

ВИКОРИСТАННЯ ДВОВИМІРНОЇ НОРМАЛЬНОЇ ЗВ'ЯЗКИ В МОДЕЛЯХ ОЦІНКИ ПАРАМЕТРИЧНОЇ НАДІЙНОСТІ

Державне підприємство «Конструкторське бюро «Південне»,
вул. Криворізька, 3, 49008, Дніпро, Україна; e-mail: edgladky@gmail.com

Визначення параметричної надійності механічних систем (МС) ракети-носія (РН) на етапі проектування в більшості практичних випадків можна звести до одно- та двовимірних моделей. Використання нормального розподілу в таких моделях не завжди є виправданим, оскільки параметри МС досить часто слідує відмінним від нормального законам розподілу. Мета статті – продемонструвати можливості використання для оцінки параметричної надійності МС РН двовимірної нормальної зв'язки, побудованої на основі одновимірних узагальнених лямбда розподілів, яким притаманна значна гнучкість. У статті розглянуто питання побудови та особливості нормальної зв'язки такого типу, зокрема, отримано вирази для щільності розподілу, ліній регресії та функції розподілу. Такий розподіл дозволяє врахувати відмінність маргінальних розподілів від нормального, а також лінійну кореляцію між складовими (зустрічається між параметрами МС в 70 % випадків). Показано спосіб визначення параметра нормальної зв'язки, що характеризує лінійний кореляційний зв'язок між випадковими величинами, в основу якого покладено метод моментів.

З використанням нормальної зв'язки, побудованої на основі одновимірних узагальнених лямбда розподілів, отримано співвідношення для оцінки параметричної надійності МС РН. З їх допомогою показано, що спільне врахування відмінності маргінальних розподілів випадкових величин від нормального (насамперед, характеристик скосу та ексцесу), а також лінійної кореляції між ними дозволяє зробити більш коректний прогноз надійності МС, у порівнянні з нормальним випадком. Врахування нелінійної кореляції між параметрами МС (для порівняння використано модифіковану зв'язку Фарлі-Гумбеля-Моргенштерна) також не призводить до істотного відхилення показника безвідмовності від значень, отриманих з використанням нормальної зв'язки.

Продемонстровано практичне використання нормальної зв'язки для оцінки ймовірності достатності палива ступеня РН для безаварійного вимкнення рушійної установки.

Ключові слова: ракета-носіє, імовірність безвідмовної роботи, змінні стану, нормальна зв'язка, узагальнений лямбда розподілі.

1. Волков Е. Б., Судаков Р. С., Сырицын Т. А. Основы теории надежности ракетных двигателей. М.: Машиностроение, 1975. 399 с.
2. Крамер Г. Математические методы статистики. М.: ГИИЛ, 1975. 648 с.
3. Митропольский А. К. Техника статистических вычислений. М., Наука, 1971. 576 с.
4. Перлик В. И. Методология надежности механических систем летательных аппаратов. Космическая техника. Ракетное вооружение. Дн-ск: ГКБЮ, 1995. Вып.1–2. С. 37–43.
5. Перлик В. И., Гладкий Э. Г. Статистический анализ многомерных выборок характеристик систем ракетно-космической техники. Космическая техника. Ракетное вооружение. Дн-ск: ГКБЮ. 2002. Вып. 2. С. 16–27.
6. Перлик В. И., Савчук В. П. К вопросу определения надежности технических систем методом функций работоспособности. Вероятностно-статистические методы в проектировании конструкций. Дн-ск: ДГУ, 1974. С. 29–35.
7. Харитонова Г. Г., Перлик В. И. Обобщение двухмерной системы распределений вероятностей для решения нелинейных задач надежности технических объектов. Надежность и долговечность машин и сооружений. К.: Наук. Думка, 1992. Вып. 21. С. 3–9.
8. Bairamov I, Kotz S. & Bekci M. New generalized Farlie-Gumbel-Morgenstern distributions and concomitants of order statistics. Journal of Applied Statistics. 2001. Vol. 28, Is. 5. P. 521–536.
9. Balakrishnan N., Lai Chin-Diew Continuous Bivariate Distributions. Springer-Verlag New York Inc., 2010. 684 p.
10. Freimer M., Mudholkar G., Kollia G., Lin C. A study of the generalized Tukey Lambda family, Communications in Statistics, Theory and Methods. 1988. 17(10). P. 3547–3567
11. Jonson N.L., Kotz S. Continuous Multivariate Distributions. N.Y.e.a. John Wiley and Sons, 1972. Vol. 2. 333 p.
12. Karian Z., Dudewicz E. Fitting Statistical Distributions: The Generalized Lambda Distribution and Generalized Bootstrap Methods. CRC Press, Boca Raton, 2000. 435 p.
13. Lee L. Generalized econometric models with selectivity. Econometrica. 1983. 51. P. 507–512.
14. Trivedi P. K., Zimmer D. M. Copula Modeling: An Introduction for Practitioners. Foundations and Trends in Econometrics. 2005. Vol. 1, No 1. P. 1–111.

Отримано 06.06.2018,
в остаточному варіанті 14.12.2018.