



DOI: <https://doi.org/10.15688/NBIT.jvolsu.2020.3.2>

УДК 004.9:550.34.01

ББК 32.972.53

РАЗРАБОТКА ФОРМАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Александр Алексеевич Бочкарев

Студент кафедры информационной безопасности,
Волгоградский государственный университет
bochkarev_10@mail.ru
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

Алексей Александрович Бабенко

Кандидат педагогических наук, доцент кафедры информационной безопасности,
Волгоградский государственный университет
ba_benko@mail.ru
просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. Рассмотрены понятия информационной системы и ее надежности. Проанализированы модели и методы определения надежности информационных систем. Определены критерии для разработки формальной модели исследования методов оценки надежности информационных систем. Разработана формальная модель для исследования методов определения надежности информационных систем.

Ключевые слова: информационная система, надежность, формальная модель, анализ методов, разработка модели, группы критериев, количественная оценка, качественная оценка.

Введение

Состояние надежности является основным показателем стабильного функционирования информационной системы. Оценка надежности – это комплексный показатель, который складывается из четырех групп свойств, а именно: долговечность, безотказность, ремонтпригодность и комплексные показатели. В свою очередь, свойства надежности имеют в составе, показатели каждого из свойств. Так, например, в ГОСТ 27.002-89 [2; 8] определены основные показатели надежности, к этим показателям относятся: время безотказной ра-

боты, среднее время на отказ, интенсивность отказов, срок службы и так далее. Именно на основе этих показателей и дается оценка надежности, используемой или проектируемой информационной системы.

Стабильное функционирование информационных систем во многом зависит от надежной работы технических составляющих системы как физических, так и программных. Основаниями, которые полагают усиленный интерес к проблемам определения надежности ИС, являются: повышение сложности аппаратной части ИС и возникновению высокопроизводительных информационных систем;

замедленный рост уровня надежности составляющих ее частей; повышение значимости реализуемой аппаратной работой; сложности условий использования и т. д.

Для оценки надежности на практике используют вероятностные, динамические, прогнозные и статические модели определения надежности информационных систем. Каждый из этих методов в основу определения своей оценки надежности использует как раз представленные показатели надежности.

Анализ моделей определения надежности информационных систем

Выделяют следующие группы моделей определения надежности информационных систем:

1. Вероятностные динамические модели определения надежности информационных систем;

- 1.1. Модель Джелинского-Моранды;
- 1.2. Модель Муса;
- 1.3. Модель Шика – Волвертона;

2. Вероятностные статистические модели определения надежности информационных систем;

- 2.1. Модель Монте-Карло;
- 2.2. Модель Миллса.

Вероятностные динамические модели определения надежности информационных систем собирают статистические данные об ошибках, которые обнаруживаются в процессе тестирования или функционирования информационной системы [5; 7].

В настоящее время одна из наиболее используемых моделей оценки надежности, которая относится к вероятностным динамическим моделям, является модель Джелинского-Моранды [1]. Данная модель основана на времени между обнаружением ошибок на экспоненциальном распределении в процессе тестирования или использования информационной системы со значением пропорциональному общему числу найденных ошибок в системе. Ошибки, которые обнаружила модель равновероятные, то есть не зависят друг от друга, из этого следует, что ошибки не подразделяются по степеням важности. Количество обнаруженных ошибок на определенном интервале времени линейно

зависит от общего числа ошибок, оставшихся в системе [3].

Еще одна из часто используемых вероятностных динамических моделей, модель Муса. Для своего функционирования модель использует показатель надежности, связанный со средней наработкой на отказ. Во время очередного тестирования информационной системы, устанавливается время до момента обнаружения отказа. При этом не каждая ошибка в выполнении программы может вызвать отказ, поэтому допускается до появления отказа более одной ошибки. Модель Муса относят к моделям с нескончаемым временем, которые имеют два вида. В первом типе моделей рассматривается эффективное время – время не отказной работы во время использования. Во втором типе моделей рассматривается итоговое время работоспособности, при этом проводится оценка надежности, учитывающее время с момента начала тестирования и до определения самой надежности.

Модель Шика – Волвертона также относится к динамическим вероятностным моделям. Суть данной модели в том, что вероятность возникновения ошибок пропорционально растет со временем использованием и также с начала момента тестирования информационной системы. При этом ошибки исправляются сразу же с момента их обнаружения. Время ожидания каждой ошибки в этой модели не является главным критерием, указывается временной интервал, для того чтобы определить число ошибок на нем [6].

