

## МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПО ШКАЛЕ ПОРЯДКА

**Болат Іңкәр Нұркенқызы**

[inkarbolatova@mail.ru](mailto:inkarbolatova@mail.ru)

Магистрант кафедры «Стандартизация, сертификация и метрология»

ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

Научный руководитель – А.К.Хаймулдинова

В соответствии с Законом «Об обеспечении единства измерений» от 7 июня 2000 года N 53-ІІ под единицей величины понимают фиксированное значение величины, которое принято за единицу данной величины и применяется для количественного выражения однородных с ней величин.

В целях ОЕИ единицы измерений устанавливаются по определенным правилам и закрепляются законодательным путем. Если допустить произвол в выборе единиц, то результаты измерений окажутся несопоставимы между собой, т. е. нарушится единство измерений. Совокупность единиц измерения основных и производных величин образуют систему единиц. Не во всех областях измерений системы единиц сформировались окончательно и закреплены соответствующими законодательными актами. Наилучшим образом в этом отношении обстоят дела в области измерения физических величин. Узаконенной системой единиц в области измерения физических величин в Республике Казахстан является Международная система единиц (СИ), принятая в 1960 г. на XI Генеральной конференции по мерам и весам [1].

В области экспертных методов измерений дела обстоят не лучшим образом. При экспертных измерениях в большинстве случаев измеряют нефизические величины. Измерение нефизических величин осуществляется по неметрическим шкалам (шкалам наименований и шкалам порядка) в соответствии с установленными правилами.

В любом случае результатом измерения является решение, что качество одного объекта лучше, чем второго и т.п., например, по результатам контроля органолептических показателей пищевых продуктов часто принимают решение, что качество одного продукта лучше или хуже, чем другого.

Кроме того, при оценке качества продукции и услуг принимают решение по совокупности показателей качества, т.е. по результатам комплексирования показателей качества. При этом может оказаться, что одни показатели качества выражены в единицах физических величин, а другие в баллах. Например, при оценке качества пищевых продуктов решение о качестве продукта принимают по совокупности органолептических и физико-химических показателей, где органолептические показатели выражаются в баллах, а физико-химические показатели – в единицах физической величины. В этом случае для соблюдения теории размерностей необходимо выражать результаты измерения в относительных единицах.

Любое решение может быть, как правильным, так и неправильным [2].

Практика применения экспертных методов измерения показывает, что в большинстве случаев качество решений не определяется.

Как видно из сказанного, при измерениях экспертными методами единство измерений не соблюдается. Во-первых, не всегда применяются узаконенные единицы измерений; во-вторых, не известно качество решений. Такое состояние дела ставит актуальную задачу метрологического обеспечения экспертных измерений.

Для решения данной задачи необходимы: выражение результатов измерений в относительных единицах в целях комплексирования результатов измерения; оценка качества решений.

Поскольку измерения экспертными методами могут осуществляться по различным шкалам, то, прежде всего, необходимо проанализировать соблюдение условий обеспечения их достоверности и в соответствии с ним решать задачи выражения результатов измерений в относительных единицах для комплексирования показателей качества и оценки качества решений.

Шкалы наименований отражают качественные свойства. Они основаны только на отношении эквивалентности по определенным признакам качества.

На шкале наименований нет условного или естественного нуля, единицы измерений, почти нет аналогий. Нет понятия линейности (или нелинейности), среднего арифметического результата измерений, абсолютной и относительной погрешности. Возможно применение понятия «неопределенность результата измерения». Измерение сводится к сравнению измеряемого объекта с эталонным и выбору одного из них, совпадающего с измеряемым.

В основе шкалы наименований лежит факторизация множеств объектов в пространстве качества по определенным обобщенным признакам. В настоящее время эта идея получает дальнейшее развитие при экстраполяции понятия «шкала на векторные множества», т. е. когда результатом отображения свойства является не число, а вектор. Такое отображение преобразует исходную систему свойств не в числовую систему свойств, а в систему векторов. В этом случае шкалы трактуются как системы классов эквивалентности или как системы множеств, вкладывающихся один в другое (система вложений). Конкретизация такого рода шкал происходит по двум направлениям: по совокупности свойств, определяющих классы эквивалентности в пространстве качества, и по уточнению характера исходного пространства при проведении производных измерений [3].

Шкалы порядка уже описывают количественные свойства, для которых имеет смысл не только соотношение эквивалентности, но и соотношение порядка по возрастанию или убыванию количественного проявления, описываемого шкалой свойства. Эти шкалы принципиально нелинейные, допустимы монотонные функции (возрастающие или убывающие), поэтому они не имеют единиц измерений. На шкале порядка можно говорить о том, что проявление одного свойства больше или меньше другого, но нельзя ставить вопрос о том, во сколько раз оно больше или меньше. Неприменима статистика среднего, абсолютная и относительная погрешности; применима медиана и неопределенность результата измерения. Построение шкалы порядка связано с применением экспертных методов измерений, например, методом парных сравнений, методом теории ранговых корреляций.

