

УДК 004.75.05

А. В. ГОРБЕНКО*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского
"Харьковский авиационный институт", Украина***ОЦЕНКА ВИДА И СТЕПЕНИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ НЕФУНКЦИОНАЛЬНЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК WEB-СЕРВИСОВ**

В статье рассмотрена проблема неопределенности нефункциональных характеристик сервис-ориентированных систем. Актуальной задачей является оценка степени и вида неопределенности, по результатам которой может быть принято решение о выборе наиболее адекватной формы представления результатов оценки нефункциональных характеристик: точечная усредненная, интервальная, доверительная вероятностная. В качестве индикатора для контроля степени и вида неопределенности предложено использовать коэффициент вариации со скользящим окном. Практически определены рациональный размер скользящего окна и значения коэффициента вариации, при которых следует использовать ту или иную форму представления неопределенности.

Ключевые слова: сервис-ориентированные системы, неопределенность, коэффициент вариации.

Введение

Современные информационно-вычислительные системы разрабатываются на основе сервис-ориентированной архитектуры [1]. Эта архитектура определяет парадигму создания слабосвязанных глобально-распределенных информационных систем, компоненты которых, называемые Web-сервисами, находятся в зоне ответственности разных провайдеров, а их взаимодействие осуществляется посредством обмена сообщениями в глобальной сети Интернет. Интеграция и функционирование сервис-ориентированных систем усложняется тем фактом, что Интернет является изменчивой и непредсказуемой средой коммуникации, не гарантирующей соблюдение временных и надежных характеристик.

Сервис-ориентированные системы могут быть подвержены различным отказам, обусловленными как внутренними причинами (отказами аппаратуры, проявлением дефектов в прикладном и системном ПО), так и отказами среды взаимодействия и внешними воздействующими факторами (ошибками маршрутизации, сетевыми перегрузками, информационными атаками, воздействием помех и др.). Компоненты таких систем (т.е. Web-сервисы) могут быть перемещены, изменены или же удалены без предварительного оповещения. Указанные факторы позволяют сделать вывод о том, что одной из ключевых особенностей сервис-ориентированных систем и Web-сервисов является неопределенность нефункциональных характеристик [2]. Эта неопределенность обусловлена отсутствием централизованного контроля над созданием, функционированием и размещением Web-сервисов, их глобальной рас-

пределенностью и асинхронностью взаимодействия, сокрытием деталей реализации, нестабильностью Интернет-среды, многовариантностью результатов обслуживания и наличием вероятностно-временной взаимосвязи между ними, эволюционированием компонентов, платформы среды развертывания и среды взаимодействия и предъявляемых требований. Фактор неопределенности имеет несколько важных последствий: во-первых, он усложняет достоверную оценку гарантоспособности и оперативности, как отдельных Web-сервисов, так и системы в целом; во-вторых, становится невозможным оптимальное использование традиционных методов и средств отказоустойчивости, поскольку отсутствует полная достоверная информация о характере, последствиях и причинах возникающих отказов.

Анализ работ [3–5] позволяет сделать вывод о том, что, в общем случае, характеристики гарантоспособности и оперативности обслуживания Web-сервисов и сервис-ориентированных систем обладают свойством нестационарности и неэргодичности. Средние значения времени обслуживания, готовности и других статистически-оцениваемых показателей не являются постоянными во времени и могут достаточно быстро утрачивать свою достоверность. В результате вместо точечных оценок в ряде случаев целесообразно использовать интервальные (в виде диапазона изменения) или вероятностные (в виде закона распределения) показатели.

Целью статьи является снижение неопределенности характеристик гарантоспособности и производительности Web-сервисов на основе оперативного контроля степени и вида их неопределенности.

