

УДК 006.91

А.Г. Чуновкина, В.А. Слаев, Н.Д. Звягин

ВНИИМ им. Д.И. Менделеева, Санкт-Петербург, Россия

О МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ АТТЕСТАЦИИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМОГО В МЕТРОЛОГИИ

Рассмотрена классификация задач аттестации программного обеспечения, используемого в метрологии. Обсуждаются методы оценивания неопределенности измерений при использовании программ для получения конечного результата измерения. Сделан вывод о том, что решение задачи оценивания точности результата измерения, полученного с использованием программного обеспечения, можно разбить на три этапа в соответствии с этапами оценивания основных составляющих неопределенности.

Ключевые слова: программное обеспечение, неопределенность измерений, метрологическая аттестация.

В настоящее время средства программного обеспечения находят все более широкое применение в метрологии для решения стоящих перед ней задач. Это связано с повсеместным и все более расширяющимся использованием средств вычислительной техники (СВТ) для сбора, обработки, передачи, хранения и представления данных измерений, необходимой вспомогательной инфраструктурной информации, а также для имитационного моделирования измерительного эксперимента.

Используемое в метрологии программное обеспечение, расширяющее функциональные возможности программно управляемых средств измерений и автоматизирующее решение других не менее важных метрологических задач, представляет интерес, в первую очередь, с точки зрения оценки его точностных характеристик.

При этом встает вопрос об оценке качества программного обеспечения, причем задача описания его качества сама по себе не является тривиальной, поскольку достаточно сложно предложить унифицированный набор таких показателей. Необходимо учитывать, с одной стороны, неизбежное разделение труда при создании, отладке, исследовании, применении и сопровождении программного обеспечения (ПО), а с другой – различие в представлениях о качестве ПО как со стороны разработчиков, так и со стороны пользователей различного уровня.

Адекватный набор показателей качества программ зависит от функционального назначения и свойств каждого ПО. Программы и комплексы программ для компьютеров и микропроцессоров как объекты проектирования, разработки, испытаний и оценки качества, характеризуются следующими обобщенными показателями [1]: проблемно-ориентированной областью применения; техническим и социальным назначением используемого комплекса; конкретным типом решаемых функциональных задач с достаточно определенной областью применения соответствующими пользователями; объемом и сложностью совокупности программ и баз данных, решающих единую целевую задачу

данного типа; необходимым составом и требуемыми значениями характеристик качества функционирования программ и величиной допустимого ущерба из-за их недостаточного качества; степенью связи решаемых задач с реальным масштабом времени или допустимой длительностью ожидания результата решения задачи; прогнозируемыми значениями длительности эксплуатации и перспективой создания множества версий программы и комплексов программ; предполагаемым тиражом производства и применения программ; степенью необходимой документированности программного обеспечения.

Для определения адекватности функционирования, наличия технических возможностей ПО, обеспечивающих его совместимость, взаимодействие, совершенствование и развитие, необходимо использовать стандарты в области оценки показателей качества ПО. Анализ современных отечественных и зарубежных нормативных документов и публикаций в этой области показал, что основополагающими для регламентирования показателей качества ПО являются стандарты [2, 3].

Помимо общих требований к качеству ПО возникают специальные требования в каждой конкретной области его применения. В этом контексте правомерно выделить проблему метрологического сопровождения программ обработки результатов измерений. Стандарт [4] кратко формулирует основные метрологические требования к программному обеспечению, касающиеся наличия подробной документации, защиты ПО, однозначной его идентификации и пригодности для применения. Пригодность в метрологическом аспекте понимается, прежде всего, как возможность достижения требуемой точности конечного результата измерений при использовании программного обеспечения.

Поскольку область применения программного продукта в метрологии довольно широка, возникает потребность сделать попытку классификации имеющихся задач метрологической аттестации программного обеспечения, используемого в метрологии. Построить классификационное «дерево» непро-

сто, так как его вид зависит от выбора и разнообразия классификационных признаков. В иерархию классификационных признаков можно включить следующие: степень привязки к конкретным средствам измерений (СИ) и измерительным системам (ИС); степень автономности и возможный разработчик программного обеспечения; степень использования средств вычислительной техники; степень защищенности или класс риска фальсификации данных; возможность выделения метрологически значимой и законодательно контролируемой части используемого программного обеспечения; возможность загрузки модифицированных версий программного обеспечения, и др.

