

УДК 006.91:53.088

С.Г. Рабинович

Нью-Йорк, США

НАВСТРЕЧУ НОВОЙ РЕДАКЦИИ «РУКОВОДСТВА ПО ВЫРАЖЕНИЮ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ»*

«Руководство по выражению неопределенности измерений» представляет собой исключительно важный документ. Он унифицирует методы вычисления неопределенности измерений и поэтому позволяет сравнивать результаты измерений независимо от того, кто делал измерения и где. После того как этот документ был опубликован, выяснилось, что он содержит неправильные рекомендации относительно такого важного класса измерений, каким являются нелинейные косвенные измерения. Этот недостаток побудил Рабочую Группу № 1 Объединенного Комитета по Руководствам в Метрологии (Joint Committee for Guides in Metrology) в 2006 году начать работу по ревизии GUM. Предстоящая ревизия GUM предоставляет метрологическому сообществу возможность исправить этот документ, и в частности, учесть те изменения, которые произошли в метрологии после того, как GUM был опубликован в 1995 году. Поэтому сейчас уместно обсудить направления предстоящей ревизии этого важного документа. Мы надеемся, что указания на некоторые недостатки GUM и пути их исправления будут на пользу в этой дискуссии.

Ключевые слова: метрология, измерение, неточность, неопределенность, погрешность.

Введение

«Руководство по выражению неопределенности измерений» (GUM) [1] было опубликовано в 1995 и сыграло важную роль в реализации задач метрологии. Цель этого документа – унификация методов вычисления и представления неопределенности измерений. Важность этой задачи трудно переоценить, и GUM была с энтузиазмом принята международным метрологическим сообществом.

В 1997 ответственность за GUM, так же как за «Международный словарь основных и общих терминов в метрологии» (VIM) [2] было передано от ISO TAG4 недавно созданному Объединенному Комитету (ОКРМ) – “Joint Committee for Guides in Metrology”. ОКРМ имеет две рабочие группы. Задача Рабочей Группы № 1 – содействовать применению GUM и его дальнейшему развитию. Рабочая Группа № 2 имеет аналогичную задачу относительно Словаря. В недавно опубликованной статье [3] дана картина эволюции и состояние GUM. В частности, в статье отмечено, что «методы расчетов в GUM приложимы только к линейным и линеаризованным моделям и могут дать неверные результаты в других случаях». Попыткой устранить это ограничение явилось создание Проекта Дополнения 1, недавно распространенного ОКРМ [4]. Но совершенно ясно, что устранять недостатки GUM нужно в самом GUM, а не в дополнении к нему. Поэтому и по некоторым другим причинам Рабочая Группа № 1 на собрании в октябре 2006 решила приступить к ревизии GUM [3].

Предстоящая ревизия GUM представляет обществу возможность улучшить этот важный документ, в частности, – отразить развитие метрологии за

время, которое прошло после публикации НРИ в 1995. Я обратил внимание на некоторые недостатки GUM и сделал краткие замечания по их устранению в книге [5] и упомянул их в своем докладе на 3-ей Международной конференции по метрологии [6]. Эта статья содержит предложения и обоснования нескольких рекомендаций к предстоящей ревизии GUM.

Основные понятия

Метрология является наукой об измерениях. Объекты измерений и средства измерений чрезвычайно разнообразны. Однако методология обеспечения единства измерений и теория точности измерений являются общими для всех измерений и образуют важную часть научных основ метрологии.

Точность измерений отражает качество измерений и часто непосредственно влияет на их стоимость. Точность является положительной характеристикой измерений, но на практике качество измерений обычно выражают с помощью отрицательной характеристики – неточности измерений. Неточность измерения интуитивно лучше всего воспринимается как интервал, определяющий возможное отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины. Этот интервал обычно вычисляют с помощью вероятностных методов и в этом случае называют неопределенностью измерения. В некоторых случаях, однако, этот интервал полностью определяется допускаемой погрешностью используемого при измерении прибора. В этом случае естественно этот интервал называть пределом погрешности измерения.

Несмотря на все разнообразие измерений, все измерения можно разделить на однократные и многократные измерения, прямые и косвенные измерения. Можно так же выделить сравнительные измерения.

