**КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА по НПО**

**для студентов-заочников 2-го курса ИИТ специальности ПОИТ**



**1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ**

**1.1. Часть 1. Назначение и состав метрик** (кто хочет знать больше – смотрит коллективную монографию: Оценка качества программного обеспечения с помощью метрик / А. В. Босик, В. В. Садовой, Г. В. Сечко. – Минск: Бест, 2018. – 124 с

1.1.1. *Назначение внешних метрик* Согласно **ISO/IEC 9126-1** (стандарт ISO 9126-1: 1995. Информационная технология, Качество программных средств, далее – стандарт) метрика – это масштаб измерения качества и метод, используемый для измерения качества программного обеспечения (ПО) или программного продукта (ПП). Метрика включает методы для распределения по категориям данных, выраженных в качественной форме. Метрика может быть внутренней или внешней. Метрики качества ПО делятся на внутренние и внешние. Внутренние метрики используются во время разработки ПО для предсказания того, удовлетворяет ли ПО заявленным требованиям к качеству. Они характеризуют так называемое внутреннее качество ПО (качество на стадии разработки). Внешние метрики должны измерять свойства, связанные с поведением ПО во время тестирования, чтобы показать степень надёжности (качества) ПО в процессе эксплуатации. Они характеризуют внешнее качество ПО (качество после тестирования, т. е. на стадии эксплуатации).

*1.1.2. Состав внешних метрик,* перечисленных в порядке характеристик и подхарактеристик качества программного обеспечения, приведен в файле «ISO 9126-2R\_FINALRELEASE\_СУХАН», который представляет собой дополнение к стандарту ISO 9126-1: 1995 (прототипу действующего в Беларуси СТБ ИСО/МЭК 9126–2003) – отчёт ISO/IEC TR 9126–2:1991 6N479. Этот же состав в компактном виде показан в таблице 1:

