

УДК 004.519.217

А.А. Руденко¹, Е.Б. Одарущенко¹, О.Н. Одарущенко²¹Полтавський національний технічний університет імені Ю. Кондратюка, Полтава²Научно-виробниче підприємство «Радікс», Кіровоград

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ С УЧЕТОМ ВТОРИЧНЫХ ДЕФЕКТОВ

В статье проанализированы существующие подходы к оценке надежности программных средств, в которых учитывается фактор вторичных дефектов. Рассмотрены подготовительные этапы создания информационной технологии для оценки надежности программных средств с учетом вторичных дефектов. Рассмотрены методы, лежащие в основе информационной технологии – метод оценки числа вторичных дефектов по статистическим данным дефектов и метод вычисления средней интенсивности проявления вторичных дефектов.

Ключевые слова: программное средство, вторичный дефект, информационная технология, надежность, модифицированная модель оценки надежности программных средств Джеллинского-Моранды, интенсивность проявления дефектов программных средств.

Введение

На современном этапе построения программно-технических комплексов (ПТК) перед разработчиками наряду с задачей обеспечения их высокой надежности стоит задача более точной оценки надежности программных средств (ПС), реализуемых при их разработке и верификации. Для ПТК критического применения, функционирующих в энергогенерирующих системах, воздушном и наземном транспорте и других критических областях недостаточная оценка надежности ПС, относительно ее реального состояния, связана с рисками оценки уровня функциональной безопасности, и следовательно возможными катастрофическими последствиями в ходе эксплуатации систем. Недооценка или переоценка надежности ПС связана с возможными рисками дополнительных финансовых и временных затрат на разработку и эксплуатацию систем. Требования к оценке надежности и функциональной безопасности ПТК регламентируются международным стандартом Standard IEC 61508: 2010, "Functional Safety of Electrical /Electronic/ Programmable Electronic Safety-Related Systems". Для оценки надежности ПС используется разработанное множество математических моделей, которые классифицируются по ряду признаков [1] и содержащие требуемый для оценки надежности ПС параметр.

Вопросам оценки надежности ПС посвящены многочисленные работы отечественных и зарубежных ученых [2-4]. В результате появились алгоритмы и модели оценки надежности ПС (МНПС, далее для краткости - модели). Тем не менее при оценке надежности не учитывается фактор вторичных дефектов – дефектов, которые вносятся в процессе устранения обнаруженных (первичных) дефектов.

1. Формулировка задачи

Первоочередной задачей при выборе моделей из множества есть задача нахождения оптимального соотношения между системой допущений соответствующей модели и сложностью математической оценки ее параметров. Увеличение числа допущений упрощает модель, снижает точность оцениваемых параметров и показателей. И наоборот, уменьшение числа допущений усложняет математический аппарат модели, что приводит к значительным вычислительным затруднениям и росту затрат в ходе процесса оценивания.

Среди допущений моделей достаточно часто встречается следующее: «Дефекты ПС постоянно корректируются без внесения новых» (модель Джеллинского-Моранды, простая экспоненциальная модель, модель Шика-Уолвертона и др.) или данное допущение отсутствует вообще (модель Липова, геометрические модели, модель Шнайдевинда и др.) [1]. Однако фактотсутствия внесения новых дефектов ПС в процессе устранения обнаруженных противоречит выводам экспертов и ряду источников [5-7].

2. Анализ существующих подходов

Существует два подхода к учету вторичных дефектов.

В основу первого подхода положены исследования, направленные на описание физической природы вторичных дефектов [7-9]. На основе концепции о равновесии между динамической информационной системой и предметной областью, разработаны основы теории динамики программных систем, как нового подхода к оценке надежности ПС с учетом влияния вторичных дефектов. Динамика программных систем отличается от существующей тео-

ри надежности программного обеспечения тем, что базируется на общей теории динамики систем, а не на теории вероятностей, и рассматривает процессы проявления дефектов в ПС не как случайный процесс, а как результат действия детерминированных потоков дефектов.

Второй подход базируется на модификации существующих моделей путем внесения в математические формулы моделей параметров определяющих вторичные дефекты, причем эти параметры характеризуют количественные [10] или вероятностные показатели [11].

