام شده با داده‌های واقعی نیز در این حیطه حس می‌شود که مشخص شود تخمینی که این معیارهای ارزیابی از کیفیت سرویس در فاز طراحی می‌دهند، در عمل چقدر به واقعیت نزدیک است.
- حال می‌توان با استفاده از مدل ارائه شده در بخش ۳، جنبه‌های کیفیت متعدد ارائه شده در مقالات را مورد بررسی قرار داد. جدول ۲، اطلاعات ارائه شده در جدول ۱ را در بستر مدل پیشنهادی بررسی کیفیت بخش ۳ بازنمایی می‌نماید. در این جدول، ستون «نوع ارزیابی» مشخص می‌کند که یک معیار ارزیابی به صورت کمی یا کیفی یا به هر دو صورت مورد بررسی قرار گرفته است. ستون «بیرونی فاز طراحی و اجرا» جنبه‌های بیرونی کیفیتی که در فاز طراحی و اجرا مشترک هستند، مشخص می‌کند. همچنین ستون «نحوه ارزیابی» بیانگر این مورد است که آیا معیارهای ارزیابی در عمل صحبت‌سنگی شده‌اند و اگر صحبت‌سنگی انجام شده است، آیا به صورت قابل ملاحظه و تست شده با داده‌های واقعی است یا خیر.
۱۷. در [۳۱] معیار ارزیابی برای دسترسی‌پذیری و قابلیت اعتماد سرویس در سیستم اطلاعات هوشمند سرویس گرا ارائه شده است. تعریف معیارهای ارزیابی برای جنبه‌های کیفیت سرویس‌ها بر مبنای استفاده آن‌ها برای کاربر نهایی بنا نهاده شده است. در این کار با در نظر گرفتن یک مدل مارکو دو حالته برای حالت سرویس و یک احتمال انتقال حالت ثابت، تلاش شده است تا احتمال دسترسی‌پذیری و قابلیت اعتماد در یک بازه زمانی خاص از زمان اجرا تخمین زده شود.
۱۸. در [۲۹] یک چارچوب انعطاف‌پذیر و توسعه‌پذیر برای بررسی خودکار مقیاس‌پذیری نرم‌افزاری که به عنوان یک سرویس ارائه می‌شود، بیان شده است. در این کار، مقیاس‌پذیری در زبان جاوا با استفاده از تست فرض^۱ بررسی می‌شود.
- بر مبنای مطالعه روش‌های مختلف اندازه‌گیری کمی کیفیت سرویس‌ها و تحلیل نتایج ارائه شده در جدول ۱، نکات زیر استنتاج می‌گردد:
۱. تشخیص سرویس‌های مورد نیاز، در فاز طراحی مهندسی نرم‌افزار سرویس گرا انجام می‌شود. اهمیت ویژه این فاز از آن جهت است که این مرحله به عنوان مبنایی برای تمامی کارهای آینده است و اگر در این مرحله دچار خطأ و اشتباه شویم، این خطاهای در تمامی فازهای بعدی اثر خواهد گذاشت و هزینه و زمان زیادی را جهت رفع مشکل از ما خواهد گرفت. بنابراین، اگر با استفاده از روشی، خطاهای احتمالی کاهش یابد، به میزان قابل ملاحظه‌ای بر کیفیت محصول نهایی و کاهش هزینه و زمان تولید محصول، تاثیر خواهد گذاشت.
 ۲. علی‌رغم اهمیت بسزای ارزیابی کیفیت سرویس در فاز طراحی، به علت پیچیدگی بیان جنبه‌های کیفیت به زبان ریاضی، این موارد به خوبی مورد بررسی قرار نگرفته‌اند. روش‌هایی که

