

УДК 004.519.217

В.С. Харченко¹, О.Н. Одарущенко², А.А. Руденко², Е.Б. Одарущенко²

¹Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

²Полтавский национальный технический университет им. Юрия Кондратюка, Полтава

АНАЛИЗ СЦЕНАРИЕВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ С УЧЕТОМ ВТОРИЧНЫХ ДЕФЕКТОВ

Рассмотрена последовательность выбора модели оценки надежности программных средств, которая учитывает вторичные дефекты. Проанализированы сценарии устранения и внесения дефектов. Приведена методика обработки экспериментальных данных обнаружения (проявления) дефектов с целью прогнозирования вторичных дефектов и уточнения определения его интенсивности.

Ключевые слова: модель оценки надежности программного средства, вторичный дефект, сценарий устранения и внесения дефектов, интенсивность проявления дефектов.

Введение. Проблема учета вторичных дефектов при оценке надежности программных средств

В условиях информатизации всех сфер человеческой деятельности проблема обеспечения высокой надежности систем, основанных на использовании информационных технологий (ИТ-систем) является одной из наиболее значимых как для коммерческих, так и для критических приложений. Надежность ИТ-систем определяется безотказностью ее взаимодействующих компонент, прежде всего программных средств (ПС). Одной из наиболее важных задач, возникающей при разработке и верификации ПС, есть оценка их надежности.

Для ее решения, как известно, используются два подхода: качественный и количественный. Для количественной оценки применяются средства математического моделирования надежности ПС. Существует большое количество моделей для оценки и предсказания надежности ПС (МНПС). При этом вероятностные МНПС обладают рядом недостатков, ограничивающих их использование [16]. Они обусловлены, в частности тем, что допущения, принимаемые при разработке МНПС, не отражают реалии проектирования, верификации и сопровождения ПС.

Одним из таких допущений является допущение о том, что при устранении дефектов, новые (так называемые вторичные) дефекты не вносятся [1]. В то же время, учитывая мнение специалистов, а также, из результатов анализа эксплуатации обслуживаемых ИТ-систем, можно заключить, что при устранении обнаруженных дефектов вносятся вторичные дефекты, что приводит к изменению характеристик надежности ПС, а следовательно, и систем в целом [2 – 4, 21].

Учет вторичных дефектов может осуществляться несколькими способами. Они описаны в ряде работ авторов данной статьи [5, 6, 8] и работе Д.А. Маевско-

го [21]. Продолжая принятый нами подход, основанный на модификации апробированных вероятностных МНПС путем учета фактора вторичных дефектов (ФВД), в данной работе делается следующий шаг в методическом и практическом развитии этого подхода.

Цель статьи – детализация сценариев процессов обслуживания ПС с учетом ФВД, разработка и апробация методики оценивания интенсивности проявления дефектов ПС с использованием данных об ИТ-системе, приведенных в [19].

1. Выбор модели оценки надежности ПС

Методика содержит три этапа: обоснование выбора модели оценки надежности ПС, выбор сценариев устранения и внесения дефектов и обработка экспериментальных данных обнаружения дефектов. Главной задачей методики является прогнозирование числа вторичных дефектов для уточнения величины интенсивности их проявления.

Первый этап методики включает последовательность выбора классификации моделей надежности, классификационного признака, непосредственно самой модели оценки надежности ПС (рис. 1).

Выбор классификации Полонникова-Никандрова [16], как и классификационного признака «Структура времени», продиктован более широким разнообразием моделей, содержащих временные характеристики, по сравнению с другими классификациями. Выбор модели Джелинского-Моранды сделан на основе анализа допущений, принятых для данной модели, анализа функции риска на предмет учета внесенных вторичных дефектов, а также, ввиду меньшей сложности по сравнению с другими моделями [5, 6]. Кроме того, анализ, проведенный в работе [7] свидетельствует о целесообразности использования модели Джелинского-Моранды для небольших проектов.

