

## 9. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ИНФОРМАТИКА

### 9.1. МЕТОД МАКСИМАЛЬНОГО ПРАВДОПОДОБИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИНТЕНСИВНОСТИ ОТКАЗОВ<sup>1</sup>

Смоляк С.А., д.э.н., гл.н.с., лаборатория стратегии развития отраслевых комплексов

*Центральный экономико-математический институт Российской Академии наук, г. Москва*

При принятии решений по управлению использованием машин и оборудования, а также при их стоимостной оценке часто оказывается важным учесть их надежность, в том числе интенсивность их отказов, которая может зависеть от наработки машин. Нередко о виде такой зависимости известно лишь, что она является монотонной или выпуклой. Мы показываем, что тогда найти эту зависимость по результатам наблюдений можно, используя принцип максимального правдоподобия. При этом можно учесть зависимость интенсивности отказов от условий работы машин, используя показатель ее эффективной наработки. Проводится сопоставление с традиционными методами построения подобных зависимостей, обсуждается вопрос о точности получаемых результатов.

#### Литература

1. Статистические методы. Критерий согласия и доверительные интервалы для распределения Вейбулла [Электронный ресурс] : ГОСТ Р 50779.27 2007. Доступ из электр. фонда правовой и нормативно-технической документации «Кодекс».
2. Микросхемы интегральные и приборы полупроводниковые. Методы ускоренных испытаний на безотказность. [Электронный ресурс] : ГОСТ Р 57394 2017. Доступ из электр. фонда правовой и нормативно-технической документации «Кодекс».
3. Барлоу Р. Математическая теория надежности [Текст] / Р. Барлоу, Ф. Прошан. – М. : Радио и связь, 1969. – 488 с.
4. Гнеденко Б.В. и др. Математические методы в теории надежности [Текст] / Б.В. Гнеденко, Ю.К. Беляев, А.Д. Соловьев. – М. : Наука, 1965. – 524 с.
5. Международные стандарты оценки 2017 [Текст] / пер. с англ. – М. : Рос. об-во оценщиков, 2017. – 168 с.
6. Надежность технических систем [Текст] : справ. / Ю.К. Беляев и др. ; под ред. И.А. Ушакова. – М. : Радио и связь, 1985. – 608 с.
7. Острейковский В.А. Теория надежности [Текст] / В.А. Острейковский. – М. : Высшая школа, 2003. – 463 с.
8. Оценка стоимости машин, оборудования и транспортных средств [Текст] : учеб. пособие / А.П. Ковалев и др. – М. : Интерреклама, 2003.
9. Пикалов Ю.А. и др. Организация и технология испытаний [Текст] : учеб. пособие / Ю.А. Пикалов и др. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2016. – 258 с.
10. Пойа Д. Математика и правдоподобные рассуждения [Текст] / Д. Пойа. – М. : Изд-во иностр. лит-ры, 1967. – 535 с.
11. Смоляк С.А. Оптимизация ремонтной политики и оценка стоимости машин с учетом их надежности [Текст] / С.А. Смоляк // Ж-л Новой экономической ассоциации. – 2014. – №2. – С. 102-131.
12. Смоляк С.А. Стоимостная оценка машин и оборудования (секреты метода ДДП) [Текст] / С.А. Смоляк. – М. : Опцион, 2016. – 377 с.
13. Смоляк С.А. Влияние надежности и ремонтпригодности машин на динамику их обесценения [Текст] / С.А. Смоляк // Экон. наука совр. России. – 2016. – №3. – С. 98-112.
14. Справочник оценщика машин и оборудования. Корректирующие коэффициенты и характеристики рынка машин и оборудования [Текст]. – Н. Новгород : Приволжский центр методологического и информационного обеспечения оценки, 2019. – 320 с.
15. Cox D.R. Analysis of survival data [Text] / D.R. Cox, D. Oakes. – New York, London : Chapman and Hall, 1984.
16. Grenander U. On the theory of mortality measurement. II [Text] / U. Grenander // Skandinavisk aktuarietidskrift. – 1956. – Vol. 39 ; pp. 125-153.
17. Groeneboom P. et al. Estimation of a convex function: characterizations and asymptotic theory [Text] / P. Groeneboom, G. Jongbloed, J.A. Wellner // The annals of statistics. – 2001. – Vol. 29. – Pp. 1653-1698.
18. Jankowski H.K. Nonparametric estimation of a convex bathtub-shaped hazard function [Text] / H.K. Jankowski, J.A. Wellner // Bernoulli. – 2009. – Vol. 15. – Pp. 1010-1035.
19. Kijima M. Some results for repairable systems with general repair [Text] / M. Kijima // J. of applied probability. – 1989. – Vol. 26. – Pp.89-122.
20. Marshall A.W. Maximum likelihood estimation for distribution with monotone failure rate [Text] / A.W. Marshall, F. Proschan // The annals of mathematical statistics. – 1965. – Vol. 35. – Pp. 69-77.
21. Oklahoma business personal property valuation schedule 2019 [Text]. – Oklahoma City: Oklahoma tax commission, Ad Valorem Division, 2019.
22. Prakasa Rao B. L. S. Estimation for distributions with monotone failure rate [Text] / Prakasa Rao B. L. S. // The annals of mathematical statistics. – 1970. – Vol. 36. – Pp. 69-77.
23. Sarkar P. Maximum likelihood estimator of monotone densities [Electronic resource]. – URL : [https://www.isid.ac.in/~deepayan/ICP2017/projects/Partha\\_Sarkar/report.pdf](https://www.isid.ac.in/~deepayan/ICP2017/projects/Partha_Sarkar/report.pdf)
24. State of Wyoming personal property valuation manual 2019 [Text]. – Cheyenne: Wyoming Department of revenue, property Tax Division, 2019.
- 25.
26. Touama H.Y. Statistical models and parametric methods to estimate the reliability and hazard rate function of Weibull distribution [Text] / H.Y. Touama // European j. of business and management. – 2014. – Vol. 6 ; no. 38. – Pp. 96-102.
27. Weibull reliability database [Electronic resource]. – URL : <http://www.barringer1.com/wdbase.htm>
28. Welch R.B. Depreciation of buildings for assessment purposes [Text] / R.B. Welch. – Chicago : IAAO, 1943.

