

معیارهای بهینه برای ارزیابی قابلیت استفاده مجدد در برنامه‌های تحت وب*

عباسعلی رضائی^۱

محمد هادی زاهدی^۲

چکیده

در فرایند تولید یک محصول نرم‌افزاری توازن بین سه عنصر اساسی کیفیت، هزینه و زمان باید برقرار شود. در توسعه سیستم نرم‌افزاری، استفاده مجدد از مؤلفه‌های قابل استفاده می‌تواند زمان و هزینه توسعه را کاهش داده و باعث افزایش کیفیت محصول شود. در سیستم‌های مبتنی بر وب که گونه‌ای متعارف از نرم‌افزارها هستند، استفاده مجدد از روش‌هایی که در گذشته تست شده‌اند می‌تواند روند توسعه را تسریع کند. امروزه برای میزان قابلیت استفاده مجدد یک نرم‌افزار، روش‌ها و مجموعه معیارهایی ارائه شده‌اند. در این مقاله، مجموعه بهینه‌ای از معیارهای ارزیابی قابلیت استفاده مجدد برای نرم‌افزارهای مبتنی بر وب استخراج و پیشنهاد می‌شود. این مجموعه معیارهای بهینه، مجموعه کمیته از معیارهایی است که تمام ابعاد قابلیت استفاده مجدد نرم‌افزارهای مبتنی بر وب را دارد. ارزیابی عملکرد این معیارها با استفاده از سامانه‌های مدیریت محتوا نشان می‌دهد که با بکارگیری این مجموعه بهینه معیارها، ارزیابی قابلیت استفاده مجدد برای هر ماژول نرم‌افزاری یک سامانه مبتنی بر وب، به خوبی می‌تواند توسط توسعه‌دهندگان، تیم تست یا سایر ذینفعان توسعه سامانه به انجام برسد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی مبتنی بر معیار، خصوصیات کیفی، سیستم مبتنی بر وب، قابلیت استفاده مجدد، معیار

ارزیابی

* تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۷/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۲۲.

^۱ استادیار، گروه مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران (نویسنده مسئول) a_rezaee@pnu.ac.ir

^۲ استادیار، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی zahedi@kntu.ac.ir

مقدمه

اصولاً توسعه یک سامانه نرم‌افزاری باید با رعایت اصول مهندسی نرم‌افزار صورت پذیرد. اندازه‌گیری یک عنصر کلیدی در فرآیند مهندسی است که برای سنجش کیفیت محصولات یا سیستم‌های ساخته شده به کار می‌رود (لهیب و همکاران، ۲۰۱۳). اندازه‌گیری و ارزیابی اجازه می‌دهد تا طراحان در مراحل اولیه توسعه نرم‌افزار، تغییراتی در نرم‌افزار ایجاد کنند تا پیچیدگی کاهش یافته و قابلیت ادامه طراحی و کیفیت محصول نهایی بهبود یابد (کومار شارما، ۲۰۱۲).

نیازمندی‌های یک نرم‌افزار در حالت کلی به دو دسته نیازمندی‌های کارکردی و غیر کارکردی تقسیم می‌شوند. نیازمندی کارکردی عبارت است از توانایی سیستم در انجام کاری که برای آن ایجاد شده است. نیازمندی‌های غیر کارکردی که تحت عنوان مشخصه‌های کیفی از آن یاد می‌شود (مانند کارایی، امنیت، قابلیت استفاده مجدد و نظایر آن‌ها)، نحوه ارائه کارکردها و توانمندی‌ها را بیان می‌کند (سورش بابو و همکاران، ۲۰۰۹). استفاده مجدد از نرم‌افزار، استفاده از اشیاء (مؤلفه‌های) موجود در نرم‌افزار در طول ساخت و ساز یک سیستم جدید نرم‌افزاری است (کروگر، ۱۹۹۲) یعنی ماژول نرم‌افزاری یا دیگر مؤلفه‌ها به گونه‌ای طراحی شوند که بتوانند در دیگر برنامه‌ها و سیستم‌های نرم‌افزاری استفاده شوند. اگر هر سیستم نرم‌افزاری از مؤلفه‌های قابل استفاده مجدد از سیستم موجود استفاده کند، قابلیت استفاده مجدد زمان زیادی را برای توسعه نرم‌افزار صرفه‌جویی کرده و هزینه توسعه نرم‌افزار را کاهش داده و همچنین عملکرد و کارایی نرم‌افزار را نیز افزایش می‌دهد. با توجه به فراگیر بودن سیستم‌های مبتنی بر وب و گسترش روزافزون این سامانه‌ها، اهمیت استفاده مجدد و ارزیابی آن در توسعه این سامانه‌ها محسوس است.

با توجه به مزایای چشم‌گیر قابلیت استفاده مجدد، گسترش و جذابیت سامانه‌های تحت وب و ضرورت آن‌ها برای استفاده بین‌المللی از کامپیوتر، در این مقاله تمرکز اصلی روی ارزیابی صفت کیفی قابلیت استفاده مجدد نرم‌افزارهای تحت وب خواهد بود. بدین منظور، مجموعه بهینه معیارهای لازم برای ارزیابی قابلیت استفاده مجدد سامانه‌های تحت

وب ارائه خواهد شد. ابتدا دو مجموعه معیار شیء گرا CK و MOOD، بررسی و مطالعه شده و سپس بر اساس یک سری ضوابط منطقی از بین معیارهای این دو مجموعه، بهترین معیارها تحت عنوان مجموعه بهینه ارائه می‌گردد. در انتها برای اثبات قابلیت سنجش و توانایی ارزیابی این مجموعه در سیستم‌های تحت وب، سیستم مدیریت محتوا و چند ساختار داخلی آن مورد آزمون قرار می‌گیرد و نتایج این ارزیابی ارائه خواهد شد.