جدول (۲): بررسی تطبیقی معیارهای ارزیابی ارائه شده در مقالات براساس مدل پیشنهادی

نحوه ارزیابی		جنبه کیفیت مورد نظر										مراجع															
		درونی فاز طراحی					بیرونی فاز طراحی							بیرونی فاز طراحی و اجرا													
تست شده در	جزئی	RIMS	Flight Management	TJT Core-banking	Insurance Industry	One-way ANOVA	Information intelligence	دانه‌بندی	ترکیب	پیچیدگی	اسجام	انفال	قابلیت کشف	مقیاس‌پذیری	قابلیت تکه‌داری	قابلیت فهم	آموزشی	انعطاف‌پذیری	استفاده مجدد	تست پذیری	قابلیت اعتماد	امینیت	مشترک‌پذیری	بیرونی فاز اجرا	نوع ارزیابی	کمی	کیفی
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	[۷]	✓	✓	
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	[۱۸]	✓	✓	
—	—	—	—	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	[۱۶]	✓	✓	
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	[۱۹]	✓	✓	
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	[۲۰]	✓	✓	
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	[۱۲]	✓	✓	
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	[۲۱]	✓	✓	
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	[۲۲]	✓	✓	
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	[۲۳]	✓	✓	
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	[۲۴]	✓	✓	
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	[۱۳]	✓	✓	
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	[۲۵]	✓	✓	
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	[۲۶]	✓	✓	
—	—	—	—	—	—	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	[۳۰]	✓	✓	
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	[۲۷]	✓	✓	
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	[۲۸]	✓	✓	
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	[۳۱]	✓	✓	
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	[۲۹]	✓	✓	

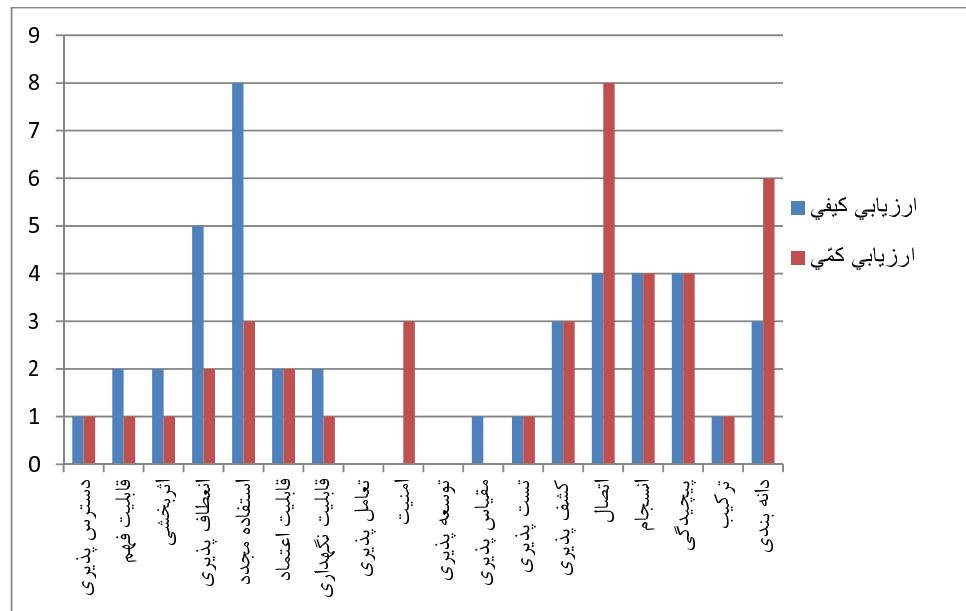
فنی و اعتبارستنجدی آنها، کاری بسیار ارزشمند است. برای ارزیابی مقیاس‌پذیری تنها روش [۲۹] به انجام این کار پرداخته است که این ارزیابی در حد وسیعی به صورت کیفی انجام شده است. قابلیت کشف در [۷، ۱۹ و ۲۵] به صورت کمی اندازه‌گیری شده است که با توجه به اینکه در روش [۲۵] تمرکز تنها بر روی قابلیت کشف می‌باشد، به نظر می‌رسد این روش نسبت به [۷] که وزن دهنی به معیار ارزیابی مورد نظر به صورت تجربی انجام شده، بهتر است.

