



**МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА**

Ленинские горы, Москва,
ГСП-1, 119991
Телефон: 939-10-00, 203-65-65
Факс: 939-01-26

УТВЕРЖДАЮ
Проректор МГУ

2019 г.

21.11.2019 г.
№ 1606-19/013-03

ОТЗЫВ

ведущей организации – Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» – на диссертацию Марченкова Сергея Александровича на тему «Автоматизированная разработка интероперабельной программной инфраструктуры для организации совместно используемого информационного интернет-окружения», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

Актуальность темы диссертации. Совместно используемое информационное интернет - окружение (далее - СИИО) в настоящее время является одним из важнейших элементов аппаратно-программных структур будущего, которые принято именовать системы Интернет вещей (Internet of Things). Исследования на этом направлении входят в число приоритетных во всех технологически передовых странах мира. В рамках таких исследований отрабатываются технологии, предназначенные для исследования (СИИО) во всех сферах деятельности человека - от решения повседневных бытовых задач до управления большими ресурсоемкими и сложными техническими системами. Такое окружение реализует цифровые сервисы информационного обмена для группы лиц при решении ими совместной задачи из заданной предметной области с использованием доступных вычислительных и информационных ресурсов, в том числе и глобальных ресурсов сети Интернет. **В качестве основной в диссертационном исследовании С.А.Марченкова рассматривается задача повышения эффективности разработки интероперабельной программной инфраструктуры для организации в помещении (например, конференц-зал или экспозиция музея) интерактивной цифровой среды в виде СИИО.** Использование такой среды в

помещении конференц-зала для проведения каких-либо симпозиумов или семинаров позволяет предоставить участникам цифровые сервисы-ассистенты (например, формирование и оперативное обновление программы выступлений). Построение таких средств производится на основе интеграции имеющихся в конференц-зале ресурсов. К числу таких ресурсов относятся: программное обеспечение для обмена мгновенными сообщениями; широкоформатные экраны для представления оперативной информации; мобильные телефоны для управления презентациями и формирования списка вопросов.

Областью диссертационного исследования является автоматизированная разработка программного обеспечения (программной инфраструктуры) в виде набора агентов, выполняемых на вычислительном оборудовании СИИО. Задача программной инфраструктуры – обеспечить СИИО средствами интеграции ресурсов при построении сервиса. Предлагаемые в работе решения следуют концепции окружающего интеллекта с построением контекстно-зависимых сервисов на основе известных методов многоагентных систем и технологий Семантического веба. Сервис строится как многоагентная система с информационно-управляемым взаимодействием агентов на основе технологий Семантического веба. Необходимые для эффективной разработки таких решений модели и шаблоны проектирования контекстно-зависимых сервисов и средств взаимодействия агентов на настоящее время отсутствуют.

С учетом изложенного выше, диссертационную работу С.А. Марченкова, направленную на решение научно-технических задач унифицированного моделирования сервиса, как системы взаимодействующих агентов и автоматизированного программирования процессов взаимодействия агентов на основе кодогенерации, можно квалифицировать как актуальное и востребованное на практике исследование в области развития методологических основ разработки программного обеспечения для технологий информационной, сервис-ориентированной поддержки целенаправленной деятельности людей в определенной предметной области.

Содержание диссертации адекватно отражает результаты завершенных автором исследований, направленных на решение поставленной задачи. Она имеет традиционную структуру изложения, состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и двух приложений.

Во введении обоснована актуальность, определен объект и предмет исследования, его цель и решаемые задачи, что демонстрирует понимание автором предметной и смежных с ней областей исследования и разработки программного обеспечения. Сформулированы положения, которые выносятся на защиту, их научная новизна, теоретическая и практическая значимость. Приведены сведения о тестовых испытаниях и практической реализации результатов работы.

В первой главе в виде общей концептуальной схемы представлена содержательная структура совместно используемого информационного интернет-окружения. Центральным понятием в СИИО является общее рабочее пространство, которое реализует основные функциональные свойства. На основе анализа широкого круга публикаций дан краткий обзор исследований в области организации СИИО. Автору удалось выявить требования к разработке программной инфраструктуры СИИО, которые согласуются с подлежащими исследованию вопросами. Определен методологический подход и технологии, которые используются для разработки интероперабельной программной инфраструктуры, в которой основные вычислительные элементы представлены программными агентами с информационно-управляемым взаимодействием.

