University of Qom
Engineering Management and Soft Computing
JEMSC.QOM
Online ISSN: 2538-2675

Optimal metrics for evaluating reusability in web applications

Abbas ali Rezaee [1]✉ **and Mohammad hadi Zahedi**[2]

1. Correspnding author, Assistant Professor, Department of Computer Engineering and Information Technology, Faculty of Electrical and Computer Engineering, Payame Noor University, Tehran, IRAN. Email: a_rezaee@pnu.ac.ir
2. Assistant professor, Department of Computer Engineering and Information Technology, Faculty of Electrical and Computer Engineering, K.N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran. Email: mhadi_zahedi@yahoo.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 2022 Jun 4
Received in revised form 2022 Jul 10
Accepted 2022 Jul 116
Published online 2022 Sep 16

Keywords:
Reusability,
evaluation criteria,
qualitative characteristics,
benchmarking,
Web based system.

ABSTRACT

For each software product essential elements in software engineering includes quality, cost and time. Reusability of components can reduce development time and costs and increase product quality. Components used and tested in the past and, can be used and recommended at present too. Evaluation of software reusability is important as evaluation of other qualitative characteristics, and set of methods and criteria are provided for it. In this paper, the optimal set of evaluation criteria for more effective evaluation of reusability of web-based applications has been extracted and recognized. To achieve the optimal set of criteria, the previous criteria has been checked. Then optimum set of criteria has been selected. In other words, based on the criteria for optimal selection criteria, minimum set of criteria that can be fully cover all aspects of web-based software reusability have been recognized and proposed. The performance evaluation of proposed optimal set of selected criteria with content management system, reusability evaluation for every software module could well be done by the developers and the testing system

Cite this article: Rezaee, B.A. & Zahedi, M.H. (2023). Optimal metrics for evaluating reusability in web applications. *Enginiiring Management and Soft Computing, 8* (1). 21-36. **DOI**: https://doi.org/10.22091/jemsc.2018.2550.1062

© The Author(s)
DOI: https://doi.org/10.22091/jemsc.2018.2550.1062
Publisher: University of Qom

JEMSC.QOM
شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۵-۲۵۳۸

مدیریت مهندسی و رایانش نرم

دانشگاه قم

معیارهای بهینه برای ارزیابی قابلیت استفاده مجدّد در برنامه‌های تحت وب

عباسعلی رضائی[۱]✉ و محمد هادی زاهدی[۲]

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

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

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۱۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۴/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۲۰

تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۰۶/۲۵

کلیدواژه‌ها:

ارزیابی مبتنی بر معیار،

خصوصیات کیفی،

سیستم مبتنی‌بروب،

قابلیت استفاده مجدد،

معیار ارزیابی.

چکیده

در فرایند تولید یک محصول نرم‌افزاری توازن بین سه عنصر اساسی کیفیت، هزینه و زمان باید برقرار شود. در توسعهٔ 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 مجدّد برای نرم‌افزارهای مبتنی بر وِب استخراج و پیشنهاد می‌شود. این مجموعه معیارهای بهینه، مجموعه کمّینه از معیارهایی است که تمام ابعاد قابلیت استفاده مجدّد 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.

استناد: رضایی، عباسعلی و زاهدی، محمدهادی. (۱۴۰۱). «معیارهای بهینه برای ارزیابی قابلیت استفاده مجدّد در برنامه‌های تحت وب». *مدیریت مهندسی و رایانش نرم*، دوره ۸ (۱). صص: ۳۶-۲۱. https://doi.org/10.22091/jemsc.2018.2550.1062

ناشر: دانشگاه قم

© نویسندگان.

