

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АППАРАТА НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ ДЛЯ РАССЧЕТА НАДЕЖНОСТИ

Кармачёв Д.П.

Томский политехнический университет, Институт кибернетики
karmachevd@mail.ru

Введение

Современные системы и технические средства эксплуатируются в различных условиях неопределенности, которые связаны с изменениями нагрузок на систему при ее работе и с факторами внешней среды [1]. Параметры таких систем зачастую недоопределены или заданы приблизительно. В связи с этим, для расчета надежности систем целесообразно использовать математический аппарат нечетких множеств [2]. Целью настоящего исследования является использование аппарата нечетких множеств для расчета надежности.

Основные показатели надежности

Вероятность безотказной работы (ВБР) является одним из основных показателей надежности, означающем, что в пределах заданной наработки отказ объекта не возникнет. [1] Функция ВБР имеет вид:

$$P(\theta, t) = P\{\theta, T \geq t\} = 1 - F(\theta, t), \quad t \geq 0, \quad (1)$$

где T – случайная величина, имеющая дискретное или непрерывное распределение; $F(\theta, t)$ – функция распределения наработки на отказ (функция вероятности отказов); θ – вектор параметров.

Интенсивность отказов – показатель надежности, позволяющий в частности выявлять фазы жизненного цикла системы в зависимости от формы кривой интенсивности [3]. Функция интенсивности отказов определяется как

$$\lambda(\theta, t) = \frac{F'(\theta, t)}{1 - F(\theta, t)}.$$

Построение нечеткой функции ВБР

Предположим, что один или несколько параметров распределения являются нечеткими числами с произвольными функциями принадлежности (рис.1).

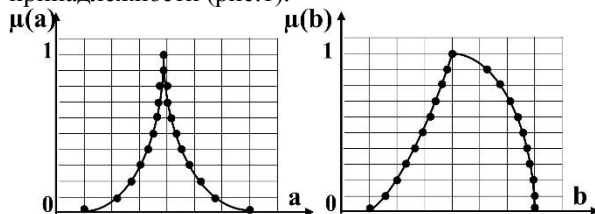


Рисунок 1 - Примерный вид функций принадлежности нечетких параметров

Для построения нечеткой функции для каждого нечеткого параметра необходимо задать количество α -уровней и определить левые и правые границы каждого α -уровня. В случае N -параметрической модели надежности с $K \leq N$

нечёткими параметрами в произвольный момент времени для каждого α -уровня получаем 2^K комбинаций левых и правых границ нечётких параметров [4]. Подставляя указанные комбинации в (1), определяем левые и правые границы нечёткой функции ВБР в произвольный момент времени t для каждого α -уровня. Для построения трёхмерной функции $P(\theta, t)$ необходимо также задать значение шага Δt по оси времени. Таким образом, получаем пару значений функции ВБР для каждого α -уровня в моменты $i\Delta t$, где $i \in [1, m]$, m – количество шагов. График нечеткой ВБР $P(\theta, t)$ является поверхностью в пространстве R^3 (рис. 2).

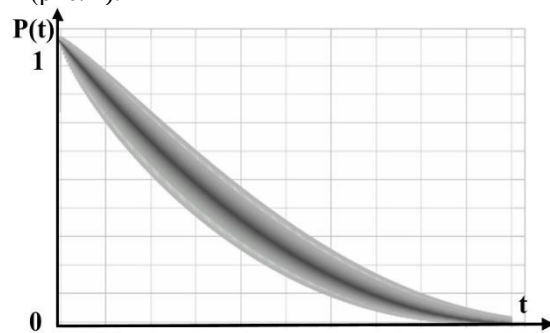


Рисунок 2 - Нечёткая функция ВБР

Полученная поверхность может быть использована для дальнейших расчетов показателей надежности. Так, при сечении поверхности $P(\theta, t)$ плоскостью перпендикулярной оси ВБР, получим нечеткий интервал времени для определенного значения надежности (рис.3). Интервал указывает на значение нечеткой наработки при фиксированном значении ВБР и может быть использован для назначения времени проведения ремонтно-профилактических работ.

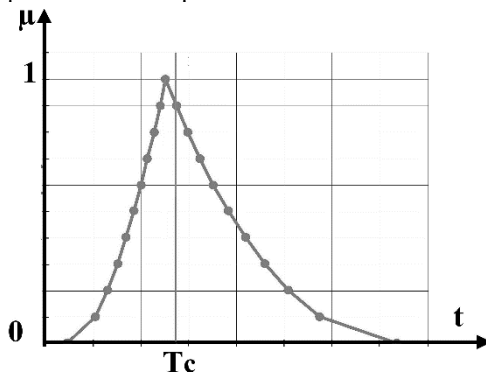


Рисунок 3 - Нечёткий интервал времени

С помощью дефаззификации методом центра тяжести [5], было получено «четкое» значение времени:

$$T_C = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} t \cdot \mu_P(t) dt}{\int_{-\infty}^{\infty} \mu_P(t) dt}. \quad (2)$$

Нечеткий интервал вероятности безотказной работы является результатом сечения поверхности плоскостью перпендикулярно оси времени (рис.4.)