Цель статьи – представить функциональную модель разработанной информационной технологии оценивания надежности ПС с учетом вторичных дефектов, в основу разработки которой положен второй подход.

3. Методы информационной технологии оценки надежности программных средств

Информационная технология оценки надежности ПС разработана на основе комплексного использования двух методов преобразования информации – метода оценки числа вторичных дефектов по статистическим данным и метода вычисления средней интенсивности проявления дефектов и среднего изменения интенсивности проявления дефектов с учетом фактора вторичных дефектов (рис. 1) [12-14].

Общая функциональная модель ИТ представлена на рис. 1 в виде IDEF0-диаграммы. На рисунках 2 и 3 приведено подробное описание реализации метода оценки числа вторичных дефектов по статистическим данным выявленных дефектов ПС (рис. 1, активность А2) и метода вычисления средней интенсивности проявления дефектов и среднего изменения интенсивности проявления дефектов с учетом фактора вторичных дефектов (рис. 1, активность А3).

Рассмотрим основные активности и этапы активностей реализации разработанной информационной технологии, включая подготовительные.

А1. Проводится анализ технической документации. Определяются требования к надежности ПС и ПТК в целом. Проводится тестирование ПС.

Результатом активности есть полученная статистика числа дефектов.

А2. Оценка числа вторичных дефектов с помощью сравнения статистических данных и параметров линии регрессии, построенной по ним (рис. 2).

Исходными данными есть статистика числа дефектов, которая содержит количественные показатели дефектов за равные промежутки времени.

Этап 1. По статистическим данным строится корреляционное поле, эмпирическим путем определяется вид линии регрессии, находится уравнение

линии регрессии, определяющее зависимость среднего числа дефектов от времени.

Этап 2. Оценка числа вторичных дефектов осуществляется по формуле (для случая обратно пропорциональной зависимости числа дефектов от времени, которая встречается наиболее часто)

$$n^{BH} = \left[\left| y - a - \frac{b}{x} \right| - \frac{1}{n+1-x} y y \right], \quad (1)$$

где y – опытное число обнаруженных дефектов за интервал времени, x – порядковый номер интервала времени, a , b – коэффициенты уравнения линии регрессии $y = a + \frac{b}{x}$, n – число интервалов времени,

y_y – среднее квадратическое отклонение по y , n^{BH} – искомая величина отклонения, которая характеризует число вторичных дефектов ($n^{BH} \geq 0$).

Коэффициент $\frac{1}{n+1-x}$ характеризует тот факт,

что на начальных этапах тестирования (эксплуатации) программного обеспечения возможность внесения дефекта больше.

Кроме того, следует учитывать факт отсутствия внесения дефектов, как правило, на последних интервалах тестирования (эксплуатации) программного обеспечения, в случае получения соответствующего значения n^{BH} , если теоретическое значение, полученное на основании линии регрессии больше соответствующего эмпирического.

Результатом выполнения активности есть число вторичных дефектов на временных интервалах.

А3. Метод вычисления средней интенсивности проявления вторичных дефектов и среднего изменения интенсивности проявления дефектов содержит следующую последовательность действий (рис. 3).

Этап 1. Определяются параметры модели (для МНПС Джелинского-Моранды, использование которой наиболее оптимально из соображений адекватности и уровня сложности математического аппарата [14], таковыми являются K – коэффициент пропорциональности, B – начальное (неизвестное) число дефектов в программе).

Этап 2. В функцию риска модели вносятся полученные на предыдущем этапе количественные показатели вторичных дефектов (что есть сутью модификаций моделей вместе со снятием допущения о невозможности внесения дефектов в процессе устранения обнаруженных).

Этап 3. Вычисляется интенсивность проявления дефектов на каждом временном интервале.

Этап 4. Вычисляется изменение интенсивности проявления дефектов на каждом временном интервале (кроме первого) путем нахождения модуля разности показателей интенсивности проявления дефектов соседних временных интервалов.

