

МЕТОД КОМПЛЕКСНОЙ МЕТРИКО-МОДЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА И НАДЕЖНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

О.М. Тарасюк

(представил д.т.н., проф. В.С. Харченко)

Предложен метод оценки качества и надежности программного обеспечения, отличительной особенностью которого является комплексирование результатов метричной и модельной оценок с целью повышения полноты и достоверности проверки.

Введение. Проблема оценки качества и надежности программного обеспечения. Развитие информационно-управляющих систем для критических приложений характеризуется возрастающим влиянием программного обеспечения (ПО) на их надежность. Об этом свидетельствует, например, тот факт, что каждый сотый пуск в ракетно-космических комплексах завершается аварией вследствие дефектов ПО, а 6 из 7 отказов компьютерных систем этих комплексов обусловлены такими дефектами [1].

В этом контексте необходимо подчеркнуть исключительную важность обеспечения и достоверной оценки качества и надежности программного обеспечения, поскольку от них, в первую очередь, зависят как конкурентоспособность коммерческих продуктов, так и безопасность информационно-управляющих систем комплексов критического применения. Это обуславливает актуальность научных исследований, посвященных разработке и совершенствованию методов оценки и обеспечения качества и надежности ПО.

Анализ литературы. Постановка задачи. В настоящее время активно развивается метод оценки качества и надежности ПО, основанный на использовании систематизированного множества специальных количественных показателей – *метрик*, определяющих степень, с которой ПО обладает заданным свойством [2 – 4]. Как правило, для вычисления метрик используют относительно простые аналитические выражения, аргументами которых являются достоверно измеряемые или регистрируемые характеристики ПО и процесса проектирования.

Однако, несмотря на все более активное использование метрик в процессе анализа качества ПО, доминирующем при оценке свойства надежности остается метод, основанный на расчете традиционных вероятностных показателей надежности с использованием математических моделей (МНПО) [5, 6]. Исходя из этого, перспективными являются ис-

следования, направленные как на дальнейшее совершенствование каждого из указанных методов оценки, так и на их сближение с целью обеспечения комплексной всесторонней оценки ПО.

Цель статьи – разработка метода метрико-модельной оценки качества и надежности ПО на основе комплексирования результатов метричной и модельной оценок с целью повышения полноты и достоверности.

Многоуровневый подход к реализации метода комплексной метрико-модельной оценки качества и надежности ПО. Совместное применение подходов, базирующихся на использовании метрик и моделей, является основой для создания метода комплексной оценки качества и надежности ПО. Этот метод может быть представлен в виде многоуровневой пирамиды (рис. 1).

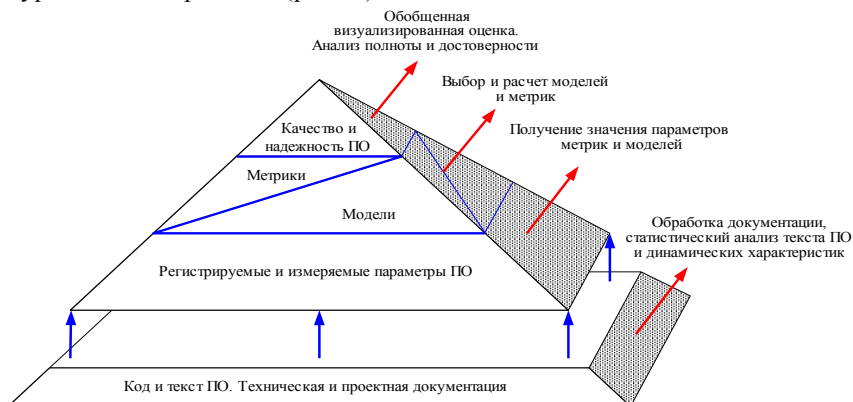


Рис. 1. Иерархический подход к оценке качества и надежности ПО с использованием метрик и моделей надежности

На нижнем уровне этой пирамиды выполняется анализ проектной и технической документации, и определяются достоверно измеряемые или регистрируемые атрибуты программного продукта и процессов его разработки, которые используются в качестве входных параметров к расчету метрик и МНПО. Полученные значения передаются на второй уровень иерархии, где используются для расчета значения метрик и определения показателей надежности с помощью МНПО. Кроме того, на этом уровне осуществляется выбор моделей, адекватных особенностям ПО, и номенклатуры метрик, обеспечивающих необходимую достоверность и полноту оценок.