CC BY NC

۱) 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 غیرکارکردی تقسیم می‌شوند. نیازمندی کارکردی عبارت است از توانایی سیستم در انجام کاری که برای آن ایجاد شده است. نیازمندی‌های غیرکارکردی که تحت عنوان مشخصه‌های کیفی از آن یاد می‌شود (مانند کارایی، امنیت، قابلیت استفاده مجدّد 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 به‌گونه‌ای 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 تحت‌وب خواهد بود . بدین منظور، مجموعه بهینه معیارهای لازم برای ارزیابی قابلیت استفاده مجدد سامانه‌های تحت وب ارائه خواهد شد. ابتدا دو مجموعه معیار شئ‌گرا 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 تحت‌وب، 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 شئ‌گرا مانند نهان‌سازی، ارث‌بری، چندریختی و اتصال اشاره می‌کند و شامل شش معیار زیر است (فرناندو و همکاران، ۲۰۰۶؛ جاگدیش و همکاران، ۲۰۰۹):

۱- نهان‌سازی متد (MHF): اندازه‌گیری چگونگی کپسوله‌شدن متد در کلاس

۲- نهان‌سازی صفت (AHF): اندازه‌گیری چگونگی کپسوله‌شدن متغیرها در کلاس

۳- ارث‌بری متد (MIF): نشان‌دهنده درصد وراثت مؤثر متد

۴- ارث‌بری صفت (AIF) : نشان‌دهنده درصد وراثت مؤثر صفت

۵- چندریختی (PF) : اندازه‌گیری درجه بازنویسی متد در درخت وراثت کلاس

۶- اتصال(CF) : نشان‌دهنده درصدی از اتصال میان کلاس‌ها

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 می‌شود. در بخش آخر نیز نتیجه‌گیری ارائه شده است.

۲) پیشینه پژوهش

پرادیپ کومار و راجبیر من در یک مقاله مشترک در سال ۲۰۰۸ میلادی، به رویکرد جدید اندازه‌گیری قابلیت استفادهٔ مجدد برنامه شئ‌گرا، به عنوان یک مشخصه کیفیت نرم‌افزاری دست یافتند (پرادیب و همکاران، ۲۰۰۸). از دید آن‌ها افزایش معیارهای DIT و NOC باعث افزایش استفاده مجدد می‌شود و اما افزایش معیار CBO باعث کاهش استفاده مجدد می‌شود. در این مقاله رویکردی برای اندازه‌گیری قابلیت استفاده مجدد برنامه شئ‌گرا بر اساس معیارهای (CBO, NOC, DIT) ارائه می‌شود. نقطه ضعف این مقاله در این است که تنها ۳ معیار از مجموعه CK[1] بدون هیچ دلیل مشخصی انتخاب شده است و از معیارهای مجموعه MOOD[2] استفاده نشده است.

پالیوال و همکارانش در سال ۲۰۱۴ مقاله‌ای برای پیدا کردن رویکرد و روشی برای محاسبه قابلیت استفاده مجدد از برنامه‌های شئ‌گرا نوشتند (پالیوال و همکاران،۲۰۱۴). در این مقاله استفاده مجدد به عنوان یکی ازخصوصیات کیفی معرفی شده و برخی از ویژگی‌های مؤثر بر استفاده مجدد مانند ویژگی‌های پیچیدگی، پیچیدگی رابط، اندازه کلاس و وابستگی

[1]. Chidamber and Kemerer
[2]. Metrics for Object Oriented Design

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 شئ‌گرایی 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 شئ‌گرا 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 سال۲۰۱۳، 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 متریک های پیچیدگی طراحی شی‌گرا و رابطه آن با قابلیت استفاده مجدد کار کردند (سین و تومار، ۲۰۱۶). در این مقاله اثربخشی تکنیک های رگرسیون یادگیری ماشین نیز بررسی شده است.

پاروییندا ساندهو بررسی کرد که قابلیت استفادهٔ مجدد خودکار در ارزشیابی کیفیت اجزاء قابل استفاده مجدد نرم‌افزار توسعه‌یافته یا در حال توسعه مؤثر است و همچنین در شناسایی اعضای قابلیت استفادهٔ مجدد در سیستم‌های موجود مفید است که می‌تواند در هزینه توسعه نرم‌افزاری از ابتدا صرفه‌جویی کند. پاروییندا معیارهای WMC، DIT، NOC، CBO، LCOM را به عنوان بهترین معیار با توجه به الگوریتم شیب در هم آمیخته نتیجه می‌دهد (نیرانجان و همکاران ۲۰۱۱).

