

На правах рукописи

УСОВ Тимофей Михайлович

**МЕТОДЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ КЛИЕНТ-СЕРВЕРНОГО
ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
В СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННОЕ
(НА ПРИМЕРЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ)**

**Специальность 05.13.11 —
Математическое и программное обеспечение вычислительных
машин, комплексов и компьютерных сетей**

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Уфа — 2010

Работа выполнена на кафедре геоинформационных систем
ГОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный
технический университет»

Научный руководитель	д-р техн. наук, проф., ПАВЛОВ Сергей Владимирович
Официальные оппоненты	д-р техн. наук, проф., КУЛИКОВ Геннадий Григорьевич, каф. автоматизированных систем управления Уфимского государственного авиационного технического университета канд. техн. наук, МИТАКОВИЧ Сергей Анатольевич, отдел геоинформационных технологий ГУП НИИ безопасности жизнедеятельности Республики Башкортостан
Ведущая организация	ГОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»

Защита состоится « 29 » декабря 2010 г. в 10-00 часов
на заседании диссертационного совета Д-212.288.07
при Уфимском государственном авиационном техническом университете
по адресу: 450000, г. Уфа, ул. К. Маркса, 12

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета

Автореферат разослан « 25 » ноября 2010 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета
д-р техн. наук, проф.

С. С. Валеев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность

Динамичное развитие информационных технологий непрерывно открывает новые возможности для удовлетворения всё более широкого круга потребностей пользователей программного обеспечения (ПО) вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей. Так как наиболее дорогостоящую часть корпоративных информационных систем составляет программное обеспечение, то создание нового ПО на основе преобразования существующего программного обеспечения является актуальной задачей.

Долгое время преобладающим типом архитектуры программного обеспечения была двухъярусная (двухзвенная, двухуровневая) клиент-серверная архитектура, для которой характерны следующие ограничения, обусловленные тем, что большая часть элементов ПО функционирует на вычислительных устройствах пользователей: высокие требования к аппаратному обеспечению и системному ПО вычислительных устройств пользователей, сложность сопровождения программного обеспечения, сложность интеграции ПО со сторонними приложениями. Перечисленные проблемы особенно актуальны для корпоративного программного обеспечения, ориентированного на использование большим числом пользователей и требующего реализации взаимодействия со многими сторонними приложениями. Примером такого программного обеспечения является прикладное программное обеспечение геоинформационных систем (ГИС).

Развитием двухъярусной клиент-серверной архитектуры программного обеспечения является многоярусная клиент-серверная архитектура ПО, в рамках которой значительная часть элементов ПО функционирует на серверах, что позволяет снизить требования к вычислительным устройствам пользователей и упростить сопровождение ПО, однако проблема сложности интеграции остаётся нерешённой, поскольку в большинстве случаев требуется разработка специализированных компонентов ПО для каждой пары взаимодействующих приложений. Эта проблема решается в рамках сервис-ориентированной архитектуры программного обеспечения, получившей в настоящее время широкое распространение.

Для некоторых классов ресурсоёмкого программного обеспечения, в том числе, для ПО геоинформационных систем, возможность развёртывания программного обеспечения на серверах долгое время была ограничена аппаратными возможностями компьютерных сетей и серверных вычислительных комплексов. Таким образом, сегодня, с одной стороны, значительная часть существующего ПО ГИС реализована в рамках двухъярусной клиент-серверной архитектуры, с другой стороны, существует необходимость и возможность размещения ПО ГИС на серверах в рамках сервис-ориентированной архитектуры.

При этом программное обеспечение геоинформационных систем создаётся на основе базового ПО, решающего общие для различных ГИС проблемы,

путём расширения его специальными модулями пользовательского ПО, решающими задачи конкретных пользователей, предприятий и организаций. На сегодняшний день существующее базовое ПО ГИС в полной мере поддерживает сервис-ориентированную архитектуру, однако замена базового программного обеспечения при преобразовании клиент-серверного ПО в сервис-ориентированное приводит к необходимости существенной модификации модулей пользовательского программного обеспечения с целью решения следующих ключевых задач: реализации взаимодействия с новым базовым ПО, размещения модулей исходного ПО на серверах, декомпозиции компонентов исходного ПО на сервисы и реализации параллелизма их работы на серверных вычислительных комплексах.

Различные аспекты проблемы реализации сервис-ориентированной архитектуры программного обеспечения вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей рассматриваются в работах зарубежных и российских авторов, в том числе: Т. Эрла, Д. Шаппела, Д. Крафзига, Л. А. Мацяшека, Г. Риза, Г. Г. Куликова, В. В. Миронова, Н. И. Юсуповой, А. В. Мельникова.

Однако существующие методы создания сервис-ориентированного программного обеспечения направлены, прежде всего, на решение задачи внедрения сервис-ориентированной архитектуры в масштабах компьютерной сети предприятия или организации. При этом они сконцентрированы или на высокоуровневых архитектурных изменениях информационных систем или на низкоуровневых задачах интеграции компонентов программного обеспечения.

Таким образом, задача сокращения сроков этого преобразования путём разработки моделей и методов, позволяющих сохранить большую часть элементов преобразуемого программного обеспечения и учитывающих особенности программного обеспечения геоинформационных систем, является актуальной как в теоретическом, так и в практическом аспекте.

Цель и задачи исследования

Целью исследования является сокращение сроков создания сервис-ориентированного программного обеспечения на основе преобразования существующего клиент-серверного программного обеспечения (на примере программного обеспечения геоинформационных систем).

Для достижения поставленной цели в диссертационной работе решаются следующие задачи:

1. Разработка модели преобразования двухъярусного клиент-серверного программного обеспечения в сервис-ориентированное программное обеспечение.
2. Разработка метода преобразования компонентов пользовательского двухъярусного клиент-серверного программного обеспечения в компоненты многоярусного клиент-серверного программного обеспечения при замене базового клиент-серверного программного обеспечения на сервис-ориентированное.

3. Разработка метода декомпозиции компонентов клиент-серверного программного обеспечения на сервисы и реализации параллелизма их работы на многокомпьютерных многопроцессорных серверных вычислительных комплексах.

4. Разработка функциональной модели, алгоритмов и шаблонов проектирования, осуществляющих преобразование клиент-серверного программного обеспечения геоинформационных систем в сервис-ориентированное.

5. Применение разработанных методов для преобразования двухъярусного клиент-серверного программного обеспечения корпоративной геоинформационной системы Федерального агентства водных ресурсов России (ГИС Росводресурсов) в сервис-ориентированное программное обеспечение и анализ их эффективности.

