

УДК 621.391.8

Д. А. МАЕВСКИЙ, Е. Ю. МАЕВСКАЯ, Ю. П. ЧЕРБАДЖИ

Одесский национальный политехнический университет, Украина

## ОБЗОР И КЛАССИФИКАЦИЯ СРЕДСТВ ОЦЕНИВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

*Статья посвящена обзору существующих программных средств оценки надежности программного обеспечения. Выполнен обзор наиболее часто используемых программных средств. На основании анализа характеристик программных средств оценки надежности предложена таксономическая система классификационных признаков, характеризующих их функциональные возможности и удобство представления этими программными средствами результатов оценивания. С использованием предложенной таксономии создана система классификации программных средств оценки надежности. Сделаны выводы об актуальных направлениях исследований в области оценивания надежности программного обеспечения.*

**Ключевые слова:** классификация, классификационные признаки, таксономия, надежность программного обеспечения, оценка надежности, модели надежности.

### Введение

Обеспечение заданных показателей надежности программного обеспечения (ПО) является важнейшим условием создания качественных и безопасных программных систем. Для расчета этих показателей в настоящий момент существует около шестидесяти разнообразных моделей надежности ПО (МНПО). Для получения численных значений показателей надежности эти модели используют временные ряды данных о выявленных дефектах. Сами показатели находятся путем сложных математических расчетов с применением аппарата нелинейного программирования. Расчет этих коэффициентов вручную занимает много времени, что явилось побудительным мотивом для создания большого количества (более двадцати) инструментальных программных средств оценки надежности ПО.

Каждое из этих средств, как правило, позволяет оценить надежность не по одной, а по значительному числу МНПО. С учетом разнообразия программных средств, перед разработчиком ПО возникает задача выбора наиболее подходящего программного средства и задача выбора наилучшей МНПО из числа реализованных в нем моделей. Сложность этой задачи усугубляется двумя факторами. Во-первых, разработчики ПО как правило не знакомы с теорией надежности программного обеспечения. Во-вторых, не существует одной универсальной МНПО, одинаково точно определяющей показатели надежности. При выборе модели разработчику ПО может помочь система их классификации, впервые предложенная в работе [1], и подробно описанная в монографии [2]. Однако классификация программных средств оце-

нивания надежности на сегодняшний день отсутствует. Поэтому ее разработка является актуальной.

### 1. Обзор программных средств оценивания надежности

Ниже представлен обзор программных средств, информация о которых в литературных источниках доступна в объеме, позволяющем прояснить их функциональные возможности и пользовательский интерфейс.

SRMP (Software Reliability Modeling Programs) [3] – программное средство оценивания надежности, созданное в 1988 Бевом Литтлвудом. Включает следующие модели надежности: Гела-Окумото, Мусы-Окумото, Дуэйна, а также квадратичная и линейная модели Литтлвуда-Веррала. SRMP представляет результаты оценивания в виде таблиц и графиков. Отдельно формируются показатели точности оценивания.

SMERF [3, 4] (Statistical Modeling and Estimation of Reliability Functions for Software) – инструмент, разработанный Уильямом Фарром в 1988 году. В нем реализована оценка надежности по таким МНПО: квадратичная и линейная модели Литтлвуда-Веррала, основная и логарифмическая модели Мусы, геометрическая, Джелинского-Моранды, Ямады, Шнайдевинда, Биномиальная и Пуассоновская модели Брукса и Мотли, обобщенная Пуассоновская модель.

RGA (Software for Repairable System and Reliability Growth Analysis) [5] – программное средство, созданное в 1992 году. В нем реализованы только две модели надежности: модель Дуэйна и модель

Крау [18]. Последняя версия программного средства была выпущена в 2014 году.

CASRE (Computer-Aided Software Reliability Estimation Tool) [3] – инструмент, который был реализован в 1993 году Алленом П. Никорой. В нем используются биномиальная модель Брукса и Мотли, модель Шнайдевинда, Джелинского-Моранды, квадратичная модель Литтлвуда-Веррала, Мусы-Окумото, а также основная и логарифмическая модели Мусы. CASRE предоставляет развитую автоматизированную поддержку моделирования надежности ПО.