روش C&K در سال ۱۹۹۴ توسط چمبر و کمرر مطرح شد که یک مجموعه معیار بر اساس درخت وراثت است. معیارهای C&K برای اندازه‌گیری پیچیدگی طراحی بر اساس تاثیر آن‌ها روی ویژگی‌های کیفیت نظیر قابلیت فهم، قابلیت نگهداری و قابلیت استفاده مجدد تعریف شده‌اند. سلسله معیارهای C&K شامل شش معیار زیر است (پالیوال و همکاران، ۲۰۱۴؛ شارما و همکاران، ۲۰۰۷؛ پرادیب و همکاران، ۲۰۰۸):

- ۱- وزن متدها در کلاس (WMC): مجموع پیچیدگی متدهای یک کلاس می‌باشد.
 - ۲- عمق درخت وراثت (DIT): عمق یک کلاس با سلسله مراتب ارث‌بری، حداکثر طول از گره کلاس به ریشه درخت می‌باشد.
 - ۳- تعداد فرزندان (NOC): تعداد زیر کلاس‌های بلافصل یک کلاس.
 - ۴- پاسخ‌های یک کلاس (RFC): مجموع روش‌هایی است که بطور بالقوه در پاسخ به پیام‌های دریافتی از اشیاء آن کلاس اجرا می‌شود.
 - ۵- فقدان انسجام بین متدها (LCOM): مجموع تعداد جفت روش‌هایی است که همسانی آن‌ها صفر است منهای تعداد جفت روش‌هایی که همسانی آن‌ها صفر نیست.
 - ۶- اتصال بین اشیاء کلاس (CBO): دو کلاس را بهم وابسته گویند اگر متدهای تعریف شده در یک کلاس، از متدها یا متغیرهای تعریف شده در کلاس دیگر استفاده کند.
- مجموعه معیارهای MOOD به یک مکانیسم ساختاری اساسی پارادایم شیء‌گرا مانند نهان‌سازی، ارث‌بری، چندریختی و اتصال اشاره می‌کند و شامل شش معیار زیر است (فرناندو و همکاران، ۲۰۰۶؛ جاگدیش و همکاران، ۲۰۰۹):

- ۱- نهان سازی متد (MHF): اندازه گیری چگونگی کپسوله شدن متد در کلاس
- ۲- نهان سازی صفت (AHF): اندازه گیری چگونگی کپسوله شدن متغیرها در کلاس
- ۳- ارث بری متد (MIF): نشان دهنده درصد وراثت مؤثر متد
- ۴- ارث بری صفت (AIF): نشان دهنده درصد وراثت مؤثر صفت
- ۵- چندریختی (PF): اندازه گیری درجه بازنویسی متد در درخت وراثت کلاس
- ۶- اتصال (CF): نشان دهنده درصدی از اتصال میان کلاس ها

ادامه این مقاله بدین صورت است که در بخش دوم ادبیات تحقیق بیان شده است، در بخش سوم معیارهای پیشنهادی که شامل ضوابط انتخاب معیار، لیست معیارهای بهینه پیشنهادی و بررسی تأثیر معیارها بر استفاده مجدد است، تشریح شده و در بخش چهارم ارزیابی مجموعه معیارهای پیشنهادی بیان می شود. در بخش آخر نیز نتیجه گیری ارائه شده است.

پیشینه پژوهش

پرادپ کومار و راجبیر من در یک مقاله مشترک در سال ۲۰۰۸ میلادی، به رویکرد جدید اندازه گیری قابلیت استفاده مجدد برنامه شیء گرا، به عنوان یک مشخصه کیفیت نرم افزاری دست یافتند (پرادپ و همکاران، ۲۰۰۸). از دید آن ها افزایش معیارهای DIT و NOC باعث افزایش استفاده مجدد می شود و اما افزایش معیار CBO باعث کاهش استفاده مجدد می شود. در این مقاله رویکردی برای اندازه گیری قابلیت استفاده مجدد برنامه شیء گرا بر اساس معیارهای (CBO, NOC, DIT) ارائه می شود. نقطه ضعف این مقاله در این است که تنها ۳ معیار از مجموعه CK^۱ بدون هیچ دلیل مشخصی انتخاب شده است و از معیارهای مجموعه MOOD^۲ استفاده نشده است.

پالیوال و همکارانش در سال ۲۰۱۴ مقاله ای برای پیدا کردن رویکرد و روشی برای محاسبه قابلیت استفاده مجدد از برنامه های شیء گرا نوشتند (پالیوال و همکاران، ۲۰۱۴). در

¹. Chidamber and Kemerer

². Metrics for Object Oriented Design

این مقاله استفاده مجدد به عنوان یکی از خصوصیات کیفی معرفی شده و برخی از ویژگی‌های مؤثر بر استفاده مجدد مانند ویژگی‌های پیچیدگی، پیچیدگی رابط، اندازه کلاس و وابستگی بررسی شدند. همچنین کالدیه و باسیلی ابزاری به نام Care را پیشنهاد دادند که در شناسایی مؤلفه‌های قابل استفاده مجدد بر طبق مجموعه مشخصه‌های قابلیت استفاده مجدد معیارهای نرم‌افزاری استفاده شده است.

یکی از نقاط ضعف این مقاله این است که از ویژگی‌های کیفی مهم مانند وراثت و انسجام که بر استفاده مجدد موثرند چشم‌پوشی شده است یعنی به بعضی معیارهای شی‌گرایی پرداخته‌اند درحالی که رابطه بین هر معیار و خصیصه استفاده مجدد را مورد بررسی قرار نداده و برای بدست آوردن مقادیر هر معیار در ساختارهای شی‌گرا از قاعده خاصی پیروی نکرده‌اند.

کونته، بوهم، بیلی و فنتون اندازه‌گیری قابلیت استفاده مجدد را بر اساس مقایسه بین اندازه کدی که به تازگی در محصول نرم‌افزاری خاص نوشته شده با اندازه کد قابل استفاده مجدد، توصیف می‌کنند (دنویر و همکاران، ۱۹۹۱). اندازه‌گیری استفاده مجدد کونته برآورد تلاش برنامه‌نویسی است؛ قابلیت استفاده مجدد، تلاش برنامه‌نویسی را کاهش می‌دهد که این کاهش بر تکنیک‌های برآورد تلاش تاثیر دارد. در روش استاندارد بوهم و بیلی از اندازه کد مورد استفاده مجدد، برای تنظیم پیش‌بینی هزینه استفاده می‌شود. فنتون نیز یک روش اندازه‌گیری استفاده مجدد را بر اساس وابستگی در گراف فراخوانی شده توسعه می‌دهد.

سدام احمد و همکارانش در سال ۲۰۱۳، قابلیت استفاده مجدد را با چهار ویژگی دیگر پیام‌دهی، انسجام، اتصال و وراثت مورد بررسی قرار دادند (احمد صدام و همکاران، ۲۰۱۳). بعدها آدیتیا پراب و همکارانش در سال ۲۰۱۶ میلادی، روی متریک‌های پیچیدگی طراحی شی‌گرا و رابطه آن با قابلیت استفاده مجدد کار کردند (سین و تومار، ۲۰۱۶). در این مقاله اثربخشی تکنیک‌های رگرسیون یادگیری ماشین نیز بررسی شده است.

