

УДК 004.052

Ю.Л. ПОНОЧОВНИЙ

Полтавский военный институт связи, Украина

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ С УЧЕТОМ ОТКАЗОВ, ВЫЗВАННЫХ ДЕФЕКТАМИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

В статье на основе математического аппарата многофрагментного моделирования и разработанных методов оценки параметров интенсивностей отказов и восстановлений программных средств информационных систем определена зависимость изменения значений функции готовности этих систем от времени их эксплуатации в условиях проявления случайных и преднамеренных дефектов взаимодействия.

информационная система, дефекты взаимодействия, модели надежности программных средств

Введение

Современные информационные системы (ИС) принято рассматривать в аспекте составляющих аппаратных (АС) и программных средств (ПС) [1, 2], к которым выдвигаются повышенные требования к качеству обслуживания, а соответственно и к надежности (что особенно существенно для критических систем). Соответственно модель оценки надежности (МН) ИС включает МН АС и МН ПС.

Аппарат теории надежности АС и ПС в аспекте физических дефектов и дефектов проектирования развивается на протяжении более 40 лет, в связи с чем МН АС и МН ПС посвящено большое количество научных трудов, например [2, 3]. Моделям надежности в аспекте дефектов взаимодействия (ДВ) также посвящен ряд изданий, например [1], однако следует отметить некоторую абстрактность, присущую этим моделям. Неопределенность вызвана различиями условий функционирования моделируемых систем, проявлением ДВ как отказов АС или ПС и др. Анализ условий функционирования современных ИС показывает, что для них характерно проявление ДВ преимущественно в виде отказов ПС. В [4]

выделены три группы ДВ: случайные, непреднамеренные и злонамеренные. Статистические свойства, случайных и непреднамеренных ДВ (далее ДВС) обуславливают применимость им теории марковских процессов, что отображено в модели надежности [1].

При проявлении злонамеренных ДВ (ДВЗ) характерно увеличение интенсивности отказов ИС, что отображено в МН [6]. При этом свойство стационарности потока отказов ИС не выполняется, поэтому для оценки надежности ИС рекомендуется использовать многофрагментные модели (МФМ) [5].

Формулирование проблемы. Несмотря на наличие комплекса марковских и многофрагментных МН, различие свойств ДВС и ДВЗ обуславливает необходимость разработки комплексной МН ПС ИС с учетом проявления и ДВС и ДВЗ одновременно.

В связи с этим необходимо разработать МН ПС ИС с учетом дефектов взаимодействия. Для этого следует:

- принять основные допущения для построения модели;
- рассмотреть методы оценки параметров МН ПС ИС;

- разработать МН ПС ИС;
- провести анализ полученных результатов моделирования.

Основные допущения, принимаемые для построения МН ПС

Для построения МН ПС ИС с учетом ДВ приняты следующие допущения:

- ИС в любой момент времени может находиться либо в работоспособном, либо в неработоспособном состоянии, а потоки событий, переводящих ИС из одного функционального состояния в другое – простейшие;
- восстановление ИС после отказа, вызванного ДВ производится с помощью перезапуска ПС;
- в процессе функционирования ИС интенсивность отказов системы, вызванных ДВС остается постоянной на протяжении всего периода эксплуатации ИС;
- интенсивность проявления ДВЗ остается постоянной на промежутках между отказами ИС, вызванными ДВЗ.

Метод определения параметров надежности ПС

В качестве основных параметров надежности ПС выступают:

- интенсивность отказов ПС ИС, вызванных ДВС λ_{HA} (human-made accidental), значение которой определяется на основании МН [1];

- интенсивность отказов ПС ИС, вызванных ДВЗ $\lambda_{HDM}(N)$ (human-made deliberately malicious), параметры закона изменения которой определяются на основании метода [6];

- интенсивность восстановления ПС ИС μ_{SW} , значение которой в силу принятых допущений о марковости протекающих процессов обратнопропорционально длительности среднестатистического временного интервала перезапуска ПС;

- максимальная интенсивность отказов ПС ИС, вызванных ДВЗ $\lambda_{HDM\max}$, определение значения которой целесообразно проводить с помощью статистического анализа выборки эксплуатационных данных для конкретной ИС (рассмотрение аппарата статистического анализа выходит за рамки данной статьи).

Разработка модели оценки надежности ПС ИС

С учетом предложенных методов определения параметров надежности ПС с учетом ДВ и принятых допущениях, в качестве метода исследования принимается марковский анализ, а учет изменения интенсивности отказов $\lambda_{HDM}(N)$ осуществляется с помощью аппарата регулярных многофрагментных марковских моделей (РМФМ) [5]. Поэтому в качестве базовой модели выбрана РМФМ, граф которой изображен на рис. 1.