Практика применения метода парных сравнений при построении шкалы порядка показывает, что при парном сравнении на шкале порядка могут возникать нетранзитивные подмножества [4].

Например, при сравнении трех объектов – А, В, С возможны 8 возможных результатов измерения:

$A > B,$	$B > C,$
$A > C;$	$A > B,$
$B < C,$	$A > C;$
$A > B,$	$B > C,$
$A < C;$	$A > B,$
$B < C,$	$A < C;$
$A < B,$	$B > C,$
$A > C;$	$A < B,$
$B < C,$	$A > C;$

$$\begin{aligned}
 &A < B, \quad B > C, \\
 &A < C; \quad A < B, \\
 &B < C, \quad A < C.
 \end{aligned}$$

Из них 6 результатов типа  $A > B$ ,  $A > C$ ,  $B > C$ , которые показывают, что один объект предпочтительнее два раза, другой – один раз, третий – ни разу. У двух оставшихся результатов:

$$\begin{aligned}
 &A > B, \quad B > C, \\
 &C > A, \quad A < B, \\
 &B < C, \quad C < A,
 \end{aligned}$$

ни один из объектов не имеет предпочтения друг перед другом, т.е. появляется нетранзитивное подмножество. Появление нетранзитивных подмножеств означает непоследовательность в суждениях части экспертов, и ее простейшее объяснение состоит в том, что эксперт иногда гадает, объявляя свои предпочтения. Он может гадать из-за своей некомпетентности или потому, что на самом деле объекты весьма похожи. Вероятность появления нетранзитивного подмножества в случае сравнения трех объектов экспертизы А, В и С равна 0,25.

Проблеме нетранзитивности посвящен ряд работ. Однако они посвящены формализации вероятности предпочтения в виде подходящих моделей. В работе для исключения нетранзитивности при трех парных сравнениях предлагается дать эксперту ясные инструкции о том, как он должен выполнять ранжирование, если хочет получить состоятельные результаты. На практике возникают ситуации, когда сравнению подвергаются более трех объектов. Кроме того, любое ограничение нарушает «чистоту» эксперимента. Из вышесказанного возникает актуальная задача метрологического обеспечения экспертных измерений по шкале порядка [5].

При экспертных измерениях качество продукции определяется по нескольким показателям качества. Нередко одни показатели оцениваются в баллах, а другие – в единицах физических величин, а качество продукции определяют по комплексному показателю.

В случае, когда значения показателей качества выражаются в единицах физических величин, то задача метрологического обеспечения измерений и контроля решена на государственном уровне. На решение этой задачи направлена Государственная система обеспечения единства измерений. В случае же измерения показателей качества по шкале порядка, где нет единиц измерений, то соответствующие метрологические процедуры, методы измерений и обработки их результатов не отработаны должным образом.

Поскольку на шкале порядка результатом измерения является решение, то второе необходимое условие обеспечения достоверности экспертных измерений при контроле качества продукции по шкале порядка – оценка качества решений.

По шкале порядка сравниваются между собой размеры, которые сами остаются неизвестными. Результатом сравнения является ранжированный ряд, представляющий собой ряд однократных решений. В зависимости от того, как он получен, ранжированный ряд может быть:

- результатом измерений, если сравнение размеров производится опытным путем;
- результатом вычислений, если сравнение размеров производится теоретически (расчетным методом);
- смешанным ранжированным рядом, т. е. просто результатом сравнения размеров по шкале порядка, если сравнение производилось и теоретически, и экспериментально [6].

Независимо от того, как получен ранжированный ряд, во-первых, одним из условий обеспечения достоверности экспертных измерений по шкале порядка, несомненно, является требование к соблюдению свойства транзитивности шкалы. Например, если  $Q_1 < Q_2$  и  $Q_2 < Q_3$ ,

то  $Q_1 < Q_3$ , где  $Q_1$ ,  $Q_2$  и  $Q_3$  контролируемые размеры. Во-вторых, во всех случаях ранжированный ряд представляет собой ряд однократных решений:  $Q_1 < Q_2$ ,  $Q_2 < Q_3$ , ..,  $Q_n < Q_{n+1}$  и т. д.

Любое из этих однократных решений может быть, как правильным, так и неправильным. Следовательно, необходимо определить качество однократного решения, которое зависит от способа получения ранжированного ряда. В том случае, если ранжированный ряд есть результат измерения, то для получения качественного однократного решения следует нормировать условную вероятность правильного решения о том, что  $i$ -й размер меньше или больше  $j$ -го размера –  $\gamma_{доп.}$ , а также условную вероятность правильного составления всего ранжированного ряда.

Вполне понятно, что вероятность правильного решения зависит от квалификации эксперта и равна его вероятности правильного решения. И естественно, что она должна быть не меньше некоторого фиксированного значения.

В тех случаях, когда ранжированный ряд является результатом вычислений, если сравнение размеров производилось теоретически (расчетным методом) и результат вычислений не случаен. Если все расчеты выполнены верно, то в этом случае любое однократное решение правильно, и нет необходимости нормировать условные вероятности правильного решения. А в случаях, когда ранжированный ряд является смешанным ранжированным рядом, то необходимо нормировать условную вероятность правильного решения только при сравнении размеров, производимых опытным путем, так как сравнение размеров, производимое теоретически, значительно точнее опытного. Кроме того, ранжированный ряд может быть составлен по результатам комплексирования.

