

УДК 004.056:004.77

Е.И. НЕТКАЧЁВА*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Украина***ПРОГНОЗ КОЛИЧЕСТВА ДЕФЕКТОВ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ТЕСТИРОВАНИЯ**

Рассмотрен подход к прогнозированию количества дефектов, имеющихся в программном обеспечении, работающий на основании данных, полученных от множества тестиروщиков. Предложено развитие данного метода, выполненное с целью улучшения оценки при малом количестве тестиروщиков. Проведено моделирование представленного метода и сравнение результатов, полученных различными методами. Предложенный метод целесообразно использовать при анализе программных продуктов небольшой командой тестирования, с максимально возможным количеством обнаруженных дефектов в отчете каждого тестирующего.

Ключевые слова: прогноз количества дефектов, тестирование, моделирование

Введение

Качество программного обеспечения – это совокупность свойств, обуславливающих его пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с назначением [1]. На качество конечного продукта влияют различные показатели, одним из которых является количество дефектов, содержащихся в продукте. Под дефектом понимается любое несоответствие версии требованиям спецификации и отклонение от установленных для проекта стандартов качества. Оценка количества дефектов, имеющихся в ПО, является важной задачей, различные техники и подходы к такой оценке описаны в работах [2 – 5]. В данной работе рассматривается подход, основанный на модели Линкольна-Петерсона, которая была адаптирована к компьютерной области для оценки количества дефектов [6, 7] и модифицирована для использования при работе множества тестирущиков [8]. Работа состоит из трех разделов. В разделе 1 описана суть подхода и организация процесса поиска дефектов ПО, в разделе 2 автором предложено развитие метода оценки, выполненное с целью улучшения прогнозов, в разделе 3 проведено моделирование результатов, полученных различными методами и в заключении работы представлены выводы, рекомендации и направления дальнейших исследований.

**Организация процесса
поиска дефектов и оригинальный
метод оценки**

С целью анализа программного продукта и оценки имеющихся в нем уязвимостей команда из нескольких тестирущиков проводит внутреннее

тестирование и поиск дефектов. Каждый тестирущик составляет отчет, включающий множество найденных им дефектов R_i , где i – номер, определяющий этого тестирущика. Предположим, всего тестирущиками было найдено множество дефектов

$$R = R_1 \cup R_2 \cup \dots \cup R_n,$$

из них V уязвимостей оказались уникальными, а множество R_{overlap} уязвимостей были найдены двумя или более тестирущиками. Тогда можно применить базовую модель Линкольна-Петерсона, которая была адаптирована к компьютерной области для оценки количества дефектов и модифицирована для использования при нескольких тестирущиках и рассчитать количество N имеющихся в продукте уязвимостей по следующей формуле:

$$N = V \frac{|R|}{|R_{\text{overlap}}|}, \quad (1)$$

где R – множество дефектов, найденных всеми тестирущиками,

R_{overlap} – множество дефектов, обнаруженных двумя или более тестирущиками,

V – количество уникальных найденных дефектов.

Указанная формула является корректной при следующих допущениях:

- вероятность обнаружения всех дефектов одинакова и не зависит от тестирущика,
- все дефекты независимы,
- устранение обнаруженных дефектов не добавляет новых дефектов в исследуемый продукт.

Развитие метода оценки

Практика показала, что представленная в разделе 1 формула для оценки количества дефектов ПО

даёт не очень корректный результат при малом количестве тестируемых, что довольно часто встречается в программной индустрии. Поэтому предлагается модифицировать указанную формулу для ситуаций, когда тестирование проводит небольшая команда из 2-3 человек и вовлечение в процесс большого количества тестируемых не предполагается.