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

دون و که‌نایت همچنین سودمندی اطلاعات کد قابل استفاده مجدد را آزمایش کرده و گزارش دادند. استوا ریرولد تکنیک‌های یادگیری قیاسی معیارهای نرم‌افزار 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 مؤلفه‌های قابل استفاده مجدد و توسعه استفاده مجدد برای افزایش بهره‌وری 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 شده‌اند.

جدول ۱. برخی از مطالعات مرتبط

نویسندگان	سال نشر	موضوع تحقیق	خلاصه نتایج
پرادیپ کومار و راجبیر من	۲۰۰۸	رویکرد جدید اندازه‌گیری قابلیت استفادهٔ مجدد برنامه شئ‌گرا	اندازه‌گیری قابلیت استفاده مجدد برنامه شئ‌گرا براساس معیارهای (CBO, NOC, DIT)
پالیوال و همکاران	۲۰۱۴	روشی برای محاسبه قابلیت استفاده مجدد از برنامه‌های شئ‌گرا	معرفی استفاده مجدد بعنوان یکی از خصوصیات کیفی و بررسی ویژگی‌های مؤثر بر استفاده مجدد مانند پیچیدگی، پیچیدگی رابط، اندازه کلاس و وابستگی
کونته، بوهم، بیلی و فنتون	۲۰۱۴	اندازه‌گیری قابلیت استفاده مجدد بر اساس مقایسه بین اندازه کدی که به‌تازگی در محصول نرم‌افزاری خاص نوشته شده با اندازه کد قابل استفاده مجدد	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
کارل و همکاران	۲۰۱۳	بررسی قابلیت استفاده مجدد با چهار ویژگی اندازه طراحی، اتصال، انسجام و پیام‌دهی	در بازار محصولات رقابتی، اهمیت ارائه کیفیت، دیگر مزیت نیست، بلکه عامل ضروری برای موفقیت شرکت است.
سدام احمد و همکاران	۲۰۱۳	بررسی قابلیت استفاده مجدد با چهار ویژگی پیام‌دهی، انسجام، اتصال و وراثت	توسعه یک ابزار با متریک های UML.با قابلیت کار روی فایل های تولیده شده با XML
پاروویندا ساندهو	۲۰۱۱	بررسی قابلیت استفادهٔ مجدد خودکار در ارزشیابی کیفیت اجزاء قابل استفاده مجدد نرم افزار توسعه‌یافته یا در حال توسعه	ارائه معیارهای WMC، DIT، NOC، CBO، LCOM به عنوان بهترین معیار با توجه به الگوریتم شیب در هم آمیخته

۳) روش‌شناسی پژوهش

۳–۱) 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.

۳–۲) 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:

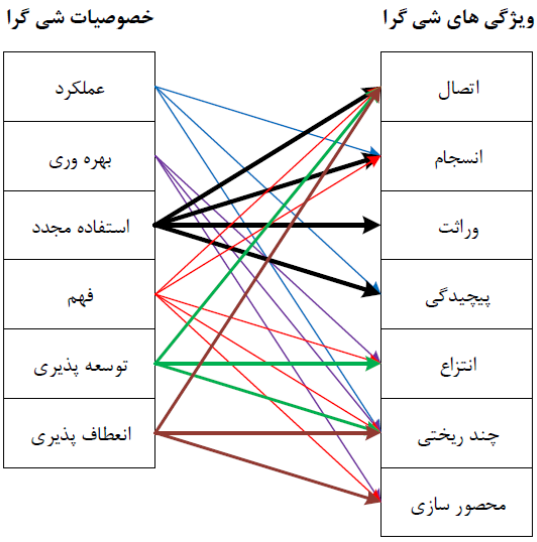
۱- **قابلیت سنجش ابعاد کیفی نرم‌افزار:** در مدل کیفی طراحی شئ‌گرا سه لایه مهم خصوصیت، ویژگی و معیار وجود دارد که این سه اصل با هم کیفیت نهایی را به وجود می‌آورند و به شدت با هم در ارتباطند (احمد صدام و

همکاران، ۲۰۱۳). هریک از معیارهای مطرح شده شئ‌گرا باید حداقل یکی از ویژگی‌ها را پوشش دهد (میزرا،۲۰۱۱). معیاری برای ارزیابی نرم‌افزارهای شئ‌گرا 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 شئ‌گرا را بررسی می‌کنند.