Таблица 1 – Внешние метрики качества ПО,

|  |  |
| --- | --- |
| Услов-ный № | Название метрики |
| 8.1 Метрики функциональных возможностей *[Functionality metrics]*  8.1.1 Метрики пригодности *[Suitability metrics]*  8.1.2 Метрики правильности *[Accuracy metrics]*  8.1.3 Метрики способности к взаимодействию *[Interoperability metrics]*  8.1.4 Метрики защищённости *[Security metrics]*  8.1.5 Метрики согласованности в функциональных возможностях *[Functionality compliance metrics]* | |
| 1 | Соответствие функций *[Functional adequacy]* |
| 2 | Полнота реализации функций *[Functional implementation completeness]* |
| 3 | Область действия реализации функций *[Functional implementation coverage]* |
| 4 | Устойчивость (изменчивость) спецификации функций  *[Functional specification stability {volatility}]* |
| 5 | Соответствие ожидаемым результатам *[Accuracy to expectation]* |
| 6 | Правильность вычислений *[Computational accuracy]* |
| 7 | Точность *[Precision]* |
| 8 | Способность к обмену данными (основана на формате данных)  *[Data exchangeability{Data format based}]* |
| 9 | Способность к обмену данными (основанная на попытках пользователя, завершившихся успешно) *[Data exchangeability {User’s success attempt based}]* |
| 10 | Способность к отслеживанию доступов *[Access auditability]* |
| 11 | Контролируемость доступа *[Access controllability]* |
| 12 | Предотвращение искажения данных *[Data corruption prevention]* |
| 13 | Степень соответствия функций *[Functional compliance]* |
| 14 | Степень соответствия интерфейсов стандартам *[Interface standard compliance]* |
| 8.2 Метрики надёжности *[Reliability metrics]*  8.2.1 Метрики завершённости *[Maturity metrics)*  8.2.2 Метрики устойчивости к ошибкам *[Fault tolerance metrics]*  8.2.3 Метрики восстанавливаемости *[Recoverability metrics]*  8.2.4 Метрики согласованности в надёжности *[Reliability compliance metrics]* | |
| 15 | Оцениваемая плотность скрытых ошибок *[Estimated latent fault density]* |
| 16 | Плотность отказов по отношению к тестовым наборам *[Failure density against test cases]* |
| 17 | Плотность ошибок *[Fault density]* |
| 18 | Разрешение отказов *[Failure resolution]* |
| 19 | Устранение ошибок *[Fault removal]* |
| 20 | Среднее время безотказной работы (наработка на отказ) *[Mean time between failures (MTBF)]* |
| 21 | Тестовое покрытие (Покрытие испытаний по определенному сценарию эксплуатации)  *[Test coverage (Specified operation scenario testing coverage)]* |
| 22 | Завершённость испытаний *[Test maturity]* |
| 23 | Коэффициент аварийных отказов *[Breakdown avoidance]* |
| 24 | Коэффициент отказов *[Failure avoidance]* |
| 25 | Способность к предотвращению некорректных действий *[Incorrect operation avoidance]* |
| 26 | Коэффициент готовности системы *[Availability]* |
| 27 | Среднее время, потерянное из-за отказов системы *[Mean down time]* |
| 28 | Среднее время восстановления *[Mean recovery time]* |
| 29 | Способность к повторному запуску *[Restartability]* |
| 30 | Восстанавливаемость *[Restorability]* |
| 31 | Эффективность способности к восстановлению *[Restore effectiveness]* |
| 32 | Степень согласованности в надёжности *[Reliability compliance]* |
| 8.3 Метрики практичности *[Usability metrics]*  8.3.1 Метрики понятности *[Understandability metrics]*  8.3.2 Метрики обучаемости *[Learnability metrics]*  8.3.3 Метрики простоты использования *[Operability metrics]*  8.3.4 Метрики привлекательности *[Attractiveness metrics]*  8.3.5 Метрики согласованности в практичности *[Usability compliance metrics]* | |
| 33 | Полнота описания *[Completeness of description]* |
| 34 | Доступность наглядных демонстраций *[Demonstration accessibility]* |
| 35 | Доступность наглядных демонстраций при применении *[Demonstration accessibility in use]* |
| 36 | Эффективность наглядных демонстраций *[Demonstration effectiveness]* |
| 37 | Очевидность функций *[Evident functions]* |
| 38 | Понятность функций *[Function understandability]* |
| 39 | Понятность ввода и вывода *[Understandable Input and output]* |
| 40 | Простота в обучении функциям *[Ease of function learning]* |
| 41 | Простота в обучении выполнению задачи в процессе эксплуатации  *[Ease of learning to perform a task in use]* |
| 42 | Эффективность пользовательской документации и / или справочной системы  *[Effectiveness of the user documentation and / or help system]* |
| 43 | Эффективность пользовательской документации и справочных систем в процессе эксплуатации  *[Effectiveness of the user documentation and help systems in use]* |
| 44 | Доступность справки *[Help accessibility]* |
| 45 | Частота обращения к справке *[Help frequency]* |
| 46 | Согласованность в работе в процессе эксплуатации *[Operational consistency in use]* |
| 47 | Исправление ошибок *[Error correction]* |
| 48 | Исправление ошибок в процессе эксплуатации *[Error correction in use*] |
| 49 | Доступность значений по умолчанию в процессе эксплуатации  *[Default value availability in use]* |
| 50 | Понятность сообщений в процессе эксплуатации *[Message understandability in use]* |
| 51 | Сообщения об ошибках, не требующие пояснений *[Self-explanatory error messages]* |
| 52 | Способность восстанавливаться после ошибки, возникшей в процессе эксплуатации *[Operational error recoverability in use]* |
| 53 | Время между ошибочными действиями пользователя в процессе эксплуатации  *[Time between human error operations in use]* |
| 54 | Возможность отката (исправление ошибок пользователя) *[Undoability**(User error correction)]* |
| 55 | Соответствие требованиям заказчика *[Customisability]* |
| 56 | Сокращение механизмов действий *[Operation procedure reduction]* |
| 57 | Доступность для пользователей с ограниченными физическими возможностями  *[Physical accessibility]* |
| 58 | Дружественный интерфейс *[Attractive interaction]* |
| 59 | Соответствие интерфейса требованиям заказчика *[Interface appearance customisability]* |
| 60 | Степень согласованности в практичности *[Usability compliance]* |
| 8.4 Метрики эффективности *[Efficiency metrics]*  8.4.1 Метрики временной эффективности *[Time behaviour metrics]*  а) время отклика *[Response time]*  b) производительность *[Throughput]*  c) оборотное время *[Turnaround time]*  8.4.2 Метрики ресурсоёмкости *[Resource utilization metrics]*  a) использование ресурсов устройств ввода/вывода (в/в)  b) использование ресурсов памяти *[Memory utilization]*  c) использование ресурсов средств передачи данных *[Transmission utilization]*  8.4.3 Метрики согласованности в эффективности *[Efficiency compliance* *metrics]* | |
| 61 | Время отклика *[Response time]* |
| 62 | Время отклика (Среднее время до отклика) *[Response time (Mean time to response)]* |
| 63 | Время отклика (Наихудший случай коэффициента времени отклика)  *[Response time (Worst case response time ratio)]* |
| 64 | Производительность *[Throughput]* |
| 65 | Производительность (Средняя величина производительности)  *[Throughput (Mean amount of throughput)]* |
| 66 | Производительность (Наихудший случай коэффициента производительности)  *[Throughput (Worst case throughput ratio)]* |
| 67 | Оборотное время *[Turnaround time]* |
| 68 | Оборотное время (Среднее время передачи данных)  *[Turnaround time (Mean time for turnaround)]* |
| 69 | Оборотное время (Наихудший случай коэффициента оборотного времени)  *[Turnaround time (Worst case turnaround time ratio)]* |
| 70 | Время ожидания *[Waiting time]* |
| 71 | Использование устройств в/в *[I/O devices utilization]* |
| 72 | Предельные нагрузки в/в *[I/O loading limits]* |
| 73 | Ошибки, связанные с в/в *[I/O related errors]* |
| 74 | Коэффициент средней работоспособности в/в *[Mean I/O fulfillment ratio]* |
| 75 | Время ожидания пользователя для использования устройств в/в  *[User waiting time of I/O devices utilization]* |
| 76 | Максимальное использование памяти *[Maximum memory utilization]* |
| 77 | Среднее появление ошибки памяти *[Mean occurrence of memory error]* |
| 78 | Коэффициент: (ошибка памяти) / (время) *[Ratio memory error / time]* |
| 79 | Максимальное использование средств передачи *[Maximum transmission utilization]* |
| 80 | Сбалансированное использование носителей *[Media device utilization balancing]* |
| 81 | Среднее появление ошибки передачи *[Mean occurrence of transmission error]* |
| 82 | Среднее значение ошибки передачи в единицу времени *[Mean of transmission error per time]* |
| 83 | Коэффициент мощности передачи данных *[Transmission capacity utilization]* |
| 84 | Степень согласованности в эффективности *[Efficiency compliance]* |
| 8.5 Метрики сопровождаемости *[Maintainability metrics]*  8.5.1 Метрики анализируемости *[Analysability metrics]*  8.5.2 Метрики изменяемости *[Changeability metrics]*  8.5.3 Метрики стабильности *[Stability metrics]*  8.5.4 Метрики тестируемости *[Testability metrics]*  8.5.5 Метрики согласованности в сопровождаемости *[Maintainability compliance metrics]* | |
| 85 | Способность к анализируемости *[Audit trail capability]* |
| 86 | Поддержка функциями диагностики *[Diagnostic function support]* |
| 87 | Способность к анализу отказа *[Failure analysis capability]* |
| 88 | Эффективность анализа отказа *[Failure analysis efficiency]* |
| 89 | Возможность наблюдения за состоянием *[Status monitoring capability]* |
| 90 | Изменение КПД цикла «Пользователь – Поставщик» *[Change cycle efficiency]* |
| 91 | Изменение качества выполнения по прошествии времени *[Change Implementation elapse time]* |
| 92 | Сложность модификации [*Modification complexity]* |
| 93 | Возможность изменения с помощью параметров *[Parameterised modifiability]* |
| 94 | Возможность управления изменением программного обеспечения  *[Software change control capability]* |
| 95 | Коэффициент успешного изменения *[Change success ratio]* |
| 96 | Локализация влияния изменения (Возникновение отказа после изменения)  *[Modification impact localisation [Emerging failure after change*)*]* |
| 97 | Доступность встроенной функции критерия *[Availability of built-in test function]* |
| 98 | Эффективность повторных испытаний *[Retest efficiency]* |
| 99 | Возможность повторного проведения испытаний *[Test Restartability]* |
| 100 | Степень согласованности в сопровождаемости *[*Maintainability compliance*]* |
| 8.6 Метрики мобильности *[Portability metrics]*  8.6.1 Метрики адаптируемости *[Adaptability metrics]*  8.6.2 Метрики простоты установки *[Installability metrics]*  8.6.3 Метрики сосуществования *[Coexistence metrics]*  8.6.4 Метрики взаимозаменяемости *[Replaceability metrics]*  8.6.5 Метрики согласованности в мобильности *[Portability compliance metrics]* | |
| 101 | Приспособляемость структур данных *[Adaptability of data structures]* |
| 102 | Адаптируемость аппаратного окружения (адаптируемость к аппаратным устройствам и сетевым средствам) *[Hardware environmental adaptability (adaptability to hardware devices and network facilities]* |
| 103 | Адаптируемость организационного окружения (организационная адаптируемость к инфраструктуре организации) *[Organizational environment adaptability (Organization adaptability to Infrastructure of organization)]* |
| 104 | Удобство переноса для пользователя *[Porting user friendliness]* |
| 105 | Адаптируемость окружения системного программного обеспечения (адаптируемость к операционной системе, сетевому программному обеспечению и связанному прикладному программному обеспечению) *[System software environmental adaptability (adaptability to OS, network software and cooperated application software)]* |
| 106 | Степень простоты установки *[Ease of installation]* |
| 107 | Легкость повтора процесса установки *[Ease of setup retry]* |
| 108 | Допустимость сосуществования *[Available co-existence]* |
| 109 | Продолжительность использование данных *[Continued use of data]* |
| 110 | Степень совместимости функций *[Function inclusiveness]* |
| 111 | Степень совместимости функций для технической поддержки пользователя *[User support functional consistency]* |
| 112 | Степень согласованности в мобильности *[Portability compliance]* |