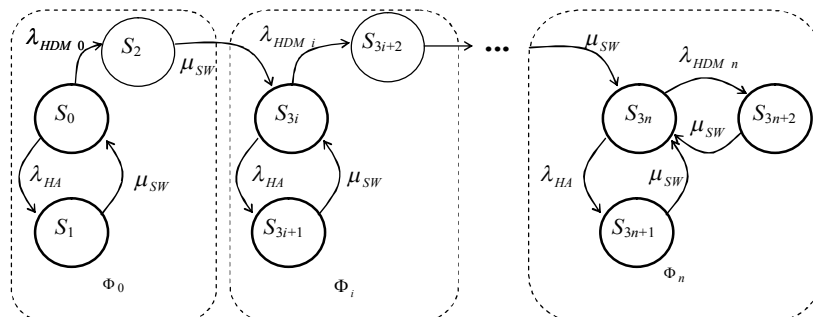


Рис. 1. Размеченный граф функционирования ИС с учетом ДВ

Процесс функционирования ИС происходит следующим образом. В начальный момент система реализует все предписанные функции и находится в

состоянии $S_0(t)$. В процессе функционирования проявляются ДВС, вследствие чего система переходит в состояние $S_1(t)$ и восстанавливаются,

вследствие чего система возвращается в состояние $S_0(t)$. Через определенный временной интервал происходит отказ системы, вызванный ДВЗ, и она переходит в состоянии $S_2(t)$. После проявления ДВЗ интенсивность отказов $\lambda_{HDM}(N)$ увеличивается на величину c_λ (скорость изменения интенсивности [6]), в результате чего система после восстановления переходит в следующий фрагмент РМФМ (состояние $S_{3i}(t)$), который характеризуется новым параметром λ_{HDMi} .

Количество фрагментов модели и значение λ_{HDMn} будут зависеть от параметра начального фрагмента λ_{HDM0} и параметра c_λ . В силу принятых допущений о марковости процессов, протекающих в системе на протяжении существования одного фрагмента МФМ, средняя длительность существования фрагмента обратно пропорциональна значению λ_{HDMi} .

Тогда для определения количества фрагментов МФМ n необходимо руководствоваться одним из условий:

$$\sum_i \left(\frac{1}{\lambda_{HDM i}} \right) \geq T_\Sigma \text{ OR } \lambda_{HDM i} \geq \lambda_{HDM \max}, \quad (1)$$

где T_Σ – длительность периода эксплуатации системы.

Значение функции готовности ПС ИС определяется из выражения:

$$A(t) = \sum_{j=0}^n P_{3j}(t). \quad (2)$$

Для нахождения вероятностей нахождения системы в работоспособных состояниях необходимо для МН ИС, граф которой изображен на рис. 1 составить и решить систему дифференциальных уравнений Колмогорова [2].

Для исследования РМФМ приняты следующие параметры модели: $\mu_{SW} = 2$ 1/час; $\lambda_{HA} = 0,00723$ 1/час; $\lambda_{HDM0} = 0,00252$ 1/час; $c_\lambda = \{1; 1,3; 1,5\}$; $\lambda_{HDM \max} = \{0,01; 0,05; 0,1\}$ 1/час; $T_\Sigma = 10000$ часов.

На рис. 2 изображены изменения функции готовности ИС с учетом ДВ для различных значений параметров $\lambda_{HDM \max}$ и c_λ .

