

Оценка надежности составляющих частей мехатронных систем

Харьковский национальный автомобильный университет

Рассмотрены различные модели оценки надежности механических объектов, электронных устройств и программных средств. Выделены отличия моделей оценки программных средств. Показана возможность оценки надежности составляющих частей мехатронных систем распределением Вейбулла.

Ключевые слова: экспоненциальная модель, распределение Вейбулла, вероятность безотказной работы, интенсивность отказов, программное средство, прогнозирующая модель, измерительная модель, оценочная модель.

Введение

Мехатроника изучает механические системы, электронные и информационные системы, которые объединены в одном устройстве. Мехатронная система — совокупность нескольких мехатронных модулей и узлов, синергетически связанных между собой, для выполнения конкретной функциональной задачи. Особенностью мехатронной системы является наличие информационной составляющей, которая включает различные программные средства. В программной продукции отсутствует понятие физического старения. Основная масса ошибок — это ошибки, возникающие при написании программ. Поэтому важным этапом эксплуатации является сопровождение программного средства. Постоянное совершенствование языков программирования и методов программирования приводит к быстрому моральному старению программного продукта.

Вопросам надежности программного обеспечения посвящен раздел в работе [1]. В этой работе также рассмотрены различные законы распределения времени наработки на отказ. В работе [1] утверждается, что в электронных устройствах интенсивность отказов со временем уменьшается, однако это особенность программных средств. В работе [2] рассмотрены различные методы оценки надежности программных средств, в том числе и многофакторный эксперимент. В работе [3] освещены различные подходы к оценке надежности мехатронной системы в целом, однако предполагается, что механические системы, электронные системы и программные средства соединены последовательно по структурной схеме надежности. Такой подход упрощает расчеты, однако не учитывает синергетические связи между системами.

Целью статьи является анализ методов оценки надежности механических систем, электронных систем и программных средств, которая показывает, что распределение Вейбулла — Гнеденко позволяет оценивать надежность всех составляющих мехатронной системы.

Надежность механических и электронных систем описывается распределением Вейбулла. Это распределение отказов изделий получено на основании исследования сроков службы по отказам усталостного характера газонаполненных и вакуумных приборов, а также шарикоподшипниковых узлов. Функция плотности распределения отказов при этом имеет вид

$$f(t) = -\frac{a}{T_0} t^{a-1} e^{-t^\alpha/T_0}, \quad (1)$$

где T_0 — среднее время наработки изделия на отказ;

α — параметр закона распределения, зависящий от числа отказов изделия.

Функция надежности для него

$$P(t) = \exp(-\lambda t)^\alpha. \quad (2)$$

Интенсивность отказа

$$\lambda(t) = \alpha (\lambda t)^{\alpha-1}. \quad (3)$$

При $\alpha > 1$ опасность отказа монотонно возрастает от нуля, при $\alpha < 1$ опасность отказа монотонно убывает и не ограничена при $t = 0$. Экспоненциальный закон является частным случаем закона Вейбулла при $\alpha = 1$ (рис. 1)

В случае, когда $\alpha = 1$, вероятность безотказной работы изделия определяется по формуле

$$P(t) = e^{-\frac{t}{T_0}}, \quad (4)$$

то есть получаем экспоненциальный закон распределения.

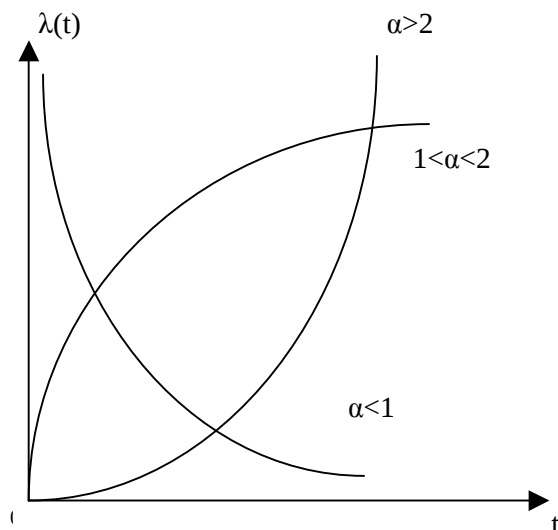


Рис. 1. График зависимости интенсивности отказа от времени по распределению Вейбулла

Основной причиной широкого использования закона Вейбулла в надежности является то, что он, обобщая экспоненциальный закон, содержит дополнительный параметр α . Подбирая нужным образом параметры λ и α , мы можем получить лучшее соответствие опытным данным по сравнению с экспоненциальным законом, который зависит только от одного параметра λ . Так, у

элемента, у которого часто встречаются скрытые дефекты, но который в течение долгого времени не «стареет», опасность отказа резко повышена вначале, а потом быстро падает. Функция надежности такого элемента должна хорошо приближаться законом Вейбулла при $\alpha < 1$. Наоборот, если у элемента почти не бывает скрытых дефектов, но зато он быстро «стареет», то опасность отказа монотонно растет, и функция надежности должна хорошо приближаться законом Вейбулла с параметром $\alpha > 1$.

