

УДК 389.1

ПРИМЕНЕНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИКИ ОЦЕНИВАНИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Романчак В.М., Серенков П.С.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Предложен подход разработки процесса оценивания неопределенности методики измерений, в основу которого положен метод морфологического ящика как метод разработки многомерных объектов в случаях, когда обычные методы моделирования не дают нужного результата. Основные положения подхода адаптированы к задаче разработки приемлемого для конкретного случая метода оценивания неопределенности результата измерений.

Ключевые слова: метод измерений, результат измерений, неопределенность, морфологический ящик.

APPLICATION OF A MORPHOLOGICAL APPROACH TO DEVELOP THE METHOD FOR ESTIMATION OF THE MEASUREMENT RESULTS UNCERTAINTY

Romanchak V., Serenkov P.

*Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus*

Abstract. An approach is proposed for developing a process for estimating the uncertainty of a measurement technique, which is based on the morphological box method as a method for developing multidimensional objects in cases where conventional modeling methods do not give the desired result. The main provisions of the approach are adapted to the task of developing an acceptable method for estimating the uncertainty of the measurement result for a particular case.

Key words: measurement method, measurement result, uncertainty, morphological box.

*Адрес для переписки: Серенков П.С., ул. Я. Коласа, 22, 518, Минск 220113, Республика Беларусь
e-mail: pavelserenkov@bntu.by*

В научных исследованиях существует правило: если задача имеет общее теоретическое решение, практическая реализация которого в конкретном случае невозможна, то среди альтернативных методов ее приближенного решения наиболее достоверным (надежным) считается тот, который методологически ближе всего к теоретическому решению.

В настоящее время выделяют три общепринятых способа количественной оценки неопределенности измерения:

а) модельный подход, изложенный в руководстве по выражению неопределенности GUM (ГОСТ 34100.3-2017/ ISO/IEC Guide 98-3/ 2008);

б) метод моделирования Монте-Карло (ГОСТ 34100.3.1-2017/ ISO/IEC Guide 98-3/Suppl 1:2008);

в) эмпирические методы, основанные на использовании результатов внутрилабораторных или межлабораторных исследованиях методов измерений (испытаний) (СТБ ISO/TS 21748-2019).

Естественным образом сформировался так называемый комбинированный подход к оцениванию неопределенности как комбинация модельного и эмпирического подходов при исследовании одного и того же метода измерений изложенный в СТБ ISO/TS 21748-2019.

Примечание. Общепринятыми считаются методы, которые изложены в ТНПА или иных источниках, типа «наилучшие метрологические практики».

Приведенные выше методы являются альтернативами друг для друга. Очевидно уверенности в преимуществах того или иного метода и, как следствие, в достоверности оценки неопределенности результатов измерений нет по-прежнему.

Возникает необходимость в разработке новых методов оценки неопределенности для конкретных методов измерений и ситуаций, в которых они реализуются.

Предлагается формировать методику оценки неопределенности из отдельных элементов. При этом элементами выступают этапы процесса оценки неопределенности. Выдвинута гипотеза о возможности использования морфологического подхода. Адаптация морфологического подхода как техники «морфологического ящика» к решению задачи оценивания неопределенности предполагает реализацию четырех этапов:

1 – выявление влияющих факторов (данный этап необходим при любом методе оценки неопределенности),

2 – входные величины,

3 – составление функции связи (модели измерения),

4 – трансформирование законов распределения.

Первый этап не рассматривается в докладе, так как выявление влияющих факторов является общеметодологической задачей и методы, применяемые для ее решения, следует искать в задачах

менеджмента качества. В табл. 1 представлен вариант морфологического ящика, построенного на процессном подходе, с помощью которого можно формировать альтернативные методики оценивания неопределенности как комбинацию этапов 2–4 процесса оценки неопределенности.

Таблица 1. Морфологический ящик оценки неопределенности

Этапы	Варианты			
	По типу А, по типу В			
	\bar{X} (экспериментально, априорно)			
Входные величины*	σ (экспериментально, априорно)			
	Функция связи (модель измерения)	Функция связи известна (модельный подход)		Функция связи неизвестна
точно (физическая модель)		приближенно (например, ряд Тейлора)	Эмпирический подход (регрессионная модель по результатам эксперимента)	
Трансформирование законов распределения	Закон распределения не используется (частотный подход)		Закон распределения используется (байесовский подход)	
	Пересчет параметров распределения		аналитическое решение (вычисление интеграла)	численное решение
*Следует учитывать тот факт что входные величины могут рассматриваться как дискретные или непрерывные и следовательно расчеты будут производиться по разному				

Представленный выше морфологический ящик можно рассматривать как инструмент и для формирования новых методов оценивания неопределенности. С его помощью можно формировать эффективный метод для конкретной поставленной задачи, сочетая различные варианты реализации данных этапов.

На рис. 1–3 представлены примеры формирования трех различных методик оценивания неопределенности, включающих различные реализации каждого из этапов 2...4.

С помощью морфологического ящика возможно обосновать разработку нового метода, состоящего из любого сочетания его элементов (рис. 3). Представленное на рис. 3 сочетание представляет из себя альтернативу методу Монте-Карло и решает задачу трансформирования законов распределения численными методами.

Реализация четвертого элемента морфологического ящика «аналитическое решение (вычисление интеграла)» (см. рис. 3) была разработана в БНТУ и была названа авторами как «метод последовательных трансформаций», который предна-

значен для оценивания неопределенности измерений при заданной математической модели измерений с произвольным числом входных величин и единственной выходной величиной.

Этапы	Варианты			
	По типу А по типу В			
	\bar{X} (экспериментально, априорно)			
Входные величины	σ (экспериментально, априорно)			
	Функция связи (модель измерения)	Функция связи известна (модельный подход)		Функция связи неизвестна
точно (физическая модель)		приближенно (например, ряд Тейлора)	эмпирический подход (регрессионная модель по результатам эксперимента)	
Трансформирование законов распределения	Закон распределения не используется (частотный подход)		Закон распределения используется (байесовский подход)	
	пересчет параметров распределения		аналитическое решение (вычисление интеграла)	численное решение

Рисунок 1 – Реализация метода GUM через морфологический ящик

Этапы	Варианты			
	По типу А по типу В			
	\bar{X} (экспериментально, априорно)			
Входные величины	σ (экспериментально, априорно)			
	Функция связи (модель измерения)	Функция связи известна (модельный подход)		Функция связи неизвестна
точно (физическая модель)		приближенно (например, ряд Тейлора)	эмпирический подход (регрессионная модель по результатам эксперимента)	
Трансформирование законов распределения	Закон распределения не используется (частотный подход)		Закон распределения используется (байесовский подход)	
	пересчет параметров распределения		аналитическое решение (вычисление интеграла)	численное решение

Рисунок 2 – Реализация метода Монте-Карло через морфологический ящик

Этапы	Варианты			
	По типу А по типу В			
	\bar{X} (экспериментально, априорно)			
Входные величины*	σ (экспериментально, априорно)			
	Функция связи (модель измерения)	Функция связи известна (модельный подход)		Функция связи неизвестна
точно (физическая модель)		приближенно (например, ряд Тейлора)	эмпирический подход (регрессионная модель по результатам эксперимента)	
Трансформирование законов распределения	Закон распределения не используется (частотный подход)		Закон распределения используется (байесовский подход)	
	пересчет параметров распределения		аналитическое решение (вычисление интеграла)	численное решение

Рисунок 3 – Формирование нового метода через морфологический ящик