پارویندا ساندهو بررسی کرد که قابلیت استفاده مجدد خودکار در ارزشیابی کیفیت اجزاء قابل استفاده مجدد نرم افزار توسعه یافته یا در حال توسعه مؤثر است و همچنین در شناسایی اعضای قابلیت استفاده مجدد در سیستم های موجود مفید است که می تواند در هزینه توسعه نرم افزاری از ابتدا صرفه جویی کند. پارویندا معیارهای WMC، DIT، NOC، CBO، LCOM را به عنوان بهترین معیار با توجه به الگوریتم شیب در هم آمیخته نتیجه می دهد (نیرانجان و همکاران ۲۰۱۱).

چن و لی در حدود ۱۳۶ مولفه ++C قابل استفاده مجدد را توسعه داده و این مولفه ها را در یک آزمایش کنترل شده مرتبط با سطوح استفاده مجدد یک برنامه برای کیفیت و بهره وری نرم افزار مورد استفاده قرار داده است (پرادیب و همکاران، ۲۰۰۸).

دون و که نایت همچنین سودمندی اطلاعات کد قابل استفاده مجدد را آزمایش کرده و گزارش دادند. استوار رپرولد تکنیک های یادگیری قیاسی معیارهای نرم افزار با استفاده از موضوعات قابل استفاده مجدد را معرفی کردند. سیستم آنها قادر به شناسایی اجزای قابل استفاده مجدد بود (آجای کومار، ۲۰۱۲).

در مقالات بررسی شده هدف اصلی شناسایی مؤلفه های قابل استفاده مجدد و توسعه استفاده مجدد برای افزایش بهره وری و کیفیت است. در این مقاله نیز قابلیت استفاده مجدد مورد توجه بوده و به طور کامل بررسی و ارزیابی شده است. در جدول ۱ برخی از مطالعات مرتبط ارائه شده اند.

جدول ۱. برخی از مطالعات مرتبط

خلاصه نتایج	موضوع تحقیق	سال نشر	نویسندگان
اندازه گیری قابلیت استفاده مجدد برنامه شیء گرا براساس معیارهای (CBO, NOC, DIT)	رویکرد جدید اندازه گیری قابلیت استفاده مجدد برنامه شیء گرا	۲۰۰۸	پرادیب کومار و راجیبر من

معرفی استفاده مجدد بعنوان یکی از خصوصیات کیفی و بررسی ویژگی‌های مؤثر بر استفاده مجدد مانند پیچیدگی، پیچیدگی رابط، اندازه کلاس و وابستگی	روشی برای محاسبه قابلیت استفاده مجدد از برنامه‌های شی گرا	۲۰۱۴	پالیوال و همکاران
استفاده از اندازه کد مورد استفاده مجدد، برای تنظیم پیش‌بینی هزینه و ارائه یک روش اندازه‌گیری استفاده مجدد بر اساس وابستگی در گراف فراخوانی شده	اندازه‌گیری قابلیت استفاده مجدد بر اساس مقایسه بین اندازه کدی که به‌تازگی در محصول نرم‌افزاری خاص نوشته شده با اندازه کد قابل استفاده مجدد	۲۰۱۴	کوئته، بوهم، بیلی و فنتون
در بازار محصولات رقابتی، اهمیت ارائه کیفیت، دیگر مزیت نیست، بلکه عامل ضروری برای موفقیت شرکت است.	بررسی قابلیت استفاده مجدد با چهار ویژگی اندازه طراحی، اتصال، انسجام و پیام‌دهی	۲۰۱۳	کارل و همکاران
توسعه یک ابزار با متریک‌های UML. با قابلیت کار روی فایل‌های تولید شده با XML	بررسی قابلیت استفاده مجدد با چهار ویژگی پیام‌دهی، انسجام، اتصال و وراثت	۲۰۱۳	سدام احمد و همکاران
ارائه معیارهای WMC، DIT، NOC، LCOM، CBO به عنوان بهترین معیار با توجه به الگوریتم شیب در هم آمیخته	بررسی قابلیت استفاده مجدد خودکار در ارزشیابی کیفیت اجزاء قابل استفاده مجدد نرم‌افزار توسعه یافته یا در حال توسعه	۲۰۱۱	پارویندا ساندهو

روش‌شناسی پژوهش

معیارهای پیشنهادی

هدف این مقاله، ارائه معیارهای بهینه برای ارزیابی استفاده مجدد سامانه‌های مبتنی بر وب است. برای تحقق این هدف، می‌توان از رویکردهای گوناگونی از جمله رویکرد حذفی و رویکرد انتخابی (گزینشی) استفاده نمود. رویکرد مورد استفاده در این مقاله، رویکرد گزینشی است.

ضوابط انتخاب معیارها

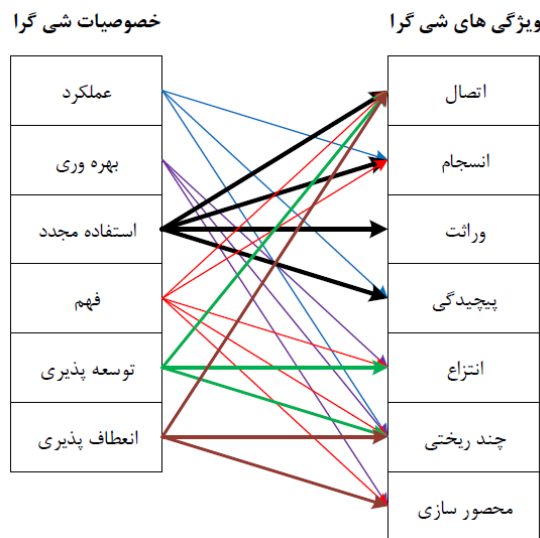
مجموعه معیارهای CK و MOOD به عنوان مجموعه معیارهای مبنا در نظر گرفته شده‌اند و انتخاب نهایی از بین آنها صورت می‌گیرد. از بین معیارهای مبنا آن دسته از معیارهایی که ضوابط لازم برای ارزیابی استفاده مجدد را داشته باشند، احصاء می‌شوند. این ضوابط بر ۵ قسم بوده و عبارتند از:

۱- **قابلیت سنجش ابعاد کیفی نرم‌افزار:** در مدل کیفی طراحی شیء گراسه لایه مهم خصوصیت، ویژگی و معیار وجود دارد که این سه اصل با هم کیفیت نهایی را به وجود می‌آورند و به شدت با هم در ارتباطند (احمد صدام و همکاران، ۲۰۱۳). هریک از معیارهای مطرح شده شیء گرا باید حداقل یکی از ویژگی‌ها را پوشش دهد (میزرا، ۲۰۱۱). معیاری برای ارزیابی نرم‌افزارهای شیء گرا مناسب است که قابلیت سنجش یکی از ابعاد کیفی نرم‌افزار را دارا باشد. همان‌طور که در جدول ۲ نشان داده شده است هریک از معیارها یکی از ویژگی‌های شیء گرا را بررسی می‌کنند.