جدول ۲. نام معیار و ویژگی شئ‌گرای معیارها

مجموعه	نام معیار	ویژگی شی‌گرای 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 هریک از این ویژگی‌ها نیز یکی از خواص شئ‌گرایی را مورد سنجش قرار می‌دهند. پس کلیه معیارهای مجموعه CK وMOOD حداقل یکی از خصوصیات کیفی را ارزیابی می‌کنند. ارتباط ویژگی‌ها و خصوصیات شئ‌گرا در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. ارتباط خواص و ویژگی های شئ‌گرا

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 شئ‌گرا

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

۳- اعتبارسنجی تجربی معیار: معیارهای CK که توسط کمرر و همکارانش درسال ۱۹۹۴ پیشنهاد شدند با استفاده از داده‌های پروژه‌ای معتبر شدند (باسیلی و ممکاران، 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.

٤- 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 مثلا فاکتور CF از مجموعه معیارMOOD باتوجه 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 وMOOD به‌طور دقیق تعریف شده‌اند. معیار باید به روشنی بگوید که قرار است چه چیزی را محاسبه کند (سورش و همکاران، ۲۰۱۲).

جدول ٤. معیارها وملاک‌ها

	معیار	ضابطه ۱	ضابطه ۲	ضابطه ۳	ضابطه ٤	ضابطه ۵
معیار CK	WMC	بله	بله (پیچیدگی)	بله	بله	بله
	DIT	بله	بله (وراثت و پیچیدگی)	بله	بله	بله
	NOC	بله	بله (وراثت و پیچیدگی)	بله	بله	بله

	معیار	ضابطه ۱	ضابطه ۲	ضابطه ۳	ضابطه ٤	ضابطه ٥
	RFC	بله	بله (اتصال و پیچیدگی)	بله	بله	بله
	LCOM	بله	بله (انسجام)	بله	بله	بله
	CBO	بله	بله (اتصال)	بله	بله	بله
معیار MOOD	AHF	بله	خیر	بله	بله	بله
	MHF	بله	خیر	بله	بله	بله
	AIF	بله	بله (وراثت)	بله	بله	بله
	MIF	بله	بله (وراثت)	بله	بله	بله
	PF	بله	خیر	بله	بله	بله
	CF	بله	بله (اتصال)	بله	خیر	بله

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.

۴) 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 ملاک‌های لازم برای سنجش استفاده مجدد را دارند و همه ابعاد ارزیابی را پوشش می‌دهند و تمامی ویژگی‌های تأثیرگذار بر استفاده مجدد را نیز شامل می‌شوند. 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.

۵) بررسی تأثیرمعیارهای 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 می‌تواند گاهی تأثیری مستقیم و گاهی تأثیری معکوس داشته باشد. در ادامه تأثیر هر یک از معیارها بر قابلیت استفاده مجدد بررسی می شود.

- **تاثیر WMC:** معیار **WMC** میزان پیچیدگی یک شئ را اندازه‌گیری می‌کند و از آنجا که پیچیدگی زیاد باعث فهم مشکل‌تر ساختار منطقی نرم‌افزار می‌گردد، در نتیجه میزان قابلیت استفاده مجدد ازساختار با افزایش **WMC** رابطه معکوس دارد.

- **تاثیر DIT:** از آنجا که ارث بری خود یک روش استفاده مجدد از ساختار است؛ می‌توان گفت که ساختار دارای درخت وراثت، قابلیت استفاده مجدد بالایی دارد. از طرفی نیز ارث‌بری 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.
- **تاثیر NOC:** این معیار بر تعداد کلاس‌هایی که بلافاصله از یک کلاس ارث‌بری کرده‌اند، تاکید دارد. ارث‌بری باعث افزایش استفاده مجدد و در نتیجه این معیار با استفاده مجدد رابطه‌ای مستقیم دارد.
- **تاثیر 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.
- **تاثیر 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.
- **تاثیر 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.
- **تاثیر 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.

