

Оценивание неопределенности измерения на основе трансформации распределений вероятностей с применением метода Монте-Карло

М.Г.Кокс⁺, П.М.Харрис⁺, Б.Р.-Л. Зиберт^{}*

⁺НФЛ, Великобритания ⁺

maurice.cox@npl.co.uk

^{*}ПТБ, Германия

Bernd.Siebert@ptb.de

Руководство по выражению неопределенности измерений [1], так называемое GUM, предлагает согласованные на международном уровне методы оценивания неопределенности измерения. GUM тщательно рассматривает данный вопрос и предлагает теоретическое обоснование. Последнее важно, поскольку GUM вводит некоторые понятия, которые не являются новыми, но ранее широко не применялись.

GUM требует, чтобы для любой измерительной задачи была получена модель, которая отражает физическую зависимость измеряемой величины от всех входных величин, которые могут повлиять на измеряемую величину, и предлагается теоретически обоснованные методы обработки неопределенностей, связанных с результатами повторных измерений (оценка неопределенностей по типу A) и с любыми другими отклонениями измерений (оценка по типу B). В любом случае получают распределение вероятностей, которое описывает знание об измеряемой величине. Математическое ожидание этого распределения принимается в качестве наилучшей оценки измеряемой величины. Стандартное отклонение этого распределения характеризует разброс значений, которые могли бы быть обосновано приписаны измеряемой величине и используется в качестве стандартной неопределенности результата измерения.

Во многих и даже в большинстве практических случаев не приходится рассматривать эти распределения вероятностей в явной форме, а достаточно знать их математическое ожидание и стандартное отклонение. GUM предлагает подход, основанный на вышеуказанной модели, который трансформирует стандартные неопределенности, связанные с входными величинами. Такой подход в GUM назван законом трансформации неопределенностей.

Однако существуют измерительные задачи, которые ведут к моделям, для которых закон трансформации неопределенности представляется недостаточным.

Данный доклад утверждает и показывает, что:

- Трансформация распределений вероятностей, связанных с входными величинами, обеспечивает общий подход к оцениванию неопределенности и, что

- Интегрирование методом Монте-Карло является практически наилучшим инструментом решения данной задачи.

Данный доклад представляет собой общую часть, которая совместно рассматривает закон трансформации неопределенностей и метод Монте-Карло, и вторую часть, которая адресована некоторым частным вопросам, достоинствам применения метода Монте-Карло, как мы понимаем.

В деталях планируется обсудить следующие темы:

- i. Краткое обсуждение получения модели для оценивания неопределенности измерения;
- ii. Краткое обсуждение получения распределений вероятностей, связанных с входными величинами;
- iii. Трансформация распределений и закон трансформации неопределенностей;
- iv. Интегрирование методом Монте-Карло;
- v. Подробное рассмотрение примера с использованием метода Монте-Карло и с закон трансформации неопределенностей.

В iv теме следовало бы сделать акцент как на математическом обосновании, так и на практических аспектах, таких как сходимость метода Монте-Карло и рассмотрение взаимозависимых входных величин.

Пример в теме v рассматривает часто встречающуюся задачу о пространственно протяженном источнике и детекторе. Он позволяет продемонстрировать преимущества и недостатки закона трансформации неопределенности и подхода Монте-Карло.

[1] BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, and OIML. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, 1995. ISBN 92-67-10188-9, Second Edition.