УДК 519

© Дедков В.К.,
Dedkov V. K,

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

APPLICATION OF A METHOD OF FUNCTIONAL TRANSFORMATIONS AT MEASUREMENT OF INDICATORS OF RELIABILITY OF TECHNICAL OBJECTS

Аннотация. *Для измерения показателей надежности сложных систем предлагается использование метода функциональных преобразований Данный метод обеспечивает интерполяцию измеряемых вероятностных величин между реперными точками натуральной шкалы вероятностных характеристик. Метод позволяет производить замену натуральной шкалы реперных точек функциональной шкалой, построенной на основе выбранного измерительного преобразования.*

Annotation. *For measurement of reliability of complex systems is proposed using the method of functional transformation. This method provides interpolation of the measured probability values between reference points of natural schkaly probability characteristics. The method allows replacement of the natural scale of reference points of the functional scale, constructed on the basis of the selected measurement conversion.*

Ключевые слова. *Метод функциональных преобразований, реперные точки, достоверное событие, невозможное событие, функциональная шкала, уравнение измерения.*

Key words. *A method of functional transformations, реперные points, certain event, impossible event, a functional scale, the measurement equation.*

Под измерением понимается процесс получения человеком или машиной информации о количественном значении измеряемой величины. Различные предметы могут сравниваться между собой только по однородным свойствам. Причем в качестве однородных свойств и соответствующих им величин могут рассматриваться лишь такие, которые могут быть сопоставимы между собой по признаку «больше – меньше».

Получение любой информации, в том числе и измерительной, в теории информации трактуется как устранение некоторой части неопределенности, а количество информации определяется как разность неопределенностей ситуации до и после измерения.

При измерении некоторой величины по натуральным шкалам весь диапазон возможных значений измеряемой величины разбивается реперными точками на ряд интервалов. *Совокупность реперных точек* образует некоторую «лестницу» или *шкалу возможных значений измеряемой величины.*

Так реперными точками шкалы вероятностей служат вероятности невозможного события, вероятность появления которого равна нулю (P=0), и *достоверного события*, вероятность появления которого равна единице (P=1).

Достоверным событием называется такое событие, которое в результате испытания непременно должно произойти.

Невозможным событием называется такое событие, которое при испытании никогда не может произойти.

На практике чаще встречаются такие события, вероятности которых близки к единице или к нулю. К таким событиям применяется *принцип практической уверенности,* согласно которому практически можно быть уверенным, что если вероятность события близка к единице, то при одном испытании оно произойдет, и, наоборот, если вероятность события близка к нулю, то такое событие при одном испытании не произойдет. Подобные события в теории вероятностей принято называть *практически достоверными и практически невозможными* [4].

Дедков Виталий Кириллович – доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник ВЦ им. А.А.Дородницына РАН, тел. 135-90-34.

Dedkov Vitaly Kirillovich – Dr.Sci.Tech., the professor conducting scientific employee ВЦ of A.A.Dorodnitsyna of the Russian Academy of Sciences, tel. 135-90-34.

Своеобразной реперной точкой этой шкалы можно считать также величину P=0,5 (или «фифти – фифти»), которая является характеристикой равновозможных исходов противоположных событий. В теории игр, послужившей «идеологической» платформой для разработки теории вероятностей, точка P=0,5 играет важную роль. Принятие игроком решения относительно стратегии игры (продолжить – окончить, увеличить ставку – уменьшить ставку и т.д.) зависит от его оценки вероятности выигрыша по отношению к величине вероятности, равной 0,5.

Если испытывается совокупность, состоящая из п независимых технических объектов, то возможными оценками вероятности отказа могут быть значения вероятности в диапазоне от нуля до единицы, отличающиеся друг от друга на величину не менее чем $1/n$. Новая шкала, полученная разбиением натуральной шкалы реперных точек на ряд интервалов, называется *функциональной шкалой* измеряемой величины.

Весь диапазон натуральной шкалы реперных точек в теории надежности разбивается на ряд интервалов, ширина которых (при прямом оценивании вероятности отказа или безотказной работы) зависит от числа испытываемых технических объектов. Так, если число испытываемых объектов равно трем, то минимальная величина интервала, которому может принадлежать оцениваемая величина вероятности, не может быть менее P=1/3. Число возможных состояний испытываемой совокупности объектов характеризуется отсутствием отказов за время испытания (нуль отказов) одним, двумя или тремя отказами. Таким образом, в качестве исходов испытания может быть n=4 различных (несовместных) состояний (событий) испытываемой совокупности. Исходная неопределенность (выраженная энтропией) оценки вероятности неотказа испытываемого объекта найдется по формуле $H(p)$=log4.

Если совокупность испытываемых технических объектов равна n=1000, то исходная неопределенность оценки вероятности безотказной работы произвольного объекта совокупности будет $H(p)$=log1000.

Неопределенность оценки надежности до измерения характеризуется тем, что нам неизвестно, в каком из интервалов функциональной шкалы лежит значение измеряемой величины. Чем «грубее» функциональная шкала, т.е. чем меньше число интервалов, которое она содержит, тем меньше неопределенность измеряемой величины. Стремление к увеличению точности оценки измеряемой величины приводит к увеличению исходной ее неопределенности.