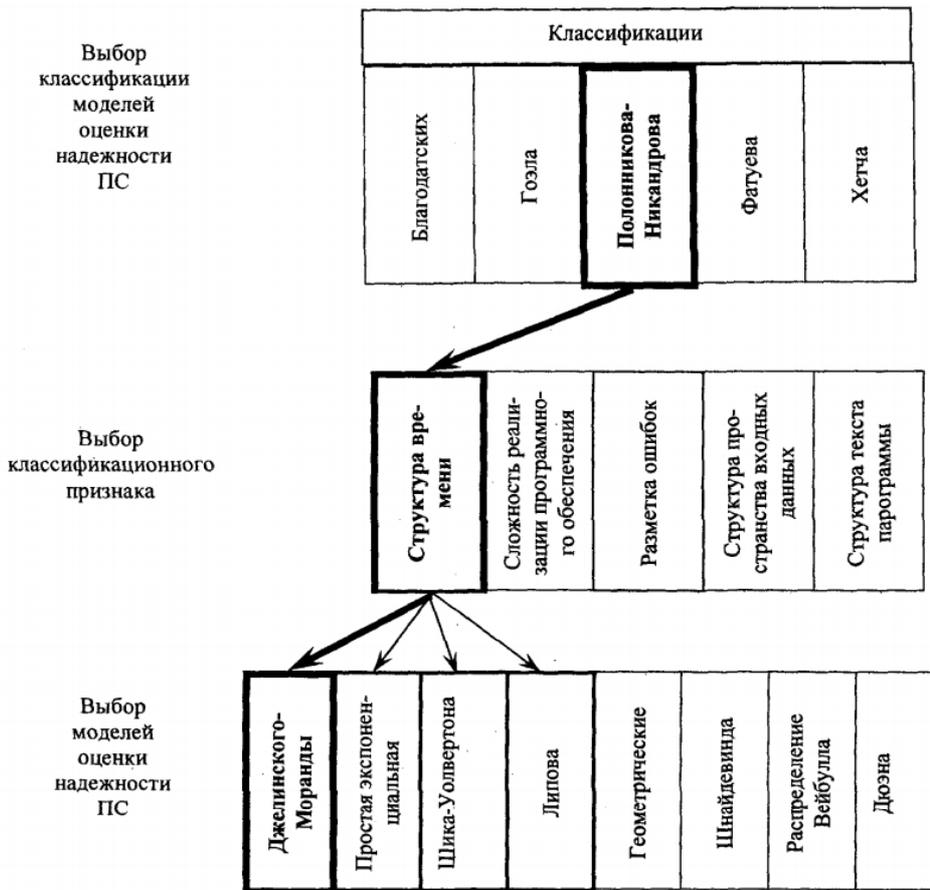


Рис. 1. Последовательность выбора моделей оценки надежности ПС

Существует также возможность использования, в соответствии с задачей исследования, простой экспоненциальной модели, моделей Шика-Уолвертона и Липова [6].

2. Выбор сценариев устранения и внесения дефектов

2.1. Параметры сценариев. В случае исключения (неприемлемости) допущения о том, что вторичные дефекты ПС в ходе устранения первичных не вносятся, вторичные дефекты классифицируются следующим образом:

- дефекты, вносимые в процессе устранения первичных дефектов;
- дефекты, вносимые при обновлении (в той части ПС, которая обновляется - «условно вторичные дефекты»);
- дефекты взаимодействия первичной и обновленной частей ПС.

Исходя из данной классификации множество возможных сценариев [8] можно расширить с по-

мощью соотношения:

$$M_i = \begin{cases} N_{\Sigma} - N_i, \\ N_{\Sigma} - N_i + K_i, \\ N_{\Sigma} - N_i + \Delta N_i, \\ N_{\Sigma} - N_i + K_i + \Delta N_i, \\ N_{\Sigma} - N_i + K_i^*, \\ N_{\Sigma} - N_i + K_i^* + \Delta N_i, \\ N_{\Sigma} - N_i + K_i^* + K_i^B, \\ N_{\Sigma} - N_i + K_i^* + K_i^B + \Delta N_i, \end{cases} \quad (1)$$

где M_i - число дефектов после i -той операции по устранению выявленных дефектов; N_{Σ} - число дефектов в исходной программе; N_i - число обнаруженных дефектов; K_i - число дефектов, внесенных в процессе устранения обнаруженных дефектов; ΔN_i - число неустраненных дефектов (из числа выявленных); K_i^* - число дефектов, внесенных в

процессе обновления программы; K_i^B – число дефектов, связанных с взаимодействием первичной и обновленной частей ПС.

