

УДК 004.42

**О. В. Польская,**  
**Р. К. Кудерметов, В. В. Шкарупило,** кандидаты техн. наук

### ОБНАРУЖЕНИЕ И ВЫБОР WEB-СЕРВИСОВ

**Аннотация.** Проведен анализ наиболее содержательных обзоров, посвященных исследованию и классификации подходов и методов обнаружения и выбора Web-сервисов. Описаны основные, по нашему мнению, перспективные подходы обнаружения и выбора Web-сервисов по их нефункциональным (Quality of Services, QoS) характеристикам. Рассмотрены преимущества и недостатки таких подходов, а также трудности, обусловленные использованием методов обнаружения и выбора Web-сервисов.

**Ключевые слова:** Web-сервис, QoS, WSDL, UDDI, SLA, синтаксис, семантика, онтология, контекст

**O. Polska,**  
**R. Kudermetov, PhD., V. Shkarupilo, PhD.**

### DISCOVERY AND SELECTION OF WEB-SERVICES

**Abstract.** Nowadays Web Services usage is represented by a plethora of specific domains. Such situation causes the necessity of standardized applicable approaches and methods existence. To this end the analysis of the most well-grounded reviews, devoted to Web Services discovery and selection approaches and methods, has been conducted. Those approaches and methods have been described by us basing on Web Services QoS-properties. The advantages and drawbacks of such approaches, and also the challenges caused by the corresponding Web Services discovery and selection methods usage, have been examined.

**Keywords:** Web Service, QoS, WSDL, UDDI, SLA, syntax, semantics, ontology, context

**О. В. Польська,**  
**Р. К. Кудерметов, В. В. Шкарупило,** кандидаты техн. наук

### ВИЯВЛЕННЯ ТА ВИБІР WEB-СЕРВІСІВ

**Анотація.** Проведено аналіз найбільш ґрунтовних оглядів, присвячених дослідженню та класифікації підходів і методів виявлення і вибору Web-сервісів. Описано основні, на нашу думку, перспективні підходи до виявлення та вибору Web-сервісів за їх нефункціональними (Quality of Services, QoS) характеристиками. Розглянуто переваги і недоліки таких підходів, а також труднощі, обумовлені використанням методів виявлення та вибору Web-сервісів.

**Ключові слова:** Web-сервіс, QoS, WSDL, UDDI, SLA, синтаксис, семантика, онтологія, контекст

**Введение.** Объемы и номенклатура Web-сервисов, используемых в производственной, научной и бытовой сфере человеческой деятельности, возрастают с каждым днем. В связи с этим возникли новые виды отношений и деятельности, такие как посредничество между провайдерами и потребителями сервисов, сертификация качества сервисов с оценкой степени доверия и соблюдения договорных обязательств об уровне предоставляемых услуг (Service Level Agreement, SLA) и т. д.

Естественно, в сфере Web-сервисов, как и в других видах сервисов (торговля, туризм, перевозки и т. д.) существуют явные и неявные отношения конкуренции и противоборства, поиск новых видов сервисов и собственных ниш у провайдеров Web-сервисов, потребителей, посредников и других заинтересованных лиц (stakeholders).

Перед потребителем возникает проблема выбора из сервисов одного типа, с одинаковыми функциональными возможностями, именно того сервиса, который наиболее его устраивает по некоторой совокупности критериев, например стоимости, надежности и др., т. е. по нефункциональным характеристикам сервисов (Quality of Services, QoS).

Решать эту проблему приходится также в связи с разработкой методов ручного, автоматизированного и автоматического создания композитных сервисов (оркестровкой).

Проблему выбора сервиса по QoS-характеристикам можно отнести к слабоструктурированным. Несмотря на существование стандартов [1 – 2], определяющих понятие качества систем на основе Web-сервисов, модель и архитектуру Web-сервисов, многие исследователи по-разному понимают требования к качеству: сужают и/или расширяют состав QoS-характеристик, включая, например, такие характеристики как репутация, доверие, возможность компромисса. Это зачастую зависит от целей исследования, возможности формализации, если речь идет о применении математических методов и использовании формальных языков, либо о применении методов экспертных оценок.

Об актуальности этой проблемы свидетельствуют десятки ежегодно публикуемых работ, которые в общей сложности анализируют несколько сотен публикаций. О неструктурированности проблемы говорится во множестве научных обзоров, в которых авторы реализуют намерения классифицировать подходы и методы поиска и выбора Web-сервисов, определить критерии оценки QoS-характеристик, найти функцию агрегирования этих характеристик, выбрать

© Польская О.В., Кудерметов Р.К.,  
Шкарупило В.В., 2015

или разработать язык или форму описания качественных характеристик, достаточно понятных для потребителей и провайдеров Web-сервисов.