برای اندازه‌گیری کمی اتصال، روش‌های [۷ و ۱۱] پیشنهاد می‌شود. [۷] یک روش مناسب به دلیل ارائه پارامترها و مدل تقریباً کارآمد است و [۱۱] هم انواع اتصال پیدا و پنهان را با ارائه یک مدل فازی مورد بررسی قرار می‌دهد. از بین روش‌های ارائه شده برای انسجام، روش [۷] نسبت به سایر روش‌ها برتری پیشتری دارد؛ زیرا پارامترهای ارزیابی بیشتری در نظر گرفته است و معیارهای ارائه شده از قابلیت فهم و پیاده‌سازی پیشتری برخوردارند. از طرفی، این روش با داده‌های واقعی هم تست شده است. در مورد جنبه کیفیت پیچیدگی، با توجه به اینکه در روش [۲۲] نحوه وزن دهنی به معیارهای ارزیابی برای سنجش نهایی پیچیدگی مشخص نشده و روش [۷] نیز تعداد پارامترهای کمی را در نظر گرفته است و جای پارامترهایی مانند تعداد عملیات درون سرویس و پیچیدگی پیام خالی است، هیچ یک از دو روش از جامعیت و مقبولیت کافی برخوردار نیستند. جنبه کیفیت ترکیب تنها در روش [۲۳] مورد بررسی قرار گرفته است. برای ارزیابی دانه‌بندی [۷ و ۲۱] نسبت به سایر کارها بهترند. اما در بین این دو روش روش، [۷] ترجیح داده می‌شود؛ زیرا پارامترهای بیشتری در اندازه‌گیری دانه‌بندی دخیل هستند و از طرفی معیار مورد نظر در سطح وسیع تری اعتبارستنجدی شده است. شکل ۲، درک شهودی و عددی از جدول ۲ و جنبه‌های کیفیت مورد بررسی در کارهای مختلف، به ما می‌دهد.

براساس جدول ۲ و تحلیل‌های انجام گرفته، به صورت مستدل مشخص می‌کنیم که برای هر جنبه از کیفیت، کدام روش ارائه شده مناسب‌تر است:

ارزیابی کمی قابلیت اعتماد در [۲۸ و ۳۱] انجام شده است که با توجه به اینکه در روش [۲۸] اندازه‌گیری قابلیت اعتماد با ارائه معیارهای کمی و قابل محاسبه صورت گرفته است، نسبت به روش [۳۱] بهتر است. از میان روش‌های [۲۱، ۲۷، ۲۶] برای اندازه‌گیری کمی امنیت، روش [۲۷] یک روش جامع برای ارزیابی امنیت است. از طرفی، معیارهای ارزیابی در این روش با تعدادی داده تجربی اعتبارستنجدی شده است. ارزیابی کمی تست‌پذیری و دسترس‌پذیری هم به ترتیب در [۲۴ و ۳۱] انجام شده است.

اندازه‌گیری کمی قابلیت استفاده مجلد در [۱۹ و ۲۳] مورد بررسی قرار گرفته است که از بین این دو روش، [۷] به عنوان روش بهتر انتخاب می‌شود؛ زیرا در این روش ابتدا یک مدل سلسله‌مراتبی (که کارایی آن در سیستم‌های شیء‌گرانیز اثبات شده) ارائه شده است و سپس براساس این مدل فرمولی ساده، قابل فهم و قابل پیاده‌سازی برای قابلیت استفاده مجلد در سیستم RIMS اعتبارستنجدی نیز شده است. برای اندازه‌گیری انعطاف‌پذیری نیز روش [۷] را انتخاب می‌کنیم. زیرا در روش [۲۲] فقط معیارهای ارزیابی مؤثر بر انعطاف‌پذیری ارائه شده است و نحوه وزن دهنی به این معیارها و محاسبه فرمول نهایی انتعطاف‌پذیری انجام نشده است. از میان دو روش بیان شده برای اندازه‌گیری قابلیت فهم و اثربخشی، تنها مرجع [۷] این کیفیت را به صورت کمی اندازه‌گیری کرده است که جزء روش‌های خوب محسوب می‌شود؛ زیرا پارامترهای ارزیابی کیفیت زیادی در نظر گرفته و از طرفی، معیارهای ارزیابی در محیط عملی تست شده است. ارزیابی کمی قابلیت نگهداری تنها در [۱۵] انجام شده است که با توجه به ارائه تعاریف دقیق و معیارهای