Первой строке выражения (1) соответствует сценарий полного устранения обнаруженных первичных дефектов без внесения вторичных, второй – сценарий полного устранения обнаруженных первичных дефектов и внесения вторичных, третьей – сценарий частичного устранения обнаруженных первичных дефектов, четвертой – частичного устранения обнаруженных первичных дефектов и внесения вторичных, пятой – устранения обнаруженных первичных дефектов и внесения дефектов в процессе обновления программы, шестой – частичного устранения обнаруженных первичных дефектов и внесение дефектов в процессе обновления программы, седьмой – устранения обнаруженных первичных дефектов, внесения дефектов в процессе обновления программы и появления дефектов вследствие взаимодействия первичной и обновленной частей ПС, восьмой – частичного устранения обнаруженных первичных дефектов, внесения дефектов в процессе обновления программы и появления дефектов вследствие взаимодействия первичной и обновленной частей ПС.

2.2. Описание и анализ сценариев. Сценарии устранения и внесения дефектов характеризуются четырьмя основными процессами: обнаружение дефектов (обнаружение отклонения ПС от спецификации), устранение дефектов (изъятия дефектных элементов ПС), внесение дефектов в процессе устранения обнаруженных дефектов или обновления программы, неустранение обнаруженных дефектов.

Анализ сценариев, отличающихся набором реализуемых процессов и их параметров, предоставлен в табл. 1.

Сценарий 1 достаточно хорошо изучен [9 – 12].

В группах сценариев 4, 6, 7, 8 параметры внесения и неустранения дефектов объединены в противовес параметру устранения дефектов.

Из табл. 1. можно сделать вывод об однотипности групп сценариев 2, 5 и 7, а также, 4, 6 и 8, что дает возможность уменьшить число возможных сценариев, однако при этом необходимо учитывать количественные показатели параметров в зависимости от характера внесенных дефектов.

Очевидно, что число исправленных первичных дефектов должно быть больше суммарного числа вторичных. В противном случае накопление дефектов может привести к отказу системы или существенному снижению ее готовности. Поэтому целесообразно использовать те сценарии, где число устраненных дефектов больше суммарного числа внесенных и неустраненных обнаруженных дефектов.

Исходя из проведенного анализа систему (1) можно упростить следующим образом:

$$M_i = \begin{cases} N_{\Sigma} - N_i, \\ N_{\Sigma} - N_i + K_i', & N_i > K_i', \\ N_{\Sigma} - N_i + \Delta N_i, & N_i > \Delta N_i, \\ N_{\Sigma} - N_i + K_i' + \Delta N_i, & N_i > K_i' + \Delta N_i, \end{cases} \quad (2)$$

где K_i' – число внесенных дефектов, независимо от характера их внесения.

В большинстве работ [2, 15 – 18] в качестве параметра, определяющего надежность ПС, принят параметр $\lambda_{дп}$ – интенсивность проявления дефектов.

Учитывая зависимость между рассмотренными величинами и величиной $\lambda_{дп}$ [8, 17], реализацию сценариев (1) можно представить следующим образом:

$$\lambda_{дп\ i+1} = \begin{cases} \lambda_{дп\ i} - \Delta\lambda_1, \\ \lambda_{дп\ i}, \\ \lambda_{дп\ i} + \Delta\lambda_2, \end{cases} \quad (3)$$

где $\lambda_{дп\ i}$, $\lambda_{дп\ i+1}$ – интенсивность проявления дефектов ПС соответственно на i -м и $i+1$ -м шаге до и после устранения дефектов ПС, $\Delta\lambda_1$ и $\Delta\lambda_2$ – величины изменения интенсивности проявления дефектов ПС, характеризующие изменение безотказности ПС при позитивном ($M_i > M_{i+1}$) и негативном ($M_i < M_{i+1}$) сценариях соответственно и зависящие от значений N_{Σ} , N_i , K_i , ΔN_i , K_i^* , K_i^B .

Исходя из задачи исследования и проведенного анализа, базовым следует избрать сценарий 2.1 (табл. 1), для которого изменение интенсивности проявления дефектов ПС должно соответствовать первой строке выражения (3).

Проанализируем множество сценариев устранения и внесения дефектов, предоставленных в табл. 1.

Как отмечалось выше, сценарий 1 достаточно изучен. Его исследования, чаще всего, осуществляются на базе вложенных марковских цепей [2, 13, 14].

Дальнейшее исследование здесь возможно для нерассмотренных типов компьютерных систем, а также, при расширении множества архитектур для рассмотренных.

Сценарий 3.1 можно привести к сценарию 1, если известна величина $N_i - \Delta N_i$.