Во второй главе на основе систематизации выявленных требований и характеристик многоуровневой программной инфраструктуры автором формулируется новый подход к разработке интероперабельной программной инфраструктуры СИИО. Предложена концептуальная модель информационного сервиса СИИО, которая позволяет проектировать сервис как систему взаимодействующих агентов за счет использования унифицированного онтологического описания. Полученная онтология сервиса предоставляет необходимую семантику, которая используется для генерации кода взаимодействующих агентов для объектно-ориентированных языков программирования. Предложенное проектное решение генератора основано на использовании алгоритма автоматизированного программирования процессов взаимодействия агентов, который позволяет увеличить объем автоматически генерируемого программного кода для реализации агентов.

В третьей главе представлены предметно-ориентированные модели проектирования сервисов СИИО для выполнения прикладной разработки следующих востребованных приложений: распознавание присутствия и анализ активности пользователей; сопровождение и визуализация плана их деятельности; пополнение информационного содержимого знаниями о предметной области; мониторинг объектов физической среды. Для каждого рассмотренного случая: определен набор программных агентов, участвующих в построении сервиса; составлена модель информационно-управляемого взаимодействия агентов; приведены основные операции агентов и потоки данных; разработана частная онтология на основе предложенной концептуальной модели сервиса.

В четвертой главе представлен комплекс программных средств, а также выполнены экспериментальные исследования с целью оценки эффективности предложенного метода. Оценка трудозатрат на разработку программного обеспечения выполнена на основе отношения общего количества строк исходного кода агентов для экспериментальных образцов сервисов к автоматически созданному с помощью полученной на основе предложенного

алгоритма автоматизации программирования процессов взаимодействия агентов и реализации генератора программного кода.

Диссертация завершается общим заключением, сделанные выводы логически вытекают из полученных результатов и подтверждаются проведенными экспериментальными исследованиями.

Таким образом, представленное диссертационное исследование формирует целостное представление о процессе автоматизированной разработки интероперабельной программной инфраструктуры СИИО. Диссертационная работа представляет собой законченное научное исследование, выполненное автором самостоятельно на высоком научно-техническом уровне. Работа написана грамотным техническим языком.

Научная новизна исследования определяется тем, что, опираясь на результаты анализа многочисленных публикаций и программных систем, автор выявляет отсутствие эффективных методов разработки и общей модели проектирования контекстных сервисов, где каждый сервис строится как многоагентная система с информационно-управляемым взаимодействием на основе технологий Семантического веба. К элементам научной новизны диссертационной работы можно отнести следующие.

1. Предложен метод разработки интероперабельной программной инфраструктуры СИИО, отличающийся от существующих методов разработки программного обеспечения возможностью унифицированной и автоматизированной разработки сервиса как системы с информационно-управляемым взаимодействием агентов для интеграции динамических и неоднородных ресурсов при построении сервиса.

2. Представлена концептуальная модель информационного сервиса СИИО, отличающаяся от существующих моделей сервисов возможностью онтологического описания информационно-управляемого взаимодействия агентов для построения контекстных сервисов и их композиции на основе технологий Семантического веба.

3. Разработан алгоритм автоматизации программирования взаимодействия агентов СИИО, отличающийся от существующих на этом направлении алгоритмов возможностью кодогенерации программных механизмов информационно-управляемого взаимодействия для построения сервиса, в дополнение к структурам данных предметной области.

4. Предложен набор предметно-ориентированных моделей проектирования сервисов СИИО, определяющих новые шаблоны решений для востребованных приложений СИИО, позволяющих разработчику оперировать уже готовыми архитектурными и поведенческими абстракциями информационно-управляемого взаимодействия агентов.

С учетом изложенного выше, научная новизна заключается в развитии методологических основ разработки программного обеспечения информационной, сервис-ориентированной поддержки процессов целенаправленного взаимодействия людей в

отдельной предметной области с использованием методов многоагентных систем и технологий Семантического веба.