Будем опираться на ту же базовую модель Линкольна-Петерсона и использовать те же самые допущения, относящиеся к дефектам ПО. Пусть поиск дефектов проводится n тестирующими и каждый из них представляет результат в виде отчета, содержащего множество найденных им дефектов R_i , где i – порядковый номер тестирующего. Тогда, обрабатывая отчеты последовательно, в каждом текущем результате, будем считать известными уязвимости, предоставленные всеми предыдущими тестирующими, а новыми – остальные дефекты, найденные текущим тестирующим и не являющиеся известными. Математическое представление такой последовательной обработки результатов в рамках базовой модели на основании формулы (1) будет выглядеть следующим образом:

При работе двух тестируемых:

$$\frac{N}{|R_1|} = \frac{|R_2|}{|R_1 \cap R_2|},$$

где R_2 – множество дефектов, найденных вторым тестирующим,

$R_1 \cap R_2$ – множество одинаковых дефектов, найденных обоими тестирующими,

N – общее количество существующих дефектов в продукте.

Аналогично, при введении в работу третьего тестируемого имеем следующее выражение:

$$\frac{N}{|R_1 \cup R_2|} = \frac{|R_3|}{|(R_1 \cup R_2) \cap R_3|}.$$

При добавлении четвертого тестируемого выражение:

$$\frac{N}{|R_1 \cup R_2 \cup R_3|} = \frac{R_4}{|(R_1 \cup R_2 \cup R_3) \cap R_4|} \text{ и т.п.}$$

Для произвольного n -го задействованного в поиске тестируемого, выражение имеет следующий вид:

$$\frac{N}{\left| \bigcup_{i=1}^{n-1} R_i \right|} = \frac{|R_n|}{\left| \bigcup_{i=1}^{n-1} R_i \cap R_n \right|}. \quad (2)$$

Обобщая выражение (2) для учета работы произвольного тестируемого q , получаем следующее отношение:

$$\frac{N}{\left| \bigcup_{i=1, i \neq q}^n R_i \right|} = \frac{|R_q|}{\left| \bigcup_{i=1, i \neq q}^n R_i \cap R_q \right|}.$$

Соответственно, выражение для расчета общего количества имеющихся в продукте дефектов приобретает вид:

$$N = \frac{|R_q| \cdot \left| \bigcup_{i=1, i \neq q}^n R_i \right|}{\left| \bigcup_{i=1, i \neq q}^n R_i \cap R_q \right|}, \quad (3)$$

где n – общее количество задействованных тестируемых,

q, i – номера тестируемых, $q \in [1; n], i \in [1; n]$,

R_q – множество дефектов, обнаруженных q -м тестирующим,

R_i – множество дефектов, обнаруженных i -м тестирующим.

Использование дополнительного индекса q необходимо для того, чтобы исключить влияние порядка обработки результатов, полученных от тестируемых, а также влияние и количества дефектов, найденных каждым конкретным тестирующим. Для вычисления общего результата существующих в продукте дефектов и уязвимостей, необходимо составить пересечение множеств дефектов, найденных всеми задействованными тестирующими, кроме текущего рассматриваемого тестируемого q , используя формулу (3), и найти среднее арифметическое выражение. Данное выражение имеет вид:

$$N = \sum_{q=1}^n \frac{|R_q| \cdot \left| \bigcup_{i=1, i \neq q}^n R_i \right|}{\left| \bigcup_{i=1, i \neq q}^n R_i \cap R_q \right|} \cdot n. \quad (4)$$

где n – количество задействованных тестируемых.

Принимая во внимание допущения, что все дефекты независимы и при устранении обнаруженных дефектов, новые дефекты не вносятся, возможно также предсказать количество оставшихся в продукте дефектов, которые предстоит обнаружить в будущем:

$$N_{\text{ост}} = N - \left| \bigcup_{i=1}^n R_i \right|$$

или с использованием (4):

$$N_{\text{ост}} = \sum_{q=1}^n \frac{|R_q| \cdot \left| \bigcup_{i=1, i \neq q}^n R_i \right|}{\left| \bigcup_{i=1, i \neq q}^n R_i \cap R_q \right|} \cdot n - \left| \bigcup_{i=1}^n R_i \right| + \left| \bigcap_{i=1}^n R_i \right|. \quad (5)$$

Таким образом, выражения (4) и (5) могут быть использованы соответственно для расчета результирующего и прогноза остаточного количества существующих дефектов и уязвимостей в исследуемом ПО.