Сценарий 4.1 можно привести к базовому сценарию, если известна величина $N_i - \Delta N_i$.

Сценарий 5.1 можно привести к базовому сценарию, если известна величина K_i^* .

Анализ параметров сценариев устранения и внесения дефектов

№ п/п	Сценарии			Параметры (процессы)				Целесообразность использования
				Обнаружение	Устранение	Внесение	Неустранение	
	Число дефектов после завершения операции	Номер операции	Соотношение параметров					
1	$N_{\Sigma} - N_i$	1.1		+	+	-	-	+
2	$N_{\Sigma} - N_i + K_i$	2.1	$N_i > K_i$	+	+	+	-	+
		2.2	$N_i = K_i$	+	+	+	-	-
		2.3	$N_i < K_i$	+	+	+	-	-
3	$N_{\Sigma} - N_i + \Delta N_i$	3.1	$N_i > \Delta N_i$	+	+	-	+	+
		3.2	$N_i = \Delta N_i$	+	+	-	+	-
		3.3	$N_i < \Delta N_i$	+	+	-	+	-
4	$N_{\Sigma} - N_i + K_i + \Delta N_i$	4.1	$N_i > K_i + \Delta N_i$	+	+	+	+	+
		4.2	$N_i = K_i + \Delta N_i$	+	+	+	+	-
		4.3	$N_i < K_i + \Delta N_i$	+	+	+	+	-
5	$N_{\Sigma} - N_i + K_i^*$	5.1	$N_i > K_i^*$	+	+	+	-	+
		5.2	$N_i = K_i^*$	+	+	+	-	-
		5.3	$N_i < K_i^*$	+	+	+	-	-
6	$N_{\Sigma} - N_i + K_i^* + \Delta N_i$	6.1	$N_i > K_i^* + \Delta N_i$	+	+	+	+	+
		6.2	$N_i = K_i^* + \Delta N_i$	+	+	+	+	-
		6.3	$N_i < K_i^* + \Delta N_i$	+	+	+	+	-
7	$N_{\Sigma} - N_i + K_i^* + K_i^B$	7.1	$N_i > K_i^* + K_i^B$	+	+	+	-	+
		7.2	$N_i = K_i^* + K_i^B$	+	+	+	-	-
		7.3	$N_i < K_i^* + K_i^B$	+	+	+	-	-
8	$N_{\Sigma} - N_i + K_i^* + K_i^B + \Delta N_i$	8.1	$N_i > K_i^* + K_i^B + \Delta N_i$	+	+	+	+	+
		8.2	$N_i = K_i^* + K_i^B + \Delta N_i$	+	+	+	+	-
		8.3	$N_i < K_i^* + K_i^B + \Delta N_i$	+	+	+	+	-

Сценарий 6.1 можно привести к базовому сценарию, если известны величины $N_i - \Delta N_i$ и K_i^* .

Сценарий 7.1 можно привести к базовому сценарию, если известны величины K_i^* и K_i^B .

Сценарий 8.1 можно привести к базовому сценарию, если известны величины $N_i - \Delta N_i$, K_i^* и K_i^B .

Сценарий 8.1 можно привести к базовому сценарию, если известны величины $N_i - \Delta N_i$, K_i^* и K_i^B .

Реализация сценариев 6.1, 7.1, 8.1 более сложная по сравнению с реализацией базового сценария, а также сценариев 3.1, 4.1, 5.1, поскольку подразу-

мекает определение большего числа неизвестных параметров, а также учет взаимодействия между ними и (или) их идентификации (для сценариев 7.1, 8.1).

Сценарии 2.2, 3.2, 4.2, 5.2, 6.2, 7.2, 8.2 рассматривать нецелесообразно, поскольку они не характеризуют процесс изменения состояний обслуживаемых компьютерных систем.

Сценарии 2.3., 3.3., 4.3., 5.3., 6.3., 7.3., 8.3. при выполнении соответствующих требований, предоставленных на рис. 2, можно использовать с целью определения интенсивности проявления дефектов на некоторых временных интервалах или для определения времени достижения ИТ-систем некоторого критического состояния.

Таким образом, при выполнении ряда условий, некоторые небазовые сценарии устранения и внесения дефектов можно свести к базовым (рис. 3).

3. Обработка экспериментальных данных обнаружения дефектов

Прогнозирование числа вторичных дефектов, при условии отсутствия неслучайных факторов, влияющих на появление дефектов, проводится в такой последовательности.