Необходимо отметить, что метрики и модели не только дополняют друг друга, но между ними существует и более тесная взаимосвязь. Некоторые метрики используют в качестве одного из входных параметров значения вероятностных показателей надежности, определяемых с по-

мощью МНПО, таких как среднее время между отказами, прогнозируемое оставшееся количество дефектов в ПО и др. В свою очередь, значения метрик могут использоваться для определения или уточнения настраиваемых параметров (коэффициентов) моделей. Это справедливо для метрик, характеризующих объем и сложность ПО.

На верхнем уровне «пирамиды метрико-модельной оценки» выполняется обобщение результатов оценки по свойствам и группам свойств качества и расчет интегрального показателя качества. Результаты оценки могут быть представлены как в количественной форме, так и в виде качественных утверждений (например, «соответствует», «не соответствует» или «соответствует частично»), определяющих соответствие значений рассчитанных количественных показателей требуемым значениям.

Для выбора номенклатуры метрик и моделей оценки качества и надежности в ПО может использоваться матричный подход [7]. Для метрик этот подход заключается в анализе доступности всей необходимой проектной и технической документации и определении состава параметров, которые могут быть реально получены. После этого, обращаясь к матрице выбора, определяется фактическое подмножество метрик, которые используются для оценки качества и надежности. Затем, в соответствии с методикой, описанной в [8], определяется достоверность полученных оценок, и, если она оказывается неудовлетворительной, формируется задание на предоставление дополнительной программной документации, а также применение или даже разработку необходимых инструментальных средств ее анализа. Такая обратная связь обеспечивает необходимое покрытие метриками всех оцениваемых свойств ПО, составляющих его качество.

Матричный подход при использовании МНПО применяется для решения задачи выбора таких моделей, чьи допущения соответствуют особенностям программного проекта [9].

Комплексирование результатов метричной и модельной оценок качества и надежности ПО. Как было отмечено выше, в качестве входных параметров при расчете наиболее часто используемых метрик надежности используются вероятностные показатели, которые могут быть определяемы с помощью моделей надежности ПО. В результате анализа нормативных документов [3, 4] сформирована матрица комплексирования входных параметров метрик с вероятностными показателями, рассчитываемыми с помощью МНПО, фрагмент которой представлен в табл. 1 (показатели МНПО: 1 – среднее время между отказами, МТТФ; 2 – функция риска, $z(t)$; 3 – прогнозируемое количество оставшихся в ПО дефектов, N ; 4 – вероятность безотказной работы ПО, $P(t)$). Символ «1» на пересечении i -й строки и j -го столбца

указывает на возможность комплексирования параметров для расчета j -й метрики с i -м показателем надежности, оцениваемым с помощью МРПО. Точно также некоторые группы метрик могут использоваться для обоснования выбора той или иной модели надежности и определения их параметров. Таким образом, процесс комплексирования метрик и моделей надежности ПО по входным и выходным параметрам может выполняться как в направлении «метрика->модель», так и в обратном направлении (рис. 2).

Таблица 1

Комплексирование показателей МНПО и метрик

	Метрика	Стандарт	Показатели МНПО			
			1	2	3	4
1	Уровень “чистоты” ПО	IEEE 982.1		1		
2	Количество остаточных дефектов	IEEE 982.1			1	
3	Тестовая достаточность	IEEE 982.1			1	
4	Тщательность тестирования	IEEE 982.1	1			
5	Надежность независимых процессов	IEEE 982.1				1
6	Системная готовность	IEEE 982.1		1		
7	Плотность скрытых дефектов	ISO 9126-2			1	
8	Устраняемость дефектов	ISO 9126-2			1	
9	Обнаруживаемость дефектов	ISO 9126-3			1	