Вероятностные статистические модели определения надежности информационных систем отличаются от динамических тем, что в них не вводят интервал, на котором обнаруживается ошибки в информационной системе от времени выполнения тестирования [7].

Модель Монте-Карло основывается на сравнении вероятных значений случайной величины, с распределением данной вероятности. При этом собираются статистические данные о процессах, которые происходят в информационной системе с учетом факторов внешней среды. Недостатком этого метода является то, что возрастает сложность, а соответственно усложняется схема оценки надежности в процессе перехода

от возможных отказов к значениям наработки на отказ [9].

Модель Миллса используется для определения оценки надежности информационной системы. Перед началом тестирования вводят известное количество ошибок, и только после этого предлагается проводить поиск имеющихся ошибок. Программа считается надежной, если в ней не было выявлено ни одной ошибки. Сотрудник, проводящий оценку надежности, не знает о наличии так называемых «искусственных ошибок», поэтому все найденные ошибки, как и в модели Джелинского – Моранды имеют одинаковую степень важности [6].

С целью выбора наиболее эффективной модели определения надежности информационных систем сформулируем критерии для их оценки.

Анализ критериев для разработки формальной модели исследования методов определения надежности информационных систем

Модели анализа методов определения надежности информационных систем обсуждаются с позиции оценки критериев на начальных стадиях проектирования, точности этих критериев, связи и влияния оценок надежности и трудоемкости.

Метод экспертных оценок состоит в поиске и сборе информации с помощью опроса специалистов, при этом достоверность полученных данных складывается с уровнем знаний и справедливостью экспертных оценок.

Выделим критерии для разработки формальной модели исследования методов опре-

деления надежности информационных систем (табл. 1):

1. Простота использования – насколько комфортно работать с программным обеспечением для определения надежности информационных систем сотруднику не имеющим специальной квалификации и насколько легко он может обучиться.

2. Возможность автоматизации – насколько программное обеспечение может использоваться в получения оценки надежности информационной системы без участия людей, либо во многом уменьшает степень их участия.

3. Подходит для сложных систем – насколько метод определения надежности информационной системы подходит для систем, которые являются сложными.

4. Полнота охвата показателей надежности – какое количество показателей надежности в соответствии с «ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике», охватывает метод определения надежности информационной системы.

5. Цена – стоимость определения оценки надежности информационных систем с помощью указанного метода.

6. Стоимость одного года обслуживания – стоимость метода определение оценки надежности информационных систем за один год обслуживания.

7. Эффективность – соотношение между достигнутым результатом и использованными ресурсами в определение оценки надежности информационной системы.

8. Сопровождаемость – критерий, который позволяют максимально уменьшить затраты по изменению устранимых ошибок в методе по его модификации в соответствии с изменяющимися потребностями пользовате-

Таблица 1

Критерии оценки моделей определения надежности

Обозначение	Название
K1.1	Полнота охвата показателей надежности
K1.2	Эффективность
K1.3	Стойкость к отказам
K2.1	Возможность автоматизации
K2.2	Подходит для сложных систем
K3.1	Квалификация исполнителя
K3.2	Сопровождаемость
K3.3	Простота реализации
K4.1	Цена
K4.2	Стоимость одного года обслуживания

лей в определении оценки надежности информационной системы.

9. Квалификация исполнителя – уровень качества знаний, подготовки, квалификации сотрудников, использующих программное средство для определения оценки надежности информационной системы.

10. Стойкость к отказам – критерий программного обеспечения в формировании оценки надежности информационной системы в момент обнаружения ошибок или отказов сохранять прежнюю работоспособность.

