

УДК 004.415.5

А.А. ГОРДЕЕВ

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина***УНИФИЦИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ВЕРИФИКАЦИИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ЗАСЕВА ДЕФЕКТОВ**

Проведен анализ методов засева дефектов программного обеспечения (ПО) при оценке качества его верификации. Предложена унифицированная модель засева дефектов, которая может быть применена на любом из этапов разработки ПО.

верификация ПО, засев дефектов, профилирование**Введение и постановка задачи**

Разработка ПО является сложным процессом, состоящим из ряда этапов, количество, номенклатура и содержание которых зависят от выбранной модели жизненного цикла (ЖЦ) ПО. Контроль качества реализации этапов разработки осуществляется при помощи их верификации. Верификация – подтверждение экспертизой и представлением объективных доказательств того, что конкретные требования полностью реализованы [1]. Качество ПО напрямую зависит от качества его верификации. Практика показывает, что одной из причин проявления дефектов в ПО систем контроля и управления АЭС, ракетно-космических систем является следствием недостаточного качества верификации и тестирования [2].

Существует ряд методов оценки процесса верификации. К ним относятся методы, основанные на засеве дефектов в ПО [3 – 5]. Анализ таких методов показал, что они имеют недостатки, связанные с тем, что, во-первых, засев дефектов используется только на этапе кодирования [3 – 5]; во-вторых, многие методы ориентированы на ПО одного типа, и не могут быть использованы при засеве дефектов в другой тип ПО [6].

Цель статьи. Разработка унифицированной модели оценки верификации ПО на основе засева дефектов. Унификация модели определяется ее типовой структурой независимо от этапа ЖЦ ПО, на

котором используется процедура засева с последующей ее детализацией, учитывающей особенности каждого этапа разработки.

Основные понятия и процедуры

Предлагаемая модель позволяет оценить верификацию ПО, проводимую внутренней службой качества (на рис. 1 процесс верификации обозначен V), или в рамках независимой верификации – экспертом или группой экспертов (рис. 1, представлена IV).

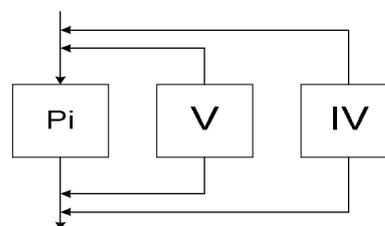


Рис. 1. Связь процессов верификации V и независимой верификации VI для этапа Pi разработки

Модель ориентирована на засев дефектов в ПО в процессе его разработки, т.е. до его выполнения [3].

Таксономия и профили дефектов. Для описания модели уточним ряд понятий. *Таксономия профиля дефектов (ТПД)* – взаимосвязанная иерархия типов дефектов. Она необходима для определения типов дефектов, в соответствии с которыми осуществляется засев. Для ее получения могут использоваться формальные операции над фасетно-иерархическими структурами (ФИС) [7, 8]. *Прогнозируемый профиль*

дефектов (ППД) – профиль дефектов, соответствующий таксономии профиля дефектов, отражающий абсолютное или относительное количество прогнозируемых дефектов в ПО по типам и формируемый на основе использования моделей прогноза дефектов ПО. Он необходим для прогноза количества потенциальных дефектов в ПО. *Засаеваемый профиль дефектов (ЗПД)* – профиль дефектов, являющийся частью прогнозируемого профиля дефектов, отличающийся от него меньшим количеством дефектов по типам и содержащий в себе конкретные дефекты для засева. ЗПД определяет номенклатуру и количество дефектов, необходимых для засева. *Профиль обнаруженных дефектов (ПОД)* – профиль дефектов, формируемый по результатам тестирования и верификации. ПОД необходим для представления всех дефектов, которые были обнаружены в результате тестирования и верификации. *Профиль высеянных дефектов (ПВД)* – профиль дефектов, являющийся подмножеством засеваемого профиля дефектов и формируемый по результатам тестирования и верификации ПО. ПВД предназначен для определения дефектов, которые были засеяны и обнаружены в результате тестирования и верификации. *Профиль собственных дефектов (ПСД)* – профиль дефектов, формируемый по результатам тестирования и верификации, и включающий дефекты не входящие в ЗПД. Он необходим для определения дефектов, которые не были засеяны искусственным образом, а внесены разработчиками. *Профиль не высеянных дефектов (ПНВД)* – профиль дефектов, являющийся подмножеством ЗПД и включающий в себя дефекты, которые не были обнаружены в ходе тестирования и верификации. Элементы профиля дефектов представлены на рис. 2, где t_i – i -й тип дефектов ПО; N_{t_i} – количество дефектов типа t_i .