1. Строится корреляционное поле зависимости числа обнаруженных дефектов от времени.
2. Эмпирическим путем определяется вид линии регрессии.
3. Находится уравнение линии регрессии.
4. Вычисляется модуль разности между значением статистики дефектов и значением функции регрессии в моменты определения статистики дефектов.

5. Число вторичных дефектов находится как разность результата, полученного в п. 4 и среднего квадратического отклонения по статистике числа дефектов, умноженного на коэффициент $\frac{1}{n+1-x}$, где n – число интервалов тестирования (число обнаруженных дефектов), x – порядковый номер интервала (обнаруженного дефекта). Результат округляется до целых.

Введение данного коэффициента обусловлено большей вероятностью внесения вторичных дефектов на начальных этапах тестирования (эксплуатации) ПС.

6. Не следует учитывать факт внесения дефектов, как правило на последних интервалах тестирования (эксплуатации) ПС, если результат п. 5 получен при значении функции регрессии большем, чем соответствующее эмпирическое значение.

Для апробации методики в качестве примера рассмотрим статистические данные о дефектах учетно-информационной системы (УИС) за первый год эксплуатации [19]. Эта система использовалась

для учета платежей населения за природный газ в малом государственном предприятии «Лайф» г. Измаила с 1998 года. Система выполняет функции учета и анализа платежей, работы с должниками, электронного обмена с ПО в разных государственных структурах. ИС работает в сетевом режиме (6 рабочих мест), общее количество обращений к системе оценивается как 12000 в месяц. Объем системы составляет около 10 тысяч строк программного кода.

На основании табл. 2. построен график, характеризующий зависимость между порядковым номером месяца эксплуатации ИС (ось абсцисс) и количеством выявленных дефектов за соответствующий месяц (ось ординат) (рис. 2, ряд 1).

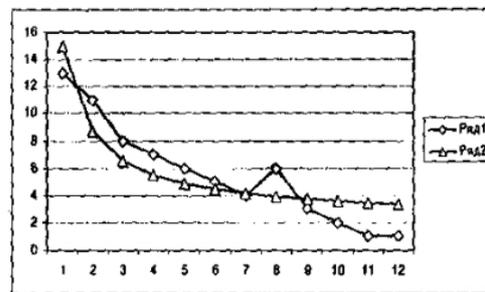


Рис. 2. Графики эмпирической и теоретической зависимости месяца эксплуатации ИС и количества выявленных дефектов

Выбор класса эмпирической функции делаем исходя из визуальной оценки расположения точек на графике [20].

Делаем предположение об обратно пропорциональной зависимости, справедливость которого подтверждается значением выборочного коэффициента корреляции $r_B \approx -0,95$.

Используя метод наименьших квадратов, найдем уравнение линии регрессии $y = \frac{12,66}{x} + 2,31$ (рис. 2, ряд 2).

Сравниваем значения, полученные на основании линии регрессии и опытным путем, используя формулу:

$$\delta = \left| y - a - \frac{b}{x} \right| - \frac{1}{n+1-x} \sigma_y, \quad (4)$$

где y – опытное число обнаруженных дефектов за интервал времени, x – порядковый номер интервала времени, a, b – коэффициенты уравнения линии регрессии $y = a + \frac{b}{x}$ (в данном случае $a = 2,31, b = 12,66$), n – число интервалов времени, σ_y – среднее квадратическое отклонение по y , δ – искомая величина отклонения.

Расчетная таблица числа внесенных дефектов

x	y	$a + \frac{b}{x}$	$ y - a - \frac{b}{x} $	$ y - a - \frac{b}{x} - \frac{1}{13-x} \sigma_y$	$n_{ВН}$
1	13	14,96916	1,969157	1,667813	2
2	11	8,639352	2,360648	2,031909	2
3	8	6,529417	1,470583	1,10897	1
4	7	5,474449	1,525551	1,123758	1
5	6	4,841469	1,158531	0,706515	1
6	5	4,419482	0,580518	0,063928	
7	4	4,118063	0,118063	-0,48463	
8	6	3,891998	2,108002	1,384776	1
9	3	3,71617	0,71617	-0,18786	
10	2	3,575508	1,575508	0,370132	
11	1	3,460421	2,460421	0,652356	1(0)
12	1	3,364514	2,364514	-1,25161	

