

Методы и средства разработки и применения испытательного стенда сервис-ориентированных приложений

Александр Феокистов¹, Михаил Воскобойников¹, Алексей Еделев^{1,2}

¹ Институт динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова СО РАН, ул. Лермонтова, д. 134, 664033, Иркутск, Россия

² Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, ул. Лермонтова, д. 130, 664033, Иркутск, Россия

Аннотация

Рассматривается подход к разработке и применению испытательного стенда сервис-ориентированных приложений в гетерогенной распределенной вычислительной среде. Целью испытательного стенда является обеспечение разработчиков средствами проведения экспериментов по оценке качества данных, работы алгоритмов, анализа результатов вычислений и других аспектов реализации сервис-ориентированных приложений. Сервис-ориентированное приложение создается на основе рабочих процессов, представляемых в виде композиции веб-сервисов. Веб-сервисы реализуют выполнение прикладного и системного программного обеспечения. Прикладное программное обеспечение поддерживает выполнение операций предметной области приложения. Суть и новизна подхода заключается в использовании в рамках испытательного стенда системного программного обеспечения, предоставляющего дополнительные функции обработки и анализа данных, получения информации с контрольно-измерительного оборудования и многокритериального выбора оптимальных результатов вычислений. Рабочие процессы могут быть представлены в стандартной форме на декларативном языке Business Process Execution Language для использования во внешних системах управления рабочими процессами.

Ключевые слова

Научные приложения, рабочие процессы, сервисы, испытательные стенды

1. Введение

В настоящее время чрезвычайную актуальность приобретает исследование современного состояния природно-технических систем (ПТС) [1]. Природно-техническая система представляет собой совокупность форм и состояний различных процессов взаимодействия компонентов природной среды с инженерными сооружениями на всех стадиях ее функционирования [2]. К таким системам относятся, например, энергетические комплексы на разных уровнях их территориально-отраслевой иерархии, включая микросети различных инфраструктурных объектов. Как правило, в рамках подобных исследований рассматривается оптимизация взаимодействия между естественными и искусственными компонентами ПТС [3].

В рамках цифрового мониторинга Байкальской природной территории (БПТ) [4] разрабатываются новые модели, алгоритмическое и программное обеспечение (ПО), научные сервисы, инструментальные средства и методики исследования функционирования и развития ПТС, располагающихся на БПТ. В частности, данная работа посвящена методам и средствам разработки и применения испытательного стенда сервис-ориентированных приложений для

6th International Workshop on Information, Computation, and Control Systems for Distributed Environments (ICCS-DE 2024), July 01–05, 2024, Irkutsk, Russia

EMAIL: agf@icc.ru (A. 1); mikev1988@mail.ru (A. 2); flower@isem.irk.ru (A. 3)

ORCID: 0000-0002-9127-6162 (A. 1); 0000-0003-3034-4907 (A. 2); 0000-0003-2219-9754 (A. 3)



© 2024 Copyright for this paper by its authors. Use permitted under Creative Commons License Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

ICCS-DE 2024 Workshop Proceedings

DOI: 10.47350/ICCS-DE.2024.23

моделирования, структурно-параметрической оптимизации, экологической и технико-экономической оценки ПТС. Основной акцент делается на сервис-ориентированные приложения, создаваемые на основе рабочих процессов в виде композиции веб-сервисов.

Существует широкий спектр систем управления рабочими процессами (см., например, краткий обзор в [5]), в том числе систем, поддерживающих сервис-ориентированные рабочие процессы [6-8]. Однако средства тестирования и испытания компонентов сервис-ориентированных приложений в этих системах слабо развиты. В этой связи в рамках данного исследования предложены новые методы и средства разработки и применения испытательного стенда сервис-ориентированных приложений в гетерогенной распределенной вычислительной среде. Применение предложенных разработок проиллюстрировано на примере исследования работы модуля моделирования функционирования энергетических комплексов, относящихся к разным уровням их территориально-отраслевой иерархии.