Методика исследования

В работе использовались методы объектно-ориентированного программирования, математический аппарат теории множеств, алгебра логики, рекомендации для описания архитектур программных систем, определяемые стандартом ISO/IEC 42010—2007, унифицированный язык моделирования UML, шаблоны проектирования программного обеспечения, методы структурного анализа и проектирования информационных систем SADT, методы системного анализа сложных систем.

Научная новизна

Научная новизна работы содержится в следующих результатах:

1. Модель преобразования двухъярусного клиент-серверного программного обеспечения в сервис-ориентированное программное обеспечение, основанная на рекомендациях для описания архитектур программных систем ISO/IEC 42010—2007, отличающаяся определением восьми архитектурных уровней, выделением на каждом из них типов элементов программного обеспечения, определением типов отношений между элементами различных архитектурных уровней, характеристик элементов, типов преобразований элементов программного обеспечения и характеристик операций преобразования элементов, позволяющая выполнять обобщённое описание процесса преобразования элементов исходного программного обеспечения геоинформационных систем совместно на нескольких архитектурных уровнях.

2. Метод преобразования компонентов пользовательского двухъярусного клиент-серверного программного обеспечения в компоненты многоярусного клиент-серверного программного обеспечения при замене базового клиент-серверного программного обеспечения на сервис-ориентированное, отличающийся определением соответствий между типовыми алгоритмами, шаблонами проектирования, модулями исходного и создаваемого программного обеспечения, позволяющий сократить время проектирования и реализации многоярусного клиент-серверного программного обеспечения.

3. Метод декомпозиции компонентов клиент-серверного программного обеспечения на сервисы и реализации параллелизма их работы на многокомпьютерных многопроцессорных серверных вычислительных комплексах, отличающийся совместным рассмотрением проблемы декомпозиции компонентов исходного программного обеспечения и проблемы реализации параллелизма типовых алгоритмов в контексте задачи создания сервис-ориентированного программного обеспечения, позволяющий сократить время проектирования и реализации сервис-ориентированного программного обеспечения и повысить его быстродействие.

Практическая значимость

Применение предложенных методов, функциональной модели, алгоритмов и шаблонов проектирования позволяет сократить сроки создания сервис-ориентированного программного обеспечения ГИС на основе преобразования существующего двухъярусного клиент-серверного программного обеспечения. Выполнение названного преобразования позволяет добиться повышения эффективности процессов обработки пространственных данных в вычислительных машинах, комплексах и компьютерных сетях.

Основные результаты работы использованы при преобразовании двухъярусного клиент-серверного программного обеспечения корпоративной геоинформационной системы Федерального агентства водных ресурсов (ГИС Росводресурсов) в сервис-ориентированное программное обеспечение, свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ: № 2008611192 от 09.01.2008, № 2008615560 от 20.11.2008, № 2008615561 от 20.11.2008, № 2008615563 от 20.11.2008, № 2009641665 от 01.09.2009, № 2009616075 от 07.09.2009, № 2009616076 от 07.09.2009; а также в учебном процессе УГАТУ.

Связь темы исследования с научными программами

Работа выполнена на кафедре геоинформационных систем Уфимского государственного авиационного технического университета в 2006—2010 гг. в рамках следующих государственных контрактов: № И-06-05 «Создание прототипа геоинформационной системы Росводресурсов на базе разработки информационного и программного обеспечения и создания сервера геоданных» (2006), № И-07-04 «Развитие геоинформационной системы Росводресурсов» (2007), № И-08-08 «Наполнение базы атрибутивных данных ГИС Росводресурсов специализированной информацией и разработка дополнительных функций» (2008), № И-08-25 «Развитие ГИС Росводресурсов. Интеграция пространственной информации территориальных органов Росводресурсов. Пополнение базы пространственных данных» (2008—2009).

На защиту выносятся

1. Модель преобразования двухъярусного клиент-серверного программного обеспечения в сервис-ориентированное программное обеспечение.

2. Метод преобразования компонентов пользовательского двухъярусного клиент-серверного программного обеспечения в компоненты многоярусного клиент-серверного программного обеспечения при замене базового клиент-серверного программного обеспечения на сервис-ориентированное.

3. Метод декомпозиции компонентов клиент-серверного программного обеспечения на сервисы и реализации параллелизма их работы на многокомпьютерных многопроцессорных серверных вычислительных комплексах.

4. Функциональная модель, алгоритмы и шаблоны проектирования, осуществляющие преобразование клиент-серверного программного обеспечения геоинформационных систем в сервис-ориентированное.

5. Сервис-ориентированное программное обеспечение в составе геоинформационной системы Федерального агентства водных ресурсов России, созданное на основе преобразования двухъярусного клиент-серверного ПО.

Апробация работы

Основные теоретические и практические результаты работы были представлены на следующих конференциях и семинарах: Международная научно-практическая конференция «Computer Science and Informational Technologies» (2007—2010), Семинар «Проблемы совершенствования подготовки IT-специалистов в высшей школе на основе требований рынка» (Уфа, 2007), Конференция «Управление водно-ресурсными системами в экстремальных условиях» (Москва, 2008), Семинар «Использование ГИС-технологий ESRI и ERDAS в нефтегазовой отрасли» (Тюмень, 2008), Всероссийская молодёжная научная конференция «Мавлютовские чтения» (Уфа, 2009), Ежегодная конференция пользователей программных продуктов ESRI в России и странах СНГ (Москва, 2009), Всероссийское совещание Федерального агентства водных ресурсов 9—10 ноября 2005 года «Проблемы и перспективы внедрения информационных технологий в Росводресурсах», Всероссийская зимняя школа-семинар аспирантов и молодых учёных «Актуальные проблемы науки и техники» (Уфа, 2008—2009).

Публикации

Основные положения и результаты диссертационной работы опубликованы в 14 источниках, включающих 6 статей, 6 материалов конференций и семинаров, 2 свидетельства о регистрации программ и баз данных. Результаты работы опубликованы в двух рецензируемых научных изданиях из списка ВАК.

Структура и объем работы

Работа включает введение, 4 главы основного материала, заключение, библиографический список и приложения.

Работа без библиографического списка и приложений изложена на 123 страницах машинописного текста, включает в себя 47 рисунков, 2 таблицы, 51 формулу. Библиографический список включает 114 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении приводится общая характеристика работы — обосновывается актуальность диссертационной работы, формулируется цель и задачи исследования, отмечается научная новизна и практическая значимость результатов.