جدول ۲. نام معیار و ویژگی شیء گرای معیارها

مجموعه	نام معیار	ویژگی شیء گرای مرتبط با معیار
معیار CK	WMC	پیچیدگی
	DIT	پیچیدگی-وراثت
	NOC	پیچیدگی-وراثت
	RFC	اتصال
	LCOM	انسجام
	CBO	اتصال
معیار MOOD	MHF	محصور سازی
	AHF	محصور سازی
	MIF	وراثت-انتزاع
	AIF	وراثت-انتزاع
	PF	چند ریختی
	CF	اتصال

همچنین هر یک از این ویژگی‌ها نیز یکی از خواص شیء‌گرایی را مورد سنجش قرار می‌دهند. پس کلیه معیارهای مجموعه CK و MOOD حداقل یکی از خصوصیات کیفی را ارزیابی می‌کنند. ارتباط ویژگی‌ها و خصوصیات شیء‌گرا در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. ارتباط خواص و ویژگی‌های شیء‌گرا

۱- قابلیت سنجش خصوصیت کیفی استفاده مجدد: معیاری قابلیت سنجش

خصوصیت استفاده مجدد را دارد که یک از ویژگی‌های اتصال، انسجام، وراثت یا پیچیدگی را بررسی کند. بر اساس این ضابطه، از بین معیارها، آن‌هایی انتخاب می‌شوند که با این چهار ویژگی در ارتباط باشند تا بتوان خصوصیت قابلیت استفاده مجدد را پوشش داد و در مرحله آخر مورد ارزیابی قرار گیرد. از بین معیارهای موجود، فقط تعدادی از آنها با این ویژگی‌ها در ارتباط‌اند و قابلیت سنجش استفاده مجدد را دارند که در جدول ۳ هایلایت شده‌اند.

جدول ۳. ارتباط ویژگی‌ها و معیارهای شی‌گرا

MOOD	CK	ویژگی معیار
	LCOM	انسجام
MIF-AIF		انتزاع
CF	CBO-RFC	اتصال
	WMC-DIT-NOC	پیچیدگی
MHF-AHF		محصور سازی
PF		چند ریختی
MIF-AIF	DIT-NOC	وراثت

۳- **اعتبارسنجی تجربی معیار:** معیارهای CK که توسط کمرر و همکارانش در سال ۱۹۹۴ پیشنهاد شدند با استفاده از داده‌های پروژه‌های معتبر شدند (باسیلی و همکاران، ۱۹۹۶). معیارهای CK و معیارهای MOOD به لحاظ تجربی و نظری معتبرند. پس کلیه معیارهای موجود در دو مجموعه CK و MOOD از لحاظ تجربی معتبرند.

۴- **قابلیت استفاده زود هنگام معیار برای ارزیابی:** ارزیابی باید در مراحل اولیه باشد. اگر ارزیابی در مراحل پایانی صورت پذیرد، اصلاح آن نیازمند زمان بیشتری است زیرا مؤلفه‌های بیشتری باید تصحیح شوند. معیارهای CK با وجود مزایا و معایب برای پیش‌بینی احتمال خطا در مراحل اولیه از چرخه زندگی مناسب هستند (باسیلی و همکاران، ۱۹۹۶). بعضی از معیارها این قابلیت را ندارند مثلاً فاکتور CF از مجموعه معیار MOOD با توجه به تعداد کل کلاس‌ها و در مرحله آخر طراحی، محاسبه می‌شود پس این فاکتور در مراحل اولیه قابلیت سنجش را ندارد.

۵- **تعریف دقیق معیار:** عدم وجود یک تعریف مناسب برای یک معیار، ممکن است مهندس نرم‌افزار را به اشتباه اندازد. معیار باید به وضوح تعریف شود. ابهام در تعریف معیار تفسیرهای بسیاری برای آن معیار دارد. در جدول ۴ معیارهای CK و MOOD به‌طور دقیق تعریف شده‌اند. معیار باید به روشنی بگوید که قرار است چه چیزی را محاسبه کند (سورش و همکاران، ۲۰۱۲).

جدول ۴. معیارها و ملاک‌ها

معیار	ضابطه ۱	ضابطه ۲	ضابطه ۳	ضابطه ۴	ضابطه ۵
معیار CK	WMC	بله	بله (پیچیدگی)	بله	بله
	DIT	بله	بله (وراثت و پیچیدگی)	بله	بله
	NOC	بله	بله (وراثت و پیچیدگی)	بله	بله
	RFC	بله	بله (اتصال و پیچیدگی)	بله	بله
	LCOM	بله	بله (انسجام)	بله	بله
	CBO	بله	بله (اتصال)	بله	بله
معیار MOOD	AHF	بله	خیر	بله	بله
	MHF	بله	خیر	بله	بله
	AIF	بله	بله (وراثت)	بله	بله
	MIF	بله	بله (وراثت)	بله	بله
	PF	بله	خیر	بله	بله
	CF	بله	بله (اتصال)	بله	خیر

هر کدام از پنج ضابطه بالا در یکی از ستون‌ها مقابل معیارهای دو مجموعه CK و MOOD قرار گرفته‌اند و براساس تعاریف ضوابط در بخش بالا، هر معیاری که ضابطه‌ای را داشته یا نداشته باشد، در جدول ۴ مشخص شده است. در بین آن‌ها معیاری به عنوان معیار بهینه احصاء می‌گردد که کلیه ضوابط را دارا باشد. پس با توجه به ضوابط معرفی شده فوق، هشت معیار WMC، DIT، NOC، RFC، CBO، LCOM، AIF و MIF تحت عنوان یک مجموعه کمینه، برای سنجش قابلیت استفاده مجدد معرفی می‌شوند.

معیارهای بهینه

از بین دوازده معیار موجود در دو مجموعه CK و MOOD، شش معیار WMC (وزن متدها در کلاس)، DIT (عمق درخت وراثت)، NOC (تعداد فرزندان)، RFC (پاسخ های یک کلاس)، CBO (اتصال بین اشیاء)، LCOM (فقدان انسجام بین متدها) از مجموعه CK و دو معیار AIF (ارث بری صفت) و MIF (ارث بری متد) از مجموعه MOOD که همه ضوابط را دارا بودند، انتخاب شدند و این لیست بهترین معیارهای موجود برای ارزیابی استفاده مجدد هستند زیرا تمامی ملاک های لازم برای سنجش استفاده مجدد را دارند و همه ابعاد ارزیابی را پوشش می دهند و تمامی ویژگی های تأثیرگذار بر استفاده مجدد را نیز شامل می شوند. برای این که ارزیابی در مراحل بعدی، به نحوی بهتر انجام گردد باید تأثیر هر یک از این معیارها به صورت مجزا بر استفاده مجدد بررسی شود.