2. Испытательный стенд

Термин *испытательный стенд* (англ., *testbed*) [9] широко используется в научных исследованиях, в частности, в рамках создания, развития и использования информационно-вычислительных и телекоммуникационных систем и технологий, для определения программно-аппаратной среды, специализированной для проведения экспериментов, связанных с тестированием и испытанием новых алгоритмических и программных разработок, различных технологических решений и источников данных, а также систем их извлечения, обработки, передачи, хранения и анализа, перед внедрением создаваемых или модифицируемых систем и технологий. Испытательные стенды создаются в физической или виртуальной формах с целью обеспечения разработчиков контролируемой средой для проверки работоспособности, удовлетворения функциональным и системным требованиям, производительности, эффективности использования ресурсов и других свойств исследуемых систем и технологий.

В рамках данного исследования испытательный стенд сервис-ориентированных приложений реализован с помощью инструментального комплекса Framework for Development and Execution of Scientific WorkFlows (FDE-SWFs) [10] в виде НПП, включающего сервисы для выполнения прикладного и системного программного обеспечения. FDE-SWFs поддерживает и существенно развивает набор функциональных возможностей программного комплекса Orlando Tools [11].

Архитектура FDE-SWFs включает следующие основные компоненты: пользовательский интерфейс, конструктор вычислительной модели разрабатываемого приложения, конструктор модулей и сервисов их выполнения, менеджер ПО, менеджер вычислений, менеджер вычислительных процессов и состояния среды, API для доступа к информационно-вычислительным ресурсам и системам.

Общая структура испытательного стенда, разрабатываемого с помощью FDE-SWFs, представлена на рисунке 1. Стенд создается в виде рабочего процесса, дополненного набором системных операций. Рабочий процесс выполняется менеджером вычислений FDE-SWFs.

Рабочий процесс представляется на стандартизированном декларативном языке Business Process Execution Language (BPEL) [12] и в дальнейшем может использоваться любыми внешними системами управления рабочими процессами, поддерживающими BPEL. BPEL определяет модель для описания поведения сервис-ориентированных приложений в терминах взаимодействий (совокупности сообщений) между внутренними вычислительными процессами и их партнерами (внешними сервисами). В рамках сервис-ориентированной архитектуры применяются сервисы, представляющие модули разрабатываемого приложения и внешние приложения. Внешние приложения реализуют дополнительные системные операции обработки и анализа данных, получения информации с контрольно-измерительного оборудования и многокритериального выбора оптимальных результатов вычислений. В целом веб-сервис представляет программную систему со стандартизированными интерфейсами, идентифицируемую уникальным URL-адресом. При этом веб-сервисы не обладают знаниями о выполняемых приложениях, а приложения не нуждаются в информации о способах их выполнения веб-сервисами.