<sup>1</sup> Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект 18-010-00666).

29. Wright F.T. The asymptotic behavior of monotone regression estimates [Text] / F.T. Wright // The annals of statistics. – 1981. – Vol. 9. – Pp. 443-448.

### Ключевые слова

Машины; оборудование; наработка; интенсивность отказов; восстановление зависимости; максимальное правдоподобие; стоимостная оценка.

*Смоляк Сергей Абрамович*

### РЕЦЕНЗИЯ

Статья посвящена актуальной проблеме оценки интенсивности отказов машин по данным испытаний. В отечественной литературе и некоторых нормативно-методических документах в этих целях рекомендуется выбрать подходящий вид параметрического распределения моментов отказов, а затем оценить соответствующие параметры по данным испытаний одним из статистических методов, например, методом максимального правдоподобия (ММП). В статье излагается иной (непараметрический) подход, при котором с помощью ММП находится функция интенсивности отказов, на которую наложены лишь качественные ограничения (типа монотонности). Приводимые модели и многочисленные примеры показывают, что особых технических сложностей при этом не возникает. Обычно считается, что при достаточно большом количестве испытаний такой подход дает меньшую точность. Однако в статье показано, что если есть возможность провести много испытаний машин, то функцию интенсивности отказов целесообразно использовать для установления распределения отказов тех же машин в разных условиях работы. По существу, обосновывается дискуссионное, но важное для теории надежности положение, что приоритет должен отдаваться получению более правдоподобных, а не более точных оценок.

Нельзя не отметить, что статья носит междисциплинарный характер - при построении моделей, учитывающих влияние условий работы машин на интенсивность их отказов, автор использует подход, принятый в другой научной дисциплине — теории стоимостной оценки. Это повышает обоснованность и расширяет сферу корректного применения полученных результатов.

Возможно, что название статьи «Непараметрический подход к оценке интенсивности отказов машин методом максимального правдоподобия» является более точным, так как сам метод инвариантен относительно приложений. Оставляю этот вопрос на усмотрение автора и редакции.

Считаю, что данную статью целесообразно опубликовать в журнале «Аудит и финансовый анализ».

*Афанасьев М.Ю., д.э.н., г.н.с., Центральный экономико-математический институт Российской Академии наук, г. Москва.*