بررسی تأثیر معیارهای پیشنهادی بر قابلیت استفاده مجدد

هریک از معیارهای پیشنهادی روی استفاده مجدد تأثیری مستقیم یا معکوس دارد و یا این که با توجه به ساختار سیستمی می تواند گاهی تأثیری مستقیم و گاهی تأثیری معکوس داشته باشد. در ادامه تأثیر هر یک از معیارها بر قابلیت استفاده مجدد بررسی می شود.

– **تأثیر WMC:** معیار WMC میزان پیچیدگی یک شیء را اندازه گیری می کند و از آنجا که پیچیدگی زیاد باعث فهم مشکل تر ساختار منطقی نرم افزار می گردد، در نتیجه میزان قابلیت استفاده مجدد از ساختار با افزایش WMC رابطه معکوس دارد.

– **تأثیر DIT:** از آنجا که ارث بری خود یک روش استفاده مجدد از ساختار است؛ می توان گفت که ساختار دارای درخت وراثت، قابلیت استفاده مجدد بالایی دارد. از طرفی نیز ارث بری بیش از حد از یک کلاس و عمق درخت وراثت بالا، پیچیدگی را افزایش و قابلیت فهم ساختار را کاهش

می‌دهد. در نتیجه قابلیت استفاده مجدد از ساختار را نیز کاهش می‌دهد. در یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت که اگر نرم‌افزار را به دو بخش ساختار کلی ماژول و ساختار کلاسی آن تقسیم کنیم، معیار **DIT** در ساختار کلاسی با قابلیت استفاده مجدد رابطه مستقیم دارد و در سطح ساختار کلی ماژول، با قابلیت استفاده مجدد رابطه معکوس دارد.

- **تأثیر NOC:** این معیار بر تعداد کلاس‌هایی که بلافاصله از یک کلاس ارث‌بری کرده‌اند، تأکید دارد. ارث‌بری باعث افزایش استفاده مجدد و در نتیجه این معیار با استفاده مجدد رابطه‌ای مستقیم دارد.

- **تأثیر RFC:** معیار **RFC** مقدار خود را از میانگین تعداد متدهایی که در پاسخ به یک درخواست نقش دارند، می‌گیرد. مقدار زیاد آن نشان‌دهنده پیچیدگی زیاد کلاس و کاهش قابلیت استفاده مجدد آن می‌شود. در واقع مقدار معیار **RFC** برای کلاس با قابلیت استفاده مجدد آن کلاس رابطه معکوس دارد.

- **تأثیر LCOM:** معیار **LCOM** تعداد متدهایی را که در یک کلاس همسان هستند را اندازه‌گیری می‌کند. منظور از همسانی این است که متدها هدف مشترکی را دنبال کنند. هر چه همسانی دو جفت متد افزایش یابد، میزان انسجام و قابلیت استفاده مجدد کلاس نیز افزایش می‌یابد. در نتیجه معیار **LCOM** با میزان قابلیت استفاده مجدد ارتباط مستقیم دارد.

- **تأثیر CBO:** رابطه اتصال، پیچیدگی را افزایش داده، کپسوله‌سازی و استفاده مجدد بالقوه را کاهش داده و قابلیت درک و نگهداری را محدود می‌کند. در نتیجه معیار **CBO** ارتباط معکوسی با قابلیت استفاده مجدد دارد.

- **تأثیر فاکتور وراثت:** فاکتور **MIF** و فاکتور **AIF** میزان استفاده از تکنیک وراثت در ساختار اشیاء را اندازه‌گیری می‌کنند. برای این که ساختاری

قابلیت استفاده مجدد داشته باشد مطلوب است که فاکتور وراثت متد و صفت در حد مطلوبی باشد نه خیلی زیاد و نه خیلی کم.

ارزیابی مجموعه معیارهای پیشنهادی

در این بخش ابتدا محیط ارزیابی و ساختارهای موجود در آن به عنوان ساختارهای مورد آزمون بررسی شده و مجموعه معیارهای پیشنهادی که در بخش قبل بر اساس ضوابطی انتخاب شد، معرفی می‌شوند. سپس ساختارهای مورد آزمون توسط این معیارها و تأثیر آن‌ها بر استفاده مجدد، ارزیابی می‌شوند و میزان استفاده مجدد در هر یک از ساختارها اندازه‌گیری می‌گردد.

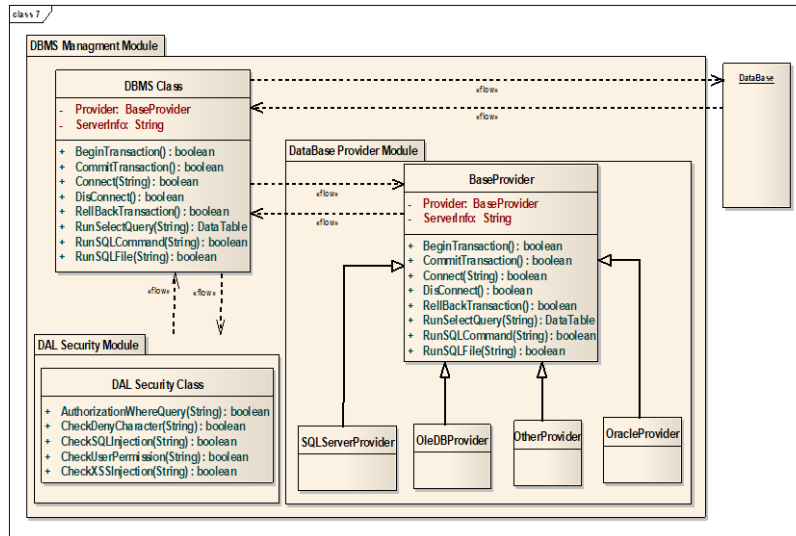
محیط ارزیابی و ساختارهای مورد آزمون

در این بخش سیستم مدیریت محتوای دات نت نیوک، به عنوان محیطی برای ارزیابی و دو ساختار مهم در این محیط به عنوان ساختار مورد آزمون، مورد بررسی قرار گرفته‌اند. سپس ساختارها با استفاده از مجموعه معیارهای منتخب پیشنهادی ارزیابی شده و میزان قابلیت استفاده مجدد در آن‌ها اندازه‌گیری می‌شود.