**Цель и постановка задачи.** Целью данной работы является анализ существующих научных работ, посвященных исследованиям процессов поиска, публикации, выбора, композиции и использования Web-сервисов по их QoS-характеристикам, и выявление категорий, наиболее часто используемых для классификации подходов и методов QoS-ориентированного обнаружения и согласования. Под этим будем понимать поиск (и/или выявление) сервисов, QoS-характеристики которых наиболее полно соответствуют требованиям потребителей сервиса. Анализуются ряд последних, на наш взгляд, наиболее содержательных обзоров по данной проблеме, а также работы, чаще всего цитируемые по этой тематике.

**QoS-характеристики.** Консорциум OASIS разделяет QoS-характеристики на два уровня [3]: на характеристики, необходимые для обеспечения бизнес-процессов, и системные характеристики (рис. 1). С помощью характеристик первого уровня оценивают стоимость, бизнес-активность, репутацию сервиса и его провайдера и т. п.



Рис. 1. Структура факторов качества Web-сервисов (авторский перевод)

Системные характеристики, в свою очередь, делятся на вариативную и инвариантную части. В вариативную часть входят характеристики, с помощью которых описывают качество сервиса с точки зрения потребителя, например, время отклика, пропускная способность, доступность. Инвариантная часть включает QoS-характеристики, обеспечивающие интероперабельность, управляемость и безопасность.

Многие авторы [4 – 16] к качественным характеристикам относят такие QoS-характеристики, как стоимость, масштабируемость, нагрузочная способность, время ответа на запрос, латентность, пропускная способность, надежность, безопасность, доступность, гибкость, устойчивость к исключениям, пригодность к композиции (composability) и др.

В коллекции данных Web-сервисов QWS Dataset [4], созданной специально для исследователей Web-сервисов и в настоящее время содержащей информацию о 5000 Web-сервисах, для оценки их качества используются девять QoS-характеристик (табл. 1). Основным источником для получения этих данных были Web-сервисы, зарегистрированные в реестре Universal Description, Discovery, and Integration (UDDI). Первые девять параметров – это средние значения параметров, полученные путем тестирования сервисов с периодом шесть дней. Параметр WSRF (Web Service Relevance Function) оценивается путем ранжирования Web-сервисов по первым девяти параметрам и служит для определения 11-го параметра, разделяющего сервисы на четыре группы: Platinum (High quality), Gold, Silver, Bronze (Low quality). Последний параметр – это ссылка на документ, являющийся спецификацией Web-сервиса на языке Web Services Description Language (WSDL).

#### 1. QoS-характеристики коллекции QWS Dataset

ID	Parameter Name	Description	Units
1	Response Time	Time taken to send a request and receive a response	ms
2	Availability	Number of successful invocations/total invocations	%
3	Throughput	Total number of invocations for a given period of time	Invokes / second
4	Successability	Number of Response / Number of request messages	%
5	Reliability	Ratio of the number of error messages to total messages	%
6	Compliance	The extent to which a WSDL document follows WSDL Documentation	%
7	Best Practices	The extent to which a web service follows	%
8	Latency	Time taken for the server to process a given request	ms
9	Documentation	Measure a documentation (i.e. description tags) in WSDL	%
10	WSRF	Web service relevance function: a rank for web service Quality	%
11	Service Classification	Levels representing service offering qualities	Classifier
12	Service Name	Name of Web service	None
13	WSDL Address	Location of WSDL file	None

В последнее время при оценке веб-сервисов стали учитывать репутацию, уровень доверия, мнения пользователей, политики, наличие сертификатов, возможность заключения SLA и компромиссов [5 – 6].

При этом часть авторов исследуют методы поиска и согласования сервисов по QoS-характеристикам, которые можно количественно измерить, и разрабатывают способы их агрегации [7]. Много работ посвящено разработке методов

на основе экспертных оценок и получению различных шкал для приведения качественных характеристик к количественным [8, 9]. Перечисленные QoS-характеристики, можно отнести к общим.