1.1.3 *Численный расчёт (оценка) метрик.* Оценить качество ПС можно одной метрикой, которая описывает одну подхарактеристику ПО, или группой метрик, которые описывают несколько подхарактеристик. Назовём оценку качества ПС одной метрикой *единичной*. В свою очередь оценку качества ПС несколькими или всеми ста двенадцатью внешними метриками назовём *интегральной*. Рассмотрим вначале единичную оценку как наиболее простую.

Для единичной оценки Z качества ПС в столбце 4 технического отчёта ISO/IEC TR 9126–2:1991 6N479, на который ссылается СТБ ИСО/МЭК 9126–2003, «Измерение, формула и расчёт элементов данных (measurement, formula and data element computations)» приводится формула для единичной оценки конкретной метрики. Эта формула может быть одноэлементной или многоэлементной. Примеры одноэлементной формулы для единичной оценки:

*Z = Т,* (1)

где *Т* – время (например, *пример 1:* время отклика, метрика 61 из таблицы 1; *пример 2:* оборотное время, метрика 67; *пример 3:* время ожидания пользователя для использования устройств ввода/вывода, метрика 75; *пример 4:* оценка временем простоты в обучении выполнению задачи в процессе эксплуатации, метрика 41; *пример 5:* оценка временем удобства переноса ПО для пользователя, метрика 103; и т. д.).

*Z = Х = N,* (2)

где *Х = N* – некоторое число, например, *пример 6:* количество обращений пользователя к справке в процессе выполнения задачи (метрика 45 «Частота обращения к справке») и т. д.

Ряд метрик для своей оценки использует многоэлементную формулу. Примеры многоэлементной формулы для единичной оценки:

*Z =Х = А / В,* (3)

где *А* и *В* – некоторые параметры, характеризующие отдельные свойства ПС или документации, например, *пример 7:* *A –* количество задач, для которых существует надлежащая оперативная справка по их выполнению; *B* – общее количество задач, прошедших испытания (метрика 44 «Доступность справки»); *пример 8:* *A* – число объектов экрана или форм, где входные данные были успешно модифицированы или изменены перед своей обработкой; *B* – число объектов экрана или форм, где пользователь пытался модифицировать или изменить входные данные на протяжении времени выполнения операции (метрика 48 «Исправление ошибок в процессе эксплуатации»); и т. д.

*Z =Х = 1 – А / В.* (4)

Примеры *А* и *В* применительно к формуле (4) для некоторых метрик: *пример 9:* *A –* количество пунктов согласованности в практичности, которые не были выполнены во время испытаний; *B* – общее количество указанных пунктов согласованности в практичности (метрика 60 «Степень согласованности в практичности»); *пример 10:* *A* – количество пунктов согласованности в эффективности, которые не были выполнены во время испытаний; *B* – общее количество указанных пунктов согласованности в эффективности (метрика 83 «Степень согласованности в эффективности»); и т. д.

Выше мы назвали комплексный показатель качества ПС, характеризующий несколько её свойств (подхарактеристик качества, оцениваемых отдельными метриками), *интегральным* и Обозначим оценку интегрального показателя символом «*W*». С одной стороны, провести интегральную оценку качества ПС по ГОСТ 15467–79 очень просто – берём формулы из ГОСТ и переделываем их применительно к метрикам ПС:

, (5)

где *Zi –* единичная оценка *i*-й метрики,

*αi* – весовой коэффициент *i*-й метрики в интегральном показателе качества ПС.