- ساختار مدیریت بانک اطلاعاتی در دات نت نیوک: در سیستم

مدیریت محتوای دات نت نیوک لایه دسترسی، لایه مخصوص دستیابی به اطلاعات در نظر گرفته شده است که کلیه عملیات مربوط به مدیریت اطلاعات سیستم شامل درج، حذف، ویرایش و بازیابی اطلاعات از وظایف این لایه است. ماژول مدیریت بانک اطلاعاتی وظیفه اجرای کلیه دستورات مربوط به منبع داده را در دات نت نیوک بر عهده دارد. در واقع، تمام ماژول‌های موجود در لایه دسترسی به داده در نهایت دستورات و خواسته‌های خود را به ماژول مدیریت بانک اطلاعاتی ارسال می‌کنند و سپس ماژول مدیریت بانک اطلاعاتی با توجه به درخواست ورودی، دستور لازم بصورت تراکنش را اجرا و نتیجه عملیات را به ماژول‌های دیگر باز

می‌گرداند. شکل ۲ ساختار داخلی ماژول مدیریت بانک اطلاعاتی را همراه با ماژول‌های داخلی آن نشان می‌دهد.



شکل ۲. ساختار داخلی ماژول مدیریت بانک اطلاعاتی در دات نت نیوک

با توجه به شکل شماره ۲، کلاس DBMS تمام امکانات لازم برای کار با منبع داده را در سیستم مدیریت محتوای دات نت نیوک فراهم می‌کند. ماژول DataBase Provider با توجه به نوع منبع داده، یک مهیا کننده مخصوص را با استفاده از کلاس BaseProvider تولید و سپس آن را در اختیار کلاس DBMS قرار می‌دهد. ماژول DAL Security نیز وظیفه تأمین امنیت اطلاعات ورودی و خروجی به منبع داده و همچنین کنترل دسترسی کاربران را برعهده دارد. کلاس DBMS پس از مشخص کردن نوع منبع داده، قبل از هر عمل ذخیره و بازیابی اطلاعات ابتدا صحت اطلاعات را توسط ماژول DAL Security چک می‌کند (شان واگر و همکاران، ۲۰۰۹).

- بررسی ساختار مدیریت خطاها و استثناها در دات نت نیوک:

سیستم مدیریت محتوای دات نت نیوک برای کنترل و مدیریت خطاها از یک ساختار سلسله مراتبی که با استفاده از تکنیک وراثت تعمیم داده شده است،

استفاده می‌شود (جدول ۵). در دات نت نیوک، ماژول Exception Handling (مدیریت استثنا) وظیفه مدیریت و کنترل خطا را بر عهده دارد. بر اساس ساختار این ماژول، یک دسته‌بندی کلی بر اساس نوع خطا و سطح آن برای انواع خطاها و استثنائات ایجاد شده است (شان واکر و همکاران، ۲۰۰۹).

جدول ۵. ساختار ماژول مدیریت خطا در دات نت نیوک

HandledExceptionClass ->Application Exception	
HandledDeveloperExceptionClass ->HandledException	HandledEndUserExceptionClass ->HandledException
DALEXceptionClass ->HandledDeveloperException	DBMSEXceptionClass ->HandledEndUserException
IntegrityExceptionClass ->HandledDeveloperException	SemanticExceptionClass ->HandledEndUserException
	FileAccessExceptionClass ->HandledEndUserException

مجموعه معیارهای مورد ارزیابی

در بخش ۳-۳ لیستی از بهینه‌ترین معیارها انتخاب شدند و در این بخش این هشت معیار منتخب WMC، DIT، NOC، RFC، CBO، LCOM، AIF، MIF، تحت عنوان مجموعه بهینه برای ارزیابی ساختارهای سیستم مدیریت محتوا به کار می‌روند. در واقع هر یک از معیارها به صورت مجزا در هر یک از ساختارهای مورد آزمون محاسبه می‌شود و سپس با توجه به تأثیر معیار بر استفاده مجدد، میزان استفاده مجدد در هر ساختاری محاسبه و اندازه‌گیری می‌شود.

یافته‌های پژوهش

در این بخش با استفاده از معیارهای شیء‌گرا، میزان قابلیت استفاده مجدد در ساختارهای مورد آزمون محاسبه می‌شود. روش ارزیابی این‌گونه است که، عددی در بازه ۰ الی ۱۰ به ازای میزان موجودیت معیار شیء‌گرا در کلاس‌های تشکیل دهنده ساختار ماژول داده شده است. با توجه به این عدد و همچنین با توجه به تأثیر مثبت یا منفی که معیار روی استفاده مجدد دارد، مقدار استفاده مجدد محاسبه می‌شود. مثلاً معیار وزن متد در

کلاس (WMC) در کلاس DBMS، در ساختار مدیریت بانک اطلاعاتی، با توجه به فرمول آن $WMC = \sum (Ci)$ (مجموع پیچیدگی متدهای کلاس)، محاسبه شده و عدد ۳ بدست می‌آید، با توجه به این که این معیار تأثیری معکوس روی استفاده مجدد دارد یعنی اگر مقدار این معیار ۰ باشد قابلیت استفاده مجدد ۱۰ می‌شود و برعکس، پس برای مقدار عددی ۳ معیار، قابلیت استفاده مجدد کلاس DBMS با توجه به معیار WMC، ۷ می‌شود. برای سایر معیارها نیز به همین صورت ابتدا اندازه خود معیار را محاسبه کرده و سپس با توجه به تأثیر آن بر استفاده مجدد، اندازه استفاده مجدد در ساختار اندازه‌گیری می‌شود.