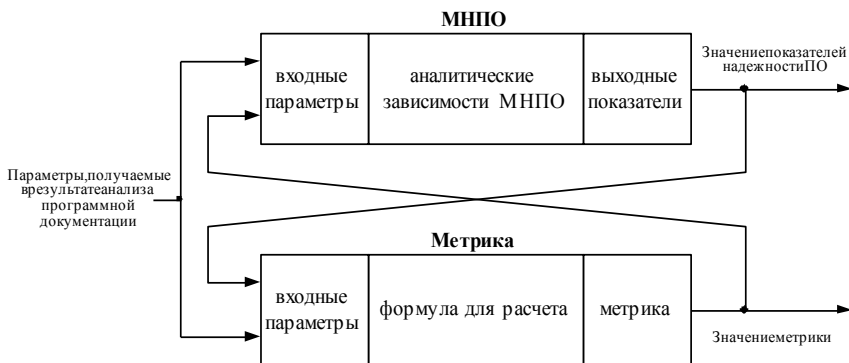


Рис. 2. Комплексирование метрик и МНПО

В случае, когда метричная и модельная оценки выполняются независимо, без комплексирования, некоторые из параметров, необходимых для расчета как метрик, так и моделей, могут оказаться недоступными, что непосредственно влияет на полноту оценки.

Таким образом, совместное применение и комплексирование метричного и модельного методов оценки качества и надежности ПО позволяет выполнить не только более полный анализ ПО, но и существенно повысить точность этой оценки.

Общий алгоритм оценки качества и надежности ПО. В соответ-

ствии с предлагаемым методом, а также с учетом результатов, полученных в [7, 9], опишем общий алгоритм оценки качества и надежности ПО.

1. Определить цели оценки качества и надежности ПО. Определить состав требований к качеству ПО (выполнить выбор свойств качества), подлежащих проверке (оценке) $MReq = \{Req_i\}$.

2. Осуществить выбор моделей надежности и метрик для оценки свойств качества ПО.

2.1. Выбор моделей надежности.

2.1.1. Выполнить анализ проектной и технической документации. Определить особенности ПО и процессов его разработки.

2.1.2. Из систематизированного множества допущений моделей определить подмножество фактических допущений $\alpha_{D \text{ факт}}$, учитывающих особенности ПО и процессов его разработки.

2.1.3. Используя отобранные допущения в качестве входов в матрицу допущений RD, определить единственную модель M_k или подмножество МНПО ΔMM , адекватных особенностям оцениваемого ПО.

2.2. Выбор метрик.

2.2.1. Сформировать модель метричной оценки качества и надежности ПО $EQM = (QM, MMet, PM)$, для чего выполнить профилирование модели качества и надежности ПО $QM = (MReq, R)$, а также определить множество используемых для оценки метрик $MMet = \{met_j\}$ и процедур преобразования PM.

2.2.2. Определить подмножество доступной проектной и технической документации MDoc'.

2.2.3. Табличным методом, используя матрицу соответствия метрик и программной документации MS, определить подмножество метрик MMet', которые могут быть реально рассчитаны для оценки свойств качества и надежности ПО.

3. Установить базовые значения или шкалы допусков для показателей надежности, метрик и интегральных показателей по свойствам и группам свойств качества ПО.

4. Выполнить расчет метрик и вероятностных показателей надежности с использованием МНПО.

4.1. Расчет показателей надежности с использованием МНПО.

4.1.1. Выполнить определение параметров моделей статистически-ми методами (метод максимального правдоподобия, метод наименьших квадратов, метод моментов и др.). Использовать для уточнения параметров результаты метрической оценки, в частности, значения метрик, ха-

рактизирующих объем и сложность ПО.

4.1.2. В соответствии с аналитическими выражениями модели выполнить расчет вероятностных показателей надежности ПО, используя статистические данные об обнаружении и исправлении дефектов ПО. Использовать инструментальные средства оценки.

4.2. Расчет метрик.

4.2.1. Выполнить определение параметров (оценочных элементов) метрик путем ручного просмотра технической и проектной документации, а также используя разнообразные инструментальные средства обработки документации, статического и динамического анализа ПО. Использовать для определения параметров наиболее сложных метрик значения вероятностных показателей надежности ПО.

4.2.2. В соответствии с аналитическими выражениями выполнить расчет метрик. Использовать инструментальные средства оценки.