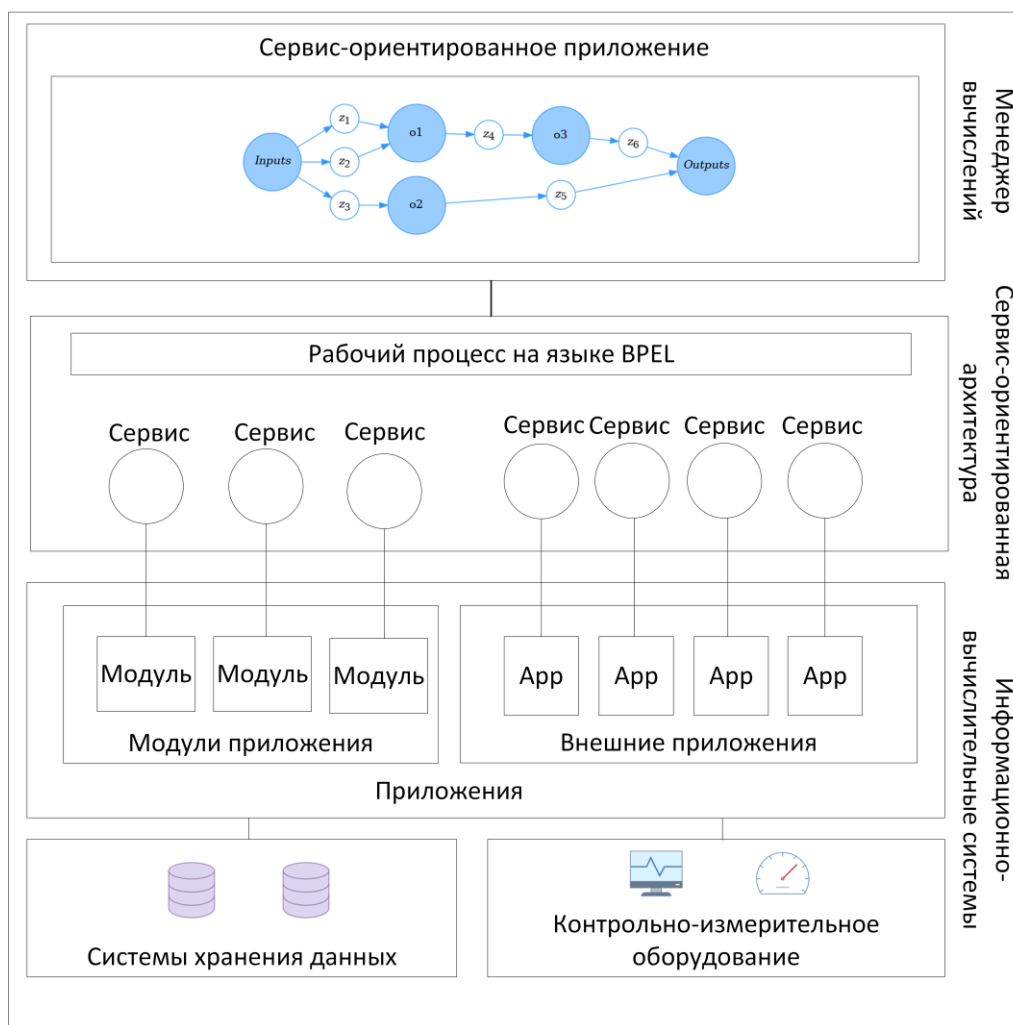


Рисунок 1: Структура испытательного стенда

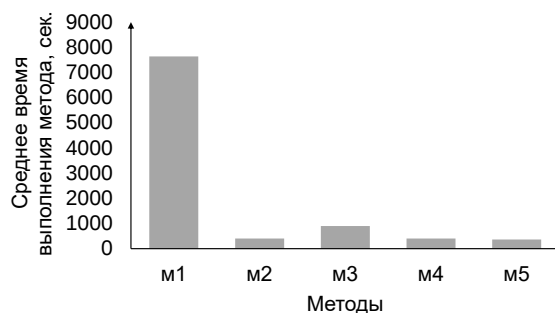
3. Пример

В качестве примера применения испытательного стенда исследован набор методов структурно-параметрической оптимизации модели энергетического комплекса с помощью библиотеки `ragmo` [13]. Библиотека `ragmo`, реализованная на языке C++, предназначена для параллельной оптимизации. Она предоставляет унифицированный интерфейс для алгоритмов оптимизации с целью упрощения их развертывания в вычислительных средах с массовым параллелизмом.

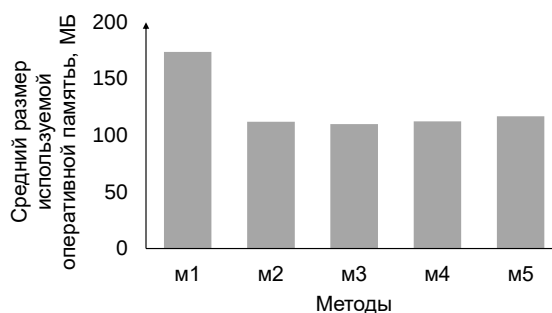
Исследовано 60 методов библиотеки `ragmo` с их настройками, заданными по умолчанию. Результаты сравнительного анализа методов структурно-параметрической оптимизации энергетического комплекса национального уровня территориально-отраслевой иерархии представлены на рисунке 2.