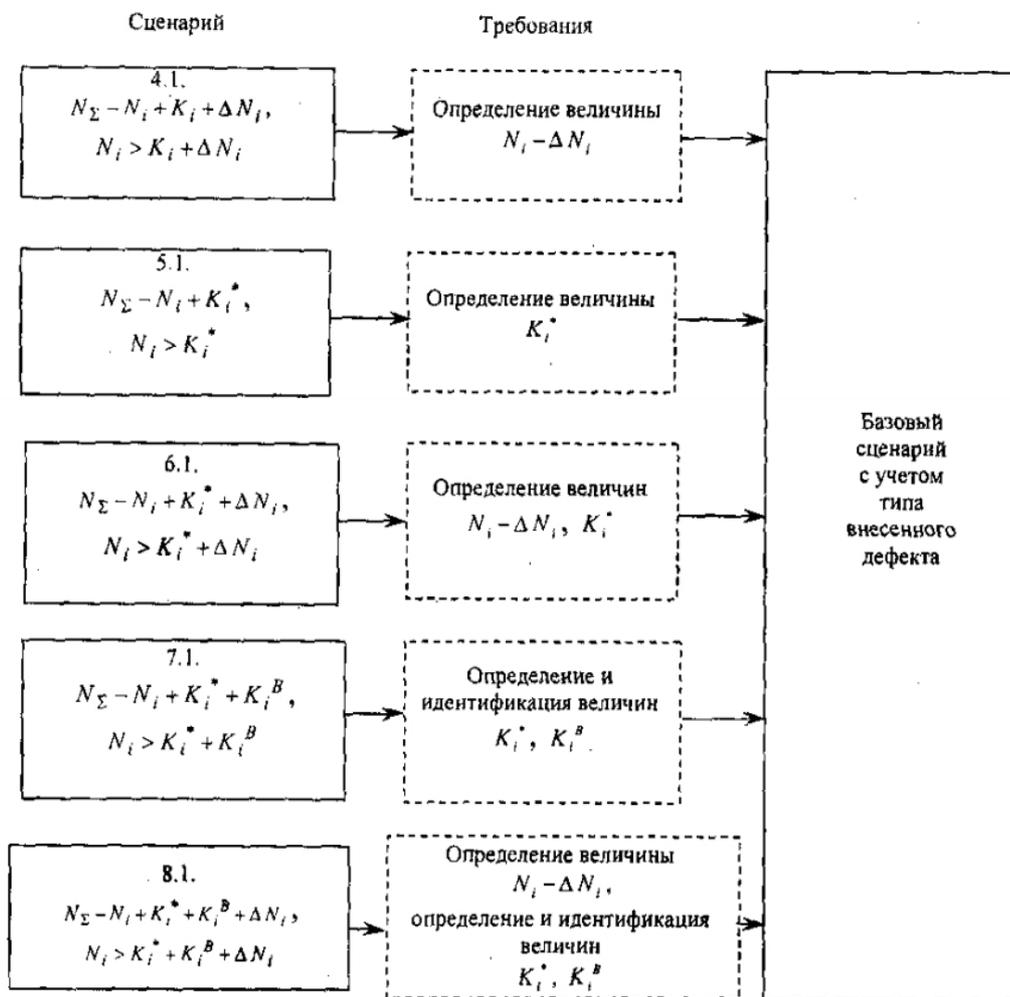


Рис. 3. Приведение небазовых сценариев устранения и внесения дефектов к базовому

Расчет прогнозируемого числа вторичных дефектов приведен в табл. 2.

Расчет производится следующим образом: величина $\delta > 0$, округленная до целых, показывает прогнозируемое число вторичных дефектов.

Примером, который характеризует п. 6 последовательности расчета числа вторичных дефектов, есть случай при $x = 11$. Несмотря на то, что $\delta = 1$ внесенный дефект учитывать не стоит, поскольку мала вероятность его внесения на данном этапе.

Учет вторичных дефектов позволяет более точно определить величину интенсивности обнаружения дефектов на интервалах тестирования и ее среднее значение. Сравнительный расчет интенсивности обнаружения дефектов без учета вторичных дефектов и с учетом вторичных дефектов на основе рассмотренных данных предоставлен в табл. 3. (четвертый и пятый столбец).

Интенсивности обнаружения дефектов без учета и с учетом вторичных дефектов, вычислены, используя соответственно функцию риска $\lambda(t_i) = K(B - i + 1)$ и модифицированную функцию

риска $\lambda(t_i) = K(B - i + 1 + n^{BH}_i)$ для модели Джелинского-Моранды на основе фактических данных числа обнаруженных дефектов.