Процедура контроля вида и степени неопределенности

Высокая нестабильность задержки передачи информации по сети Интернет, а также нестабильность времени обработки запросов Web-сервисом оказывают существенное влияние на характер изменения величины времени обслуживания – единственной характеристики производительности Web-сервиса, доступной для измерения клиенту. Кроме того, на нестабильность могут оказывать внутренние процессы, происходящие на стороне клиента (загруженность процессора другими задачами, переполнение памяти, перегрузка клиентского сетевого соединения или же высокая интенсивность обмена в локальной вычислительной сети клиента).

Следствием указанных процессов является значительная изменчивость результатов измерений, которая характеризуется высоким значением стандартного отклонения, которое по абсолютной величине может превышать среднее значение. Как следствие, среднее значение, рассчитанное по результатам измерений, не является надежной оценкой из-за высокой степени неопределенности исходных данных. Такую неопределенность лучше представить в интервальном или вероятностном виде. В первом случае вместо усредненного значения, например времени обслуживания, будем использовать интервал его изменения. Преимуществом вероятностной формы описания неопределенности (при использовании функции плотности распределения случайной величины) является наличие дополнительной информации относительно концентрации результатов измерения внутри диапазона их изменения. Вероятностная форма позволяет снизить неопределенность измеряемой величины на основе сужения интервала её *возможного* изменения до интервала *вероятного* изменения, ассоциированной с определенной доверительной вероятностью.

На рис. 1 представлены результаты измерения времени обслуживания Web-сервиса BASIS, описанные в [3]. На графике выделены шесть периодов значительной нестабильности (неопределенности). Случайное резкое возрастание времени обслуживания (иногда на порядок или два порядка) Web-сервиса в большинстве случаев обусловлено краткосрочными перегрузками маршрутизаторов Интернет, вызывающими потерю сетевых пакетов и, как следствие, множественные повторные передачи. Кроме того, в Интернете могут иметь место долговременные процессы, характеризующиеся высоким уровнем нестабильности в течение многих часов.

Однако результаты анализа экспериментальных данных свидетельствуют о том, что вероятностная форма описания неопределенности на основе

использования теоретического закона распределения случайной величины дает адекватную аппроксимацию при условии достаточной однородности выборки [5].

Таким образом, для обоснованного выбора формы (усредненной, интервальной или вероятностной) представления результатов оценки нефункциональных характеристик Web-сервисов и сервисориентированных систем необходим индикатор, который бы оперативно информировал о степени неопределенности (неоднородности) результатов измерений. Для этого предлагается использовать коэффициент вариации (coefficient of variation, CV) [7], который является наиболее распространенным показателем изменчивости всех вариантов совокупности, используется для оценки типичности средних величин, который рассчитывается как отношение стандартного (среднеквадратичного) отклонения к среднему значению (математическому ожиданию) случайной величины.

Чем больше коэффициент вариации, тем менее однородна совокупность, тем менее типична средняя, тем менее она характеризует изучаемое явление. В соответствии с [8] если значение коэффициента вариации меньше 17% – это свидетельствует об абсолютной однородности, если больше 17%, но меньше 33% – о достаточной степени однородной, свыше 33% – о неоднородности совокупности проведенных измерений.

На рис. 2 представлен график изменения коэффициента вариации, рассчитанный «из начала в конец» и «из конца в начало» по результатам измерений, представленных на рис. 1. Как видно, результирующее значение коэффициента вариации не зависит от способа расчета, в то время как графики изменения существенно разнятся. Также заметно, что рост кривой коэффициента вариации, несомненно, связан с резким увеличением и нестабильностью времени обслуживания, в то время, как его снижение свидетельствует о наступлении периода относительной стабильности. Такая особенность может быть использована в качестве механизма для диагностики поведения времени отклика.

Однако, с накоплением общей статистики чувствительность коэффициента вариации, т.е. его способность определять участки нестабильности снижается. Например, по графику коэффициента вариации, рассчитанному традиционным способом «из начала в конец» (см. рис. 2, а), практически невозможно определить наличие четвертого, пятого и шестого интервалов нестабильности (см. рис. 1), хотя наступление пятого и шестого интервалов нестабильности хорошо заметно.