Первая глава диссертации посвящена анализу проблемы преобразования клиент-серверного программного обеспечения в сервис-ориентированное.

Программное обеспечение геоинформационных систем является примером прикладного программного обеспечения вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей. Анализ элементов программного обеспечения ГИС показал, что при всём многообразии решаемых проблем, базовое ПО сосредоточено на решении следующих классов задач: хранения пространственных данных \mathbb{D} (системы управления базами пространственных данных — СУБПД), визуализации пространственных данных \mathbb{V} в виде картографических изображений, глобусов, трёхмерных моделей и задач геообработки \mathbb{P} , включающих в себя такие задачи как: анализ взаимного расположения пространственных объектов, определение оптимального размещения пространственных объектов, геостатистический анализ, интеллектуальный анализ пространственных данных, моделирование природных и техногенных процессов.

В результате анализа клиент-серверной архитектуры программного обеспечения были выделены следующие ограничения: высокие требования к аппаратному обеспечению и системному ПО вычислительных устройств пользователей, сложность сопровождения программного обеспечения и сложность интеграции со сторонними приложениями. При этом показано, что проблема преодоления перечисленных ограничений особенно актуальна для программного обеспечения геоинформационных систем, а также что значительная часть эксплуатируемого программного обеспечения ГИС реализована сегодня в рамках двухъязычной клиент-серверной архитектуры ввиду ресурсоёмкости ПО ГИС. Анализ многоярусной клиент-серверной и сервис-ориентированной архитектур программного обеспечения подтвердил целесообразность использования именно сервис-ориентированной архитектуры для решения названных проблем клиент-серверного ПО.

Для эффективного использования современных серверных вычислительных комплексов необходима реализация параллелизма программного обеспечения, при этом сервис-ориентированная архитектура предоставляет необходимые для этого возможности. Несмотря на то что проблема реализации параллелизма ПО не нова, её рассмотрение в контексте перехода к сервис-ориентированной архитектуре с учётом характерных особенностей типовых алгоритмов программного обеспечения ГИС является актуальной задачей.

Существующие методы создания сервис-ориентированного программного обеспечения направлены, прежде всего, на решение задачи внедрения сервис-ориентированной архитектуры в масштабах компьютерной сети предприятия или организации. При этом они сконцентрированы или на высокоуровневых архитектурных изменениях информационных систем или на низкоуровневых задачах интеграции компонентов ПО. Особенности отдельных классов

программного обеспечения рассматриваются только в рамках технической документации конкретных программных продуктов.

Таким образом, анализ типов архитектур ПО и существующих подходов к реализации сервис-ориентированной архитектуры программного обеспечения на основе преобразования существующего клиент-серверного ПО подтвердил актуальность разработки методов совместного решения задач реализации взаимодействия элементов исходного пользовательского программного обеспечения с новым базовым ПО, размещения модулей исходного ПО на серверах, декомпозиции компонентов исходного ПО на сервисы и реализации параллелизма их работы на серверных вычислительных комплексах, позволяющих сократить сроки преобразования; были выделены характерные особенности различных типов архитектур ПО, особенности программного обеспечения геоинформационных систем, определена необходимость описания преобразования программного обеспечения совместно на различных архитектурных уровнях.

Вторая глава посвящена разработке методов преобразования клиент-серверного программного обеспечения геоинформационных систем в сервис-ориентированное.

Процесс преобразования предложено рассматривать на четырёх уровнях детализации. На наиболее обобщённом уровне описываются задачи преобразования, на следующем уровне описывается, какие типы элементов ПО подвергаются каким типам преобразований на каких архитектурных уровнях. Множество типов элементов, типов преобразований и архитектурных уровней составляют модель описания преобразования. На следующем уровне детализации рассматриваются функциональная модель, алгоритмы и шаблоны проектирования, осуществляющие преобразование. Наиболее детальное рассмотрение преобразования заключается в описании преобразования заданного программного обеспечения.

Предложено рассматривать преобразование на восьми архитектурных уровнях программного обеспечения. Самым низким архитектурным уровнем будем считать уровень алгоритмов, лежащих в основе функционирования программного обеспечения. Обозначим множество алгоритмов как A .

Будем обозначать подмножество элементов множества X ($X = \mathbb{D}, \mathbb{P}, \mathbb{V}$), относящихся к архитектурному уровню Y как Y^X . Будем обозначать отношение преобразования как « Ω »:

$$A \xrightarrow{\Omega} A'. \quad (1)$$

Выделим четыре подтипа этого отношения: «сохранение без изменений» (Ω^0), «создание или замена другим» (Ω^+), «удаление» (Ω^-), «модификация» (Ω^*).

Обозначим множество фрагментов исходного кода как T . Каждый фрагмент исходного кода t_i реализует подмножество алгоритмов $A_i \subset A$. Для обозначения этого факта введём отношение соответствия элементов различных архитектурных уровней.

Пусть X и Y — множества элементов различных архитектурных уровней, $X' \subset X, Y' \subset Y$, тогда если все элементы множества Y' реализуются только элементами из множества X' и все элементы из множества X' участвуют в реали-

зации элементов множества Y' , то будем говорить, что Y' строго соответствует X' и записывать это отношение следующим образом:

$$Y' \triangleright X'. \quad (2)$$

Если же существует подмножество $Y'' \subset Y'$ такое, что $Y'' \triangleright X'$, то будем говорить что Y' соответствует (нестрого) X' и записывать это отношение следующим образом:

$$Y' \sim X'. \quad (3)$$

Будем различать два типа преобразований для каждого из уровней: собственные (Ω) и несобственные (ω). Собственные преобразования на данном уровне — это преобразования элементов данного уровня, цели которого определяются на данном уровне (в терминах точки зрения, соответствующей данному архитектурному уровню).