Обоснованность и достоверность выводов и заключений, представленных в диссертации, подтверждают отмеченные далее обстоятельства. При выполнении диссертационного исследования проведен обстоятельный анализ состояния исследований российских и зарубежных ученых в области информационного обмена и оперативного анализа информации с целью создания технологий информационной поддержки деятельности в отдельной предметной области. Выводы об эффективности разработки интероперабельной программной инфраструктуры СИИО согласуются с результатами проведенного экспериментального исследования, с полученной программной реализацией генератора программного кода взаимодействия агентов и предметно-ориентированных сервисов. Основные результаты исследований опубликованы в авторитетных печатных изданиях и прошли апробацию на различного уровня конференциях, включая международные.

Значимость полученных автором диссертации результатов. Основным результатом диссертации является принятый и реализованный автором на практике метод разработки интероперабельной программной инфраструктуры совместно используемого информационного интернет-окружения, обеспечивающий информационно-управляемое взаимодействие агентов для интеграции динамических и неоднородных ресурсов при построении сервиса. Метод позволяет снизить трудозатраты на разработку программной инфраструктуры для сервисов за счет унифицированной и автоматизированной разработки каждого сервиса как многоагентной системы. Полученные экспериментальные образцы сервисов и оценки их производительности допускают практическое использование при разработке СИИО для вычислительных сред интеллектуального зала, умного музея и промышленного предприятия.

Практическая значимость исследования подтверждается актами о внедрении и об использовании полученных результатов. Сформированный метод используется ООО «Опти-Софт» для производства и развития цифровых сервисов (проведение электронных конференций и семинаров, электронный туризм, индустриальный интернет) при создании программного обеспечения информационно-управляемого взаимодействия в условиях Интернета вещей и больших данных. Полученные результаты используются ООО «ЦМИТ» (Центр молодежного инновационного творчества, Республика Карелия) в исследованиях, направленных на разработку решений для промышленного сегмента Интернет в части информационно-аналитических сервисов диагностики технического состояния и прогнозирования обслуживания производственного оборудования на основе оперативных данных измерений многопараметрического мониторинга.

Полученные результаты используются в учебном процессе Института математики и информационных технологий ПетрГУ в рамках проведения лабораторных работ по дисциплине «Интеллектуальные сетевые пространства».

Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов. Полученные модели проектирования сервиса и алгоритм автоматизации программирования взаимодействия агентов могут использоваться в роботизированных промышленных предприятиях для создания многоагентной программной инфраструктуры, обеспечивающей информационное сопровождение сотрудников при решении задач диагностики состояния и условий эксплуатации, предупреждения сбоев и интеллектуального управления обслуживанием. В частности, ПетрГУ имеет ряд индустриальных партнеров (Филиал АО "АЭМ-технологии" "Петрозаводскмаш" в г. Петрозаводск (металлообработка), ООО фирма «Торговый Дом Ярмарка» (производство пищевой продукции), АО "ДжиЭс-Нанотех" (производство микропроцессоров для потребительской электроники), а также ООО НПО "Диатех", ООО «Ракурс-инжиниринг», ООО «ХайТэк»), которых можно рекомендовать для адаптации полученных экспериментальных образцов ПО к задачам производства.

Другой областью применения являются структурные подразделения университетов и научных институтов, обеспечивающих сохранение, распространение и обогащение объектов историко-культурного наследия, в первую очередь, для истории повседневности, науки и технологий. В частности, такие музеи есть в ПетрГУ, в СПИИРАН, в СПбГУ, в университете ЛЭТИ, в университете ИТМО и др. Полученный метод разработки интероперабельной программной инфраструктуры позволяет создавать многоагентные программные системы, интегрирующие неоднородные ресурсы (в том числе, ресурсы самих посетителей) и развивающие процесс информационного обмена между посетителями и музейными экспонатами.

Предложенные теоретические и практические разработки могут быть использованы в учебном процессе при подготовке студентов инженерных специальностей в рамках учебных дисциплин, связанных с программированием распределенных и многоагентных систем, онтологическим моделированием и Семантическим вебом, интеллектуальными Интернет-технологиями в таких образовательных организациях, как ФГБОУ ВО СПбГУ, ФГАОУ ВО СПбГЭТУ «ЛЭТИ» и ФГАОУ ВО ИТМО.