При этом в (5) подразумевается, что для весовых коэффициентов *αi* справедлива формула

, (6)

в которой *n* – число метрик (*i = 1, 2, … n).*

С другой стороны, без каких-либо дополнительных действий применить формулы (5), (6) для оценки *W* нельзя – единичные оценки *Zi* разных метрик имеют:

разную физическую сущность, например, время (формула (1)); некоторое число (формула (2)); отношение некоторых величин (формула (3));

разные единицы измерения, например, единицы времени (формула (1)); единицы некоторых величин (число обращений к справке, формула (2)); безразмерные величины отношений некоторых величин (формула (3));

разные диапазоны значений, например, от одной единицы времени до бесконечности либо от 0 до бесконечности (формула (1)); от одной единицы некоторой величины до бесконечности либо от 0 до бесконечности (число обращений к справке, формула (2)); безразмерные величины отношений некоторых величин от 0 до единицы (формулы (3), (4).

Что касается диапазонов значений, то согласно СТБ ИСО/МЭК 9126–2003 диапазон изменения единичных и интегрального показателя качества ПС должке быть один и тот же – от 0 (минимальное качество) до 1 (максимальное качество).

Таким образом, для обеспечения возможности совместного использования различных метрик (независимо от их физического смысла, единиц измерения и диапазонов значений) при интегральной оценке качества программных продуктов метрики по возможности должны быть представлены в относительных единицах*, что позволит привести их относительные значения в диапазон*

*0 ≤ Zi ≤ 1*, *0 ≤ W ≤ 1*. (7)

Процедуру приведения единичных значений метрик, которые не укладываются в диапазон (7), в рамки этого диапазона, назовём *нормализацией* метрик.

*1.1.4 Нормализация метрик.* 1.1.4.1 Нормализованные, частично нормализованные и ненормализованные метрики. *1.1.4.1.1 Нормализованные метрики*. Из анализа диапазона (7) изменения нормализованной метрики (в пределах от 0 до 1) следует, что такая метрика должна быть *безразмерной* (не иметь размерности). Таким образом, для отнесения метрики к классу нормализованных для неё должны быть выполнены 3 условия:

* *условие 1* – метрика должна рассчитываться по формулам (3), (4);
* *условие 2* – метрика должна быть безразмерной (не иметь размерности);
* *условие 3* – результат оценки метрики не должен противоречить указаниям в столбце 5 отчёта ISO/IEC TR 9126–2:1991 («ISO 9126-2R\_FINALRELEASE\_СУХАН»). Относительно *условия 3* следует отметить, что несмотря на указание в столбце 4 названного отчёта «Измерение, формула и расчёт элементов данных (measurement, formula and data element computations)» конкретной формулы (3) или (4), перед употреблением этой формулы следует проверить её на непротиворечивость указаниям в столбце 5 этого же отчёта «Интерпретация измеренного значения (interpretation of measured value)» и здравому смыслу. При противоречии формулы указаниям в столбце 5 отчёта формулу структуры (3) следует заменить на формулу противоположной структуры (4) и наоборот. Покажем это на конкретных примерах.

*Пример 11* Метрика 76 «Среднее появление ошибки памяти». В столбце 4 отчёта ISO/IEC TR 9126–2:1991 приведена формула

*Z =Х = Amean / Rmean,* (8)

где

*Amean = Σ(Ai) / N;*

*Ai* – количество сообщений об ошибках, связанных с памятью, для *i*-го оценивания;

*N* – количество оцениваний;

*Rmean* – допустимое среднее количество сообщений об ошибках, связанных с памятью.

Структура формулы (8) идентична структуре формулы (3), но если вести оценку метрики 76 в соответствии с (8), получим результат, противоречащий здравому смыслу: «Чем больше *Amean* (среднее количество сообщений об ошибках, связанных с памятью), тем лучше». Но в столбце 5 отчёта есть указание «Чем меньше, тем лучше», что означает, что для выполнения этого указания оценивать метрику 76 надо по формуле

*Z =Х = 1 – Amean / Rmean,* (9)

а не по формуле (8).

Примеры нормализованных метрик: метрика 44 «Доступность справки» (*пример 7*); метрика 48 «Исправление ошибок в процессе эксплуатации», (*пример 8*); метрика 60 «Степень согласованности в практичности» (*пример 9*); метрика 63 «Время отклика (Наихудший случай коэффициента времени отклика)» (*пример 12*); метрика 84 «Степень согласованности в эффективности» (*пример 10*) и т. д.

*1.1.4.1.2 Ненормализованные метрики.* Однако в стандарте встречаются метрики, оцениваемые по формулам, отличным от (3), (4). **Пример 1** такой метрики из ISO/IEC 9126-2R: метрика 67 «Оборотное время [Turnaround time]» (обозначим её как ненормализованная метрика 1). Эта метрика рассчитывается по формуле

*Z* = *T,* (10)

где *T* – время между завершением получения выходных результатов пользователем и завершением пользовательского запроса (причём интерпретация измеренного значения 0 < *T*, чем меньше, тем лучше).

Как следует из (10), величина *T* необязательно лежит в пределах от 0 до 1, она зависит от единицы измерения времени. Например, при *T* = 5 мс время выходит за пределы от 0 до 1, но при T = 5 мс = 0,005 с попадает в эти пределы. Кроме того, величина *T* имеет размерность (в случае формулы (10) размерность времени – это миллисекунды, секунды, минуты и т. д.).

Будем именовать метрики, величина которых имеет размерность и не лежит в пределах от 0 до 1, **ненормализованными**. Другими словами, для отнесения метрики к классу ненормализованных метрик для неё должны быть выполнены:

• условие 1 – метрика не должна рассчитываться по формулам (3), (4);

• условие 2 – метрика должна быть размерной (иметь размерность).

При подстановке значений ненормализованных метрик в формулу (5) общий интегральный показатель качества ПО может стать больше 1, чего быть не должно по условию (7), поэтому ненормализованные метрики нужно предварительно нормализовать.

*1.1.4.1.3 Частично нормализованные метрики и их нормализация*. Выше мы рассмотрели нормализованные и ненормализованные метрики. Однако в СТБ ИСО/МЭК 9126–2003 есть метрики, для которых

* *условие 1* – (метрика должна рассчитываться по формулам (3.3), (3.4)) выполняется,
* *условие 2* – (метрика должна быть безразмерной (не иметь размерности)) тоже выполняется,

но

* *условие 3* – (результат оценки метрики не должен противоречить указаниям в столбце 5 отчёта ISO/IEC TR 9126–2:1991 [20]) не выполняется.