Будем обозначать собственные преобразования следующим образом:

$$A \xrightarrow{\Omega} A'. \quad (4)$$

Будем обозначать несобственные преобразования следующим образом:

$$T \xrightarrow{\omega(A')} T', T' \sim A', A \xrightarrow{\Omega} A'. \quad (5)$$

Предложены восемь архитектурных уровней (A, T, M — логические модули, K — физические модули, E — исполняемые процессы, U — проектные решения пользовательского интерфейса, F — функциональные возможности, R — цели ПО). Архитектурные уровни в совокупности с тремя типами элементов ПО ГИС по признаку функциональной специализации ($\mathbb{D}, \mathbb{P}, \mathbb{V}$) и их подтипами, двумя типами отношений между элементами различных архитектурных уровней («строгое соответствие» и «соответствие»), двумя типами преобразований элементов («собственное» и «несобственное»), тремя парами характеристик элементов («базовое» $^{(B)}$ — «пользовательское» $^{(Z)}$, «серверное» $^{(S)}$ — «клиентское» $^{(C)}$, «традиционные процессы» $^{(T)}$ — «сервисы» $^{(I)}$), пятью характеристиками преобразования элементов («замена», «удаление», «изменение», «сохранение», «требует понимания семантики») составляют модель преобразования клиент-серверного программного обеспечения ГИС в сервис-ориентированное ПО, в терминах которой возможно описание необходимых изменений различных элементов ПО на различных архитектурных уровнях.

В задаче преобразования компонентов пользовательского двухъярусного клиент-серверного программного обеспечения в компоненты многоярусного клиент-серверного ПО при замене базового клиент-серверного ПО на сервис-ориентированное выделены следующие подзадачи.

1. Частичная замена элементов базового программного обеспечения, создание гис-сервисов, реализуемых базовым ПО (картографических сервисов), модификация пользовательского ПО, обусловленная изменением состава базового программного обеспечения.

2. Реализация модулей программного обеспечения, функционирующих на компьютерах пользователей и реализующих логику взаимодействия с пользователями.

3. Модификация пользовательского программного обеспечения с целью удовлетворения требованиям изменившегося режима функционирования ПО (многопользовательский доступ к ПО, функционирование на серверах).

Предложены формулы, описывающие решение названных задач в терминах введённой модели преобразования. Так, преобразование программного обеспечения, реализующего визуализацию пространственных данных \mathbb{V} , описываются следующими формулами: первая подзадача — формулы (6)—(11), вторая подзадача — (7), (11), третья подзадача — (12), где нижним индексом «логика» обозначены модули, реализующие логику приложения, «интерфейс» — взаимодействие с пользователем, «взаимод.» — взаимодействие элементов ПО (клиентских и серверных) друг с другом.

$$K_{\text{логика}}^{\mathbb{V}(B)(C)} \xrightarrow{\Psi} K'_{\text{логика}}{}^{\mathbb{V}(B)(S)}, \Psi = \Omega^0, \Omega^+, \quad (6)$$

$$K_{\text{интерфейс}}^{\mathbb{V}(B)(C)} \xrightarrow{\Omega^+} K'_{\text{интерфейс}}{}^{\mathbb{V}(B)(C)}, \quad (7)$$

$$K_{\text{взаимод.}}^{\mathbb{V}(B)(C)} \xrightarrow{\Omega^+} K'_{\text{взаимод.}}{}^{\mathbb{V}(B)(S)}, \quad (8)$$

$$M^{\mathbb{V}(Z)(C)} \xrightarrow{\Omega_1^*} \{M'^{\mathbb{V}(Z)(C)}, M'^{\mathbb{V}(Z)(S)}\}, \quad (9)$$

$$K^{\mathbb{V}(Z)(C)} \xrightarrow{\omega^{(M)}} \{K'^{\mathbb{V}(Z)(C)}, K'^{\mathbb{V}(Z)(S)}\}, \quad (10)$$

$$E^{(C)} \xrightarrow{\omega^{(M(Z), K^{(B)})}} \{\{E'^{(S)(I)}_i\}, E'^{(C)}\}, \quad (11)$$

$$M^{\mathbb{V}(Z)} \xrightarrow{\Omega_2^0} M'^{\mathbb{V}(Z)}. \quad (12)$$

Предложенный метод отличается определением соответствий между типовыми алгоритмами, шаблонами проектирования, модулями исходного и создаваемого ПО и позволяет сократить время проектирования и реализации пользовательского многоярусного клиент-серверного ПО при замене базового программного обеспечения ГИС.

В задаче декомпозиции компонентов клиент-серверного ПО ГИС на сервисы и реализации параллелизма их работы на многокомпьютерных многопроцессорных серверных вычислительных комплексах выделены следующие подзадачи: декомпозиция компонентов клиент-серверного ПО на сервисы с целью реализации параллелизма запросов, декомпозиция компонентов клиент-серверного ПО на сервисы с целью реализации межоперационного параллелизма, декомпозиция компонентов исходного ПО на сервисы по критерию функциональной специализации и иерархическое упорядочение сервисов, реализация межоперационного параллелизма и параллелизма запросов в рамках сервисов, конфигурирование существующих и реализация дополнительных программных средств поддержки функционирования сервисов, спецификация сервисов для обеспечения возможности взаимодействия со сторонним ПО.

Реализация параллелизма запросов выполняется для гис-сервисов, чтобы обеспечить эффективную работу серверного программного обеспечения при

обращении множества пользователей. Межоперационный параллелизм свойственен, прежде всего, задачам геообработки, которые, как правило, в исходном программном обеспечении ГИС выполняются на настольных компьютерах в рамках одного потока. Параллелизм данных, как правило, в значительной мере реализуется средствами СУБД, при этом модификации программного обеспечения на уровне СУБД не требуется, так как база пространственных данных уже размещается на серверах и оптимизирована для работы на многокомпьютерных многопроцессорных вычислительных комплексах.

В наибольшей мере специфика программного обеспечения геоинформационных систем проявляется при решении задачи реализации параллелизма данных: несколько процессов могут параллельно обрабатывать разные части одних и тех же данных, например, снимка дистанционного зондирования местности или векторных данных, охватывающих большую территорию, что объясняется тем, что большая часть типовых процессов обработки носит локальный или фокальный характер, то есть охватывает данные небольшой области и на результаты обработки не влияют данные других пространственных областей.

В случае сложных задач отдельные сервисы могут являться пользователями других сервисов, поэтому сервисы целесообразно иерархически упорядочивать в несколько ярусов. Таким образом, ключевым фактором, определяющим разбиение исходного ПО на сервисы помимо реализации параллелизма работы ПО, являются цели пользователей. Актуальность решения подзадачи реализации средств поддержки функционирования сервисов также обусловлена особенностями эксплуатации преобразуемого ПО ГИС. В случае, если в компьютерной сети предприятия или организации существует сервис-ориентированная программная среда, то её служебные сервисы задействуются при преобразовании. В случае же её отсутствия реализация всех ее элементов (всех типов служебных сервисов) при преобразовании ГИС не представляется целесообразным.