Однократное измерение – это измерение, при котором измерительный прибор приводится во взаимо-

* Авторский перевод статьи “Towards a new edition of the ‘Guide to the expression of uncertainty in measurement’” by Semyon Rabinovich, published in journal “Accreditation and Quality Assurance” (2007) 12:603 – 608.

действие с объектом, некоторый параметр которого подлежит определению путем измерения, только один раз, и одно показание прибора дает результат измерения. Иногда контакт прибора с объектом повторяют два – три раза, но цель этих дополнительных измерений – избежать промаха или получить подтверждение того, что принятая модель объекта при заданной точности измерения соответствует объекту (например, что объект имеет форму круга, когда подлежит измерению его диаметр). И в итоге, одного контакта прибора с объектом достаточно, чтобы получить результат измерения. Точность однократных измерений обусловлена в основном точностью использованных приборов. Последняя определяется нормированными метрологическими характеристиками приборов, которые указываются производителями приборов в сопроводительных документах или в свидетельствах о поверке приборов.

Многократные измерения – это измерения, при которых значение измеряемой величины вычисляется по данным повторных измерений той же самой величины. В сущности, многократное измерение представляет собой многократно повторенное однократное измерение.

Прямое измерение – это измерение, при котором значение измеряемой величины отсчитывается непосредственно по показанию прибора. Показание прибора можно умножать на некоторый коэффициент; в показании прибора при необходимости вносят поправки.

Косвенное измерение – это измерение, в котором значение измеряемой величины вычисляется по результатам измерений других величин, связанных с измеряемой величиной известной функциональной зависимостью. Эти другие величины называются измерительными аргументами [5].

Сравнительные измерения – это измерения, выполняемые при сличении эталонов или сравнении мер.

Философия GUM

Исходная предпосылка GUM состоит в том, что понятие «истинное значение измеряемой величины» является ненужным, так как оно эквивалентно понятию «значение измеряемой величины». Это утверждение ясно сформулировано в примечании к пункту В.2.3 (стр. 32 [1]) и в приложении D (пункт D.3.5). Однако, как мы покажем ниже, эта предпосылка противоречит VIM, а также фундаментальным положениям физики и математической статистики. Что касается VIM, то согласно пункту 1.18 значение измеряемой величины представляет собой именованное число – произведение числа и единицы измерения. Это значение получают в результате измерения. В противоположность к этому, истинное значение является чисто теоретическим понятием и не может быть найдено (см. пункт 1.19 VIM). Следовательно, термины «истинное значение» и «значение измеряемой величины» не могут означать одно и то же, и последнее не может заменить первое.

В математической статистике термины «параметр» (истинное значение) и «оценка параметра» (полученное значение параметра) строго различают. В физике без понятия «истинное значение» были бы невозможны уравнения между физическими величинами; уравнения

в физике были бы всегда только приблизительно верны, если бы относились к значениям величин. Наконец, как будет показано в следующем разделе, GUM самой необходимо различать истинное значение и значение величины, и GUM вынужден использовать взамен этих терминов неуклюжую терминологию.

Приведенные соображения приводят к выводу, что GUM должен быть пересмотрен и возвращен к традиционной философии, где различают истинное значение и значение измеряемой величины.

Терминология GUM

Исключение термина «истинное значение» объясняется стремлением исключить термин «погрешность». Соответственно в GUM, во всем документе, вместо «погрешность» употребляется термин «неопределенность». Тем самым упускается возможность обогатить наш язык. Термин «неопределенность» - при вероятностном оценивании неточности измерения (например, при использовании доверительных интервалов), а термин «погрешность» – когда неточность оценивается без использования вероятностных представлений, как это часто бывает при однократных измерениях [5, 6]. Более того, согласно VIM, термин 3.9, термин «неопределенность» относится к результату измерения. Следовательно, этот термин не предусмотрен для применения в других случаях и не может везде заменить термин «погрешность». Например, он не подходит для выражения погрешности измерительных приборов. Таким образом, полная замена термина «погрешность» термином «неопределенность» является необоснованной.