ROBUST (Reliability of Basic and Ultra-reliable Software systems) [6] – программное средство, созданное Яшвантой Малайей, Джейсоном Дентоном и Найксином Ли в 1995 году. Поддерживает 4 МНПО: Мусы, Мусы-Окумото, Дуйэна и S-образную. Есть возможность учета метрик, содержащих информацию о программе, команде разработчиков и т.п.

CARATS (Computer-Aided Reliability Assessment Tool for Software Based on Object-Oriented Design) [7] – инструмент, созданный Чиен-Чин Чен, Чу Ти Лин, Хен-Хсен. Реализованы следующие МНПО: Ямады, Мусы-Окумото, Гела-Окумото, Рейлея, Дуйэна. Имеется возможность сравнивать модели надежности методами максимального правдоподобия и наименьшего отклонения.

Refis (A New Statistical Software Reliability Tool) [8] – программное средство, разработанное Буном, Брандтом, Рамосом, Бакчиенико, Хэнзеном в 2006 году. Поддерживает следующие МНПО: линейная модель Литтлвуда-Веррала, геометрическая, Мусы, Джелинского-Моранды, Мусы-Окумото, Гела-Окумото, Шика-Уолвертона, Шнайдервинда, S-образная, Дуйэна.

SRATS (Software Reliability Assessment Tool on Spreadsheet) [9] – инструмент, разработанный в 2005 году. SRATS как надстройка Microsoft Excel, поэтому его нельзя использовать как отдельный инструмент. Последняя версия вышла в 2012 году.

SafeMan [10] – программное средство, разработанное Такажи Фудживарой и Мицуширо Кимурой в 2014 году. Реализованы только две МНПО: Мусы и S-образная.

## 2. Формирование классификационных признаков

Предлагаемые классификационные признаки для программных средств оценивания надежности ПО должны отражать два важных для пользователя фактора: удобство использования программного средства и его функциональность. Удобство использования определяется интерфейсными характеристиками программного средства, а его функцио-

нальность – реализованным в нем математическим аппаратом.

К интерфейсным признакам предлагается отнести способ задания исходных данных и способ представления результатов. Рассмотрим их подробнее.

Удобство, а зачастую и возможность использования, определяется способом представления входных данных. Например, если пользователь располагает кумулятивными рядами распределения выявленных во времени дефектов, а программное средство может получить на входе только моменты их выявления, то такое программное средство не может быть использовано.

Поэтому в качестве *первого классификационного признака* предлагается использовать вид исходных данных, принимаемых данным программным средством. Возможно выделить такие формы представления исходных данных:

- TF (Time of Failure) – астрономическое время возникновения дефекта;
- TBF (Time Between Failures) – интервал времени между двумя последовательными дефектами;
- CF (Cumulative Failure) – кумулятивное количество дефектов;
- FI (Failures experienced in a time Interval) – количество дефектов, выявленных на заданном интервале времени.

*Вторым признаком* для классификации программных средств оценки надежности может служить способ представления результатов их работы. Результаты могут быть представлены в виде: T – таблиц; G – графиков.

*Третьим классификационным признаком*, отражающим функциональность программного средства оценивания надежности является перечень МНПО, реализованных в этой модели. Однако простое перечисление моделей само по себе не является информативным. Зачастую сама модель для пользователя не важна. Важны допущения, которые приняты в этой модели. Зная эти допущения, пользователь может сравнить их с реальными условиями тестирования или создания программного обеспечения и выбрать наиболее подходящее по этим допущениям программное средство. В наиболее полном виде допущения большинства МНПО проанализированы и обобщены в работе [11]. В этой работе авторы предлагают матрицу допущений МНПО, в строках которой сгруппированы все допущения моделей, а в столбцах – модели, удовлетворяющие этим допущениям. Все допущения объединены в четыре группы: I – учитывают способ выявления и исправления дефектов; II – отражают классификацию моделей согласно [1]; III – учитывают способ распределения

выявленных дефектов во времени; IV – допущения, свойственные только отдельным моделям.

Каждая из групп, в свою очередь, разбита на подгруппы. Полный перечень всех подгрупп с подробными пояснениями можно найти в работе [11]. Там же приведена матрица соответствия между допущениями и моделями надежности.

**Четвертым классификационным признаком**, определяющим функциональность программного средства, является возможность выполнения им прогнозирования изменения показателей надежности в последующие периоды времени. Здесь можно выделить два значения признака: E – программное средство выполняет только оценивание надежности; P – программное средство выполняет оценивание и прогнозирование надежности. Эта классификация

показана на рис. 1.