Декомпозиция на сервисы может быть представлена следующим образом:

$$E^{(T)} \xrightarrow{\Omega_{\text{декомпозиция на сервисы}}^{*(S+)}} \{E'_1{}^{(I)}, E'_2{}^{(I)}, \dots, E'_N{}^{(I)}\}. \quad (13)$$

Задача создания сервисов в значительной мере зависит от особенностей преобразуемого ПО и типа модулей. Так, системы хранения пространственных данных реализуются серверной СУБД, поэтому соответствующие модули нет необходимости подвергать преобразованию, за исключением модулей, реализующих редактирование пространственных данных:

$$D_{\text{СУБД}} \xrightarrow{\omega^0} D'_{\text{СУБД}}, \quad (14)$$

$$D_{\text{редактирование}} \xrightarrow{\omega_{\text{декомпозиция}}^{*(E')}} \{D'_{\text{редактирование } 1}, \dots, D'_{\text{редактирование } N}\}. \quad (15)$$

Декомпозиция программного обеспечения ГИС на сервисы позволяет добиться масштабируемости ПО и обеспечить возможность взаимодействия с модулями стороннего ПО. Учёт специфики программного обеспечения геоинформационных систем позволяет сократить время разработки гис-сервисов.

Таким образом, предложенный метод декомпозиции клиент-серверного ПО на сервисы и реализации параллелизма работы программного обеспечения на многокомпьютерных многопроцессорных серверных вычислительных комплексах отличается совместным рассмотрением проблем декомпозиции исходного программного обеспечения и реализации параллелизма типовых алгоритмов ПО в контексте задачи создания сервис-ориентированного программного обеспечения, что позволяет сократить время проектирования и реализации сервис-ориентированного программного обеспечения и повысить его быстродействие.

В третьей главе предлагается функциональная модель, алгоритмы и шаблоны проектирования, осуществляющие преобразование клиент-серверного ПО ГИС в сервис-ориентированное.

Разработанная функциональная модель преобразования отражает взаимосвязи между подзадачами создания сервис-ориентированного ПО согласно предложенным методам; одна из диаграмм функциональной модели представлена на рис. 1.

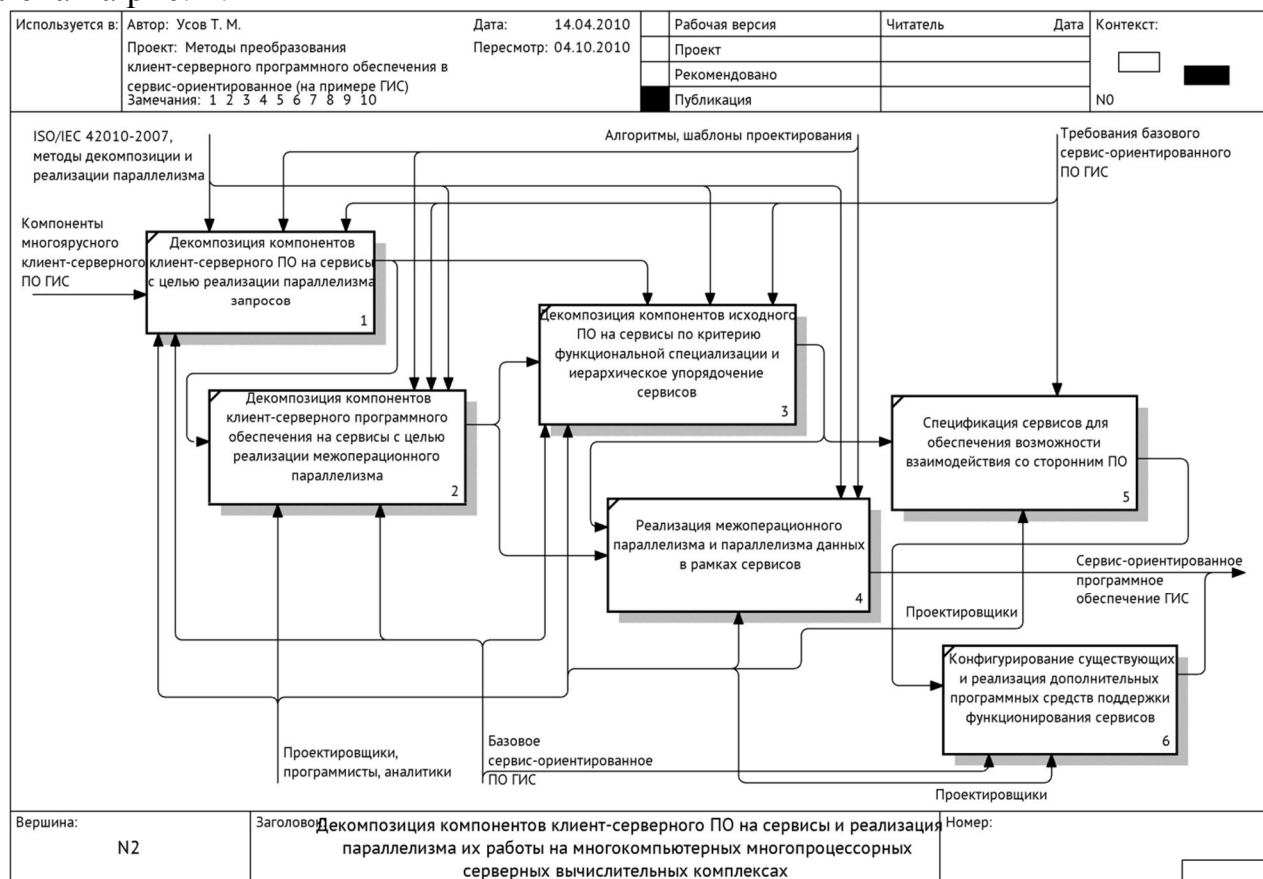


Рисунок 1 — Диаграмма функциональной модели преобразования клиент-серверного программного обеспечения в сервис-ориентированное

Определены типовые алгоритмы ПО ГИС, например, алгоритмы визуализации пространственных данных в виде картографических изображений, и их особенности в рамках клиент-серверного и сервис-ориентированного программного обеспечения.

Важным шагом преобразования клиент-серверного ПО в сервис-ориентированное является замена модулей, реализующих взаимодействие с пользователем, то есть реализация «тонкого» клиента. Этот шаг характеризуется наименьшим сохранением элементов исходного ПО. Предложены шаблоны проектирования типовых архитектур для проектирования модулей ПО ГИС, реализующих взаимодействие пользователей в рамках СОА с «тонким» клиентом (рис. 2).