Далее, GUM вводит два новых термина «тип А и тип Б вычисления неопределенности». По определению, это методы вычисления неопределенности (пункты 2.3.2 и 2.3.3), а используются они как компоненты неопределенности. Так, в пункте 5.1.2 описывается, как складывать неопределенности типа А и типа Б. Из текста совершенно ясно, что эти неопределенности рассматриваются как части неопределенности; к тому же, методы сложению не подлежат. Подобная непоследовательность не должна бы иметь места в документе, направленном на установление строгого языка и быть образцом для других. В дополнении к непоследовательности применения этих терминов, они не выразительны. Было бы намного лучше использовать обычный термин «случайная погрешность» взамен «неопределенность типа А» и «нормированная погрешность» вместо «неопределенность типа Б».

Другая непоследовательность GUM связана с терминами «стандартная неопределенность», «обобщенная неопределенность» и «расширенная неопределенность». Первые два термина по их определению представляют собой просто «стандартное отклонение» и «обобщенное стандартное отклонение», а расширенная неопределенность представлена как интервал. Таким образом, на основе одного и того же термина – неопределенность – образованы производные термины, имеющие совершенно разный смысл: стандартное отклонение в одном случае и интервал в другом. Это противоречит логике и неправильно.

Надо заметить, что основу для описанной нелогичности создал VIM. В Примечании 1 к определе-

нию термина «неопределенность» (п. 3.9 VIM) сказано, что это может быть стандартное отклонение (или произведение его на заданный множитель) или полуширина доверительного интервала. Это создает неясность в смысле данного термина, чего не должно быть в научной терминологии. В самом деле, что же такое «неопределенность», стандартное отклонение или доверительный интервал?

Вообще, для расчета неопределенности измерений достаточно терминов «стандартное отклонение», «обобщенное стандартное отклонение» и «неопределенность». В GUM сказано, что дублирующие термины «стандартная неопределенность» и «обобщенная неопределенность» используются иногда для удобства (пункт 4.2.3.). Однако во всем документе используются исключительно эти дублирующие термины, создавая впечатление, что именно эти термины правильны и должны применяться. В действительности же эти дублирующие термины создают неудобства, так как все расчетные статистические методы используют термин «стандартное отклонение». Поэтому, применяя терминологию GUM, нужно каждый раз пояснять, что стандартная неопределенность - это то же самое, что стандартное отклонение. Типичный пример – статья [7], в которой авторы неоднократно дают пояснения, подобные следующим: «Согласно GUM (пункт 4.2), стандартная неопределенность типа A связана с z_A из классической статистики следующим образом $u(z_A) = s(z_A) = s(z)/\sqrt{m}$. Эта неопределенность является оценкой стандартного отклонения $s(z_A) = \sigma/\sqrt{m}$ распределения выборки z_A ».

Стандартное отклонение – это параметр распределения, который нетрудно вычислить, но трудно почувствовать на интуитивном уровне, как этот параметр отражает возможный разброс результатов измерения. В противоположность стандартному отклонению, доверительный интервал дает интуитивно ясное представление о возможном разбросе этих результатов, и поэтому предпочтителен. Во всяком случае, один и тот же термин не должен обозначать и стандартное отклонение и интервал, как это сделано в GUM.

Еще одно терминологическое затруднение приходится отметить в связи с понятием о доверительном интервале. Доверительный интервал – это интервал, который с некоторой вероятностью включает в себя истинное значение. Таким образом, для использования этого понятия нужно понятие об истинном значении, а одной из базовых предпосылок GUM было исключение этого понятия. Пытаясь решить эту проблему, GUM заменяет термин «истинное значение» выражением “буква Y, которая представляет значение, относящееся к измеряемой величине” (пункт 6.2.1 и Приложение G) или “измеряемая величина Y” (пункт 5.1.1). Введение невыразительных терминов (таких как неопределенности типа A и B и измеряемая величина Y) делают терминологию без какой-либо необходимости надуманной, неясной, в то время как для этих понятий существуют выразительные термины.

Расчет неопределенности по GUM

GUM представляет вычисление неопределенности в самом общем виде. Принимается, что измеряемая величина связана известной функциональной зависимостью с определенным числом других величин. В частном случае эта зависимость может быть линейной, но в общем случае предполагается, что она нелинейная и тогда линеаризуется с помощью разложения Тейлора. Оценки аргументов этой зависимости, также как оценка измеряемой величины, рассматриваются как случайные величины. Соответственно, для оценок всех аргументов вычисляются дисперсии, и затем стандартные отклонения. Сумма произведений этих дисперсий на квадраты коэффициентов чувствительности дает дисперсию результата измерения и, таким образом, – её стандартное отклонение, названное в GUM обобщенной неопределенностью.