Средняя интенсивность проявления дефектов при условии учета вторичных дефектов больше, чем без их учета, что позволяет более точно оценивать надежность ПО, учитывая тот факт, что модель Джелинского-Моранды дает заниженное число оставшихся в ПО ошибок. Найдена величина среднего изменения интенсивности проявления дефектов для случая учета вторичных дефектов, что позволяет использовать полученные результаты при многофрагментном моделировании [13].

Таблица 3

Расчет интенсивности обнаружения дефектов с учетом вторичных дефектов

Порядковый номер интервала времени	Число обнаруженных дефектов	Прогнозируемое число вторичных дефектов	Интенсивность обнаружения дефектов без учета вторичных дефектов	Интенсивность обнаружения дефектов с учетом вторичных дефектов
1	13	2	0,01358	0,013979
2	11	2	0,011183	0,011583
3	8	1	0,009286	0,009486
4	7	1	0,007788	0,007988
5	6	1	0,00649	0,00669
6	5		0,005392	0,005392
7	4		0,004493	0,004493
8	6	1	0,003495	0,003694
9	3		0,002596	0,002596
10	2		0,002097	0,002097
11	1		0,001797	0,001797
12	1		0,001598	0,001598
Средняя интенсивность проявления дефектов			0,005816	0,005949
Среднее изменение интенсивности проявления дефектов			0,001089	0,001126

Необходимо акцентировать внимание на том факте, что прогнозируемое число вторичных дефектов не обязательно отвечает их реальному количеству, поскольку изучается случайная величина, значение которой зависит от влияния человеческого фактора. Речь идет об общих закономерностях, уточнение которых позволяет более достоверно оценить показатели надежности.

Выводы

Проведенный анализ позволяет утверждать, что обслуживаемые ИТ-системы могут рассматриваться как системы с переменными параметрами не только

из-за изменения параметров потоков отказов и восстановлений вследствие дефектов ПС, но и из-за фактора вторичных дефектов.

Обоснован выбор модели оценки надежности ПС.

Обоснован выбор базового сценария устранения и внесения дефектов, а также, проведен анализ возможности приведения некоторых небазовых сценариев к базовому.

Разработана методика прогнозирования числа вторичных дефектов по статистическим данным на основе корреляционного анализа.

Разработанная методика позволяет уточнить среднюю интенсивность проявления дефектов ПС,

что позволяет более точно определить другие показатели надежности.