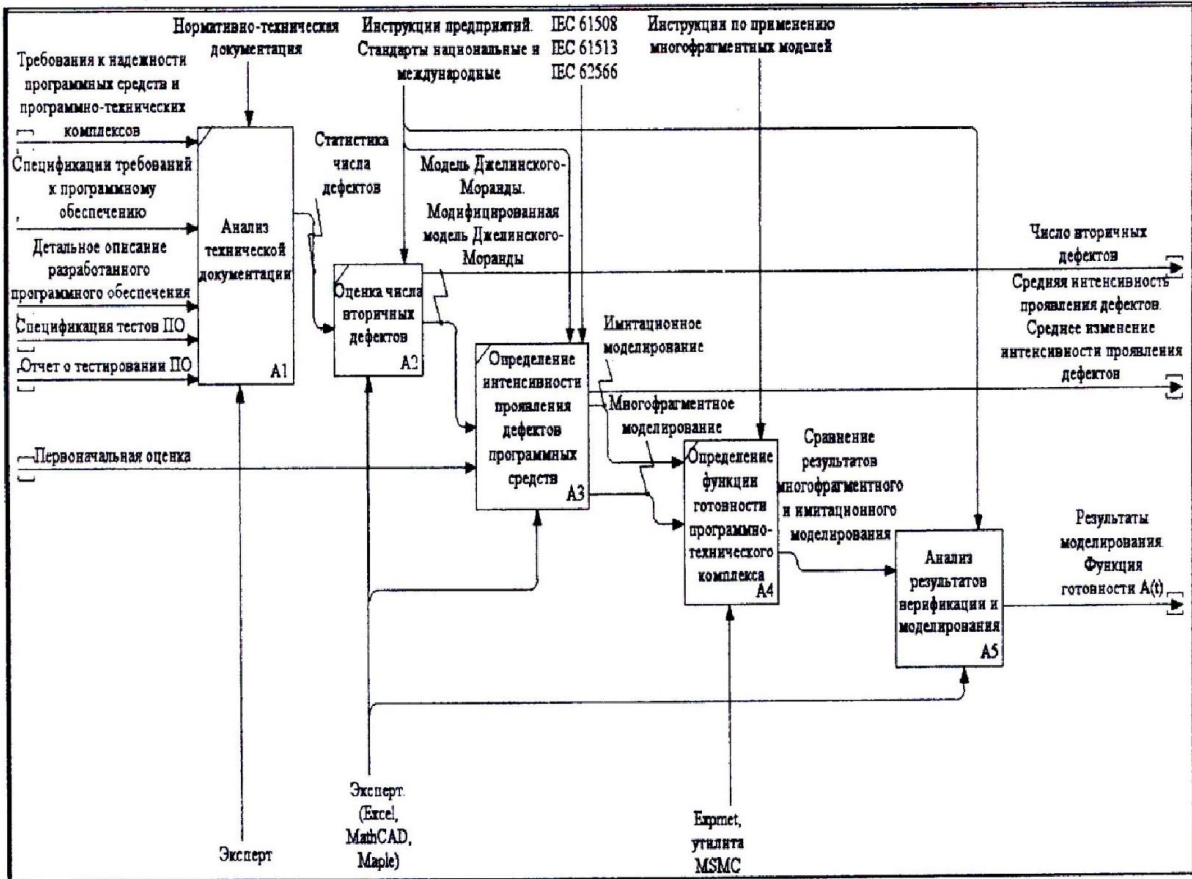


Рис. 1. IDEF0-диаграмма информационной технологии оценки надежности программных средств с учетом вторичных дефектов