Формальная модель исследования методов определения надежности информационных систем

Для исследования методов определения надежности информационных систем предлагается разработать формальную модель, которая будет функционировать на основе частных критериев представленных выше (см. табл. 1) из каждой четырех групп $K = \{K_1, K_2, K_3, K_4\}$.

$$K_{ij} = \begin{cases} 0.1, \text{ если у критерия выбрана} \\ \text{качественная оценка – низкая} \\ 0.2, \text{ если у критерия выбрана} \\ \text{качественная оценка – средняя} \\ 0.3, \text{ если у критерия выбрана} \\ \text{качественная оценка – высокая} \end{cases} \quad (1)$$

$$K_{ij} = \begin{cases} 0, \text{ если у критерия выбрана} \\ \text{качественная оценка – нет} \\ 0.5, \text{ если у критерия выбрана} \\ \text{качественная оценка – да} \end{cases} \quad (2)$$

Идеальной модели оценки надежности соответствует вектор K^* , в котором все значения критериев равны единице. Для оценки модели вводится скалярная величина, равная метрике Манхэттена, расстоянию между наилучшим вектором K^* и вектором критериев, полученным для каждой оцениваемой модели:

$$K^i = (K_1^i, K_2^i, K_3^i, K_4^i) \quad (3)$$

Предлагается использовать метрику Манхэттена, так как критерии оценки моделей определения надежности K_j^i не похожи по типу. Предложенная метрика позволяет проверить близость двух векторов:

$$d^i = \sum_{j=1}^4 |K_j^* - K_j^i| \quad (4)$$

Метод, для которого расстояние d^i до наилучшего вектора окажется наименьшим, можно считать наиболее эффективным для оценки надежности информационной системы.

Предложенная формальная модель позволяет выбрать наиболее эффективный метод оценки надежности информационных систем.

Для получения экспертных оценок определения надежности информационных систем выделены следующие задачи и методы их решения:

- 1) для подбора экспертов использовался документальный метод;
- 2) для проведения опроса экспертов использовался метод Дельфы;
- 3) для обработки результатов опроса использовалась проверка гипотезы согласованности мнений специалистов.

Обработка результатов экспертизы представляет собой трудоемкий процесс, следовательно, целесообразно использовать программы, реализующие алгоритмы обработки результатов экспертного оценивания.

Заключение

В таблице 2 приведены качественные значения критериев для выделенных методов определения надежности информационных систем и количественные результаты исследования с помощью разработанной формальной модели.

В результате проведенных экспериментов наиболее эффективным методом оценки надежности является модель Джелинского-Моранды. Оценка надежности информационной системы проводилась исходя из личных потребностей специалиста к модели, проводившего оценку каждой модели, поэтому выбор метода является субъективным и строится из потребностей, которые в свою очередь диктует руководство или сотрудники, проектирующие информационную систему [4].

Результаты сравнения методов надежности информационных систем по критериям

Название критерия	Модель Джелинского-Моранды	Модель Муса	Модель Шика – Волвертона	Модель Монте-Карло	Модель Миллса
Простота использования	Высокая	Высокая	Средняя	Низкая	Низкая
Возможность автоматизации	Да	Нет	Нет	Да	Да
Подходит для сложных систем	Да	Да	Нет	Нет	Нет
Полнота охвата показателей надежности	Средняя	Низкая	Низкая	Низкая	Средняя
Цена	Средняя	Средняя	Средняя	Высокая	Средняя
Стоимость одного года обслуживания	Низкая	Низкая	Низкая	Высокая	Средняя
Эффективность	Высокая	Средняя	Средняя	Низкая	Средняя
Сопровождаемость	Низкая	Средняя	Высокая	Низкая	Низкая
Квалификация исполнителя	Средняя	Низкая	Средняя	Высокая	Высокая
Стойкость к отказам	Высокая	Высокая	Средняя	Высокая	Высокая
Итого	2,7	2	1,5	2,1	2,1

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Василенко, Н. В. Модели оценки надежности программного обеспечения / Н. В. Василенко, В. А. Макаров // Вестник Новгородского государственного университета. – 2004. – С. 126–132.
2. ГОСТ Р 27.002–2009. Надежность в технике. Термины и определения. – М. : Изд-во стандартов, 2009.
3. Зубкова, Т. М. Технология разработки программного обеспечения : учеб. пособие / Т. М. Зубкова. – СПб. : Лань, 2019. – 324 с.
4. Козунова, С. С. Модель профиля угроз информационной безопасности корпоративной информационной системы / С. С. Козунова, А. А. Бабенко // НБИ технологии. – 2018. – Т. 12, № 1. – С. 6–11.
5. Крутиков, Д. И. Вероятностная модель оценки надежности информационных систем / Д. И. Крутиков, А. А. Бабенко // IT-технологии: развитие и приложения : сб. докл. – Владикавказ : Северо-Кавказский горно-металлургический институт, 2018. – С. 129–134.
6. Мальков, М. В. О надежности информационных систем : монография / М. В. Мальков. – Кольский : Изд-во Кольский НЦ РАН, 2012. – 58 с.
7. Модели и методы исследования информационных систем : монография / А. Д. Хомоненко, А. Г. Басыров, В. П. Бубнов [и др.] ; под ред. А. Д. Хомоненко. – СПб. : Лань, 2019. – 204 с.
8. Об информации, информационных технологиях и о защите информации : федер. закон от 27 июля 2006 г. № 149-ФЗ. – Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».
9. Хунув, Т. Х. Анализ моделей прогнозирования надежности программных средств / Т. Х. Хунув. – М. : НИУ Высшая школа экономики : МИЭМ, 2016. – 5 с.