К основным замечаниям по тексту диссертации можно отнести следующие.

1. Постановка основной задачи в диссертации изложена в очень общем её описании, без должной детализации и формального представления. Это размывает границы потенциально возможных вариантов её решения.

2. В главе 1 в обзоре исследований значительное внимание уделено анализу существующих программных систем для организации совместно-используемых

информационных интернет - окружений. Следует однако отметить, что анализ основополагающих подходов и методов, используемых при их разработке, приведен поверхностно. Для дополнительного обоснования актуальности и новизны проводимых исследований, а также их практической значимости, было бы полезно иметь сводную таблицу со сравнительной характеристикой существующих методов и подходов с предлагаемым в работе методом разработки программной инфраструктуры.

3. Одним из результатов диссертационной работы являются предметно-ориентированные модели проектирования сервисов для таких востребованных приложений, как распознавание присутствия и анализ активности участников целенаправленной деятельности; сопровождение и визуализация плана этой деятельности; совместное пополнение информационного содержимого знаниями о предметной области; мониторинг объектов физической среды. Однако, обоснование востребованности и полноты представления именно таких приложений в работе и, в частности, в главе 3 описано поверхностно.

4. В качестве основного инженерного подхода к разработке программной инфраструктуры выступает сервис-ориентированная архитектура (СОА) и использование набора взаимодействующих сервисов. В тоже время, подробного сравнения с другими основополагающими подходами и архитектурами (например, «микросервисная архитектура») в работе не представлено.

5. На рисунках (например, рис. 2.5, 3.1) наименование некоторых обозначений дано на английском языке.

Следует однако отметить, что перечисленные замечания не оказывают существенного влияния на общую положительную оценку диссертационной работы С.А. Марченкова.

Заключение. В целом, диссертационная работа С.А. Марченкова является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение актуальной научно-технической задачи, направленной на повышение эффективности разработки интероперабельной программной инфраструктуры совместно используемого информационного интернет-окружения. Полученные результаты имеют практическое применение и научную значимость в области организации совместно используемых информационных интернет-окружений, расширяя теорию и практику методов программной инженерии, направленных на автоматизацию процессов разработки многоагентных распределенных систем с ориентацией на стандарты сервисов Семантического веба.

Основные положения диссертационной работы достаточно полно отражены в печати. По результатам диссертационного исследования опубликовано 28 научных работ и приравненных к ним публикаций, в том числе 3 работы в журналах из списка ВАК, 9 работ в международных изданиях, индексируемых в реферативных базах Web of Science и Scopus, 7 свидетельств о

государственной регистрации программ для ЭВМ и 1 свидетельство о государственной регистрации базы данных.

Автореферат достаточно точно и полно отражает содержание работы.

Диссертационная работа С.А. Марченкова соответствует паспорту специальности 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей, п. 3 «Модели, методы, алгоритмы, языки и программные инструменты для организации взаимодействия программ и программных систем» и п. 8 «Модели и методы создания программ и программных систем для параллельной и распределенной обработки данных, языки и инструментальные средства параллельного программирования».

На основании изложенного выше можно сделать вывод о том, что диссертационная работа С.А. Марченкова по уровню проведенных исследований, актуальности выбранной темы, по степени обоснованности научных положений и выводов удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук в соответствии с пунктами 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор, Марченков Сергей Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей.

Отзыв подготовлен заведующим межфакультетской кафедрой математического моделирования и компьютерных исследований МГУ имени М.В. Ломоносова, доктором физико-математических наук, профессором Васениным Валерием Александровичем.

Отзыв на диссертацию и автореферат заслушан и одобрен на заседании межфакультетской кафедры математического моделирования и компьютерных исследований Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова 13 ноября 2019 г., протокол № 19/1.

Заведующий межфакультетской кафедрой
математического моделирования и
компьютерных исследований
МГУ имени М.В. Ломоносова,
доктор физико-математических наук,
профессор
«13» ноября 2019 г.

В.А. Васенин

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова» (МГУ)
Адрес: 119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1
Телефон: (495) 939-10-00
E-mail: info@rector.msu.ru, www.msu.ru