С позиций теории информации результат измерения заключается в выборе данного интервала из целого ряда возможных интервалов. Если при этом предполагается, что вероятности попадания случайной величины в любой из интервалов равны между собой, то неопределенность исходной ситуации характеризуется безусловной энтропией, равной логарифму числа n интервалов, т.е. $H(\hat{x})$=log$n$. Полученная в результате измерения информация, соответствующая устранению этой неопределенности, равна q = log$n$.

Таким образом, *в самом общем случае измерение представляет собой сравнение измеряемой величины с тем или иным образом построенной шкалой возможных значений этой величины, а результат измерения состоит в выборе одного интервала из всего множества интервалов этой шкалы* [1].

Характерная особенность любого измерения заключается в том, что результат измерения никогда не может представлять собой точного значения измеряемой величины, а является лишь указанием более или менее узкого интервала возможных значений.

Чтобы производить интерполяцию измеряемой величины внутри некоторого интервала ее возможных значений, а также, чтобы сравнивать между собой оценки длин отдельных интервалов необходимо использовать определенный принцип пропорционального деления интервала. В качестве принципа деления интервала нередко выдвигается принцип «последовательного счета» единичных значений измеряемой величины. В качестве прототипа делаются при этом ссылки на измерение длины в виде счета мерных отрезков, откладываемых по одной прямой линии. Однако в действительности способ измерения отличается от последовательного счета [1].

Когда делается ссылка на «последовательный счет», то исходят из предположения о существовании абсолютной единицы измерения. Под этим подразумевается, что существует возможность определения абсолютной единицы измерения вне зависимости от физического процесса, в котором данная величина может проявиться и в котором значения этой величины могут быть пересчитаны «как отдельные вещи некоторой совокупности».

Способом последовательного счета могут быть измерены лишь немногие физические величины типа длины, времени, площади, объема и некоторые другие. Остальные величины не могут быть измерены способом последовательного счета отрезков, равных единице измерения.

Реальным способом интерполяции шкалы измеряемых величин между реперными точками служит *метод измерительных преобразований,* представляющий собой *определение измеряемой величины по значению другой величины, функционально с ней связанной* [1].

«Понятие об измерительном преобразовании является основным понятием современной теории измерительных устройств и с физической точки зрения означает, что измеряемая величина не может быть определена сама по себе, а может быть воспринята только вместе с тем физическим процессом, в котором она проявляется» [1].

Метод измерительных преобразований является дальнейшим развитием понятия шкалы реперных точек, так как определение каждой точки состоит в использовании измерительного преобразования, т.е. некоторого проявления измеряемой величины в каком – либо физическом процессе и *определение ее* по другой величине, *функционально с ней связанной.*

«Использование функционального измерительного преобразования позволяет произвести интерполяцию между реперными точками натуральной шкалы и сравнить относительную протяженность отдельных ее интервалов, т.е. произвести замену натуральной шкалы реперных точек функциональной шкалой, построенной на основе выбранного измерительного преобразования» [1].

Когда метод измерительного преобразования, обеспечивающий достаточную линейность между измеряемой величиной и величиной, используемой для ее отсчета, выбран, можно ввести понятие единицы измерения интересующей величины. Если на основе выбранного измерительного преобразования можно построить функциональную шкалу измеряемой величины, все интервалы которой с достаточной точностью равны между собой, то любой из них или некоторая часть этих интервалов могут быть использованы в качестве единицы измеряемой величины. Если за единицу измерения величины X принять значение, равное X_e, то любое значение X из области ее возможных значений можно представить выражением $X=\beta X_e$. Эту запись можно выразить так: измеряемая величина X составляет β единиц X_e. Последнее означает, что результат измерения β при использовании единицы измерения X_e, есть отношение измеряемой величины к выбранной единице измерения

$$\beta = \frac{X}{X_e}. \tag{1}$$

Формула (1) отражает классическое определение измерения. «Измерением называется процесс, заключающийся в сравнении путем физического эксперимента данной величины с некоторым ее значением, принятым за единицу» [1]. Выражение $X=\beta X_e$ часто называют *основным уравнением измерения.*

Нетрудно видеть, что разница между приведенным определением измерения и определением, данным на основе теории информации, заключается в следующем. Определение, данное на основе теории информации, утверждает, что измерение может уточнить значение измеряемой величины только до некоторого интервала и поэтому результат измерения сводится к выбору этого интервала из ряда возможных интервалов.

Классическое определение сужает понятие измерения, связывая его лишь со шкалой, построенной на основе единицы измерения, хотя установление единицы измерения само по себе еще не решает задачи осуществления процесса измерения.

Так, например, статистическое измерение показателя надежности в виде вероятности безотказной работы при испытаниях выборки из n технических объектов, заключается в выборе интервала, равного $1/n$, которому принадлежит измеряемая величина, и установлению длины интервала погрешностей, обусловленного ограниченностью объема выборки, изменчивостью условий эксперимента и методическими погрешностями обработки результатов эксперимента.

Таким образом, величина n выборки испытываемых «на надежность» объектов определяет как длину интервала погрешностей, так и точность измерения показателей надежности.

Литература

1. Новицкий П.В. Основы информационной теории измерительных устройств. - Л.: Энергия, 1968.

2. Дедков В.К. Прогнозирование надежности. // Сборник трудов СИП РИА №6. – 1998. – С 30-36.

Материал поступил в редакцию 30. 12. 2009 г.