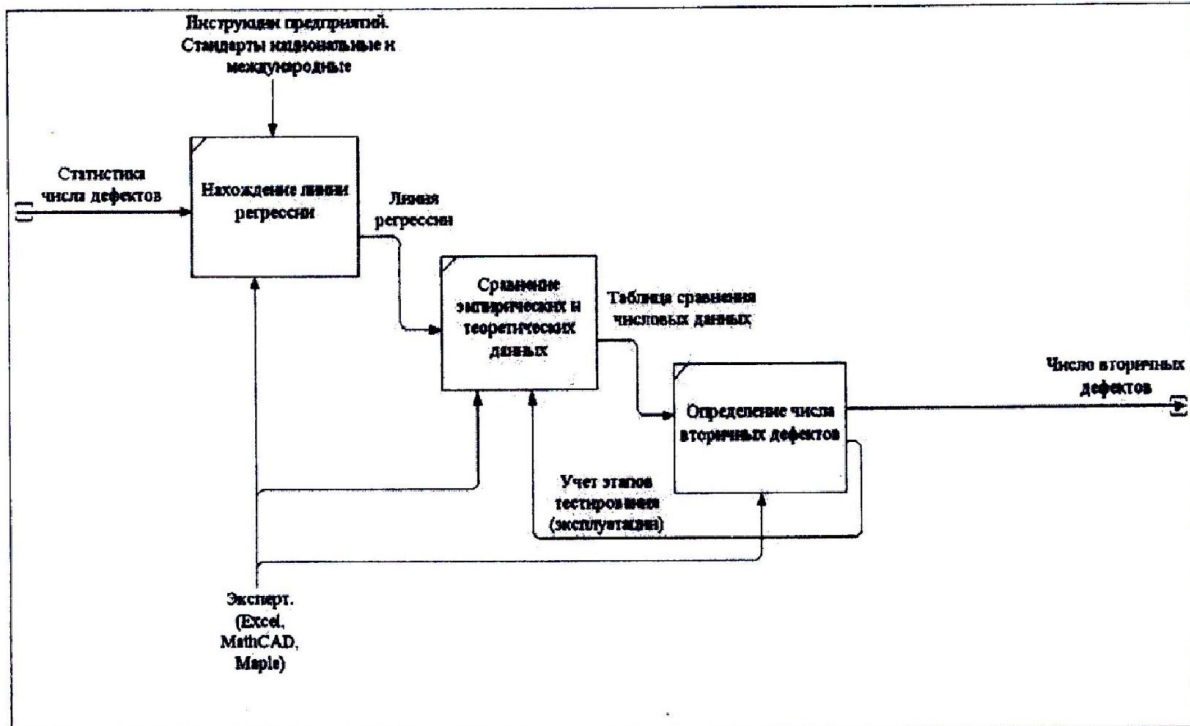


Рис. 2. Функциональная модель активности оценки числа вторичных дефектов по статистическим данным