На основе предложенных классификационных признаков можно выполнить классификацию описанных выше программных средств оценивания надежности. Эта классификация приведена в табл. 1. В столбцах этой таблицы приведены выделенные признаки в соответствии с уровнями иерархии согласно рис. 1.

Группа функциональных признаков определяет возможности программного средства по оцениванию надежности. Использование для этого простых и понятных пользователю допущений моделей позволяет значительно облегчить решение проблемы выбора подходящего программного средства из всего разнообразия существующих программных средств.

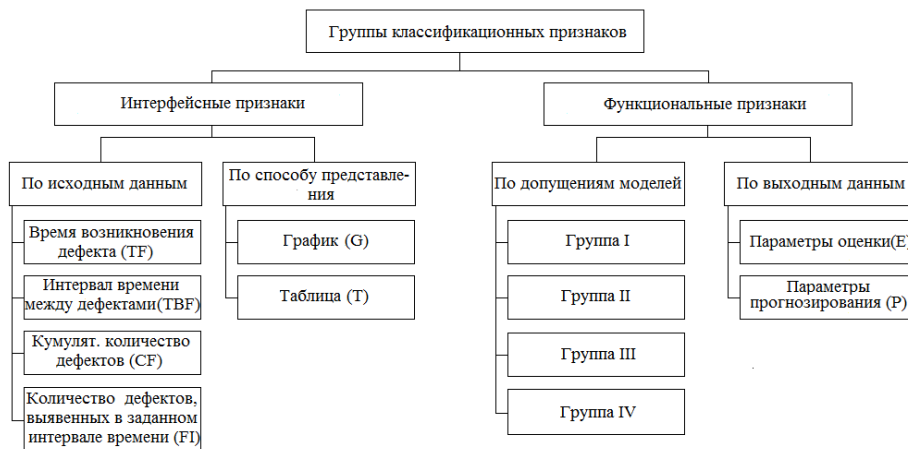


Рис. 1. Классификационные признаки программных средств оценивания надежности

Таблица 1

Классификация программных средств оценивания надежности

Прогр. средство	Интерфейсные признаки						Функциональные признаки					
	Исх. данные				Результат		Допущения моделей				Прогноз	
	TF	TBF	C	FI	G	T	I	II	III	IV	E	P
SRMP		v			v	v	I	1, 2.1, 3	2, 5	2.1, 5.2	v	
SMERFS	v	v			v	v	I	II	1, 2, 4, 5, 6, 7	1.1, 2.1, 2.3, 4.1, 5.2, 7.1	v	v
RGA			v	v	v	v	I	1.2, 2.1, 3.2	5	5.2	v	
CASRE	v	v	v	v	v	v	I	1, 2, 3.1	1, 2, 7	1.1, 2.1, 7.1	v	v
ROBUST	v	v					I	1, 2.2, 3	2, 4, 5, 7	2.3, 4.1, 5.2, 7.1	v	v
CARATS	v	v			v		I	1, 2.2, 3	2, 4, 5, 7	2.1, 4.1, 5.2, 7.1	v	v
Refis		v	v		v	v	I	II	1, 2, 4, 5, 6, 7	1.1, 2, 4.1, 5, 6.1, 7.1	v	
SRATS			v	v	v	v	I	1, 2.1, 3	2, 4, 7	2.1, 4.1, 7.1	v	
SafeMan	v		v		v	v	I	1.1, 2.2, 3	2, 4	2.3, 4.1	v	

## Заключение

В статье предложена иерархическая группа классификационных признаков – таксонов, наиболее полно и точно описывающие существенные характеристики программных средств оценивания надежности ПО. На базе выделенных таксонов выполнена классификация девяти наиболее распространенных программных средств. В системе классификации четко выделены как интерфейсные, так и функциональные (эксплуатационные) характеристики таких программных систем. Это позволило построить классификацию, которая позволит облегчить выбор требуемого программного средства даже персоналу, который не включает специалистов в области надежности программного обеспечения.