Список литературы

1. Lyu M.R. *Software Fault Tolerance* / M.R. Lyu // Chichester. – England: John Wiley and Sons, Inc., 1995. – P. 109-138.
2. Поночовный Ю.Л. Моделирование надежности обновляемых программных средств резервированных информационно-управляющих систем постоянной готовности / Ю.Л. Поночовный, Е.Б. Одарущенко // *Радиоэлектроника и компьютерные системы*. – 2004. – № 4 (8). – С. 93-97.
3. Sanders J. *Software Quality – A Framework for Success in Software Development and Support* / J. Sanders. – USA: Addison Wesley, 1994. – 112 p.
4. Канер С. Тестирование программного обеспечения / С. Канер, Д. Фокс, Е.К. Нгуен. – М.: DiaSoft, 2001. – 544 с.
5. 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.
6. Руденко А.А. Модели оценки надежности программных средств с учетом недетерминированного числа вторичных дефектов / А.А. Руденко, О.Н. Одарущенко, В.С. Харченко // *Радиоэлектроника и компьютерные системы*. – 2010. – № 6 (47). – С. 197-203.
7. Sukert A. *Analysis of Software Reliability Prediction Models ACARD* / A. Sukert // *Avionics Reliability, its Techniques and Related Disciplines, Conference Proceedings*, 1979. – № 261. – P. 11-34
8. Моделирование обслуживаемых компьютерных систем с учетом вторичных дефектов программных средств / В.С. Харченко, О.Н. Одарущенко, А.А. Руденко и др. // *Радиоэлектроника и компьютерные системы*. – 2009. – № 7 (41). – С. 245-249.
9. Харченко В.С. Основы построения и проектирования АСУ техническим состоянием деталейных комплексов. Учеб. пособие / В.С. Харченко, Г.Н. Тимошкин, В.А. Сычев. – Х.: Изд. ХВКНУ, 1992. – 276 с.
10. Липава В.В. Обеспечение качества программных средств. Методы и стандарты / В.В. Липава. – М.: СИНТЕГ, 2001. – 380 с.
11. Многоверсионные системы, технологии, проекты / В.С. Харченко, В.Я. Жихарев, В.М. Палюшко, Н.В. Нечипорук. – Х.: НАУ «ХАИ», 2003. – 486 с.
12. Леффингуэлл Д. Принципы работы с требованиями к программному обеспечению. Унифицированный подход. / Д. Леффингуэлл, Д. Уидриг. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. – 448 с.
13. Одарущенко О.Н. Методика разработки многофрагментных марковских моделей оценки надежности отказоустойчивых компьютерных систем / О.Н. Одарущенко, Е.Б. Одарущенко, Ю.Г. Медведь // *Информатичні технології та комп'ютерна інженерія*. – 2007. – № 1(8). – С. 57-63.
14. Одарущенко О.Н. Применение численных методов для решения жестких систем линейных дифференциальных уравнений в задачах оценки надежности обслуживаемых систем / О.Н. Одарущенко, Е.Б. Одарущенко, Ю.Л. Поночовный // *Авиационно-космическая техника и технология*. – Х.: НАКУ «ХАИ», 2002. – Вып. 35. – С. 187-191.
15. Lyu M.R. *Handbook of Software Reliability Engineering* / M.R. Lyu. – USA: McGraw-Hill Company, 1996. – 803 p.
16. Полонников Р.И. Методы оценки показателей надежности программного обеспечения / Р.И. Полонников, А.В. Никандров. – СПб.: Политехника, 1992. – 78 с.
17. Musa J.D. *Software Reliability. Measurement. Prediction. Application* / J.D. Musa. – USA: McGraw-Hill Company, 1987. – 395 p.
18. Харченко В.С. Базовые многофрагментные макромоделли оценки надежности отказоустойчивых компьютерных систем информационно-управляющих комплексов / В.С. Харченко, О.Н. Одарущенко, Е.Б. Одарущенко // *Радиоэлектроника и компьютерные системы*. – 2006. – Вып. 5 (17). – С. 62-70.
19. Антощук С.Г. Прогнозирование количества ошибок на этапе эксплуатации адаптируемых учетных информационных систем / С.Г. Антощук, Д.А. Маевский, С.А. Яремчук // *Радиоэлектроника и компьютерные системы*. – 2010. – № 6 (47). – С. 204-210.
20. Мазманишвили А.С. *Математическая статистика: учебное пособие к практическим занятиям* / А.С. Мазманишвили. – Х.: ІНУ «ХПІ», 2003. – 217 с.
21. Маевський Д.А. Структурна динаміка програмних систем та прогнозування їх надійності при наявності вторинних дефектів / Д.А. Маевський // *Радиоэлектроника и компьютерные системы*. – 2010. – № 3. – С. 103-109.

Поступила в редколлегию 18.05.2011

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

АНАЛІЗ СЦЕНАРІЇВ І ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ДЛЯ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ З УРАХУВАННЯМ ВТОРИННИХ ДЕФЕКТІВ

В.С. Харченко, О.М. Одарущенко, О.А. Руденко, О.Б. Одарущенко

Розглянуто послідовність вибору моделі оцінки надійності програмних засобів, що враховує вторинні дефекти. Проаналізовано сценарій усунення та внесення дефектів. Наведено методику обробки експериментальних даних виявлення (прояву) дефектів з метою прогнозування вторинних дефектів і уточнення визначення його інтенсивності.

Ключові слова: модель оцінки надійності програмного засобу, вторинний дефект, сценарій усунення та внесення дефектів, інтенсивність прояву дефектів.

ANALYSIS OF PARAMETERS AND SCRIPTS FOR EVALUATION OF RELIABILITY OF SOFTWARE DEFECTS IN VIEW OF SECONDARY

V.S. Kharchenko, O.N. Odarushchenko, A.A. Rudenko, E.B. Odarushchenko

Consider the sequence of model selection assess the reliability of software, which takes into account the secondary defects. Analyzed scenario, the removal and introduction of defects. The method of processing data experimentally detection (display) bugs to prediction of secondary defects and refine identify its intensity.

Keywords: model of reliability evaluation software tool, the secondary defect removal script and making defects, the occurrence of defects.