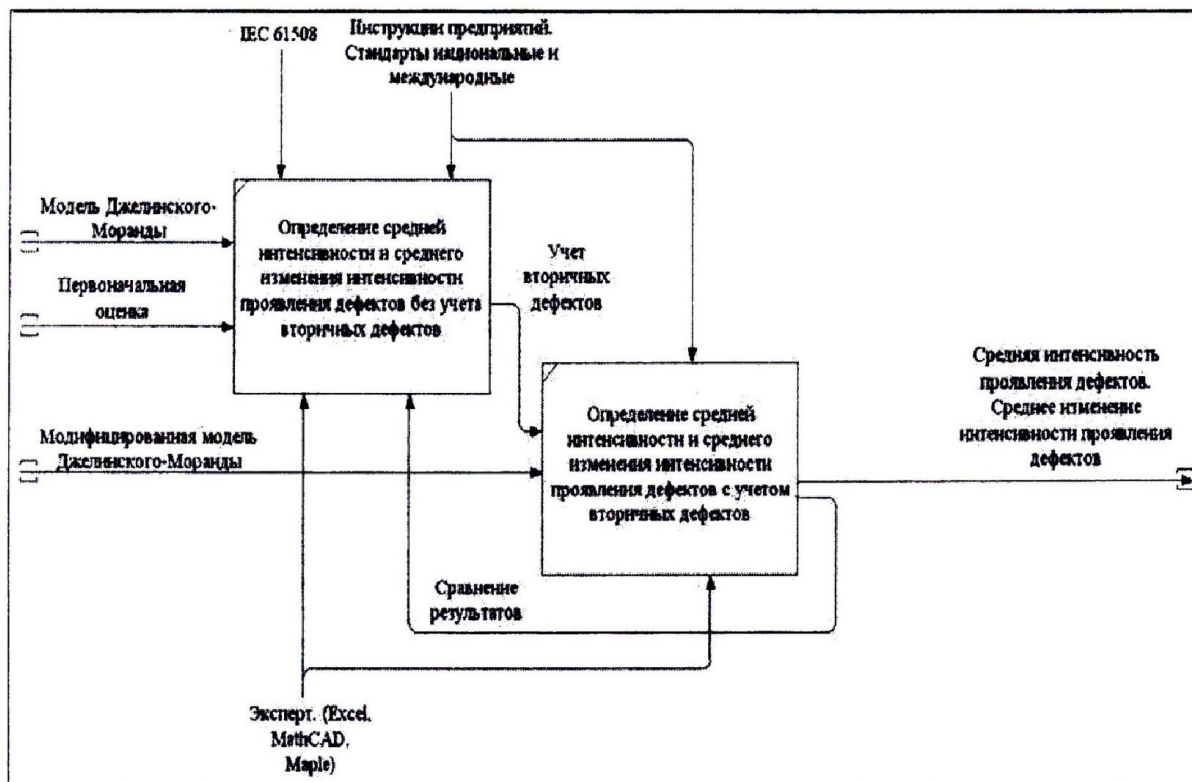


Рис. 3. Функциональная модель активности определения средней интенсивности и среднего изменения интенсивности проявления дефектов

Этап 5. Вычисляется среднее значение интенсивности проявления дефектов и среднее значение изменения интенсивности проявления дефектов.

Результат активности – определение интенсивности проявления дефектов с помощью модифицированной модели Джелинского-Моранды, в которой учтены вторичные дефекты, полученные в результате оценки их числа [13], нахождение на ее основе значений средней интенсивности и среднего изменения интенсивности проявления дефектов.

A4. Используя многофрагментное и имитационное моделирование определяется функция готовности ПТК, которая является параметром характеризующим надежность ПТК с учетом его программно-аппаратных средств. В ходе многофрагментного марковского моделирования используется интенсивность проявления дефектов ПС, полученная с учетом фактора вторичных дефектов.

Результат активности – функция готовности, полученная средствами многофрагментного и имитационного моделирования.

A5. Для проверки достоверности многофрагментного моделирования используется имитационное моделирование (верификация многофрагментного моделирования).

Этап 1. Сравнивается функция готовности, полученная с помощью многофрагментного и имитационного моделирования для разного числа внесен-

ных дефектов, проводится анализ величины отклонения полученных результатов и точности оценки числа вторичных дефектов.

Результат этапа – вывод о точности полученных результатов.

Этап 2. Анализ результатов моделирования, а именно формирования выводов относительно цели моделирования.

Результатом активности есть вывод о соответствии исследуемого ПС и ПТК в целом требованиям к надежности.

Выводы

Разработанная информационная технология позволяет повысить точность определения параметров надежности ПС на основе учета вторичных дефектов.

Рассмотренный метод позволяет уточнить показатели средней интенсивности проявления дефектов и среднего изменения интенсивности проявления дефектов на 2-4%.

Дальнейшими путями совершенствования методов моделирования и оценивания надежности программно-технических комплексов могут быть:

- исследование статистических свойств и выработка гипотез о законах и параметрах распределения времени между отказами программно-технических комплексов при учете фактора вторич-

ных дефектов, на основе рассмотрения различных классов дефектов;

– исследование возможностей совместного использования методов, характеризующих количественные показатели дефектов и метода, основанного на теории динамики программных систем.