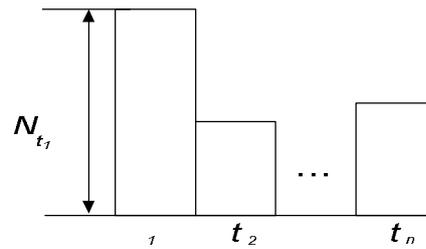


Рис. 2. Обозначения элементов профиля дефектов
Базовые процедуры. Предлагаемая модель оценки состоит из процедур прогноза дефектов, засева, тестирования и верификации, посева и анализа полученных результатов. Взаимосвязь процедур и последовательность их выполнения представлена на рис. 3. Процедуры прогноза, засева, посева и анализа полученных результатов как правило проводятся экспертами в рамках независимой верификации, а процедура верификации и тестирования – внутренней службой качества фирмы, разрабатывающей ПО. В данной статье предполагается, что независимая верификация выполняется поэтапно в процессе разработки ПО. В тоже время этапы и организация независимой верификации не являются принципиальными для предлагаемой модели.

Элементы модели

Процедура прогноза. Процедура прогноза решает задачу прогнозирования количества потенциальных дефектов в ПО и формирования ППД.

Входные данные определяются видом (структурой) ТПД, сформированной экспертом на основе формальных операций над ФИС [5, 6] и ПО (продукт i -го этапа) (рис. 3). ТПД определяет информацию о типах дефектов, которые могут потенциально содержаться в ПО. На первом этапе процедуры осуществляется формирование ППД. Он по типам должен совпадать с ТПД (рис. 4), а количество дефектов по типам прогнозируется на основе моделей прогноза дефектов в ПО или статистических данных, полученных в результате тестирования и верификации аналогичных проектов.

Моделі прогноза дефектів застосовуються тільки тоді, коли відомі всі вихідні дані для прогнозування кількості дефектів ПО. В протилежному ж випадку, коли відомі всі або частинні вихідні дані для розрахунку потенційних дефектів, використовуються статистичні дані о

дефектах, отримані при тестуванні і верифікації ПО. В даній статті моделі прогноза не розглядаються. На наступному етапі процедури прогноза відбувається формування ЗПД.

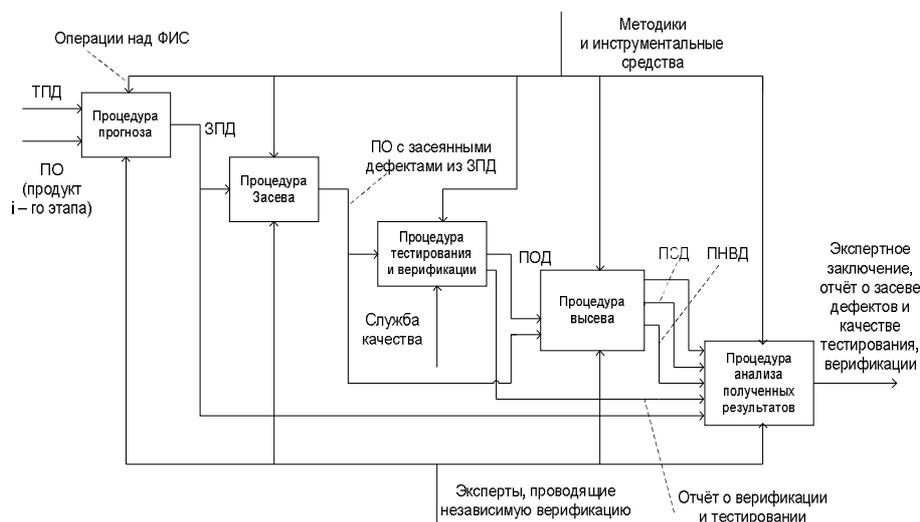


Рис. 3. Взаємозв'язок і послідовність виконання процедур оцінки верифікації

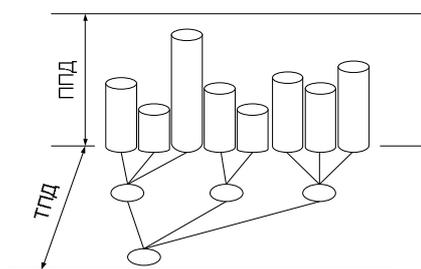


Рис. 4. Св'язь ТГД з ППД

По типам дефектів він повинен відповідати ППД, а по числу дефектів ППД і ЗПД повинні відрізнятися, так як засів прогнозованого числа дефектів в ПО являється складною задачею і вимагає як часових, так і людських витрат. В зв'язі з цим реально засіваються тільки частинні дефекти з ППД. Число дефектів в ЗПД по типах визначається експертом, проводячим незалежну верифікацію.