В зависимости от предметной области, сервисы могут иметь еще и множество специфических свойств, например, если выбирать сервис публикации в электронном издании, важными качествами могут быть уровень цитируемости, сроки издания, качество реферирования, открытость, качество оформления. Таким образом, в зависимости от назначения Web-сервиса и предпочтений потребителя, любой Web-сервис может иметь огромное количество разнородных по типу QoS-характеристик. В [7] на базе технических характеристик сервиса электронной почты, предоставляемой разными Интернет-провайдерами, и анализа пользователей электронной почты получены QoS-характеристики для оценки пользовательских предпочтений, таких как предпочтительное время доступа, предпочтительное время доставки сообщений, успешность Web-сервиса и др.

**Подходы к поиску и согласованию Web-сервисов.** Разнообразие QoS-характеристик служит причиной существования многих подходов и методов поиска и согласования Web-сервисов, а также разработки и исследования новых. Для успешного использования Web-сервиса необходимо выполнить поиск и согласование его реализации, релевантной запросу потребителя.

Любой подход к процессу поиска и согласования включает три основных фактора: требования потребителя к сервису, предложения провайдера сервиса и агрегацию оценок результатов [10 – 11].

Требования потребителя могут содержать не только желаемые функциональные возможности сервиса, но и множество ожидаемых QoS-характеристик: цена, надежность, безопасность, доступность и т. д. Предложения провайдера сервиса или свойства сервиса, могут быть представлены явно или неявно. Проблема состоит в том, как выразить требования потребителя в запросе сервиса и свойства, заявленные или гарантируемые провайдером, так, чтобы они однозначно интерпретировались потребителем и провайдером. Одна сторона этой проблемы заключается в выборе формы выражения QoS-характеристик в запросе потребителя и в предложении провайдера, другая – в правильном понимании обеими сторонами этих характеристик.

Поэтому можно выделить два основных направления подходов. Первое включает подходы, основанные на синтаксическом аспекте – поиск и согласование осуществляются по описанию сервиса с помощью WSDL и/или ключевым словам описания в публикациях сервиса в UDDI и других реестрах. Второе направление – это подходы, построенные на основе семантического аспекта, т. е. для поиска и согласования сервисов используются смысловые выражения QoS-характеристик сервиса и методы их анализа с учетом общих и доменных онтологий.

подавляющая часть работ, анализируемых в приведенных в источниках обзорах, посвящена исследова-

ниям и разработке всевозможных методов для этих подходов [10 – 14]. К ним относятся методы агрегирования QoS-характеристик для получения обобщенного критерия и методы решения задачи оптимального выбора Web-сервиса по этому критерию, которая, как правило, является NP-трудной задачей [12].

Следует выделить два направления: методы выбора, в которых учитываются количественные QoS-характеристики, а также методы выбора, основанные на полученных в результате экспертных оценок качественных характеристик, с последующим их масштабированием, а также вычислением пользовательских предпочтений, например, с помощью метода анализа иерархий (Analytic Hierarchy Process, АНП) Т. Саати [16] или метода логической оценки предпочтений (Logic Scoring Preferences, LSP) Й. Дюймовича [8 – 9].

Кроме перечисленных методов, исследуются и разрабатываются методы, учитывающие другие аспекты и особенности поиска и согласования.

К таким можно отнести:

- методы статического и динамического поиска, адаптивного согласования, ручного и автоматического выбора сервисов;

- методы поиска на основе программных агентов;

- методы, учитывающие не только потребителей и провайдеров сервисов, но и третьих участников процесса: брокеров, согласующих QoS-характеристики запросов и предложений; организаций, сертифицирующих сервисы с точки зрения их качества или обеспечивающих установление и мониторинг SLA; посредников для достижения компромиссов (trade-off) между интересами потребителей и провайдеров.

Рассмотрим основные из вышеупомянутых подходов. Самым простым по своей логике и трудозатратам является синтаксический подход [8 – 9; 16]. В его основе лежат различные формы явного описания свойств Web-сервиса с помощью разнообразных диалектов языка XML, одним из которых является WSDL.

В *абстрактную часть* описания сервиса на языке WSDL могут включаться не только описания типов данных для передачи в запросах потребителя и результатах работы сервиса, но и некоторые количественные QoS-характеристики: максимальное время отклика сервиса, диапазон времени доступности сервиса и др.

