

Программный расчет неопределенности результатов измерений

Т.В. Шушкевич

Южный федеральный университет, Таганрог

Аннотация: В статье приведен обзор программного обеспечения, предназначенного для расчета неопределенности измерений. Проведено сравнение основных особенностей и возможностей, представлена информация об используемых методах анализа, наличии информативной поддержки и условиях распространения и использования программного обеспечения.

Ключевые слова: Неопределенность, результат измерений, программное обеспечение, метод обработки результатов измерений.

При проектировании технических систем и расчете их параметров, при определении характеристик используемых на производстве приборов и устройств, при обработке результатов измерений нельзя обойтись без расчета точности [1, 2]. Введение в метрологическую практику нормативов [3, 4] позволило в большинстве случаев формализовать процедуру обработки результатов измерений и привело к появлению на рынке программных продуктов, предназначенных для автоматизации расчетов неопределенности измерений и технических систем.

Существующие программные продукты можно разделить на классы, взяв в качестве критерия универсальность программного обеспечения [5]. Обзор может быть сколь угодно подробно детализирован, но на первом шаге детализации достаточно предоставить информацию об используемых методах анализа, наличии информативной поддержки и условиях распространения и использования программного обеспечения

Сравнение универсальных программных продуктов, предназначенных для оценки неопределенности, приведено в таблицах 1 и 2. Знак "+" указывает на присущую данной программе возможность или особенность, знак "Б" обозначает бесплатное, а знак "К" – коммерческое распространение и использование программы.

Таблица № 1

Обзор основных возможностей программного обеспечения

Возможности и особенности	Type B Uncertainty Calculator	Uncertainty Calculator	Uncertainty Sidekick	Uncertainty Sidekick Pro	Uncertainty Analyzer 3.0	QMsys GUM Educational	QMsys GUM Standard	QMsys GUM Professional	QMsys GUM Enterprise
Анализ результатов прямых измерений	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Анализ результатов косвенных измерений (наличие уравнения измерения)				+	+	+	+	+	+
Метод GUM для линейных моделей				+	+	+	+	+	+
Метод GUM для нелинейных моделей					+		+	+	+
Метод Монте-Карло								+	+
Адаптивный метод Монте-Карло									+
Анализ измерительных систем					+				
Байесовский анализ			+	+	+				
Регрессионный анализ								+	+
Блок планирования эксперимента									
Встроенная база данных единиц измерений			+	+	+	+	+	+	+
Встроенная база данных средств измерений				+	+				
Встроенная справка	+		+	+	+	+	+	+	+
Техническая поддержка	+		+	+	+	+	+	+	+
Заявленное соответствие нормативам [3, 4]	+		+	+	+	+	+	+	+
Условия распространения и использования программы	Б	Б	Б	К	К	Б	К	К	К
Наличие демо- и триал-версий для коммерческого ПО				нет	нет		да	да	да

Таблица № 2

Обзор основных возможностей программного обеспечения

Возможности и особенности	GUM Workbench Educational	GUM Workbench Standard 1.3	GUM Workbench Professional 2.3	GUM Workbench Professional 2.4	RAMAS Risk Calc	GUMsim	SmartUQ	ASUE	Gumy	MC-Ed	GUM_MC	Неопределенность	Evaluator
Анализ результатов прямых измерений	+	+	+	+	+	+	+		+		+	+	+
Анализ результатов косвенных измерений (наличие уравнения измерения)	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+
Метод GUM для линейных моделей	+	+	+	+		+		+	+		+	+	+
Метод GUM для нелинейных моделей		+	+	+		+		+	+		+	+	+
Метод Монте-Карло				+		+	+			+	+		+
Адаптивный метод Монте-Карло				+		+	+						
Анализ измерительных систем			+	+									
Байесовский анализ				+									
Регрессионный анализ							+						
Блок планирования эксперимента							+						
Встроенная база данных единиц измерений				+	+	+							
Встроенная база данных средств измерений						+							
Встроенная справка	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+		+
Техническая поддержка	+	+	+	+	+	+	+					+	+
Заявленное соответствие нормативам [3, 4]	+	+	+	+		+		+	+	+	+	+	+
Условия распространения и использования	Б	К	К	К	К	К	К	Б	Б	Б	Б	К	К
Наличие демо- и триал-версий для коммерческого ПО		да	да	да	нет	да	да					да	да

Следует отметить общий недостаток продуктов компании Integrated Sciences Group (USA, California) [6] – Uncertainty Sidekick, Uncertainty Sidekick Pro 1.0, UncertaintyAnalyzer 3.0. Это неполное соответствие используемой терминологии третьей редакции Международного метрологического словаря VIM [7]. Кроме того, ни одна из этих программ не ведет расчет неопределенности по методу Монте-Карло.

Анализ измерительных систем в программах GUM Workbench Professional возможен только при наличии дополнительного модуля GUMCAD Version 1.2. Отдельного внимания заслуживает критерий "заявленное соответствие нормативам". В своей работе инженер-метролог обязан опираться на действующие стандарты, однако есть программы, этому критерию не удовлетворяющие.