Далее, чтобы перейти от стандартного отклонения к доверительному интервалу, GUM рекомендует умножить обобщенную неопределенность на 2 или 3. Считается, что это произведение дает пределы доверительного интервала, названного расширенной неопределенностью, с приписанной вероятностью 0,95 в первом случае и 0,99 во втором. К сожалению, эти вероятности могут быть приписаны указанным интервалам только при линейной зависимости между измеряемой величиной и аргументами при условии, что погрешности результата измерения имеют нормальное распределение. В других случаях, особенно при нелинейном уравнении измерения, GUM не дает возможности сказать что-либо о функции распределения погрешности результата измерения. Так что приписку вероятностей 0,95 или 0,99 полученным интервалам нужно признать ошибкой. Рассмотренное ограничение ранее было отмечено в [5]. Разрабатываемое в настоящее время Дополнение 1 к GUM посвящено исправлению этого упущения [4].

В Дополнении 1 указанная проблема решается путем использования метода Монте-Карло. Однако более простые возможности решить данную задачу дают методы приведения и трансформации [5]. Метод приведения позволяет вычислить неопределенность измерения как доверительный интервал в случае зависимых косвенных измерений, а метод трансформации решает эту задачу для независимых косвенных измерений. К тому же надо заметить, что GUM уже упоминает метод приведения как второй подход к расчету неопределенности зависимых косвенных измерений (см. примечание к пункту 4.1.4 на стр. 10) и в Приложении H приводит примеры применения этого метода. Так что рассматриваемый недостаток GUM можно легко исправить. Для этого достаточно исключить необоснованную рекомендацию и взамен использовать метод приведения, как основной, и дополнить его методом трансформации для зависимых косвенных измерений. Это измерение GUM не исключает Дополнение 1 с описанием метода Монте-Карло, поскольку этот метод слишком сложный, чтобы его описание можно было включить прямо в GUM.

Было бы также полезно подчеркнуть в GUM, что

метод приведения устраняет необходимость в коэффициенте корреляции при вычислении неопределенности зависимых косвенных измерений. Если учесть, что к независимым косвенным измерениям коэффициент корреляции вообще не имеет отношения, то таким образом вообще устраняется надобность в этом коэффициенте для расчетов неопределенности измерений. Давно известно, что вычисление коэффициента корреляции создавало большие трудности при оценивании неточности измерений. Поэтому важность устранения этого коэффициента трудно переоценить.

Нужно заметить, что метод трансформации еще недостаточно изучен применительно к случаю с большим числом аргументов. Пока изучение этого метода не будет закончено, метод Монте-Карло может быть предпочтительным.

В последнее время возрос интерес к статистике Байеса. Критический анализ этого метода можно найти в книге [8], а в статье [7] ставится вопрос о более последовательном использовании этого подхода в GUM. Статистика Байеса привлекательна тем, что обещает использовать априорную информацию об измеряемой величине. Такой подход может быть полезен при сравнительных измерениях, поскольку при этих измерениях можно использовать как априорную информацию накопленные результаты сличения данного эталона с другими эталонами. В других случаях измерений нет и не может быть априорной информации о размере измеряемой величины. Поэтому сомнительно, что статистика Байеса может найти практическое применение при обычных измерениях. Во всяком случае, прежде чем перейти на статистику Байеса, как рекомендуют некоторые авторы [7, 8], нужно показать, где или когда традиционный подход оценивания неточности измерений оказывается неудовлетворительным.

Неточность однократных измерений и GUM

В GUM рассматриваются исключительно многократные измерения. Но наиболее распространенным видом измерений, выполняемых в промышленности и торговле, являются однократные измерения. Поэтому важно, чтобы GUM предусмотрел пути оценивания неточности однократных измерений. Нужно отметить, что когда число элементарных погрешностей достаточно велико, можно воспользоваться центральной предельной теоремой. В этом случае неточность однократных измерений можно вычислять подобно тому, как вычисляется неопределенность типа Б в GUM. В [6] приведен общий метод оценивания неточности однократных измерений, включающий как упомянутый выше случай, так и случай с небольшим числом элементарных погрешностей. Эти методы могут быть приняты за основу рекомендации для однократных измерений. Но даже для частного случая, отмеченного выше, текст GUM нужно сформулировать заново с тем, чтобы пользователю было ясно видно, что эти методы предназначены для однократных измерений.