ارزیابی قابلیت استفاده مجدد ساختار مدیریت بانک اطلاعاتی

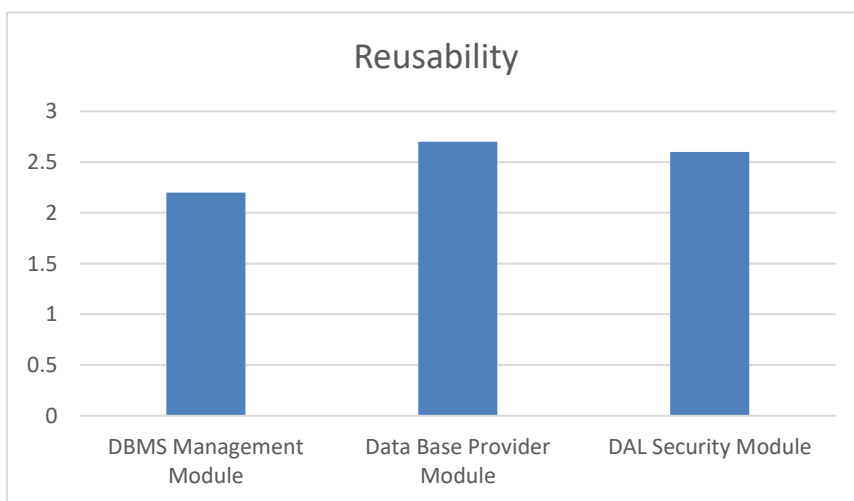
همانطور که در شکل ۲ مشخص است ساختار داخلی مدیریت بانک اطلاعاتی، شامل سه کلاس DBMS، DAL Security، Data Base Provider می‌باشد. در جدول ۶ استفاده مجدد هر سه کلاس ساختار مدیریت بانک اطلاعاتی محاسبه شده است به این صورت که در ستون اول معیارهای (متریک) پیشنهادی و در ستون دوم تأثیر هر معیار بر استفاده مجدد درج شده است. در ستون سوم و پنجم و هفتم اندازه هر معیار در کلاس با توجه به تعریف معیار و ساختار داخلی کلاس‌ها محاسبه شده است. در ستون چهارم، ششم و هشتم استفاده مجدد هر معیار در کلاس محاسبه شده است و در سطر آخر میانگینی از استفاده مجدد معیارها محاسبه شده و به عنوان میزان استفاده مجدد کلاس‌ها ارائه شده است.

جدول ۶. ارزیابی ساختار مدیریت بانک اطلاعاتی در دات نت نیوک

reusability	DAL Security Class	reusability	Bas Provider Class	reusability	DBMS Class	تأثیر	متریک.
۵	۵	۷	۳	۷	۳	-	وزن متدها در کلاس (WMC)
۰	۰	۰	۰	۰	۰	+ و -	عمق درخت وراثت (DIT)
۰	۰	۴	۴	۰	۰	+	تعداد فرزندان کلاس (NOC)
۵	۵	۲	۸	۲	۸	-	پاسخ‌های کلاس (RFC)
۲	۲	۰	۰	۰	۰	+	انسجام بین متدها (LCOM)
۹	۱	۹	۱	۸	۲	-	اتصال بین کلاس‌های شی (CBO)

۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	+ و -	وراثت متد (MIF)
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	+ و -	وراثت صفت (AUF)
۲/۶		۲/۷		۲/۱		قابلیت استفاده مجدد		

شکل ۳ میزان استفاده مجدد هر کلاس را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود کلاس **Data Base Provider** برای استفاده مجدد نسبت به کلاس‌های دیگر بهتر عمل می‌کند چون مقدار استفاده مجدد آن بیشتر است.



شکل ۳. میزان قابلیت استفاده مجدد در ساختار مدیریت بانک اطلاعاتی

ارزیابی قابلیت استفاده مجدد ساختار مدیریت استثناء

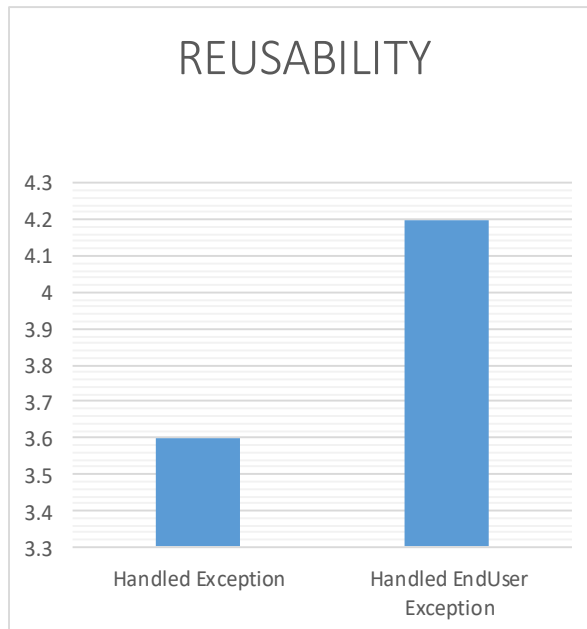
با توجه به شکل ۳ و ساختار سلسله‌مراتبی مدیریت خطا، ساختار **Handled Exception** و کلاس زیر مجموعه آن **Handled End User Exception** مورد بررسی قرار گرفته‌اند و در جدول ۷ استفاده مجدد هر دو کلاس محاسبه شده است. در این جدول در ستون اول معیارهای پیشنهادی و در ستون دوم تأثیر هر معیار بر استفاده مجدد درج شده است. در ستون سوم و پنجم، اندازه هر معیار در کلاس با توجه به تعریف معیار و ساختار داخلی کلاس‌ها محاسبه شده است. در ستون چهارم و ششم استفاده مجدد هر معیار در

معیارهای بهینه برای ارزیابی قابلیت استفاده مجدد در برنامه‌های تحت وب // ۵۳

کلاس محاسبه شده است و در سطر آخر میانگینی از استفاده مجدد معیارها محاسبه شده و به عنوان میزان استفاده مجدد کلاس‌ها ارائه شده است.

جدول ۷. ارزیابی ساختار مدیریت استثناء در دات نت نیوک

reusability	Handled End User	reusability	Handled Exception	تاثیر	متریک.
۹	۱	۹	۱	-	وزن متدها در کلاس (WMC)
۱	۱	۰	۰	+ و -	عمق درخت وراثت (DIT)
۴	۴	۲	۲	+	تعداد فرزندان کلاس (NOC)
۹	۱	۹	۱	-	پاسخ‌های کلاس (RFC)
۱	۱	۱	۱	+	انسجام بین متدها (LCOM)
۶	۴	۸	۲	-	اتصال بین کلاس‌های شی (CBO)
۳	۳	۰	۰	+ و -	وراثت متد (MIF)
۱	۱	۰	۰	+ و -	وراثت صفت (AUF)
۴/۲		۳/۶		قابلیت استفاده مجدد	



شکل ۴. میزان قابلیت استفاده مجدد در ساختار مدیریت خطا

در شکل ۴ میزان استفاده مجدد هر کلاس آورده شده است. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود کلاس Handled End User Exception برای استفاده مجدد نسبت به کلاس Handled Exception بهتر عمل می‌کند چون مقدار استفاده مجدد آن بیشتر است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

مسئله کمینه کردن زمان و هزینه اجرا و همچنین بیشینه کردن کیفیت نرم‌افزار که مرتبط با مسئله موازنه معیارهای زمان، هزینه و کیفیت پروژه است به یکی از چالش‌های پیش روی برنامه‌نویسان و متخصصان تولید محصولات نرم‌افزاری بخصوص برنامه‌های تحت وب است. یکی از راه‌های افزایش کیفیت نرم‌افزار، قابلیت استفاده مجدد اجزاء محصول است که باعث کاهش هزینه و کم شدن مدت زمان تولید نرم‌افزار می‌شود. این

قابلیت ضمن بهبود کیفیت نرم افزار بهره‌وری تولیدکنندگان محصولات نرم‌افزاری را نیز افزایش می‌دهد.