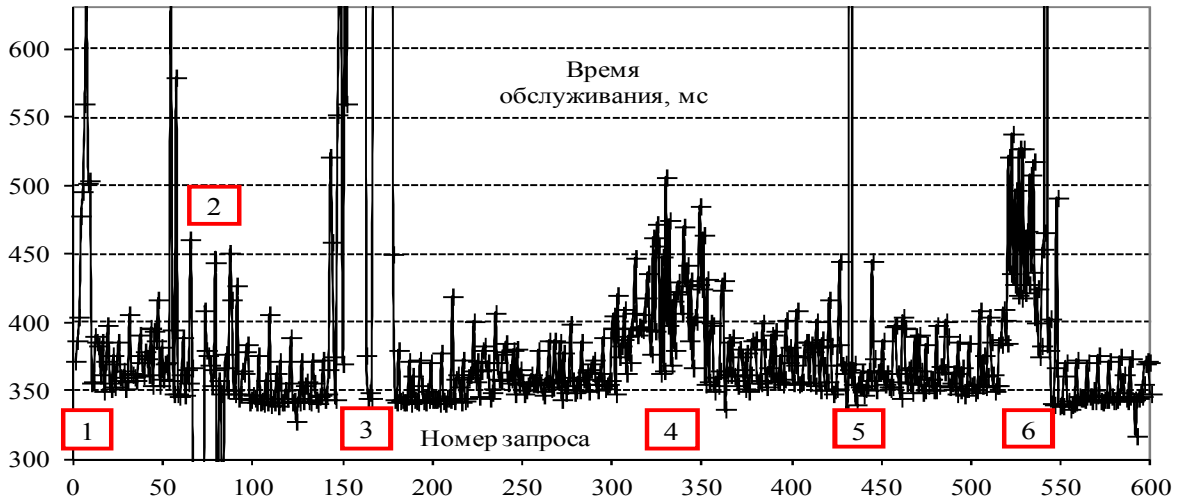


Рис. 1. Статистика изменения времени обслуживания Web-сервиса BASIS

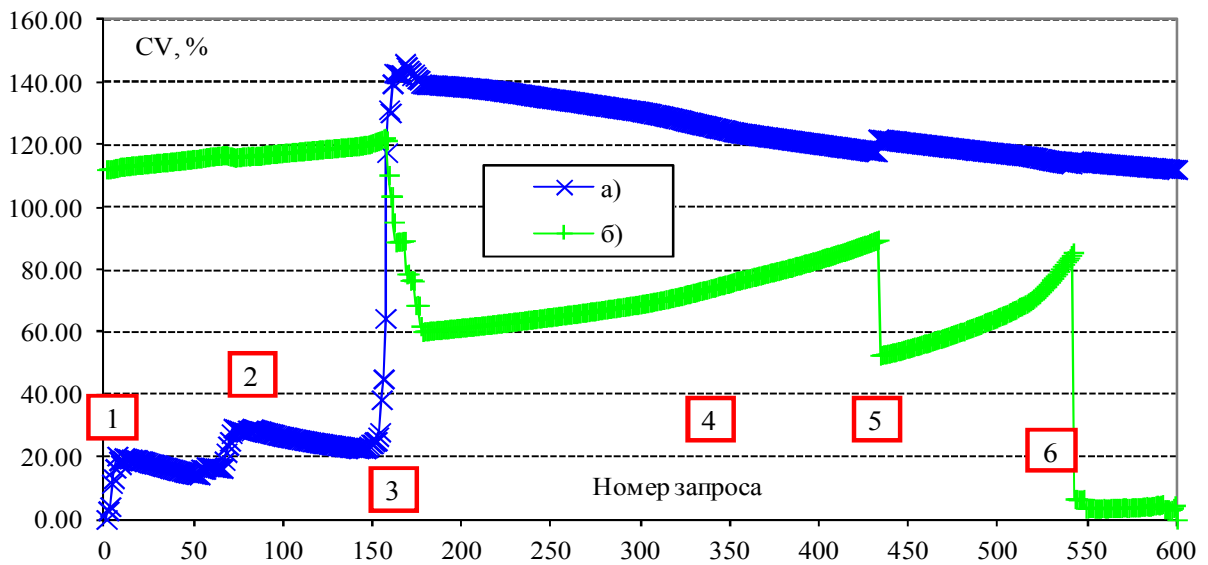


Рис. 2. График изменения коэффициента вариации рассчитанный по методу:
а) «из начала в конец» и б) «из конца в начало»

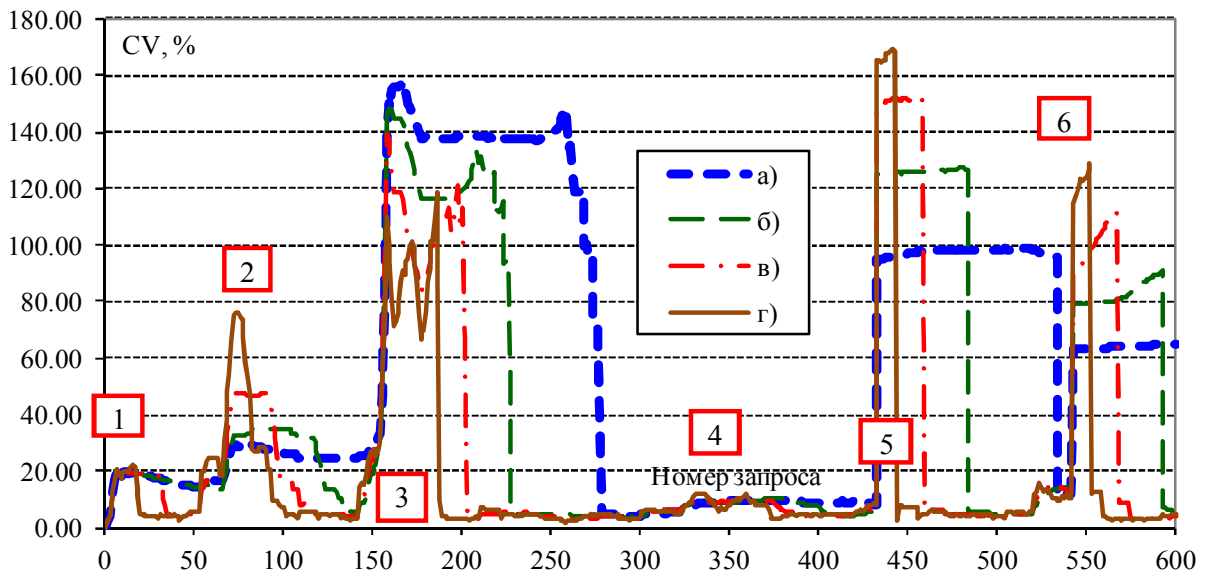


Рис. 3. График изменения коэффициента вариации рассчитанный с использованием скользящего окна измерений размером 100 (а), 50 (б), 25 (в) и 10 (г)

Снижение «разрешающей способности» коэффициента вариации связано с тем, что очередное резкое отклонение величины задержки от среднего значения нивелируется кумулятивной нестабильностью, рассчитанной к данному моменту времени.

Для повышения чувствительности коэффициента вариации при решении задачи распознавания интервалов нестабильности предлагается выполнять расчет коэффициента вариации не по всей выборке, а только по последним измерениям в пределах окна установленного размера.

При добавлении нового измерения в выборку окно будем смещать вправо на одну позицию. На рис. 3 представлены различные графики изменения коэффициента вариации, рассчитанные при использовании скользящего окна измерений, размером 100, 50, 25 и 10 замеров. При наложении графиков рисунка 3 с графиком изменения времени обслуживания Web-сервиса (см. рис. 1) становится очевидным, что наиболее точной идентификацией интервалов нестабильности обладает график коэффициента вариации, рассчитанный с использованием скользящего окна измерений размером 10.