Пример такой метрики дан в *примере 11* из пункта 1.1.4.1.1. Это метрика 76 «Среднее появление ошибки памяти».

Будем именовать метрики с результатами оценки, противоречащими указаниям в столбце 5 отчёта ISO/IEC TR 9126–:1991, **частично** **нормализованными.** Для нормализации частично нормализованных метрик достаточно в случае противоречия результата оценки метрики указаниям в столбце 5 названного отчёта заменить формулу в столбце 4 отчёта на альтернативную, причём альтернативной для формулы (3) будет формула (4), а альтернативной для формулы (4) – формула (3).

*1.1.4.2 Приведение ненормализованных метрик к нормализованной форме*. Чтобы совокупный показатель качества ПП с учётом единичных ненормализованных метрик не превышал 1, ненормализованные метрики необходимо привести к нормализованной форме. Для этого необходимо внимательно изучить либо фрагмент ISO/IEC 9126-2R, относящийся к рассматриваемой ненормализованной метрике, либо требования к ПП, согласованные с заказчиком (требованиями заказчика), либо то и другое одновременно.

Например, изучаемый фрагмент ISO/IEC 9126-2R, относящийся к ненормализованной метрике 1 «Оборотное время (Turnaround time)», имеет вид:

столбец 2 ISO/IEC 9126-2R «Цель метрики» – «Каково время ожидания после выдачи пользователем команды начать выполнение группы связанных задач и завершения их выполнения?»;

столбец 3 ISO/IEC 9126-2R «Метод применения» – «Произведите проверку тестовых испытаний. Начните выполнение задачи, предназначенной для обработки. Измерьте время, затрачиваемое обрабатываемой задачей на то, чтобы завершить свою работу»; здесь также необходимо изучить примечание к рассматриваемой ненормализованной метрике, которое рекомендует: «Рекомендуется принять во внимание ширину полосы времени (time bandwidth), а также применить статистический анализ с использованием показателей для большого числа задач (делать отдельные снимки мгновенного состояния системы (sample shots)), а не только для одной задачи»;

столбец 5 ISO/IEC 9126-2R «Интерпретация измеренного значения» – «0 < T. Чем меньше, тем лучше».

Применим к метрике 67 модифицированную формулу (4) в виде (11)

Х = 1 – Аотн / Визм. (11)

где при обозначениях

Аабс – фактическое абсолютное значение метрики 1 «Оборотное время (Turnaround time)»,

Вмин – минимальное значение полосы времени для метрики 1 «Оборотное время»,

Вмакс – максимальное значение полосы времени для метрики 1 «Оборотное время»,

Аотн – относительное к минимальному значению полосы времени значение метрики 1 «Оборотное время,

Визм – ширинаполосы времени для метрики 1 «Оборотное время»

Визм = Вмакс – Вмин (12)

Аотн = Аабс – Вмин (13)

Подставив (13) в (11), получим:

Х = 1 – (Аабс – Вмин) / Визм. (14)

Пусть среднее время T между завершением получения выходных результатов пользователем и завершением пользовательского запроса равно 5 мксек. Из столбца 5 отчёта ISO/IEC 9126-2R следует, что чем меньше Т, тем лучше (и это логично). Кроме того, из вышеприведенного примечания к столбцу 3 отчёта следует, что для оборотного времени Т существует ширина полосы времени (time bandwidth). Нижняя граница этой полосы определяется требованиями заказчика к ПП. Предположим, что эта нижняя граница равна 3 мксек. Верхняя граница этой полосы – это максимальное время T между завершением получения выходных результатов пользователем и завершением пользовательского запроса, полученное применением статистического анализа с использованием показателей для большого числа задач (выполнения отдельных снимков мгновенного состояния системы (sample shots)), а не только для одной задачи. Предположим, что эта верхняя граница равна 6 мксек, т е полоса времени 3–6 мксек.

В этом случае расчёты нормализованного значения метрики 67 с учётом (11–14) примут вид: при Т = 5 мксек

1 – (5–3) / (6 – 3) = 1 – 0,667 = 2 – 5/3 = 0,333, (15)

при Т = 4 мксек

1 – (4–3) / (6 – 3) = 2 – 4/3 = 0,667, (16)

при Т = 6 мксек

1 – (6–3) / (6 – 3) = 1 – 1 = 0, (17)

при Т = 3 мксек

1 – (3–3) / (6 – 3) = 1 – 0= 1,000, (18)

т. е. нормализованное значение метрики 67 полностью соответствует требованиям ISO/IEC 9126-2R.

**1.2 Пример оценки качества ПП. 1.2.1** Задание. Пусть требуется оценить с точностью до 3-х знаков после запятой качество программного продукта (ПП) «Клиент-серверное приложение», предназначенного для обмена данными между пользователями и включающего 3 компонента: «Проверка регистрации пользователя», «Проверка авторизации пользователя» и «Рассылка сообщений». Текст ПП приведен ниже:

*Текст компонента «Проверка регистрации пользователя»:*

*Клиент:*

private void registryBtn\_Click(object sender, EventArgs e)

{

\_communicator.SendRequest(new RegisterRequest

{

Login = rLoginTb.Text,

Password = rPasswordTb.Text

});

}

*Сервер:*

private static BaseResponse Register(RegisterRequest register, ServerListener<BaseRequest, BaseResponse> communicator, Client client)

{

if (\_users.ContainsKey(register.Login))

{

return new RegisterResponse { Error = "UserExists" };

}

\_users.Add(register.Login, new User

{

Name = register.Login,

Password = register.Password,

});

Login(new LoginRequest { Login = register.Login, Password = register.Password }, communicator, client);

return new BaseResponse();

}

*Текст компонента «Проверка авторизации пользователя»:*

*Клиент:*

private void loginBtn\_Click(object sender, EventArgs e)

{

\_communicator.SendRequest(new LoginRequest

{

Login = loginTb.Text,

Password = passwordTb.Text

});