По степени привязки к конкретным средствам измерений и ИС для программного обеспечения можно различать следующие категории: жесткая привязка к конкретным экземплярам и/или типам СИ; практическое отсутствие такой привязки. Примерами этой категории могут служить программные продукты, предназначенные для обработки измерительных данных ключевых, региональных и межлабораторных сличений эталонов, а также данных, полученных ранее от различных средств измерений и/или ИС; имитационное моделирование измерительного эксперимента (см., например, [5]).

По степени автономности и по возможному разработчику программное обеспечение делится на: жестко привязанное к СИ и/или ИС, разработанное специально для решения поставленных измерительных задач и не допускающее его выделения как самостоятельного объекта метрологической аттестации (и/или продажи), т.е. так называемое встроенное или пользовательское (заказное) ПО; допускающее выделение ПО или его части как самостоятельного объекта метрологической аттестации (и продажи). Сюда же можно отнести модифицированное коммерческое ПО с измененным исходным кодом (например, программы, разработанные в Lab View и др.); автономное коммерческое ПО, которое куплено готовым и используется без модификации (к примеру, Microsoft Excel, MATLAB и др. пакеты прикладных программ).

По степени использования средств вычислительной техники ПО классифицируется, как: разработанное целевым образом для СВТ, применяемых в конкретном СИ и/или ИС (встроенное, или в СИ типа Р); используемое для универсального компьютера общего назначения (в частности, в СИ типа U).

По степени защищенности или классу риска фальсификации данных ПО подразделяется на: защищенное от случайного неправильного использования; защищенное от мошенничества, включающего в себя подкачку программ, использование недокументированных команд, поступающих через интерфейс пользователя, защиту контролируемых параметров и т.п., которые обеспечиваются физическим пломбированием, а также электронными и криптографическими средствами.

По возможности выделения метрологически значимой и законодательно контролируемой части используемого программного обеспечения: разделение ПО с выделением метрологически значимой и законодательно контролируемой части возможно; разделение ПО с выделением метрологически значимой и законодательно контролируемой части невозможно.

По возможности загрузки модифицированных версий программного обеспечения: обновление с проверкой; прослеживаемое обновление.

На точность конечных результатов измерений влияют различные факторы, среди которых, в первую очередь, следует выделить следующие: точность входных данных; алгоритм обработки входных данных; алгоритм оценивания точности конечного результата, а также реализация перечисленных алгоритмов в программном обеспечении.

Эти факторы оказывают взаимосвязанное влияние и определяющим, как правило, является алгоритм обработки входных данных. Влияние точности входных данных на конечный результат реализуется через выбранный алгоритм их обработки, поэтому часто неопределенности конечного результата (выходной величины) называют «трансформированными» неопределенностями.

Реализация алгоритмов обработки данных и оценивания неопределенности в ПО привносит дополнительную неопределенность, обусловленную разными причинами, среди которых, прежде всего, следует выделить: перевод чисел из десятичной системы счисления в двоичную и наоборот; округление промежуточных результатов; использование конечного числа итераций; конечность разложений в ряд при вычислении функций; невозможность корректно масштабировать, интерпретировать, нормировать или еще каким-либо образом преобразовывать данные перед началом вычислений; использование неустойчивой параметризации задачи; неправильная организация процесса вычисления, усугубляющая проблемы, возникающие вследствие плохой обусловленности задачи; некорректный выбор формулы из множества формул, эквивалентных математически, но не численно, и т.д.

При оценивании точности результатов измерений, полученных с применением программ обработки данных, программа выступает как «полупрозрачный ящик», где «прозрачная часть» – это описание алгоритма обработки данных (его спецификация), а «непрозрачная часть» («черный ящик») – это способ реализации этого алгоритма в программном обеспечении.

Теоретически можно отодвинуть границу непрозрачности, переходя к анализу исходных кодов, но это связано с большими затратами и оправдано, преимущественно, на этапе создания программы. Поэтому основным способом аттестации программы, как готового продукта, по-прежнему остается ее тестирование по методу «черного ящика» [3].

Отправной точкой для оценки точности результатов обработки данных измерений является спецификация ПО, которая представляет собой математическое описание исполняемой им задачи. Для исследуемого ПО требуется определить: вектор входных данных X ; вектор выходных данных Y ; функциональную зависимость, устанавливающую соответствие между входом и выходом в явном или неявном виде.