Как известно, на данный момент времени разработано большое количество моделей надежности программных средств (ПС) и их модификаций [1,2]. Основными данными являются отказы и время. Другие дополнительные параметры связаны с типом ПС, условиями среды и данных.

Модели надежности ПС в целом основываются на истории ошибок в проверяемой и тестируемой ПС на этапах жизненного цикла. Одной из классификаций моделей надежности программного обеспечения является классификация Хетча. В ней предлагается разделение моделей на прогнозирующие, измерительные и оценочные (рис. 2).

Прогнозирующие модели надежности основаны на измерении технических характеристик создаваемой программы: длина, сложность, число циклов и степень их вложенности, количество ошибок на страницу операторов программы и др.

Например, модель Мотли – Брукса основывается на длине и сложности структуры программы (количество ветвей, циклов, вложенность циклов), количестве и типах переменных, а также интерфейсов. В этих моделях длина программы служит для прогнозирования количества ошибок, например, для 100 операторов программы можно смоделировать интенсивность отказов.

Модель Холстеда прогнозирует количество ошибок в программе в зависимости от ее объема и таких данных, как число операций (η_1) и операндов (η_2), а также их общее число (N_1, N_2).

Время программирования программы предлагается вычислять по следующей формуле:

$$T = \frac{\eta_1 N_2 (\eta_1 \log_2 \eta_1 + \eta_2 \log_2 \eta_2) \log_2 \eta_1}{2 \eta_2 S}, \quad (5)$$

где S – число Страуда (Холстед принял его равным 18 – числу умственных операций в единицу времени).

Измерительные модели предназначены для измерения надежности программного обеспечения, работающего с заданной внешней средой. Они имеют следующие ограничения:

- программное обеспечение не модифицируется во время периода измерений свойств надежности;
- обнаруженные ошибки не исправляются;
- измерение надежности проводится для зафиксированной конфигурации программного обеспечения

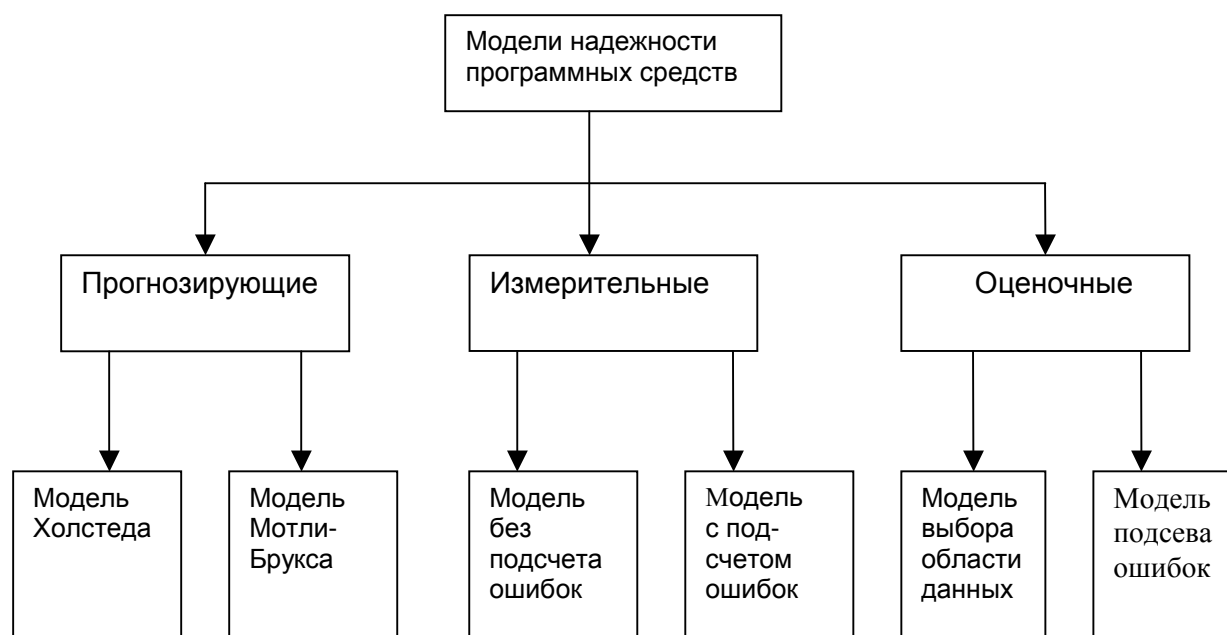


Рис. 2. Классификация моделей надежности программных средств

•

Оценочные модели основываются на серии тестовых прогонов и проводятся на этапах тестирования ПС. В тестовой среде определяется вероятность отказа программы при ее выполнении или тестировании.