За допустимое время решения задачи полностью отработали пять методов: (N+1)-ES Simple Evolutionary Algorithm (m1), Augmented Lagrangian algorithm (m2), Method of Moving Asymptotes (m3), Algorithm AGS to solve constrained nonlinear programming problems with Lipschitzian functions (m4) и Interior Point OPTimizer (m5). Среднее время выполнения метода, средний размер используемой им оперативной памяти и средняя загрузка процессора были получены путем профилирования процесса выполнения модуля для конкретного метода.

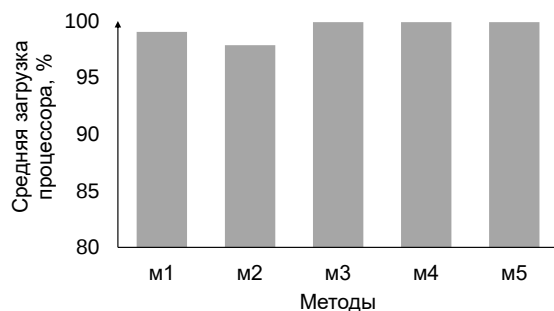
На основе многокритериального выбора единственного варианта значений критериев по всем трем правилам (Парето-оптимальному, мажоритарному и лексикографическому) наиболее приемлемым методом является метод m5.



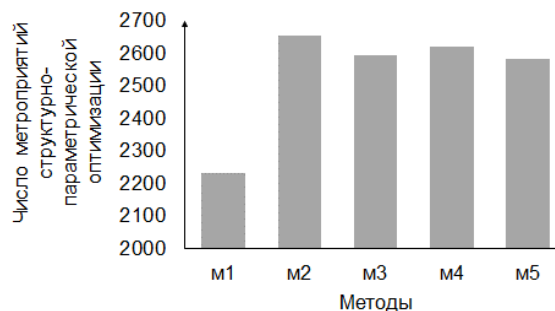
а)



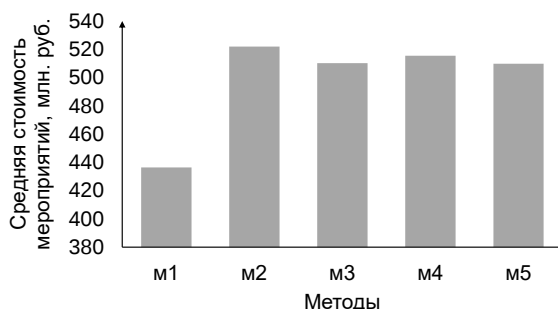
б)



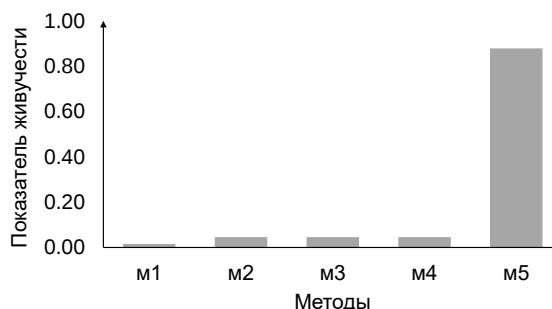
в)



г)



д)



е)

Рисунок 2: Результаты сравнительного анализа по следующим критериям: среднее время выполнения метода (а), средний размер используемой оперативной памяти (б), средняя загрузка процессора (в), число мероприятий структурно-параметрической оптимизации (г), средняя стоимость мероприятий (д), показатель живучести (е)

4. Заключение

В рамках исследования предложены новые методы и средства разработки и применения испытательного стенда сервис-ориентированных приложений. Разработан испытательный стенд для исследования работы модуля моделирования энергетических комплексов, относящихся к разным уровням их территориально-отраслевой иерархии. Модуль реализует набор методов структурно-параметрической оптимизации модели энергетического комплекса с помощью библиотеки *ragto*.