4.2.3. Построить радиальные метрические диаграммы нижнего уровня свойств качества ПО.

4.2.3. Выполнить свертку радиальных метрических диаграмм в соответствии с иерархией свойств качества и получить интегральные оценки по свойствам и группам свойств качества.

5. Выполнить анализ результатов оценки.

5.1. Выполнить верификацию результатов.

5.1.1. Выполнить верификацию вероятностных показателей надежности, рассчитанных с использованием МНПО при помощи различных критериев согласия. При необходимости пересмотреть используемые допущения и выполнить повторный выбор моделей или синтезировать новую МНПО.

5.1.2. Выполнить анализ полноты и достоверности метрической оценки качества ПО. При необходимости определить номенклатуру дополнительных метрик и свойств качества, подлежащих оценке.

5.2. Сформировать заключение о степени качества и надежности ПО на основе сравнения полученных результатов с базовыми значениями и визуализированного анализа радиальных метрических диаграмм по свойствам и группам свойств качества.

Выводы. Направления дальнейших исследований. Предложен метод комплексной количественной оценки качества и надежности ПО, базирующийся на совместном использовании метрик и моделей. Результаты такой комплексной оценки способствуют принятию более эффективных управленческих решений, направленных на улучшение характеристик программного продукта и процесса его разработки. При проведении экспертизы и независимой верификации ПО предлагаемый метод позволяет повы-

сить полноту и достоверность оценки, которая используется для анализа соответствия ПО установленным требованиям технического задания и нормативных документов (нормативного профиля), а также принятия заключений по вопросам лицензирования и разрешительной деятельности.

Данный метод был применен для оценки надежности ПО информационно-вычислительной системы АЭС по результатам его тестирования, что позволило сделать вывод о необходимости проведения дополнительных проверок. Далее для повышения достоверности оценок в число анализируемых моделей с использованием данного метода могут быть включены байесовские модели. Метод комплексной метрико-модельной оценки целесообразно положить в основу разрабатываемых инструментальных средств проверки качества и надежности ПО, а также поддержки экспертизы и независимой верификации [8].

ЛИТЕРАТУРА

1. Харченко В.С., Скляр В.В., Тарасюк О.М. Анализ рисков аварий для ракетно-космической техники: эволюция причин и тенденций. // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. – Х.: НАКУ «ХАІ», – 2003. – Вип. 3. – С. 135 – 149.
2. ISO 14598-1 ISO/IEC 14598-1:1999. *Software Engineering – Product evaluation – Part 1: General overview*.
3. IEEE Std 982.1-1988. *IEEE Standard Dictionary of Measures to Produce Reliable Software*.
4. ISO/IEC TR 9126-2,3:2003. *Software Engineering – Product quality – Part 2, 3: External and internal metrics*.
5. Lyu M.R. (edit.). *Handbook of Software Reliability Engineering*, McGraw-Hill Company, 1996. – 805 p.
6. Полонников Р.И., Никандров А.В. *Методы оценки показателей надежности программного обеспечения*. – СПб.: Политехника, 1992. – 78 с.
7. Харченко В.С., Скляр В.В., Тарасюк О.М. Матрично-графовый метод выбора моделей роста надежности одноверсионных и многоверсионных программных средств // *Открытые информационные и компьютерные технологии*. Х.: НАКУ, 2002. – Вып. 11. – С. 65 – 85.
8. Харченко В.С., Тарасюк О.М. Оценка экспертизы программного обеспечения: показатели, методика и инструментальные средства // *Информационные технологии и безопасность*. – К.: НАНУ, ИПРИ, 2003. – Вып. 4. – С. 128 – 139.
9. Харченко В.С., Тарасюк О.М., Скляр В.В. О метрическом подходе к оценке качества и надежности программного обеспечения // *Системы обробки інформації*. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2002. – Вип. 6(22). – С. 342 – 345.

Поступила 30.12.2003

ТАРАСЮК Ольга Михайловна, аспирантка кафедры компьютерных систем и сетей

Национального аэрокосмического университета “ХАИ”. В 2001 году окончила Национальный аэрокосмический университет. Область научных интересов — методы и средства моделирования и оценки качества и надежности программного обеспечения.