Эти типы моделей могут применяться на этапах жизненного цикла. Кроме того, результаты прогнозирующих моделей могут использоваться как входные данные для оценочной модели. Имеются модели (например, модель Муссы), которые можно рассматривать как оценочную и в то же время как измерительную модель.

Модели без подсчета ошибок основаны на измерении интервала времени между отказами и позволяют спрогнозировать количество ошибок, оставшихся в программе. После каждого отказа оценивается надежность и определяется среднее время до следующего отказа. К таким моделям относятся модели Джелински и Моранды, Шика Вулвертона и Литвуда – Вералла.

Модели с подсчетом отказов базируются на количестве ошибок, обнаруженных на заданных интервалах времени. Обнаруженные ошибки, как правило, устраняются и поэтому количество ошибок в единицу времени уменьшается. К этому классу моделей относятся модели Шумана, Шика – Вулвертона, Пуассоновская модель и др.

Модели с подсевом ошибок основаны на количестве устраненных ошибок и подсева, внесенном в программу искусственных ошибок, тип и количество которых заранее известны.

Модели с выбором области входных значений основываются на генерации множества тестовых выборок из входного распределения, и оценка надежности проводится по полученным отказам на основе тестовых выборок из входной области. К этому типу моделей относится модель Нельсона и др.

Таким образом, распределение Вейбулла позволяет определять вероятности безотказной работы механических систем. При этом параметр

$\alpha \geq 1$ а может быть больше единицы или равен ей. Для электронных систем параметр $\alpha = 1$. Для программ параметр $\alpha < 1$ меньше единицы. Это означает, что с течением времени надежность программных средств увеличивается

Выводы

Классическая модель Вейбулла применяется для оценки надежности механических и электронных систем. При $\alpha > 1$ опасность отказа монотонно возрастает от нуля, при этом оцениваются надежность механических систем. Экспоненциальный закон является частным случаем закона Вейбулла при $\alpha = 1$, при этом оценивается надежность электронных систем. При $\alpha < 1$ опасность отказа монотонно убывает и не ограничена при $t = 0$. Это дает возможность в полной мере провести анализ надежности программных средств. Для программных средств отсутствует понятие физического старения. При организованном программном сопровождении регулярно удаляются ошибки, и надежность программного средства с течением времени увеличивается.

Список литературы

1. Локазюк В.М. Надійність, контроль, діагностика і модернізація ПК: посібник / В.М. Локазюк, Ю.Г. Савченко – К.: Академия, 2004. – 376 с.
2. Карповский Е.Я. Надежность программной продукции/ Е.Я. Карповский, С.А. Чижов. – К.: Техника, 1990.
3. Никитин В.И. Надежность мехатронных систем / В.И. Никитин, П.А. Гуляев/ Автомобильный транспорт – 2004. – №14. –Х. ХНАДУ. С. 56-60.

Рецензент: д.т.н. проф., зав. каф. А.В. Полярус, ХНАДУ, Харьков

Поступила в редакцию 24.02.11

Оцінювання надійності складових частин мехатронних систем

Розглянуто різні моделі оцінювання надійності механічних об'єктів, електронних пристроїв і програмних засобів. Виділено відмінності моделей оцінювання надійності програмних засобів. Показано можливість оцінювання надійності складових частин мехатронних систем розподілом Вейбулла.

Ключові слова: експоненціальна модель, розподіл Вейбулла, імовірність безвідмовної роботи, інтенсивність відмов, програмний засіб, прогнозуюча модель, вимірювальна модель, оцінна модель.

Estimation of reliability of integral parts of mechatronics systems

The different models of estimation of reliability of mechanical objects, electronic devices and program facilities are considered. The differences of models of estimation of reliability of program facilities are selected. Possibility of estimation of reliability of integral parts of mehatronnih systems by the Veybulla distributing.

Keywords: exponential model, the Veybulal distribution, probability of faultless work, intensity of refusals, program mean, forecasting model, estimation model