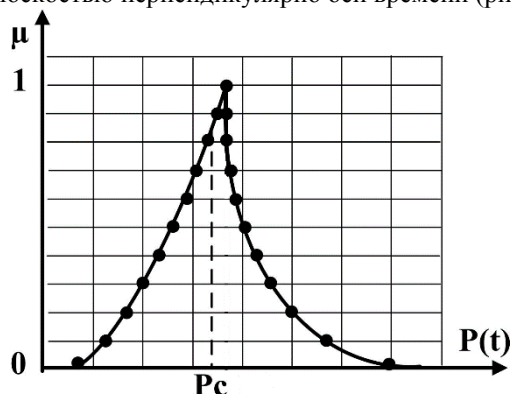


Рисунок 4 - Нечёткий интервал ВБР

Четкое значение ВБР было рассчитано аналогичным образом по формуле 2. Интервальное значение вероятности безотказной работы может быть использовано для расчета надежности систем в определенный момент времени, работающих в условиях неопределенности.

Результатом дефаззификации нечеткой функции ВБР будет являться массив значений времени $T[1-i\Delta P]_C$, $i \in \{0, 1, \dots, n-1\}$, $\Delta P = n^{-1}$, позволяющий восстановить «четкую» функцию ВБР системы (рис. 5).

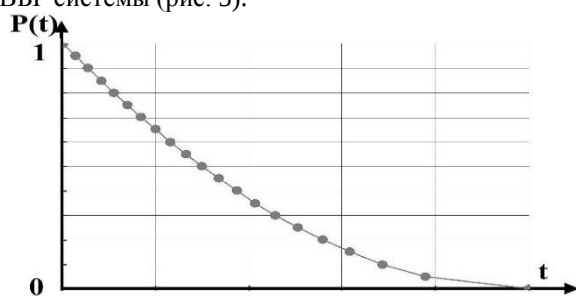


Рисунок 5 - «Чёткая» функция вероятности безотказной работы

Полученную функцию можно использовать для планирования комплекса профилактических мероприятий, а также для дальнейшего анализа или расчета надежности системы.

Аналогичный подход может быть применен для построения и анализа других показателей надежности, например, средней наработки на отказ или функции интенсивности отказов [6].

Заключение

Использование математического аппарата нечетких множеств позволяет учитывать влияние на надежность разного рода неопределенных факторов в тех случаях, когда традиционные вероятностный и интервальный подходы не обеспечивают требуемой адекватности модели надежности.

Рассмотренный здесь подход к применению аппарата нечетких множеств и построению нечетких функций может быть также использован не только для анализа надежности, но и для решения задач из других областей, где присутствуют неопределенности. В частности, перспективным является представление в виде нечетких величин субъективных экспертных оценок [7-8] в системах принятия решений.

Литература

1. В.А. Острейковский. Теория надёжности: учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 2003 – 463 с.
2. А.Е. Алтуни, М.В. Семухин. Модели и алгоритмы принятия решений в нечётких условиях: учебник для вузов – Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2000 – 352 с.
3. Finkelstein M. Failure Rate Modeling for Reliability and Risk / Springer Series in Reliability Engineering. – Springer-Verlag London, 2008, - 290 p.
4. А.А. Ефремов. Вычисление нечеткой вероятности безотказной работы систем с нечеткими параметрами моделей надежности // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – Томск, Изд-во ТУСУР, 2015. - № 2(36), с. 136-140.
5. Л.А. Заде. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближённых решений. – М.: Мир, 1976 – 165 с.
6. Д.П. Кармачев, А.А. Ефремов. Анализ моделей надежности технических систем с U-образной функцией интенсивности отказов // Современные техника и технологии. – Томск, Изд-во НИТПУ, 2013. с. 185-186.
7. Е.Е. Лунева, А.А. Ефремов, П.И. Баночкин. Способ оценки эмоций пользователей с использованием нечеткой логики на примере социальной сети Twitter // Системы управления и информационные технологии. – Воронеж, Изд-во ООО «Научное издательство «Научная книга», 2015. - №1.1(59), с. 157-162.
8. Е.Е. Лунева, А.А. Ефремов, П.И. Баночкин. Автоматизированная оценка эмоций пользователей социальных сетей на основе нечеткой логики // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. – Москва, Изд-во МЭСИ, 2015. - №3, с. 249-254.