Может показаться, что однократные измерения можно рассматривать как частный случай много-

кратных измерений, когда число измерений равно единице. Но этот подход ничего не дает полезного, так как методы, применяемые для обработки данных многократных измерений, не приложимы к случаю, когда число измерений равно единице.

Если считать, что у нас имеются методы обработки данных однократных измерений, то обратный подход, а именно, что многократное измерение рассматривается как результат повторных однократных измерений, представляется более плодотворным [6]. При таком подходе однократные измерения рассматриваются как базовая форма измерений и неточность однократного измерения заменяет составляющую общей неопределенности многократного измерения, которая в GUM называется неопределенностью типа Б. Очевидно, при учете допускаемых погрешностей измерительных приборов, нужно представлять отдельно случайную составляющую погрешности прибора, чтобы эта составляющая не была принята в расчет дважды.

Структура GUM

В данной редакции GUM рассматривается как общий случай ситуация, при которой измеряемая величина связана известной функциональной зависимостью с рядом других величин, которые назовем аргументами. Другими словами, GUM рассматривает косвенные измерения как общий случай измерений, а прямые измерения - как частный случай, при котором упомянутая выше зависимость вырождается в линейную и имеется всего один аргумент. Между тем, в математической статистике прямые измерения скрупулезно изучены, и для обработки их данных имеются проверенные рекомендации (см. например, [9 – 11]).

В случае косвенных измерений также надежен метод приведения, применимый, однако, только к зависимым косвенным измерениям. Метод Монте Карло и бутстраппинг методы пригодны для независимых косвенных измерений, но рекомендация о их применении в метрологии находится еще в стадии разработки [4].

По своему назначению GUM должен быть рекомендацией для практики, а не научной монографией. Поэтому её содержание должно быть настолько подробным и конкретным, насколько это необходимо, чтобы описываемые методы было легко использовать на практике. набросок структуры рекомендации, которая могла бы отвечать этому требованию, имеет вид:

- Часть 1: Однократные измерения
 - 1.1. Прямые однократные измерения
 - 1.2. Косвенные однократные измерения
- Часть 2: Многократные измерения
 - 2.1. Прямые многократные измерения
 - 2.2. Зависимые косвенные измерения
 - 2.3. Независимые косвенные измерения

Заключение

В статье приведен анализ GUM, обнаруживший ряд недостатков GUM, и предлагаемые направления их исправления. Мы подвергли критике философскую

предпосылку GUM о эквивалентности истинного значения измеряемой величины и значения измеряемой величины и показали, что она противоречит VIM и фундаментальным положениям, принятым в физике и математической статистике. Мы проверили терминологию GUM и нашли, что некоторые термины являются излишними поскольку они переименовывают ранее установленные понятия (стандартная и обобщенная неопределенность вместо стандартное и обобщенное стандартное отклонение) и некоторые недостаточно выразительные термины (тип А и тип В неопределенности, значение Y измеряемой величины). Затем мы показали, что эти термины иногда используются в GUM непоследовательно. Наконец, мы обратили внимание на недостатки представленных в GUM методов расчета неопределенности. Один существенный недостаток, ранее обнаруженный, состоит в том, что метод GUM не годится для нелинейных косвенных измерений, и Дополнение 1 разрабатывается, чтобы исправить это с помощью метода Монте-Карло [4]. В этой связи мы обратили внимание на то, что в дополнение к методу Монте-Карло разработаны более простые методы, решающие эту задачу, и что эти методы можно включить непосредственно в GUM. Другой недостаток состоит в том, что GUM сосредоточен на многократных измерениях и не касается однократных измерений, которые на самом деле наиболее часто используются на практике. Хотя в некоторых случаях для однократных измерений можно использовать методы, аналогичные описанным в GUM, в других случаях их нельзя использовать. Но даже когда эти методы применимы, мы полагаем, что в GUM их надо сформулировать в явном виде для однократных измерений. Но в настоящее время уже разработаны общие методы расчета погрешностей и неопределенности однократных измерений, и мы полагаем, что в новую редакцию GUM их надо включить.