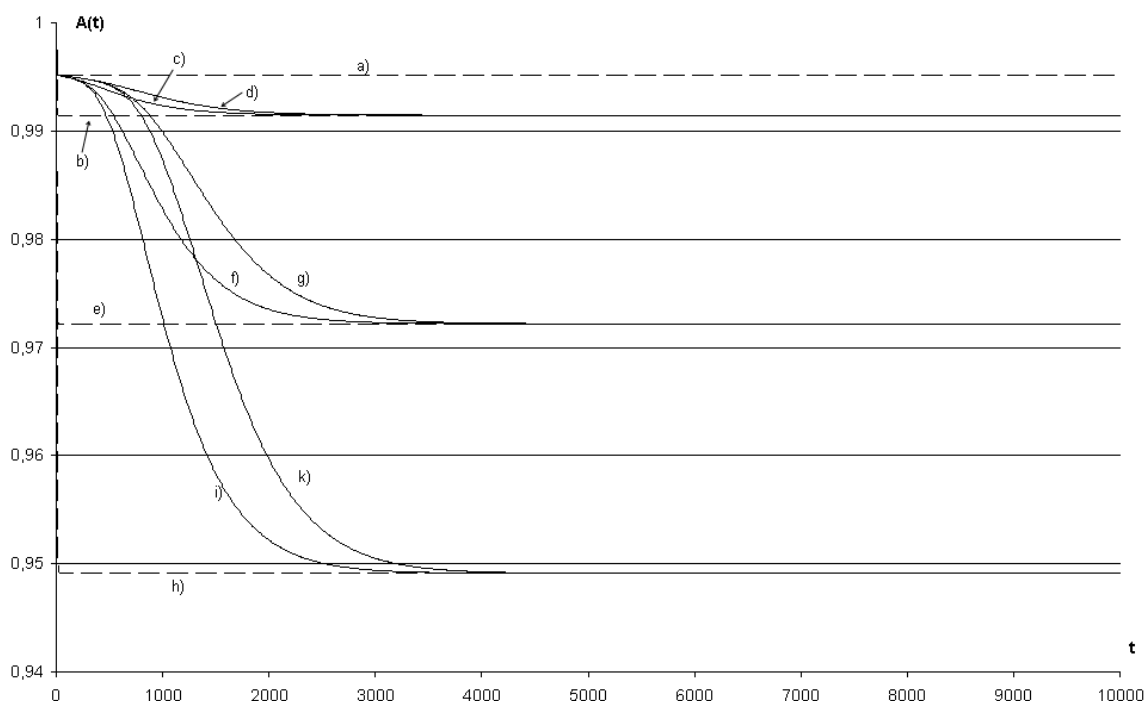


Рис. 2. Зависимость функции готовности ИС с учетом ДВ от времени эксплуатации системы для следующих параметров МН:

- a – $\lambda_{HDM \max} = 0,00252$ 1/час; $c_\lambda = 1$; b – $\lambda_{HDM \max} = 0,01$ 1/час; $c_\lambda = 1$; c – $\lambda_{HDM \max} = 0,01$ 1/час; $c_\lambda = 1,5$;
- d – $\lambda_{HDM \max} = 0,01$ 1/час; $c_\lambda = 1,3$; e – $\lambda_{HDM \max} = 0,05$ 1/час; $c_\lambda = 1$; f – $\lambda_{HDM \max} = 0,05$ 1/час; $c_\lambda = 1,5$;
- g – $\lambda_{HDM \max} = 0,05$ 1/час; $c_\lambda = 1,3$; h – $\lambda_{HDM \max} = 0,1$ 1/час; $c_\lambda = 1$; i – $\lambda_{HDM \max} = 0,1$ 1/час; $c_\lambda = 1,5$;
- k – $\lambda_{HDM \max} = 0,1$ 1/час; $c_\lambda = 1,3$

Заключення

Анализ полученных результатов моделирования надежности информационных систем с учетом дефектов взаимодействия позволяет сформулировать следующие выводы.

1. При изменении интенсивности проявления ДВЗ надежность информационной системы с учетом дефектов взаимодействия уменьшается до показателя функции готовности, характерной для параметра $\lambda_{HDM \max}$, при этом скорость изменения функции готовности пропорциональна количеству фрагментов МФМ.

2. В начальный период эксплуатации информационной системы у систем с меньшей скоростью изменения интенсивности надежность выше, чем у ИС, для которых параметр c_λ имеет большее значение.

3. Значение временного интервала ΔT_{CT} , по истечении которого значение функции готовности $A(t)$ будет равно значению, характерному для параметра $\lambda_{HDM \max}$, зависит от параметра c_λ , значение временного интервала ΔT_{CT} уменьшается с увеличением параметра c_λ .

Планируется включить разработанную модель надежности информационной системы с учетом дефектов взаимодействия в комплексную модель оценки надежности ИС.

Литература

1. Смагин В. А. Техническая синергетика. – [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://sir35.narod.ru/Smagin/index.htm>.
2. Харченко В. С., Лысенко И. В. Теория систем и системный анализ. – Х.: НАКУ «ХАИ». 2003. – 130 с.
3. Lyu M. R. Handbook of Software Reliability Engineering, McGraw-Hill Company, 1996. – 805 p.
4. Basic concepts and taxonomy of dependable and secure computing / A. Avizienis, J.-C. Laprie, B. Randell, C. Landwehr // IEEE Trans. on Dependable and Secure Comp. — 2004. – Vol.1, #1. – P. 11-33.
5. Одарущенко Е.Б. Оценка надежности восстанавливаемых цифровых систем на основе многофрагментных марковских моделей // Системи обробки інформації. – Х.: ХФВ „Транспорт України”. – 2000. – Вип. 4 (10). – С. 212.
6. Поночовный Ю. Л. Определение параметров закона распределения времени между отказами восстанавливаемых обслуживаемых многопользовательских систем с учетом дефектов взаимодействия // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ. – 2004. – Вип.10 (38). – С. 166-174.

Поступила в редакцию 17.03.2006

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