

Сравнение по правилу (1). Экспериментальная проверка неравенства (2) позволяет ответить на вопрос: какое из двух изделий A_1 или A_2 больше другого (или они равны).

Сравнение по правилу (2). Сравнить массу двух изделий можно с помощью равноплечего коромысла. Например, насыпая песок на правильную чашу весов можно уравновесить коромысло.

Сравнение по правилу (3). Для того чтобы ответить на вопрос, во сколько раз один размер больше или меньше другого, нужно эмпирически сравнить размеры между собой т.е. посмотреть, сколько раз размер A_1 укладывается в размере A_2 .

Фактически сравнение по правилу (3) означает, что в начале необходимо определить значения величины, а потом отношения значений. Но в определении говорится не о делении *значений* величины, а об эмпирическом сравнении *размеров величины*.

Корректировка модели измерения. Отношения значений величины по правилу (3) можно получить непосредственно. Пусть, например, с помощью неравноплечего коромысла найдены отношения значений массы трех тел:

$$M_2 / M_1 = 2,$$

$$M_3 / M_1 = 2,$$

где M_1, M_2, M_3 – неизвестные значения массы. В таком случае отношения $a_{21} = M_2 / M_1$, $a_{31} = M_3 / M_1$ определены в шкале отношений. Над отношениями допустимы арифметические операции, например отношения можно вычитать: $a_{21} - a_{31} = 0$, или делить $a_{21} / a_{31} = 1$. Но будет ошибкой рассматривать посторонние операции на значениях M_1, M_2, M_3 и на этом основании считать, что они определены в шкале отношений [2, 3]. Значения M_1, M_2, M_3 определены в шкале логарифмических интервалов [4].

Невозможно сформулировать корректный вариант измерения величины в рамках традиционной теории измерений, так как при выборе шкалы необходимо учитывать принцип отражения [5], который является важным элементом моделирования. Это позволяет избежать логических ошибок в теории измерений.

Литература

1. Barzilai, J. On the foundations of measurement / J. Barzilai // 2001 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics. e-Systems and e-Man for Cybernetics in Cyberspace. – IEEE, 2001. – P. 401–406.
2. Stevens, S.S. Mathematics, measurement, and psychophysics / S.S. Stevens. – 1951. – P. 699.
3. Stevens, S.S. On the theory of scales of measurement / S.S. Stevens // Science. – 1946. – №. 2684. – P. 677–680.
4. Романчук, В.М. Измерение нефизической величины / В.М. Романчук // Системный анализ и прикладная информатика. – 2017. – №. 4. – P. 39–44.
5. Шишкин И.Ф. Теоретическая метрология. Часть 1. Общая теория измерений: Учебник для вузов / И.Ф. Шишкин. – Санкт-Петербург: Издательский дом «Питер», 2009. – 192 с.

УДК 535.6

МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ ЯЩИК ПОДХОДОВ К ОЦЕНИВАНИЮ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ

Студент гр.11305118 Сорокина А.А.

Д-р техн. наук, профессор Серенков П.С., кандидат физ.-мат. наук, доцент Романчук В.М.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Результативность процессов измерительного контроля и испытаний определяется не столько точностью, сколько степенью доверия к ним, причем предельное значение этой степени определяется риском неправильного принятия решения на основе полученных результатов измерений. Риски потребителя и риски поставщика, как вероятности ошибок, связанных с заключением о соответствии и несоответствии продукции по результатам контроля и испытаний, и их связь с точностью измерений стали уже привычным предметом споров и разбирательств между потребителями и лабораториями, предоставляющими услуги по контролю и испытаниям. Соответственно методы оценивания неопределенности результатов измерений в последнее время опять стали предметом обсуждения и критики.

В настоящее время выделяют три способа количественной оценки неопределенности измерения: модельный подход, изложенный в руководстве по выражению неопределенности GUM; метод моделирования Монте-Карло; эмпирические методы.

На сегодняшний день мы имеем три общепринятых метода оценивания неопределенности измерений. Однако уверенности в преимуществах того или иного метода и, как следствие, в достоверности оценки неопределенности результатов измерений нет по-прежнему.

В докладе приведена программа комплексного исследования процесса оценки неопределенности измерений методом морфологического ящика. Процесс разбит на 3 подпроцесса на базе которых построен трехгранный морфологический ящик.

В качестве элементов 1 грани (входных величин) рассмотрены: дискретные или непрерывные величины; оцененные по типу А, В.

В качестве элементов 2 грани (функции связи) рассмотрены: аналитическая модель, эмпирическая модель, ряды (например, ряд Тейлора в подходе GUM).

В качестве элементов 3 грани (трансформация распределений входных величин в выходную с учетом функций связи) рассмотрены: байесовский подход, частотный подход, комбинированный.

Результаты анализа позволят определиться с наилучшей тактикой определения оценки неопределенности измерений.

УДК 510.644

МЕТОД ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАЦИЙ КАК АЛЬТЕРНАТИВНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ БАЙЕСОВСКОГО ПОДХОДА К ОЦЕНИВАНИЮ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

Студент гр.11305118 Сорокина А.А.

Д-р техн. наук, профессор Серенков П.С., кандидат физ.-мат. наук, доцент Романчук В.М.
Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Концепции оценивания точности измерений через «неопределенность измерений» уже более 30 лет. Новая волна интереса к методам оценивания неопределенности связана с появлением ряда нормативных документов, например: СТБ ISO/IEC Guide 98-4-2019 и Guide OIML G19. Документы устанавливают однозначную связь между оценкой точности результатов измерений и результатами контроля и испытаний. Существует два подхода к теории вероятностей: частотный подход и байесовский подход.

В БНТУ на кафедре «Стандартизация, метрология и информационные системы» разработан «метод последовательных трансформаций» (МПТ) как альтернативная реализация байесовского подхода к оцениванию неопределенности измерений. В настоящее время проводится комплексное исследование возможностей метода, результаты которого приведены в докладе.

Ключевым моментом предлагаемого МПТ является техника аналитической свертки распределений входных величин с учетом модели измерений. В настоящее время процедура свертки при расчете интервалов с заданными уровнями доверия не используется или используется крайне редко. При этом выдвигаются следующие основные причины: реализация этой процедуры сложна с математической точки зрения; если функциональная зависимость между Y и входными величинами X_i не линейна, то распределение вероятностей Y не является сверткой распределений входных величин и поэтому считается, что необходимо использовать другие аналитические или численные методы расчета.

Алгоритм МПТ включает два этапа:

1. Приведение исходной модели измерений $Y = f(X_1, \dots, X_N)$ (1) к выражению $Y = f_1(x_1) \oplus f_2(x_2) \oplus \dots \oplus f_n(x_n)$ (2), где \oplus обозначает произвольную алгебраическую операцию (сложение, вычитание, умножение, или деление).

2. Последовательная попарная свертка распределений входных случайных величин X_i и X_{i+1} модели измерений (1, 2), синхронизированная с пооперационными свертками ($Z = f_i(x_i) \oplus f_{i+1}(x_{i+1})$) выражения (2).

Практическая адаптация метода позволит повысить достоверность оценок неопределенности методов контроля и испытаний и доверие к их результатам.