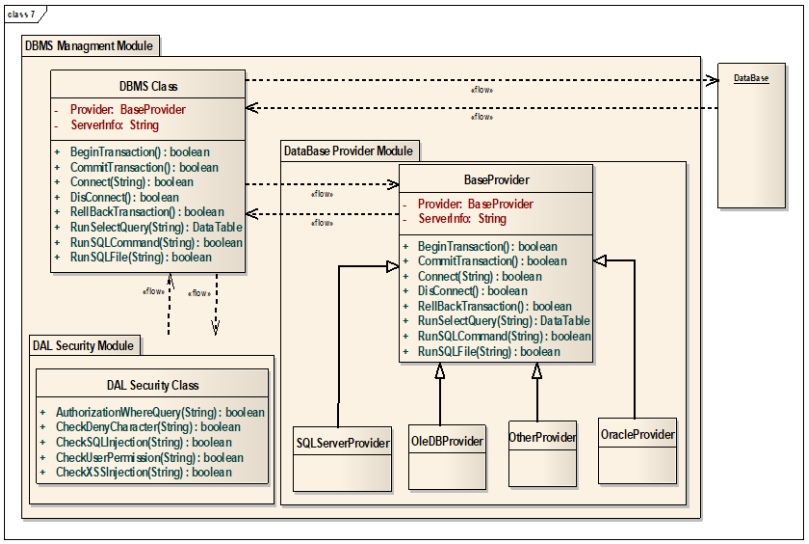
۶) ارزیابی مجموعه معیارهای پیشنهادی

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.

۷) 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. درواقع، 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 شماره۲، 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 واکر و همکاران، ۲۰۰۹).

- **بررسی ساختار مدیریت خطا ها و استثناها در دات نت نیوک:** در 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

۸) 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 هریک 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.

۹) یافته‌های پژوهش

در این بخش با استفاده از معیارهای شئ‌گرا، 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 شئ‌گرا در کلاس‌های تشکیل دهنده ساختار ماژول داده شده است. با توجه به این عدد و همچنین باتوجه به تأثیر مثبت یا منفی که معیار روی استفاده مجدد دارد، مقدار استفاده مجدد محاسبه می‌شود. مثلا 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، باتوجه 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 معیارWMC، 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.

۱۰) ارزیابی قابلیت استفاده مجدد ساختار مدیریت بانک اطلاعاتی

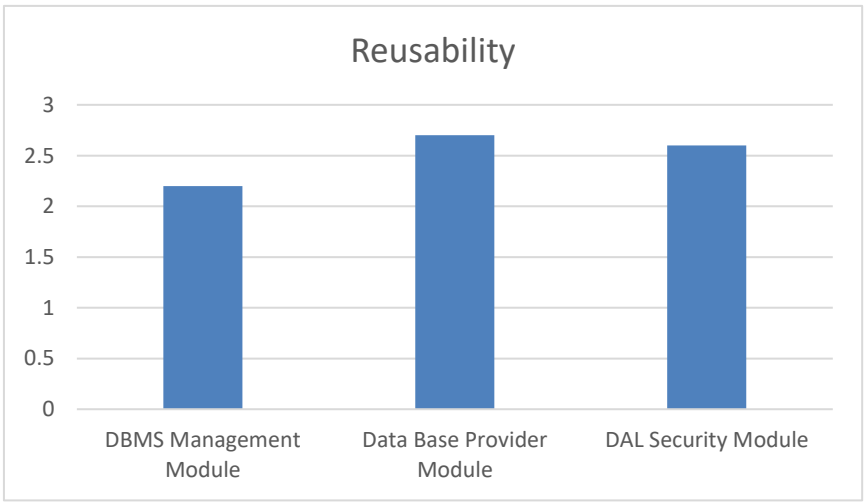
همانطور که در شکل ۲ مشخص است ساختار داخلی مدیریت بانک اطلاعاتی، شامل سه کلاس DBMS، DAL Security، Data Base Provider می‌باشد. در جدول ۶ استفاده مجدد هر سه کلاس ساختار مدیریت بانک اطلاعاتی محاسبه شده است

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 پنج 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.