В настоящее время Рабочая группа 1 MOM приступила к подготовке ревизии GUM. Это делает

обсуждение направлений предстоящей ревизии важным и своевременным. Мы надеемся, что данная статья будет полезна для этой дискуссии.

Список литературы

1. ISO (1995) *Guide to the expression of uncertainty in measurement. International Organization for Standardization (ISO), Geneva, Switzerland.*
2. ISO (1993) *International vocabulary of basic and general terms in metrology, 2nd edn. (ISO), Geneva, Switzerland.*
3. Bich W, Cox MG, Harris PM (2006) *Evolution of the "Guide to the expression of uncertainty in measurement". Metrologia 43:161 – 166.*
4. *Evaluation of measurement data – supplement 1 to the "Guide to the expression of uncertainty in measurement". Propagation of distributions using a Monte Carlo method. Final Draft. Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM).*
5. Rabinovich SG (2005) *Measurement errors and uncertainty: theory and practice, 3rd edn. Springer, New York.*
6. Rabinovich SG (2006) *Accuracy of single measurements. In: Proceedings of the 3rd International Conference on Metrology, Tel Aviv, Israel, November 2006. (A revised version of this paper was published in Accreditation and Quality Assurance (2007) 12:419-424).*
7. Kacker R, Jones A (2003) *On use of Bayesian statistics to make the "Guide to the expression of uncertainty in measurement" consistent. Metrologia 40 235-248.*
8. D'Agostini G (2003) *Bayesian reasoning in data analysis. A critical introduction. World Scientific, Singapore.*
9. Gertsbakh I (2003) *Measurement theory for engineers, Springer, Berlin, Germany.*
10. Bevington PR, Robinson DK (1992) *Data reduction and error analysis for the physical sciences, 2nd ed. McGraw-Hill, New York.*
11. Mandel J (1991) *Evaluation and control of measurements. Marcel Dekker, New York.*

Поступила в редколлегию 21.04.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Ю.П. Мачехин, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

НАЗУСТРІЧ НОВІЙ РЕДАКЦІЇ «КЕРІВНИЦТВА ПО ВИРАЗУ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ»

Рабінович С.Г.

«Керівництво по виразу невизначеності вимірювань» є виключно важливий документ. Він уніфікує методи обчислення невизначеності вимірювань і тому дозволяє порівнювати результати вимірювань незалежно від того, хто робив вимірювання і де. Після того, як цей документ було опубліковано, з'ясувалося, що він містить неправильні рекомендації щодо такого важливого класу вимірювань, яким є нелінійні непрямі вимірювання. Цей недолік спонукав Робочу Групу № 1 Об'єднаного Комітету з Керівництва в Метрології (Joint Committee for Guides in Metrology) в 2006 році почати роботу по ревізії GUM. Майбутня ревізія GUM надає метрологічному співтовариству можливість виправити цей документ, і зокрема, врахувати ті зміни, які відбулися в метрології після того, як GUM був опублікований в 1995 році. Тому зараз доречно обговорити напрями майбутньої ревізії цього важливого документа. Ми сподіваємося, що вказівки на декілька недоліків GUM і шляхів їх виправлення будуть на користь в цій дискусії.

Ключові слова: метрологія, вимірювання, неточність, невизначеність, погрешність.

НАВСТРЕЧУ НОВОЙ РЕДАКЦИИ «РУКОВОДСТВА ПО ВЫРАЖЕНИЮ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ»

Rabinovich S.G.

The "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement" (GUM) is an extremely important document. It unifies methods for calculating measurement uncertainty and enables the consistent interpretation and comparison of measurement results regardless of who and where obtained these measurements. Since the document was published in 1995, it has been realized that its recommendations do not properly address an important class of measurements, namely, non-linear indirect measurements. This drawback prompted the initiation of the revision of GUM in the Working Group 1 of the Joint Committee for Guides in Metrology, which commenced in October 2006. The upcoming revision of GUM provides the metrological community with an opportunity to improve this important document, in particular, to reflect developments in Metrology that have occurred since the GUM publication in 1995. Thus, a discussion of the directions for this revision is important and timely. By identifying several shortcomings of the GUM and proposing directions for its improvement, we hope this article will contribute to this discussion.

Keywords: metrology, measurement, inaccuracy, uncertainty, error.