Процедура засіва. Процедура засіва вирішує задачу безпосереднього розміщення дефекта в ПО. Засів здійснюється на основі методики, визначає місце дефектів в ПО виходячи з етапу розробки [9,10]. В даній статті такі методики засіва дефектів не розглядаються.

Процедура тестування і верифікації. Ця процедура вирішує задачі тестування і верифікації ПО, що містить засеяні дефекти і повинна здійснюватися в рамках проведення планового тестування і верифікації при переході до наступного етапу розробки. Слід відзначити, що в час цих процесів спеціалісти (проводячі верифікацію або тестування) не повинні знати про дефекти, засеяні на даному етапі розробки. В протилежному випадку, це призведе до зниження достовірності результатів оцінки якості тестування і верифікації. Всі дефекти, виявлені при тестуванні і верифікації, повинні бути зафіксовані і увійти в ПОД. Вони формуються експертами, проводячими незалежну верифікацію ПО. Дефекти, які були виявлені при цьому повинні бути усунути розробниками при налагодженні незалежно від того, являються ли дефекти засеянними або власними дефектами ПО.

Процедура висіва дефектів. Данна

процедура решать задачи, связанные с формированием ПВД, ПСД, ПНВД и высевом дефектов, соответствующих ПНВД. Высев дефектов осуществляет эксперт в рамках проведения независимой верификации.

На первом этапе процедуры экспертами осуществляется формирование ПВД, ПСД и ПНВД. Для их описания введены следующие обозначения: T – множество типов дефектов в профиле $T = \{t_1, \dots, t_n\}$; N – общее количество дефектов в профиле, $N = N_{t_1} + \dots + N_{t_n}$; D – множество дефектов в соответствующем профиле ($D^{ПВД}$, $D^{ПСД}$, $D^{ПНВД}$, $D^{ЗПД}$, $D^{ПОД}$, $D^{ППД}$), $D^j = \{d_1^j, \dots, d_n^j\}$, где j указывает тип профиля.

Профили дефектов ПО, сформированные в компоненте высева дефектов, представляются следующим образом:

– профиль высеянных дефектов формируется путем пересечения множеств $D^{ЗПД}$ и $D^{ПОД}$, т.е. $D^{ПВД} = D^{ЗПД} \cap D^{ПОД}$;

– профиль собственных дефектов формируется как разность множеств $D^{ПОД}$ и $D^{ЗПД}$, $D^{ПСД} = D^{ПОД} \setminus D^{ЗПД}$;

– профиль невысеянных дефектов формируется на основе разности множеств $D^{ЗПД}$ и $D^{ПОД}$, $D^{ПНВД} = D^{ЗПД} \setminus D^{ПОД}$.

На следующем шаге данной процедуры

осуществляется высев дефектов, не обнаруженных при тестировании и верификации. Данная операция проводится с использованием методики высева, учитывающей особенности этапа разработки ПО.

Процедура анализа полученных результатов.

Определим профиль дефектов ОПД. Он состоит из дефектов ППД и ЗПД, т.е. $D^{ОПД} = D^{ЗПД} \cup D^{ППД}$. Следует отметить, что элементы множеств $D^{ОПД}$ и $D^{ЗПД}$ не должны пересекаться, т.е. $D^{ЗПД} \cap D^{ППД} = \emptyset$. Этап сравнения ОПД и ПОД заключается в их сравнении, осуществляемом по критерию совпадения типов дефектов и количеству дефектов по типам. Это дает информацию о качестве формирования профиля засеваемых дефектов, верификации (тестировании), прогнозировании количества дефектов в ПО. На рис. 5 изображены возможные варианты, получаемые при формировании ПОД. Данные варианты учитывают различные комбинации превышения и/или занижения дефектов как количеству, так и по типам.