Стенд ориентирован на тестирование сервиса для выполнения данного модуля на вычислительных ресурсах с разными вычислительными характеристиками. Применение стенда позволило осуществить выбор алгоритмов, оптимальных по заданному набору критериев.

5. Благодарности

Работа выполнена в рамках гранта № 075-15-2024-533 Министерства науки и высшего образования РФ на выполнение крупного научного проекта по приоритетным направлениям научно-технологического развития (проект «Фундаментальные исследования Байкальской природной территории на основе системы взаимосвязанных базовых методов, моделей, нейронных сетей и цифровой платформы экологического мониторинга окружающей среды», рег. № 124052100088-3).

6. Список литературы

- [1] С. В. Исаев, Концепция природно-технических систем и ее использование при изучении антропогенной трансформации природной среды, Географический вестник, 2016, № 3 (38), с. 105–113. doi:10.17072/2079-7877-2016-3-105-113.
- [2] А. Л. Ревзон, Картография состояния природно-технических систем, М., Недра, 1992.
- [3] Т. К. Салина, Концептуальный подход к управлению устойчивым развитием ТЭК Северо-Западного федерального округа, Журнал экономической теории, 2016, № 4, с. 80–91.
- [4] Цифровой мониторинг Байкальской природной территории. URL: <https://baikal-project.icc.ru/>.
- [5] A. Feoktistov, A. Edelev, A. Tchernykh, S. Gorsky, O. Basharina, and E. Fereferov, An Approach to Implementing High-Performance Computing for Problem Solving in Workflow-based Energy Infrastructure Resilience Studies, Computation, 2023, vol. 11, no. 12, pp. 243. doi: 10.3390/computation11120243.
- [6] J. Goecks, A. Nekrutenko, J. Taylor, and Galaxy Team, Galaxy: a comprehensive approach for supporting accessible, reproducible, and transparent computational research in the life sciences, Genome biology, 2010, vol. 11, pp. 1–13. doi:10.1186/gb-2010-11-8-r86.
- [7] B. Balis, HyperFlow: A model of computation, programming approach and enactment engine for complex distributed workflows, Future Generation Computer Systems, 2016, vol. 55, pp. 147–162. doi:10.1016/j.future.2015.08.015.
- [8] M. H. Hilman, M. A. Rodriguez, and R. Buyya, Workflow-as-a-service cloud platform and deployment of bioinformatics workflow applications, in: Knowledge Management in the Development of Data-Intensive Systems, I. Mistrik, M. Galster, B. Maxim, B. Tekinerdogan (Eds.), CRC Press, Boca Raton, Florida, US, 2021, pp. 205–226.
- [9] Г. И. Радченко, Распределенные виртуальные испытательные стенды: использование систем инженерного проектирования и анализа в распределенных вычислительных средах, Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математическое моделирование и программирование, 2011, № 37 (254), с. 108–121.
- [10] G. Danilov and M. Voskoboinikov, Testbed-based approach to testing a library for evaluating network reliability algorithms, Proceedings of the International Workshop on Critical Infrastructures in the Digital World (IWCI-2024), March 14-20, 2024, Bolshoe Goloustno, Russia, Irkutsk, ESI SB RAS, 2024, pp. 3-4.
- [11] A. Feoktistov, S. Gorsky, I. Sidorov, I. Bychkov, A. Tchernykh, and A. Edelev Collaborative Development and Use of Scientific Applications in Orlando Tools: Integration, Delivery, and Deployment, Communications in Computer and Information Science, 2020, vol. 1087, pp. 18–32. doi:10.1007/978-3-030-41005-6_2.
- [12] M. B. Juric, B. Mathew, and P.G. Sarang, Business process execution language for web services: an architect and developer's guide to orchestrating web services using BPEL4WS, Packt Publishing Ltd, 2006.
- [13] F. Biscani and D. Izzo, A parallel global multiobjective framework for optimization: pagmo, Journal of Open Source Software, 2020, vol. 5, no. 53, pp. 2338. doi:10.21105/joss.02338.