در این مقاله دوازده معیار موجود در CK و MOOD به عنوان مجموعه معیارهای مبنا در نظر گرفته شدند. از این معیارها بر اساس ۵ ضابطه قابلیت سنجش ابعاد کیفی نرم‌افزار، قابلیت سنجش خصوصیت کیفی استفاده مجدد، اعتبارسنجی تجربی معیار، قابلیت استفاده زودهنگام معیار برای ارزیابی و تعریف دقیق معیار، معیارهای بهینه بر اساس رویکرد گزینشی انتخاب شدند. این معیارها شامل شش معیار وزن متدها در کلاس، عمق درخت وراثت، تعداد فرزندان، پاسخ‌های یک کلاس، اتصال بین اشیاء و فقدان انسجام بین متدها از مجموعه CK و دو معیار ارث‌بری صفت و ارث‌بری متد از مجموعه MOOD هستند که همه ضوابط را دارا می‌باشند. و این لیست بهترین معیارهای موجود برای ارزیابی استفاده مجدد هستند. هر یک از معیارهای پیشنهادی روی استفاده مجدد تأثیری مستقیم یا معکوس دارد یا این که با توجه به ساختار سیستمی می‌تواند گاهی تأثیری مستقیم و گاهی تأثیری معکوس داشته باشد.

سیستم مدیریت محتوای دات نت **نیوک**، به عنوان محیطی برای ارزیابی و دو ساختار مهم در این محیط به عنوان ساختار مورد آزمون، مورد بررسی قرار گرفتند. در انتها ساختارها با استفاده از مجموعه معیارهای پیشنهادی ارزیابی شده و میزان قابلیت استفاده مجدد در آنها اندازه‌گیری شد. نتایج ارزیابی نشان داد که مجموعه بهینه‌ای از معیارهای پیشنهادی برای قابلیت استفاده مجدد نرم‌افزارهای مبتنی بر وب استخراج و پیشنهاد شده است. ارزیابی عملکرد این معیارها با استفاده از سامانه‌های مدیریت محتوا نشان داد که با بکارگیری این مجموعه، ارزیابی قابلیت استفاده مجدد برای هر ماژول نرم‌افزاری می‌تواند توسط توسعه‌دهندگان تیم تست انجام شود.

منابع

- Laheeb M. Al-Zobaidy, K. A. I. (2013). Existing Object Oriented Design Metrics a Study and Comparison. *AL-Rafidain Journal of Computer Sciences and Mathematics*, 10(1), 137-147.
- Aman Kumar Sharma, Arvind Kalia, H. S. (2012). Empirical Analysis of Object Oriented Quality Suites. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 1, 163-167.
- G. N. K., Suresh Babu and Dr. S. K., S. (2009). Analysis and Measures of Software.
- Krueger, C. W. (1992). Software Reuse. *ACM Comput. Surv.*, 24(2), 131-183. <https://doi.org/10.1145/130844.130856>
- Paliwal, N., Shrivastava, V., & Tiwari, K. (2014). An Approach to Find Reusability of Software Using Object Oriented Metrics. *Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 3(3), 10371-10378.
- Sharma, Arun, Rajesh, Kumar, P. S., G. (2007). Managing Component-Based Systems With Reusable Component-Based Systems. *Journal of Computer Science*, 1(2), 52-57
- Bhatia, P. K., & Mann, R. (2008). An Approach to Measure Software Reusability of OO Design. *Technology*, 26-30.
- Abreu, F. B., Esteves, R., Goulão, M., Brito, F., Brito, A., Esteves, R., & Goulao, M. (1996). The design of Eiffel programs: Quantitative evaluation using the mood metrics. *Proceedings of TOOLS'96*, (July) Pp.1-18.
- Bansiya, J., & Davis, C. G. (2002). A hierarchical model for object-oriented design quality assessment. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 28(1), 4-17. <https://doi.org/10.1109/32.979986>
- Denvir, T., Herman, R., & Whitty, R. W. (Robin W. . (1992). *Formal aspects of measurement: proceedings of the BCS-FACS Workshop on Formal Aspects of Measurement, South Bank University, London, 5 May 1991*. (S.1.) : Springer-Verlag.
- Ahmed, S. H., Soliman, T. H. A., & Sewisy, A. A. (2013). A Hybrid Metrics Suite for Evaluating Object-Oriented Design. *International Journal of Software Engineering*, 6(1), 65-82.
- Singh, A. P., & Tomar, P. (2016). The analysis of software metrics for design complexity and its impact on reusability. Dans *2016 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)* (pp. 3808-3812).
- Niranjana, P., Rao, C. V. G., & Guru Rao, C. V. (2011). A Model Software Reuse Repository with an Intelligent Classification and Retrieval Technique. *Computer Science and Engineering*, 1(1), 15-21.
- Misra, S. (2011). Evaluation criteria for object-oriented metrics. *Acta Polytechnica Hungarica*, 8(5), 109-136.
- Basili, V. R., Briand, L. C., & Melo, W. L. (1996). A validation of object-oriented design metrics as quality indicators. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 22(10), 751-761. <https://doi.org/10.1109/32.544352>
- Suresh, Y., Pati, J., & Rath, S. K. (2012). Effectiveness of Software Metrics for Object-oriented System. *Procedia Technology*, 6, 420-427. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.protcy.2012.10.050>
- Walker, S. (2009). *Professional DotNetNuke 5: open source Web application framework for ASP.NET*. (S.1.) : Wrox Press/Wiley Technology .
- Kumar, A. (2012). Measuring Software reusability using SVM based classifier approach. *International Journal of Information Technology and Knowledge Management*, 5(1), 205-209.

استناد به این مقاله:

رضائی، عباسعلی؛ زاهدی، محمدهادی. (۱۳۹۷). «معیارهای بهینه برای ارزیابی قابلیت استفاده مجدد در برنامه‌های تحت وب». *مدیریت مهندسی و رایانش نرم*، ۸(۱)، ۵۶-۳۵.