При увеличении размера окна наблюдается эффект инерционности, что видно на рис. 3. Также эмпирическим путем было установлено, что дальнейшее уменьшение окна измерений является нецелесообразным из-за увеличения случаев ложного диагностирования нестабильности.

Кроме того, анализ представленных графиков свидетельствует о том, что для выделенного четвертого интервала нестабильности (см. рис. 1) значение коэффициента вариации хоть и является повышенным, но не превышает 17%, свидетельствует о достаточно хорошей степени однородности данных. Это можно объяснить тем, что явно заметное увеличение стандартного отклонения нивелируется одновременным увеличением среднего значения времени обслуживания.

Заключение

Неопределенность нефункциональных характеристик Web-сервисов является одной из основных причин сложности оценки и обеспечения гарантоспособности сервис-ориентированных систем, которые строятся на основе интеграции Web-сервисов посредством глобальной сети Интернет.

Экспериментально было установлено, что в случае, когда значение коэффициента вариации меньше 5%, может быть использована точечная оценка времени обслуживания на основе его среднего арифметического значения.

Если коэффициент вариации больше 20%, то результаты измерения времени обслуживания не

могут быть адекватно представлены распространенными теоретическими законами распределения. В этом случае целесообразным является переход к интервальной оценке $[\min(x) \dots \max(x)]$, определяющей оптимистическое и пессимистическое значения показателей оперативности.

Наконец, если коэффициент вариации лежит в диапазоне от 5% до 20%, то возможно использование вероятностной неопределенности. Для этого необходимо дополнительно решить проблему выбора адекватного теоретического закона распределения и его параметров.

Результаты, представленные в работах [5, 6] свидетельствуют о том, что на небольших интервалах наблюдения, характеризующихся нахождением значения коэффициента вариации в диапазоне от 5% до 20%, неопределенность времени обслуживания Web-сервисов с достаточно высокой степенью адекватности может быть описана с помощью существующих законов распределения случайных величин. Наилучшее приближение дают закона Гамма, Бета и Вейбулла.

Гамма-распределение с достаточно высокой степенью адекватности может быть использовано для описания случайного характера изменения временных задержек только внутри ограниченных интервалов, включающих не более 25 – 50 измерений, а при переходе на соседние интервалы – требует подстройки параметров.

При высоком значении коэффициента вариации можно говорить об интервальной неопределенности. Такая особенность временных характеристик Web-сервисов и сервис-ориентированных систем позволяет отнести процессы их интеграции и использования к классу *частично детерминированных процессов* [9], т. е. процессов, которые допускают предсказания на ограниченных интервалах времени.

Кроме оценки однородности совокупности коэффициент вариации используется в экономической теории для оценки риска инвестиций (чем меньше значение – тем меньше риск). Этот же подход может быть использован для выбора альтернативных Web-сервисов при построении композитных сервис-ориентированных систем с высокой степенью достоверности характеристик гарантоспособности и оперативности обслуживания.

Литература

1. *Service-Oriented Architecture*. [Электронный ресурс] // *Microsoft Developer Network*. – Режим доступа: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa480021.aspx>.
2. Горбенко, А. В. Проблема невизначеності характеристик компонентів при створенні гарантоздатних сервіс-орієнтованих систем [Текст] / А. В. Горбенко // *Вісник Харківського національного*

технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Технічні науки. – Вип. 117. – Харків, 2011. – С. 129 – 131.

3. Benchmarking Dependability of a System Biology Application [Текст] / Y. Chen, A. Gorbenko, A. Romanovsky et al. // 14th IEEE Int. Conf. on Engineering of Complex Computer Systems. – ICECCS'2009: conference proceedings. – Potsdam (Germany), 2009. – P. 146–153.