Моделирование прогнозов, выполненных различными методами

С целью апробации и подтверждения корректности выведенной формулы и сравнения её с формулой (1) было проведено моделирование. Модели-

ровалась работа различного количества тестирующих Т со случайной выборкой уязвимостей из общего числа имеющихся в исследуемом продукте уязвимостей, фиксировано заданных в количестве 1000 штук. Затем проводились операции работы над множествами для определения объединений и пересечений множеств, составленных виртуальными тестирующими, после чего производился расчет и сравнение количества общего числа уязвимостей в продукте по двум формулам (1) и (4). Результат моделирования представлен на рис. 1.

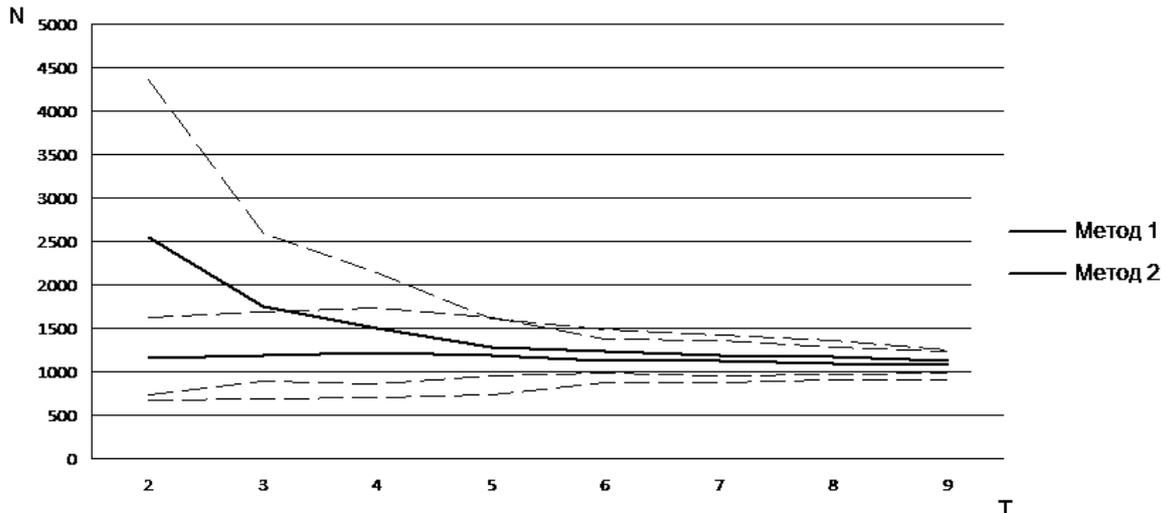


Рис. 1. Моделирование результатов работы двух методов с различным количеством тестирующих

На представленном графике показаны результаты предсказания, выполненные первым методом, представленным выражением (1), и результаты предсказания, полученные с использованием предлагаемого метода, представленного формулой (4). Пунктирными линиями обозначены разбросы предсказанных значений (среднеквадратическое отклонение).

Полученные графики показывают, что предложенный метод позволяет получить более корректные результаты предсказания при небольшом количестве тестирующих (2-5 чел.), в то время как первый метод предсказания при таких условиях является неприемлемым и выдает некорректный результат из-за большого разброса значений (до 180% и выше). При увеличении количества тестирующих предсказания обоих методов становятся достаточно похожими и близкими к истинному заданному значению в 1000 уязвимостей (разброс предсказанных значений составляет 7% и менее).

Представленное выше моделирование прогноза уязвимостей в ПО проводилось без учета количества дефектов, найденного каждым из тестирующих, используя допущение, что все тестирующие обнаружили равное количество дефектов.

При проведении подобного анализа с учетом

количества дефектов в отчете о тестировании, представленного каждым тестирующим, получится походящий результат. Однако следует отметить, что в этом случае будет получен неверный, существенно завышенный прогноз количества дефектов, при малом количестве дефектов, найденных каждым отдельным тестирующим. Такой результат является недостатком самой базовой модели Линкольна-Петерсона, использованной при расчетах. При отсутствии пересечения множеств дефектов, найденных разными тестирующими, количество существующих в продукте дефектов представляется очень большим и результаты прогнозов устремляются в бесконечность. Однако, если тестирующие продолжают исследование и смогут обнаружить большее количество дефектов, часть из которых будут одинаковыми, появятся пересечения множеств, что соответственно приведет к более точному прогнозу количества дефектов, присутствующих в продукте.