Таким образом, предложены функциональная модель, алгоритмы и шаблоны проектирования, осуществляющие преобразование клиент-серверного программного обеспечения геоинформационных систем в сервис-ориентированное программное обеспечение, позволяющие сократить сроки проектирования и реализации сервис-ориентированного программного обеспечения геоинформационных систем на основе существующего клиент-серверного программного обеспечения.

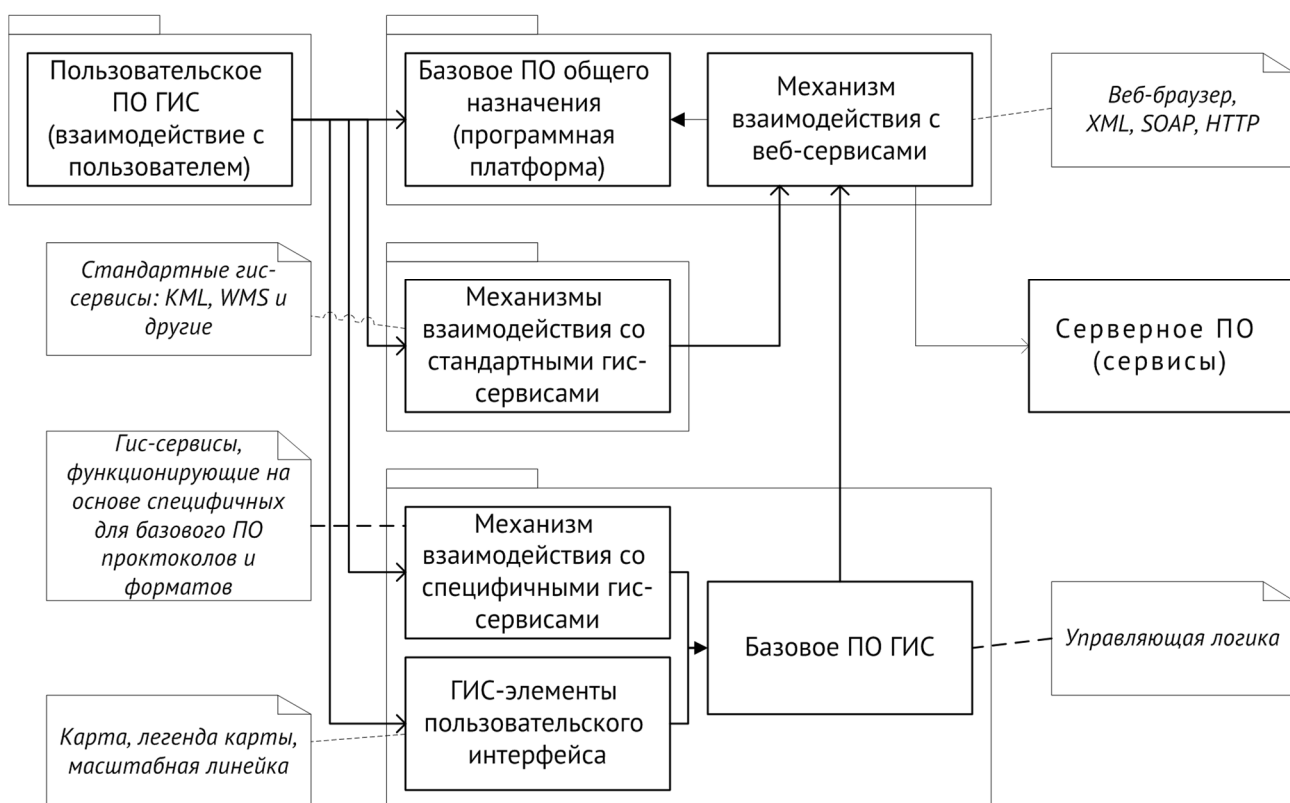


Рисунок 2 — Диаграмма шаблона проектирования модуля взаимодействия с пользователями программного обеспечения ГИС

В четвертой главе рассматривается преобразование клиент-серверного программного обеспечения геоинформационной системы Федерального агентства водных ресурсов (ГИС Росводресурсов) в сервис-ориентированное с использованием предложенных методов, функциональной модели, алгоритмов и шаблонов проектирования.

Анализ программного обеспечения ГИС Росводресурсов подтвердил актуальность решения задач интеграции со сторонними системами, снижения требований к вычислительным устройствам пользователей. Программное обеспечение геоинформационной системы включает в себя ряд функциональных подсистем: расчёта распространения нефти и нефтепродуктов по речной сети и

суше, расчёта зон затоплений при строительстве и разрушении гидротехнических сооружений, редактирования пространственных и атрибутивных данных тематических объектов и другие.

В работе рассмотрен процесс преобразования ПО системы расчёта распространения нефти и нефтепродуктов по речной сети и суше и системы редактирования пространственных и атрибутивных данных тематических объектов (рис. 3).