В квалиметрии часто составляют ранжированный ряд по результатам комплексирования показателей качества. Здесь меры качества принято называть показателями качества. Показатели качества в зависимости от измеряемых свойств могут быть выражены как в единицах физических величин, так и в безразмерных единицах, и в баллах. В этом случае возникает ряд дополнительных требований к формированию качественного ранжированного ряда, исходящих из требований к комплексированию:

– комплексирование показателей качества необходимо проводить с учетом соблюдения правил теории размерностей, для этого следует перейти от абсолютных значений единичных показателей к относительным, которые всегда безразмерны;

– для исключения компенсации низких значений главных показателей качества высокими значениями второстепенных комплексный показатель следует умножить на коэффициент вето  $\varphi(Q_i)$  [7].

Коэффициент вето – это функция, которая при выходе любого из важнейших единичных показателей за допустимые (установленные нормативно-технической документацией) пределы обращается в нуль. Во всех остальных случаях коэффициент вето  $\varphi(Q_i)$  остается равным единице. Формально это записывается так:

$$\varphi(Q_i) = \begin{cases} 1, & \text{если } Q_{i_{min}} \leq Q_i \leq Q_{i_{max}} \text{ для всех } i = 1 \dots n \\ 0, & \text{если } Q_{i_{max}} \leq Q_i \text{ или } Q_{i_{min}} \geq Q_i \end{cases}$$

Во всех случаях решение может быть результатом однократного или многократного измерения двух или нескольких величин.

В случае однократного измерения двух величин имеем решение вида:  $Q_1 < Q_2$ , многократного измерения - несколько однократных решений вида:  $Q_1 < Q_2$ ,  $Q_2 < Q_1$ ,  $Q_1 < Q_2$ ,  $Q_1 < Q_2$ ,  $Q_2 < Q_1$ . В случае однократного и многократного измерений нескольких величин имеем решение в виде ранжированного ряда. Следовательно, возникает актуальная задача определения качества результата измерения в виде однократного решения, нескольких однократных решений и в виде ранжированного ряда.

В-третьих, появление нетранзитивных подмножеств на шкале порядка ставит задачу исключения нетранзитивности. Задачу исключения нетранзитивных подмножеств на шкале порядка можно решить тремя способами:

- путем накопления массива экспериментальных данных;
- путем применения на входе алгоритмов обработки результатов экспертиз корректирующих кодов [8];
- методом согласования субъективных измерений, основанных на декомпозиции исходной обратно симметричной матрицы отношений предпочтения сравниваемых объектов на матрицы меньшей размерности [9].

Следовательно, необходимыми условиями обеспечения достоверности экспертных измерений по шкале порядка являются:

- функциональное преобразование шкал;
- оценка качества решений;
- соблюдение свойства транзитивности [10].

#### **Список использованной литературы**

1 Закон Республики Казахстан от 7 июня 2000 года № 53-ІІ «Об обеспечении единства измерений» (с изменениями и дополнениями от 07.01.2021) [Текст]: нормативно-правовой документ. -2021.

2 Олейников Д.П., Бутенко Л.Н. Оценка качества объектов и процессов в образовательной среде. Вербальный анализ решений: монография. – М.; Волгоград: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, Волгоградский гос. техн. университет, 2016. –148 с.

3 Субетто А.И. Квалиметрия. - СПб.: Астероид, 2019. – 288 с.

4 Шарапова СМ., Хамханова Д.Н. Задачи и методы исключения нетранзитивных подмножеств из результатов экспертных измерений в пищевой промышленности. // Вестник ВСГТУ. Научный журнал. – 2018. - №1(32). – С. 51-55.

5 Дэвид Г. Метод парных сравнений: пер. с англ. Н. Космарской и Д. Шмерлинга / под ред. Ю. Адлера. – М.: Статистика, 2017. – 144 с.

6 Шишкин И.Ф., Станякин В.М. Квалиметрия и управление качеством: учебник для вузов. - М.: Изд-во ВЗПИ, 2017.

7 Хамханова Д.Н. Основы квалиметрии: учеб. пособие. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2019. – 144 с.

8 317. Щегловская А.А., Шарапова СМ., Сыремпилова С.Г. Задачи и методы исключения нетранзитивных включений в результатах экспертных измерений образовательных услуг // Тр. XIII Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Современная техника и технология», 26-30 марта 2017 г. – Томск, 2017 - Т.3. – С. 178-180.

9 Харитонов Е.В. Метод согласования субъективных измерений в иерархиях матриц отношений предпочтения // Измерительная техника. – 2020. - №9. – С. 26-29.

10 Хамханова Д.Н. Об обеспечении единства измерений по шкале порядка: сб. науч. тр. Сер. Биотехнология. Технология пищевых продуктов / ВосточноСибирский гос. технологический университет. – 2017. –Вып. 14. – С. 79-84.