## Литература

1. Musa, J. D. *Software Reliability Models: Concepts, Classification, Comparisons, and Practice [Text]* / J. D. Musa, K. Okumoto // *Electronic Systems Effectiveness and Life Cycle Costing, NATO ASI Series*. – Vol. 3. – 1983. – P. 395 – 424.
2. Lyu, M. R. *Handbook of Software Reliability Engineering [Text]* / M. R. Lyu. – New-York : McGraw-Hill, 1996. – 805 p.
3. Lyu, M. R. *Applying Reliability Models More Effectively [Text]* / M. R. Lyu, A. Nikora // *IEEE Software*. – 1992. – Vol. 9, Issue 4. – P. 43–52.
4. Wallace, D. R. *Practical software reliability modeling [Text]* / D. R. Wallace // *26th Annual NASA Goddard Software Engineering Workshop*. – 2001. – P. 147 – 155.
5. Crow, L. *RGA: Reliability Growth Analysis and Repairable System Analysis [Electronic Resource]* / L. Crow. – Access mode: <http://www.reliasoft.com/rga/>. – 18.03.2016.
6. Li, N. *ROBUST: A Next Generation Software Reliability Engineering Tool [Text]* / N. Li, Y. K. Malaiya // *Sixth International Symposium on Software Reliability Engineering*. – 1995. – P. 375 – 380.
7. *CARATS: A Computer-Aided Reliability Assessment Tool for Software Based on Object-Oriented Design [Text]* / C.-C. Chen, C.-T. Lin, H.-H. Huang, S.-W. Huang, C.-Y. Huang // *TENCON, IEEE Region 10 Conference*. – 2006. – P. 1 – 4.
8. Boon, M. A. A. *A New Statistical Software Reliability Tool [Electronic Resource]* / M. A. A. Boon, E. Brandt, I. C. Ramos. – Access mode: [http://www.refis.nl/downloads/A%20New%20Statistical%20Software%20Reliability%20Tool%20\(Boon,%20Brandt,%20Corro%20Ramos,%20Di%20Bucchianico%20and%20Henzen\).pdf](http://www.refis.nl/downloads/A%20New%20Statistical%20Software%20Reliability%20Tool%20(Boon,%20Brandt,%20Corro%20Ramos,%20Di%20Bucchianico%20and%20Henzen).pdf). – 15.06.2015.
9. Okamura, H. *SRATS: Software Reliability Assessment Tool on Spreadsheet* / H. Okamura, T. Dohi // *IEEE 24th International Symposium on Software Reliability Engineering (ISSRE)*. – 2013. – P. 100 – 107.

10. Fujiwara, T. *A New Analysis Concept in Applying Software Reliability Growth Models and Tool Implementation: The SafeMan [Text]* / T. Fujiwara, M. Kimur // *Journal of Software Engineering and Applications*. – Vol. 7. – 2014. – P. 396 – 405.

11. *The method of software reliability growth models choice using assumptions matrix [Text]* / V. S. Kharchenko, O. M. Tarasyuk, V. V. Sklyar, V. Y. Dubnitsky // *International Computer Software and Applications (COMPSAC 2002)*. – 2002. – P. 541 – 546.

## References

1. Musa, J. D., Okumoto, K. *Software Reliability Models: Concepts, Classification, Comparisons, and Practice. Electronic Systems Effectiveness and Life Cycle Costing, NATO ASI Series*, 1983, vol. 3, pp. 395-424.
2. Lyu, M. R. *Handbook of Software Reliability Engineering*. New-York, McGraw-Hill, 1996. 805 p.
3. Lyu, M. R., Nikora, A. *Applying Reliability Models More Effectively. IEEE Software*, 1992, vol. 9, pp. 43–52.
4. Wallace, D. R. *Practical software reliability modeling. 26th Annual NASA Goddard Software Engineering Workshop*, 2001, pp. 147 – 155.
5. Crow, L. *RGA: Reliability Growth Analysis and Repairable System Analysis*. Available at: <http://www.reliasoft.com/rga/> (Accessed 15 March 2016).
6. Li, N., Malaiya, Y. K. *ROBUST: A Next Generation Software Reliability Engineering Tool. Sixth International Symposium on Software Reliability Engineering*, 1995, pp. 375–380.
7. Chen, C.-C., Lin, C.-T., Huang, H.-H., Huang, S.-W., Huang, C.-Y. *CARATS: A Computer-Aided Reliability Assessment Tool for Software Based on Object-Oriented Design. TENCON, IEEE Region 10 Conference, 2006*, pp. 1–4.
8. Boon, M. A. A., Brandt, E., Ramos, I. C. *A New Statistical Software Reliability Tool*. Available at: [http://www.refis.nl/downloads/A%20New%20Statistical%20Software%20Reliability%20Tool%20\(Boon,%20Brandt,%20Corro%20Ramos,%20Di%20Bucchianico%20and%20Henzen\).pdf](http://www.refis.nl/downloads/A%20New%20Statistical%20Software%20Reliability%20Tool%20(Boon,%20Brandt,%20Corro%20Ramos,%20Di%20Bucchianico%20and%20Henzen).pdf) (Accessed 15 June 2015).
9. Okamura, H., Dohi, T. *SRATS: Software Reliability Assessment Tool on Spreadsheet. Software Reliability Engineering (ISSRE)*, 2013, pp. 100-107.
10. Fujiwara, T., Kimur, M. *A New Analysis Concept in Applying Software Reliability Growth Models and Tool Implementation: The SafeMan. Journal of Software Engineering and Applications*, 2014, vol. 7, pp. 396-405.
11. Kharchenko, V. S., Tarasyuk, O. M., Sklyar V. V., Dubnitsky, V. Y. *The method of software reliability growth models choice using assumptions matrix. International Computer Software and Applications (COMPSAC 2002)*, 2002, pp. 541 – 546.