}

*Сервер:*

private static BaseResponse Login(LoginRequest login, ServerListener<BaseRequest, BaseResponse> communicator, Client client)

{

if (\_users.ContainsKey(login.Login) && string.Equals(\_users[login.Login].Password, login.Password))

{

var user = \_users[login.Login];

user.Connection = client;

communicator.Write(client.TcpClient, new LoginResponse {Login = login.Login});

foreach (var u in \_users.Where(x => x.Value.Connection.TcpClient.Connected && !string.Equals(x.Key, login.Login)))

{

communicator.Write(u.Value.Connection.TcpClient, GetUsers());

}

return new BaseResponse();

}

return new LoginResponse { Error = "User not found" };

}

*Текст компонента «Рассылка сообщений»:*

*Клиент:*

private void sendBtn\_Click(object sender, EventArgs e)

{

if (usersList.SelectedIndex < 0)

return;

\_clientListener.SendRequest(new SendMessageRequest { Message = new Message { Sender = \_user, Text = messageTb.Text, Receiver = usersList.SelectedItem.ToString() } });

}

*Сервер:*

private static SendMessageResponse SendMessage(SendMessageRequest request, ServerListener<BaseRequest, BaseResponse> communicator)

{

if (\_users.ContainsKey(request.Message.Receiver))

{

var user = \_users[request.Message.Receiver];

if (user.Connection.TcpClient.Connected)

{

request.Message.Time = DateTime.Now;

communicator.Write(user.Connection.TcpClient, new ReceiveMessageResponse { Msg = request.Message });

\_users[request.Message.Sender].Messages.Add(request.Message);

return new SendMessageResponse { Time = DateTime.Now };

}

}

return new SendMessageResponse { Error = "User not found" };

}

На рисунке 1 показана главная форма ПП.

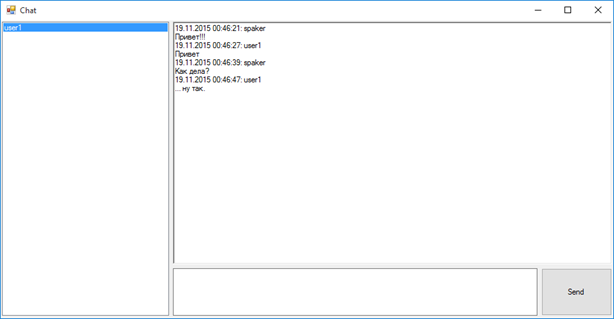


Рисунок 1 – Вид главной формы ПП «Клиент-серверное приложение»

1.2.2 Пусть для оценки совокупного показателя качества ПП «Клиент-серверное приложение» были выбраны 3 единичных показателя: метрики 67 «Оборотное время (Turnaround time)», метрики 73 «Ошибки, связанные с вводом-выводом (I/O related errors)» и метрика «Коэффициент аварийных отказов (Breakdown avoidance)» из состава метрик устойчивости к ошибке, табл. 8.4.2 ISO/IEC 9126-2R (метрика 3). Весовые коэффициенты метрик в совокупном показателе качества ПП равнозначны, т. е. равны согласно формуле (7) с точностью до 3-х знаков после запятой (см. п. 1.2.1)

*а1* = *а1* = *а1* = 1/3 = 0,333. (3 – это (число метрик).

Вектор весовых коэффициентов равен

 = [0,333; 0,333; 0,333].

1.2.3 Оценим величину метрики 23 «Коэффициент аварийных отказов (Breakdown avoidance)» как единичного показателя качества (это наиболее простая для оценки метрика, поскольку она нормализована). Логика рассуждений при выборе исходных данных для оценки:

а) из столбца «Источники входных данных для измерения» стандарта ISO/IEC 9126-2R выбираем стадию жизненного цикла ПП, на котором будем проводить оценку (тестирование или эксплуатация);

б) анализируем «Отчет о тестировании» ПП, если продукт ещё разрабатывается, и «Отчет об эксплуатации» ПП, если продукт уже эксплуатируется (считаем, что эти отчёты у нас имеются);

в) по выбранному отчёту находим: B1 = количество отказов ПП при эксплуатации (багов при тестировании) = 23; A1 = количество аварийных отказов при эксплуатации (аварийных багов при тестировании) = 10 (аварийный отказ означает незавершение выполнения всех задач пользователя до перезагрузки системы или потерю контроля над системой вплоть до принудительного выхода из нее, это пояснение берём из примечания к метрике в стандарте).

г) анализируем столбец «Измерение, формула и расчет элементов данных» и столбец «Интерпретация измеренного значения» стандарта ISO/IEC 9126-2R; из анализа следует, что чем меньше аварийных отказов, тем лучше. Следовательно, расчёт значения метрики Х1 надо вести по формуле (2) (с точностью до 3-х знаков после запятой, поскольку весовые коэффициенты подсчитаны с этой же точностью, а также эта точность указана в п. 1.2.1):

Х1 = 1 – А1/В1 = 1 – 10/23 = 1 –0,435 =0,565

Итак, цель метрики: оценить, как часто программная продукция вызывает аварийный отказ всей программной среды? Метод (методология) оценки (применения) метрики: «Подсчитайте количество случаев аварийного отказа (breakdown occurrence) по отношению к количеству отказов (failure). Если это происходит во время эксплуатации, проанализируйте протокол, содержащий предысторию работы пользователя» (см. стандарт). Интерпретация измеренного значения: Полученная оценка Х1 = 0,565 предоставляет собой точку в диапазоне предпочтительных величин (0 <= X1, чем ближе к 1, тем лучше).

1.2.4 Оценим нормализованную величину метрики 67 «Оборотное время (Turnaround time)» как единичного показателя качества (метрика 67 ненормализована). Для этого:

а) из столбца «Источники входных данных для измерения» стандарта ISO/IEC 9126-2R выбираем стадию жизненного цикла ПП, на котором будем проводить оценку (системная/программная компоновка или квалификационные испытания или эксплуатация или сопровождение);

б) проанализируем «Отчет о проведении испытаний» ПП, если продукт ещё разрабатывается, и «Отчет об эксплуатации, показывающий истекшее время» ПП, если продукт уже эксплуатируется (считаем, что эти отчёты у нас имеются);

в) по выбранному отчёту находим: Т = 5 мксек = Аабс (фактическое оборотное время, абсолютное значение метрики 67).

