

И. В. Павлов (Москва, МГТУ). Доверительное оценивание надежности системы по результатам испытаний ее компонент в различных режимах.

Доверительное оценивание и прогноз тех или иных показателей надежности сложных многокомпонентных систем, исходя из имеющейся статистической информации по отдельным компонентам (элементам, подсистемам) системы является одной из актуальных проблем математической теории надежности. Данная проблема может возникать, в частности, на этапе проектирования, когда испытания системы, как единого целого, не могут быть проведены в достаточном объеме или вообще невозможны, а имеется лишь информация по испытаниям ее отдельных компонент, полученная, например, в ходе испытаний предыдущих систем — аналогов и т. п. Существенной особенностью данной задачи является то обстоятельство, что испытания по различным частям системы могут значительно различаться как по объему, так и по продолжительности, вследствие чего найденные по результатам испытаний оценки параметров надежности различных элементов системы могут иметь различную достоверность. Еще одна связанная с этим проблема возникает в ситуации, когда в реальных эксплуатационных условиях система работает в переменном режиме (например, под воздействием переменных внешних факторов таких, как действующая на систему нагрузка, температура и т. п.), но на момент оценивания, например, на этапе проектирования, испытание системы или ее отдельных компонент могут быть проведены лишь в отдельных статистических режимах. После чего требуется оценить надежность системы в переменном режиме (желательно с произвольными моментами переключения режимов).

При этом основной интерес с точки зрения приложений чаще всего представляет построение доверительных оценок для тех или иных показателей надежности системы с заданным уровнем доверия. Еще одной особенностью данной проблемы является то, что при испытаниях современной высоконадежной аппаратуры наблюдаемые числа отказов чаще всего достаточно малы, что приводит к ситуации малых выборок с цензурированием. Существующие в настоящее время методы решения данной задачи разработаны главным образом для простейшей схемы биномиальных испытаний и для систем с нагруженным резервированием элементов без восстановления [1–5] и др. Большинство из указанных методов таких, как методы эквивалентных испытаний, редукции, Ллойда и Липова, нормального приближения и др. являются приближенными в том смысле, что обеспечивают лишь приближенное значение используемого коэффициента доверия. В то же время существующие точные методы, обеспечивающие заданное гарантированное значение коэффициента доверия такие, как методы прямоугольника, плоскости, усеченного прямоугольника, подстановки [2–7] и др. во многих случаях оказываются неэффективными, например, дают заниженную оценку надежности системы. Далее предлагается метод построения доверительных границ для показателей надежности сложных систем, основанный на предварительном введении так называемых фидуциальных распределений [8] для параметров надежности отдельных элементов. В многомерном случае использование фидуциального подхода при построении доверительных границ для функций многих неизвестных параметров, как известно, может приводить к существенному искажению значения коэффициента доверия, что соответственно приводит к некорректным результатам при оценке надежности системы. В работе, представленной данным сообщением, получены достаточные условия относительно функции надежности системы, при которых применение данного подхода является корректным в указанном смысле для довольно широкого класса моделей сложных систем, включающего системы с последовательно-паралельной структурой с нагруженным и ненагруженным резервированием. Получены также условия применимости данного подхода в задаче доверительного оценивания показателей надежности систем в переменном режиме функционирования по результатам ее испытаний в отдельных статических режимах.

Работа выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (проект № 05-08-50133а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гнеденко Б. В., Беляев Ю. К., Соловьев А. Д. Математические методы в теории надежности. М.: Наука, 1965, 524 с.
2. Павлов И. В. Статистические методы оценки надежности сложных систем по результатам испытаний. М.: Радио и связь, 1982, 168 с.
3. Беляев Ю. К. Доверительные интервалы для функций от многих неизвестных параметров. — Докл. АН СССР, 1966, т. 169, № 4, с. 755–758.
4. Pavlov I. V., Teskin O. I., Ukolov S. N. A comparison of some exact and approximate methods for calculating confidence bounds for system reliability based on component test data. — In: Proceedings of the first international conference MMR'97, Bucharest: 1997, p. 231–236.
5. Pavlov I. V., Teskin O. I., Goryainov V. B., Ukolov S. N. Confidence bounds for system reliability based on binomial components test data. — In: Proceedings of the second international conference MMR'2000, Bordeaux: 2000, p. 852–855.
6. Павлов И. В., Лёвин П. А. Доверительное оценивание надежности системы в переменном режиме работы по результатам ее испытаний в отдельных режимах. — В сб.: Труды международного симпозиума «Надежность и Качество». Пенза: Изд-во ПГУ, 2006, с. 26–28.
7. Павлов И. В., Лёвин П. А. Оценка надежности технической системы в переменном режиме функционирования. — В сб.: Труды четвертой всероссийской конференции «Необратимые процессы в природе и технике». М.: Изд-во ФИАН, 2007, с. 406–409.
8. Fisher R. A. The fiducial argument in statistical inference. — Ann. eugenics, 1935, p. 391–398.