*Поступила в редакцію 10.03.2016, рассмотрена на редколлегии 14.04.2016*

## КЛАСИФІКАЦІЯ ІСНУЮЧИХ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ НАДІЙНОСТІ ПЗ

*Д. А. Маєвський, О. Ю. Маєвська, Ю. П. Чербаджі*

Статтю присвячено огляду існуючих програмних засобів оцінки надійності програмного забезпечення. Виконано огляд найбільш часто використовуваних програмних засобів. На підставі аналізу характеристик програмних засобів оцінки надійності запропоновано таксономічну систему класифікаційних ознак, які характеризують їх функціональні можливості і зручність подання цими програмними засобами результатів оцінювання. З використанням запропонованої таксономії створено систему класифікації програмних засобів оцінки надійності. Зроблено висновки про актуальні напрями досліджень в області оцінювання надійності.

**Ключові слова:** класифікація, класифікаційні ознаки, таксономія, надійність програмного забезпечення, оцінка надійності, моделі.

## CLASSIFICATION EXISTING TOOLS FOR SOFTWARE RELIABILITY

*D. A. Maevsky, E. J. Maevskaya, Y. P. Cherbadzhy*

Article is devoted to overview of the software tools for software reliability estimation. The review of the most frequently used software is performed. On the base of analysis of software reliability tools characteristics, the system of taxonomic signs was proposed. This system differs from its functionality and ease of presentation of evaluation results. Using this taxonomy, the classification system of software reliability tools was created. The conclusions about the current research directions in the field of software reliability estimation was made.

**Key words:** classification, classification attributes, taxonomy, software reliability, assessment of reliability, software reliability.

**Маєвський Дмитрій Андреевич** – д-р техн. наук, професор, зав. каф. теоретических основ и общей электротехники Одесского национального политехнического университета, Одесса, Украина, e-mail: dmitry.a.maevsky@gmail.com.

**Маєвська Елена Юрьевна** – канд. техн. наук, доцент, доцент каф. теоретических основ и общей электротехники Одесского национального политехнического университета, Одесса, Украина, e-mail: e.j.maevskaya@gmail.com.

**Чербаджі Юлія Павловна** – аспірант, Одеський національний политехнічний університет, Одесса, Украина, e-mail: jcherbadzhy@gmail.com.

**Maevsky Dmitry Andreevich** – Dr. Sc. in Engineering, Prof., Head of Dep. of Theoretical Foundations and General Electrical Engineering, Odessa National Polytechnic University, Odessa, Ukraine. e-mail: dmitry.a.maevsky@gmail.com.

**Maevskaya Elena Jurievna** – PhD in Engineering, Ass. Prof., Ass. Prof of Dep. of Theoretical Foundations and General Electrical Engineering, Odessa National Polytechnic University, Odessa, Ukraine. e-mail: e.j.maevskaya@gmail.com.

**Cherbadzhy Julia Pavlovna** – PhD Student, Odessa National Polytechnic University, Odessa, Ukraine. e-mail: jcherbadzhy@gmail.com.