В [16] на примере Web-сервиса электронной коммерции компании Amazon (Amazon E-Commerce Service) в его WSDL-описание предложено добавить элемент `<QoSCriteria>`, включающий элементы `<Cost>`, `<Performance>`, `<FailureProbability>`, `<Trustworthiness>`. Каждый из этих элементов содержит элементы, соответствующие QoS-характеристикам. Например, в элемент `<Performance>` входят элементы `<ResponseTime>`, `<Latency>`, `<Throughput>` и т. п. Для каждого из этих элементов определены три свойства: `<qValue>`, `<unit>` и `<weight>`, которые могут принимать определенные значения. Элемент `<QoSCriteria>` описывает QoS-характеристики Web-сервиса в секции *реализации*

(service implementation definition part). Фрагмент возможного описания Web-сервиса в соответствии с предложенной схемой показан на рис. 2.

```
<service name="AWSECommerceService">
  <port name="AWSECommerceServicePort"
    binding="tns:AWSECommerceServiceBinding">
    <soap:address location="https://
      webservices.amazon.com/onca/soap?
      Service=AWSECommerceService"/>
    </port>
  <QoSCriteria>
  ... ..
    <cost>
      <ServicePrice>
        <qValue qlevel = "Medium">
          <Min>30</Min>
          <Max>60</Max>
          <Preferred>40</Preferred>
        </qValue>
        <unit>Pound</unit>
        <weight>0.2</weight>
      </ServicePrice>
    </cost>
  </QoSCriteria>
</service>
```

Рис. 2. Фрагмент из примера расширения WSDL-описания сервиса электронной коммерции компании Amazon [16]

Такие расширения описания сервисов позволяют обеспечить интероперабельность на синтаксическом уровне за счет включения некоторых, понятных потребителю и провайдеру QoS-характеристик сервиса. Кроме того, некоторая ограниченная синтаксическая согласованность достигается за счет описаний сервисов с помощью интерфейса (API) UDDI с использованием механизма сравнения по ключевым словам [13; 16]. Здесь можно описать такие, например, характеристики, как название и местоположение компании, группу, к которой относится Web-сервис. Эта информация косвенно может свидетельствовать о некоторых QoS-характеристиках, таких как высокая или низкая предполагаемая цена, гарантированность качества, длительность пребывания на рынке услуг и т. п. Очевидно, этот подход не всегда может обеспечить правильную интерпретацию синтаксического описания QoS-характеристик Web-сервисов. Кроме того, до настоящего времени не имеется общепринятых правил и языков синтаксического описания Web-сервисов.

Семантический подход заключается в дополнении синтаксического описания Web-сервисов метаданными, отражающими семантику Web-сервисов. Такие сервисы получили название семантических Web-сервисов. Есть несколько языков для семантического аннотирования Web-сервисов, отличающихся по своей сложности и выразительности. Наиболее известные из них – это OWL-S, WSMML, USDL. Семантические аннотации связывают элементы Web-сервиса с концептами обобщенных и доменных онтологий [10]. Онтологии, в свою очередь, обеспечивают

однозначное понимание потребителей и провайдеров элементов описания Web-сервисов.

Проблемами семантического подхода являются отсутствие готовых доменных онтологий и необходимость проверки соответствия нескольких онтологий из одного домена. Создание онтологий – сложная задача, т. к. требует привлечения большого количества экспертов и должна учитывать динамику развития концептов домена. Методы согласования онтологий находятся на начальном этапе развития. Для создания общих, универсальных и понятных всем, онтологий многообещающим является разработка языка USDL (Universal Service-Semantics Description Language), который для семантического аннотирования Web-сервисов использует лексическую базу английского языка WordNet [14].

Многие авторы считают, что синтаксический и семантический подходы должны дополняться так называемым *контекстно-ориентированным* подходом обнаружения и согласования Web-сервисов [8 – 9; 14 – 15]. Этот подход учитывает условия, при которых потребителем осуществляется запрос Web-сервиса. Этот подход может обеспечить оптимизацию запросов потребителя и получаемых результатов от Web-сервиса, путем учета времени запроса, местоположения потребителя, истории обращения к данному сервису, поведенческой информации группы потребителей данного Web-сервиса и др.

**Выводы.** Проведенный анализ показал, что для QoS-ориентированного поиска и согласования Web-сервисов наиболее часто используются подходы:

- синтаксис-ориентированные, использующие языки WSDL, WS-BPEL и API UDDI;
- с использованием семантического описания QoS-характеристик и применением онтологий для обеспечения согласованности концептов, выраженных семантическими аннотациями с помощью языков OWL-S, USDL, WSMML и т. п.;
- контекстно-ориентированные, позволяющие учесть состояние потребителя Web-сервиса и условия, при которых выполняется его запрос.

Таким образом, по нашему мнению перспективными являются дальнейшие теоретические и практические исследования и разработка методов, моделей и алгоритмов поиска и согласования Web-сервисов в рамках этих трех подходов.