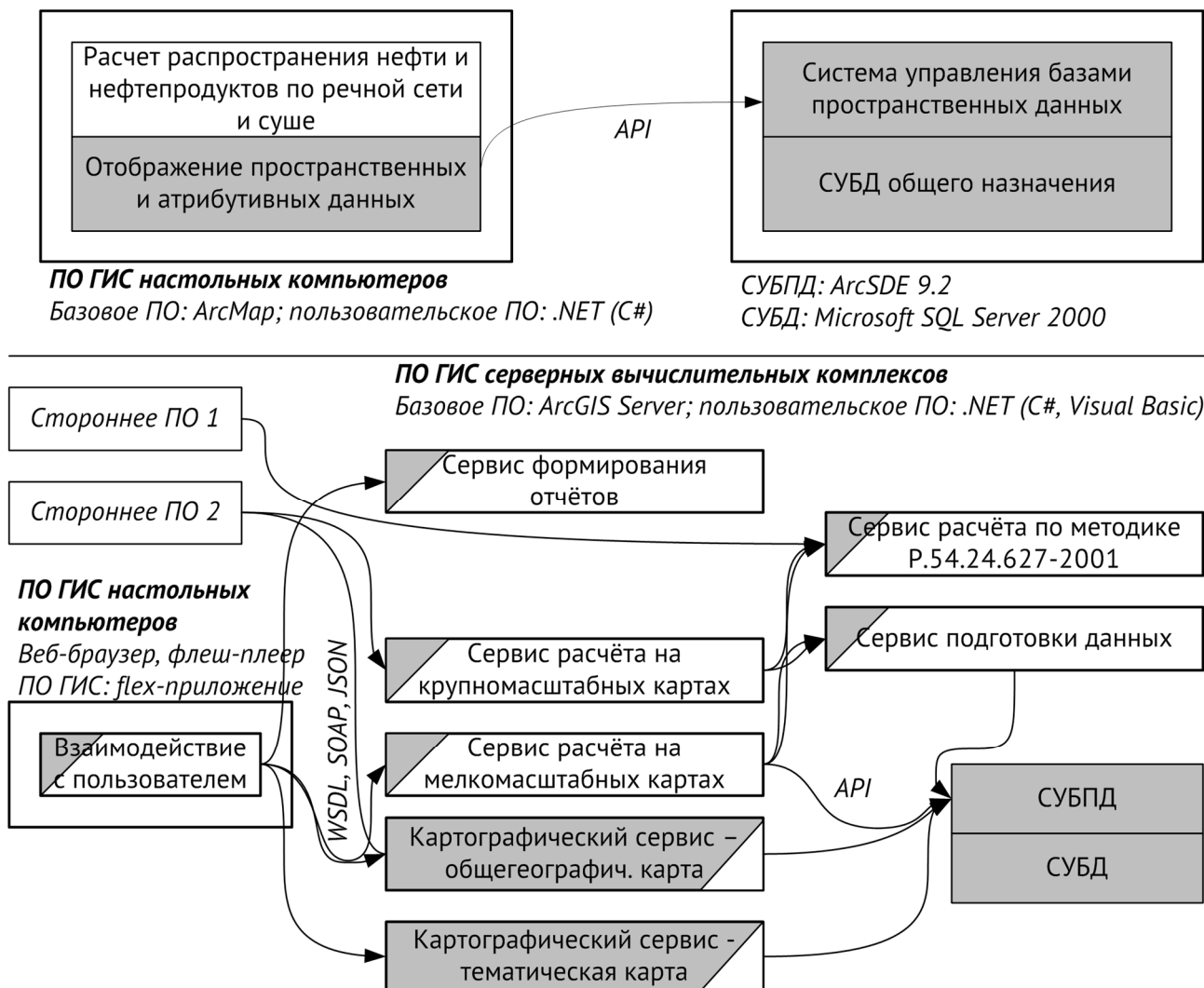


Рисунок 3 — Архитектура исходного клиент-серверного (вверху) и сервис-ориентированного (внизу) программного обеспечения расчёта распространения нефти и нефтепродуктов по речной сети и суше (серым обозначено базовое ПО)

При этом удалось добиться большей доступности функциональных возможностей программного обеспечения для пользователей, повысить производительность программного обеспечения на 20—30% за счёт реализации параллелизма работы ПО на серверных вычислительных комплексах, обеспечить возможность эффективного взаимодействия со сторонним программным обеспечением, упростить задачи сопровождения, достичь сохранения 85% исходного кода.

Выполнена оценка сокращения сроков выполнения отдельных этапов создания сервис-ориентированного программного обеспечения ГИС на основе

преобразования существующего клиент-серверного ПО при использовании предложенных методов — см. диаграмму на рис. 4.

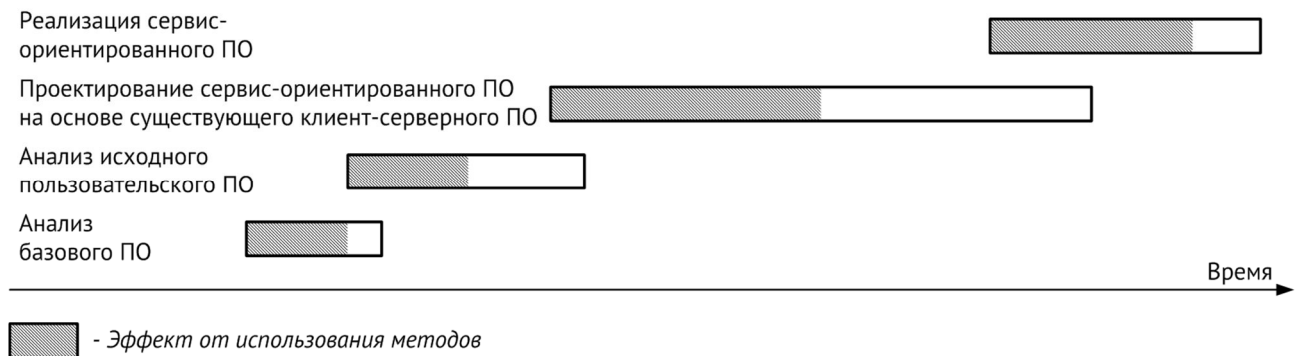


Рисунок 4 — Диаграмма сроков выполнения этапов создания сервис-ориентированного программного обеспечения

В целом, анализ эффективности применения методов показал, что удаётся сократить сроки создания сервис-ориентированного ПО на основе преобразования существующего двухъярусного клиент-серверного ПО до 50%.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Разработана модель преобразования двухъярусного клиент-серверного программного обеспечения в сервис-ориентированное программное обеспечение, позволяющая выполнять обобщённое описание процесса преобразования элементов исходного программного обеспечения геоинформационных систем совместно на нескольких архитектурных уровнях.

2. Разработан метод преобразования компонентов пользовательского двухъярусного клиент-серверного программного обеспечения в компоненты многоярусного клиент-серверного программного обеспечения при замене базового клиент-серверного программного обеспечения на сервис-ориентированное, позволяющий сократить время проектирования и реализации многоярусного клиент-серверного программного обеспечения.

3. Разработан метод декомпозиции компонентов клиент-серверного программного обеспечения на сервисы и реализации параллелизма их работы на многокомпьютерных многопроцессорных серверных вычислительных комплексах, позволяющий сократить время проектирования и реализации сервис-ориентированного программного обеспечения и повысить его быстродействие.

4. Разработаны функциональная модель, алгоритмы и шаблоны проектирования, осуществляющие преобразование клиент-серверного программного обеспечения геоинформационных систем в сервис-ориентированное программное обеспечение, позволяющие сократить сроки проектирования и реализации сервис-ориентированного программного обеспечения геоинформационных систем на основе преобразования существующего клиент-серверного программного обеспечения.