г) из анализа требований заказчика к данной характеристике находим, что минимальное значение полосы времени для метрики 67 Вмин = 3 мксек (заказчику хотелось бы меньше, но разработчик согласовал именно эту величину), максимальное значение Вмакс = 6 мксек.

В этом случае ширина полосы времени для метрики 1 по формуле (15) составляет Визм = Вмакс – Вмин = 3 мксек, относительное к минимальному значению полосы времени значение метрики 67 составляет Аотн= Аабс – Вмин = 2 мксек, а искомое нормализованное значение метрики 687 по формуле (17) равно 0,333.

1.2.5 Оценим нормализованную величину метрики 73 «Ошибки, связанные с вводом-выводом (I/O related errors)» как единичного показателя качества (метрика 73 тоже ненормализована). Логика рассуждений при выборе исходных данных для оценки та же, что и в п. 1.2.3 для метрики 67. Пусть для метрики 73 отношение А/Т (число предупреждающих сообщений или системных отказов в единицу времени, причём A – количество предупреждающих сообщений или системных отказов, T – время работы пользователя в процессе наблюдения) равно 2 сообщения/сутки. Пусть также предельное число предупреждающих сообщений или системных отказов в единицу времени, заложенное в требованиях заказчика к ПП, равно 3 сообщения/сутки, а минимальное число предупреждающих сообщений или системных отказов в единицу времени по требованиям заказчика равно 0. Тогда нормализованное значение метрики 73 равно 1 – 2/3 = 1–0,667 = 0,333.

1.2.6 По формуле (5) найдём интегральную оценку качества ПС по выбранным метрикам для равнозначных весовых коэффициентов, каждый из которых равен 0,333:

W = 0,333•0,565 + 0,333•0,333 + 0,333•0,333 = 0,410.

1.2.7 Пусть требуется повторить расчёт по п. 1.2.6 для случая, когда весовые коэффициенты при отдельных метриках как единичных показателях качества –неравнозначные. Пусть определённый любым из вышеописанных способов (методом экспертных оценок, опытом работы или социологическим опросом потребителей) вектор  весового коэффициента будет иметь вид:

 = [0,200, 0,350, 0,450].

Тогда интегральный показатель качества

W = 0,200•0,565 + 0,350•0,333 + 0,450•0,333 = 0,379.

**Часть 2 Проведение наблюдений за надёжностью компьютера.** Теорияпо данной тематике изложена в [2], с. 13.

**2 ЗАДАНИЕ**

**Подзадание 2.1** 2.1.1Изучите теорию настоящей контрольной и стандарт ISO/IEC 9126-2.

2.1.2 Вспомните о любой написанной Вами когда-либо программе или её фрагменте (далее – Ваша программа). Запишите текст или фрагмент текста программы с комментариями, скриншотами и кратким описанием (что она делает).

2.1.3 Для заданного Вам варианта

а) подберите исходные данные для оценки качества Вашей программы по тем метрикам, которые указаны в Вашем варианте;

б) поясните, как Вы выбрали исходные данные (из каких соображений);

в) оцените качество Вашей программы по тем метрикам, которые указаны в Вашем варианте, задавая равнозначные коэффициенты при отдельных метриках как единичных показателях качества.

2.1.4 Повторите оценку, задавая неравнозначные коэффициенты при отдельных метриках как единичных показателях качества. При этом поясните, как Вы выбрали (из каких соображений) неравнозначные коэффициенты.

2.1.5 Задайте некоторый заданный уровень интегрального показателя качества Вашей программы, превышающий на 5-10 % уровень, полученный при расчёте по пп. 2.1.3 и 2.1.4.

2.1.6 Сделайте вывод о том, как необходимо изменить параметры А и В для достижения заданного уровня интегрального показателя качества и какие работы надо выполнить для этого.