В соответствии с [6] будем рассматривать явный способ задания функциональной зависимости скалярной выходной величины Y от векторов входных величин $Y = f(X_1, \dots, X_n)$.

Суммарная неопределенность выходной величины при использовании ПО обработки результатов измерений содержит следующие составляющие:

$$u^2(\tilde{y}(x_1, \dots, x_n)) = u^2(y(x_1, \dots, x_n)) + u^2(\tilde{y}(x_1, \dots, x_n) - y(x_1, \dots, x_n)) + u^2(\Delta y(x_1, \dots, x_n)),$$

где $u^2(y(x_1, \dots, x_n)) = u^2(y)$ – стандартная («трансформированная») неопределенность, обусловленная неопределенностями входных данных;

$u^2(\Delta y(x_1, \dots, x_n)) = u^2(\Delta y)$ – стандартная (методическая) неопределенность, обусловленная неидеальностью алгоритма обработки, в том числе из-за неточного задания уравнения измерений, здесь Δy – разность между реальным (номинальным, паспортным) и идеальным алгоритмами обработки данных;

$u^2(\tilde{y}(x_1, \dots, x_n) - y(x_1, \dots, x_n)) = u^2_{\text{soft}}$ – стандартная неопределенность, обусловленная программной реализацией алгоритма обработки данных.

В заключение можно констатировать, что решение задачи оценивания точности результата измерения, полученного с использованием ПО, можно разбить на три этапа в соответствии с этапами оценивания основных составляющих неопределенности.

1. На первом этапе проводится проверка корректности уравнения измерения, его соответствия конкретной задаче. Если принимаются какие-либо

упрощения модели, то оценивается обусловленная этими приближениями неопределенность конечного результата. Если измерения проводятся по аттестованной методике выполнения измерений (МВИ), то задача первого этапа уже решена при разработке и аттестации МВИ.

2. На втором этапе выполняют оценивание «трансформированной» неопределенности результата измерения по неопределенностям входных данных. Способ оценивания выбирают в зависимости от вида (нелинейности) уравнения измерений.

3. Третий этап – это тестирование ПО, сравнение получаемых на «эталонных» наборах данных с «эталонными» результатами. Тестирование позволяет выявить неучтенные источники неопределенности, связанные не только с ПО, но и с другими влияющими факторами, которые по каким-либо причинам не удалось оценить на предыдущих этапах.

Список литературы

1. Липаев В. Качество программных средств. – М.: Янус-К, 2002. – 340 с.
2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93 Оценка программной продукции. Характеристики качества и руководство по их применению.
3. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12119-2000. Информационная технология. Пакеты программ. Требования к качеству и тестирование.
4. ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025:1999. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий.
5. Кокс М., Харрис П., Зиберт Б.Р.-Л. Оценивание неопределенности измерений на основе трансформирования распределений с использованием моделирования по методу Монте-Карло // Измерительная техника. – 2003. – № 9. – С. 9-14.
6. Руководство по выражению неопределенности измерения / Перевод с англ. под ред. проф. В.А. Слаева. – С.-Пб.: ВНИИМ им. Д.И. Менделеева, 1999. – 260 с.

Поступила в редколлегию 11.04.2008

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

ПРО МЕТРОЛОГІЧНУ АТЕСТАЦІЮ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ВИКОРИСТОВУВАНОВОГО В МЕТРОЛОГІЇ

Чуновкіна А.Г., Слаєв В.А., Звягін М.Д.

Розглядається класифікація задач атестації програмного забезпечення, яке використовується в метрології. Обмірковуються методи оцінювання невизначеності вимірювань під час використання програм для отримання кінцевого результату вимірювання. Зроблений висновок про те, що рішення задачі оцінювання точності результату вимірювання, отриманого з використанням програмного забезпечення, можна розбити на три етапи відповідно до етапів оцінювання основних складових невизначеності.

Ключові слова: програмне забезпечення, невизначеність вимірювань, метрологічна атестація.

ABOUT METROLOGICAL ATTESTATION OF SOFTWARE, USED IN METROLOGY

Chunovkina A.G., Slaev V.A., Zvyagin N.D.

The classification of metrological validation tasks for software used in metrology is considered. A methodology of uncertainty estimation due to applied software is discussed. A conclusion is done that decision of task of evaluation of exactness of result of measuring, got with the use of software, it is possible to break up on three stages in accordance with the stages of evaluation of basic constituents of vagueness.

Keywords: software, uncertainty of measurings, metrological attestation.