REFERENCES

1. Vasilenko N.V., Makarov V.A. Modeli otsenki nadezhnosti programmnogo obespecheniya. *Vestnik Novgorodskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2004, pp. 126-132.
2. GOST R 27.002-2009. *Nadezhnost v tekhnike. Terminy i opredeleniya*. Moscow, Izd-vo standartov, 2009.
3. Zubkova T.M. *Tekhnologiya razrabotki programmnogo obespecheniya: ucheb. posobiye*. Saint Petersburg, Lan Publ., 2019. 324 p.
4. Kozunova S.S., Babenko A.A. Model profilya ugroz informatsionnoy bezopasnosti korporativnoy informatsionnoy sistemy. *NBI tekhnologii*, 2018, vol. 12, no. 1, pp. 6-11.
5. Krutikov D.I., Babenko A.A. Veroyatnostnaya model otsenki nadezhnosti informatsionnykh sistem. *IT-Tekhnologii: razvitiye i prilozheniya: sb. dokl. Vladikavkaz, Severo-Kavkazskiy gorno-metallurgicheskii institut*, 2018, pp. 129-134.
6. Malkov M.V. *O nadezhnosti informatsionnykh sistem: monografiya*. Kolskiy, Izd-vo Kolskiy NTs RAN, 2012. 58 p.
7. Khomonenko A.D., Basyrov A.G., Bubnov V.P., Khomonenko A.D., ed. *Modeli i metody issledovaniya informatsionnykh sistem: monografiya*. Saint Petersburg, Lan Publ., 2019. 204 p.
8. Ob informatsii, informatsionnykh tekhnologiyakh i o zashchite informatsii: feder. zakon ot 27 iyulya 2006 g. № 149-FZ. *Access from Reference Legal System "ConsultantPlus"*.
9. Khunov T.Kh. *Analiz modeley prognozirovaniya nadezhnosti programnykh sredstv*. Moscow, NIU Vysshaya shkola ekonomiki, MIEM, 2016. 5 p.

DEVELOPMENT OF A FORMAL MODEL OF THE RESEARCH OF METHODS FOR DETERMINING THE RELIABILITY OF INFORMATION SYSTEMS

Alexandr A. Bochkarev

Student, Department of Information Security,
Volgograd State University
bochkarev_10@mail.ru
Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

Aleksey A. Babenko

Candidate of Sciences (Pedagogy), Associate Professor, Department of Information Security,
Volgograd State University
ba_benko@mail.ru
Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation

Abstract. The state of reliability is the main indicator of the stable functioning of the information system. Reliability assessment is a complex indicator that consists of four groups of properties, namely: durability, reliability, maintainability and complex indicators. In turn, the reliability properties are composed of indicators of each of the properties. It is on the basis of these indicators that the reliability of the information system used or designed. The stable functioning of information systems largely depends on the reliable operation of technical components of the system, both physical and software. The reasons that suggest an increased interest in the problems of determining the reliability of information systems are: increasing the complexity of the hardware of information systems and the emergence of high-performance information systems; slow growth in the level of reliability of its components; increasing the significance of the hardware work implemented; complexity of the conditions of use, etc. In practice, probabilistic, dynamic, predictive, and static models for determining the reliability of information systems are used to assess reliability. Each of these methods uses the presented reliability indicators as the basis for determining its reliability assessment. The concepts of information system and reliability are presented. Models and methods for determining the reliability of information systems are analysed. Criteria for the development of a formal model of research methods for evaluating the reliability of information systems are defined. A formal model has been developed for the study of methods for determining the reliability of information systems.

Key words: information system, reliability, formal model, method analysis, model development, criteria groups, quantitative assessment, qualitative assessment.