4. The Threat of Uncertainty in Service-Oriented Architecture [Текст] / A. Gorbenko, V. Kharchenko, O. Tarasyuk et al. // RISE/EFTS Joint International Workshop on Software Engineering for Resilient Systems – SERENE'2008: conference proceedings. – Newcastle upon Tyne (UK), 2008. – P. 49–54.

5. Real Distribution of Response Time Instability in Service-Oriented Architecture [Текст] / A. Gorbenko, V. Kharchenko, S. Mamutov et al. // 29th IEEE International Symposium on Reliable Distributed

Systems. – SRDS'2010: conference proceedings. – Delhi (India), 2010. – P. 92–99.

6. Measuring and Dealing with the Uncertainty of the SOA Solutions [Текст] / Yu. Chen, A. Gorbenko, V. Kharchenko, A. Romanovsky // Performance and Dependability in Service Computing: Concepts, Techniques and Research Directions / Eds.: V. Cardellini, E. Casalicchio, K. Castelo Branco et al. – Hershey (USA): IGI Global, 2011. – Chapter 12. – P. 265–294.

7. Елисеєва, И. И. Общая теория статистики: Учебник [Текст] / И. И. Елисеєва, М. М. Юзбашев ; под ред. И. И. Елисеєвой. – М. : Финансы и статистика, 2005. – 657 с.

8. Теория статистики. Учебник. 5-е изд. [Текст] / П. А. Шмойлова, В. Г. Минашкин, Н. А. Садовникова, Е. Б. Шувалова. – М. : Финансы и статистика, 2011. – 656 с.

9. Кравцов, Ю. А. Случайность, детерминированность, предсказуемость [Текст] / Ю. А. Кравцов // Успехи физических наук. – 1989. – № 5, Том 158, Вып. 1. – С. 93 – 122.

Поступила в редакцию 1.10.2013, рассмотрена на редколлегии 11.12.2013

Рецензент: д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры автоматизации и компьютерных интегрированных технологий В. А. Краснобаев, Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. Петра Василенко, Харьков.

ОЦІНКА ВИДУ ТА СТУПЕНЮ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ НЕФУНКЦІОНАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК WEB-СЕРВІСІВ

А. В. Горбенко

У статті розглянуто проблему невизначеності нефункціональних характеристик сервіс-орієнтованих систем. Актуальною задачею є оцінка ступеню та виду невизначеності, за результатами якої може бути прийнято рішення щодо вибору найбільш адекватної форми представлення результатів оцінки нефункціональних характеристик: точкова усереднена, інтервальна або довірча імовірнісна. В якості індикатора для контролю ступеня та виду невизначеності запропоновано використовувати коефіцієнт варіації зі зсувним вікном. Практично визначено раціональний розмір зсувного вікна та значення коефіцієнту варіації при яких слід використовувати ту або іншу форму представлення невизначеності.

Ключові слова: сервіс-орієнтовані системи, невизначеність, коефіцієнт варіації.

ESTIMATION OF UNCERTAINTY MODE AND DEGREE FOR NON-FUNCTIONAL WEB-SERVICES CHARACTERISTICS

A. V. Gorbenko

In the paper we discuss a problem of non-functional characteristics uncertainty of service-oriented systems. An actual problem is an estimation of uncertainty mode and degree that can be used to make a decision about choosing the most adequate form to represent non-functional characteristics measurement: average value, range of changing, or confidence probabilistic form. As an indicator to control uncertainty mode and degree we propose to use a coefficient of variation with the sliding window. A rational size of the sliding window and values of the coefficient of variation that defines uncertainty representation form have been determined practically.

Keywords: service-oriented systems, uncertainty, coefficient of variation.

Горбенко Анатолій Вікторович – д-р техн. наук, доцент, профессор кафедри Комп'ютерних систем і мереж, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: A.Gorbenko@csn.khai.edu.