شکل (۲): ارزیابی تطبیقی معیارهای ارائه شده در مقالات

۵. نتیجه‌گیری و کارهای آینده

در این مقاله، به بررسی تطبیقی روش‌های مختلف اندازه‌گیری کمی کیفیت سرویس در مهندسی نرم‌افزار سرویس‌گرا پرداختیم. مدل‌های مختلف بررسی کیفیت سرویس‌ها را مورد مطالعه قرار داده و یک مدل جامع سلسله‌مراتبی برای ارزیابی کیفیت سرویس ارائه کردیم که پارامترهای ارزیابی کیفیت را به جنبه‌های درونی کیفیت و جنبه‌های درونی کیفیت را به جنبه‌های بیرونی کیفیت تصویر می‌کند. سپس مجموعه کیفیات مهم ارزیابی سرویس‌گرایی را که برتری رقابتی طولانی مدت در پی دارند، در قالب قابلیت استفاده مجدد، امنیت، قابلیت اعتماد، تعامل‌پذیری و توسعه‌پذیری بیان کرده و نشان دادیم این کیفیات به جنبه‌های مختلف درونی کیفیت مربوط‌اند که مهم‌ترین آن‌ها، دانه‌بندی، اتصال، انسجام و پیچیدگی می‌باشند. سپس روش‌های مختلف ارتباط بین پارامترها، جنبه‌های درونی کیفیت و جنبه‌های بیرونی کیفیت را در ادبیات این حوزه مورد بررسی قرار دادیم.

بررسی جدول ۲ و شکل ۲ نشان می‌دهد که در میان جنبه‌های بیرونی کیفیت، قابلیت استفاده مجدد، که از مزایای مهم طراحی سرویس‌گرا می‌باشد، بیشترین توجه را در مقالات به خود جلب کرده است. از میان جنبه‌های درونی کیفیت، دانه‌بندی و اتصال از لحاظ ارزیابی کمی، بیشترین توجه را به خود جلب کرده‌اند. دلیل این امر، تأثیر این دو فاکتور بر سایر جنبه‌های درونی کیفیت و در نتیجه، بر کیفیت سرویس می‌باشد. جنبه‌های بیرونی کیفیت از لحاظ ارزیابی کیفی بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند، در حالی که جنبه‌های درونی کیفیت فاز طراحی به صورت تقریباً یکسانی از لحاظ کمی و کیفی بررسی شده‌اند. از سویی، تعامل‌پذیری و توسعه‌پذیری از لحاظ کمی، توسط هیچ گروهی مورد بررسی قرار نگرفته است. علاوه بر آن مشاهده می‌شود که اعتبارسنجی معیارهای ارزیابی ارائه شده با داده‌های واقعی، به صورت محلود است و در سایر مقالات، صحت معیارهای ارزیابی ارائه شده یا به صورت جزئی مورد بررسی قرار گرفته‌اند یا بررسی نشده‌اند.

ارزشمند در این حوزه باشد. از طرفی، ارزیابی کمی و کیفی جنبه‌های کیفیتی مانند تعامل پذیری، توسعه پذیری، مقیاس پذیری و تست پذیری نیاز به توجه و تحقیق و توسعه بیشتری دارد که این موارد در کارهای آینده بیشتر بررسی خواهد شد.