Заключение

В данной статье был рассмотрен подход к прогнозированию числа дефектов, имеющихся в ПО, на основании данных, полученных по результатам тестирования. Предложено развитие метода оценки, которое

позволяє улучшити точність прогнозів при невеликому числі тестувальників, проведено моделювання роботи і порівняння різних методів. Представлений метод цілорозумно використовувати при аналізі програмних продуктів невеликою командою тестування, з максимально можливим числом виявлених дефектів в звіті кожного тестувальника. Далішні дослідження передбачається направити на аналіз і модифікацію інших методів оцінки з метою їх спільного комплексного використання з представленим методом, що дозволить робити найбільш точні прогнози числа і характеру дефектів в різних програмних продуктах.

Література

1. Скляр, В.В. Оцінка якості і експертиза програмного забезпечення. Лекційний матеріал / під ред. В.С. Харченко [Текст] / В.В. Скляр. – Міністерство освіти і науки України, Національний аерокосмічний університет ім. Н.Е. Жуковського «ХАІ», 2008. – 204 с.
2. Frederick, M. Using defect tracking and analysis to improve software quality [Text] / M. Frederick. –

University of Maryland, June 1999.

3. Florac, W.A. Software Quality Measurement: A Framework for Counting Problems and Defects. [Electronic resource] / W.A. Florac. – Url: <http://www.sei.cmu.edu/library/abstracts/reports/92tr022.cfm>. – 12.03.2012..

4. On the effectiveness of early life cycle defect prediction with Bayesian. [Text] / N. Fenton, M. Neil, W. Marsh, P. Hearty, L. Radliński, P. Krause // Nets Empirical Software Engineering. – Oct. 2008. – Vol. 13, No. 5. – P. 499 – 537.

5. Gaffney, J.A. Process and Tool for Improved Software Defect Analysis and Quality Management. [Text] / J. Gaffney, W. Roberts, R.A. DiLorio // Software Technology Conference Proc, May, 1997.

6. McConnell, S. Software Project Survival Guide. [Text] / S. McConnell. – WA: Microsoft Press, 1998.

7. Mills, H.D. On the Statistical Validation of Computer Programs. [Text] / H. D. Mills. – IBM FSD Report, July 1970.

8. Adelard, LLP. Report on the application of safety techniques to security. [Text] / LLP. Adelard - Part 2 - Quantitative modeling Produced, 2010.

Поступила в редакцію 12.03.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І.А. Жуков, Національний авіаційний університет, Київ, Україна.

ПРОГНОЗ КІЛЬКОСТІ ДЕФЕКТІВ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ТЕСТУВАННЯ

К.І. Неткачова

Розглянуто метод оцінки кількості дефектів у програмному забезпеченні, працюючий на підставі даних від багатьох тестувальників. Запропоновано розвиток цього методу, виконаний з метою поліпшення оцінки при малій кількості тестувальників. Проведено моделювання та порівняння результатів, отриманих різними методами. Запропонований метод доцільно використовувати при аналізі програмних продуктів невеликою командою тестування, з максимально можливою кількістю виявлених дефектів в звіті кожного тестувальника.

Ключові слова: прогноз кількості дефектів, тестування, моделювання.

PREDICTING THE NUMBER OF SOFTWARE DEFECTS BASED ON TESTING RESULTS

K.I. Netkachova

A method for estimating the number of software defects with multiple testers involved is presented. Further development of this method is proposed to improve prediction results in cases where there are few testers. Both methods are simulated to validate and compare the results. The proposed method should be used in the analysis of a small team of software testing, with the largest possible number of defects found in the report of each tester.

Keywords: predicting the number of defects, testing, simulation.

Неткачова Катерина Игоревна – асистент кафедри комп'ютерних систем і мереж, Тавричеський національний університет ім. В.І. Вернадського, Симферополь, АРК, Україна, e-mail: kate.simferopol@gmail.com.