#### Список использованной литературы References

1. Reference Model for Service Oriented Architecture 1.0. 2 August 2006. *OASIS Committee Specification 1.*
2. Reference Architecture Foundation for Service Oriented Architecture Version 1.0. 04 December 2012. *OASIS Committee Specification 01.*
3. Web Services Quality Factors Version 1.0. 31 October 2012. *Candidate OASIS Standard 01.*
4. Al-Masri E., and Mahmood, Q.H., (2008), Investigating Web Services on the World Wide Web. In *International Conference on World Wide Web (WWW), Beijing, April 2008*, pp. 795 – 804.

5. Dragoni N., (2010), A Survey on Trust-Based Web Service Provision Approaches, In *Proceedings of the 2010 Third International Conference on Dependability, (2010) July 18-25; Venice/Mestre, Italy: IEEE Computer Society*, pp. 83 – 91.

6. Yang N., Chen X., and Yu H., (2012), A Reputation Evaluation Technique for Web Services, *International Journal of Security and Its Applications*, 6(2), April, pp. 329 – 334.

7. Li Y.Z., Liu F., Lei Z. M., and Chen, L., (2010), User-perceived E-mail Service QoS Parameters and Measurement, *The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications*, 17(3), pp. 85 – 90.

8. Yu H.Q., and Reiff-Marganiec S., (2008), Non-functional Property Based Service Selection: A survey and Classification of Approaches. In: *Non Functional Properties and Service Level Agreements in Service Oriented Computing Workshop co-located with, The 6th IEEE European Conference on Web-services, 12-14 Nov 2008, Ireland, Dublin*.

9. Reiff-Marganiec S., Yu H. Q., and Tilly M., (2009), Service Selection Based on Non-functional Properties. In *Service-Oriented Computing – ICSOC 2007 Workshops*, pp. 128 – 138.

10. Pakari S., Kheirkhah E., and Jalali M., (2014), Web-service Discovery Methods and Techniques: a Review, *International Journal of Computer Science, Engineering & Information Technology* 4, pp. 1 – 14.

11. Movahednejad H., Ibrahim S. B., Sharifi M., Selamat H. B., Lashkari A. H., and Tabatabaei S.G.H., (2014), QoS-aware Evaluation Criteria for Web-service Composition, *Jornal of Theoretical and Applied Information Technology*, 59(1), pp. 27 – 44.

12. Rajeswari M., Sambasivam G., Balaji N, Saleem Basha M. S., Vengattaraman T., and Dhavachelvan P., (2014), Appraisal and Analysis on Various Web-service Composition Approaches Based on QoS factors, *Journal of King Saud University-Computer, and Information Sciences* 26, pp. 143 – 152.

13. Mukhopadhyay D., and Chougule A., (2012), A Survey on Web-service Discovery Approaches, *Advances, In Computer Science, Engineering & Applications, Springer*, pp. 1001 – 1012.

14. Bartalos P., and Bielikova M., (2011), Automatic Dynamic Web-service Composition: a Survey and Problem Formalization, *Computing and Informatics*, 30, pp. 793 – 827.

15. Sathya M., Swarnamugi, M., Dhavachelvan P., and Sureshkumar G., (2010), Evaluation of QoS Based Web-service Selection Techniques for Service Composition, *International Journal of Software Engineering* 1, pp. 73 – 90.

16. Eleyan, A., and Zhao, L., (2010), Extending WSDL and UDDI with Quality Service Selection Criteria. In *Proceedings of the 3rd International Symposium on Web Services, Apr 2010*.



Польская  
Ольга Владимировна,  
ст. преп. каф. компьютер-  
ных систем и сетей Запо-  
рожского нац. технического  
ун-та, ул. Жуковского, 64, г.  
Запорожье, 69063, Украина.  
E-mail: opolsk@mail.ru



Кудерметов  
Равиль Камиллович,  
канд. техн. наук, зав. каф.  
компьютерных систем и  
сетей Запорожского нац.  
технического ун-та, ул. Жу-  
ковского, 64, г. Запорожье,  
69063, Украина.  
E-mail: krk@zntu.edu.ua



Шкарупило  
Вадим Викторович,  
канд. техн. наук, ст. преп.  
каф. компьютерных систем  
и сетей Запорожского нац.  
технического ун-та, ул. Жу-  
ковского, 64, г. Запорожье,  
69063, Украина.  
E-mail: vadshkar@yandex.ua