Таблица 2 – Варианты выполнения работы

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Ва-ри-ант | Условный  № метрики по таблице 1 | Название метрики | Число метрик в варианте |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 61 | Время отклика *[Response time]* | 3 |
| 62 | Время отклика (Среднее время до отклика)  *[Response time (Mean time to response)]* |
| 63 | Время отклика (Наихудший случай коэффициента времени отклика) *[Response time (Worst case response time ratio)]* |
| 2 | 1 | Соответствие функций*[Functional adequacy]* | 5 |
| 2 | Полнота реализации функций *[Functional implementation completeness]* |
| 65 | Производительность (Средняя величина производительности) *[Throughput (Mean amount of throughput)]* |
| 66 | Производительность (Наихудший случай коэффициента производительности) *[Throughput (Worst case throughput ratio)]* |
| 3 | 68 | Оборотное время (Среднее время передачи данных)  *[Turnaround time (Mean time for turnaround)]* | 3 |
| 69 | Оборотное время (Наихудший случай коэффициента оборотного времени) *[Turnaround time (Worst case turnaround time ratio)]* |
| 70 | Время ожидания *[Waiting time]* |
| 4 | 71 | Использование устройств в/в *[I/O devices utilization]* | 4 |
| 72 | Предельные нагрузки в/в *[I/O loading limits]* |
| 74 | Коэффициент средней работоспособности в/в *[Mean I/O fulfillment ratio]* |
| 4 | 75 | Время ожидания пользователя для использования устройств в/в *[User waiting time of I/O devices utilization]* | 4 |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 5 | 5 | Соответствие ожидаемым результатам *[Accuracy to expectation]* | 3 |
| 76 | Максимальное использование памяти *[Maximum memory utilization]* |
| 78 | Коэффициент: (ошибка памяти) / (время)*[Ratio memory error / time]* |
| 6 | 79 | Максимальное использование средств передачи  *[Maximum transmission utilization]* | 3 |
| 80 | Сбалансированное использование носителей  *[Media device utilization balancing]* |
| 81 | Среднее появление ошибки передачи  *[Mean occurrence of transmission error]* |
| 7 | 82 | Среднее значение ошибки передачи в единицу времени  *[Mean of transmission error per time]* | 3 |
| 83 | Коэффициент мощности передачи данных  *[Transmission capacity utilization]* |
| 84 | Степень согласованности в эффективности *[Efficiency compliance]* |
| 8 | 85 | Способность к анализируемости *[Audit trail capability]* | 5 |
| 86 | Поддержка функциями диагностики *[Diagnostic function support]* |
| 87 | Способность к анализу отказа *[Failure analysis capability]* |
| 88 | Эффективность анализа отказа *[Failure analysis efficiency]* |
| 89 | Возможность наблюдения за состоянием *[Status monitoring capability]* |
| 9 | 8 | Способность к обмену данными (основана на формате данных)  *[Data exchangeability{Data format based}]* | 3 |
| 90 | Изменение КПД цикла «Пользователь – Поставщик»  *[Change cycle efficiency]* |
| 91 | Изменение качества выполнения по прошествии времени  *[Change Implementation elapse time]* |
| 10 | 92 | Сложность модификации [*Modification complexity]* | 5 |
| 93 | Возможность изменения с помощью параметров  *[Parameterised modifiability]* |
| 94 | Возможность управления изменением программного обеспечения *[Software change control capability]* |
| 10 | 95 | Коэффициент успешного изменения *[Change success ratio]* | 5 |
| 96 | Локализация влияния изменения (Возникновение отказа после изменения)  *[Modification impact localisation [Emerging failure after change*)*]* |
| 11 | 97 | Доступность встроенной функции критерия  *[Availability of built-in test function]* | 4 |
| 98 | Эффективность повторных испытаний *[Retest efficiency]* |
| 99 | Возможность повторного проведения испытаний *[Test Restartability]* |
| 100 | Степень согласованности в сопровождаемости  *[*Maintainability compliance*]* |
| 12 | 101 | Приспособляемость структур данных *[Adaptability of data structures]* | 4 |
| 102 | Адаптируемость аппаратного окружения (адаптируемость к аппаратным устройствам и сетевым средствам) *[Hardware environmental adaptability (adaptability to hardware devices and network facilities]* |
| 103 | Адаптируемость организационного окружения (организационная адаптируемость к инфраструктуре организации)  *[Organizational environment adaptability (Organization adaptability to Infrastructure of organization)]* |
| 104 | Удобство переноса для пользователя *[Porting user friendliness]* |
| 13 | 105 | Адаптируемость окружения системного программного обеспечения (адаптируемость к операционной системе, сетевому программному обеспечению и связанному прикладному программному обеспечению) *[System software environmental adaptability (adaptability to OS, network software and cooperated application software)]* | 3 |
| 106 | Степень простоты установки *[Ease of installation]* |
| 107 | Легкость повтора процесса установки  *[Ease of setup retry]* |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 14 | 108 | Допустимость сосуществования  *[Available co-existence]* | 5 |
| 109 | Продолжительность использование данных  *[Continued use of data]* |
| 110 | Степень совместимости функций  *[Function inclusiveness]* |
| 111 | Степень совместимости функций для технической поддержки пользователя  *[User support functional consistency]* |
| 112 | Степень согласованности в мобильности  *[Portability compliance]* |
| 15 | 33 | Полнота описания  *[Completeness of description]* | 4 |
| 15 | 34 | Доступность наглядных демонстраций  *[Demonstration accessibility]* |
| 35 | Доступность наглядных демонстраций при изменении *[Demonstration accessibility in use]* |
| 36 | Эффективность наглядных демонстраций  *[Demonstration effectiveness]* |
| 16 | 37 | Очевидность функций *[Evident functions]* | 3 |
| 38 | Понятность функций *[Function understandability]* |
| 39 | Понятность ввода и вывода  *[Understandable Input and output]* |
| 17 | 40 | Простота в обучении функциям  *[Ease of function learning]* | 3 |
| 41 | Простота в обучении выполнению задачи в процессе эксплуатации  *[Ease of learning to perform a task in use]* |
| 42 | Эффективность пользовательской документации и / или справочной системы *[Effectiveness of the user documentation and / or help system]* |
| 18 | 43 | Эффективность пользовательской документации и справочных систем в процессе эксплуатации  *[Effectiveness of the user documentation and help systems in use]* | 3 |
| 44 | Доступность справки *[Help accessibility]* |
| 45 | Частота обращения к справке *[Help frequency]* |

Примечание – 1) При выборе метрик для варианта в один вариант могут быть включены метрики из разных групп стандарта. Это означает, что для оценки качества своего ПС оценщик выбрал именно такие метрики. Так сделано в шаге 1 подраздела 4.3, в котором оценщик также выбрал метрики из разных групп стандарта.

2) Для скорейшего нахождения в отчёте ISO/IEC TR 9126–2:1991 заданной в варианте метрики рекомендуется найти заданную метрику в таблице 2.1 и определить, к какой группе и подгруппе эта метрика относится. Например, для метрики 61 «Время отклика *[Response time]»* по таблице 2.1 находим группу метрики «8.4 Метрики эффективности *[Efficiency metrics]*» и её подгруппу «8.4.1 Метрики временной эффективности а) время отклика», после чего поиск метрики в отчёте ISO/IEC TR 9126–2:1991 не вызовет затруднений.

**Подзадание 2.2** Выполните задание по своему варианту, изложенное на с. 16 практикума [2].

ЛИТЕРАТУРА

1 СТБ ИСО/МЭК 9126-2003. Информационные технологии. Оценка программной продукции. Характеристики качества и руководства по их применению. – Минск: БелГИСС, 2003. – 16 с. (вместо этого стандарта прилагается дополнение к нему – стандарт ISO 9126-2R FinalRelease

2 Модели отказов и наблюдения за отказами: лаб. практикум по курсу «Надёжность программного обеспечения (НПО)» для студ. спец. «Программное обеспечение информационных технологий» веч. формы обуч.: Бахтизин В.В., Николаенко Е.В., Сечко Г.В., Таболич Т.Г. – Минск: БГУИР, 2011. – 37 с.

3 Конспект по НПО.