5. Предложенные методы использованы для преобразования двухъярусного клиент-серверного программного обеспечения корпоративной геоинформационной системы Федерального агентства водных ресурсов России (ГИС Ро-

сводресурсов) в сервис-ориентированное, что позволило снизить требования к вычислительным устройствам пользователей, сократить сроки реализации взаимодействия со сторонним программным обеспечением, сократить сроки решения задач сопровождения, повысить эффективности обработки пространственных данных в вычислительных машинах, комплексах и компьютерных сетях (увеличение производительности на 20—30%). Анализ эффективности их применения показал, что удаётся достичь сохранения 80—90% кода исходного программного обеспечения и сократить сроки его преобразования в сервис-ориентированное до 50%.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОПУБЛИКОВАНЫ В РАБОТАХ

В рецензируемых журналах из списка ВАК

1. Сервис-ориентированная архитектура программного обеспечения геоинформационных систем / С. В. Павлов, Т. М. Усов, Р. А. Шкундина // Вестник УГАТУ. — Уфа : УГАТУ. 2010. Т. 14. № 5 (40). С. 163—169.

В рецензируемых журналах из списка ВАК по смежным специальностям

2. Использование мобильных вычислительных средств в корпоративных геоинформационных системах предприятий нефтегазовой отрасли / С. В. Павлов, А. Р. Гизатуллин, О. С. Саубанов, Т. М. Усов // Нефтегазовое дело. — Уфа : УГНТУ. 2008. Т. 6. № 2. С. 117—122.

В других изданиях

3. Решение задач создания пользовательского интерфейса и моделирования аварийных разливов нефти и нефтепродуктов в геоинформационной системе Росводресурсов / А. В. Глухов, А. Б. Никитин, Е. А. Никулин, С. В. Павлов, Т. М. Усов // Проблемы и перспективы внедрения информационных технологий в Росводресурсах : Матер. Всеросс. совещ. Федерального агентства водных ресурсов 9—10 ноября 2005 года. — Уфа : УГАТУ, 2006. — С. 40—50.

4. Технология обмена пространственными данными в распределённой ГИС, основанной на ArcGIS 9.2, на примере ГИС Росводресурсов / А. Б. Никитин, Т. М. Усов // Компьютерные науки и информационные технологии : 9-я междунар. науч.-практ. конф. Сб. тр. в 3 т. Т. 3. — Уфа : УГАТУ, 2007. — С. 156—159. — Англ. яз.

5. Распределённая обработка пространственной информации по водным ресурсам в геоинформационной системе Росводресурсов / И. Г. Иванов, С. В. Павлов, С. В. Плеханов, А. Б. Никитин, Т. М. Усов // Управление водно-ресурсными системами в экстремальных условиях : Сб. докладов междунар. конф. — М : Росводресурсы. — 2008. — С. 323.

6. Оптимизация процесса отрисовки карт геоинформационных систем на платформе ESRI ArcGIS / А. Б. Никитин, Т. М. Усов // Геоинформационные

технологии в проектировании и создании корпоративных информационных систем : Межвуз. науч. сб. — Уфа : УГАТУ, 2008. — С. 157—161.

7. Усов, Т. М. Анализ технологии репликации баз данных геоинформационных систем на платформе ArcSDE 9.2 // Актуальные проблемы в науке и технике : Сб. тр. 4-й всерос. зимн. шк.-сем. аспирантов и молодых учёных, 20—23 февраля 2008. Сб. тр. в 2 т. Т 1. Информатика, управление и компьютерные науки. — Уфа : Диалог, 2008. — 572 с. — С. 441—446.

8. Информационно-справочная система серверного веб-приложения геоинформационной системы / С. В. Павлов, А. Б. Никитин, Т. М. Усов, Л. А. Хатмуллина // Свид. о гос. рег. программы для ЭВМ. № 2008615563 от 20.11.2008.

9. Усов, Т.М. Расширение возможностей интеграции корпоративной геоинформационной системы с информационными системами предприятия при переходе к сервис-ориентированной архитектуре на примере ГИС Росводресурсов // Актуальные проблемы в науке и технике : Сб. тр. 4-й всерос. зимн. шк.-сем. аспирантов и молодых учёных, 19—21 февраля 2009 г. Сб. тр. в 2 т. Т 1. Информатика, управление и компьютерные науки. — Уфа: Диалог, 2009. — 596 с. — С. 507—511.

10. Опыт создания и перспективы развития корпоративных геоинформационных систем на предприятиях нефтегазовой отрасли / С. В. Павлов, О. С. Саубанов, А. Р. Гизатуллин, Т. М. Усов // ArcReview. Современные геоинформационные технологии. — М : Дата+. 2009. № 2 (49). С. 13—14.

11. Программа для удалённого ввода пространственных и атрибутивных данных в геоинформационную систему на основе веб-приложения / Павлов С. В., Захарова Ю. А., Шкундина Р. А., Усов Т. М., Кульмухаметов М. М. // Свид. об офиц. рег. программы для ЭВМ № 2009616075 от 07.09.2009.

12. Реализация сервис-ориентированного подхода к разработке корпоративных геоинформационных систем на платформе ArcGIS (на примере ГИС Росводресурсов) / С. В. Павлов, Р. А. Шкундина, Т. М. Усов // ArcReview. Современные геоинформационные технологии. — М : Дата+. 2010. № 2 (53). С. 17—18.

13. Обзор архитектур корпоративных геоинформационных систем на примере ГИС Росводресурсов / Т. М. Усов, Р. А. Шкундина // Геоинформационные технологии в проектировании и создании корпоративных информационных систем : Межвуз. науч. сб. — Уфа : УГАТУ. — 2010. — С. 100—106.

14. Разработка веб-приложения геоинформационной системы Росводресурсов / И. И. Касимов, Р. А. Шкундина, Т. М. Усов, С. В. Плеханов // Компьютерные науки и информационные технологии : 12-я междунар. науч.-практ. конф. (Москва—Санкт-Петербург, 13—19 сентября 2010). Сб. тр. в 3 т. Т. 1. — Уфа : УГАТУ, 2010. — С. 120—122.

УСОВ Тимофей Михайлович

МЕТОДЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ КЛИЕНТ-СЕРВЕРНОГО
ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
В СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННОЕ
(НА ПРИМЕРЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ)

Специальность 05.13.11 — Математическое и программное обеспечение
вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Подписано в печать 24.11.10. Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Печать плоская. Гарнитура Times New Roman.
Усл. печ. л. 1,0. Усл. кр.-отт. 1,0. Уч.-изд. л. 0,9.
Тираж 100 экз. Заказ № 484

ГОУ ВПО Уфимский государственный авиационный
технический университет
Центр оперативной полиграфии УГАТУ
450000, Уфа-центр, ул. К.Маркса, 12