با توجه به اهمیت تخمینی که معیارهای ارزیابی به طراح، قبل از پیاده‌سازی سیستم، راجع به کیفیت سیستم می‌دهد، نیاز به اعتبارسنجی روش‌های ارائه شده و کنترل درستی آنها بسیار احساس می‌شود. علاوه بر این، محاسبه دقیق و اعتبارسنجی شده f_x و g_x برای هر سه سطح از مدل می‌تواند از کارهای

مراجع

- [۱] استادزاده، سید شروین، شمس، فریدون، «نقش معماری مدل رانه در یکپارچه‌سازی سامانه‌های فرق مقیاس وسیع: چالش‌ها و راهکارها»، پنجمین کنفرانس بین‌المللی مدیریت فناوری اطلاعات و ارتباطات، صفحات ۲۰-۱۰، دانشگاه تهران، تهران، ۱۳۸۷.
- [۲] رسولزادگان، عباس، مدل‌سازی نرم‌افزار به کمک UML با رویکرد RUP، چاپ اول، بابل، علوم رایانه، زمستان ۱۳۹۱.
- [۳] حججی، فضیلت، آیت‌الله‌زاده شیرازی، محمد رضا، زودآیند، «ارائه یک چارچوب جامع حاکمیت معماری سرویس‌گرا با استفاده از ارزیابی مقایسه‌ای چارچوب‌های موجود حاکمیت SOA»، پژوهشنامه پردازش و مدیریت اطلاعات، دوره ۲۸، شماره ۴، صفحات ۱۱۰۴-۱۱۲۵، ۱۳۹۲.
- [۴] Breivold H., Larsson, M., "Component-based and service-oriented software engineering: Key concepts and principles", The 33rd IEEE EuroMicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications, pp. 13-20, Lubeck, Germany, 2007.
- [۵] Holmes, J., Lopez, F., White, M., "Object Oriented v. Service Oriented Computing", The Workshop on Introducing Service-Oriented Computing, pp. 7-11, 2007.
- [۶] Gibbs, J., Rhoades, J., "Obstacles for SOA: Security and Economic Concerns Regarding Service Oriented Computing", The Workshop on Introducing Service-Oriented Computing, pp. 20-25, 2007.
- [۷] Shim, B., Choue, S., Kim, S., Park, S., "A Design Quality Model for Service-Oriented Architecture", The 15th Asia-Pacific Software Engineering Conference, pp.403-410, Beijing, China, 2008.
- [۸] پرسمن، راجر اس، مهندسی نرم‌افزار رهیافتی برای یک اهل فن، ترجمه هاشمی‌طبعا، نوید، جلد اول، تهران، گسترش علوم پایه، ۱۳۸۷.
- [۹] Lupeikiene, A., Miliauskaite, J., Caplinskas, A., "A View-Based Approach to Quality of Service Modeling in Service-Oriented Enterprise Systems", The 2nd International Business and System Conference, pp. 2-13, 2013.
- [۱۰] Aldris, A., Nugroho, A., Lago, P., Visser, J., "Measuring the Degree of Service Orientation in Proprietary SOA Systems", The IEEE International Symposium on Service Oriented System Engineering, pp.233-244, Oxford, UK, 2013.
- [۱۱] Karhikeyan, T., Geetha, J., "A metrics suite and fuzzy model for measuring coupling in Service Oriented Architecture", The International Conference on Recent Advances in Computing and Software Systems, pp. 254-259, Chennai, India, 2012.
- [۱۲] Alahmari, S., Zaluska, E., Roure, D., "A metrics framework for evaluating SOA service granularity", The IEEE International Conference on Services Computing, pp. 512-519, Washington, DC 2011.
- [۱۳] Pereplechikov, M., Ryan, C., "A Controlled Experiment for Evaluating the Impact of Coupling on the Maintainability of Service-Oriented Software", IEEE Transactions on Software Engineering, Vol.37, No.4, pp.449-465, 2011.