Список литературы

1. Полонников Р. И. Методы оценки показателей надежности программного обеспечения / Р. И. Полонников, А. В. Никандров. – СПб.: Политехника – 1992. – 78 с.
2. Lyu M.R. Software Fault Tolerance / M.R. Lyu // Chichester. – England: John Wiley and Sons, Inc., 1996. – 337 p.
3. Рябинин И. А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем / И. А. Рябинин – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2007. – 276 с.
4. Аврутов В. В. Надежность и диагностика приборов и систем: Учебное пособие / В. В. Аврутов, Н. И. Бурау – К.: НТУУ «КПИ», 2014. – 156 с.
5. Sanders J. Software Quality – A Framework for Success in Software Development and Support / J. Sanders. – USA: Addison Wesley, 1994. – 112 p.
6. Канер С. Тестирование программного обеспечения / С. Канер, Д. Фолк, Е.К. Нгуен. – М.: DiaSoft, 2001. – 544 с.
7. Маевський Д.А. Структурна динаміка програмних систем та прогнозування їх надійності при наявності вторинних дефектів. // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2010. – № 3 – С. 103-109
8. Одарущенко О. Н. CASE-оценка критических программных систем. В 3-х томах. Том 2. Надежность / О. Н. Одарущенко, В. С. Харченко, Д. А. Маевский и др. / Под ред. Харченко В.С. – Х.: Нац. аэрокосмический ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2012. – 292 с.
9. Maevsky D. A. Software reliability. Non-probabilistic approach / D. A. Maevsky, H. D. Maevskaya, A. A. Leonov // RT&A # 03 (26) – 2012, P. 8-20.

10. Одарущенко О.Н. Учет вторичных дефектов в моделях надежности программных средств / О.Н. Одарущенко, А.А. Руденко, В.С. Харченко // Математичні машини і системи. – 2010. – № 1. – С. 205-217.

11. Mahapatra G. S. Modified Jelinski-Moranda Software Reliability Model with Imperfect Debugging Phenomenon / G. S. Mahapatra, P. Roy // International Journal of Computer Applications – 2012. – № 18 – P. 38-46.

12. Одарущенко О. Н. Метод оценивания надежности программных средств с учетом вторичных дефектов / О. Н. Одарущенко, А. А. Руденко, В. С. Харченко // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2012. – № 7(59). – С. 294-300.

13. Харченко В. С. Анализ сценариев и определение параметров для оценки надежности программных средств с учетом вторичных дефектов / В. С. Харченко, О. Н. Одарущенко, А. А. Руденко, Е. Б. Одарущенко // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2011. – Випуск 2 (18). – С. 273-280.

14. Харченко В. С. Учет фактора вторичных дефектов при оценке надежности программных средств / В. С. Харченко, А. А. Руденко, О. Н. Одарущенко, Е. Б. Одарущенко // Научные ведомости Белгородского государственного университета. История. Политология. Экономика. Информатика. – Белгород: Издательский дом «Белгород», 2013. – № 22 (165). Выпуск 28/1. – С. 153-160.

Поступила в редакцию 30.01.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.Л. Ляхов, Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ З УРАХУВАННЯМ ВТОРИННИХ ДЕФЕКТІВ

О.А. Руденко, О.Б. Одарущенко, О.М. Одарущенко

У статті проаналізовано існуючі підходи до оцінки надійності програмних засобів, в яких враховується фактор вторинних дефектів. Розглянуто підготовчі етапи створення інформаційної технології для оцінки надійності програмних засобів з урахуванням вторинних дефектів. Розглянуто методи, що лежать в основі інформаційної технології – метод оцінки числа вторинних дефектів за статистичними даними дефектів і метод обчислення середньої інтенсивності прояву вторинних дефектів.

Ключові слова: програмний засіб, вторинний дефект, інформаційна технологія, надійність, модифікована модель оцінки надійності програмних засобів Джелінського-Моранди, інтенсивність прояву дефектів програмних засобів.

INFORMATION TECHNOLOGY ASSESSMENT THE RELIABILITY OF SOFTWARE BASED SECONDARY DEFECTS

O.A. Rudenko, O.B. Odarushchenko, O.N. Odarushchenko

Existing approaches to reliability assessment of software tools that take into account the factor of secondary defects are analyzed in this article. The preparatory stages of creation of information technology for assessment the reliability of software taking in account secondary defects are considered. The methods underlying information technology – method of measuring the number of secondary defects according to the statistics of defects and method of calculation of average intensity of secondary defects are examined.

Keywords: software tool, secondary defect, information technology, reliability, a modified model for the reliability assessment of software Zelinski-Moranda, the intensity of software defects.