Первая группа таких программ – это калькуляторы, достаточно простые программные средства, ориентированные на предварительный расчет или быструю оценку неопределенности. Не претендуя на полноценное с точки зрения математического описания решение, они, тем не менее, дают возможность предварительно оценить точностные характеристики используемых методов, процессов или результатов измерений. В таблицах представлено два калькулятора – Type B Uncertainty Calculator компании Integrated Sciences Group (USA, California) и Uncertainty Calculator разработанный в Миссурийском университете науки и технологий [8]. В сети Интернет можно отыскать достаточно программ подобного типа. Как правило, калькуляторы распространяются бесплатно или представляют собой открытые web-ресурсы.

Вторая группа программ – специализированные утилиты для расчета каких-либо заранее определенных характеристик. Например, web-сервис Analytic Standard Uncertainty Evaluation (ASUE), оперирующий аналитическим представлением уравнения измерения. Программа не

работает с числовыми данными, а позволяет получить аналитические выражения для центральных моментов второго, третьего и четвертого порядков, которые можно использовать для дальнейших расчетов.

Третья группа программ – программы, вычисление неопределенности характеристик в которых является второстепенной задачей. В таблице представлены две подобные разработки – RAMAS Risk Calc [9] и SmartUQ [10]. Первая из них ориентирована на определение оценки риска в сфере защиты окружающей среды, расчет неопределенности ведется, но не является ключевым моментом работы программы. Обладая мощным математическим аппаратом (RAMAS Risk Calc поддерживает методы вероятностного анализа границ, нечеткую арифметику и классический интервальный анализ; работает с постоянными, интервальными, нечеткими числами, распределениями вероятностей и границами интервалов распределений), программа позволяет провести расчеты в соответствии с [3, 4], но не предлагает этого по умолчанию.

То же можно сказать и о SmartUQ. Оценка неопределенности в этой программе, точнее, трансформирование неопределенностей – всего лишь один из блоков. Основное назначение программы – планирование эксперимента. RAMAS Risk Calc и SmartUQ иллюстрируют современную тенденцию в формировании функциональности прикладного программного обеспечения, так или иначе связанного с процессами измерений – включать в программу блоки расчета точностных характеристик, в роли которых может выступать неопределенность. Не используя в явном виде нормативы [3, 4], такие блоки, тем не менее, дают удовлетворительный результат расчета, поскольку обладают богатым функционалом в области стандартных табличных распределений, и позволяют пользователю самому выбрать нужные коэффициенты и получить оценку расширенной неопределенности интересующих пользователя параметров.



Литература

1. Целигоров Н.А., Целигорова Е.Н., Мафура Г.В. Математические модели неопределённостей систем управления и методы, используемые для их исследования // Инженерный вестник Дона, 2012, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1340.
 2. Кашканов А.О. Идентификация параметров источника питания промышленной электрической сети // Инженерный вестник Дона, 2015, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3363.
 3. JCGM 100:2008. Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement. URL: bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM_100_2008_E.pdf.
 4. JCGM 101:2008. Evaluation of measurement data – Supplement 1 to the "Guide to the expression of uncertainty in measurement" – Propagation of distributions using a Monte Carlo method. URL: bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM_101_2008_E.pdf.
 5. Гулова О.А., Шушкевич Т.В. Выражение неопределенности результатов измерений // Инновационная наука. 2016. №6, часть 2. С. 58-60.
 6. Integrated Sciences Group. State-of-the-Art Measurement Analysis Software, Training and Consulting Services. URL: isgmax.com/default.asp
 7. JCGM 200:2012. International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms. URL: bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM_200_2012.pdf.
 8. Uncertainty Calculator. Missouri University of Science and Technology. URL: web.mst.edu/~gbert/JAVA/uncertainty.HTML.
 9. RAMAS[®] by Applied Biomathematics[®] since 1982. RAMAS Risk Calc. URL: ramas.com/riskcalc.
 10. SmartUQ Quantify Every Uncertainty. URL: smartuq.com.
-

References

1. Celigorov N.A., Celigorova E.N., Mafura G.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1340.
2. Kashkanov A.O. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2015, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3363.
3. JCGM 100:2008. Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement. URL: bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM_100_2008_E.pdf.
4. JCGM 101:2008. Evaluation of measurement data – Supplement 1 to the "Guide to the expression of uncertainty in measurement" – Propagation of distributions using a Monte Carlo method. URL: bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM_101_2008_E.pdf.
5. Gulova O.A., Shushkevich T.V. Innovacionnaja nauka. 2016. №6, part 2. pp. 58-60.
6. Integrated Sciences Group. State-of-the-Art Measurement Analysis Software, Training and Consulting Services. URL: isgmax.com/default.asp
7. JCGM 200:2012. International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms. URL: bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM_200_2012.pdf.
8. Uncertainty Calculator. Missouri University of Science and Technology. URL: web.mst.edu/~gbert/JAVA/uncertainty.HTML.
9. RAMAS[®] by Applied Biomathematics[®] since 1982. RAMAS Risk Calc. URL: ramas.com/riskcalc.
10. SmartUQ Quantify Every Uncertainty. URL: smartuq.com.