- [۱۴] گلشن، فرنوش، عبداللهزاده بارفروش، احمد، «اندازه‌گیری کیفیت در معماری سرویس‌گر»، چهاردهمین کنفرانس سالانه مهندسی کامپیوتر ایران، صفحات ۱۲۳-۱۳۱، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ۱۳۸۷.
- [۱۵] Gehlert, A., Metzger, A., *Quality reference model for SBA*, Deliverable#CD-JRA-1.3 2, 2008.
- [۱۶] Ameller, D., Galster, M., Avgeriou, P., Franch, X., "The Role of Quality Attributes in Service-Based Systems Architecting: A Survey", The 7th European Conference on Software Architecture, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 7957, pp. 200-207, 2013.
- [۱۷] Kim, E., Yun, J., *OASIS Web Services Quality Model TC*, 2011, <http://www.oasis-open.org>.
- [۱۸] Qian. M., Zhou, N., Yanfeng Z., Wang, H., "Evaluating Service Identification with Design Metrics on Business Process Decomposition", The IEEE International Conference on Services Computing, pp. 160-167, Bangalore, India, 2009.
- [۱۹] Choi, S., Kim, S., "A Quality Model for Evaluating Reusability of Services in SOA", The 10th IEEE Conference on E-Commerce Technology and the 5th IEEE Conference on Enterprise Computing, E-Commerce and E-Services, pp. 293-298, Arlington, VA, USA, 2008.
- [۲۰] Xiao-Jun, W., "Metrics for Evaluating Coupling and Service Granularity in Service Oriented Architecture", The International Conference on Information Engineering and Computer Science, pp.1-4, Wuhan, China, 2009.
- [۲۱] Khoshkbarforoushha, A., et al., "Towards a Metrics Suite for Measuring Composite Service Granularity Level Appropriateness", The 6th World Congress on Services, pp. 245-252, Miami, FL, 2010.
- [۲۲] Hirzalla, M., Jane, C., Arsanjani, A., "A metrics suite for evaluating flexibility and complexity in service oriented architectures", The Workshop on Service-Oriented Computing. Springer, Berlin Heidelberg, pp. 41-52, 2009.

- [۲۳] Sindhgatta, R., Bikram, S., Karthikeyan, P., "Measuring the quality of service oriented design", The Workshop on Service-Oriented Computing, Springer, Berlin Heidelberg, pp.485-499, 2009.
- [۲۴] Tsai, W., Gao, J., Xiao, W., Yinong, C., "Testability of Software in Service-Oriented Architecture", The 30th Annual International Conference on Computer Software and Applications, Vol. 2, pp. 163-170, 2006.
- [۲۵] Shanmugasundaram, G., Venkatesan, V., Devi, C., "Modeling Metrics for Measuring Service Discovery", Software Engineering, Vol. 2, No.4, pp. 112-123, 2012.
- [۲۶] Kassou, M., Laila, K., "A Goal Question Metric Approach for Evaluating Security in a Service Oriented Architecture Context", International Journal of Computer Science Issues, Vol. 9, Issue 4, pp. 62-74, 2012.
- [۲۷] Liu, M., *Quantitative security analysis for service-oriented software architectures*, The Doctoral Dissertation, University of Victoria, 2008.
- [۲۸] Zheng, Z., Lyu, M., "Collaborative reliability prediction of service-oriented systems", The 32nd ACM/IEEE International Conference on Software Engineering, Vol. 1, pp. 35-44, Cape Town, South Africa, 2010.
- [۲۹] Moura, P., Fabio, K., "Automated scalability testing of software as a service", The 8th IEEE International Workshop on Automation of Software Test, pp. 8-14, San Francisco, CA, USA, 2013.
- [۳۰] Kolaczek, G., Wasilewski, A., "Software security in the model for service oriented architecture quality", The 8th Conference on Parallel Processing and Applied Mathematics, pp. 226-235, Springer Berlin Heidelberg, 2010.
- [۳۱] Ackoski, J., Trakovik, V., "Metrics for Service Availability and Service Reliability in Service-oriented Intelligence Information System", The International Conference on ICT Innovations, Skopje, Macedonia, 2012.