Последним этапом в процедуре анализа полученных результатов является формирование экспертного заключения [11] и отчета о засевах дефектов и качестве тестирования и верификации, который должен содержать: данные про все профили дефектов; информацию, подтверждающую высев всех засеянных дефектов на основе осуществления оценки качества верификации.

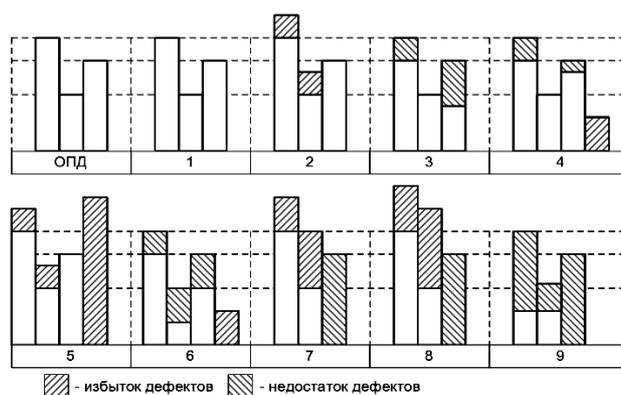


Рис. 5. Варианты профилей обнаруженных дефектов после проведения тестирования и верификации

Выводы и направления дальнейших исследований

В данной статье предложена унифицированная модель оценки тестирования и верификации на основе засева дефектов ПО, которая может быть использована на любом из этапов разработки ПО. Дальнейшие направления развития модели должны быть связаны с анализом моделей прогноза потенциальных дефектов ПО и методик их засева. Кроме того, предложенная процедура должна быть дополнена методиками определения показателей качества верификации ПО.

Следует отметить, что на основе засева дефектов могут также решаться задачи, связанные с оценкой механизмов отказоустойчивости, обеспечивающих надежность ПО; обнаружением скрытых дефектов в ПО, которые трудно выявляются в результате тестирования, так как их проявление зависит от специфических условий. В связи с этим, на основе рассмотренной модели могут быть разработаны инструментальные средства, позволяющие оказать помощь экспертам и тестировщикам при решении описанных выше задач.

Литература

1. ДСТУ 3918-1999 (ISO/IEC 12207) Інформаційні технології. Процеси життєвого циклу програмного забезпечення. – Введ. 1.07.2000. – К.: Держстандарт України, 2000. – 49 с.
2. 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. – 2003. – № 3. – С. 135-149.
3. Mei-Chen Hsueh, Timothy K. Tsai, Ravishankar K. Iyer. Fault Injection Techniques and Tools // IEEE. – April, 1997. – P. 75-82.
4. Clark J.A., Pradhan D.K. Fault Injection: A

Method for Validating Computing-System Dependability // Computer. – June, 1995. – P. 47-56.

5. Arlat J., Crouzet Y., Laprie J.C. Fault Injection for Dependability Validation of Fault-Tolerant Computer Systems // Proc. 19th Ann. Int'l Symp. Fault-Tolerant Computing, IEEE CS Press, Los Alamitos, Calif., 1989. – P. 348-355.

6. Looker N., Xu J. Assessing the Dependability of OGSA Middleware by Fault Injection // Proc. of the Symp. on Reliable Distri. Systems, 2003. – P. 293-302.

7. Гордеев А.А., Харченко В.С. Формирование профилей дефектов ПО с использованием операций объединения такономических структур // Вісник ХНТУ СГ ім. П. Василенка “Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України”. – Х.: ХНТУ, 2005. – Вип. 37, т. 2. – С. 226-230.

8. Харченко В., Гордеев А. Фасетно-иерархические структуры в задачах оценки качества программных систем // 8 міжн. конф. “Контроль і управління в складних системах (КУСС-2005)”: Тези доп. – Вінниця: Вінницькій нац. техн. у-т, 2005. – С. 126.

9. Dawson S., Jahanian F., Mitton T. Orchestra: A fault injection environment for distributed systems // Proc. 26th Int. Symp. on Fault-Tolerant Computing (FTCS), Sendai, Japan, June, 1996. – P. 404-414.

10. FIAT – Fault Injection Based Automated Testing Environment / Z. Segall, D. Vrsalovic, D. Siewiorek, D. Yaskin, etc // Proceedings Int. Symp. Fault-Tolerant Computing, FTCS-18, IEEE Computer Society, Jun, 1988. – P. 102-107.

11. IEC 880, Software for Computers in the Safety Systems of Nuclear Power Stations (IEC, 1986).

Поступила в редакцию 17.02.2006

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.С. Харченко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.