جدول٦. ارزیابی ساختار مدیریت بانک اطلاعاتی در دات نت نیوک

متریک.	تاثیر	DBMS Class	reusability	Bas Provider Class	reusability	DAL Security Class	reusability
وزن متدها در کلاس(WMC)	–	۳	۷	۳	۷	۵	۵
عمق درخت وراثت (DIT)	+ و –	۰	۰	۰	۰	۰	۰
تعداد فرزندان کلاس(NOC)	+	۰	۰	۴	۴	۰	۰
پاسخ های کلاس (RFC)	–	۸	۲	۸	۲	۵	۵
انسجام بین متدها (LCOM)	+	۰	۰	۰	۰	۲	۲
اتصال بین کلاس های شی (CBO)	–	۲	۸	۱	۹	۱	۹
وراثت متد (MIF)	+ و –	۰	۰	۰	۰	۰	۰
وراثت صفت (AUF)	+ و –	۰	۰	۰	۰	۰	۰
قابلیت استفاده مجدد		۲/۱		۲/۷		۲/۶	

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.



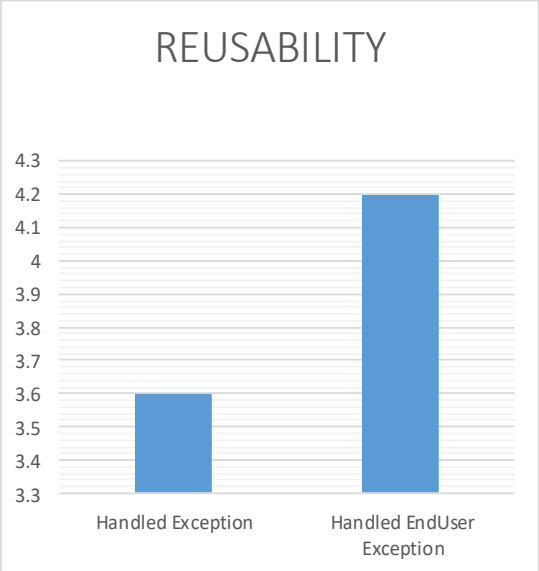
شکل ۳. میزان قابلیت استفاده مجدد در ساختار مدیریت بانک اطلاعاتی

۱۱) ارزیابی قابلیت استفاده مجدد ساختار مدیریت استثناء

با توجه به شکل ۳ و ساختار سلسه‌مراتبی 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 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

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



شکل ٤. 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 می کند چون مقدار استفاده مجدد آن بیشتر است.

۱۲) 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 چالش های 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 مجدّد نرم‌افزارهای مبتنی بر وِب 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. DOI:10.33899/csmj.2013.163431

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. DOI:10.33899/csmj.2013.163431

G. N. K., Suresh Babu and Dr. S. K., S. (2009). Analysis and Measures of Software. Doi:10.22075/ijnaa.2022.27403.3588

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 Objet Oriented Metrics. *Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, *3*(3), 10371-10378. DOI:10.5121/ijsea.2014.5606

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 DOI:10.1145/1507195.1507215

Bhatia, P. K., & Mann, R. (2008). An Approach to Measure Software Reusability of OO Design. *Technology*, 26-30. doi:10.26713/cma.v13i2.2033

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. DOI: 10.22091/jemsc.2018.2550.1062

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.l.) : Springer-Verlag. DOI:10.1109/32.979986

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. DOI:10.33899/csmj.2013.163431

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). DOI:10.21203/rs.3.rs-3059408/v1

Niranjan, 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. DOI:10.5923/j.computer.20110101.03

Misra, S. (2011). Evaluation criteria for object-oriented metrics. *Acta Polytechnica Hungarica*, *8*(5), 109-136. DOI:10.1109/INISTA49547.2020.9194645

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.l.) : Wrox Press/Wiley Technology. **DOI:** 10.1109/32.544352

Kumar, A. (2012). Measuring Software reusability using SVM based classifier approach. *International Journal of Information Technology and Knowledge Management*, *5*(1), 205-209. DOI: 10.5281/zenodo.1097332